ISSN 1346-7301
国総研研究報告　第52号
平 成　25 年　1 月

国土技術政策総合研究所
研究報告

RESEARCH REPORT of National Institute for Land and Infrastructure Management
No.52　January 2013

2011年東日本大震災に対する
国土技術政策総合研究所の取り組み

－緊急対応及び復旧・復興への技術支援に関する活動記録－

Emergency Responses and Engineering Contributions by NILIM
for the Recovery from the 2011 Great East Japan Earthquake

国土交通省　国土技術政策総合研究所

National Institute for Land and Infrastructure Management
Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism, Japan

ま え が き

東北地方太平洋沖地震は、平成23年3月11日14時46分、三陸沖を震源として発生しました。本地震の震源域は、岩手県沖から茨城県沖に及び、その領域は長さ約500km、幅約200km、最大の滑り量は30m以上であったと推定されています。日本海溝の複数の震源域が連動し、マグニチュード9.0という巨大地震で、広い範囲で強い揺れを観測するとともに、波高10m以上、最大遡上高40mにも及ぶ大津波により甚大な被害をもたらしました。

東日本大震災の死者・行方不明者は、18,579人（平成25年1月16日現在、警察庁調べ）に上ります。国内で死者・行方不明者の合計が1万人を超える戦後初めての自然災害となりました。また、東北、関東の太平洋岸を中心に、建築物や、海岸、港湾、空港、下水道、河川、道路等の公共施設において甚大な被害が発生しました。社会基盤施設等の被害額は、約17兆円と推計（内閣府(防災担当)）されています。あらためて今回の大震災により亡くなられた皆様とご遺族に対し深い哀悼の意を表するとともに、被災された方々に心からお見舞い申しあげます。

国土交通省国土技術政策総合研究所は、独立行政法人の土木研究所、建築研究所及び港湾空港技術研究所と連携・協力し、地震発生の直後から緊急災害対策派遣隊(TEC-FORCE)等として、延べ592人の職員を現地に派遣し、国土交通省の研究機関としてこれまで様々な対応を実施してきました。

本報告は、東日本大震災に際し、当研究所が震災後、どのような「緊急対応」と「技術支援」を実施してきたかに焦点をあて、これを活動記録としてとりまとめたものです。すなわち、所管施設の緊急的な被害調査と被害分析、緊急措置や復旧・復興に向けた対応策の検討と提案、地方整備局や地方自治体など現場への技術支援、緊急的に必要とされた法整備や技術基準の改定等への技術支援、そして、震災から浮き彫りになった新たな課題に対する取り組みなどを主な内容としています。今回の震災の教訓を学び、将来の災害に備えるために、これまで実施してきた震災対応を記録として残し、研究所としての初動からの災害対応力をさらに高めていくことを企図したものです。

当研究所ではこれまで、「緊急対応」と「技術支援」と並行して、地盤調査などを含む現地の詳細な調査、模型実験や解析分析を通じた被害要因や効果的な対策の検証研究など、震災の経験を踏まえた災害に強い施設等の整備に資するための「調査・分析・研究」を進めてまいりました。その結果は、災害調査速報あるいは調査報告として既に公表してきました。しかし、課題が多く、こうした震災の調査・分析・研究に関しては、鋭意、引き続き実施しています。

例えば、「最大クラスの津波（レベル２津波）」に対しハード対策とソフト対策を組み合わせて対応するためには、粘り強い海岸保全施設や多重防御施設等の整備といったハード対策とハザードマップ整備などの避難を中心とするソフト対策を実施することになりますが、これらの対策を実際の現場に適用し、確実にその成果を上げていくためには、解決すべき課題が山積しており、研究を継続しています。その他、超高層建築物等の長周期地震動対策や液状化対策等の研究も進めており、今後新たに得られた調査・分析・研究の成果については、改めて、発表してまいります。

南海トラフの巨大地震や首都直下地震などの発生が予測されている中、地震災害対策は極めて緊急の課題でもあり、今回の大震災からできるだけ多くの教訓を学び取り、その教訓を今後に活かしていかなければなりません。当研究所としても、現場にとってお役に立てるように災害への備えを十分に図っていく所存です。

平成25年1月

国土交通省国土技術政策総合研究所長　上総　周平

目　　次

まえがき
１．はじめに　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 1

２．東日本大震災の発生と国、国土交通省及び国土技術政策総合研究所の対応　・・・・・・・・ 2
　２．１　地震と被害の概要　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 2
　２．２　国の対応　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 17
　２．３　国土交通省の対応　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 18
　２．４　国土技術政策総合研究所の対応　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 20
　２．５　その他の関連する動き　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 39

３．東日本大震災に対する復旧・復興対策への取り組み　・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 43
　３．１　国土技術政策総合研究所の復旧・復興対策への取り組み　・・・・・・・・・・・・ 43
　３．２　地震による外力・作用の評価・分析　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 44
　　3.2.1　地震動　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 44
　　　3.2.1.1　観測された地震動の特性　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 44
　　　3.2.1.2　プレート境界型地震を想定した設計地震動の分析検討　・・・・・・・・・・ 46
　　3.2.2　津波　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 50
　　　3.2.2.1　海岸　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 50
　　　3.2.2.2　港湾　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 70
　　　3.2.2.3　河川　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 73
　　3.2.3　地盤の液状化　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 81
　３．３　復旧・復興対策への技術支援　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 84
　　3.3.1　砂防分野　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 84
　　　3.3.1.1　土砂災害の概要　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 84
　　　3.3.1.2　土砂災害の現地調査、現地対応　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 85
　　　3.3.1.3　光学衛星画像を用いた大規模崩壊地調査　・・・・・・・・・・・・・・・・ 94
　　　3.3.1.4　地震による斜面崩壊の危険度評価　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 97
　　3.3.2　下水道分野　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 101
　　3.3.3　河川分野　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 115
　　3.3.4　水資源分野　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 122
　　3.3.5　海岸分野　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 137
　　3.3.6　道路分野　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 150
　　3.3.7　港湾分野（港湾内の海岸保全施設を含む）　・・・・・・・・・・・・・・・・ 162
　　　3.3.7.1　港湾施設　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 162
　　　3.3.7.2　港湾内の海岸保全施設　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 171
　　3.3.8　空港分野　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 174
　　3.3.9　建築分野　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 179
　　　3.3.9.1　被害調査、現地対応　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 179
　　　3.3.9.2　地震による建築物の被害　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 181
　　　3.3.9.3　津波による建築物の被害　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 188
　　　3.3.9.4　火災による建築物の被害　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 193
　　　3.3.9.5　建築物被害を踏まえた対応　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 194

3.3.10　住宅分野　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　202
3.3.11　都市分野　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　209
3.3.11.1　市街地等の被災状況　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　209
3.3.11.2　被災市街地の復旧・復興への対応　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　210
3.3.11.3　被災市街地における宅地液状化対策の取り組み　・・・・・・・・・・・・・　212
3.3.12　公園緑地分野　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　215
3.3.13　災害マネジメント分野　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　221
3.3.14　IT・情報分野　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　225
3.3.14.1　ITS を活用した災害・復旧時における情報提供　・・・・・・・・・・・・・　225
3.3.14.2　道路基準点・道路基盤地図情報の座標補正　・・・・・・・・・・・・・・・　232
3.3.15　沿岸環境分野　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　235
3.3.16　河川環境分野　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　240
３．４　調査研究　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　245
3.4.1　今後の復興に向けた研究活動の方向　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　245
3.4.2　津波からの多重防御・減災システムに関する研究　・・・・・・・・・・・・・・・　246
3.4.3　沿岸都市における防災構造化支援技術に関する研究　・・・・・・・・・・・・・・　252
3.4.4　超過外力と複合的自然災害に対する危機管理に関する研究　・・・・・・・・・・・　253
3.4.5　IT・情報分野の研究開発　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　255
3.4.5.1　人の移動情報の収集・分析基盤の整備に関する研究　・・・・・・・・・・・・　255
3.4.5.2　３次元 CAD データを活用した災害復旧支援に関する研究　・・・・・・・・・　258
3.4.5.3　情報化施工技術による埋設ガレキ等の管理技術に関する研究　・・・・・・・　262
3.4.5.4　３次元設計データを用いた橋梁の監視技術に関する研究　・・・・・・・・・・　264

４．災害対策・危機管理に関する国土技術政策総合研究所としての教訓と今後の課題　・・・・・　267

あとがき　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　270

参考資料　TEC-FORCE 等による現地派遣実績　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　271
参考になるホームページアドレス一覧　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　274

執筆者一覧

１．はじめに

研究総務官　岸田　弘之、博(工)

２．東日本大震災の発生と国、国土交通省及び国土技術政策総合研究所の対応

２．１　地震と被害の概要

危機管理技術研究センター　地震災害研究官　運上　茂樹、博(工)

２．２　国の対応

企画部　コーディネート研究官　丹野　弘

２．３　国土交通省の対応

企画部　コーディネート研究官　丹野　弘

２．４　国土技術政策総合研究所の対応

企画部　コーディネート研究官　丹野　弘

沿岸海洋・防災研究部　津波災害研究官　高田　直和

危機管理技術研究センター　地震災害研究官　運上　茂樹、博(工)

住宅研究部　部長　水谷　明大

（前危機管理技術研究センター建築災害対策研究官）

２．５　その他の関連する動き

企画部　コーディネート研究官　丹野　弘

３．東日本大震災に対する復旧・復興対策への取り組み

３．２　地震による外力・作用の評価・分析

3.2.1　地震動

危機管理技術研究センター　地震災害研究官　運上　茂樹、博(工)

危機管理技術研究センター　地震防災研究室長　金子　正洋

危機管理技術研究センター　地震防災研究室主任研究官　片岡　正次郎、博(工)

危機管理技術研究センター　地震防災研究室主任研究官　長屋　和宏

危機管理技術研究センター　地震防災研究室研究官　松岡　一成

3.2.2　津波

3.2.2.1　海岸

河川研究部　海岸研究室長　諏訪　義雄

河川研究部　海岸研究室主任研究官　加藤　史訓

河川研究部　海岸研究室研究官　鳩貝　聡

河川研究部　海岸研究室研究官　渡辺　国広、博(農)

3.2.2.2　港湾

沿岸海洋・防災研究部　沿岸防災研究室長　淺井　正

3.2.2.3　河川

河川研究部　河川研究室長　服部　敦、博(工)

河川研究部　河川研究室主任研究官　福島　雅紀、博(工)

3.2.3　地盤の液状化

危機管理技術研究センター　地震災害研究官　運上　茂樹、博(工)

危機管理技術研究センター　地震防災研究室長　金子　正洋

危機管理技術研究センター　地震防災研究室主任研究官　片岡　正次郎、博(工)

危機管理技術研究センター　地震防災研究室主任研究官　長屋　和宏

危機管理技術研究センター　地震防災研究室研究官　　松岡　一成

３．３　復旧・復興対策への技術支援

3.3.1　砂防分野

関東地方整備局　利根川水系砂防事務所長　　西　真佐人
（前危機管理技術研究センター土砂災害研究官）
(独)土木研究所　土砂管理研究グループ長　　小山内　信智、博(農)
（前危機管理技術研究センター砂防研究室長）
危機管理技術研究センター　砂防研究室長　　岡本　　敦
北陸地方整備局　神通川水系砂防事務所長　　冨田　陽子
（前危機管理技術研究センター砂防研究室主任研究官）
危機管理技術研究センター　砂防研究室主任研究官　　水野　正樹
危機管理技術研究センター　砂防研究室主任研究官　　内田　太郎、博(農)
危機管理技術研究センター　砂防研究室研究官　　野村　康裕
危機管理技術研究センター　砂防研究室研究官　　林　真一郎
水管理・国土保全局　砂防部砂防計画課係長　　桂　　真也
（前危機管理技術研究センター砂防研究室研究官）
危機管理技術研究センター　砂防研究室部外研究員　　佐藤　匠

3.3.2　下水道分野

下水道研究部　下水道研究室長　　横田　敏宏
下水道研究部　下水道研究室主任研究官　　深谷　　渉
下水道研究部　下水道研究室研究官　　松橋　　学
下水道研究部　下水処理研究室主任研究官　　山下　洋正

3.3.3　河川分野

河川研究部　河川研究室長　　服部　　敦、博(工)
河川研究部　河川研究室主任研究官　　福島　雅紀、博(工)

3.3.4　水資源分野

河川研究部　水資源研究室長　　川崎　将生
河川研究部　水資源研究室研究官　　伊藤　壮志

3.3.5　海岸分野

河川研究部　海岸研究室長　　諏訪　義雄
河川研究部　海岸研究室主任研究官　　加藤　史訓
河川研究部　海岸研究室研究官　　鳩貝　　聡
河川研究部　海岸研究室研究官　　渡辺　国広、博(農)

3.3.6　道路分野

道路研究部　道路構造物管理研究室長　　玉越　隆史
道路研究部　道路構造物管理研究室主任研究官　　大久保　雅憲
道路研究部　道路構造物管理研究室研究官　　北村　岳伸
道路研究部　道路構造物管理研究室研究官　　横井　芳輝

3.3.7　港湾分野

港湾研究部　部長　　長尾　　毅、博(工)
沿岸海洋・防災研究部　沿岸海洋研究室長　　淺井　　正

3.3.8　空港分野

空港研究部　空港施設研究室主任研究官　　坪川　将丈、博(工)

関東地方整備局　東京空港整備事務所長　水上　純一
（前空港研究部空港施設研究室長）

3.3.9　建築分野

建築研究部　建築品質研究官　棚野　博之、博(工)
建築研究部　基準認証システム研究室長　深井　敦夫
建築研究部　基準認証システム研究室主任研究官　井上　波彦
建築研究部　基準認証システム研究室主任研究官　岩田　善裕、博(工)
建築研究部　基準認証システム研究室研究官　壁谷澤　寿一、博(工)
建築研究部　基準認証システム研究室研究官　横田　圭洋
建築研究部　防火基準研究室長　成瀬　友宏、博(工)

3.3.10　住宅分野

(独)建築研究所　企画部長　白井　清広
（前住宅研究部長）
住宅研究部　住宅計画研究室長　森　　正志
住宅研究部　住環境計画研究室長　長谷川　洋、博(工)
住宅研究部　住宅生産研究室研究官　角倉　英明、博(工)
東北工業大学工学部建築学科　教授　有川　　智、博(工)
（前住宅研究部住宅生産研究室長）

3.3.11　都市分野

都市研究部　部長　柴田　好之
都市研究部　都市計画研究室長　明石　達生、博(工)
都市研究部　都市計画研究室主任研究官　大橋　征幹
都市研究部　都市計画研究室主任研究官　阪田　知彦、博(工)
都市研究部　都市防災研究室長　木内　　望、博(工)
総合技術政策研究センター　建設経済研究室長　竹谷　修一、博(工)

3.3.12　公園緑地分野

環境研究部　緑化生態研究室主任研究官　飯塚　康雄
神奈川県　県土整備局環境共生都市部参事　松江　正彦
（前環境研究部緑化生態研究室長）

3.3.13　災害マネジメント分野

総合技術政策研究センター　建設マネジメント研究官　小橋　秀俊、博（工）
道路研究部　部長　森　　望
（前総合技術政策研究センター建設マネジメント研究官）

3.3.14　IT・情報分野

3.3.14.1　ITS を活用した災害・復旧時における情報提供

高度情報化研究センター　ITS 研究室長　金澤　文彦
高度情報化研究センター　ITS 研究室主任研究官　澤　　純平
高度情報化研究センター　ITS 研究室研究官　田中　良寛
高度情報化研究センター　ITS 研究室研究官　渡部　大輔

3.3.14.2　道路基準点・道路基盤地図情報の座標補正

高度情報化研究センター　情報基盤研究室長　重高　浩一
高度情報化研究センター　情報基盤研究室主任研究官　勘角　俊介
高度情報化研究センター　情報基盤研究室研究官　今井　龍一、博(工)
高度情報化研究センター　情報基盤研究室研究官　井星　雄貴
高度情報化研究センター　情報基盤研究室研究官　湯浅　直美

高度情報化研究センター　情報基盤研究室部外研究員　横地　克謙
高度情報化研究センター　情報基盤研究室部外研究員　佐々木　洋一

3.3.15　沿岸環境分野

沿岸海洋・防災研究部　沿岸海洋新技術研究官　古川　恵太、博(工)
沿岸海洋・防災研究部　沿岸海洋環境研究室長　岡田　知也、博(工)

3.3.16　河川環境分野

環境研究部　河川環境研究室　主任研究官　中村　圭吾、博(工)

３．４　調査研究

3.4.2　津波からの多重防御・減災システムに関する研究

河川研究部　海岸研究室長　諏訪　義雄
河川研究部　海岸研究室主任研究官　加藤　史訓
河川研究部　海岸研究室研究官　鳩貝　　聡
河川研究部　海岸研究室研究官　渡辺　国広、博(農)
河川研究部　河川研究室長　服部　　敦、博(工)
河川研究部　河川研究室主任研究官　福島　雅紀、博(工)

3.4.3　沿岸都市における防災構造化支援技術に関する研究

都市研究部　部長　柴田　好之
都市研究部　都市計画研究室長　明石　達生、博(工)
都市研究部　都市計画研究室主任研究官　大橋　征幹
都市研究部　都市防災研究室長　木内　　望、博(工)
都市研究部　都市防災研究室主任研究官　吉岡　英樹、博(工)
都市研究部　都市開発研究室主任研究官　勝又　　済、博(工)
総合技術政策研究センター　建設経済研究室長　竹谷　修一、博(工)
総合技術政策研究センター　建設経済研究室主任研究官　岩見　達也

3.4.4　超過外力と複合的自然災害に対する危機管理に関する研究

河川研究部　河川研究室長　服部　　敦、博(工)
河川研究部　河川研究室主任研究官　福島　雅紀、博(工)
河川研究部　河川研究室研究官　松浦　達郎
危機管理技術研究センター　土砂災害研究官　吉川　知弘
危機管理技術研究センター　地震災害研究官　運上　茂樹、博(工)
危機管理技術研究センター　砂防研究室主任研究官　水野　正樹
危機管理技術研究センター　地震防災研究室主任研究官　木村　祐二

3.4.5　IT・情報分野の研究開発

3.4.5.1　人の移動情報の収集・分析基盤の整備

高度情報化研究センター　グリーンイノベーション研究官　濱田　俊一
高度情報化研究センター　情報基盤研究室長　重高　浩一
高度情報化研究センター　情報基盤研究室研究官　今井　龍一、博(工)
高度情報化研究センター　情報基盤研究室研究官　井星　雄貴

3.4.5.2　３次元 CAD データを活用した災害復旧支援に関する研究

高度情報化研究センター　情報研究官　平城　正隆
高度情報化研究センター　情報基盤研究室研究官　今井　龍一、博(工)

3.4.5.3　情報化施工技術による埋設ガレキ等の管理技術に関する研究

高度情報化研究センター　情報基盤研究室長　重高　浩一
高度情報化研究センター　情報基盤研究室主任研究官　梶田　洋規

高度情報化研究センター　情報基盤研究室研究官　北川　順
3.4.5.4　3次元設計データを用いた橋梁の監視技術
高度情報化研究センター　情報基盤研究室長　重高　浩一
高度情報化研究センター　情報基盤研究室主任研究官　青山　憲明

４．災害対策・危機管理に関する国土技術政策総合研究所としての教訓と今後の課題
研究総務官　岸田　弘之、博(工)

あとがき
研究総務官　岸田　弘之、博(工)

（全体編集担当）

副所長　金井　昭典
（前(独)建築研究所研究総括監）
研究総務官　岸田　弘之、博(工)
企画部　コーディネート研究官　丹野　弘
沿岸海洋・防災研究部　津波災害研究官　高田　直和
危機管理技術研究センター　地震災害研究官　運上　茂樹、博(工)
住宅研究部　部長　水谷　明大
（前危機管理技術研究センター建築災害対策研究官）
危機管理技術研究センター　建築災害対策研究官　奥田　泰雄、博(工)
（前建築研究部建築新技術研究官）

1．はじめに

平成 23 年 3 月 11 日 14 時 46 分、三陸沖を震源とするモーメントマグニチュード 9.0 の巨大地震が発生した。この地震により宮城県栗原市で震度 7 を観測するなど広い範囲で強い揺れが生じるとともに、太平洋沿岸を中心に高い津波が観測され、特に東北地方から関東地方の太平洋沿岸において激甚な被害を受けた。気象庁は、この地震を「平成 23 年（2011 年）東北地方太平洋沖地震」（英語名：The 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake）と命名した。また、東北地方太平洋沖地震及びこれに伴う原子力発電所事故による災害は「東日本大震災」と呼称されることとなった。警察庁の取りまとめによると、平成 25 年 1 月 16 日現在、地震による死者は 15,879 人、行方不明者は 2,700 人、負傷者は 6,132 人に上った[1)]。

国土技術政策総合研究所（以下、国総研）は、東日本大震災に際し、関係する分野ごとに国土交通省の緊急災害対策派遣隊(TEC-FORCE)メンバー等として、(独)土木研究所、(独)建築研究所、(独)港湾空港技術研究所をはじめとする関係機関と連携、協力しながら、所管施設の緊急的な被害調査と被害分析を実施した。そして、緊急対応策の検討と提案、さらに法整備や技術基準の改定への技術支援、現場での対策の実施のための現場支援など、国土交通省の研究機関としてこれまで様々な対応を実施してきたところである。将来の災害に備えるためには、これまでに実施してきた災害対策、危機管理対応について、今後に確実につなげていくとともに、課題点を抽出し、不断の改善、改良を図っていくことが不可欠である。

本報告は、東日本大震災において、国総研としてどのような対応や措置を実施したか、さらに、震災から浮き彫りになった新たな課題に対してどのように取り組み始めているかについて時系列を追ってとりまとめたものである。

本報告では、以下の内容をまとめた。

1）東日本大震災の発生と国、国土交通省及び国総研の対応

政府、そして国土交通省による復旧・復興に向けた対応を時系列的に整理するとともに、こうした震災対応の中で国総研がどのように対応したかの全体像についてまとめた。

2）東日本大震災に対する復旧・復興対策への取り組み

砂防、下水道、河川、水資源、海岸、道路、港湾、空港、建築物などの各所管分野における復旧・復興対策の基準化等に向けた検討の整理を行うとともに、これらの検討に対して国総研が具体的にどのように対応したかについて、以下を中心に時系列を追ってまとめた。

① 所管分野ごとの、被害調査、被害分析、対策検討・提案、法整備、技術基準整備、現場への適用等の各場面における対応状況等（新たな研究のスタート等を含む）

② 迅速な復旧方針等の決定の検討を行うために、国土交通省等により設置された専門家から構成される各種技術検討委員会等における、国総研からの参画並びに委員会事務局と一体となって実施した技術支援等の具体的な内容

③ 法整備・技術基準を含む施策への提案とともに、その成果を得るために実施された被害調査・分析結果等

④ 対応が効果的に実施できた事象や事例、あるいは、必ずしも十分ではなかったと思われる事象や事例、課題点や強化すべきと考えられる点等の抽出結果

本報告は、地震発生後約１年半の期間（平成 24 年 10 月末時点まで）における国総研の取り組みを対象にしている。その後も検討が引き続き進められている分野もあるが、その内容に関しては、また別の機会の報告とさせていただきたい。

なお、本報告の中では、統一的に以下の略称を用いている。

・「国土技術政策総合研究所」→「国総研」
・「独立行政法人」　　→「(独)」

参考文献

1）警察庁緊急災害警備本部：平成 23 年(2011 年)東北地方太平洋沖地震の被害状況と警察措置、平成 25 年 1 月 16 日
http://www.npa.go.jp/archive/keibi/biki/higaijokyo.pdf

2．東日本大震災の発生と国、国土交通省及び国土技術政策総合研究所の対応

2.1 地震と被害の概要

(1) 地震と地震動

平成 23 年 3 月 11 日 14 時 46 分に、三陸沖（北緯 38.1 度、東経 142.9 度）を震源とするモーメントマグニチュード 9.0 の巨大地震が発生した[1]。震源深さは 24km である。本地震（M9.0）は、国内観測史上最大規模の地震となり、世界的にみても、昭和 35 年チリ地震（M9.5）、昭和 39 年アラスカ地震(M9.2)、平成 16 年のインドネシア・スマトラ沖地震（M9.1）に次いで、観測史上世界 4 番目の規模となった。

地震のマグニチュードに関しては、3 月 11 日 14 時 49 分に M 7.9（速報値）と気象庁から発表された。これは、地震波の振幅を用いて計算される気象庁マグニチュードを用いたものである。その後、CMT 解析によって得られたモーメントマグニチュードも用いて、同日 16 時 00 分には M8.4（気象庁マグニチュード：暫定値）、同日 17 時 30 分には M8.8（モーメントマグニチュード）、そして、3 月 13 日 12 時 55 分に M9.0（モーメントマグニチュード）と発表された。

気象庁の発表による本震の震度分布と震央位置におおよその震源域の範囲を加えたものを**図-2.1** に示す。宮城県栗原市で震度 7 を観測したほか、宮城県、福島県、茨城県、栃木県で震度 6 強、北海道から九州地方にかけての広い範囲で震度 6 弱から震度 1 の揺れを観測した。

図-2.2 は、東北地方太平洋沖地震の余震の発生状況を示したものである[2)-3)]。**表-2.1** は、これらの地震発生を時系列で整理したものである。余震は、岩手県沖から茨城県沖にかけて、震源域に対応する長さ約 500 km、幅約 200 kmの範囲に密集して発生しているほか、震源域に近い海溝軸の東側、福島県及び茨城県の陸域の浅い場所も含め広い範囲で発生した。本震の 2 日前に M7.3 の前震があったほか、本震より 60 日間に発生した M4.0 以上の余震は 840 回、M7.0 を越える余震も 5 回発生した。最大余震は、3 月 11 日 15 時 15 分に茨城県沖で発生した M7.7 の地震である。さらに、東北地方太平洋沖地震の影響によって発生した可能性は否定できないもののその関連は必ずしも明確ではないとされているが、静岡県伊豆地方（3 月 11 日）あるいは同県東部（3 月 15 日）、長野県北部(3 月 12 日)で、最大震度 6 強の地震を観測した。

図-2.3 及び**図-2.4** は、近年、海域で発生した主な地震及び内陸地震の余震発生回数の時間的変化を比較したものである。本震直後に多くの余震が発生する傾向があるが、発生回数は地震ごとに大きく相違している。海域で発生した地震では、M9.0 と規模の大きかった東北地方太平洋沖地震は、従来の地震に比較して余震の発生回数が 3 倍以上も多くなっている。

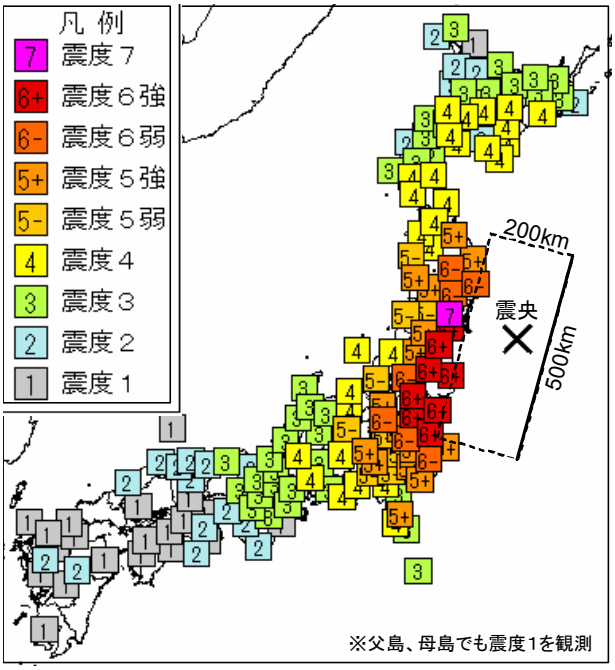


図-2.1 気象庁震度の分布（気象庁公表の図に加筆）

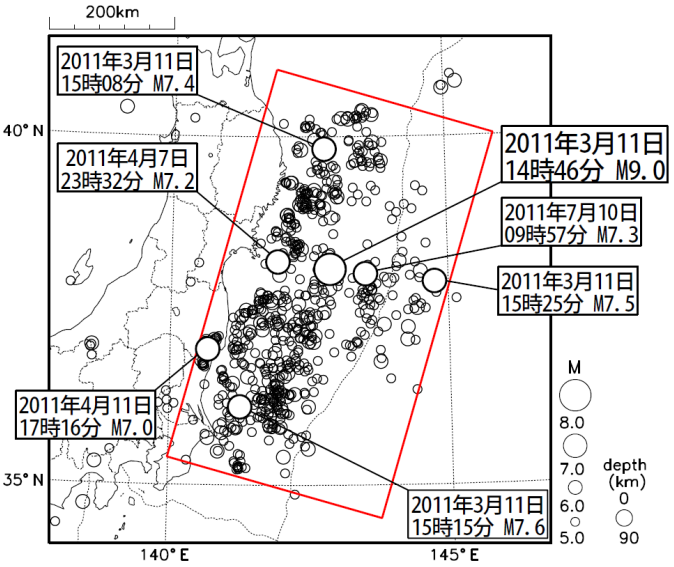


図-2.2 東北地方太平洋沖地震（M9.0）の余震の発生領域[2)]

表-2.1 地震の発生（震度5弱以上を観測した地震）[1)]

日時	震央地名	震源の緯度（北緯N）／経度（東経E）／深さ	マグニチュード*	最大震度
3月11 日14 時46 分	三陸沖	38° 06.2′ N/142° 51.6′ E/24km	9.0	7（宮城県栗原市）
14時51分	福島県沖	36° 44.0’ N/142° 01.7’ E/11km	6.8	5弱（茨城県笠間市）
14時54分	福島県沖	37° 30.0’ N/ 141° 19.8’ E/36km	5.8	5弱（福島県浪江町）
	茨城県北部	36° 43.0’ N/140° 34.5’ E/9km	5.7	
14時58分	福島県沖	37° 40.5’ N/141° 54.6’ E/23km	6.4	5弱（宮城県大河原町）
14時57分	岩手県沖	39° 11.7’ N/142° 22.9’ E/24km	5.7	
15時06分	岩手県沖	39° 02.5’ N/142° 23.8’ E/27km	6.4	5弱（岩手県矢巾町他）
15時08分	静岡県伊豆地方	35° 10.8’ N/139° 01.5’ E/6km	4.6	5弱（静岡県熱海市）
15時08分	岩手県沖	39° 50.3’ N/142° 46.8’ E/32km	7.4	5弱（青森県五戸町他）
15時12分	福島県沖	37° 12.2’ N/141° 39.6’ E/27km	6.1	5弱（福島県川内村）
	岩手県沖	39° 26.5’ N/142° 05.7’ E/33km	4.8	
15時15分	茨城県沖	36° 06.5’ N/141° 15.9’ E/43km	7.7	6強（茨城県鉾田市）
15時17分	茨城県沖	35° 57.5’ N/141° 04.1’ E/33km	5.7	
15時25分	三陸沖	37° 50.2’ N/144° 53.6’ E/34km	7.5	4（北海道浦河町他）
16時29分	岩手県沖	39° 01.8’ N/142° 16.8’ E/36km	6.5	5強（宮城県大崎市）
16時28分	福島県沖	36° 54.3’ N/141° 52.2’ E/26km	6.2	
16時30分	福島県沖	37° 21.3’ N/141° 16.8’ E/27km	6.3	
17時40分	福島県沖	37° 25.5’ N/141° 19.0’ E/27km	6.1	5強（福島県富岡町）
20時36分	岩手県沖	39° 10.1’ N/142° 37.1’ E/24km	6.7	5弱（岩手県滝沢村）
3月12日03時59分	長野県北部	36° 59.1’ N/138° 35.8’ E/8km	6.7	6強（長野県栄村）
04時31分	長野県北部	36° 56.9’ N/138° 34.3’ E/1km	5.9	6弱（長野県栄村）
05時42分	長野県北部	36° 58.3’ N/138° 35.4’ E/4km	5.3	6弱（長野県栄村）
22時15分	福島県沖	37° 11.8’ N/141° 25.5’ E/40km	6.2	5弱（福島県楢葉町他）
23時34分	長野県北部	36° 58.0’ N/138° 34.0’ E/5km	3.7	5弱（長野県栄村）
3月13日08時24分	宮城県沖	38° 00.7’ N/141° 56.9’ E/15km	6.2	5弱（宮城県登米市）
3月14日10時02分	茨城県沖	36° 27.5’ N/141° 07.5’ E/32km	6.2	5弱（茨城県鉾田市）
3月15 日22時31分	静岡県東部	35° 18.5’ N/138° 42.8’ E/14km	6.4	6強（静岡県富士宮市）
3月16日12時52分	千葉県東方沖	35° 50.2’ N/140° 54.3’ E/10km	6.1	5弱（茨城県水戸市他）
3月19日18時56分	茨城県北部	36° 47.0’ N/140° 34.2’ E/5km	6.1	5強（茨城県日立市）
3月23日07時12分	福島県浜通り	37° 05.0’ N/140° 47.2’ E/8km	6.0	5強（福島県いわき市）
07時13分	福島県浜通り	37° 02.1’ N/140° 46.1’ E/1km	5.8	
3月23日07時34分	福島県浜通り	37° 05.8’ N/140° 47.7’ E/7km	5.5	5強（福島県いわき市）
07時36分	福島県浜通り	37° 03.8’ N/140° 46.2’ E/7km	5.8	5弱（福島県いわき市他）
18時55分	福島県浜通り	37° 06.6’ N/140° 45.6’ E/9km	4.7	5強（福島県いわき市）
3月24日08時56分	茨城県南部	36° 10.6’ N/140° 02.5’ E/52km	4.8	5弱（茨城県鉾田市）
17時20分	岩手県沖	39° 04.6’ N/142° 21.4’ E/34km	6.2	5弱（宮城県石巻市）
3月28日07時23分	宮城県沖	38° 23.5’ N 142° 18.9’ E 31km	6.5	5弱（宮城県石巻市）
3月31日16時15分	宮城県沖	38° 52.3’ N 142° 05.0’ E 47km	6.1	5弱（岩手県花巻市）

＊）マグニチュードは、モーメントマグニチュード

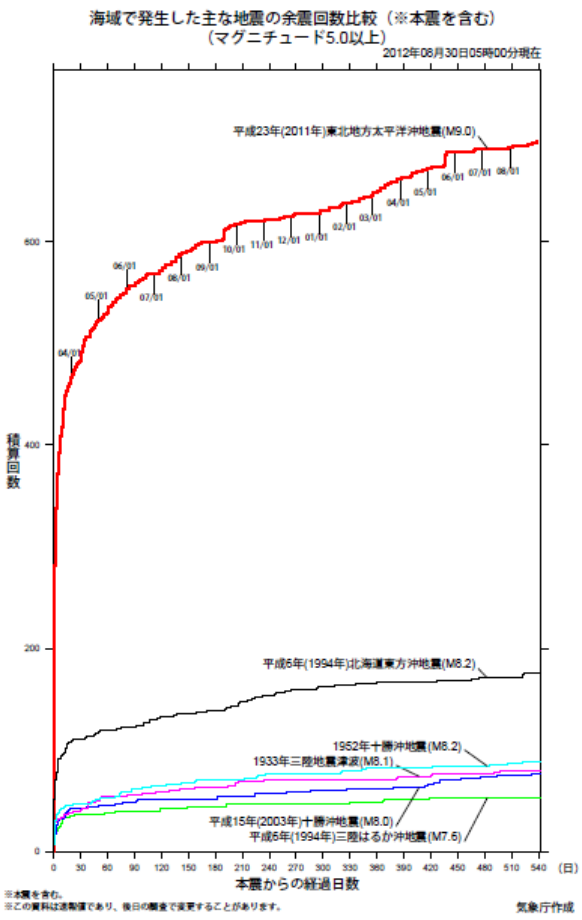


図-2.3 海域で発生した主な地震の余震回数比較（本震を含む）（マグニチュード5.0以上）[3)]

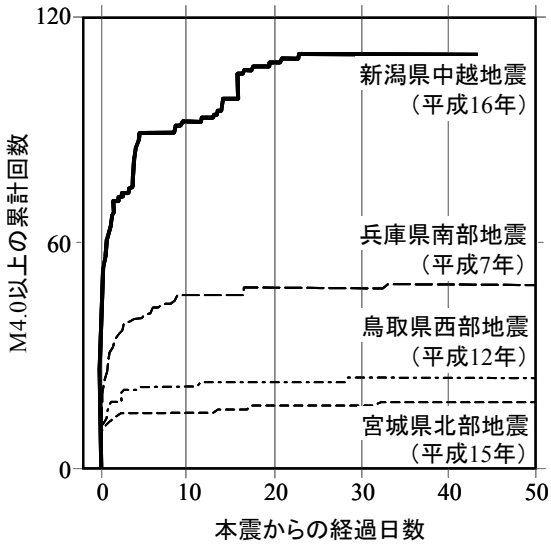


図-2.4 内陸で発生した種な地震の余震回数比較（本震を含む）（マグニチュード4.0以上）[4),5)]

一方、内陸地震については、2004年の新潟県中越地震が近年の地震では最も余震活動が活発であり、余震により本震の被害が拡大し、緊急活動の障害にもなった地震であった[4)-5)]。

図-2.5は、地震調査研究推進本部による主な海溝型地震の長期評価結果を示したものである[6)]。本評価は、東北地方太平洋沖地震発生前の平成23年1月11日に実施されたものである。地震の震源域は、岩手県沖から茨城県沖まで及んでおり、その長さは約400km以上、幅は約200kmで、最大の滑り量は20m以上であったと推定された。滑り量の大きい領域は、同本部地震調査委員会により評価されている三陸沖南部海溝寄り、三陸沖北部から房総沖の海溝寄りの一部であったと考えられ、震源域の範囲は、さらに三陸沖中部、宮城県沖、福島県沖、茨城県沖の領域を含んでいると推定された。地震調査委員会では、宮城県沖・その東の三陸沖南部海溝寄りから南の茨城県沖までの個別の領域について地震動や津波の評価を行っていたが、これらの領域が連動して発生する地震については評価されていなかった。

このように、東北地方太平洋沖地震は、我が国の過去数百年間の資料では確認できなかった日本海溝の複数の震源域が連動発生した M9.0 の巨大地震となったことが大きな特徴として指摘された。

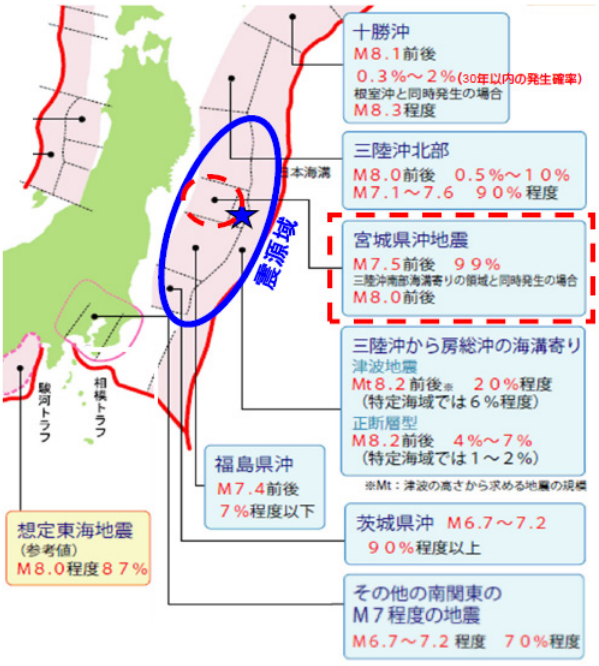


図-2.5 地震調査推進本部による主な海溝型地震の長期評価（2011年1月11日現在）と東北地方太平洋沖地震[6)]

(2) 津波

東北地方太平洋沖地震により、東北地方太平洋沿岸をはじめとして全国の沿岸で津波が観測され、津波による甚大な被害が発生した。気象庁による各地の津波観測施設では、福島県相馬で 9.3m以上、宮城県石巻市鮎川で8.6m以上など、東日本の太平洋沿岸を中心に非常に高い津波が観測されたほか、北海道から鹿児島県にかけての太平洋沿岸や小笠原諸島で１m以上の津波が観測された[1)]。なお、上記の津波高さは、観測施設が津波により被害を受けたため、データを入手できなかった期間があり、後続の波でさらに高くなった可能性がある。

気象庁では、最初の地震波の検知から３分後の 14 時 49 分に岩手県、宮城県、福島県の沿岸に津波警報（大津波）を、北海道から九州にかけての太平洋沿岸と小笠原諸島に津波警報（津波）と津波注意報を発表した。その後、津波警報・津波注意報の範囲を拡大する続報を順次発表し、３月 12 日 03 時 20 分には日本の全ての沿岸に対して津波警報、津波注意報を発表した（**表-2.2** 参照）。同日 22 時 53 分に高知県に対し発表されて以降、段階的に津波警報、津波注意報に移行され、3 月 13 日 17 時 58 分に、全ての津波注意報が解除された。

図-2.6 は、気象庁により、津波観測施設及びその周辺地域において実施された現地調査から得られた津波の痕跡の位置等をもとに推定された津波の高さを示したものである。地点によって 10mを越える津波の痕跡が確認されている。また、**図-2.7** は、東北地方太平洋沖地震津波合同調査グループ（土木学会を始めとする関連学協会等）により調査された津波の浸水高さと遡上高さを示したものである。岩手県から宮城県にかけて、最大 30m級の津波が襲来し、これによって激甚な被害がもたらされたことが報告されている[7)]。

図-2.8 は、気象庁により観測された津波波形の一例を示したものである[1)]。大津波によってデータが得られていない観測点もあるが、津波が何度も繰り返し来襲したことがわかる。**表-2.3** は、日本国内の津波観測施設で観測された津波の観測値の第１波と最大波を示したものである。最大の津波は、地震発生後、30 分～１時間後に沿岸に来襲した。

表-2.4 及び**図-2.9** は、それぞれ、（独）港湾空港技術研究所により分析された GPS 波浪計で観測された津波の観測値の第１波と最大波と、釜石沖（釜石港から沖合 18km、水深 200m）で観測された波形を示したものである[8)]。釜石沖では、津波の第１波が最大、第７波までが顕著な津波として観測された。津波高さは、15 時 12 分に記録した 6.7m が最大であり、沖合でこの高さの津波は、沿岸部に到達した際には、水深 15m の位置で換算すると 13m 程度に増加することになる。峰の高さは、第１波が突出し、第 2～7 波において徐々に低くなり、第 4～7 波は第 1～3 波とは異なる形状で 50 分程度の周期の波が繰り返されたことが報告された。

国土地理院では、撮影した空中写真などを用いて津波による浸水範囲の判読を行い、浸水範囲と市町村別浸水面積を推計している[9)]。**図-2.10** は、仙台地区における津波の浸水範囲を示したものである。津波により仙台平野の内陸 4km を越える範囲まで浸水した。

浸水範囲の概略値は、**表-2.5** に示す通りであり、青森、岩手、宮城、福島、茨城、千葉の６県 62 市町村で、合計 561km^2 に達したと推計された。

表-2.2 津波警報の発表（青森県、岩手県、宮城県、福島県、茨城県、千葉県の太平洋沿岸）[1)]

日時	津波警報等（予想される津波の高さ）					
	青森県	岩手県	宮城県	福島県	茨城県	千葉県
3月11日14時49分	津波 1m	大津波 3m	大津波 6m	大津波 3m	津波 2m	津波 2m
15時14分	大津波 3m	大津波 6m	大津波 10m 以上	大津波 6m	大津波 4m	大津波 3m
15時30分	大津波 8m	大津波 10m 以上	↑	大津波 10m 以上	大津波 10m 以上	大津波 10m 以上
16時08分	大津波 10m 以上	↑	↑	↑	↑	↑
3月12日13時50分	↑	↑	↑	↑	津波警報	津波注意報
20時20分	津波警報	津波警報	津波警報	津波警報	津波注意報	↑
3月13日07時30分	津波注意報	津波注意報	津波注意報	津波注意報	↑	↑
17 時58分	解除					

表-2.3 日本国内の津波観測施設で観測された津波の観測値の第１波と最大波[1)]
（青森県、岩手県、宮城県、福島県、茨城県、千葉県の太平洋沿岸）

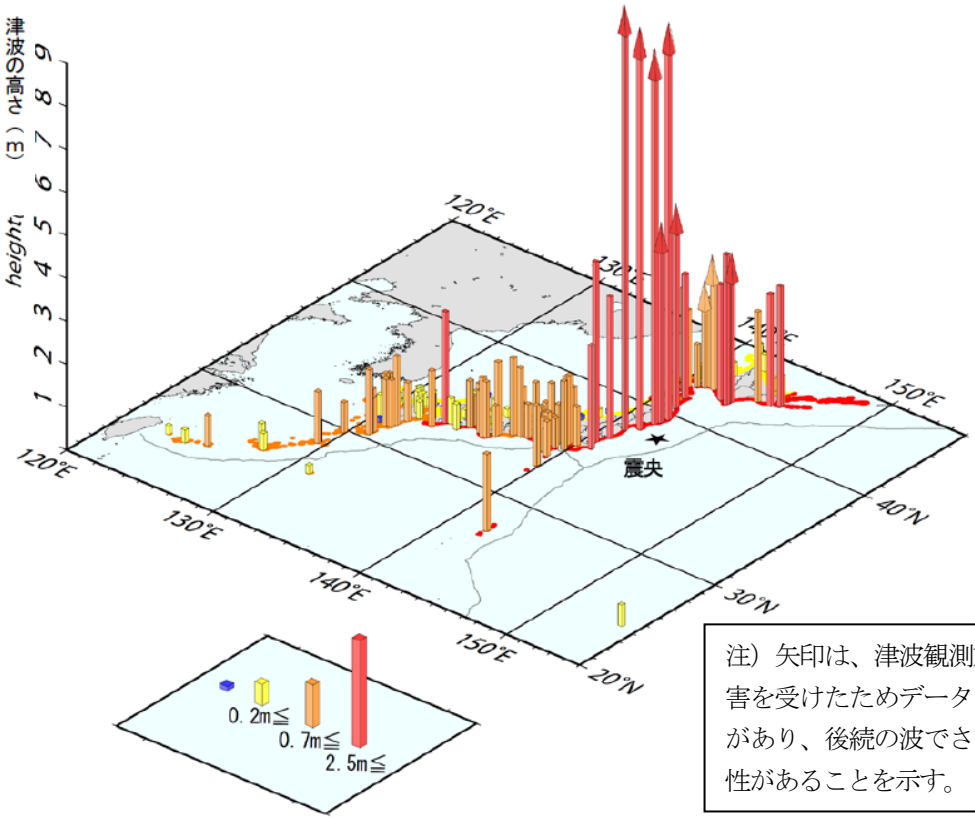
都道府県	観測点名	第１波		最大の高さの波	
		はじまりの時刻	高さ（＋：押し、－：引き）	時刻	高さ
青森県	八戸	11日15時21分	-0.7m	11日16時57分	4.2m 以上
岩手県	宮古	11日15時1分	-1.24m	11日15時26分	8.5m 以上
	大船渡	11日14時ー分	-1.0m	11日15時18分	8.0m 以上
	釜石	11日14時ー分	-1.19m	11日15時21分	4.2m 以上
宮城県	石巻市鮎川	11日14時ー分	ー	11日15時26分	8.6m 以上
福島県	相馬	11日14時ー分	-1.2m	11日15時51分	9.3m 以上
	いわき市小名浜	11日15時8分	+2.6m	11日15時39分	3.33m
茨城県	大洗	11日15時17分	+1.7m	11日16時52分	4.0m
千葉県	銚子	11日15時13分	+2.3m	11日17時22分	2.5m

注）データを入手できない期間があった場合がある。また、地盤沈下の影響で第１ 波の読み取り値が不正確である可能性がある。

表-2.4 GPS 波浪計で観測された津波の観測値の第１波と最大波[1),8)]

都道府県	観測点名	水深	第１波		最大の高さの波	
			はじまりの時刻	高さ（＋：押し、－：引き）	時刻	高さ
岩手県	久慈沖	125m	11日14時56分	-0.4m	11日15時19分	約4.0m
	宮古沖	200m	11日14時48分	-0.5m	11日15時12分	約6.3m
	釜石沖	204m	11日14時48分	-0.5m	11日15時12分	約6.7m
	広田湾沖	160m	11日14時47分	-0.4m	11日15時14分	約5.7m
福島県	小名浜沖	137m	11日14時49分	+1.0m	11日15時15分	約2.6m
三重県	尾鷲沖	210m	11日16時9分	+0.5m	11日16時26分	約0.5m
和歌山県	白浜沖	201m	11日16時23分	+0.3m	11日16時38分	約0.3m

注）データを入手できない期間があった場合がある。



注）矢印は、津波観測施設が津波により被害を受けたためデータを入手できない期間があり、後続の波でさらに高くなった可能性があることを示す。

図-2.6 津波観測施設で観測された津波の高さ[1)]

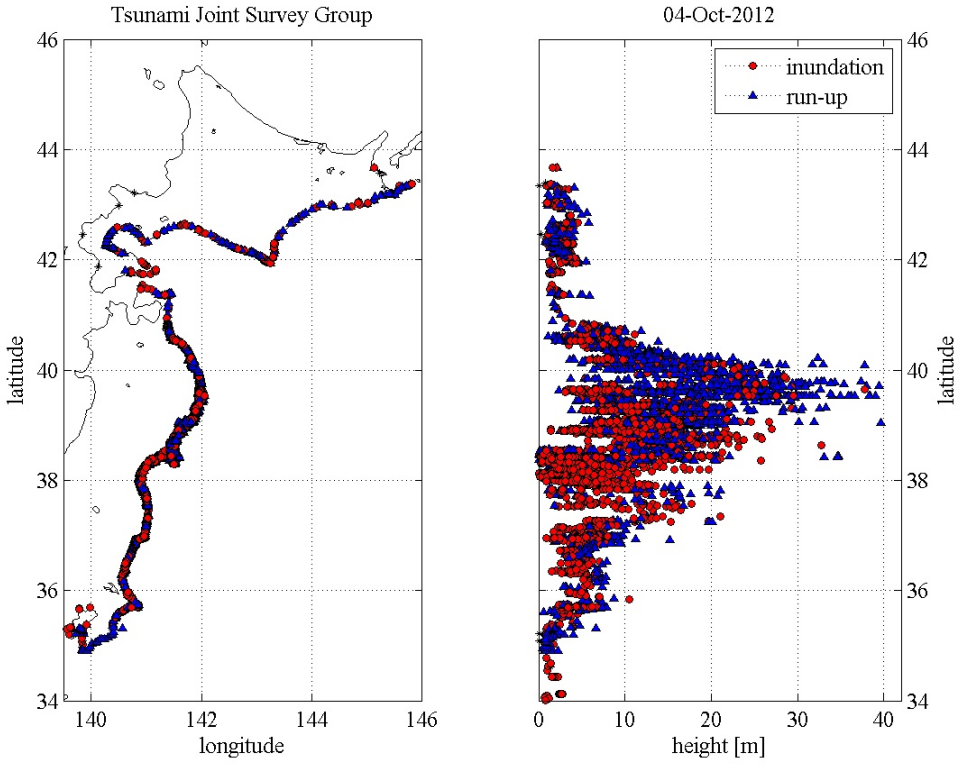


図-2.7 津波の浸水高さと遡上高さ[7)]

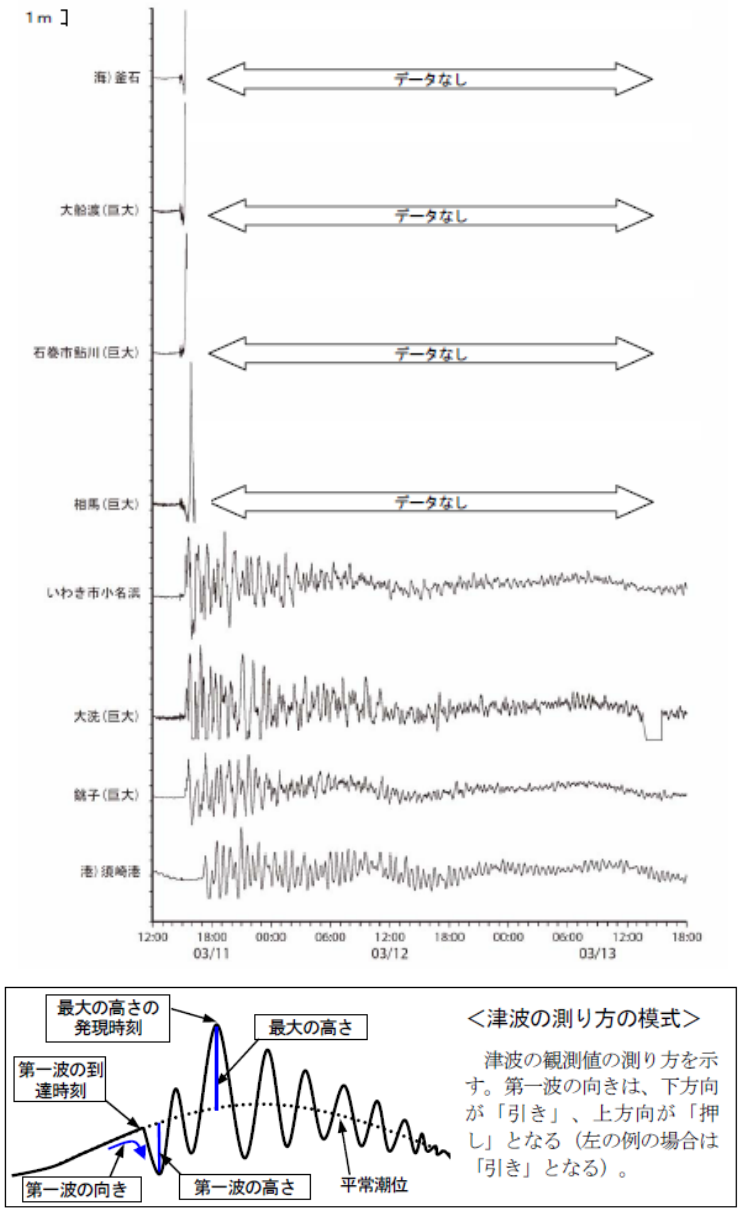


図-2.8 主な津波観測施設で観測した津波波形（2.0m 以上）[1)]

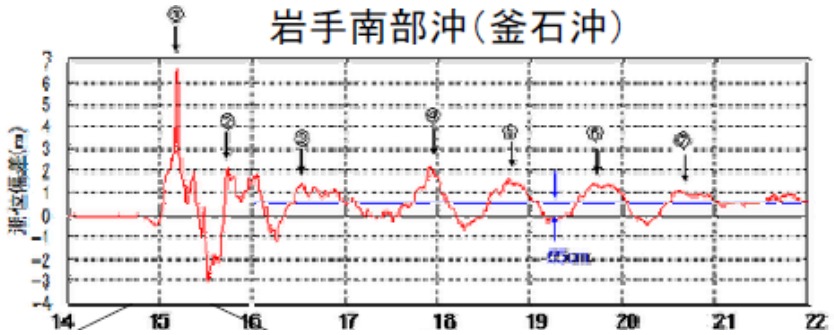


図-2.9 GPS 波浪計（釜石沖）で観測された津波波計[8)]

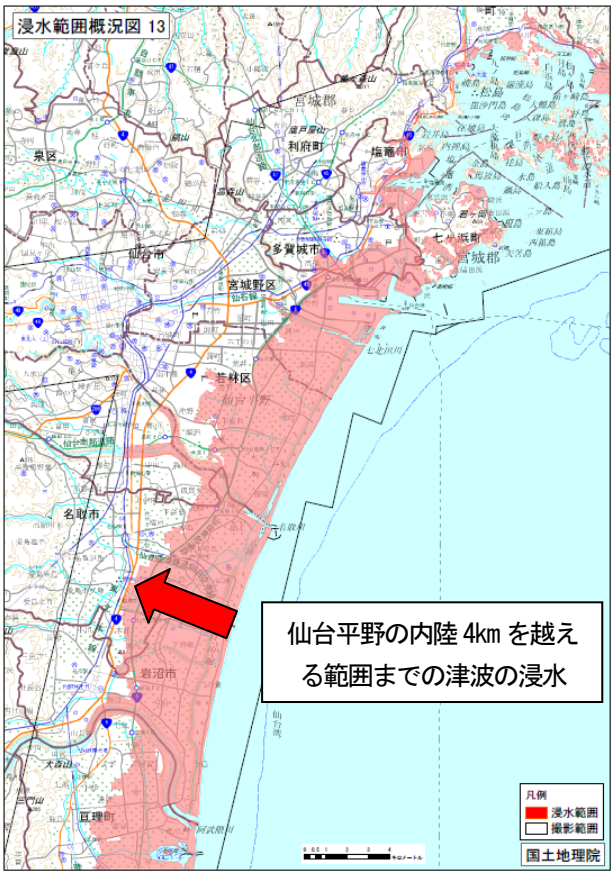


図-2.10 津波による浸水範囲（国土地理院による）[9)]

表-2.5 都道府県別の浸水面積[9)]

県	浸水面積(km²)
青森県	24
岩手県	58
宮城県	327
福島県	112
茨城県	23
千葉県	17
合計	561

(3) 地盤沈降

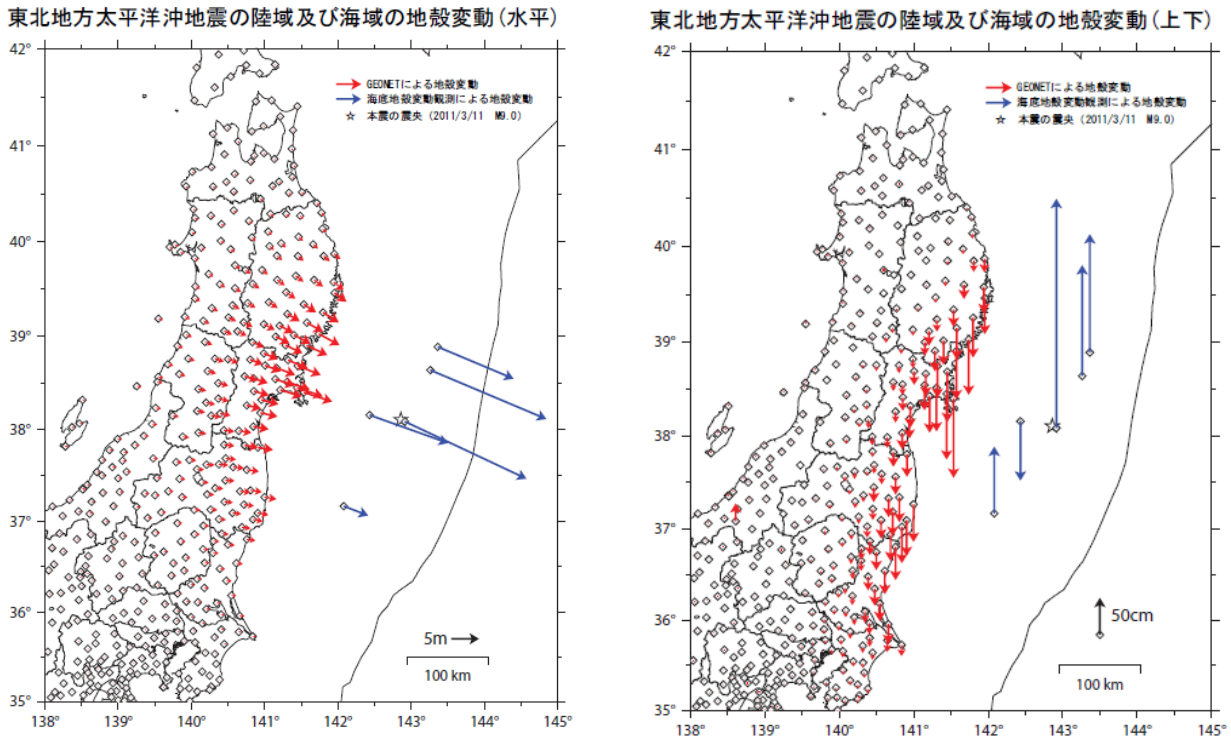
図-2.11 は、国土地理院から発表された陸域及び海域の地殻変動を示したものである[10)]。陸域は、国土地理院の GPS 連続観測（GEONET）、海域は海上保安庁海洋情報部の海底地殻変動観測によって得られた地殻変動を示している。水平方向には、最大 530cm（牡鹿）太平洋側に変位しており、鉛直方向には、最大 120cm（牡鹿）沈降していることが報告された。

図-2.12 は、国土交通省東北地方整備局から発表された仙台平野における地震に伴う地盤沈下の状況である[11)]。航空レーザ計測等により得られたデータより、面的に地盤沈下の状況が把握されている。海面との高さの関係を整理したところ、地震前は、既往最高潮位以下の面積 83 k㎡のうち、平均海面以下の面積が 3 k㎡であったものが、地震後にはそれぞれ 111 k㎡、16 k㎡と変化し、平均海面以下の面積については約 5.3 倍に拡大したと報告された。こうした地盤沈降により、高潮浸水被害も発生した。

(4) 液状化

東北地方太平洋沖地震では、北海道、東北、関東地方の広い範囲にわたり地盤の液状化が発生し、住宅、道路、河川堤防、港湾施設、ライフライン等に多大な被害を与えた。東北地方沿岸部に関しては、地震後の津波によって、液状化の痕跡を正確に確認できない地域も多かった。**図-2.13** は、国土交通省関東地方整備局と公益社団法人地盤工学会による、関東地方における液状化の発生状況の調査結果を示したものである[12)]。関東地方の茨城、栃木、群馬、埼玉、千葉、東京、神奈川の 1 都 6 県の広範囲で液状化の発生が確認された。最北端は栃木県大田原市、最西端は埼玉県熊谷市、最南端は千葉県南房総市、最東端は千葉県銚子市である。液状化の発生は東京から千葉にかけての東京湾岸及び利根川下流域に集中してみられ、その他、川崎・横浜方面、那珂川・久慈川方面、利根川中流、鬼怒川・小貝川流域、古利根川流域に散在している。

都道府県、市区町村別にみると、**表-2.6** に示すとおり報告された。関東地方全体で少なくとも 96 の市区町村で液状化の発生が確認され、県別にみると、震源に近い茨城県が 36 市区町村で最も多く、次いで千葉県が 25 市区町村となっている。



(a) 水平　　(b) 上下

図-2.11 東北地方太平洋沖地震の陸域及び海域の地殻変動（国土地理院による）[10)]

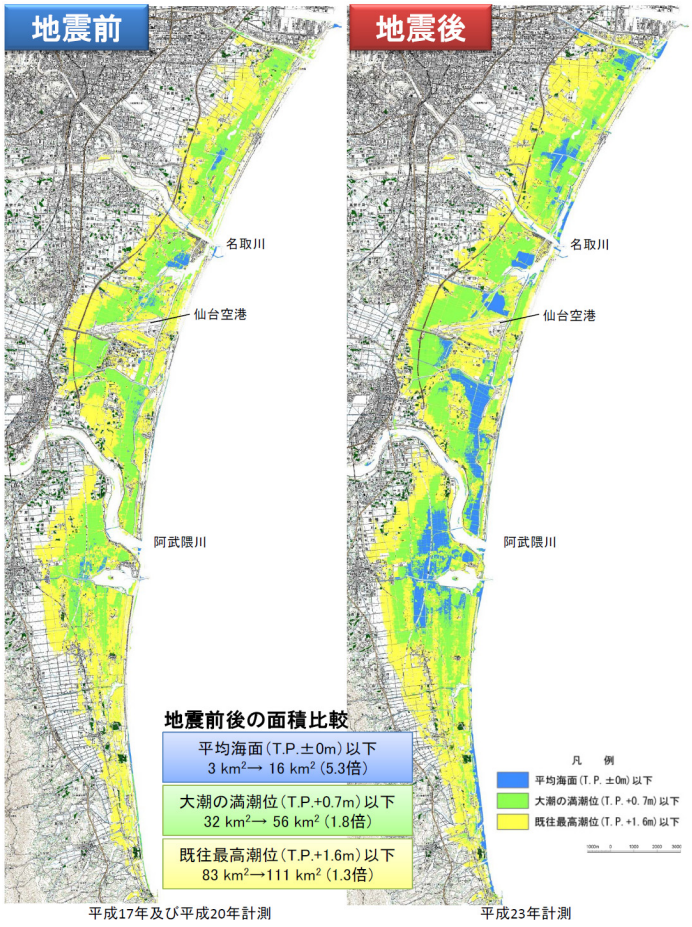


図-2.12 仙台平野における地震に伴う地盤沈下の状況 [11)]

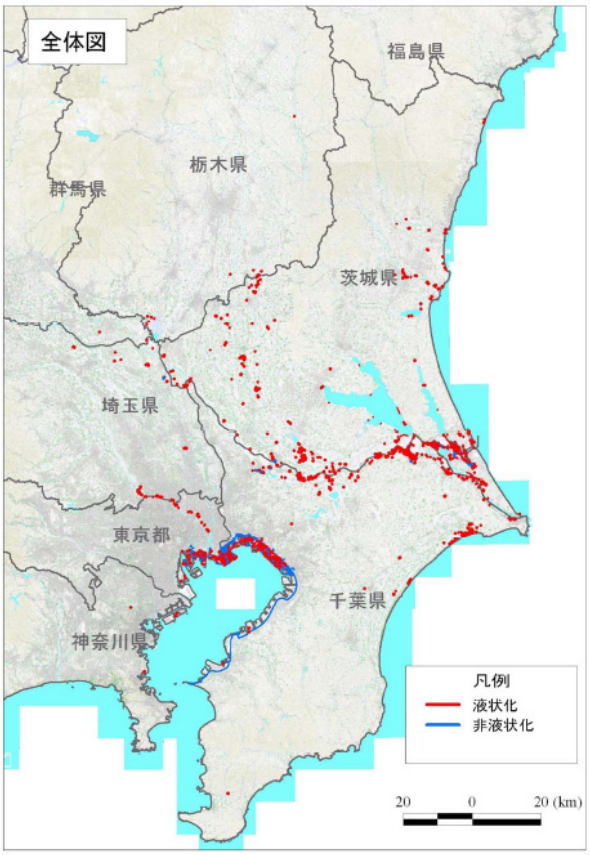


図-2.13 関東地方の液状化発生箇所の分布[12)]

表-2.6 液状化発生箇所を含む市区町村[12)]

都道府県	市区町村	液状化が発生した市区町村数
茨城県	水戸市、日立市、土浦市、古河市、石岡市、結城市、龍ヶ崎市、下妻市、常総市、常陸太田市、北茨城市、取手市、つくば市、ひたちなか市、鹿嶋市、潮来市、守谷市、那珂市、筑西市、坂東市、稲敷市、かすみがうら市、神栖市、行方市、鉾田市、つくばみらい市、茨城町、大洗町、東海村、美浦村、阿見町、河内町、八千代町、五霞町、境町、利根町	36
栃木県	栃木市、真岡市、大田原市	3
群馬県	館林市、板倉町、邑楽町	3
埼玉県	さいたま市、熊谷市、川口市、行田市、加須市、春日部市、羽生市、越谷市、戸田市、鳩ヶ谷市、和光市、久喜市、八潮市、幸手市、吉川市、宮代町	16
千葉県	千葉市、銚子市、市川市、船橋市、木更津市、松戸市、野田市、成田市、東金市、旭市、習志野市、柏市、八千代市、我孫子市、浦安市、袖ヶ浦市、印西市、南房総市、匝瑳市、香取市、山武市、栄町、神崎町、東庄町、九十九里町	25
東京都	中央区、港区、墨田区、江東区、品川区、大田区、北区、板橋区、足立区、葛飾区、江戸川区	11
神奈川県	横浜市、川崎市	2
総計		96

(5) 被害の概要

東北地方太平洋沖地震による被害の概要を以下に整理する。

1) 人的被害と住家被害

警察庁から発表されている平成25年1月16日時点の被害の総数は以下の通りである[13]。**表-2.7**は、都道府県別の人的被害、建物被害をまとめたものである。

① 人的被害

死者15,879人、行方不明者2,700人、負傷者6,132人

② 建物被害

全壊128,911棟、半壊268,882棟、一部破損733,719棟
床上浸水19,790棟、床下浸水15,630棟

③ 火災（全焼・半焼）

279件

表-2.7 都道府県別の人的被害及び建物被害数[13]

（警察庁緊急災害警備本部による、平成25年1月16日時点）

都道府県名	人的被害			建物被害（住家被害）					
	死者	行方不明者	負傷者	全壊	半壊	一部破損	床上浸水	床下浸水	火災（全・半焼）
北海道	1		3		4	7	329	545	
青森県	3	1	111	308	701	1,006			
岩手県	4,673	1,171	208	18,370	6,501	13,000	1,761	323	15
宮城県	9,534	1,314	4,144	85,414	152,523	224,162	14,678	12,894	135
秋田県			11			3			
山形県	2		29			21			
福島県	1,606	211	182	21,096	72,390	163,007	1,061	338	80
東京都	7		117	15	198	4,847			1
茨城県	24	1	711	2,623	24,178	183,617	1,798	779	31
栃木県	4		135	261	2,109	72,400			
群馬県	1		39		7	17,246			
埼玉県			45	24	199	1,800		1	2
千葉県	20	2	252	800	10,033	52,124	157	728	15
神奈川県	4		134		39	445			
新潟県			3			17			
山梨県			2			4			
長野県			1						
静岡県			3			13		5	
三重県			1				2		
徳島県							2	9	
高知県			1				2	8	
合 計	15,879	2,700	6,132	128,911	268,882	733,719	19,790	15,630	279

注）都道府県からの報告をもとに消防庁がまとめた平成24年9月28日時点の被害の総数は以下のとおりである[14]。

①人的被害：死者18,131人、行方不明者2,829人、負傷者6,194人

②建物被害（住家被害）：全壊129,391棟、半壊265,096棟、一部破損743,298棟、
床上浸水20,580棟、床下浸水15,629棟

③火災：330件

2) がれき量

津波により倒壊した家屋等のがれき量が環境省により推計された[15]。その総量は、**表-2.8** に示すように、岩手、宮城、福島の３県で、合計2,758万トン（災害廃棄物：1,802万トン、津波堆積物:956万トン）と推計された（平成24年8月現在）。これによれば、平成24年7月末時点で、被災 3 県沿岸市町村においては、災害廃棄物1,802万トンのうち、442 万トン（約25%）の処理が完了した。

表-2.8 沿岸３県の災害廃棄物等の処理状況[15]

	災害廃棄物等推計量（万ｔ）	災害廃棄物				津波堆積物			
		推計量（万ｔ）				推計量（万ｔ）			
			量（万ｔ）	割合（%）	中間目標（%）		量（万ｔ）	割合（%）	中間目標（%）
岩手県	525	395	81	21	58	130	0.3	0	50
宮城県	1,873	1,200	331	28	59	672	74	11	40
福島県	361	207	30	15	－	153	1.6	1	－
合計	2,758	1,802	442	25	－	956	76	8	－

3) 被害推計額

被災地域におけるストック（建築物、ライフライン施設、社会基盤施設等）の被害額が内閣府（防災担当）により推計された[16]。**表-2.9** は、施設毎の被害推計額を示したものであり、総計は約16兆9千億円と推計された。平成７年兵庫県南部地震による被害額と比較しておよそ1.8倍となる。

また、内閣府（経済財政分析担当）でもストックの毀損額が推計されており、建築物の損壊率の想定を２ケース設定し、対象の都道府県が相違しているため単純な比較はできないが、ストック毀損額を総計約 16 兆円～約25兆円と推計された[17]。

表-2.9 被害額の推計[16]

項目	被害額	参考：兵庫県南部地震
建築物等 （住宅・宅地、店舗・事務所、工場、機械等）	約10兆4千億円	約6兆3千億円
ライフライン施設 （水道、ガス、電気、通信・放送施設）	約1兆3千億円	約6千億円
社会基盤施設 （河川、道路、港湾、下水道、空港等）	約2兆2千億円	約2兆2千億円
農林水産関係 （農地・農業用施設、林野、水産関係施設等）	約1兆9千億円	約5千億円
その他（文教施設、保健医療・福祉関係施設、廃棄物処理施設、その他公共施設等）	約1兆1千億円	
総計	約16兆9千億円	約9兆6千億円

（注）各県及び関係府省からのストック（建築物、ライフライン施設、社会基盤施設等）の被害額に関する提供情報等に基づき、内閣府(防災担当)においてとりまとめられたもの。今後、被害の詳細が判明するに伴い、変動がありうる。また、四捨五入のため合計が一致しないことがある。なお、原子力発電所事故に関連する被害額は含まれていない。兵庫県南部地震による被害額は、国土庁による（兵庫県によれば、同被害額の総計は約9兆9千億円と推計されている[18]。）

4) 国土交通省所管施設の被害等の全体像

東日本大震災においては、巨大地震による大津波、地盤沈下や液状化、土砂災害や火災等により、被害は極めて広範囲に及び、原子力発電所の事故の影響も重なるという複合災害となったことから、正確な被害状況の把握も極めて困難となっている。個別の施設分野に関する被害情報等は後述の各分野の節において示されるため、ここでは、国土交通省所管施設の被害の全体像やその影響

等について、平成22年度国土交通白書から引用して示す[19]。なお、人的被害などの一部の数値に関しては、その後のアップデートされた数値に置き換えた。

表-2.10 東日本大震災による国土交通省所管施設を含む被害の全体像や影響（平成23年8月時点）[18]

(1)市街地被害、人的被害

被　害	被害状況・被害統計・影響
市街地被害	・青森、岩手、宮城、福島、茨城、千葉の6県62市町村において、浸水範囲全体約535km²のうち、市街地における浸水範囲は約119km² ・建築物の多くが全壊（流失を含む）の区域は約99km²、建築物の多くが大規模半壊、半壊の区域は約58km²（関東大震災の焼失面積約35km²よりもさらに広範囲の被害が発生） ・岩手県の野田村と陸前高田市、宮城県の南三陸町と東松島市、福島県の新地町において、市街地の8割以上に浸水による被害が発生
人的被害（避難者を含む）	・死者数が12都道県にわたる15,879名（**表-2.7**参照）（阪神・淡路大震災を大きく上回る戦後最大の犠牲者数） ・岩手、宮城、福島の3県の太平洋沿岸市町村に、死者・行方不明者の99%超が集中 ・死者のうちの54%が65歳以上の高齢者（災害時要援護者） ・地震や津波、原子力発電所の事故の影響が重なり、広範囲にわたる多数の避難者が発生：震災後3日目（3月14日）には最大46万8千人の避難者（阪神・淡路大震災のピーク時の約1.5倍）。避難者は、市町村外や県外に広く全47都道府県に分散

(2)住宅・インフラ等の被害（その１）

被　害	被害状況・被害統計・影響
住宅・建築物の被害	・全壊128,911棟、半壊268,882棟、一部破損733,719棟（**表-2.7**参照） ・非住家の建築物57,928戸に被害が及び、役場や学校、病院等の公共施設も大きな被害 ・津波や地震動による建築物の流失や崩壊のほか、体育館や空港等の大規模な空間を有する建築物において天井の落下が発生 ・余震等による二次災害を防止するための被災建築物応急危険度判定が10都県149市町村において95,381件実施（余震で倒壊の危険があるなど立ち入りが「危険」と判定された建築物：11,699件、「要注意」と判定された建築物：23,191件）
宅地の被害	・本震及び頻発する余震により大規模盛土造成地に滑動崩落による被害が発生 ・被災宅地危険度判定調査が9県56市町村において6,531件実施（擁壁倒壊の危険があるなどにより「危険」と判定された宅地：1,456件、「要注意」と判定された宅地：2,209件） ・東京湾岸地域を含め、東北から関東にかけての広い範囲で液状化現象が発生。これにより、地盤がゆるみ、住宅が傾くなどの被害が多数発生
海岸の被害	・地殻変動により、仙台平野の海岸、平地部を始め、広範な地盤沈降が発生 ・平均海面以下の面積が増加するとともに、海岸堤防の損壊や海岸沿いの砂丘の侵食等により、高潮等に対する安全性が低下 ・岩手、宮城、福島の3県の海岸（堤防護岸延長約300km）について、約190kmで堤防の全壊・半壊
河川の被害	・直轄管理河川（北上川、利根川等）で2,115箇所の損傷（堤防決壊や崩落等）、県・市町村管理河川で1,360箇所の同種の損傷が発生 ・被災メカニズムとして、堤体の基礎地盤が液状化したことによる変状に加え、堤体が部分的に液状化したことによる変状と推測される事例を確認
土砂災害	・岩手、宮城、福島等12県において136件発生（死者19名）。その他、多数の山腹崩壊を確認

(2)住宅・インフラ等の被害（その２）

被　害	被害状況・被害統計・影響
交通インフラ：道路の被害	・道路橋の流出や法面崩落等により、高速道路15路線、直轄国道69区間、都道府県等管理国道102区間、県道等540区間が通行止め ・特に、宮城県仙台市から三陸沿岸地域を縦走する国道45号を始め、東北地方を中心に太平洋側一帯沿岸部における道路では津波による被災により多くの区間で通行不能
交通インフラ：鉄道の被害	・東北、秋田、山形新幹線の被災のほか、特に太平洋沿岸の路線では駅舎や線路等が流出するなどの被害を受け、震災発生から48時間後の3月13日15時時点では22事業者64路線で運転休止
交通インフラ：港湾の被害	・青森県八戸市から茨城県まで、11の国際拠点港湾及び重要港湾を含む太平洋側のすべての港湾において、防波堤、係留施設、荷役機械等の港湾施設に甚大な被害が発生 ・航路、泊地等の水域施設に、津波によるコンテナ、完成自動車、がれき等の浮遊・堆積又は土砂による埋塞が発生 ・船舶の安全な航行を確保する灯台等の航路標識も156基が倒壊、流出等の被害が発生
交通インフラ：空港の被害	・仙台、花巻、福島、茨城の4空港が被災 ・仙台空港は、大津波で冠水し、滑走路、誘導路、エプロン等に車両2,000台以上が漂着したほか、土砂やがれきが広範囲に広がり、また、管制塔や旅客ターミナルビル等に設置している機械設備や発電設備等の電気機器が浸水するなど甚大な被害が発生 ・旅客や避難した地域住民、職員等約1,400名が一時孤立状況となり、避難・救出完了までに約2日を要した。 ・仙台空港への主要なアクセス手段である仙台空港アクセス鉄道は、空港トンネルの冠水や運行管理設備の浸水等の被害が発生
交通インフラ：バス事業の被害	・岩手、宮城、福島の3県の被災地の事業者において、合計219車両の滅失、流出等の被害が生じたほか、社員や社屋等が被災 ・路線バス、高速バスともに多数の運休が発生。特に路線バスについては、震災から約1ヶ月半後の4月28日時点においても、岩手県沿岸地区、福島県沿岸地区でともに26%、宮城県沿岸地区で19%の路線で運休が発生 ・震災直後の燃料不足により被災地域以外のバス事業者においても運行本数の削減が発生
生活インフラの被害：下水道	・東北地方の太平洋沿岸を中心とする広範囲にわたる計48箇所の下水処理場において津波の浸水等により稼働停止したほか、63箇所の下水処理場において施設損傷が発生 ・東電福島第一原発周辺の9箇所の下水処理場では被災状況の確認ができない状況 ・下水管において1都10県で550㎞に及ぶ被害が発生（阪神・淡路大震災における2府県162㎞を大きく上回る規模）
都市公園の被害	・津波により、都市公園として整備・管理している海岸沿いの樹林帯の多くが喪失するなどの被害が発生

(3)東京圏における影響

被　害	被害状況・被害統計・影響
帰宅困難者	・平日の午後に発生した地震により、東京圏の鉄道各線で、広範囲にわたる線路点検や復旧作業が行われたのを始めとして、公共交通機関が運行停止したことなどから、東京都心部を中心に多数の帰宅困難者が発生
エレベータの閉じ込め被害	・東北地方のほか、東京等15都道県の少なくとも210台のエレベータで閉じ込めが発生（なお、震災翌日の3月12日正午までに全員救出）
電力供給不足	・東京電力管内では、電力供給不足による大規模停電を回避するため、広く節電を呼びかけるとともに、3月14日より地域ごとに事前に停電を行う計画を立て需要の抑制を図る計画停電が実施。東京圏の鉄道の大半の路線で運休や相当な運行本数の削減が行われ、通勤・通学の足に大きな影響を及ぼすなど、各方面の経済社会活動に大きな影響

参考文献

1) 気象庁：【災害時地震・津波速報】平成 23 年（2011 年）東北地方太平洋沖地震、
http://www.jma.go.jp/jma/kishou/books/saigaiji/saigaiji_201101/saigaiji_201101.html

2) 気象庁：余震活動の領域について、
http://www.jma.go.jp/jma/menu/yoshin_area.pdf

3) 気象庁: 海域で発生した主な地震の余震回数比較（マグニチュード 5.0 以上）、
http://www.seisvol.kishou.go.jp/eq/2011_03_11_tohoku/yoshinhikaku.pdf

4) 日本道路協会：道路震災対策便覧、震前対策編（平成 18 年度改訂版）、2006

5) 気象庁：平成 16 年 11 月　地震・火山月報（防災編）、2005 年 1 月

6) 地震調査研究推進本部：長期評価、
http://www.jishin.go.jp/main/p_hyoka02.htm

7) 東北地方太平洋沖地震津波合同調査グループ（土木学会を始めとする関連学協会等）による調査結果（2012 年 10 月 4 日参照）
http://www.coastal.jp/ttjt/

8) 独立行政法人港湾空港技術研究所：2011 年東日本大震災による港湾・海岸・空港の地震・津波被害に関する調査速報、港湾空港技術研究所資料 第 1231 号、2011

9) 国土地理院：津波による浸水範囲の面積（概略値）について（第 5 報）、記者発表資料、平成 23 年 4 月 18 日
http://www.gsi.go.jp/common/000059939.pdf

10) 国土地理院：陸域及び海域の地殻変動、
http://www.gsi.go.jp/cais/topic110520-index.html

11) 国土交通省東北地方整備局：仙台平野における地震に伴う地盤沈下について、記者発表資料、平成 23 年 4 月 28 日 14 時 00 分
http://www.thr.mlit.go.jp/Bumon/kisya/saigai/images/34888_1.pdf

12) 国土交通省関東地方整備局、公益社団法人 地盤工学会：東北地方太平洋沖地震による関東地方の地盤液状化現象の実態解明報告書、2011

13) 警察庁緊急災害警備本部：平成 23 年(2011 年)東北地方太平洋沖地震の被害状況と警察措置、平成 25 年 1 月 16 日
http://www.npa.go.jp/archive/keibi/biki/higaijokyo.pdf

14) 消防庁災害対策本部：平成 23 年(2011 年)東北地方太平洋沖地震（東日本大震災）について（第 148 報）、平成 24 年 9 月 28 日（金）17 時 00 分
http://www.fdma.go.jp/bn/2012/detail/691.html

15) 環境省：被災 3 県沿岸市町村の災害廃棄物処理の進捗状況、平成 24 年 9 月 7 日、記者発表資料
http://www.env.go.jp/jishin/shori120907.pdf

16) 内閣府（防災担当）：東日本大震災における被害額の推計について、記者発表資料、平成 23 年 6 月 24 日
http://www.bousai.go.jp/oshirase/h23/110624-1kisya.pdf

17) 岩城秀裕、是川夕、権田直、増田幹人、伊藤久仁良：東日本大震災によるストック毀損額の推計方法について、2011 年 11 月
http://www5.cao.go.jp/keizai3/discussion-paper/dp111.pdf

18) 兵庫県：阪神・淡路大震災の復旧・復興の状況について、平成 23 年 12 月
http://web.pref.hyogo.jp/wd33/wd33_000000010.html

19) 国土交通省：平成 22 年度国土交通白書
http://www.mlit.go.jp/hakusyo/mlit/h22/index.html

20) 国土交通省：東日本大震災、災害情報（第 116 報）、平成 24 年 12 月 3 日
http://www.mlit.go.jp/saigai/saigai_110311.html

2.2 国の対応

(1) 政府の初動対応

政府においては、発災直後の3 月11日14 時50 分に官邸対策室が設置されるとともに、緊急参集チームが参集した（国土交通省からは、河川局長（当時）及び海上保安庁警備救難監、気象庁次長が参集）。

15 時14分には、災害対策基本法（昭和36 年法律第223 号）に基づき、内閣総理大臣を本部長とする緊急災害対策本部が法施行後初めて設置されることになった。

15 時37 分、第1回緊急災害対策本部会議が開催され、災害応急対策に関する基本方針が決定された。

3 月12日6 時に、閣議決定に基づき、緊急災害現地対策本部（本部長：内閣府副大臣）が宮城県に設置された。また、同日岩手県及び福島県にも政府調査団が派遣され、それぞれ現地対策連絡室が設置された。

3 月17 日に開催された第12 回緊急災害対策本部会議において、今後，被災者の生活支援が緊急の課題であることにかんがみ、本部の下に「被災者生活支援特別対策本部」を置くことが決定された。緊急災害対策本部会議は、9 月11日までに都合19 回、開催された。

(2) 東日本大震災復興構想会議

4 月11 日の閣議決定に基づき、復興に向けた指針策定のための復興構想について幅広く議論を行うことを目的として、五百旗頭 真議長（防衛大学校長、神戸大学名誉教授）ほか有識者等で構成する東日本大震災復興構想会議が4月14日開催された。そして構想会議における議論の結果を、復興に関する指針等に反映させるため、6 月25 日の第12 回会議において、『復興への提言』が取りまとめられた。その後11 月10 日までに計13 回の会議が開催され、復旧の状況と復興への取組を中心に確認等が行われた。

(3) 東日本大震災復興対策本部

東日本大震災復興基本法(平成23 年法律第76 号)に基づき、6 月28 日菅直人内閣総理大臣を本部長に、各大臣を本部員とする東日本大震災復興対策本部が、本部・３つの現地対策本部合わせて131 人の体制で設置された。この本部を中心として、東日本大震災復興構想会議の『復興への提言』の具体化が進められることになった。

東日本大震災からの復興に向けた、国による復興のための取り組みの基本方針（被災した地方自治体による復興計画等の作成に資するため、国による復興のための取組みの全体像を明らかにするもの。）が、8 月11　日に取りまとめられると共に、事業毎に計画・工程表が公表された。

また地方自治体の復興計画作成を支援し、特区等の法整備等も行われた。

(4) 復興庁

政府において、12 月7 日東日本大震災復興特別区域法(施行12 月26 日)の成立、及び12 月9 日の復興庁設置法の成立を受け、平成24年2月10日復興庁が設置された。一刻も早い復興を成し遂げられるよう、被災地に寄り添いながら、前例にとらわれず、果断に復興事業を実施するための組織として設置された同庁には、それまでの東日本大震災復興対策本部及び3 つの現地対策本部を中心とした体制が、移行された。平成23 年度第3 次補正予算などによる復興対策の実施を始め、東日本大震災からの復興に関する行政事務の円滑かつ迅速な遂行が同庁を中心とした体制により推進することとされた。

復興庁は、内閣を補助する総合調整事務と個別の実施事務として以下を実施。

① 復興に関する国の施策の企画、調整
- 基本的な方針などの企画立案、各省の復興施策の総合調整・勧告、
- 復興事業の統括・監理、復興予算の一括要求、各府省への配分、事業の実施に関する計画の策定など

② 地方公共団体への一元的な窓口と支援

被災自治体の復興計画策定への助言、復興特別区域の認定、復興交付金と復興調整費の配分、国の事業の実施や県・市町村の事業への支援に関する調整・推進など

関連立法：

http://www.reconstruction.go.jp/topics/120312relevant%20legislation%23.pdf

2.3 国土交通省の対応

(1) 全体的な動き

国土交通省では、14時46分、地震発生後直ちに非常災害対策本部が設置されると共に、第1 回緊急災害対策本部会議が、3月11日15時45分より開催され、大畠国土交通大臣（当時）から「第一に人命救助。続いて輸送路を確保。考えられることは全部やってほしい」という明確な方針が下された。なお、緊急災害対策本部会議は、4月1日までは毎日、5月30日までは週1 回の頻度で、第49回8月11日まで開催された。東北地方整備局、東北運輸局とテレビ会議で結び、現地の最新情報の報告を受けつつ、各種対応が行われた。

また、当日18時42分政府調査団の一員として宮城県へ、市村大臣政務官を初め、本省・気象庁・海上保安庁・国土地理院の職員が派遣された。同政府調査団は、13日6時から政府緊急現地対策本部として現地に残り、活動を行った。3月12日8 時53分岩手県に向け、同9時18分には福島県に向け、津川大臣政務官を初めとする職員が政府調査団として派遣された。これらの政府調査団は、両県の政府現地連絡対策室として活動した。

一方、東北地方整備局では、3月11日に太平洋側へ『くしの歯型』に救援ルート啓開していく方針が決定された。

東北地方整備局は、3月12日から、東北自動車道・国道4 号から津波で被害が甚大な三陸地区へアクセスする『くしの歯型』の救援ルートを早期に啓開すべく、県・自衛隊とも連携し、迅速に実施行動に移した。同日中に、第1 ステップである東北自動車道、国道4 号（ただし迂回路有り）を確保した上、第2 ステップの東北自動車道、国道4 号から太平洋沿岸主要都市へのアクセスする11ルートを、3 月15 日までに啓開確保した。

3 月18 日（震災から1 週間）には、第3 ステップの国道45 号等、太平洋沿岸の縦方向の道路啓開も進められ、原発事故で中止した区間を除く、予定の97%が通行可能となった。

この『くしの歯型』作戦には、国総研のメンバーも被災翌日から参加し、橋梁等の使用の可否の判断等の技術的指導を行い全面的に協力した。なお『くしの歯型』作戦は、①阪神淡路大震災での道路の被害状況を踏まえ、これまで東北地方整備局管内490 橋の耐震補強対策を実施してきた結果、落橋などの致命的な被害を防ぐことができたこと、②震災直後に内陸から被災地への啓開ルートを「くしの歯」として集約した16 ルート（原発事故で1 ルート中止）を明確にしたことにより、集中的に点検・調査を実施し、道路啓開を最優先させたこと、③沿岸部の国道6 号及び45 号の道路啓開については、建設業界と事前に災害協定を締結しており、震災直後から、地元建設業等の協力が得られたこと（地元建設業や内陸部の建設業全52 チーム）や自衛隊との連携により国道45 号の落橋部に、応急組立橋を早期に設置することなどもあり、1 週間で終了させることができた。

4 月16 日から17 日にかけて、国土交通大臣が初めて被災地入りし、三県知事、宮古市長、陸前高田市長、気仙沼市長、石巻市長等と面会し、被災状況等の説明を受けるとともに、被災現地を視察した。その後10 回にわたり被災地入りし、被災地の現状を踏まえた災害復旧対策を推進した。

東日本大震災復興基本法成立に伴い、政府の復興対策本部が設置されたのを受けて、国土交通省においても、施策の円滑かつ迅速な推進等を図ることを目的として、6 月24 日に国土交通大臣を本部長として国土交通省東日本大震災復興対策本部が設置、以下の日程で開催された[1)]。

表-2.3.1 国土交通省東日本大震災復興対策本部会合開催状況

開催月日及び時間	回数	会議内容
6 月28 日 15：20-	第1回	東日本大震災からの復興について
7 月27 日 14:00-	第2回	東日本大震災復興基本方針(案)における省関連施策について
8 月25 日 15:15-	第3回	省における東日本大震災の復興施策の取組状況について
9 月12 日 15:30-	第4回	復旧の現状と主な課題への取組等について
11 月28 日 15:45-	第5回	省における東日本大震災の復興施策の取組状況について
平成24年 3 月8日	第6回	東日本大震災への対応、東日本大震災を踏まえた今後の取組について

参考文献

1) 国土交通省：東日本大震災の記録ー国土交通省の災害対応ー、平成24年3月11日
http://www.mlit.go.jp/saigai/kirokusyu.html

(2) 緊急災害対策派遣隊（TEC-FORCE）の派遣

東日本大震災を受け、発災当日の3 月11 日より、全国の地方整備局等から直ちに東北地方整備局管内等に向けてTEC-FORCE※ が派遣され、さらに発災後3 日目には東北地方へ集結したTEC-FORCE の人数は500 名を超えた（平成24 年1 月31 日までに派遣された延べ派遣総数は18,115 人・日）。派遣されたTEC-FORCE は、被害状況の調査を行う等、被災自治体の早期復旧へ向けた支援を実施した。

なお、全国から参集するTEC-FORCE 隊員と各種災害対策用機械等の派遣調整を迅速に行うため、東北地方整備局にTEC-FORCE 総合司令部が設置され指揮命令系統の一本化が図られた。

北海道沿岸から関東地方に及ぶ広域にわたる被災状況の調査には、各地方整備局の災害対策用ヘリコプター及び北海道開発局手配の民間ヘリが使用され、国総研のTEC-FORCE 班の一部は、これを活用し、被災地への移動、及び被災状況の概要把握を行った。

※TEC-FORCE：大規模自然災害が発生し、又は発生するおそれがある場合において、被災地方公共団体等が行う、被災状況の迅速な把握、被害の発生及び拡大の防止、被災地の早期復旧その他災害応急対策に対する技術的な支援を円滑かつ迅速に実施するため、本省、国土技術政策総合研究所、国土地理院、地方支分部局、気象庁に設置された緊急災害対策派遣隊（Technical Emergency Control Force）の略称

(3) 災害情報連絡担当官（リエゾン）の派遣

自治体に集まる被害状況を収集し、地方整備局等災害対策本部への伝達、自治体から求められる支援ニーズの把握及び支援に係る調整窓口等のため、発災直後から地方整備局等の職員が災害情報連絡担当官（リエゾン）として被災自治体等に派遣された。

当初は東北地方整備局管内の事務所職員を中心に派遣されたが、対応期間の長期化に従い、他の地方整備局等の支援職員が途中から交代し、被災自治体等に派遣された。発災当初の派遣先は、岩手、宮城、福島の3 県であったが、最終的には北海道から東京都までの13都道県55市町村及び自衛隊（東北方面総監部）へ派遣された。

派遣者数は、東北地方整備局管内の上記3県に青森県を加えた4 県31 市町村分の派遣者だけで、ピーク時96名、発災から6 月30 日までに延べ3916 人日に及んだ。

(4) その他の復旧活動に対する支援

照明車、排水ポンプ車、対策本部車、待機支援車、散水車、橋梁点検車、情報収集車などの災害対策用の各車両ならびに応急組立橋等の出動状況については、延べ366回の出動に及んだ。なお、他の地方整備局から東北地方整備局への実出動台数は、延べ247 台に及んだ。

また、被災地における情報通信の確保のため、自治体支援等への災害対策用通信機材の出動状況は、衛星通信車（537 台日）、Ｋｕ－ＳＡＴ（衛星小型画像伝送装置、1,998 台日）、簡易画像伝送（350 台日）、ヘリテレ可搬局（2 台日）の４つの機器合わせて、延べ2,887 台日に及んだ。

（本節（2.3）は、国総研の活動と密接な関連をもち、同時に記録に残す必要があると考えられた国土交通省内の各機関の動きを、参考文献1）から抜粋、編集・加筆修正した。）

2.4 国土技術政策総合研究所の対応

(1) 国総研における初動対応、TEC-FORCE

国総研においても、東北地整の要請により、発災当日、河川班・橋梁班・道路防災班の3 班6 名の職員を派遣し、翌12 日早朝からの東北地整の施設等の点検、啓開作業に同行し、江合川、鳴瀬川の堤防被害等の調査、国道45号の被災橋梁の調査や、東北地整災害対策本部における道路災害情報取りまとめの技術的な支援等を実施した。

この派遣の後も、東北地整、関東地整、被災各県ならびに本省各局の要請に基づき、下水道、河川、海岸、道路、ダム、建築、空港、港湾、砂防の各分野の専門家、延べ262 人（592 人日）の職員を現地に派遣し、施設の復旧等の活動を支援した（巻末　参考資料の**表-参考 1** に各班の派遣状況を整理）。

分野別の派遣者数は、**表-2.4.1** のとおりである。

表-2.4.1 国総研職員の分野別派遣者数

分　野	延べ派遣員数	主な活動
下水道	58 人(119人日)	・下水処理場・管渠被害調査
河　川	13 人(36人日)	・堤防等施設の地震・津波被災状況調査
海　岸	12 人(29人日)	・堤防等施設の地震・津波被災状況調査 ・津波浸水状況把握
道　路	85 人(159人日)	・道路啓開時安全確認 ・橋梁ほか構造物の損傷度診断、補修・補強方法に関する技術指導 ・道路法面診断・補修
ダ　ム	3 人(8人日)	・健全度点検
建　築	44 人(116人日)	・津波・地震被災状況把握、耐震診断、避難所設置支援
空　港	6 人(34人日)	・空港施設の津波・地震による被災状況把握
港　湾	24 人(66人日)	・港湾施設の被災状況把握、沿岸環境調査
砂　防	17 人(25人日)	・地すべり、土砂災害被災状況把握
合　計	262人(592人日)	―

TEC-FORCEでの派遣と併せて、自主的な被災地における被害状況の調査等を実施した。例えば建築分野においては、(独)建築研究所と連携し、木造建物被害調査、鉄骨造被害調査、ＲＣ造被害調査、宅地・地盤被害調査、非構造部材被害調査、津波被害調査及び火災被害調査を実施した。

(2) 災害対策本部としての活動

地震発生により、つくば、横須賀庁舎とも、自らの庁舎が長い時間大きな揺れを受けるとともに、極めて希な巨大地震により、広範な地域で被害が生じたことが予想された。直後に、東北地方太平洋岸各地で、想像すらできない巨大な津波の来襲により、壊滅的な被害が発生した模様が伝えられたことを受け、国総研においても、災害対策本部を立ち上げられた。横須賀庁舎においては、津波警報が出され、職員自らも避難しなければならない状況の中での対応で、活動も困難を極めた。つくば地区(旭、立原庁舎)では、停電した上に、旭庁舎で、非常用電源装置も一時的に使用不能となり、テレビ等のマスコミからの情報も入手困難な状況の中での災害対応を求められた。

また、安否確認については、回線混雑と地域の停電で固定電話による通話が困難となり、当日は全員の安否確認が行えなかった。つくば地区で安否確認ができるまでに、職員363名(職員1名転倒したロッカーによる肩打撲負傷)については14日(月)、家族については、15日(火)までを要した。

発災当日の16時00分に招集した 第1 回目の災害対策本部会議において、観測結果に基づく地震の概要把握、職員並びに家族の安否確認の状況報告並びに、被災地への専門家の派遣などを決定した。同日、河川班・橋梁班、道路防災班の3 班6 名を現地に派遣した。

週明けの3 月14 日には、8時45分 と16時00分 の2 回開催し、週末の派遣等により明らかとなった現地の被災状況についての情報共有を行うと共に、被災地への専門家として職員を派遣する際の本部への連絡や、緊急車両通行許可証の手配など、今後想定さえた多数のTEC-FORCE 派遣等を遠隔に実施するためのロジの確認等を行った。また一部の事業での災害復旧支援体制等についても議論を行った。

3 月15 日からは、本部会議の開催を毎朝9時30分からの定時に固定し、18 日まで毎日開催した。3回の開催を経て、その後は4 月25 日にその後の各班の活動状況報告、関係機関、学会等の動きの確認を行うと共に、連休中の連絡体制なども確認し、その後は定期的な所内の会議における情報共有を中心に行い、特段の必要がある場合のみ本部会議を開催することとした。

表-2.4.2 国総研災害対策本部会議の開催状況

No.	日	曜日	時刻	主な報告事項	出席者
1	3/11	金	16:00	・地震の概要 ・安否確認状況 ・被災地への専門家派遣	本部長他 記録なし
2	3/14	月	8:45	・被災地へ職員を派遣する際の本部への連絡について ・高速道路を利用する際の緊急通行証の取得 ・研究機関の対応状況(国総研、土研、建研) ・TEC-FORCE 等現地派遣、調査報告(下水、橋梁、建築、砂防、道路防災他) ・構内実験棟の被害状況	本部長 副本部長（2 名） 本部班（13 名） 技術班（14 名）
3	3/14	月	17:00	・TEC-FORCE 等現地派遣、調査報告（下水道　他） ・国交省における下水道災害復旧支援体制について ・構内施設の被害状況	本部長 副本部長 本部班（11 名） 技術班（10 名）
4	3/15	火	9:30	・TEC-FORCE 等現地派遣、調査報告（下水道、河川、道路、建築、砂防、港湾、空港　他） ・構内施設の被害状況 ・災害関係に係る当面の予算上の対応	本部長 副本部長 本部班（14 名） 技術班（9 名）
5	3/16	水	9:30	・TEC-FORCE 等現地派遣、調査報告（下水道、河川、道路、港湾　他） ・構内施設の被害状況 ・構内ライフライン復旧状況 ・国交省各機関の安否確認状況	本部長 副本部長 本部班（10 名） 技術班（8 名）
6	3/17	木	9:30	・TEC-FORCE 等現地派遣、調査報告（下水道、道路、建築、港湾　他） ・構内ライフライン復旧状況 ・交通機関等復旧状況	本部長 副本部長（2 名） 本部班（15 名） 技術班（9 名）
7	3/18	金	9:30	・TEC-FORCE 等現地派遣、調査報告（下水道、河川、道路、建築、港湾、砂防　他） ・構内ライフライン復旧状況 ・交通機関等復旧状況、その他報告事項	本部長 副本部長（2 名） 本部班（13 名） 技術班（8 名）
8	3/23	水	9:30	・TEC-FORCE 等現地派遣、調査報告（下水道、河川、道路　他）	本部長、副本部長 本部班（14 名） 技術班（9 名）
9	3/25	金	9:30	・TEC-FORCE 等現地派遣、調査報告（下水道、河川、建築、砂防　他）	本部長 副本部長（2 名） 本部班（6 名） 技術班（7 名）
10	3/30	水	9:30	・TEC-FORCE 等現地派遣、調査報告（下水道、河川、道路、建築、港湾、砂防　他）	本部長 副本部長（2 名） 本部班（13 名） 技術班（10 名）
11	4/25	火	16:45	・TEC-FORCE 等現地派遣、調査報告（下水道、河川、建築　他） ・関係機関、学会等の動き ・震災ホームページの開設	本部長 副本部長（2 名）、 本部班（14 名） 技術班（11 名）

(3) これまで実施した調査結果の公表

国総研が(独)建築研究所と連携し実施した、前述の現地調査の結果については、平成23年5 月に「平成23 年(2011 年)東北地方太平洋地震調査研究(速報)、国総研資料第636 号」として取りまとめた。また、平成24年3月に「平成23 年(2011 年)東北地方太平洋地震被害調査報告、国総研資料第674 号」として最終報告書を取りまとめた。(独)土木研究所と連携し、北海道、東北、関東の太平洋岸を中心に実施した、海岸施設、下水道施設、河川施設、ダム施設、道路施設等の現地調査の結果については、7 月に「平成23 年(2011 年)東北地方太平洋沖地震土木施設災害調査速報、国総研資料第646 号」として取りまとめた。

各種資料の公表と併せて、平成23年4月26日には、東京一橋記念講堂において、「『東日本大震災』調査報告会」を(独)土木研究所、(独)建築研究所と共に開催し、下水道、河川、海岸、道路、建築物、港湾、空港施設を対象に、地震動・津波の特徴、各施設の被災状況等について報告を実施した(**表-2.4.3** 参照)。

そして、同6月10日には、(独)建築研究所等と共に、東北地方太平洋沖地震(東日本大震災)調査発表会を開催し、木造、RC造、鉄骨造建築物の地震動被害、津波被害を中心とする調査結果の報告を実施した(**表-2.4.4** 参照)。

更に、平成24 年3 月13 日(東京ニッショーホール)、21 日(大阪エル・おおさか)には、「国総研・土研 東日本大震災 報告会 ～震災から一年を経て、見えてきたこと～」と題し、報告会を実施した。そこでは、人命救助・復旧活動等に不可欠な道路や港湾等の供用性評価や応急復旧の技術指導、大震災の教訓を踏まえた超過外力や複合型自然災害に対する新たな防災対策を含んだ技術基準の改定等の研究など、これまでの取り組みや今後の展望について広く報告した(**表-2.4.5** 参照)。

表-2.4.3 東日本大震災調査報告会プログラム

(平成23年4月26日、学術総合センター一橋記念講堂)

主催：国土技術政策総合研究所、(独)土木研究所、(独)建築研究所

プログラム	担当研究部等	発表者等
開会の挨拶		西川和廣(国総研　所長)
【地震動】 観測された地震動の特性について	国総研　危機管理技術研究センター 建築研究所　国際地震工学センター	片岡　正次郎 (国総研　危機管理技術研究センター)
【津波】 観測された津波の特性について	国総研　沿岸海洋研究部 建築研究所　国際地震工学センター	熊谷　兼太郎 (国総研　沿岸防災研究室)
【港湾】 港湾における地震・津波による被害状況と復旧支援について	国総研　港湾研究部	長尾　毅 (国総研　港湾施設研究室)
【海岸】 津波による海岸構造物と背後地被害の特性について	国総研　河川研究部	諏訪　義雄 (国総研　海岸研究室)
【河川】 河川堤防等の地震動・津波による被災状況について	国総研　河川研究部 土木研究所　地質・地盤研究グループ	服部　敦 (国総研　河川研究室)
【下水道】 下水道における津波・液状化被害状況と応急復旧支援について	国総研　下水道研究部 土木研究所　材料資源研究グループ	横田　敏宏 (国総研　下水道研究室)
【道路（橋梁）】 道路橋の被災状況とその特徴について	国総研　道路研究部 土木研究所　構造物メンテナンス研究センター	星隈　順一 (土木研究所　構造物メンテナンス研究センター)
【ダム】 ダムの臨時点検結果の概要と主要被害状況について	国総研　河川研究部 土木研究所　水工研究グループ	山口　嘉一 (土木研究所　水工構造物チーム)
【土砂災害】 土砂災害の発生状況と砂防関連施設の状況について	国総研　危機管理技術研究センター 土木研究所　土砂管理研究グループ	小山内　信智 (国総研　砂防研究室)
【建築物（地震動）】 建築物の地震動被害の概要について	国総研　建築研究部 建築研究所　構造研究グループ	槌本　敬大 (国総研　評価システム研究室)
【建築物（津波）】 建築物の津波被害の概要について	国総研　建築研究部 建築研究所　構造研究グループ	奥田　泰雄 (建築研究所　構造研究グループ)
【空港】 仙台空港の基本施設の調査概要について	国総研　空港研究部	水上　純一 (国総研　空港施設研究室)
閉会の挨拶		魚本　健人(土木研究所　理事長)

表-2.4.4 東北地方太平洋沖地震（東日本大震災）調査発表会プログラム

（平成23年6月10日、すまい・るホール）

主催：国土技術政策総合研究所、(独)建築研究所

共催：(独)住宅金融支援機構

プログラム	発表者等
開会の挨拶	建築研究所 理事　伊藤 弘
国土交通省の活動	住宅局 企画専門官　高見 真二
住宅金融支援機構の活動	住宅金融支援機構 ＣＳ推進部 技術情報グループ長　河田 崇
地震と津波の特徴	建築研究所　国際地震工学センター 主任研究員　藤井 雄士郎
地震動の特徴	建築研究所　国際地震工学センター 主任研究員　鹿嶋 俊英
地震動被害の特徴（木造）	国総研　総合技術政策研究センター 評価システム研究室長　槌本 敬大
地震動被害の特徴（ＲＣ造）	建築研究所　構造研究グループ 上席研究員　福山 洋
地震動被害の特徴（鉄骨造）	建築研究所　構造研究グループ 主任研究員　長谷川 隆
地震動被害の特徴（宅地・地盤）	国総研　建築研究部 主任研究官　新井 洋
地震動被害の特徴（非構造）	建築研究所　建築生産グループ 主任研究員　脇山 善夫
津波被害の特徴（木造）	建築研究所　構造研究グループ 研究員　荒木 康弘
津波被害の特徴（ＲＣ造）	建築研究所　構造研究グループ 主任研究員　加藤 博人
津波被害の特徴（鉄骨造）	建築研究所　国際地震工学センター 主任研究員　石原 直
火災被害の特徴	国総研　総合技術政策研究センター 主任研究官　岩見 達也
閉会の挨拶	国総研 副所長　水流 潤太郎

表-2.4.5 国総研・土研　東日本大震災　報告会　～震災から一年を経て、見えてきたこと～プログラム

（平成 24 年 3 月 13 日　日本消防会館(ニッショーホール））

（平成 24 年 3 月 21 日　エル・おおさか(大阪府立労働会館））

主催：国土技術政策総合研究所、（独）土木研究所

プログラム	担当研究部等	発表者等
開会の挨拶		西川和廣(国総研　所長)
【地震動／液状化】　M９地震を踏まえた設計地震動と液状化判定法	国総研　危機管理技術研究センター 土木研究所　地質・地盤研究グループ	片岡　正次郎 (国総研　危機管理技術研究センター)
【港湾】　港湾の被災による物流等への影響と地震・津波対策	国総研　沿岸海洋研究部 国総研　港湾研究部	浦辺　信一 （国総研　副所長）
【海岸／津波防災】　海岸堤防の設計手法と津波防災地域づくりを支える技術について	国総研　河川研究部	諏訪　義雄、加藤　史訓 （国総研　海岸研究室）
【河川】　河川堤防の津波遡上流れ・越流による浸食実態	国総研　河川研究部	服部　敦 （国総研　河川研究室）
【河川】　河川堤防液状化対策の効果検証と課題	土木研究所　地質・地盤研究グループ	佐々木　哲也 （土木研究所　土質・振動チーム）
【下水道】　下水道管路施設における耐震化技術の有効性	国総研　下水道研究部	深谷　渉 （国総研　下水道研究室）
【下水道】　下水処理場の段階的機能回復と放射性物質対策	国総研　下水道研究部 土研　材料資源研究グループ	小越　真佐司 （国総研　下水処理研究室） 諏訪　守 （土木研究所　リサイクルチーム）
【道路】　地震時の交通機能確保に配慮した道路構造物の技術基準	国総研　道路研究部 土木研究所　構造物メンテナンス研究センター 土木研究所　地質・材料地盤研究グループ	玉越　隆史 （国総研　道路構造物管理研究室） 星隈　順一（土木研究所　構造物メンテナンスセンター） 小橋　秀俊 （土木研究所　施工技術チーム）
【道路】　プローブデータから見えた道路ネットワークの課題	国総研　道路研究部	塚田　幸広、上坂　克巳 （国総研　道路研究部/道路研究室）
【砂防】　地震による地すべり発生箇所予測と衛星による広域崩壊地調査	国総研　危機管理技術研究センター 土研　土砂管理研究グループ	水野正樹 （国総研　砂防研究室） 武士　俊也 （土木研究所　地すべりチーム）
【建築住宅】　津波避難ビル及びその他の技術基準について	国総研　建築研究部	深井敦夫 （国総研　基準認証システム研究室）
【建築住宅】　地域性やコミュニティに配慮した住宅再建への技術的支援	国総研　住宅研究部	森　正志 （国総研　住宅計画研究室）
【今後の研究展開】　超過外力と複合災害に対する危機管理	国総研　危機管理技術研究センター 国総研　河川研究部	運上　茂樹 （国総研　危機管理技術研究センター）
閉会の挨拶		魚本　健人(土木研究所　理事長)

(4) 各分野の研究の連携の取り組み（東日本大震災復旧・復興研究会ほか）

各分野の研究の連携の取り組みとして、国総研内に「国総研 地震・津波対策に関する勉強会～従来の想定に囚われない地震・津波対策の検討～」を発足させ、平成23年4月14 日に第1 回の勉強会を開催した(**表-2.4.6** 参照)。

表-2.4.6 地震・津波対策に関する勉強会の開催状況

回数	日時	テーマ等	主な内容
第1回	4月14日(木) 14:00～	各種構造物の被害状況及び災害対応の考え方について情報共有	・地震動、津波、下水道、河川、土砂災害、道路、建築、海岸、港湾、空港、その他から状況紹介
第2回	4月18日(月) 15:00～	課題に対する意見交換(ﾌﾞﾚｰﾝｽﾄｰﾐﾝｸﾞ) テーマ：津波(地震)対策（1）	・残り空港、ダムから状況紹介 ・今後の防災対策で考慮すべき津波の影響
第3回	4月20日(水) 14:00～	テーマ：津波(地震)対策（2） テーマ：複合・広域災害対応、液状化対策	・複合・広域災害への対応 ・地域全体での液状化対策 ・まちづくり、広域災害分野からの情報提供
第4回	4月27日(水) 14:00～	テーマ：復旧復興に向けた課題(地震津波に強いまちづくり・国づくり(ハード・ソフト対策))	・津波総合防災対策の紹介 ・国総研が取り組むべき課題(短期的、長期的な課題)
第5回	5 月 10 日、(火) 14:00～	とりまとめ	・主要な施設・構造物の被害概要と対応状況(総括) ・バンダアチェ津波被災地における住宅再建支援

この勉強会は、今回の地震では何が起きたのか、並びに現時点での各分野の災害対応の考え方について情報共有することを目的とするもので、幅広い意見を聴取するため参加希望者が全員参加する形式により行った。初回に各種構造物の被害状況及び災害対応の考え方について情報交換を行った上、第2 回目からは、個人も含め自由に意見交換を希望する内容を募集し、事務局にて開催日等を調整し、希望者全員が第2 回から第5 回までに意見発表を行った。勉強会の参加者は、幹部ほか、各研究部・センターからの希望者、73 名に及んだ。

議論は、社会的にも大きな議論を呼んだ「想定外」という言葉が、どのようなことを指しているのかの確認から始まった。勉強会において、議論した主な項目は次のとおり。

① 従来の被害と相違する特徴的、教訓的な事項
② 従来講じられた対策のうち、有効であった点、有効ではなかった点、新たな発見
③ 極限事象を含む多段階の災害事象への対応：地域特性、何をどこまで守らなければならないか
④ 被災した地域の再興、各構造物の復旧などの考え方
⑤ 現場における非常時の情報共有の実態
⑥ 効果的に実施された災害対応、困難を極めたこと
⑦ 危険地域への対応
⑧ 液状化によるライフラインの機能不全、住民生活・地域産業の事業継続への影響
⑨ 機能不全の軽減と早期復旧を図るためのハード・ソフト対策
⑩ 各構造物分野での被害概要、検討委員会等の設置
⑪ 各構造物分野での緊急措置、応急復旧、本復旧、復興計画の状況
⑫ 施設等の現行基準と見直しの方向（特に津波レベルと目標性能）

これらと併せて、国総研が貢献すべき課題、研究目標等についても整理を行い、それぞれの分野における、復旧・復興に向けた調査、研究の参考とした。

また、これら勉強会での議論・各種提案等も踏まえて、5 月13 日各研究部・センターから、「東日本大震災で明らかとなった課題及び課題に対する提案」を出し合った上で、意見交換を実施した。加えて、共通するロジ、バックアップ体制(TEC-FORCE など含む)などについても、課題の整理及び課題解決のための提案を行った（**表-2.4.7**、**表-2.4.8** 参照）。

表-2.4.7 東日本大震災で明らかとなった課題及び課題に対する提案
（共通する、ロジ、バックアップ体制に関する課題）

No.	分類	課題及び課題への提案
1	ＴＥＣ－ＦＯＲＣＥ制度について	出動待機となる時間を最小化し、速やかに派遣できるようにすべき
2		大規模な災害が広域で発生した場合には、限られた派遣要員を大局的観点から派遣計画・調整を行う体制が必要
3	専門家派遣の円滑化	防災用の官携帯電話、官用車の数が限られており、専門家派遣に支障。衛星電話の導入も必要
4		必要な人員とともに、食料、衣料や各種装備品を掲載出来る仕様の官用車（マイクロバス等）が必要
5		派遣された専門家が出先で情報過疎になることを防ぐため、国総研の情報支援体制を強化
6		被災地での活動を円滑に行うため、全国の最新の管内図等を常備
7		緊急車両に予め指定し、緊急輸送道路の通行証を保持すべき
8		防災ＬＡＮの情報通信量の要となるサーバ、回線を増強し、テレビ会議による被災地への技術指導や災害対策本部の状況把握、更には、ＣＣＴＶ等による被災地の状況把握を実現すべき
9		復旧・復興を速やかに行うために必要な業務等の発注を緊急随契により実施
10	専門家派遣のための陣容・体制について	災害時の技術指導が行える専門家の育成と継続的な確保のための人事上の取り組みが必要
11		大規模災害の発生時に、道路・河川等の各分野できわめて多数の施設を対象とした専門家派遣による技術支援の要請に応える組織・人員の拡充を関係機関とともに進めるべき
12		被災地の地整等が必要とする技術支援内容を本省等で情報収集し、国総研に伝達する仕組み（リエゾンの派遣等）
13	業務継続のための庁舎整備	災害時に各種ライフライン機能が喪失した場合にも対応可能な非常用電源装置等整備
14		非常用の水源となる井戸の設置

※）平成２３年５月１３日時点で整理したもの

表-2.4.8 東日本大震災を踏まえて取り組むべき研究課題

No.	分　類		課　題
1	被害想定・被害影響度の評価		津波や地盤沈下による浸水被害想定とその対策に関する調査研究
2			土砂災害危険箇所の再点検及び判定式の見直し
3			震災による道路ネットワーク被害と経済影響分析
4	災害に強い国土・地域計画、土地利用	計画	地震時の被害リスクレベルに応じた都市沿岸域の防災構造化方策の研究
5			迅速な復興を実現するための事前対策、復旧・復興計画のあり方
6			災害対応マネジメントのあり方
7			道路ネットワークの分断が及ぼすサービス水準の評価と効率的な機能向上策の検討
8		計画作りに必須のデータ取得	動線データを用いた防災計画の立案支援
9	技術基準等の見直し		道路構造物被害状況調査
10			巨大地震に対する道路橋の耐震設計法の検討
11			津波の影響を受ける橋の要求性能調査
12			津波避難ビルの要件の技術的再検討
13			天井落下防止ガイドラインの再検討
14			超高層建築物等に対する長周期地震動への対応
15	災害による環境汚染・エネルギーへの影響対応	環境汚染	下水処理施設の放射能対応
16			災害復旧時における環境基準の緊急除外・緩和措置に関する検討
17			未処理下水溢水リスクを最小化する流下・処理機能回復方策に関する調査研究
18			下水処理施設の震災対応
19		エネルギー不足	道路ネットワークにおける省エネルギー化及びエネルギー供給に関する検討
20	迅速な復旧を支える現場体制、労働力の確保		大災害時の緊急復旧工事における積算体系、工事を請け負う地元業者の健全性確保
21	復旧・復興に向けた合意形成・リスクコミュニケーション	人口減少・少子高齢化時代	人口減少・少子高齢化時代の地域における持続可能な居住スタイルのモデル形成
22		リスクコミュニケーションほか	復興段階におけるリスクコミュニケーション検討調査
23			被災前景観の３Ｄデータの作成
24	迅速な災害情報の把握・発信	被災状況の把握	リモートセンシングを活用した土砂災害の観測体制等の開発
25			地震動と被害に関する研究
26			道路プローブを用いた通行実績区間、区間旅行時間の把握
27		災害情報の提供	災害危険地域内にいる車両への注意情報提供

※）平成２３年５月１３日時点で整理した内容（実際のその後の研究テーマ名とは一致せず）

各専門分野における外部有識者等を招いた検討委員会等が立ち上がり、技術的な検討については、そこでの議論を中心に行われた。

各専門分野での検討が進むにつれ、例えば、個別の分野での検討に委ねた場合、立案される各分野の対策で前提とする自然・外力条件などの整合が取れていない状態が発生するなど、合理的に整合の取れた対策立案・実施が難しい状況が生じることが危惧された。このような状況に陥らないため、被害状況の把握やそれを引き起こした津波等の外力の大きさなどの把握に際し、各分野で認識を一致させるとともに、復旧・復興対策の立案に際して、情報を共有することが重要と考えた。そこで、各検討委員会等で議論された内容について情報を共有する等を目的として、つくば地区においては、研究総務官を座長とする「東日本大震災復旧・復興研究会（「東日本大震災情報共有連絡会議」として発足、改称）」を平成23年7 月11 日に発足した。以降、これまでにおよそ月1回の間隔で14 回の会議を開催した。開催経緯及びそれぞれの会で情報共有及び議論を行った主な内容を、**表-2.4.9** に示す。

表-2.4.9 東日本大震災復旧・復興研究会での検討内容

回数	開催日	主な確認内容	委員会等における主な活動報告
第1回	平成23年 7月11日	・各分野からの報告、政府の動き ・「設計津波の水位の設定方法等」 ・津波浸水シミュレーションの手引き	「下水道における放射性物質対策に関する検討会」
第2回	8月2日	・各分野からの報告、政府の動き ・下水道施設、河川堤防等における液状化被害と対策工法等	「下水道地震・津波対策技術検討委員会」
第3回	8月26日	・各分野からの報告、政府の動き ・河川管理における津波外力の扱い、堤防の構造 ・各分野での想定津波及び要求される耐津波性能の得失・差異 ・液状化判定法FL法の有用性	「河川への遡上津波対策に関する緊急提言」 「液状化対策技術検討会議」
第4回	9月29日	・各分野からの報告、政府の動き ・津浪避難ビルの設計の考え方	「河川堤防耐震対策緊急検討委員会」 「建築構造基準委員会」
第5回	10月19日	・各分野からの報告、政府の動き ・津浪避難ビルの設計における波力(流速) の決定方法、低減規定(高さ2.0,1.5倍) 適用	「建築構造基準委員会」 「橋梁委員会(日本道路協会) 」
第6回	11月9日	・各分野からの報告、政府の動き ・『津波防災地域づくりに関する法律』に含まれる技術基準等の内容、考え方 ・土工指針等道路に関する技術基準の見直し、対策など	「津波防災地域づくりに係る技術検討会」 「河川堤防耐震対策緊急検討委員会」 「土工委員会(日本道路協会) 」
第7回	12月7日	・各分野からの報告、政府の動き ・海岸堤防、設計津波の設定方法及び天端高、粘り強く効果を発揮する海岸堤防の構造	「海岸における津波対策検討委員会」 「河川・海岸構造物の復旧における景観検討会」
第8回	平成24年 1月24日	・各分野からの報告、政府の動き ・基準津波の設定方法、開発行為、津浪防御施設の技術基準案の考え方 ・警戒区域、特別警戒区域と認められる建築物等の考え方 ・がれきの公園等社会資本整備への利用	「鋼構造委員会／東日本大震災鋼構造物調査特別委員会(土木学会) 」 「東日本大震災からの復興に係る公園緑地整備検討委員会」
第9回	3月8日	・「震災報告会」報告内容について	
第10回	3月27日	・各分野からの報告、政府の動き ・海岸堤防の粘り強い構造に関する検討、海岸堤防実験 ・災害公営住宅に係る調査 ・柱状ドレーンによる液状化対策効果実物振動台実験	「宅地液状化対策の推進に関する研究会」、 「東日本大震災による液状化被災市街地の復興対策検討会」
第11回	5月9日	・各分野からの報告、政府の動き ・技術速報「粘り強く効果を発揮する海岸堤防の構造検討」 ・津波浸水想定に係る地方ブロック別意見交換会 ・下水道の耐震、耐津波性能、復旧状況 ・東日本大震災からの復興に係る公園緑地整備に関する技術的指針の公表	「災害対応マネジメント特定テーマ委員会(土木学会) 」
第12回	6月1日	・各分野からの報告、政府の動き ・宅地、道路等における液状化対策の検討、柱状ドレーンによる液状化対策効果の計測ほか	「南海トラフ巨大地震対策検討WG」
第13回	7月13日	・各分野からの報告、政府の動き ・国総研報告の取りまとめについてほか	
第14回	10月4日	・各分野からの報告、政府の動き ・国総研報告各部門の素案調整ほか	

以下、ここでの議論で明らかにされた主な内容を記す。

① 「発生頻度が高い津波」と「最大クラスの津波」の設定

ほぼ全ての分野で、想定する津波を2 段階に分け、「発生頻度が高い津波」に対しては、被害を生じないこと、「最大クラスの津波」に対しては、人命を守ることを優先し、粘り強い構造体とする考え方がとられた。その大きさは、表現方法等異なる部分はあるものの「中央防災会議東北地方太平洋沖地震を教訓とした地震・津波対策に関する専門調査会中間とりまとめ」で示された考え方に従っている(**図-2.4.1** 参照)。

② 津波に対する各分野での考え方の相違

下水道施設などでは、「発生頻度が高い津波」に対しては、一部放流部等、直接津波被害にさらされる危険性がある部分を除いて、基本的には、海岸堤防などの別の防災施設が防ぐことを前提とし、自らの施設で全ての外力に耐える構造は求めない。「最大クラスの津波」に対しては、機能保持等どの部分を優先すべきか、復旧等しやすくするためにどこを守らなければならないかを絞り込むことを中心に検討されていた。一方、海岸堤防、防波堤、河川堤防等の防災系の施設では、『発生頻度が高い津波』に自らの施設だけで耐えることが求められ、施設に求める機能についての考え方がまったく異なることが明らかとなった。その結果、想定する外力の条件も大きく異なることなど、お互いの設計思想等について、相互の理解が深まり、各々の分野で外力設定の際留意すべき点などが明らかとなった。

③ 各沿岸地域での見直された設計津波の大きさと設計への反映

被災した沿岸地域における被災状況とその位置での実際の津波の大きさ及び作用する外力の大きさの推定について、それぞれの分野での情報を持ち寄ることにより、分析が推進できた。また緊密な連携により、津浪避難ビルとして建築物に求める設計外力の考え方の見直し等を、円滑に行うことができた。

第9 回の研究会では、24 年3 月13 日及び21 日に開催した「国総研・土研東日本大震災報告会」において報告する内容について事前に質疑等を行い、ブラッシュアップした。

第13 回の研究会においては、各分野における研究に関連する最新の活動状況の報告と共に、関連の研究活動の実施状況について、報告した。これらを、今後の類似の災害発生時等の参考とするべく、研究報告としてとりまとめることとし、その内容について意見交換を実施した。

研究会の場では、国総研内に設置した建築構造基準委員会（委員長久保哲夫東京大学大学院教授、水流副所長、西山建築研究部長ほか、『津浪避難ビルの構造上の要件に係る暫定指針、平成23年11月17日通知』原案取りまとめ他）に加え、**表-2.4.10**に示す、職員が参加した外部の委員会、その他の復興等に関する政府全体での動きについても、定期的に審議内容等の確認を行った。

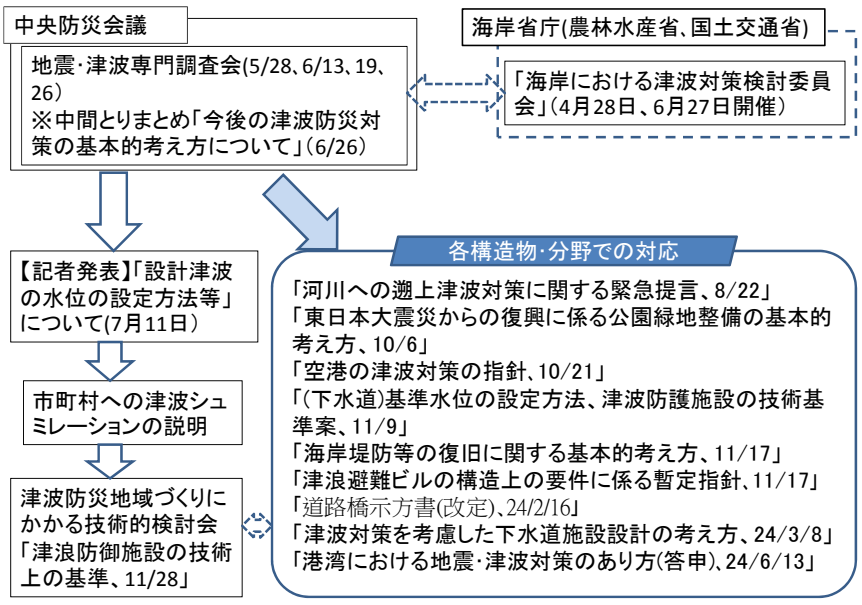


図-2.4.1 レベルⅠ、Ⅱの新しい津波想定の検討、各分野への反映（概略図）

表-2.4.10(1) 国総研メンバーが参加した外部の委員会、提言等

委員会等名称	設置者	国総研のかかわり	主な目的または提言等	開催経緯
国土交通省等				
液状化対策技術検討会儀	大臣官房技術調査課、総政局技術政策課	運上地震災害研究室、横田下水道研究室長	「液状化対策技術検討会議」の検討成果(平成23年8月31日)	平成23年 5/11, 7/12, 8/19
河川津波対策委員会	水管理・国土保全局 座長福岡捷二中央大学研究開発機構教授	(事務局)	河川への遡上津波対策に関する緊急提言(平成23年8月22日)	平成23年 7/7, 7/28, 8/5
河川堤防耐震対策緊急検討委員会	(財)国土技術研究センター 委員長東畑郁生東京大学大学院教授	藤田河川研究部長、服部河川研究室長	河川堤防の耐震対策に向けて(中間とりまとめ、平成23年8月12日) 東日本大震災を踏まえた今後の河川堤防の耐震対策報告書(平成23年9月27日)	平成23年 5/11, 6/21, 8/12, 9/27
東北地方太平洋沖地震を踏まえた河口堰・水門等技術検討委員会	水管理・国土保全局 委員長山田正中央大学教授	藤田河川研究部長、服部河川研究室長、(土研)田村耐震総括研究監、佐々木上席研究員	技術検討委員会最終報告とりまとめ(平成23年9月14日)	平成23年 4/26, 5/27, 6/22, 8/8, 9/14
海岸における津波対策検討委員会	海岸省庁 座長磯部雅彦東京大学大学院教授	諏訪海岸研究室長	平成23年東北地方太平洋沖地震及び津波により被災した海岸堤防等の復旧に関する基本的な考え方	平成23年 4/28, 6/17, 11/15
津波防災地域づくりに係る技術検討会	水管理・国土保全局・都市局・国総研河川研究部 座長福岡捷二中央大学研究開発機構教授	事務局:諏訪海岸研究室長	津波防災地域づくりに係る技術検討報告書(平成24年1月27日) ・基準水位の設定法 ・特定開発行為の技術的基準 ・津波防護施設の技術上の基準	平成23年 11/8, 11/28, 12/9 平成24年 1/11
河川・海岸構造物の復旧における景観検討会	水管理・国土保全局	諏訪海岸研究室長 天野河川環境研究室長	河川・海岸構造物の復旧における景観配慮の手引き(平成23年11月11日)	平成23年 9/1, 9/21, 10/14, 11/11
下水道地震・津波対策技術検討委員会	下水道部 委員長濱田政則早稲田大学教授	堀江下水道研究部長	緊急提言(平成23年4月12日)、第2次提言(同5月24日)、第3次提言(同8月15日)、第4次提言(平成24年3月8日)、委員会報告書	平成23年 4/12, 5/22-24, 7/19, 10/17, 12/15 平成24年 2/24, 3/22
下水道における放射性物質対策に関する検討会	下水道部、日本下水道協会 座長楠田哲也北九州市立大学教授	堀江下水道研究部長(特別委員)、下水処理研究室(事務局)、(土研)鈴木材料資源研究ループ長(委員)	下水道における放射性物質対策に関する検討会中間とりまとめ(平成23年11月25日)	平成23年 6/17, 7/25, 8/29, 10/4, 11/16 平成24年 5/28

橋梁委員会(常設)	(社)日本道路協会	西川所長、運上地震災害研究官、玉越道路構造物管理研究室長	道路橋示方書(改定)、(平成 24 年 2 月 16 日(平成 24 年 4 月 1 日施行))	平成 23 年 5/12, 7/27, 10/13, 12/14 平成 24 年 2/8
土工委員会(常設)	(社)日本道路協会	運上地震災害研究官、玉越道路構造物管理研究室長	道路土工－軟弱地盤対策工指針、擁壁工指針、平成 24 年度版発刊	平成 23 年 10/27, 11/11, 12/14 平成 24 年 1/19
地域型復興住宅連絡会議	岩手県、宮城県、福島県(、住宅局)	水谷建築災害対策官、森住宅計画研究室長、長谷川住環境計画研究室長、布田住宅政策研究室長他	地域型復興住宅設計と生産システムガイドライン(平成 24 年 2 月～、各県毎)	平成 23 年 9/8, 10/4, 12/14
応急仮設住宅検証のための都道府県WG	住宅局		応急仮設住宅建設必携中間とりまとめ(平成 24 年 5 月 21 日)	平成 23 年 11/28, 平成 24 年 3/26
災害公営住宅調査合同連絡会議	住宅局		災害公営住宅調査報告会(平成 24 年 3 月)、災害公営住宅整備事業等対象要綱(平成 24 年 3 月 31 日施行)	平成 23 年 12/9, 14-16 平成 24 年 1/24-30, 2/10, 2/6-14, 3/7-22
宅地液状化対策の推進に関する研究会	都市局 座長：東畑郁生東京大学教授	明石都市計画研究室長、大橋同主任研究官、新井構造基準研究室主任研究官、井上基準認証システム研究室主任研究官	宅地の液状化被害の発生を抑制するための技術基準に関する検討	平成 23 年 9/27, 11/9 平成 24 年 1/30, 2/27, 7/9, 9/11, 10/22
東日本大震災による液状化被災市街地の復興対策検討会	都市局 座長：安田進東京電機大学教授		東日本大震災による液状化被災市街地の復興に向けた検討・調査について(ガイダンス(案)、(平成 24 年 4 月、都市局・国土技術政策総合研究所)	平成 23 年 9/27, 11/9 平成 24 年 1/30, 2/27, 3/27, 7/23, 10/30
津波被災市街地の復興手法検討調査	都市局	(各分野の調査へ、委員等として協力)	東日本大震災からの津波被災市街地復興手法検討調査（とりまとめ平成 24 年 4 月 24 日)	
東日本大震災からの復興に係る公園緑地整備検討委員会	都市局	松江緑化生態研究室長	東日本大震災からの復興に係る公園緑地整備の基本的考え方（中間報告）(平成 23 年 10 月 6 日)、東日本大震災からの復興に係る公園緑地整備に関する技術的指針（平成 24 年 3 月 27 日公表)	平成 23 年 8/11, 9/15, 11/16 平成 24 年 2/21
空港の津波シミュレーションに関する協議会	航空局	水上 空港施設研究室長	空港が津波被害を受けた後に、空港機能を早期に復旧する計画を策定するための基礎資料となる、津波浸水範囲等の検討	平成 24 年 2/10, 3/22, 8/10, 9/24

港湾における防波堤・防潮堤の津波設計ガイドラインに関する検討会	港湾局，国総研 委員長 磯部雅彦 東京大学大学院教授	浦辺副所長、鈴木沿岸海洋・防災研究部長（戀塚沿岸海洋研究部長）、長尾港湾研究部長（兼港湾施設研究室長）、根木沿岸防災研究室長	津波設計のガイドラインの検討	平成 23 年 12/12 平成 24 年 1/31，3/9

表-2.4.10(2) 国総研メンバーが参加した外部の委員会、提言等

委員会等名称	設置者	国総研のかかわり	主な目的または提言等	開催経緯
被災地の復旧・復興対応・地震対策対応等				
北上川等堤防復旧技術検討会	東北地方整備局	服部河川研究室長	堤防の被災メカニズム・復旧工法の検討、津波に対する河川堤防構造の検証、被災堤防の点検・洪水予報基準等の検討（平成 23 年 5 月 30 日中間報告書(案)、平成 23 年 12 月報告書)	平成 23 年 4/14, 5/6, 5/30, 7/29, 10/7, 11/16
宮城県沿岸域河口部・海岸施設復旧における環境等検討委員会	東北地方整備局	諏訪海岸研究室長	宮城県沿岸域河口部・海岸施設復旧における環境等への配慮の手引き（3 月）	平成 23 年 11/25 平成 24 年 2/9, 3/7
大船渡港湾口防波堤復旧に係る水質保全対策検討会	東北地方整備局仙台港湾空港技術調査事務所	岡田沿岸海洋研究室長	大船渡港における湾口防波堤の復旧と湾内環境への影響の検討	平成 24 年 2/13～3/16
河川堤防復旧技術検討会	関東地方整備局	服部河川研究室長	堤防等河川管理施設の被災状況の検証、被災状況に応じた復旧工法及び出水期に向けた河川管理及び効果的な水防のあり方等の検討（平成 23 年 9 月 14 日河川堤防における地震対策の検討とりまとめ)	平成 23 年 4/27, 6/1, 9/14
河川堤防復旧技術等検討フォローアップ委員会	関東地方整備局	服部河川研究室長	統合物理探査による復旧後の堤防の評価、水位観測所の基準水位の検討	平成 24 年 5/24, 7/5
直轄高知海岸地震対策検討委員会	四国地方整備局	諏訪海岸研究室長	直轄区間の海岸堤防の耐震対策について検討	平成 23 年 12/9
東京都建築物液状化対策検討委員会	東京都都市局	水流副所長	木造住宅などの建築物を対象とした液状化対策を検討（平成 24 年 5 月 21 日中間のまとめ)	平成 23 年 7/27,10/18,12/20 平成 24 年 2/10,4/20,7/30
岩手県津波防災技術専門委員会	岩手県	諏訪海岸研究室長	復興ビジョン等について提言を行うに際し、津波防災型の都市・地域づくりに関して、先行的に基礎的考え方を提示	平成 23 年 4/22, 5/8, 5/23, 7/4, 8/9, 9/5, 10/15 平成 24 年 1/23, 10/26

岩手県河川・海岸構造物の復旧等における環境・景観検討委員会	岩手県	諏訪海岸研究室長	岩手県河川・海岸構造物の復旧等における環境・景観配慮に向けた基本的な考え方（案）中間とりまとめ（平成24年3月27日）	平成23年 11/17，12/19， 平成24年 1/27，2/23，9/14
茨城沿岸津波対策検討委員会	茨城県	諏訪海岸研究室長	・設計津波の水位と目指すべき堤防高（平成24年8月24日） ・津波浸水想定（平成24年8月24日）	平成23年 12/26 平成24年 2/15，3/30，8/24
津波浸水・地震動被害プロジェクトチーム	徳島県	諏訪海岸研究室長	・津波浸水想定（平成24年10月31日） ・設計津波の水位の検討	平成23年 12/17 平成24年 4/8，9/2，10/29
津波避難施設（道路上）設計技術検討委員会	静岡県	水谷道路構造物管理システム研究官	津波避難タワーの設置計画の検討（平成24年9月道路上に設置する津波避難タワーの標準仕様設計基準）	平成24年 7/30,8/29,9/27
高知県下水道地震・津波対策検討委員会	高知県	森田下水道研究官	南海トラフの巨大地震に備え、下水道施設の被害想定、地震・津波対策の推進（平成24年度末に下水道地震・津波ガイドラインを策定予定）	平成24年 10/5
仙台東部道路東部高架橋災害復旧検討委員会	ネクスコ東日本	運上地震災害研究官	被災分析・推定、復旧方法の検討	平成23年 5/11，8/25，12/2
東北港湾における津波・震災対策技術検討委員会	沿岸技術研究センター	浦辺副所長、松本副所長	被災した港湾施設復旧方針の技術検討（平成23年9月防波堤及び岸壁等の復旧の技術検討方針）	平成23年 4/30,6/9,9/26
横須賀市下水処理場等の津波対策基本計画に関する検討委員会	下水道新技術推進機構（横須賀市）	横田下水道研究室長	下水処理場等の津波被害予測のための数値解析シミュレーション手法、横須賀市の下水道施設等の津波対策等の検討	平成24年 1/19,4/26,7/19
下水道施設の耐震対策指針等改定調査専門委員会	日本下水道協会	堀江下水道部長、森田下水道研究官、横田下水道研究室長、原田下水処理研究室長	下水道地震・津波対策技術検討委員会でまとめた報告を受け、現行の関係マニュアル・指針類の改訂検討	平成24年 6/26

表-2.4.10(3) 国総研メンバーが参加した外部の委員会、提言等

委員会等名称	設置者	国総研のかかわり	主な目的または提言等	開催経緯
学会等				
津波による橋梁構造物に及ぼす波力の評価に関する調査研究委員会	土木学会 委員長丸山久一長岡技術科学大学教授	玉越道路構造物管理研究室長	津波による橋梁構造物に及ぼす波力の評価に関する調査研究委員会「中間報告会」(平成 24 年 6 月 26 日)	平成 23 年 8/9, 11/4 平成 24 年 2/14, 5/18
鋼構造委員会／東日本大震災鋼構造物調査特別委員会	土木学会 委員長小川篤生西日本高速道路エンジニアリング関西（株）	玉越道路構造物管理研究室長	鋼構造物の被害状況とその分析東日本大震災鋼構造物調査特別委員会報告	平成 23 年 11/25 平成 24 年 1/27
災害対応マネジメント特定テーマ委員会	土木学会	森建設マネジメント研究官	中間報告会(平成 23 年 12/14) シンポ災害対応マネジメント力の強化－東日本大震災から学ぶこと－(平成 24 年 11 月予定)	平成 23 年 12/21,22 平成 24 年 1 月ヒアリング
浦安市液状化対策技術検討調査委員会	土木学会・浦安市	新井構造基準研究室主任研究官、横田下水道研究室長	液状化対策技術検討調査に関する市民報告会（平成 23 年 12 月 18 日）、平成 24 年 3 月浦安市液状化対策技術検討調査報告書公表	平成 23 年 7/22, 9/12, 10/17, 11/28
液状化対策実現可能性技術検討委員会	土木学会・浦安市	新井構造基準研究室主任研究官	地下水位低下工法および格子状改良工法、個別の対策工法について、液状化防止軽減効果と事業リスクの評価を行い、道路などの公共施設と宅地の一体的な市街地液状化対策事業の実現可能性を検討	平成 24 年 6/25, 8/24
性能に基づく橋梁の耐震設計法に関する研究小委員会・東日本大震災による橋梁等の被害分析 WG	土木学会、地震工学委員会	片岡地震防災研究室主任研究官	東日本大震災による橋梁等の被害分析 WG 活動報告(平成 24 年 7 月 26 日)、東日本大震災による橋梁等の被害分析 WG 報告書	平成 23 年 7/28, 9/29, 12/8 平成 24 年, 1/25, 3/16, 4/25
東北地方太平洋沖地震災害調査委員会	砂防学会	小山内砂防研究室長 岡本砂防研究室長	実態調査を元に今後の地震による土砂災害の低減に向けた調査・対策を検討	平成 23 年 12/2 平成 24 年 1/17 特別シンポジウム
東日本大震災 PC 構造物調査委員会・地震調査 WG	プレストレストコンクリート技術協会	片岡地震防災研究室主任研究官	東日本大震災ＰＣ構造物災害調査委員会報告(平成 23 年 12 月 21 日)、東日本大震災 PC 構造物災害調査報告書	（メール審議）

東日本大震災に関する特別委員会材料生産・施工小委員会	日本コンクリート工学会	棚野建築品質研究官	「東日本大震災に関する特別委員会」による中間報告（平成 24 年 7 月 5 日コンクリート年次大会 2012(広島)）	
東日本大震災に関する特別委員会構造設計小委員会	日本コンクリート工学会	福永港湾施設研究室主任研究官、壁谷澤基準認証システム研究室研究官	「東日本大震災に関する特別委員会」による中間報告（平成 24 年 7 月 5 日コンクリート年次大会 2012(広島)）	
学会提言の検証と評価に関する委員会	地盤工学会	横田下水道研究室長	「地震による地盤災害の課題と対策（東日本大震災の教訓と提言）」（平成 23 年 6 月）	平成 23 年 4/22, 5/6, 5/13, 5/31, 6/13, 6/26, 7/12, 10/12, 11/30
津波対策とその指針に関する研究委員会	日本地震工学会	奥田建築新技術研究官、金子地震防災研究室長	講演会「東日本大震災の津波被害の教訓」（平成 23 年 10 月 21 日）	平成 23 年 8/24, 12/27 平成 24 年 3/16, 8/29

2.5 その他の関連する動き

表-2.5.1及び**表-2.5.2**は、上記の政府、国土交通省及び国総研の活動の他に、政府に向けられた会議や、学会等に設置された委員会などとそこからの成果として出された復旧・復興等に係る提言などについて整理したものである。**表-2.5.2**に示す学会等におけるいくつかの活動に関しては、国総研からも参加、協力を実施している。

表-2.5.1 政府に設けられた会議及び復旧・復興等に係る提言など

名称	主な委員等	検討開始時期、回数	開催日時	提言など
平成23年東北地方太平洋沖地震緊急災害対策本部 http://www.bousai.go.jp/1info/higashinihon_taisaku/index.html		平成23年3月11日～9月11日、19回	3/11(3回)、3/12(3回)、3/13(2回) 3/14、3/15、3/16 3/17、3/21、3/31 4/11、5/6、5/20、 8/26、9/11	
中央防災会議	会長内閣総理大臣	平成13年1月26日～、31回	4/27, 10/11, 12/27, 24年 3/29、9/6	防災対策の充実･強化に向けた当面の取組方針、平成24年3/29 http://www.bousai.go.jp/chubou/30/30_siryo2.pdf
東北地方太平洋沖地震を教訓とした地震･津波対策に関する専門調査会 http://www.bousai.go.jp/jishin/chubou/higashinihon/index_higashi.html	座長河田恵昭、座長代理阿部勝征、磯部雅彦、今村文彦、岡村眞、島崎邦彦､高橋重雄(港空研) ほか	平成23年5月28日～9月28日、12回	5/28, 6/13, 6/19, 6/26, 7/10, 7/31, 8/16, 8/25, 9/10, 9/17, 9/24, 9/28	今後の津波防災対策の基本的考え方について(中間とりまとめ､平成23年6/26) http://www.bousai.go.jp/jishin/chubou/higashinihon/tyuukan.pdf
				中間とりまとめに伴う提言～今後の津波防災対策の基本的考え方について～(同6/26) http://www.bousai.go.jp/jishin/chubou/higashinihon/teigen.pdf
				東北地方太平洋沖地震を教訓とした地震･津波対策に関する専門調査会報告(同9/28) http://www.bousai.go.jp/jishin/chubou/higashinihon/houkoku.pdf
防災対策推進検討会議 http://www.bousai.go.jp/chubou/suishinkaigi/index.html		平成23年10月28日～平成24年6月28日～、13回	10/28, 11/28, 12/7, 24年 2/1, 2/16, 3/7, 4/18, 4/26, 5/17, 6/7, 6/28, 7/19, 7/31	防災対策推進検討会議中間報告､平成24年3/7 http://www.bousai.go.jp/chubou/suishinkaigi/chukan_hontai.pdf、 防災対策推進検討会議最終報告､平成24年7/31､http://www.bousai.go.jp/chubou/suishinkaigi/saishuu_hontai.pdf
同 南海トラフ巨大地震対策検討ワーキンググループ http://www.bousai.go.jp/jishin/chubou/taisaku_nankaitrough/index.html	主査河田恵昭、副主査田中淳、阿部勝征、今村文彦、福和伸夫ほか	平成24年4月20日～、8回	24年 4/20, 5/28, 6/8, 6/27, 7/17, 8/8, 8/22, 9/4､10/10	南海トラフ巨大地震対策について 中間報告、平成24年7/19、 http://www.bousai.go.jp/jishin/chubou/taisaku_nankaitrough/pdf/20120719_chuukan.pdf 南海トラフ巨大地震対策検討ワーキンググループ(第一次報告)、平成24年8/29 http://www.bousai.go.jp/jishin/chubou/taisaku_nankaitrough/pdf/20120829_higai.pdf

南海トラフの巨大地震モデル検討会 http://www.bousai.go.jp/jishin/chubou/nankai_trough/nankai_trough_top.html	座長阿部勝征、今村文彦、岡村眞、岡村行信ほか	平成23年8月28日～、これまでに26回	8/28, 10/3, 10/25, 11/15, 11/24, 12/12, 12/27, 24年 1/17, 1/30, 2/13, 2/20, 3/1, 3/19, 3/27, 3/31, 4/27, 5/17, 5/31, 6/19, 7/2, 7/17, 8/1, 8/9, 8/17, 9/24, 10/11	南海トラフの巨大地震モデル検討会中間とりまとめ、平成23年12/27 http://www.bousai.go.jp/jishin/chubou/nankai_trough/chukan_matome.pdf 南海トラフの巨大地震モデル検討会(第二次報告)、平成24年8/29 http://www.bousai.go.jp/jishin/chubou/nankai_trough/pdf/20120829_2nd_report01.pdf
首都直下地震対策検討ワーキンググループ http://www.bousai.go.jp/jishin/chubou/taisaku_shutochokka/index.html	主査増田寛也、副主査吉井博明、阿部勝征、大原美保、中林一樹、林春男、久田嘉章	平成24年4月25日～、これまでに8回	24年 4/25, 5/25, 6/6, 6/18, 7/10, 8/6, 9/6, 10/16	首都直下地震対策について　中間報告、平成24年7/19 http://www.bousai.go.jp/jishin/chubou/taisaku_shutochokka/pdf/20120719_chuukan.pdf
首都直下地震モデル検討会 http://www.bousai.go.jp/jishin/chubou/shuto_chokka/index.html	座長阿部勝征、今村文彦、岩田知孝、福和伸夫、古村孝志ほか	平成24年5月11日～、これまでに8回	24年 5/11, 6/8, 6/29, 7/9, 7/24, 8/7, 9/20, 10/3	(平成17年の中央防災会議で想定した首都直下地震モデルと、現時点の最新の科学的知見に基づきあらゆる可能性を考慮した相模トラフ沿いで発生する最大クラスの巨大地震モデルによる震度分布・津波高等を検討することを目的)
津浪避難対策検討ワーキンググループ(津波防災に関するワーキンググループ) http://www.bousai.go.jp/jishin/chubou/taisaku_tsunami/index.html	主査田中淳、阿部勝征、磯部雅彦、今村文彦、片田敏孝ほか	平成22年12月２４日～、これまでに9回	22年12/24, 24年 1/23, 2/29, 3/26, 4/26, 5/23, 6/7, 6/13, 6/28	津浪避難対策検討ワーキンググループ報告、平成24年7/18 http://www.bousai.go.jp/jishin/chubou/taisaku_tsunami/wg_20120718/report.pdf
南海トラフ巨大地震対策協議会	中川防災担当大臣、原田政策統括官、佐々木内閣府大臣官房審議官(防災担当)、各府省庁、地方支分部局、指定公共機関等136機関(第2回119機関)	平成24年6月4日～、2回	24年 6/4, 8/10	(官民の主体を幅広く集めた場を設定して平時及び非常時に備えた関係を構築することが急務であることから、国の各府省庁、地方支分部局、関係地方公共団体、指定公共機関等から成る標記協議会を開催)

表-2.5.2 学会に設けられた委員会及びそこでの提言など

委員会等名称	主な目的または提言等
日本学術会議	
東日本大震災対策委員会 第1回(平成23年3月24日）～第24回(23年9月14日)	平成23年3月25日　東日本大震災に対応する第一次緊急提言
	4月4日　第二次緊急提言「福島第一原子力発電所事故後の放射線量調査の必要性について」
	4月5日　第三次緊急提言「東日本大震災被災者救援・被災地域復興のために」
	4月5日　第四次緊急提言「震災廃棄物対策と環境影響防止に関する緊急提言」
同　被災地域の復興グランド・デザイン分科会 第1回～第7回 (4/20, 5/9, 5/30, 6/20, 7/28, 8/6, 9/14)	4月13日　第五次緊急提言「福島第一原子力発電所事故対策等へのロボット技術の活用について」
	4月15日　第六次緊急提言「救済・支援・復興に男女共同参画の視点を」
	4月20日　被災地域の復興グランド・デザイン分科会設置､第1回（エネルギー政策の選択肢分科会と合同会議)
	6月8日　提言「東日本大震災被災地域の復興に向けて－復興の目標と７つの原則－」
	8月3日　第七次緊急提言「広範囲にわたる放射性物質の挙動の科学的調査と解明について」
	9月21日　提言「東日本大震災復興における就業支援と産業再生支援」
	9月27日　提言「東日本大震災とその後の原発事故の影響から子どもを守るために」
	9月30日　提言「東日本大震災から新時代の水産業の復興へ」
	9月30日　提言「東日本大震災被災地域の復興に向けて―復興の目標と７つの原則（第二次提言）―」
東日本大震災復興支援委員会 第1回(平成23年10/28)～ (平成24年2/20, 3/16, 4/3～継続中)	平成24年4月9日 東日本大震災復興支援委員会提言 「学術からの提言―今、復興の力強い歩みを―」
	同4月9日　東日本大震災復興支援委員会災害に強いまちづくり分科会提言「二度と津波犠牲者を出さないまちづくり―東北の自然を生かした復興を世界に発信―」
同　災害に強いまちづくり分科会 第1回(平成23年12/2)～ (平成24年1/13, 2/3, 3/2, 10/5～継続中) ほか	同4月9日　東日本大震災復興支援委員会産業振興・就業支援分科会提言「被災地の求職者支援と復興法人創設―被災者に寄り添う産業振興・就業支援を―」
	同4月9日　東日本大震災復興支援委員会放射能対策分科会提言「放射能対策の新たな一歩を踏み出すために―事実の科学的探索に基づく行動を―」
	同6月22日　災害に対するレジリエンスの構築分科会　設置
	同6月22日　福島復興支援分科会　設置
	同6月22日　エネルギー供給問題検討分科会　設置
学会共同	
空気調和・衛星工学会、地盤工学会、土木学会、日本建築学会、日本コンクリート工学会、日本造園学会、日本都市計画学会	平成23年4月26日 東日本大震災国土・地域復興に関する7学会会長共同提言
日本学術会議、土木学会他20学会	平成23年5月27日 巨大地震と大津波から国民の生命と国土を護るための基本方針
30学会、東日本大震災の総合対応に関する学協会連絡会	平成24年5月10日　三十学会・共同声明　国土・防災・減災政策の見直しに向けて　－巨大災害から生命と国土を護るために －

委員会等名称	主な目的または提言等
土木学会	
東日本大震災特別委員会	テーマ毎に多くの提言を発信・特定テーマ：地域防災計画特定テーマ委員会、津波特定テーマ委員会、液状化特定テーマ委員会、原子力安全土木技術特定テーマ委員会、地域基盤再構築特定テーマ委員会、復興施工技術特定テーマ委員会、復興創意形成（PI システム）特定テーマ委員会、災害対応マネジメント特定テーマ委員会、情報通信技術を活用した耐災施策特定テーマ委員会、放射性汚染廃棄物対策土木技術特定テーマ委員会・特別活動：社会安全研究会、津波推計・減災検討委員会、『安全な国土への再設計」支部連合
	平成 24 年 6 月　津波推計・減災検討委員会報告
	7 月 20 日　社会安全研究会中間とりまとめ『技術者への信頼を回復するために」
	8 月 8 日　復興創意形成特定テーマ委員会「復興まちづくり創意形成ガイドライン最終報告」
日本建築学会	
東日本大震災調査復興支援本部：研究・提言部会	平成 23 年 9 月 26 日　「建築の原点に立ち返る　―暮らしの場の再生と革新―　東日本大震災に鑑みて(第一次提言）」
地盤工学会	
平成 23 年度学会提言の検証と評価に関する委員会	平成 23 年 8 月 8 日　地震時における地盤災害の課題と対策 2011 年東日本大震災の教訓と提言〔第一次〕（委員会に横田下水道研究室長が協力） 平成 24 年 8 月 3 日　地震時における地盤災害の課題と対策 2011 年東日本大震災の教訓と提言〔第二次〕
日本地震工学会	
6 学会シンポジウム	平成 24 年 3 月 1～4 日 International Symposium on Engineering Lessons Learned from the Giant Earthquake - One Year After the 2011 Great East Japan Earthquake - 後援:国土交通省・国総研（シンポジウム組織委員会に運上地震災害研究官が参画）
広域・システム災害対応特別調査研究委員会	平成 24 年 5 月 24 日 地震被害の軽減と復興に向けた提言　―東日本大震災を受けて―
日本造園学会	
東日本大震災復興支援調査委員会	平成 23 年 5 月 21 日　東日本大震災復興支援への提言　「ランドスケープ再生を通じた震災復興」 平成 24 年 5 月 15 日　「復興の風景像～ランドスケープの再生を通じた復興支援のためのコンセプトブック」を出版

2.2 国の対応

(1) 政府の初動対応

政府においては、発災直後の3 月11日14 時50 分に官邸対策室が設置されるとともに、緊急参集チームが参集した（国土交通省からは、河川局長（当時）及び海上保安庁警備救難監、気象庁次長が参集）。

15 時14分には、災害対策基本法（昭和36 年法律第223 号）に基づき、内閣総理大臣を本部長とする緊急災害対策本部が法施行後初めて設置されることになった。

15 時37 分、第1回緊急災害対策本部会議が開催され、災害応急対策に関する基本方針が決定された。

3 月12日6 時に、閣議決定に基づき、緊急災害現地対策本部（本部長：内閣府副大臣）が宮城県に設置された。また、同日岩手県及び福島県にも政府調査団が派遣され、それぞれ現地対策連絡室が設置された。

3 月17 日に開催された第12 回緊急災害対策本部会議において、今後，被災者の生活支援が緊急の課題であることにかんがみ、本部の下に「被災者生活支援特別対策本部」を置くことが決定された。緊急災害対策本部会議は、9 月11日までに都合19 回、開催された。

(2) 東日本大震災復興構想会議

4 月11 日の閣議決定に基づき、復興に向けた指針策定のための復興構想について幅広く議論を行うことを目的として、五百旗頭 真議長（防衛大学校長、神戸大学名誉教授）ほか有識者等で構成する東日本大震災復興構想会議が4月14日開催された。そして構想会議における議論の結果を、復興に関する指針等に反映させるため、6 月25 日の第12 回会議において、『復興への提言』が取りまとめられた。その後11 月10 日までに計13 回の会議が開催され、復旧の状況と復興への取組を中心に確認等が行われた。

(3) 東日本大震災復興対策本部

東日本大震災復興基本法(平成23 年法律第76 号)に基づき、6 月28 日菅直人内閣総理大臣を本部長に、各大臣を本部員とする東日本大震災復興対策本部が、本部・３つの現地対策本部合わせて131 人の体制で設置された。この本部を中心として、東日本大震災復興構想会議の『復興への提言』の具体化が進められることになった。

東日本大震災からの復興に向けた、国による復興のための取り組みの基本方針（被災した地方自治体による復興計画等の作成に資するため、国による復興のための取組みの全体像を明らかにするもの。）が、8 月11　日に取りまとめられると共に、事業毎に計画・工程表が公表された。

また地方自治体の復興計画作成を支援し、特区等の法整備等も行われた。

(4) 復興庁

政府において、12 月7 日東日本大震災復興特別区域法(施行12 月26 日)の成立、及び12 月9 日の復興庁設置法の成立を受け、平成24年2月10日復興庁が設置された。一刻も早い復興を成し遂げられるよう、被災地に寄り添いながら、前例にとらわれず、果断に復興事業を実施するための組織として設置された同庁には、それまでの東日本大震災復興対策本部及び3 つの現地対策本部を中心とした体制が、移行された。平成23 年度第3 次補正予算などによる復興対策の実施を始め、東日本大震災からの復興に関する行政事務の円滑かつ迅速な遂行が同庁を中心とした体制により推進することとされた。

復興庁は、内閣を補助する総合調整事務と個別の実施事務として以下を実施。

① 復興に関する国の施策の企画、調整
- 基本的な方針などの企画立案、各省の復興施策の総合調整・勧告、
- 復興事業の統括・監理、復興予算の一括要求、各府省への配分、事業の実施に関する計画の策定など

② 地方公共団体への一元的な窓口と支援

被災自治体の復興計画策定への助言、復興特別区域の認定、復興交付金と復興調整費の配分、国の事業の実施や県・市町村の事業への支援に関する調整・推進など

関連立法：

http://www.reconstruction.go.jp/topics/120312relevant%20legislation%23.pdf

2.3 国土交通省の対応

(1) 全体的な動き

国土交通省では、14時46分、地震発生後直ちに非常災害対策本部が設置されると共に、第1 回緊急災害対策本部会議が、3月11日15時45分より開催され、大畠国土交通大臣（当時）から「第一に人命救助。続いて輸送路を確保。考えられることは全部やってほしい」という明確な方針が下された。なお、緊急災害対策本部会議は、4月1日までは毎日、5月30日までは週1 回の頻度で、第49回8月11日まで開催された。東北地方整備局、東北運輸局とテレビ会議で結び、現地の最新情報の報告を受けつつ、各種対応が行われた。

また、当日18時42分政府調査団の一員として宮城県へ、市村大臣政務官を初め、本省・気象庁・海上保安庁・国土地理院の職員が派遣された。同政府調査団は、13日6時から政府緊急現地対策本部として現地に残り、活動を行った。3月12日8 時53分岩手県に向け、同9時18分には福島県に向け、津川大臣政務官を初めとする職員が政府調査団として派遣された。これらの政府調査団は、両県の政府現地連絡対策室として活動した。

一方、東北地方整備局では、3月11日に太平洋側へ『くしの歯型』に救援ルート啓開していく方針が決定された。

東北地方整備局は、3月12日から、東北自動車道・国道4 号から津波で被害が甚大な三陸地区へアクセスする『くしの歯型』の救援ルートを早期に啓開すべく、県・自衛隊とも連携し、迅速に実施行動に移した。同日中に、第1 ステップである東北自動車道、国道4 号（ただし迂回路有り）を確保した上、第2 ステップの東北自動車道、国道4 号から太平洋沿岸主要都市へのアクセスする11ルートを、3 月15 日までに啓開確保した。

3 月18 日（震災から1 週間）には、第3 ステップの国道45 号等、太平洋沿岸の縦方向の道路啓開も進められ、原発事故で中止した区間を除く、予定の97%が通行可能となった。

この『くしの歯型』作戦には、国総研のメンバーも被災翌日から参加し、橋梁等の使用の可否の判断等の技術的指導を行い全面的に協力した。なお『くしの歯型』作戦は、①阪神淡路大震災での道路の被害状況を踏まえ、これまで東北地方整備局管内490 橋の耐震補強対策を実施してきた結果、落橋などの致命的な被害を防ぐことができたこと、②震災直後に内陸から被災地への啓開ルートを「くしの歯」として集約した16 ルート（原発事故で1 ルート中止）を明確にしたことにより、集中的に点検・調査を実施し、道路啓開を最優先させたこと、③沿岸部の国道6 号及び45 号の道路啓開については、建設業界と事前に災害協定を締結しており、震災直後から、地元建設業等の協力が得られたこと（地元建設業や内陸部の建設業全52 チーム）や自衛隊との連携により国道45 号の落橋部に、応急組立橋を早期に設置することなどもあり、1 週間で終了させることができた。

4 月16 日から17 日にかけて、国土交通大臣が初めて被災地入りし、三県知事、宮古市長、陸前高田市長、気仙沼市長、石巻市長等と面会し、被災状況等の説明を受けるとともに、被災現地を視察した。その後10 回にわたり被災地入りし、被災地の現状を踏まえた災害復旧対策を推進した。

東日本大震災復興基本法成立に伴い、政府の復興対策本部が設置されたのを受けて、国土交通省においても、施策の円滑かつ迅速な推進等を図ることを目的として、6 月24 日に国土交通大臣を本部長として国土交通省東日本大震災復興対策本部が設置、以下の日程で開催された[1)]。

表-2.3.1 国土交通省東日本大震災復興対策本部会合開催状況

開催月日及び時間	回数	会議内容
6 月28 日 15：20-	第1回	東日本大震災からの復興について
7 月27 日 14:00-	第2回	東日本大震災復興基本方針(案)における省関連施策について
8 月25 日 15:15-	第3回	省における東日本大震災の復興施策の取組状況について
9 月12 日 15:30-	第4回	復旧の現状と主な課題への取組等について
11 月28 日 15:45-	第5回	省における東日本大震災の復興施策の取組状況について
平成24年 3 月8日	第6回	東日本大震災への対応、東日本大震災を踏まえた今後の取組について

参考文献

1) 国土交通省：東日本大震災の記録ー国土交通省の災害対応ー、平成24年3月11日
http://www.mlit.go.jp/saigai/kirokusyu.html

(2) 緊急災害対策派遣隊（TEC-FORCE）の派遣

東日本大震災を受け、発災当日の3 月11 日より、全国の地方整備局等から直ちに東北地方整備局管内等に向けてTEC-FORCE※ が派遣され、さらに発災後3 日目には東北地方へ集結したTEC-FORCE の人数は500 名を超えた（平成24 年1 月31 日までに派遣された延べ派遣総数は18,115 人・日）。派遣されたTEC-FORCE は、被害状況の調査を行う等、被災自治体の早期復旧へ向けた支援を実施した。

なお、全国から参集するTEC-FORCE 隊員と各種災害対策用機械等の派遣調整を迅速に行うため、東北地方整備局にTEC-FORCE 総合司令部が設置され指揮命令系統の一本化が図られた。

北海道沿岸から関東地方に及ぶ広域にわたる被災状況の調査には、各地方整備局の災害対策用ヘリコプター及び北海道開発局手配の民間ヘリが使用され、国総研のTEC-FORCE 班の一部は、これを活用し、被災地への移動、及び被災状況の概要把握を行った。

※TEC-FORCE：大規模自然災害が発生し、又は発生するおそれがある場合において、被災地方公共団体等が行う、被災状況の迅速な把握、被害の発生及び拡大の防止、被災地の早期復旧その他災害応急対策に対する技術的な支援を円滑かつ迅速に実施するため、本省、国土技術政策総合研究所、国土地理院、地方支分部局、気象庁に設置された緊急災害対策派遣隊（Technical Emergency Control Force）の略称

(3) 災害情報連絡担当官（リエゾン）の派遣

自治体に集まる被害状況を収集し、地方整備局等災害対策本部への伝達、自治体から求められる支援ニーズの把握及び支援に係る調整窓口等のため、発災直後から地方整備局等の職員が災害情報連絡担当官（リエゾン）として被災自治体等に派遣された。

当初は東北地方整備局管内の事務所職員を中心に派遣されたが、対応期間の長期化に従い、他の地方整備局等の支援職員が途中から交代し、被災自治体等に派遣された。発災当初の派遣先は、岩手、宮城、福島の3 県であったが、最終的には北海道から東京都までの13都道県55市町村及び自衛隊（東北方面総監部）へ派遣された。

派遣者数は、東北地方整備局管内の上記3県に青森県を加えた4 県31 市町村分の派遣者だけで、ピーク時96名、発災から6 月30 日までに延べ3916 人日に及んだ。

(4) その他の復旧活動に対する支援

照明車、排水ポンプ車、対策本部車、待機支援車、散水車、橋梁点検車、情報収集車などの災害対策用の各車両ならびに応急組立橋等の出動状況については、延べ366回の出動に及んだ。なお、他の地方整備局から東北地方整備局への実出動台数は、延べ247 台に及んだ。

また、被災地における情報通信の確保のため、自治体支援等への災害対策用通信機材の出動状況は、衛星通信車（537 台日）、Ｋｕ－ＳＡＴ（衛星小型画像伝送装置、1,998 台日）、簡易画像伝送（350 台日）、ヘリテレ可搬局（2 台日）の４つの機器合わせて、延べ2,887 台日に及んだ。

（本節（2.3）は、国総研の活動と密接な関連をもち、同時に記録に残す必要があると考えられた国土交通省内の各機関の動きを、参考文献1）から抜粋、編集・加筆修正した。）

2.4 国土技術政策総合研究所の対応

(1) 国総研における初動対応、TEC-FORCE

国総研においても、東北地整の要請により、発災当日、河川班・橋梁班・道路防災班の3 班6 名の職員を派遣し、翌12 日早朝からの東北地整の施設等の点検、啓開作業に同行し、江合川、鳴瀬川の堤防被害等の調査、国道45号の被災橋梁の調査や、東北地整災害対策本部における道路災害情報取りまとめの技術的な支援等を実施した。

この派遣の後も、東北地整、関東地整、被災各県ならびに本省各局の要請に基づき、下水道、河川、海岸、道路、ダム、建築、空港、港湾、砂防の各分野の専門家、延べ262 人（592 人日）の職員を現地に派遣し、施設の復旧等の活動を支援した（巻末　参考資料の**表-参考 1** に各班の派遣状況を整理）。

分野別の派遣者数は、**表-2.4.1** のとおりである。

表-2.4.1 国総研職員の分野別派遣者数

分　野	延べ派遣員数	主な活動
下水道	58 人(119人日)	・下水処理場・管渠被害調査
河　川	13 人(36人日)	・堤防等施設の地震・津波被災状況調査
海　岸	12 人(29人日)	・堤防等施設の地震・津波被災状況調査 ・津波浸水状況把握
道　路	85 人(159人日)	・道路啓開時安全確認 ・橋梁ほか構造物の損傷度診断、補修・補強方法に関する技術指導 ・道路法面診断・補修
ダ　ム	3 人(8人日)	・健全度点検
建　築	44 人(116人日)	・津波・地震被災状況把握、耐震診断、避難所設置支援
空　港	6 人(34人日)	・空港施設の津波・地震による被災状況把握
港　湾	24 人(66人日)	・港湾施設の被災状況把握、沿岸環境調査
砂　防	17 人(25人日)	・地すべり、土砂災害被災状況把握
合　計	262人(592人日)	―

TEC-FORCEでの派遣と併せて、自主的な被災地における被害状況の調査等を実施した。例えば建築分野においては、(独)建築研究所と連携し、木造建物被害調査、鉄骨造被害調査、ＲＣ造被害調査、宅地・地盤被害調査、非構造部材被害調査、津波被害調査及び火災被害調査を実施した。

(2) 災害対策本部としての活動

地震発生により、つくば、横須賀庁舎とも、自らの庁舎が長い時間大きな揺れを受けるとともに、極めて希な巨大地震により、広範な地域で被害が生じたことが予想された。直後に、東北地方太平洋岸各地で、想像すらできない巨大な津波の来襲により、壊滅的な被害が発生した模様が伝えられたことを受け、国総研においても、災害対策本部を立ち上げられた。横須賀庁舎においては、津波警報が出され、職員自らも避難しなければならない状況の中での対応で、活動も困難を極めた。つくば地区(旭、立原庁舎)では、停電した上に、旭庁舎で、非常用電源装置も一時的に使用不能となり、テレビ等のマスコミからの情報も入手困難な状況の中での災害対応を求められた。

また、安否確認については、回線混雑と地域の停電で固定電話による通話が困難となり、当日は全員の安否確認が行えなかった。つくば地区で安否確認ができるまでに、職員363名(職員1名転倒したロッカーによる肩打撲負傷)については14日(月)、家族については、15日(火)までを要した。

発災当日の16時00分に招集した 第1 回目の災害対策本部会議において、観測結果に基づく地震の概要把握、職員並びに家族の安否確認の状況報告並びに、被災地への専門家の派遣などを決定した。同日、河川班・橋梁班、道路防災班の3 班6 名を現地に派遣した。

週明けの3 月14 日には、8時45分 と16時00分 の2 回開催し、週末の派遣等により明らかとなった現地の被災状況についての情報共有を行うと共に、被災地への専門家として職員を派遣する際の本部への連絡や、緊急車両通行許可証の手配など、今後想定さえた多数のTEC-FORCE 派遣等を遠隔に実施するためのロジの確認等を行った。また一部の事業での災害復旧支援体制等についても議論を行った。

3 月15 日からは、本部会議の開催を毎朝9時30分からの定時に固定し、18 日まで毎日開催した。3回の開催を経て、その後は4 月25 日にその後の各班の活動状況報告、関係機関、学会等の動きの確認を行うと共に、連休中の連絡体制なども確認し、その後は定期的な所内の会議における情報共有を中心に行い、特段の必要がある場合のみ本部会議を開催することとした。

表-2.4.2 国総研災害対策本部会議の開催状況

No.	日	曜日	時刻	主な報告事項	出席者
1	3/11	金	16:00	・地震の概要 ・安否確認状況 ・被災地への専門家派遣	本部長他 記録なし
2	3/14	月	8:45	・被災地へ職員を派遣する際の本部への連絡について ・高速道路を利用する際の緊急通行証の取得 ・研究機関の対応状況(国総研、土研、建研) ・TEC-FORCE 等現地派遣、調査報告(下水、橋梁、建築、砂防、道路防災他) ・構内実験棟の被害状況	本部長 副本部長（2 名） 本部班（13 名） 技術班（14 名）
3	3/14	月	17:00	・TEC-FORCE 等現地派遣、調査報告（下水道　他） ・国交省における下水道災害復旧支援体制について ・構内施設の被害状況	本部長 副本部長 本部班（11 名） 技術班（10 名）
4	3/15	火	9:30	・TEC-FORCE 等現地派遣、調査報告（下水道、河川、道路、建築、砂防、港湾、空港　他） ・構内施設の被害状況 ・災害関係に係る当面の予算上の対応	本部長 副本部長 本部班（14 名） 技術班（9 名）
5	3/16	水	9:30	・TEC-FORCE 等現地派遣、調査報告（下水道、河川、道路、港湾　他） ・構内施設の被害状況 ・構内ライフライン復旧状況 ・国交省各機関の安否確認状況	本部長 副本部長 本部班（10 名） 技術班（8 名）
6	3/17	木	9:30	・TEC-FORCE 等現地派遣、調査報告（下水道、道路、建築、港湾　他） ・構内ライフライン復旧状況 ・交通機関等復旧状況	本部長 副本部長（2 名） 本部班（15 名） 技術班（9 名）
7	3/18	金	9:30	・TEC-FORCE 等現地派遣、調査報告（下水道、河川、道路、建築、港湾、砂防　他） ・構内ライフライン復旧状況 ・交通機関等復旧状況、その他報告事項	本部長 副本部長（2 名） 本部班（13 名） 技術班（8 名）
8	3/23	水	9:30	・TEC-FORCE 等現地派遣、調査報告（下水道、河川、道路　他）	本部長、副本部長 本部班（14 名） 技術班（9 名）
9	3/25	金	9:30	・TEC-FORCE 等現地派遣、調査報告（下水道、河川、建築、砂防　他）	本部長 副本部長（2 名） 本部班（6 名） 技術班（7 名）
10	3/30	水	9:30	・TEC-FORCE 等現地派遣、調査報告（下水道、河川、道路、建築、港湾、砂防　他）	本部長 副本部長（2 名） 本部班（13 名） 技術班（10 名）
11	4/25	火	16:45	・TEC-FORCE 等現地派遣、調査報告（下水道、河川、建築　他） ・関係機関、学会等の動き ・震災ホームページの開設	本部長 副本部長（2 名）、 本部班（14 名） 技術班（11 名）

(3) これまで実施した調査結果の公表

国総研が(独)建築研究所と連携し実施した、前述の現地調査の結果については、平成23年5 月に「平成23 年(2011 年)東北地方太平洋地震調査研究(速報)、国総研資料第636 号」として取りまとめた。また、平成24年3月に「平成23 年(2011 年)東北地方太平洋地震被害調査報告、国総研資料第674 号」として最終報告書を取りまとめた。(独)土木研究所と連携し、北海道、東北、関東の太平洋岸を中心に実施した、海岸施設、下水道施設、河川施設、ダム施設、道路施設等の現地調査の結果については、7 月に「平成23 年(2011 年)東北地方太平洋沖地震土木施設災害調査速報、国総研資料第646 号」として取りまとめた。

各種資料の公表と併せて、平成23年4月26日には、東京一橋記念講堂において、「『東日本大震災』調査報告会」を(独)土木研究所、(独)建築研究所と共に開催し、下水道、河川、海岸、道路、建築物、港湾、空港施設を対象に、地震動・津波の特徴、各施設の被災状況等について報告を実施した(**表-2.4.3** 参照)。

そして、同6月10日には、(独)建築研究所等と共に、東北地方太平洋沖地震(東日本大震災)調査発表会を開催し、木造、RC造、鉄骨造建築物の地震動被害、津波被害を中心とする調査結果の報告を実施した(**表-2.4.4** 参照)。

更に、平成24 年3 月13 日(東京ニッショーホール)、21 日(大阪エル・おおさか)には、「国総研・土研 東日本大震災 報告会 ～震災から一年を経て、見えてきたこと～」と題し、報告会を実施した。そこでは、人命救助・復旧活動等に不可欠な道路や港湾等の供用性評価や応急復旧の技術指導、大震災の教訓を踏まえた超過外力や複合型自然災害に対する新たな防災対策を含んだ技術基準の改定等の研究など、これまでの取り組みや今後の展望について広く報告した(**表-2.4.5** 参照)。

表-2.4.3 東日本大震災調査報告会プログラム

(平成23年4月26日、学術総合センター一橋記念講堂)

主催：国土技術政策総合研究所、(独)土木研究所、(独)建築研究所

プログラム	担当研究部等	発表者等
開会の挨拶		西川和廣(国総研　所長)
【地震動】 観測された地震動の特性について	国総研　危機管理技術研究センター 建築研究所　国際地震工学センター	片岡　正次郎 (国総研　危機管理技術研究センター)
【津波】 観測された津波の特性について	国総研　沿岸海洋研究部 建築研究所　国際地震工学センター	熊谷　兼太郎 (国総研　沿岸防災研究室)
【港湾】 港湾における地震・津波による被害状況と復旧支援について	国総研　港湾研究部	長尾　毅 (国総研　港湾施設研究室)
【海岸】 津波による海岸構造物と背後地被害の特性について	国総研　河川研究部	諏訪　義雄 (国総研　海岸研究室)
【河川】 河川堤防等の地震動・津波による被災状況について	国総研　河川研究部 土木研究所　地質・地盤研究グループ	服部　敦 (国総研　河川研究室)
【下水道】 下水道における津波・液状化被害状況と応急復旧支援について	国総研　下水道研究部 土木研究所　材料資源研究グループ	横田　敏宏 (国総研　下水道研究室)
【道路（橋梁）】 道路橋の被災状況とその特徴について	国総研　道路研究部 土木研究所　構造物メンテナンス研究センター	星隈　順一 (土木研究所　構造物メンテナンス研究センター)
【ダム】 ダムの臨時点検結果の概要と主要被害状況について	国総研　河川研究部 土木研究所　水工研究グループ	山口　嘉一 (土木研究所　水工構造物チーム)
【土砂災害】 土砂災害の発生状況と砂防関連施設の状況について	国総研　危機管理技術研究センター 土木研究所　土砂管理研究グループ	小山内　信智 (国総研　砂防研究室)
【建築物（地震動）】 建築物の地震動被害の概要について	国総研　建築研究部 建築研究所　構造研究グループ	槌本　敬大 (国総研　評価システム研究室)
【建築物（津波）】 建築物の津波被害の概要について	国総研　建築研究部 建築研究所　構造研究グループ	奥田　泰雄 (建築研究所　構造研究グループ)
【空港】 仙台空港の基本施設の調査概要について	国総研　空港研究部	水上　純一 (国総研　空港施設研究室)
閉会の挨拶		魚本　健人(土木研究所　理事長)

表-2.4.4 東北地方太平洋沖地震（東日本大震災）調査発表会プログラム

（平成23年6月10日、すまい・るホール）

主催：国土技術政策総合研究所、(独)建築研究所

共催：(独)住宅金融支援機構

プログラム	発表者等
開会の挨拶	建築研究所 理事　伊藤 弘
国土交通省の活動	住宅局 企画専門官　高見 真二
住宅金融支援機構の活動	住宅金融支援機構 ＣＳ推進部 技術情報グループ長　河田 崇
地震と津波の特徴	建築研究所　国際地震工学センター 主任研究員　藤井 雄士郎
地震動の特徴	建築研究所　国際地震工学センター 主任研究員　鹿嶋 俊英
地震動被害の特徴（木造）	国総研　総合技術政策研究センター 評価システム研究室長　槌本 敬大
地震動被害の特徴（ＲＣ造）	建築研究所　構造研究グループ 上席研究員　福山 洋
地震動被害の特徴（鉄骨造）	建築研究所　構造研究グループ 主任研究員　長谷川 隆
地震動被害の特徴（宅地・地盤）	国総研　建築研究部 主任研究官　新井 洋
地震動被害の特徴（非構造）	建築研究所　建築生産グループ 主任研究員　脇山 善夫
津波被害の特徴（木造）	建築研究所　構造研究グループ 研究員　荒木 康弘
津波被害の特徴（ＲＣ造）	建築研究所　構造研究グループ 主任研究員　加藤 博人
津波被害の特徴（鉄骨造）	建築研究所　国際地震工学センター 主任研究員　石原 直
火災被害の特徴	国総研　総合技術政策研究センター 主任研究官　岩見 達也
閉会の挨拶	国総研 副所長　水流 潤太郎

表-2.4.5 国総研・土研　東日本大震災　報告会　～震災から一年を経て、見えてきたこと～プログラム

（平成 24 年 3 月 13 日　日本消防会館(ニッショーホール））

（平成 24 年 3 月 21 日　エル・おおさか(大阪府立労働会館））

主催：国土技術政策総合研究所、（独）土木研究所

プログラム	担当研究部等	発表者等
開会の挨拶		西川和廣(国総研　所長)
【地震動／液状化】　M９地震を踏まえた設計地震動と液状化判定法	国総研　危機管理技術研究センター 土木研究所　地質・地盤研究グループ	片岡　正次郎 (国総研　危機管理技術研究センター)
【港湾】　港湾の被災による物流等への影響と地震・津波対策	国総研　沿岸海洋研究部 国総研　港湾研究部	浦辺　信一 （国総研　副所長）
【海岸／津波防災】　海岸堤防の設計手法と津波防災地域づくりを支える技術について	国総研　河川研究部	諏訪　義雄、加藤　史訓 （国総研　海岸研究室）
【河川】　河川堤防の津波遡上流れ・越流による浸食実態	国総研　河川研究部	服部　敦 （国総研　河川研究室）
【河川】　河川堤防液状化対策の効果検証と課題	土木研究所　地質・地盤研究グループ	佐々木　哲也 （土木研究所　土質・振動チーム）
【下水道】　下水道管路施設における耐震化技術の有効性	国総研　下水道研究部	深谷　渉 （国総研　下水道研究室）
【下水道】　下水処理場の段階的機能回復と放射性物質対策	国総研　下水道研究部 土研　材料資源研究グループ	小越　真佐司 （国総研　下水処理研究室） 諏訪　守 （土木研究所　リサイクルチーム）
【道路】　地震時の交通機能確保に配慮した道路構造物の技術基準	国総研　道路研究部 土木研究所　構造物メンテナンス研究センター 土木研究所　地質・材料地盤研究グループ	玉越　隆史 （国総研　道路構造物管理研究室） 星隈　順一（土木研究所　構造物メンテナンスセンター） 小橋　秀俊 （土木研究所　施工技術チーム）
【道路】　プローブデータから見えた道路ネットワークの課題	国総研　道路研究部	塚田　幸広、上坂　克巳 （国総研　道路研究部/道路研究室）
【砂防】　地震による地すべり発生箇所予測と衛星による広域崩壊地調査	国総研　危機管理技術研究センター 土研　土砂管理研究グループ	水野正樹 （国総研　砂防研究室） 武士　俊也 （土木研究所　地すべりチーム）
【建築住宅】　津波避難ビル及びその他の技術基準について	国総研　建築研究部	深井敦夫 （国総研　基準認証システム研究室）
【建築住宅】　地域性やコミュニティに配慮した住宅再建への技術的支援	国総研　住宅研究部	森　正志 （国総研　住宅計画研究室）
【今後の研究展開】　超過外力と複合災害に対する危機管理	国総研　危機管理技術研究センター 国総研　河川研究部	運上　茂樹 （国総研　危機管理技術研究センター）
閉会の挨拶		魚本　健人(土木研究所　理事長)

(4) 各分野の研究の連携の取り組み（東日本大震災復旧・復興研究会ほか）

各分野の研究の連携の取り組みとして、国総研内に「国総研 地震・津波対策に関する勉強会～従来の想定に囚われない地震・津波対策の検討～」を発足させ、平成23年4月14 日に第1 回の勉強会を開催した(**表-2.4.6** 参照)。

表-2.4.6 地震・津波対策に関する勉強会の開催状況

回数	日時	テーマ等	主な内容
第1回	4月14日(木) 14:00～	各種構造物の被害状況及び災害対応の考え方について情報共有	・地震動、津波、下水道、河川、土砂災害、道路、建築、海岸、港湾、空港、その他から状況紹介
第2回	4月18日(月) 15:00～	課題に対する意見交換(ﾌﾞﾚｰﾝｽﾄｰﾐﾝｸﾞ) テーマ：津波(地震)対策（1）	・残り空港、ダムから状況紹介 ・今後の防災対策で考慮すべき津波の影響
第3回	4月20日(水) 14:00～	テーマ：津波(地震)対策（2） テーマ：複合・広域災害対応、液状化対策	・複合・広域災害への対応 ・地域全体での液状化対策 ・まちづくり、広域災害分野からの情報提供
第4回	4月27日(水) 14:00～	テーマ：復旧復興に向けた課題(地震津波に強いまちづくり・国づくり(ハード・ソフト対策))	・津波総合防災対策の紹介 ・国総研が取り組むべき課題(短期的、長期的な課題)
第5回	5 月 10 日、(火) 14:00～	とりまとめ	・主要な施設・構造物の被害概要と対応状況(総括) ・バンダアチェ津波被災地における住宅再建支援

この勉強会は、今回の地震では何が起きたのか、並びに現時点での各分野の災害対応の考え方について情報共有することを目的とするもので、幅広い意見を聴取するため参加希望者が全員参加する形式により行った。初回に各種構造物の被害状況及び災害対応の考え方について情報交換を行った上、第2 回目からは、個人も含め自由に意見交換を希望する内容を募集し、事務局にて開催日等を調整し、希望者全員が第2 回から第5 回までに意見発表を行った。勉強会の参加者は、幹部ほか、各研究部・センターからの希望者、73 名に及んだ。

議論は、社会的にも大きな議論を呼んだ「想定外」という言葉が、どのようなことを指しているのかの確認から始まった。勉強会において、議論した主な項目は次のとおり。

① 従来の被害と相違する特徴的、教訓的な事項
② 従来講じられた対策のうち、有効であった点、有効ではなかった点、新たな発見
③ 極限事象を含む多段階の災害事象への対応：地域特性、何をどこまで守らなければならないか
④ 被災した地域の再興、各構造物の復旧などの考え方
⑤ 現場における非常時の情報共有の実態
⑥ 効果的に実施された災害対応、困難を極めたこと
⑦ 危険地域への対応
⑧ 液状化によるライフラインの機能不全、住民生活・地域産業の事業継続への影響
⑨ 機能不全の軽減と早期復旧を図るためのハード・ソフト対策
⑩ 各構造物分野での被害概要、検討委員会等の設置
⑪ 各構造物分野での緊急措置、応急復旧、本復旧、復興計画の状況
⑫ 施設等の現行基準と見直しの方向（特に津波レベルと目標性能）

これらと併せて、国総研が貢献すべき課題、研究目標等についても整理を行い、それぞれの分野における、復旧・復興に向けた調査、研究の参考とした。

また、これら勉強会での議論・各種提案等も踏まえて、5 月13 日各研究部・センターから、「東日本大震災で明らかとなった課題及び課題に対する提案」を出し合った上で、意見交換を実施した。加えて、共通するロジ、バックアップ体制(TEC-FORCE など含む)などについても、課題の整理及び課題解決のための提案を行った（**表-2.4.7**、**表-2.4.8** 参照）。

表-2.4.7 東日本大震災で明らかとなった課題及び課題に対する提案
（共通する、ロジ、バックアップ体制に関する課題）

No.	分類	課題及び課題への提案
1	ＴＥＣ－ＦＯＲＣＥ制度について	出動待機となる時間を最小化し、速やかに派遣できるようにすべき
2		大規模な災害が広域で発生した場合には、限られた派遣要員を大局的観点から派遣計画・調整を行う体制が必要
3	専門家派遣の円滑化	防災用の官携帯電話、官用車の数が限られており、専門家派遣に支障。衛星電話の導入も必要
4		必要な人員とともに、食料、衣料や各種装備品を掲載出来る仕様の官用車（マイクロバス等）が必要
5		派遣された専門家が出先で情報過疎になることを防ぐため、国総研の情報支援体制を強化
6		被災地での活動を円滑に行うため、全国の最新の管内図等を常備
7		緊急車両に予め指定し、緊急輸送道路の通行証を保持すべき
8		防災ＬＡＮの情報通信量の要となるサーバ、回線を増強し、テレビ会議による被災地への技術指導や災害対策本部の状況把握、更には、ＣＣＴＶ等による被災地の状況把握を実現すべき
9		復旧・復興を速やかに行うために必要な業務等の発注を緊急随契により実施
10	専門家派遣のための陣容・体制について	災害時の技術指導が行える専門家の育成と継続的な確保のための人事上の取り組みが必要
11		大規模災害の発生時に、道路・河川等の各分野できわめて多数の施設を対象とした専門家派遣による技術支援の要請に応える組織・人員の拡充を関係機関とともに進めるべき
12		被災地の地整等が必要とする技術支援内容を本省等で情報収集し、国総研に伝達する仕組み（リエゾンの派遣等）
13	業務継続のための庁舎整備	災害時に各種ライフライン機能が喪失した場合にも対応可能な非常用電源装置等整備
14		非常用の水源となる井戸の設置

※）平成２３年５月１３日時点で整理したもの

表-2.4.8 東日本大震災を踏まえて取り組むべき研究課題

No.	分　類		課　題
1	被害想定・被害影響度の評価		津波や地盤沈下による浸水被害想定とその対策に関する調査研究
2			土砂災害危険箇所の再点検及び判定式の見直し
3			震災による道路ネットワーク被害と経済影響分析
4	災害に強い国土・地域計画、土地利用	計画	地震時の被害リスクレベルに応じた都市沿岸域の防災構造化方策の研究
5			迅速な復興を実現するための事前対策、復旧・復興計画のあり方
6			災害対応マネジメントのあり方
7			道路ネットワークの分断が及ぼすサービス水準の評価と効率的な機能向上策の検討
8		計画作りに必須のデータ取得	動線データを用いた防災計画の立案支援
9	技術基準等の見直し		道路構造物被害状況調査
10			巨大地震に対する道路橋の耐震設計法の検討
11			津波の影響を受ける橋の要求性能調査
12			津波避難ビルの要件の技術的再検討
13			天井落下防止ガイドラインの再検討
14			超高層建築物等に対する長周期地震動への対応
15	災害による環境汚染・エネルギーへの影響対応	環境汚染	下水処理施設の放射能対応
16			災害復旧時における環境基準の緊急除外・緩和措置に関する検討
17			未処理下水溢水リスクを最小化する流下・処理機能回復方策に関する調査研究
18			下水処理施設の震災対応
19		エネルギー不足	道路ネットワークにおける省エネルギー化及びエネルギー供給に関する検討
20	迅速な復旧を支える現場体制、労働力の確保		大災害時の緊急復旧工事における積算体系、工事を請け負う地元業者の健全性確保
21	復旧・復興に向けた合意形成・リスクコミュニケーション	人口減少・少子高齢化時代	人口減少・少子高齢化時代の地域における持続可能な居住スタイルのモデル形成
22		リスクコミュニケーションほか	復興段階におけるリスクコミュニケーション検討調査
23			被災前景観の３Ｄデータの作成
24	迅速な災害情報の把握・発信	被災状況の把握	リモートセンシングを活用した土砂災害の観測体制等の開発
25			地震動と被害に関する研究
26			道路プローブを用いた通行実績区間、区間旅行時間の把握
27		災害情報の提供	災害危険地域内にいる車両への注意情報提供

※）平成２３年５月１３日時点で整理した内容（実際のその後の研究テーマ名とは一致せず）

各専門分野における外部有識者等を招いた検討委員会等が立ち上がり、技術的な検討については、そこでの議論を中心に行われた。

各専門分野での検討が進むにつれ、例えば、個別の分野での検討に委ねた場合、立案される各分野の対策で前提とする自然・外力条件などの整合が取れていない状態が発生するなど、合理的に整合の取れた対策立案・実施が難しい状況が生じることが危惧された。このような状況に陥らないため、被害状況の把握やそれを引き起こした津波等の外力の大きさなどの把握に際し、各分野で認識を一致させるとともに、復旧・復興対策の立案に際して、情報を共有することが重要と考えた。そこで、各検討委員会等で議論された内容について情報を共有する等を目的として、つくば地区においては、研究総務官を座長とする「東日本大震災復旧・復興研究会（「東日本大震災情報共有連絡会議」として発足、改称）」を平成23年7 月11 日に発足した。以降、これまでにおよそ月1回の間隔で14 回の会議を開催した。開催経緯及びそれぞれの会で情報共有及び議論を行った主な内容を、**表-2.4.9** に示す。

表-2.4.9 東日本大震災復旧・復興研究会での検討内容

回数	開催日	主な確認内容	委員会等における主な活動報告
第1回	平成23年 7月11日	・各分野からの報告、政府の動き ・「設計津波の水位の設定方法等」 ・津波浸水シミュレーションの手引き	「下水道における放射性物質対策に関する検討会」
第2回	8月2日	・各分野からの報告、政府の動き ・下水道施設、河川堤防等における液状化被害と対策工法等	「下水道地震・津波対策技術検討委員会」
第3回	8月26日	・各分野からの報告、政府の動き ・河川管理における津波外力の扱い、堤防の構造 ・各分野での想定津波及び要求される耐津波性能の得失・差異 ・液状化判定法FL法の有用性	「河川への遡上津波対策に関する緊急提言」 「液状化対策技術検討会議」
第4回	9月29日	・各分野からの報告、政府の動き ・津浪避難ビルの設計の考え方	「河川堤防耐震対策緊急検討委員会」 「建築構造基準委員会」
第5回	10月19日	・各分野からの報告、政府の動き ・津浪避難ビルの設計における波力(流速) の決定方法、低減規定(高さ2.0,1.5倍) 適用	「建築構造基準委員会」 「橋梁委員会(日本道路協会) 」
第6回	11月9日	・各分野からの報告、政府の動き ・『津波防災地域づくりに関する法律』に含まれる技術基準等の内容、考え方 ・土工指針等道路に関する技術基準の見直し、対策など	「津波防災地域づくりに係る技術検討会」 「河川堤防耐震対策緊急検討委員会」 「土工委員会(日本道路協会) 」
第7回	12月7日	・各分野からの報告、政府の動き ・海岸堤防、設計津波の設定方法及び天端高、粘り強く効果を発揮する海岸堤防の構造	「海岸における津波対策検討委員会」 「河川・海岸構造物の復旧における景観検討会」
第8回	平成24年 1月24日	・各分野からの報告、政府の動き ・基準津波の設定方法、開発行為、津浪防御施設の技術基準案の考え方 ・警戒区域、特別警戒区域と認められる建築物等の考え方 ・がれきの公園等社会資本整備への利用	「鋼構造委員会／東日本大震災鋼構造物調査特別委員会(土木学会) 」 「東日本大震災からの復興に係る公園緑地整備検討委員会」
第9回	3月8日	・「震災報告会」報告内容について	
第10回	3月27日	・各分野からの報告、政府の動き ・海岸堤防の粘り強い構造に関する検討、海岸堤防実験 ・災害公営住宅に係る調査 ・柱状ドレーンによる液状化対策効果実物振動台実験	「宅地液状化対策の推進に関する研究会」、 「東日本大震災による液状化被災市街地の復興対策検討会」
第11回	5月9日	・各分野からの報告、政府の動き ・技術速報「粘り強く効果を発揮する海岸堤防の構造検討」 ・津波浸水想定に係る地方ブロック別意見交換会 ・下水道の耐震、耐津波性能、復旧状況 ・東日本大震災からの復興に係る公園緑地整備に関する技術的指針の公表	「災害対応マネジメント特定テーマ委員会(土木学会) 」
第12回	6月1日	・各分野からの報告、政府の動き ・宅地、道路等における液状化対策の検討、柱状ドレーンによる液状化対策効果の計測ほか	「南海トラフ巨大地震対策検討WG」
第13回	7月13日	・各分野からの報告、政府の動き ・国総研報告の取りまとめについてほか	
第14回	10月4日	・各分野からの報告、政府の動き ・国総研報告各部門の素案調整ほか	

以下、ここでの議論で明らかにされた主な内容を記す。

① 「発生頻度が高い津波」と「最大クラスの津波」の設定

ほぼ全ての分野で、想定する津波を2 段階に分け、「発生頻度が高い津波」に対しては、被害を生じないこと、「最大クラスの津波」に対しては、人命を守ることを優先し、粘り強い構造体とする考え方がとられた。その大きさは、表現方法等異なる部分はあるものの「中央防災会議東北地方太平洋沖地震を教訓とした地震・津波対策に関する専門調査会中間とりまとめ」で示された考え方に従っている(**図-2.4.1** 参照)。

② 津波に対する各分野での考え方の相違

下水道施設などでは、「発生頻度が高い津波」に対しては、一部放流部等、直接津波被害にさらされる危険性がある部分を除いて、基本的には、海岸堤防などの別の防災施設が防ぐことを前提とし、自らの施設で全ての外力に耐える構造は求めない。「最大クラスの津波」に対しては、機能保持等どの部分を優先すべきか、復旧等しやすくするためにどこを守らなければならないかを絞り込むことを中心に検討されていた。一方、海岸堤防、防波堤、河川堤防等の防災系の施設では、『発生頻度が高い津波』に自らの施設だけで耐えることが求められ、施設に求める機能についての考え方がまったく異なることが明らかとなった。その結果、想定する外力の条件も大きく異なることなど、お互いの設計思想等について、相互の理解が深まり、各々の分野で外力設定の際留意すべき点などが明らかとなった。

③ 各沿岸地域での見直された設計津波の大きさと設計への反映

被災した沿岸地域における被災状況とその位置での実際の津波の大きさ及び作用する外力の大きさの推定について、それぞれの分野での情報を持ち寄ることにより、分析が推進できた。また緊密な連携により、津浪避難ビルとして建築物に求める設計外力の考え方の見直し等を、円滑に行うことができた。

第9 回の研究会では、24 年3 月13 日及び21 日に開催した「国総研・土研東日本大震災報告会」において報告する内容について事前に質疑等を行い、ブラッシュアップした。

第13 回の研究会においては、各分野における研究に関連する最新の活動状況の報告と共に、関連の研究活動の実施状況について、報告した。これらを、今後の類似の災害発生時等の参考とするべく、研究報告としてとりまとめることとし、その内容について意見交換を実施した。

研究会の場では、国総研内に設置した建築構造基準委員会（委員長久保哲夫東京大学大学院教授、水流副所長、西山建築研究部長ほか、『津浪避難ビルの構造上の要件に係る暫定指針、平成23年11月17日通知』原案取りまとめ他）に加え、**表-2.4.10**に示す、職員が参加した外部の委員会、その他の復興等に関する政府全体での動きについても、定期的に審議内容等の確認を行った。

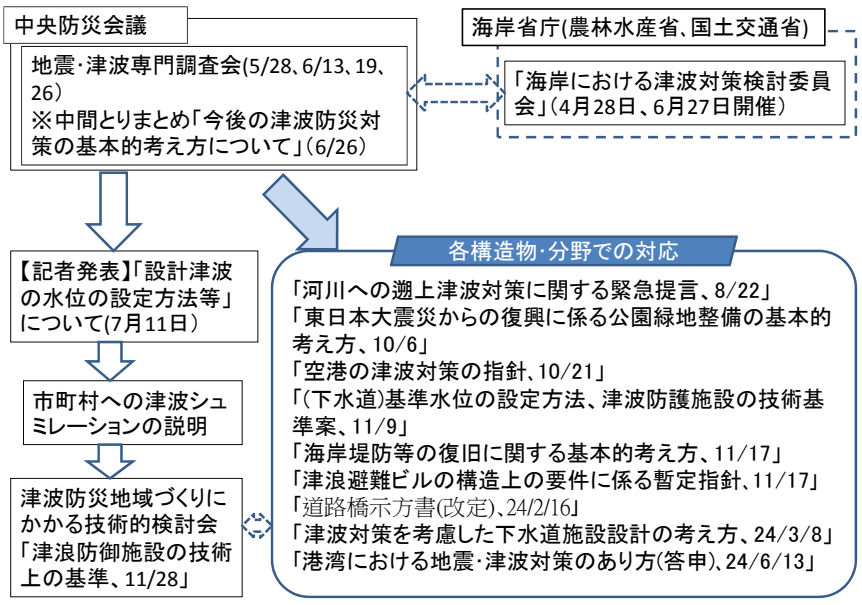


図-2.4.1 レベルⅠ、Ⅱの新しい津波想定の検討、各分野への反映（概略図）

表-2.4.10(1) 国総研メンバーが参加した外部の委員会、提言等

委員会等名称	設置者	国総研のかかわり	主な目的または提言等	開催経緯
国土交通省等				
液状化対策技術検討会儀	大臣官房技術調査課、総政局技術政策課	運上地震災害研究室、横田下水道研究室長	「液状化対策技術検討会議」の検討成果(平成23年8月31日)	平成23年 5/11, 7/12, 8/19
河川津波対策委員会	水管理・国土保全局 座長福岡捷二中央大学研究開発機構教授	(事務局)	河川への遡上津波対策に関する緊急提言(平成23年8月22日)	平成23年 7/7, 7/28, 8/5
河川堤防耐震対策緊急検討委員会	(財)国土技術研究センター 委員長東畑郁生東京大学大学院教授	藤田河川研究部長、服部河川研究室長	河川堤防の耐震対策に向けて(中間とりまとめ、平成23年8月12日) 東日本大震災を踏まえた今後の河川堤防の耐震対策報告書(平成23年9月27日)	平成23年 5/11, 6/21, 8/12, 9/27
東北地方太平洋沖地震を踏まえた河口堰・水門等技術検討委員会	水管理・国土保全局 委員長山田正中央大学教授	藤田河川研究部長、服部河川研究室長、(土研)田村耐震総括研究監、佐々木上席研究員	技術検討委員会最終報告とりまとめ(平成23年9月14日)	平成23年 4/26, 5/27, 6/22, 8/8, 9/14
海岸における津波対策検討委員会	海岸省庁 座長磯部雅彦東京大学大学院教授	諏訪海岸研究室長	平成23年東北地方太平洋沖地震及び津波により被災した海岸堤防等の復旧に関する基本的な考え方	平成23年 4/28, 6/17, 11/15
津波防災地域づくりに係る技術検討会	水管理・国土保全局・都市局・国総研河川研究部 座長福岡捷二中央大学研究開発機構教授	事務局:諏訪海岸研究室長	津波防災地域づくりに係る技術検討報告書(平成24年1月27日) ・基準水位の設定法 ・特定開発行為の技術的基準 ・津波防護施設の技術上の基準	平成23年 11/8, 11/28, 12/9 平成24年 1/11
河川・海岸構造物の復旧における景観検討会	水管理・国土保全局	諏訪海岸研究室長 天野河川環境研究室長	河川・海岸構造物の復旧における景観配慮の手引き(平成23年11月11日)	平成23年 9/1, 9/21, 10/14, 11/11
下水道地震・津波対策技術検討委員会	下水道部 委員長濱田政則早稲田大学教授	堀江下水道研究部長	緊急提言(平成23年4月12日)、第2次提言(同5月24日)、第3次提言(同8月15日)、第4次提言(平成24年3月8日)、委員会報告書	平成23年 4/12, 5/22-24, 7/19, 10/17, 12/15 平成24年 2/24, 3/22
下水道における放射性物質対策に関する検討会	下水道部、日本下水道協会 座長楠田哲也北九州市立大学教授	堀江下水道研究部長(特別委員)、下水処理研究室(事務局)、(土研)鈴木材料資源研究ループ長(委員)	下水道における放射性物質対策に関する検討会中間とりまとめ(平成23年11月25日)	平成23年 6/17, 7/25, 8/29, 10/4, 11/16 平成24年 5/28

橋梁委員会(常設)	(社)日本道路協会	西川所長、運上地震災害研究官、玉越道路構造物管理研究室長	道路橋示方書(改定)、(平成 24 年 2 月 16 日(平成 24 年 4 月 1 日施行))	平成 23 年 5/12, 7/27, 10/13, 12/14 平成 24 年 2/8
土工委員会(常設)	(社)日本道路協会	運上地震災害研究官、玉越道路構造物管理研究室長	道路土工－軟弱地盤対策工指針、擁壁工指針、平成 24 年度版発刊	平成 23 年 10/27, 11/11, 12/14 平成 24 年 1/19
地域型復興住宅連絡会議	岩手県、宮城県、福島県(、住宅局)	水谷建築災害対策官、森住宅計画研究室長、長谷川住環境計画研究室長、布田住宅政策研究室長他	地域型復興住宅設計と生産システムガイドライン(平成 24 年 2 月～、各県毎)	平成 23 年 9/8, 10/4, 12/14
応急仮設住宅検証のための都道府県WG	住宅局		応急仮設住宅建設必携中間とりまとめ(平成 24 年 5 月 21 日)	平成 23 年 11/28, 平成 24 年 3/26
災害公営住宅調査合同連絡会議	住宅局		災害公営住宅調査報告会(平成 24 年 3 月)、災害公営住宅整備事業等対象要綱(平成 24 年 3 月 31 日施行)	平成 23 年 12/9, 14-16 平成 24 年 1/24-30, 2/10, 2/6-14, 3/7-22
宅地液状化対策の推進に関する研究会	都市局 座長：東畑郁生東京大学教授	明石都市計画研究室長、大橋同主任研究官、新井構造基準研究室主任研究官、井上基準認証システム研究室主任研究官	宅地の液状化被害の発生を抑制するための技術基準に関する検討	平成 23 年 9/27, 11/9 平成 24 年 1/30, 2/27, 7/9, 9/11, 10/22
東日本大震災による液状化被災市街地の復興対策検討会	都市局 座長：安田進東京電機大学教授		東日本大震災による液状化被災市街地の復興に向けた検討・調査について(ガイダンス(案)、(平成 24 年 4 月、都市局・国土技術政策総合研究所)	平成 23 年 9/27, 11/9 平成 24 年 1/30, 2/27, 3/27, 7/23, 10/30
津波被災市街地の復興手法検討調査	都市局	(各分野の調査へ、委員等として協力)	東日本大震災からの津波被災市街地復興手法検討調査（とりまとめ平成 24 年 4 月 24 日)	
東日本大震災からの復興に係る公園緑地整備検討委員会	都市局	松江緑化生態研究室長	東日本大震災からの復興に係る公園緑地整備の基本的考え方（中間報告）(平成 23 年 10 月 6 日)、東日本大震災からの復興に係る公園緑地整備に関する技術的指針（平成 24 年 3 月 27 日公表)	平成 23 年 8/11, 9/15, 11/16 平成 24 年 2/21
空港の津波シミュレーションに関する協議会	航空局	水上 空港施設研究室長	空港が津波被害を受けた後に、空港機能を早期に復旧する計画を策定するための基礎資料となる、津波浸水範囲等の検討	平成 24 年 2/10, 3/22, 8/10, 9/24

港湾における防波堤・防潮堤の津波設計ガイドラインに関する検討会	港湾局，国総研 委員長 磯部雅彦 東京大学大学院教授	浦辺副所長、鈴木沿岸海洋・防災研究部長（戀塚沿岸海洋研究部長）、長尾港湾研究部長（兼港湾施設研究室長）、根木沿岸防災研究室長	津波設計のガイドラインの検討	平成 23 年 12/12 平成 24 年 1/31，3/9

表-2.4.10(2) 国総研メンバーが参加した外部の委員会、提言等

委員会等名称	設置者	国総研のかかわり	主な目的または提言等	開催経緯
被災地の復旧・復興対応・地震対策対応等				
北上川等堤防復旧技術検討会	東北地方整備局	服部河川研究室長	堤防の被災メカニズム・復旧工法の検討、津波に対する河川堤防構造の検証、被災堤防の点検・洪水予報基準等の検討（平成 23 年 5 月 30 日中間報告書(案)、平成 23 年 12 月報告書)	平成 23 年 4/14, 5/6, 5/30, 7/29, 10/7, 11/16
宮城県沿岸域河口部・海岸施設復旧における環境等検討委員会	東北地方整備局	諏訪海岸研究室長	宮城県沿岸域河口部・海岸施設復旧における環境等への配慮の手引き（3 月）	平成 23 年 11/25 平成 24 年 2/9, 3/7
大船渡港湾口防波堤復旧に係る水質保全対策検討会	東北地方整備局仙台港湾空港技術調査事務所	岡田沿岸海洋研究室長	大船渡港における湾口防波堤の復旧と湾内環境への影響の検討	平成 24 年 2/13～3/16
河川堤防復旧技術検討会	関東地方整備局	服部河川研究室長	堤防等河川管理施設の被災状況の検証、被災状況に応じた復旧工法及び出水期に向けた河川管理及び効果的な水防のあり方等の検討（平成 23 年 9 月 14 日河川堤防における地震対策の検討とりまとめ)	平成 23 年 4/27, 6/1, 9/14
河川堤防復旧技術等検討フォローアップ委員会	関東地方整備局	服部河川研究室長	統合物理探査による復旧後の堤防の評価、水位観測所の基準水位の検討	平成 24 年 5/24, 7/5
直轄高知海岸地震対策検討委員会	四国地方整備局	諏訪海岸研究室長	直轄区間の海岸堤防の耐震対策について検討	平成 23 年 12/9
東京都建築物液状化対策検討委員会	東京都都市局	水流副所長	木造住宅などの建築物を対象とした液状化対策を検討（平成 24 年 5 月 21 日中間のまとめ)	平成 23 年 7/27,10/18,12/20 平成 24 年 2/10,4/20,7/30
岩手県津波防災技術専門委員会	岩手県	諏訪海岸研究室長	復興ビジョン等について提言を行うに際し、津波防災型の都市・地域づくりに関して、先行的に基礎的考え方を提示	平成 23 年 4/22, 5/8, 5/23, 7/4, 8/9, 9/5, 10/15 平成 24 年 1/23, 10/26

岩手県河川・海岸構造物の復旧等における環境・景観検討委員会	岩手県	諏訪海岸研究室長	岩手県河川・海岸構造物の復旧等における環境・景観配慮に向けた基本的な考え方（案）中間とりまとめ（平成24年3月27日）	平成23年 11/17，12/19， 平成24年 1/27，2/23，9/14
茨城沿岸津波対策検討委員会	茨城県	諏訪海岸研究室長	・設計津波の水位と目指すべき堤防高（平成24年8月24日） ・津波浸水想定（平成24年8月24日）	平成23年 12/26 平成24年 2/15，3/30，8/24
津波浸水・地震動被害プロジェクトチーム	徳島県	諏訪海岸研究室長	・津波浸水想定（平成24年10月31日） ・設計津波の水位の検討	平成23年 12/17 平成24年 4/8，9/2，10/29
津波避難施設（道路上）設計技術検討委員会	静岡県	水谷道路構造物管理システム研究官	津波避難タワーの設置計画の検討（平成24年9月道路上に設置する津波避難タワーの標準仕様設計基準）	平成24年 7/30,8/29,9/27
高知県下水道地震・津波対策検討委員会	高知県	森田下水道研究官	南海トラフの巨大地震に備え、下水道施設の被害想定、地震・津波対策の推進（平成24年度末に下水道地震・津波ガイドラインを策定予定）	平成24年 10/5
仙台東部道路東部高架橋災害復旧検討委員会	ネクスコ東日本	運上地震災害研究官	被災分析・推定、復旧方法の検討	平成23年 5/11，8/25，12/2
東北港湾における津波・震災対策技術検討委員会	沿岸技術研究センター	浦辺副所長、松本副所長	被災した港湾施設復旧方針の技術検討（平成23年9月防波堤及び岸壁等の復旧の技術検討方針）	平成23年 4/30,6/9,9/26
横須賀市下水処理場等の津波対策基本計画に関する検討委員会	下水道新技術推進機構（横須賀市）	横田下水道研究室長	下水処理場等の津波被害予測のための数値解析シミュレーション手法、横須賀市の下水道施設等の津波対策等の検討	平成24年 1/19,4/26,7/19
下水道施設の耐震対策指針等改定調査専門委員会	日本下水道協会	堀江下水道部長、森田下水道研究官、横田下水道研究室長、原田下水処理研究室長	下水道地震・津波対策技術検討委員会でまとめた報告を受け、現行の関係マニュアル・指針類の改訂検討	平成24年 6/26

表-2.4.10(3) 国総研メンバーが参加した外部の委員会、提言等

委員会等名称	設置者	国総研のかかわり	主な目的または提言等	開催経緯
学会等				
津波による橋梁構造物に及ぼす波力の評価に関する調査研究委員会	土木学会 委員長丸山久一長岡技術科学大学教授	玉越道路構造物管理研究室長	津波による橋梁構造物に及ぼす波力の評価に関する調査研究委員会「中間報告会」(平成 24 年 6 月 26 日)	平成 23 年 8/9, 11/4 平成 24 年 2/14, 5/18
鋼構造委員会／東日本大震災鋼構造物調査特別委員会	土木学会 委員長小川篤生西日本高速道路エンジニアリング関西（株）	玉越道路構造物管理研究室長	鋼構造物の被害状況とその分析東日本大震災鋼構造物調査特別委員会報告	平成 23 年 11/25 平成 24 年 1/27
災害対応マネジメント特定テーマ委員会	土木学会	森建設マネジメント研究官	中間報告会(平成 23 年 12/14) シンポ災害対応マネジメント力の強化－東日本大震災から学ぶこと－(平成 24 年 11 月予定)	平成 23 年 12/21,22 平成 24 年 1 月ヒアリング
浦安市液状化対策技術検討調査委員会	土木学会・浦安市	新井構造基準研究室主任研究官、横田下水道研究室長	液状化対策技術検討調査に関する市民報告会（平成 23 年 12 月 18 日）、平成 24 年 3 月浦安市液状化対策技術検討調査報告書公表	平成 23 年 7/22, 9/12, 10/17, 11/28
液状化対策実現可能性技術検討委員会	土木学会・浦安市	新井構造基準研究室主任研究官	地下水位低下工法および格子状改良工法、個別の対策工法について、液状化防止軽減効果と事業リスクの評価を行い、道路などの公共施設と宅地の一体的な市街地液状化対策事業の実現可能性を検討	平成 24 年 6/25, 8/24
性能に基づく橋梁の耐震設計法に関する研究小委員会・東日本大震災による橋梁等の被害分析 WG	土木学会、地震工学委員会	片岡地震防災研究室主任研究官	東日本大震災による橋梁等の被害分析 WG 活動報告(平成 24 年 7 月 26 日)、東日本大震災による橋梁等の被害分析 WG 報告書	平成 23 年 7/28, 9/29, 12/8 平成 24 年, 1/25, 3/16, 4/25
東北地方太平洋沖地震災害調査委員会	砂防学会	小山内砂防研究室長 岡本砂防研究室長	実態調査を元に今後の地震による土砂災害の低減に向けた調査・対策を検討	平成 23 年 12/2 平成 24 年 1/17 特別シンポジウム
東日本大震災 PC 構造物調査委員会・地震調査 WG	プレストレストコンクリート技術協会	片岡地震防災研究室主任研究官	東日本大震災ＰＣ構造物災害調査委員会報告(平成 23 年 12 月 21 日)、東日本大震災 PC 構造物災害調査報告書	（メール審議）

東日本大震災に関する特別委員会材料生産・施工小委員会	日本コンクリート工学会	棚野建築品質研究官	「東日本大震災に関する特別委員会」による中間報告（平成 24 年 7 月 5 日コンクリート年次大会 2012(広島)）	
東日本大震災に関する特別委員会構造設計小委員会	日本コンクリート工学会	福永港湾施設研究室主任研究官、壁谷澤基準認証システム研究室研究官	「東日本大震災に関する特別委員会」による中間報告（平成 24 年 7 月 5 日コンクリート年次大会 2012(広島)）	
学会提言の検証と評価に関する委員会	地盤工学会	横田下水道研究室長	「地震による地盤災害の課題と対策（東日本大震災の教訓と提言）」（平成 23 年 6 月）	平成 23 年 4/22, 5/6, 5/13, 5/31, 6/13, 6/26, 7/12, 10/12, 11/30
津波対策とその指針に関する研究委員会	日本地震工学会	奥田建築新技術研究官、金子地震防災研究室長	講演会「東日本大震災の津波被害の教訓」（平成 23 年 10 月 21 日）	平成 23 年 8/24, 12/27 平成 24 年 3/16, 8/29

2.5 その他の関連する動き

表-2.5.1及び**表-2.5.2**は、上記の政府、国土交通省及び国総研の活動の他に、政府に向けられた会議や、学会等に設置された委員会などとそこからの成果として出された復旧・復興等に係る提言などについて整理したものである。**表-2.5.2**に示す学会等におけるいくつかの活動に関しては、国総研からも参加、協力を実施している。

表-2.5.1 政府に設けられた会議及び復旧・復興等に係る提言など

名称	主な委員等	検討開始時期、回数	開催日時	提言など
平成23年東北地方太平洋沖地震緊急災害対策本部 http://www.bousai.go.jp/1info/higashinihon_taisaku/index.html		平成23年3月11日～9月11日、19回	3/11(3回)、3/12(3回)、3/13(2回) 3/14、3/15、3/16 3/17、3/21、3/31 4/11、5/6、5/20、 8/26、9/11	
中央防災会議	会長内閣総理大臣	平成13年1月26日～、31回	4/27, 10/11, 12/27, 24年 3/29、9/6	防災対策の充実･強化に向けた当面の取組方針、平成24年3/29 http://www.bousai.go.jp/chubou/30/30_siryo2.pdf
東北地方太平洋沖地震を教訓とした地震･津波対策に関する専門調査会 http://www.bousai.go.jp/jishin/chubou/higashinihon/index_higashi.html	座長河田恵昭、座長代理阿部勝征、磯部雅彦、今村文彦、岡村眞、島崎邦彦､高橋重雄(港空研) ほか	平成23年5月28日～9月28日、12回	5/28, 6/13, 6/19, 6/26, 7/10, 7/31, 8/16, 8/25, 9/10, 9/17, 9/24, 9/28	今後の津波防災対策の基本的考え方について(中間とりまとめ､平成23年6/26) http://www.bousai.go.jp/jishin/chubou/higashinihon/tyuukan.pdf
				中間とりまとめに伴う提言～今後の津波防災対策の基本的考え方について～(同6/26) http://www.bousai.go.jp/jishin/chubou/higashinihon/teigen.pdf
				東北地方太平洋沖地震を教訓とした地震･津波対策に関する専門調査会報告(同9/28) http://www.bousai.go.jp/jishin/chubou/higashinihon/houkoku.pdf
防災対策推進検討会議 http://www.bousai.go.jp/chubou/suishinkaigi/index.html		平成23年10月28日～平成24年6月28日～、13回	10/28, 11/28, 12/7, 24年 2/1, 2/16, 3/7, 4/18, 4/26, 5/17, 6/7, 6/28, 7/19, 7/31	防災対策推進検討会議中間報告､平成24年3/7 http://www.bousai.go.jp/chubou/suishinkaigi/chukan_hontai.pdf、 防災対策推進検討会議最終報告､平成24年7/31､http://www.bousai.go.jp/chubou/suishinkaigi/saishuu_hontai.pdf
同 南海トラフ巨大地震対策検討ワーキンググループ http://www.bousai.go.jp/jishin/chubou/taisaku_nankaitrough/index.html	主査河田恵昭、副主査田中淳、阿部勝征、今村文彦、福和伸夫ほか	平成24年4月20日～、8回	24年 4/20, 5/28, 6/8, 6/27, 7/17, 8/8, 8/22, 9/4､10/10	南海トラフ巨大地震対策について 中間報告、平成24年7/19、 http://www.bousai.go.jp/jishin/chubou/taisaku_nankaitrough/pdf/20120719_chuukan.pdf 南海トラフ巨大地震対策検討ワーキンググループ(第一次報告)、平成24年8/29 http://www.bousai.go.jp/jishin/chubou/taisaku_nankaitrough/pdf/20120829_higai.pdf

南海トラフの巨大地震モデル検討会 http://www.bousai.go.jp/jishin/chubou/nankai_trough/nankai_trough_top.html	座長阿部勝征、今村文彦、岡村眞、岡村行信ほか	平成23年8月28日～、これまでに26回	8/28, 10/3, 10/25, 11/15, 11/24, 12/12, 12/27, 24年 1/17, 1/30, 2/13, 2/20, 3/1, 3/19, 3/27, 3/31, 4/27, 5/17, 5/31, 6/19, 7/2, 7/17, 8/1, 8/9, 8/17, 9/24, 10/11	南海トラフの巨大地震モデル検討会中間とりまとめ、平成23年12/27 http://www.bousai.go.jp/jishin/chubou/nankai_trough/chukan_matome.pdf 南海トラフの巨大地震モデル検討会(第二次報告)、平成24年8/29 http://www.bousai.go.jp/jishin/chubou/nankai_trough/pdf/20120829_2nd_report01.pdf
首都直下地震対策検討ワーキンググループ http://www.bousai.go.jp/jishin/chubou/taisaku_shutochokka/index.html	主査増田寛也、副主査吉井博明、阿部勝征、大原美保、中林一樹、林春男、久田嘉章	平成24年4月25日～、これまでに8回	24年 4/25, 5/25, 6/6, 6/18, 7/10, 8/6, 9/6, 10/16	首都直下地震対策について　中間報告、平成24年7/19 http://www.bousai.go.jp/jishin/chubou/taisaku_shutochokka/pdf/20120719_chuukan.pdf
首都直下地震モデル検討会 http://www.bousai.go.jp/jishin/chubou/shuto_chokka/index.html	座長阿部勝征、今村文彦、岩田知孝、福和伸夫、古村孝志ほか	平成24年5月11日～、これまでに8回	24年 5/11, 6/8, 6/29, 7/9, 7/24, 8/7, 9/20, 10/3	(平成17年の中央防災会議で想定した首都直下地震モデルと、現時点の最新の科学的知見に基づきあらゆる可能性を考慮した相模トラフ沿いで発生する最大クラスの巨大地震モデルによる震度分布・津波高等を検討することを目的)
津浪避難対策検討ワーキンググループ(津波防災に関するワーキンググループ) http://www.bousai.go.jp/jishin/chubou/taisaku_tsunami/index.html	主査田中淳、阿部勝征、磯部雅彦、今村文彦、片田敏孝ほか	平成22年12月２４日～、これまでに9回	22年12/24, 24年 1/23, 2/29, 3/26, 4/26, 5/23, 6/7, 6/13, 6/28	津浪避難対策検討ワーキンググループ報告、平成24年7/18 http://www.bousai.go.jp/jishin/chubou/taisaku_tsunami/wg_20120718/report.pdf
南海トラフ巨大地震対策協議会	中川防災担当大臣、原田政策統括官、佐々木内閣府大臣官房審議官(防災担当)、各府省庁、地方支分部局、指定公共機関等136機関(第2回119機関)	平成24年6月4日～、2回	24年 6/4, 8/10	(官民の主体を幅広く集めた場を設定して平時及び非常時に備えた関係を構築することが急務であることから、国の各府省庁、地方支分部局、関係地方公共団体、指定公共機関等から成る標記協議会を開催)

表-2.5.2 学会に設けられた委員会及びそこでの提言など

委員会等名称	主な目的または提言等
日本学術会議	
東日本大震災対策委員会 第1回(平成23年3月24日）～第24回(23年9月14日)	平成23年3月25日　東日本大震災に対応する第一次緊急提言
	4月4日　第二次緊急提言「福島第一原子力発電所事故後の放射線量調査の必要性について」
	4月5日　第三次緊急提言「東日本大震災被災者救援・被災地域復興のために」
	4月5日　第四次緊急提言「震災廃棄物対策と環境影響防止に関する緊急提言」
同　被災地域の復興グランド・デザイン分科会 第1回～第7回 (4/20, 5/9, 5/30, 6/20, 7/28, 8/6, 9/14)	4月13日　第五次緊急提言「福島第一原子力発電所事故対策等へのロボット技術の活用について」
	4月15日　第六次緊急提言「救済・支援・復興に男女共同参画の視点を」
	4月20日　被災地域の復興グランド・デザイン分科会設置､第1回（エネルギー政策の選択肢分科会と合同会議)
	6月8日　提言「東日本大震災被災地域の復興に向けて－復興の目標と７つの原則－」
	8月3日　第七次緊急提言「広範囲にわたる放射性物質の挙動の科学的調査と解明について」
	9月21日　提言「東日本大震災復興における就業支援と産業再生支援」
	9月27日　提言「東日本大震災とその後の原発事故の影響から子どもを守るために」
	9月30日　提言「東日本大震災から新時代の水産業の復興へ」
	9月30日　提言「東日本大震災被災地域の復興に向けて―復興の目標と７つの原則（第二次提言）―」
東日本大震災復興支援委員会 第1回(平成23年10/28)～ (平成24年2/20, 3/16, 4/3～継続中)	平成24年4月9日 東日本大震災復興支援委員会提言 「学術からの提言―今、復興の力強い歩みを―」
	同4月9日　東日本大震災復興支援委員会災害に強いまちづくり分科会提言「二度と津波犠牲者を出さないまちづくり―東北の自然を生かした復興を世界に発信―」
同　災害に強いまちづくり分科会 第1回(平成23年12/2)～ (平成24年1/13, 2/3, 3/2, 10/5～継続中) ほか	同4月9日　東日本大震災復興支援委員会産業振興・就業支援分科会提言「被災地の求職者支援と復興法人創設―被災者に寄り添う産業振興・就業支援を―」
	同4月9日　東日本大震災復興支援委員会放射能対策分科会提言「放射能対策の新たな一歩を踏み出すために―事実の科学的探索に基づく行動を―」
	同6月22日　災害に対するレジリエンスの構築分科会　設置
	同6月22日　福島復興支援分科会　設置
	同6月22日　エネルギー供給問題検討分科会　設置
学会共同	
空気調和・衛星工学会、地盤工学会、土木学会、日本建築学会、日本コンクリート工学会、日本造園学会、日本都市計画学会	平成23年4月26日 東日本大震災国土・地域復興に関する7学会会長共同提言
日本学術会議、土木学会他20学会	平成23年5月27日 巨大地震と大津波から国民の生命と国土を護るための基本方針
30学会、東日本大震災の総合対応に関する学協会連絡会	平成24年5月10日　三十学会・共同声明　国土・防災・減災政策の見直しに向けて　－巨大災害から生命と国土を護るために －

委員会等名称	主な目的または提言等
土木学会	
東日本大震災特別委員会	テーマ毎に多くの提言を発信・特定テーマ：地域防災計画特定テーマ委員会、津波特定テーマ委員会、液状化特定テーマ委員会、原子力安全土木技術特定テーマ委員会、地域基盤再構築特定テーマ委員会、復興施工技術特定テーマ委員会、復興創意形成（PI システム）特定テーマ委員会、災害対応マネジメント特定テーマ委員会、情報通信技術を活用した耐災施策特定テーマ委員会、放射性汚染廃棄物対策土木技術特定テーマ委員会・特別活動：社会安全研究会、津波推計・減災検討委員会、『安全な国土への再設計」支部連合
	平成 24 年 6 月　津波推計・減災検討委員会報告
	7 月 20 日　社会安全研究会中間とりまとめ『技術者への信頼を回復するために」
	8 月 8 日　復興創意形成特定テーマ委員会「復興まちづくり創意形成ガイドライン最終報告」
日本建築学会	
東日本大震災調査復興支援本部：研究・提言部会	平成 23 年 9 月 26 日　「建築の原点に立ち返る　―暮らしの場の再生と革新―　東日本大震災に鑑みて(第一次提言）」
地盤工学会	
平成 23 年度学会提言の検証と評価に関する委員会	平成 23 年 8 月 8 日　地震時における地盤災害の課題と対策 2011 年東日本大震災の教訓と提言〔第一次〕（委員会に横田下水道研究室長が協力） 平成 24 年 8 月 3 日　地震時における地盤災害の課題と対策 2011 年東日本大震災の教訓と提言〔第二次〕
日本地震工学会	
6 学会シンポジウム	平成 24 年 3 月 1～4 日 International Symposium on Engineering Lessons Learned from the Giant Earthquake - One Year After the 2011 Great East Japan Earthquake - 後援:国土交通省・国総研（シンポジウム組織委員会に運上地震災害研究官が参画）
広域・システム災害対応特別調査研究委員会	平成 24 年 5 月 24 日 地震被害の軽減と復興に向けた提言　―東日本大震災を受けて―
日本造園学会	
東日本大震災復興支援調査委員会	平成 23 年 5 月 21 日　東日本大震災復興支援への提言　「ランドスケープ再生を通じた震災復興」 平成 24 年 5 月 15 日　「復興の風景像～ランドスケープの再生を通じた復興支援のためのコンセプトブック」を出版

3. 東日本大震災に対する復旧・復興対策への取り組み

3.1 国土技術政策総合研究所の復旧・復興対策への取り組み

2011 年 3 月の東日本大震災の発生直後から、国総研は、TEC-FORCE メンバー等として、関係機関と連携、協力しながら、所管施設の緊急的な被害調査と被害分析を実施するとともに、緊急対応策の検討と提案、さらに法整備や技術基準の改定への技術支援、現場での対策の実施のための現場支援対応など、国土交通省の研究機関としてこれまで様々な対応を実施してきた。

本章は、砂防、下水道、河川、水資源、海岸、道路、港湾、空港、建築、住宅、都市、公園緑地、IT・情報、環境などの各分野において、地震後の復旧・復興対策に対してどのような対応が実施されたかについてまとめたものである。

なお、国土交通本省、地方整備局、自治体等への技術支援に関しては、**表-2.4.10** に整理した「国総研メンバーが参加した外部の委員会、提言等」とも連携して支援が行なわれているものも含む。

3.2 地震による外力・作用の評価・分析

3.2.1 地震動

平成23年東北地方太平洋沖地震は，三陸沖から茨城県沖に至る長さ約450km，幅約200kmの巨大な震源域が破壊し，日本の観測史上最大のモーメントマグニチュードM_w 9.0の地震となった[1)]。気象庁の発表による遠地実体波をもとにした本震のすべり量分布とすべりの時間分布を**図-3.2.1.1**に示す[1)]。図に①②③で示される大きな破壊が宮城県沖で２回、ついで茨城県沖で１回の計３回発生し、特に２番目の破壊が大きかったことが示されている。宮城県沖では30mを超える大きなすべりが発生したと見られる。以下、3.2.1.1ではこのような震源域の破壊過程によって生じた地震動の特性について、3.2.2.2では強震記録の分析に基づくプレート境界型地震を想定した設計地震動の分析検討について述べる。なお、ダムで観測された地震動及び建築物で観測された地震動の分析に関しては、それぞれ、3.3.4(4)および3.3.9.2(1)を参照されたい。

3.2.1.1 観測された地震動の特性

(1) 地震動強さの分布と加速度時刻歴波形

図-3.2.1.2 は、国土交通省地震計ネットワーク [2)] で得られた SI 値（スペクトル強度：一般的な構造物がどれだけ大きく揺れるかを表す地震動強度の指標）の分布と SI 値が 70cm/s 以上（震度６強以上に相当）となった観測点の観測値を示したものである。図中、PGA は最大加速度を表す。震源域の大きさに対応して、

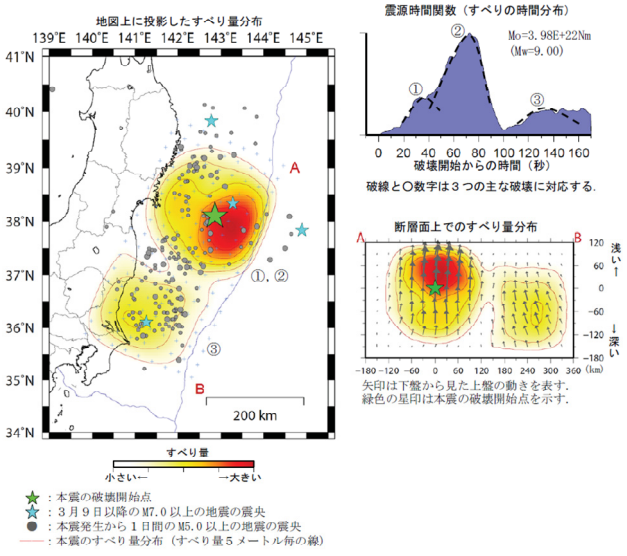


図-3.2.1.1 気象庁による本震のすべり量分布 [1)]

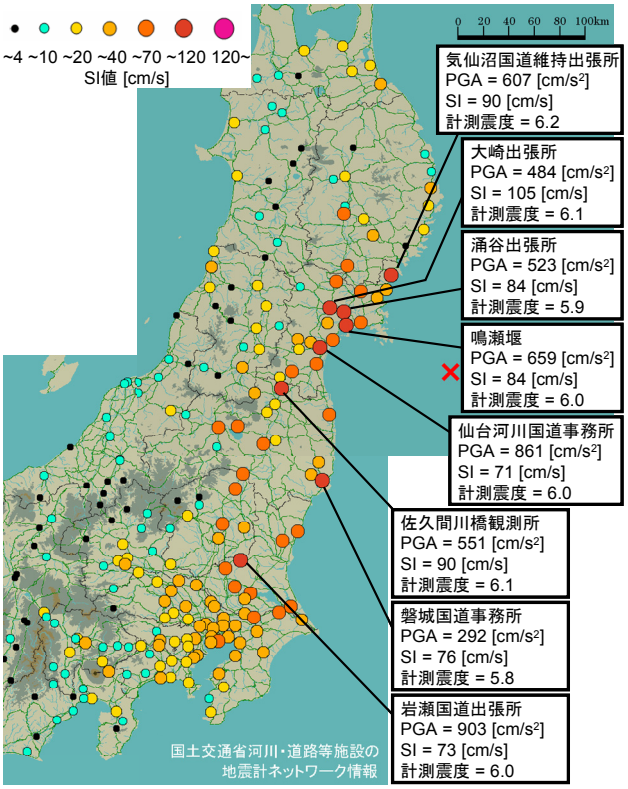
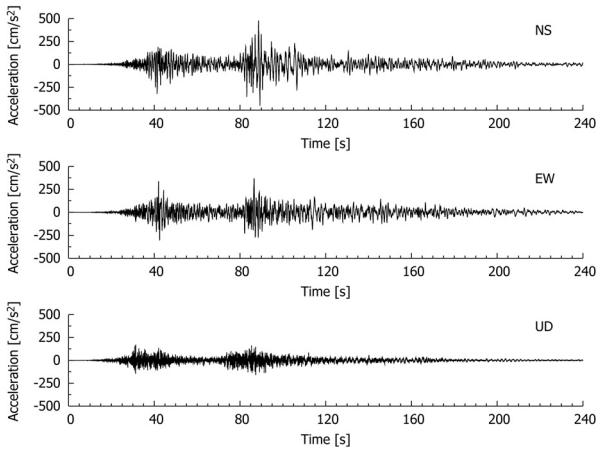
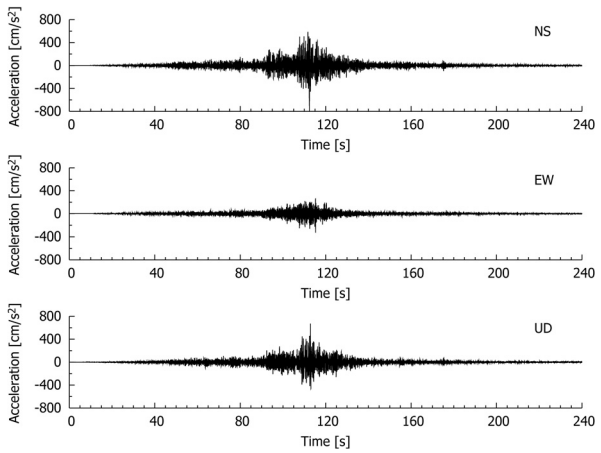


図-3.2.1.2 国土交通省地震計ネットワーク [2)] 観測値



(a) 大崎出張所



(b) 岩瀬国道出張所

図-3.2.1.3 代表地点の加速度時刻歴波形

宮城県北部から茨城県南部の広い範囲で強い地震動が観測されていることがわかる。

このうち、大崎出張所（宮城県大崎市）および岩瀬国道出張所（茨城県桜川市）観測点において観測された、本震の加速度時刻歴波形を**図-3.2.1.3** に示す。大崎出張所では加速度波形に特に振幅が大きい波群が2つみられる。**図-3.2.1.1** に示したとおり、今回の地震における震源域の破壊は、震源付近での2つの破壊と茨城県沖での1つの破壊が160秒程度の時間をかけて発生しており、加速度時刻歴における2つの波群は、震源付近の2つの破壊によるものと考えられる。

一方、岩瀬国道事務所では複数の波群は見られない。震源付近の2つの破壊から発生した地震波は伝播の過程で減衰し振幅が小さくなっており、茨城県沖の破壊から発生した地震波が卓越していると考えられる。

(2) 加速度応答スペクトル

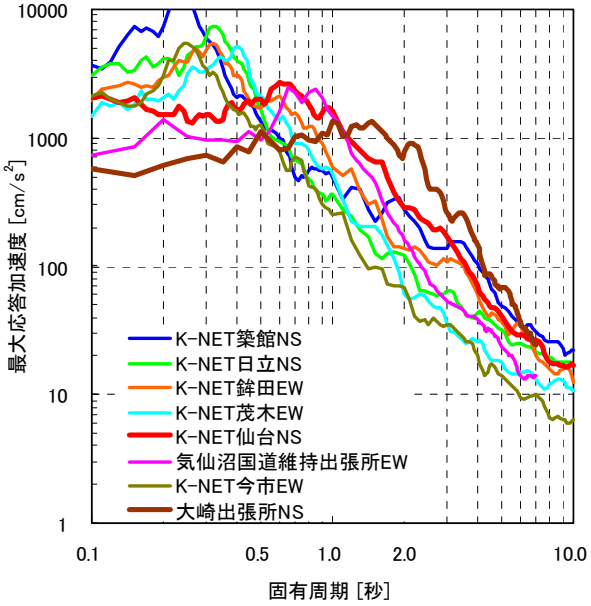
東北地方太平洋沖地震の際に（独）防災科学技術研究所 K-NET[3]および国土交通省地震計ネットワークで得られた強震記録から、計測震度が大きい8記録の加速度応答スペクトル（減衰定数 5%）を比較したものが**図-3.2.1.4**(a)である。また、1995 年兵庫県南部地震以降の近年の主要な地震で得られた代表的な強震記録の加速度応答スペクトルと比較して同図(b)に示す。

今回の地震では多く記録が観測されており、震源からの距離や地盤条件に応じて、短周期(周期 0.5 秒以下)、中間周期(周期 0.5～1秒)、やや長い周期(周期1秒以上)、それぞれにピークのある記録が観測されている。橋や中低層建築物などの構造物への影響が大きい周期 1～2 秒程度の加速度応答スペクトルに着目すると、構造物に甚大な被害を生じた兵庫県南部地震（鷹取駅）と比較して同程度または低い値である。

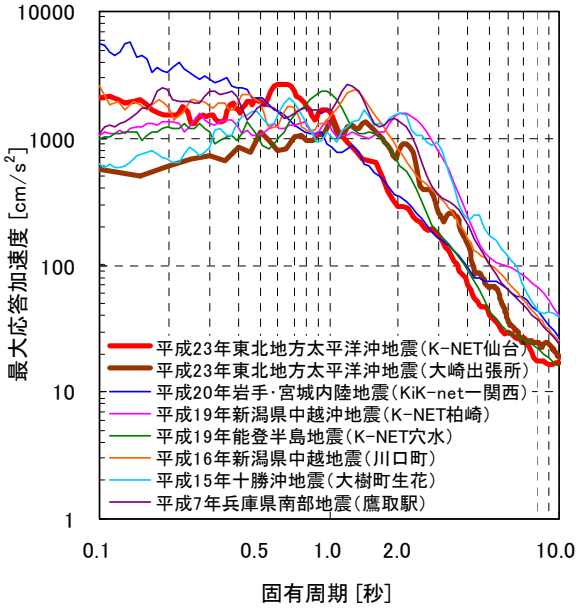
なお、K-NET 築館は、気象庁の震度情報で震度 7 とされた唯一の観測記録であるため、余震観測等による表層地盤の増幅特性に関する各種の調査が実施されている。その結果、スペクトルの周期 0.2～0.3 秒に見られる卓越周期には局所的な地形等の影響が見られ、この観測記録は周辺地域を代表するものではないとする報告もある[4]。

(3) 地震動の継続時間

この地震の揺れの大きな特徴の一つは、震源域の破壊時間の長さに対応して継続時間が長いことである。地震動の継続時間を過去の主な記録と比較して**図-3.2.1.5** に示す[5]。継続時間には種々の算出方法があ



(a) 今回の地震（減衰定数 0.05）



(b) 主要な地震との比較（減衰定数 0.05）

図-3.2.1.4 加速度応答スペクトルの比較

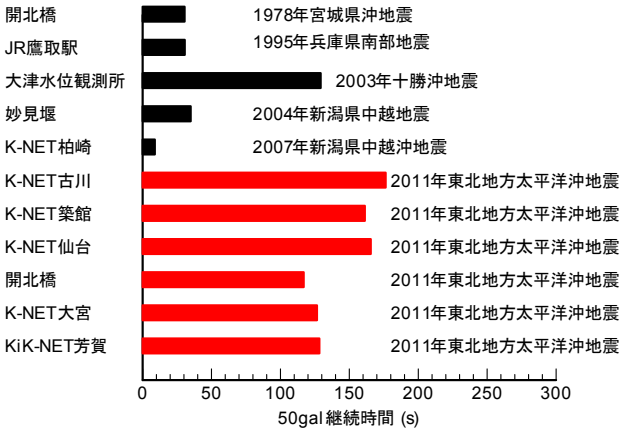


図-3.2.1.5 地震動の 50gal 継続時間の比較[5]

るが、ここでは観測記録の水平２成分をベクトル合成し、初めて 50gal を観測した時刻と最後に 50gal を観測した時刻の差としている。

今回の継続時間は K-NET 古川で 178 秒 と非常に長く、東北地方、関東地方の他の観測点においても 120 秒を超える継続時間が観測されている。継続時間が長い記録として過去には 2003 年十勝沖地震の約 130 秒があるが、今回の地震動はそれを上回っている。

3.2.1.2 プレート境界型地震を想定した設計地震動の分析検討

平成7年の兵庫県南部地震（気象庁マグニチュード M_J 7.3）以降、土木構造物の耐震設計ではレベル１地震動とレベル２地震動を用いた二段階設計法が一般的になってきており、例えば道路橋の耐震設計ではレベル２地震動として、プレート境界型の大規模な地震による地震動（タイプⅠの地震動）と内陸直下型地震による地震動（タイプⅡの地震動）の２種類を考慮している。

東北地方太平洋沖地震は、三陸沖から茨城県沖に至る長さ約450km，幅約200kmの巨大な震源域が破壊し，日本の観測史上最大のモーメントマグニチュードM_w 9.0の地震となった[1]。世界で初めてM_w 9級の巨大地震の強震記録が多数得られ、発生頻度が低く捉えられていなかった巨大地震の地震動特性の分析が可能となっている。この地震と同じプレート境界型の地震である東海地震，東南海地震，南海地震等が近い将来に発生すると考えられていること[6] 等を踏まえ、強震記録の分析結果等をもとに、道路橋示方書のレベル２地震動（タイプⅠ）を見直した。

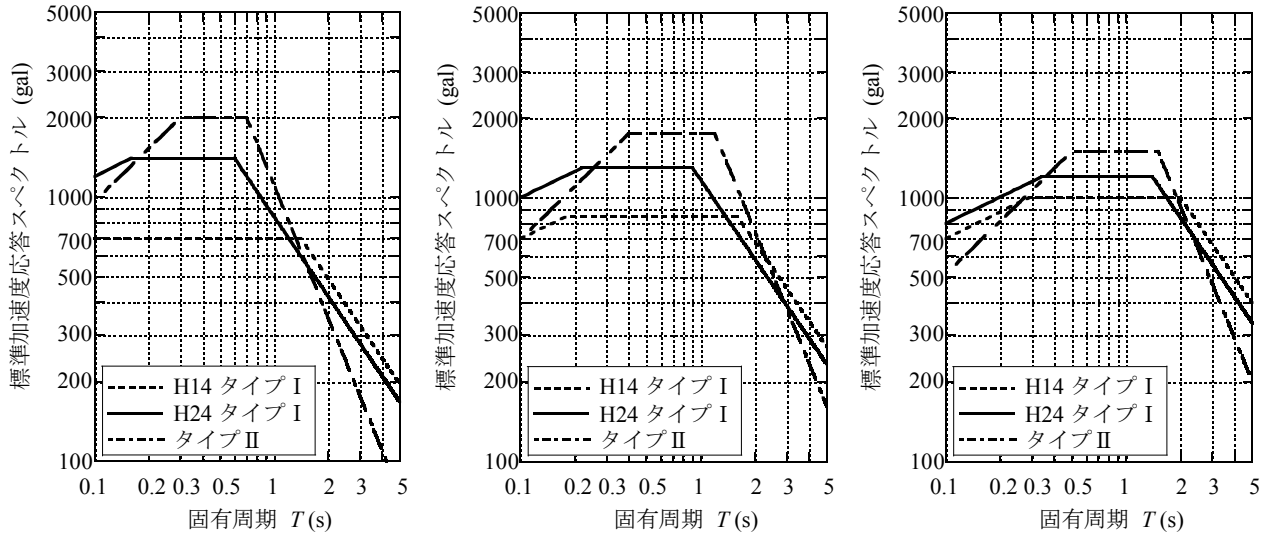
ここでは、平成24年2月に改定された道路橋示方書Ⅴ耐震設計編[7]のうち、上記のレベル２地震動（タイプⅠ）に係る改定に向けた検討内容を、プレート境界型の巨大地震の地震動特性を分析した例として概説する。

(1) 標準加速度応答スペクトルの改定

道路橋示方書の設計地震動は、**図-3.2.1.6** のような地盤種別ごとに設定された標準加速度応答スペクトルに、減衰定数別補正係数と地域別補正係数を乗じることで設定される。レベル２地震動（タイプⅠ）の標準加速度応答スペクトルは、大正 12 年の関東地震（M_w7.9）において東京周辺で生じた地震動を、近年得られた強震記録及び回帰分析法の改良によって高度化された距離減衰式 [8), 9)]を用いて推定した結果に基づき、工学的判断を加えて定めたものである。

図-3.2.1.6 は、従来のタイプⅠの地震動、今回見直されたタイプⅠの地震動及びタイプⅡの地震動の標準加速度応答スペクトルを比較して示したものである。今回改定されたタイプⅠ地震動は、スペクトルのピークは従来のタイプⅠ地震動に比べて大きく、長周期側についてはタイプⅡの地震動より大きい。

また、従来のタイプⅠ地震動は堅いⅠ種地盤（良好な洪積地盤及び岩盤）よりも軟らかいⅢ種地盤（沖積地盤のうち軟弱地盤）の方がスペクトルのピークが大きく設定されていたが、改定された標準加速度応答ス



(a) Ⅰ種地盤　(b) Ⅱ種地盤　(c) Ⅲ種地盤

図-3.2.1.6 標準加速度応答スペクトルの比較

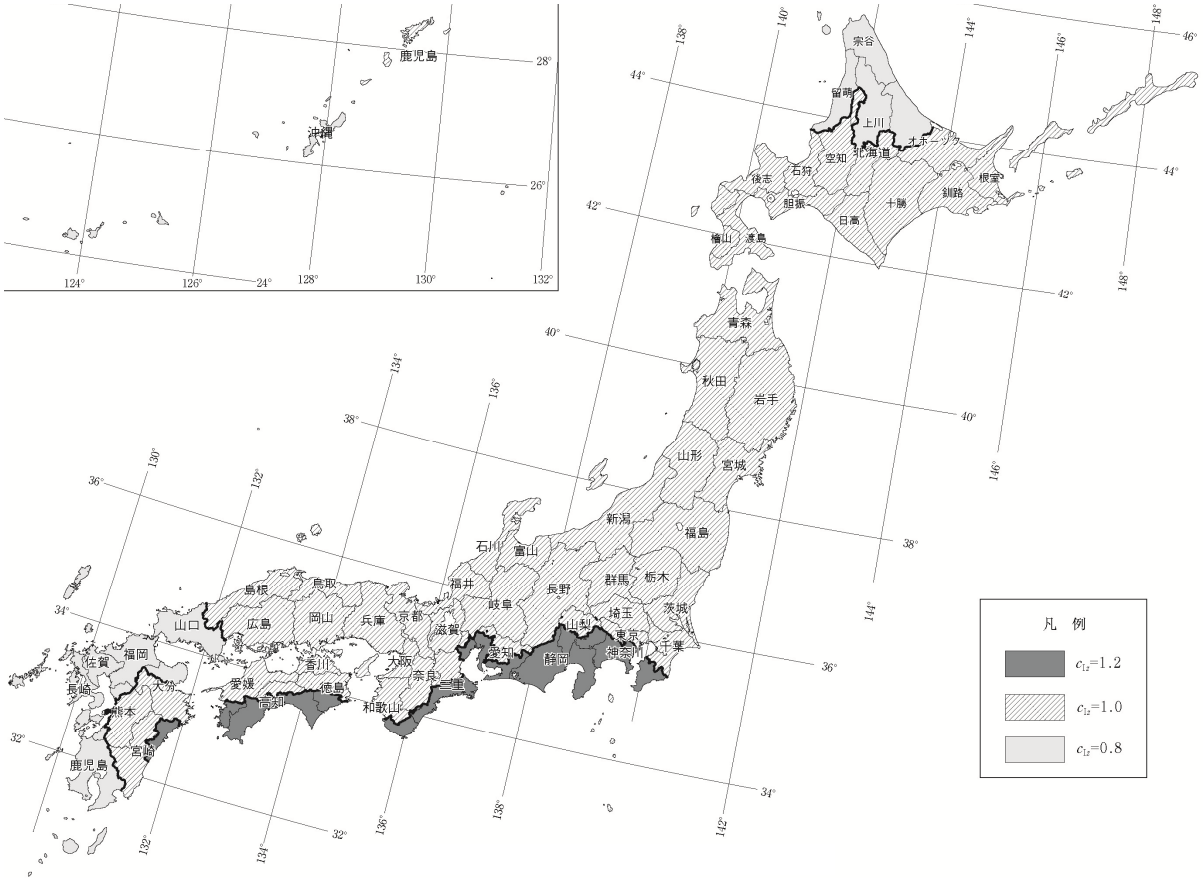


図-3.2.1.7 レベル２地震動（タイプⅠ）の地域別補正係数 c_{Iz}

ペクトルでは逆転している。これは、振幅が大きい強震記録のみを用いて地盤種別ごとの地盤補正係数を算出し加速度応答スペクトルを推定した結果、Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ種地盤の順に加速度応答スペクトルのピークが全体的に小さくなった結果を取り入れたものである。

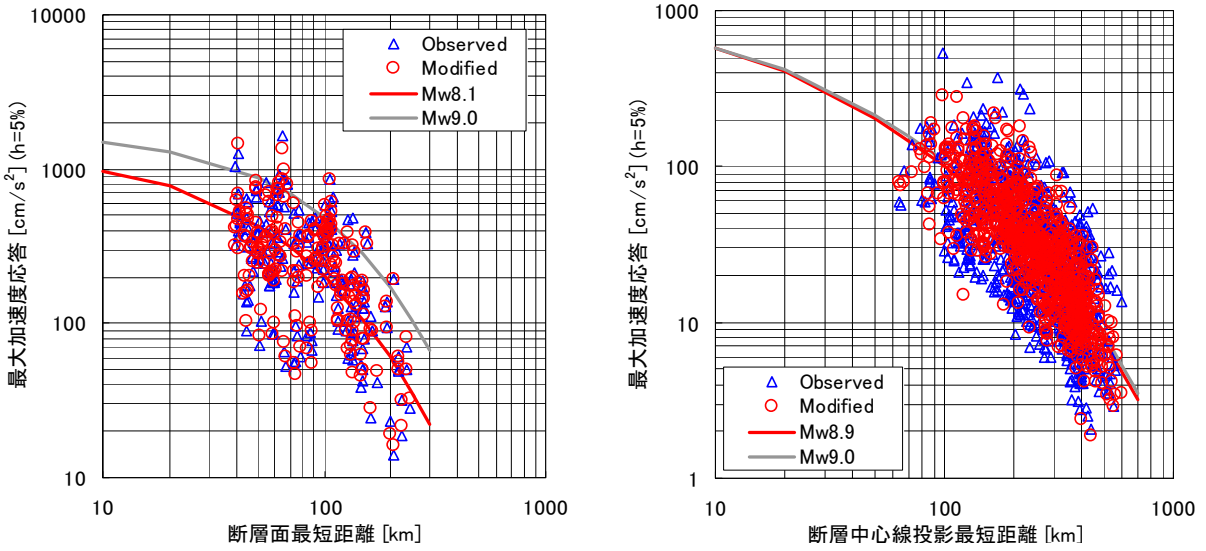
(2) 地域別補正係数の改定

標準加速度応答スペクトルの改定にあわせて、平成 14 年・15 年の地震防災対策強化地域・推進地域の指定にあたって用いられた震源域 [10), 11)] 等に関する情報をもとに、こうした地震の各地域における影響の度合いを踏まえて、従来の地域別補正係数とは別に、レベル２地震動（タイプⅠ）に対して適用する地域別補正係数を新たに設定した（**図-3.2.1.7**）。その際、東北地方太平洋沖地震，北海道太平洋沖の地震が連動する場合、東海・東南海・南海地震及び日向灘地震が連動する [12), 13)] 場合などの震源域が連動する影響を考慮した上で、大正 12 年関東地震において東京周辺で生じた地震動よりも強い影響を受けると推定される地域では地域別補正係数を 1.2 とした。

ただし、東北地方太平洋沖地震の際の観測値と距離減衰式による推定値との残差二乗和が最小となるモーメントマグニチュード M_w を算出した結果、地震動の短周期成分は M_w8.1～8.3 の地震と同程度であることがわかった [14)]。例として固有周期 1 秒の加速度応答スペクトル値の場合を**図-3.2.1.8**(a)に示す。このため，距離減衰式 [8)] により短周期の地震動強さを算出する際には M_w 8.3 を上限とした。一方，やや長周期地震動は，**図-3.2.1.8**(b)に固有周期 3 秒の加速度応答スペクトル値について例示したように，M_w8.7～8.9 程度で残差二乗和が最小となったため，M_w 9.0 を上限とした。

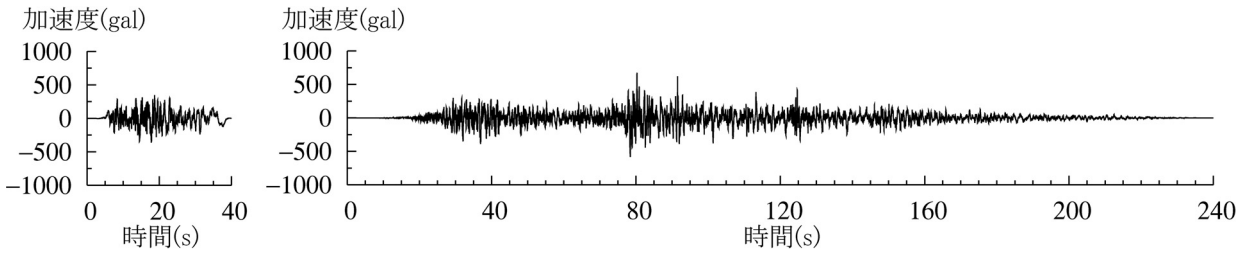
(3) 動的解析に用いる加速度波形

動的解析による耐震性能の照査に用いるため，改定した標準加速度応答スペクトルに近い特性を有するように振幅調整した加速度波形を地盤種別ごとに 3 波形ずつ作成した。これらは平成 15 年十勝沖地震と東北地方太平洋沖地震の際に観測された強震記録をもとに作成したものである。



(a) 加速度応答スペクトル値（固有周期 1 秒）　(b) 加速度応答スペクトル値（固有周期 3 秒）

図-3.2.1.8 東北地方太平洋沖地震の際の観測値と距離減衰式による推定値の比較[8)]



(a) 改定前　(b) 改定後

図-3.2.1.9 動的解析に用いるレベル２地震動（タイプⅠ）の加速度波形の例（Ⅱ種地盤の 3 波形の 1 つ）

改定前と改定後の加速度波形を比較した例（Ⅱ種地盤の 3 波形のうち 1 つずつ）を**図-3.2.1.9** に示す。改定前の波形(a)は昭和 43 年日向灘地震(M_J 7.5)の際に愛媛県宇和島市の板島橋周辺地盤上，改定後の波形(b)は東北地方太平洋沖地震の際に仙台河川国道事務所構内地盤上で得られた強震記録をそれぞれ振幅調整したものである。図からも明らかなように，東北地方太平洋沖地震で観測された地震動は継続時間が長い特性を有していることが特徴であるが，計算機の性能が飛躍的に向上し，継続時間の長い地震動を入力する動的解析が実務上行い得るようになったことも踏まえ，このような地震動を具体的に考慮することとした。

謝　辞

本検討では、気象庁、（独）防災科学技術研究所、JR西日本および国土交通省による観測結果を用いた。記して謝意を表する。

参考文献

1) 気象庁：「平成23年（2011年）東北地方太平洋沖地震」について（第28報）、 2011

2) 国土技術政策総合研究所ホームページ：河川・道路等施設の地震計ネットワーク情報 http://www.nilim.go.jp/japanese/database/nwdb/index.htm

3) （独）防災科学技術研究所ウェブサイト：強震観測網(K-NET, KiK-net) http://www.kyoshin.bosai.go.jp/kyoshin/

4) 山中浩明、津野靖士、地元孝輔、山田伸之、福元俊一、江藤公信：2011年東北地方太平洋沖地震の余震観測と微動探査によるK-NET築館観測点周辺での地盤増幅特性の評価、物理探査、第64巻、第6号、pp. 389-399、 2011

5) 金子正洋、片岡正次郎、佐々木哲也、谷本俊輔：

地震及び地震動の特徴、特集・東日本大震災における海岸・河川等の被災・復旧状況、河川、No. 782、pp. 64-65、2011
6) 地震調査研究推進本部：海溝型地震の長期評価、http://www.jishin.go.jp/main/p_hyoka02_kaiko.htm
7) （社）日本道路協会：道路橋示方書・同解説Ⅴ耐震設計編、丸善、2012
8) 片岡正次郎、佐藤智美、松本俊輔、日下部毅明：短周期レベルをパラメータとした地震動強さの距離減衰式、土木学会論文集A、Vol. 62、No. 4、pp. 40-757、2006
9) 片岡正次郎、松本俊輔、日下部毅明、遠山信彦：やや長周期地震動の距離減衰式と全国の地点補正倍率、土木学会論文集A、Vol. 64、No. 4、pp. 721-738、2008
10) 中央防災会議：第4回資料、2002
11) 中央防災会議：第9回資料、2003
12) 岡村眞、松岡裕美、千田昇、島崎邦彦：見えてきた巨大南海地震の再来周期、日本地震学会秋季大会講演予稿集、p. 16、2006
13) Furumura, T., Imai, K. and Maeda, T.: A revised tsunami source model for the 1707 Hoei earthquake and simulation of tsunami inundation of Ryujin Lake, Kyushu, Japan, *J. Geophys. Res.*, 116, B02308, 2011
14) 片岡正次郎、金子正洋：距離減衰式から逆算した東北地方太平洋沖地震のマグニチュード、日本地震工学会大会－2011梗概集、pp. 406-407、2011

3.2.2 津波

3.2.2.1 海岸

(1) 痕跡調査

1)高さの定義

津波の高さと浸水深、痕跡高（＝浸水高）、遡上高の関係を**図-3.2.2.1**に示す。

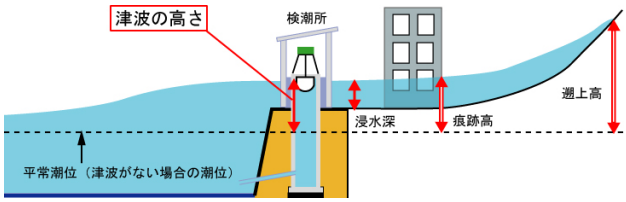


図-3.2.2.1 検潮所における津波の高さと浸水深、痕跡高、遡上高の関係（気象庁HPより）

2)調査方法及び調査項目

下記の調査方法、調査項目及び痕跡の信頼度の判断基準は、東北地方太平洋沖地震津波合同調査グループHPより抜粋した。

現地調査における津波高（遡上高、浸水高、港湾内での水位上昇など）の測量については一般的に以下の方法で実施する。

①津波高の痕跡（ウォーターマーク、漂着物、証言など）を見つける。

②痕跡及び周辺の写真を撮影する。

③GPSで位置を確認する。

④痕跡の汀線からの高さと距離を測量する。（汀線の測量時刻を記録すること。）

現地調査における調査項目を**表-3.2.2.1**に示す。

表-3.2.2.1 調査項目

場所名　出来るだけ詳しく　　調査日　　記録者

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
調査地点	緯度経度（GPS）	調査時間	測定値	信頼度	水平距離	浸水高さ/遡上高さの区別	地形勾配	潮位のまたは水準点の高さ	補正後の津波高さ
		時分	m単位	A からDまで	m単位		度	m単位	m単位

痕跡の信頼度の判断基準について、下記に示す。

A:信頼度大なるもの。痕跡明瞭にして、測量誤差最も小なるもの。

B:信頼度中なるもの。痕跡不明につき、聞き込みにより、周囲の状況から信頼ある水位を知るもの。測量誤差小

C:信頼度小なるもの。その他砂浜などで異常に波がはい上がったと思われるもの、あるいは測点が海辺より離れ測量誤差が大なるもの。

D:信頼度が極小なるもの。高潮、台風などの影響で痕跡が重複し、不明瞭なもの、等。

3)調査時期及び調査機関

津波に関する現地調査において最も重要となるのは被災地に入る時期である。調査開始が遅くなると津波の痕跡が消失するとともに目撃者の記憶も曖昧になる。しかし、早すぎると救出・救援活動の妨げとなる危険性が高くなる。また、各研究者が独立して現地調査を実施すると、被害が甚大だった地域や被災形態に特徴がある地域に集中する傾向がある。そこで、被災地への負担を最小限にしながら、効果的に調査結果を得るため、東北地方太平洋沖地震津波合同調査グループを結成して調査地域や期間、人数などについて調整を行いながら現地調査が実施された。東北地方太平洋沖地震津波合同調査グループには大学や研究機関、民間企業、行政などが参加している。また、所属している学会も土木学会や地球惑星科学連合など多岐に及んでおり、様々な専門分野の協力のもとに現地調査を実施し、調査データを集約している。国総研が測定した痕跡調査結果もこの中に含まれている。

4)調査結果

東北地方太平洋沖地震津波合同調査グループで集約している痕跡高及び遡上高をプロットしたものを**図-3.2.2.2**に示す。

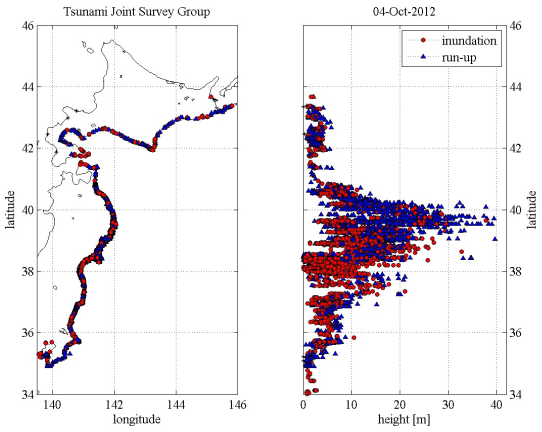


図-3.2.2.2 痕跡の沿岸分布（東北地方太平洋沖地震津波合同調査グループ調査結果［2012年10月4日］）

図-3.2.2.2より宮城県から福島県にかけて浸水高及び遡上高が10mを越えているのがわかる。この区間においては、被害が甚大な箇所が多い。

上記結果及び国総研で測定した痕跡調査結果を基に、津波遡上域の地形の違う仙台平野南部、石巻平野、陸前高田、宮古市田老地区を対象に津波遡上域内の痕跡標高の遡上方向分布調査を行い、津波氾濫流の特徴を調べた。遡上傾向としては、遡上域が広い平野部では津波痕跡が遡上方向に減衰していること、平野部とは対照的に遡上域が狭い場所（陸前高田、宮古市田老地区）では津波痕跡は減衰せず、上昇する場合もあることがわかった。詳細について次に示す。

①仙台平野南部

図-3.2.2.3に仙台平野南部における津波痕跡高調査測線を示す。また、この測線毎の痕跡標高分布を図-3.2.2.4～図-3.2.2.19に示す。図-3.2.2.4 痕跡標高分布（仙台新港背後）～図-3.2.2.15 痕跡標高分布（吉田浜）より、痕跡標高は津波遡上方向に減衰していることがわかる。また、図-3.2.2.16 痕跡標高分布（笠野海岸）～図-3.2.2.19 痕跡標高分布（磯浜海岸）より、津波遡上方向への減衰が見られなくなる。これは、笠野海岸から磯浜漁港における平地部が狭くなり丘陵状の地形により津波の遡上が妨げられたためと考えられる。

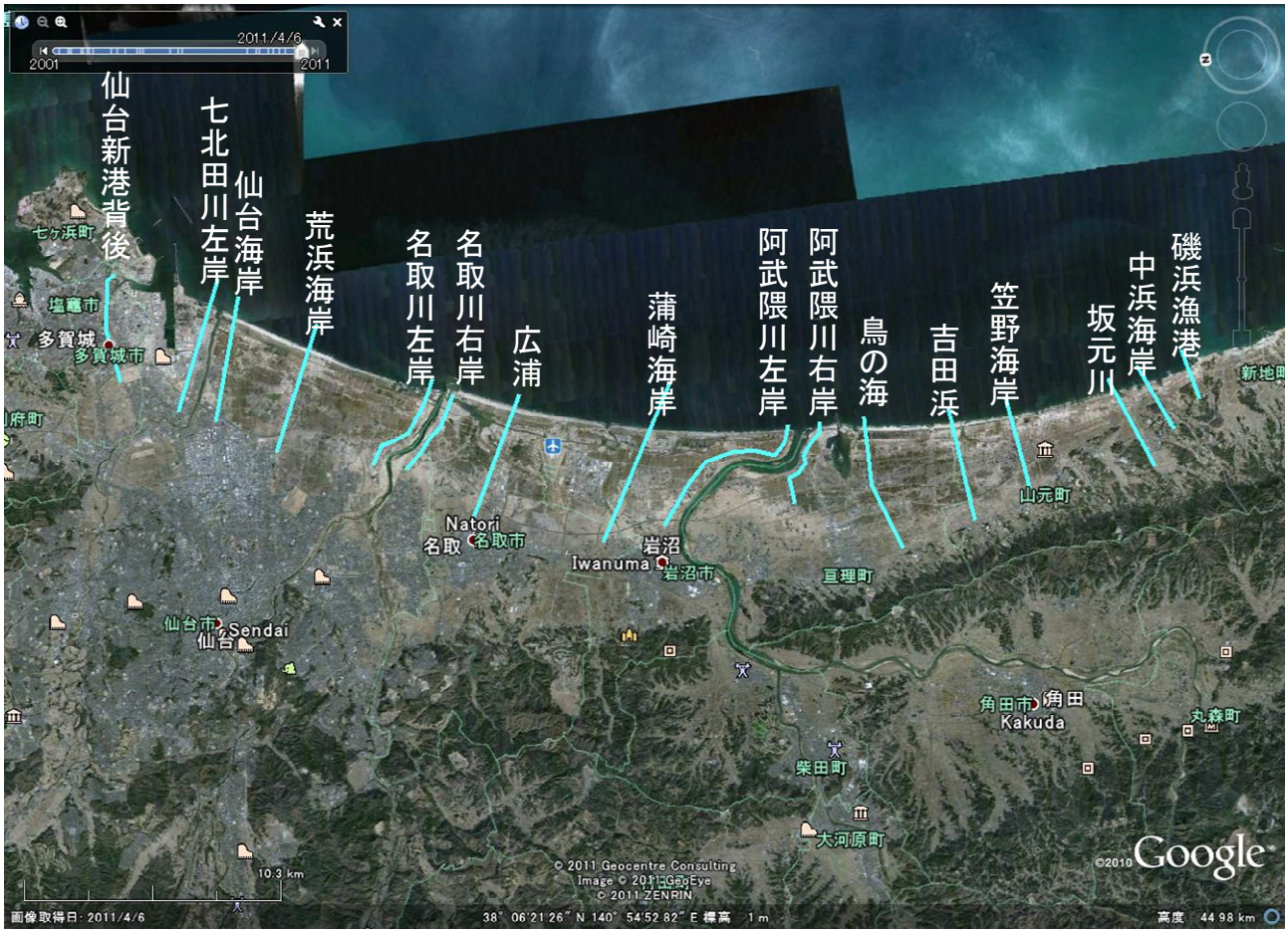


図-3.2.2.3 津波痕跡高調査測線（仙台平野南部）

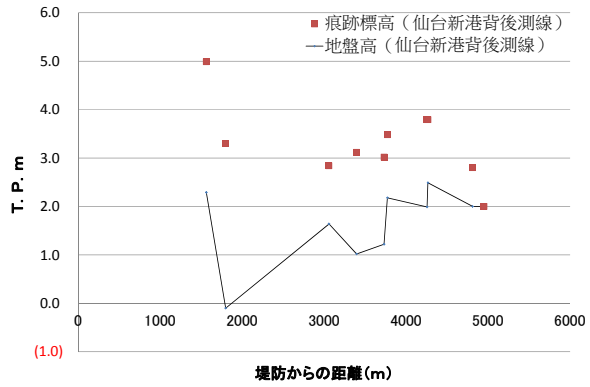


図-3.3.2.4 痕跡標高分布（仙台新港背後）

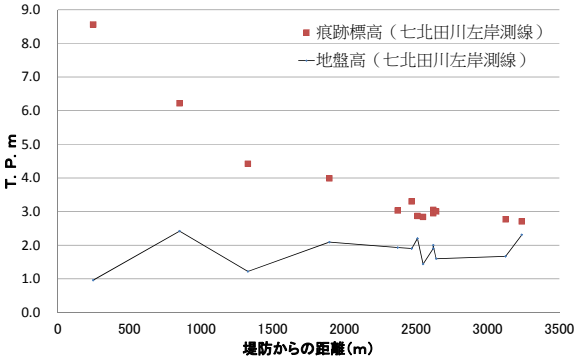


図-3.2.2.5 痕跡標高分布（七北田川左岸）

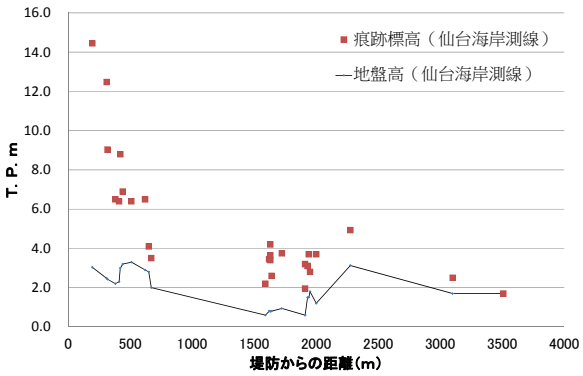


図-3.2.2.6 痕跡標高分布（仙台海岸）

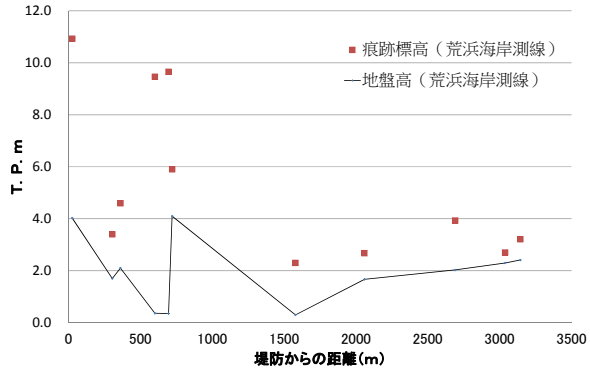


図-3.2.2.7 痕跡標高分布（荒浜海岸）

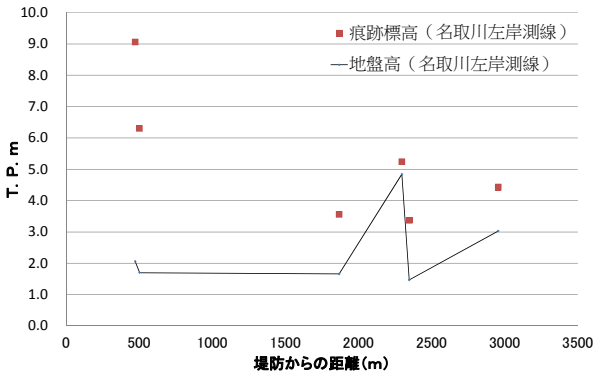


図-3.2.2.8 痕跡標高分布（名取川左岸）

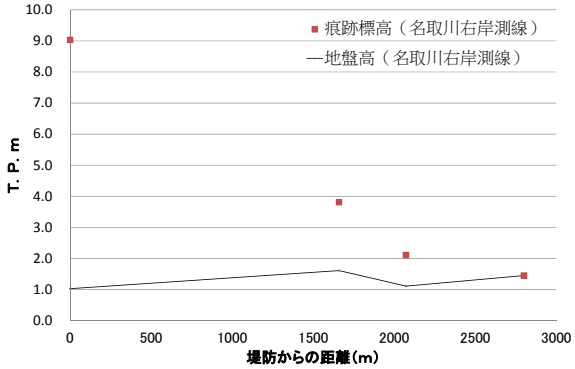


図-3.2.2.9 痕跡標高分布（名取川右岸）

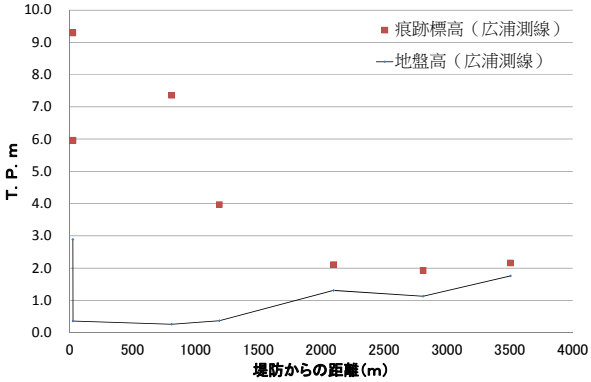


図-3.2.2.10 痕跡標高分布（広浦）

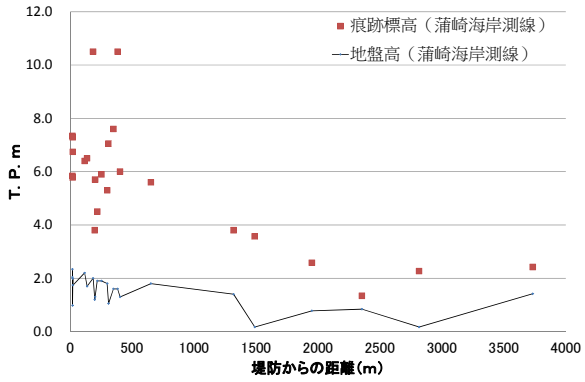


図-3.2.2.11 痕跡標高分布（蒲崎海岸）

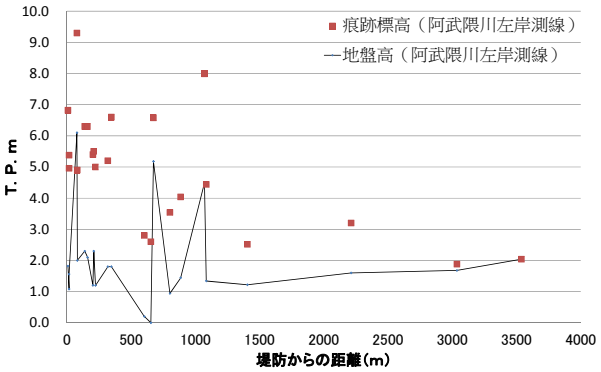


図-3.2.2.12 痕跡標高分布（阿武隈川左岸）

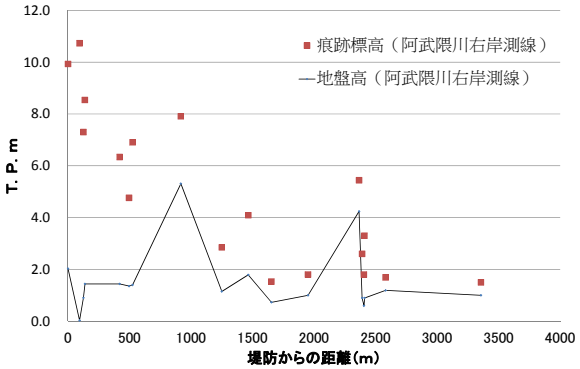


図-3.2.2.13 痕跡標高分布（阿武隈川右岸）

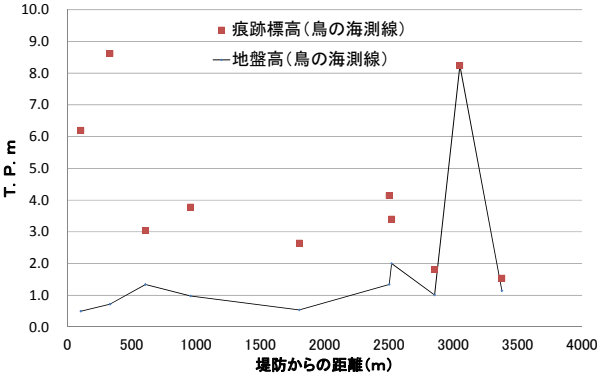


図-3.2.2.14 痕跡標高分布（鳥の海）

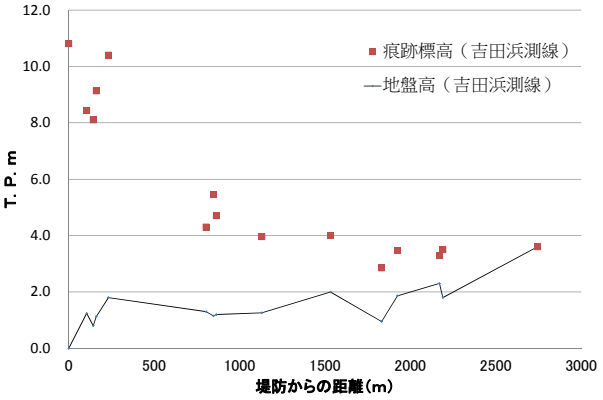


図-3.2.2.15 痕跡標高分布（吉田浜）

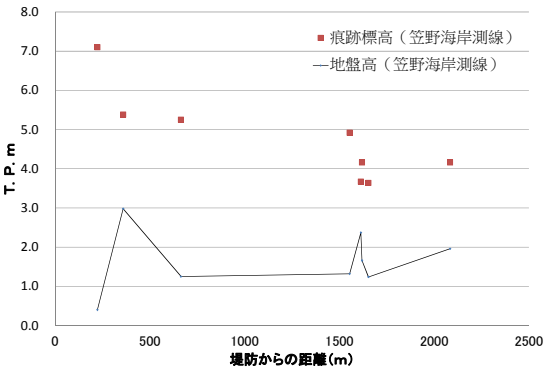


図-3.2.2.16 痕跡標高分布（笠野海岸）

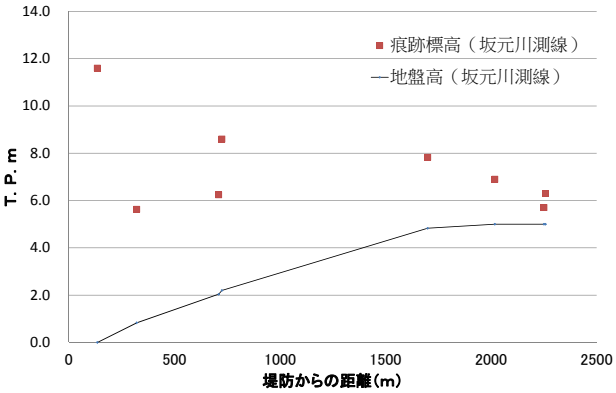


図-3.2.2.17 痕跡標高分布（坂元川）

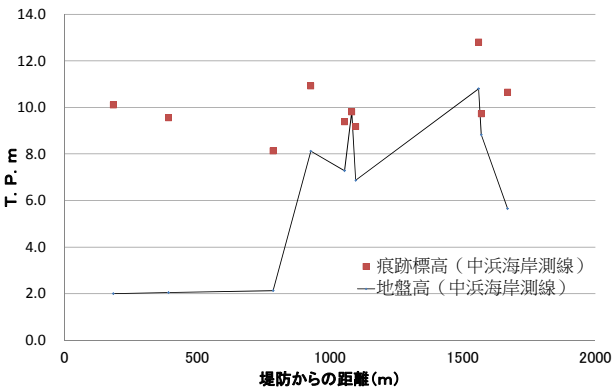


図-3.2.2.18 痕跡標高分布（中浜海岸）

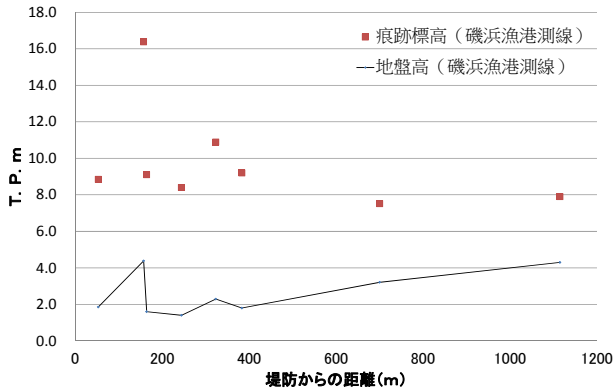


図-3.2.2.19 痕跡標高分布（磯浜漁港）

②石巻平野

図-3.2.2.20に石巻平野における津波痕跡高調査測線を示す。また、この測線毎の痕跡標高分布を**図-3.2.2.21,22**に示す。**図-3.2.2.21** 痕跡標高分布（浜市）及び**図-3.2.2.22** 痕跡標高分布（大曲）より仙台平野と同様に痕跡標高が津波遡上方向に減衰していることがわかる。

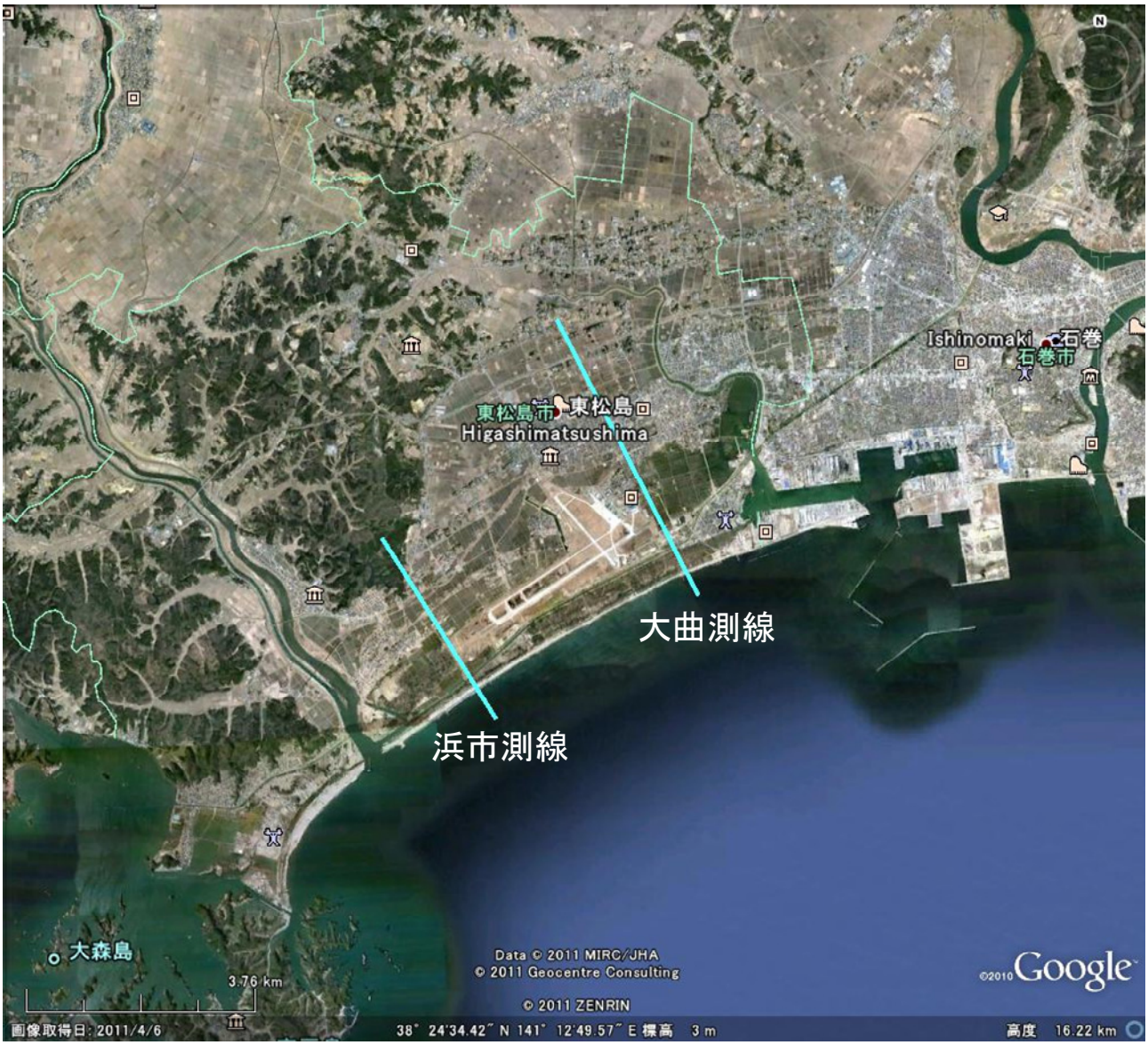


図-3.2.2.20 津波痕跡高調査測線（石巻平野）

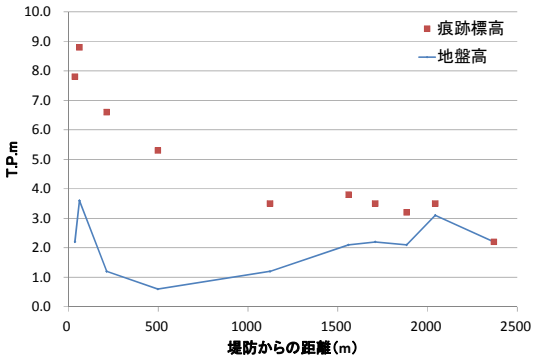


図-3.2.2.21 痕跡標高分布（浜市）

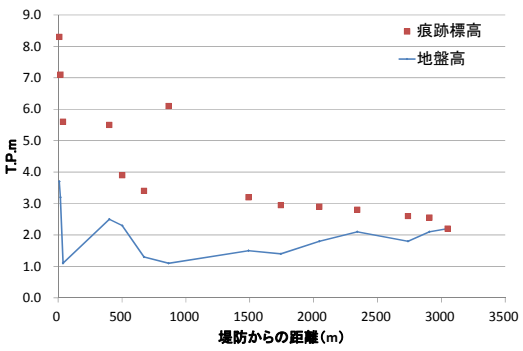


図-3.2.2.22 痕跡標高分布（大曲）

③陸前高田

図-3.2.2.23に陸前高田における津波痕跡高調査測線を示す。また、この測線毎の痕跡標高分布を**図-3.2.2.24**に示す。**図-3.2.2.24** 痕跡標高分布（陸前高田）の測線1～3の結果より、痕跡標高の津波遡上方向への減衰は見られず、仙台平野南部の測線と同様に痕跡標高が平行若しくは上昇していく特徴が見られた。これは、平地部が狭く丘陵状の地形により津波の遡上が妨げられたためと考えられる。



図-3.2.2.23 津波痕跡高調査測線（陸前高田）

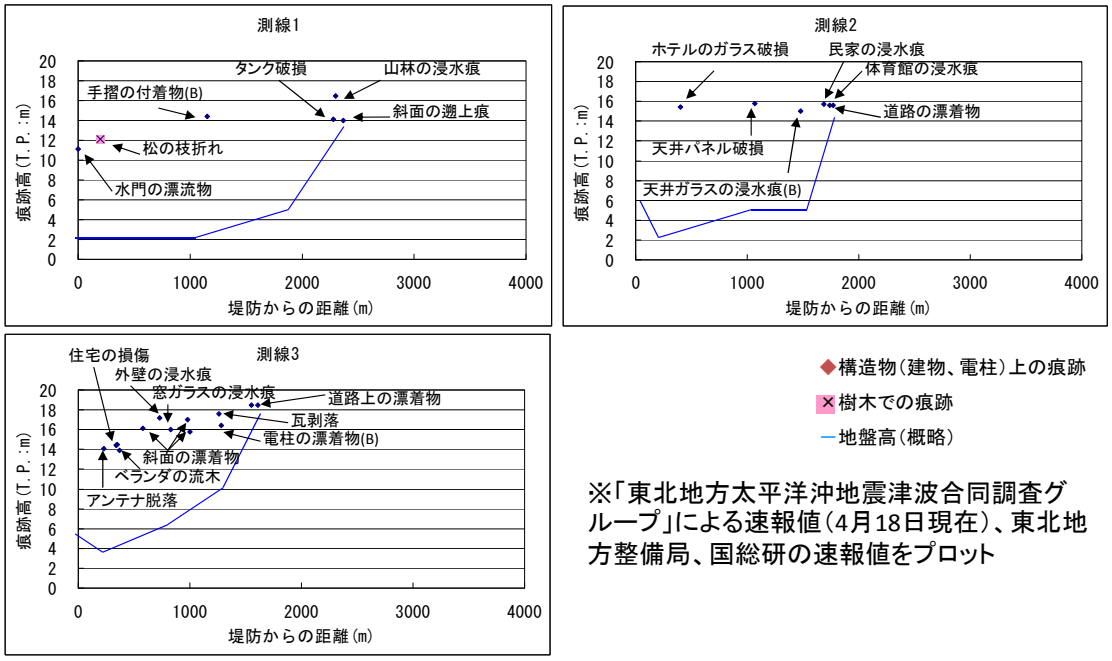


図-3.2.2.24 痕跡標高分布（陸前高田）

④宮古市田老地区

図-3.2.2.25に宮古市田老地区における津波痕跡高調査測線を示す。また、この測線毎の痕跡標高分布を**図-3.2.2.26**に示す。**図-3.2.2.26** 痕跡標高分布（宮古市田老地区）の測線1～2の結果より、痕跡標高の津波遡上方向への減衰は見られず、仙台平野南部及び陸前高田の測線と同様に痕跡標高が平行若しくは上昇していく特徴が見られた。これは、陸前高田と同様に平地部が狭く丘陵状の地形により津波の遡上が妨げられたためと考えられる。

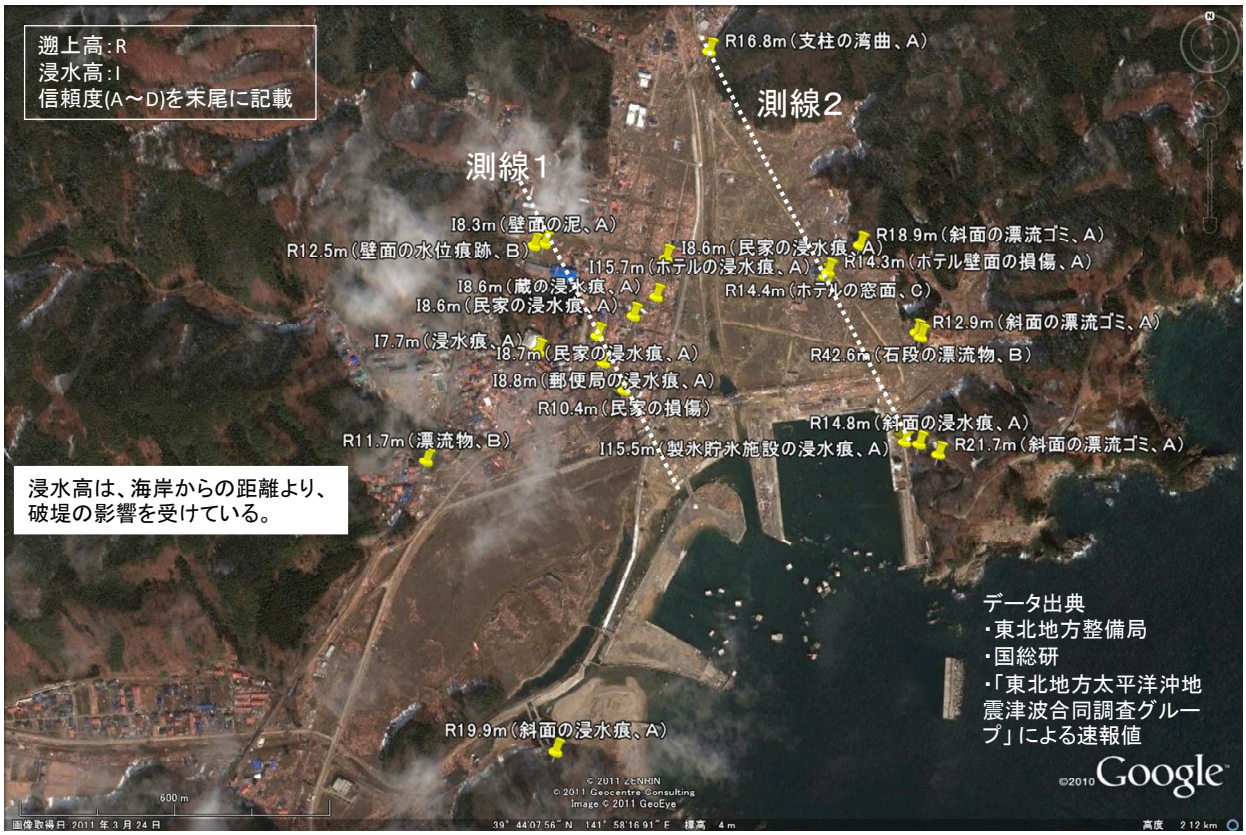
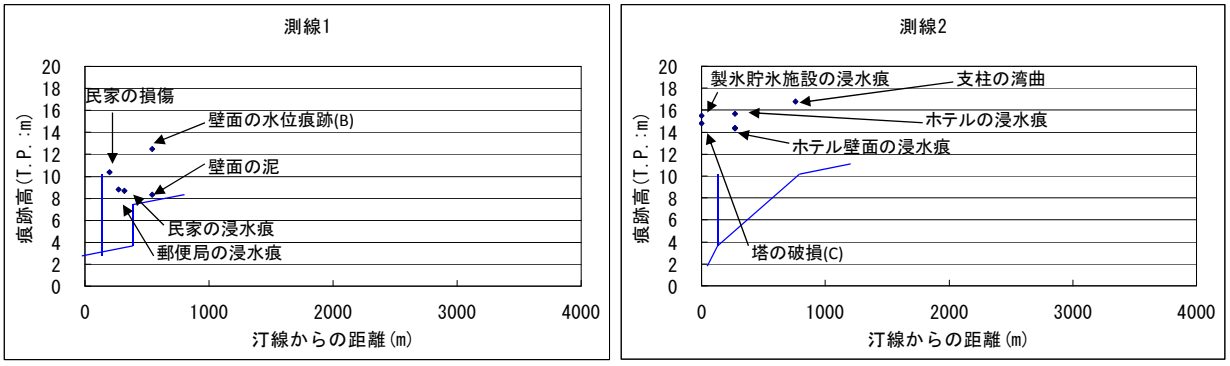


図-3.2.2.25 津波痕跡高調査測線（宮古市田老地区）



※「東北地方太平洋沖地震津波合同調査グループ」による速報値（4月18日現在）、東北地方整備局、国総研の速報値をプロット

図-3.2.2.26 痕跡標高分布（宮古市田老地区）

5)まとめ

以上により下記のことがわかった。

①遡上域が広い平野部では津波痕跡標高が津波遡上方向に減衰すること

②平野部とは対照的に遡上域が狭い場所では、津波痕跡標高は津波遡上方向に対し減衰せず、上昇する場合もあること（これは地表・建物等地物との摩擦等により減衰する前に、丘陵状の地形により津波の遡上が妨げられたため流れの運動エネルギーが位置エネルギーに変化したものと考えられる）

(2) 津波浸水計算による遡上津波の特性把握

1) 解析の方法

陸上に遡上した津波の特性を把握するため、仙台平野南部、陸前高田市、宮古市田老地区を対象に、海岸堤防がない条件及びある条件で津波浸水計算を行い、浸水深や流速を比較した。

東北地方太平洋沖地震の断層モデルの一つである藤井・佐竹モデルver4.0[1]を用いて、Okada（1992）[2]の手法により地盤変位量を算定し、それを初期波形として、非線形長波方程式に基づく平面二次元モデルで津波浸水計算を行った。ただし、断層モデルのパラメータのうちすべり量については、各地区の浸水状況の再現性を高めるためにチューニングを行っている。また、東北地方太平洋沖地震では、地殻変動による地盤変動が顕著であったことから、国土地理院の実測値に基づいて、被災前の標高データから仙台平野南部で0.5m、陸前高田市で0.7m、宮古市田老地区で0.5mだけ一律に沈降させた。

2) 仙台平野南部を対象とした解析

津波浸水計算の計算条件を**表-3.2.2.2**に示す。計算格子間隔は、波源域を含む沖合から1350m、450m、150m、50m、10mと対象地域に近づくにつれて小さくするように設定した。

表-3.2.2.2 計算条件（仙台平野南部）

項目	内容
計算格子間隔	（波源～沿岸） 1350m, 450m, 150m, 50m, 10m
計算時間	3時間
計算時間間隔	0.1秒
潮位条件	朔望平均満潮位（T.P. +0.76m）
陸上遡上における波先端の打ち切り水深	10^{-5}m
粗度係数	0.025
越流境界（防波堤、堤防等）	本間公式による越流計算

また、津波来襲時の潮位（T.P. -0.42m）、海岸堤防等が破壊されない条件での津波浸水計算を別途実施し、177点の痕跡データを用いて相田（1977）[3]の幾何平均K、幾何標準偏差κを算出した結果、藤井・佐竹モデルver4.0のすべり量を1.2倍にすることで概ね良好な再現性（K=0.87、κ=1.34）が得られることが確認された。

海岸堤防等の構造物条件は、**図-3.2.2.27**に示す3ケースを設定した。ケース１では、海岸堤防等はないものとした。ケース２では、海岸堤防等は東北地方太平洋沖地震時点での高さとしており、海岸堤防の高さは3.0～7.2mとなっている。ケース３は、相田（1977）による昭和三陸地震の断層モデルを用いた津波浸水計算によって得られた対象地域での最高水位に相当するT.P.+4.0mを海岸堤防等の高さとした。

図-3.2.2.28は、仙台市内に設定した岸沖方向の断面において、水深10m地点、施設前面（海岸堤防の海側）、施設背面（海岸堤防の陸側）における水位の時間的変化を示している。最高水位は、第一波の到達直後に発生しており、水深10m地点及び施設前面ではケース２、ケース３、ケース１の順に大きく、施設背面ではその逆の順になっている。海岸堤防によって、その海側の水位が上昇する一方、その陸側の水位が低下しているものと考えられる。

図-3.2.2.29は、各ケースの最大浸水深の平面分布を示している。浸水範囲についてはケース間の違いが明瞭ではないが、最大浸水深についてはケース２、ケース３、ケース１の順に小さく、堤防が高いほど最大浸水深が小さくなる傾向が認められる。なお、浸水域中央よりやや西側において最大浸水深が大きく変化する箇所が南北に蛇行しているが、これは仙台東部道路及び常磐自動車道の盛土の影響である。

図-3.2.2.30は、各ケースの最大流速の平面分布を示している。仙台東部道路や常磐自動車道に近づくにつれて、ケース１と比べ、ケース２及びケース３の最大流速が小さくなる傾向が見られる。

図-3.2.2.31は、ケース１とケース２について、浸水域内に設定した３点における浸水深hと流速vとの関係を5秒間隔で出力したものである。図中には、フルード数0.5、1、2となる浸水深と流速の関係式も示している。最も海側にある地点①では、津波先端部の到着直後に流速が大きく、その流速が概ね保たれたまま浸水深が増加した後、フルード数が1未満になった時点で浸水深が最大となり、その後に浸水深、流速とも減少している。このような反時計回りの時間的変化は地点②でも見られるが、地点①では仙台東部道路の盛土の影響のため明瞭ではない。なお、３地点とも、ケース１よりケース２の方が浸水深、流速とも小さくなっており、海岸堤防による浸水深及び流速の低減効果が認められる。

図-3.2.2.32は、各ケースについて、浸水深帯別の

面積を浸水深が大きい方から累加した結果である。浸水の総面積はケース１、ケース３、ケース２の順に大きいものの、その差は比較的小さいのに対し、浸水深5m以上の面積は、ケース１はケース２の約2倍となっている。このことから、この地域では、堤防によって、浸水深が比較的大きい範囲を減少する効果があるものと考えられる。

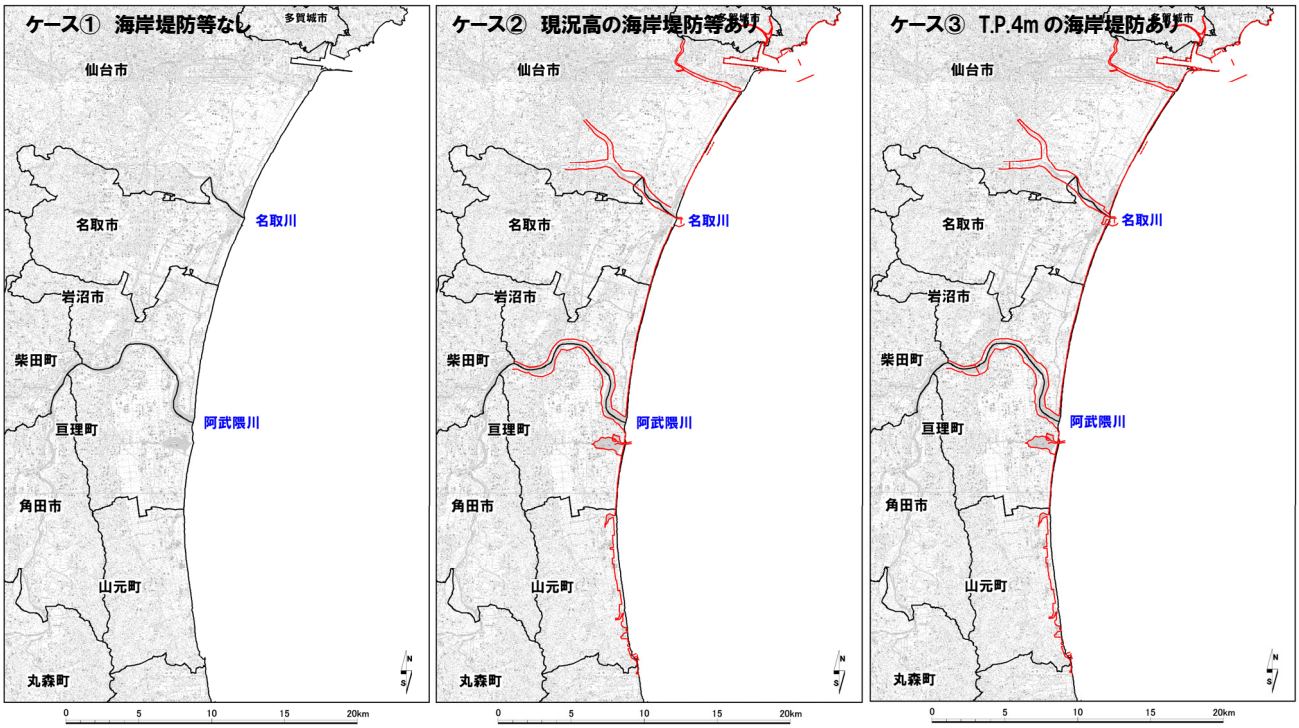


図-3.2.2.27 各ケースの施設配置（国土地理院の数値地図25000（地図画像）を背景に使用）

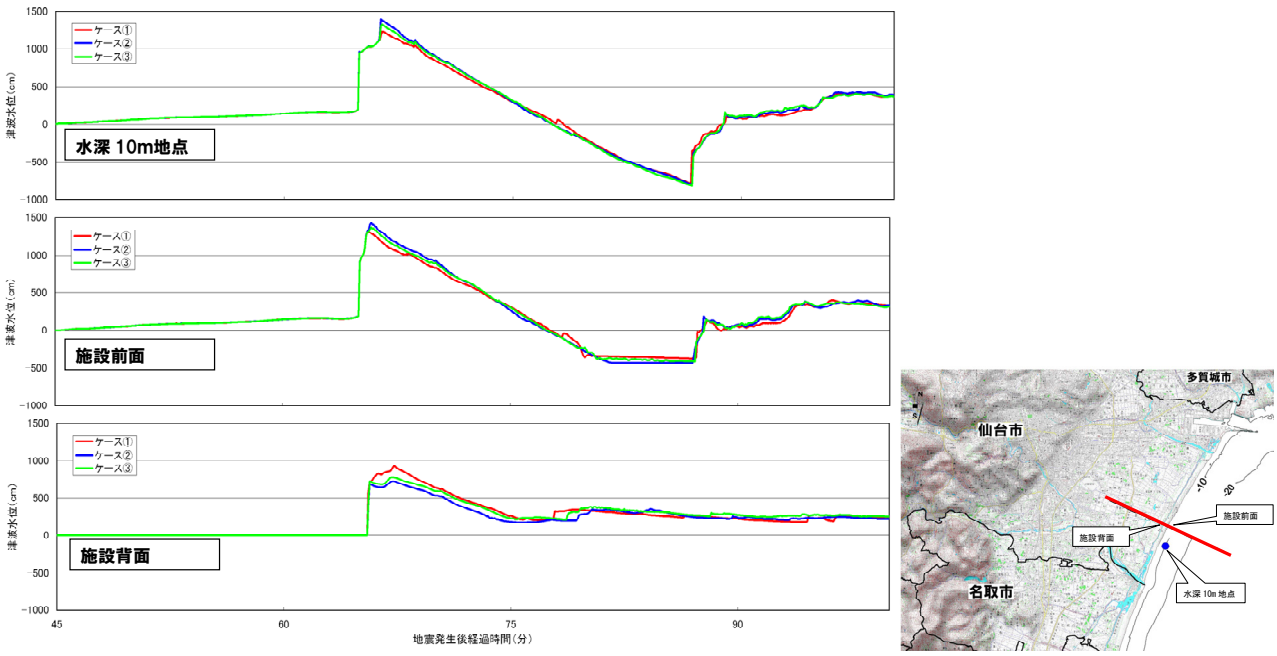


図-3.2.2.28 津波水位の時系列（国土地理院の数値地図25000（地図画像）を背景に使用）

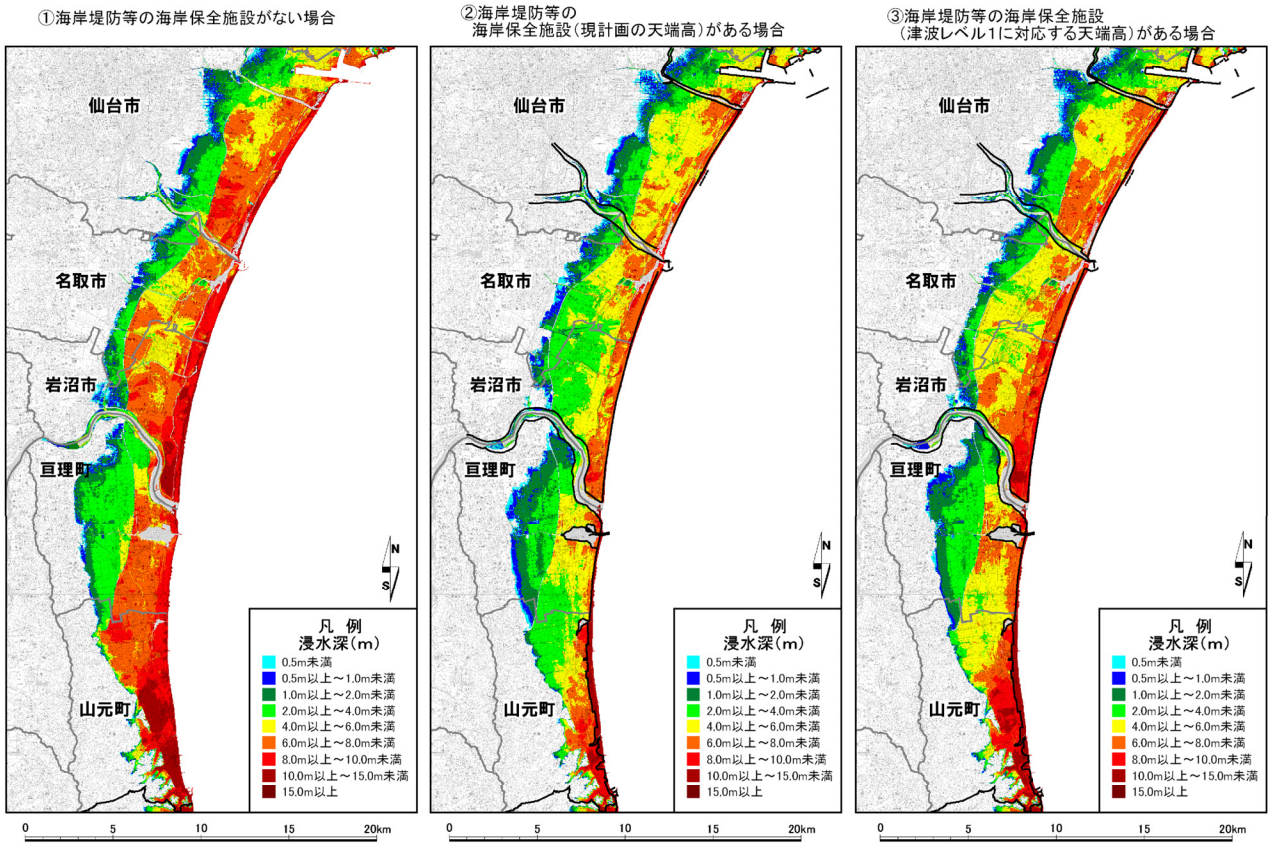


図-3.2.2.29 最大浸水深（左：ケース１、中：ケース２、右：ケース３）
（国土地理院の数値地図25000（地図画像）を背景に使用）

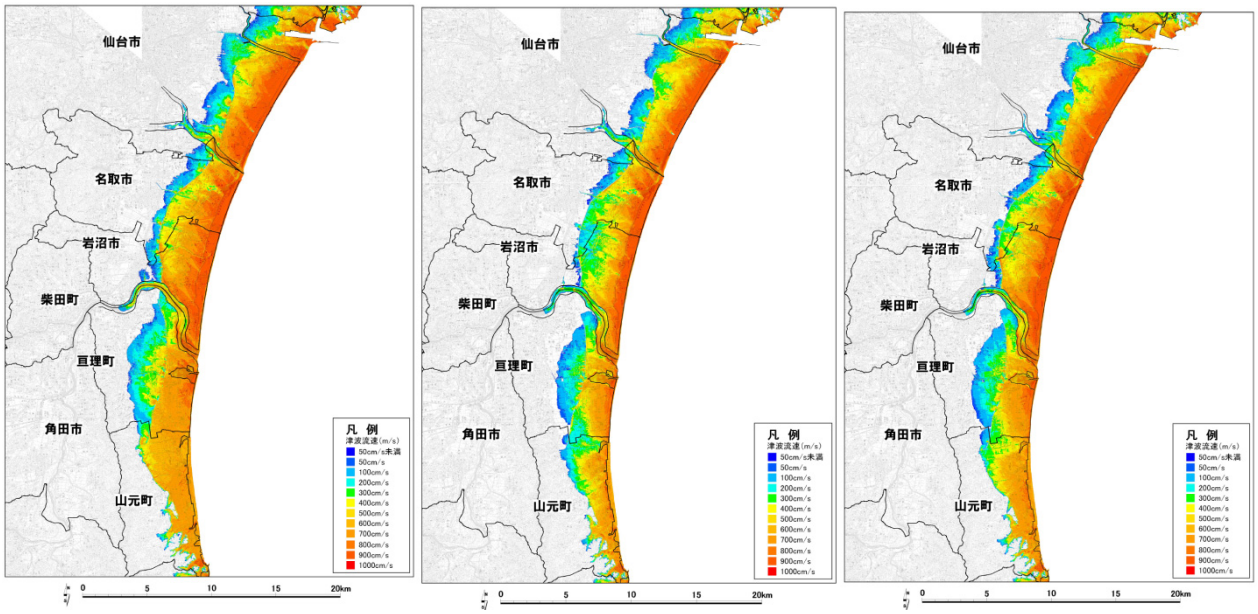


図-3.2.2.30 最大流速（左：ケース１、中：ケース２、右：ケース３）
（国土地理院の数値地図25000（地図画像）を背景に使用）

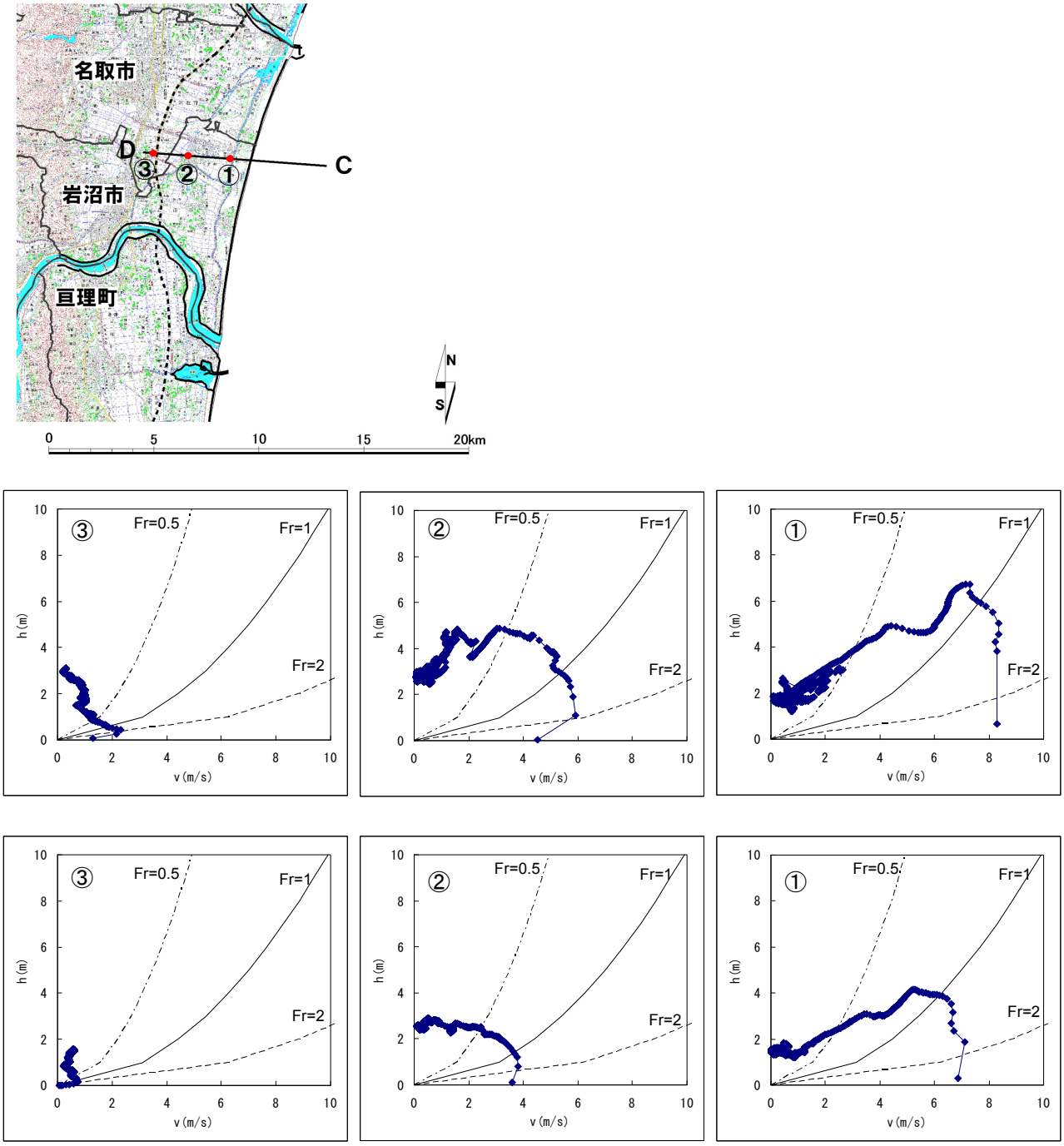


図-3.2.2.31 浸水深と流速との関係（上段：ケース１、下段：ケース２）
（国土地理院の数値地図25000（地図画像）を背景に使用）

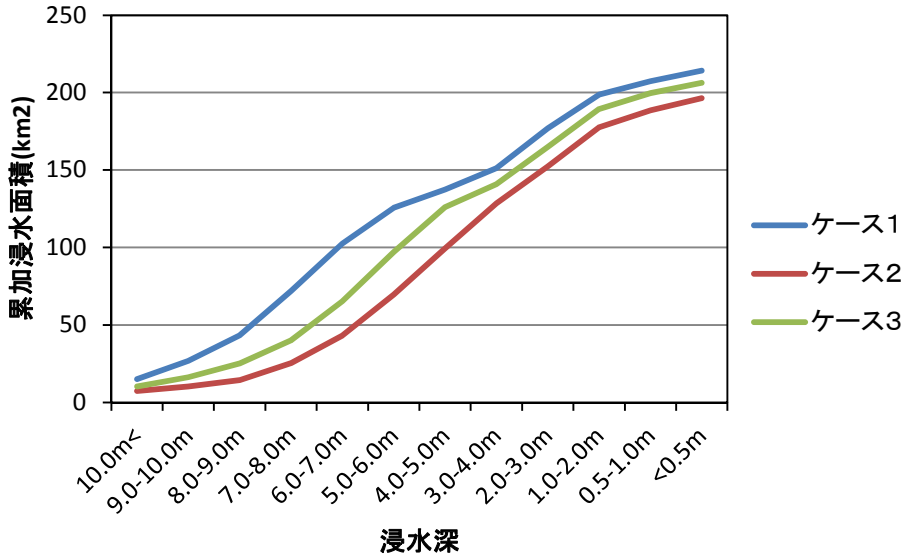


図-3.2.2.32 浸水深帯別の累加浸水面積

3) 陸前高田を対象とした解析

津波浸水計算の計算条件を**表-3.2.2.3**に示す。計算格子間隔は、波源域を含む沖合から3240m、1080m、360m、120m、40m、10mと対象地域に近づくにつれて小さくするように設定した。

表-3.2.2.3 計算条件（陸前高田市）

項目	内容
計算格子間隔	（波源～沿岸） 3240m, 1080m, 360m, 120m, 40m, 10m
計算時間	3時間
計算時間間隔	0.2秒
潮位条件	朔望平均満潮位（T.P. +0.65m）
陸上遡上における波先端の打ち切り水深	10^{-5}m
粗度係数	0.025
越流境界（防波堤、堤防等）	本間公式による越流計算

また、岩手県津波防災技術専門委員会で行われた再現計算の結果をふまえ、対象地域での津波の再現性を高めるため、断層モデルのすべり量を藤井・佐竹モデルver4.0の1.3倍に設定した。

海岸堤防等の構造物条件は、**図-3.2.2.33**に示す3ケースを設定した。ケース１では、海岸堤防等はないものとした。ケース２では、海岸堤防等は東北地方太平洋沖地震時点での高さとしており、海岸堤防の高さは4.95～6.15mとなっている。ケース３は、相田（1977）による昭和三陸地震の断層モデルを用いた津波浸水計算によって得られた対象地域での最高水位に相当するT.P.+5.2mを海岸堤防等の高さとした。

図-3.2.2.34は、水深10mの3点における水位の時系列を示している。水位は地震発生から30分後までに低下した後、T.P.+13～15mまで急激に上昇している。また、仙台平野南部とは異なり、水深10mでの水位はケース間の差がほとんど見られない。

図-3.2.2.35は、各ケースの最大浸水深の平面分布を示している。最大浸水深は広範囲で10mを超えているが、浸水範囲はケース間の違いが明瞭ではない。また、ケース１とケース２の最大浸水深の差を示した**図-3.2.2.36**のように、最大浸水深は、海岸堤防より陸側ではケース２の方が小さく、海側ではケース１の方が小さい傾向が認められる。

最大流速は、**図-3.2.2.37**のように、広範囲で5m/s程度になっている。最大浸水深と同様に最大流速をケース間で比較したところ（**図-3.2.2.38**）、海岸堤防があるケースでは、海岸堤防の陸側で1m/s程度大きくなる一方、海岸堤防の海側では小さくなっている。

図-3.2.2.39は、ケース１とケース２について、浸水域内に設定した３点における浸水深hと流速vとの関係を5秒間隔で出力したものである。第１線堤と第２線堤に挟まれた地点④では、第１波の押しと引きにおいて流速が極大となっており、堤防があるケース２の方が、浸水深が速く上昇している。海岸堤防

の陸側に位置する地点⑤及び⑥では、仙台平野南部と同様の反時計回りの時間的変化が見られるが、浸水深が最大となる時点では流速はかなり小さくなっている。このことは陸上に遡上した津波が重複波の状態になっていることを示しており、陸前高田の痕跡高が内陸方向に減衰していなかったことと整合している。三陸沿岸のように平野が比較的狭い地区では、同様の現象が生じていたことが推察される。

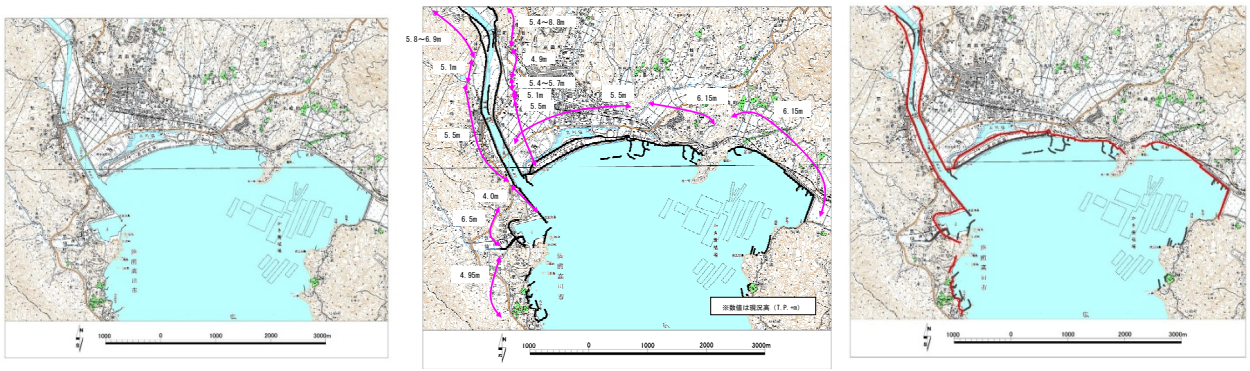
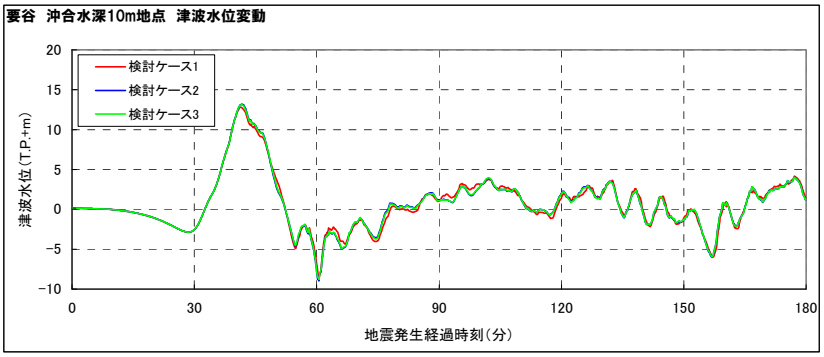
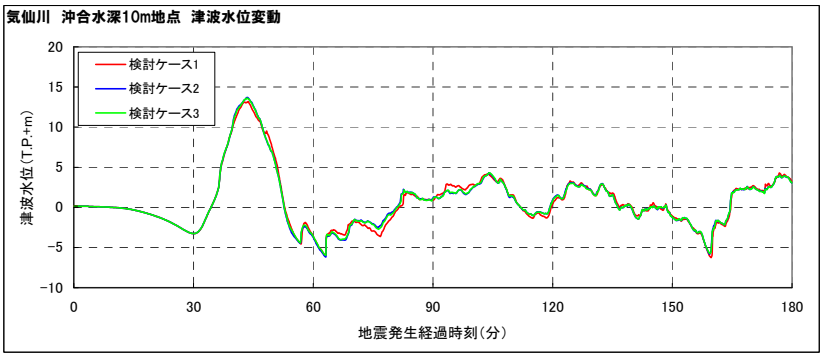
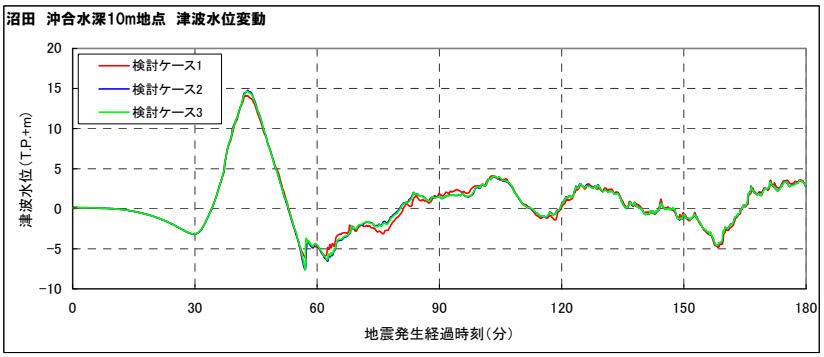


図-3.2.2.33 各ケースの施設配置（左：ケース１、中：ケース2、右：ケース3）
（国土地理院の数値地図25000（地図画像）を背景に使用）







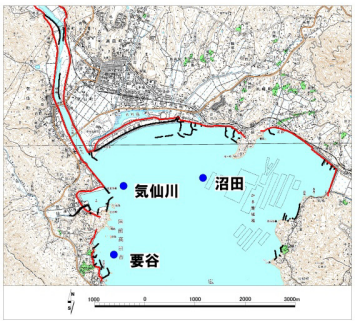


図-3.2.2.34 津波水位の時系列（国土地理院の数値地図25000（地図画像）を背景に使用）

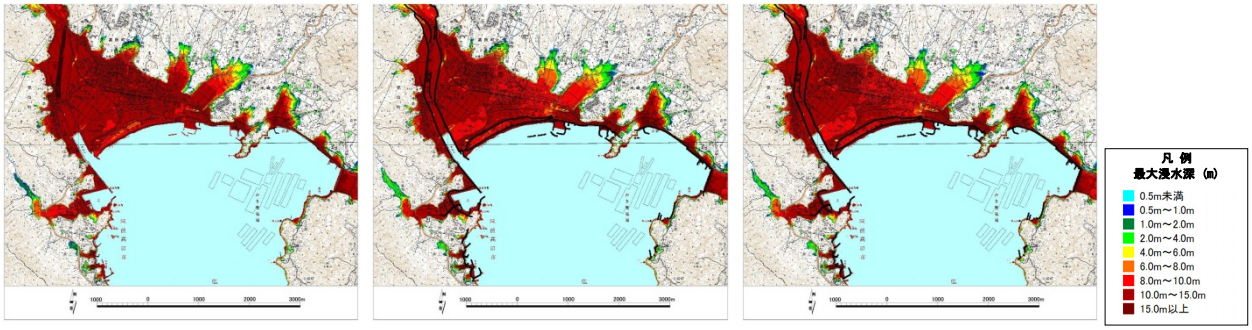


図-3.2.2.35 最大浸水深（左：ケース１、中：ケース2、右：ケース3）
（国土地理院の数値地図25000（地図画像）を背景に使用）

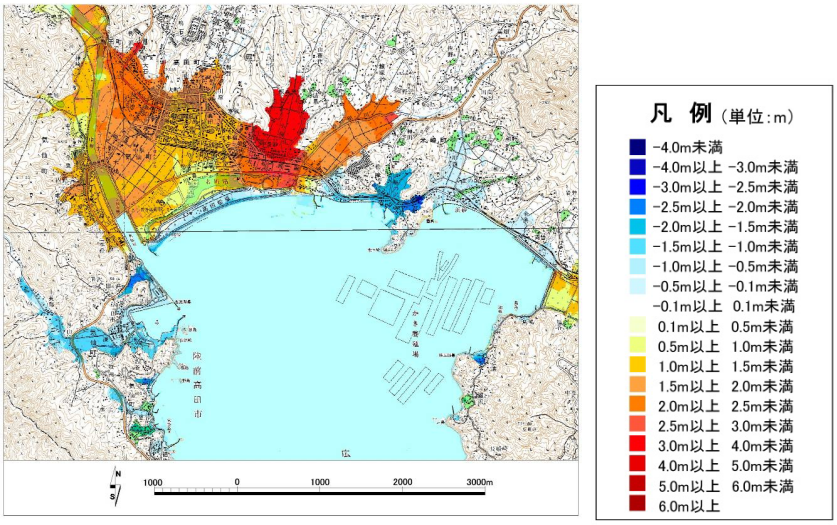


図-3.2.2.36 最大浸水深の差（ケース１－ケース２）
（国土地理院の数値地図25000（地図画像）を背景に使用）

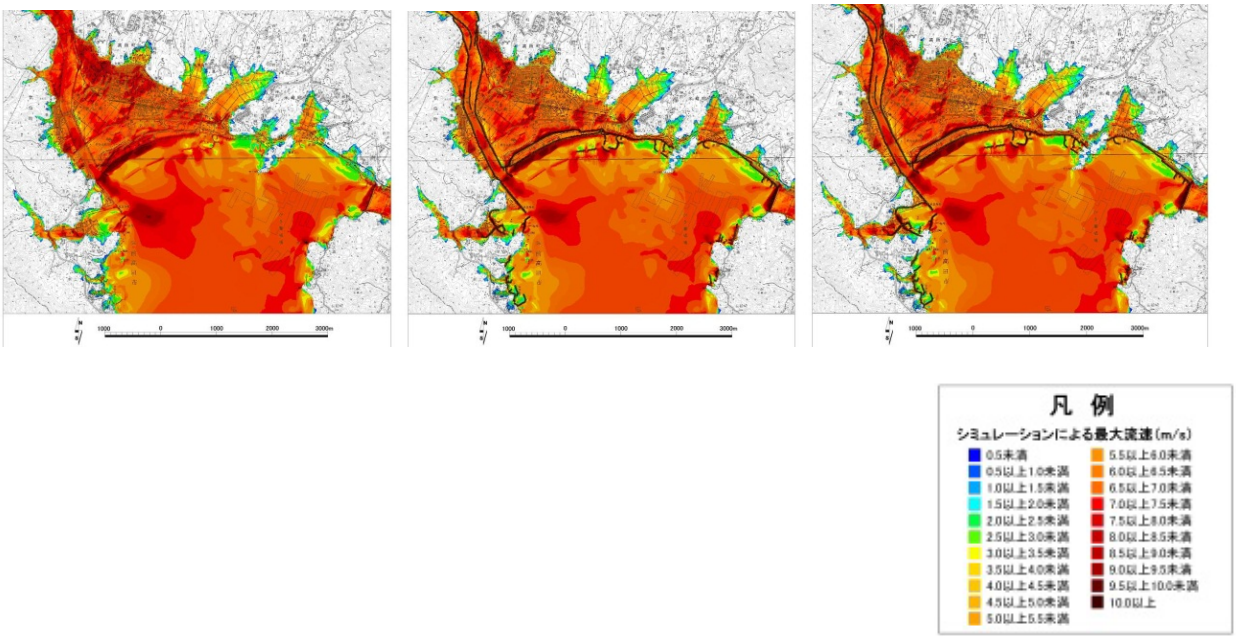


図-3.2.2.37 最大流速（左：ケース１、中：ケース2、右：ケース3）
（国土地理院の数値地図25000（地図画像）を背景に使用）

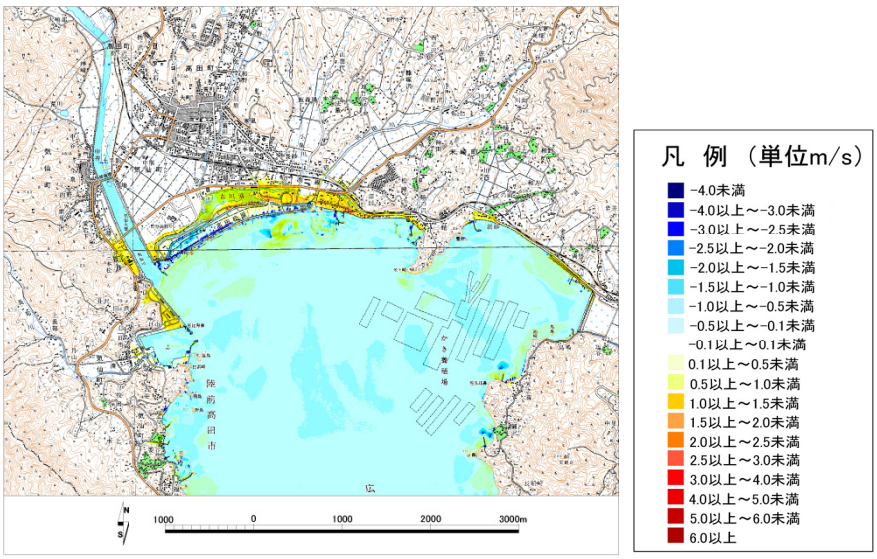


図-3.2.2.38 最大流速の差（ケース１－ケース２）
（国土地理院の数値地図 25000（地図画像）を背景に使用）

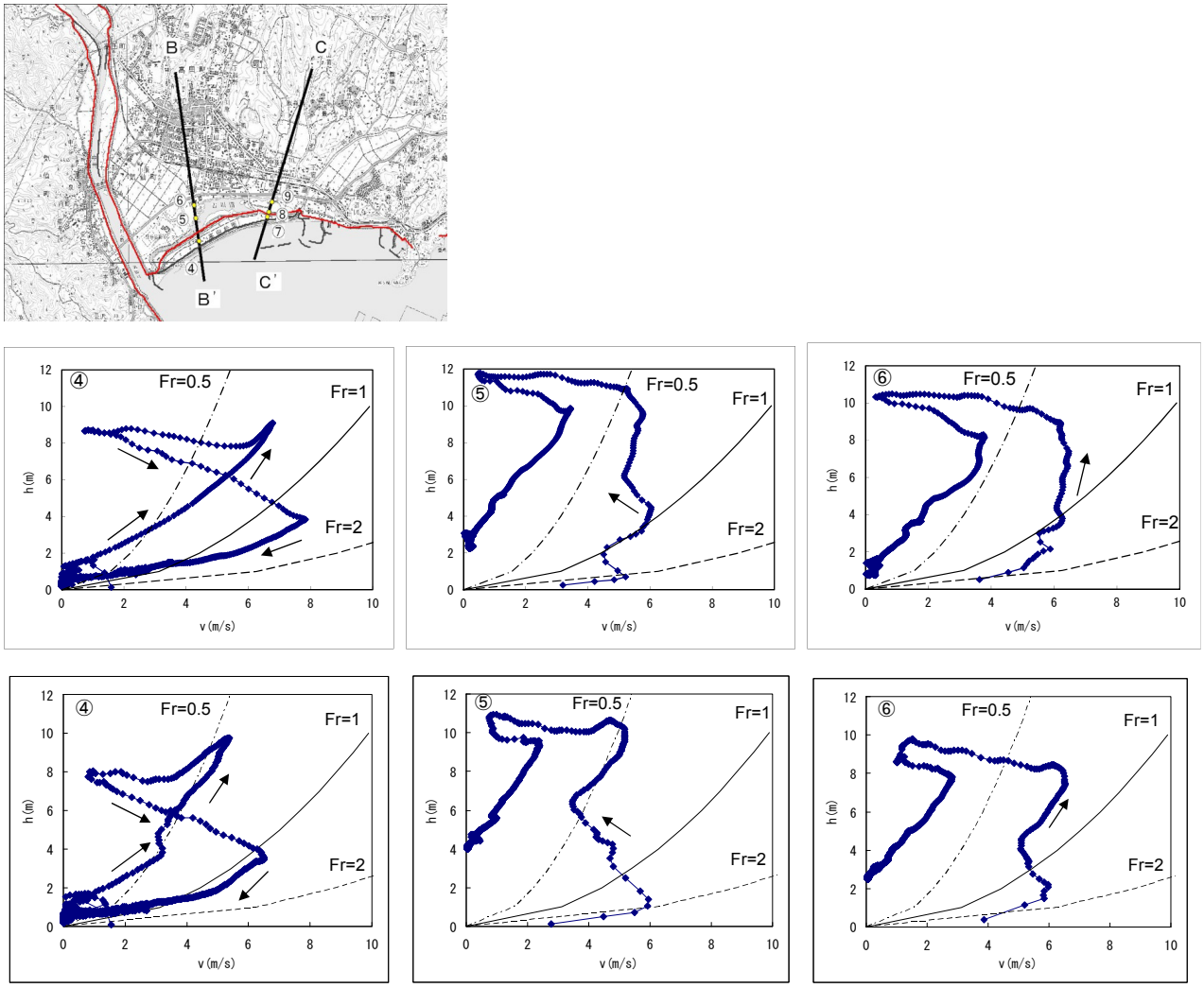


図-3.2.2.39 浸水深と流速との関係（上段：ケース１、下段：ケース２）
（国土地理院の数値地図25000（地図画像）を背景に使用）

4) 宮古市田老地区を対象とした解析

津波浸水計算の計算条件を**表-3.2.2.4**に示す。計算格子間隔は、波源域を含む沖合から3240m、1080m、360m、120m、40m、20m、10mと対象地域に近づくにつれて小さくするように設定した。

表-3.2.2.4 計算条件（宮古市田老地区）

項目	内容
計算格子間隔	（波源～沿岸） 3240m, 1080m, 360m, 120m, 40m, 20m, 10m
計算時間	3時間
計算時間間隔	0.2秒
潮位条件	朔望平均満潮位（T.P. +0.69m）
陸上遡上における波先端の打ち切り水深	10^{-5}m
粗度係数	0.025
越流境界（防波堤、堤防等）	本間公式による越流計算

また、岩手県津波防災技術専門委員会で行われた再現計算の結果をふまえ、対象地域での津波の再現性を高めるため、断層モデルのすべり量を藤井・佐竹モデルver4.0の2.9倍に設定した。

海岸堤防等の構造物条件は、**図-3.3.40**の上部に示すように、ケース１として海岸堤防等がない条件、ケース２として東北地方太平洋沖地震時点での高さ（海岸堤防の高さはT.P.+10.0m）の海岸堤防等がある条件、ケース３として最前線の海岸堤防（**図-3.3.40**の地図において黄線の部分）の高さをT.P.+13.0m（昭和三陸地震で越流しない高さ）とした条件を設定した。

図-3.3.40の地図中に示された4点の浸水深の時系列を見ると、水深10mにある地点①ではケース間の差がほとんどないが、陸上の3点（②～④）では、海岸堤防等がない条件のケース１と比べて、海岸堤防等があるケース２及び３の方が、浸水の開始時刻が遅く、最大浸水深が小さくなっている。

図-3.3.41によれば、最大浸水深が広範囲で10m以上となるケース１と比べて、海岸堤防があるケース２及び３の方が、堤内地のほとんどにおいて最大浸水深が小さくなっていることがわかる。その傾向はケース１と２の最大浸水深を比べた**図-3.2.2.42**においても明瞭であり、２線の海岸堤防の内側となる浸水域の北西部では浸水深が6m以上減少している箇所もある。

図-3.2.2.43は最大流速の平面分布を示している。海岸堤防等がない条件のケース１では、6m/s以上の範囲が大きく広がり、一部で8m/s以上になっている。海岸堤防等がある条件のケース２と３では、海岸堤防のすぐ陸側で8m/s以上となる一方、海岸堤防の海側や、海岸堤防からある程度陸側に入ったところでは6m/s以下となっている。ケース１と２の最大流速を比較した**図-3.2.2.44**でも、同様の傾向が認められる。海岸堤防があるケースでの最大流速の低減が仙台平野南部や陸前高田と比べて顕著であるが、これは田老地区の堤防が比較的高いことが影響しているものと考えられる。

以上のように、海岸堤防によりその陸側の最大浸水深が小さくなることが確認された。ただし、海岸堤防のすぐ陸側では、最大流速が大きくなることに留意する必要がある。

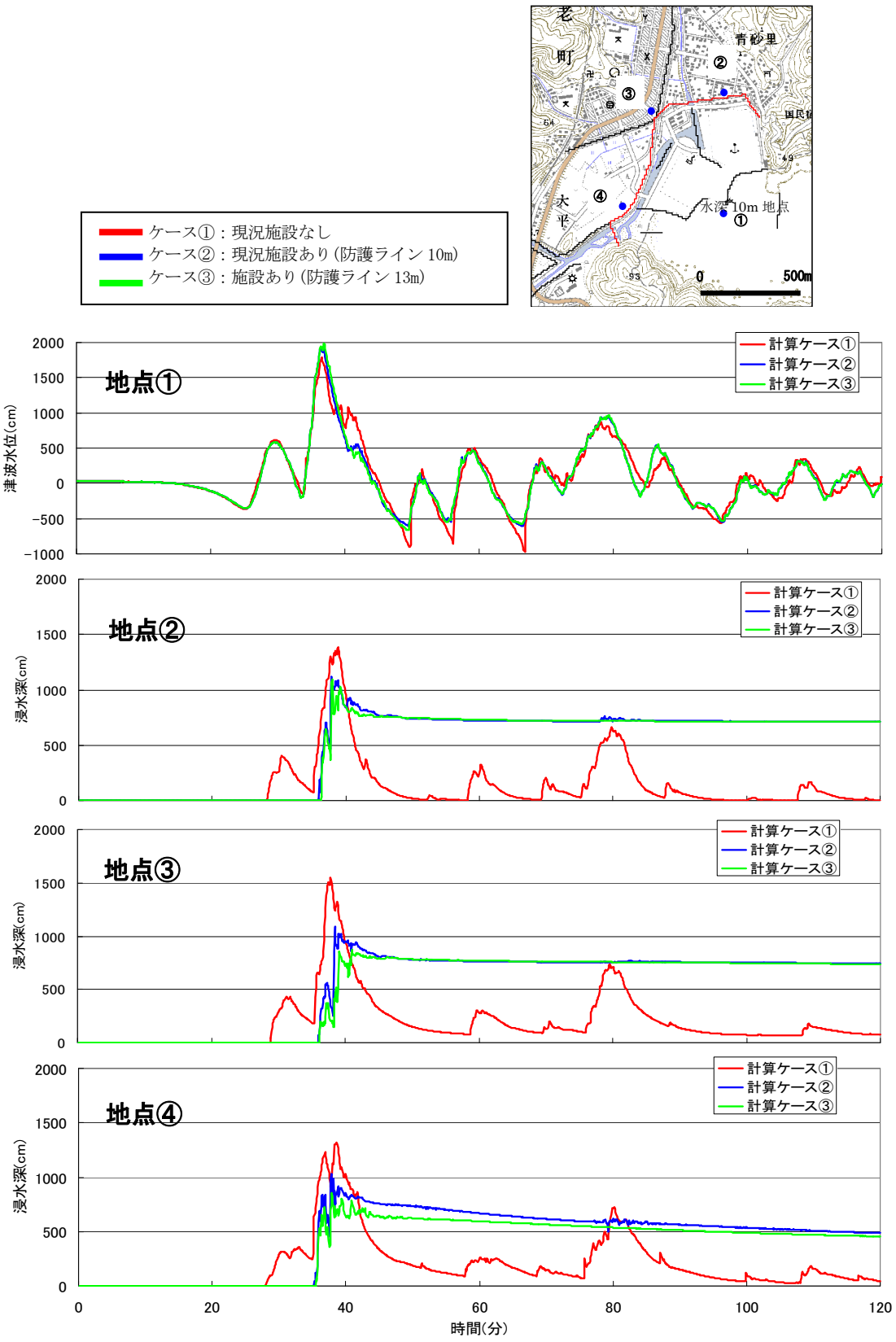


図-3.2.2.40 津波水位の時系列

（国土地理院の数値地図25000（地図画像）を背景に使用）

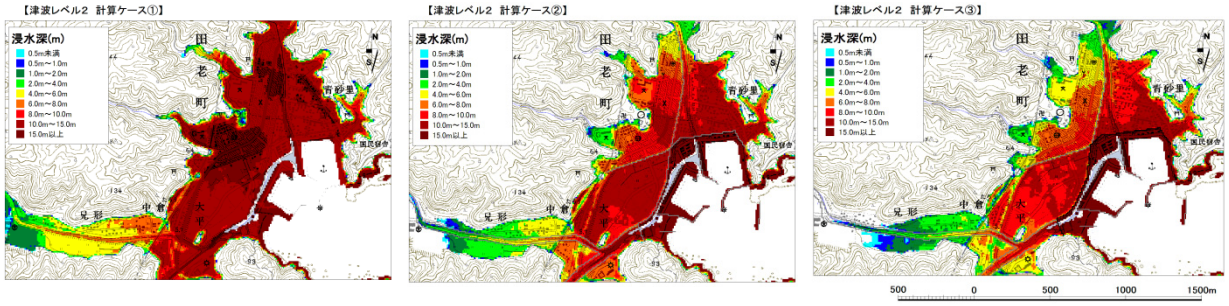


図-3.2.2.41 最大浸水深（左：ケース１、中：ケース2、右：ケース3）
（国土地理院の数値地図25000（地図画像）を背景に使用）

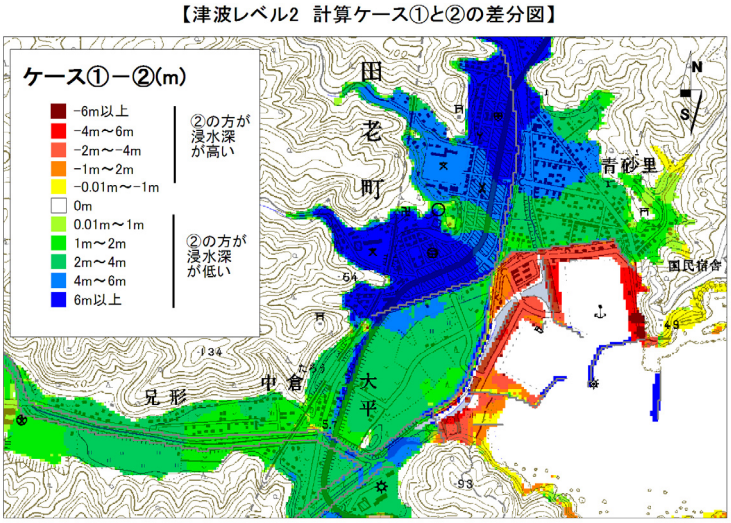


図-3.2.2.42 最大浸水深の差（ケース１－ケース２）
（国土地理院の数値地図25000（地図画像）を背景に使用）

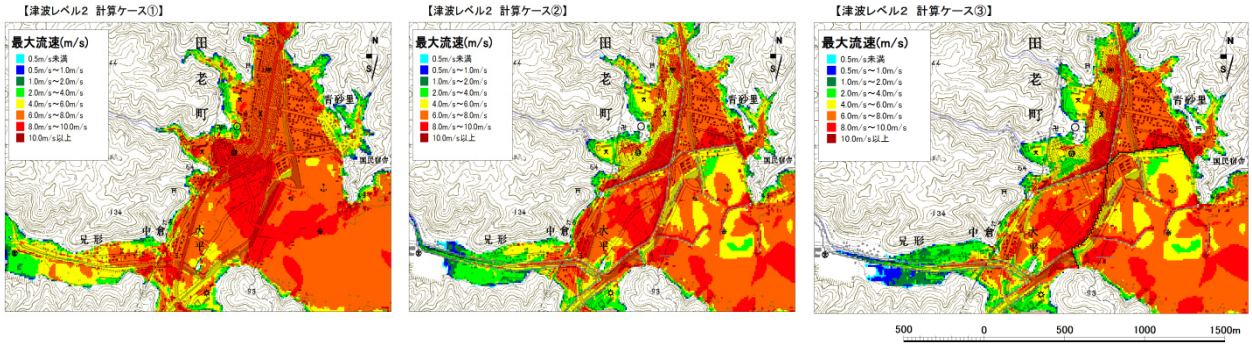


図-3.2.2.43 最大流速（左：ケース１、中：ケース2、右：ケース3）
（国土地理院の数値地図25000（地図画像）を背景に使用）

【津波レベル2　計算ケース①と②の最大流速差分図】

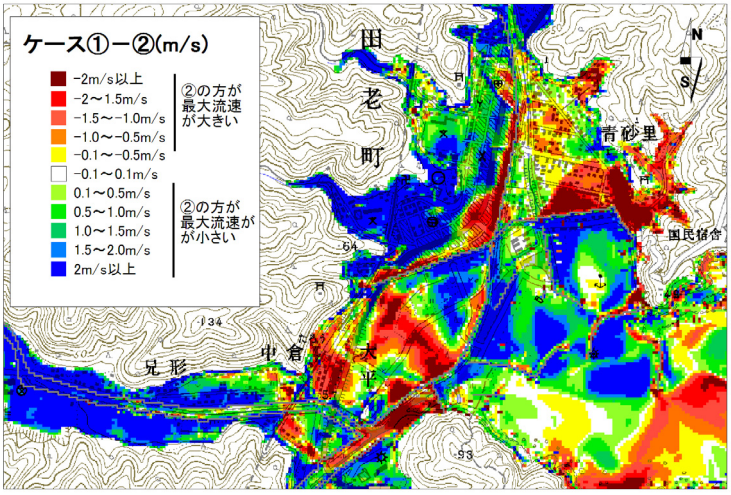


図-3.2.2.44 最大流速の差（ケース１－ケース２）
（国土地理院の数値地図 25000（地図画像）を背景に使用）

5）まとめ

津波浸水計算により陸上に遡上した津波の特性を検討した結果、浸水深及び流速の時間的変化の傾向が仙台平野南部と陸前高田との間で異なることなどが明らかになった。また、設計条件を超える津波が海岸堤防を越流しても、海岸堤防により浸水深等が減少する効果が認められた。このことは、津波が越流しても海岸堤防が粘り強く効果を発揮することが背後地の減災に資することから、粘り強い構造の検討の重要性を示している。

参考文献

1）国土交通省国土技術政策総合研究所 ・独立行政法人建築研究所：平成23年（2011年）東北地方太平洋沖地震（東日本大震災）調査研究（速報）、国土技術政策総合研究所資料、No.636、建築研究資料、No.132、pp. 4-43-45、2011

2）Okada, Y.: Internal deformation due to shear and tensile faults in a half-space, Bulletin of the Seismological Society of America, Vol.82, No.2, pp.1018-1040, 1992

3）相田勇：三陸沖の古い津波のシミュレーション、東京大学地震研究所彙報、第52号、pp. 71-101、1977

3.2.2.2 港湾

(1) 津波痕跡高

東日本大震災で被災した施設の早期復旧には、被災状況の把握、被災原因の究明が不可欠である。このため国総研では、国土交通省等の要請を受け被災状況の調査を行った。いずれの調査も(独)港湾空港技術研究所と合同で行っている。

被害調査は、津波班、地震班に分けて行われているが、ここでは以下に示す津波班による津波遡上状況等の調査結果について報告する。

(調査の概要)

① 平成23年3月16日～19日　1名の職員を釜石港、大船渡港の被害調査へ派遣
② 平成23年3月16日～19日　2名の職員を八戸港、久慈港の被害調査へ派遣
③ 平成23年3月27日～30日　1名の職員を釜石港、宮古港の被害調査へ派遣
④ 平成23年4月5日～8日　2名の職員を相馬港、小名浜港の被害調査へ派遣
⑤ 平成23年4月5日～6日　1名の職員を鹿島港、茨城港の被害調査へ派遣

現地調査において測定した津波痕跡高（合計105地点）を**図-3.2.2.45**に示す。測定地点や津波痕跡の内容などの詳細については、調査速報[1)]を参考にしていただきたい。これらの津波痕跡高は、最大波の発生時刻が必ずしも明確でないことを考慮し、すべて津波到達時の天文潮位を基準面として整理した。

浸水高に着目すると、気仙沼市から女川町にかけて浸水高13mを越える非常に大きな津波が来襲しており、女川町女川港で最大18.4mが観測されている。また、宮古市から大船渡市、仙台市にから相馬市にかけての海岸に浸水高が10m近い津波が来襲したと考えられる。釜石市の釜石港では、浸水高が、釜石湾のすぐ北側に隣接する両石湾（釜石市両石町）内で16～17mであるのと比べて小さくなっており、湾口防波堤の影響と考えられる。同じ地域内でも、構造物や地形の影響により津波痕跡高にばらつきがみられる。

青森県、岩手県、宮城県、福島県の各県では、津波による被害想定を実施している。このうち、最大の予測値を示すことの多い明治三陸津波の想定結果を北から順に示すと、青森県の八戸港白銀地区で最大浸水深4.0～6.0m、岩手県の宮古市田老町で最大遡上高16.8m、宮古市津軽石で最大遡上高8.4m、釜石市港奥で最大遡上高8.0m、大船渡市大船渡湾奥で最大遡上高7.0m、宮城県の石巻市で最高水位3.0m、仙台港奥部で最高水位2.3m、福島県の相馬港で最大遡上高4.9m、小名浜港で最大遡上高4.0mとなっている。なお、宮城県については第四次地震被害想定調査の平成23年2月に中間報告した結果を用いている。

これらを**図-3.2.2.45**の津波痕跡高と比較すると、どの値も明治三陸津波の想定とくらべて非常に大きな値となっている。とくに岩手県より南で非常に大きくなっている。

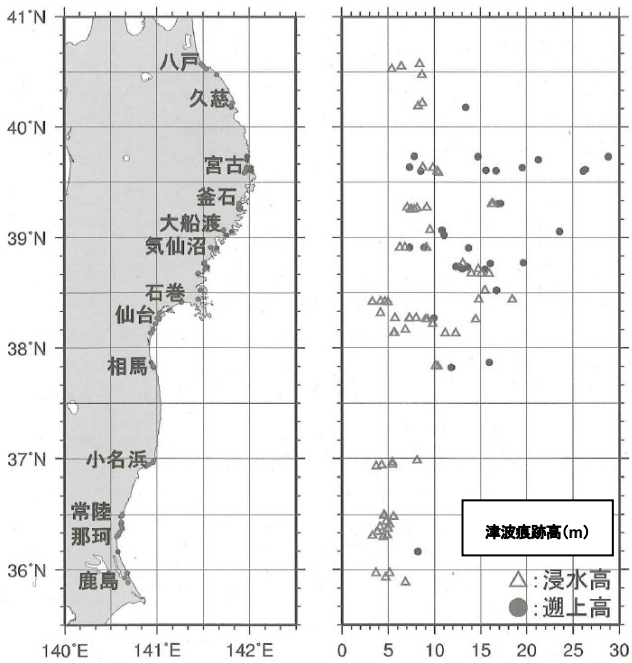


図-3.2.2.45 津波痕跡高の測定結果[1)]

(2) 短波海洋レーダを用いた津波観測

短波海洋レーダは海面の流速変動を平面的に把握できるとともに、湾内や水道等での副振動モードの解析が可能であるという特徴があり、このため沖合の波浪計とあわせて津波観測への活用が期待される。国土交通省が紀伊水道に常設している短波海洋レーダによって、東日本大震災によって発生した津波を海面における流速変動として検出することに成功した[2)、3)]。これにより多くの研究者によって理論的・数値的に検討されてきた海洋レーダによる津波検知の可能性が実証された。

解析には近畿地方整備局が和歌山県雑賀崎と湊地区に常設している短波海洋レーダによって取得されたデータを用いた。観測対象領域を**図-3.2.2.46**に示す。計測は3月11日17:00から3月14日0:00までの間、観測周期15分、サンプリング10分間の観測モードで実施し、

そのうち3月11日17:00から22:38までの観測結果を解析した。

解析の結果得られた水位と視線方向流速の時系列を**図-3.2.2.47**に示す。湊地区に設置された短波海洋波レーダの視線方向流速の解析値から、津波第1波から第3波までは進行波としての性格が強いこと、それ以降は水道内に副振動が発生したことを明らかにした。

日本沿岸は複雑な地形が多い。短波海洋レーダは流れの空間分布を計測できる利点があり、沿岸域における固有モードの空間分布をあらかじめ計算しておくことは、津波被害を軽減する上で重要であると考えられる。

短波海洋レーダで津波や副振動の計測をリアルタイムで安定的に行うことができれば津波対策上きわめて有効であり、このためには①流速計測の高速化、②観測範囲の広域化と高分解能化、③通信の高度化及び④データ保存方法や電源供給方法の改良が必要である。

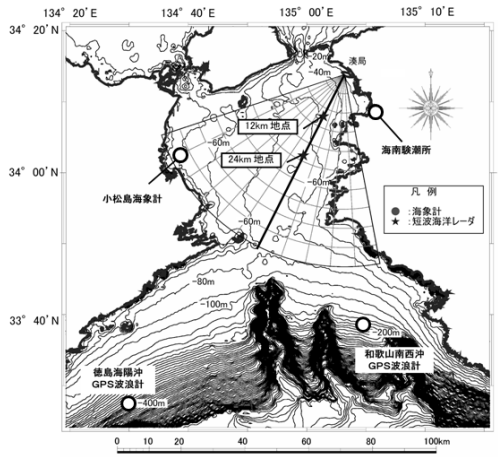


図-3.2.2.46 短波海洋レーダの観測対象海域[3)]

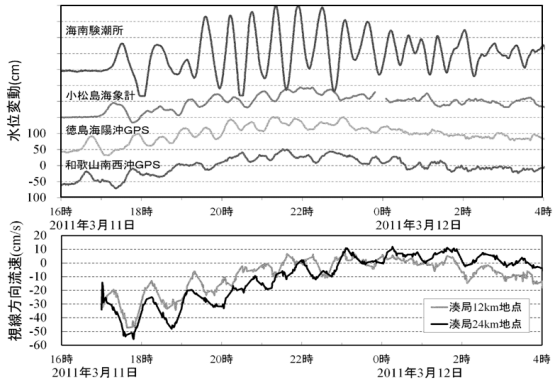


図-3.2.2.47 水位（上）と視線方向流速（下）の時系列[3)]

謝　辞

津波痕跡高の現地調査にあたっては、東北地方整備局及び関東地方整備局の全面的な支援と各自治体のご協力を得て実施している。また、短波海洋レーダを用いた津波観測にあたっては，近畿地方整備局が常設している短波海洋レーダのデータを用いている．ここに記して深甚なる謝意を表する。

参考文献

1) 高橋重雄、戸田和彦、菊池喜昭、菅野高弘、栗山善昭、山﨑浩之、長尾毅、下迫健一郎、根木貴史、菅野甚活、富田孝史、河合弘泰、中川康之、野津厚、岡本修、鈴木高二朗、森川嘉之、有川太郎、岩波光保、水谷崇亮、小濱英司、山路徹、熊谷兼太郎、辰巳大介、鷲崎誠、泉山拓也、関克己、廉慶善、竹信正寛、加島寛章、伴野雅之、福永勇介、作中淳一郎、渡邉祐二： 2011年東日本大震災による港湾・海岸・空港の地震・津波被害に関する調査速報、港湾空港技術研究所資料、No.1231、200p. 、2011

2) 日向博文、 藤良太郎、藤井智史、藤田祐一、花土弘、片岡智哉、 水谷雅裕、高橋智幸：紀伊水道における短波海洋レーダを用いた津波・副振動観測、海岸工学論文集、第59巻、2012

3) 藤井智史、 日向博文、 古川恵太、 宮田正史、 小林孝、 水谷雅裕、 小海尊宏、 永松宏、 金津伸好：短波海洋レーダを用いた紀伊水道における津波観測、2011年度日本海洋学会秋季大会講演要旨集、2011

参考になるホームページアドレス

1) 国土技術政策総合研究所ホームページ：東日本大震災関連情報
http://www.ysk.nilim.go.jp/oshirase/uc.html
http://www.nilim.go.jp/lab/bbg/saigai/h23tohoku/index.html

2) 青森県ホームページ：青森県地震・津波被害想定調査
http://www.bousai.pref.aomori.jp/kansoku/higaisoutei/higaisoutei_top.htm

3) 岩手県ホームページ：岩手県地震・津波シミュレーション及び被害想定調査
http://www.pref.iwate.jp/~hp010801/tsunami/yosokuzu_index.htm

4) 宮城県ホームページ：宮城県第四次地震被害想定

調査について
http://www.pref.miyagi.jp/kikitaisaku/jishin_chishiki/H22_disaster_prevention_council_bukai/index.htm
5) 福島県ホームページ：福島県津波想定調査結果の概要
http://wwwcms.pref.fukushima.jp/pcp_portal/PortalServlet?DISPLAY_ID=DIRECT&NEXT_DISPLAY_ID=U000004&CONTENTS_ID=19543

3.2.2.3 河川

国総研は、本省・東北地方整備局の要請により災害復旧等に資する情報を得ることを目的として、北上川、鳴瀬川、名取川および阿武隈川を対象に被災状況の概括的把握のための現地調査を行った。本節では、現地調査時に得た情報に東北地方整備局、国土地理院等による津波遡上の痕跡や映像など各種データを加えて、水位や流れの向きについて整理した。

(1) 河道内の津波遡上の概況

仙台平野に河口を有する河川周辺への津波第一波目の遡上状況を捉えた映像や同地域への津波の遡上計算結果[1)]を見ると、河川周辺の堤内陸域への津波遡上に先行して、河道内を遡上する状況が確認された。また、堤内側からの越水が生じた区間においても堤防のり尻際の高水敷の洗掘（落堀）の形成が不明瞭であり、また天端のり肩部周辺ののり面侵食が顕著であったことなどは、河道内の水位が堤内側に先行して上昇していたことを示唆するものと考えられる。

新北上川に設置された2箇所の水位観測所で記録された津波遡上時の水位時系列を**図-3.2.2.48**に示す。2観測所間において痕跡水位は堤防高を下回っており（**図-3.2.2.51**参照）、下流側の福地観測所では一波目の津波遡上時に2分程度で約3mといった急激な水位上昇が生じている。これは、河川に沿って設置されたCCTVカメラで津波遡上を捉えた動画で見られる段波状の津波遡上に対応する変動を捉えたものと考えられる。**図-3.2.2.49**には、鳴瀬大橋上流（鳴瀬川3.4kp左岸）に設置されたCCTVが捉えた映像に標定点を設け、画像解析によって水面変動を読み取った結果である。画像に含まれる複数の測線で新北上川と同様な急激な水位上昇を確認できる。

津波が上流へ伝播する速度は、2観測所での第一波目ピーク水位間の時間差と観測所間の縦断距離（6.37km）の商として算定すると、約8m/sとなった。また、第一波目が遡上した時のCCTV画像からPIV解析により津波遡上時の表面流速を算定すると、最大で5m/s程度と伝播速度よりも小さな値が得られている。

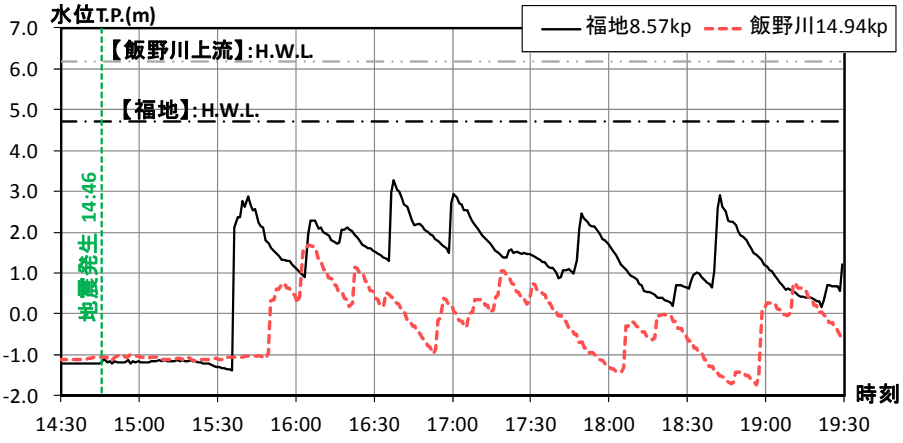


図-3.2.2.48 北上川における津波遡上時の水位経時変化の観測結果

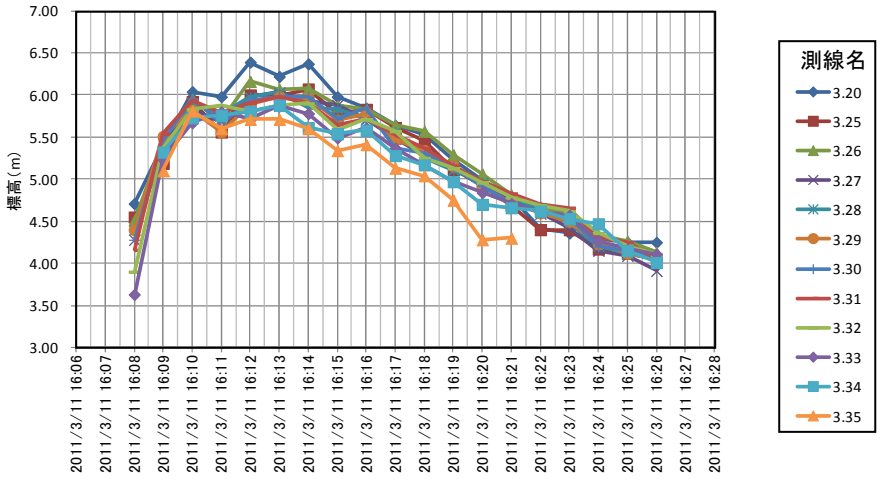
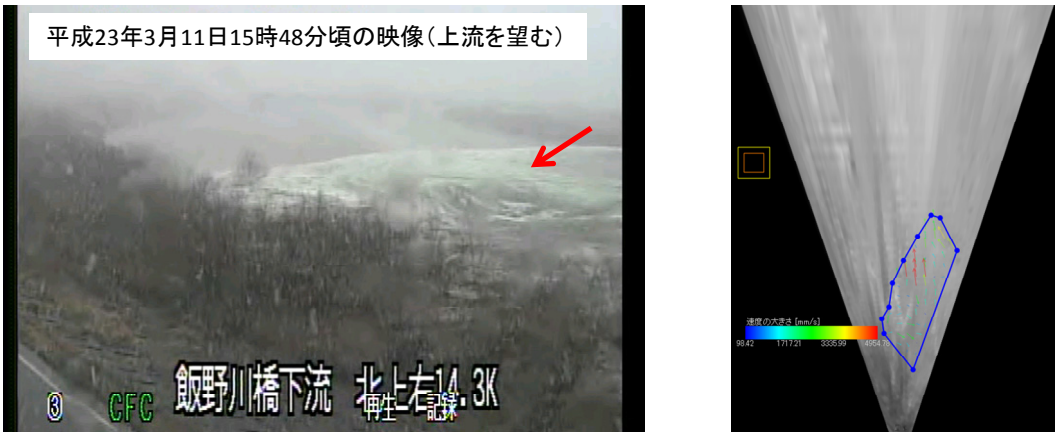


図-3.2.2.49 CCTV 画像から画像解析によって判読した津波遡上時の水位変化（鳴瀬川 3.4kp）



(a) CCTV 画像から切り出した画像（矢印部分に津波の波面）　(b) 左図を平面投影し PIV 解析した結果

図-3.2.2.50 CCTV 画像を平面投影し PIV 解析によって算定した水面の流速分布（北上川 14.3kp）

福地水門（北上川8.6kp）に設置されたCCTVカメラの画像については、カメラと河川との間に植生が繁茂し、河川との距離が長く解像度も悪かったことから、表面流速を算定することはできなかった。福地水門よりも5.7km上流にある飯野川橋下流（北上川14.3kp）に設置されたCCTVカメラの画像からは、河道の右岸側を遡上する津波の表面流速が5m/s程度であったことを確認した（**図-3.2.2.50**）。ただし、**図-3.2.2.50**(a)のように水面の乱れが大きく、算定精度は高くないと判断された。**図-3.2.2.48**では、上流への津波の伝播に伴い波高が減少しているが、最高水位の発生時刻に着目すると、河口側の福地観測所の方がその上流の飯野川上流観測所より遅くなっており、津波遡上に伴う最高水位の縦断分布を描く際に留意すべき点と考えられた。

(2) 河道内および堤内の津波痕跡水位調査結果

図-3.2.2.51は、阿武隈川、名取川、鳴瀬川および新北上川で記録された津波痕跡水位である。痕跡調査では、堤防のり面を始め、橋梁、水門、堤内地の建設物や山裾部に達している区間があり、その区間で得られる痕跡は、上記した河川堤防より高い構造物等に限られるため、データ数が少ない。また、そのような構造物であっても水没したと推察されるもの、また山裾に津波が打ち上げられた高さ（遡上高）に相当するデータなどが含まれている。そこで、**図-3.2.2.51**には、現地調査時の観察結果を踏まえて、最大水位分布を大まかに推定した結果を「大まかな水位の変化傾向」と注書きを付した曲線として表示した。

堤防天端高を基準とした堤内側・川側の水位の行程の組み合わせから、河川への津波遡上状況を河口から上流に向かって**図-3.2.2.52**のように大別することができる。最も河口側では、堤内・川側とも天端を超える最高水位に達する「堤防水没区間」、その上流では堤内側水位が天端高以下で川側から越水する「堤防越水区間」となる。なお、堤防水没区間であっても、最大水位に達するまでの間やそれ以降において、川側または堤内側からの越水が卓越する時間帯がある。これら区間より上流には、堤内・川側とも堤防天端高以下で遡上する「堤防高以下遡上区間」となる。

阿武隈川の亘理大橋地点では、左岸に比べて右岸側の痕跡水位が非常に高くなっている。このデータは亘理大橋の高欄に引っかかった植物を津波遡上による痕跡と判断したものであり、津波到達を示す痕跡としての信頼性は高いと考えている。この地点で河道は下流に向かって左に湾曲しており、津波遡上に対して外岸側に相当するため水位上昇が生じたと考えられる。

(3) 堤防法線形状と盛土・山脚など高地部が津波遡上に与える影響

新北上川、鳴瀬川、名取川および阿武隈川の下流の空中写真[2]に津波遡上の流向（写真上の青矢印）と遡上状況区分（**図-3.2.2.52**参照）を併記したものを**写真-3.2.2.1**に示す。津波遡上の流向は、空中写真から判読した電信柱の倒伏方向や現地踏査で確認した植生の倒伏や天端舗装の剥離・流送方向等から推定した。なお、堤防上の矢印は川側または堤内側への越水の卓越方向を表しており、厳密な意味での流向では必ずしもないことに留意されたい。

これらの写真と**図-3.2.2.51**に示した痕跡水位から、津波遡上状況について以下のように整理できる。

a) 汀線に対してほぼ垂直な向きに概ね直線的に堤防が延伸する場合

これに該当する代表例として、名取川右岸および

鳴瀬川左岸が挙げられる。堤防水没区間では、河川堤防を挟んで堤内・川側の両方向へ向かう痕跡が見られた。鳴瀬川左岸1kp付近では、一連区間で天端舗装が川側に流送されており、一時的にある区間に渡って同一方向に堤防を越える流れが生じた可能性が考えられる（**写真-3.2.2.2**）。

この区間よりさらに上流に向かうと、川側・堤内側とも徐々に最大水位が低下するが、その度合いが川側より堤内側の方が大きいため、川側からの越水を伴う「堤防越水区間」、さらに上流では「堤防高以下遡上区間」となる。

b) 盛土・山脚など高地部がa)の河川堤防に隣接する場合

これに該当する代表例として、名取川左岸および新北上川左右岸が挙げられる。名取川の場合には閖上大橋の道路盛土、新北上川の場合には山脚部が堤防近傍まで接近している箇所（左岸では1.2～1.8km、右岸では3.8km地点：いずれとも山脚が堤防に接近せずに間に水路が入っている）である（**写真-3.2.2.1**(a)、(c)写真に灰色の矢印で示した）。

高地部において堤内側を遡上してきた津波がせき上げられていて水位を増大させ、これが河川堤防を越えて川側へ越水したと考えられる。したがって、高地部より下流では「堤防水没区間」となるが、a)との差異は高地部の下流側近傍で川側に向かう越水が卓越することである。

新北上川の場合、山脚部より上流では堤内側へ越水する「堤防越水区間」となった。右岸側では、この区間内において約400mに及ぶ破堤が生じた。山脚部より上流において堤防に隣接する水路に沿って遡上してきた津波が氾濫したと推察される様子が撮影されている[3)]。

名取川の場合、道路盛土より上流では津波遡上水位が大きく低下している。これは、堤防近傍では津波道路盛土を越水せず、堤防から離れるに伴って徐々に低くなる道路盛土を回り込んで上流に津波が遡上していった状況から、回り込みに伴う津波遡上距離の増大や流れの拡散の影響等によって波高が低減したためと考えられた。

c) 川側のり面が河口に面するように堤防が汀線に対して斜め方向に延伸する場合

これに該当する代表例として、阿武隈川右岸の河口から約1kmの範囲（湾曲部より下流の範囲）が挙げられる。この範囲では「堤防水没区間」においても、**3.3.3(1)**に後述するように川側から越水によるのり面崩壊と法尻での落堀形成が生じていた。また、堤防天端に設置されたパラペット上の金属製手摺には、川側からの越水を示唆する植生の集積や流送物の衝突によると推察される変形が見られた。さらに、一部パラペットが倒壊し、堤内側に流送されていた。以上の状況から、川側のり面が河口に面するように堤防法線が汀線に対して斜め方向に延伸する区間では、川側からの越水が卓越する場合があると推察された。この区間の被災状況の検討については、**3.3.3(1)**に後述した。

d)津波遡上に対して外岸側となる堤防湾曲区間

これに該当する代表例として、阿武隈川右岸の湾曲部が挙げられる。(2)に示したように、湾曲部に位置する亘理大橋の痕跡調査から外岸側において水位の増大を示唆する結果が得られている。

(4) 空中撮影映像から判読した津波波面の伝播状況

名取川河口から阿武隈川河口に掛けた沿岸域で、海上保安庁のヘリコプターにより、津波第一波の遡上状況が撮影されている。**図-3.2.2.53**は、その映像の中から津波の波面（津波遡上に伴う湛水域と非湛水域との境界）の位置とその移動状況を確認できた箇所を示し、点線は実線に比べ、撮影時間が短かった箇所である。**写真-3.2.2.3**は、それぞれの箇所で判読した波面の位置を数秒から数十秒程度ごとに記録した結果であり、撮影時間が十分に確保できた箇所では、伝播距離Ｌ、その区間を伝播するのに要した時間Ｔを求め、ＬをＴで割ることで平均的な伝播速度を算出した。この成果は、海岸研究室で実施した津波シミュレーションの再現性の確認に利用された。

参考文献

1) 河川津波対策検討会ホームページ：
http://www.mlit.go.jp/river/shinngikai_blog/kasentsunamitaisaku/index.html, 2011
2) 国土地理院ホームページ：
http://www.gsi.go.jp/BOUSAI/ h23_tohoku.html.
3) 国土交通省東北地方整備局ホームページ：
http://www.thr.mlit.go.jp/Bumon/B00097/K00360/taiheiyouokijishinn/kentoukai/shiryou2_1.html.

参考になるホームページアドレス

1） 河川津波対策検討会、河川遡上津波のシミュレーション結果、第2回配布資料
http://www.mlit.go.jp/river/shinngikai_blog/kasentsunamitaisaku/index.html
2） 国土地理院、災害関連情報
http://www.gsi.go.jp/BOUSAI/ h23_tohoku.html
3） 国土交通省東北地方整備局、北上川等堤防復旧技術検討会資料
http://www.thr.mlit.go.jp/Bumon/B00097/K00360/taiheiyouokijishinn/kentoukai/shiryou2_1.html

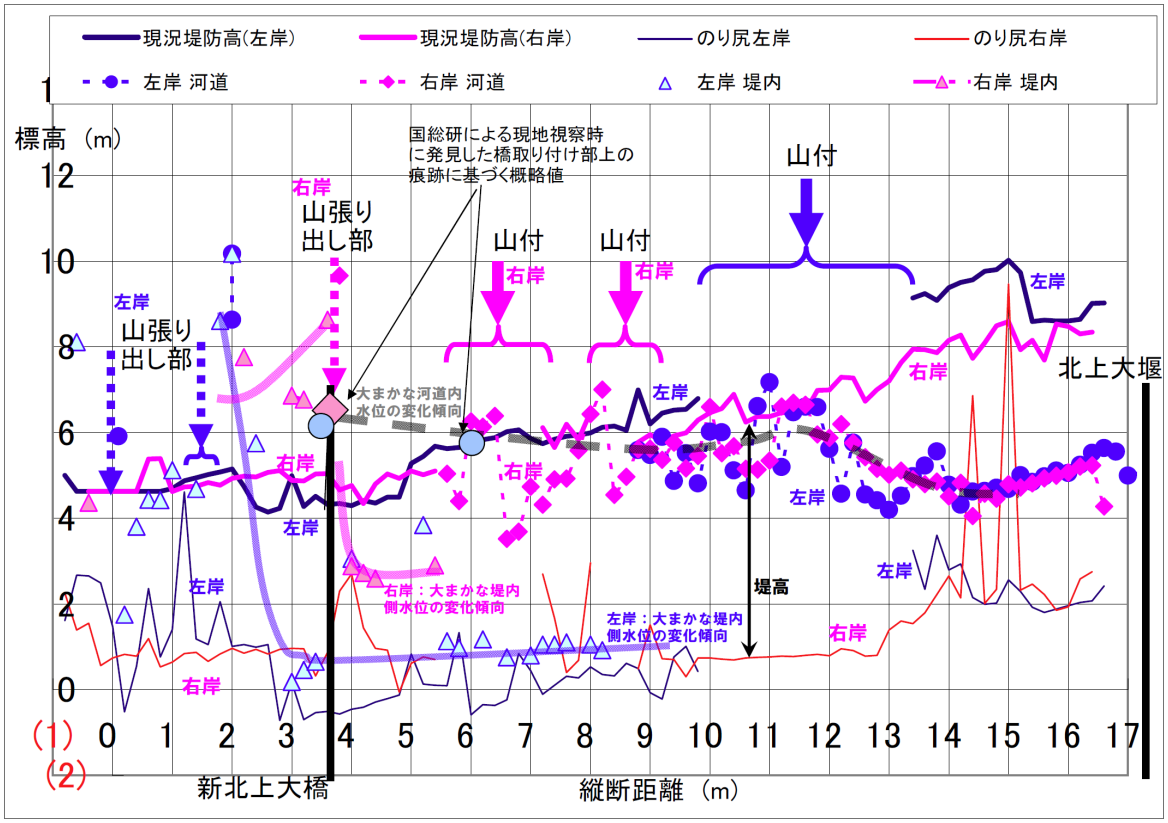


図-3.2.2.51(a) 新北上川における痕跡水位調査結果（東北地方整備局よりデータ提供）

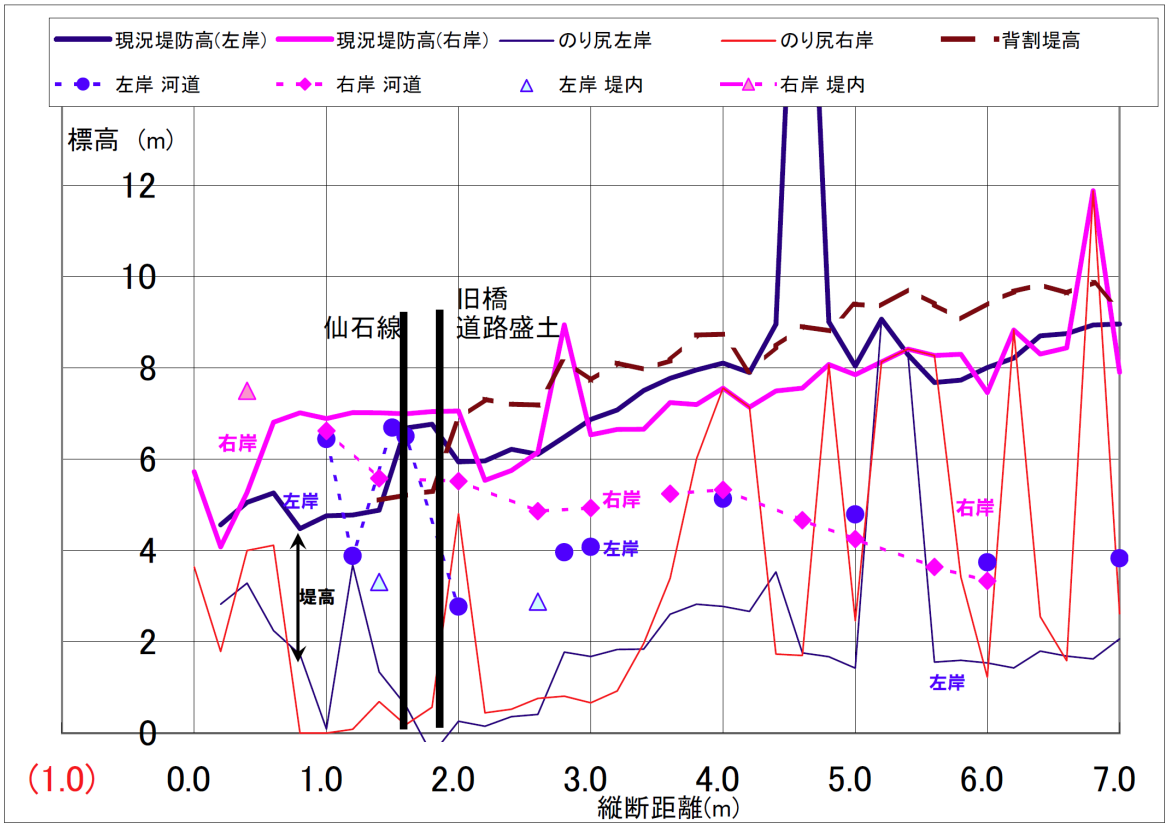


図-3.2.2.51(b) 鳴瀬川における痕跡水位調査結果（東北地方整備局よりデータ提供）

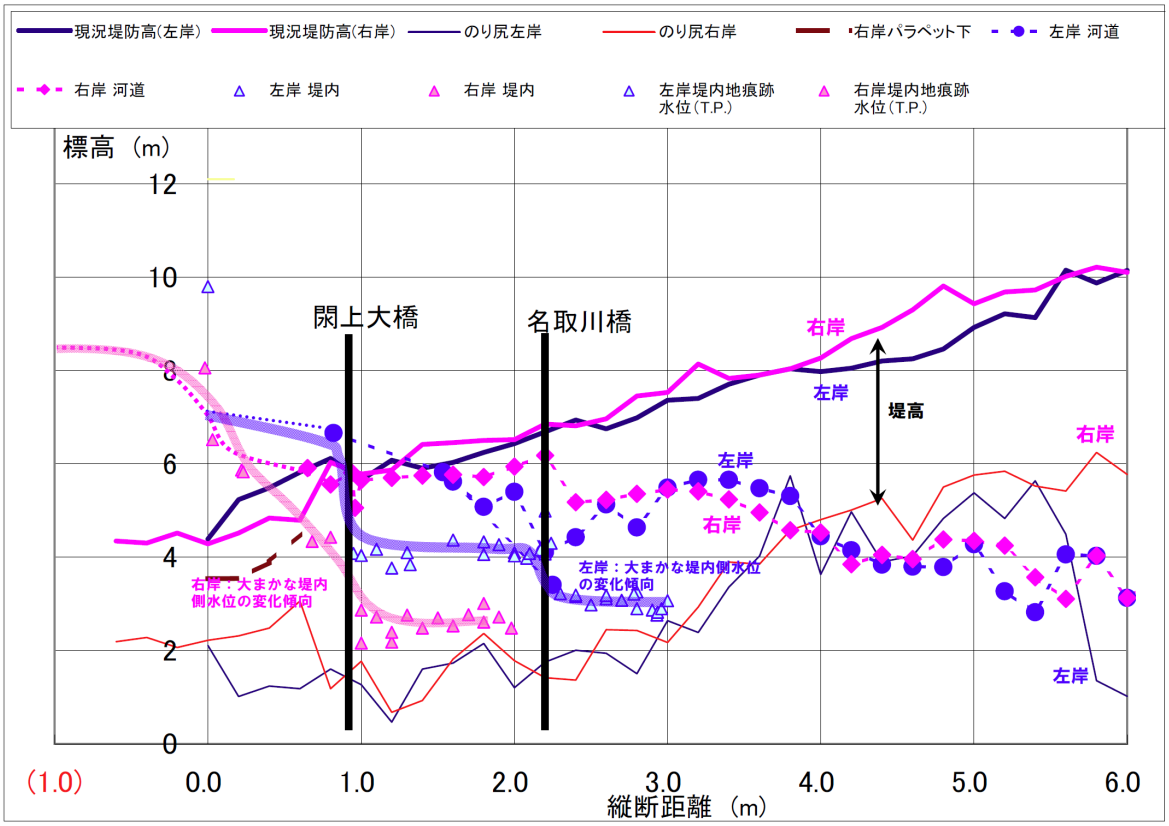


図-3.2.2.51(c) 名取川における痕跡水位調査結果（東北地方整備局よりデータ提供）

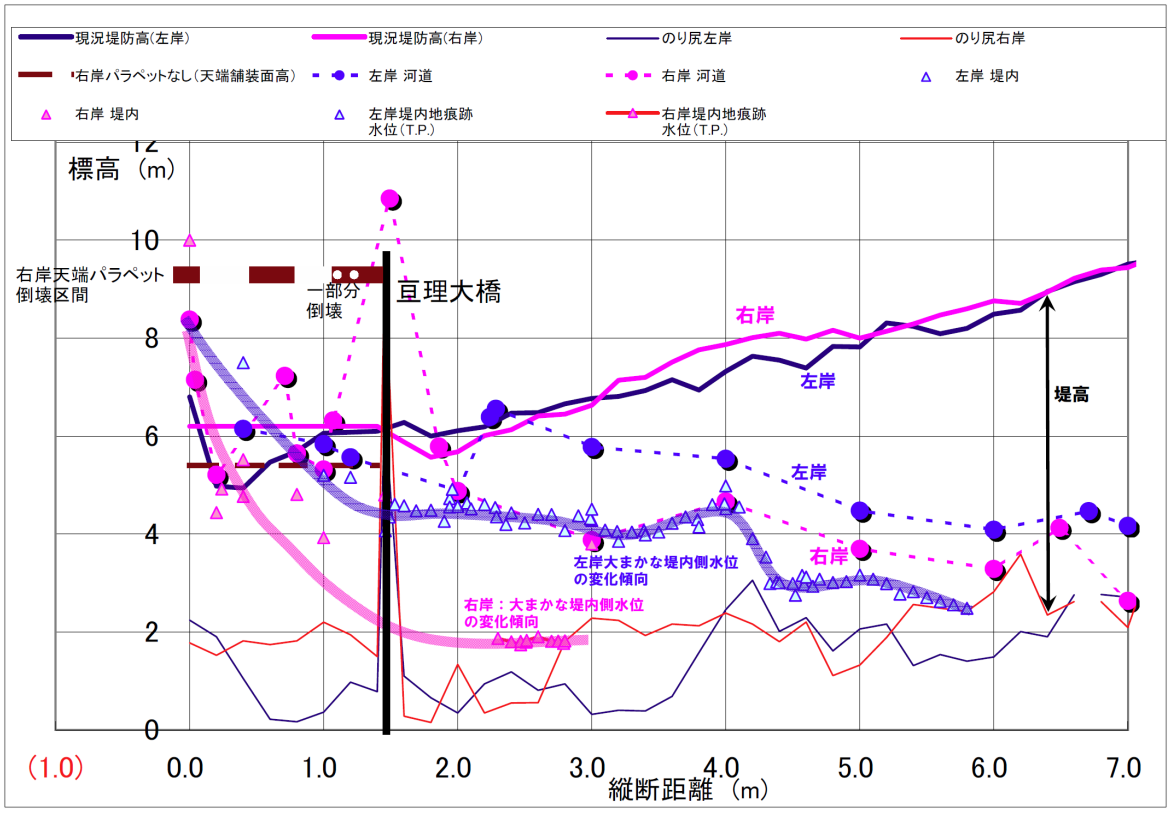


図-3.2.2.51(d) 阿武隈川における痕跡水位調査結果（東北地方整備局よりデータ提供）

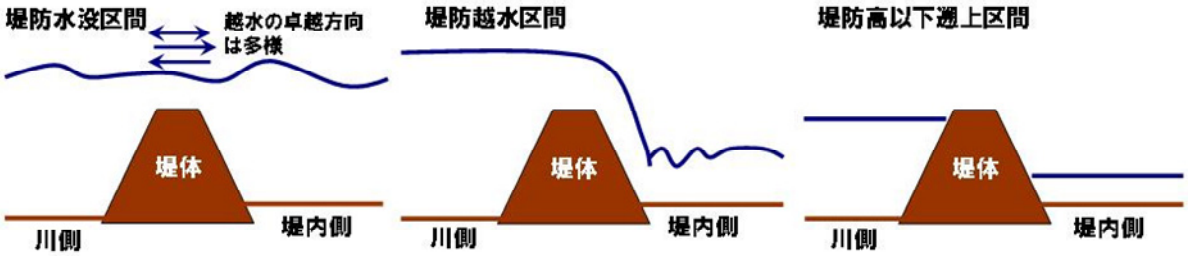


図-3.2.2.52 河川への津波遡上状況の三区分



写真-3.2.2.1(a) 新北上川への津波遡上状況

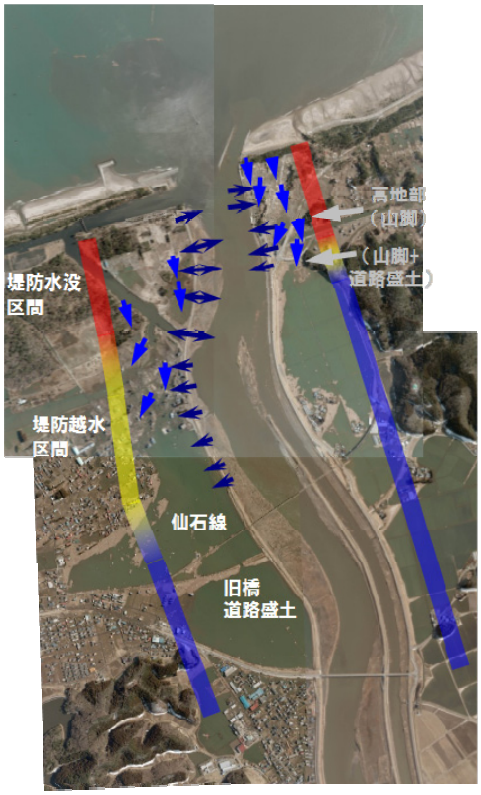


写真-3.2.2.1(b) 鳴瀬川への津波遡上状況

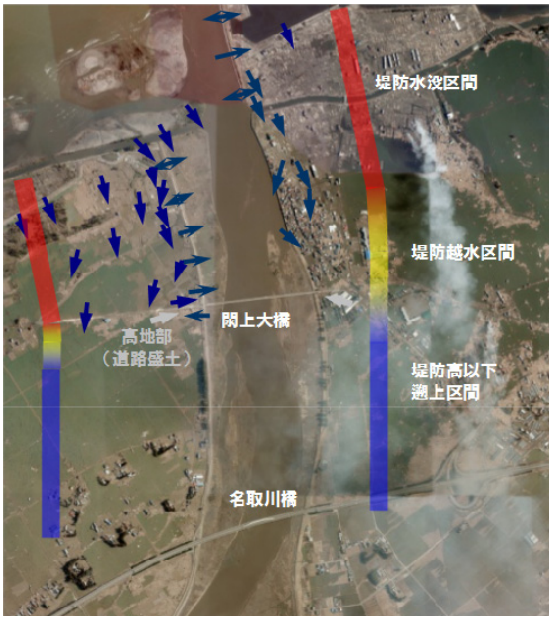


写真-3.2.2.1(c) 名取川への津波遡上状況

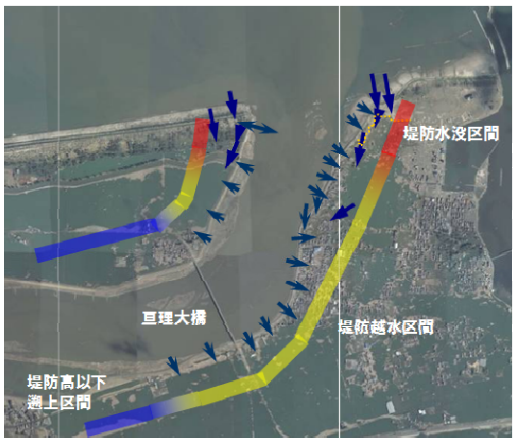


写真-3.2.2.1(d) 阿武隈川への津波遡上状況

出典）航空写真は国土地理院による撮影データ



写真-3.2.2.2　堤防天端アスファルト舗装の剥離状況（鳴瀬川左岸 1kp 付近）

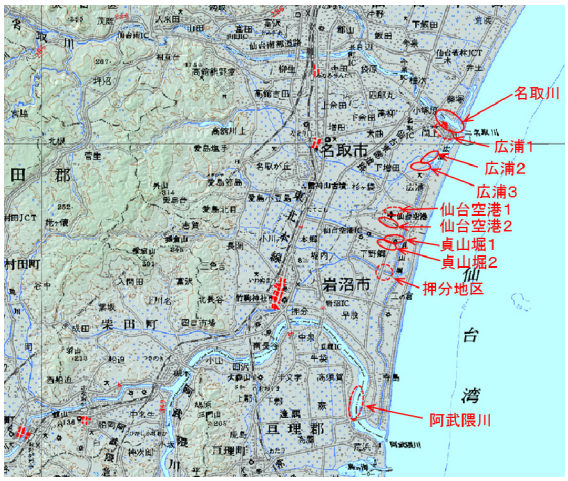
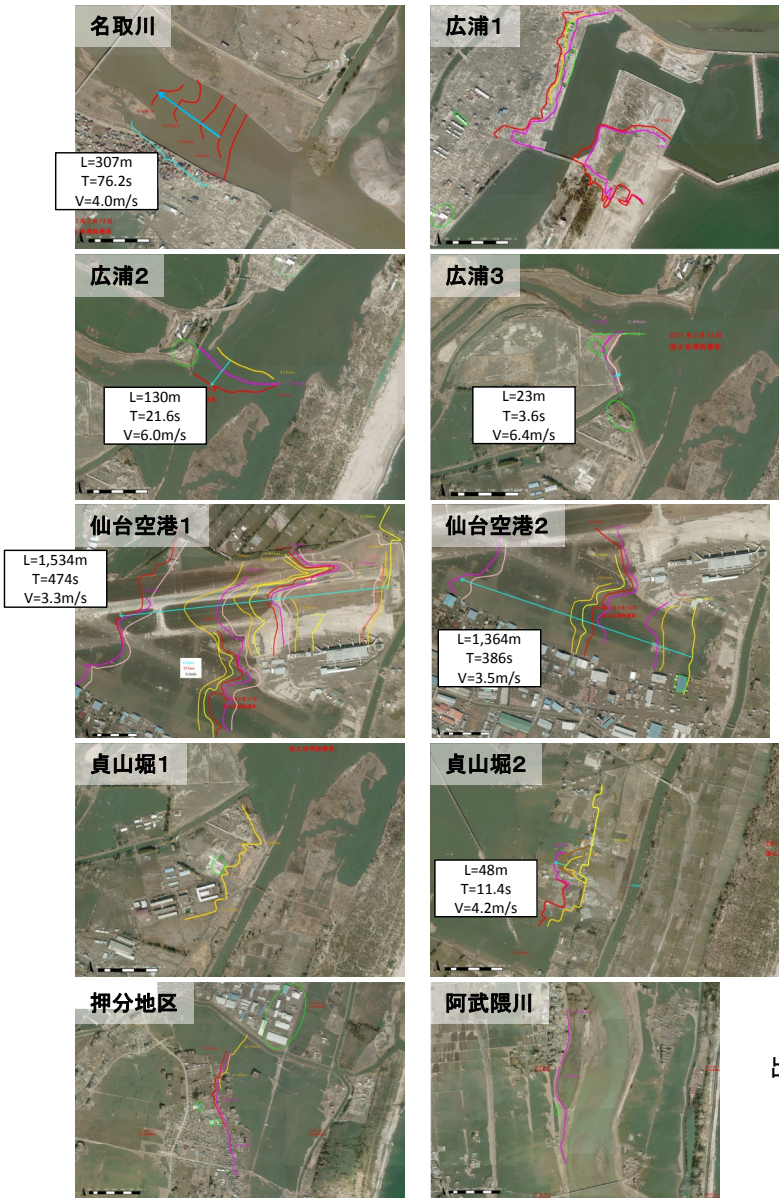


図-3.2.2.53　海上保安庁のヘリコプターによる撮影画像を用いた津波の伝播状況確認箇所

出典）背景はカシミール 3D http://www.kashmir3d.com/を用いて作成



出典）航空写真は国土地理院による撮影データ

写真-3.2.2.3 図-3.2.2.53 の各箇所における津波の伝播状況

3.2.3 地盤の液状化

(1) 液状化対策技術検討会議

東日本大震災では広い範囲にわたって液状化現象が発生し、住宅・宅地、社会基盤施設等に大きな被害が生じた。国土交通省では「液状化対策技術検討会議」を平成 23 年 5 月に設置し、液状化による被害実態等の把握、液状化判定手法の検証等の各社会基盤施設等に共通する技術的事項について検討を進めた [1)]。本会議の検討体制を**図-3.2.3.1** に示す。

具体的には、現地踏査等により関東地方での液状化発生状況を把握し、東京湾岸や利根川下流域等の埋立地を中心に少なくとも 96 市区町村で液状化が発生したことを確認した。また、確認した液状化の発生実績と代表的な液状化判定法である FL 法による判定結果との比較・分析により FL 法の検証を実施するとともに、高度化に向けた今後の課題を整理した。

以下の (2) ～ (4) では、本会議の検討に資するため、国総研が (独) 土木研究所とも協力の上、東北地方太平洋沖地震の強震記録を分析し、FL 法の妥当性、有効応力解析の適用性を検討した結果 [2)] について述べる。なお、建築分野に関連して実施された液状化分析に関しては、3.3.9.2 (6) を参照されたい。

(2) 最大加速度分布の推計と FL 法の妥当性検討

東日本大震災では継続時間の長い特徴的な地震動が多数観測され、このような特性が液状化の発生に影響する可能性があることから、強震記録と被害調査結果をもとに FL 法の妥当性を検討した。

FL 法は、液状化抵抗を表す「動的せん断強度比 R」と地震外力を表す「地震時せん断応力比 L」の比「液状化抵抗率 FL」を指標とし (FL=R/L)、FL が 1.0 以下の土層は液状化すると判定する方法である。地震時せん断応力比 L は、地表面における地震動の最大加速度から計算されるため、東北地方太平洋沖地震の地震動の最大加速度分布を推計した。また、継続時間が短い地震動との比較のため、1987 年千葉県東方沖地震 (気象庁マグニチュード 6.7) の最大加速度分布を

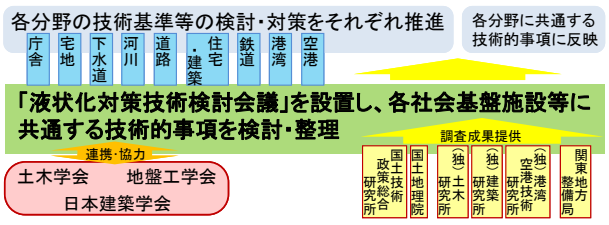
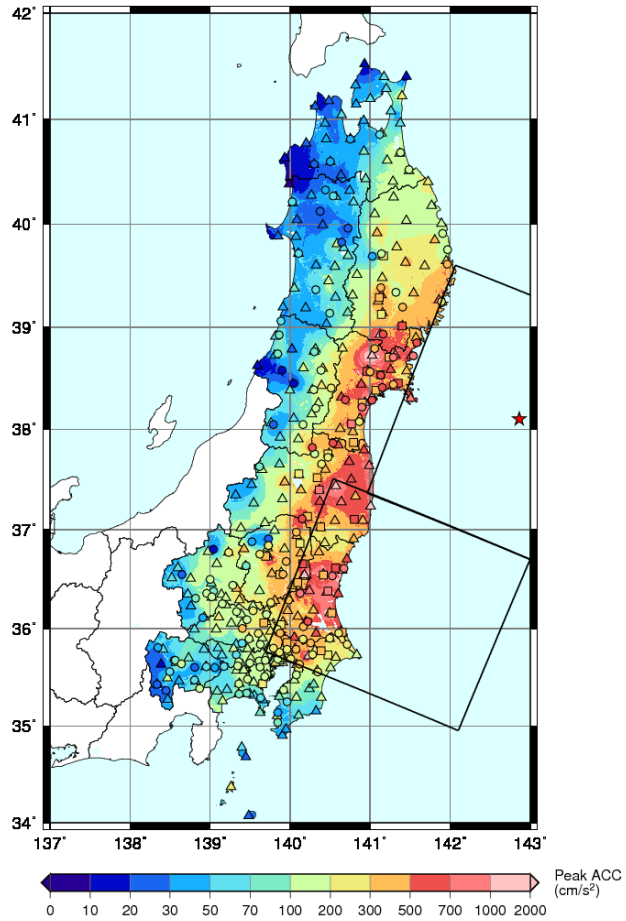
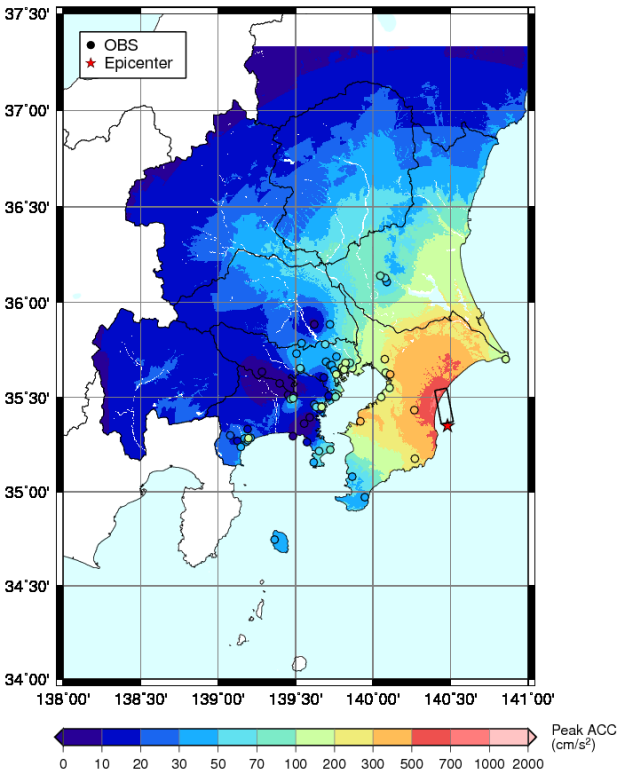


図-3.2.3.1 液状化対策技術検討会議の検討体制

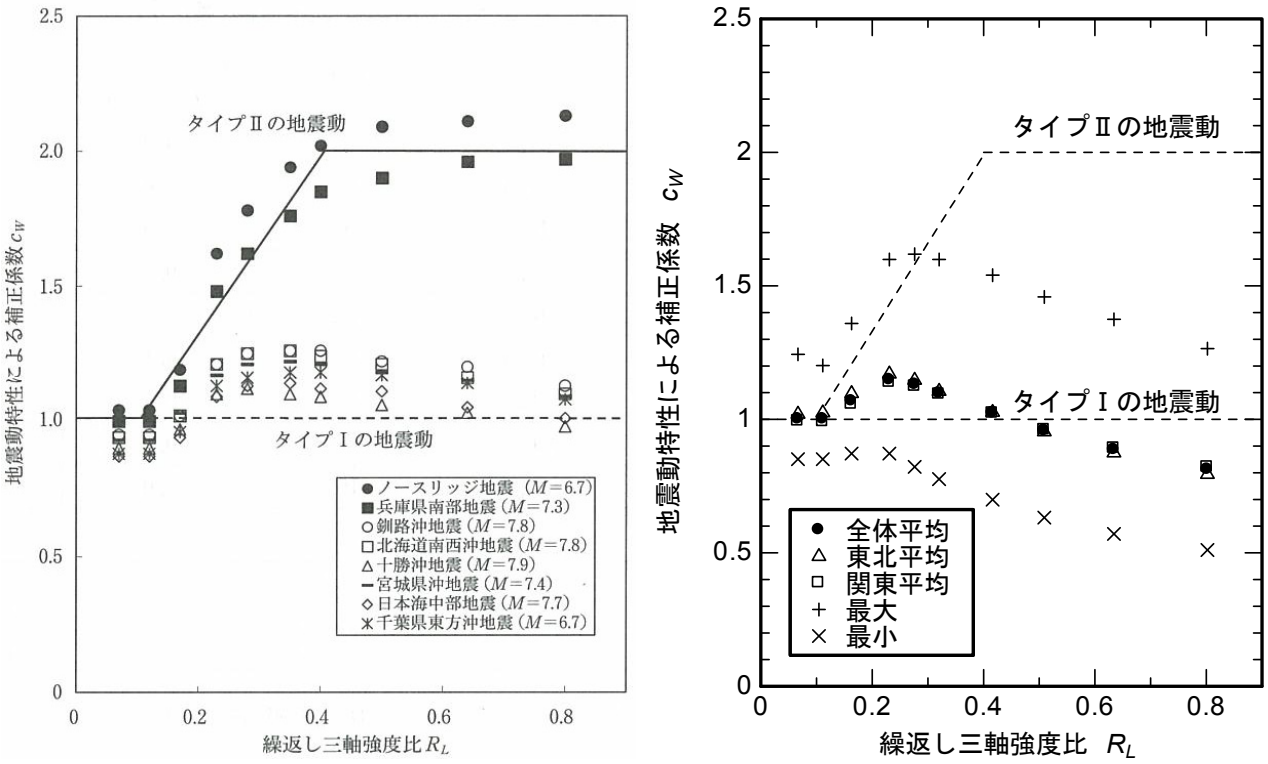


(a) 2011 年東北地方太平洋沖地震



(b) 1987 年千葉県東方沖地震

図-3.2.3.2 推計した最大加速度分布



(a) 道路橋示方書Ⅴ耐震設計編 [4]　　(b) 東北地方太平洋沖地震の強震記録

図-3.2.3.3 地震動特性を考慮する係数 c_w の計算結果の比較

同様に推計した（**図-3.2.3.2**）。ここで、東北地方太平洋沖地震は気象庁、（独）防災科学技術研究所 K-NET および国土交通省の公開データを、千葉県東方沖地震は日本建築学会の公開データ [3]を用いた。

この最大加速度分布を用いた FL の計算結果から、継続時間の影響が一部に見られる一方で、FL>1.0 となる地点では液状化が発生しておらず、FL 法による液状化判定に液状化発生の見逃しが見られないこと等が確認された [2]。

(3) 地震動特性を考慮する係数の検証

上述の FL 法による液状化判定では、動的せん断強度比 R は、$R = c_W \times RL$ で表される。ここで、RL は繰返し三軸強度比であり、繰返し三軸試験において繰返し回数 20 回で軸ひずみが 5%生じるのに必要な繰返しせん断応力比（繰返しせん断応力／有効拘束圧）と定義される。また、c_Wは地震動特性を考慮する係数であり、繰返し回数 20 回相当の地震動では c_W=1、それよりも繰返し回数が少ない地震動では c_W>1、繰返し回数が多い地震動では c_W<1 となる。

ここでは、東北地方太平洋沖地震の際に得られた地動加速度 32 波形から c_Wを算出し、道路橋示方書Ⅴ耐震設計編 [4]に規定される c_W と比較・検証した。なお、c_Wは累積損傷度理論に基づき、東・田村(1997)と同様の手順 [5]で算出した。

得られた結果を**図-3.2.3.3** に示す。同図(a)と比較すると(b)では RL が 0.4 程度より大きい範囲で 1 を下回る値となっているが、RL が 0.4 程度より小さい液状化強度が低い土に対しては c_W=1 程度となり、従来の知見と概ね整合する結果となった。

(4) 地盤の地震応答解析による再現性の検討 [6]

堤防の耐震性評価には、過剰間隙水圧の上昇に伴う液状化の影響を考慮する必要があるが、実地震時に加速度波形と過剰間隙水圧が同じ地点で同時に観測された事例は限られており、過剰間隙水圧の影響を考慮した地震応答解析（有効応力解析）により推定した過剰間隙水圧を観測記録と比較、検証した事例も少ない。

東北地方太平洋沖地震の際、鳴瀬川河口付近の河川堤防で堤防天端部、基礎地盤部で加速度時刻歴波形が、液状化層で過剰間隙水圧が観測された。そこで、基盤層の加速度時刻歴波形記録と強震計設置時の現地土質調査結果を用いて 1 次元有効応力解析 [7] を実施し、堤防天端部の加速度時刻歴波形と液状化層における過剰間隙水圧を算出した。その結果と、観測された堤防天端部の加速度時刻歴波形、液状化層の過剰間隙

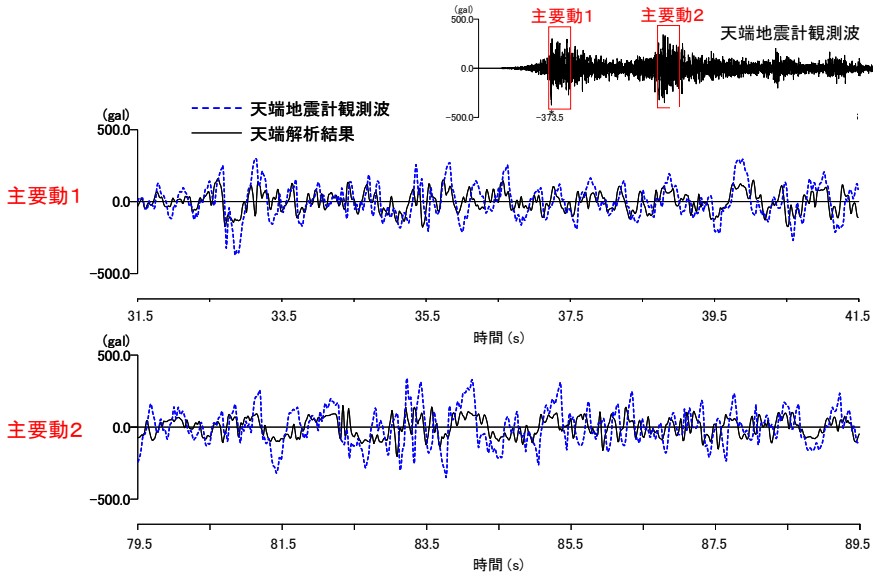


図-3.2.3.4 有効応力解析結果と観測記録（加速度時刻歴波形）との比較

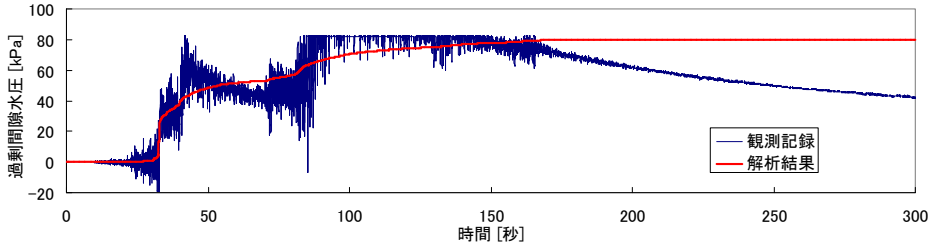


図-3.2.3.5 有効応力解析結果と観測記録（過剰間隙水圧）との比較

水圧をそれぞれ比較した。

得られた結果を**図-3.2.3.4** と**図-3.2.3.5** に示す。加速度波形の位相等の振動特性は概ね一致している一方で、短周期成分が小さい傾向がある。過剰間隙水圧については全体的な傾向は概ね推定できているが、水圧の消散特性等については充分な再現できていない結果となった。

(5) 今後に向けて

今回得られた強震記録を用いて地盤の動的解析手法を検証し、地盤の変形量の推定精度向上、ひいては液状化対策の合理化に資するよう検討を進めている。

謝　辞

本検討は、（独）土木研究所地質地盤研究グループ土質・振動チームと連携のもと実施し、国土交通省液状化対策技術検討会議では種々御助言いただいた。また、気象庁、日本建築学会、（独）防災科学技術研究所および国土交通省による公開データを用いた。記して謝意を表する。

参考文献

1) 国土交通省報道発表資料：「液状化対策技術検討会議」の設置について、2011.5.12
2) 国土交通省報道発表資料：「液状化対策技術検討会議」の検討成果について、2011.8.31
（http://www.mlit.go.jp/report/press/kanbo08_hh_000154.htmlより入手可能）
3) Architectural Institute of Japan: Digitized strong-motion earthquake records in Japan, Vol. 1: The off east coast of Chiba prefecture earthquake, December 17, 1987, 1992
4) （社）日本道路協会：道路橋示方書・同解説Ⅴ耐震設計編、2002
5) 東拓生、田村敬一：地震動波形の繰返し特性を考慮した液状化強度評価法、土木技術資料、Vol.39、No. 9、pp.50-55、1997
6) 松岡一成、片岡正次郎、長屋和宏、金子正洋：東北地方太平洋沖地震の強震記録を用いた河川堤防の地震応答解析、土木学会論文集A1（構造・地震工学）、Vol.68、No.4、pp.I_104-I_110、2012
7) 吉田望、東畑郁生：YUSAYUSA-2 SIMMDL-2 理論と使用法（改訂版Version 2.10）、2005

３．３　復旧・復興対策への技術支援

3.3.1 砂防分野

3.3.1.1 土砂災害の概要

2011年3月11日に発生した平成23年（2011年）東北地方太平洋沖地震により、東北・関東地方では広い範囲で地すべり・斜面崩壊が確認された。3月12日から3月29日の間に実施したヘリコプターからの調査では、福島県・栃木県・茨城県にかけて複数の地すべり・斜面崩壊箇所が確認された。

土砂災害としては、東北地方太平洋沖地震に続いて3月12日に発生した長野県北部地震、3月15日に発生した静岡県東部地震等によるものも含めて土石流等13件、地すべり29件、がけ崩れ97件、雪崩2件の計141件が報告され、死者19名の人的被害が確認されている（2012年8月6日現在、国土交通省発表）。特に福島県白河市や栃木県烏山市などでは、東北地方太平洋沖地震により大規模な地すべりが発生し、大きな被害をもたらした。さらに、4月11日の福島県浜通りを震源とする地震でも、いわき市を中心に斜面崩壊等が発生した。なお、今回の一連の地震による大規模な天然ダムは形成されなかったことが確認され、また岩手・宮城内陸地震（2008年）や新潟中越地震（2004年）で天然ダムが形成された箇所についても、大きな変状は見られなかった。

国総研では、東北地方太平洋沖地震による土砂災害発生状況を広域的に把握するため、3月12日から3月29日に東北地方全域のヘリ調査を実施するとともに、東北および関東地方の衛星画像判読を行った。衛星画像判読の対象範囲は、3月11日の地震により震度５強以上を記録したエリアを含む地域（対象面積　約40,000km^2）である。判読画像は、陸域観測技術衛星「だいち(ALOS)」搭載のPRISMおよびAVNIR-2により震災後に撮影(3月12日および4月10日撮影分)された光学画像、また、震災後の高分解能光学衛星画像がGoogle Earthに掲載された範囲はGoogle Earthの衛星画像(3月12日から4月6日にかけて撮影)を用いて判読した。

その結果、3月11日地震による土砂移動の可能性のある箇所として約450箇所が抽出された（3.3.1.3(2)の3)参照）。判読された崩壊地の位置を、気象庁が公表している推計震度分布図に重ねて示す（**図-3.3.1.1**）。小規模な崩壊は判読が困難であること、積雪や雲により状況確認が困難なエリアがあること、顕在化しない土砂移動は判読できないこと等に留意する必要はあるものの、広範囲で震度5強以上の強い揺れを観測したにも関わらず、斜面崩壊の発生密度はそれほど高くなかったことがうかがえる。2008年に発生した岩手・宮城内陸地震で両県県境付近を中心に約3千箇所もの斜面崩壊が発生したのとは対照的であった。また、土砂災害の発生密度が必ずしも震度とは対応していないことも今回の地震による土砂災害の特徴といえる。

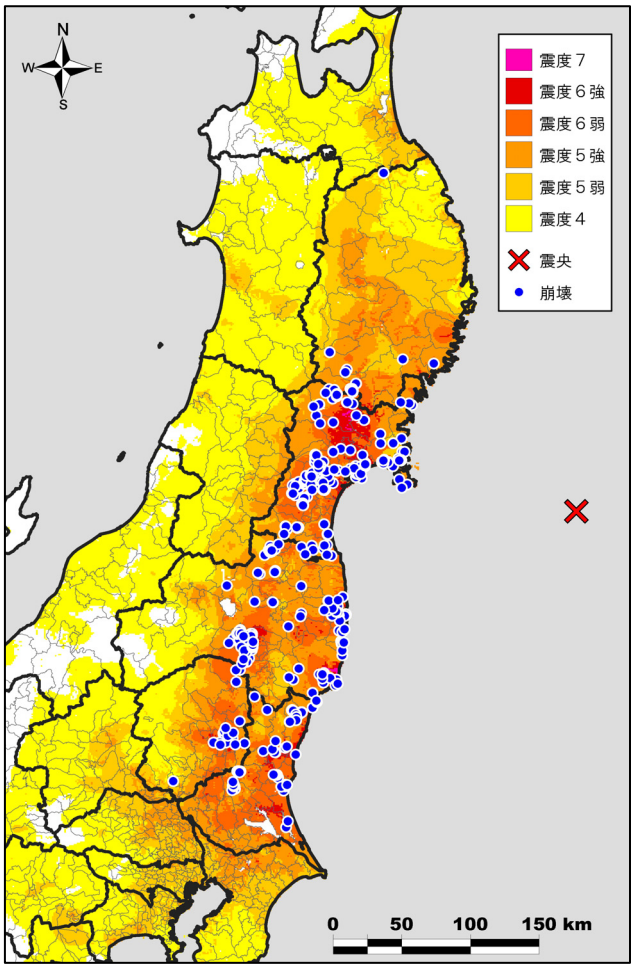


図-3.3.1.1 東北地方太平洋沖地震の推計震度分布（気象庁）と衛星判読の崩壊地分布

近年に発生した主要な地震と土砂災害の関係を**表-3.3.1.1**に示す。海溝型の例が一つしかないが、海溝型より内陸型の方が、崩壊密度が高い傾向にある。これには、震源までの距離、地震動の周波数、偏向性、継続時間などが影響している可能性がある。他方、内陸型地震の間における違いの原因は明確ではない。中越地震で崩壊密度が特に高いのは先行降雨の影響も考えられる。さらに、地震動特性、素因としての地質、斜面の方向、地形特性等が複雑に関係しているものと思われる。今後、地震時の崩壊に寄与する要因の整理、分析を行っていく予定である。

表-3.3.1.1 近年発生した主要地震と土砂災害の関係

主要地震	発生年月日	地震の種類	マグニチュード	最大加速度					最大震度
				南北(gal)	東西(gal)	上下(gal)	三成分合成値(gal)	観測所	
兵庫県南部(阪神淡路大震災)	1995年1月17日5時46分	内陸型	7.3	818.0	617.0	332.0	－	神戸海洋気象台	7
新潟県中越	2004年10月23日17時56分	内陸型	6.8	1716.0	850.0	564.0	1750.0	NIG021十日町	7
岩手・宮城内陸	2008年6月14日8時43分	内陸型	7.2	1143.0	1433.0	3866.0	4022.0	IWTH25一関西	6強
東北地方太平洋沖(東日本大震災)	2011年3月11日14時46分	海溝型	9.0	2700.0	1268.0	1880.0	2933.0	MYG004築館	7

※中越地震以降はK-net

主要地震	判読による崩壊			先行降雨			災害発生状況			震源深さ(km)	崩壊地エリアまでの水平距離(km)
	崩壊地数	崩壊地調査対象面積(km²)	崩壊地密度(箇所数/km²)	崩壊前1週間の積算雨量	崩壊前1ヶ月の積算雨量	アメダス観測所	土砂災害件数※1	土砂災害による死者・行方不明者数	死者・行方不明者数(全体)		
兵庫県南部(阪神淡路大震災)	770	120	6.4	0mm	37mm	神戸	28	40	6,437	16	30
新潟県中越	878	20	43.9	132mm	375mm	小出	225	4	67	10	5～10
岩手・宮城内陸	3,014	590	5.1	3mm	293mm	駒の湯	48	18	23	10	11
東北地方太平洋沖(東日本大震災)	172	590	0.29	12mm	77mm	駒の湯	114	19	18,131※2	24	約150

※1:崩壊・地すべり・土石流　※2:H24.9.28消防庁資料

3.3.1.2 土砂災害の現地調査、現地対応

国総研では、県や地方整備局から要請を受ける等により、災害直後から次のような現地調査を実施した。

① 茨城県水戸市宮町急傾斜地崩壊防止施設被災状況現地調査（危機管理技術研究センター）
② 宮城県沿岸地域現地調査（砂防研究室）
③ 福島県浜通りを震源とする地震により福島県いわき市田人町で発生した土砂災害現地調査（砂防研究室、（独）土木研究所 火山・土石流チーム）

それぞれの現地調査結果は、調査要請元に報告するとともに、公表した。以下にそれぞれの現地調査結果を記す。

(1) 茨城県水戸市宮町急傾斜地崩壊防止施設被災状況現地調査

2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震により、茨城県水戸市にある宮町急傾斜地崩壊危険箇所では斜面および対策施設に変状が見られた。国総研は、茨城県の要請を受け、3月14日に現地調査を行った。

1) 全般状況

宮町急傾斜地崩壊危険箇所は水戸市中心市街地にある。斜面上部には水戸協同病院があり、斜面下部には人家が多く建て込んでいる。斜面高さは約15mで、昭和46年から施設整備が進んでいる。

3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震により、斜面および対策施設に変状が生じた。そのため、水戸市は斜面下部にある住民（30世帯58名）に対し、3月13日17:50に避難指示を発令した。

2) 被災状況

斜面上部にあたる病院敷地内に、対策区域のほぼ全域にわたりクラックの発生等が見られた。クラックの開口幅は最大で10cm、沈降高は30cm程度であった。一部では建築物壁面境（建設中）までクラックが達している（**写真-3.3.1.1**、**写真-3.3.1.2**、**写真-3.3.1.3**、**写真-3.3.1.4**、**写真-3.3.1.5**）。

重力式擁壁工および３段の張ブロック工で構成される施設（**写真-3.3.1.6**）のうち、最上部の法面が前面に向かってすべり、その影響を受けて下部の張ブロックも変形していた。最下段の擁壁には変状は見られなかった（**写真-3.3.1.7**）。



写真-3.3.1.1 建物沿いに入ったクラック



写真-3.3.1.2 クラックが入っている



写真-3.3.1.3 駐車場にもクラックが入っている



写真-3.3.1.4 斜面上端から斜面下方をのぞむ（のり枠工の破片が散乱している）



写真-3.3.1.5 斜面下部に落下したのり枠工の破片



写真-3.3.1.6 擁壁工、のり枠工、張ブロック（擁壁に特に異常は見られず）



写真-3.3.1.7 擁壁工、のり枠工（擁壁に特に異常は見られず）

(2) 宮城県沿岸地域現地調査

国総研では、2011年4月8日に、東北地方太平洋沖地震による津波の被害を大きく受けた宮城県沿岸地域の現地調査を行った。その結果は以下のとおりである。

1) 急傾斜地崩壊防止施設の地震時の崩壊に対する効果

女川町川尻地区（**写真-3.3.1.8**）、および石巻市吉野町地区（治山事業）（**写真-3.3.1.9**）の法枠工の側部では今回の一連の地震によると見られる崩落・落石が確認されたが、法枠工の構造的な破損は見られなかったことから、法枠工は地震時の斜面崩壊防止に寄与したと言える。



写真-3.3.1.8 法枠工右側の崩落（女川町）



写真-3.3.1.9 法枠工右側の崩落（石巻市）

2) 急傾斜地崩壊防止施設への津波の影響

石巻市吉野町地区（治山事業）の擁壁工は、津波の浸水範囲であったが、脚部侵食のような現象は起こっていなかった。ただし、施工目地を挟んで、地震の影響と見られる３cm程度の縦ズレが発生している箇所があった（**写真-3.3.1.10**、**写真-3.3.1.11**）。



写真-3.3.1.10 擁壁工縦ズレ箇所



写真-3.3.1.11 擁壁工縦ズレ箇所（拡大）

一方で、女川町川尻地区の法枠工は、脚部の土壌があったと思われる部分が津波により完全に流失しており、法枠工が浮き上がった状態となっている（**写真-3.3.1.12**）。また、施工目地部分が３～４cm程度の横ズレによるクラックが発生している箇所があった（**写真-3.3.1.13**）。



写真-3.3.1.12 法枠工脚部流出状況（川尻地区）



写真-3.3.1.13 法枠工目地部クラック
（川尻地区）

女川町堀切山南側斜面下部の待ち受け擁壁工のうち、斜面からやや出っ張った範囲のストーンガードは津波により上流方向の斜面側に座屈していた（**写真-3.3.1.14**）。また、このコンクリート擁壁の表面には擦過痕が多数認められることからも、津波による浸水初期段階では、かなり大きな流速と瓦礫等による圧力が発生していたことが推測される（**写真-3.3.1.15**）。



写真-3.3.1.14 ストーンガード座屈状況



写真-3.3.1.15 擁壁工擦過痕

津波が到達した法枠内部は、表面の吹き付け基材が剥離・流失している部分（**写真-3.3.1.16**）は多く見られたが、ラスの損傷は殆ど見られず（**写真-3.3.1.17**）、機能低下はあまり起こっていないと考えられた（海水に浸かったことによるラスの錆びの進行は懸念された）。



写真-3.3.1.16 吹き付け基材剥離状況



写真-3.3.1.17 法枠内ラス拡大

女川町のように狭くなって行く内湾に津波が駆け上がるような地形の地域においては、脚部侵食が発生している可能性があるので、脚部侵食の程度と施設全体の安定性を確認・評価する必要があると考えられる。

3）女川町堀切山特定利用斜面保全事業箇所の状況

特定利用斜面保全事業は、急傾斜地崩壊対策事業等とその他の公共公益事業の計画を調整することで、斜面の安定性を確保し、地域の基盤整備のスペースを生み出し、地域活性化を図る事業である。女川町堀切山では、特定利用斜面保全事業（急傾斜）の全国初の事業として、平成9年度に完成した。事業により造成された高台には、町立病院、地域福祉センター、老人保健施設が整備され、津波・高潮時の指定避難場所として避難用階段が整備された。

当箇所の切土面高さはEL.16m（当初、検討段階では13m）とされているが、台地中央部に向かってやや高くなっている形状である（**写真-3.3.1.18**）。



写真-3.3.1.18 堀切山特定利用斜面概況



写真-3.3.1.19 老人福祉センター南側壁面

台地南側の老人福祉センター（**写真-3.3.1.20**）は最も標高が低い場所であり、山側の熊野神社に続く法面箇所付近では３ｍ弱の浸水痕跡が見られた。標高の高い町立病院付近では、浸水深は１ｍ程度であった。

老人福祉センターの建物南側の壁面には自動車が数台浮いた状態で押し付けられていた（**写真-3.3.1.19**）。一方、台地東側（海側）の鋼製柵および生垣（**写真-3.3.1.21**）にはゴミが多数引っかかっていたが、大きな損傷は受けておらず、それより内側の病院および駐車場側には瓦礫が流入した状況は認められなかった（3月12日午前のヘリによる調査でも確認）。

したがって、台地上への浸水は、標高のやや低い南側の老人福祉センターから始まり、当初はやや勢いのある流れが流入してきたが、老人福祉センター建物が１～２ｍ程度浸水した段階で、流入速度は殆どなくなり、じわじわ水深が上昇して行く状況であったと考えられる。

海側に設置された津波避難用の鋼製階段（**写真-3.3.1.22**）は２箇所とも破損せず残っていた。

これらのことから、津波の到達する恐れのある急傾斜地崩壊危険箇所では、急傾斜地崩壊対策施設の整備にあわせて避難のための階段・通路等を設置することや、急傾斜地の頭部を切土して平地を設け、造成した高台に重要施設を建設するなど、特定利用斜面保全事業が有効であることが確認された。



写真-3.3.1.20 老人福祉センター浸水痕（ポール先端部）



写真-3.3.1.21 台地東側鉄鋼柵および生垣



写真-3.3.1.22 津波避難用鋼製階段



写真-3.3.1.23 崩壊全景

(3) 福島県浜通りを震源とする地震により福島県いわき市田人町で発生した土砂災害

2011 年 4 月 11 日 17 時 16 分頃、福島県浜通りを震源とするマグニチュード 7.0 の地震が発生した。震源の深さは 5 ㎞と推定され、福島県いわき市と茨城県鉾田市で最大震度 6 弱を観測した。この地震により、福島県いわき市を中心に斜面崩壊や地すべりが発生した。国総研および（独）土木研究所火山・土石流チームでは、東北地方整備局の要請を受け福島県いわき市田人町で発生した斜面崩壊の現地調査を 2011 年 4 月 13 日に行った。以下に結果を報告する。

1) 崩壊諸元

崩壊地の概略図を**図-3.3.1.2** に、全景を**写真-3.3.1.23** にそれぞれ示す。

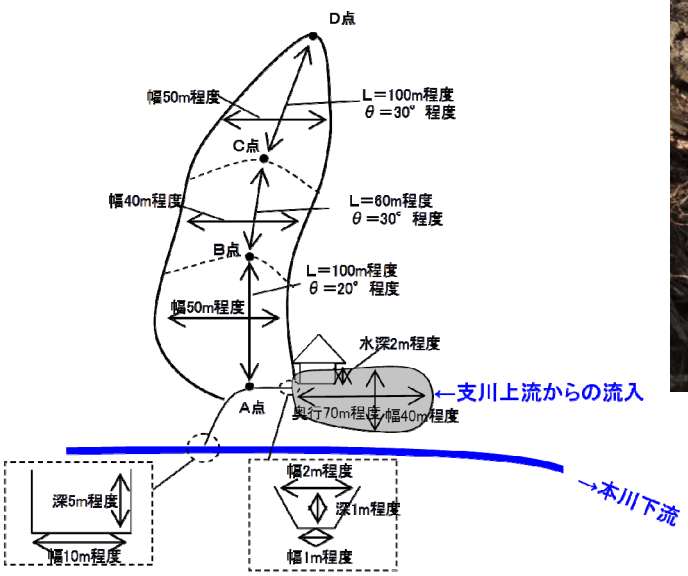


図-3.3.1.2 崩壊地概略図

2) 崩壊概況

崩壊は尾根部が、深さ 4 ～ 5 m程度の位置の流れ盤（I ＝30° 程度）上で岩盤すべりを起こしたものである（**写真-3.3.1.24**）。崩壊頭部から比高差 150 m程度下の位置までの土塊が崩壊している。この 150 m下の位置は、尾根地形と斜面に向かって左側の谷地形が摺り付く場所（以下、摺り付き部）（**写真-3.3.1.25**）であり、地震動が開放される尾根部の全体が揺すられたことで崩壊・滑落が発生したものと考えられる。崩落した土塊の一部は摺り付き部のやや勾配が緩くなった（I ＝15° 程度）テラス状地の上に停止しているが、その表面には切り株が整然と並んでいる（**写真-3.3.1.26**）ことから、運動形態は「すべり」であったと考えられる。



写真-3.3.1.24 崩壊源頭部
（中央部に露岩が見られる）



写真-3.3.1.25 左側の谷地形と摺り付き部



写真-3.3.1.27 人家まで到達した土砂
（崩壊中腹部のテラスから撮影）



写真-3.3.1.26 テラス状地に並ぶ切り株



写真-3.3.1.28 テラスにおける崩壊土砂

テラスから下へ流下した土砂は、攪乱されながら斜面下部の人家まで到達している（**写真-3.3.1.27**）。堆積土砂は、20～50cm 程度のブロック状に破砕された岩片が主体であり（**写真-3.3.1.28**）、粘土質のマトリクスがやや湿り気を有しているものの、通常の土石流堆積物のような含水状況ではなく、乾燥性の土砂流動と考えられる（被災人家から下流側に泥水が流れた形跡も見当たらなかった）。

堆積土砂内には切り株も散見される。根系の状況は比較的新鮮であり、一般的に言われる「伐採後10年程度で腐朽して剪断抵抗力が低下する」状況ではなかった。根系長（深さ）は30～50cm程度と浅く（**写真-3.3.1.29**）、この斜面の表層土厚が薄いことが分かる。頂部に近い崩壊斜面内には切り株がそのまま残っている部分もあることから（**写真-3.3.1.30**）、根系下部面の表層土が土壌水によって不安定になって動き出したのではなく、地震動が崩壊・滑落の主因と考えられる。

レーザー測距による計測結果から全崩壊土砂量25,000m^{3}程度（内訳として、崩壊残土22,000m^{3}程度、河道閉塞を引き起こした土砂量3,000m^{3}程度）と推測された。なお、本川への土砂流出は見られなかった。



写真-3.3.1.29 根系長の浅い切り株



写真-3.3.1.30 頂部に近い斜面内の切り株（頂部から撮影）

3）崩壊地周辺の土砂の状況

崩壊地周辺の斜面自体にはクラック等の不安定さを示すものは見当たらなかったが、一部、不安定な状態の土砂が存在した。崩壊斜面最上部右側には幅５m、長さ 10m、厚さ１m程度の落ち残りのブロック（**写真-3.3.1.31**）があり、崩壊斜面両側の作業道には崩壊方向に垂直なクラックが多数見られた（**写真-3.3.1.32**）。

崩壊斜面両側には、自然堤防的な土砂の高まり（H＝１～２m程度）がある。現在、斜面上に停止している土砂は、Ｉ＝20°程度に堆積しており、比較的ポーラスな状態であることから、集合的に流動する可能性は小さいと考えられる。

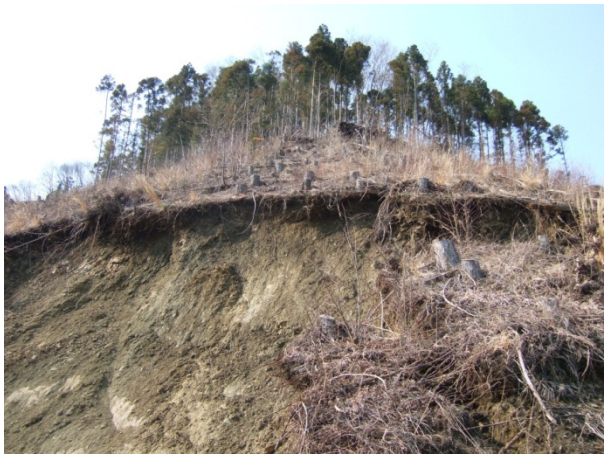


写真-3.3.1.31 最上部右側落ち残りのブロック



写真-3.3.1.32 斜面左側の作業道に見られたクラック

4）河道閉塞の状況

土砂が幅(横断方向)50m 程度、長さ 30m 程度の範囲で流路工（深さ 3m 程度、幅 3m 程度）を含めて河道を閉塞した（**写真-3.3.1.33**）。土砂量は 3,000m^3 程度と推測される。右岸側の家屋は 1m 程度浸水していた。湛水量は 5,600m^3 程度(推定値）であった（幅(横断方向)40m 程度×奥(縦断方向)70m 程度×深さ 2m 程度）（**写真-3.3.1.34**）。土砂が流路工を閉塞した箇所は深さ 1m 程度、幅（河床)1m 程度の断面で既に開削されていた（**写真-3.3.1.35**）。

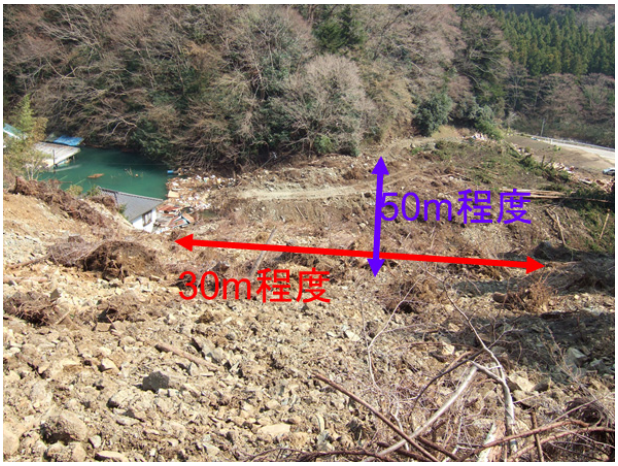


写真-3.3.1.33 崩壊地中腹から見た河道閉塞

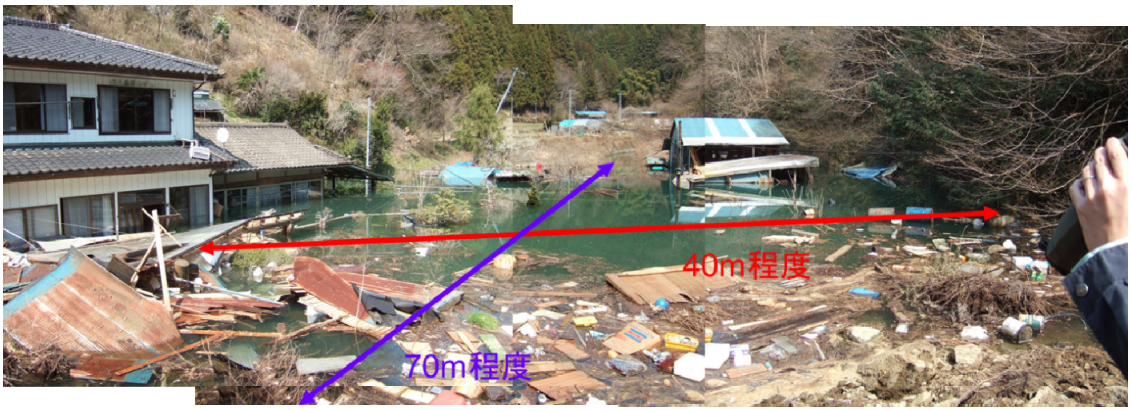


写真-3.3.1.34 湛水池の状況



写真-3.3.1.35 開削された水路の断面（写真奥側下流）

(4) 現地調査のまとめ

① 急傾斜地崩壊対策施設は津波により擁壁上部のストーンガードが座掘するなど変状が見られたが、地震動による大きな損傷は見られず、斜面崩壊を防止する本来の機能を発揮したことが確認された。

② 津波の到達する区域において、急傾斜地崩壊対策施設を整備する際は、避難路をあわせて整備することが有効である。

③ 崩壊箇所は尾根状斜面、平行斜面、盛土部が多いという、地震時の斜面崩壊の一般的な傾向と概ね同様であった。

④ 内陸直下型の余震によって、本震よりも小さな震度（加速度）でも崩壊現象が発生する事例があった。

⑤ 地震による斜面崩壊は尾根部で発生するものも多く、崩壊規模も大きくなる場合もあるため、通常の土砂災害危険箇所として把握されていない場所での災害にも注意する必要がある。

3.3.1.3 光学衛星画像を用いた大規模崩壊地調査

(1) 調査の概要

東北沖を震源とした東日本大震災では沿岸部において津波による甚大な被害が発生したが、宮城県栗原市で震度7に達するなど、内陸部においても強い震度が広い地域で観測された。

その結果、葉の木平地すべり等の土砂災害により被害が生じた。

そこで、国総研は、斜面崩壊、地すべり、河道閉塞等の地震による大規模な土砂災害の発生状況について確認するため、JAXAから提供を受けた ALOS（だいち）のAVNIR-2 / PRISM画像やその他光学画像を用いて、広域にわたる画像目視判読を実施した。

その調査結果は、以下のとおりである。

(2) 衛星画像目視判読による土砂災害箇所の抽出[1)]

1) 判読対象範囲及び使用データ

・ 判読資料

表-3.3.1.2に判読資料の一覧を示す。**表-3.3.1.3**にALOS光学センサの概要を示す。

・ 判読対象地域と画像撮影状況

震度5強以上の地域では、斜面崩壊等の土砂災害が発生する可能性が高いとされている。そこで、判読対象地域は、気象庁発表の推計震度分布で「震度6弱以上の地域を網羅し、かつ震度5強以上とされた地域が概ね含まれるエリア」を崩壊地判読対象の範囲（東西約100km、南北約450kmのエリア）とした（**図-3.3.1.3**）。

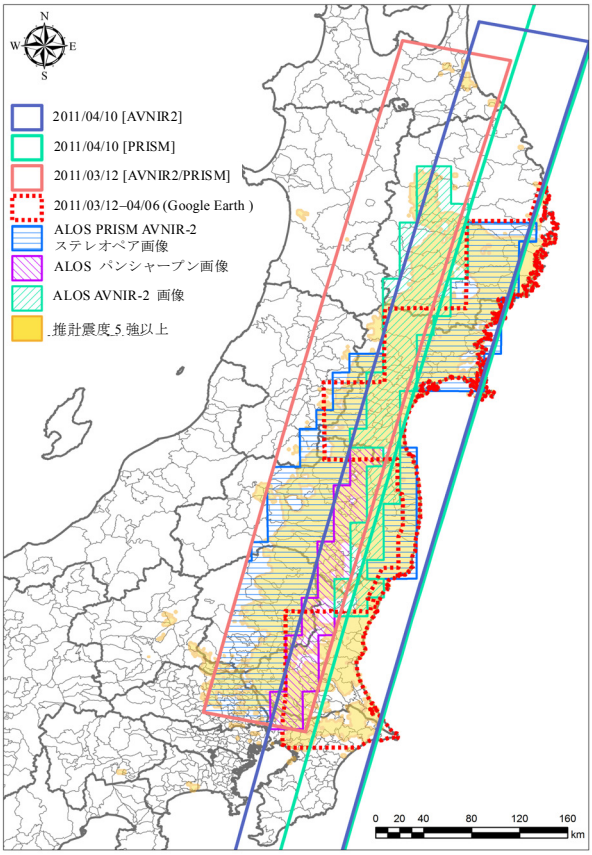


図-3.3.1.3 震度5強以上の地域と判読対象地域及び使用した衛星画像の種別

表-3.3.1.2 判読資料の一覧

画像名	ALOS AVNIR-2 画像	ALOS パンシャープン画像	ALOS ステレオセット(ペア)画像	Google Earth 画像
センサ名称	・ALOS AVNIR-2	・ALOS AVNIR-2 ・ALOS PRISM 直下視	・ALOS AVNIR-2 ・ALOS PRISM 直下視 ・ALOS PRISM 前方視(又は後方視)	・GeoEye-1、IKONOS、WorldView-1 等
地上分解能	10m	2.5m	2.5m	概ね 1m 以下

表-3.3.1.3 ALOS 光学センサの概要

センサ名称	AVNIR-2	PRISM 直下視	・PRISM 前方視 ・PRISM 後方視
正式名称	高性能可視近赤外放射計 2 型センサ	パンクロマチック立体視センサ	パンクロマチック立体視センサ
地上分解能	10m	2.5m	2.5m
観測幅	70km	70km	35km
備考	カラー画像	白黒画像	白黒画像

判読画像の優先順位は、分解能が高い順である、Google Earth画像（GeoEye-1、 IKONOS、 WorldView-1）、 ALOSステレオペア、 ALOSパンシャープン画像、ALOS AVNIR-2の順とした。

Google MapやGoogle Earthの画像は、東日本大震災発生後、東北地方の沿岸部や仙台市街地を中心に撮影されたが、内陸の山間部については撮影されなかった（**図-3.3.1.3**の赤点線）。

なお、光学衛星の中で、崩壊地判読対象の震度5強以上の山間部全域を網羅して撮影していたのは、ALOS AVNIR-2のみであった。

崩壊地判読対象は震度５強以上の広い地域であったが、ALOS AVNIR-2は観測幅が70kmあり、3月12日直下視と3月14日の2回のパスの光学撮影で概ね対象地域が網羅されて早期に被災の概況が把握できた。ALOS画像は、その後も画像が撮影されたので、分解能が最も良いと考えられる直下視の画像を用いて崩壊地判読を実施した。

2) 判読の状況

分解能が1mより高い高分解能衛星による画像は、拡大すると斜面崩壊に伴い発生する粒状の岩塊等が判読出来るため、崩壊地かどうかの区別が容易となる。2.5m程度より低い分解能の画像では、斜面崩壊した岩塊の粒までの判別が困難である。このように崩壊幅50m程度の小規模な崩壊地の判別を行うには、1mより高い分解能の画像が必要である。

衛星画像の中に表れる崩壊地は、日照の有無により、色調が大きく異なり、日陰の場所では崩壊地の見逃しが生じやすい。日陰が生じるような急峻な谷地形では、河道閉塞（天然ダム）が生ずるような崩壊等を見逃さないように、色調補正を行いながら、川沿いに崩壊地判読を進める必要がある。

また、ALOS パンシャープン画像単独による判読よりも、PRISM前方視も合わせて使うALOSステレオペアによる判読の方が、崩壊地の起伏が判り判読精度が向上した。

3) 判読結果

衛星画像を用いた崩壊地判読は、災害直後と、Google Earth画像の掲載が増えた後の再度判読の計２回実施した。

災害直後の崩壊地判読では、土砂移動の可能性のある約200箇所が抽出され、地震直後のヘリ調査等によって既に把握されていた白河市葉ノ木平等の地すべりや小規模な崩壊が認められたものの、天然ダムを形成するような大規模な崩壊は存在しないことが確認できた。

再度判読では、Google Earth高分解能画像の掲載範囲や枚数の増加により、明度や分解能が良好な画像の比較選択が可能となったことから、判読精度が向上した。このため、既存裸地（伐採跡地等）等を判別除外するとともに、画像改善したエリアの崩壊地が新たに抽出でき、判読結果として土砂移動の可能性のある箇所が約450箇所抽出された。再度判読によって得られた崩壊地箇所を**図-3.3.1.4**に示す。

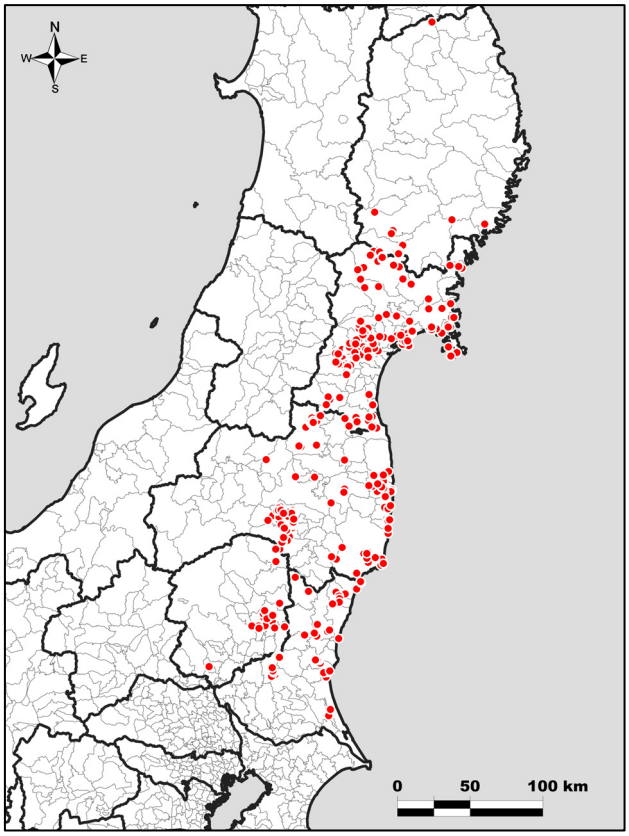


図-3.3.1.4 崩壊地判読結果

(3) 衛星調査のまとめ

東日本大震災において、土砂災害調査のため広域的な衛星画像判読を実施した。これらの分析によれば、土砂災害の空間分布を明確にする迅速な調査のための衛星リモートセンシングの適用可能性と今後の課題は次のとおり要約される。

① 分解能は、今回のALOSパンシャープン程度の分解能（分解能2.5m）でも、大規模崩壊地(幅>50m)の空間分布は判読することが出来た。しかしながら、衛星光学画像を用いて小規模崩壊地(幅<50m)の判読を行うためには、斜面崩壊で発生した粒状の岩

塊が判別可能で、伐採跡地や採石場等と崩壊地が明確に区別出来るように、1m以上の超高分解能画像が必要である。

また、分解能の20～30倍程度より大規模な崩壊地は、より確実に判読抽出できる。それより小さな崩壊地は、判読出来ず見落としが生じやすい。

そして、ステレオペア画像による立体視は崩壊地の判別に有効であった。

② 今回の衛星崩壊地判読で抽出した約450箇所は比較的大規模な面積の崩壊地であり、災害被害が生じなかった大面積崩壊地も含まれている。このため、小規模でも被害が生じた箇所について報告される「土砂災害の発生箇所」の分布とは、箇所数や位置が異なっている。

③ 目標地域は非常に広域であったが、衛星光学画像の判読は大規模崩壊地の空間分布を速く把握できた。

判読の主な資料としたALOS AVNIR-2の地上分解能が10mであることから、抽出できた崩壊地は比較的大規模な面積の崩壊に限定され、小規模な崩壊については判読することができなかったが、今回のように巨大な地震で、調査対象となる強震度地域が非常に広域である中において、「天然ダムを形成するような大規模な崩壊の発生有無を全域で速やかに確認する」という目的は達成できた。

特に広域調査の場合は、ヘリ調査等でも飛行ルートが限られ、調査の空白地域や見落としが生じる可能性も否定できないため、画像として隙間無く全域を見渡せる光学衛星画像は非常に有用であった。

④ 崩壊密度の高いエリアが、必ずしも本震の震度の大きな地域というわけではなかった。

3.3.1.4 地震による斜面崩壊の危険度評価

国総研では、地震による山腹斜面の崩壊危険度を評価するため、平成7（1995）年兵庫県南部地震における崩壊実績をもとに、「地震による斜面崩壊危険度評価判別式」（以下、「判別式」と呼ぶ）を開発した[2)]。この式は、勾配、平均曲率、最大加速度という一般的に入手可能なデータを用いることで、地震による斜面崩壊実績がない箇所においても、崩壊危険度を簡便に評価できる実務的な手法である。ただし、同判別式は花崗岩地域である六甲山系で発生した比較的小規模な表層崩壊を対象に作成された式であるため、比較的大規模な崩壊や、複雑な地質の地域でも精度良く評価できるかや、海溝型地震においても判別式を適用できるかということが課題であった。

これまで、兵庫県南部地震以外にも神津島地震、新潟中越地震、鹿児島北部地震、宮城県北部地震、能登半島地震、新潟県中越沖地震、岩手・宮城内陸地震の７地震について判別式を適用しその精度を確認してきた。その結果、ほかの地震でも六甲山系と同程度の精度で崩壊危険度を評価することが出来た。

そこでここでは、判別式の海溝型地震への適用性を検証すべく、平成23年3月11日の東北地方太平洋沖地震により斜面崩壊が多く発生した栗駒地区を対象に判別式を適用し、その精度を定量的に評価することとした。また、同地区における岩手・宮城内陸地震への適用結果との比較分析を行った。以上により、海溝型地震である東北地方太平洋沖地震に対する判別式適用の妥当性を評価した。最後に、これまで判別式の適用性を検証した９地震への適用結果を比較・検討することにより、判別式の適用性について考察するとともに、今後の研究方針について紹介する。

(1) 東北地方太平洋沖地震への判別式の適用

1) 判別式の概要

判別式は、判別分析手法により導かれた評価式である。判別分析手法とは、説明変数を**図-3.3.1.5**のようにプロットし、崩壊が発生したグループと発生しなかったグループとに分離する境界線を導くことにより崩壊を予測する手法であり、判別式から求められる判別得点が高いメッシュは崩壊が起こりやすく、低いメッシュは崩壊が起こりにくいと判断される。平成7年（1995年）兵庫県南部地震における崩壊実績をもとに導いた判別式は、素因データに勾配と平均曲率、誘因データに最大加速度を用いて、以下のように表される[2)]。

$$F=0.075I-8.92C+0.006A-3.228 \quad \cdots (1)$$

ここに、F：判別得点、I：勾配（°）、C：平均曲率、A：最大加速度（cm／s^2）である。六甲山系での判別式による評価結果を**図-3.3.1.6**に示す。図中の黒三角が実際の崩壊地点である。一般に、地震による崩壊は、勾配が大きい（ただし、60°以上になると堅固な岩盤斜面である等の理由で少なくなる）ほど、平均曲率が小さい（地形的に凸斜面）ほど、最大加速度が大きいほど起こりやすい傾向がある[3)]。式(1)は、このような特徴を反映した式と言える。

2) 方法

式(1)を用いて判別得点を算出するのに必要な各データのうち、素因データである勾配と平均曲率については、国土地理院基盤地図情報10 mメッシュから算出した。また、誘因データである最大加速度は、防災科学技術研究所が発表した断層モデルに基づき、距離減衰式を用いて算出した。距離減衰式は以下のように表される[4)]。

$$\log_{10} A=0.42Mw-\log_{10}(R+0.025\cdot 100.42Mw)-0.0033R+1.22 \quad \cdots (2)$$

ここに、Mw：モーメントマグニチュード、R：断層からの距離（km）である。

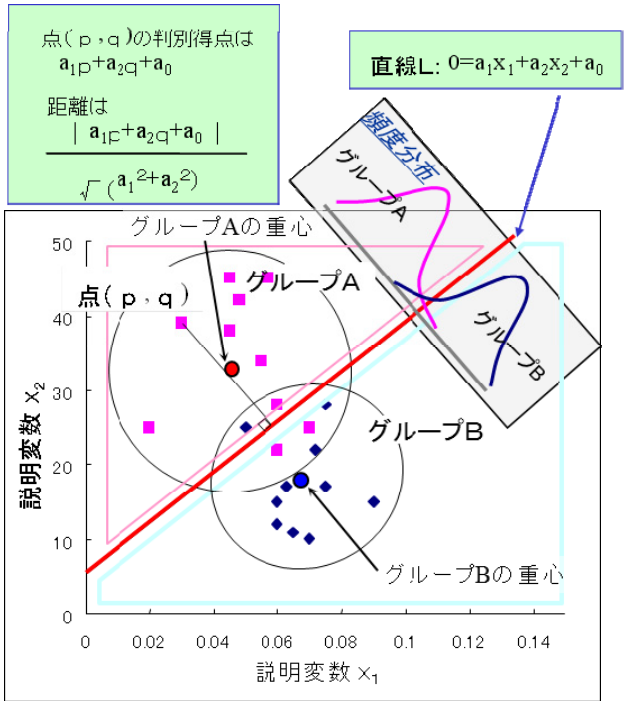


図-3.3.1.5 判別分析の概念図

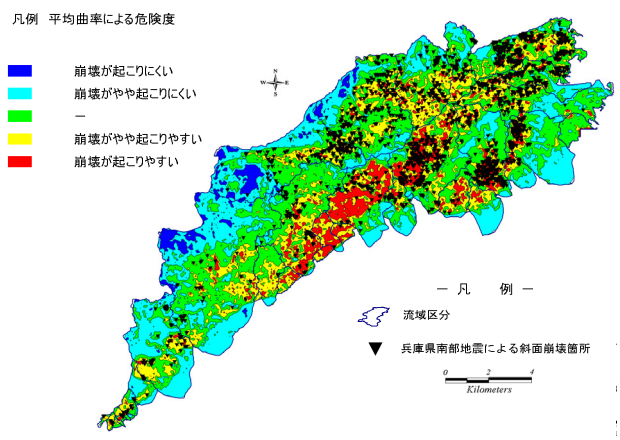


図-3.3.1.6 判別式の六甲山系への適用結果

3) 崩壊地の判読結果

栗駒地区において、距離減衰式による推計加速度分布と空中写真判読による崩壊地分布を重ね合わせた結果を**図-3.3.1.7**に示す。崩壊地判読では、国土地理院により地震後H23年5月～10月に撮影された空中写真とH20年岩手・宮城内陸地震後のH22年11月に撮影された空中写真を比較し、主な崩壊地の発生状況を確認したところ、新規・拡大崩壊が約330箇所判読できた。これらを東北地方太平洋沖地震により発生した崩壊と推定した。なお、岩手・宮城内陸地震による同地区の崩壊地は約2,060箇所である。

4) 判別式の適用結果

栗駒地区の中から判別式を適用するエリア10km四方（100km^2）を選定し、式(1)により算出された判別得点の分布と、実際の崩壊地の分布を**図-3.3.1.8**に重ね合わせて示す。**図-3.3.1.8**から、判別式により崩壊危険度が高いと予測された箇所（赤色）が実際の崩壊地（赤点）と概ね対応していることが分かる。

精度を定量的に評価するため、的中率と見逃し率を算出した。的中率とは、崩壊および非崩壊を正しく予測できたメッシュの割合であり、見逃し率とは、非崩壊と予測されたにもかかわらず実際には崩壊が発生したメッシュの割合である（**表-3.3.1.4**）。ただし、崩壊が発生したメッシュの定義は、これまでのほかの地震での評価手法と同様、崩壊地ポリゴンデータの源頭部に位置する１メッシュのみとした。

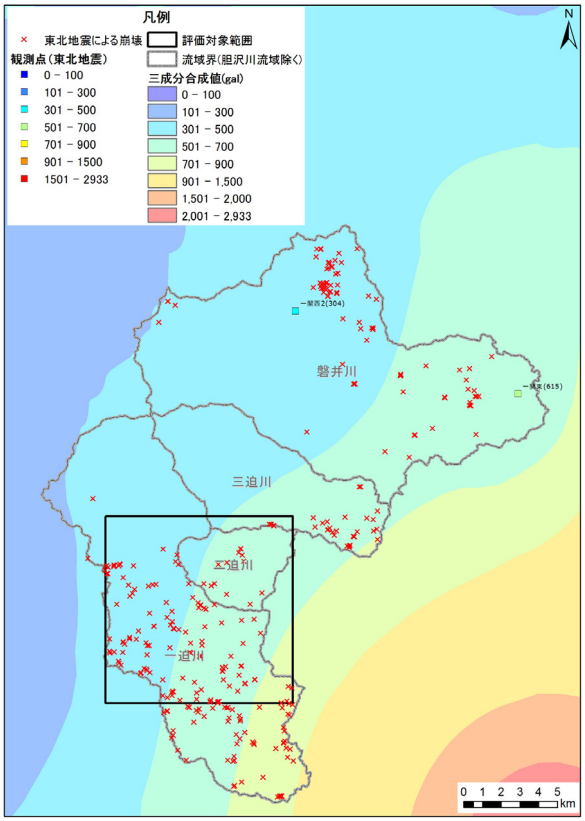


図-3.3.1.7 栗駒地区での東北地震の加速度と崩壊地の分布

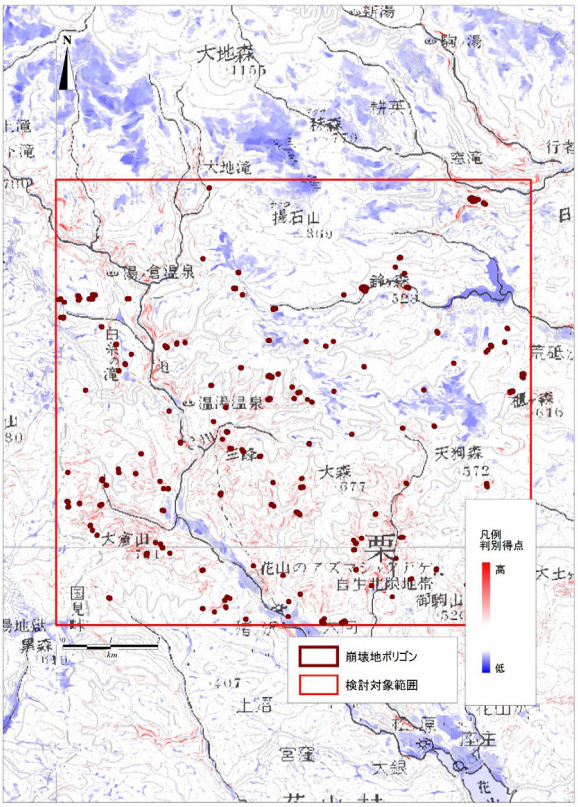


図-3.3.1.8 栗駒地区対象地域における判別評価結果

表-3.3.1.4 栗駒地区での判別結果とほかの地震との比較

	兵庫県南部	鹿児島県北部	神津島	宮城県北部	中越	能登半島	中越沖	岩手・宮城	東北
的中率(%)	64.2	49.0	68.4	57.2	52.8	73.1	78.6	69.0	50.2
見逃し率(%)	20.8	48.7	30.0	35.0	36.3	15.5	18.3	25.1	41.3

		予測	
		崩壊	非崩壊
実際	崩壊	A	B
	非崩壊	C	D

的中率：	(A+D)/(A+B+C+D)
見逃し率：	B/(A+B)
空振り率：	C/(A+C)
スレットスコア：	A/(A+B+C)

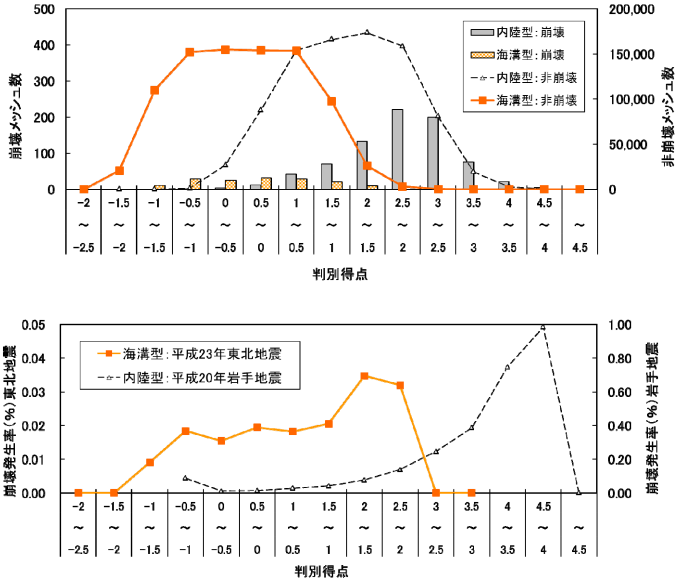


図-3.3.1.9 判別得点ごとの崩壊発生率

その結果、図-3.3.1.9のように、判別得点が高くなるに従い各得点レンジ毎の崩壊発生率が増加する傾向が見られたが、岩手・宮城内陸地震の結果ほど明瞭なものではなかった。また、的中率と見逃し率を計算したところ、的中率は50.2%、見逃し率は41.3%となり、図-3.3.1.10から他の内陸型地震と比べ精度があまり高くないと言える。図-3.3.1.8から定性的には概ね崩壊地を捕捉出来ているものの、崩壊発生箇所数が少なく、崩壊発生率が非常に低かったことから判別得点による明確な判別には至らなかったものと考えられる。

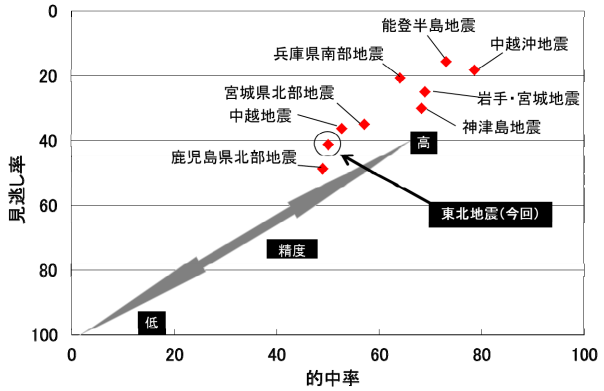


図-3.3.1.10 栗駒地区での判別結果の相対的評価

(2) まとめ

兵庫県南部地震による六甲山系での斜面崩壊をもとに算出された判別式を、海溝型地震である東北地方太平洋沖地震で崩壊が発生した栗駒地区に適用した結果、判別得点が高くなるにつれて崩壊発生率が上昇する傾向はみられたが、的中率、空振り率は、過去の内陸型地震と比べて低かった。対象エリアの崩壊発生率の低さに起因している可能性があり、海溝型地震への判別式の適用性については今後さらなる検討が必要である。

現在、国総研では、地震後の斜面崩壊危険度評価という観点から、地震後の斜面の緩みを定量的に評価する手法について研究を進めている。また、国交省・気象庁で運用している土砂災害警戒情報における地震後の暫定基準では、震度5強以上の地震発生地域において、地震動による斜面の緩みを考慮し通常基準の５～８割で運用することとしている。実際、東北地方太平洋沖地震直後の平成23年4月には全国17都県240市区町村で暫定基準が設定された。そこで、東北地方太平洋沖地震発生後の平成23年3月11日～平成23年10月31日の間に発生した土砂災害について降雨データを収集し、暫定基準の有効性について検証を行っている（図-3.3.1.11）。今後も地震による斜面崩壊の危険度評価に関し、新たなデータを収集しつつ評価手法の精度向上に努めていきたい。

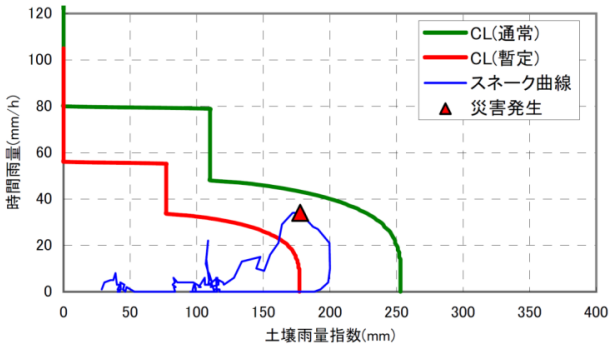


図-3.3.1.11 土砂災害警戒情報暫定基準による災害捕捉イメージ

謝　辞

本節をまとめるにあたり、気象庁の推計震度分布図を使用させていただいた。また、衛星画像を用いた崩壊地調査では、共同研究を実施しているJAXAから共同研究の一環としてALOS光学画像を提供していただいた。ここに記して深甚なる謝意を表する。

参考文献

1) Mizuno, M., Sato, T., Hayashi, S., Nishi, M., Katsura, S. and Nakagawa, K., Investigation of Landslides Caused by the 2011 Tohoku Earthquake Using Optical Satellite Images, International Journal of Erosion Control Engineering Vol. 4, No. 2 , pp.48-56 , 2011

2) 内田太郎、片岡正次郎、岩男忠明、松尾修、寺田秀樹、中野泰雄、杉浦信男、小山内信智：地震による斜面崩壊危険度評価手法に関する研究、国土技術政策総合研究所資料No. 204、pp. 91、2004

3) 中村浩之、土屋智、井上公夫、石川芳治編：地震砂防、古今書院、pp. 190、2000

4) 福島美光、田中貞二：新しいデータベースを用いた最大加速度の距離減衰式の改訂、地震学会講演予稿集、p. 116、1992

3.3.2 下水道分野

(1) 被害調査、現地対応

東北から関東地方の沿岸にある処理場等では、津波による甚大な被害が生じた他、各地で下水処理場120箇所及びポンプ場112箇所に機能損傷や機能停止などの被害があった。また管路施設は主に液状化を原因として132市町村642kmの管きょが被災し、1カ月程度の使用制限など、継続的な下水道サービスの提供に支障が生じた。

東日本大震災では、災害時に自治体間で支援を行うための支援ルールの被害想定範囲を越えていたため、国土交通省が調整に乗り出した。未処理放流対策、市街地での溢水対策を最優先課題とし、対応策の指導、関係機関への連絡調整を行うため東北地方整備局に下水道災害復旧本部を設置した。国総研からは復旧本部立ち上げのため震災の翌日にTEC-FORCEとして現地入りし、その後も一カ月にわたり延べ18名の人員を派遣し技術的指導等を行った。



写真-3.3.2.1 下水道災害復旧本部(東北地方整備局)

(2) 被災概要

国総研では、東日本大震災で生じた下水処理場及び下水道管路施設の被害の要因を明らかにするために、被災した自治体に対しアンケート調査（有効回答率69%）を実施した。下水処理場内の個々の施設（23施設に細分化）と管きょを対象とした被災要因別被害割合を**図-3.3.2.1**に示す。

下水処理場では、津波によるものが54%、次いで地震動によるものが41%、液状化によるものが4%であった。管きょでは、液状化によるものが約90%を占めており、その中でも、新潟中越地震以降問題となった管きょの埋戻し土の液状化が66%と最も多い結果となった。また周辺地盤の液状化についても過去とは異なり、25%もの被害があった。

沿岸部の都市における下水処理場は、自然流下方式の採用及び公共用水域への放流の必要性から、必然的に海域に比較的近い場所に処理場が建設される。このため、今般の津波では、強力な波力による建築構造物の損傷及び電気・機械設備の浸水による故障の被害が多くみられた。しかし、現況の耐震対策指針類には、津波対策に関する記述がないことから、後述する検討委員会において、被害の実態を踏まえ、耐津波対策を考慮した下水道施設設計の考え方が検討された。また下水道管路施設は、耐震未対策の施設が多く被災する中、周辺地盤の液状化で取付け管等から土砂が流入し、本管の被害が軽微な状況にもかかわらず土砂による閉塞や流下機能障害が発生した。このことから、埋戻し部の被害では、従来の液状化対策を進め、周辺地盤の液状化被害が発生した施設では、従来対象となっていない取付け管等についても液状化対策の対象とするような耐震対策指針の拡充が必要とされた。

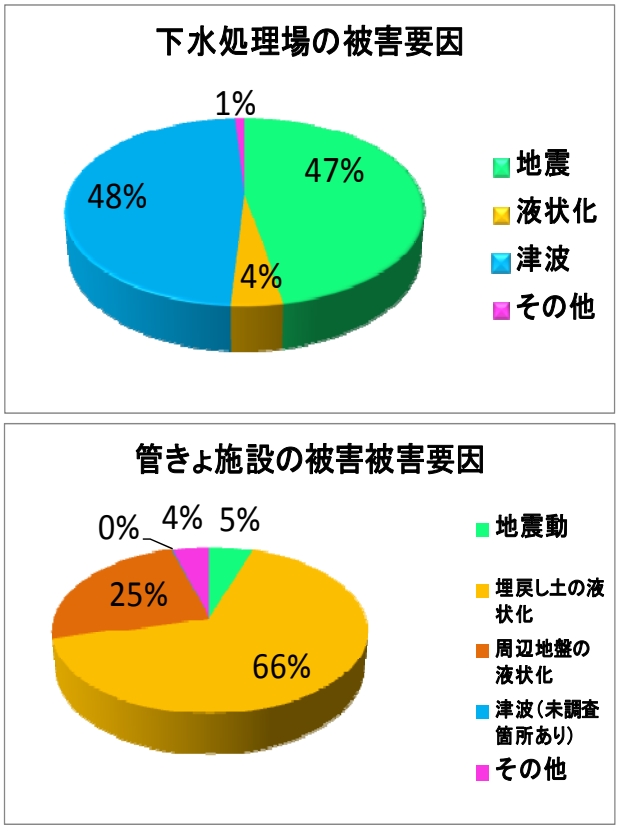
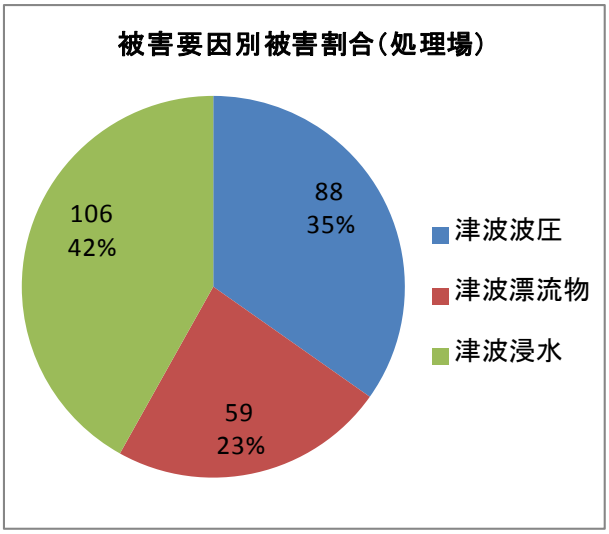


図-3.3.2.1 下水道施設被害要因

(3) 津波による処理場・ポンプ場の被害

津波の被害要因としては、波圧、漂流物、浸水が挙げられる。アンケート調査結果を基に場内施設（23施設区分）を対象とした被害要因別の被害割合を**図-3.3.2.2**に整理した。浸水及び波圧、漂流物のいずれの被害も多いが、処理場については、特に浸水による被害が大きく全体の42%を占め、次いで波圧（35%）であり、力学的エネルギーに加え、被水や冠水により被害が拡大したと考えられる。被害の代表事例を**写真-3.3.2.2**に示す。



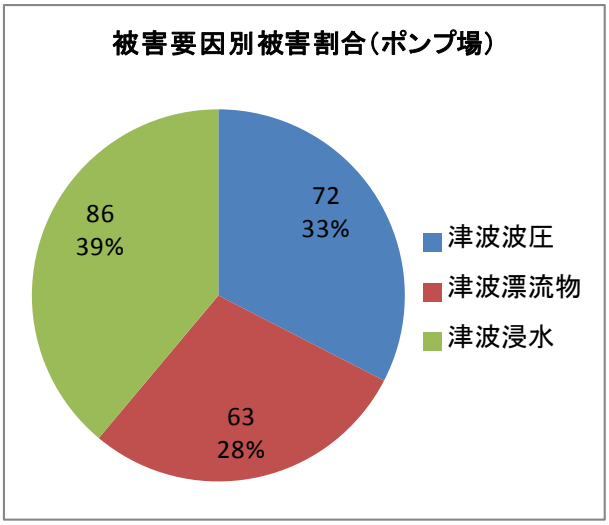


図-3.3.2.2 場内施設を対象とした被害要因別の被害割合



（a）波圧による津波浸入方向の壁面被害



（b）漂流物による建築物への直接被害

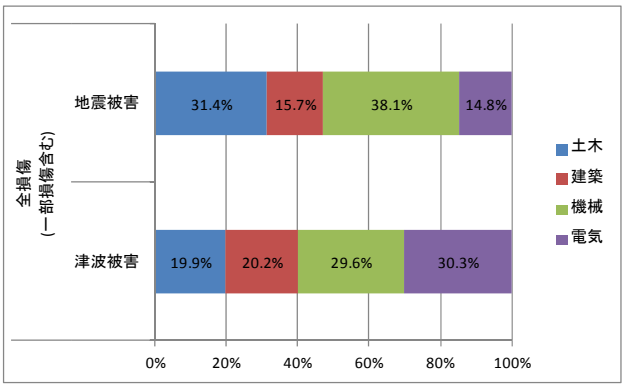


（c）浸水による室内設備の水没被害

写真-3.3.2.2 処理場・ポンプ場における津波被害の代表事例

アンケートで得られた処理場内の施設（23施設区分）、ポンプ場内の施設（5施設区分）に対する被害情報を基に、津波による施設被害の特徴を分析する。地震動と津波による被害傾向を比較すると、津波被害では処理場・ポンプ場ともに電気設備の被害が多い傾向があった（**図-3.3.2.3**）。電気設備の被害では、津

波による電気室や水処理施設の現場操作盤などの水没や流出による機能停止が大半である。**図-3.3.2.4,5**より、処理場の機能復旧までの時間（機能停止時間）は、津波以外の要因により被害を受けた処理上では概ね１ヶ月以内には機能復旧しているが、津波被害を受けた処理上では復旧までの期間が長期化しており、大規模な処理場では通常処理への復旧に１年以上費やすものもある。被害が大きかった兵庫県南部地震での東灘処理場（神戸市）の機能復旧期間が約100日であったことを考えても、今回は稼働停止期間が長いことが分かる。



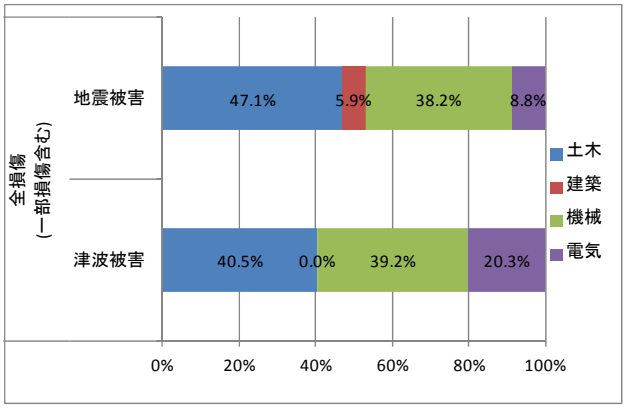


図-3.3.2.3 地震と津波の施設別被害の相対比較

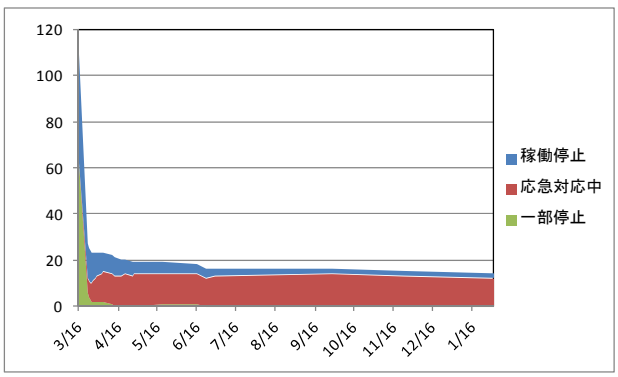


図-3.3.2.4 処理場における稼働停止状況

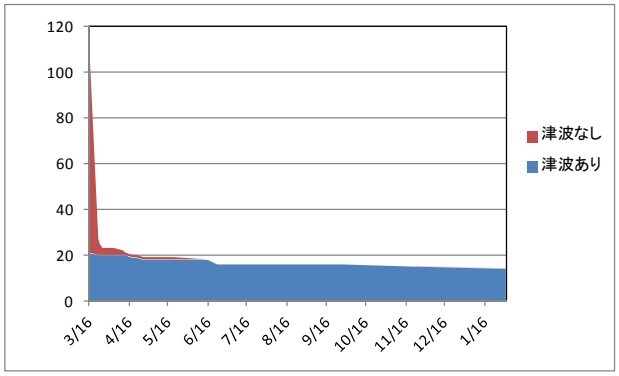


図-3.3.2.5 処理場における津波被害の比較

津波による浸水深と、処理場内の施設被害の程度の関係（**図-3.3.2.6,7**）を見ると、処理場では浸水深が小さければ、全機能停止ではなく一部機能停止にとどまる結果となっている。また、浸水深が1m～1.5m以上になると全機能停止が半数を超えることから、今後、対策の範囲や手法を検討する上で参考になると考えられる。なお、浸水深8.5m～9mの「機能に問題無」は流入きょ及び放流きょ・吐口における電気設備・機械設備のない土木施設である。一方、ポンプ場は浸水高が低くても全機能停止の被害率が高い結果であった。次に、津波による浸水深と被害の工種を見ると（**図-3.3.2.8,9**）、処理場では浸水深が0～4mまでは機械または電気設備被害が主体であるが、浸水深が大きくなると、被害工種が複合化（土木、建築、機械、電気）していることが分かる。また、浸水深が4mまでの場合は特に機械・電気工種への津波対策、それ以上になれば全工種を対象とした津波対策が必要であると考えられる。一方、ポンプ場は浸水深に関わらず機械・電気工種の被害割合が高かった。

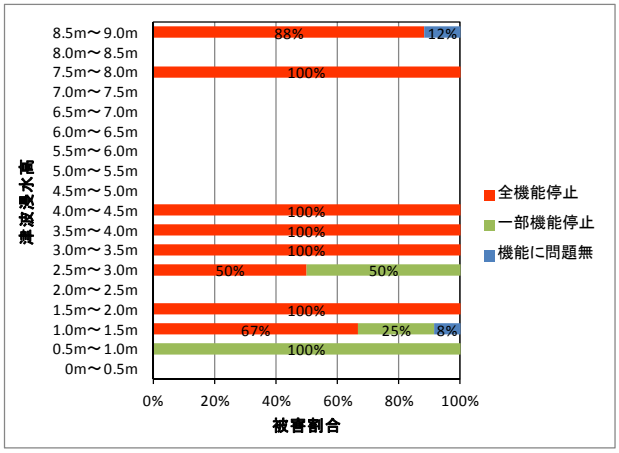


図-3.3.2.6 津波による浸水深と機能停止状況における被害割合の関係（処理場）

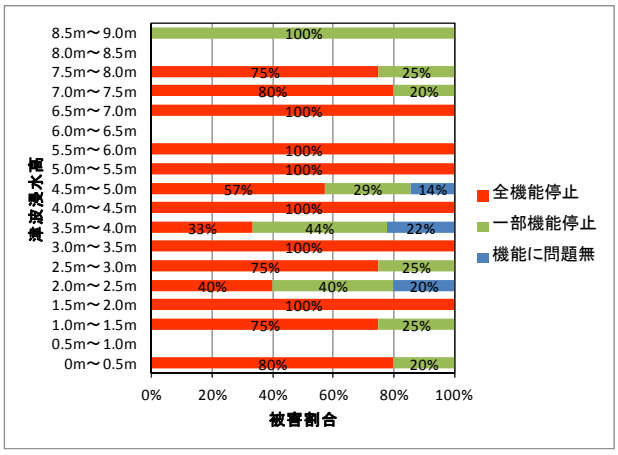


図-3.3.2.7 津波による浸水深と機能停止状況における被害割合の関係（ポンプ場）

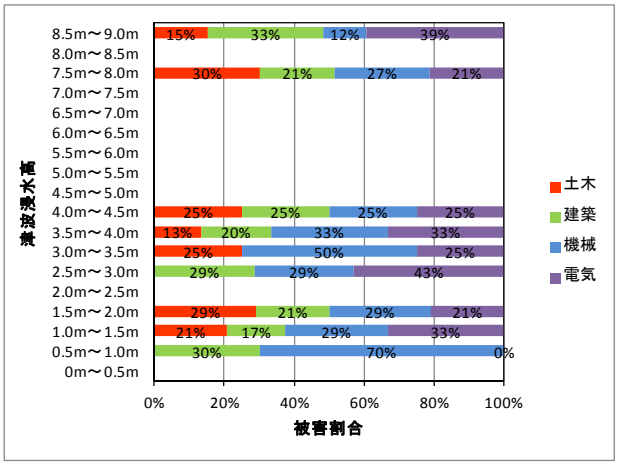


図-3.3.2.8 津波による浸水深と被害工種における被害割合の関係（処理場）

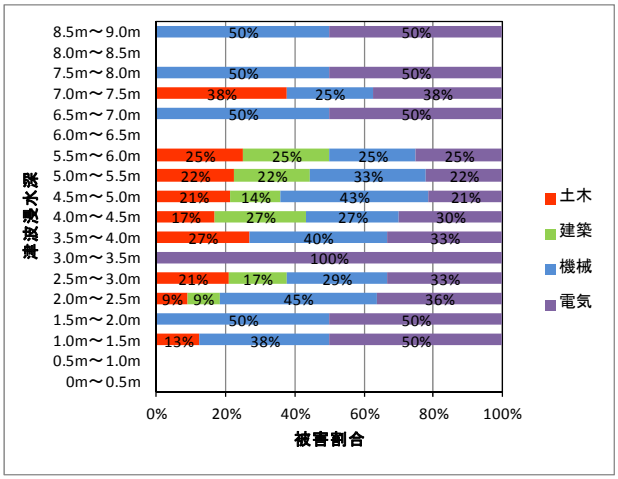


図-3.3.2.9 津波による浸水深と被害工種における被害割合の関係（ポンプ場）

(4) 下水道管路施設の液状化対策とその効果

1) 下水道管路施設の液状化対策

下水道管路施設の液状化対策工法は、「下水道施設の耐震設計指針と解説－2006年度版－」に記載がある。管きょの液状化対策工法としては、新潟県中越地震時（平成16年度）に設置された下水道地震対策技術検討委員会で緊急提言された**図-3.3.2.10**に示す、埋戻土の締固め、砕石等による埋戻し、埋戻土の固化の3工法がある。

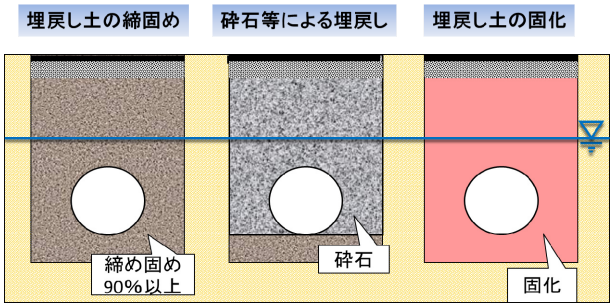
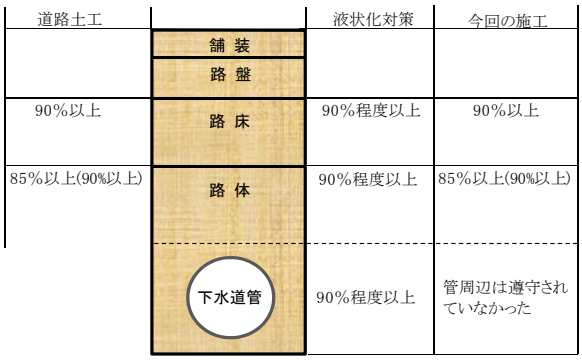


図-3.3.2.10 管きょの埋め戻し3工法

2) 埋戻土の締固め

本工法は、管きょの埋戻し部の締固め度を90%以上確保することで、地震時の液状化を抑制するものである。被災地において液状化対策としての施工実施例は確認されていないが、宮城県及び福島県の道路土工の施工基準として「路床における締固め度90%」（以下、道路基準）があることから道路基準に基づく締固め度は確保されていたと推定される（**図-3.3.2.11**）。



※（ ）内は、RI計器を用いた盛土の締固め管理を行った場合

図-3.3.2.11 締固め基準

しかしながら、道路基準が設定されていた箇所における下水道管きょの一部で、路面異常やたるみ等の被害が確認されている。これは、道路基準が「路床」及び「路体」に設定されていることから、路体下の管き

ょ基礎やその埋め戻し部に対してその基準値が遵守されていなかったためと考えられる。よって、下水道管きょの液状化対策を行う際には、より厳しい施工管理が必要と考えられる。また、一般に管側部の埋戻しは転圧のための機械が入るスペースが無いこと、塩化ビニル管は特に管頂部の施工においてオーバーコンパクション現象が生じることがあること、土質によっては締固め度90%の確保が困難なことがあるなど、締固め工法の施行にあたっての課題が多く残されている。

3) 砕石等による埋め戻し

本工法は、埋戻し材料に砕石を用いる方法であり、小口径管きょでは、多くの場合、砕石に対抗可能なリブ付き塩ビ管等が用いられる。リブ付き塩ビ管の施工方法は、管周りのみを砕石に置換する方法が一般的であるが、液状化対策を目的とする工法では、地下水位より上部まで（若しくは埋め戻し部全部）を砕石で埋め戻すことが最も重要である。

被災地内での採用箇所は震度7を記録した栗原市の一部で採用されている程度である。本地区では、同一路線上に前出の一般的な施工箇所と液状化対策箇所が存在する。今回の震災では一般的な施工箇所では車両通行が不可能となる大きな路面異常が発生したが（**写真-3.3.2.3**）、液状化対策箇所では、路面が若干沈下した程度の被害であり、その効果が確認された（**写真-3.3.2.4,5**）。

ただし、液状化対策を施工した一部の管きょ（約20m）で被害程度は小さいものの管きょのたわみ及び路面異常が発生しており、その原因究明のための調査を行った。調査にあたっては、施工時の工事書類確認と当時の工事担当者へのヒアリングを実施した。この結果、使用した砕石の種類と、施工時の矢板引き抜きに関して問題があると推察された。使用した砕石については、耐震指針において透水性の高い材料として10%通過粒径D10≧１㎜の材料を推奨しているが、現場で使用されていたのはD10≧600μmであり、細粒分が多く含まれていた。このため、液状化時の過剰間隙水圧消散効果が低下し、被害につながったものと推察された。矢板の引き抜きについては、引き抜きに伴い地山と埋め戻し部に空隙が生じ、埋め戻し部の締固めが緩んだ可能性が当時の施工担当者により示唆されている。



写真-3.3.2.3 標準施工（未対策）



写真-3.3.2.4 液状化対策工（被害無）



写真-3.3.2.5 液状化対策工（被害有）

4) 埋戻土の固化

(a) 栗原市における被災原因分析

栗原市ではセメント固化対策延長2500mに対して54mが被災した。被災箇所は、岩手宮城内陸地震時に被災し、本復旧時にセメント固化剤による改良土を使用した鶯沢地区である。被害の程度について、固化施工済みの管きょでは、たるみ及び継ぎ手ズレが発生したが流下阻害にはなっていない。ただし、固化施工済みの一部のマンホールで4～11cmの浮上りが確認された。液状化未対策の浮上が5～10cmであり、ほぼ同程度の被害を受けている（**写真-3.3.2.6,7**）。



写真-3.3.2.6 標準施工（未対策）



写真-3.3.2.7 液状化対策施工箇所（被災箇所）

被災原因を明らかにするために実施した、被災箇所における現地の土質調査及び被災状況の分析結果を述べる。土質調査は、被災ありと被害無しの２箇所について、標準貫入試験、一軸圧縮強度試験を行った他、セメント添加量を推定するための酸化カルシウム分析を実施した。この結果、**表-3.3.2.1**に示すとおり、一軸圧縮強度試験は１断面あたりの平均一軸圧縮強度は２箇所とも基準値（50～100KPa）を下回る結果となった他、調査深度が深い位置の土は特に強度が発現していなかった。Ｎ値については、２箇所とも同程度の値を示している他、セメント添加量は事前配合（50Kg/m^3）に近い混入率が確認できた（**表-3.3.2.2**）。

また、施工当時の状況についてヒアリングしたところ、セメント混合は現地攪拌（バックホウによる3回攪拌）であったこと、攪拌後の仮置きが1日程度あったことが分かった。また、不具合のあった部分のみの布設替えであったことから、スパン全体もしくはマンホール全周の固化が実施されておらず、今回の被害はこの場所に集中していることが分かった。

以上の結果を整理すると、セメントの必要添加量は満たしているものの、埋め戻し時の施工上の問題により適正な強度が得られなかったことが推察される。

新潟県中越沖地震の際に設置された下水道地震対策技術検討委員会では、セメント系固化による埋め戻し時の施工上の留意点が提言されており、この提言と現地土質試験及び現地の施工状況を照らし合わせると、主な原因として下記が考えられる。

- 部分的な固化対策をしたことから、十分な効果が得られなかった。
- セメント混合は現地攪拌（バックホウによる3回攪拌）であったが、攪拌不足のため強度にばらつきが生じた。
- セメント攪拌後に仮置き（1日程度）したために、十分な強度が発現しなかった。
- 深い位置の強度が低いことから、管周りの転圧が十分でなかった可能性がある。

表-3.3.2.1 栗原市における一軸圧縮強度試験結果

調査深度	被害有り		調査深度	被害なし		深度別平均値
	孔-No1	孔-No2		孔-No3	孔-No4	
1.8～2.75m	76kpa	68kpa	1.5～2.3m	42.5kpa	18.4kpa	51.2kpa
2.75～3.35m	12.6kpa	12.2kpa	2.6～3.54m	12.6kpa	11.4kpa	12.2kpa
1断面当たり平均値	44.3kpa	40.1kpa	1断面当たり平均値	27.6kpa	14.9kpa	31.7kpa

表-3.3.2.2 栗原市土質調査結果一覧

調査項目	被害有り		被害なし	
	孔-No1	孔-No2	孔-No3	孔-No4
貫入試験（JGS1443）	上部：5	上部：4	上部：6	上部：7
	下部：5	下部：13	下部：8	下部：8
酸化ｶﾙｼｳﾑ（JISR5202）	―	上部： 推定セメント量＝38.7kg/m3	―	上部： 推定セメント量＝69.4kg/m3
	―	下部： 推定セメント量＝43.9kg/m3	―	下部： 推定セメント量＝34.5kg/m3

※上部：「被害あり」の孔はGL-1.8～2.75m、「被害なし」の孔はGL-1.5～2.3mの調査位置。
※下部：「被害あり」の孔はGL-2.75～3.35m、「被害なし」の孔はGL-2.6～3.54mの調査位置。
※酸化カルシウム分析結果は、分析で得られた乾燥ベースにおけるセメント量（%）と土質調査から得られた土の乾燥密度に基づき推定したセメント含有量を示した。

表-3.3.2.3 施工年度別の整備延長と災害復旧延長

処理分区	大曲南処理分区			大曲北処理分区			合　計		
施工年度	整備延長（m）	災害復旧延長(m)	被害率（%）	整備延長（m）	災害復旧延長(m)	被害率（%）	整備延長（m）	災害復旧延長(m)	被害率（%）
平成16年度	0	－	－	2,742	8	0.29	2,742	8	0.29
平成17年度	3,238	243	7.49	2,453	52	2.12	5,690	294	5.18
平成18年度	3,104	0	0.00	2,096	0	0.00	5,201	0	0.00
平成19年度	3,769	41	1.10	2,114	0	0.00	5,883	41	0.71
平成20年度	2,256	0	0.00	0	－	－	2,256	0	0.00
平成21年度	632	0	0.00	0	－	－	632	0	0.00
合計	12,999	284	2.18	9,405	60	0.64	22,404	344	1.54
固化対策延長（平成17年度以降）	12,999	284	2.18	6,663	52	0.78	19,662	336	1.71

(b) 東松島市における被害状況

東松島市では、平成17年度から液状化対策としてセメント系固化による耐震化を進めている（**表-3.3.2.3**）。被災した箇所について詳細に分析すると、平成17年度に施工した箇所は被害率5.2%に対し、平成18～21年度に施工した箇所は0～0.7%で平成17年度に施工した箇所に集中している。施工担当者へのヒアリングによれば、17年度は耐震化事業初年度で施工管理において十分な指導ができていなかったとして、18年度から事前配合の立ち会いや指示等の適正化を図ったとのことである。施工管理の適正化において留意した事項は下記の通り。

・現地でのセメント混合時の立ち会い（全数量に対して実施）
・現場発生土毎（1工事あたり3箇所）に一軸圧縮強度試験を行い、セメント配合量を決定した。

(5) 復旧対策対応

1) 下水道地震・津波対策技術検討委員会

東日本大震災で被災した下水道施設の適切な応急復旧及び再度災害を防止する本復旧を行うため、（社）日本下水道協会と国土交通省で、**表-3.3.2.4**に示す学識者等からなる「下水道地震・津波対策技術検討委員会」を震災発生の1か月後の4月12日に設置した。

委員会には、上記の学識委員の他に、行政代表の委員、国土交通省及び日本下水道協会からの特別委員で構成される。国総研からは、下水道研究部長が特別委員として参画するとともに、下水道研究官と下水道研究室が中心となって、委員会事務局として、委員会での検討事項の調整、被災の要因分析や復旧方策等の技術的な検討を行った。

本検討委員会では、緊急対応、応急復旧、本復旧の技術的課題に対し、技術的提言や復旧のあり方などを順次取りまとめ公表した。**表-3.3.2.5**は、委員会の検討経緯を示したものである。最終報告については、平成24年5月18日に、「下水道地震・津波対策技術検討委員会報告書 ー東日本大震災における下水道施設被害の総括と耐震・耐津波対策の現状を踏まえた今後の対策のあり方ー」として、国土交通省から公表されている。

被災地では、これら提言に基づき、本復旧が進められているところである。

表-3.3.2.4 下水道地震・津波対策技術検討委員会の委員構成

委員長	濱田政則	早稲田大学 理工学部 社会環境工学科 教授
学識委員	今村文彦	東北大学大学院 工学研究科付属災害制御研究センター 教授
	大村達夫	東北大学大学院 工学研究科 土木工学専攻 教授
	中林一樹	明治大学 政治経済学科 研究科 特任教授
	野村充伸	日本下水道事業団 技術戦略部長
	藤間功司	防衛大学校システム工学群建設環境工学科 教授
	藤本康孝	横浜国立大学 工学部 電子情報工学科 准教授
	松尾修	（財）先端建設技術センター 普及振興部長
	安田進	東京電気大学 理工学部 建設環境工学科 教授

表-3.3.2.5 下水道地震・津波対策技術検討委員会の検討経緯

日　時	委員会等	検討事項／技術支援
平成 23 年 4 月 12 日	第 1 回委員会	・下水道施設の被害状況と復旧・支援状況について ・復旧にあたっての技術的課題ついて
4 月 15 日	下水道施設の復旧にあたっての技術的緊急提言を公表（第 1 次提言）	公衆衛生の確保の考え方、出水期に向けた緊急浸水対策の考え方、下水道施設の復旧の考え方についてとりまとめられ、国土交通省から、下水道部下水道事業課企画専門官通知として、被災を受けた都県・政令市に提言を発出
5 月 24 日	第 2 回委員会	・被害状況と復旧状況について ・段階的応急復旧方策のあり方について ・機動的な公衆衛生の確保方策のあり方について
6 月 13 日	段階的応急復旧のあり方を公表（第 2 次提言）	本復旧までに要する期間に応じて、応急復旧を実施し、段階的な放流水質の向上を目指すための基本的な方針についてとりまとめられ、国土交通省から、下水道部下水道事業課企画専門官通知として、被災を受けた都県・政令市に提言を発出
7 月 19 日	第 3 回委員会	・被災した下水道施設の本復旧のあり方
8 月 11 日	東日本大震災で被災した下水道施設の本復旧のあり方を公表（第 3 次提言）	下水道施設の本復旧にあたっての基本方針、本復旧における津波への対策方針、本復旧における液状化等による地盤の変状への対策方針、その他の留意事項についてとりまとめられ、国土交通省から、下水道部下水道事業課企画専門官通知として、被災を受けた都県・政令市に提言を発出
10 月 17 日	第 4 回委員会	・東日本大震災直後の復旧対応状況とBCPのあり方について ・東日本大震災発災後の復旧対応状況と課題 ・東日本大震災における広域支援状況について ・東日本大震災における全面的な液状化被害の事例報告、等
12 月 25 日	第 5 回委員会	・東日本大震災における下水道施設被害の総括 ・下水道処理施設の復旧工程 ・津波対策を考慮した下水道施設設計の考え方 、等
平成 24 年 2 月 24 日	第 6 回委員会	・下水道施設被害の総括 ・耐津波対策を考慮した下水道施設設計の考え方 ・下水道施設指針類のあり方、等
3 月 6 日	耐津波対策を考慮した下水道施設設計の考え方を公表（第 4 次提言）	東日本大震災を踏まえ、今後、巨大地震に伴う大規模な津波が想定される地域の下水道施設に適用すべくとりまとめられ、国土交通省から、下水道部下水道事業課企画専門官通知として、都道府県・政令市に提言を発出
3 月 22 日	第 7 回委員会	・耐震性及び耐津波性の向上に向けての防災目標・減災目標について ・下水道地震・津波対策技術検討委員会最終報告書（案）
5 月 18 日	下水道地震・津波対策技術検討委員会報告書を公表	委員会における審議内容のすべてを網羅した「下水道地震・津波対策技術検討委員会報告書 －東日本大震災における下水道施設被害の総括と耐震・耐津波対策の現状を踏まえた今後の対策のあり方－」をとりまとめ、公表

委員会の最終報告において示された今後の耐震・耐津波対策における新たな視点は以下の通りである。

(a) 管路施設の耐震対策

・埋戻し部の液状化対策としては、施工管理上の問題と解決策の検討や工法の技術的な理解度を向上させるためのマニュアル等の充実化が必要

・周辺地盤の液状化対策としては、人孔躯体のズレ防止、または目地部からの土砂流入防止技術の開発が必要

(b) 管路及び処理場・ポンプ場の耐津波対策

・管路の対策としては、人孔蓋の飛散防止対策を講じる他、水管橋での流出被害、マンホールポンプの配電盤等の水没被害を想定した事後対策となる下水道ＢＣＰの推進が必要

・処理場・ポンプ場の対策としては、施設及び設備の防水化や早期復旧を目的としたコンクリート覆蓋の採用、ガスホルダー等の流出防止対策や津波の荷重及び浸入方向を考慮した施設構造の採用など、段階的な対策が必要

(c) 復興への新たな取り組み

・下水道施設の本復旧にあたっては、21世紀における希望ある復興にふさわしい技術を取り込み、地域に貢献できるシステムを積極的に導入すべき

・「復興スキーム検討分科会」を設置し、気仙沼市と仙台市のモデルプロジェクトについて、技術的な知見のみならず、復興まちづくりへの貢献の視点、再生資源や再生可能エネルギーの流通等を踏まえたフィージビリティの観点からの事業化調査を実施

(d) 耐震・耐津波対策の現状と課題

・下水道施設の耐震化をはじめ、体制面の対策を含む下水道の耐震対策が推進されてきているものの、依然として多くの地方公共団体においてその取り組みが進まない状況

・耐津波対策についても、アンケート調査結果から、ほとんど対策が実施されていない状況

・既存施設の耐震化の促進に加え、今後は耐津波対策に着手することが喫緊の課題

(e) 耐震対策・耐津波対策を進めるにあたっての基本的考え方

a) 基本的な考え方

・構造面での耐震化、耐津波化の確保により「防災」を図ること、住民生活への影響を最小限に抑える「減災」を図ることを基本

・下水道が有すべき機能の必要度や緊急度に応じて、優先順位を明確化するとともに、段階的に耐震性能の向上を図るなど、実施可能な対策から順次耐震化を実施

・耐津波化の新たな技術基準を規定することを検討するとともに、津波防災地域づくり法の既定により、「最大クラスの津波」を念頭において都道府県知事が設定・公表する「津波浸水想定」に基づき、耐津波対策を実施

・下水道施設被害による社会的影響を最小限に抑制し、速やかな復旧を可能にするため、下水道BCPの策定に着手するとともに、災害支援ルールの策定などソフト対策の充実を図り、ハード整備とソフト対策が一体となった耐震・耐津波対策を推進

b) 耐震性及び耐津波性の向上に向けての防災目標

・既存施設の耐震性及び耐津波性の向上を図るために、地震・津波時において下水道が有すべき機能の必要度や緊急度に応じて、段階的な短期、中期及び長期の整備目標を設定

・耐津波対策の短期目標としては、機能停止した場合の被害が大きい管路施設の逆流防止機能及びポンプ場と処理場の揚水機能について、耐津波補強等の耐津波化を行うとともに、人命確保の観点から必要となる避難施設等の整備を実施

c) 耐震性及び耐津波性の向上に向けての減災目標

・耐震・耐津波対策は、防災目標による耐震化・耐津波化を基本とするが、その対策が十分整わない状況下で被災した場合にも、暫定的対応に直ちに着手し、最低限の目的を達成するため、施設の段階的整備状況に応じた下水道ＢＣＰの策定を基本とする短期、中期の整備目標を設定

・耐津波対策の短期目標としては、下水道BCPを早急に策定するほか、定期的な訓練や浸水被害の軽減のための可搬式ポンプや可搬式発電機の備蓄、被災時における調達ルートの確保等の措置を実施

(f) 下水道耐震対策指針類の課題とあり方

・取付管の液状化対策やマンホール横ずれ防止などの設計手法について検討を進めるほか、埋戻し３工法の施工管理上の配慮や新材料の追記等、指針類の内容拡

充及び充実化
・耐津波対策に関する詳細な施設設計手法を検討するほか、耐津波化すべき施設の優先順位の設定手法の検討が必要

2) 下水道 BCP 策定マニュアル（地震・津波編）検討委員会

東日本大震災の経験と教訓を共有し、津波災害時に下水道の機能を回復し、地域の衛生環境を保持するため、国土交通省は、**表-3.3.2.6**に示す学識者等からなる「下水道BCP策定マニュアル（地震・津波編）検討委員会」を平成23年12月20日に設置した。委員会には、上記委員の他に国総研から、下水道部長及び危機管理技術センター地震防災研究室長が委員として参画した。

表-3.3.2.7は、委員会の検討経緯を示したものである。最終報告については、平成24年4月2日に、「下水道BCP策定マニュアル～第2版～（地震・津波編）」として、国土交通省から公表されている。被災地のみならず他の地域でも、本マニュアルに基づき下水道BCPの策定が進められているところである。

委員会の最終報告において示された下水道BCPの策定フローは**図-3.3.2.12**の通りである。

表-3.3.2.6 下水道 BCP 策定マニュアル（地震・津波編）検討委員会の委員構成

＜有識者＞		
委員長	中林一樹	明治大学大学院政治経済学研究科特任教授
	藤間功司	防衛大学校システム工学群建設環境工学科教授
	辻禎之	株式会社三菱総合研究所科学・安全政策研究本部主任研究員
＜行政関係者＞		
	菅原敬二	宮城県土木部下水道課長
	渋谷昭三	仙台市建設局下水道事業部次長兼部長
	長峰敏幸	浦安市都市環境部部長
	袈岩滋之	東京都下水道局計画調整部計画課課長
	山本智	大阪市建設局西部方面管理事務所所長
	畑恵介	神戸市建設局下水道河川部長
＜関係団体＞		
	篠田康弘	公益社団法人日本下水道管路管理業協会常務理事
	佐伯謹吾	社団法人日本下水道協会理事兼技術部長
	小林一郎	社団法人日本下水道施設業協会専務理事

表-3.3.2.7 下水道 BCP 策定マニュアル（地震・津波編）検討委員会の検討経緯

日　　時	委員会等	検討事項／技術支援
平成 23 年 12 月 20 日	第 1 回委員会	・東日本大震災後の復旧対応状況と課題について ・東日本大震災の事例を踏まえた下水道 BCP のあり方について
平成 24 年 2 月 1 日	第 2 回委員会	・マニュアル改訂の方向性について ・東日本大震災における津波被害と想定方法について ・下水道 BCP で扱う被害想定について ・復旧対応事例掲載及び下水道 BCP 策定時の留意点について
2 月 29 日	第 3 回委員会	・マニュアル改定案について

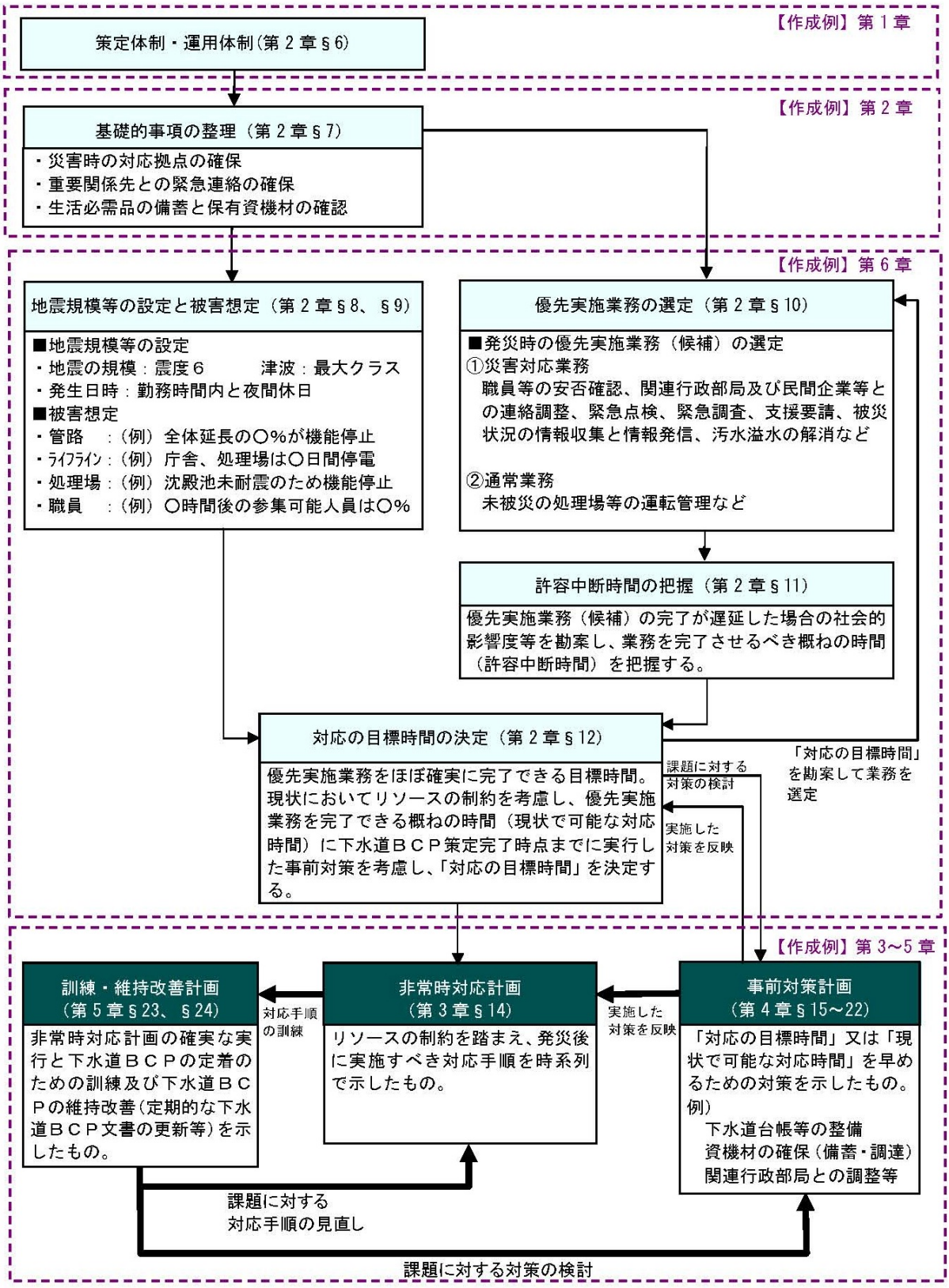


図-3.3.2.12 下水道BCPの計画策定フロー

3) 下水道における放射性物質対策に関する検討会

ライフラインの一つとして必要不可欠な下水道が、その機能を適切に維持していくために、国土交通省下水道部では**表-3.3.2.8** に示す学識者等からなる「下水道における放射性物質対策に関する検討会」を設置した。本検討会では、放射性物質により被害を受けた状況等を的確に把握するとともに、原子力災害対策本部の通知等を踏まえ、下水道管理者が取るべき今後の対応について、各方面の有識者からの意見を取りまとめた。

検討会には、上記の学識委員の他に、地方公共団体の委員、国土交通省及び日本下水道協会からの特別委員で構成される。国総研からは、下水道研究部長が特別委員として参画するとともに、下水処理研究室が中心となって、委員会事務局として、下水道に関連する放射性物質の挙動の実態調査と解明等の技術的な検討を行った。

本検討会では**表-3.3.2.9** に示す通り検討を重ね、中間報告については、平成 23 年 11 月 25 日に、「下水道における放射性物質対策に関する検討会　中間とりまとめ」として、国土交通省から公表されている。同とりまとめにおいて示された下水道における放射性物質対策に関する主要な点は次の通りである。

表-3.3.2.8 検討会の委員構成（順不同・敬称略）（平成 24 年 5 月 28 日現在）

座　長	楠田　哲也	北九州市立大学国際環境工学部教授
委　員	木村　英雄	独立行政法人日本原子力研究開発機構安全研究センター 廃棄物安全研究グループ研究主幹
〃	佐藤　弘泰	東京大学大学院新領域創成科学研究科准教授
〃	鈴木　穣	独立行政法人土木研究所材料資源研究グループ長
〃	高岡　昌輝	京都大学大学院工学研究科教授
〃	藤本　裕之	日本下水道事業団技術開発審議役兼国際室長
〃	森口　祐一	東京大学大学院工学研究科都市工学専攻教授
〃	森澤　眞輔	京都大学 iPS 細胞研究所特定拠点教授
〃	山西　弘城	近畿大学原子力研究所第 3 研究室准教授
特別委員	黒住　光浩	東京都下水道局計画調整部長
〃	長澤　信一	福島県土木部下水道課長
旧委員	中沢　均	日本下水道事業団技術開発審議役兼国際室長
〃	杉浦　紳之	独立行政法人放射線医学総合研究所緊急被ばく医療研究センター長
旧特別委員	松浦　將行	東京都下水道局流域下水道本部長
〃	成田　良洋	福島県土木部下水道課長

表-3.3.2.9 検討会の検討経緯

日　時	検討会等	検討事項
平成 23 年 6 月 17 日	第１回検討会	下水汚泥中における放射性物質検出状況の把握、今後の検討事項について等
7 月 25 日	第２回検討会	処理場周辺地域の環境、下水処理場における放射性物質の挙動について等
8 月 29 日	第３回検討会	放射性物質の挙動、高放射能濃度下水汚泥の保管方法について等
10 月 4 日	第４回検討会	・8,000Bq/kg を超え 10 万 Bq/kg 以下の下水汚泥焼却灰等の処分方法に関する方針 ・中間とりまとめ（案）について等
11 月 16 日	第５回検討会	・中間とりまとめ（案）、三次補正による調査について等
平成 24 年 5 月 28 日	第６回検討会	・平成 23 年度３次補正予算等による実態調査の報告について等

(a) 放射性物質が検出された下水汚泥に関する課題と取組状況

放射性物質は、関東・東北地方を中心に広範囲の環境中で検出されており、下水汚泥からも広範囲の下水処理場で放射性物質が検出されているが、濃度は減少傾向にあり、今後も同様と見込まれる。しかし、下水汚泥の有効利用・処分の中断により保管量が増加しており、受け入れ先・保管先の確保、減容化などの対策が急務となっている。

(b) 放射性物質を含む下水汚泥の保管及び情報提供の状況

保管・モニタリング状況、周辺住民の安全性の確保、及び情報提供のあり方などについて自治体へのアンケート調査を実施し、脱水汚泥等の保管を行っている全ての処理場において、容器への封入等による飛散の防止、遮水シート等による雨水浸入防止等が図られ、安全性の観点で適切に保管されていることを確認した。しかし、保管を継続する中で、汚泥の臭気等の新たな問題が顕在化してきていることが明らかになった。

また、放射能のモニタリングについては、汚泥核種分析のほか、下水処理場敷地境界等において空間線量の測定が着実に行われており、周辺住民の安全性が確保されていた。放射能の測定結果は、ホームページや住民説明会等を通じて測定結果を周知しているほか、地域特性に応じた取り組み（住民参加型の測定会等）が行われており、検討会の中間とりまとめでは、情報提供の実施例を踏まえ、適切な情報提供のあり方について具体的に整理して提示した。

(c) 下水道に関連する放射性物質の挙動

放射性物質の処理場への流入状況を調査し、合流式下水道では降雨時に高濃度の放射性物質が流入していることを確認した。また、処理場内での挙動を調査したところ、放射性物質は処理場で主にエアレーションタンクに蓄積され、汚泥濃縮、脱水等の処理過程で濃縮されていた。放射性物質の一部は返流水により系内を循環するが、流入量の減少と汚泥引抜により減少する傾向にあり、脱水汚泥の放射性物質濃度も、長期的に減少する傾向であった。

放流水中の放射性物質はほぼ不検出であり、検出の場合も水中濃度限度（Cs134 で 60Bq/L、Cs137 で 90Bq/L、濃度の割合の合計が 1 以下）を大幅に下回った。また、汚泥焼却施設の排気中も不検出であった。

下水汚泥焼却灰・溶融スラグを用いて、放射性物質の溶出試験を行ったところ、水と接触してもほとんど溶出しないことを確認した。

以上から、放射性セシウムは主に汚泥に移行しており、汚泥の適切な処理が最も重要であることが明らかとなった（**図-3.3.2.13**）。

(d) 放射性物質を高濃度に含む下水汚泥の保管

原子力災害対策本部より 6/16 付けで通知された「放射性物質が検出された上下水処理等副次産物の当面の取扱に関する考え方」を踏まえ、放射性物質を高濃度に含む下水汚泥の保管や保管期間の長期化にあたっての今後の具体的な対応策を検討した。

下水汚泥の保管に当たり、通常はフレキシブルコンテナ（フレコン）によって対応できるが、保管場所が狭小で高く積み上げる必要がある場合等は、フレコンを 20 フィートコンテナ等に収納する方法やフレコンの代わりに 200L ドラム缶に収納する方法などの代替手法が適用可能であるとした。

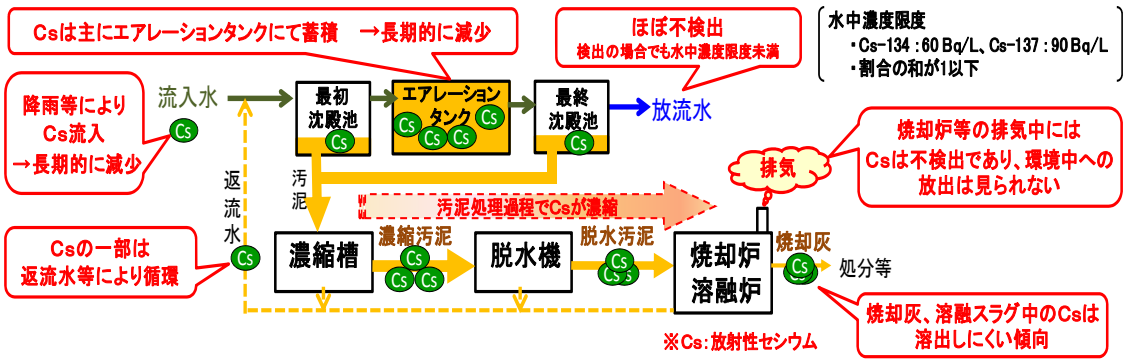
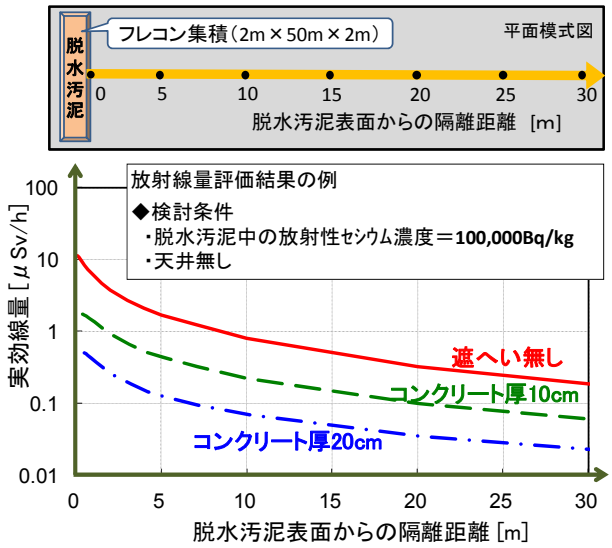


図-3.3.2.13 下水処理過程における放射性セシウムの挙動イメージ



【放射線遮へいの評価結果の例】

フレコン集積（2m×50m×2m）、保管物放射能濃度100,000Bq/kg の場合で、以下のいずれかの対応により、作業者の被ばくを1μSv/h 以下にすることが可能。

・10m 以上の隔離距離を保つ

・20cm 以上のコンクリートで遮へい

・5cm 以上の鉄板で遮へい

図-3.3.2.14 実効線量に対する隔離距離や遮へいの効果

放射線の遮断については、コンクリート構造材等による遮へいや隔離距離による低減による遮断効果を具体的に計算し、結果を分かりやすく図化した（図-3.3.2.14）。

また、適切な放射線監視の具体的方法として、定期的及び降雨後における脱水汚泥等の放射能濃度測定を実施すること、作業エリアや敷地境界等での空間線量率を測定すること、受動型の個人線量計等による測定を行うこと、及び焼却施設等の排気については空気中濃度限度（Cs134 で 20Bq/m^3、Cs137 で 30Bq/m^3、濃度の割合の合計が 1 以下）を下回ることを確認することとした。

放射性物質を含む汚泥については、長期にわたる保管を前提として適切な管理体制を構築することが必要であり、このため放射性廃棄物の種類、表面線量当量率等をロット単位で合理的に記録・管理しておくべきである。

(e) 下水汚泥の減容化等の手法

脱水汚泥の保管や減容化施設の導入にあたっては、減容化等の手法（乾燥、炭化、焼却、溶融）の特性を考慮し、各技術の留意点や評価視点を明確にして選定を行うこととした。乾燥については施設整備に要する時間が比較的短く、移動式乾燥車等の仮設技術もあることから、導入しやすいと考えられるが、乾燥後も有機物は残っている点に留意が必要である。

長期間にわたる汚泥の保管場所を確保する上で汚泥減容化は有効であるが、減容化を行った場合、下水汚泥中に含まれる放射性セシウムが濃縮されることに留意する必要があり、放射性セシウムの飛散防止、作業員の被曝対策等も確実に行う必要がある。

4) 災害支援連絡会議の開催への対応

将来の南海トラフの巨大地震に対する対応として、地震対策の推進とともに、上記地震・津波対策技術検討委員会の報告等を実施した。ここでは、液状化対策の考え方、津波対策の考え方、整備目標について、国総研より報告した。

- 平成24年 7月10日 第18回中国・四国ブロック災害時支援連絡会議の開催
- 平成24年 8月9日 平成24年度災害時支援関東ブロック連絡会議の開催
- 平成24年 8月24日 平成24年度 下水道事業災害時中部ブロック連絡会議の開催
- 平成24年 8月30日 平成24年度 北海道・東北ブロック下水道災害時支援連絡会議の開催
- 平成24年 9月4日 第19回下水道事業災害時近畿ブロック支援連絡会議の開催
- 平成24年10月11日 平成24年度 九州・山口ブロック下水道事業災害時支援体制連絡会議の開催

参考になるホームページアドレス

1) 下水道地震・津波対策技術検討委員会：
http://www.mlit.go.jp/mizukokudo/sewerage/crd_sewerage_tk_000170-1.html

3.3.3 河川分野

国総研では、発災の翌日から現地調査を実施し、地震動・津波の作用による河川堤防など河川管理施設の被災状況についてとりまとめた[1)]。さらに、津波の作用による河川堤防の被災については、被災の形態・程度の分類とその空間的分布、それらと痕跡水位縦断分布との対応、越水による堤体侵食の程度と越水の水深・継続時間の関係などについて整理し、被災の特徴について分析した。これらの結果は、随時、本省・東北地整に提供し、後述する各種委員会などの資料としても活用された。その概要を(1)に示す。

今次津波を受けて、河川管理施設に関連する委員会などとして、「河川津波遡上対策検討会」、「河川堤防耐震対策緊急検討委員会」、「東北地方太平洋沖地震を踏まえた河口堰・水門等技術検討委員会」、「北上川等堤防復旧技術検討会」、及び「関東地方堤防復旧技術等検討会」が設置された。これら委員会などの概要と主たる提言・報告等について(2)～(6)に示す。

(1) 河川堤防の被災の特徴

東北地方管内の直轄河川管理施設の地震及び津波による被災箇所数は1195 箇所に上り、北は馬淵川、南は阿武隈川上流まで広い範囲で被災した。堤防被災箇所773 箇所のうち、堤防決壊・崩落等の大規模な被災は北上川、鳴瀬川、阿武隈川に集中しており、「決壊・崩落」、「陥没・沈下、亀裂」の被災は、堤防被災箇所全体の約６割を占め、その延長は約66km であった[2)]。なお、堤防が決壊した箇所は、新北上川左岸2.8kp付近（月浜第二水門取付け部）及び右岸4.2kp付近、鳴瀬川右岸0.2kp付近の特殊堤、阿武隈川河口左右岸の海岸堤防との接続部と限定的であった。破堤に次いで大きな被災は、越流に伴う堤防裏のり及び背後の堤内地盤であり、津波遡上に伴う高流速によるのり面の被災は軽微であった。

本項では、破堤に次いで大きな被災であった越流に伴う堤防裏のり及び背後の堤内地盤の侵食について、阿武隈川を対象として、津波による被災の程度と津波遡上時に作用した外力との関係を整理する。

写真-3.3.3.1 は、被災直後に撮影された阿武隈川河口付近の航空写真に、痕跡水位と堤防天端高との関係、河川堤防裏のりの被災状況について、以下に従ってそれぞれの区間を示す。痕跡水位と堤防天端高との関係については、現地踏査や津波痕跡調査結果を参考にして、水没区間、越流区間、堤防高以下遡上区間の3区間に分けた（**図-3.2.2.5** 参照）。被災状況については、**表-3.3.3.1** の通り 4 つの被災レベルに分類した。被災レベルが記入されていない区間は特筆すべき被災が生じていない。なお、裏のり面はコンクリート等で覆われておらず、草本植物が繁茂していた。

水没区間は河口部周辺に限られ、上流に向かうに従って、越流区間、堤防高以下遡上区間が現れることから、遡上に伴い津波水位が減衰したことを確認できる。ただし、越流区間の延長は左右岸で大きく異なり、左岸では0.5㎞程度の延長であるのに対して、右岸では２㎞程度と長い。河口部右岸を除くと、亘理大橋右岸で堤防高を 5m 近く超える津波痕跡水位が確認されており、津波の遡上に対して湾曲部外岸側となった右岸側で津波水位が高かったことを推定できる。

河口部付近の水没区間では、河川堤防と海岸堤防との接続部において左右岸とも堤防が決壊している。その地点を除くと、左岸では 0.55km 地点の水門周辺で被災レベルⅢとなったが、大半が被災レベルⅠであるのに対して、右岸ではⅢ～Ⅳと被災レベルが高くなっていた。越流区間でも同様に、左右岸の被災の程度が大きく異なり、左岸側では被災レベルⅠであるのに対して、右岸側では約２㎞にわたる広い範囲で被災レベルⅡやⅢとなっていた。さらに、越流区間の右岸では、被災レベルⅠであった 0.8～1.2km 区間の上流で被災レベルⅡやⅢの区間が生じている。



写真-3.3.3.1 津波痕跡水位と堤防高との関係及び被災状況（航空写真は国土地理院による撮影データ）

表-3.3.3.1 被災状況の分類

被災レベル	裏のり面
Ⅰ	草本植物が流れの作用で倒伏しているが、剥離はほとんど見られない。
Ⅱ	ガリ状の部分的なのり面植生の剥離・堤体の侵食が生じた状態。落堀の形成はない、または軽微。
Ⅲ	全面的にのり面が侵食・崩壊し、鉛直に切り立った状態。落堀の形成を伴う場合がある。
Ⅳ	のり面が流失し、さらに天端まで侵食・崩壊が及んだ状態。落堀の形成を伴う場合がある。

亘理大橋右岸側において、その下流に比較して高い痕跡水位が確認されていたことを踏まえると、被災レベルは越流水深とある程度対応していると推察されるが、それのみで左右岸での被災レベルの差異を全て説明できるとは考えにくい。この点については、堤内地が河川側からの越流に先んじて湛水することで、もしくは越流後短時間で堤内地が湛水することで、ウォータークッションの効果が働き（**図-3.3.3.1**）、裏のり面及び法尻の侵食が抑制されたと考えた。以下では、今次津波を対象とした津波遡上シミュレーション結果[3)]（以下、再現計算）から、被災の程度を分けた要因を定量的に検討する。

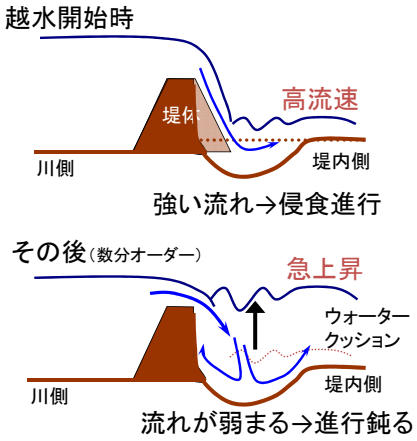


図-3.3.3.1 堤内側の水位急上昇による侵食進行の抑制イメージ

再現計算から得た津波の伝播状況を**図-3.3.3.2** に示す。海岸堤防を越えた津波は、左右岸とも同程度の伝播速度で遡上し、海岸堤防越流 3 分後には左岸側河川堤防によって津波の遡上が止まり、右岸側ではさらに遡上を続けている。左岸側堤防際では、津波が河川を遡上するのとほぼ同時に、水位が 6m 程度（凡例の緑系）まで上昇している。一方、右岸側堤防際では、津波が河川を遡上した後に水位 3m 以下（凡例が青系）の低水位領域が確認される。この堤防法線が津波遡上に対して離れていく配置となっていた右岸側では、区間によって継続時間に差があるものの、堤内地の湛水深が小さい状態で越流が生じていたこととなる。その顕著な例が、海岸堤防越流 3 分後の状況であり、赤い点線で囲んだ箇所では、堤内地を遡上する津波が堤防際に到達する数分前に越流が生じている。

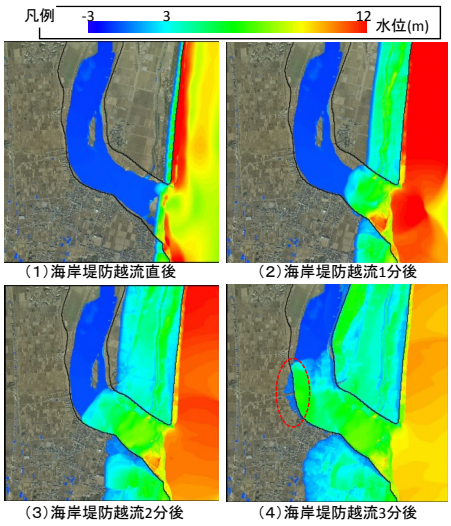


図-3.3.3.2 津波の伝播状況（背景の航空写真は国土地理院による撮影データ）

この状況を詳細に確認するため、**写真-3.3.3.1** の地点 A～F で河川側水位と堤内側水位の時間変化を再現計算から抽出し、越流時間や被災レベルと合わせて**図-3.3.3.3** に示した。越流時間等に付した括弧内の数字は、単位を秒とする越流時間及び初期越流時間である。ここで、越流時間は河川側水位が堤防高を超えている時間であり、地点 E のように堤内側水位が河川側水位を上回った場合には、その時間までを越流時間とした。初期越流時間は、河川側水位が堤防高を超えた時点から、越流水が法尻付近で跳水する程度に、堤防際が湛水までの時間とした。なお、これをウォータークッションの効果が働く湛水位と考えた。

水没区間の地点 A と地点 E では、越流時間は同程度であり、最大の越流水深が地点 A では約 6m、地点 E では約 3m と異なるものの、河川堤防の越流に対する脆弱性を考えると、ともに大きな値である。初期越流時間を見ると、地点 A では 6 分程度であるのに対して、地点 E ではゼロと越流開始時点でウォータークッションの効果が働いていたことを確認できる。したがって、地点 E の被災の程度はウォータークッションによって低減されたと考えられる。

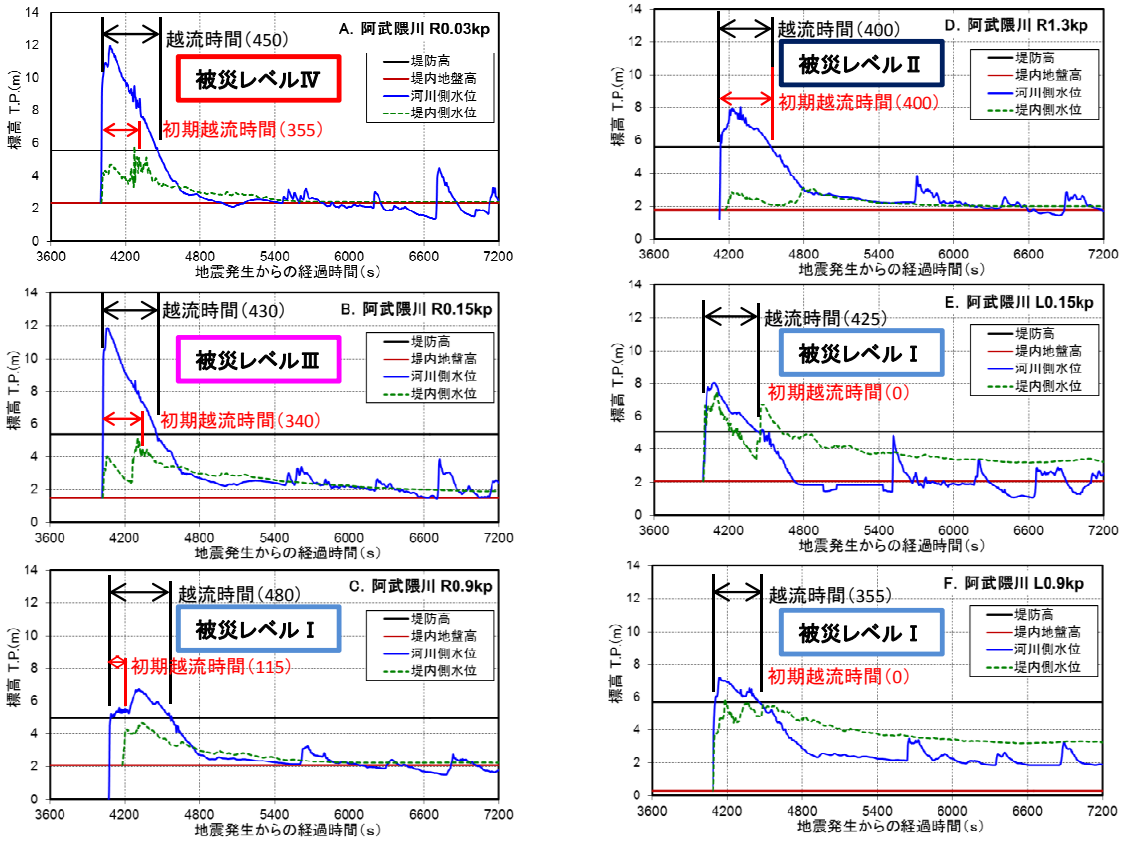


図-3.3.3.3 堤防のり尻における河川側水位及び堤内側水位の時間変化

越流区間の左右岸で比較すると、右岸側の地点 B、C、D では最大の越流水深が左岸側の地点 F に比べ大きめであるが、越流時間は 6～8 分程度と左右岸で大きな差はない。初期越流時間で比較すると、地点 F でゼロであるのに対して、地点 B、C、D では 2～7 分程度と差がある。これらの越流区間の 4 断面の結果を見ると、初期越流時間が長いほど、またその間の越流水深が大きいほど、被災レベルが大きくなる。右岸で見られた区間ごとの被災レベルの違いは、地点 B、C、D の 3 断面で見たように、堤内地の湛水状況によって説明できるようである。

上記で 6 断面について確認した結果を水没区間及び越流区間の全断面で比較し、堤防の被災の程度を分けた要因として初期越流時間が重要であることを示す。

被災の程度を評価するにあたって、現地調査から大まかに分けた区間設定でなく、より客観的な指標で堤防の被災の程度を表現することを考える。堤防を堤内地盤も含めて 10m 間隔で輪切りにした断面を作成し、裏のり面及び堤内地盤について侵食された面積を欠損面積とする。欠損面積を、**図-3.3.3.4** の中央付近に示す裏のり基準断面積で割り、欠損割合とする。堤防の欠損割合を算定するにあたり、地震の影響で生じた地盤の水平・鉛直変位を補正した、地震発生前後の航空測量データ及び定期横断測量成果を用いた。堤防欠損量を踏査結果に代えて用いるにあたり、両者の関係を比較した（**図-3.3.3.4** 参照）。被災レベルⅠのほとんどが欠損割合 0-2%であり、被災レベルⅣは全て欠損割合 100%以上となっている。被災レベルⅡとⅢは異なる欠損割合に分散しているが、Ⅱは小さい欠損割合に多く、Ⅲは大きい欠損割合に多くなっており、欠損割合は被災の程度と整合する。このことから、被災レベルに代えて、欠損割合を用いることができると考える。

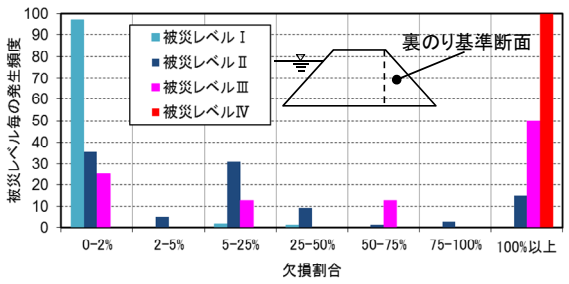


図-3.3.3.4 堤防の欠損割合と被災レベルの関係

図-3.3.3.5 は、越流時間を横軸に、平均越流水深を縦軸とし、欠損割合ごとにプロットの形状を変え、越流条件に応じてプロットした結果である。また、プ

ロットの色を分けている。ここで、平均越流水深は越流時間で生じた越流水深の平均値である。図では右上に行くほど越流条件が激しくなり堤防の欠損割合も大きくなると考えられるが、欠損割合ごとのプロットの境界が曖昧である。**図-3.3.3.6** は、**図-3.3.3.5** の縦軸を初期越流時間における越流水深の平均値とし、横軸も初期越流時間で整理し直した結果である。赤い点線で囲んだ一部の範囲を除き、欠損割合ごとの境界が明確となる。

以上の結果から、同程度の越流条件でありながら被災の程度が異なった理由は堤内地の湛水状況であり、湛水せずに越流を受けていた時間が長い断面ほど、大きな侵食を受けたと考えられた。

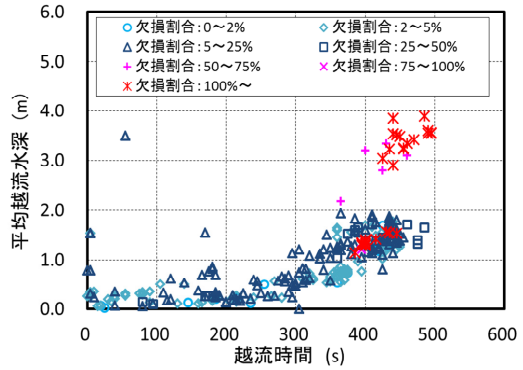


図-3.3.3.5 越流状況と堤防欠損割合との関係

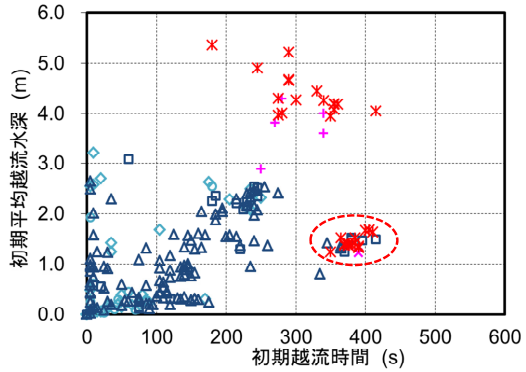


図-3.3.3.6 越流状況と堤防欠損割合との関係
（堤内地の湛水状況を考慮）

(2) 河川津波対策検討会

本検討会（座長：福岡捷二 中央大学教授）は、「河川津波に対する防災は、海岸での防御と一体として行うことが重要であり、かつ津波防災まちづくりにおいても重要な役割を有している」との基本認識に基づいて、被災河川における早期の復旧・復興対策に資するべく、また全国における河川津波対策が円滑に進むよう、河川管理における津波外力の扱い、施設計画における堤防高の考え方、津波防災まちづくり推進方策等について、緊急的に提言を行っている（平成 23 年８月）。国総研は、資料作成や提言とりまとめに参画している。

提言の要点は下記のとおりである。

●河川津波対策の基本

・河川津波は、洪水と並んで計画的に防御対策を検討すべき対象と位置づけるべきである。

・河川管理における施設の諸元等を定める津波河川管理における施設の諸元等を定める津波を「施設計画上の津波」、また「最大クラスの津波」は施設対応を超過する事象として扱い、津波防災まちづくり等と一体となった減災の対象と考えるべきである。

●「施設計画上の津波」に対する河川津波対策

・河口より施設計画上の津波の遡上到達範囲を津波遡上区間として設定し、津波防御における河川堤防の高さを定めるための水位として、計画上の津波水位を設定すべきである。

・津波対策としての河川堤防の高さは、計画上の津波水位に必要と認められる高さを加えて設定すべきである。

●「最大クラスの津波」への対応

・河川管理者は津波防災まちづくりの一員としてハード・ソフト両面の対策について総合的に検討していくべきである。

●津波防災まちづくりの推進と河川管理の充実に向けて

・河川津波対策に関する技術開発・調査研究の推進。例えば、河川津波の水理現象を理解し対応していくための調査研究、河川津波及びその氾濫の予測する数値シミュレーションモデルについて解析精度の向上、津波による河口域での水理現象や河道の河床変動等のデータ収集と調査研究

・津波防災まちづくりの推進。例えば、都市分野との連携の強化、津波の氾濫に関する避難計画の検討、防災教育への取組、ハザードマップの作成、水防の充実といったソフト施策の充実

(3) 河川堤防耐震対策緊急検討委員会

本委員会（委員長：東畑郁生 東京大学教授）は、今次地震による河川堤防の被災が、耐震性確保の必要性やそのあり方を見直す重要な機会との認識の下、今回の被災に関する知見を整理し、今後の耐震対策手法の改善等について検討を行い、今後さらに検討を深め

るべき課題も多くあるものの、河川堤防の耐震対策として取り組むべき事項を具体的にとりまとめて報告している。

国総研は、当委員会に委員であり、また資料作成や報告書とりまとめに参画している。

最終報告書の要点は下記のとおりである。

●堤防被災の特徴

・堤防被災として、基礎地盤の液状化を原因とするものが多数発生した他、これまで主眼が置かれていなかった堤体の液状化を原因とするものが多数発生した。

●被災プロセスの分析

・堤体の液状化の被災プロセスは、1)軟弱粘性土上に築堤した場合、堤体下部の軟弱地盤層の上面が圧密沈下により凹状となり、その過程で堤体の下部にゆるみが生じ、2)凹部の堤体材料が砂質土の場合には降雨等の浸透水が滞留し、堤体内に飽和した領域が形成され、3)この領域が地震動によって液状化し、剛性・強度が低下することで、堤体のすべりや天端の亀裂・陥没等の変状が生じる、と推定される。

●耐震性能照査手法の検討

・基礎地盤の液状化に加え、堤体の液状化による沈下、変形も照査の対象事象に含める必要がある。

・基礎地盤の液状化に対する照査は、従来の照査手法は実用上妥当と判断でき、直ちに手法を改める必要はないと考えられる。

・堤体の液状化に対する照査は、当面、堤体材料、堤体内水位、圧密沈下による堤体のめり込み量、基礎地盤の条件より沈下・変形の発生の有無を検討する必要がある。

●耐震対策工の検討

・基礎地盤の液状化に対する対策として、これまでに施工実績のある対策工を当面の主要な手段とし、レベル２地震動に対する具体的な設計法を確立する必要がある。

・堤体の液状化に対する対策としては、「堤体内の水位を低下させる対策」、「堤体の強度を向上させる対策」、「液状化の発生は許容するが堤体の変形を抑制する対策」が挙げられる。

・堤体内の水位を下げる対策等として、当面、ドレーン工が主な対策になると考える。ドレーン工は、沈下変形抑制効果も期待できる。

・ドレーン工の適用が困難と判断される場合には、押え盛土等、「液状化の発生は許容するが堤体の変形を抑制する対策」により堤体の沈下、変形を抑制する対策を検討する必要がある。

●耐震対策の推進

・現在まで照査及び対策が進捗していないことから、今後早急に照査を実施し、その結果に基づいて対策を行うことが必要である。

・対策工の完了までには時間を要するため、災害対応シミュレーションの実施等を踏まえて、危機管理対応を準備しておくことも重要である。

・大規模もしくは複合的な災害は、施設だけで防御することは不可能な場合も考えられるため、例えば、地震と洪水が同時に生起する災害を想定する等、施設での対応が不可能になると考えられるような災害時の対応を検討しておく必要がある。

(4) 東北地方太平洋沖地震を踏まえた河口堰・水門等技術検討委員会

本委員会（委員長：山田正 中央大学教授）は、今次地震・津波で被災した堰・水門等の調査分析結果を踏まえ、大規模地震やそれに伴う津波に対応した堰・水門等の設計や操作のあり方等を提示すべく、速やかに対応すべき事項及び技術的に確立されていないために今後、検討や研究・開発が必要な事項についてとりまとめて報告している（平成 23 年 9 月）。また、出水期を迎えるに先だって、被災した河口堰・水門等について留意すべき事項等について緊急提言がなされている（平成 23 年 5 月）。

国総研は、当委員会の委員として、資料作成や報告書とりまとめに参画している。

報告書の要点は下記のとおりである。

●堰・水門等の今後の設計・構造の考え方について

・今回の経験を踏まえて、施設計画上の津波に対して堰・水門等が保持すべき性能を規定し、施設設計の手法等を見直していく必要がある。

・最大クラスの津波来襲時にあっても、堰についてはゲートを開閉し定められた状態にできるように、水門等については扉体を閉鎖できるように、危機管理上の対応が可能な構造とすることが求められる。

・施設計画上の津波に対しての設計・構造は、堤内地の被害を最小限に抑えることを目指して、操作と併せ、一体的に検討する必要がある。

・河川津波に対する操作を行う必要がある施設では、操作員の安全確保や迅速・確実な操作のため、遠隔化、自動化、無動力化のための設備を可能な限り採用する必要がある。

●堰・水門等の今後の操作の考え方について

・堤防の機能を有している水門等は、河川津波の際に

は、ゲートを閉めることが基本となる。
・堰は多目的施設であるため、堰上流への塩水の混入による利水障害が頻繁に生じないよう、津波の規模が小さいと予想される場合には、平常時の状態のまま操作を行わず、津波の規模が大きいと予想される場合には、必要に応じてゲートを全開することを基本とするが、個別施設の操作については、想定される状況に応じて総合的に評価して判断することとする。
・予測した規模の津波が予測通り来襲する場合のみならず、予測に反して大きな津波が来襲する場合（見逃し）や、予測に反して津波が来襲しない場合（空振り）も念頭において検討することが必要である。
・操作については、ゲートの動作特性や通常時の状態、想定される津波の規模、発令される警報の種別（津波注意報、津波警報、大津波警報）、到達予想時間等を総合的に勘案し、できる限り事前に操作規則等に反映しておく必要がある。
・操作員の安全確保のため、機側操作を行うことが不適切な場合は遠隔操作を原則とし、その旨を操作規則等に記載する必要がある。

(5) 北上川等堤防復旧技術検討会

本検討会（委員長：佐々木康 広島大学名誉教授）は、今次地震及び津波の作用状況、堤防（基礎地盤を含む）の形状（地形）・土層構成・土質・護岸など構造物の設置状況など、さらに堤防の崩壊・変形・侵食などの被災状況に関する調査結果をとりまとめ、被災実態の把握に基づく堤防の被災機構及び被災機構を踏まえた堤防復旧の基本方針をとりまとめて報告している（平成 23 年 12 月）。また、迅速・的確な災害復旧工事を推進する一助として復旧方法についての方針案を提示するとともに、被災した区間・箇所の復旧が完成するまでの間の河川堤防の管理・河川管理の方針について中間報告がなされている（平成 23 年 5 月）。

国総研は、当委員会の委員として、資料作成や報告書とりまとめに参画している。

最終報告書の要点は下記のとおりである。

●本復旧の基本方針
・今次地震による堤防被災の主要因は、「閉封飽和域」、「基礎地盤」のいずれか、または両方で生じた液状化であり、これら液状化による堤防の変形抑制を基本として再度災害の防止を図る。
・液状化の発生抑制（被災の主要因の除去）

液状化の主要因となった液状化層の地下水位を低下させること、あるいは緩い砂質土層の密度を増加させること、または固化することである。
・閉封飽和域の液状化が被災の主要因の箇所では、現場の条件（施工性、堤体内地下水の排水の確実性等）に応じていずれかを満足する工法、または両者を組み合わせる工法を選択する。堤体内の水位を低下させる場合には、裏法尻部にドレーン工を設置することが有効である。
・基礎地盤の液状化が被災の主要因の箇所では、地下水位を低下させることは現実的でないことから、緩い砂質土層の密度を増加させること、または固化することを優先する。
・河川毎の状況から津波による堤防の被災過程を整理すると以下のとおりと考えられる。
・津波被災区間においては、地震における堤防崩壊等の大規模な被災は受けていなかったと推定される。ただし、液状化による基礎地盤及び堤防の弱体化が、その後の津波による被災の程度に影響を与えた可能性は否定できない。
・「土堤」あるいは「特殊堤」の川裏側に盛土した部分の被災過程は、越流した津波の流れ（堤防横断方向）または堤防法尻に沿った縦断方向の流れによってのり面及びのり尻近傍（法尻に近いのり面やのり尻に接する基礎地盤表面）が洗掘され、法面部分の土が自立できなくなって局所崩壊が起こり、さらに洗掘され崩壊が進行する進行性の崩壊を起こし、最終的に土を用いた部分が流失するに至ったと推定される。
・津波対策として表面被覆(護岸等)または浸食、洗掘されてもある程度の断面形状を保持することが可能な堤防断面の確保が考えられるが、周辺への影響等から大幅な断面の拡大は困難である。したがって、表面被覆と可能な範囲での断面確保(拡大)を対策の基本的な考え方とする。

(6) 関東地方河川堤防復旧技術等検討会

本検討会（座長：東畑郁生 東京大学教授）は、出水期に向けた確実な対応及び今後の震災対策の円滑な実施のため、堤防の被災状況調査、復旧工事に向けたメカニズム検討、今後の河川堤防等の地震対策に向けた知見、出水期に向けた河川管理及び効果的な水防のあり方等についてとりまとめて報告している（平成 23 年 9 月）。

国総研は、当委員会の委員として、資料作成や報告書とりまとめに参画している。

報告書の要点は下記のとおりである。

●復旧工事について

・大規模被災箇所の本復旧の基本方針は、「同等の地震を受けたとしても中規模被災以下に止まる」ことを目的として、液状化対策を行う。
・堤体の液状化対策は、ドレーン工を基本対策工とするが、液状化層の位置・範囲、地下水位（堤体内水位）、経済性等に考慮し、ドレーン工以外に地盤改良工の適用も検討する。
・基盤の液状化及び堤体・基盤の複合型の液状化対策は、鋼矢板工をそれぞれ基本対策工としているが、基盤の地質状況や堤防の切返しの有無、経済性等に考慮し、地盤改良工の適用も検討する。
・構造物周辺の液状化対策は、基礎地盤の状況や経済性等に配慮し、鋼矢板工及び地盤改良工を比較し選定する。
●出水期の対応について
・地震による見えない亀裂･ゆるみも考えられ、そこから浸透による堤防決壊の恐れもあることから、巡視等により堤防の異変を早期に発見し、水防工法など適切かつ臨機の対策を速やかに実施することが極めて重要である。
・例年行っている出水期の対応に加えて、水防団待機水位等の基準水位や重要水防箇所の見直しによる水防団等の早期出動対応や河川巡視の強化、堤防被災と暫定対策状況を踏まえた水防工法の想定及び必要な資機材の配置を行うとともに、現地への看板設置や自治体の公報等を通じた住民への情報提供及び情報収集体制の強化を行っている。
・過去に例がない状況で出来る限りの対応をとってきているが、今後の出水状況や監視の結果を踏まえ、必要に応じた対応を臨機に実施していくべきである。
●今後の地震対策に向けて
（当面実施すべき対策）
・ 出水期後の本復旧にあたっては、本検討における被災メカニズムの分析等を踏まえた適切な対策工法の迅速かつ確実な実施
・ 堤防の耐震性の照査が未実施の区間について、早急な照査の実施及び対策が必要な区間において本検討を踏まえた適切な耐震対策の実施
（今後検討すべき課題）
・ 早期復旧を行うため、備蓄箇所の整備も含めた平時からの資機材備蓄計画の検討
・ 迅速な復旧及び本復旧までの間の河川巡視のマニュアル作成等を含めた体制の検討
・ 被災メカニズム等を踏まえた周辺市街地への影響や広範な地域における被災及び出水期直前の被災を想定した被害規模抑制対策の検討

参考文献

1） 服部敦、福島雅紀：津波による堤防等河川管理施設の被害、土木技術資料、第53巻、第8号、pp. 22-27、 2011
2） 国土交通省東北地方整備局北上川等堤防復旧技術検討会：北上川等堤防復旧技術検討会報告書、pp. 19-30、2011
3） 河川津波対策検討会：河川遡上津波のシミュレーション結果，第2回配布資料，http://www.mlit.go.jp/river/shinngikai_blog/kasentsunamitaisaku/index.html，2011.

参考になるホームページアドレス

1）河川津波対策検討会：「河川への遡上津波対策に関する緊急提言」について
http://www.mlit.go.jp/report/press/mizukokudo03_hh_000376.html
2）河川堤防耐震対策緊急検討委員会
http://www.jice.or.jp/sonota/t1/201110240.html
3）東北地方太平洋沖地震を踏まえた河口堰・水門等技術検討委員会
http://www.jice.or.jp/sonota/t1/201106150.html
4）北上川等堤防復旧技術検討会
http://www.thr.mlit.go.jp/Bumon/B00097/K00360/taiheiyouokijishinn/kenntoukai/index.htm
5）関東地方河川堤防復旧技術等検討会
http://www.ktr.mlit.go.jp/bousai/bousai00000057.html

3.3.4 水資源分野

(1) 被害の概要

今回の地震を受け、河川法に基づき管理されているダムで、ダム基礎位置に設置された地震計で25gal以上または最寄りの気象台で震度4以上の揺れが観測されたダムでは、地震直後に各ダムの管理者による臨時点検が実施された（**表-3.3.4.1**）。なお、臨時点検は、目視により外観等の点検を行う一次点検及び目視による各部の詳細点検及び安全管理用各種観測データの確認等を行う二次点検からなっている。

臨時点検の結果、ダム本体の関係では、重力式コンクリートダムでは漏水量の増加など、フィルダムでは、漏水量（浸透量）の増加のほか、一部のアースダムでは堤体の沈下や天端及び上下流面におけるクラックの発生、アスファルト表面遮水壁型ロックフィルダムでは上流面遮水壁のクラックの発生などが報告された。

これらは、いずれもダムの安全性に直ちに問題を生じる重大なものとはなっていないが、何らかの変状や漏水量（浸透量）の増加が見られたダムでは、監視を強化するとともに、一部のダムでは貯水位の低下や変状箇所の調査・補修等の対策を実施している。

表-3.3.4.1 臨時点検実施ダム数とその結果の概要

管理者	合計	ｺﾝｸﾘｰﾄﾀﾞﾑ	ﾌｨﾙﾀﾞﾑ	複合型ﾀﾞﾑ
国土交通省 水資源機構	46 (11)	31 (6)	10 (3)	5 (2)
都道府県	104 (8)	81 (6)	22 (2)	1 (0)
利水者	213 (27)	107 (7)	101 (19)	5 (1)
計	363 (46)	219 (19)	133 (24)	11 (3)

*(　)は、ダム本体の変状や漏水量の増加が報告されたダム数

(2) 調査の概要

国土交通省及び(独)土木研究所では、臨時点検の結果報告された変状の確認、漏水量などの計測データに基づくダムの安全性評価、今後の対応策の検討などを目的として、臨時点検の結果として報告された変状や漏水量の増加量、加速度記録が相対的に大きかった東北地方のダムを中心に現地調査（詳細調査）を実施した。

なお、調査の対象としたダムの中には、地震直後には大きな変状は報告されなかったが、その後の降雨や気温上昇に伴う融雪出水による貯水位上昇に伴い、漏水量の増加が報告されたダムも含まれている。

現地調査の概要を**表-3.3.4.2**に、現地調査対象ダムの位置を**図-3.3.4.1**にそれぞれ示す。

表-3.3.4.2 現地調査の概要

調査者	日程	調査箇所
国土交通省 河川局河川環境課流水管理室 国土技術政策総合研究所 河川研究部水資源研究室 独立行政法人土木研究所 水工研究G水工構造物チーム	4/7(木) ～10(日)	摺上川ダム、 石淵ダム、 田瀬ダム、 御所ダム、 化女沼ダム
独立行政法人土木研究所 水工研究G水工構造物チーム	4/23(土) ～24(日)	神室ダム、 高坂ダム
国土交通省 河川局河川環境課流水管理室 国土技術政策総合研究所 河川研究部水資源研究室	4/28(木)	
独立行政法人土木研究所 水工研究G水工構造物チーム	4/28(木)	蔵王ダム
	5/6(金)	藤井川ダム、 小山ダム
	5/22(日)	月山ダム

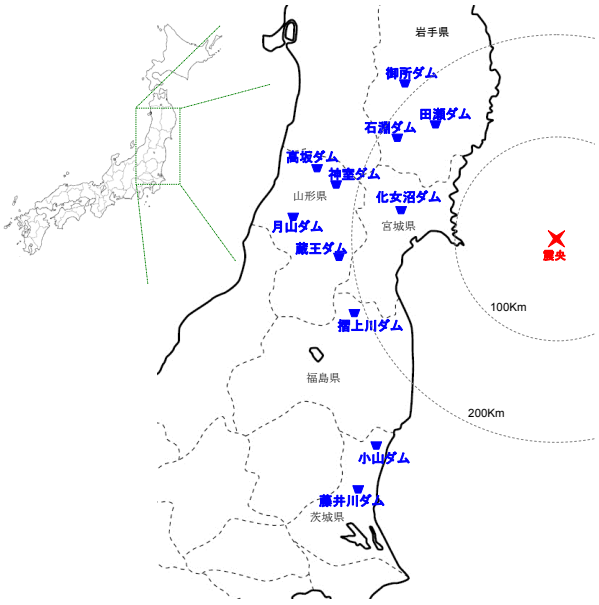


図-3.3.4.1 調査対象ダムの位置

(3) 調査結果及び考察

1) 個別ダム調査結果の一覧

調査対象ダムの諸元、臨時点検での主な報告内容及び調査結果の概要を**表-3.3.4.3**に示す。各ダムとも堤体の変状または漏水量（浸透量）の増加などが認められたが、いずれもダムの安全性に直ちに問題を生じる重大なものとはなっていない。

2) 個別ダム調査結果

(a) 摺上川ダム

摺上川ダム（**図-3.3.4.2**）は、2006年に竣工した土質遮水壁型ロックフィルダム（堤高105.0m）である。本ダムでは、地震により漏水量(総量)が約70ℓ/minから100ℓ/minに増加したほか、変状として、堤体の沈下（最大断面付近で最大約17cm）及びダム天端の両岸取付部等の舗装に主にダム上下流方向のクラックの発生が認められた（**写真-3.3.4.1**、**写真-3.3.4.2**）。しかし、地震に伴う漏水量や沈下量の増加量はダム規模に対して小さく、その値が地震後も安定していること、また天端舗装のクラック幅も小さいこと、また上下流面に乱れが認められないことから、ダムの安全性に問題は生じていないものと判断した。ただし、安全性に関して万全を期すため、管理者によるクラック深さの調査を実施するとともに、漏水量等計測データの監視を継続して行うこととした。なお、クラック深さについては、追って管理者により実施された調査の結果、ダム天端の保護層内にとどまる軽微なものであることが確認されている。

(b) 石淵ダム

石淵ダム（**図-3.3.4.3**）は、1953年に竣工したコンクリート表面遮水壁型ロックフィルダム(堤高53.0m)である。このダムでは、2008年に発生した岩手・宮城内陸地震(M7.2、内陸活断層地震)時にダム天端に設置された地震計で最大加速度1461gal(上下流方向)及び2070gal(鉛直方向)の地震動が観測され、天端舗装の波打ちや亀裂、天端舗装と高欄との境界の開きが生じるなどの被害を受けている（**写真-3.3.4.3**）。これに対し、今回の地震では、堤体の沈下や2008年の地震時に、堤体内埋設構造物(建設時に使用されたト

表-3.3.4.3 調査対象ダムの諸元、臨時点検結果及び調査結果

ダム名	管理者	竣工年度	型式*	堤高(m)	地震時水位 EL(m) [貯水深(m)]	距離(km)		地震動**(gal)		臨時点検での主な報告内容	漏水量（ℓ/min）			詳細調査結果の概要（主な変状等に関するもの）
						震央距離	断層最短距離	基礎	天端		地震前	地震後	調査時［調査日］	
摺上川	東北地方整備局	2006	R	105.0	286.35 [79.85]	216	138	110	474	ダム天端クラック	約70	約100	約85 [4/7]	・堤体の沈下（最大約17cm） ・堤体天端両岸取付部舗装にクラック発生（後日の調査により保護層内にとどまるものと判明） ・漏水量の増加（融雪による影響と判明）
石淵	東北地方整備局	1953	CFRD	53.0	302.37 [32.37]	204	145	(184)	607	ダム天端クラック	河床部：約2000 右岸ﾄﾝﾈﾙ：約440	河床部：約3000※ 右岸ﾄﾝﾈﾙ：約700	河床部：約2000 右岸ﾄﾝﾈﾙ：710 [4/8]	・堤体の沈下（最大約1cm） ・堤体天端高欄基礎にクラック発生 ・河床部漏水量計測値の増加（計測水路への藻の付着による堰上の影響と判明）
田瀬	東北地方整備局	1954	G	81.5	197.34 [58.84]	192	121	－	－	漏水量増加	14	69	約40 [4/8]	・堤体天端において、高欄コンクリート剥落、舗装継目クラックの開き及び段差 ・継目排水孔（最大断面付近）からの漏水量が増加（各10ℓ/min程度以下）及び濁り（地震後1日で消滅）
御所	東北地方整備局	1981	G+R	52.5	176.99 [52.99]	237	157	39	125	漏水量増加	ｺﾝｸﾘｰﾄﾀﾞﾑ部：約20	ｺﾝｸﾘｰﾄﾀﾞﾑ部：約70	ｺﾝｸﾘｰﾄﾀﾞﾑ部：約60 [4/9]	・コンクリートダム部の継目排水孔（J4）からの漏水量増加 ・フィルダム部堤体の沈下（微小）
月山***	東北地方整備局	2001	G	123.0	222 [75]	265	204	11	14	－	6.2	32.8	189 [5/22]	・地震後、継目排水孔(J14)から漏水（約25ℓ/min、その後安定） ・4月下旬からの水位上昇時に継目排水孔(J8,J17等)からの漏水量が増加 ・基礎排水孔（BL18）での揚圧力が増加
化女沼	宮城県	1995	E	24.0	25.97 [15.77]	176	121	269	495	漏水量増加	22	436	約40 [4/10]	・堤体沈下（最大約14cm） ・堤体天端左右岸取付部等にクラック ・浸透量（右岸）が地震直後に急増（その後減少）
神室***	山形県	1993	G	60.6	375.9 [42.9]	231	174	18	52	－	約10	約40	約230 [4/24]	・4月上旬からの貯水位上昇に伴い、継目排水孔（2J3）からの漏水量が増加（その後、詳細調査・対策を実施。安定傾向）
高坂***	山形県	1967	G	57.0	184.27 [44.27]	254	197	26	32	－	約35	約15	約300 [4/24]	・4月上旬からの貯水位上昇に伴い、継目排水孔（J9,J10）からの漏水量が増加（その後、詳細調査・対策を実施。安定傾向）
蔵王	山形県	1970	HG	66.0	583.17 [45.17]	212	146	91	535	－	8.6	38.9	約50 [4/28]	・基礎排水孔（7BL等）からの漏水量が増加
藤井川	茨城県	1976	G	37.5	44.96 [26.96]	289	92	174	636	－	9※	76※	32 [5/6]	・最大断面付近（BL4,5）の基礎排水孔からの漏水量増加 ・継目排水孔(J4)からの漏水の発生 ※地震前・地震直後の漏水量は参考値（自動計測値。後日、手動計測との比較により過大であることが判明）
小山	茨城県	2005	G	65.0	291.86 [36.86]	244	81	334	1242	－	83.3	137.6	152.2 [5/6]	・継目排水孔（J5,J19等）からの漏水量の増加（排水口付近にシルト状堆積物） ・基礎排水孔（BL21）で漏水が発生

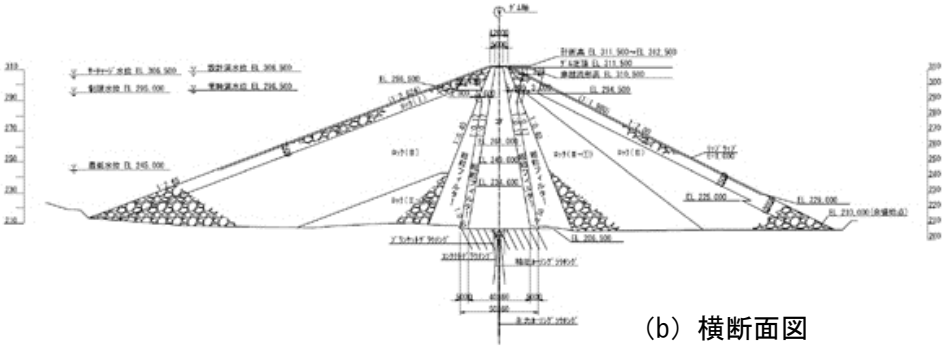
* G:重力式コンクリート、HG:中空重力式コンクリート、R:ロックフィル(土質コア)、CFRD:表面遮水壁型ロックフィル、E:アースフィル
** 水平成分(上下流方向及びダム軸方向)の最大値。 石淵ダム（基礎）は参考値(岩盤でない右岸段丘部での観測値)、田瀬ダムは最大値不明。
*** 地震直後の臨時点検時点では特段の変状は報告されなかったが、後日貯水位の上昇に伴い漏水量の増加が報告されたため詳細調査を実施したダム

ロッコ用のピア)の影響で天端高欄の基礎部に生じたクラックの開きがみられたものの、ダム天端に生じた変状の程度としては、2008年の地震時の被災状況に比べると極めて軽微なものであった（**写真-3.3.4.4**）。

なお石淵ダムでは、2008年の地震によりやや大きな沈下（最大断面付近で約55cm）が生じたことから、その後の堤体の挙動を継続的に監視するため、堤体天端及び上下流面の各位置においてGPSセンサーによる連続的な変位観測（**図-3.3.4.4**）を行っており、今回の東北地方太平洋沖地震時においてもデータが得られている。その観測データのうち、最大断面天端の計測点G-9の計測結果を**図-3.3.4.5**に示す。同図より3月11日の本震時の沈下量は最大断面付近で約12mmであることが分かる。また4月7日に発生した最大余震(M7.1)時にもわずかな沈下が生じていることが分かる。これらのデータも踏まえ、今回の地震で生じた堤体の沈下量



（a）平面図



（b）横断面図

図-3.3.4.2 摺上川ダム

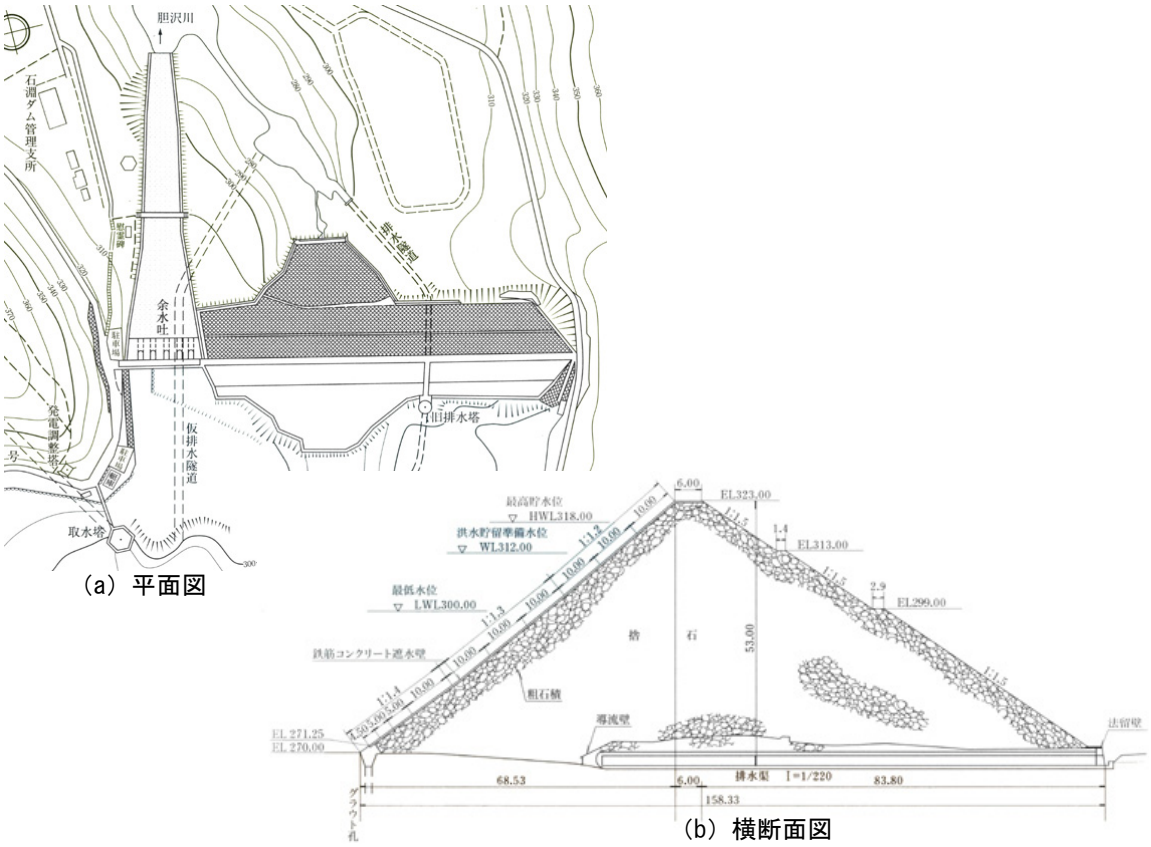


写真-3.3.4.1 ダム天端の左岸取付け部におけるクラック(摺上川ダム)



写真-3.3.4.2 ダム天端舗装クラックの接写(摺上川ダム)

がわずかであること及び上流の表面遮水壁に損傷が認められないことから、ダムの安全性に問題は生じていないものと判断した。また、臨時点検結果として報告された河床部での漏水量計測値の増加（約2000ℓ/minから約3000ℓ/min）については、漏水量を計測する水路部に付着した藻による水路内水位せき上げの影響と判明したが、他の箇所で計測している漏水量を含め、安全性に関して万全を期すため、管理者により漏水量等計測データの監視を継続して行うこととしている。



（a）平面図　　（b）横断面図

図-3.3.4.3 石淵ダム



写真-3.3.4.3 石淵ダム天端（2008 年の地震）



写真-3.3.4.4 石淵ダム天端（今回の地震）
*舗装の補修跡は 2008 年の地震によるもの

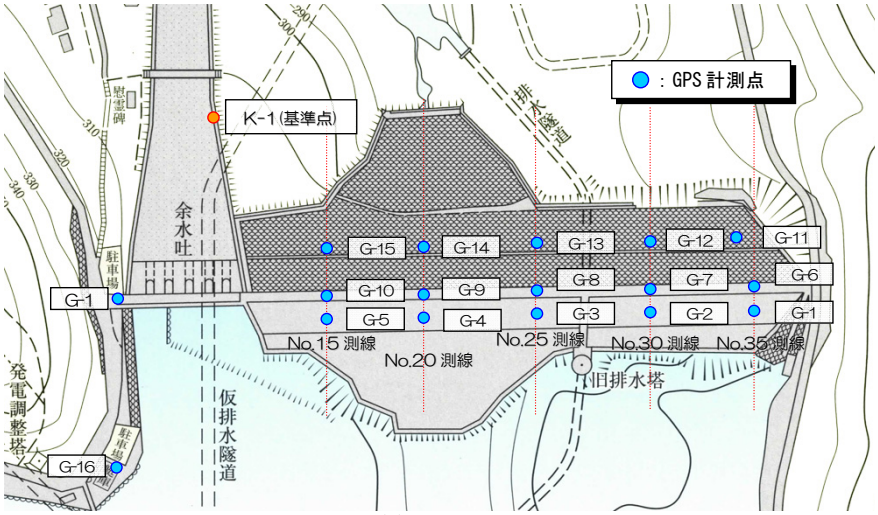
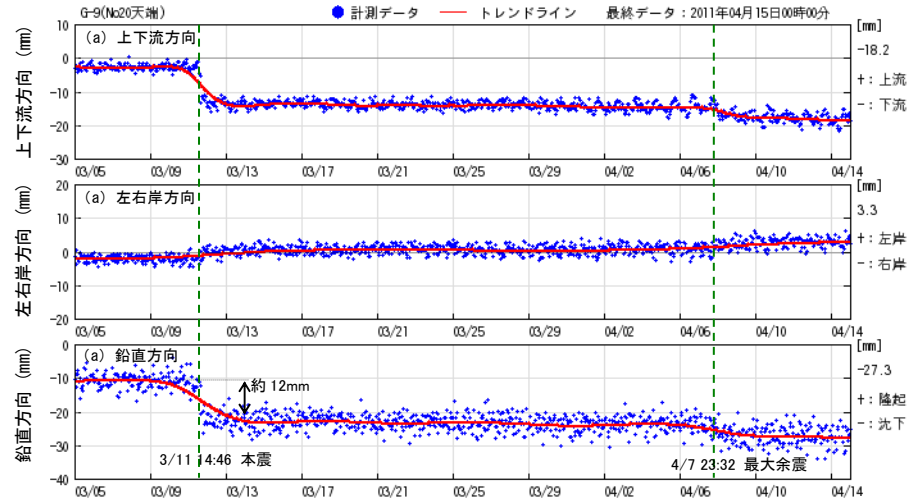


図-3.3.4.4 石淵ダムにおける変位観測（GPS センサー平面配置）



＊ 変位は、2008 年に発生した岩手・宮城内陸地震直後に GPS を設置した時点をゼロとしている。

図-3.3.4.5 GPS 変位計による石淵ダム堤体変位量の推移(G-9)

(c) 田瀬ダム

田瀬ダム（**図-3.3.4.6**）は、1954年竣工の重力式コンクリートダム（堤高81.5m）である。本ダムでは、3月11日の地震後に漏水量（総量）が14ℓ/minから69ℓ/minに増加した（**図-3.3.4.7**）。また、天端高欄コンクリートの剥落及び天端舗装クラックの開きや段差が認められた（**写真-3.3.4.5**、**写真-3.3.4.6**）。しかしながら、これらの変状等は軽微なものであり、各横継目からの漏水量は最大でも10ℓ/min程度と少ないことから、ダムの安全性に問題はないものと判断した。ただし、地震前に漏水量がほぼ0 ℓ/minであった継目排水孔からの漏水が認められたことから、ダムの安全性に万全を期すため、貯水位との相関に留意しつつ、管理者による漏水量の監視を継続することとしている。

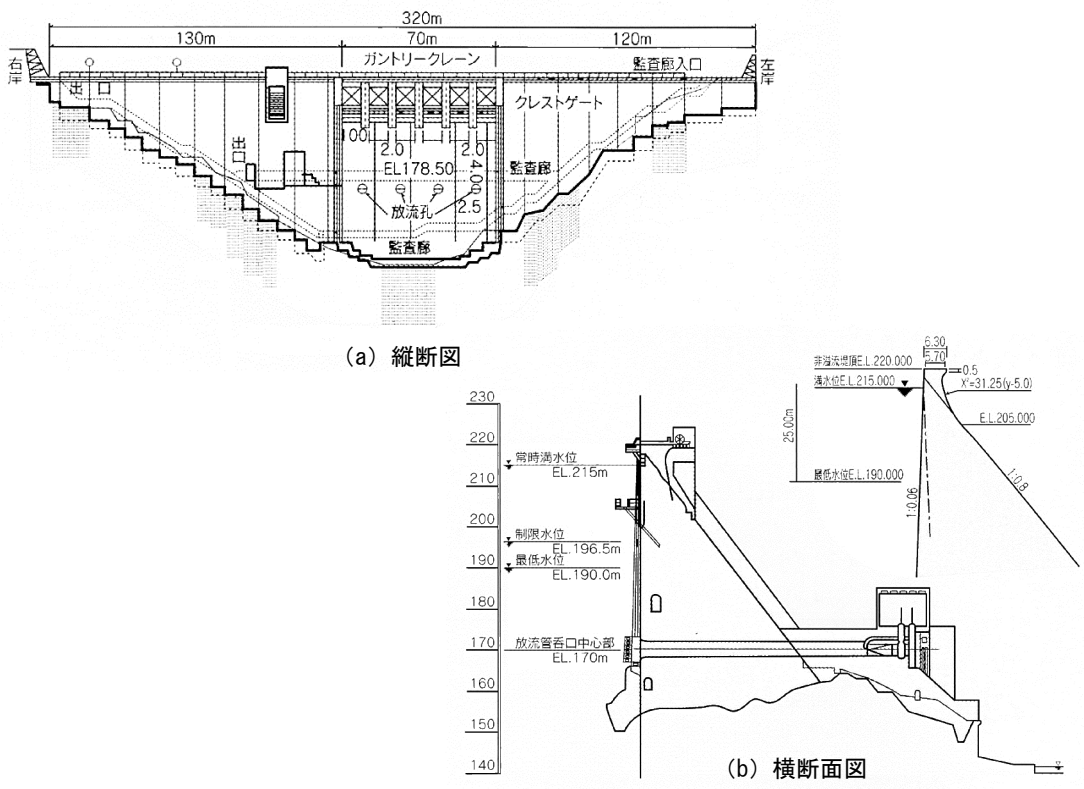


図-3.3.4.6 田瀬ダム

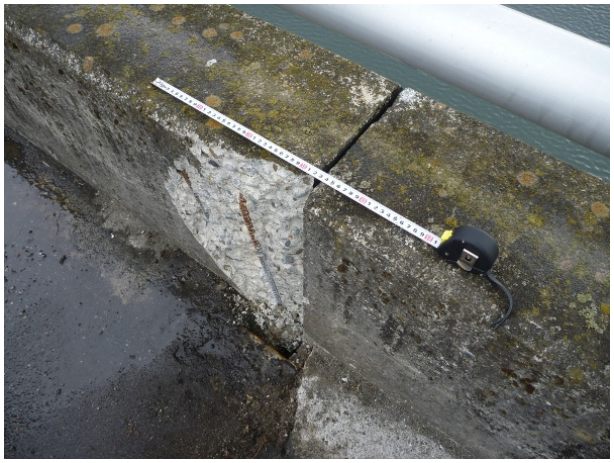


写真-3.3.4.5 天端高欄コンクリートの剥落
（田瀬ダム）



写真-3.3.4.6 天端舗装の継目の段差
（田瀬ダム）

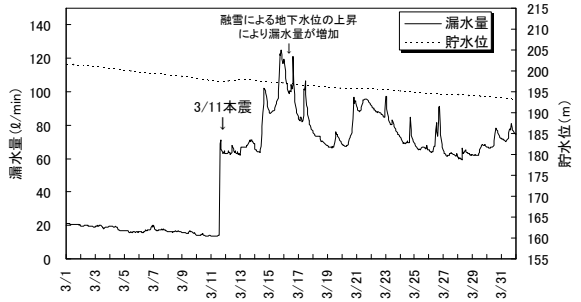


図-3.3.4.7 田瀬ダム漏水量

(d) 御所ダム

御所ダム（**図-3.3.4.8**）は、洪水吐きを含む重力式コンクリートダム部とこれに接続するロックフィルダム部からなる複合型ダム(1981年竣工、堤高52.5m)である。地震により、コンクリートダム部の漏水量が約20ℓ/minから70ℓ/minに増加した。このうち主なものは**写真-3.3.4.7**に示す横継目部(J-4)からの漏水である。この箇所からの漏水は、従来から気温低下によりコンクリートが収縮する冬季に最大で20ℓ/min程度が計測されていたが、今回の地震により20ℓ/minから35ℓ/minに増加するとともに、従来は見られなかった下流側の監査廊壁面からも漏水が見られた。このため、当該箇所を中心に管理者により漏水量の監視を継続することとしている（2012年8月段階で、漏水量は安定している）。

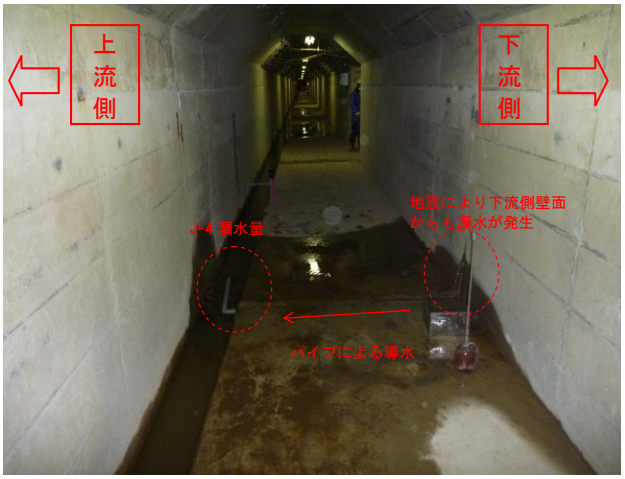
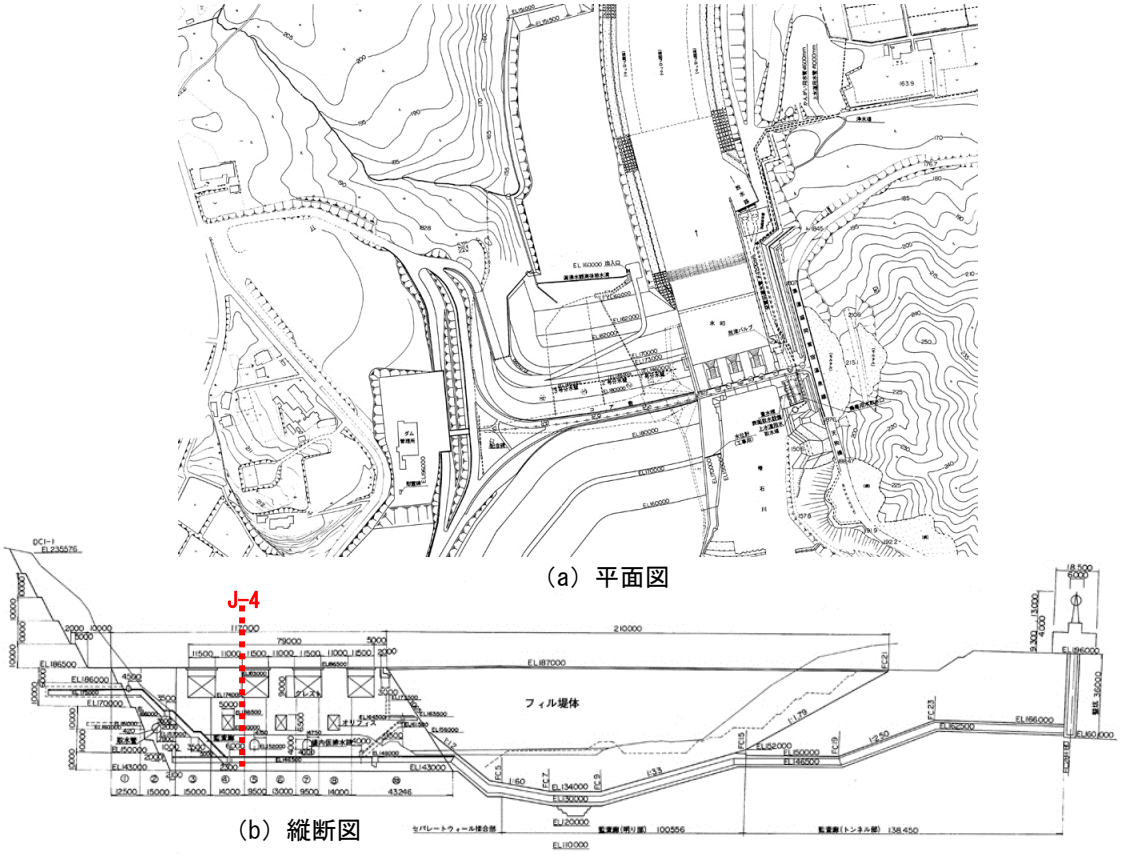


写真-3.3.4.7 重力式コンクリートダム部継目(J-4)の漏水（御所ダム、重力式コンクリートダム部）



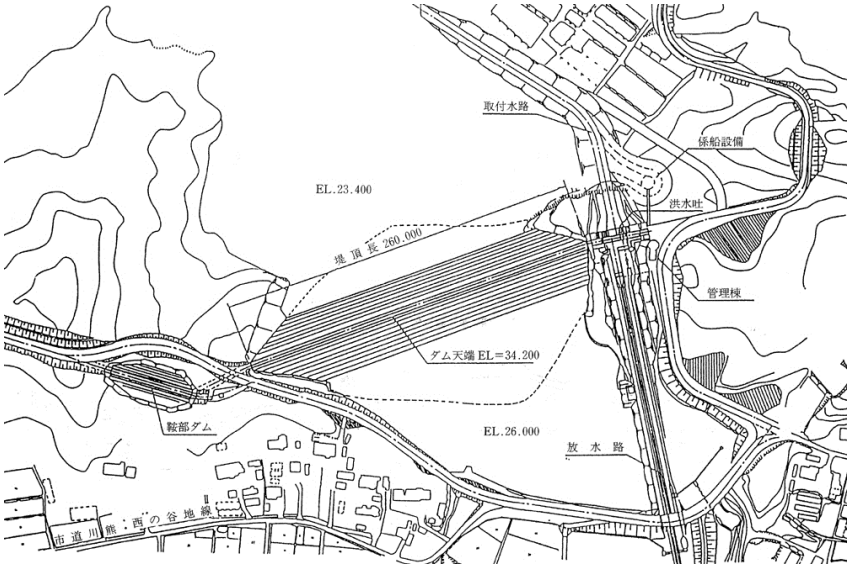
(a) 平面図

(b) 縦断図

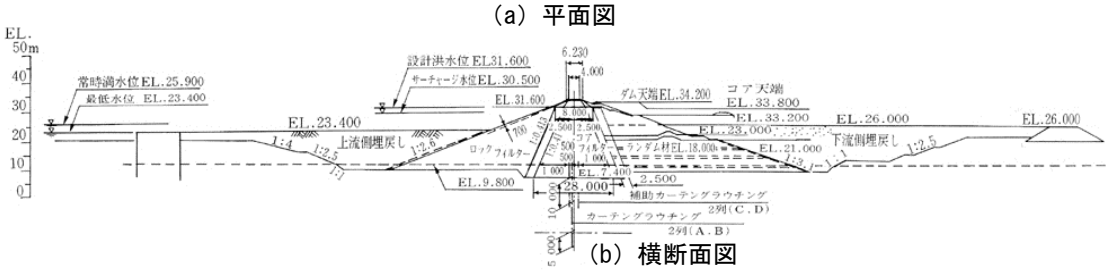
図-3.3.4.8 御所ダム

(e) 化女沼ダム

化女沼ダム（**図-3.3.4.9**）は1995年竣工のアースフィルダム（堤高24.0m）である。本ダムでは、3月11日の地震の後、総漏水量(浸透量)が地震前の約20ℓ/minから約430ℓ/minに急増した。なお、当ダムでは、漏水量（浸透量）を左岸、中央、右岸及びボーリング孔からのものに各々分けて計測しているが、このうち大きく増加したのは右岸からの漏水量（浸透量）で、約



（a）平面図



（b）横断面図

図-3.3.4.9 化女沼ダム

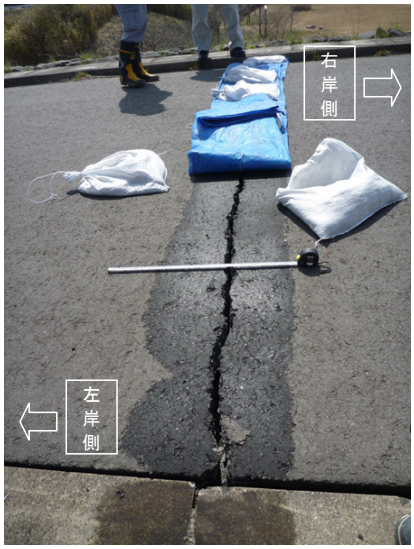


写真-3.3.4.8 上下流方向に発生したクラック（化女沼ダム）



写真-3.3.4.9 天端中央部の縁石と舗装の開き（化女沼ダム）

7ℓ/minから約290ℓ/minに増加した。しかしながら、その後漏水量（浸透量）は急激に減少し、3月15日以降は総約50ℓ/min程度と安定している（**図-3.3.4.10**）。また、地震後の測量により、最大変位量を計測した天端中央部付近において13.9cmの沈下及び下流側へ5.8cmの変位が認められた。堤体天端では、上下流方向に数本のクラックが発生し、うち左岸部では幅が2.5～3cm程度のものが確認された（**写真-3.3.4.8**）。また、天端中央から左岸側の縁石と舗装の間に開きが生じていた（**写真-3.3.4.9**）。調査時点において、ただちにダムの安全性に問題を生じる点は認められなかったが、漏水量（浸透量）の継続的な監視が必要である。

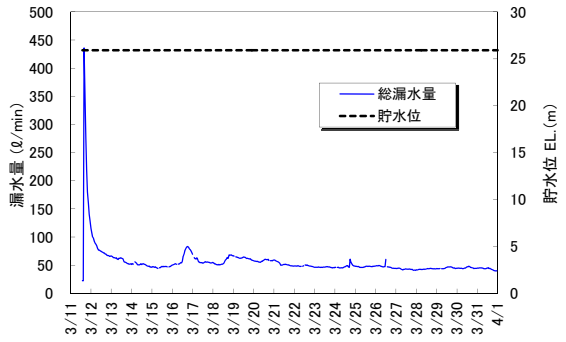


図-3.3.4.10 化女沼ダム漏水量

(f) 神室ダム及び高坂ダム

神室ダム（**図-3.3.4.11**）は、1993年竣工の重力式コンクリートダム（堤高60.6m）、高坂ダム（**図-3.3.4.12**）は1967年竣工の重力式コンクリートダム（堤高57.0m）である。両ダムとも、3月11日の地震（本震）から約1ヶ月経過した4月上旬になって、降雨や融雪による貯水位の上昇とともに漏水量が大幅に増加した。なお、これとほぼ同時期の4月7日には最大余震(M7.4)も発生している。報告された漏水量の増加と地震との関連性は不明であるものの、漏水量の増加原因や対応について検討するため、管理者である山形県の要請により詳細調査を実施した。なお、両ダムの基礎部における地震動の最大加速度（水平方向成分）は本震・余震とも15～25gal程度とあまり大きな加速度は観測されていない。

詳細調査の結果、神室ダムでは、主に横継目2J3（**写真-3.3.4.10**）からの排水孔において顕著な漏水量の増加が認められ、その量は過去の同一貯水位での既往最大値を上回るものとなっていることがわかった（**図-3.3.4.13**）が、基礎排水孔からの漏水量や揚圧力、堤体の変位などに顕著な変化は認められなかった。また、高坂ダムについても、同様に主に横継目J9（**写真-3.3.4.11**）及びJ10からの排水孔で顕著な漏水量の

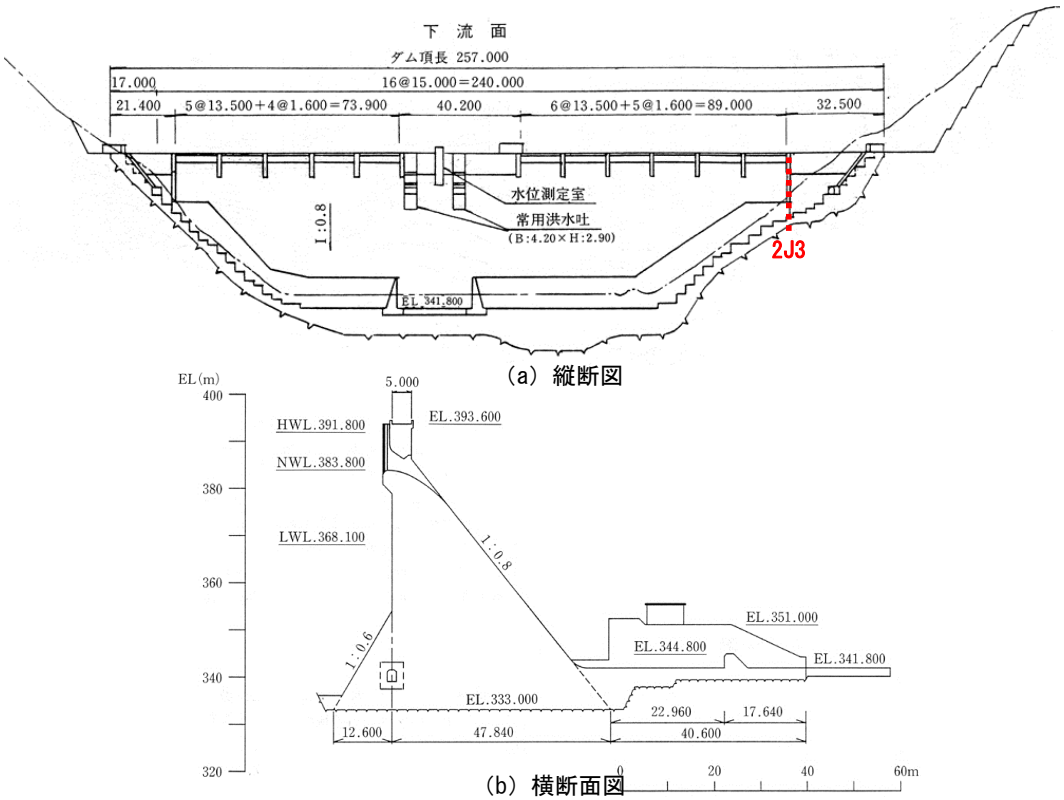
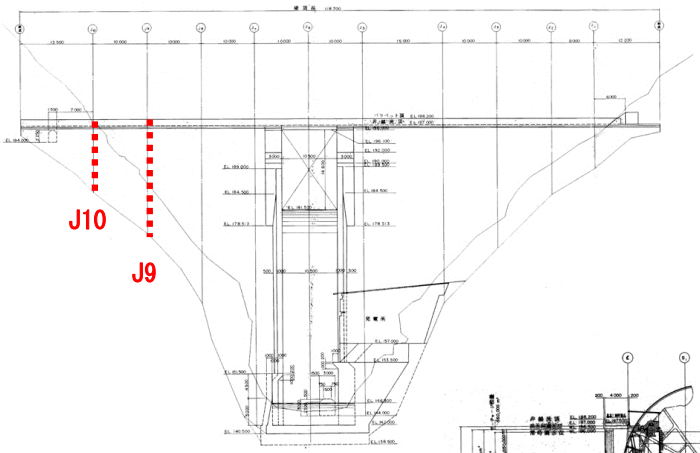


図-3.3.4.11 神室ダム

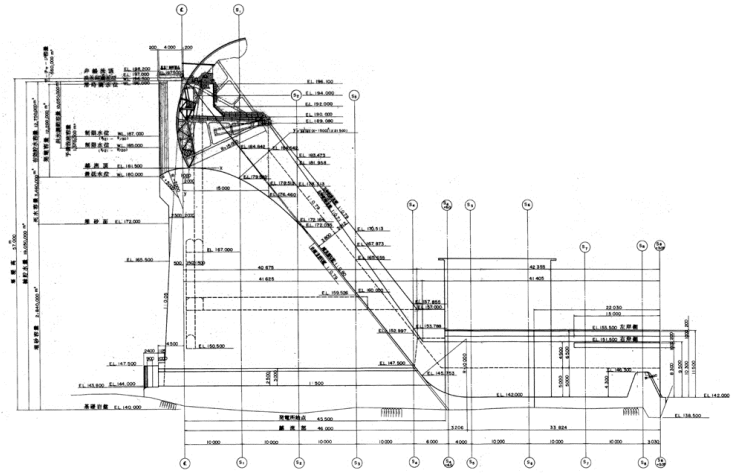
増加が認められた（**図-3.3.4.14**）が、基礎排水孔からの漏水や濁りなどは認められなかった。

このため、両ダムともただちにダムの安全性に問題を生じるものではないと考えられるものの、漏水量の顕著な増加が認められた横継目を中心に、漏水量や継目の開きについて管理者による監視を強化するとともに、漏水経路の調査及び対策の検討を行うこととした。

その後、両ダムにおける横継目からの漏水については、漏水経路の調査及びその結果を踏まえた漏水防止材料の投入による対策が実施されるとともに継続的な監視が続けられており、ともに安定化する傾向にある（2012年2月段階で漏水量は安定している）。



（a）縦断図



（b）横断面図

図-3.3.4.12 高坂ダム



写真-3.3.4.10 横継目(2J3)からの漏水の状況
(神室ダム)



写真-3.3.4.11 横継目(J9)からの漏水の状況
(高坂ダム)

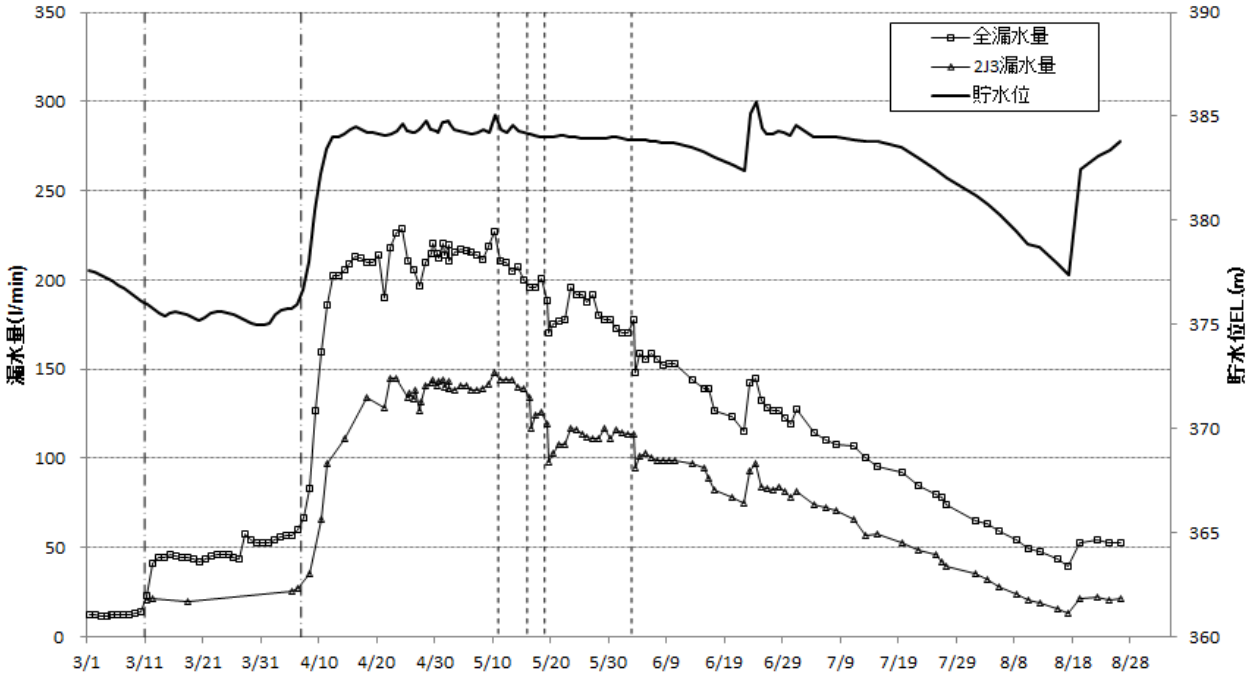


図-3.3.4.13 神室ダム漏水量の変化

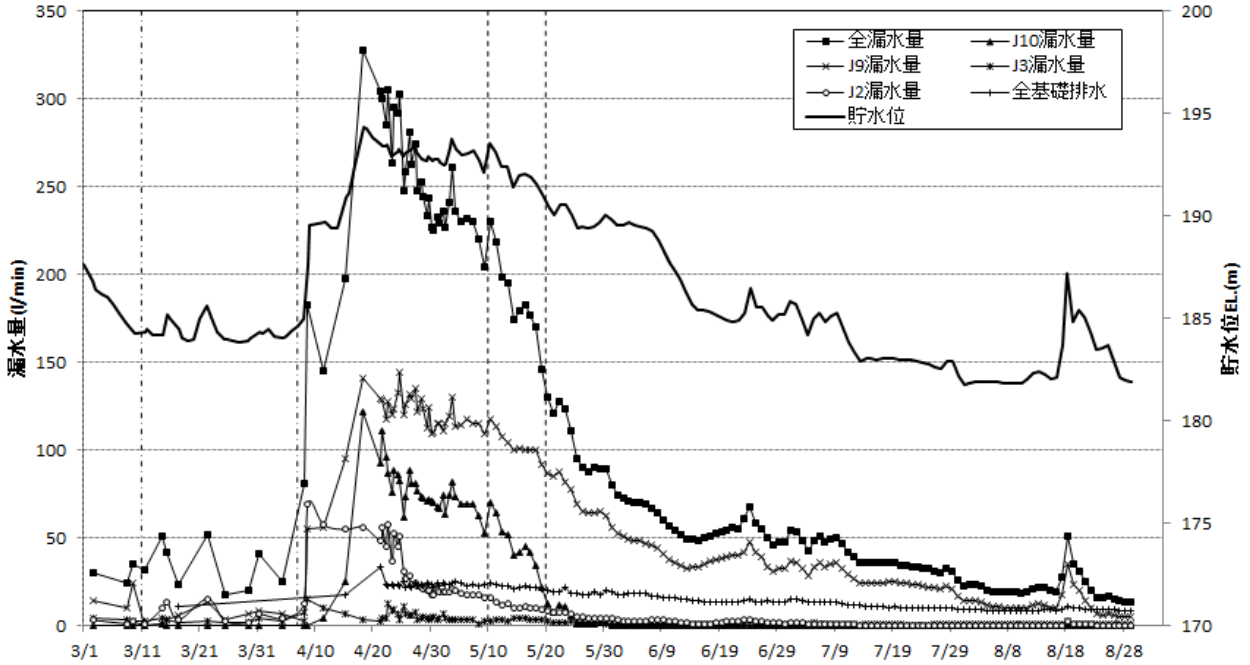


図-3.3.4.14 高坂ダム漏水量の変化

(4) ダムで観測された地震動

1) 最大加速度記録

今回の地震により、ダムの基礎または低標高部の監査廊内など（以下、ダム基礎）に設置された地震計で観測・報告された最大加速度は、**図-3.3.4.15**に示すとおりである。100gal以上の水平加速度を記録した国土交通省所管ダムは23ダム（直轄ダム4ダム、補助ダム19ダム）であった（**表-3.3.4.4**）。

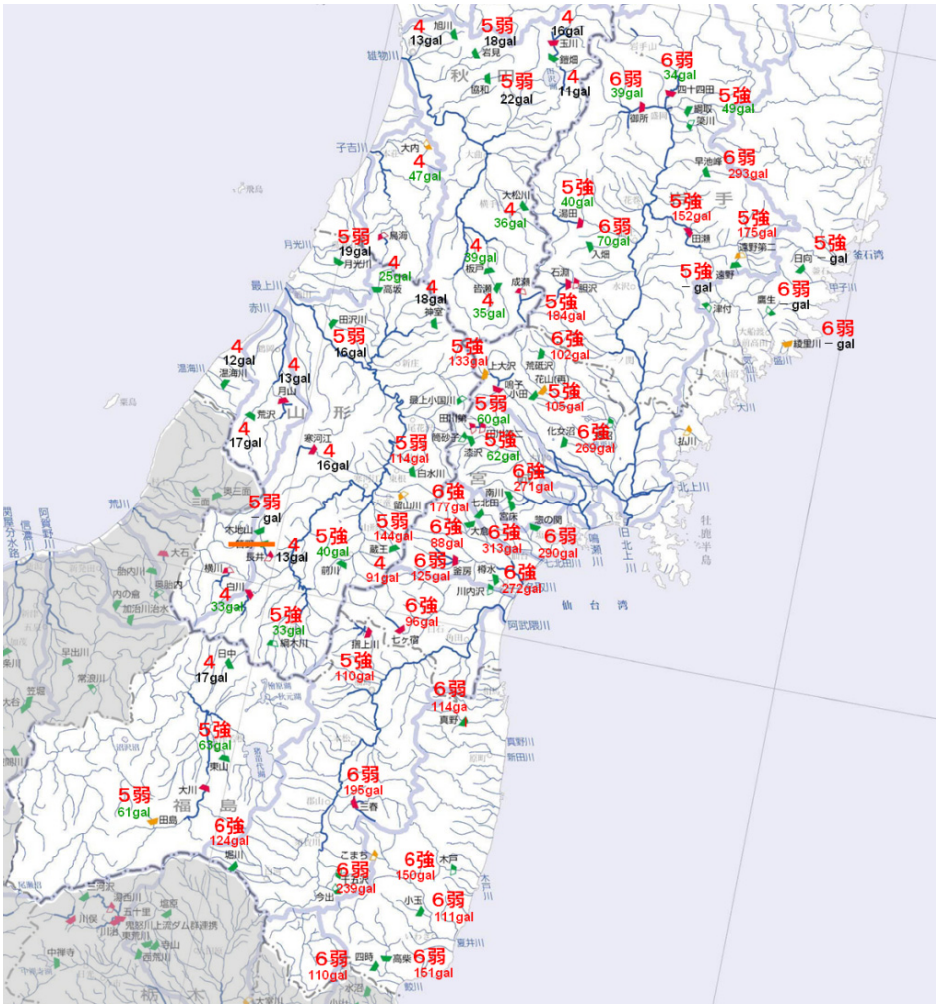


図-3.3.4.15 東北地方太平洋沖地震におけるダム周辺の震度及び、ダム地点の最大加速度の分布

表-3.3.4.4 ダム基礎における水平最大加速度
（国土交通省所管のダム（直轄・補助）で100gal以上を記録したもの）

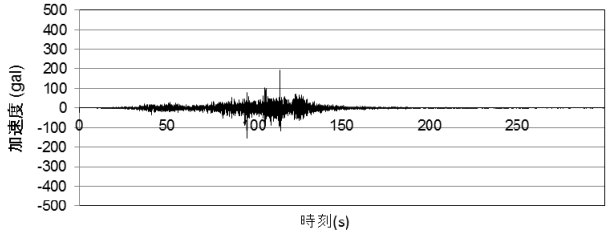
ダム名	管理者（所在県名）	型式	堤高(m)	最大加速度（基礎部）(gal)	ダム名	管理者（所在県名）	型式	堤高(m)	最大加速度（基礎部）(gal)
宮床ダム	宮城県	G	48	313	留山川ダム	山形県	G	46.0	144
早池峰ダム	岩手県	G	73.5	293	十王ダム	茨城県	G	48.6	139
花貫ダム	茨城県	G	45.3	290	小山ダム	茨城県	G	65.0	334
惣の関ダム	宮城県	G	23.5	290	上大沢ダム	宮城県	E	19	133
樽水ダム	宮城県	R	43	272	釜房ダム	東北地整（宮城県）	G	45.5	125
南川ダム	宮城県	G	46	271	堀川ダム	福島県	R	57	124
化女沼ダム	宮城県	E	24	269	白水川ダム	山形県	G	54.5	114
こまちダム	福島県	G	37	239	真野ダム	福島県	G	69	114
三春ダム	東北地整（福島県）	G	65	195	塩原ダム	栃木県	G	60.0	112
石淵ダム	東北地整（岩手県）	CFRD	53	184**	小玉ダム	福島県	G	102	111
水沼ダム	茨城県	G	33.7	183	摺上川ダム	東北地整（福島県）	R	105	110
七北田ダム	宮城県	R	74	177	花山ダム	宮城県	G	47.8	110
遠野第二ダム	岩手県	G	23.1	175	四時ダム	福島県	R	83.5	110
藤井川ダム	茨城県	G	37.5	174	小田ダム	宮城県	R	43.5	105
高柴ダム	福島県	G	59.5	151	荒砥沢ダム	宮城県	R	74.4	102
木戸ダム	福島県	G	93.5	150					

* G:重力式コンクリート、R:ロックフィル(土質コア型)、CFRD:表面遮水壁型ロックフィル、E:アースフィル。
** 石淵ダムは、右岸段丘部の値（岩盤ではない)。

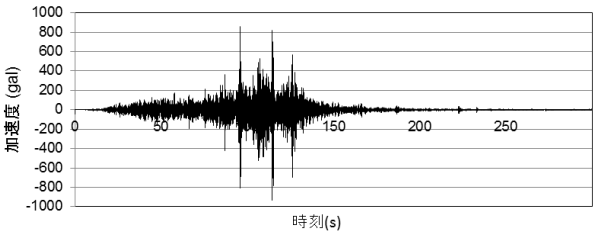
今回の地震は、地震の規模としては極めて大きかったものの、地震の震源域からダム地点までの距離がある程度離れており、過去の内陸活断層地震で震源に近いダムで観測されたほど大きな最大加速度の記録は観測されていない。

3) 加速度時刻歴

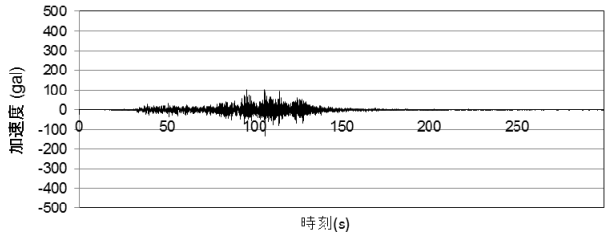
三春ダム(重力式コンクリートダム)及び摺上川ダム(ロックフィルダム)において得られた本震の加速度時刻歴をそれぞれ**図-3.3.4.16**、**図-3.3.4.17**に示す。三春ダムでは、ダム基礎において最大加速度194.8gal、天端において最大加速度932.4galを記録した。また、摺上川ダムでは、ダム基礎において最大加速度110.3gal、天端において最大加速度473.9galを記録した。なお、**図-3.3.4.16**、**図-3.3.4.17**から読みとれるように、今回の地震は地震動の継続時間が非常に長かったことが大きな特徴である。



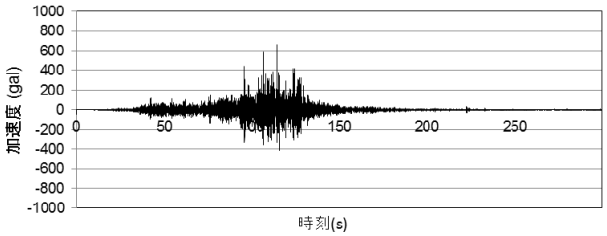
上下流方向(最大加速度：194.8gal)



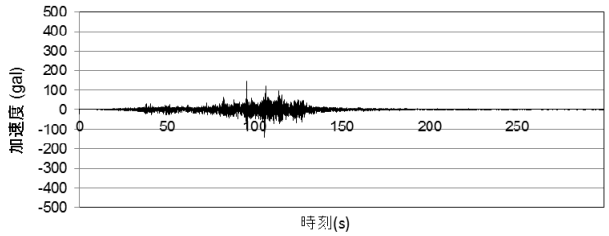
上下流方向(最大加速度：932.4gal)



ダム軸方向(最大加速度：130.8gal)

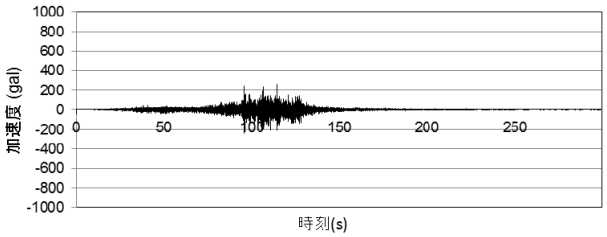


ダム軸方向(最大加速度：661.2gal)



鉛直方向(最大加速度：146.9gal)

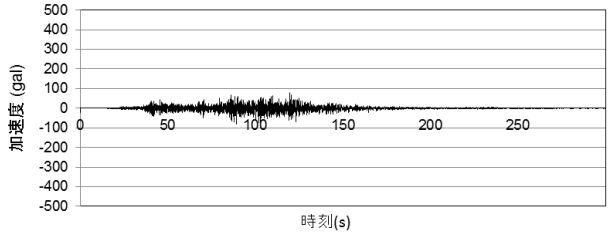
(a)ダム基礎



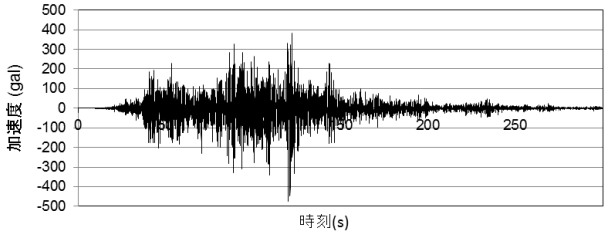
鉛直方向(最大加速度：262.5gal)

(b)ダム天端

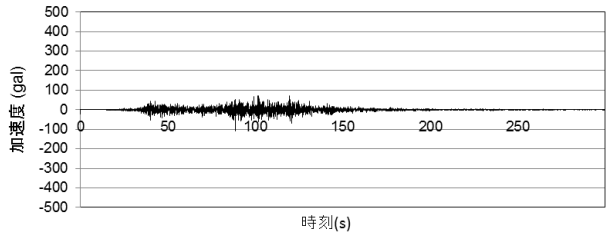
図-3.3.4.16 三春ダムで観測された加速度時刻歴



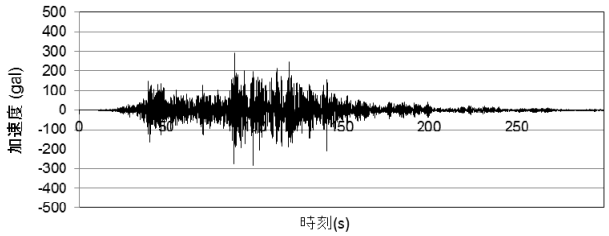
上下流方向(最大加速度：81.6gal)



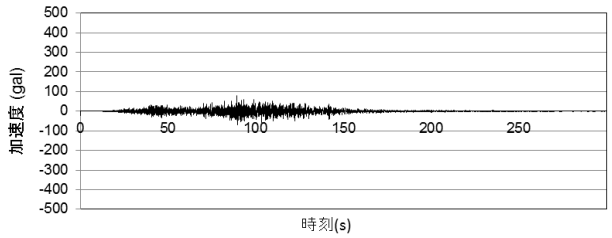
上下流方向(最大加速度：473.9gal)



ダム軸方向(最大加速度：110.3gal)

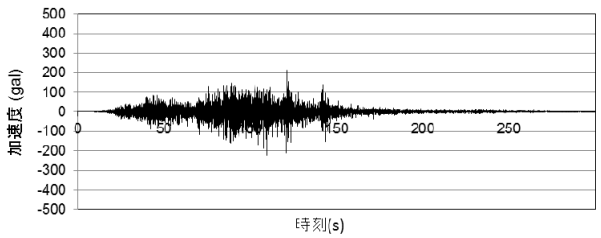


ダム軸方向(最大加速度：294.1gal)



鉛直方向(最大加速度：79.8gal)

(a)ダム基礎



鉛直方向(最大加速度：224.8gal)

(b)ダム天端

図-3.3.4.17 摺上川ダムで観測された加速度時刻歴

(5) まとめ

今回の地震では、東日本の極めて広い範囲の多数のダムが臨時点検の対象となった。点検対象となったダムでは、ただちにダムの安全性に影響を及ぼすような重大な被害はみられなかった。その原因について、今後さらなる調査・分析が必要であるが、現時点では、日本のアースフィルダム以外の型式のダムはほとんどが堅固な岩盤を基礎として築造されていること、今回の地震の震源域からダム地点までの距離がある程度離れており、地震動が過去の内陸活断層地震で震源に近いダムで観測されたものほど強いものではなかったことなどが考えられる。

なお、今回の地震においてダム地点で観測された地震動の大きな特徴として、極めて継続時間が長い揺れが作用した点が挙げられる。この点に関しては、ダムの安全管理や、現在試行中のダムの耐震性能照査への反映に向けて、さらなる地震動記録の収集・解析とあわせ、今後詳細な分析・評価が必要である。

参考文献

1) 国土技術政策総合研究所、（独）土木研究所：平成23年（2011年）東北地方太平洋沖地震土木施設災害調査速報、国土技術政策総合研究所資料（第646号）・土木研究所資料（第4202号）、pp.342～366、2011

2) 山口嘉一：東北地方太平洋沖地震におけるダムの挙動（安全性）評価と観測地震動の特性、財団法人ダム技術センター「東日本大震災後における地震及び津波に対する治水構造物の強化対策」講演資料（於：中華民国経済部水理署）、2012

3.3.5 海岸分野

(1) 設計津波の水位の設定法

1) 検討の背景

東日本大震災を受けて開催された中央防災会議「東北地方太平洋沖地震を踏まえた地震・津波対策に関する専門調査会」（以下、「専門調査会」という）報告[1)]が公表された。これらの中で、今後の津波対策を構築するにあたって、基本的に二つのレベルの津波を想定する必要があるとされた。一つは、住民避難を柱とした総合的防災対策を構築する上で想定する津波であり、発生頻度は極めて低いものの、発生すれば甚大な被害をもたらす最大クラスの津波（いわゆる「レベル2津波」）である。もう一つは、津波の内陸への浸入を防ぐ海岸保全施設等の建設を行う上で想定する津波であり、最大クラスの津波に比べて発生頻度は高く、津波高は低いものの大きな被害をもたらす津波（いわゆる「レベル1津波」）である。従前より整備されてきた海岸保全施設等は、比較的発生頻度の高い津波等を想定してきたものであり、一定の津波高までの被害抑止には効果を発揮してきた。最大クラスの津波に備えて、海岸保全施設等の整備の対象とする津波高を大幅に高くすることは、施設整備に必要な費用、海岸の環境や利用に及ぼす影響などの観点から現実的ではないことから、人命保護に加え、住民財産の保護、地域の経済活動の安定化、効率的な生産拠点の確保の観点から、引き続き、比較的発生頻度の高い一定程度の津波高に対して海岸保全施設等の整備を進めていくこととされた。また、被災地では、海岸堤防の復旧が復興に向けた第一歩となることから、その前提となる復旧堤防高を決める方法を整理する必要がある。

2) 設計津波の水位の設定等に関する課長通知

これを受け、国総研は、国土交通省水管理・国土保全局海岸室とともに、比較的頻度の高い津波、すなわち設計津波の抽出と設計津波に対して必要とされる堤防高を設定する方法を整理し、その結果が7月8日付の課長通知[2)]として発出された。特に、地域海岸の設定や既往津波の痕跡調査結果整理の試行においては、東北地方整備局と協力しつつ実施した。発出に先立ち、6月に開催された第2回「海岸における津波対策検討委員会」において学識経験者から意見を聴取した。

課長通知[2)]に定めた設計津波の水位と堤防天端高の設定方法の手順は以下のとおりである。

・「湾の形状や山付け等の自然条件」、「文献や被災履歴等の過去に発生した津波の実績津波高さ及びシミュレーションの津波高さ」から、同一の津波外力を設定しうると判断される一連の海岸線に分割し、地域海岸を区分する（**図-3.3.5.1**）。

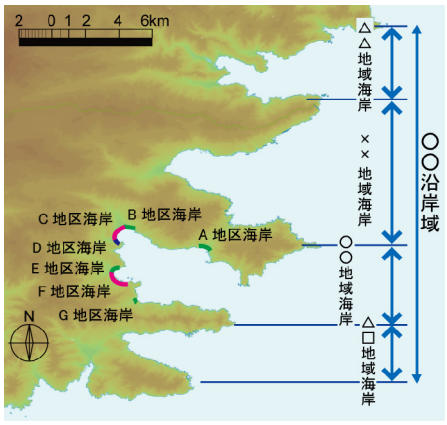


図-3.3.5.1 地域海岸のイメージ

・地域海岸ごとに既往の津波痕跡高や想定地震津波の水位を整理し、原則として一定の頻度（数十年から百数十年に一度程度）で到達すると想定される津波の集合を、設計津波の水位設定のための対象津波群として選定する（**図-3.3.5.2**）。**図-3.3.5.2**の作成にあたっては、津波痕跡高は、T.P.で整理することを基本とする。痕跡調査は、土木学会海岸工学委員会における現地調査マニュアル等[3)]に基づき行われたものを収集整理する。他機関の調査データを用いる場合は東北地方太平洋沖地震津波合同調査グループ[4)]に現地調査結果として登録してあるデータ等信頼できる津波高さを用いる。出来うる限り海岸線近くの痕跡高を収集する。津波高さのデータを補う必要がある場合は、「日本被害津波総覧」[5)]等の公表資料や地方整備局、都道府県及び気象庁等の調査結果等公的な調査資料を用いる。歴史記録及び文献等に地震発生の記録はあるが、津波高さのデータが無い場合は、津波堆積物等の調査結果から浸水範囲等を明らかにしたうえで、可能な範囲でシミュレーション等により津波高さを想定するよう努める。

・対象津波群の津波を対象に、地域海岸において堤防位置における津波の侵入の防止を条件とした津波シミュレーションを行う等により地域海岸内の津波水位分布を算出し、当該水位分布に基づき、隣接する海岸管理者間で十分調整を図ったうえで、設計津波の水位を設定する。一の地域海岸に対しては、一の設計津波の水位を設定することを基本とするが、設計津波の水位が当該地域海岸内の海岸線に沿って著しく異なることとなると判断される場合は、理由を明らかにしたうえ

で、地域海岸を分割して複数の設計津波の水位を定めることができる。

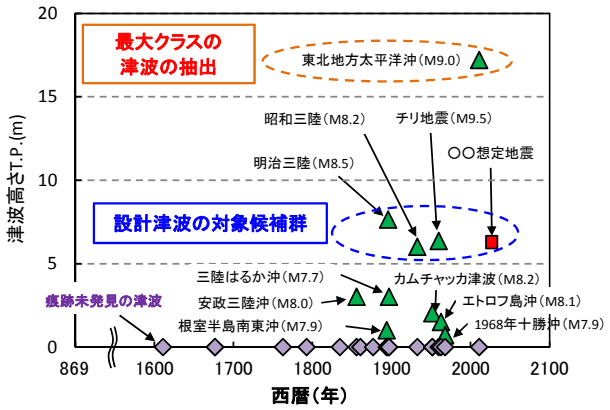


図-3.3.5.2 A地域海岸における津波高さの整理例

・堤防等の天端高は、津波・高潮の侵入防止機能、波浪による越波を減少させる機能を満足するよう、設計津波の水位、「設計高潮位＋設計波のうちあげ高」または「設計高潮位の時の設計波により越波する海水の量を十分に減少させるために必要な値」に背後地の状況等を考慮して必要と認められる余裕高を加えた値以上とする基準に従い、海岸の機能の多様性への配慮、環境保全、周辺景観との調和、経済性、維持管理の容易性、施工性、公衆の利用等を総合的に考慮しつつ、海岸管理者が適切に定める。

3) 従来との違い

岩手、宮城、福島の被災３県では上記の作業を行い、設計津波の水位と計画堤防高の設定を終えている。

設計津波の水位設定におけるこれまでとの大きな違いは３つ挙げることができる。１つは、発生頻度の考慮を明確にした点である。従来は、既往最大や近年発生した著名な津波を選定していたが、数十年から百数十年に一度程度という目安で対象津波群を選定するプロセスが明確に加わった。２つめは、従来は痕跡高をもって設計津波の水位とする場合もあったが、シミュレーション技術の発達を反映して、堤防ありの状態における津波シミュレーション計算に基づき設定することとした点である。これにより、堤防の存在によるせりあがりが明確に考慮されるようになった。３つめは、地域海岸を設定することにした点である。従来所管ごとに設計外力を設定する場合もあったが、所管ではなく地形条件ごとに設定することとした。

(2) 堤防被災分析

1) 検討の背景

東北地方太平洋沖地震津波（以下、今次津波）で多くの海岸保全施設が被災したことを受けて、「設計対象の津波高を超えた場合でも施設の効果が粘り強く発揮できるような構造物の技術開発を進め、整備していく」とする方針が中央防災会議[1)]等から示された。「粘り強い」とは、海岸保全施設が破壊・倒壊するまでの時間を少しでも長くする、あるいは、施設が全壊に至る可能性を少しでも減らすことである。これによって、避難に使える時間を確保する、第2波以降の被害を軽減する、迅速な復旧を可能とすることで二次災害のリスクや復旧費用を低減するなどの効果が期待される[6)]。これらの提言類を踏まえて、国総研河川研究部では、施設を粘り強い構造とするための具体的な方向性を見いだすことを目的として、青森県から千葉県にかけての海岸保全施設のうち、三面張り構造の海岸堤防（以下、堤防）を対象に被災状況、構造諸元と津波外力の関係を分析することとした。

分析に用いたデータは、「海岸における津波対策検討委員会」での検討に用いるために関係省庁及び被災県の協力を得て、国土交通省水管理・国土保全局海岸室及び国総研海岸研究室が収集したものである。

海岸の堤防は用地に制限がある場合を除けば、土砂を盛って構築した堤体の表法、天端、裏法をコンクリートで被覆した三面張り構造が主流となっている（**図-3.3.5.3**）。今次津波の直後に実施された現地調査では、堤防を越えた水流によって、裏法尻部が洗掘された例が多数確認され（**写真-3.3.5.1**）、洗掘による支持基盤の喪失が裏法被覆工の流出、堤体土の流失を経て堤防の倒壊につながったと推察されている（**図-3.3.5.4**）。

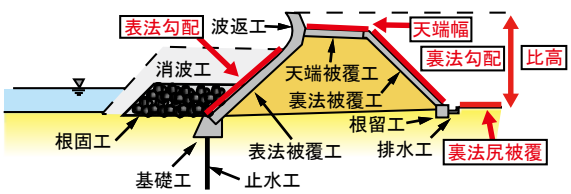


図-3.3.5.3 三面張り構造の海岸堤防の基本的な構造

2) 被災事例の分析方法

a) 被災データの収集・整理

海岸保全施設は行政上の1海岸（**図-3.3.5.5** 中の○○地区海岸）の中でも構造が一様でない場合があるので、海岸を施設構造によってさらに細分した一連区

間（**図-3.3.5.5** 中の一連区間1、2）の単位で被災データを整理した。扱ったデータは施設台帳から得た天端高や表法勾配等の施設構造と延長、全壊延長、全壊箇所数、全壊ユニット数、半壊延長、越流水深であり、ここで全壊ユニット数とは、各一連区間をさらに100m単位のユニットに細分した時に、全壊があったユニットの数である。引き波によって全壊箇所が拡大した海岸では、押し波による被災程度を全壊延長で評価すると過大となるため、その影響が緩和された指標として導入した。100m単位としたのは、予備調査として計測した156の全壊箇所の延長の中央値が44.6mで100m以下のものが73.7%を占めたことによる。

本分析で対象とした堤防については、**写真-3.3.5.2** のように被覆工が全て流出し、盛土も残っていない状態を全壊、**写真-3.3.5.1** のように被覆工が一部流出した状態や被覆工が全て流失しても堤体土が残っている状態は半壊と定義した。

越流水深は、東北地方太平洋沖地震津波合同調査グループによって調査された近傍における津波浸水高の2011年8月26日時点の速報値[4]から地震に伴う地盤沈下後の施設天端高を差し引いて求めた。



写真-3.3.5.1 半壊した三面張り構造の海岸堤防と裏法尻部における洗掘の状況（宮城県岩沼市蒲崎海岸）

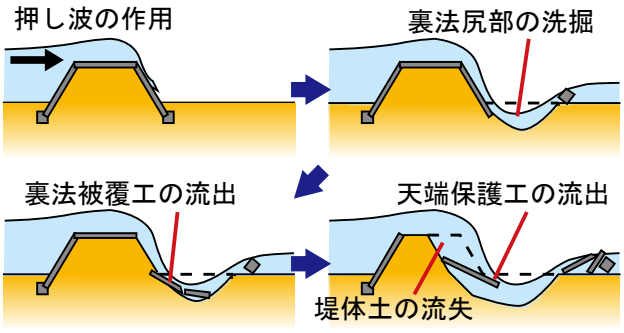


図-3.3.5.4 裏法尻負からの破壊過程

b) 衛星画像による全壊延長等の計測

具体的な被災状況については、各県の海岸管理者による被災箇所や被災延長等の調査結果を国土地理院によって震災直後に撮影された空中写真及びGoogle Earthの2011年4月撮影の衛星画像によって確認・補足計測したうえで扱った。補足計測の内容は、海岸保全施設の背後地が道路等によって被覆されている場合の被覆幅、全壊延長・半壊延長の再計測、全壊箇所の計数、ユニットごとの全壊・非全壊の判読である。特に全壊延長については、海岸管理者によって全壊・半壊の判断基準が異なっていたので、著者らの再計測によって統一化した。

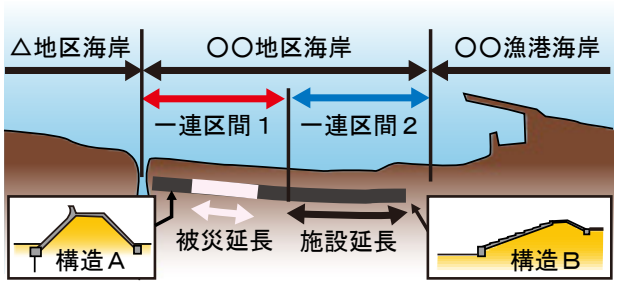


図-3.3.5.5 分析単位とする一連区間の模式図



写真-3.3.5.2 全壊した海岸堤防（宮城県岩沼市二の ノ倉海岸）

c) 堤防構造による被災状況の違いの分析

本分析では裏法尻部の被覆、表法勾配、裏法勾配、堤防天端から背後地盤までの比高、天端幅、の5要素に着目して、これらの違いによる被災状況の違いを比較した。

・構造要素ごとの2群比較

施設延長に対する被災延長の割合を被災延長率と定義して、各構造要素についてデータ数が概ね均等になるように2群に分けて、越流水深と被災延長率の関係を比較した。対象とするデータは着目する構造以外の要素がなるべく揃うように**表-3.3.5.1** のとおり絞り込んだが、天端幅については2群に分けるほどのバリエーションが無かったため、次の多変量解析のみを実施した。

表-3.3.5.1 検討対象とした区間の条件

検討対象	検討対象以外の要素				
	裏法尻被覆	表法勾配	裏法勾配	比高	天端幅
裏法尻被覆	－	2割未満	2割未満	3m以上	全て
表法勾配	無し	－	2割未満	3m以上	全て
裏法勾配	無し	2割未満	－	3m以上	全て
比高	無し	2割未満	2割未満	－	全て

・複数の構造要素を対象とした多変量解析

構造要素ごとの2群比較は、着目要素以外の条件を揃えようとすると扱えるデータが大幅に少なくなる、また要素間の重要度の違いもわからないという欠点があるため、5つの構造要素全てを用いた多変量解析も実施した。

解析にあたっては、堤防には越流外力の大きさに応じた全壊確率が存在し、構造によってこの確率が異なると仮定した。実際の被災データから全壊確率を求めるにあたっては、全壊するか否かは100m単位のユニットごとに独立に決まると仮定し、一連区間に含まれるユニット数のうち、全壊があるユニット数の割合を全壊確率とした。この場合、外力を受けた結果は全壊か非全壊の2値であるので、全壊確率PBは2項分布を前提とした(1)式の多重ロジスティックモデルで表現されるとした。

$$P_B = \frac{1}{1+e^{-(\alpha+\beta_1 X_1+\beta_2 X_2+\cdots+\beta_n X_n)}} \qquad (1)$$

ここにnは、考慮する要素数であり、X_1 …X_n は説明変数であり各構造要素の値が入る、αは定数、β_1 … β_nは係数である。多重ロジスティックモデルは医療分野で疾患の要因を分析するためによく用いられる多変量解析手法であり、川越ら[7]によって土砂災害発生確率モデルの構築にも採用されている。本分析では最尤推定によって(1)式の各係数を決定するとともに、全壊確率に対して各構造要素の影響が有意であるか否かを検証した。

3) 被災事例の分析結果

a) 被災データの特徴

まず被災データ全体の特徴を理解するために、越流があった堤防の全てを対象に、越流水深を7カテゴリ（2m 未満、2-4m、4-6m、6-8m、8-12m、12-16m、16-20m）に分けてカテゴリごとに施設延長の合計と被災延長の合計を求め、これらをもとに被災延長率を算出した結果を**図-3.3.5.6(a)** に示す。対象となった225の一連区間の延長は3m～3、756mの間に分布し、総延長は94.6kmであった。

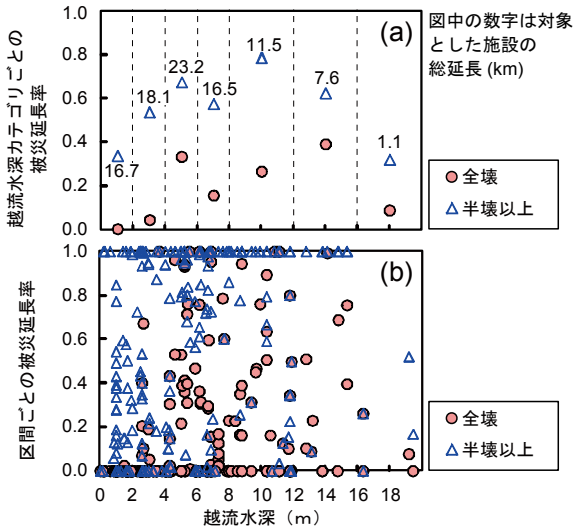


図-3.3.5.6 越流水深と被災延長率の関係

データが少ない越流水深16～20mを除くと、越流水深が大きいほど被災延長率が大きくなる傾向が確認できた。しかし個々の一連区間について越流水深によるカテゴリ分けをせずに全てプロットした**図-3.3.5.6(b)** によると、同じ越流水深に対しても、被災延長率は大きくばらついた。例えば、約3mの越流水深で全壊の被災延長率が100%（全ての堤防が全壊）となる区間がある一方で、10mを越える越流水深でも全く全壊がなかった一連区間も存在した。これは越流水深の継続時間や背後地の条件、施設の詳細構造等、揃えきれない条件が多数含まれるうえに、堤防の破壊現象が確率事象であることに起因する。構造による被災状況の違いについての平均的な傾向を見るには**図-3.3.5.6(a)** の整理が適するが、各一連区間におけるばらつきの大きさも防災計画上重要な情報であるので、実務上は**図-3.3.5.6(b)** のような図も確認する必要がある。

b) 構造要素ごとの2群比較の結果

・裏法尻被覆の有無

63区間28.2kmについて裏法尻被覆の有無の違いに着目して整理した結果、越流水深12m未満では何らかの形で被覆されていた方が全壊となる被災延長率が低いことがわかった（**図-3.3.5.7**(a)）。区間ごとに見た場合もその傾向はうかがえた（**図-3.3.5.7** (b)）。

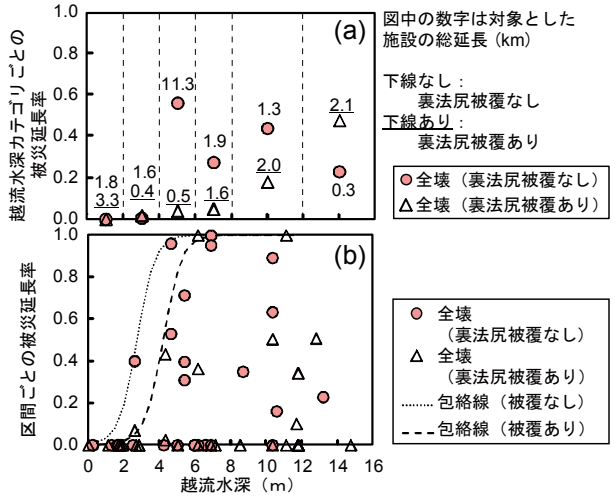


図-3.3.5.7 裏法尻被覆の有無による被災状況の違い

・表法勾配

51区間35.4kmについて表法勾配に着目して整理したところ、越流水深2～12mでは表法勾配が2割以上のほうが2割未満に比べて被災延長率は低かった（**図-3.3.5.8**）。しかし半壊のみ（半壊したが全壊には至らなかった）に着目すると、表法勾配が2割以上の場合にはむしろ被災延長率が高くなるという逆の結果となった（**図-3.3.5.9**）。

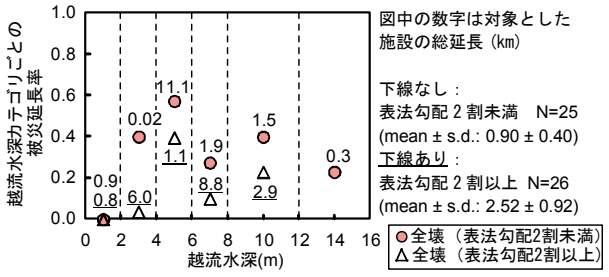


図-3.3.5.8 表法勾配による被災状況の違い（全壊）

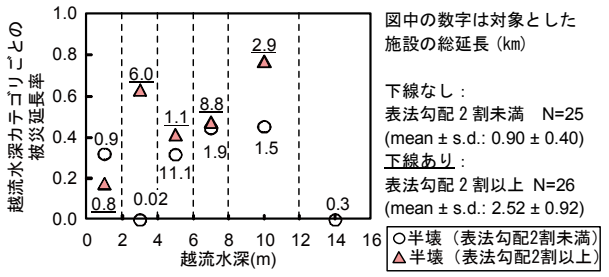


図-3.3.5.9 表法勾配による被災状況の違い（半壊）

・裏法勾配

裏法勾配については対象とした26区間16.8kmにおけるバリエーションが少ないために1.5割以上と未満で比較したところ、越流水深4～12mでは裏法勾配が1.5割以上の方が全壊の被災率は小さかった（**図-3.3.5.10**）。また、半壊のみに着目すると逆に1.5割以上のほうが被災延長率は大きくなっており、全壊と半壊で被災延長率の大小関係が逆転する点は表法勾配と同じであった（**図-3.3.5.11**）。

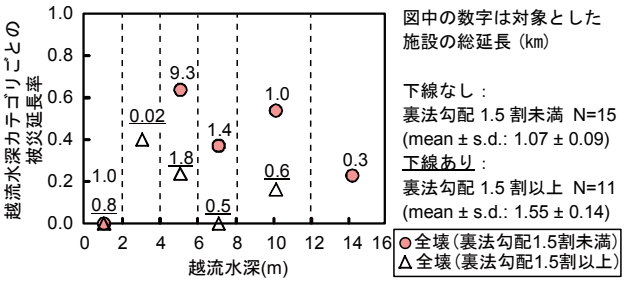


図-3.3.5.10 裏法勾配による被災状況の違い（全壊）

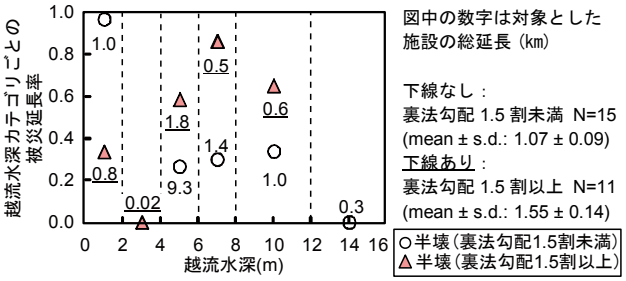


図-3.3.5.11 裏法勾配による被災状況の違い（半壊）

・比高

49区間27.9kmについて、堤防天端から背後地盤までの比高の違いで比較したところ、越流水深2～12mでは比高3m以上の場合に3m未満よりも全壊の被災延長率が高かった（**図-3.3.5.12**）。

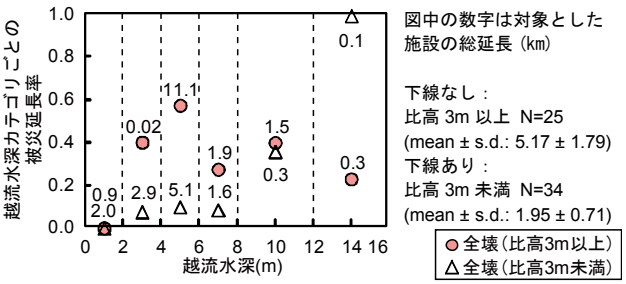


図-3.3.5.12 背後地盤との比高による被災状況の違い

c）多変量解析の結果

5つの構造要素のデータが全て欠損なく揃っている

170区間79.3kmの被災データを用いて、多重ロジスティック回帰分析を実施した結果、越流水深と裏法尻被覆幅、表法勾配、裏法勾配が0.05以下のp値を示し、堤防の全壊確率に対して有意な影響を与えていた（**表-3.3.5.2**）。比高については統計的に有意とはならなかったが、p値は0.05に近かった。なお、係数βは-0.568であった。

表-3.3.5.2のオッズ比は各説明変数の値が1増加した場合に全壊確率に及ぼす影響の大きさを示すものであり、例えば越流水深のオッズ比1.30とは、越流水深が1m増加すると全壊確率が1.30倍になることを意味する。オッズ比が1未満の場合には、説明変数の値が増加すると全壊確率が下がることになる。越流水深、裏法尻被覆幅、表法勾配、裏法勾配はいずれもオッズ比の95%信頼区間（95% CI）が1.0から外れ、この点でも効果が有意と認められた。

表-3.3.5.2 多重ロジスティック回帰分析の結果

説明変数 (mean ± s. d.)	係数β	p 値	標準化回帰係数	オッズ比 (95% CI)
越流水深 (5.8 ± 3.9 m)	0.261	<0.001	1.013	1.30 (1.23-1.37)
裏法尻被覆幅 (1.6 ± 3.1 m)	-0.264	<0.001	-0.810	0.77 (0.68-0.85)
表法勾配 1: n (1.7 ± 1.3)	-0.328	0.004	-0.436	0.72 (0.57-0.90)
裏法勾配 1: n (1.5 ± 0.4)	-0.982	<0.001	-0.403	0.37 (0.23-0.61)
比高 (3.5 ± 1.9 m)	0.096	0.075	0.183	1.10 (0.99-1.22)
天端幅 m (3.6 ± 2.3 m)	0.019	0.830	0.044	1.02 (0.84-1.18)

係数βは裏法尻被覆幅と表法勾配、裏法勾配で負の値となった。これは、裏法尻被覆が長いほど、表法勾配及び裏法勾配が緩いほど全壊確率が低くなることを示し、構造要素ごとにおこなった2群比較の結果と整合した。

標準化回帰係数は、説明変数間の相対的な影響度を比較するための指標として、係数βを各説明変数の標準偏差で補正したものである。標準化回帰係数の絶対値は越流水深、裏法尻被覆幅、表法勾配、裏法勾配の順で大きく、構造要素のなかでは裏法尻被覆幅が最も全壊確率に対して影響があることを示す結果となった。

4) 考察

a)裏法尻部の被覆による効果

2群比較では被覆の幅には関係なく、少しでも被覆のあるものは被覆有りとして扱ったため、被覆幅4m未満のものが延長で約7割を占める。これは津波の越流によって形成される洗掘の幅に比べれば小規模であるが、洗掘が起こる地点を堤体から遠ざけることで効果が発揮されたものと考えられた。本結果は、限られた範囲の被覆であっても、堤防が全壊しにくくなることを示すものである。

多変量解析によれば構造要素のなかでは裏法尻被覆幅の影響が最も大きいという結果となった。これは三面張り構造の海岸堤防の被災が裏法尻部の洗掘から始まるとする仮説と合致するものであり、堤防を津波の越流に対して粘り強くするには裏法尻部における洗掘への対策の優先度が高いことを意味する。

b)表法面及び裏法面の緩勾配化による効果

表法面と裏法面のいずれも全壊で見た場合には、勾配が緩いと被災延長率が低くなる傾向にあることが2群比較と多変量解析の双方で確認されたものの、半壊のみに着目した場合には逆に被災延長率が高くなる結果となった。このことは、緩勾配化そのものが単純に津波による外力を低減させたわけではないことを示唆する。全壊が抑制されたのは、堤体自体が大きくなることで、半壊しても堤体土が全て流失するまでの時間が長くなったことによる副次的な効果であった可能性がある。

法面勾配が2割未満の場合にはコンクリート平張りもしくはコンクリート法枠で法面が被覆されるのに対して、勾配が2割以上の場合にはブロックによって被覆される場合が多い。海岸堤防の被覆ブロックは津波越流による流体力を考慮して選定されたものでないために、重量不足もしくは不陸の発生によって容易に飛散して半壊となりやすかったとも考えられる。また、越流水の挙動は法面勾配によって全く異なることも予想される。例えば表法面がある程度以上の急勾配となればしぶきの跳ね上げが発生し、裏法勾配が直立に近くなった場合には越流が天端を越えて剥離することで裏法面にほとんど接触しなくなる。このように法面勾配の変化による影響は非常に複雑であるので、実験や数値計算によって越流の挙動を確認しながら慎重に議論していく必要がある。

c) 比高及び天端幅による効果

比高については2群比較では効果があるように見えたものの、多変量解析では有意とならなかった。しか

し、比高の違いは越流が裏法尻部に衝突する際のエネルギーの大きさに影響を与えると考えられるので、p値やオッズ比の信頼区間が有意水準に近いことも考慮すれば、無視できない要素である。

天端幅については、幅の違いによる効果を検討できるだけのバリエーションを持ったデータが得られなかった。天端幅の増大は、越流による盛土の削り代を増やすことになるので、多変量解析で有意な効果が見られなかったからといって、効果が全く否定されるものではない。

d) 津波越流に対する粘り強さの評価

本分析の多変量解析で得られた各係数を(1)式にあてはめれば、構造を変えたことによる効果を定量的に評価することも可能となる。一例として、堤防の構造を表法勾配2割、裏法勾配2割、比高6m、天端幅3mとした場合の裏法尻被覆幅による全壊確率の違いを算出した結果を**図-3.3.5.13**に示す。被覆幅を増やすことで、同じ越流水深に対する全壊確率をどの程度下げることができるか、すなわち粘り強くできるかを評価することができる。

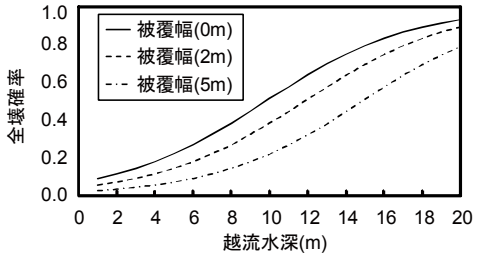


図-3.3.5.13 裏法尻部の被覆幅による全壊確率の違い

ただしこれは、様々な構造条件が混在した現地データに基づいたモデルにすぎないので、適用範囲は**表-3.3.5.4**の各説明変数の元データの範囲に限られる。堤防の破壊メカニズムが十分に解明されていない段階ではモデル中における各説明変数の扱い方についても十分な根拠があるものではないので、現段階で設計にすぐに使用できるものではないが、今後の模型実験や数値計算による知見の蓄積によっては有用な評価手法となることも期待できる。

5) まとめ

東北地方太平洋沖地震津波によって被災した三面張り構造の海岸堤防の被災状況を分析することで、以下の結果及び施設を津波越流に対して粘り強い構造とするための方向性を得た。

a) 堤防の全壊に最も影響を与えたのは津波の越流水深であることが確認された。しかし両者の関係は海岸によるばらつきが非常に大きいので、防災上の議論にあたっては本分析で示した集計値だけでなく、同じ越流水深で最も被害が激しかった事例を包絡線等で把握しておくことも必要である。

b) 裏法尻部の被覆、表法・裏法の緩勾配化が堤防の全壊確率を抑制することが示された。裏法尻被覆は最も影響が明瞭な構造要素であるので優先的に扱うことが望まれるが、表法勾配と裏法勾配については全壊と半壊で傾向が逆転するので慎重に扱う必要がある。

c) 比高が高くなると全壊確率が高い傾向が2群比較で見られたが、多変量解析では統計的に有意でなかった。

「海岸における津波対策検討委員会」では限られた時間の中で可能な分析に基づいて粘り強い構造の３つの方向性（①裏法尻部の洗掘防止、②天端保護工、裏法被覆工、表法被覆工の流失、堤体土の吸出防止、③波返工の倒壊防止）について報告を出したが、今回実施した詳細な分析からも裏法尻保護の重要性が改めて確認された。

これらの結果を踏まえ、次に記述する粘り強く効果を発揮する海岸堤防の構造検討では、裏法尻部及び裏法被覆について優先的に検討していくこととした。

(3) 粘り強く効果を発揮する海岸堤防の構造検討

1) 検討の背景

「海岸における津波対策検討委員会」がとりまとめた「平成23 年東北地方太平洋沖地震及び津波で被災した海岸堤防等の復旧に関する基本的な考え方」[6]において、海岸堤防の効果が粘り強く発揮されるような構造上の工夫の方向性として、裏法尻部への保護工の設置による洗掘防止や、裏法被覆工等の部材厚の確保等による流失防止などが挙げられた。このうち裏法部への保護工の設置が有効であることは、前述の堤防の被災分析からも示された。

東北地方太平洋沖地震の津波で被災した海岸堤防の復旧は、各県等において実施されることとなるが、仙台湾南部海岸においては、国により実施される区間がある（東北地方整備局実施区間は約30km）。それら一連の復旧において上記の構造上の工夫を施すため、その技術的手法に関するより具体的な知見が求められていた。

このような背景のもと、国総研河川研究部では、国土交通省水管理・国土保全局海岸室及び同東北地方整備局と連携して、構造上の工夫及び施工上の留意点の検討を、模型実験や解析等により行っている。その

成果は、平成24年5月14日及び8月10日に国総研技術速報として発出している[8),9)]。

2) 越流に対して粘り強い構造の留意点

技術速報においては、**図-3.3.5.14**のように、台形断面の堤防の裏法尻の洗掘と裏法被覆工の安定性に着目し、対洗掘抵抗性と安定性向上のための工夫及び留意点について検討した結果を述べている。

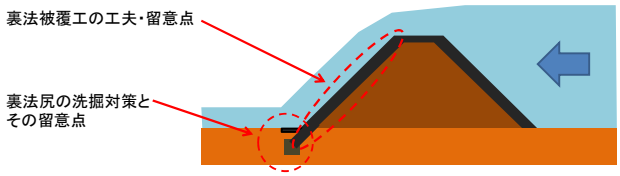


図-3.3.5.14 検討項目

主な留意点は以下の通りである。

・裏法及び裏法尻での高流速

津波が海岸堤防を越流する際には、裏法及び裏法尻では速い流れが発生する。模型実験を行ったところ、現地スケールで10m/s以上の流速が測定された。このような速い流れによる裏法尻での洗掘及び被覆工の流失への対応を検討する必要がある。

・裏法尻での洗掘と対策

裏法尻での洗掘の深さが越流水深とともに大きくなる傾向が模型実験で確認された。

裏法尻での洗掘に対処するためには、裏法尻を保護することにより、しっかり越流水を跳ねさせることが重要である。水を跳ねさせることにより裏法尻の洗掘を堤防本体からなるべく遠ざけることで、裏法尻での洗掘が堤体破壊につながるというプロセスを遮断もしくは遅らせ、堤防全体の裏法尻洗掘に対する抵抗性を増し、堤体が被災するまでの時間を延ばすことができると考えられる。

図-3.3.5.15は、裏法尻で越流水を跳ねさせる構造の案である。裏法を流下してきた越流水の流向を、地盤に突っ込まない向き（水平方向など）に完全に変えることが洗掘の影響を遠ざける上で重要であり、水脈厚さに対して平場の長さが相対的に短いと、流向の変え方が不完全になることが模型実験により明らかになった。また、基礎工の周辺に地盤改良を施すことにより、基礎工と地盤改良部分が一体的に保護工として機能することで流向を水平に変え、洗掘を裏法尻から遠ざけることで、裏法尻からの破壊を起こしにくくしていることも明らかになった。

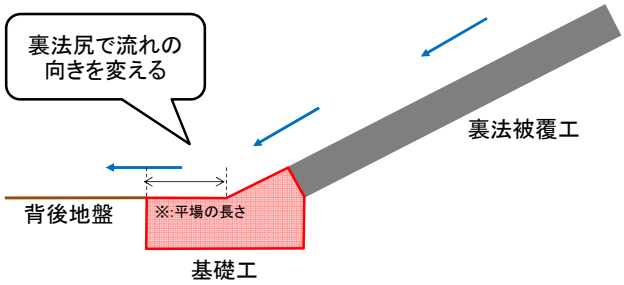


図-3.3.5.15 裏法尻の工夫案

・流れの中に置かれた構造物の不陸による構造物の不安定化とその対策

裏法被覆工に凹凸が生じると、流れによる力を大きく受け、被覆工が不安定になる。このことから、被覆工に不陸を作らないことが重要である。また、不陸ができても、流れによる作用をまともに受ける面が生じない構造とすることも有効である。

裏法被覆工の不陸が生じる原因としては、裏法被覆工の下にある土砂の吸い出し、地震動、圧密等の経年変化が考えられる。広大な裏法において不陸の存在を越流発生時に最小限に押さえ込むのは難しい可能性があることから、堤体が多少の変形を起こしても、不陸が起きにくい、あるいは少なくとも不陸が起こっても流れをまともに受ける面を露出させないように構造を工夫することが考えられる。そのような工夫の一例として、**図-3.3.5.16**のように、上端と下端に切り欠きを設けたブロックをかみ合わせることで、下のブロックが上のブロックより突出しにくくすることが考えられる。

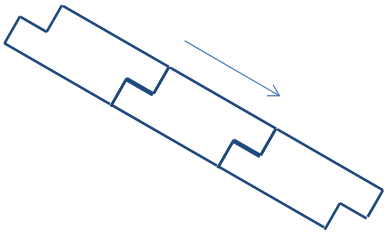


図-3.3.5.16 ブロック形状の工夫案

・揚圧力への対応の必要性

津波が襲来して、海側の水位が上昇すると、その水位上昇に連動して堤体下の浸潤面が上昇を始める。元の浸潤面が地盤内で高かった場合などには、浸潤面が比較的早く堤体下部に達することになる。たとえば吸い出し防止などの理由から、被覆工を不透過・不透

気構造にしていたとすると、その被覆工と浸潤面とに囲まれたところに空気が残留する一方、浸潤面は海側の津波水位に応じて、ある速度で上昇しようとするので、たとえ浸潤面自体は低くても、封入された空気の圧力が上昇する。空気圧は浸潤面の上昇を止めるだけの圧力となり、それは被覆工にとって危険なレベルの揚圧力が作用する状況になり得る。

このようなことが原因となる被覆工の不安定化が起こらないように、空気圧を有害なレベルまで上げずに浸潤面上昇に伴う排気を許すような透過・透気性を被覆工に持たせるという検討と工夫が重要になってくる。

・浸透水に対する堤防裏法尻での対応

短期間の水位上昇とは言え、堤体や基盤の土質条件によっては、津波の越流水位が堤防天端まで降下した時点において（高水位を経験した直後）、裏法尻付近の浸潤線が高くなって、浸透水が裏法尻付近から浸出する状況が起こりえる。このような状況になると、この付近が泥状になり、裏法被覆工が被災することも考えられる。こうした現象が起こる可能性を踏まえ、浸潤線の上昇を低減する構造とするなどの対策の検討を行うことが必要である。

・負圧への対応

津波が堤防を越流するときには、天端被覆工と裏法被覆工との接合部にあたる裏法肩付近で、越流水脈による静圧を大きく下回り、さらに負圧（大気圧を下回る圧力）までが発生することがあるので、対策が必要である。

(4) 海岸堤防耐震検討

「海岸における津波対策検討委員会」がとりまとめた「平成23 年東北地方太平洋沖地震及び津波で被災した海岸堤防等の復旧に関する基本的な考え方」[6]において、設計津波を生じさせる地震がレベル１地震動を超える強度の場合においても、生じる被害が軽微であり、かつ、地震後に来襲する津波に対して構造上の安全及び天端高を維持することが必要とされた。

現地の復旧にあたって、耐震照査や対策についての技術指導を（独）土木研究所土質・振動チームとともに行っている。

(5) 河川・海岸構造物の復旧における景観検討会

岩手、宮城、福島の被災３県では、海岸堤防300kmのうち190kmで全・半壊した。三陸地域では設計津波の水位が大きくなり、堤防天端高が上がることから、これらの復旧堤防は新設であり、地域の景観に大きな影響を与える。

国、県等による河川・海岸構造物の復旧における景観への配慮を支援するため、国土交通省水管理・国土保全局では、「河川・海岸構造物の復旧における景観検討会」を開催し、河川・海岸構造物の復旧に当たって必要となる具体的な景観への配慮方法についての検討を行った。復旧の実務担当者が検討結果を参考にできるよう、その結果を「河川・海岸構造物の復旧における景観配慮の手引き」、「（別冊）ケーススタディ地区における景観配慮例」としてとりまとめた。配慮の基本的考え方、たとえば堤防線形においては、「今般の大震災からの施設復旧は、災害復旧事業により実施されることが想定され、原位置復旧が基本となるが、その場合においても、視覚的景観の向上、生態系への影響の極小化、サステイナビリティの確保等に資する位置・線形を可能な限り設定することが肝要である」や法面処理における配慮の具体例、たとえば、直線的に連続する堤防に適度に縦方向のラインが見える工夫（縦のリブ模様の強調）を施すことで、“安定感、支える感覚”を表現する等が提案されている。

これを受け、東北地方整備局・宮城県は、宮城県沿岸域河口部・海岸施設復旧における環境等検討委員会を設置し、配慮事項の整理・検討を行い、宮城県沿岸域河口部・海岸施設復旧における環境等への配慮の手引きとしてとりまとめた。岩手県でも岩手県河川・海岸構造物の復旧等における環境・景観検討委員会を設置し、検討結果を県版の手引き作成に反映することとしている。

国総研海岸研究室は、これら検討委員会に委員として参画した。

＜参考:河川･海岸構造物の復旧における景観検討会について＞

（検討の経過）

平成23年9月1日　第1回検討会
平成23年9月21日　第2回検討会
平成23年10月14日　第3回検討会

（委員名簿）

天野 邦彦 国土技術政策総合研究所 環境研究部
河川環境研究室長
萱場 祐一 独立行政法人土木研究所 自然共生研究

センター長
佐藤 慎司 東京大学大学院 教授
島谷 幸宏 九州大学大学院 教授 （座長）
諏訪 義雄 国土技術政策総合研究所 河川研究部
海岸研究室長
平野 勝也 東北大学大学院 准教授
松本 中 岩手県 県土整備部 河川課総括課長
後藤 隆一 宮城県 土木部 河川課長
宮崎 典男 福島県 土木部 河川整備課長
（オブザーバー）
西條 一彦 国土交通省 東北地方整備局 河川部
流域・水防調整官
（事務局）
国土交通省 水管理・国土保全局 河川環境課
国土交通省 水管理・国土保全局 治水課
国土交通省 水管理・国土保全局 防災課
国土交通省 水管理・国土保全局 海岸室

＜参考 宮城県沿岸域河口部・海岸施設復旧における環境等検討委員会＞
（検討の経過）
第１回検討会 平成23年11月25日（金）
第２回検討会 平成24年2月9日（木）
第３回検討会 平成24年3月7日（水）
（委員）
澤本 正樹 東北大学 名誉教授（委員長）
諏訪 義雄 国土技術政策総合研究所 海岸研究室長
高崎 みつる 石巻専修大学 生物生産工学科 教授
高取 知男 元仙台市科学館 副館長
竹丸 勝朗 日本野鳥の会 宮城県支部 支部長
田中 仁 東北大学大学院 工学研究科 教授
内藤 俊彦 宮城植物の会 理学博士
平野 勝也 東北大学大学院 情報科学研究科准教授
真野 明 東北大学大学院 工学研究科 教授
（五十音順、敬称略）
（オブザーバー）
水産庁 漁港漁場整備部
林野庁東北森林管理局 森林整備部
林野庁東北森林管理局 宮城北部森林管理署
林野庁東北森林管理局 仙台森林管理署
農林水産省東北農政局 整備部
国土交通省水管理・国土保全局 防災課
東北地方整備局 港湾空港部
（事務局）
国土交通省 東北地方整備局 河川部
宮城県 河川課

(6) 津波浸水シミュレーションの手引き
東北地方太平洋沖地震に起因する津波災害を踏まえ、被災地域の復旧・復興計画の策定等を支援するため、迅速かつ適切な津波浸水シミュレーションを実施するための標準的な方法等を示した「平成23年東北地方太平洋沖地震による津波の対策のための津波浸水シミュレーションの手引き」[11]を国土交通省水管理・国土保全局海岸室とともに作成し、6月に開催された第2回「海岸における津波対策検討委員会」において学識経験者から意見を伺い、平成23年7月に公表した。
主な記載事項は以下の通りである。
・対象地震の断層モデルは、津波から見た最適断層モデル（広域における妥当性を検証されたモデル）を、各地域海岸の痕跡値に適合するように修正したものを設定することを基本とする。
・地形データは、東北地方太平洋沖地震の後にレーザプロファイラ等により取得された精度の高いデータから作成することを基本とする。
・予測シミュレーションでは、地震動や津波による構造物の被災を考慮することを基本とする。
・陸上での津波の遡上状況がわかるように、シミュレーションの結果として、最大浸水深等の平面分布や、代表断面における最高水位の岸沖方向分布などを出力するものとする。
また、本手引きの発出に合わせて、津波浸水シミュレーションに関する相談窓口を国総研海岸研究室に設置した。さらに、平成23年7～8月に、26の被災市町村を訪れ、本手引きに関する説明会を実施した。

(7) 津波浸水想定の設定の手引き
津波防災地域づくりに関する法律では、津波があった場合に想定される浸水の区域・水深（津波浸水想定）を都道府県知事が設定することとされている。その参考資料として、津波浸水想定を設定するための有効な手法である津波浸水シミュレーションやその活用方法を中心にとりまとめた「津波浸水想定の設定の手引き」[6]を国土交通省水管理・国土保全局海岸室とともに作成し、平成24年2月に公表した。作成・公表にあたっては、学識経験者の助言を得た。
本手引きの主な記載内容は以下の通りである。
・津波浸水想定の設定は、最大クラスの津波の設定、計算条件の設定、津波浸水シミュレーション、浸水の区域及び水深の出力、の手順で実施する。

・最大クラスの津波は、地域海岸ごとに、過去に発生した津波の実績津波高及びシミュレーションにより想定した津波高、発生が想定される津波の津波高などから津波高が最も大きい津波を設定する。
・津波の初期水位を与える断層モデルは、中央防災会議や地震調査研究推進本部等の公的な機関が妥当性を検証したものとして発表している断層モデルがあればこれも参考にして設定することができる。
・津波浸水想定を設定するための津波浸水シミュレーションを実施する際には、「災害には上限がない」ことを教訓に、「なんとしても人命を守る」という観点から、最大クラスの津波が悪条件下において発生し浸水が生じることを前提に、地震や津波による各種施設の被災を考慮することを基本とする。
・陸域への津波遡上による浸水状況がわかるように、津波浸水シミュレーションの結果として、津波浸水想定に定めるべき最大の浸水の区域や水深などを出力するものとする。

また、本手引きに関して、都道府県、建設コンサルタントを対象とした説明会を平成24年2～3月に実施した。また、平成24年4月以降、津波浸水想定の設定における技術的な課題を解決するため、全国の沿岸を10ブロックに分けて、関係する都道府県及び地方整備局の担当者を集めて意見交換会を行っている。

(8) 津波防災地域づくりに係る技術的検討

これまでの津波対策は一定頻度の津波レベルを想定して主に海岸堤防等のハードを中心としたものであったが、東北地方太平洋沖地震による津波災害を受け、国土交通省では津波防災地域づくりについて検討し、法制度として成立した。津波防災地域づくりとは、最大クラスの津波が発生した場合でも人命を守るため、ハード・ソフトの施策を組み合わせた「多重防御」の発想により、津波浸水想定に基づいて、津波防護施設の整備、開発行為及び建築の制限、警戒避難体制の整備等を総合的に推進するものである。その中で、避難先となる建築物等の前面における津波のせき上げの評価手法、浸水のおそれがある区域での開発行為の地盤部分となる盛土・切土の技術上の基準、津波防護施設の技術上の基準について、有識者や行政関係者からなる「津波防災地域づくりに係る技術検討会」（座長：中央大学福岡捷二教授）[7]において検討した。検討会では、国総研河川研究部・海岸研究室は水管理・国土保全局海岸室とともに事務局を務めた。

1) 建築物等によるせき上げの評価

都道府県知事が津波災害警戒区域または津波災害特別警戒区域を指定する際には、基準水位（せき上げを考慮した浸水深）を公示することになっている。市町村長は、この基準水位を活用して、津波災害警戒区域内において一定の基準に適合するものを指定避難施設として指定できる。また、津波災害特別警戒区域内の社会福祉施設、学校及び医療施設等（以下、「特定開発行為」という）の許可要件の一つは、居室の床の高さが基準水位以上であることとされている。

基準水位は、津波浸水想定のため実施する津波浸水シミュレーションで得られる各計算格子の比エネルギーの最大値を採用することとした。その妥当性は、仮想建築物を配置した津波浸水シミュレーション、及び実績の痕跡高を用いた検証により確かめられた。

この成果は、「津波防災地域づくりの推進に関する基本的な指針」（平成24年1月16日国土交通省告示第51号）に反映された。

2) 盛土・切土の技術上の基準

特定開発行為に関わる盛土・切土により生ずるがけが、遡上した津波に対して安全なものとなるよう、技術上の基準を検討した。
・擁壁等で被覆されていないがけ面は、津波浸水シミュレーションを用いて津波の流況からがけ面の侵食深さを算出した結果を踏まえ、モルタル吹付けによらず、芝張りにより保護することとした。
・がけ面の法尻での洗掘に対しては、想定される最大洗掘深を考慮して、円弧すべりによる安定解析を行い、その結果に基づき保護工の設置または洗掘を前提とした盛土・切土上のセットバックを行うこととした。
・がけの上端部では津波の越流により侵食が生じることが考えられることから、河川の低水護岸の天端工の規定を活用し、対策を行うこととした。

これらの成果は、「津波防災地域づくりに関する法律（第９章関係）の施行について」（平成24年7月31日付都市局長・水管理･国土保全局長・住宅局長施行通知）に反映された。

3) 津波防護施設の技術上の基準

津波防護施設は、最大クラスの津波に対して人命を守ることを目的とするものであり、内陸部において後背市街地への津波による浸水を防止する機能を有する、盛土構造物・護岸、胸壁、閘門とされている。技術上の基準では、津波防護施設の目標達成性能及び安

全性能を定めた上で、それらの照査において考慮すべき条件と方法を整理した。

この成果は、津波防災地域づくりに関する法律施行規則（平成23年12月26日国土交通省令第99号）に反映された。

＜参考　津波防災地域づくりに関する検討会＞

（開催経緯）

第１回検討会平成23年11月8日
第２回検討会平成23年11月28日
第３回検討会平成23年12月9日
第４回検討会平成24年1月11日

（委員名簿）

＜有識者＞
佐藤愼司：東京大学大学院工学系研究科
　　社会基盤学専攻教授
福岡捷二：中央大学研究開発機構教授（座長）
藤間功司：防衛大学校システム工学群
　　建設環境工学科教授
二木幹夫：(財)ベターリビングつくば建築試験
　　研究センター所長
（五十音順）
＜行政関係者＞
松本中：岩手県県土整備部河川課総括課長
後藤隆一：宮城県土木部河川課長
千葉琢夫：宮城県土木部建築宅地課長
浅野俊和：福島県土木部河川計画課長
村田和彦：浜松市都市整備部長
＜事務局＞
国土交通省水管理・国土保全局
　　（河川計画課、海岸室）
国土交通省都市局（都市計画課開発企画調査室）
国土交通省国土技術政策総合研究所河川研究部
　　（海岸研究室）

謝　辞

本項で報告した技術支援の実施にあたっては、技術的課題についての議論や現場事務所・有識者との調整等を通じて国土交通省水管理・国土保全局海岸室に多大なるご協力をいただいた。ここに記して謝意を表す。

堤防被災分析で用いた海岸保全施設台帳等の資料は、「海岸における津波対策検討委員会」における調査の一環として収集されたものである。被災調査結果及び施設台帳を提供いただいた青森県、岩手県、宮城県、福島県、茨城県、千葉県及び国土交通省東北地方整備局、漁港区域の再計測等で協力いただいた株式会社アルファ水工コンサルタンツには、ここに記して謝意を表す。

現地調査にあたっては、東北地方整備局河川部、同岩手河川国道事務所及び仙台河川国道事務所、岩手県県土整備部の関係各位より多大なご便宜を図っていただいた。ここに記して、深甚なる謝意を表する。

参考文献

1) 中央防災会議　東北地方太平洋沖地震を教訓とした地震・津波対策に関する専門調査会：東北地方太平洋沖地震を教訓とした地震・津波対策に関する専門調査会報告、44p.、2011
2) 農林水産省農村振興局整備部防災課長・水産庁漁港漁場整備部防災漁村課長・国土交通省水管理国土保全局砂防部保全課海岸室長・国土交通省港湾局海岸防災課長：設計津波の水位の設定方法等について、平成23年7月8日（課長通知）、2011
3) 今村文彦：津波被害調査のマニュアル、津波工学研究報告、15、pp.107-117、1998
4) 東北地方太平洋沖地震津波合同調査グループ、http://www.coastal.jp/ttjt/index.php、参照2011-08-26.
5) 渡辺偉夫：日本被害津波総覧［第2版］、東京大学出版会、238p.、1998
6) 海岸における津波対策検討委員会：平成23 年東北地方太平洋沖地震及び津波で被災した海岸堤防等の復旧に関する基本的な考え方、9p.、2011
7) 川越清樹、風間聡、沢本正樹：数値地理情報と降雨極値データを利用した土砂災害発生確率モデルの構築、自然災害科学、Vol.27(1)、 pp.69-83、2008
8) 国土交通省国土技術政策総合研究所河川研究部：粘り強く効果を発揮する海岸堤防の構造検討（第1報）、国総研技術速報、No.1、12p. 2012
9) 国土交通省国土技術政策総合研究所河川研究部：粘り強く効果を発揮する海岸堤防の構造検討（第2報）、国総研技術速報、No.3、21p.、2012
10) 国土交通省水管理国土保全局：河川・海岸構造物の復旧における景観配慮の手引き、37p.、2011
11) 国土交通省水管理・国土保全局海岸室・国土技術政策総合研究所河川研究部海岸研究室：平成23年東北地方太平洋沖地震による津波の対策のための津波浸水シミュレーションの手引き、22p.、2012
12) 国土交通省水管理国土保全局海岸室・国土技術政

策総合研究所河川研究部海岸研究室：津波浸水想定の設定の手引き、77p.、2012
13) 津波防災地域づくりに係る技術検討会：津波防災地域づくりに係る技術検討報告書、62p.、2012

3.3.6 道路分野

(1) 初動対応（TEC-FORCE等）、被災調査

東北地方太平洋沖地震発生直後から、国総研道路研究部道路構造物管理研究室と危機管理技術研究センター地震防災研究室及び地震災害研究官は、(独)土木研究所　構造物メンテナンス研究センターと共同して、岩手県、宮城県、福島県、栃木県、茨城県、千葉県、神奈川県の国道、県道及び市道の橋梁等の調査を行った（**写真-3.3.6.1**）。本調査では、橋の耐震診断や復旧方法等について道路管理者に対して技術的助言を提供するとともに、これまでに実施してきた耐震対策や技術基準等の検証のための情報を収集した。道路施設の被害状況は、国土交通省　水管理・国土保全局の報告[1)]によると、東北及び関東地方における平成23年度発生災害による土木施設被害箇所数（ただし、東北地方太平洋沖地震以外の災害による被害箇所も含まれている）は、直轄国道の道路施設で372箇所、都道府県及び市町村管理の道路施設で12,654箇所、都道府県及び市町村管理の橋梁で542箇所である。また、内閣府からは、東北地方太平洋沖地震に伴う道路施設の損壊による交通遮断状況として、道路損壊によるものが4,200箇所、橋梁損壊によるものが116箇所と報告[2)]されている。

初動時における調査は、主に道路管理者からの要請を受けた技術的支援を目的としたものが多く、その後は、津波に対する技術基準整備や耐震基準の検証のための自主調査である。調査橋梁は218橋（うち国総研調査106橋）であり、延べ280人日（うち国総研延べ59人日。なお、移動日は含まない）が調査にあたった。調査した橋梁を**図-3.3.6.1**に示す。なお、同図には、(独)土木研究所が独自に調査した橋梁も含まれている。

初動対応では、震災当日の2011年3月11日の夜、東北地方整備局道路部からの要請を本省国道・防災課経由で受け、東北地方整備局本局へ向け、TEC-FORCE第１陣として出発した。この時点では、土木構造物の被災状況等の情報は皆無であったものの、地震速報等の報道からかなりの被害が予想されていた。そのため、



(a) 沼田跨線橋



(b) 浪板橋



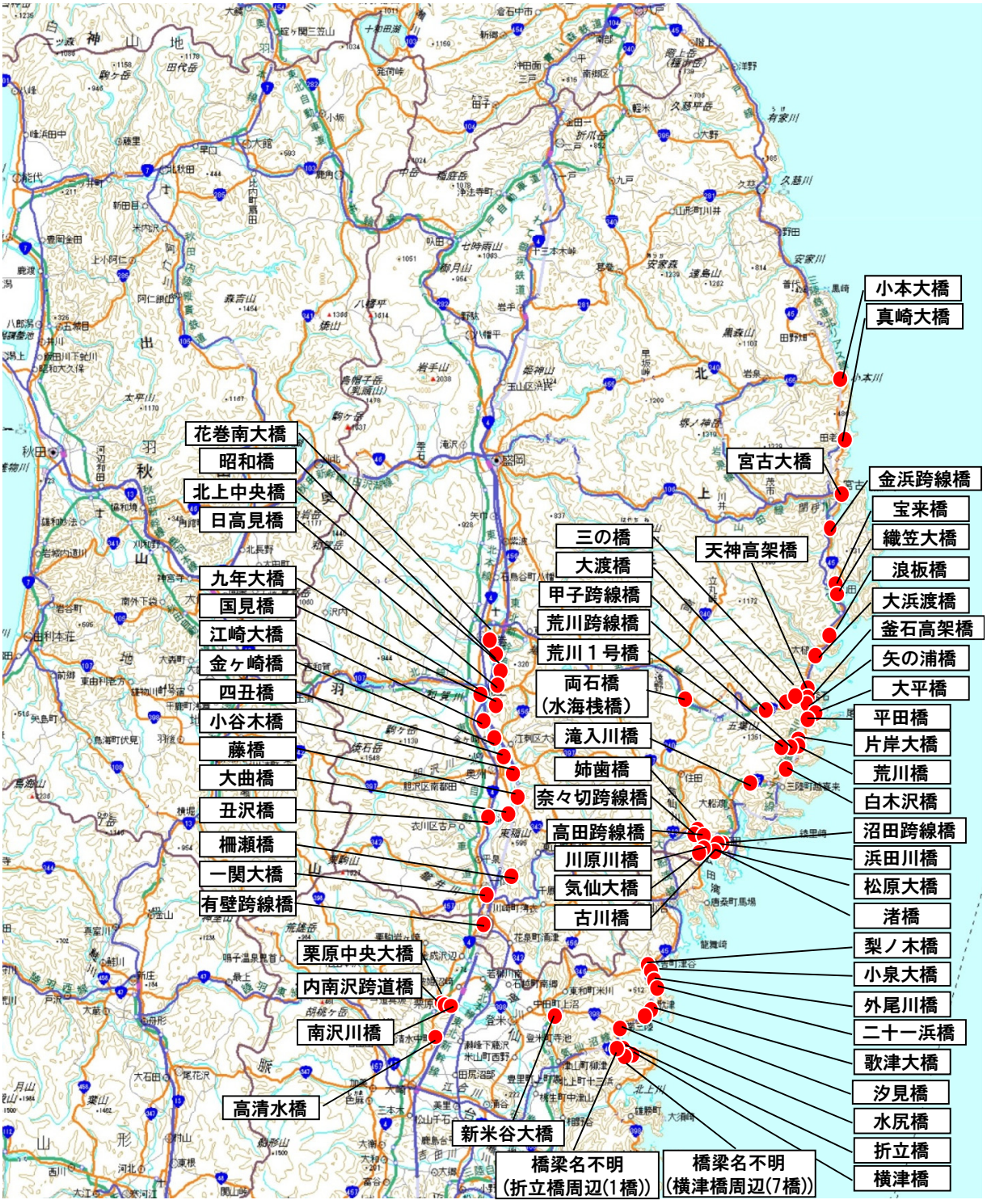
(c)旭高架橋



(d) 小泉大橋

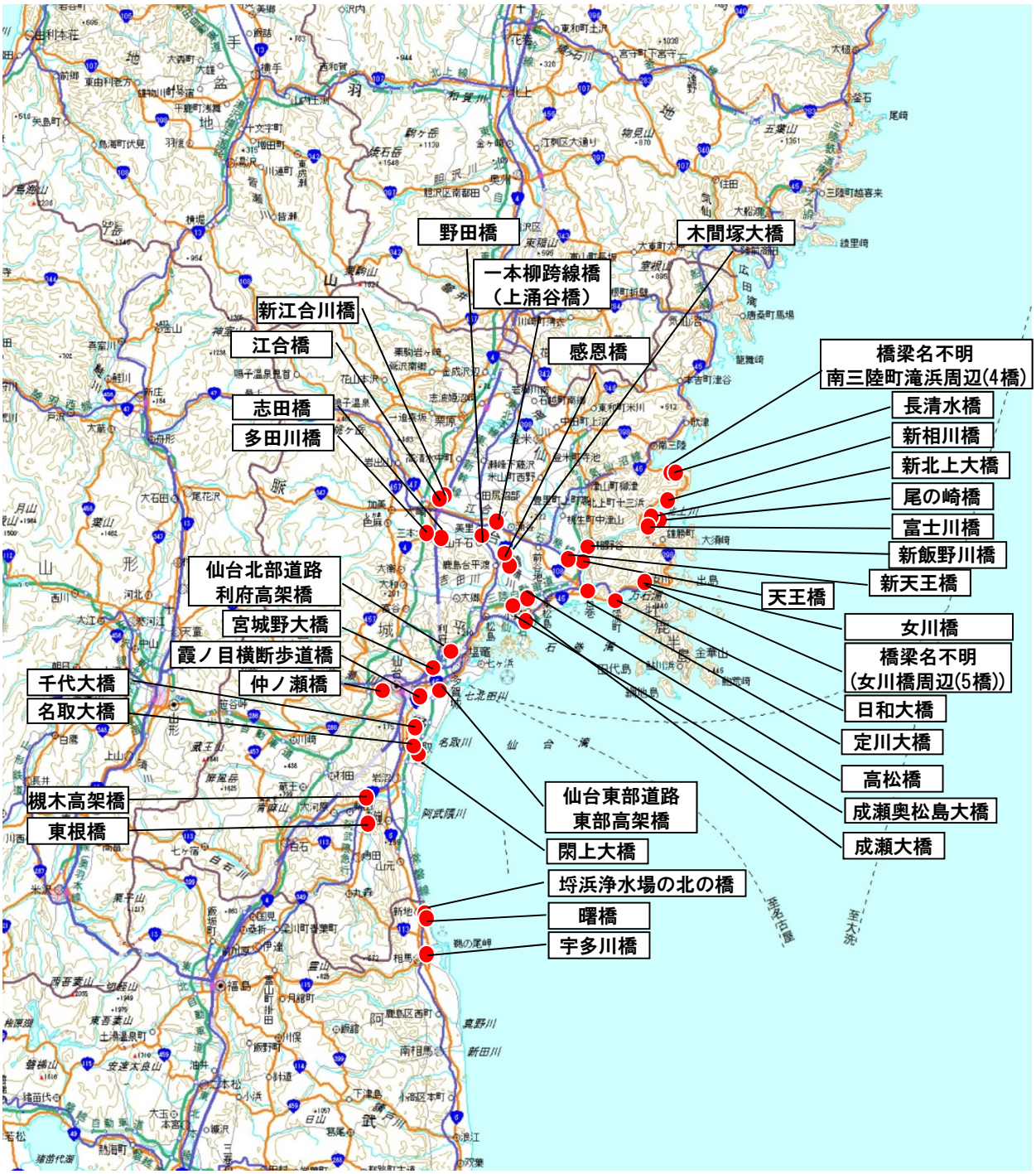
写真-3.3.6.1 調査状況写真

実際に現地に向かいながらも、被災現場や東北地方整備局本局への到達も可能かどうか不明であった。しかし、緊急輸送手段の確保による救援や復旧・復興活動を支えるインフラとして重要な役割を果たす道路構造物の早期の被害状況の把握と、啓開への支援には緊急を要することから、ひたすら現地に向かった。当日深夜に東北地方整備局本局に到着し、各事務所から入ってくる被害状況の情報を収集、翌3月12日の日の出を待って被災現場の調査を開始した。



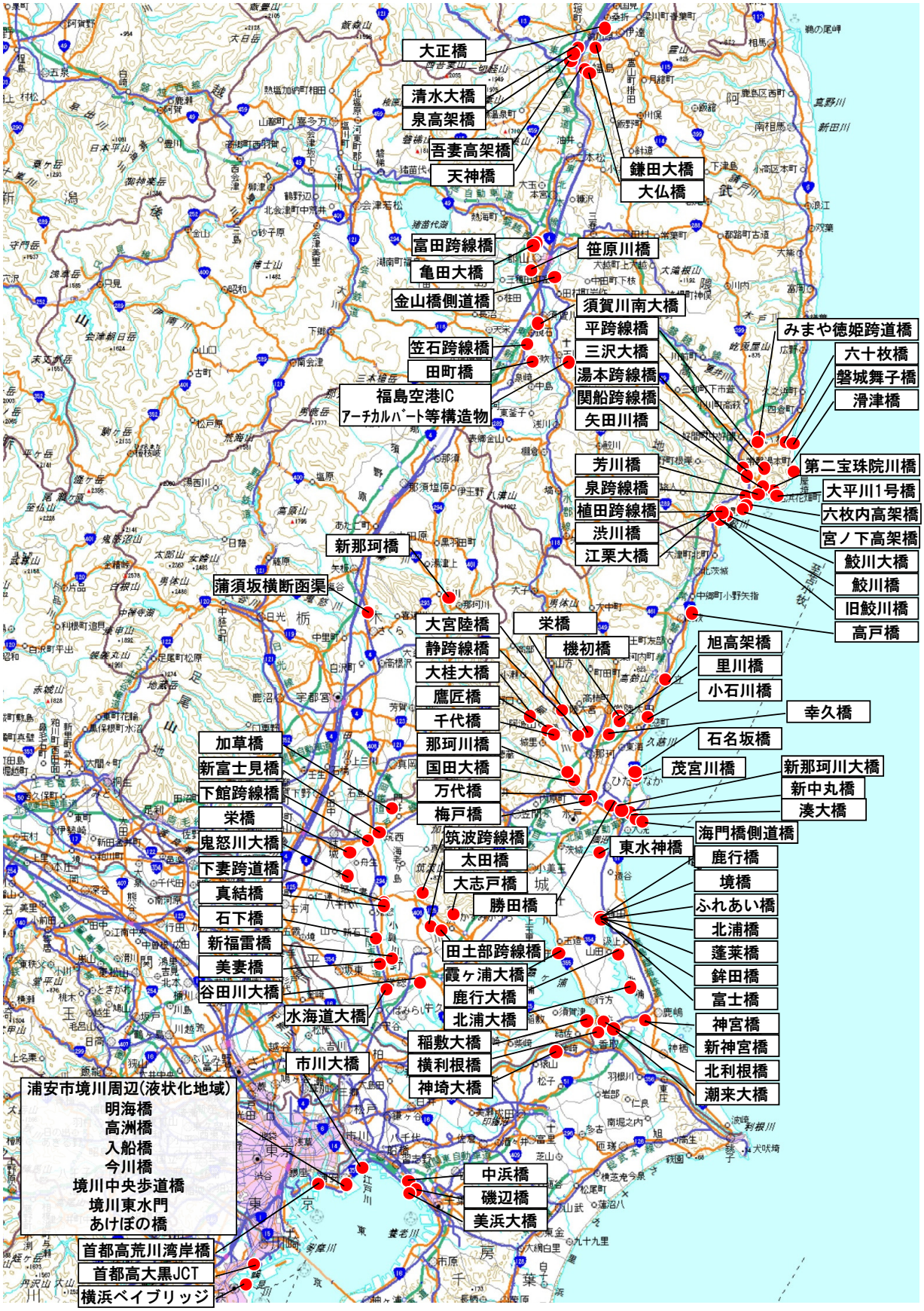
（国土地理院の電子国土 Web システムから配信された背景地図等データに加筆）

図-3.3.6.1 調査対象橋梁位置図（１）



（国土地理院の電子国土 Web システムから配信された背景地図等データに加筆）

図-3.3.6.1 調査対象橋梁位置図（２）



(国土地理院の電子国土 Web システムから配信された背景地図等データに加筆)

図-3.3.6.1 調査対象橋梁位置図（３）

被災、特に津波による被災の状況が明らかになるにつれ、津波により被災した橋梁の仮復旧や、残存した橋脚等の仮設橋への活用の可能性、また、復旧方法等に対する技術的助言が求められ、TEC-FORCE要請が引き続き行われ、それに対処した。この際、東北地方整備局等の要請（TEC-FORCEの位置付けではない）を受けた(独)土木研究所構造物メンテナンス研究センターと協働した。東日本大震災を受けた道路構造物への国総研の対応状況（TEC-FORCE、技術相談等）を**表-3.3.6.1**に示す。道路橋関連として、管理者から要請を受けて現地調査を行ったのは、東北地整へ計６班、茨城県へ１班、岩手県へ１班、千葉県へ１班である。なお、TEC-FORCEとしての活動は深夜に及ぶことも多いため、研究室内にて、派遣職員への各種情報提供や本省、国総研企画課防災担当等との連絡窓口などを行う24時間の後方支援体制を執った。

初動対応以降は、被災状況を把握し、被災原因の分析等を行い技術基準類の改定の必要性を判断するデータを得る目的で、数回の自主調査を行っている。なお、特徴的な被災状況については、既報[3)]を参照されたい。

表-3.3.6.1 東日本大震災を受けた道路構造物に対する国総研の対応（TEC-FORCE、技術相談等）一覧（１）

日時	対応	調査橋梁	延べ人数
平成 23 年/ 3 月 11 日～12 日	TEC-FORCE （東北地方整備局）	宮城野大橋、鳴瀬大橋、天王橋、新天王橋、 新飯野川橋、多田川橋	２人日
3 月 14 日～15 日	TEC-FORCE （東北地方整備局）	浪板橋、浪板橋側道橋、大浜渡橋、織笠大橋、 宝来橋、宝来橋側道橋、宮古大橋、小本大橋、 真崎大橋、金浜跨線橋、亀田大橋	４人日
3 月 16 日～17 日	茨城県の要請による現地調査	高戸大橋、里川橋、機初橋、大宮陸橋、 静跨線橋	４人日
3 月 17 日～18 日	TEC-FORCE （東北地方整備局）	気仙大橋、沼田跨線橋、川原川橋、浜田川橋、 奈々切跨線橋、高田跨線橋、姉歯橋、古川橋、 松原大橋、渚橋	６人日
3 月 29 日	TEC-FORCE （東北地方整備局）	大仏橋	２人日
3 月 31 日	茨城県応急復旧検討委員会	静跨線橋、里川橋、機初橋、国田大橋	１人日
4 月 6 日	自主調査	仙台東部高架橋	１人日
4 月 6 日	TEC-FORCE （東北地方整備局）	江崎大橋、金ヶ崎橋、国見橋、九年大橋	１人日
4 月 14 日～15 日	①TEC-FORCE （東北地方整備局） ②岩手県の要請による現地調査	①水尻橋、歌津大橋、二十一浜橋、外尾川橋、 小泉大橋、汐見橋、気仙大橋、姉歯橋、 川原川橋、古川橋、沼田跨線橋 ②小谷木橋	６人日
4 月 20 日	千葉市の要請による現地調査	美浜大橋、磯辺橋、中浜橋	３人日
4 月 26 日	自主調査	四丑橋、小谷木橋、藤橋、大曲橋	１人日
5 月 13 日	技術相談（岩手県）	小谷木橋	４人日
5 月 15 日	自主調査	横浜ベイブリッジ（R357）	２人日
6 月 1 日	技術相談（茨城県）	国田大橋	２人日
6 月 3 日	自主調査	小泉大橋、栗原市周辺土工構造物	５人日
6 月 29 日	東北地方整備局検討会（第１回）	一本柳跨線橋、新江合川橋、甲子跨線橋、 丑沢橋、片岸大橋、有壁跨線橋、一関大橋、 小泉大橋、歌津大橋	１人日
8 月 10 日	東北地方整備局検討会（第２回）	鮫川大橋、鳴瀬奥松島大橋、天王橋、 六枚内高架橋、大仏橋、植田跨道橋、 亀田大橋、第二宝珠院川橋、宇多川橋、 宮古大橋、金山橋側道橋、みやま徳姫跨道橋、 泉高架橋、桶場橋	１人日

表-3.3.6.1 東日本大震災を受けた道路構造物に対する
国総研の対応（TEC-FORCE、技術相談等）一覧（２）

日時	対応	調査橋梁	延べ人数
8 月 25 日～26 日	自主調査	折立橋、不明（折立橋周辺（１橋））、 横津橋、不明（横津橋周辺（２橋））、 不明（横津橋上流（５橋））、 不明（南三陸町滝浜周辺（４橋））、 長清水橋、新北上大橋、尾の崎橋、女川橋、 不明（女川橋周辺（５橋）	6 人日
9 月 29 日	東北地方整備局検討会（第 3 回）	多田川橋、名取大橋、両石橋、一関大橋、 亀田大橋、吾妻高架橋、一本柳高架橋、 有壁跨線橋、汐見橋	1 人日
10 月 20 日～21 日	自主調査	槻木高架橋、名取大橋、閖上大橋、 仲ノ瀬大橋、大正橋、大仏橋、亀田大橋、 泉高架橋、清水大橋、天神橋、鎌田大橋	2 人日
11 月 24 日	技術相談（東北地方整備局）	一関大橋・鳴瀬奥松島大橋	2 人日
平成 24 年/ 1 月 30 日	技術相談（茨城県）	旭高架橋	2 人日

注１：延べ人数は、国総研の職員のみを記載している。
注２：(独)土木研究所の単独による調査等は除く。
注３：東北地方整備局検討会とは、後述(3)の東日本大震災による被災橋梁補修検討会である。

(2) 道路施設の緊急点検（各地方整備局が実施）

東北地方太平洋沖地震の特徴の一つとして、多数かつ規模の大きい余震が長期にわたり発生したことが挙げられる。2012年10月16日現在で、マグニチュード5.0以上の余震は818回[4]を記録している。また、2011年4月7日の余震はマグニチュード7.2、震度6強を記録し、本震に匹敵する規模であった。このこともあり、道路局国道・防災課から、東北地方整備局等に対して、「道路施設の点検等の実施について」（平成23年4月14日、国道防第3号）が発出された。更に、この緊急点検を実施する際の参考として、「道路施設の緊急点検の実施について」（平成23年4月20日、課長補佐事務連絡）が出された。この事務連絡は、「橋梁編」と「土構造物・のり面斜面編」とで構成され、緊急点検の対象、緊急点検の方法、緊急点検結果の評価と記録、主な点検着目項目と留意点等がまとめられている。道路構造物管理研究室では、(独)土木研究所構造物メンテナンス研究センターとともに、本事務連絡の橋梁編の原案作成を担当した。なお、土構造物・のり面斜面編については、(独)土木研究所が原案作成を担当した。東北地方整備局では、この事務連絡を受け、直ちに緊急点検が実施された。

実施した緊急点検結果を東北地方整備局から提供いただき、被災状況と各種要因等との相関分析を実施した。分析結果の例を**図-3.3.6.2**に示す。震度6弱以上の地震動を受けた橋梁において、損傷発生率が50%を超えている。

また、この緊急点検の実施に伴い浮上した各種課題等に、過去の同様な緊急点検での反省点等も盛り込んで、「道路橋の震災時緊急点検・応急調査の手引き(案)」（平成24年2月、東北地方整備局道路部・国土技術政策総合研究所道路構造物管理研究室）を作成し、全地方整備局等に参考送付した。

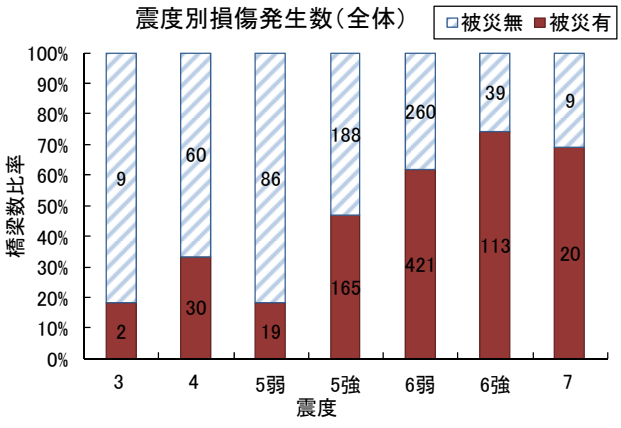


図-3.3.6.2　緊急点検結果の分析結果例

(3) 東日本大震災による被災橋梁補修検討会

東日本大震災により損傷を受けた道路橋の補修方法や留意点に関する検討及び津波による流出橋梁の残存構造物の活用可能性に関する検討を行う場として、東北地方整備局道路部に「東日本大震災による被災橋梁

補修検討会」が設立された。この検討会は、国総研及び（独）土木研究所の技術支援を受けるに際し、個別橋梁毎に要請するよりも正式な組織を立ち上げることが効率的との判断から設立されたものである。目的、所掌事務、委員を**表-3.3.6.2**に、開催経過を**表-3.3.6.3**に示す。現在、本検討会での技術的助言を踏まえ、精力的に復旧・復興が進められているところである。

表-3.3.6.2 東日本大震災による被災橋梁補修検討会の概要

項目	内容	
目的	検討会は、平成 23 年 3 月 11 日に発生した東日本大震災により損傷を受けた道路橋について橋梁長寿命化の観点からの補修方法や留意点に関する検討、また津波による流出橋梁等の残存構造物の活用可能性に関する検討を行い、今後本格的な橋梁復旧において求められる、技術的な助言等に資することを目的として設置する。	
所掌事務	検討会委員は、次の事項について指導・助言を行う。 （1）被災橋梁の主要な損傷に対する橋梁長寿命化の観点からの補修方法や留意点に関する事項 （2）津波により流出した、沼田こ線橋、気仙大橋、小泉大橋、歌津大橋の残存構造物の活用可能性に関する事項 （3）大震災を教訓とした橋梁管理のあり方に関する事項	
委員	所属・役職名	氏名
	国土技術政策総合研究所　道路研究部　道路構造物管理研究室長	玉越　隆史
	（独）土木研究所　構造物メンテナンス研究センター　上席研究員	中谷　昌一
	（独）土木研究所　構造物メンテナンス研究センター　上席研究員	星隈　順一
	（独）土木研究所　構造物メンテナンス研究センター　上席研究員	木村　嘉富
	（独）土木研究所　構造物メンテナンス研究センター　上席研究員	石田　雅博
	東北地方整備局　道路部　道路情報管理官	伊藤　友良[注1)] 赤川　正一[注2)]
	東北地方整備局　道路部　道路保全企画官	赤川　正一[注1)] 佐々木　一夫[注2)]
	東北地方整備局　道路部　道路工事課長	柴田　吉勝
	東北地方整備局　道路部　道路管理課長	木我　茂
	東北地方整備局　三陸国道事務所　副所長	熊谷　茂則
	東北地方整備局　仙台河川国道事務所　副所長	奥山　英治
	東北地方整備局　東北技術事務所　副所長	佐藤　和徳[注1)] 永井　浩泰[注2)]

注1）第1回　検討会

注2）第2回　検討会以降

表-3.3.6.3 東日本大震災による被災橋梁補修検討会の開催経過

日時	委員会	検討事項等
平成 23 年/ 6 月 29 日	第1回　検討会	・東日本大震災による被災橋梁補修検討会の目的及び規約について ・東日本大震災による橋梁の被災状況報告 ・津波による流出橋梁の被災状況報告
8 月 10 日	第2回　検討会	・東日本大震災による橋梁の被災状況報告 ・被災橋梁の復旧に向けた現場の技術的課題 ・津波による流出橋梁の被災状況報告
9 月 29 日	第3回　検討会	・被災橋梁の復旧に向けた現場の技術的課題 ・設計や点検に留意する共通事項について ・補修設計における統一した考え方について ・被災橋梁の診断ポイントと対応事例について ・東日本大震災による橋梁の被災状況報告 ・津波による流出橋梁の被災状況報告

(4) 基準化に向けた検討

① 橋、高架の道路等の技術基準（道路橋示方書）

道路橋の技術基準である「橋、高架の道路等の技術基準」（国土交通省都市局長、道路局長通達）（以下「道路橋示方書」という）においては、当室及び地震防災研究室並びに(独)土木研究所が提示する改定原案に対して、(社)日本道路協会の橋梁委員会において審議が行われる。

東日本大震災が発生した2011年3月11日時点においては、平成13年の改定以降蓄積された新たな知見や様々な課題への対応を基準に反映させるための審議が行われるとともに、部分係数設計体系への移行に向けた本格的な検討が進められていた。そうした中、東北地方太平洋沖地震が発生し、沿岸部を中心に巨大津波の来襲によって社会資本に甚大な被害が生じ、道路橋についても上部構造の流出が多数生じたことで道路網の寸断を招くなど、深刻な被害が生じた。このような状況を踏まえ、復旧や新たに整備される道路橋に対して、東北地方太平洋沖地震を含む近年の震災被害から得られた知見や、前回改定以降検討が進められてきた様々な調査研究の成果が反映できるよう、できるだけ早期に道路橋示方書を改定することを優先して審議が行われることとなった。審議の経過を、**表-3.3.6.4**に示す。

第81回橋梁委員会において道路橋示方書の改定原案が審議され、その内容が了承されたことを踏まえ、国土交通省にて検討が加えられた結果、平成24年2月16日付けで都市局長・道路局長から「橋、高架の道路等の技術基準の改定について」が通達された。次いで、通達である道路橋示方書の規定に、橋梁委員会が解説を加えた「道路橋示方書・同解説」（(社)日本道路協会）が平成24年3月26日に出版された。東日本大震災を踏まえて改定された主な内容を、**表-3.3.6.5**に示す。なお、この改定では、部分係数設計法への移行には課題が残されていたため、平成13年の道路橋示方書と同じ方法による性能規定体系と許容応力度設計法を基本とする照査体系が踏襲された。

表-3.3.6.4 (社)日本道路協会橋梁委員会での審議経過

日時	委員会	検討事項等
平成 23 年/ 5 月 12 日	第 78 回　橋梁委員会	・東北地方太平洋沖地震を踏まえた道路橋示方書に係る課題と検討事項 （1）地震動 （2）液状化・流動化に対する設計 （3）部材設計について （4）津波の影響 （5）既設橋の耐震補強対策
7 月 27 日	第 79 回　橋梁委員会	・東北地方太平洋沖地震を踏まえた道路橋示方書に係る課題と検討事項 （1）継続時間が長い地震動の影響評価 （2）設計スペクトルを超える地震動の影響評価 （3）液状化判定法の見直しの必要性に関する検討 （4）ゴム支承の破断事例の分析 （5）津波に対して確保すべき性能の検討 ・道路橋示方書改定案の意見照会
10 月 13 日	第 80 回　橋梁委員会	・東日本大震災を受けての道路橋示方書改定案での対応 （1）津波に対する配慮事項について （2）設計地震動の改定案 （3）液状化判定法の妥当性について （4）部材の要求性能の明確化に係る改定について （5）橋台背面の沈下に対する対応 ・道路橋示方書改定案の意見照会
12 月 14 日	第 81 回　橋梁委員会	・道路橋示方書改定案の了承

表-3.3.6.5 道路橋示方書における、東日本大震災を踏まえた主な改定内容

編	項目	内容
Ⅰ共通編	維持管理の確実性及び容易さ	被災時の状態把握が困難な構造が採用されていたり、損傷箇所に近接しての状態把握が速やかにできなかった事例があったことも踏まえて、設計にあたって配慮すべき事項に、維持管理の確実性を追記
	計画における津波に対する配慮	橋の計画にあたって配慮すべき事項に、地域の防災計画や関連する道路網の計画と整合するように、架橋位置及び橋の形式の選定を行う旨を追記
	記録	設計や施工等に関する記録については、地震後等に状態評価や復旧の検討を合理的に実施するために不可欠な情報であることから、これらを適切に記録し、供用期間中の維持管理に用いることが可能なように保存しなければならない旨を規定
Ⅳ下部構造編	橋台背面アプローチ部	東日本大震災等で橋台背面に生じた著しい段差への対応として、橋台背面アプローチ部に対し、路面の連続性を保つために求められる性能や設計・施工上の留意事項を規定
	橋脚の設計	支承・落橋防止構造等の取付部の損傷実態への対応として、地震時の支承・落橋防止構造等から作用する荷重に対する照査の規定を充実
Ⅴ耐震設計編	津波に対する配慮事項	橋の耐震設計にあたって配慮すべき事項に、津波に関する地域の防災計画等を追記
	レベル２地震動（タイプⅠ）の見直し 地域別補正係数の見直し	東北地方太平洋沖地震にみられた、大規模な地震の震源が連動する影響も踏まえた地震動及び地域別補正係数の検証及び見直し
	支承部周辺の設計に関する事項	東日本大震災における支承部周辺の損傷事例を踏まえて、支承部に求められる性能の明確化と性能検証法の提示、支承部周辺の構造の合理化
	支承、落橋防止構造等の取付部の設計に関する事項	支承部の損傷等の影響が落橋防止構造の取付部にまで及んだ事例が確認されたことから、取付部の設計を明記するとともに落橋防止構造の設置箇所に関する規定を追加

② 道路土工指針

道路土工構造物に関しては、技術基準に準じるものとして、(社)日本道路協会から「道路土工要綱」及び６つの「道路土工指針」が発刊されている（**表-3.3.6.6**）。このうち、東日本大震災が発生した時点においては、「道路土工―擁壁工指針」及び「道路土工―軟弱地盤対策工指針」の２つの「道路土工指針」の改定に向け、(社)日本道路協会の道路土工委員会で審議が行われているところであった。国総研道路研究部及び地震災害研究官が委員として審議に参画している。

東日本大震災以降に行われた審議の経過を**表-3.3.6.7**に示す。平成23年6月に開催された第１回道路土工委員会・道路土工指針検討小委員会合同会議にて、震災WGの設置及び道路土工委員会における対応方針について審議された。以降、２回の震災WGにおいて、特に被害が大きかった９被災箇所の被災要因と、それに対する指針での対応について、(独)土木研究所等が行った現地調査結果に基づいて審議が行われた。その結果を踏まえて、平成24年1月に開催された第２回道路土工委員会・道路土工指針検討小委員会合同会議において、「道路土工―擁壁工指針」及び「道路土工―軟弱地盤対策工指針」の改定案について審議が行われ、改定内容について了承され、平成24年7月30日に(社)日本道路協会から発刊された。

東日本大震災を踏まえて改定された主な内容を、**表-3.3.6.8**に示す。改定にあたっては、特に被害が大きかった９被災箇所における被災要因調査結果から、被災要因を分類Ⅰ～分類Ⅳに分類し、それぞれの要因に対して、現行指針の規定及び解説の過不足を整理し、改定内容が検討されている（**表-3.3.6.9**）。なお、既発刊の「道路土工―盛土工指針（平成22年度版）」においては、既に対応が執られているという検討結果であった。

表-3.3.6.6 道路土工に関する技術基準類

要綱	道路土工要綱（平成21年度版）
指針	道路土工―盛土工指針（平成22年度版）
	道路土工―切土工・斜面安定工指針（平成21年度版）
	道路土工―擁壁工指針（平成24年度版）
	道路土工―カルバート工指針（平成21年度版）
	道路土工―軟弱地盤対策工指針（平成24年度版）
	道路土工―仮設構造物工指針（平成11年3月）

表-3.3.6.7 (社)日本道路協会、道路土工委員会での審議経過

日時	委員会	検討事項等
平成23年/10月27日	第１回　道路土工委員会・道路土工指針検討小委員会合同会議	・震災WGの設置 ・基本的な被害調査の方針 ・道路土工委員会での対応方針
11月11日	第1回　震災WG	・被災規模の大きい箇所に対する被災要因調査方針 ・橋台背面アプローチ部の沈下に対する道路橋示方書での対応に係る意見照会
12月14日	第2回　震災WG	・橋台背面アプローチ部の沈下に対する道路橋示方書での対応に係る意見照会 ・被災要因調査結果 ・擁壁工指針、軟弱地盤対策工指針での対応方針
平成24年/1月19日	第２回　道路土工委員会・道路土工指針検討小委員会合同会議	・橋台背面アプローチ部の沈下に対する道路橋示方書での対応に係る意見照会 ・擁壁工指針改定案 ・軟弱地盤対策工指針改定案

表-3.3.6.8 道路土工指針における、東日本大震災を踏まえた主な改定内容

指針	主な改訂内容
道路土工―軟弱地盤対策工指針（平成２４年度版）	・地下水位が高く、盛土の沈下が著しい箇所、原地盤に窪地等を埋めた箇所における液状化に関する追記 ・液状化による変形抑制に有効な工法の記述の充実
道路土工―擁壁工指針（平成２４年度版）	・傾斜している支持層等で置換えコンクリート基礎等を設ける場合の規定の充実

表-3.3.6.9 被災要因調査結果を踏まえた対応方針について

分類	要因調査結果	指針における対応方針
Ⅰ	集水地形上の盛土や路面排水等の水が集中する箇所等で、盛土内水位が高かったことにより、地震時の滑動力がすべり抵抗力を上回り盛土が崩壊した。	盛土工指針（平成22年度版）において、基盤排水層や小段部の水平排水層の設置等の排水に関する記述を強化しており、既に対応が図られている。
Ⅱ	盛土の足元が湖沼等の水辺に近接する盛土においては、基盤排水層などにより盛土内水位を低下させた場合でも、水位が基礎地盤内あるいは基礎地盤面より上方にあることにより、基礎地盤が液状化した。	軟弱地盤対策工指針（平成24年度版）にて次の対応を実施する。 ・湖沼等の水辺に隣接し基礎地盤が砂質土等で液状化する可能性がある箇所について注意喚起を行う。
Ⅲ	基礎地盤の窪地で、地下水位以下に存在した厚いサンドマット層にて液状化し、大きく崩壊した。	盛土工指針（平成22年度版）において、基盤排水層の設置について規定しており、既に対応が図られている。 圧密沈下が著しい箇所や、基礎地盤に窪地等の大きな不陸がある箇所に対しては、軟弱地盤対策工指針（平成24年度版）にて対応方法を追記する。
Ⅳ	密度の緩い砂層の傾斜地盤上に昭和40年に構築された盛土であり、当時の指針においては、傾斜地盤上の盛土及び擁壁の設計に対して特別の配慮がされていなかった。このため、地盤の沈下・滑りに伴い、盛土の沈下及び擁壁天端のクラック等が発生した。	盛土工指針（平成22年度版）において、不安定な傾斜地盤に対する対応については、既に、記述がある。 擁壁工指針（平成11年3月）において、傾斜地盤上の擁壁の安定検討については、既に規定されている。 擁壁工指針（平成24年度版）においては、更に、傾斜している支持層等で置換えコンクリート基礎等を設ける場合を規定する。

(5) （公社）土木学会との連携

（公社）土木学会では、震災直後から、東日本大震災に関わる調査や研究活動の成果を迅速に取りまとめることを目的に、「東日本大震災特別委員会」を設置し、津波や液状化などの災害現象、施設・構造物の対応策、地域復興計画や地域防災計画のあり方などの各分野で委員会が設置され、活動が行われた。国総研道路構造物管理研究室からは、そのうち、**表-3.3.6.10**に示す２つの委員会に委員として参画した。各委員会においては、国総研にて実施した現地調査結果や検討状況を踏まえた情報提供や、東北地方整備局に依頼し、東北地方整備局が管理する道路橋の図面等の情報提供を行った。

両委員会の活動経過を**表-3.3.6.10**に示す。①の委員会は平成24年1月27日に、②の委員会は平成24年6月26日に、それぞれ報告会を開催し、検討結果を公表している。

表-3.3.6.10 （公社）土木学会の委員会活動経過

①鋼構造委員会／東日本大震災鋼構造物調査特別委員会

項目	内容		
設立趣旨	東日本大震災における鋼構造物の被災状況の把握、被災要因の分析等を現地調査や既往調査報告などをもとに実施し、分析結果から鋼構造物の設計、施工、架設等に反映すべき事項や課題について議論を行うために設置された。		
委員会 活動経過	日時	委員会	検討事項等
	平成 23 年 5 月 10 日	第１回委員会	・委員会の活動目的、調査内容、調査方針等
	5 月 31 日	第２回委員会	・現地調査の方針 ・高速道路における道路構造物の被災状況報告
	10 月 5 日	第３回委員会	・現地調査結果の報告 ・調査、検討成果のとりまとめ方針
	11 月 25 日	第４回委員会	・調査、検討成果のとりまとめ
	12 月 21 日	第５回委員会	・調査、検討成果のとりまとめ
	1 月 27 日	報告会	・鋼構造物の被害状況とその分析 東日本大震災鋼構造物調査特別委員会報告

②津波による橋梁構造物に及ぼす波力の評価に関する調査研究委員会（2012 年 10 月現在）

項目	内容		
設立趣旨	コンクリート標準示方書設計編において、津波の荷重について具体的な記述として明記するために、津波により損傷を受けた橋梁を対象に、被害の実態を明らかにし、津波による橋梁構造物への波力の作用に対する評価方法に関する検討を行い、今後の設計等に活かすことを目的に設置された。		
委員会 活動経過	日時	委員会	検討事項等
	平成 23 年 8 月 8 日	第１回全体委員会	・道路橋の被害状況の報告
	11 月 4 日	第２回全体委員会	・ＰＣ橋梁等の被害に関する調査結果 ・現地調査結果のデータベース化について ・津波シミュレーションについて
	平成 24 年 2 月 2 日	第１回合同WG	・各委員における検討状況の話題提供
	2 月 14 日	第３回全体委員会	・橋梁の被害の分析結果 ・海岸工学分野での検討状況の紹介
	5 月 18 日	第４回全体委員会	・橋梁の被害の分析結果 ・橋桁に作用する津波波力の数値計算結果
	6 月 26 日	中間報告会	・各分野での検討結果の紹介

参考文献

1)国土交通省 水管理・国土保全局：平成２３年発生災害 国土交通省所管公共土木施設被害報告概要
http://www.mlit.go.jp/river/toukei_chousa/bousai/saigai/kiroku/pdf/h23_houkoku.pdf

2)内閣府：平成 23 年（2011 年）東北地方太平洋沖地震（東日本大震災）について
http://www.kantei.go.jp/saigai/pdf/201208281700jisin.pdf

3)平成２３年（2011 年）東北地方太平洋沖地震 土木施設災害調査速報、国総研資料第 646 号・土研資料第 4202 号、平成 23 年７月
http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryou/tnn/tnn0646.htm

4)気象庁 HP：マグニチュード 5.0 以上の余震回数
http://www.seisvol.kishou.go.jp/eq/2011_03_11_tohoku/aftershock/

3.3.7 港湾分野（港湾内の海岸保全施設を含む）

3.3.7.1 港湾施設

(1) 被害調査

国総研では港湾施設の被害に関して、以下のように被害調査団を派遣した。何れも、(独)港湾空港技術研究所と合同で調査を行ったものである。被害調査は、津波班、地震班に分けて行われ、津波班は津波遡上状況や津波による被害状況、地震班は地震動による被害状況について調査を行った。

①平成23年３月15日～19日 １名の職員を石巻港、仙台塩釜港へ派遣（地震班）
②平成23年３月16日～19日 １名の職員を釜石港、大船渡港へ派遣（津波班）
③平成23年３月16日～19日 ２名の職員を八戸港、久慈港へ派遣（津波班）
④平成23年３月27日～30日 １名の職員を釜石港、宮古港へ派遣（津波班）
⑤平成23年４月５日～８日　２名の職員を相馬港、小名浜港へ派遣（津波班、地震班）
⑥平成23年４月５日～６日　１名の職員を鹿島港、茨城港へ派遣（津波班）
⑦平成23年４月12日～14日 １名の職員を鹿島港、茨城港へ派遣（地震班）

港湾施設の被害は防波堤等の津波による被害と岸壁等の地震動による被害に大別できる。防波堤の津波による被害は青森県から福島県にいたる港湾のうち津波波高の大きかった港湾において顕著だった。八戸港、釜石港、大船渡港をはじめとする港湾で、防波堤ケーソンの滑動･転倒･陥没が見られたほか、流れによる洗掘も大規模に生じた(**写真-3.3.7.1**)。

岸壁の被害は、福島県、茨城県の港湾において顕著だった。宮城県以北の港湾において岸壁に大きな被害が少なかったのは、福島県、茨城県の港湾と比較すると堆積層が比較的薄い港湾が多いために地震動の増幅が強くなかったことなどが原因と考えられる。岸壁の被害パターンとしては、法線の海側へのはらみだし（**写真-3.3.7.2**）、壁体の傾斜、背後のエプロンの陥没(**写真-3.3.7.3**)などがあげられる。

相馬港、茨城港においては、地震動による岸壁の被害が顕著だった。特に相馬港では、岸壁が決壊した箇所が複数あった。これは、まず地震動の影響により岸壁が海側に大きくはらみだし、背後のエプロン部が沈下した状態で津波が作用し、特に引き波状態の際に大きな水位差が生じたことなどにより決壊が生じたものと推定される（**写真-3.3.7.4**）。このような地震動と津波の複合作用による被害は非常に例が少ないものといえる。



写真-3.3.7.1 相馬港防波堤被災状況

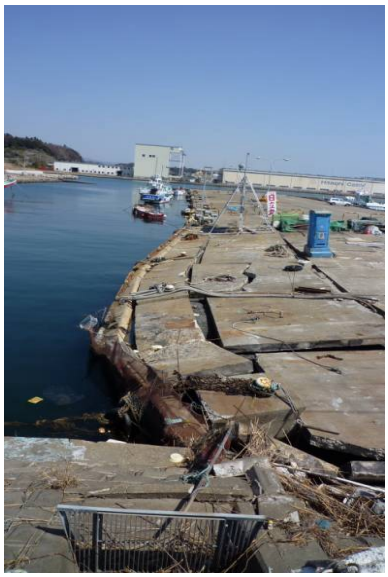


写真-3.3.7.2 茨城港（日立港区）における岸壁法線のはらみ出し

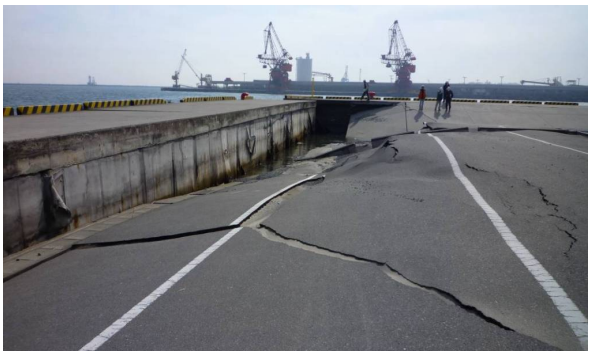


写真-3.3.7.3 小名浜港における岸壁エプロンの沈下



写真-3.3.7.4 相馬港における岸壁の決壊

(2) 被災分析

防波堤の被災については前述のように津波波高の大きな港湾において被害が大きい傾向があったが、岸壁については、同一の港湾においても地区別に被害状況が大きく異なるケースが見られたことが今回の地震被害の特徴である。これは、震源からの距離がほぼ等しい地点においても、地震基盤から地表面までの堆積層における増幅特性（サイト増幅特性）が異なるためであると考えられる。このことを確認するため、小名浜港、相馬港、鹿島港、茨城港などの地震動による岸壁の被害が生じた地点を対象に常時微動観測を実施した。

以下に小名浜港と鹿島港における結果を示す。小名浜港では 3 号埠頭で大きな被害が生じたが、大剣埠頭においては無被害であった（**写真-3.3.7.5**）。両地点における常時微動 H/V スペクトル（常時微動のスペクトル振幅の水平成分と鉛直成分の比）を**図-3.3.7.1** に示す。常時微動 H/V スペクトルのピーク周波数は、地震動が強く増幅される周波数に対応していることから、このピーク周波数が岸壁の変形に大きな影響を持つ 2Hz 以下の場合、地震時に被害が生じやすいといえる。3 号埠頭では 2Hz 以下に、大剣埠頭では 2Hz 以上にピークが認められ、被害の大小と良く対応しているといえる。

鹿島港においては、南公共埠頭の A～B バースと C～D バースで被害に大きなコントラストが見られた。**写真-3.3.7.6** に示すように A～B バース近傍では舗装面の陥没等の被害が見られたが、隣接する C～D バースは無被害であった。両地点における常時微動 H/V スペクトルを**図-3.3.7.2** に示す。D バース部分の H/V スペクトルはピークが明瞭ではなく、かつ振幅が 1 を大きく超えないもので、このような常時微動 H/V スペクトルは岩盤地点などの非常に良好な地盤条件に特徴的なものである。一方、A バース部分の常時微動 H/V スペクトルは 1.5Hz 付近に明瞭なピークがあり、大きな被害と良く対応しているといえる。



(a)3 号埠頭



(b)大剣埠頭

写真-3.3.7.5 小名浜港における岸壁の被害状況

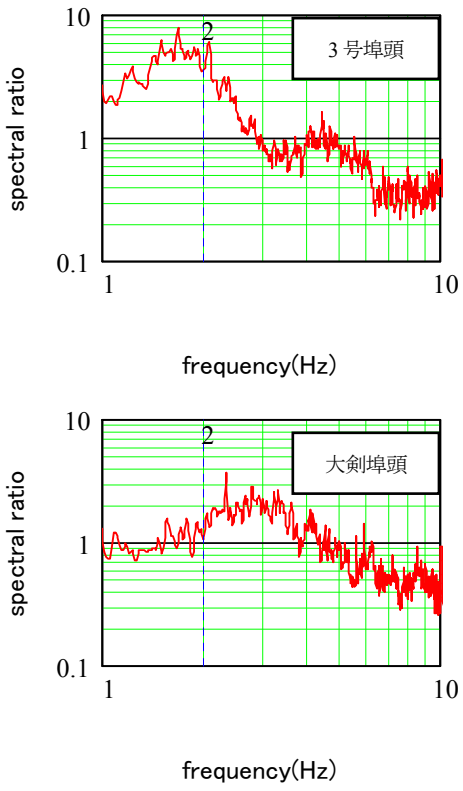


図-3.3.7.1 小名浜港常時微動 H/V スペクトル



(a)A バース



(b)D バース

写真-3.3.7.6 鹿島港における岸壁の被害状況

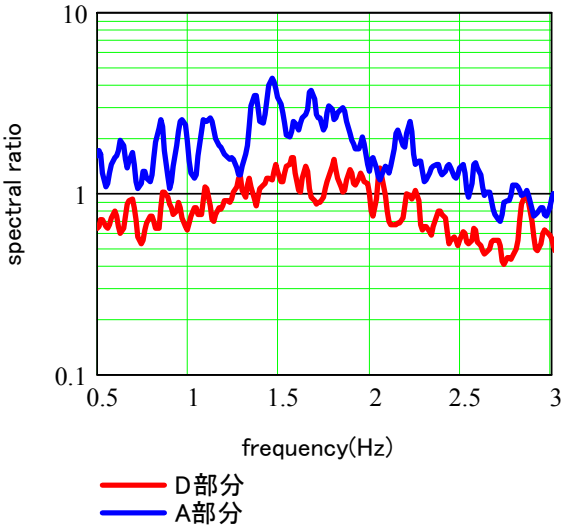


図-3.3.7.2 鹿島港常時微動 H/V スペクトル

(3) 復旧対策対応

復旧対策対応としては、小名浜港等で現地の要請を受けたアドバイスを行った。具体的には、小名浜港ではケーソン式岸壁が傾斜していたため、傾斜角のチェックを行って過去の地震被害によって供用制限が行われたケースとの比較を行うこと、荷役機械クレーンの基礎については、陸側クレーン基礎は支持杭は使用可であるものの、設計図書を確認したところ一部支持層に達していない杭があることが判明したため、緊急復旧を行う必要がある場合にはべた基礎とすることを推奨し、岸壁の変形に伴ってクレーンレールスパンが延びているので、海側基礎を陸側へ移動することなどをアドバイスした。

このほか、港湾においては設計地震動をサイト増幅特性を反映した時刻歴波形として設定することとしているため、サイト増幅特性の評価が十分でなかった港湾において新たにレベル 1 地震動を設定して復旧設計の実務に提供した。このため、複数の港湾において余震観測を行い、余震記録をもとにサイト増幅特性を精度良く評価してレベル 1 地震動の設定を行った。**図-3.3.7.3** に相馬港 1 号埠頭のレベル 1 地震動を例として示す。

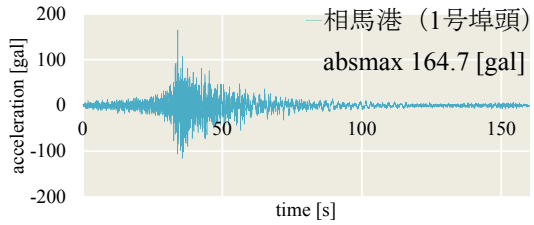


図-3.3.7.3 相馬港レベル 1 地震動

(4) 漂流物等、その他の被害状況調査

5月8日～5月9日にかけて、八戸港へ国総研より1名の職員を派遣し、(独)港湾空港技術研究所とともに、船舶の流出状況に関する被害調査を行った。これにより、船揚場背後の比較的被害の小さかった防風柵とその周辺に漂着した船舶の被害状況について情報収集することができた。

また、平成24年6月13日に、茨城港常陸那珂港区へ国総研より1名の職員を派遣し、津波避難状況のヒアリング調査及びコンテナ貨物流出状況に関する被害調査を行った。これにより、ふ頭における津波避難状況とコンテナ貨物流出状況を把握することができた。調査結果は論文[1)]にとりまとめて報告した。

（調査の概要）

① 平成23年5月8日～9日　1名の職員を八戸港の被害調査に派遣

② 平成24年6月13日　1名の職員を茨城港常陸那珂港区の被害調査に派遣



(a)フェンスの被害状況（茨城港常陸那珂港区北ふ頭地区、流出コンテナは撤去済み）

（ふ頭天端高T.P.+2.20m、近傍津波高T.P.+4.32m）

写真-3.3.7.7 コンテナ貨物流出状況調査

(5) 復旧対策対応（審議会、検討委員会等）

国土交通省が設置した審議会や検討委員会における審議に活用するため、東日本大震災での港湾の被害等に関するデータ整理、情報提供等を(独)港湾空港技術研究所とともに行った。

1) 交通政策審議会港湾分科会防災部会

交通政策審議会港湾分科会防災部会は、平成23年5月2日に「港湾における津波対策のあり方」についての国土交通大臣の諮問を受けて設置され、平成24年6月までに部会を6回開催し、平成24年6月13日に「港湾における地震・津波対策のあり方」[2]を答申した。

また答申に先立ち、被災地の港湾や背後都市の早期復旧・復興の観点から特に急がれる想定津波の見直しの考え方等について、平成23年7月に「港湾における総合的な津波対策のあり方（中間とりまとめ）」[3]を公表した。今回の津波による港湾における防潮堤や防波堤等の施設の被災要因について検証するとともに、産業やまちづくりと連携した被災港湾の復旧方針をはじめとする新しい視点からの港湾における津波対策のあり方を提示した。被災地の港湾や背後都市の復旧・復興のために急がれる対象津波の設定について、発生頻度の高い津波と最大クラスの津波の2つのレベルを想定し、各々「防災」と「減災」の考え方に基づく施策を講じることとした。

ここで、津波防波堤は、湾口等に位置し、津波による廷内の水位上昇を低減させ、背後地の護岸、堤防等と一体となって津波から堤内の人命や資産の

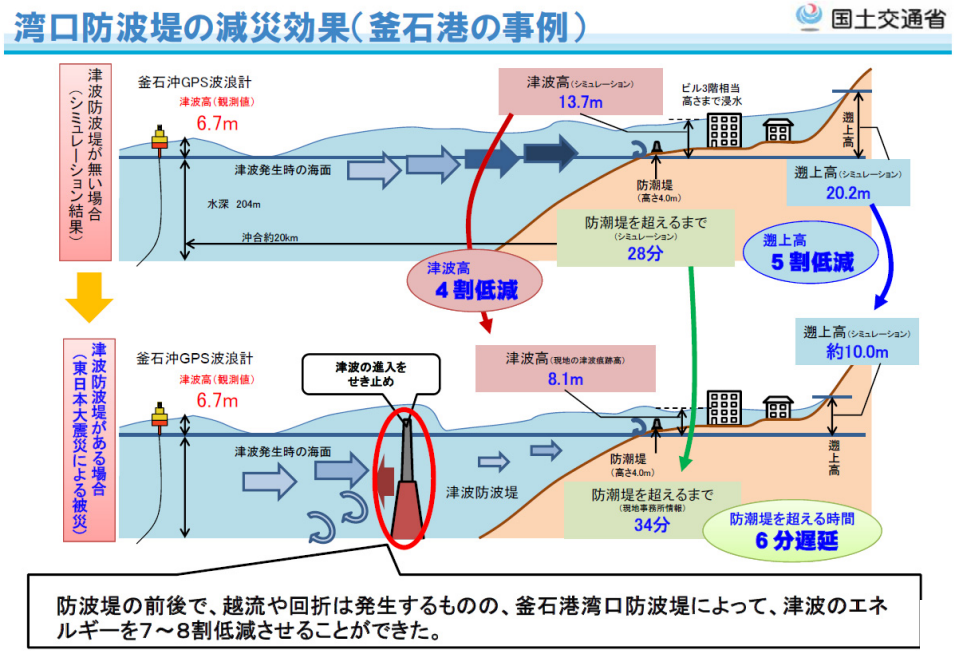


図-3.3.7.4 湾口防波堤の減災効果（釜石港の事例）

（交通政策審議会港湾分科会第5回防災部会資料[5]より）

被害を防ぐことを目的としている。**図-3.3.7.4**は、湾口に設置された津波防波堤の減災効果について、釜石港の事例を(独)港湾空港技術研究所が再現シミュレーションを行い示したものである[4)、5)]。津波は波高が小さくなるとその進行速度も遅くなることから、防潮堤を超えるまでの到達時間を遅延させていることが確認された。このため住民の避難時間の確保に効果があったことが明らかになった。さらに、津波高の低減とともに、その流速が弱められたことにより、その破壊力を低減する効果もあったと考えられる。このような防波堤については、倒壊した場合に早期復旧が困難なことや、その後に来襲する津波に対して一定の減災効果が期待されること、復旧までの間の通常時の港内静穏度の確保と言った観点から粘り強い構造をめざす必要がある。

このため、国総研では、津波防波堤や**図-3.3.7.5**[6)]に示すような港湾における防潮堤の被害の概要や被災メカニズムなどについて様々な情報提供するなどの支援を(独)港湾空港技術研究所と共同で実施した。また、**図-3.3.7.6**[7)]に示すように津波と規模や発生頻度に応じて想定津波に対して減災・防災目標を明確化した上で、最大クラスの津波に対する減災の観点等から粘り強い構造についての考え方や検討の方向性を提案した。

これらの知見をもとに、部会は港湾における地震・津波対策の基本的考え方について答申にとりまとめた。答申では、東日本大震災による港湾の被害・復旧状況と課題について、①防災・減災目標の明確化と避難対策の充実の必要性、②防波堤による津波からの減災効果の発現、③地域経済を支える物流基盤の耐震性・耐津波性確保の必要性、④初動から復興に至る時間軸に沿った対応の必要性、⑤災害に強い物流ネットワーク構築の必要性の5つの視点からとりまとめた。

そして、基本的考え方として、その項目の一つに津波の規模、発生頻度に応じた防護目標の明確化、水門・陸閘等の施設の管理・運用体制の見直しによる防災・減災目標の明確化が必要であるとしている。この項目に対する施策方針として、港湾の津波からの防護に向けて、防潮堤による背後市街地の防護、港湾における避難対策、避難に係る情報提供システムの強化・多重化等の防災・減災目標に従った津波防護対策や、安全確保を最優先とした管理体制、自動化・遠隔操作化の促進等の水門・陸閘等の施設の管理・運用体制の構築をあげている。

＜参考：交通政策審議会港湾分科会防災部会について＞

（諮問）

諮問第130号：港湾における津波対策のあり方（平成23年5月2日）

（審議の経過）

平成23年5月16日　第1回防災部会
・今次津波の特徴、港湾における津波防災施設の被災形態及び被災メカニズムの分析

平成23年6月3日　第2回防災部会
・2段階（防災・減災）の総合的な津波対策
・港湾における総合的な津波対策のあり方（中間とりまとめ（素案））

平成23年7月6日 第3回防災部会
・港湾における総合的な津波対策のあり方（中間とりまとめ）

平成23年7月6日 港湾における総合的な津波対策のあり方（中間とりまとめ）

平成24年2月29日　第4回(懇談会)
・港湾における総合的な地震・津波対策の論点

平成24年5月8日 第5回防災部会
・「港湾における地震・津波対策のあり方」（案）の審議

平成24年6月13日　第6回防災部会
・「港湾における地震・津波対策のあり方」のとりまとめ

平成24年6月13日　港湾における地震・津波対策のあり方（答申）～島国日本の生命線の維持に向けて～

（委員名簿（2012年6月13日時点））

	家田　仁	東京大学大学院教授
○	磯部　雅彦	東京大学大学院教授
	今村　文彦	東北大学大学院教授
	内野　雅一	毎日新聞編集委員
	大年　邦雄	高知大学教授
	沖　健	一般社団法人日本鉄鋼連盟　土木委員会副委員長
	片田　敏孝	群馬大学大学院教授
◎	黒田　勝彦	神戸大学名誉教授
	小林　潔司	京都大学経営管理大学院長
	田和　健次	石油連盟技術環境安全部長
	豊馬　誠	電気事業連合会工務部長
	早田　元哉	飼料輸出入協議会副理事長
	牧　紀男	京都大学准教授

※　◎：部会長、○部会長代理

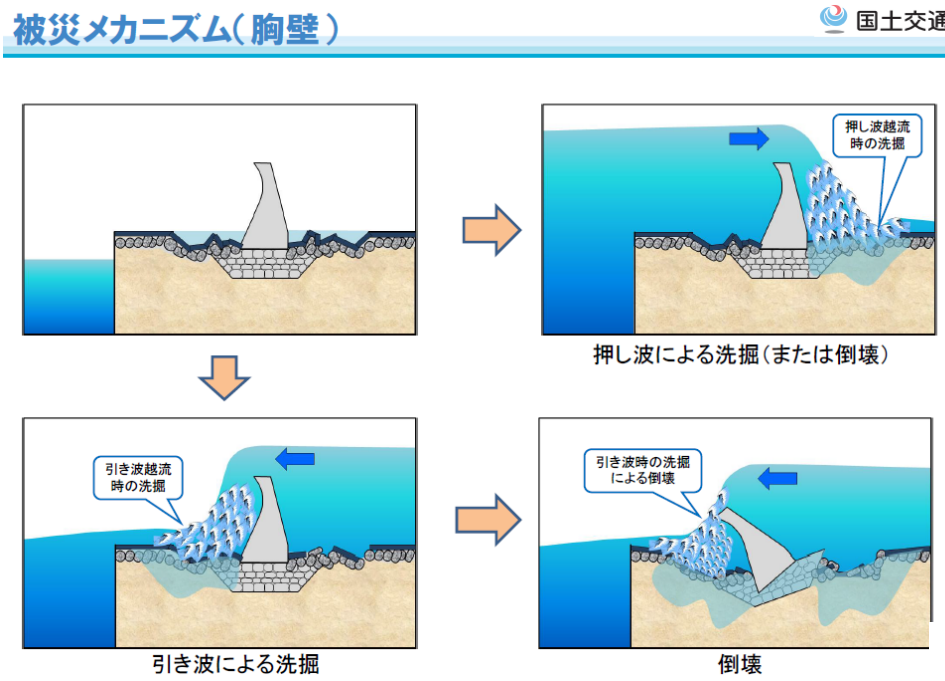


図-3.3.7.5 被災メカニズム（胸壁）
（交通政策審議会港湾分科会第3回防災部会資料[6] より）

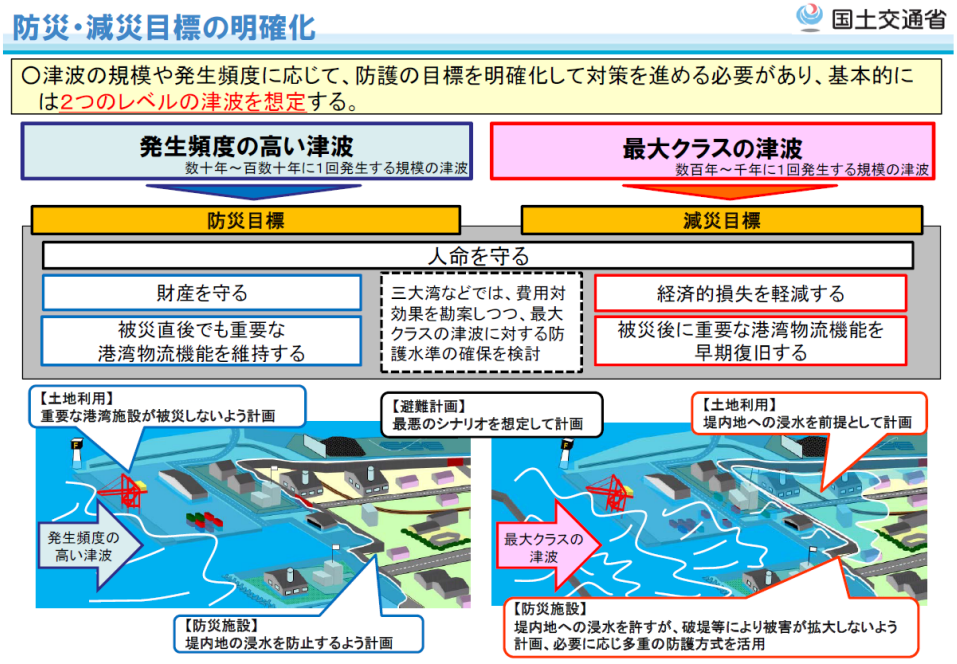


図-3.3.7.6 津波の規模や発生頻度に応じた防災・減災目標の明確化
（交通政策審議会港湾分科会第6回防災部会資料[7] より）

2）港湾における防潮堤・防波堤の津波設計ガイドライン検討会

港湾における防潮堤・防波堤の津波設計ガイドライン検討会を平成23年12月から平成24年3月の間に3回開催し、ガイドラインの素案をとりまとめた。防潮堤とは、津波や高潮等による災害から背後地を防御することを目的として設置する構造物である。**図-3.3.7.7**に示すように、港湾では海外線に施設が存在し、利用の面から海岸線付近に堤防、護岸等を設置することが困難な場合が多いので、胸壁を設置することが多い。あわせて沖合の防波堤に堤内の水位上昇を低減させる機能を持たせて、背後地の施設と一体となって背後地の人命、資産を防護する考え方が一般的である。

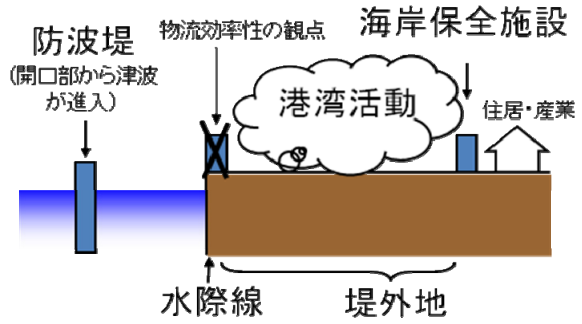


図-3.3.7.7 港湾における津波・高潮に対する防護の考え方

東日本大震災による津波被害を受けて、交通政策審議会港湾分科会防災部会より、発生頻度の高い津波に対しては構造物で人命・財産を守り切る「防災」を目指し、発生頻度は極めて低いが影響が甚大な最大クラスの津波に対しては、最低限人命を守るという目標のもとに被害をできるだけ小さくする「減災」を目指すとする今後の方向性が示された。

しかしながら、「発生頻度の高い津波」に対する施設設計条件の設定や設計手法・手順や「粘り強い構造」の具体的内容について、実務設計者が参照できる包括的な技術資料が存在しない状況にあった。あわせて、中央防災会議において「東海・東南海・南海地震」の想定が今後見直される予定とされており、これに対応して、今後、最大クラスの津波に対しても湾口防波堤や背後に危険物等を取り扱う施設を有する防潮堤等の重要度の高い施設については、性能照査が求められる場合も想定される。これについても同様に設計実務者が参考とできる包括的な技術資料が存在しない状況にある。

このため、港湾における防波堤及び防潮堤を対象とした、実務設計者が具体的な検討を実施することができるようなガイドラインを取りまとめることとした。検討項目は、①ガイドラインの位置づけ、適用範囲など、②想定地震・津波の設定の基本的考え方、③施設用途に応じた要求性能の設定の基本的考え方、④標準的な設計条件の設定の考え方、性能照査手法と照査規準の具体例、⑤粘り強い構造を付与する場合の考え方と具体例の5項目である。

検討委員会において、防波堤の津波波力の算定にあたり、越流の有無、波状段波の有無等を考慮して、適切な津波波力算定式を用いることが提案された。津波は、まず段波状かそうでないかに分類でき、波長の長い津波先端部が短周期の複数の波に分裂しながら段波形状になった波状段波については、衝撃段波波力がきわめて大きな値となり、谷本式では明らかに過小評価になるため適用できない。海底勾配が非常に緩やかであると波状段波になり、また、波高水深比が小さい場合や海底勾配が比較的急な場合には、段波にはならない。このため、波状段波が発生する場合には、津波波力が大きくなるため、これに対応して谷本式を修正した。

また、防波堤の基礎マウンドが洗掘等により被災を受けることにより、堤体自体の安定性を脅かすことにつながるので、マウンド被覆材についても津波に対する安定性を十分に確保する必要がある。このため、今回の津波による被災原因の一つとされている港内側マウンド洗掘に対するメカニズムの解明及び洗掘防止対策について、水理模型実験により検討した。

被覆材の安定照査にあたっては、①開口部（堤頭部を含む）での流れに対する被覆材の所要質量、②防波堤前面の津波の沿い流れに対する被覆材の所要質量、③津波が防波堤を越流する場合の背後マウンド被覆材の所要質量の3点について検討を行う必要がある。なお、①及び②で算出された流速から被覆材の所要質量の算出を行うが、算出にあたっては、当面、港湾の施設の技術上の基準・同解説にて示されている、流れに対する被覆石及びブロックの所要質量の算定式「イスバッシュの式」を用いることとした。しかし、流速の値によっては、非常に大きな質量が算定される場合があるので、その場合は水理模型実験等により被覆材の所要質量を確認することが望ましい。

この他、検討委員会で指摘された要求性能等の考え方の修正、港湾における津波防御の考え方について防災部会審議内容の反映、**図-3.3.7.8**[7]に示す粘り強い構造についての対策方法及び検討方法の提示、防波堤での水位差式係数の確定、防潮堤の性能照査に関する課題、防潮堤の性能照査方法の検討等の課題について整理し、早急にガイドラインのとりまとめを進めることとしている。

＜ 参考：港湾における防潮堤・防波堤の津波設計ガイドライン検討会について ＞

（検討項目）

①ガイドラインの位置づけ、適用範囲など
②想定地震・津波の設定の基本的考え方
③施設用途に応じた要求性能の設定の基本的考え方
④標準的な設計条件の設定の考え方、性能照査手法と照査規準の具体例
⑤粘り強い構造を付与する場合の考え方と具体例

（検討の経過）

平成23年12月12日 第1回検討会
・港湾基準、基準・同解説の改正の方向性、ガイドラインに盛り込む主な事項、今後の実験計画等
平成24年1月31日　第2回検討会
・防波堤の被災検証と性能照査、防波堤の津波減災効果、実験結果及び今後の実験計画等
平成24年3月9日 第3回検討会
・水理模型実験の進捗状況、ガイドライン素案

（委員名簿）

（委員：大学）
◎磯部　雅彦　東京大学大学院　新領域創成科学研究科　教授
井合　　進　京都大学　防災研究所地盤研究グループ　教授
今村　文彦　東北大学大学院　工学研究科　教授
清宮　　理　早稲田大学　理工学部　社会環境工学科　教授
佐藤　慎司　東京大学大学院　工学系研究科　社会基盤学専攻　教授
中野　　晋　徳島大学　工学部　建設工学科　教授
平石　哲也　京都大学　防災研究所 教授
（委員：独立行政法人 港湾空港技術研究所）
高橋　重雄　理事長
山崎　浩之　特別研究官　地盤･構造研究担当
（菊池　喜昭）
栗山　善昭　特別研究官　海洋･水工研究担当
菅野　高弘　特別研究官　地盤防災研究担当
下迫健一郎　海洋研究領域長/耐波研究チームリーダー
富田　孝史　アジア・太平洋沿岸防災研究センター　副センター長
（関係者：国土交通省）
松永　康男　港湾局　技術企画課　技術監理室長
（渡邊　和重）
永井　一浩　港湾局　海岸･防災課　海岸・防災
（伊藤　博信）企画官
田中　知足　港湾局　技術企画課　技術監理室
（石橋　洋信）技術基準審査官
東山　和博　東北地方整備局　仙台港湾空港技
（佐藤　正勝）術調査事務所長
米山　治男　関東地方整備局　横浜港湾空港技術調査事務所長
浦辺　信一　国土技術政策総合研究所　副所長
鈴木　　武　国土技術政策総合研究所 沿岸海
（戀塚　　貴）洋・防災研究部長
長尾　　毅　国土技術政策総合研究所　港湾研究部長
根木　貴史　国土技術政策総合研究所 沿岸海洋・防災研究部　沿岸防災研究室長
宮田　正史　国土技術政策総合研究所　港湾研
（長尾　　毅）究部　港湾施設研究室長
（関係者：独立行政法人 港湾空港技術研究所）
渡部　要一　地盤研究領域長/土質研究チームリーダー
有川　太郎　上席研究官　耐波設計担当
佐々　真志　地盤研究領域　動土質研究チームリーダー
野津　　厚　地震防災研究領域　地震動研究チームリーダー
小濱　英司　地震防災研究領域　耐震構造研究チームリーダー

※　◎は委員長、（　）書き氏名は前任者。

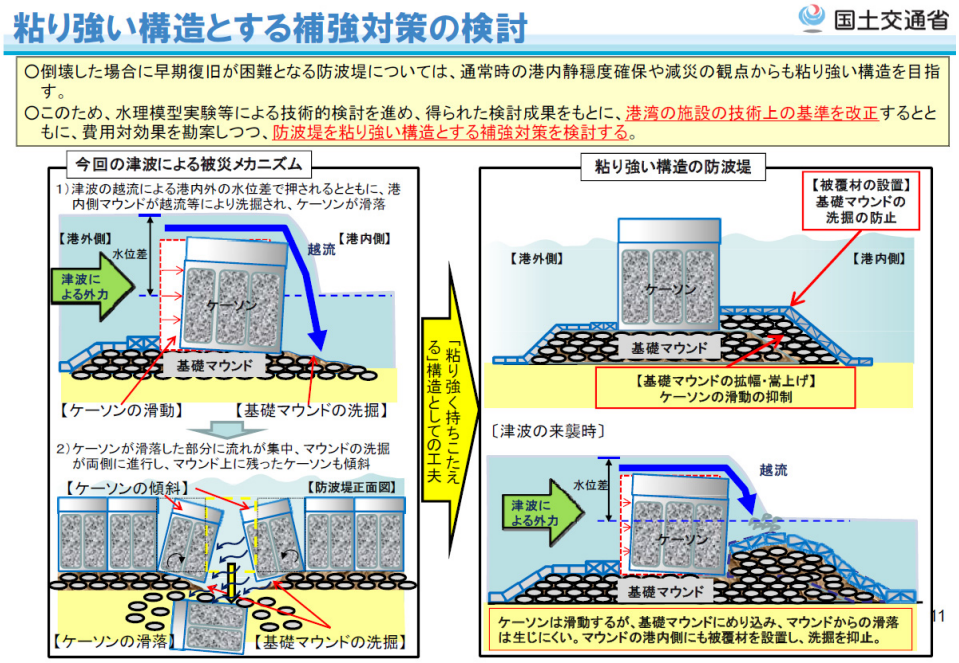


図-3.3.7.8 粘り強い構造とする補強対策の検討
（交通政策審議会港湾分科会第6回防災部会資料[7] より）

謝　辞

現地調査にあたっては，東北地方整備局および関東地方整備局に多大なる便宜を図っていただいた。また、答申のとりまとめにあたり交通政策審議会港湾分科会防災部会の委員各位には熱心に御議論いただいた。さらにガイドラインの素案のとりまとめにあたり港湾における防潮堤・防波堤の津波設計ガイドライン検討会の委員各位には熱心に御議論いただいた。ここに記して深甚なる謝意を表する。

参考文献

1) 熊谷兼太郎、桜庭雅明、後岡寿成：2011年東北地方太平洋沖地震津波による漂流物被害、第23回海洋工学シンポジウム講演論文集、日本海洋工学会他、OES23-015、2012
2) 港湾における総合的な津波対策のあり方（答申）：交通政策審議会港湾分科会防災部会、2012
3) 港湾における総合的な津波対策のあり方（中間とりまとめ）：交通政策審議会港湾分科会防災部会、2011
4) 高橋重雄、戸田和彦、菊池喜昭、菅野高弘、栗山善昭、山﨑浩之、長尾毅、下迫健一郎、根木貴史、菅野甚活、富田孝史、河合弘泰、中川康之、野津厚、岡本修、鈴木高二朗、森川嘉之、有川太郎、岩波光保、水谷崇亮、小濱英司、山路徹、熊谷兼太郎、辰巳大介、鷲崎誠、泉山拓也、関克己、廉慶善、竹信正寛、加島寛章、伴野雅之、福永勇介、作中淳一郎、渡邉祐二：2011年東日本大震災による港湾・海岸・空港の地震・津波被害に関する調査速報、港湾空港技術研究所資料、No.1231、200p.　、2011
5) 交通政策審議会港湾分科会防災部会：第5回防災部会資料、2012
6) 交通政策審議会港湾分科会防災部会：第3回防災部会資料、2011
7) 交通政策審議会港湾分科会防災部会：第6回防災部会資料、2012

参考になるホームページアドレス

1) 国土技術政策総合研究所ホームページ：東日本大震災関連情報
http://www.ysk.nilim.go.jp/oshirase/uc.html
http://www.nilim.go.jp/lab/bbg/saigai/h23tohoku/index.html
2) 国土交通省：交通政策審議会港湾分科会防災部会
http://www.mlit.go.jp/policy/shingikai/s303_kouwanbousai01.html

3.3.7.2 港湾内の海岸保全施設

(1) 被害調査、現地対応

1) TEC-FORCEとしての活動[1)]

3.3.7.1(1)に示した被害調査において、港湾施設とあわせて港湾内の海岸保全施設に対する被害調査を実施した。3月16日～3月30日にかけて、沿岸海洋研究部及び港湾研究部では7回の調査に延べ8名（うち沿岸海洋研究部からは下記に示す3回の調査に延べ4名）の職員を派遣し、津波痕跡及び海岸保全施設を含む港湾の施設被害の状況調査を行った。いずれの調査も(独)港湾空港技術研究所と合同で行っている。



(a)八戸港市川地区
（護岸天端高T.P.+5.4m、近傍浸水高T.P.+8.38m）
写真-3.3.7.8 倒壊した護岸の調査状況

写真-3.3.7.8は八戸港市川地区で倒壊した護岸を調査している状況である。調査結果は、速報としてホームページに掲載されるとともに、他部や(独)港湾空港技術研究所の調査結果とあわせて報告書[1)]にとりまとめた。

（調査の概要：沿岸海洋研究部派遣分）

① 平成23年3月16日～19日　1名の職員を釜石港及び大船渡港の津波被害調査に派遣
② 平成23年3月16日～19日　2名の職員を八戸港及び久慈港の津波被害調査に派遣
③ 平成23年3月27日～30日　1名の職員を釜石港及び宮古港の津波被害調査に派遣

（調査速報）

① 平成23年3月24日　釜石港及び大船渡港の津波被害調査
② 平成23年3月24日　八戸港及び久慈港の津波被害調査
③ 平成23年3月31日　釜石港及び宮古港の津波被害調査

2) 海岸保全施設の被害状況調査[2)]

6月16日～9月1日にかけて、沿岸海洋研究部より下記に示す3回の調査に延べ6名の職員を派遣し、海岸保全施設の被害調査を行い、被害状況を把握するとともに、被災原因について可能な限り究明し、その結果を国総研資料にとりまとめた。

海岸保全施設には、堤防、護岸、胸壁等があげられるが、このうち胸壁は港湾区域または漁港区域を中心に設置されていると言う特徴がある。このため港湾区域に設置された海岸保全施設に着目して現地調査を行い、とくに胸壁に着目して被害状況・被害原因をとりまとめることとした。**写真**-3.3.7.9は海岸施設の被災事例を示している。

（調査の概要）

① 平成23年6月16日～6/17日　2名の職員を大船渡港の海岸保全施設の被害調査に派遣
② 平成23年7月19日～7/20日　2名の職員を気仙沼港の海岸保全施設の被害調査に派遣
③ 平成23年8月30日～9月1日　2名の職員を雄勝港・女川港・荻浜港・石巻港・松島港の海岸保全施設の被害調査に派遣

（調査速報）

① 平成23年6月27日　大船渡港の海岸保全施設の被害調査
② 平成23年8月15日　気仙沼港の海岸保全施設の被害調査
③ 平成23年10月31日　雄勝港・女川港・荻浜港・石巻港・松島港の海岸保全施設の被害調査

調査結果をもとに、岩手県から宮城県の7港20地区の海岸保全施設等を対象として、胸壁及び護岸を中心に軽微な被害から比較的大きな被害までの状況を把握した。

胸壁については、「堤体の破壊」に関する被害の類型としては、1-①クラック発生、1-②漂流物の衝突による欠損、1-③打ち継ぎ面等での堤体上部の切断が生じていた。被害程度は、①から③へ番号が多くなるほど大きくなっていた。「地盤の洗掘・堤体の変位」に関する被害の類型としては、2-①前面または背面地盤の軽微な洗掘舗装被害、2-②匹並みの流れによる広範な地盤流失、2-③波力、地盤洗掘等の複合作用で堤体が倒壊、2-④地域全体の地盤沈下でかさ上げが必要な状態の発生がみられた。「運用



(a)堤体が陸側に倒壊した事例（大船渡港海岸茶屋前地区）
（胸壁天端高 T.P.+3.40、近傍痕跡高 T.P.+8.07）



(b)堤体が海側に倒壊した事例（大船渡港海岸永浜地区）
（胸壁天端高 T.P.+3.00、近傍痕跡高 T.P.+10.02）



(c)海側に洗掘された事例（釜石港海岸須賀地区）
（胸壁天端高 T.P.+4.00、近傍痕跡高 T.P.+8.64）

写真-3.3.7.9 海岸保全施設の被災事例

上の機能不全」に関する被害の類型としては、3-①フラップボードの開閉不全等が生じていた。この他、既往の調査結果から久慈港の胸壁被災事例では、3-②陸閘破損により通行が阻害される状況の発生がみられた。

(2)被災分析・復旧対策対応

国土交通省が設置した審議会や検討委員会における審議に活用するため、東日本大震災での港湾の被害等に関するデータ整理、情報提供等を(独)港湾空港技術研究所とともに行った。

1) 交通政策審議会港湾分科会防災部会

交通政策審議会港湾分科会防災部会は、平成23年5月2日に「港湾における津波対策のあり方」についての国土交通大臣の諮問を受けて設置され、平成24年6月までに部会を6回開催し、平成24年6月13日に「港湾における地震・津波対策のあり方」[3]を答申した。国総研では、部会資料のとりまとめにあたり様々な情報提供するなどの支援を(独)港湾空港技術研究所と共同で実施している。

3.3.7.1(5) 2）に示したように、港湾では海外線に施設が存在し、利用の面から海岸線付近に堤防、護岸等を設置することが困難な場合が多いので、胸壁を設置することが多い。あわせて沖合の防波堤に堤内の水位上昇を低減させる機能を持たせて、背後地の施設と一体となって背後地の人命、資産を防護する考え方が一般的である。港湾内に設置される海岸保全施設についても、防護の考え方は共通であり、被災メカニズムや最大クラスの津波に対する粘り強い構造についての考え方などの検討の成果は参考にする必要がある。

2) 海岸における津波対策検討委員会

海岸における津波対策検討委員会では、平成23年4月から平成23年11月の間に4回開催し、平成23年11月に委員会提言として「平成23年東北地方太平洋沖地震及び津波により被災した海岸堤防等の復旧に関する基本的な考え方」[4]を公表した。

港湾では、前述の1）に示したように、胸壁を設置することが多い。あわせて沖合の防波堤に堤内の水位上昇を低減させる機能を持たせて、背後地の海岸保全施設と一体となって背後地の人命、資産を防護する考え方が一般的である。このため、胸壁に関する被災情報を整理するとともに、今後の検討課題

等について提案を行い、検討委員会報告に反映された。胸壁の被災要因分析に協力するとともに、その対策について技術課題も含めて整理した。

謝　辞

現地調査にあたっては、東北地方整備局に多大なる便宜を図っていただくとともに、釜石港湾事務所長尾憲彦副所長及び港湾空港部港湾計画課鮎貝基和係長には海岸保全施設の被害状況調査に参加していただいた。また、交通政策審議会港湾分科会防災部会の委員各位には答申のとりまとめにあたり熱心に御議論いただいた。海岸における津波対策検討委員会の委員各位には基本的な考え方のとりまとめにあたり熱心に御議論いただいた。ここに記して深甚なる謝意を表する。

参考文献

1) 高橋重雄、戸田和彦、菊池喜昭、菅野高弘、栗山善昭、山﨑浩之、長尾毅、下迫健一郎、根木貴史、菅野甚活、富田孝史、河合弘泰、中川康之、野津厚、岡本修、鈴木高二朗、森川嘉之、有川太郎、岩波光保、水谷崇亮、小濱英司、山路徹、熊谷兼太郎、辰巳大介、鷲崎誠、泉山拓也、関克己、廉慶善、竹信正寛、加島寛章、伴野雅之、福永勇介、作中淳一郎、渡邉祐二：2011年東日本大震災による港湾・海岸・空港の地震・津波被害に関する調査速報、港湾空港技術研究所資料、No.1231、200p.、2011
2) 熊谷兼太郎、渡邉祐二、長尾憲彦、鮎貝基和：2011年東北地方太平洋沖地震津波による海岸保全施設の被害調査、国土技術政策総合研究所資料No.658、39p.、2011
3) 港湾における総合的な津波対策のあり方（答申）：交通政策審議会港湾分科会防災部会、2012
4) 海岸における津波対策検討委員会：平成23年東北地方太平洋沖地震及び津波により被災した海岸堤防等の復旧に関する基本的な考え方、2011

参考になるホームページアドレス

1) 国土技術政策総合研究所ホームページ：東日本大震災関連情報
http://www.ysk.nilim.go.jp/oshirase/uc.html
http://www.nilim.go.jp/lab/bbg/saigai/h23tohoku/index.html
2) 国土交通省：交通政策審議会港湾分科会防災部会
http://www.mlit.go.jp/policy/shingikai/s303_kouwanbousai01.html

3.3.8 空港分野

(1) 被害の概要

東北地方太平洋沖地震において、仙台空港のある名取市、岩沼市では震度 6 強を観測した。

地震直後の 14 時 47 分頃、国土交通省東京航空局仙台空港事務所の職員が空港内の緊急点検を開始したものの、14 時 49 分に宮城県沿岸に津波警報（大津波：6m）が発表されたため、緊急点検を中止し、事務所庁舎へ避難した。その後、15 時 14 分に予想される津波高さが「10m 以上」に修正され、15 時 59 分頃、津波が仙台空港に到達した。

地震翌日の 3 月 12 日 14 時頃の仙台空港の状況を**写真-3.3.8.1** に示す。この時点では、標高の高い B 滑走路は既に舗装面が露出しているものの、着陸帯及び A 滑走路周辺が水没していることがわかる。A 滑走路周辺は空港内でも標高が低いことから、水没した状態が長期間続いたものと考えられる。

国総研は、航空局及び（独）港湾空港技術研究所と合同で、3 月 21 日から 27 日の間、主に空港基本施設（滑走路・誘導路・エプロン等）のアスファルト舗装及びコンクリート舗装を対象に調査を実施し、舗装の被害の確認および評価ならびに暫定供用までに補修すべき箇所の抽出を行った。仙台空港の全体図と被害状況を**図-3.3.8.1** に示す。以降では、滑走路、誘導路及びエプロンの被害について詳述する。

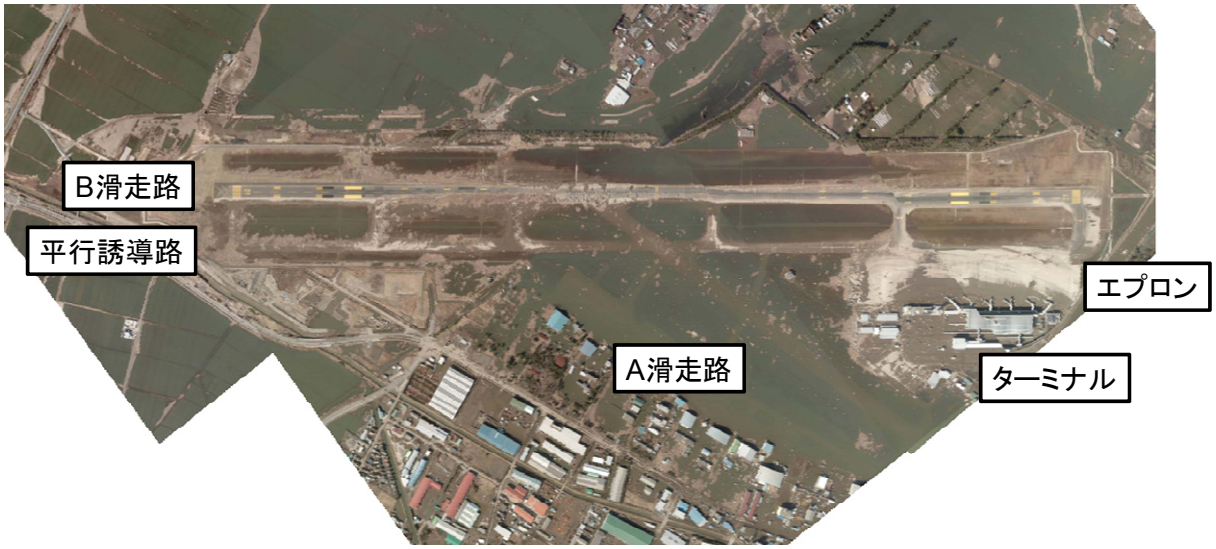


写真-3.3.8.1 仙台空港の状況（平成 23 年 3 月 12 日 14 時頃、国土地理院撮影）

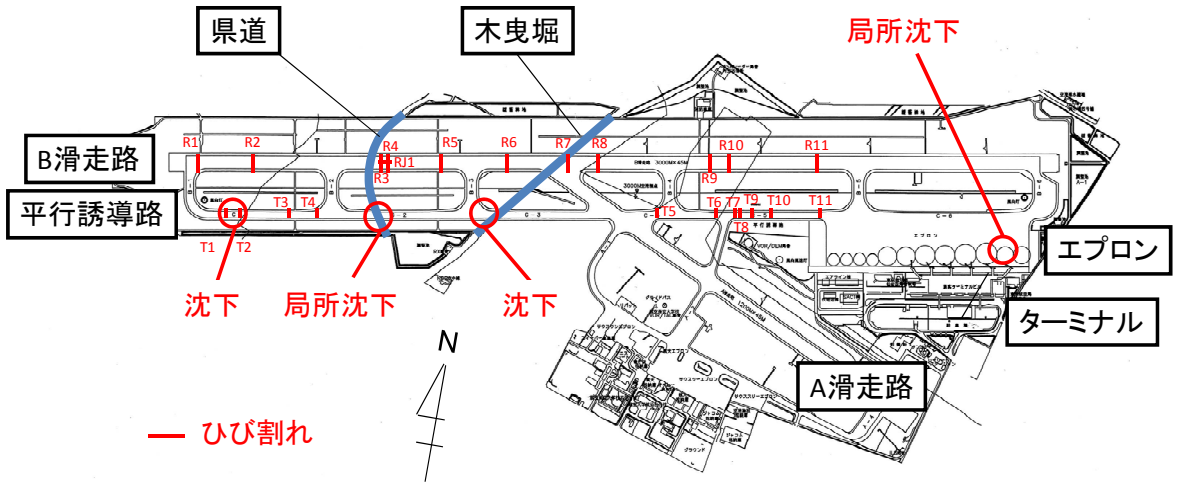


図-3.3.8.1 仙台空港全体図と舗装に関する被害状況

(2) 滑走路の被害

仙台空港の 2 本の滑走路はアスファルト舗装であるが、A 滑走路については、津波により空港に漂着した車両の仮置場等に用いられていたこと、暫定供用のためには B 滑走路の再開が優先されることから、B 滑走路について調査を実施した。

B 滑走路の目視調査を実施したところ、**図-3.3.8.1** に示した通り、計 12 本のひび割れが確認された（地震発生前に発生していたと考えられるひび割れを除く）。ひび割れ幅は最大で 5mm 程度、段差は最大で 5mm 程度であり、航空機の走行の支障になると考えられるひび割れは確認されなかった。また、ほとんどのひび割れは滑走路全幅にわたって横断方向に貫通していた。ひび割れ部三か所においてコアボーリングを実施したところ、どのコアにおいてもひび割れはアスファルト混合物層（表層、基層、アスファルト安定処理上層路盤）を貫通していることが確認された。

空港の地下を南北に縦断する県道と B 滑走路が交差する箇所（以下、県道周辺部）、木曳堀と B 滑走路が交差する箇所（以下、木曳堀周辺部）については、地震発生前から液状化の発生が予測されていたため地盤改良が実施済みであり、段差や局所沈下など、平坦性が悪化している箇所は確認されなかった。

(3) 誘導路の被害

平行誘導路及び取付誘導路の目視調査を実施したところ、**図-3.3.8.1** に示した通り、平行誘導路で計 11 本のひび割れが確認された（地震発生前に発生していたと考えられるひび割れを除く）。ひび割れ幅は最大で 3mm 程度であり、いずれのひび割れにおいても段差は確認されなかった。また、ほとんどのひび割れは誘導路全幅にわたって横断方向に貫通していた。

図-3.3.8.2 に示すように、目視調査では①平行誘導路最西の C1 誘導路（以下、C1 部）、②空港の地下を南北に縦断する県道と平行誘導路が交差する箇所（以下、県道周辺部）、③木曳堀と平行誘導路が交差する箇所（以下、木曳堀周辺部）において沈下が確認された。これらは、地震発生前から液状化の発生が予測されていた箇所であり、地盤改良が順次実施されていたが、地震発生時点で未改良であった箇所において局所沈下が発生したと考えられた。

県道周辺部の沈下の状況を**写真-3.3.8.2** に示す。県道周辺部では、県道のボックスカルバートに沿って局所的に沈下していた。沈下形状は未計測であるものの、沈下の幅はボックスカルバートの両側とも 5m 程度、沈下の深さはショルダーで数十 cm 程度であった。

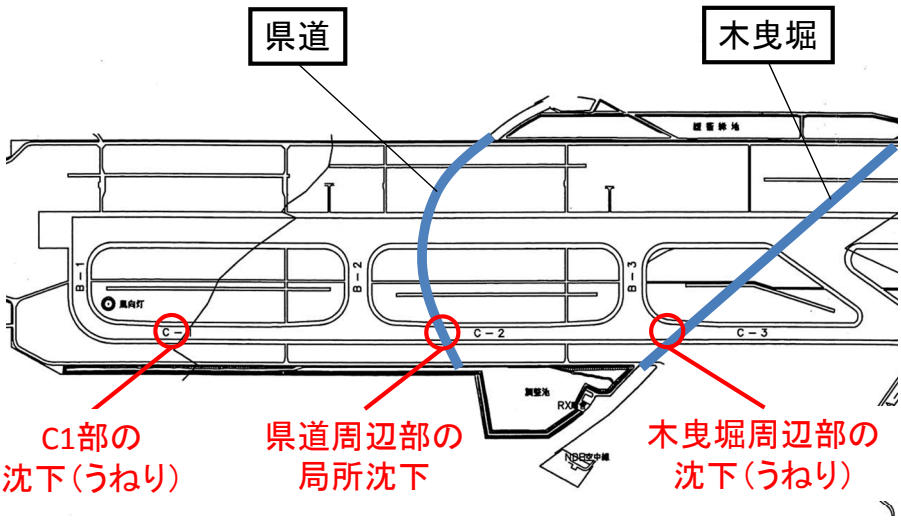


図-3.3.8.2 平行誘導路における沈下確認位置



(a) 県道周辺部のショルダー（手前）と誘導路



(b) 県道周辺部のショルダー（左）と誘導路

写真-3.3.8.2 平行誘導路の局所沈下の状況

(4) エプロンの被害

エプロンは無筋コンクリート舗装（エプロン誘導路の一部は PPC 舗装）であり、路盤の設計支持力係数は 70MN/m^3、コンクリート版厚は 42cm である。

エプロンの目視調査を実施したところ、東側の 1 番、2 番、3 番スポットにおいて多数のひび割れ及び局所沈下が確認された。ひび割れの位置及びエプロンの高さを**図-3.3.8.3** に示す。

エプロンでは、**図-3.3.8.3** における 15 列と 16 列の版の目地を境としてターミナル側及び B 滑走路側に向けてそれぞれ 0.5%の下り勾配が確保されていたが、1 番スポット東側付近、2 番スポット中心線付近および 2 番スポットと 3 番スポットの中間において大きく沈下していた。

エプロンに発生したひび割れの幅は最大で 3mm 程度であり、いずれのひび割れにおいても段差は確認されなかった。また、コンクリート舗装の目地についても段差は確認されなかった。これらのひび割れは局所沈下部周辺に集中していたことから、地震動により発生したものではなく、地盤が液状化し、版が大きく局所沈下したことに起因して発生したと考えられた。

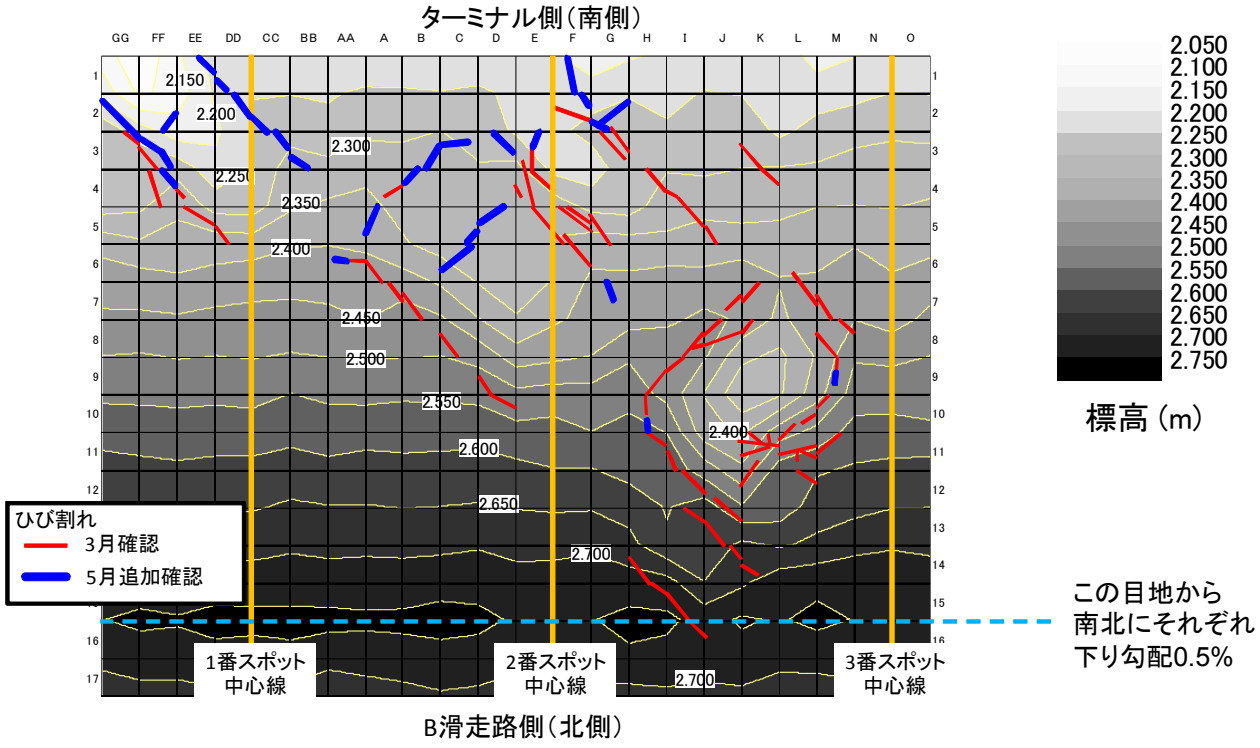


図-3.3.8.3 エプロンのひび割れと高さ（升目は一枚のコンクリート版（7.5m×7.5m）を示す）

(5) 復旧作業

地震発生直後からの仙台空港の復旧作業を時系列にまとめたのが**表-3.3.8.1** である。4 月 13 日の暫定供用開始に向けた復旧作業は次の三段階に分けて実施された。

・第一段階

緊急物資輸送及び救難活動用のヘリコプターの離着陸用として、B 滑走路の東側 600m 及びエプロンの一部の供用開始を目標として瓦礫撤去等が実施され、地震発生から 4 日後の 3 月 15 日に当該範囲の供用が開始された。

・第二段階

緊急物資輸送のための固定翼機の離着陸用として、B 滑走路の東側 1,500m の供用開始を目標として瓦礫撤去等が実施され、地震発生から 5 日後の 3 月 16 日に当該範囲の供用が開始された。その後も継続的に瓦礫撤去等が実施され、地震発生から 18 日後の 3 月 29 日に B 滑走路の 3,000m の供用が開始された。

・第三段階

民間航空機を対象とした暫定供用開始を目標として、前述の調査結果や FWD 試験結果[2)]を参考として、暫定供用開始までに補修する区域を検討した。その結果、エプロンの局所沈下部については当分閉鎖することとし、滑走路及び誘導路のひび割れの補修、平行誘導路の県道周辺部で局所沈下した舗装の打換が実施され、地震発生から 33 日後の 4 月 13 日に国内線臨時便が就航し、東京国際空港からの第一便が着陸した。

暫定供用開始後、エプロンの 3 番スポットについては、7 月 25 日に予定されていた国際線臨時便就航開始に間に合わせるため、カッターによりコンクリート版をサイコロ状に切断することで人為的に落下（落下しない版は、切断後にタイヤローラを走行させることで落下）させることで空洞を埋め、その上にアスファルト混合物を舗設して供用を再開した。その後、沈下したエプロン部については、地盤改良工事及びコンクリート舗装打換工事を実施し、平成 23 年度末までに本格復旧作業を完了した。

表-3.3.8.1 復旧作業の概要

日付	地震発生からの経過日数	事象・対応
3/11	0	14:46　地震発生 14:47　仙台空港事務所が緊急点検開始 14:49　津波警報発令（大津波：6 m） 15:14　津波警報切替（大津波：10 m以上） 15:59　仙台空港に津波到達
3/12	1	20:20　津波警報（大津波）から津波警報（津波）へ
3/13	2	07:30　津波警報（津波）から津波注意報へ 17:58　津波注意報解除 被害状況の確認開始
3/14	3	土砂・瓦礫撤去作業開始
3/15	4	B 滑走路（東側 600m）を暫定供用開始（救難活動用ヘリコプター限定）
3/16	5	B 滑走路（東側 1,500m）を暫定供用開始（緊急物資輸送機限定）
3/20	10	河川局による排水作業開始（一部は 13 日から着手済）
3/29	18	B 滑走路（3,000m）の暫定供用開始（緊急物資輸送機限定）
4/13	33	仙台空港暫定供用開始、国内線臨時便就航
7/25	136	国内線定期便就航、国際線臨時便就航
9/25	198	国際線定期便就航

謝辞

本報告を執筆するにあたり、国土交通省東京航空局空港部土木建築課及び仙台空港事務所、国土交通省東北地方整備局港湾空港部港湾空港整備・補償課及び仙台港湾空港技術調査事務所より種々のデータを提供頂いた。関係各位に深く感謝する。

参考文献

1) 気象庁：災害時地震・津波速報－平成 23 年（2011 年）東北地方太平洋沖地震、災害時自然現象報告書、2011 年第 1 号、2011 年 8 月 17 日.
2) 坪川将丈、水上純一、畑伊織、前川亮太：平成 23 年（2011 年）東北地方太平洋沖地震による仙台空港の舗装に関する被害報告、国土技術政策総合研究所資料、No.680、2012

3.3.9 建築分野

3.3.9.1 被害調査、現地対応

国総研は、(独)建築研究所と合同で、今回の地震で被災した地域への支援要請に備えるとともに、建築物を中心とした被害状況の把握により今後の地震や津波対策に生かすため、3月12日（土）朝9:00から「国土技術政策総合研究所・建築研究所合同建築物震災対応検討会議」を立ち上げ、現地調査も含めた活動を開始した。被害調査は、初動期（地震発生後約2週間）には国土交通省住宅局の要請の調査として、その後は自主調査として、地震動、津波及び火災による建築物等の被害について調査を実施しており、平成24年1月27日まで約10ヶ月間に、青森県、岩手県、宮城県、山形県、福島県、茨城県、栃木県、千葉県、東京都及び神奈川県の被災地に、合計43回、国総研のべ49人、(独)建築研究所のべ91人の職員を派遣した。被害調査の実施状況を**表-3.3.9.1**に示す。

また、把握した被害状況からみて、安全対策となる技術基準の見直し等が必要と考えられたことから、建築構造分野の技術基準原案について有識者に審議いただく「建築構造基準委員会」を4月に設置するとともに、委員会による現地調査を実施した。これら初期段階で把握された地震被害を踏まえ、国が技術基準の策定・見直しを行う際の技術的知見を収集整理するための基準整備促進事業において、基準の設定、見直し等が必要と判断された津波、液状化、天井脱落、エスカレーター落下等による被害に関連した課題を立て、外部の協力を得ながら調査研究を実施した。

表-3.3.9.1 被害調査の実施状況

	時　期	場　所	派遣者数		内　　容	要請元
			国総研	建研		
1	平成 23 年 3 月 12 日	茨城県	1 人	1 人	茨城空港ターミナルビルの天井落下被害を調査	住宅局
2	3 月 14 日	茨城県	－	1 人	液状化に伴う県営住宅（木造住宅）の倒壊危険性調査	関東地方整備局
3	3 月 14 日 －16 日	岩手県 宮城県	1 人	3 人	木造建築物の地震動による被害調査	住宅局
4	3 月 14 日 －15 日	福島県	2 人	2 人	RC 建築物の地震動による被害調査	住宅局
5	3 月 15 日	茨城県	1 人	2 人	建築物全般の地震動による被害調査	住宅局
6	3 月 16 日	茨城県	1 人	3 人	建築物全般の地震動による被害調査	住宅局
7	3 月 23 日	茨城県	1 人	2 人	木造建築物の地震動による被害調査	住宅局
8	3 月 24 日 －26 日	宮城県 福島県	2 人	3 人	RC 建築物等の地震動による被害調査	住宅局
9	3 月 24 日 －25 日	福島県 栃木県	1 人	1 人	木造建築物の地震動による被害調査	住宅局
10	3 月 24 日	茨城県 千葉県	1 人	2 人	宅地地盤の地震動による被害調査	住宅局
11	3 月 25 日	茨城県	－	4 人	木造建築物の地震動による被害調査	住宅局
12	3 月 30 日 －31 日	茨城県	1 人	1 人	鉄骨造建築物の地震動による被害調査	
13	3 月 30 日 －31 日	茨城県	－	3 人	鉄骨造建築物の地震動による被害調査	
14	3 月 30 日 －4 月 2 日	岩手県 宮城県	2 人	3 人	建築物全般の津波による被害調査	
15	3 月 31 日	千葉県	1 人	1 人	液状化による一般住宅の復旧調査	関東地方整備局
16	3 月 31 日 －4 月 3 日	宮城県 岩手県	1 人	－	国土交通省による被災状況把握及び緊急復旧のための現地調査	
17	4 月 6 日 －9 日	岩手県 宮城県	1 人	4 人	建築物全般の津波による被害調査。 港湾空港技術研究所と共同実施。	
18	4 月 6 日 －9 日	宮城県	3 人	3 人	木造建築物の津波による被害調査	

19	4月8日 −10日	宮城県	−	1人	建築物の地震動による火災の被害調査。東京理科大と共同実施。	
20	4月11日 −12日	茨城県	1人	2人	鉄骨造建築物の地震動による被害調査	
21	4月12日	茨城県	−	2人	鉄骨造建築物の地震動による被害調査	
22	4月15日 −16日	宮城県 福島県	2人	1人	宅地地盤の地震動による被害調査	
23	4月20日 −22日	宮城県 岩手県	3人	−	建築物の地震動による火災の被害調査	
24	4月21日 −22日	宮城県 福島県	3人	2人	国土技術政策総合研究所の建築構造基準委員会（委員長：久保哲夫東京大学教授）が行う建築物被害調査	
25	4月21日	茨城県	1人	4人	木造建築物の地震動による被害調査	
26	4月24日 −26日	宮城県	−	2人	建築物の地震動による火災の被害調査	
27	4月26日 −28日	青森県	2人	−	建築物の地震動による火災の被害調査	
28	4月27日 −29日	宮城県 栃木県	1人	4人	木造建築物の地震動による被害調査	
29	5月11日 −14日	福島県 茨城県 栃木県	1人	4人	RC建築物の地震動による被害調査	
30	5月24日 −27日	岩手県 宮城県	1人	6人	木造建築物の津波による被害調査	
31	6月1日 −2日	宮城県 山形県	2人	3人	免震建築物の地震動による被害調査	
32	6月27日 −30日	宮城県	−	2人	建築物全般の津波による被害調査。 ASCEとの共同調査。	
33	6月30日 −7月2日	岩手県	1人	1人	建築物全般の津波による被害調査。 ASCEとの共同調査。	
34	6月30日	茨城県	−	2人	鉄骨造建築物の地震動による被害調査	
35	7月1日	茨城県	1人	2人	鉄骨造建築物の地震動による被害調査	
36	7月4日	東京都	2人	1人	免震建築物の地震動による被害調査	
37	7月6日	茨城県	1人	2人	鉄骨造建築物の地震動による被害調査	
38	7月8日	宮城県	2人	1人	免震建築物の地震動による被害調査	
39	8月29日 −30日	宮城県	1人	−	耐火建築物の地震動による火災被害調査。 国土交通省営繕部と共同実施。	
40	8月31日 −9月1日	宮城県	1人	2人	建築物全般の地震動による被害調査。 アメリカ人研究者チーム（UJNRメンバー）との共同調査。	
41	9月22日 −24日	宮城県	1人	2人	木造建築物(公営住宅)の津波による被害調査	
42	10月13日 −16日	宮城県	1人	5人	木造建築物の津波による被害調査	
43	11月30日	神奈川県	2人	1人	免震建築物の地震動による被害調査	

3.3.9.2　地震による建築物の被害

地震による建築物の被害については、まず地震動そのものについて建築物及び地盤等での観測記録に基づき分析を行った。また、鉄筋コンクリート造、鉄骨造、木造、免震構造の各種構造分野のほか、地盤の液状化、非構造部材について、現地被害調査及びその結果に基づく詳細分析等を実施した。概要を以下に示す。

(1) 地震動及び応答の分析

観測記録の分析を行い、以下の特徴が確認された。

本震の広い震源域の破壊過程に起因する、長時間かつ高レベルの強震記録が広範囲で多数観測された。また，その後に続いて発生した多くの大規模余震においても、多くの大振幅記録が得られた。被災地を中心に記録された地震動の変位応答スペクトルについては，特定の周期帯域に限定すれば、過去の地震における大きなレベルのものと同程度であった。長周期地震動に関しては、被災地および首都圏において周期４秒以上の成分は特別大きいものではないものの、**図-3.3.9.1** に示す通り、埼玉や大阪など震源から遠く離れた地点で長周期成分が卓越した地域がいくつかあった。特に、大阪府湾岸の超高層建築物では、上層階（52 階）で最大振幅130cm程度の応答が10分以上継続する記録が得られた。

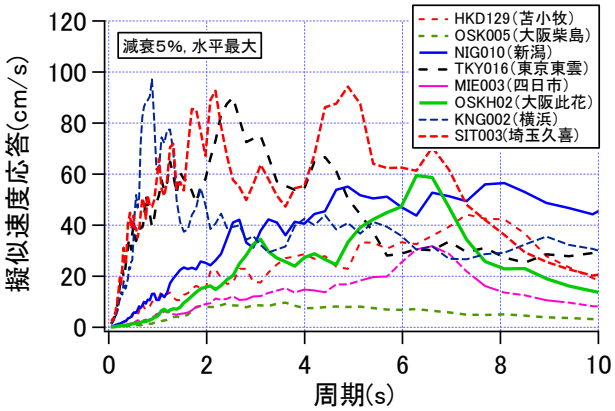
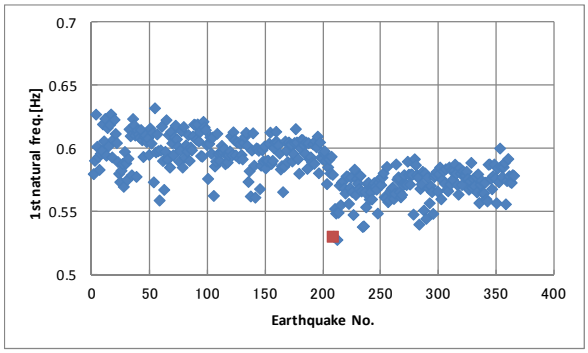
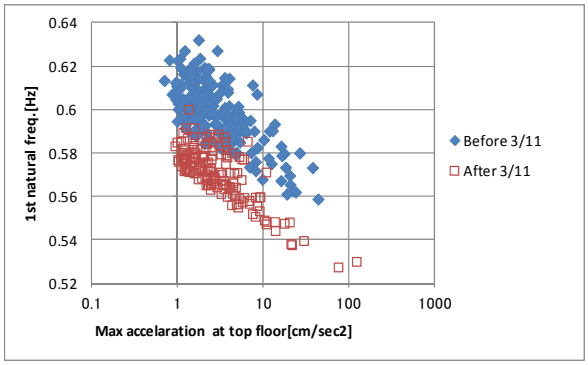


図-3.3.9.1 被災地以外の観測記録の擬似速度応答スペクトル（K-NET 及び KiK-net[3.3.10-1)]）

また、構造の損傷（大破を含む）を受けた際の強震記録が得られた。観測記録を用いたシステム同定解析では、**図-3.3.9.2** に示すとおり本震の前後で一次固有周期や一次減衰定数の変化が確認された。さらに本震発生後に建物及び周辺地盤に地震計を追加設置し、余震を利用した各建築物の挙動確認を行った。これらの観測記録に基づきエキスパンションジョイント部の相対変位の算出、建築物の固有周期や減衰の評価、入力損失の検討などを行った。さらに、天井脱落被害に関して、余震観測結果からこの建築物（体育館）の本震時における入力地震動を推定したところ、天井の吊り元となる屋根面には２Ｇ程度以上の応答加速度が生じることが示され、相当激しく揺れたものと考えられる。



(a) 一次固有周期（■が本震）



(b) 応答加速度と一次固有周期の関係

図-3.3.9.2 鉄骨造建築物（21 階建、東京都内）における本震前後の観測記録の解析結果

その他、強震観測を実施している超高層建築物等において、その建物利用者を対象として，各利用者の地震時の行動や、被害、避難、事前対策の効果などに関するアンケート調査を実施してその結果を整理した。

(2) 鉄筋コンクリート造（RC 造）建築物

RC 造建築物の被害を分類し、1995 年兵庫県南部地震における被害分類と比較した。**表-3.3.9.2** に示す通り、部材レベルの被害としては兵庫県南部地震で報告されたものとほぼ同じ被害が今回でも発生したが、建築物の層（架構）レベルでの破壊に関しては、僅かに発生しただけで非常に少なかった。特に 1981 年以降の現行耐震基準により設計された建築物では、このような層レベルでの被害は見られていない。したがって今回見られた被害を技術基準の観点から見ると、これらの大部分に対しては、これまでの地震被害に基づく技術基準の見直し等により、対処されていると考えられる。

表-3.3.9.2 1995 年（兵庫県南部地震）と 2011 年（東北地方太平洋沖地震）で確認された RC 造建築物の被害分類の比較

	1995 年兵庫県南部地震で見られた被害[3.3.10-2), 3.3.10-3)]	被害の有無	
		1995	2011
部材レベルの破壊	1) 柱のせん断破壊	○	○
	2) 柱の曲げ圧壊	◎	◎
	3) 柱頭・柱脚の曲げ破壊（含：引張・圧縮の軸力による破壊）	◎	◎
	4) 柱段落とし部の軸降伏	◎	—
	5) 柱帯筋端部 90°フックの定着破壊	○	○
	6) 柱や梁の付着割裂破壊	○	○
	7) 梁のせん断破壊（含：有開口）	◎	○
	8) 壁のせん断破壊（含：有開口）	◎	◎
	9) 壁の曲げ破壊	◎	◎
	10) 柱はり接合部のせん断破壊	◎	△
	11) 鉄筋のガス圧接部の破壊	○	—
	12) 集合住宅の非構造壁の損傷	◎	◎
架構レベルの破壊	13) ピロティ階の崩壊・大破	◎	○
	14) 壁の偏在に起因するねじれ応答による隅柱等の破壊	○	○
	15) 低層建築物での中間の特定階の崩壊または大破	○	○
	16) 中高層建築物での中間の特定階の崩壊または大破	○	—
	17) セットバックの影響による層崩壊	○	—
	18) 建築物全体の転倒	○	—
	19) パンケーキ状の崩壊	○	—
	20) 隣接建物との衝突	○	—
	21) 異種構造間での破壊	◎	—
	22) ペントハウスの傾斜、転倒、落下	○	○
	23) プレキャストコンクリート屋根の落下	○	—

注：「被害の有無」欄は、該当する被害が見られた場合に○を、見られなかった場合に－を記す。なお、破壊には至らない程度の損傷の場合には△を、現行耐震基準により設計された建築物に被害が見られたものには◎を記す。

1981 年以前の旧耐震基準で建設された RC 造建築物 11 棟を対象に、被災度区分判定[4)]を含む詳細調査を実施した。11 棟の被災度の内訳は大破と中破がそれぞれ 4 棟ずつ、小破が 3 棟である。明らかに軸変形が分かるような短柱のせん断破壊（**写真-3.3.9.1**）や耐力壁のせん断破壊のような重大な構造被害を受けた建築物もあれば、構造部材の損傷は比較的軽微であっても、非構造壁の破壊（**写真-3.3.9.2**）、内外装材の落下、方立て壁のせん断破壊などの非構造部材の被害、並びに、それに伴う落下危険物の存在により、継続使用を見合わせたケースも確認された。既存建築物の地震時における機能維持のためには、耐震改修を行って構造安全性を確保するのみならず、非構造部材の損傷軽減も重要であることを改めて示したものといえる。



写真-3.3.9.1 短柱のせん断破壊



写真-3.3.9.2 非構造壁のせん断破壊

さらに、短柱のせん断破壊により大きな被害を受けた建築物については、腰壁・垂れ壁に構造スリットを設けることで等価１自由度の応答では十分靭性が期待できる変形角に収まる解析結果となることを確認した。すなわち、建築物全体の補強を含めた耐震改修工事が工期、予算、耐用年数等の観点から困難な場合は少なくないが、純ラーメン部分に一定以上の強度と靭性能が確認できれば、あくまで応急的な処置ではあるが、構造スリットを設ける工事を先行させることで地震被害の軽減に効果があると考えられる。

一方、偏心の大きな建築物について、耐力割増また

は偏心改善を行った建築物モデルを作成して地震応答解析を実施した結果、耐力割増モデルではねじれ挙動の改善効果はほとんど確認できなかった。一般に偏心が大きな建築物に対しては、単に耐力を割り増すのではなく、まず偏心の改善について検討することが推奨される。

(3) 鉄骨造（S造）建築物

S造建築物については、被災地域における現地調査の結果を踏まえて、工場や倉庫建築物の類型と見られる学校体育館を対象として、旧耐震基準及び現行耐震基準により設計された学校体育館の構造形式の比較のほか、耐震改修済み学校体育館も含めて、被害の状況について詳細に分析を行った。その結果は以下のとおりである。

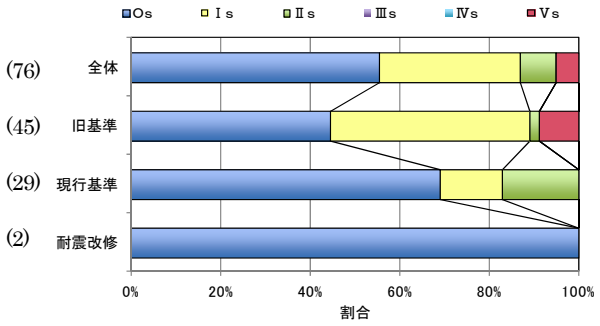
旧耐震基準の学校体育館（55棟）の構造の被害を6種に分類した。それらのうち①鉛直ブレース材の座屈・破断と接合部の破断及び②ラチス柱の斜材の座屈は大破に分類される被害であり、その棟数は4棟（被害率1割弱）であった。この被害率は、2004年新潟県中越地震の同様の調査[5)~7)]における旧基準の体育館の被害率（3割程度）よりも小さい。これらの旧耐震基準の体育館は、現行耐震基準で設計されている体育館に比べれば、ブレース部材や柱部材で耐力が不足していることや、接合部の保有耐力接合が行われていないことが考えられ、これらが主な被害原因になっているものと思われる。今回の調査では、ブレースの補強による耐震改修が行われていた体育館では、ほとんど無被害であったことから、適切な耐震改修によって、被害を軽減することが可能と考えられる。

一方、現行耐震基準の体育館（29棟）の構造被害には上記①②は見られないが、他の被害形式である③RC造柱とS造屋根の接続部（支承部）のコンクリートの剥離、ひび割れ、④屋根面水平ブレースのたわみ、座屈、破断、⑤柱脚コンクリートのひび割れ及び⑥その他（床束の転倒等）の被害があった。ただし、これらの被害の被災度区分判定[4)]の結果は、ほとんどが小破であり、1棟のみが中破と判定された。旧耐震基準と現行耐震基準の被害率を比較すると、現行耐震基準では小破以上の被害率が少なく、大破と判定されたものもなかった。なお上記の被害のうちでは**写真-3.3.9.3**に示すような③の支承部（接合部）被害に分類されるものが比較的多く見られたが、これらについては、例えば日本建築学会「各種合成構造設計指針」[8)]に破壊形式とその対策が記されている。また、RC造柱や妻壁部分とS造屋根の接続部(支承部)の設計法としては、耐震診断や補強設計で用いられている方法として、最上層における建物の保有水平耐力から、屋根面に作用する震度を求め、地震力が屋根面に均等に作用するとして、屋根の面積比に応じて屋根面せん断力を算定して設計する方法や、略算的な方法として、屋根面が伝達すべき重量に0.55×Ai×Fesを乗じて必要耐力を計算し、それに対して屋根面水平ブレースや接続部を設計する方法等、がある[10)]。このような方法に基づき適切な設計を行うことで、この部位の地震被害を軽減することができると考えられる。

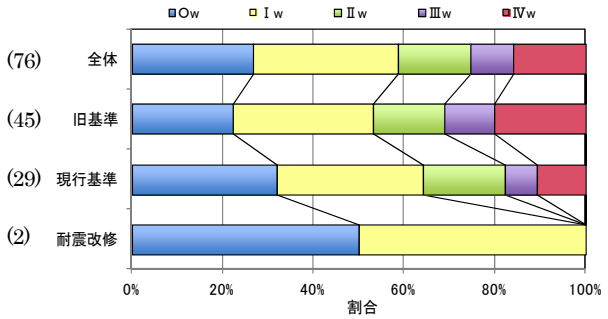


写真-3.3.9.3 RC造柱とS造屋根接続部（支承部）の被害例

上記のほか、体育館の非構造部材の被害に関して、旧耐震基準の体育館では、天井、照明の脱落、外壁の脱落、内壁の脱落、軒天の脱落、窓ガラスの破損など、比較的大きな被害が観察され、天井が広範囲に脱落したものが4棟程度あった。また、現行耐震基準の体育館については、天井の破損や脱落の被害が比較的多く観察された。天井被害に関しては、旧耐震基準と現行耐震基準に被害の傾向に大きな差はないが、非構造部材の被災度区分でⅡw以上の比較的大きな被害の割合は、現行耐震基準の方がやや多くなっていた。



(a) 構造骨組の被災度区分



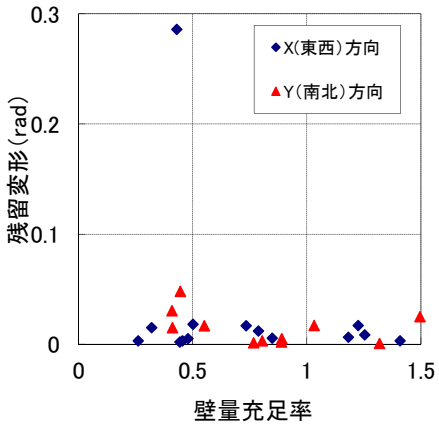
(b) 非構造部材の被災度区分

図-3.3.9.3 設計基準毎の被災度区分の割合（最左列()内の数字は棟数を示す）

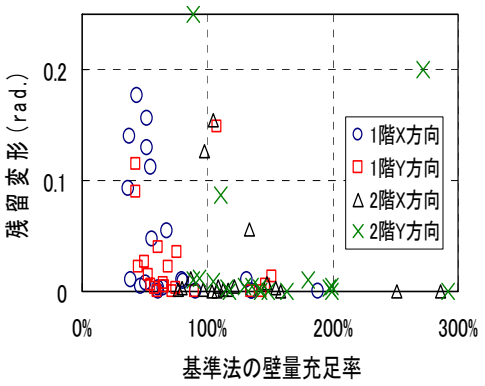
(4) 木造建築物

木造建築物については、宮城県大崎市、福島県須賀川市、栃木県那須郡那須町、茨城県常陸太田市、那珂市などで地震動による被害が多く確認された。宮城県栗原市では、震度７を記録したにもかかわらず、木造建築物の被害は過去に震度７を記録した地震と比べて大きくない結果となった。構造躯体以外の被害として、造成宅地の地盤変状による被害が宮城県仙台市、栃木県矢板市などで大きく、被害棟数もそれなりに多かった。また屋根瓦の被害などは、地震が頻繁に発生する宮城県よりも、むしろ福島県、茨城県の方が多いという印象であった。その他、低湿地や水田を埋め立てたなどの宅地では、地盤変状が発生しなくても地震動が増幅した可能性があることが、宮城県栗原市、大崎市、栃木県那須町、茨城県常陸太田市、那珂市、常総市、龍ヶ崎市などで看取された。

木造建築物の被害の詳細調査として、比較的被害が大きかった地区の十数棟について建築物の構造仕様、耐震要素の配置などとその被害状況について調査し、壁量充足率（法令上必要とされる耐力壁の量を１とした場合の調査建築物に存在する耐力壁の量の比率を示したもの）と残留変形との関係について検討を加えた。今回の詳細調査結果からは、建築物の残留変形が小さかったこともあり、**図-3.3.9.4** (a)に示す通り、壁量充足率と残留変形との間に明確な傾向は読み取れなかった。なお、偏心率と残留変形との関係についても同様の結果が得られている。比較のため**図-3.3.9.4** (b)として併記した 2004 年新潟県中越地震における同様の検討結果[11]では壁量充足率が大きくなると残留変形が減少する傾向が見られたが、この理由としては、2004 年新潟県中越地震と比較して今回の調査地域が震度７の地域を含んでいない（６弱～６強）こと、木造建築物の被害に関連する地震動の特性の違いなど、いくつかの要因が考えられる。ただし、調査物件数が少ないため断言はできない。



(a) 2011 年東北地方太平洋沖地震（1 階のみ）



(b) 2004 年新潟県中越地震（震度７）[11]

図-3.3.9.4 壁量充足率と残留変形の関係

さらに、木造建築物の被害が大きな地域で得られた強震記録[1),12)]（JMA 古川三ヶ日、K-NET 古川、K-NET 石巻、K-NET 大宮のそれぞれ NS、EW 方向計８波）を用い、２階建て木造住宅を想定した建築物モデルに対して、各階の壁量充足率をパラメータとした地震応答解析を実施した。結果として JMA 古川三ケ日および K-NET 古川の入力に対して、壁量充足率が 1.0 より小さくなると急激に応答が増大し、最大応答変位 1/10rad を超え

るものが見られた。一方、K-NET 石巻、K-NET 大宮の入力に対しては、壁量充足率が 0.6 程度でも、最大応答変位は 1/10rad を超えなかった。この結果と詳細調査による木造建物の被害状況を比較すると、宮城県石巻市、茨城県那珂市、常陸太田市の被害状況は解析結果と概ね一致するが、宮城県古川市の被害状況は解析結果よりも被害が小さいといえる。

(5) 免震建築物

宮城県内の 16 棟及び山形県内の１棟の免震建築物（事務所や医療機関など）を対象に、現地調査を実施した。いずれも構造躯体に損傷は生じておらず、震度６弱を超える大地震に対しても、免震構造として十分な性能を発揮したものと考えられる。ただし、エキスパンションジョイントや、その周辺のカバー等の中には、地震時の免震層の水平変形に追従できずに、破損（**写真-3.3.9.4**）や脱落を生じたものがあり、設計上想定していない被害となった場合があった。調査した免震建築物のうち８棟で、地震時の免震層の変位を確認できるよう罫書き式の変位計が設置されており、多くは 20cm 程度の変形を確認したが、40cm 程度の大きな変形を生じているものもあった。また免震部材のうち、特に鉛ダンパーにおいて、断面欠損と見られるひび割れ（**写真-3.3.9.5**）が生じており、実際に交換されたものもあった。また、鋼材ダンパーにおいては、表面の塗装の剥がれ落ちや、鋼材部分の残留変形が見られたものがあった。これらの変状は、3 月 11 日の本震を含む今回の一連の地震で生じたものと考えられる。さらに一部の免震部材で、取付部等の表面にさびなどが生じているものがあった。また、津波被害を受け免震層が冠水した建築物もあった。これらの建築物においては、免震性能が低下したという報告はなく、直ちに免震性能に影響はないものと思われるが、免震部材本体及び接合部の耐久性を評価するための適切な維持管理が必要であると考えられる。なお、関東地方の免震建築物３棟でも同様の調査を実施し、応答や損傷の程度は小さいものの同様の傾向が見られている。

免震層周辺及び免震部材において、地震後の現地調査等で被害が見られた部分のうち、免震部材（ダンパー）及びエキスパンション部それぞれについての対策等が、一般社団法人日本免震構造協会の報告書[13]にまとめられており、参考にできる。

小規模な免震建築物である戸建て免震住宅について、宮城県内の 10 棟を対象とした現地調査を実施した。これらの免震住宅の周辺では計測震度 5.5（６弱）～6.2（６強）の地震動が観測されているが、いずれも構造躯体に損傷は生じておらず、免震構造として十分な性能を発揮したものと考えられる。ただし、構造躯体以外では、玄関口周辺の階段部分の被害、地震の振動や津波の作用による建物外周の基礎立上り部分のブロックの破損、免震層の応答に追随できない外構部分の被害があった。罫書き式の変位計の記録を確認できたものは５棟あり、その多くで最大変形は東南方向に生じ、数値は 10cm 程度のものから、35cm 以上の軌跡を描いたものがあった。



写真-3.3.9.4 衝突等によるカバーの破損



写真-3.3.9.5 鉛ダンパー屈曲部の変状

上記を含め、免震建築物で実施されている地震観測及び罫書き式変位計等で記録された地震時挙動を整理した。観測記録を整理した範囲では、免震層下部の最大加速度は、福島県の建築物[14]で最も大きく、続いて、宮城県、茨城県の順となり、東京都や神奈川県では小さくなっていた。**図-3.3.9.5** に示す通り、免震層下部の最大加速度が大きくなるにつれて、免震層上部の最大加速度との比率が小さくなる傾向にあった。加速度記録を用いて計算した免震層の変位軌跡は、宮城県では円形に近い形状を、福島県では東西方向で特に大きくなる形状を描いた。免震層の原点からの最大変位は、福島県の建築物で最も大きく、24.5cm であった。また、

図-3.3.9.6 に示す通り、免震層の最大変位は、最寄りの地震観測記録の計測震度と良い相関が見られた。罫書き式変位計の設置は、免震層の応答性状を直接確認できるだけでなく、変位軌跡を解析結果と照合することで、解析の妥当性の検証にも利用することが可能であり、非常に有効である。

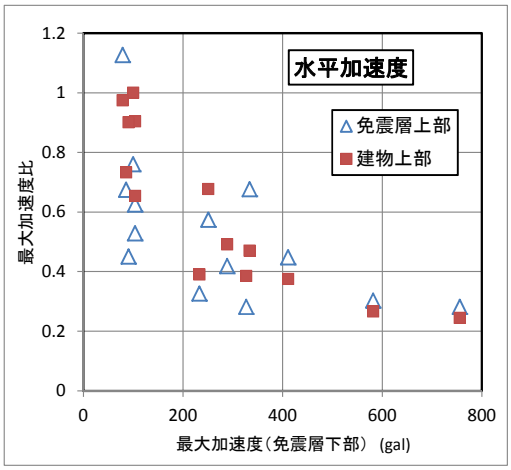
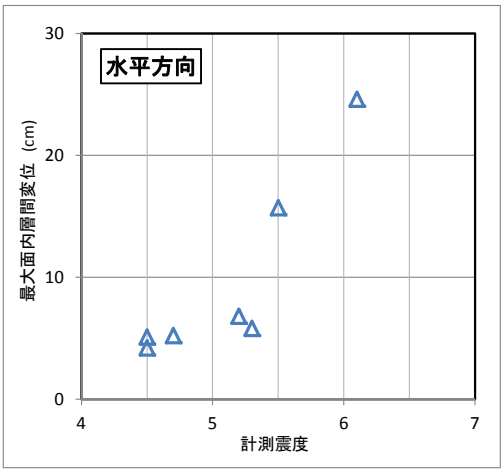
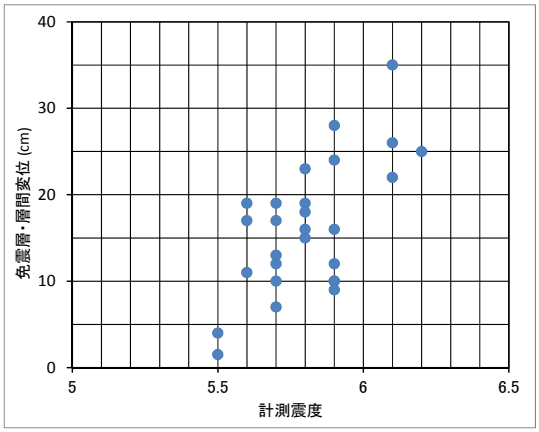


図-3.3.9.5 免震層下部に対する免震層上部および建物頂部の最大加速度比



(a) 一般の免震（計測震度は観測値）



(b) 免震住宅（計測震度は最寄りの観測点）

図-3.3.9.6 地震動の計測震度と免震層の最大面内層間変位の関係

免震建築物の居住性等について、免震・非免震建築物での居住者・使用者アンケートを実施した。免震建築物では、揺れをやわらげる免震の効果が発揮され、建築物居住者・使用者の恐怖感や不快感が低減され、行動難度についても、免震では「行動できない」とする回答が少なかった。また家具の状況等を比較した場合、免震では、明らかに食器等の落下、家具の転倒等の室内被害が低減されており、結果として医療施設等では、ライフラインの被害に対して自家発電や非常給水による対応が取られることで、室内被害がなく地震直後から業務を継続して行うことが可能であったことを確認した。ただし、被害が見られた免震建築物もあり、転倒した家具の寸法から推定される加速度は約160cm/s^{2}以上となった。免震建築物の設計に当たってはこうした状況も想定しておくことが望ましい。

(6) 地盤の液状化

地盤の液状化に関して、千葉港及び夢の島における鉛直アレイ強震記録[15)~17)]を対象として1次元有効応力解析を行い、地震動の等価な繰返し回数を推定した。また、推定された等価繰返し回数と地震マグニチュードの関係から、現行の建築基礎構造設計指針[18)]の液状化判定におけるマグニチュードによる補正係数の扱いについて、その妥当性を検証している。

今回の地震における東京湾岸部の地震波形記録は、過去の液状化地盤上のそれに比べて、格段に継続時間が長い。また、液状化発生時刻の前後で、波形の様相（振幅や周期）が大きく異なっている。**表-3.3.9.3** に示す通り、解析によって求めた今回の地震における千葉港および夢の島の液状化に関する地震動の等価繰り返し回数は20～60程度で、1987年千葉県東方沖地震におけるそれの2倍程度と推察される。ただし、いずれの地点・地震でも、等価せん断応力比が小さく、液状化強度曲線を下回ったため、液状化に至らなかった。なお、1995年兵庫県南部地震における神戸市ポートアイランドの液状化に関する地震動の等価繰り返し回数は5～10程度と推察される[19)]。また、本節の解析で用いた千葉港の液状化強度曲線は、当該地震動の等価繰り返し回数（20～50回）の範囲では、室内試験データがなく、これらを外挿して仮定されたものであることに注意を要する。

結果として本節の解析で得られた地震のマグニチュードと液状化に関する地震動の等価繰り返し回数の関係は、**図-3.3.9.7** に示す通り、既往の提案[19)~21)]（外挿を含む）と大きな矛盾がないように見える。ただし、

今後、さらに多面的な検討が必要である。

表-3.3.9.3 液状化に関する等価せん断応力比と等価繰り返し回数の関係

地震	地点	等価繰り返し回数	等価せん断応力比
2011年東北地方太平洋沖地震(M_w = 9.0)	千葉港	20-50	0.12-0.18
	夢の島	30-60	0.10-0.15
1987年千葉県東方沖地震(M_j = 6.7)	夢の島	10-30	0.05-0.08
1995年兵庫県南部地震(M_w = 6.9)	神戸市ポートアイランド	5-10	0.3-0.5

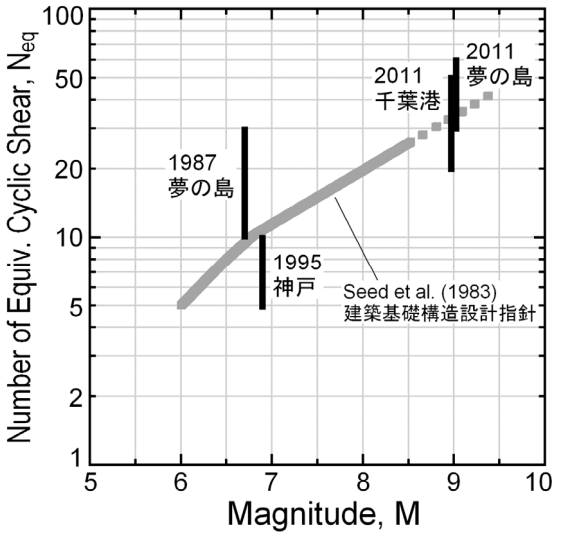


図-3.3.9.7 地震のマグニチュードと地震動の等価繰り返し回数の関係

(7) 非構造部材

非構造部材の被害では、比較的古い構法によるものが多く被害を受けているのが確認された。また、比較的高所に設置された非構造部材の破損・落下も確認された。天井については、システム天井の被害程度が構造骨組の被災度に従って大きくなる傾向が見られ、構造体や、天井の吊り元である屋根の水平ブレースあるいは支承部に目立った損傷が確認された場合に、いずれの天井でも被害程度が大きくなる傾向が見られた（**写真-3.3.9.6**、**写真-3.3.9.7**）。ガラスについては旧耐震基準の屋内運動場の方が現行耐震基準によるものよりも被害程度が大きくなることを確認した。



写真-3.3.9.6 在来工法による天井の脱落被害



写真-3.3.9.7 システム天井の脱落被害

3.3.9.3 津波による建築物の被害

(1) 現地調査および検討の経緯

国総研はこの大震災の全容を把握するには津波被害の実態も把握することが必要であること、復興時に津波避難ビルの構造的要件・位置的要件・機能的要件等に関する情報が必要になること、などの理由により、(独)建築研究所の合同の自主調査という位置付けで総勢27名の津波被害調査班を構成し、平成23年3月17日に第1回津波被害調査検討会議を開催した。津波被害の発災後約3週間が経過した平成23年3月30日から現地調査（第1班）を開始し、合計3回の初動現地調査を実施した。

その後、平成23年度国土交通省建築基準整備促進事業「40. 津波危険地域における建築基準等の整備に資する検討」や平成23年度独立行政法人建築研究所基盤研究「津波避難ビルの構造安全性及び避難安全性に関する基礎的検討」等が開始され、津波避難ビルの建築基準等に関する調査研究が開始された。平成23年度建築基準整備促進事業は、(独)建築研究所と事業採択者である東京大学生産技術研究所との共同研究として実施され、国土交通省は平成23年7月と10月に2度の中間報告の提出を受けた。中間報告では、被害調査結果と被害調査結果に基づいた津波荷重の評価、津波避難ビルの設計要件等が示された。

国土交通省はこれらの中間報告を踏まえて、津波に対し構造耐力上安全な建築物の設計法に係る追加的知見（平成23年11月17日）や津波避難ビル等の構造安全基準である平成23年国土交通省告示第1318号（津波浸水想定を設定する際に想定した津波に対して安全な構造方法等を定める件　平成23年12月27日）を制定した。一方、平成23年5月以降も国総研及び(独)建築研究所は現地調査等を実施し、津波による建築物等の被害の全容把握に努めてきた。とくに木造建築物については、平成23年5月、9月、10月に宮城県と岩手県の現地調査を実施して被害状況を把握し、木造住宅の津波抵抗性能に関する計算方法を検討した。

(2) 鉄筋コンクリート造建築物の被害に関する検討

東北地方太平洋沖地震では、津波によってRC造建築物にも様々な被害が発生したことは特筆すべき事象であった。その一方で、多くのRC造建築物は津波の後も残存しており、特に建設年代が比較的新しいと推測されるRC造建築物ではその傾向が強い。残存したRC造建築物には構造躯体の顕著なひび割れ等は見られず、また、非構造壁なども大きな損傷を受けずにほぼ無被害の状態で残っているものが多い。ただし、そのような建築物においても、開口部の窓ガラスやドアのほとんどは津波によって破壊されていた。

1) 津波避難ビルAにおける検討

建築物Aは宮城県南三陸町に建つ壁式鉄筋コンクリート構造4階建て共同住宅で、2006年に竣工した本建物は外部階段を使って屋上に避難できる構造となっており、津波避難ビルに指定されていた(**写真-3.3.9.8**参照)。

屋上階の床上1m程度まで浸水したが、非構造部材等の被害を除けば建物躯体には地震動によるものも含めて構造的な被害は発生しておらず、津波後も残存していた。建物所在地での津波浸水深は15.4mとされており、本建物周辺では多数の建物が破壊、あるいは流失する被害を受けていた。静水圧による津波水平荷重に対する建物1階の保有耐力の比は1.70となり、建物1階の保有耐力が津波荷重を十分に上回る結果となって、津波襲来後も建物が残存した状況と整合した。



写真-3.3.9.8　津波避難ビルA

2) 建築物Bにおける検討

建築物Bは幅10.5m×奥行4.5m 、建物高さ6.1mの2階建て鉄筋コンクリート構造物(**写真-3.3.9.9**参照)であり、1×2スパンの耐震壁付きラーメン構造物である。本建築物は宮城県女川町に所在し、津波により杭が引き抜かれ、転倒していた。

静水圧により建築物に作用する転倒モーメントに対する建築物の抵抗モーメント(建築物に作用した浮力や杭引き抜き抵抗の影響を含む)の比は 79%程度であり、解析結果は建築物が転倒した実被害結果と整合する。



写真-3.3.9.9　建築物 B

3) 建築物Cにおける検討

建築物Cは宮城県女川町に1993年に竣工した鉄筋コンクリート造 3 階建てと 2 階建ての建物で（**写真－-3.3.9.10** 参照、それぞれ C-1 棟と C-2 棟と称する)、C-1 棟では津波が越流することはなく避難者は救出されたが、C-2 棟では津波が建物高さを超えたため犠牲者が発生した。津波荷重に対する 1 階張間方向の保有耐力の比率は、C-1 棟では 1.12 となり津波襲来後も建物が残存した状況と整合した。一方、C-2 棟では 0.79 となり保有耐力が津波荷重を下回る結果となったが、建物は残存していた。



写真-3.3.9.10　建築物 C

4) 建築物Dにおける検討

建築物 D は宮城県仙台市に所在する鉄筋コンクリート造 3 階建ての建築物であり、津波作用荷重によって外壁および付帯する柱および梁に面外変形が生じた（**写真-3.3.9.11** 参照)。外壁が破壊した区画は 1 階床から屋上階まで吹抜けとなっており、桁行外構面の 4 スパンであった。

本建築物では建築物全体ではなく外壁のみ破壊しており、壁板に想定する破壊線に応じて津波により崩壊荷重が変化する。そこで、本検討では耐力壁における計測結果等から破壊面を仮定し、仮想仕事法による解析的な検討を行った。被害調査では建築物内部に浸水痕跡(5.0ｍ)が確認されたため、耐力壁面前面の波力に加えて壁背面からも静水圧が作用すると仮定し、津波外力による仕事量を計算した。津波外力による仕事量は建築物崩壊機構における内力による仕事量の 98%に相当しており、本仮定における津波外力は実被害と整合していた。



写真-3.3.9.11　建築物 D

5) 建築物Eにおける検討

建築物 E は 1970 年に建設された壁式プレキャスト RC 造（リブ付中型コンクリートパネル造）2 階建ての公営集合住宅である(**写真-3.3.9.12** 参照)。近隣の RC 造3階建て集合住宅の前面における計測浸水深は7.5mであった。本建築物の被害状況としては、周辺地盤の洗掘による傾斜や、漂流物の衝突によるとみられる 2 階妻壁の損傷が見られたものの、構造的な大きな損傷は確認されなかった。

建築物の保有耐力は静水圧により作用する津波波力の 37%程度となり、解析結果は建築物が残存した実際の被害状況と整合しなかった。これは、1 階長辺方向に多数存在する大きな開口から海水が建築物内部に回り込んだことにより、建築物に作用する波圧が軽減された可能性が考えられる。



写真-3.3.9.12　建築物 E

(3) 鉄骨造建築物の被害に関する検討

津波波圧を受けた鉄骨造建築物は、早期に外装材が流され津波の大きな波圧を受けなかったために残存したと考えられるものが多く見られる一方で、崩壊、転倒、移動、流失したものも相当数確認されている。これらは、外装材が流される以前に大きな波圧を受けたものと推測される。

建築物が崩壊する場合の水平荷重と等しい静水圧荷重の浸水深 η' を「建物耐力相当時の浸水深」とし、現地調査において測定された最大浸水深 η_m を「計測最大浸水深」とする。η'/η_m を水深係数 a と定義し、各調査建築物の被害と水深係数の関係を検討した。

崩壊機構を仮定した単純な塑性解析を行うことで建築物の耐力を算定した。外装材が比較的残っている状態とほぼ骨組のみとなった状態を考えて、開口率を一律に0.3及び0.8の2種類に設定した。(すなわち無開口建築物に対する荷重低減率 α は0.2及び0.7となる)

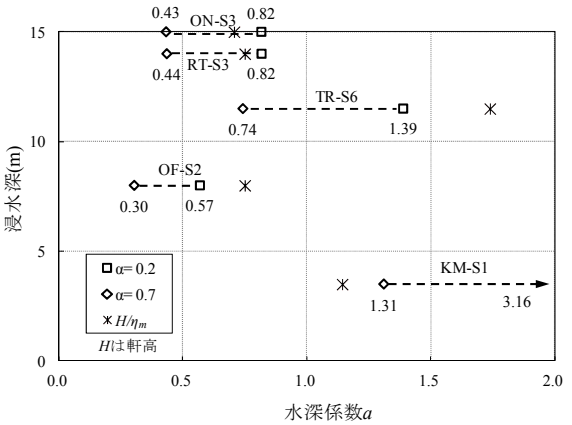


図-3.3.9.8 残存する鉄骨造骨組の耐力から推定した水深係数 a

図-3.3.9.8 に5棟の鉄骨造の残存骨組みに関する検討結果を示す。計測最大浸水深 η_m が 14～15m の女川町の例（ON-S3）と陸前高田市の例（RT-S3）では破線で示した水深係数 a の範囲は1以下となっている。η_m が 11.5m の宮古市田老の例（TR-S6）では a の範囲は1前後である。一方、η_m が 3.5m で小さい釜石市の例（KM-S1）では a の範囲は1を大きく上回っている。a が小さいながら残存した大船渡市の例（OF-S2）では、海側や周辺に他の建築物が残存していたことから、津波による作用荷重は他の例に比べて小さかったことが考えられる。以上の結果から η が 10m を超える地域では最大浸水深に達する前に建築物周囲に水が回り込んだり、多方向からも津波が押し寄せたりする状況が生まれるなどしたため、計測最大浸水深相当の静水圧荷重が片側から作用するような状態にはならなかったと推察される。

(4) 木造建築物の被害に関する検討

最大浸水深が1階窓まぐさ程度（約1.5m～2m）以下の場合は、ほとんどの木造建築物が残存していた。最大浸水深が1階高さ程度（3m～4m）では、多くの木造建築物は流失していたが、残存している事例も小数ながら確認された。最大浸水深が1階階高超え（4m超）では、木造平屋、2階建共にほとんどの木造建築物が流失する可能性が比較的高かった。

詳細調査を行った木造公営住宅1棟を対象として、水平耐力と津波荷重を計算し、実際の被害と比較を行い、計算式の妥当性の検証を行った。検討対象とした木造住宅は、東松島市の市営住宅(洲崎住宅)である(**写真-3.3.9.13** 参照)。

津波荷重を水深係数 a = 1.0、1.5、2.0 の場合で計算した結果を**図-3.3.9.9** に示した。建物の高さ方向に波圧を積分し、開口の低減は行っていない。被害調査結果では浸水深は 4.5m 前後であった。検討結果では 4.5m 程度の浸水深で a = 1.0 で水平耐力を上回ることとなるが、調査結果では約半数が大破したものの流失は免れていた。本調査物件は、津波の入射方向に RC 造の建物がある影響も考えられる。



写真-3.3.9.13 残存した木造公営住宅

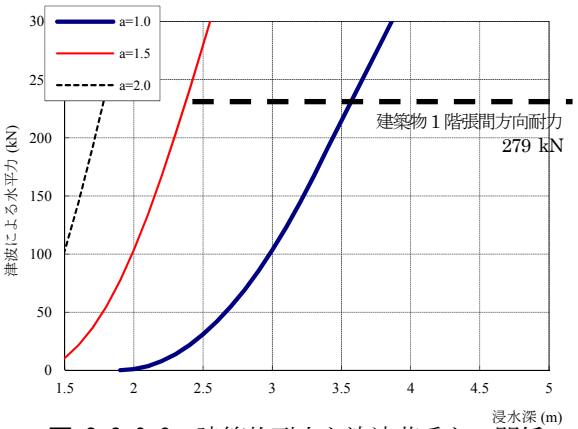


図-3.3.9.9 建築物耐力と津波荷重との関係

(5) 津波避難ビルの構造設計法に関する検討

2005 年に内閣府から示された「津波避難ビル等に係るガイドライン」[22)]（以下、本節では「ガイドライン」と呼ぶ）の巻末資料②には、（財）日本建築センターの2004年度の自主研究の成果に基づき「構造的要件の基本的考え方」が示されている。建築物が想定する津波荷重に対して倒壊、転倒および滑動しないことを検証する内容となっている。また、受圧面（津波波圧を直接受ける建築物の面）における耐圧部材が、水平力に対する抵抗能力や鉛直支持能力を失わないよう、波圧により破壊しないことを確認することが求められている。今回の検討においても津波避難ビルの構造設計の方針として上記の考え方は変更せず踏襲しており、津波避難ビルの設計においては**表-3.3.9.4**の３項目に関する検証を行う。また、受圧面の部材の扱いは、従来通り耐圧部材（津波波圧を直接受け、破壊しないように設計する部材）と非耐圧部材（津波波圧を直接受け、破壊することを許容する部材）に分類し、耐圧部材では津波波圧に対して破壊しないことを確認している。**図-3.3.9.10**に設計の流れを模式図で示す。津波避難ビルの構造設計は下記の流れで行う。

表-3.3.9.4 津波避難ビルの構造設計方針

建築物の各層について津波荷重が水平耐力を下回る 転倒モーメントが浮力を考慮した抵抗モーメントを下回る 津波荷重が基礎の摩擦力または杭の水平耐力を下回る ※別途水平移動に対する抵抗については考慮してよい ※受圧面における耐圧部材は、津波波圧に対して破壊させない

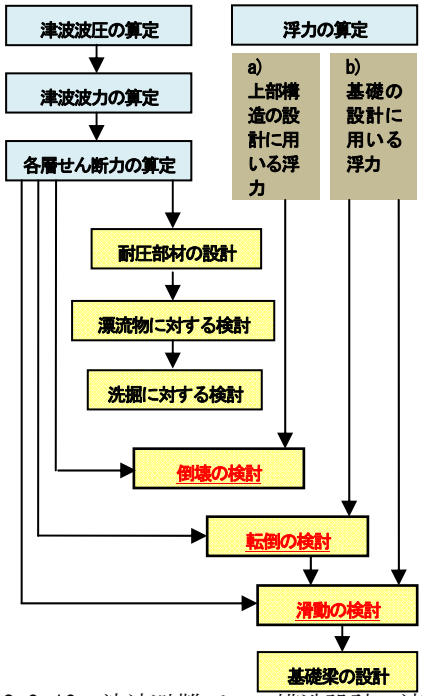


図-3.3.9.10 津波避難ビルの構造設計の流れ

「ガイドライン」では、水深係数 a を３とし、津波の波圧を設計用浸水深の３倍の静水圧が建築物の片側から掛かるものとして与えている。これは、直立護岸を越流し陸上に遡上した津波により建築物に作用する津波波圧に関する朝倉らの提案であり、波高、周期等の波特性、水路の斜面勾配、構造物の位置などを変化させた模型実験の結果、波圧分布は三角形分布であり、その高さは最大で浸水深のほぼ３倍であったことを踏まえたものである。すなわち、この静水圧による津波波圧算定式には、陰に流速の影響が含まれている。

今回の検討においては、現地調査の結果から「ガイドライン」の波圧算定法における「3」が津波の勢いなどによって変化するものと考え、この「3」を「 a（水深係数）」とおき、被害の実態に基づき aを検証することとした。検証においては、被害を受けた構造物（比較的単純な工作物と建築物）の破壊形式等に応じてその耐力を推定し、静水圧分布を仮定した場合に構造物の耐力と等しくなる水深係数 a を、その場所の計測浸水深を用いて逆算した。なお、津波の専門家等へのヒアリングの結果、東日本大震災における津波の波圧は必ずしも考えられる最大のものではなく、この被害のみから津波波圧の最大値を修正することは適切ではないとの考えが示された。そこで、従来からの知見である「設計用浸水深の3倍の静水圧」を最大の波圧が作用する場合とし、そこから水深係数 a を低減できる条件を調べることとした。その結果得られた水深係数 a を**表-3.3.9.5**に示し、以下の1)、2)に、水深係数に関する検討の詳細を示す。

表-3.3.9.5 水深係数 a の設定

	遮蔽物あり		遮蔽物なし
海岸や河川等からの距離	500m 以遠	500m 未満	距離によらず
水深係数 a の設定	1.5	2	3

1) 検討事項１（遮蔽物の影響）

水深係数 a を低減できる条件として、建築物よりも津波の来襲方向に津波の波力を低減できる遮蔽物がある場合を取り上げた。検討では、波力低減を期待しうる遮蔽物として、他の建築物のほか、湾口防波堤や津波高さに対し十分な高さ（津波高さの概ね 1/2 以上と仮定）を有する防波堤・防潮堤などを考慮した。検討の結果、津波の波力低減を期待しうる遮蔽物がある場合の水深係数 a は無い場合に比べて、概ね 1/1.5 に低減されることが分かった。よって、津波波力低減を期

待できる遮蔽物がある場合には、水深係数 a を 3/1.5 すなわち「2」にできることとした。

2) 検討事項２（海岸および河川からの距離の影響）

次に、水深係数 a を低減できる条件として、海岸や河川からの距離を取り上げた。検討の結果、海岸や河川からの距離に応じて津波の勢い（フルード数 Fr）が低減され、海岸や河川から 500m 以上離れた場合には a =1.0 程度と見なせることが分かった。なお、今回の検討では、現地調査で得られたデータが限られること、耐力算定が略算の結果であること、津波シミュレーションに基づく浸水深と計測浸水深にはばらつきが認められること等を勘案し、現地調査の結果に 1.5 倍程度の余裕度を見込むこととした。そのため、遮蔽物があり、かつ、海岸や河川から 500m 以上離れた場合の水深係数 a は 1.5 とすることにした。なお、当該建築物周辺の地形等に留意し、流れが集中するような建物配置や下り勾配等によって、流速が増加するような要素がないことを確かめる必要がある。

3.3.9.4　火災による建築物の被害

(1)　火災調査の概要

東北地方太平洋沖地震では、青森県から千葉県にかけての太平洋に面した県及び東京都・埼玉県・神奈川県を中心とした極めて広範な地域で、地震や津波に関連する多数の火災が発生した。火災に関する調査結果の概要を以下に示す（詳細は、国総研資料 674 号を参照)。

津波浸水範囲の内外ともに多数の火災が発生したこと、津波浸水範囲内において大規模延焼火災が発生したこと、石油コンビナート施設で大規模な火災が発生したことなどが、今回の大震災における火災被害の特徴である。

火災が多く分布している地域は、津波浸水被害のあった地域、東京都区部及びその周辺、千葉市、横浜市などの都市部、それ以外では、概ね震度 5 強以上の地域となっている。

市町村ごとの 1 万世帯あたりの火災件数(出火率)をみると、震度が大きい程出火率が高く、震度 6 弱以上と 5 強以下では出火率に大きな差が見られ、2004 年新潟県中越地震と同様の傾向を示している。しかしながら、津波被害の有無により分類して出火率を算定すると、津波浸水被害のなかった市町村の出火率（震度 6 強以上の地域で約 0.25 件/1 万世帯）が中越地震（同約 1.0 件/1 万世帯）1)の 1/4 程度であるのに対し、津波浸水被害のあった市町村の出火率は 8.14 件/1 万世帯と極めて高いことが分かった。

個別の火災状況に関する情報を得るため周辺住民や消防本部等へのヒアリングを実施し、以下のことが得られた。

津波浸水範囲外で発生した火災の発生時刻は、本震直後及び本震当日から 4 月 15 日までの 18 時から 24 時の時間帯に集中している。本震直後に発生した火災の出火要因は、使用していた電気ストーブや廃油ストーブ等の火気設備や天井器具、変電設備、電気配線に関するものである。出火元建物は住宅が多いが、消防活動が有効に機能したことで約 7 割が 1 棟のみの焼損であった。

津波浸水範囲内では、延焼面積は全体で 72ha に上り、大火とされる延焼面積が 3.3ha（10,000 坪）を超える火災区域は、宮古市（田老)、山田町（中心部)、大槌町（中心部)、気仙沼市（鹿折地区)、気仙沼市（南西岸部)、石巻市（門脇地区)、名取市（閖上地区）の 7 区域となっている。平成 7 年の阪神・淡路大震災では、全体で約 63ha、延焼面積が 3.3ha を超える火災区域は、今回と同じ 7 区域 2)であった。その他、複数の連続しない火災跡が距離をおかずに残る地域が多数確認されている。火災状況の情報が得られた津波火災 29 件のうち 21 件は車両火災であり、その多くは津波浸水によって車両の電装部の絶縁不良となり自然に出火したと見られる。大規模延焼が発生した火災区域では、津波により流された倒壊家屋や車両等が延焼を媒介していることが分かった。

3.3.9.5　建築物被害を踏まえた対応

(1) 建築物被害を踏まえた対応経緯

東日本大震災では、建築分野においては、発災翌日から、国総研及び(独)建築研究所が共同で建築物被害等に関する調査を実施した。

なお、被害調査等の結果については、国土技術政策総合研究所資料・建築研究資料として両研究所のホームページ上で公開しているところである。最終報告を平成24年3月に公表したが、このとりまとめにおいて、

①津波による建築物被害への対応
②天井等の非構造部材の被害への対応
③長周期地震動への対応
④液状化被害への対応　をさらに取り組むべき課題として整理している。

また、国総研においては、平成23年4月に構造分野の技術基準原案について検討するための建築構造基準委員会（委員長　久保哲夫東京大学名誉教授）を設置し、同年4月21日及び22日に同委員会による現地調査を実施する等（**写真-3.3.9.15** 参照）、東日本大震災における建築物被害を踏まえた対策の検討を開始した。

同委員会においては、以下のとおり対策について審議を重ねた。

第1回(平成23年6月18日)
- 建築物の被害調査について
- 津波による建築物被害を踏まえた対応について
- 地震動による非構造部材の被害を踏まえた対応について
- 長周期地震動対策について

第2回(平成23年8月18日)
- 津波による建築物被害を踏まえた対応について
- 地震動による非構造部材の被害を踏まえた対応について

第3回（平成23年10月13日）
- 津波による建築物被害を踏まえた対応について
- 長周期地震動への対応について

第4回（平成24年7月9日）
- 東日本大震災への対応状況について
- 天井脱落対策に係る技術基準原案について
- エスカレーター落下防止対策に係る技術基準原案について
- 長周期地震動への対応について

第5回（平成24年10月22日）
- 東日本大震災における建築物の被害を踏まえた安全性確保対策について
- 天井脱落対策に係る技術基準原案について
- エスカレーター落下防止対策に係る技術基準原案について

これらの審議を踏まえ、津波避難ビルに関する構造上の要件に関する指針の見直し（平成23年11月17日付け住宅局長通知)、津波防災地域づくり法に基づく指定避難施設の技術基準告示(平成23年12月27日国土交通省告示1318号等) に反映されるとともに、平成24年7月31日から天井脱落防止のための技術基準原案及びエスカレーター落下防止のための技術基準原案についてパブリックコメントを行った。

また、長周期地震動については、震源から約700km離れた地区においても超高層ビルで大きな変位が計測される等が観測された。こうしたデータも踏まえ、同委員会に「長周期地震動対策検討WG」を設置し、引き続き検討を行っている。

また、非構造壁なども大きな損傷を受けずにほぼ無被害の状態で残っているものが多い。ただし、そのような建築物においても、開口部の窓ガラスやドアのほとんどは津波によって破壊されていた。



写真-3.3.9.14　津波による建築物被害

(2) 津波による建築物の被害分析と技術基準の検討経緯

1) 被害分析と津波避難ビル等の構造上の要件に係る指針の作成

津波による建築物被害については、沿岸地域において広範にみられたところであり、現地調査により建築物等の被害調査を行い、これをもとに、津波避難ビル等の構造設計法に関する技術基準の見直しに取り組んだ。本稿では新たな技術基準について報告する。

東日本大震災では、津波により多くの建築物が滅失・損壊したところであり、特に津波襲来時の一時避難先となる津波避難ビル等の建築物においては、津波に対する構造耐力上の安全性確保の重要性が確認された。このため、国土交通省住宅局及び国総研では、津波に対し構造耐力上安全な建築物の設計法等について、早急な検討を進めることとした。具体的には、平成23年度「建築基準整備促進事業」(国土交通省住宅局所管補助事業）において、「40.津波危険地域における建築基準等の整備に資する検討」として調査研究の検討課題を設定し、平成23年4月から事業主体の公募を開始

した。その結果、本調査研究は、事業主体として選定された東京大学生産技術研究所（中埜良昭教授）が耐震改修支援センター（(財）日本建築防災協会）と連携し、(独)建築研究所との共同研究によりに取り組むこととなった。



写真-3.3.9.15　建築構造基準委員会による現地調査（女川町）

東京大学生産技術研究所及び(独)建築研究所による調査研究においては、平成23年7月に中間報告1)が提示され、さらに平成23年10月に中間報告(その２)2)が提示された。この成果を踏まえ、国総研において技術基準原案の作成を行い、建築構造基準委員会の審議を経て、津波避難ビル等の構造設計法に関する技術基準案をとりまとめた。

この検討過程においては、地震動による被害分析と異なり、被害建築物毎に津波により生じていた外力を推定することが必要となったが、現地調査のみでは当該外力の推定に必要な情報が充分に確認できなかった面もあり、国総研内でも河川研究部と建築研究部等が連携し検討を行った。これにより、従来のガイドライン（「津波避難ビル等に係るガイドライン」（平成17年内閣府。以下「内閣府ガイドライン」という。））が参照している構造設計法の津波荷重設定では、浸水深の一律３倍の静水圧が設定されていたところを、立地状況等を勘案して浸水深の２倍又は１．５倍の静水圧にまで緩和できるようになり、また、浮力による転倒に関する検討、洗掘への設計上の配慮、漂流物の衝突への設計上の配慮等についても明確化がなされた。この技術基準は、「津波に対し構造耐力上安全な建築物の設計法等に係る追加的知見について（平成23年11月17日付国住指第2570号3））」において、「東日本大震災における津波による建築物被害を踏まえた津波避難ビル等の構造上の要件に係る暫定指針（以下「指針」という。)」として、国土交通省住宅局長から各都道府県知事あてに通知された。

2.2 津波防災地域づくり法

津波により甚大な被害を受けた地域の復興、さらに将来起こりえる津波災害の防止・軽減のためには、ハード・ソフトの施策を組み合わせた「多重防御」による津波防災地域づくりを推進するたことが必要であることから、このための枠組みとして「津波防災地域づくりに関する法律」（平成23年法律第123号。以下「津波防災地域づくり法」という。）が、国会審議を経て、平成23年12月に公布された。

この津波防災地域づくり法に位置づけられた指定避難施設が前述の津波避難ビル等に相当するものであり、指定避難施設の指定にあたっては、以下の基準に適合するものを指定することとされている。

①津波に対して安全な構造のものとして国土交通省令で定める技術的基準に適合するものであること

②基準水位以上の高さに避難上有効な屋上その他の場所が配置され、かつ、当該場所までの避難上有効な階段その他の経路があること

③津波の発生時において当該施設が住民などに開放されることその他当該施設の管理方法が一定の基準に適合するものであること

このうち①の技術的基準について、前述の指針の内容をもとに、同法施行規則第31条及び津波防災地域づくりに関する法律に基づく告示「津波浸水想定を設定する際に想定した津波に対し安全な構造方法等を定める件（平成23年国土交通省告示第1318号。以下「技術基準告示」という。)」として、基準化に至っている。

(3) 津波避難ビル等に関する技術基準の概要

1) 構造設計法に関する技術基準のポイント

以上の指針、技術基準告示（以下「指針等」という。）について、ポイントを整理し以下に示す（概要は**図-3.3.9.11**参照)。

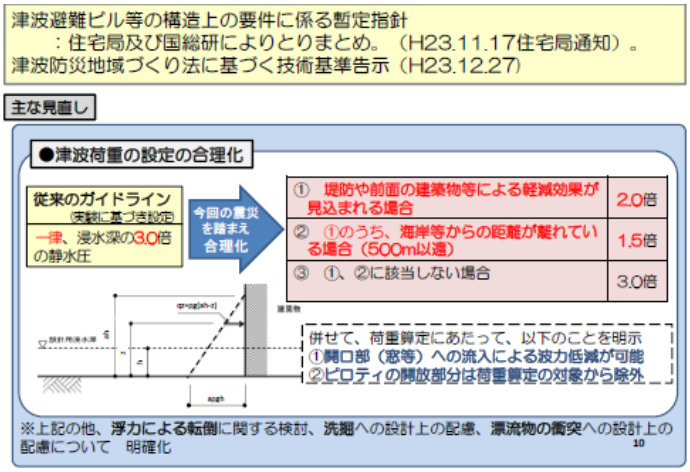


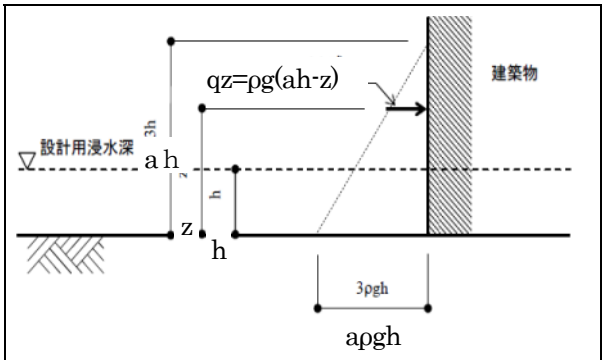
図-3.3.9.11　津波避難ビル等の構造上の要件に関する技術基準の概要

(a)　津波荷重算定式

①津波波圧算定式

内閣府ガイドラインにおいては、設計用浸水深の 3 倍に相当する静水圧を津波波圧とする算定式が示されていたが、前述の東京大学生産技術研究所及び(独)建築研究所による共同研究の成果を踏まえ、指針等において算定式の見直しを行った。

その結果、設計用浸水深の 3 倍に相当する静水圧を基本としながらも、津波の勢いが軽減されることが見込まれる場合には、この倍率（(ｉ)式において新たに水深係数 a と定義）を低減できることとした（**図-3.3.9.12**)。具体的には、津波避難ビル等から津波が来襲する方向に当該軽減効果が見込まれる施設又は他の建築物等の遮蔽物がある場合について水深係数を 3.0 から、2.0 に、さらにそのうち、津波が来襲する方向において津波避難ビル等の位置が海岸及び河川から 500m以上離れている場合について当該2.0を1.5まで低減できることとした。



構造設計用の進行方向の津波波圧は下式により算定する。

$$qz = \rho g(ah - z) \quad \cdots (i)$$

ここに、

qz：構造設計用の進行方向の津波波圧（kN/m²）

ρ　：水の単位体積質量（t/m³）

g　：重力加速度（m/s²）

h　：設計用浸水深（m）

z　：当該部分の地盤面からの高さ（0≦z≦ah）（m）

a　：水深係数。３とする。ただし、次の表に掲げる要件に該当する場合は、それぞれ a の値の欄の数値とすることができる。（注：この係数は、建築物等の前面でのせき上げによる津波の水位の上昇の程度を表したものでない。）

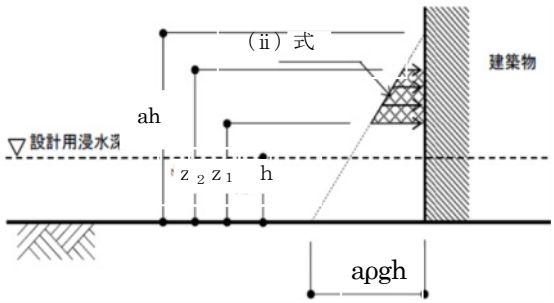
	要　　件	a の値
(一)	津波避難ビル等から津波が生じる方向に施設又は他の建築物がある場合（津波を軽減する効果が見込まれる場合に限る）	2
(二)	(一)の場合で、津波避難ビル等の位置が海岸及び河川から 500m以上離れている場合	1．5

図-3.3.9.12　津波波圧算定式

②津波波力算定式

①の津波波圧は単位面積あたりの津波波力を表していることから、津波波圧を受圧面積について積分することで津波波力を算定することができる。

（ii）式は受圧面の最小高さが z1、最高高さが z2 である場合の津波波力の算定式を示している（**図-3.3.9.13**)。なお、高さに応じて受圧面の幅が異なる建築物を想定し、受圧面の幅 B を含めて積分を行うとことした。



構造設計用の進行方向の津波波力は、津波波圧が同時に生じると仮定し、下式により算定する。

$$Qz = \rho g \int_{z_1}^{z_2} (ah - z)\, B\, dz \quad \cdots (ii)$$

ここに、

Qz：構造設計用の進行方向の津波波力（kN）

B　：当該部分の受圧面の幅（m）

z_1　：受圧面の最小高さ（$0 \leqq z_1 \leqq z_2$）（m）

z_2　：受圧面の最高高さ（$z_1 \leqq z_2 \leqq ah$）（m）

図-3.3.9.13　津波波力算定式

受圧面の幅 B は高さに応じて一定でない場合があるが、この場合、各高さに応じた受圧面の幅を用いて積分を行う。

(b) 開口部による低減

指針等においては、開口部による津波波力の低減効果に関して、被害調査結果等を受け、除外する前の津波波力の 7 割を下回らない事を原則として、開口部における津波波力が算定除外とできる旨を明示すること

とした。ここでいう「開口部」とは、構造骨組みの設計に用いる津波荷重算定に当たり、受圧面にあり、破壊することが確認できる非耐圧部材を想定している。

また、波力低減の方法については、①津波作用幅から開口部の幅の総和を除いて計算する方法、②津波作用面積から開口部の面積の総和を除いた面積を津波作用面積で除して得た数値を乗じて計算する方法の２つが示されている。①については、各層ごとに津波作用幅から開口部の幅の総和を除外して計算し、開口部の幅の総和を除外して計算した波力が、津波作用幅により計算した波力の７割を下回る場合は、当該割合が７割となるような開口部の幅の総和を調整する係数を求め、波力を計算することとした。②については、（低減率）＝１－（開口部面積の総和／津波作用面積）を波力に乗じ、当該低減率は0.7を下回らないこととした。

なお、上述の低減率等の下限値である0.7については、内壁等が存在する場合には、波力の低減効果が小さくなるとされていることから設定されている。

(c) 開放部分の取扱

指針等においては、ピロティ等の開放部分の取扱に関して、開口部と同様に開放部分の津波波力が算定除外とできる旨を明示することとした。なお、開放部分については、開口部と異なり低減率の下限を設けないこととした。

(d) 水平荷重の方向

特に河口付近や港湾付近は地形が複雑であり、津波の進行方向の想定が困難であることから、指針等においては、津波の水平荷重が全ての方向から生じるものとして想定することとしている。この場合、津波の進行方向（X方向）及び直交方向（Y方向）とも同じ大きさの荷重を想定することが原則である。また、引き波についても同じ荷重を見込むことが適当である。ただし、平坦な地形等で、数値シミュレーション結果等を適切に活用することにより、津波の進行方向を想定できる場合はこの限りでないが、そのような場合でも、数値シミュレーションの解析仮定、周辺構造物の配置等によって、津波の進行方向は想定と異なる場合も考えられるため、慎重な検討が必要である。

(e) 浮力の算定

東日本大震災では、建築物が転倒被害を受けた事例が確認されている。こうした建築物については、浮力が発生したことにより、当該浮力を考慮した津波荷重による転倒モーメントに対し、杭等による建物側の耐力が十分でなかったものと考えられる。

現地調査結果等を踏まえると、浮力については、浸水深以下の部分について最大で建物体積相当分の浮力が発生する可能性があるが、一方で、開口部から水が流入していた事例も多く観察された。こうした結果も踏まえ、指針等においては、津波の水位上昇速度が大きい場合には、建築物内部への津波の流入が必ずしも期待できないため、水没した建築物体積（内部空間の容積を含む）に相当する浮力を考慮することとして整理し、建築物に流入する水の体積（浸水体積）を算定できる場合に限り、その体積分を浮力から差し引くことができることとした。なお、この場合、構造躯体そのものの体積分の浮力についても考慮する必要がある。

(f) 特別な調査又は研究

指針等においては、今後の調査研究の発展等に対応するため、津波荷重について、「特別な調査又は研究に基づき算出する場合は、当該数値による」旨の規定を盛り込んでいる。

現時点では、前述の建築基準整備促進事業の報告書[24),25)]に示されている、フルード数Fr（$Fr=u/\sqrt{g\eta}$ ここに　u:流速、g：重力加速度、η：浸水深。フルード数が大きいと流勢が強い。）が一定以下の場合にaを低減するといったことが想定される。

(g) 特別な調査又は研究

指針等においては、以上により設定した津波荷重に対し、建築物の耐力を確かめることとしている。具体的には、

①耐圧部材については、津波波圧により破壊しないこと

②各方向、各階において、当該建築物の構造骨組みの水平耐力が津波波力を上回ること

③建築物が、浮力及び自重を考慮して、津波荷重によって転倒又は滑動しないこと

④洗掘、漂流物の衝突に配慮した設計とすること

を、それぞれ確かめることとして、整理した（**図-3.3.9.14**）。

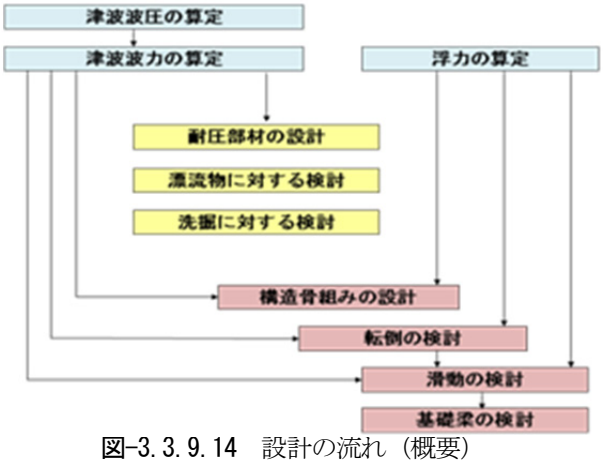


図-3.3.9.14　設計の流れ（概要）

(h) その他の設計上の配慮

洗掘に対しては、杭基礎とするか又は直接基礎の場合は洗掘により傾斜しないようにすることとした。

また、漂流物の衝突による損傷を考慮し、衝突により構造耐力上主要な部分が破壊を生じないこと又は柱若しくは耐力壁の一部が損傷しても、建築物全体が崩壊しないことを確かめることとした。

2) 解説及び設計例の作成経緯

平成 23 年 12 月 27 日に上記の技術基準告示が公布・施行されたが、指針を含めこれらの内容について実務者の技術的支援の観点から、国総研において、指針等の解説資料及び設計例の作成作業に前後して着手した。

作成にあたっては、作成作業全般にわたり、建築研究所の協力を得た。また、設計例の作成にあたって、独立行政法人都市再生機構及び一般社団法人日本建築構造技術者協会の協力を得た。

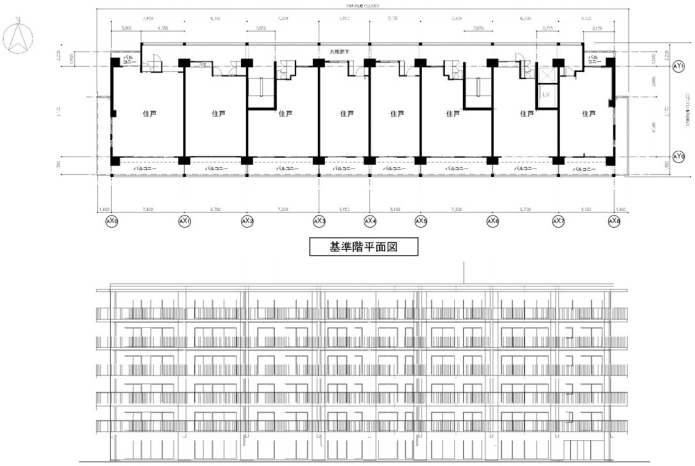
設計例については、実際の計算プロセスを提示することを主眼とし、既存の鉄筋コンクリート造の共同住宅をベースとして、複数浸水深に対応した事例を作成することとして、①設計用浸水深 10m、水深係数 a=2.0 対応の事例及び②設計用浸水深 15m、水深係数 a=2.0 対応の事例を作成した。また、この設計例作成作業を通じて明らかになった運用上留意すべき点については、解説資料に反映した。これらについては、国総研資料（第 673 号）4)としてまとめるとともに、さらに国土交通省補助事業によりこれらに設計例が追加掲載された資料が作成され、地方公共団体の担当者等に対する講習会が実施されたところである。

3) 設計例の概要

本項では、前項の設計例について、概要を示す。

(a) 鉄筋コンクリート造 6 階建て共同住宅

本設計例は、設計用浸水深 10m, 水深係数 a=2.0 に対応するものとして作成した。原設計は 8 階建ての共同住宅であるが、6 階建てに修正して作成した（**図-3.3.9.15**）。この原設計に対し、耐力壁を厚くする（【例：1 階】原設計 230㎜→避難ビル対応 350㎜）、杭の増設（原設計 18 本→避難ビル対応 20 本）、杭径の変更（原設計 1300φ→避難ビル対応 1900φ）等により、必要な耐力を確保している。

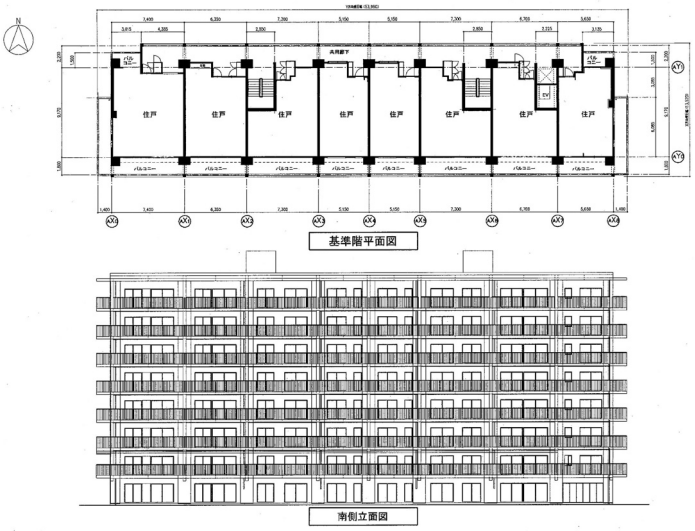


用途、階数	集合住宅、地上 6 階、塔屋 1 階
建物高さ	18.07m
標準階高	2.85m
構造形式	桁行方向　純ラーメン構造 張間方向　耐力壁付きラーメン構造
基礎形式	杭基礎(場所打ち鋼管コンクリート杭)

図-3.3.9.15　設計例(1)の概要

(b) 鉄筋コンクリート造 8 階建て共同住宅

本設計例は、設計用浸水深 15m, 水深係数 a=2.0 に対応するものとして作成した。原設計は上記(1)と同じである（**図-3.3.9.16**）。この設計例では、さらに耐力壁を厚くする（【例：1 階】最大 500㎜）、杭の増設（原設計 18 本→避難ビル対応 34 本）、杭径の変更（原設計 1300φ→避難ビル対応 2000φ）等により、必要な耐力を確保している。



用途、階数	集合住宅、地上 8 階、塔屋 1 階
建物高さ	23.77m
標準階高	2.85m
構造形式	桁行方向　純ラーメン構造 張間方向　耐力壁付きラーメン構造
基礎形式	杭基礎（場所打ち鋼管コンクリート杭）

図-3.3.9.16　設計例(2)の概要

(4) 地震動による建築物被害への対応に係る施策支援

1) 天井脱落被害への対応

東日本大震災においては、広範囲に多数の建築物で天井脱落被害が生じている。建築基準整備促進事業における調査では、2,000 棟で脱落被害が確認された。

従来、建築基準法施行令において、地震動により脱落しないことは規定されていたが、具体の技術基準は規定されておらず、技術的助言において対策が示されていた。

今般の被害を踏まえ、建築基準整備促進事業を活用して検討を進めることとし、調査課題として 41. 地震被害を踏まえた非構造部材の基準の整備に資する検討を設定し、公募により選定された一般社団法人建築性能基準推進協会において、坂本功　東京大学名誉教授を委員長とする委員会が設置され、被害分析等が進められた。

この成果を踏まえ、国総研において、天井脱落基準対策検討 STG を建築構造基準委員会技術基準原案作成 TG に設置し、基準原案の作成作業を行った。

基準原案においては、適用範囲を６ｍ以上の高さにある面積 200 ㎡以上の吊り天井を適用対象として設定し、仕様ルート、計算ルート、特殊検証ルートを設定することとした。

仕様ルートにおいては、天井部材の質量に応じた仕様基準を設定することとし、常時・地震時に損傷や外れが生じないよう、各部を緊結すること、共振抑制のため、斜め部材を一定量釣り合いよく配置すること、衝突による破損・脱落防止のため、天井と周辺部位の間に一定の隙間（クリアランス）を設けること、段差部等は縁切りすること等の基準を設定した。また、これらの仕様のほか、フェイルセーフとして、ネットを張る、部材をひもで吊るといった措置も示した。

計算ルートにおいては、①固定荷重の３倍の力に対して損傷しないこと、②スペクトル法、簡易スペクトル法、震度法のいずれかの方法により、天井面に生ずる加速度を算定し、これによる慣性力によって天井を構成する部材及び接合部が損傷しないこと、③天井面に生ずる水平変位を算定し、周囲の壁等と衝突が生じないことを　を確かめることとした。

これらのほか、個別の検証を可能とするよう、特殊検証ルートの設置を示した。

以上の技術基準原案について、建築構造基準委員会の審議を踏まえ、住宅局及び国総研によりパブリックコメントを平成 24 年 7 月 31 日から 9 月 15 日までの間行った。

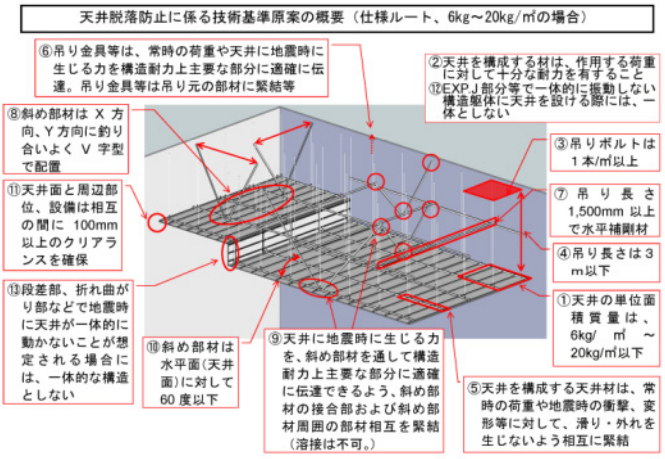


図-3. 3. 9. 17　天井脱落防止に係る技術基準原案の概要

2) エスカレーター落下被害への対応

東日本大震災においては、人的被害はなかったものの、商業施設において、4 件のエスカレーター落下が確認された。

エスカレーターの設置については、建築基準法令では構造躯体へのかかり代については、具体の規定はなかったが、業界の指針において層間変位 1/100＋20㎜のかかり代を設けることとされてきた。

今般の被害を踏まえ、建築基準整備促進事業を活用して被害分析と技術的な要件に係るデータの整理を進めることとして、調査課題として「45. 昇降機に係る地震安全対策に関する検討」を設定し、公募により選定された一般社団法人建築性能基準推進協会において、構造分野の有識者、昇降機分野の有識者による委員会が設置され、被害分析と落下防止のための技術的知見の収集整理等が進められた。

この成果を踏まえ、エスカレーターの落下防止対策に係る技術基準原案を、建築構造基準委員会の審議を踏まえ、住宅局及び国土技術政策総合研究所によりとりまとめた。落下防止対策として、十分な「かかり代」を設けることとし、エスカレーターの昇降高さの１／４０以上とする等の原案として、天井脱落防止に係る基準と同様にパブリックコメントを平成 24 年 7 月 31 日から 9 月 15 日の間で行い、その結果を踏まえた技術基準として整理することを予定している。

3) 外装材脱落被害への対応

東日本大震災における外装材の被害については、大型商業ビルの ALC パネルの脱落、外壁タイル・モルタルの落下などが報告されたが、幸いにも人的被害はなかった。ただし、主要構造部にそれほど大きな被害がなかったと報告されている割には、タイル・モルタ

ル仕上げされた外壁の部分的な浮きや剥落等の被害は多かった。

外装材を含めた仕上げ材については、建築基準法施行令第 39 条および昭和 46 年建設省告示第 109 号で構造方法が定められているが、取り付け方法を含め技術的基準については未だ整備されていない。

今般の被害状況を踏まえ、国総研では、耐震安全性に関する法令や技術基準類の整備が不十分なタイル・モルタル等の外装材を対象に、①外装材の耐震安全性を考慮した剥落防止のための技術基準類の確立、②地震後の外装材の健全性を評価する方法の確立を目的として、平成 24 年度より 3 カ年の計画で「外装材の耐震安全性の評価手法・基準に関する研究」を進めているところである。

また、これに先立ち、平成 23 年度には公共施設を対象として東日本大震災における外装材の地震被害調査を実施し、タイル・モルタル構工法およびその施工法と、浮き・剥落などの被害との関係について事例収集を行った。さらに、近年、適用が増えつつある有機系接着剤によるタイル外壁についても業界団体からの調査資料を収集し、外装材について幅広く地震被害データをとりまとめた。

4) 今後の検討課題

長周期地震動については、建築構造基準委員会に、長周期地震動対策検討 WG を設置し、中央防災会議や地震対策推進本部における検討状況を踏まえつつ、引き続き検討をすすめている。長周期地震動対策としては、東日本大震災に先立つ平成 22 年 12 月に対策試案を公表しパブリックコメントを実施していたところであり、寄せられた意見等も踏まえ、引き続き検討を進めることとしているところである。液状化対策については、戸建て住宅等を想定した簡易な診断法について、建築基準整備促進事業を活用して引き続き調査検討を進めているところである。

参考文献

3.3.9.2 地震による建築物の被害

1) 防災科学技術研究所：強震観測網（K-NET, KiK-net）, http://www.kyoshin.bosai.go.jp/kyoshin/
2) 国土交通省：平成 7 年阪神・淡路大震災　建築調査委員会報告書－集大成版－、1996
3) 日本建築学会：阪神・淡路大震災と今後の RC 構造設計－特徴的被害の原因と設計への提案－、1998
4) 日本建築防災協会：震災建築物の被災度区分判定基準および復旧技術指針、2001
5) 国土交通省国土技術政策総合研究所、独立行政法人建築研究所：平成 16 年新潟県中越地震建築物被害調査、pp.305-353、2006
6) 長谷川隆、向井昭義、西田和生、石原直：新潟県中越地震における鉄骨造体育館被害調査　その 1 構造被害の分析、日本建築学会大会学術講演梗概集, 構造Ⅱ、pp.569-570、2005
7) 西田和生、向井昭義、長谷川隆、石原直：新潟県中越地震における鉄骨造体育館被害調査　その 2 非構造部材の被害状況の分析、日本建築学会大会学術講演梗概集、構造Ⅱ、pp.571-572、2005
8) 日本建築学会：各種合成構造設計指針・同解説、2011
9) 文部科学省：学校施設の耐震補強マニュアル　S 造屋内運動場編（2003 年改訂版）、2008
10) （財）日本建築防災協会、（社）建築研究振興協会：実務者のための既存鉄骨造体育館等の耐震改修の手引きと事例、2005
11) 国土交通省国土技術政策総合研究所、独立行政法人建築研究所：平成 16 年新潟県中越地震建築物被害調査報告、pp.176-223、2006
12) 気象庁：強震波形（平成 23 年(2011 年)東北地方太平洋沖地震）、http://www.seisvol.kishou.go.jp/eq/kyoshin/jishin/110311_tohokuchiho-taiheiyouoki/index.html
13) 日本免震構造協会：東北地方太平洋沖地震に対する応答制御建築物調査報告会資料、2012
14) 日本地震工学会：平成 23 年 3 月 11 日に発生した東北地方太平洋沖地震においての福島第一原子力発電所および福島第二原子力発電所で観測された強震記録等の強震データ記録、No.10、2011
15) 国土交通省：国土交通省港湾局港湾地域強震観測（港湾空港技術研究所地盤・構造部）、http://www.eq.pari.go.jp/kyosin/
16) 東京都：東京都港湾局地震観測所で観測した地震動、http://www.kouwan.metro.tokyo.jp/business/kisojoho/jishindou.html
17) Ishihara, K., T. Muroi, and I. Towhata: In-Situ Pore Water Pressures and Ground Motions during The 1987 Chiba-Toho-Oki Earthquake, Soils and Foundations, Vol. 29, No. 4, pp. 75-90, 1989

18) 日本建築学会 :建築基礎構造設計指針、pp.61-72、2001
19) 新井洋、林康裕、井上和歌子、中井正一、飯場正紀：液状化を考慮した簡便な地震動増幅率評価法, シンポジウム 内陸地震に対して構造設計者はどう対応すればよいか?「地震荷重と構造設計」、日本建築学会近畿支部 耐震構造研究部会、pp.19-26、2009
20) 吉見吉昭：砂地盤の液状化（第 2 版)、技報堂出版、p.182、1991
21) Seed, H. B., I. M. Idriss, and I. Arango: Evaluation of Liquefaction Potential Using Field Performance Data, J. Geotechnical Engineering, ASCE, Vol.109, No.3, pp.458-482, 1983

3.3.9.3 津波による建築物の被害

22) 内閣府：津波避難ビル等に係るガイドライン、2005

3.3.9.4 火災調査の概要

23) 国土交通省国土技術政策総合研究所、(独) 建築研究所：平成 23 年（2011 年）東北地方太平洋沖地震被害調査報告、国総研資料第 674 号、建築研究資料第 136 号、2012
24) 岩見達也、萩原一郎、成瀬友宏、伊藤彩子：2004 年新潟県中越地震時の出火状況、日本火災学会研究発表会概要集、pp340-343、2005
25) 建設省建築研究所：平成 7 年兵庫県南部地震被害調査中間報告書、1995

3.3.9.5 建築物被害を踏まえた対応

26) 東京大学生産技術研究所 : 平成 23 年度 建築基準整備促進事業「40. 津波危険地域における建築基準等の整備に資する検討」中間報告書、2011
27) 東京大学生産技術研究所 : 平成 23 年度 建築基準整備促進事業「40. 津波危険地域における建築基準等の整備に資する検討」中間報告書その２、2011
28) 国土交通省：津波に対し構造耐力上安全な建築物の設計法等に係る追加的知見について、2011
29) 国土技術政策総合研究所：津波避難ビル等の構造上の要件の解説（国土技術政策総合研究所資料第 673 号)、2012
http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryou/tnn/tnn0673.htm
30) 東京大学生産技術研究所 : 平成 23 年度 建築基準整備促進事業「40. 津波危険地域における建築基準等の整備に資する検討」最終報告書、2012

参考になるホームページアドレス

1) 防災科学技術研究所：強震観測網（K-NET, KiK-net)、
http://www.kyoshin.bosai.go.jp/kyoshin/
2) 気象庁：強震波形（平成 23 年(2011 年)東北地方太平洋沖地震)、
http://www.seisvol.kishou.go.jp/eq/kyoshin/jishin/110311_tohokuchiho-taiheiyouoki/index.html
3) 国土交通省：国土交通省港湾局港湾地域強震観測（港湾空港技術研究所地盤・構造部)、
http://www.eq.pari.go.jp/kyosin/
4) 東京都：東京都港湾局地震観測所で観測した地震動、
http://www.kouwan.metro.tokyo.jp/business/kisojoho/jishindou.html
5) 国土技術政策総合研究所：津波避難ビル等の構造上の要件の解説（国土技術政策総合研究所資料第 673 号)、2012.3、
http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryou/tnn/tnn0673.htm

3.3.10 住宅分野

本節においては、住宅分野における取組みの前提となる本震災による人的被害、住宅に関する被害の概要について述べるとともに、住宅分野における応急対応及び復興に向けた取組みの中で、国総研が果たした役割について記述する。なお、記した内容は、本稿執筆(平成24年10月)時点でのデータ、状況等に基づくものであり、時間経過等により変化し得るものであることに留意が必要である。

(1) 住宅等に係る被害とその後の対応の概要

1) 被害の概要

東日本大震災では、平成23年3月11日の本震と、津波の発生、さらにその後の余震等により、東北地方及び関東地方の太平洋沿岸を中心に、広範な地域に被害が発生した。警察庁公表資料(平成24年10月31日付)によれば、人的被害又は住宅等被害が報告された地域は北海道から西は高知まで21都道県にわたっている。死者は12都道県で合計1万5千人超、行方不明もなお2,700人を超えており、その99%以上が岩手・宮城・福島の3県(以下「被災3県」)の被害である。

表-3.3.10.1 東日本大震災での人的被害、住宅被害とその後の居住等の状況

■ 東日本大震災　人的被害、住宅被害とその後の居住等の状況

	人的被害 (人)		避難者数 (人)		住宅被害 (戸)		
	死者	行方不明	仮設住宅、公営住宅等	全体計	全壊等	半壊	合計
岩手県	4,671	1,195	41,303	41,969	19,214	5,037	24,251
宮城県	9,529	1,359	113,759	114,787	85,450	151,736	237,186
福島県	1,606	211	99,229	99,229	21,094	71,954	93,048
3県小計	15,806	2,765	254,291	255,985	125,758	228,727	354,485
他の都道府県	66	4	56,094	70,888	4,121	37,504	41,625
合計	15,872	2,769	310,385	326,873	129,879	266,231	396,110
備考	警察庁 H24/10/31	同左	復興庁 H24/10/4	同左	警察庁H24/10/31 (流失・全半焼含む)	警察庁 H24/10/31	警察庁 H24/10/31

	仮設住宅等 (戸) (自宅活用▼)						
	建 設	借上げ	公営等	UR	国家公務員宿舎等	合 計	応急修理
岩手県	13,984	3,355	167	0	15	17,521	2,767
宮城県	22,095	25,005	1,055	48	134	48,337	67,548
福島県	16,775	21,967	424	0	82	39,248	27,970
3県小計	52,854	50,327	1,646	48	231	105,106	98,285
他の都道府県	315	12,245	7,249	921	1,283	22,013	2,358
合計	53,169	62,572	8,895	969	1,514	127,119	100,643
備考	国交省住宅局 H24/10/01 (完成戸数)	復興庁 H24/10/22 (入居戸数)	国交省住宅局 H24/9/03 (入居戸数)	同左	財務省 H24/10/28 (入居戸数)		厚生労働省 H24/10/2 (申込件数)

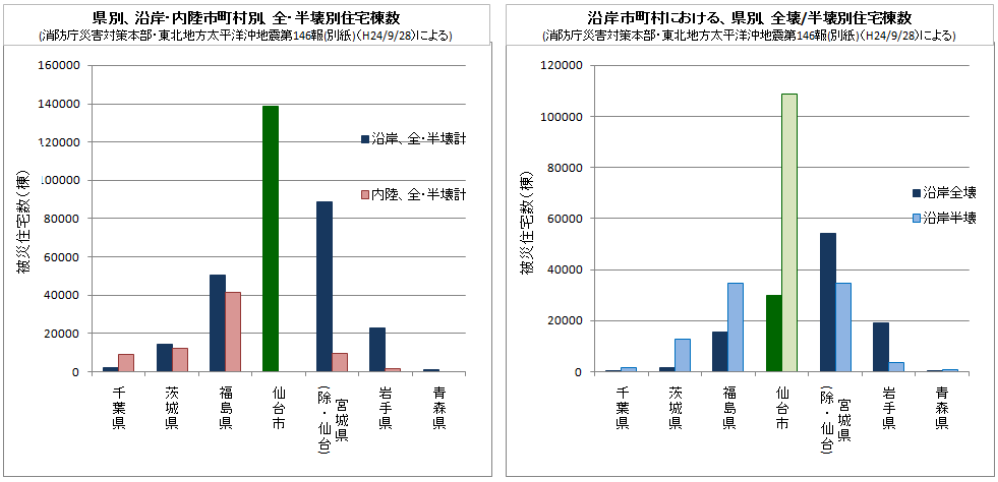
	恒久的住宅			
	必要戸数 (計画)	公営住宅 (計画)	同左・実績 (工事着手済)	災害復興住宅融資
岩手県	17,600 ～18,600	5,600	223	542
宮城県	72,000	15,000	396	4,390
福島県	未定	未定	230	1,354
3県小計	89,600 ～90,600 +福島分	20,600 +福島分	849	6,286
他の都道府県			94	793
合計			943	7,079
備考	H24/10月時点 (概数・民間自力再建、公営住宅等を含む。)	H24.10月までに住宅局で把握できたもの	国交省住宅局 H24/10/31 (工事着手)	住宅金融支援機構(東北) H24/9/30 (利用申込)

また、住宅 13 万戸が全壊(うち被災 3 県 12 万 6 千戸)、全･半壊合計では 39 万 6 千戸(同 35 万 4 千戸)となり、避難者の数は今なお 32 万 7 千人に上る(以上、警察庁資料(住宅被害は戸数)、復興庁資料による。**表-3.3.10.1** 上段)。

図-3.3.10.1 は、東北から関東東部の太平洋に面する 6 県の住宅被害を、沿岸地域(太平洋に面する市町村)、内陸地域(左記以外の地域)別、県別に集計したものである（消防庁公表資料による棟数での集計。仙台市は市域が内陸まで含めて広いこと等から宮城県の他の地域とは別に集計している）。津波の影響が特に大きかった被災 3 県の沿岸部で被害が甚大であり、うち岩手・宮城では全壊(流失含む)被害が相対的に大きい。また、大都市仙台での被害数が大きく、一方で福島県以南では沿岸部での被害も多いが、内陸での被害もこれに匹敵する規模となっている。

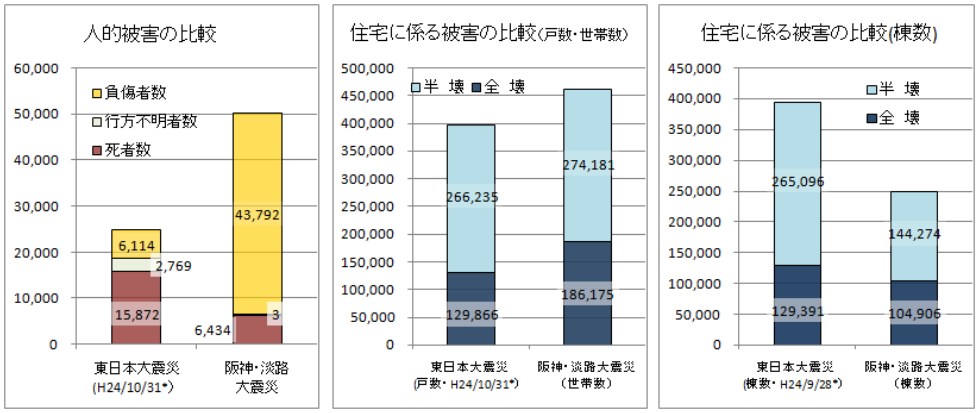
図-3.3.10.2 はこれら被害を阪神・淡路大震災の場合と比較したものである。人的被害については、東日本大震災では、津波災害の特徴から死亡者数が負傷者数に比べ多くなっている。また、住宅被害については戸数など量的にはほぼ同程度とみることができる(阪神･淡路大震災の住宅被害については戸数単位の集計が入手できなかったため世帯数で代用し比較した)。

一方、今回は、先に述べたとおり、被害が広域にわたることに加え、市町村によっては人口の数%に及ぶ方々が亡くなっているところや、自治体行政の中枢機能にも大きな被害が及んだところもある（死者数 500 人以上は 13 市町、うち 1,000 人以上は 4 市。死者数が人口の 3%以上は 6 市町、うち 5%以上は 3 市町。いずれも消防庁公表資料等から集計）。



(1) 県別、地域(沿岸･内陸)別　　(2) 沿岸地域での県別

図-3.3.10.1 全･半壊別住宅棟数



(1) 人的被害　　(2) 住宅被害(戸数・世帯数)　　(3) 住宅被害(棟数)

図-3.3.10.2 東日本大震災と阪神･淡路大震災の比較

2) 住宅の応急対策

こうした被害に対応して、応急的な住宅(応急仮設住宅等)を、新規建設（「建設仮設」）、民間住宅借上げ(「借上げ仮設」)、既存公営住宅等や公務員宿舎の活用により 12 万 7 千戸(被災 3 県 10 万 5 千戸)整備・確保した。避難者のうち 31 万人(同 25 万 4 千人)がこれら仮設住宅等に居住している（復興庁資料による）。

今回は、仮設住宅のうち「借上げ仮設」（みなし仮設)が多く活用され、ピーク時(平成 24 年 4～5 月)から減少しつつあるが、現時点でなお全体の約半数の 6 万 3 千戸(同 5 万戸))、特に、宮城、福島の両県では半数以上が借上げとなっている。また、この「借上げ仮設」と「公営住宅等」は被災 3 県以外での供給も多く(各 1 万 2 千戸、9 千戸)、かなりの部分が被災県から県外への避難者の受け皿になっていると想定される(3 県以外での「建設仮設」は 315 戸)。また、「建設仮設」についても、従来のプレハブの規格型以外に、いわゆるハウスメーカー等による供給や、地域の住宅生産者による木造での供給など、多様な形での供給が進められたことも今回の対応上の特徴である(**表-3.3.10.1** 中段)。

このほか、主として被害程度が半壊、大規模半壊等の住宅で仮設等に入らない世帯を対象とした「応急修理」制度の活用も多く、申込件数は全体で 10 万件(被災 3 県：9 万 8 千件)となっている（「全･半壊数」に対する「仮設等＋応急修理」の比率は 57.5%）。

3) 恒久的な住宅の確保にむけた取組み

今後は、恒久的な住宅の確保(自力での再建等、災害公営住宅など)を的確に進めていくことが必要である。これら民間持家･賃貸、公営住宅等を含む必要戸数として、宮城県では 72,000 戸(『県復興住宅計画』による)、岩手県では 17,600～18,600 戸(『県住宅復興の基本方針について』等による)を計画に位置付けている。

災害公営住宅については、計画戸数が、岩手、宮城で計20,600戸、福島では具体的な数値は示されていない。建設着工済みは全体で943戸、被災3県では849戸(平成24年10月末時点)である(**表-3.3.10.1** 下段)。

自力再建の現状は、持家について、宮城県では着工件数が震災前よりもやや増加している（震災前 400～500 戸／月、が平成 23 年後半から 700～800 戸／月のペースに）が、他県では増加の傾向は明確でない(**図-3.3.10.4**（国土交通省公表資料より住宅金融支援機構東北支店において作成))。同機構による災害復興住宅融資の活用は 9 月末時点で累積 7,079 件(被災 3 県では 6,286 件)。

これら 2)～3)で述べた一連の流れのイメージを**図-3.3.10.3**に、また、被害や応急対策等の取り組み状況(定量的)を**表-3.3.10.1** に整理している。

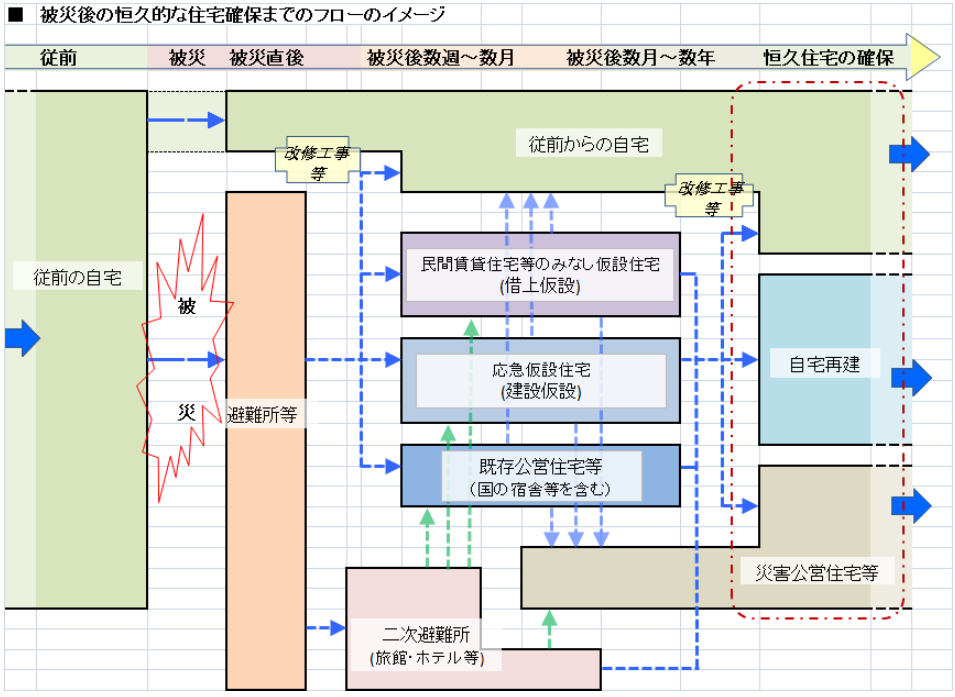


図-3.3.10.3 被災・避難～恒久的住宅確保までの流れ(イメージ)

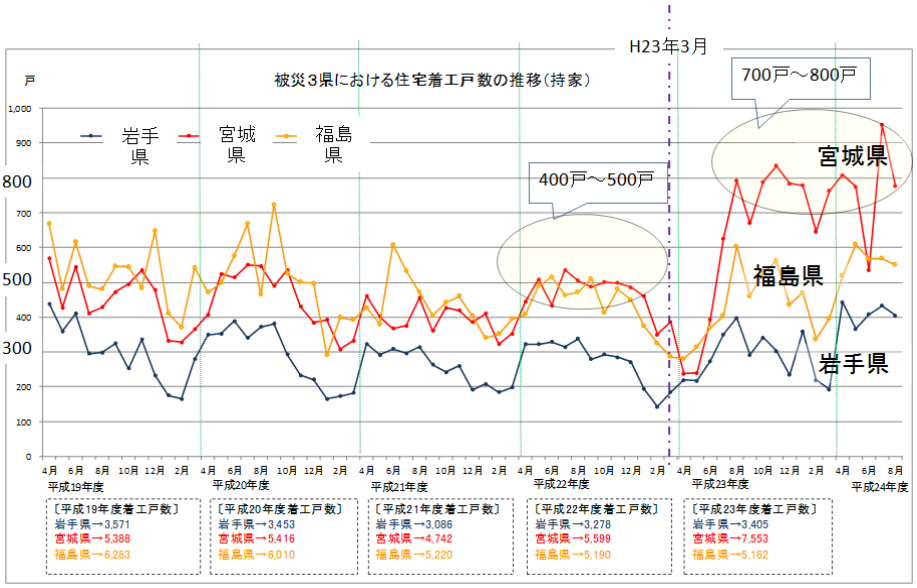


図-3.3.10.4 被災3県における住宅着工戸数の推移(持家)

(2) 国総研による調査と技術支援

国総研の住宅分野における取組みは、上記各プロセス(**図-3.3.10.3**)における取組みの主体(地方公共団体や、民間を含む関係団体等)に関する実態調査、技術的な支援が中心となる。各段階における概要は次のとおりである。

1) 震災後の工務店等の取組み調査～仮設住宅関係

震災後の5月から津波被災地を中心に、現地での住宅確保(住宅再建・修繕等)に関する地域の工務店等や木材等関連流通業者の取組みに関する実態調査を行っている(現在も継続中)。

下の枠内は、国総研が行ったヒアリング調査(調査時期:平成23年6月、9月、及び11月、調査対象:岩手県及び宮城県内の中小工務店15社)の結果から整理した、中小工務店が震災直後から実施してきた復旧・復興活動に係る一般的な動向である。

また、仮設住宅関係についても上記の一環として調査を行ったほか、平成23年6月に、国土交通省本省からの依頼に基づき、職員を現地に派遣して被災3県等における応急仮設住宅の建設に係る指導・調整等を行ったほか、今回の応急仮設住宅の計画・建設をめぐる一連の経験に基づいて本省が地方整備局や地方公共団体・関係事業者団体等と協力して行った「応急仮設住宅建設必携・中間取りまとめ」(平成24年5月)の検討・作業にも参画・協力した。

被災3県等の地震及び津波による被害の大きかった地域では、発災直後より停電が生じ、ガスや水道も停止し、電話も一時的に不通状態が続いた。また、沿岸部に立地する建設資材の工場が津波等により被災する等、結果的に一部の資材(合板、断熱材、瓦材等)が不足する事態になった。このような状況の中で、地域における住宅再建の担い手である地元の中小工務店等は、復旧・復興に向けた建築活動を再開していった。

被災地域の多くでは、ライフラインの復旧が進まない状態が続く中、地域の中小工務店は本震直後から自社で建設した建築物・住宅の臨時的な点検を行い、必要に応じて応急的補修を施して活動を開始した。本格的な復旧活動は、電話回線が復旧した後であり、その後も震災に伴うガソリン不足や断熱材等の資材不足によって移動及び活動が制限された。地域の中小工務店の復旧に向けた活動は、各自が対処可能な範囲から着手し、時間の経過とともにガソリン及び資材の不足が解消されるにつれ、本格的な補修・改修工事へ移行した。

地域の中小工務店による比較的規模の大きな改修工事は、本震発生から1ヶ月が経過し、各県において義援金の分配方法が決定された4月中旬頃から開始された。また、岩手県宮古市を例に挙げると、市が震災以前より実施していた住宅リフォームに関する補助金を活用して、補修・改修工事の費用に充てる動きも見られた。最近になり、一部に住宅再建(建替え・新築)の動きも出てきているものの、現在においてもなお、地域の中小工務店では補修・改修工事を中心とした相当数の受注が続いている。

2) 「地域型復興住宅」の取組みへの支援

「地域型復興住宅」は、地域の住宅生産・供給者側における取組みである。被災地では今後、震災前（平時）における住宅需要量を大きく超える需要の発生が予測されており、地域外からの住宅生産・供給者との連携、供給力の活用を必要に応じて進めつつ、地域の住宅生産力や資材を効果的に活用して需要に応えていくことが求められている。

国総研は、(独)建築研究所等とともに、この推進母体である「地域型復興住宅連絡会議」や、これを引き継ぐ各県の「(同)推進協議会」における検討過程に参画し、技術面での支援等を行った。

平成 23 年 9 月に被災 3 県の官民の関係団体などの連携により発足した上記「連絡会議」は、同 12 月に「設計と生産システムガイドライン」を取りまとめた。ここでは「地域型復興住宅」を、『6 項目からなるコンセプト(長期利用、環境対応、廉価など)を満たす、在来工法による木造戸建て住宅の設計計画と、平時を超える需要に対応して円滑に供給するための生産システムで造る住宅』と位置づけ、地域ごとに、風土やコスト低減に配慮した工法・設計上の工夫、災害公営住宅としての活用例などを含む多様なモデル設計例を掲載している。また、住宅金融支援機構の「災害復興住宅融資」(先述)や国土交通省の「地域型住宅ブランド化事業」(地域の住宅生産システムを実践する生産者グループによる長期優良住宅への補助等)の活用なども考慮した提案を行っている。本年 2 月には連絡会議を改組して被災 3 県各県で「地域型復興住宅推進協議会」を立ち上げ、「ガイドライン」に沿った住宅の供給を行う住宅生産者グループ(設計事務所、工務店や木材等資材流通業者等により構成)を募集・登録するなど、その普及促進が進められている（登録グループ数は本年 5 月時点で岩手 136、宮城 76、福島 90）（**図-3.3.10.5～6** 参照)。

今後は、各種支援策の活用とともに、「地域型復興住宅」の特長・メリットなどを被災者に向けてわかりやすく PR していくこと、各生産者グループにおいても需要増に対応すべく実践的な連携体制を強化していくことが望まれる。

なお、ここでは詳述しないが「地域型復興住宅」の取組みのほかにも、地域の住宅生産・供給者(工務店や木材等流通業者など)による地域に根差した住まいづくり等に関する、従前からの、あるいは震災を契機とした多様な取り組みが進められている。今後は、こうした動きも結集して切迫する住宅需要、まちづくり等に対応していくことが期待される。

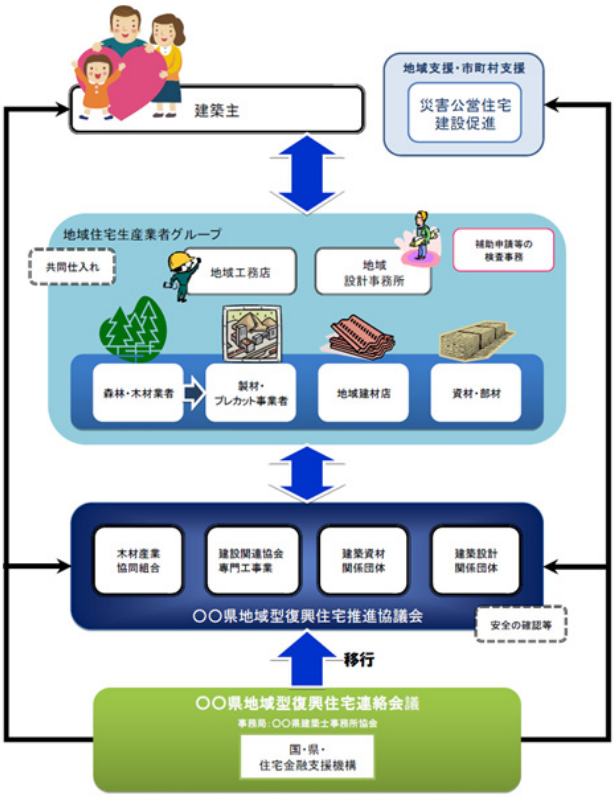


図-3.3.10.5 地域型復興住宅の生産・推進体制

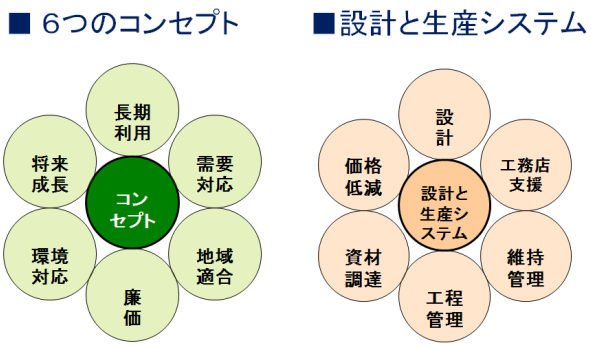


図-3.3.10.6 地域型復興住宅「6つのコンセプト」と「設計と生産システム」

3) 災害公営住宅の整備推進のための支援

恒久的な住宅確保のもう一つの柱となる災害公営住宅についても、被災者の居住の安定確保のため、地域の要請に的確に対応した供給が求められる。災害公営住宅は、一般災害の場合は、災害により住宅が滅失し、収入が基準(*)以下の者を対象として、地方公共団体が整備・供給(**)を行うものであるが、今般の震災においては、東日本大震災復興特別区域法により、入居資格について、災害の発生の日から一定期間(最長

10 年間)は収入要件を撤廃するなどの特例措置が講じられている。

(*) 地方公共団体の条例による。

(**) 整備手法としては「建設」のほか、「買取」、「借上」がある)。

また、被災地方公共団体における迅速かつ効率的な供給を推進するため、国土交通省(住宅局)は「災害公営住宅の計画・供給手法に関する検討」を実施した(平成 23 年度第三次補正予算)。これは、激甚災害法に基づく対象地域のうち要望のあった市町村等を対象に、通常は地方公共団体が行う全体の供給計画や団地の基本計画の検討を、国の直轄調査として実施し、その効果を被災地方公共団体に広く提供することを目的としている。国総研は(独)建築研究所とともに、本省からの依頼に基づき、成果取りまとめのための技術的な支援として、被災市町村、被災３県、関係機関(UR、他省庁、出先機関等)をはじめ多数の関係者と密接に連携し、必要な意見交換や内容調整を図り、実施効果の高い実現可能な提案を行った(**図-3.3.10.7** 参照)。

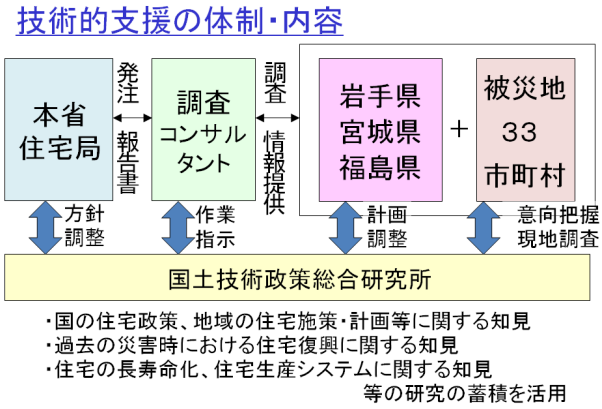


図-3.3.10.7 「災害公営住宅の計画・供給手法に関する検討」における検討体制と国総研の役割

調査は地域別検討とテーマ別検討からなり、前者については 33 市町村(岩手 9、宮城 16、福島 8)において実施した。地域の事情や意向に個別に応える形で、津波などに対する安全性や地域の風土特性等を考慮し、低層木造、中高層 RC 等の構造による様々なタイプの団地・住戸や高齢者等の居住に配慮した各種機能の導入を提案するなどしている。また、地域の状況に応じ、災害公営住宅による景観形成についてのモデルスタディの実施、事業実施経験の少ない市町村向けに災害公営住宅に関する制度上・技術上の参考資料(マニュアル)の取りまとめ・配布など、広域的な推進のための方策を提案・実施した。

平成 24 年度も、新たに要望のあった市町村等を対象に、団地の基本計画案の検討等の調査が行われており、国総研も平成 23 年度に引き続き参画している。

なお、住宅局調査のうちテーマ別検討では、コミュニティ・高齢者、防災・危機管理などをテーマに検討を行っておりその成果は各地域での計画検討などに活用されている(**図-3.3.10.8** 参照)。

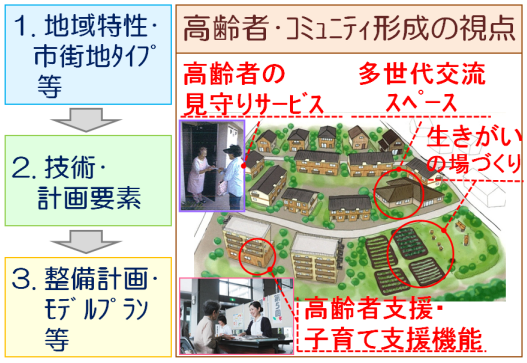


図-3.3.10.8 「災害公営住宅の計画・供給手法に関する検討」高齢者・コミュニティ形成の視点からの検討例

(3) おわりに

以上、住宅分野における取組みの前提となる本震災による人的被害、住宅に関する被害の概要、並びに、住宅分野における応急対応及び復興に向けた取組みの中で、国総研が果たしてきた役割について述べた。

被災地での住宅分野での課題、取組みの重点は、恒久的な住宅の的確な確保に移りつつあるが、長期的・広域的視野に基づくまちづくり・地域づくりとの整合性を図りつつ、住まいづくりを進めていくことが必要である。土地の確保、生産・供給体制、被災者への各種情報提供、公共サイドによる的確な支援など、今後に向けた課題も多いが、被災地の一日も早い復興を願ってやまない。

謝　辞

本稿で使用した資料等を提供いただいた「地域型復興住宅推進協議会」、住宅金融支援機構東北支店をはじめ関係の皆様には深く謝意を表する次第である。

参考文献

1) 国土技術政策総合研究所、(独)建築研究所：平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震(東日本大震災)調査研究(速報)、国土技術政策総合研究所資料第636号・建築研究資料第132号、2011

2) 国土技術政策総合研究所、(独)建築研究所：平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震被害調査報告、国土技術政策総合研究所資料第674号・建築研究資料第136号、2012
3) 大竹　亮：被災地における住宅再建の課題と支援(NILIM2012　国総研レポート2012 No.11)、2012
4) 米野史健：被災者に対する住宅供給の現状と課題((独)建築研究所講演会(平成23年度)テキスト)、2012
5) 警察庁緊急災害対策本部：平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震の被害状況と警察措置(平成24年10月31日)、2012
5) 消防庁災害対策本部：平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震・第146報 別紙(平成24年9月28日)、2012
6) 国土交通省住宅局：応急仮設住宅着工･完成状況(平成24年10月1日)、2012
7) 国土交通省住宅局：公営住宅等、UR賃貸住宅の受け入れ可能総数と入居決定の状況 、2012
8) 国土交通省住宅局：〔平成23年度住宅建設事業調査〕災害公営住宅の計画･供給手法に係る検討業務の取りまとめについて、2012
9) 財務省：東日本大震災における国有財産等の提供実績　1.国家公務員宿舎等(9月28日現在)、2012
10) 復興庁：民間賃貸住宅の借上げによる応急仮設住宅の入居戸数の推移(平成24年10月22日)、2012
11) 復興庁：全国の避難者等の数(平成24年10月10日)、2012
12) 復興庁：復興の現状と取組(平成24年10月16日)、2012
13) 地域型復興住宅三県(岩手・宮城・福島)官民連携連絡会議：地域型復興住宅 設計と生産システムガイドライン、2011

参考になるホームページアドレス

1) 地域型復興住宅推進協議会
岩手県：www.hukkoujuutaku.sakura.ne.jp/
宮城県：www.hukkoujutaku.com/
福島県：fukushima-hukkoujuutaku.org/
2) 住宅金融支援機構 東日本大震災特設サイト：http://www.jhf.go.jp/shinsai/index.html
3) (独)建築研究所 平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震関係特設ページ:
http://www.kenken.go.jp/japanese/contents/topics/20110311/index.html

3.3.11 都市分野

3.3.11.1 市街地等の被災状況

(1) 津波被災市街地復興手法検討調査（都市局）[1] による被災状況等調査結果

平成23年度第1次補正予算により、都市局は津波被災市街地復興手法検討調査を実施したが、その中で、復旧対策に力を割かれる地方公共団体を支援するため、地域の復興に必要となる被災状況等の調査を実施した。

調査結果（速報）は平成23年8月以降順次公表されたが、その主な内容は以下のとおりである。

①「東日本大震災による被災現況調査結果について（第1次報告）」（平成23年8月4日公表）

・浸水区域面積は約535km^{2}で、うち4割超が浸水深2m以上、被災建物棟数は約22万棟で、うち流失含む全壊が約12万棟

・浸水深と建物被災状況との関係を見ると、浸水深2m前後で被災状況に大きな差があり、浸水深2m以下の場合には建物が全壊となる割合は大幅に低下

②「同(第2次報告)」(平成23年10月4日公表)

・津波浸水深と建物被災状況との関係を建物の階数別に見ると、鉄筋コンクリート造等の３階建て以上の建物は、建物高さより相当程度低い浸水深では、浸水階より上の階に人が居た場合に危険な程の損壊が生じる割合は低い

・津波による浸水と人的被害の関係では、死亡者の年齢構成は、被災市町村全体の年齢構成に比べ65歳以上の高齢者の割合が高く，死亡者の過半数を占める。また、浸水深が高いほど死亡率が高くなる

③「同(第3次報告)～津波からの避難実態調査結果(速報)」(平成23年12月26日公表)

・地震が発生してから津波が来る前に避難行動を開始した人は全体の約63%

・地震発生直後から、避難の用意、津波からの避難を目的とした行動が多くみられるが、一方で、家族、親戚・知人の探索や被害状況の確認のための行動も多い

・徒歩による避難と車による避難はほぼ半々であるが，若い世代ほど車で避難した割合は高い

この津波被災状況把握調査の結果は地方公共団体に提供され、また主なものの集計データは国交省ホームページで公開されている。

(2) 市街地の被災状況等に関する分析

国総研は、（独）建築研究所と連携し、建築物等の被害調査の結果や研究成果を「平成23年（2011年）東北地方太平洋沖地震調査研究報告」[2] として平成24年3月にとりまとめを行った。

同報告において国総研が担当した市街地等の被災状況に関する分析の概要は以下のとおりである。

1) 市街地の被害に関する過去の大震災等との比較

東日本大震災により津波浸水被害を受けた市街地の規模と今後見込まれる復興事業の規模について、20世紀以降の我が国の都市部における主要な災害との比較を行った。

表-3.3.11.1 主要な都市災害による市街地の被害及び復興事業の規模

災害名	対象とした災害の種類	被災都市		焼失・浸水面積	復興区画整理事業
関東大震災	市街地火災	1 府 6 県	東京市	約 3,470ha	約 3,600ha
			横浜市	約 924ha	約 358ha
太平洋戦争戦災	空襲火災	215 都市		約 64,500ha	102 都市 約 28,200ha
伊勢湾台風	高潮（湛水）	21 都道府県 570 市町村		約 18,540ha	― （仮設住宅とインフラ復旧が中心）
阪神・淡路大震災	市街地火災	2 県 25 市町		約 63ha	20 地区 約 265ha
東日本大震災	津波浸水被害	7 県 190 市町村 （内、津波被災は 6 県 62 市町村）		約 53,500ha	未定
	浸水被害(半壊以上)面積			約 15,700ha	
	津波火災			約 65ha	

2) 津波による建築物被害の地理的分布

前述の都市局「被災状況等調査」における「建物被災状況」と「浸水区域・津波規模」に関する調査結果のGISデータをもとに独自に建物単位でのデータベースを作成、これを県別や500mメッシュ単位に集計し分析を行った（平成23年11月末時点の調査データによる）。

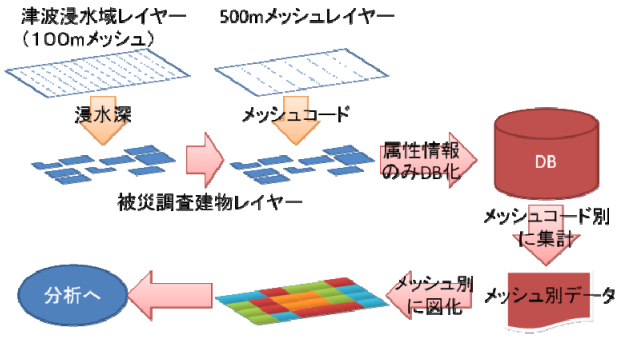


図-3.3.11.1 津波による建物被害の分析イメージ

分析結果の概要は以下のとおり。

①メッシュ内の最大被害区分の分布

メッシュ内で最大の値をとる被害区分を集計すると、３県合計では全壊の３区分で約半分を占める。一部損壊以上の被害区分が最大の値をとるメッシュの割合は県別に異なっている。

表-3.3.11.2 メッシュ内で最大の値をとる被害区分

	3県		岩手県		宮城県		福島県	
	メッシュ数	割合	メッシュ数	割合	メッシュ数	割合	メッシュ数	割合
全壊(流失)	1,532	39.7%	500	13.0%	789	20.5%	243	6.3%
全壊	282	7.3%	37	1.0%	218	5.7%	27	0.7%
全壊(1階天井以上浸水)	112	2.9%	45	1.2%	41	1.1%	26	0.7%
大規模半壊	301	7.8%	53	1.4%	221	5.7%	27	0.7%
半壊(床上浸水)	363	9.4%	56	1.5%	215	5.6%	92	2.4%
一部損壊(床下浸水)	304	7.9%	27	0.7%	208	5.4%	69	1.8%
無被害	927	24.0%	0	0.0%	89	2.3%	838	21.7%
不明・未調査	35	0.9%	9	0.2%	0	0.0%	26	0.7%
合計	3,856	100.0%	727	18.9%	1,781	46.2%	1,348	35.0%

②メッシュごとの全壊率の分布

3県合計では全壊率が80%超のメッシュが全体の４割を超えている。総じて海岸線近くに全壊率が高いメッシュが多く見られるが、津波が河川を遡上した影響も見られる。

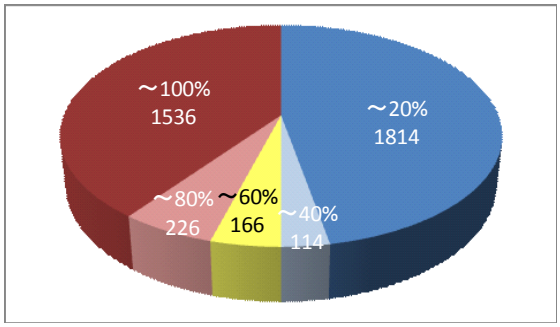


図-3.3.11.2 メッシュごとの全壊率

③津波浸水深と被害との関係

浸水深と全壊率との関係を見ると、浸水深3m以下と3m超で被害区分の構成比に大きな違いがある。地形等の影響についてはより詳細な分析が必要である。

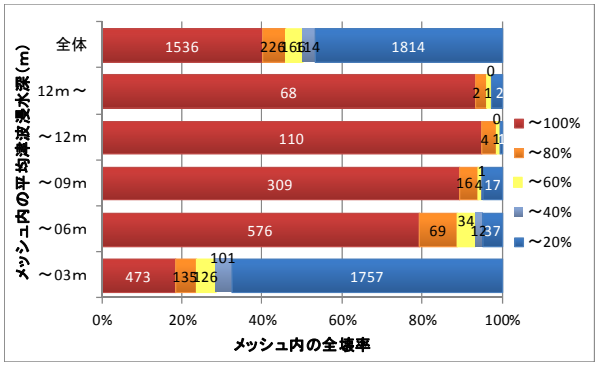


図-3.3.11.3 津波浸水深と全壊率の関係

3) 避難者数とライフラインの復旧状況

平成16年(2004年)の新潟県中越地震においては、全体としてライフラインの復旧と並行して避難者数が減少していく傾向が見られた。

しかし、今回の地震の場合、岩手県及び福島県においてはライフラインの復旧と避難生活の解消との間に明確な関係は読みとれず、宮城県においても、3月中下旬には停電の解消と並行して避難世帯数が減少しているものの、3月下旬以降、上水道及び都市ガスが順次復旧しても避難世帯数はほとんど減少していない。

この要因として、今回の地震では多数の住宅が被害を受け、ライフラインが復旧しても自宅に戻れない状況に合ったこと等が考えられる。

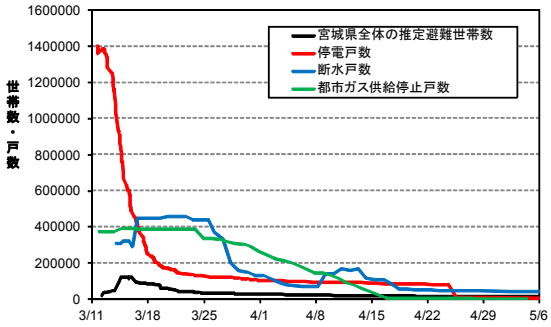


図-3.3.11.4 推定避難世帯数とライフライン復旧状況の関係（宮城県）

3.3.11.2 被災市街地の復旧・復興への対応

(1) 津波被災市街地復興手法検討調査（都市局）[1)]

都市局は、前述の被災状況の調査に引き続き、地方公共団体における市街地の復興方針、復興計画の検討や策定の推進、市街地復興計画に基づく復興事業の早期実現に資するため、①被災状況、都市特性等に応じた市街地復興パターンの検討と類型化、②市街地復興パターンに対応した復興手法等の検討、を実施した。

調査のとりまとめは以下のとおり行われた。

1) 市街地復興パターンの検討・調査

津波被災状況等の調査結果を踏まえ、被災状況や都市特性、地元の意向等に応じた市街地復興パターンを検討、復興手法等の検討のための基礎資料を作成し、被災自治体の復興計画の作成を支援した。

市町村ごとの調査概要資料は、国交省ホームページからアクセス可能となっている。

2) 津波被災地に共通の政策課題への対応方策

被災地における共通の政策課題に対する方策等について下記の検討・調査等が実施され、平成24年4月24日に「津波被災市街地復興手法検討調査（とりまと

め）が公表された。また、①から⑤の個別の調査結果及び⑥の詳細データも公表されている。

①東日本大震災からの復興に係る公園緑地整備に関する調査「東日本大震災からの復興に係る公園緑地整備に関する技術的指針」（平成24年3月27日公表）

②迅速な復旧・復興に向けたがれきの活用方策等に関する検討業務「迅速な復旧・復興に資する再生資材の宅地造成盛土への活用に向けた基本的考え方」（平成24年3月27日公表）

③市街地復興に向けた都市の空間計画・デザインのあり方に関する検討調査「復興まちづくりにおける景観・都市空間形成の基本的な考え方」（平成24年4月19日公表）

④復興における歴史・文化遺産の継承検討調査「歴史・文化遺産を活かした復興まちづくりに関する基本的考え方」（平成24年4 月24日公表）

⑤復興における地域コミュニティの維持・活用等検討調査「東日本大震災の復興における都市政策と健康・医療・福祉政策の連携及びコミュニティ形成に関するガイドライン」（平成24年4月24日公表）

⑥対話型復興まちづくりに向けた合意形成支援ツールの構築に関する業務

⑦避難路や避難施設の配置及び避難誘導について

⑧被災地における地域産業、広域的な生産・物流機能等の再構築のあり方検討業務

(2) 被災地における公共施設と宅地との一体的な液状化対策（都市局）

平成23年度第3次補正予算により、都市局においては、東日本大震災による地盤の液状化により著しい被害を被った既成市街地について、①液状化対策に必要な調査・事業計画作成、②一定の規模要件等を満たす公共施設と宅地との一体的な液状化対策事業等に対する支援を行う市街地液状化対策事業を創設するとともに、既成市街地における公共施設と宅地との一体的な液状化対策事業の推進を図るため、より安全かつ低コストで行える液状化対策工法等について調査を行った。

調査は国総研も参加して行われ、その成果として平成24年4月に「東日本大震災による液状化被災市街地の復興に向けた検討・調査について（ガイダンス（案））」が国総研と連名で公表[3]されたが、これは、第1編として液状化被災市街地の再建の流れと支援制度等について、第2編として液状化対策等の実施に向けた被災状況の把握や地質調査の進め方等についてとりまとめられたものである。

平成24年度においても継続して調査が行われており、8月には「地域で取り組む地盤の液状化のための『地下水位低下の効果・影響簡易計算シート』（試行版）」が同様に国総研と連名で公表[4]され、被災市街地における液状化対策の具体的な検討に活用されている。

(3) 建設技術研究開発助成制度を活用した宅地液状化対策（大臣官房）

大臣官房においては、建設技術研究開発助成制度を活用し、平成23年度補正予算において「既設の公共インフラ及び宅地における経済的・効果的な液状化対策に関する技術研究開発」、平成24年度予算においては「宅地・公共インフラにおけるより経済的で高精度な液状化被害予測に関する技術研究開発」を課題テーマの一つとして技術開発提案の公募を行った。その結果、それぞれ７課題、３課題が採択され、技術開発への助成が行われている[5][6]。

採択にあたっては国総研も審査に加わった。

(4) 被災宅地危険度判定、建築制限等の対応の整理（国総研）

被災宅地危険度判定、建築制限等について、国総研が「平成23年（2011年）東北地方太平洋沖地震調査研究報告」[2]において整理した本省等の対応の概要は以下のとおりである。

1) 被災宅地危険度判定

平成24年1月10日付け国交省公表資料によると、被災宅地危険度判定については 9県56市町村で調査が行われ、6,456箇所の調査箇所中、1,450件が「危険」、2,142件が「要注意」とされた。

表-3.3.11.3 被災宅地危険度判定の実施状況及び判定結果（県別）

		危険（赤）	要注意（黄）	調査済（緑）	計
都県別	岩手県	114 件	103 件	162 件	379 件
	宮城県	886 件	1,470 件	1,843 件	4,199 件
	福島県	277 件	266 件	494 件	1,037 件
	茨城県	30 件	64 件	41 件	135 件
	栃木県	94 件	173 件	125 件	392 件
	群馬県	24 件	9 件	7 件	40 件
	埼玉県	0 件	27 件	104 件	131 件
	千葉県	10 件	18 件	9 件	37 件
	新潟県	15 件	12 件	79 件	106 件
合計		1,450 件	2,142 件	2,864 件	6,456 件

2) 建築制限、都市計画制限の実施経過（平成24年1月末時点）

①岩手県

強制力を伴う建築制限は実施しておらず、一部浸水区域（宮古市、釜石市）で、地方公共団体が建築行為の自粛を要請

②宮城県

・震災から2ヶ月：4市2町で建築基準法84条に基づく建築制限区域の指定
・震災から6ヶ月：4市3町で建築制限特例法に基づく建築制限区域の指定
・震災から8ヶ月：4市3町で同法に基づく指定の延長
・8ヶ月以降：4市2町で被災市街地復興推進地域の指定、1市1町で災害危険区域条例制定及び区域指定

③福島県

相馬市、南相馬市及び新地町において災害危険区域条例制定、うち相馬市及び新地町において区域指定

3.3.11.3 被災市街地における宅地液状化対策の取り組み

(1) ３次元ＦＥＭによる被災街区の液状化解析

国総研は、平成23年度補正予算により、東日本大震災の液状化被災地をモデルケースとして、異なる複数の対策工法の組み合わせによる道路・宅地の一体的な液状化対策の効果について電算解析による検討を行った。

その成果は、本省が行う被災市街地における再液状化を抑制する効果的な工法に関する検討の材料とした。

検討の手順は以下のとおりである。

①地盤モデル（対策前）の作成及び調整

現状の地盤をコンピュータ上に構築し、東日本大震災の地震波に対する液状化の挙動を再現する。

②地盤モデル（対策後）の作成及び地震応答解析

現状の地盤モデルに対策を行った状態を設定し、地震波に対する液状化抑制の効果を分析する。

③解析結果の表示

液状化対策の有無及び対策工法の組み合わせによる相互比較から、液状化対策の効果を分析する。

例えば、隣接宅地での対策効果の検討では、液状化被災地において数多く見られた、隣接する建物同士がお辞儀するような地盤の変形を再現できることを確認し、道路部分と宅地部分の対策の相乗効果や多様な対策工の効果を組み合わせて計算することにより、地下水位低下工法による単独の対策工と、地下水位低下工法とドレーンパイプによる過剰間隙水圧消散の組み合わせ工法による効果の違いを定量的に分析した。

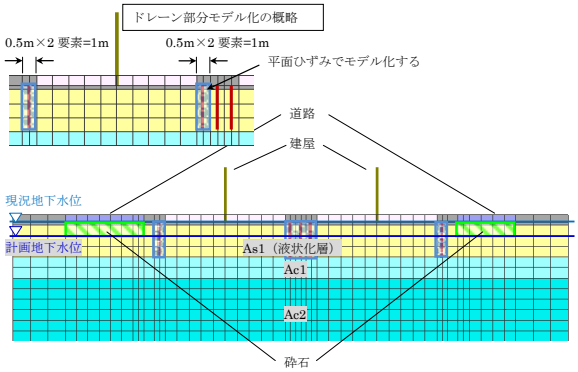


図-3.3.11.5 計算メッシュと対策工の配置

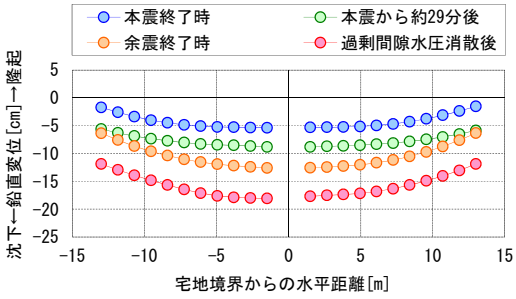


図-3.3.11.6 現況の再現

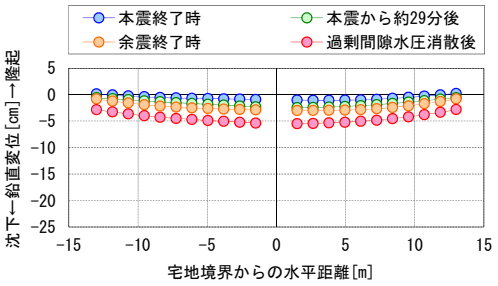


図-3.3.11.7 対策工（地下水低下）の単独効果

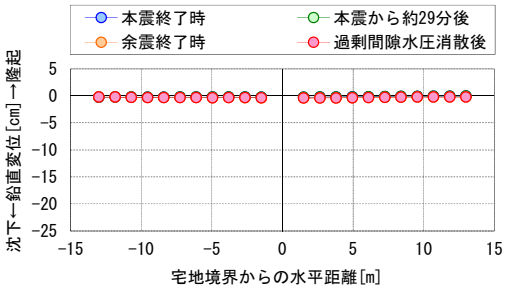


図-3.3.11.8 対策工（地下水低下＋ドレーンパイプ）の複合効果

(2) 宅地液状化対策のための実大振動実験（ドレーンパイプによる水抜き工法の効果範囲の計測）

国総研は、同じく平成23年度補正予算により、道路と宅地の一体的な液状化対策の設計方法の電算解析に用いる係数等の決定のため、ドレーンパイプを用いた水圧消散工法について、液状化抑制効果が及び範囲（ドレーンパイプの径中心からの水平距離）の計測を行った。

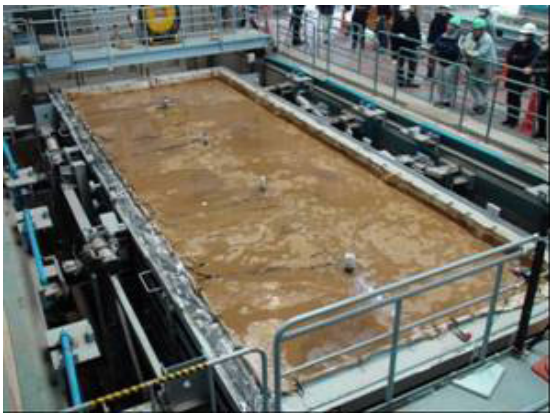


写真-3.3.11.1 試験体地盤の外観

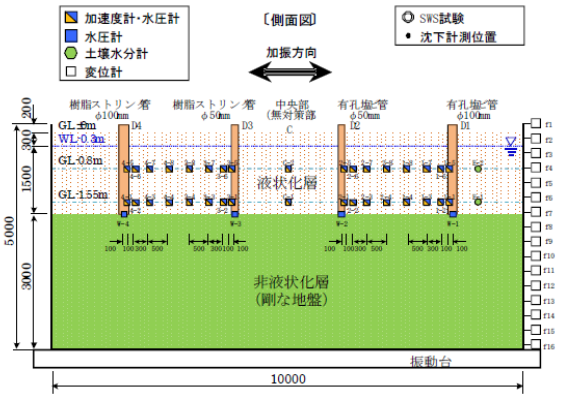


図-3.3.11.9 試験体地盤とドレーンパイプ・センサー類の配置

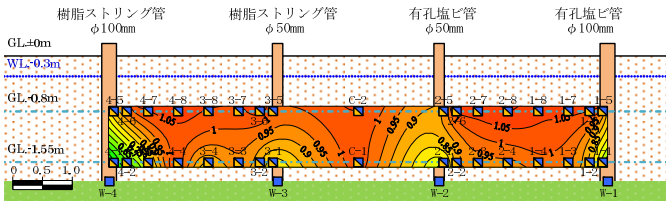


図-3.3.11.10 過剰間隙水圧比の分布

ドレーンパイプの液状化抑制効果は、緩い砂地盤において、東北地方太平洋沖地震時に東京湾岸で観測された地震波に概ね等価な繰返しせん断波の入力に対して、ドレーンの中心から水平距離50cm 程度の範囲で効果を及ぼし、1m には達しないことが確認された。このことから、ドレーンパイプを液状化対策工として使用する場合には、概ね1m の水平間隔で配置する必要があると考えられる[7]。

(3) 地下水位低下工法の効果・影響簡易計算シート

都市局及び国総研は、平成24年8月に「地下水位低下工法の効果・影響簡易計算シート（試行版）」を公開した。

街路と宅地を一体的に行う液状化対策工法を検討する中で、住宅地全体の地下水位を低下させる工法は、地下水が抜けた浅い部分の液状化しない層の厚さが増大するなどにより地盤条件によっては効果の高い対策となること、街路と宅地の区別無く効果が及ぶこと、などから有力な選択肢の一つである。しかしながらこの工法には副作用として、地盤の下部に粘性土の層がある場合、圧密による地盤沈下を招くおそれもあり、そうした効果と影響を簡単には計算できないことが、被災地自治体における検討上のひとつの障害となっていると考えられる。

このため、各地区の地盤調査データと想定する地震規模を入力することにより、地下水位の現状からの低下量に対応した液状化対策の効果と、この工法の副作用である下部粘土層の圧密沈下の量を簡単に把握するための技術支援ツールを作成・公開し、被災地の自治体をはじめ誰もがダウンロードして利用できるようにしたものである。

この計算シートの公開については国総研技術速報No.2として国総研ホームページで紹介している[4]。

(4) 格子状地中壁による宅地地盤の液状化抑制効果に関するＦＥＭ解析

国総研は、平成24年度において、整形な街区の一戸建て住宅地における道路・宅地一体型の液状化対策の有力な選択肢の一つと考えられる「格子状地中壁」による工法について、現実には多様な敷地面積や土質状態にある個々の被災地域が、地盤調査を行った結果を用いてこの工法を選択肢とすることの適・不適を簡易に判定することができるチェックシートを作成するため、多数のモデルパターンの電算解析により、その根拠となる解析結果を得ることとしている。

(5) 戸建て住宅地の液状化対策における格子状地中壁工法の適用に関する遠心力載荷振動実験

国総研は、また並行して平成24年度において、

「格子状地中壁」工法を戸建て住宅地に適用した場合に発生することが予測される、格子の間隔距離による効果・影響など液状化抑制上の問題について、遠心力載荷試験装置を用いた実験により、住宅が建っている格子内の地盤において発生する現象を実測し、所用のデータを取得するとともに、付加的に講じる対策の効果を確認することとしている。

(6) 液状化による地盤沈下量算出のための航空レーザ計測及びデータ整理

国総研は、液状化対策工法の効果・影響の分析に必要となる液状化被災住宅地の被災状況データの整備を進めているが、平成24年度においては、地盤及び建物の高さ方向の変動についてのデータを取得するため、近年計測精度の向上が著しい航空レーザ計測による液状化被災住宅地のデータ取得、被災前の航空レーザ計測データとの比較整理・分析により宅地地盤及び建物の液状化による沈下量データを整備することとしている。

参考文献

1) 国土交通省HP：東日本大震災からの津波被災市街地復興手法検討調査のとりまとめについて
http://www.mlit.go.jp/toshi/toshi-hukkou-arkaibu.html

2) 国土技術政策総合研究所、独法建築研究所：平成23年（2011年）東北地方太平洋沖地震調査研究報告, 2012

3) 国土交通省HP：東日本大震災による液状化被災市街地の復興に向けた検討・調査について
http://www.mlit.go.jp/toshi/city/sigaiti/toshi_urbanmainte_tk_000004.html

4) 国総研HP：地域で取り組む地盤の液状化対策のための「地下水位低下の効果・影響簡易計算シート」（試行版）公開
http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/sokuhou/file/120801.pdf

5) 国土交通省HP：平成２３年度補正予算建設技術研究開発助成制度「震災対応型技術開発公募」採択課題決定について
http://www.mlit.go.jp/report/press/kanbo08_hh_000169.html

6) 国土交通省HP：平成２４年度建設技術研究開発助成制度の採択課題決定について
http://www.mlit.go.jp/report/press/kanbo08_hh_000189.html

7) 国総研HP：柱状ドレーンによる液状化対策効果の計測（実験結果概要）
http://www.nilim.go.jp/lab/jbg/takuti/20120509gaiyo.pdf

3.3.12 公園緑地分野

(1) 被害調査

東日本大震災により、東北から関東地域の沿岸部にある公園緑地では、津波や液状化により、甚大な被害が生じた。

国総研は、津波被害の実態を把握するため、平成23年4月15～16日にかけて、国土交通省都市局公園緑地・景観課とともに、宮城県と岩手県の沿岸部にある公園緑地において現地調査を実施した。その後、平成23年6月23～24日には、塩害による樹木の生育阻害を確認するため、宮城県の公園緑地を追跡調査した。

津波被害においては、公園緑地にある建築物や遊具などの施設や舗装、標識等が損壊や浸水被害を受けたことを確認した（**写真-3.3.12.1**参照）。

また、公園内に植栽された樹木や防潮林では、倒伏や折損が生じて流出に至る被害が見られるとともに（**写真-3.3.12.2**参照）、残存している樹木では、一部の樹種に海水による塩害、重油の付着による枯死および樹勢衰退が認められた（**写真-3.3.12.3**参照）。



(a) 施設の損壊



(b) 遊具の損壊

写真-3.3.12.1 公園施設の損傷（岩沼市）



(a) 単木（岩沼市）



(b) 防潮林（東松島市）

写真-3.3.12.2 樹木の倒伏、折損



(a)塩害による枯死



(b) 重油の付着による樹勢衰退

写真-3.3.12.3 樹木の生育阻害（多賀城市）

また、国総研は、液状化による公園緑地における被害の実態を把握するため、平成23年4月6日に千葉県と茨城県を現地調査した。

地震時の地盤の液状化により、公園内の貯水槽などの埋設物が浮上する被害を確認した（**写真-3.3.12.4参照**）。さらに、噴砂によってトイレやベンチ等の構造物や樹木の下部が砂で埋没したり（**写真-3.3.12.5参照**）、広場等の地盤や園路に溝や不陸が発生していることを確認した（**写真-3.3.12.6参照**）。なお、噴砂による樹木生育への影響は認められなかった。



写真-3.3.12.4 液状化による貯水槽の浮上（浦安市）



写真-3.3.12.5 噴砂によるトイレの埋没（浦安市）



(a) 広場に生じた溝



(b) 園路の不陸

写真-3.3.12.6 地盤の不陸（浦安市）



写真-3.3.12.7 樹林による漂流物の阻止（多賀城市）

(2) 被害調査で確認された公園緑地の減災効果

被害調査において、公園緑地が津波等に対して被害を軽減する効果として、以下を確認した。

1) 樹木・樹林

樹木や樹林が、津波による漂流物の移動を阻止し、移動によって生じる二次的被害を軽減または防止した（**写真-3.3.12.7参照**）。

また、津波・高潮の波力を減殺して流速やエネルギーを低下させ、その破壊力を減少させた。**写真-3.3.12.8**は、海岸林がない場所と、ある場所（林帯幅が広い・狭い）における津波被害状況であるが、建物



写真-3.3.12.8 防潮林による波力の減水効果(石巻市)



写真-3.3.12.9 樹林による延焼防止効果（石巻市）



写真-3.3.12.10 高盛土による避難場所（仙台市）

の損壊状況からみた被害の大きさは、海岸林・なし＞海岸林・狭い＞海岸林・広い、という順になっていることが明瞭である。

さらに、地震で発生した火災において、延焼してきた火災の樹林地での焼け止まりがみられ、延焼防止の効果が確認された（**写真-3.3.12.9**参照）。

2) 高盛土

公園緑地内にある高盛土（展望台）は、津波からの一時的な避難場所として効果が確認された。仙台市にある南蒲生海岸公園では、津波襲来時に公園内に残されたスタッフと来園者の計5人とペット2匹が、高盛土の頂上に設置された展望台（標高15.89m）に避難し、当日中にヘリコプターで救出された（**写真-3.3.12.10**参照）。

(3) 海岸林の被災要因調査

津波に対する減災効果を有する樹林地（海岸林）について、被災地の樹木形状や植栽基盤を調査することにより被災要因を明らかにした上で、再生にあたっての樹木育成目標を整理した。

調査対象地は、津波被害を受けているものの樹木が残存している樹林地として、津波に被災した後に残存したマツと倒伏したマツが混在している、宮城県仙台市若林区井土地区にある「仙台自然休養林・浜辺の森（海浜地区）」内の海岸林を選定した（**図-3.3.12.1参照**）。

調査は、津波被害の大きさが異なるA～Cの３つのブロックに分けて実施した。なお、この場所は17～19mの津波被害の報告があった海岸林[1]であり、調査地内ではおおむね津波高の差はない。各ブロックの調

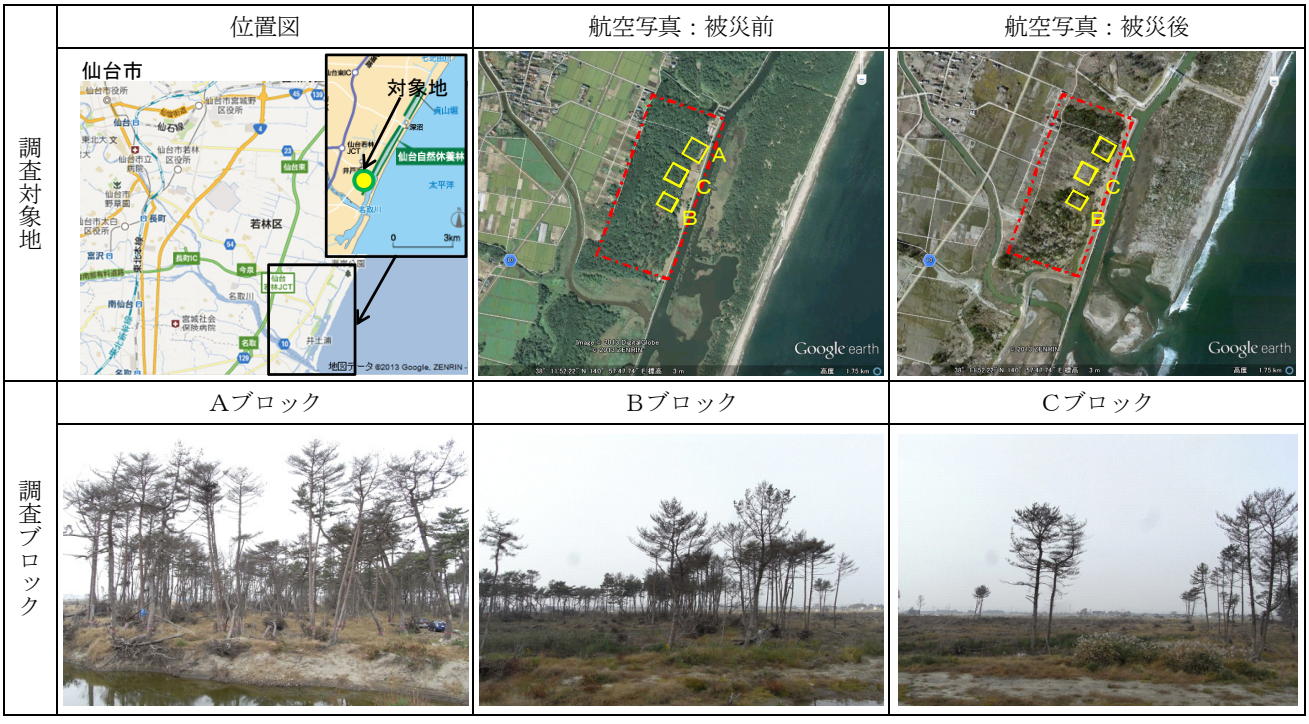


図-3.3.12.1 調査対象地（出典、位置図：Google Map、航空写真：Google Earth）

表-3.3.12.1 調査面積と調査樹木本数

	面積	本数	被害
A	64.2m×58.3m(3,743m^2)	129(113)本	小
B	66.3m×52.4m(3,474m^2)	112(106)本	中
C	60.0m×60.0m(3,600m^2)	59(38)本	大

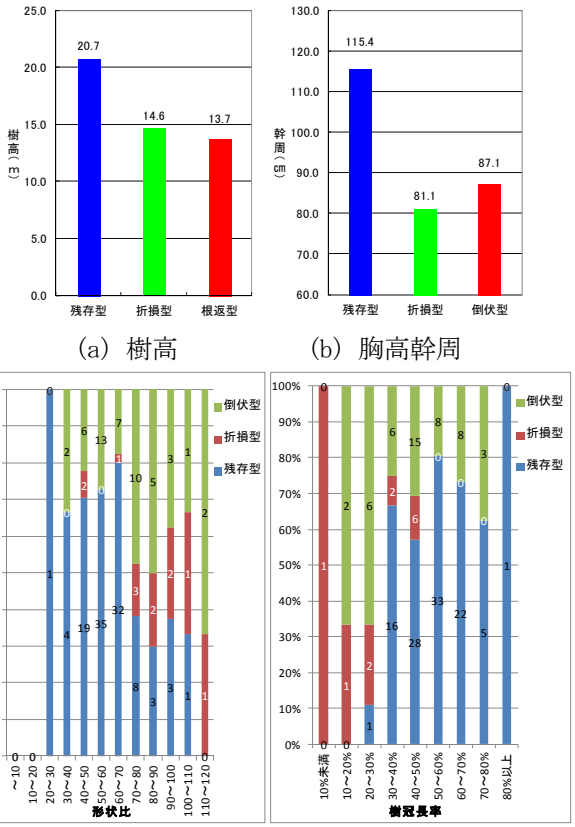
注)本数の括弧内は、マツ類のみ

査面積と津波で流出せずに残った樹木本数は表-3.3.12.1のとおりである。

1) 調査内容

津波の被災後、立っているあるいは傾斜している樹木を「残存型」、根系はそのままの状態で幹の部分が折れた樹木を「折損型」、根系を持ち上げて倒伏しているあるいは根系が洗掘されて抜けた状態で倒伏している樹木を「倒伏型」として分類し、以下の調査を行った。

- 樹木形状（樹高、胸高幹周、枝下高）
- 根系（水平方向の幅、垂直方向の深さ）
- 地盤高及び地下水位



(a) 樹高　(b) 胸高幹周

(c) 形状比　(d) 樹冠長率

図-3.3.12.2 被害形態別の樹木形状

2) 被害要因と樹木育成目標

a) 樹木形状

樹高が低いあるいは幹が細長い形状で、生きている枝葉からなる樹冠の割合が小さいマツは折損や倒伏を発生しやすいことが示唆された（**図-3.3.12.2参照**）。

そのため、今回のような津波に耐える樹木形状の育成目標としては、樹高約20m、胸高幹周約120cmで形状比（樹高／胸高直径）は70以下、さらに樹冠長率（枝葉がある樹冠の長さ／樹高×100）は30%以上が望ましいと考えられた。

b) 根系

倒伏した根系伸長の形態は、**図-3.3.12.3**示す４タイプに分類された。最も根量が多く根系の重心が低い位置にある「多出垂下根・二段水平根型」は倒伏に対する抵抗力が最も大きく、次いでマツの一般的な形態

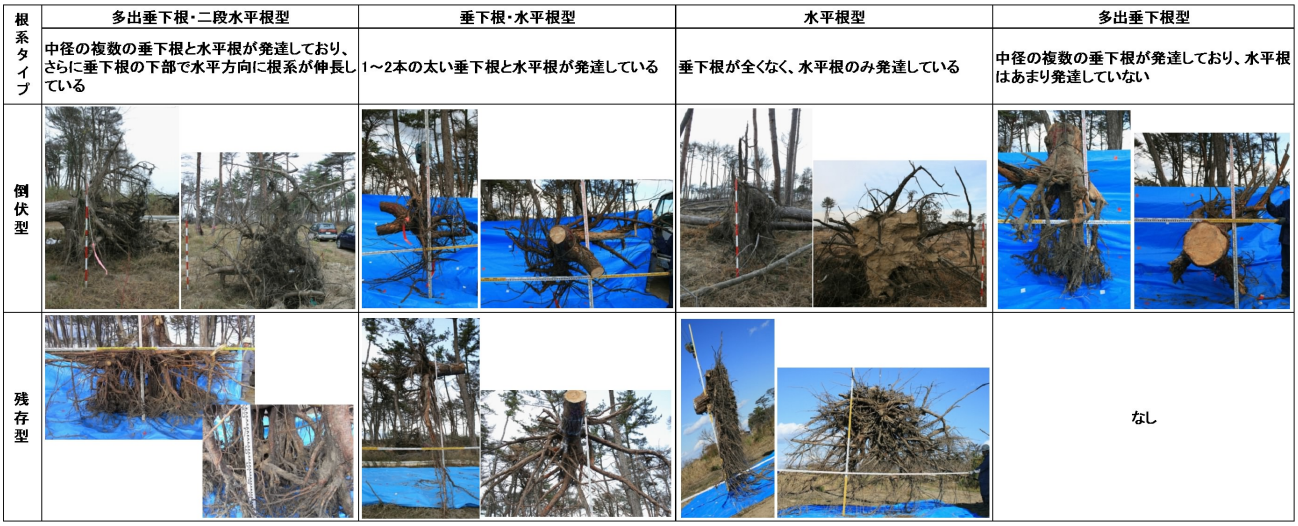


図-3.3.12.3 根系伸長の形態

である「垂下根・水平根型」の抵抗力が大きく、垂下根あるいは水平根が発達していない「水平根型」、「多出垂下根型」は前者の根系タイプに比較すると倒伏しやすい傾向がみられた。

根系の大きさと根系が支える地上部の関係を把握するために、胸高幹周に対する根系の大きさ（根系の形態が異なることから根鉢体積として算出）を被害形態別にみると、倒伏が発生する根鉢体積（㎥）の閾値として、胸高幹周（m）に10を乗じた数値が示され、この値に達しない場合に倒伏が発生していることがわかった（**図-3.3.12.4参照**）。

そのため、根系の育成目標としては、(a)で示した胸高幹周約120cmのマツを想定した場合、約12㎥の根鉢体積を確保するように根系伸長を促すことが望ましいと考えられた。なお、倒伏の抵抗力を大きくするためには樹体の重心をできる限り低くすることが重要であり、そのためには垂下根をできる限り深く伸長させることが求められる。

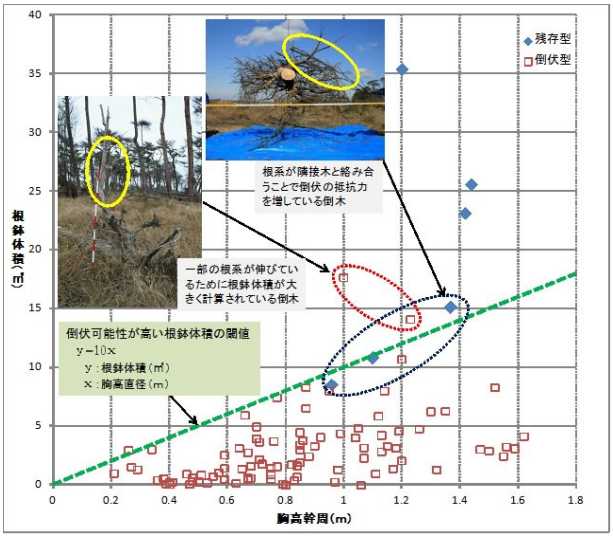


図-3.3.12.4 被害形態別の根鉢体積と胸高幹周の関係

c) 地盤高及び地下水位

被害形態と標高の関係では、標高0.4m程度では倒伏型と折損型が多く残存型が少ないが、標高1.6mまで徐々に高くなるにつれて残存型が増え、標高1.6mを超えると倒伏型と残存型に差がなくなった。

また、根系伸長と地下水位の関係では、地下水位が深いほど垂下根が深くまで伸長し、逆に地下水位が浅い位置にあるほど水平根が広く伸長していた。

そのため、植栽基盤の整備における地盤高は垂下根が深くまで良好に発達できるように最低でも1.5m以上を確保することが重要であり、さらに、垂下根が地下水により伸長阻害を受けて二段目の水平根が発根していたことを考慮すると2.0m程度までは必要であると考えられた。

(d) まとめ

以上を総合すると、津波の浸水高20m程度を想定した場合の倒伏被害に強い海岸林としてマツを育成する目標樹形としては、樹高20m以上、胸高幹周120cm以上、形状比70以下、樹冠長率30%以上が設定された。

また、この樹形に対する地下部の根系伸長の育成目標は、根鉢体積12㎥となる根系伸長量（例えば水平根：4m以上、垂下根：1.5 m以上）が設定された。

さらに、この根系伸長を確保するためには、植栽基盤として地下水の影響を受けない2.0m以上の土層厚を確保することが望ましいと考えられた（**図-3.3.12.5参照**）。

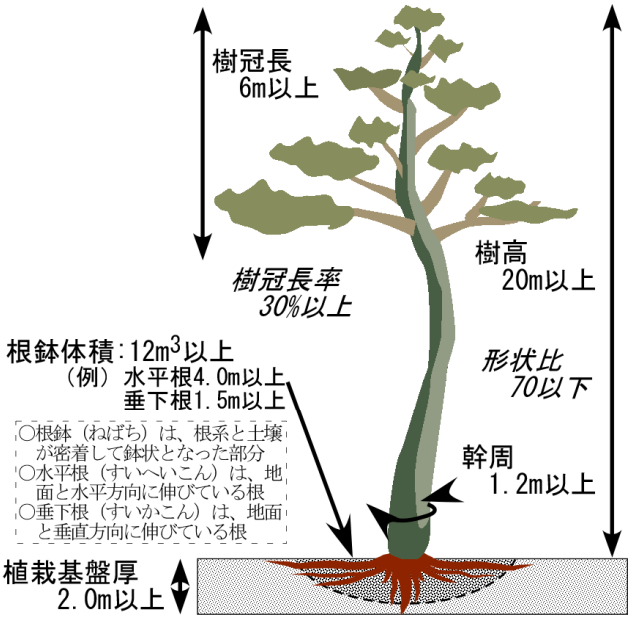


図-3.3.12.5 津波の倒伏被害に強いマツの育成目標

(4) 復旧対策対応

国土交通省は、地方公共団体による被災都市の復興まちづくり計画の検討や、復興事業における公園緑地の計画・設計等の技術的資料をとりまとめるため、**表-3.3.12.2**に示す造園、都市計画、津波災害、土木工学、環境地盤工学等の専門家から構成される「東日本大震災からの復興に係る公園緑地整備検討委員会」を設置し、平成23年8月から平成24年2月にかけて4回にわたる委員会を開催した。この委員会には、国総研から緑化生態研究室長が参画し、公園緑地の整備等における技術的な資料提供や助言を行った。

本検討委員会では、被災都市における復興まちづく

表-3.3.12.2 東日本大震災からの復興に係る公園緑地整備検討委員会の委員構成

委員長	輿水　肇	明治大学　農学部　農学科　教授
委員	石川　幹子	東京大学大学院　工学系研究科　都市工学専攻　教授
	勝見　武	京都大学大学院　地球環境学堂　社会基盤親和技術論分野　教授
	越村　俊一	東北大学大学院　工学研究科　災害制御研究センター　准教授
	小橋　秀俊	（独）土木研究所　地質・地盤研究グループ　上席研究員
	坂本　知己	（独）森林総合研究所　気象環境研究領域　気象害・防災林研究室　室長
	中村　晋	日本大学　工学部　土木工学科　教授
	濱野　周泰	東京農業大学　地域環境科学部　造園科学科　教授
	宮城　豊彦	東北学院大学　教養学部　地域構想学科　教授
	横張　真	東京大学大学院　新領域創成科学研究科　自然環境学専攻　教授
オブザーバー	渡邊　健治	岩手県　県土整備部　都市計画課 総括課長
	櫻井　雅之	宮城県　土木部　都市計画課長
	芳賀　英次	福島県　土木部　まちづくり推進課長
	佐々木　亮	仙台市　建設局　百年の杜推進部　公園課長
行政委員	舟引　敏明	国土交通省　都市局　公園緑地・景観課長
	榔野　良明	国土交通省　都市局　公園緑地・景観課　緑地環境室長
	新田　敬師	国土交通省　都市局　公園緑地・景観課　公園緑地事業調整官
	松江　正彦	国土交通省　国土技術政策総合研究所　緑化生態研究室長

表-3.3.12.3「東日本大震災からの復興に係る公園緑地整備に関する技術的指針」の目次構成

第１章　検討の趣旨
第２章　東日本大震災による津波被害の概要
第３章　公園緑地整備に関する基本的考え方
Ⅰ．復興まちづくりの考え方
Ⅱ．東日本大震災の教訓を踏まえた公園緑地等の機能
Ⅲ．復興まちづくりにおける公園緑地等計画の基本的考え方
Ⅳ．公園緑地の計画・設計等の考え方
第４章　公園緑地の整備における災害廃棄物の活用に関する基本的考え方
Ⅰ．災害廃棄物の処理及び有効活用に関する動き
Ⅱ．東日本大震災における災害廃棄物の概要
Ⅲ．災害廃棄物の処理スケジュール
Ⅳ．公園緑地の整備における災害廃棄物の活用
Ⅴ．植栽基盤

表-3.3.12.4「東日本大震災からの復興に係る公園緑地整備に関する技術的指針」の参考資料

参考資料１：津波災害に強いまちづくりにおける公園緑地の整備関連資料
参考資料２：公園緑地の整備における災害廃棄物の活用関連資料
参考資料３：公園緑地の整備における盛土へのコンクリートくずの活用手順（案）
参考資料４：公園緑地の整備における盛土への津波堆積物の活用手順（案）
参考資料５：植栽基盤の整備手順（案）

り計画、事業計画等の検討・実現の参考となる最終報告として、「東日本大震災からの復興に係る公園緑地整備に関する技術的指針」をとりまとめた（**表-3.3.12.3参照**）。また、技術的指針の参考資料として、本指針の根拠となる現地調査や工学的検証等の結果を示した「技術資料」や「関連資料」、災害廃棄物の有効活用のための「関連資料」、「活用手順（案）」等をとりまとめた（**表-3.3.12.4参照**）。

参考文献

1）東北地方太平洋沖地震津波合同調査グループ、東北地方太平洋沖地震津波情報、2012
http://www.coastal.jp/ttjt/

参考になるホームページアドレス

1）国土交通省報道発表資料：『東日本大震災からの復興に係る公園緑地整備に関する技術的指針』
http://www.mlit.go.jp/report/press/toshi10_hh_000097.html

3.3.13 災害マネジメント分野

(1) 概要

国総研では、受発注者の望ましい役割分担と進めるべき施策について検討を行っている。とりわけ、災害時には活用できる人、組織、技術、資材、情報等が大幅に制限された中で、状況把握、緊急復旧等の活動を行うこととなり、人材・資機材の投入の優先順位や行政機関間及び行政と民間企業との連携など、平時とは異なるマネジメントが求められる。さらに、今回の東日本大震災は、津波被害を含む広範囲の災害であること、公共事業量の激減により建設資源が縮小傾向を続けるなどの不安要素を抱えるなかで発生したこと、東南海・南海地震等のさらなる巨大地震発生が予測されているなかで起きたことなど、災害時の建設マネジメントを考えるうえで深刻な問題を含んでいる。

そこで今回、国総研では被災地域とそれを支援する全国という二つの観点から調査を行った。調査においては建設業団体（及び会員会社）、地元建設企業に対して、東北地方整備局、土木学会の東日本大震災特別委員会等と連携しながら、上記問題等に対する実態が把握できるよう、アンケート方法を検討し、平成23年度下半期よりアンケートを実施した。アンケート方法や各時点での成果報告は、平成23年12月14日の同委員会中間報告会、平成24年3月5日の土木学会主催シンポジウム「東日本大震災 あれから1年 そしてこれからー巨大災害と社会の安全ー」、同年11月6日の同委員会シンポジウム「災害対応マネジメント力の強化 ー東日本大震災から学ぶことー」において行った。最終成果ついては現在とりまとめ途中にあることから、本節ではこれまで判明した結果の概要を述べる。

(2) 業界団体へのアンケート調査について

① アンケート調査方法

平成24年1月に右記点線囲いに示す建設業界32団体（団体名はアンケート調査実施時点）に対して（一部は会員企業に対しても）、平常時の備え、地震後の対応、両者の自己評価に関する項目について、調査表を配布し回答を求めた。このなかで、平常時の備えに関しては、災害協定の締結状況、BCPや災害対応マニュアルの整備状況、防災訓練の実施状況について、また、地震後の対応に関しては、組織内対応と対外支援について尋ねた。

＜団体及び会員企業の両方を対象＞
(社)日本建設業連合会東北支部,
(社)日本道路建設業協会東北支部,
(社)日本埋立浚渫協会東北支部,
(社)日本橋梁建設協会東北事務所,
(社)プレストレスト・コンクリート建設業協会東北支部,
(社)建設コンサルタンツ協会東北支部,
(社)日本建設機械化協会東北支部,
(社)全国建設機械器具リース業協会
＜団体のみを対象＞
東北建設業協会連合会, (社)青森県建設業協会,
(社)秋田県建設業協会, (社)岩手県建設業協会,
(社)宮城県建設業協会, (社)山形県建設業協会,
(社)福島県建設業協会, (社)青森県測量設計業協会,
(社)秋田県県土整備コンサルタンツ協会,
(社)岩手県測量設計業協会, (社)宮城県測量設計業協会,
(一社)山形県測量設計業協会,
(社)福島県測量設計業協会, (社)東北地質業協会,
東北港湾空港建設協会連合会, 青森県港湾空港建設協会,
秋田県港湾建設協会, 岩手県港湾建設協会,
山形県港湾空港建設協会, 宮城県港湾建設協会,
福島県港湾空港建設協会, (社)海洋調査協会,
(社)日本海上起重技術協会, (社)日本潜水協会新潟支部

② アンケート結果の概要

アンケート対象の90%の業界団体において、対策本部等の体制を震災当日（11日）から14日の間に立ち上げている。約85%の業界団体（27団体）については、行政機関と延べ93の災害協定を事前に締結し、58の協定では要請に基づいて支援活動を実施している。協定に加え、災害対応のマニュアル類までを策定・所有していた業界団体は9団体（約30%）と少ないが、会員企業においては137社中82社（約60%）がマニュアル類を策定し、「対応時の指揮・命令系統」や「災害対応業務に対する役割分担」を含めて多くの項目が網羅されている。

支援内容は**図-3.3.13.1**に示すように社会資本の点検が最多で（専門工事業団体、建設関連業団体による支援が大半）、建設関連資機材の提供・運搬、仮設事務所・仮設住宅・避難所の資材・設備・建築作業の提供（大手建設業団体が半数以上）などが多い。また、協定に定められていない建設関連以外の医薬品・食料・衣料品・燃料等の緊急物資の提供や運搬も行っている。会員企業では、その65%が行政機関又は業界団

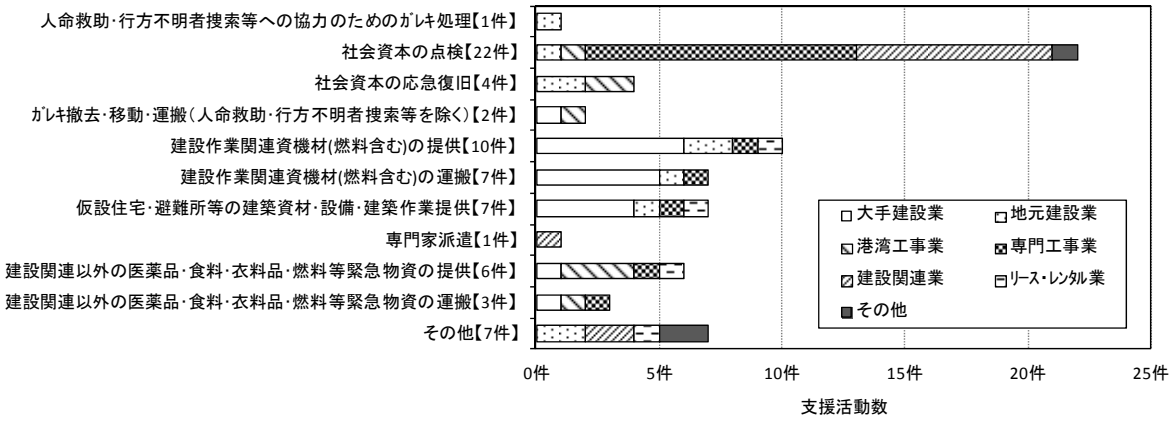
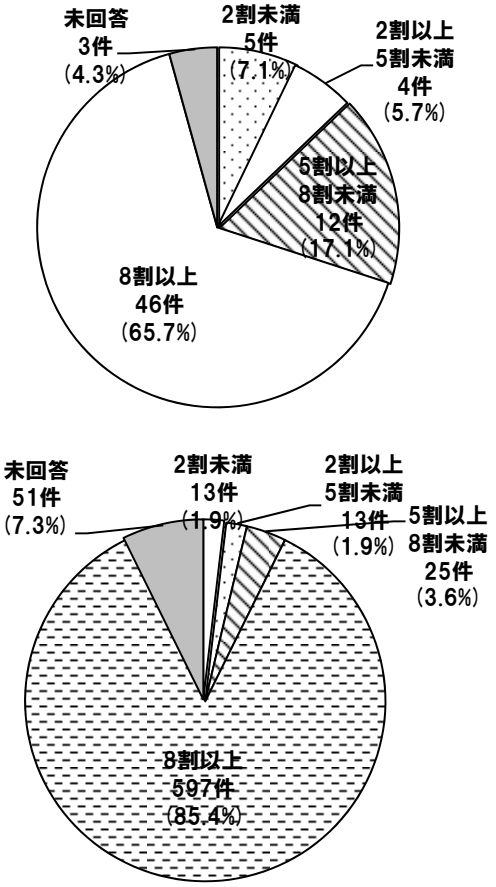


図-3.3.13.1 建設業界団体，会員企業の支援活動内容



(b)会員企業による評価

図-3.3.13.2 支援活動の達成度評価状況

体と直接協定を締結し（延べ285協定）、145の協定に基づいて直接支援活動を実施していることがわかった。

支援の達成状況について自己評価を求めたところ、**図-3.3.13.2**に示すように業界団体では「8割以上の達成度である」との回答が約65%、「5割以上の達成度である」を含めると約80%であり、会員企業についても「8割以上の達成度である」が約85%と全般的には好評価している。しかし、調査表の記入結果やヒアリングなどでは、以下のような深刻な報告例もみられた。

1)近年、建設業は工事業者が建設機械を保有せず、レンタルやリース業を活用する業態に変化している。しかし、レンタル・リース業協会と被災3県との間で、事前に災害協定が結ばれておらず、連絡ルートの開設で一定の時間を要した。また、通常、被災地域外の建設機械の大半は有償で貸与に供されており、被災地に送り込むことができる建設機械の絶対量が不足した。機械の調達ができても、建設機械用の燃料、燃料の運搬に必要なローリーやドラム缶、発動機、機械のオペレータやメンテナンスに係わる人材、輸送運転手の確保ができないなどの深刻な事態に直面し、支援依頼を断らざるを得ないケースも生じた。レンタル・リース業協会や会員会社で災害対応マニュアルを作成していた場合でも、「建設機械、資機材等の保有状況」「災害対応時の燃料、資機材の調達方法」が記載されているマニュアルは半数程度であった。

2)被災施設の台帳等が最新の現況施設の状況と異なっていたため、災害査定用の資料作成（測量、図面復元、写真撮影等）に約2ヶ月を要した事例もある。また、査定作業が写真による机上査定などに効率化されたが、対象構造物によるとりまとめ方法の不統一が、作業上負担になったという意見もあった。

3)発注者が横並びで調整すべき事項などのコントロー

ルができず、特に、自治体の災害査定において、指揮・命令・調整等のマネジメントに混乱がみられたとの回答もあった。

③今後の課題

業界団体（及び会員企業）を対象とした調査から、今後発生することが想定されている東南海・南海地震などの広域災害に向けて、今後以下のような検討を進める必要がある。

1) 災害時の建設機械の調達に対して、平時から行政機関とリース・レンタル業界との間で災害協定を結び、連絡体制を確認すること。また、建設業、建設機械を保有しているリース・レンタル業、整備サポートの技術を持つ建設機械メーカの三者が災害対応の協定を結び、現地への移送に当たっても、燃料業界、運送業界と連携したマネジメントを行うための検討。
2) 発注者において、平常時からのインフラ管理として、各施設整備台帳のGIS化、電子基盤地図の整備を促進するとともに、災害査定の簡素化を図るなどの改善、今後、インフラの日常管理の面での課題に対する改善。
3) 発注者において、災害査定のマネジメントにおいて、建設コンサルタントが発注者支援することの検討。

(3)地元建設企業へのアンケート調査について

① アンケート調査方法

平成23年9月に東北6県の東北建設業協会連合会の会員企業約1,800社に対して、東北地方整備局、及び東北建設業協会連合会とともに、震災発生より1週間の支援活動を対象に、平常時の備え、地震後の対応に関する調査表を配布し回答を求めた。平成23年度内は回収したアンケート調査表の整理を行い、平成24年度現在、とりまとめ作業に取り組んでいるところであり、その一部は東北地方整備局から記者発表をしている。

② アンケート結果の概要

地元建設企業は岩手県、宮城県、福島県の3県において被災した割合が高く（被災3県全体で約60%）、特に、岩手県及び宮城県では沿岸部の企業での被災割合は8割を超えている。

岩手県、宮城県及び福島県の建設企業では、発災から約１時間が経過した16 時までに、自ら被災したにもかかわらず70%近くの地元建設企業が支援活動を開始している。この迅速な活動開始が可能となった要因は**図-3.3.13.3**に示すように、建設機械を自社又は協力会社で保有していたこと、オペレータを自社で雇用していたこと、地元の地理に詳しいこと、日頃から緊急時に備えた体制ができていたこと等、過去の震災経験を踏まえた事前の準備ができていたことなどが上位に挙げられている。

地元建設企業が行った支援内容は「応急復旧」が最も多く、次いで「調査・点検」「がれき撤去・移動・運搬」である。「応急復旧」や「がれき撤去・移動・運搬」の多くは有償支援として活動が行われているが、「調査・点検」は無償で実施された割合が40%と高い。支援活動の遂行にあたり直面した困難は**図-3.3.13.4**に示すように、「燃料（軽油・ガソリン）の不足」、次いで「通信・連絡手段の断絶」「従業員の過労・精神的負担」等であり、これらの困難に直面しつつも支援活動を実施している。

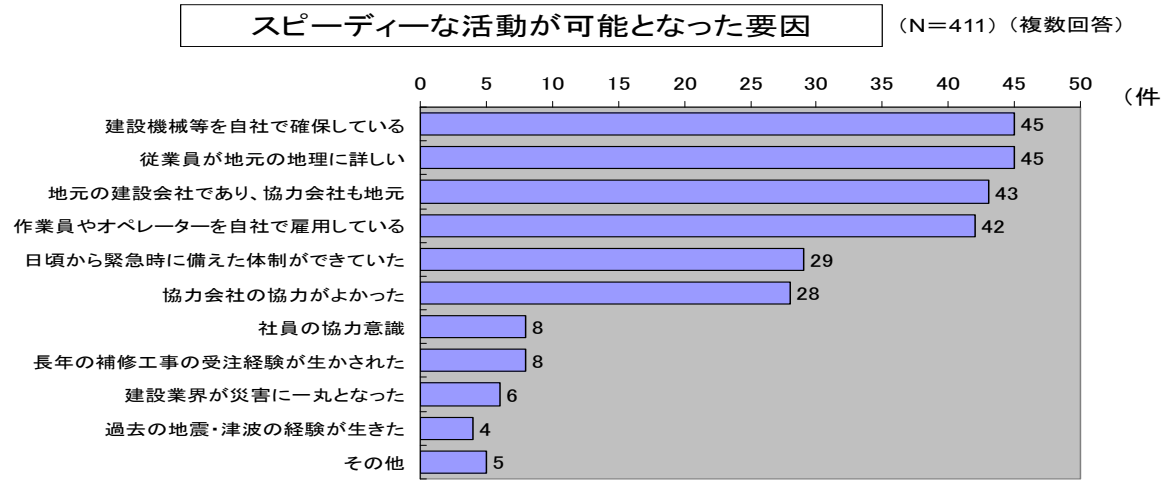


図-3.3.13.3 地元建設企業が迅速な災害支援活動できた要因 [1)]

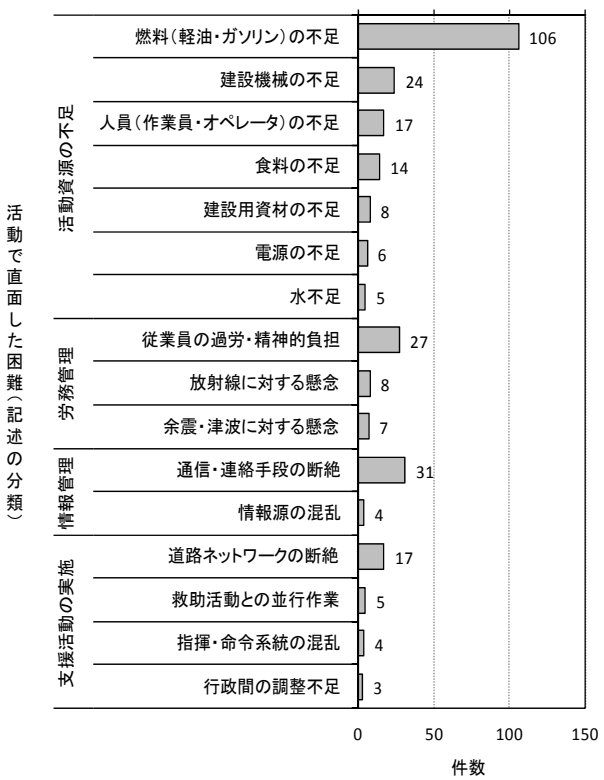


図-3.3.13.4 地元建設企業が直面した困難

この他に、建設機械を手配しながらも燃料が足りずに長時間作業ができない、オペレータを手配しつつも燃料不足で現場に移動できないなどの問題が発生した。また、停電や電話回線の不具合に起因して連絡・通信手段が断絶したことで、内外の調整や情報収集は極めて困難な状況となった。そのため、徒歩による伝令や防災無線を利用した連絡がとられた。

③ 今後の課題

地元建設企業を対象とした調査からは、円滑な支援活動のために、今後以下のような検討を進める必要がある。

1) 発注者、地元建設企業、建設業団体において、公共工事が減少するなかでも、建設機械やオペレータ、機械メンテナンスの体制等をどのように維持するかの方策。
2) 支援活動実施に燃料不足が課題になったこと、被災区域外からの支援時に、燃料輸送手段の確保が困難であったことから、発注者、地元建設企業、建設業団体において、地域内で燃料を備蓄する方策。
3) 建設業団体の調査結果と同様に、社会資本施設の点検調査において、設計図書等の技術的情報の不足が支障となったことから、発注者においては、設計図書等の技術的情報を速やかに確認できるような手法の構築。また、発注者、地元建設企業、建設業団体においては、迅速な点検調査のために、燃料、宿泊施設、食料等確保に関する情報を共有できるシステムの構築。

(4) 今後の対応

建設業団体（及び会員会社）、地元建設企業が果たした役割と課題を明確にするため、以上の調査結果について、とりまとめ作業を継続し、その詳細な成果を国総研資料等にまとめたい。とりまとめでは、既往の岩手・宮城内陸部地震や新潟県中越沖地震での結果も含めて検討を行い、これを近い将来予想されている、東南海・南海地震等の広域大災害の対応に役立てることとしたい。

参考文献

1) 東北地方整備局記者発表資料，震災直後から、迅速に地元企業が活動を開始，平成24年7月24日
http://www.thr.mlit.go.jp/bumon/kisya/kisyah/images/42180_1.pdf

3.3.14 IT・情報分野

3.3.14.1 ITSを活用した災害・復旧時における情報提供

(1) はじめに

東日本大震災において、被災者が避難を行う際に障害となった事例として、自動車交通の地理的集中や、地震による道路のひび割れや崩落、道路上に散乱した瓦礫などによる交通渋滞が挙げられており、ITSを利用した道路交通の円滑化や災害時における情報提供の重要性が高まっている。これを受けて、国総研では、ITSスポットによるドライバーへの情報提供、プローブ情報を活用した大型車両の管理、車載カメラを活用した災害情報収集の研究を進めているため、その取り組み内容を報告する。

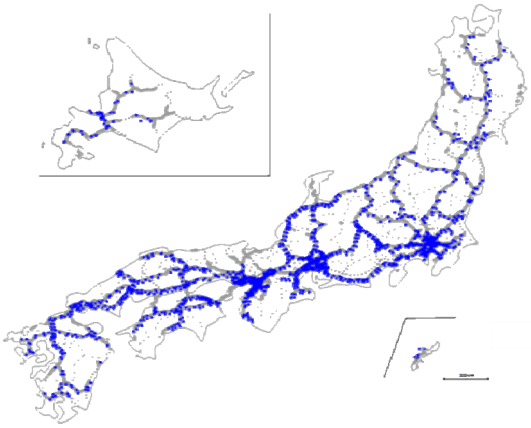


図-3.3.14.2 全国のITSスポット配置図

(2) ITSスポットによるドライバーへの情報提供

1) ITSスポットの全国展開

2009 年度に首都高速道路において、先行してITS スポットサービスが実用化された。また2010 年度には、全国展開の第一弾として、全国の高速道路本線上約1,600 箇所にITS スポットを整備し、2011 年度に全国サービスが開始された（東日本大震災の影響により東北地方については8 月サービス開始）。

ITS スポットの設置間隔は、 都市間高速道路においては、JCT（約90 箇所）の手前も含め、おおむね10km～15km おきに設置され、 都市内高速道路については、約4ｋｍ おきである。また、東名高速、名神高速の全サービスエリアを含め、全国サービスエリアや道の駅など約50 箇所に設置されている。

2012年には、一般道においても20箇所設置している。

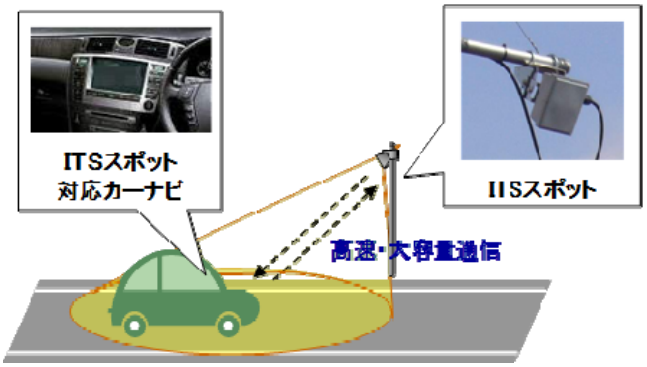


図-3.3.14.1 ITSスポットサービスの概要図

2) 地震発生時の情報提供

首都高速では3 号渋谷線、4 号新宿線、5 号池袋線、都心環状線などでは先行的にITS スポットサービスを開始しており、2011年3月11日に東京で最大震度５強の地震が発生した際、地震速報を活用してITS スポットにより図-3.3.14.3のような地震情報を提供した[1)] 。



図-3.3.14.3 首都高速道路における情報提供実例

(3) プローブ情報を活用した大型車両の管理

1) 概要

ITSスポットとは、ITSスポット対応車載器との間で双方向の通信を行うために路側に設置された電波ビーコンである。ITSスポットは車両側から送信されるプローブ情報を道路側で受信する。通常はプローブ情報をもとに車両や個人を特定することはできない。但し、国土交通省と契約した事業者に対しては、ITSスポット対応車載器等に設定を行うことで、プローブ情報に個別の車両を特定できる情報を付加し、特定車両のプローブ情報を抽出・提供することが可能となる。このプローブ情報を特定プローブ情報といい、災害時などを含む物流車両の運行経路の把握に関する技術面での成立可能性について検討している。

当該技術は、災害時等における大型車両の運行経路把握に有効な技術であると考えられることから、以下に、ITSスポットから得られる特定プローブ情報を用いて物流車両の運行経路の把握を行う実験の概要[2)]を紹介する。

2) 実験概要

実験に使用した車載器の特徴及び実験概要を以下に示す。

①GPS付き発話型ITSスポット対応車載器の特徴

1) 走行履歴（時刻、緯度・経度）の蓄積タイミングは、200m走行毎又は45度方向転換時であり、車載器には80km程度の走行履歴を蓄積可能。
2) 蓄積された走行履歴と基本情報（機器製造メーカ・型番、車両等に関する情報）は、ITSスポット通過時に送信され、送信された走行履歴は車載器から消去される。
3) 蓄積された走行履歴が車載器の容量を超過すると、データは送信未了であっても古いものから破棄される。
4) エンジン停止・始動した地点の前後1km程度（範囲はメーカにより異なる）の走行履歴は車載器で消去され、ITSスポットに送信されない。
5) ITSスポットから提供された安全運転支援情報等を音声によりドライバーに知らせる。
6) ETC機能を有する。

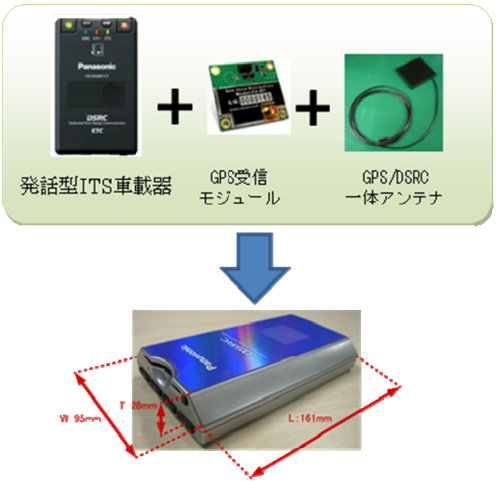


図-3.3.14.4 GPS付き発話型ITSスポット対応車載器

②実験概要

1) 特定プローブ情報収集期間：2011年10月1日から2012年1月31日
2) 検証走行車両：首都高速道路を主に活用する物流車両36台
3) 車載器：GPS付き発話型ITSスポット対応車載器
4) ITSスポット：首都高速道路（延長301.1km）に171箇所設置

3) 実験結果の分析

取得された走行履歴（時刻、緯度・経度）の特定プローブ情報の例を**図-3.3.14.5**に示す。

前述の通り、エンジン停止・始動した地点の前後1km程度の走行履歴は消去される。しかし、走行時間の間隔が5分以上の箇所を抽出することで、輸送先と思われる場所とその到着・出発時刻を推測可能であることを確認できた。

特定プローブ情報がリアルタイムで配信される場合、ITSスポットが多数ある高速道路を走行すれば、車両の位置情報・走行履歴をいち早く把握可能である。しかし、現時点では一般道へのITSスポット数は少ないため、一般道の走行が長いとリアルタイム性が低くなる。また、トンネル部分等GPS受信状態の悪い区間は欠測が生じる。2).①.3)のしくみにより、一般道の走行距離が長くITSスポットを通過しない場合は欠測が生じる。

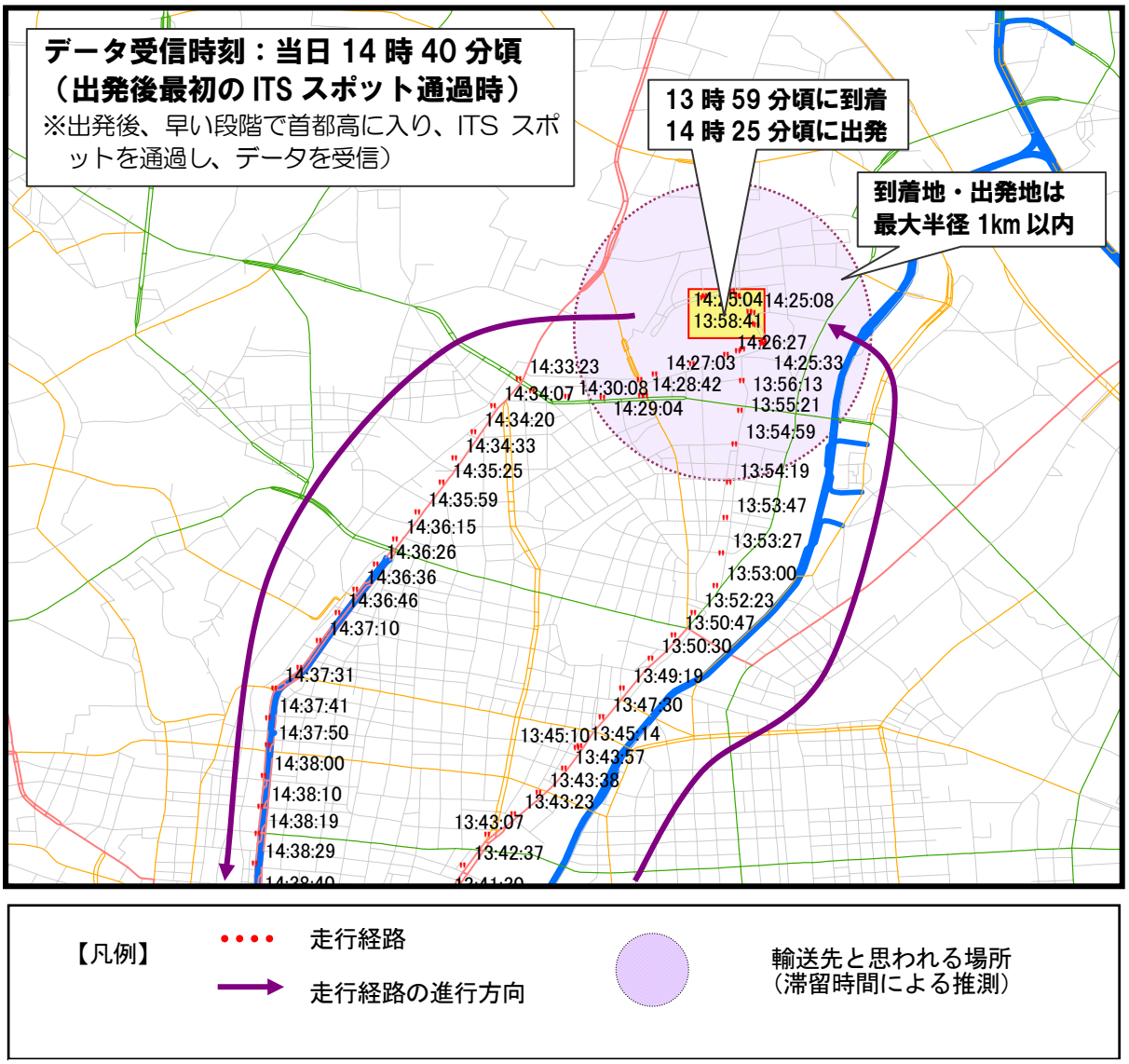


図-3.3.14.5 走行履歴による運行経路の把握例

(4) 車載カメラを活用した災害情報収集

1) 概要

従来、道路監視用カメラ（ITV）で撮影された画像を自動的に処理・解析し、異常事象等の検知を行う技術の開発及び導入の取り組みが進められてきた。しかし、ITV画像を用いた自動異常事象検知は、検知箇所がカメラ設置箇所に限定され、災害・事故情報収集手法としては不十分な点がある。

一方、近年、事故遭遇時の画像記録等を主な目的として、カメラを搭載する車両が増加することが見込まれている。

それ以外は高架橋の陰になる区間の走行も含めて概ねデータ取得できることを確認できている。

以下に、車載カメラから得られる画像情報を用いて災害・事故情報収集・活用を行う際の課題[3)]を示す。

2) 道路管理者が行うべき情報収集

国土交通省の地方整備局や国道事務所単位で作成している「道路維持管理計画」では、豪雨や地震等の異常時には、緊急的に道路巡回を実施することとなっている。「国土交通省業務継続計画（平成19年6月）[4)]」に示されている収集すべき情報の一覧を**表-3.3.14.1**に示す。「国土交通省業務継続計画」では、1時間以内に収集・整理された災害情報の第一報を報道機関等に公表するため、道路をはじめとする施設等被害及び高速道路等の通行止め情報の情報収集を迅速に行うこととしている。また、地方整備局や国道事務所等毎に作成している「防災業務計画」では、震災、風水害、火山災害、雪害、道路災害、河川水質事故災害、大規模火事等災害、原子力災害等への対策を定めているが、応急対策の内容として、CCTV等の情報収集

機器による情報収集、衛星小型画像伝送装置による現地からの動画情報の送信、緊急道路パトロールによる道路情報の収集、道路利用者等からの通報による情報収集等が必要とされている。さらに「異常時（地震）巡回実施要領」では、往路においては、道路の通行の可能性に主眼を置いて巡回を実施し、復路においては、路面の陥没・亀裂、路上の障害物、斜面崩壊や落石等の点検項目について巡回を実施すること、往路巡回は地震発生後1時間以内、復路巡回は往路巡回終了後、2時間以内を目安に完了させることとされている。

表-3.3.14.1 国土交通省業務継続計画における収集情報

項目	担当	時間			
		1H	3H	12H	24H
1．即座に収集すべき情報					
（1）施設等被害					
河川施設	河川局	●			
土砂災害	河川局	●			
海岸保全施設	河川局・港湾局	●			
高速道路、国道、地方道	道路局	●			
鉄道施設	鉄道局	●			
港湾施設、航路	港湾局	●			
空港、航空保安施設等	航空局	●			
（2）交通・輸送運行状況					
高速道路等の通行止め情報	道路局	●			
鉄道事故・運休情報	鉄道局	●			
航空事故・運休情報	航空局	●			
（3）庁舎、通信施設					
情報通信施設	大臣官房	●			
庁舎	大臣官房	●			
ライフライン	大臣官房	●			
官庁施設	官庁営繕部	●			
2．収集に若干時間的余裕のある情報					
（1）施設等被害					
観光関係被害（登録ホテル、旅館等）	総合政策局		●		
都市公園	都市・地域整備局			●	
建築物	住宅局			●	
下水道	都市・地域整備局 下水道部				●
（2）交通・輸送運行状況					
営業倉庫	政策統括官（物流担当）		●		
自動車運送事業（高速バス等の運行情報、トラック等の事故情報）	自動車交通局		●		
海上交通の状況（旅客船等の事故・運行情報）	海事局		●		

3）道路管理の高度化・改善内容

道路管理者に必要とされる情報収集内容及び情報収集方法を踏まえ、車載カメラ画像を用いてどのような高度化あるいは改善が可能かを整理した結果を**表-3.3.14.2**に示す。

表-3.3.14.2 道路管理の高度化・改善内容

現状の情報収集方法	高度化・改善内容例
道路巡回（災害時）	災害時の通行可否把握がより迅速・可視的に実施可能
情報収集機器による異常事象検知（災害時）	情報収集機器設置箇所以外でも、事象検知、可視的な把握が可能
道路利用者からの通報（通常時・災害時）	通報の容易化・自動化により、収集情報量の拡大が可能
	画像情報・位置情報を合わせた通報により、異常事象発生箇所や規模の把握の容易化、可視化が可能

4）概念モデルの提案

これまでの取組み[5)-10)]から、車載カメラ画像を道路管理に活用する仕組みを、①～④の4つのプロセスにより構成する概念モデルとして表現する。概念モデルの模式図を**図-3.3.14.6**に示す。

①データ収集プロセスは、走行している車両（道路管理用車両、路線バス等一定のルートを走行する事業用車両、一般車両等）に搭載している車載カメラ等の機器により、画像データ、位置測位データ、加速度データ等を収集するプロセスである。

②データ処理プロセスは、収集された画像データ、位置測位データ等を解析・処理し、異常事象の検知・判定を行うプロセスである。

③データ送信プロセスは、収集された画像データ等あるいはそれが処理され得られた検知・判定情報を、通信により車載器側からセンター側へ送信するプロセスである。

④データ活用プロセスは、道路管理者等が事象検知・判定結果を得て、緊急巡回の出動、他管理者・道路利用者への情報提供等の行動・判断を行うプロセスである。

この中で②と③は様々な段階・形態で行われることが想定される。すなわち、車載器の中でマップマッチング等の基礎的なデータ処理が行われる場合もあれば、全ての画像データがセンターへデータ送信された後に初めて画像解析等のデータ処理が行われる場合も考えられる。

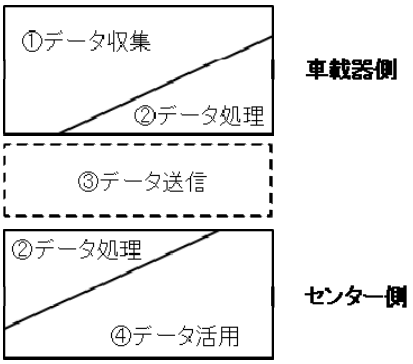


図-3.3.14.6 概念モデルの模式図

5) 管理・運用面の主な課題

①データ収集プロセス

本プロセスにおいては、データの所有権をどの主体が有するのか、また、データを収集する動機付けをどのように行うのかという課題がある。車載器の設置車両の選択・抽出、長期間にわたる車載器の性能・精度担保の仕組みの構築も課題となる。

②データ処理プロセス

車載器側で本プロセスを行う場合は、車載器に新たな機能を付加することが必要となり、機器開発の動機付けが課題となる。また、どのような種類のデータ処理を実施し事象検知・判定を行うのかについて、費用対効果の面、道路管理におけるニーズ面等を踏まえた比較衡量が必要となる。

③データ送信プロセス

本プロセスでは、利用する通信回線の整備、あるいは使用料負担をどの主体が担うのかが課題となる。また、送信される画像データには個人情報が含まれる可能性があり、個人情報保護法等の関連法令を踏まえたセキュリティ対策の検討が課題となる。

④データ活用プロセス

本プロセスでは、得られた事象検知・判定結果や画像データをどのような範囲で共有するのか、データの保管あるいは公開をどのように行うのかについて、費用対効果面、道路管理におけるニーズ面、セキュリティ対策面等を比較衡量しながら検討する必要がある。特にソーシャルネットワークサービス等との連携によりデータ取得、データ送信部分を共有する場合には、明確な役割・費用分担、責任分解点の検討が必要となる。加えて、得られる車載カメラ画像情報の真偽性について、通常の道路利用者からの通報同様、課題となる可能性があるため、道路管理の中でどのような位置づけで活用するのかについて検討が必要となる。

6) システム・技術面の主な課題

①データ収集プロセス

本プロセスの主な課題としては、収集データの仕様・形式の違いの取扱いがある。現在、普及しつつある車載カメラは、撮像素子、解像度、フレームレート、画像ファイル形式等が多様であり、一般車両からの画像プローブ情報を集約・活用する場合には、データをいかに統合するかという課題を技術的に解決する必要がある。また、データの収集タイミングを常時収集とするのか、加速度等によるトリガー前後のみとするのか、一定地点とするのか、ドライバーの音声操作等による任意のタイミングとするのか等について、技術的な難易度、費用対効果、道路管理者のニーズ等を踏まえ比較衡量する必要がある。

②データ処理プロセス

データ処理により異常事象の検知・判定を行う上では、どのような事象に対してどのような処理技術を適用するかが課題となる。一般の車両も含めて車載カメラ画像を収集・活用する場合、多様な処理技術が併存することとなり、データ処理プロセスで検知精度や判定基準が異なる可能性が生じる。また、意図的な不正データの作成の可能性も排除できない。そのため何らかの標準化、あるいは性能認証制度等を検討する必要があると考えられる。

③データ送信プロセス

データ処理プロセスの自由度を高めるためには、時間・場所・データ容量を問わず画像を送信することができるデータ送信技術を採用することが望ましいが、一般に通信に用いられる回線容量は限られ、あるいは通信容量に比例して費用が発生することから、送信頻度、送信速度、利用する回線種類等について、費用対効果の面、データ処理プロセス側からの技術的要求性能等を踏まえた上で比較衡量する必要がある。

④データ活用プロセス

異常事象検知・判定結果の活用にあたり、閾値をどのように設定することが効率的か検討する必要がある。また、多様な管理者等の間で情報共有を行う場合にはデータ送信・保存形式の標準化等が必要になると考えられる。

7) 検知精度に関する基礎データの収集

落下物等の道路上の異常事象をどの程度精度良く検知できるかを確認するため、国総研の試験走路において簡易な基礎実験を行い、データの収集を行ったので、その一例を紹介する。

この実験では、試験走路上に複数個の石を置き、それをドライブレコーダから撮影し、車載カメラ画像データを収集し、収集した画像データを画像解析ソフトを用いて、対象物の画像が検知されるかどうかの確認を行った。その精度について整理した結果は**表-3.3.14.3** のとおりである。なお、ここでいう検知可とは、対象物画像において、画像の境目や角といった特徴点の抽出が出来たということである。

対象物までの距離が 20m より離れている場合は、検知不可となっているが、距離が 20m 以内の場合は、トラッキング数（特徴点抽出の数）を増やす程、対象物を検知し易くなっている。**図-3.3.14.7** における写真内の数字は、特徴点を数値化したものである。

表-3.3.14.3 対象物検知一覧

	トラッキングデータ数		
	100 個	500 個	1,000 個
対象物までの距離：10m	検知不可	検知可	検知可
対象物までの距離：20m	検知不可	検知不可	検知可
対象物までの距離：30m	検知不可	検知不可	検知不可
対象物までの距離：40m	検知不可	検知不可	検知不可
対象物までの距離：50m	検知不可	検知不可	検知不可

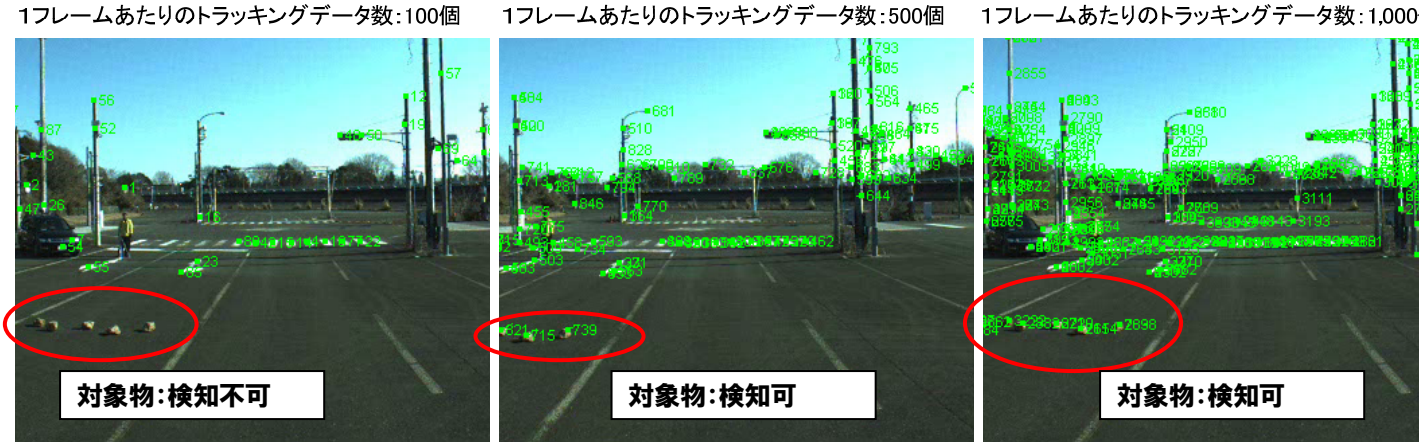


図-3.3.14.7 画像解析結果【対象物までの距離：10m】

(5) まとめ

本節では、ITSスポットによるドライバーへの情報提供、プローブ情報を活用した大型車の管理、車載カメラを活用した災害情報収集、についての取り組みを報告した。今後は、各研究において明らかになった課題を改善するため、実道実験等を通じ道路管理者等による評価を踏まえ、提供可能なサービス水準を検証し、標準化すべき情報項目、内容や運用方法等について検討を進めることが必要と考えられる。

参考文献

1) 秋山聡：ITS における日本の新たな取り組み状況、国土技術研究センター、2011
2) 田中良寛ほか：A study on low-cost logistics support service utilizing ITS Spot, 19th ITS World Congress, AP-00177, 2012
3) 鈴木彰一ほか：車載カメラ画像を用いた道路上の災害・事故情報収集技術の課題に関する考察、第45 回土木計画学研究発表会・講演集、5b 災害情報(6)、2012
4) 国土交通省：国土交通省業務継続計画、p.7、2007
5) 栗畑博幸ほか：運転支援のための車載カメラ映像による状況別降雨認識、信学技報、PRMU2005-267、2006
6) 久徳遙矢ほか：過去の車載カメラ画像との道路面差分による不特定障害物の検出，信学技報，PRMU2009-273，2010
7) 久徳遙矢ほか：車載カメラ映像の道路面経時差分による前方障害物検出、「画像の認識・理解シンポジウム（MIRU2009）」、2009
8) 田中宙夫ほか：車載カメラ画像のガホールフィルタ処理による自動車前面路面の乾湿判定、信学技報、ITS2010-63、2011
9) 笹木美樹男：色情報と知識処理による車載カメラ

映像のインデキシング、デンソーテクニカルレビュー、Vol.12、No.1、2007
10) 嶋田茂ほか：スマートフォンによるドライブログの常時記録アーカイブと映像サービスシステム（Vider）、情報処理学会研究報告、Vol.2009-ITS-38、No.2、2009

3.3.14.2 道路基準点・道路基盤地図情報の座標補正

(1) 概要

東北地方太平洋沖地震による大規模な地殻変動の影響を受けた地図等の座標補正は、地図等の精度確保の観点からも必要不可欠である。

本稿では、国土交通省において管理している、大縮尺道路地図である道路基盤地図情報や、道路における位置情報の基準となる道路基準点について、東北地方太平洋沖地震による地殻変動に伴う座標補正について報告する。

(2) 道路基盤地図情報及び道路基準点の概要・経緯

1) 道路基盤地図情報の概要

(a) 道路基盤地図情報整備の背景

道路管理で取り扱う情報は、道路利用者からの行政相談や舗装履歴、事故多発箇所等、様々な情報が扱われている。これらの情報は、複数の業務間で共通利用されるものが多く、情報共有する仕組みがあると、道路管理の効率化が図ることができる。

このような道路管理の効率化を支援する目的で、国土交通省では、**図-3.3.14.8**に示すような30種類の地物で道路構造を詳細に表現した、大縮尺（1/500 または1/1,000）のGISデータである「道路基盤地図情報」を整備している。

(b) 道路基盤地図情報の整備

道路基盤地図情報は、道路事務所等で実施した道路工事の工事完成図を、GISデータにコンバートして整備している。対象となる道路工事が行われることで地図の整備・更新が図られ、必要最低限の予算で整備が進む仕組みが確立されている。

また、工事完成図は「道路工事完成図等作成要領」に基づき整備されているため、均一の精度を確保している。

2) 道路基準点の概要

(a) 道路基準点整備の背景

前述のとおり、道路基盤地図情報は工事完成図を基に作成しているため、数百メートルの区間毎の地図として整備されており、利用の際には高精度の緯度経度情報を用いて地図の接合・標定を行う必要がある。

道路基盤地図情報では、接合・標定を行いシームレスな地図とする際の基点として、30地物のうち「距離標」を用いることとしている。道路基準点は、この距離標に正確な座標情報を与えることを主な目的として整備している。

(b) 道路基準点の初期整備

道路基準点は、**図-3.3.14.9**のように、道路の路肩等に設置されている地点標の近傍に、金属鋲を設置して座標を測量している。整備にあたっては、「道路基準点の整備方針（案）」（以下、「整備方針（案）」という。）に即して整備され、緯度経度は7～8cm程度の誤差、標高は10～20cm程度の誤差の精度を確保している。

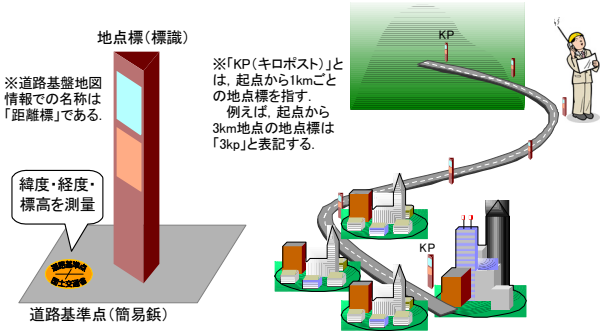


図-3.3.14.9 道路基準点の整備イメージ

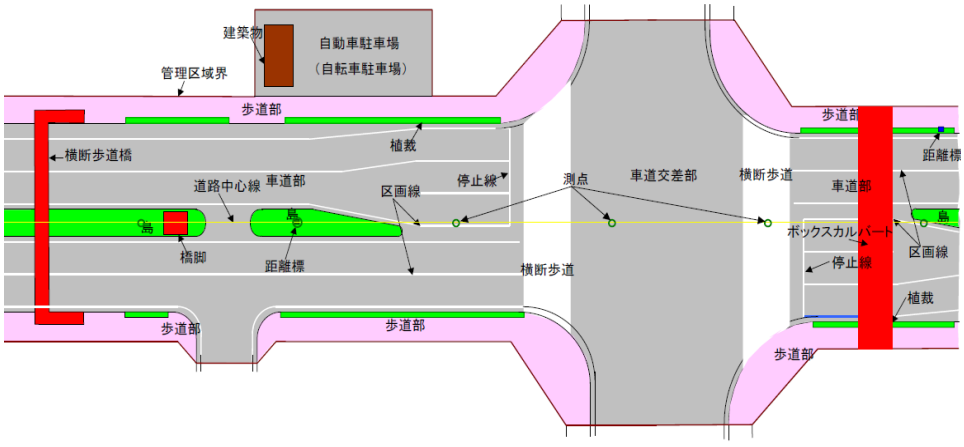


図-3.3.14.8 道路基盤地図情報のイメージ

(3) 東北太平洋沖地震による地殻変動の影響

1) 東北太平洋沖地震による地殻変動

東北地方太平洋沖地震では、東日本太平洋沿岸地域を中心に大規模な地殻変動をもたらした。水平方向に20cm以上移動した範囲は長野県や富山県まで及び、上下変動でも東日本太平洋沿岸地域は大きく沈降した[1)]。

2) 補正パラメータの提供

前述の大規模な地殻変動を受け、国土地理院では平成23年10月31日より、公共基準点等の座標値を、地殻変動によって生じた水平方向または上下方向のずれを補正するための座標補正パラメータ及び標高補正パラメータを提供している[1)]。

国土交通省において管理している、道路基盤地図情報及び道路基準点の座標補正については、当該補正パラメータを基準として実施することとした。

(4) 道路基盤地図情報及び道路基準点の座標補正

1) 道路基盤地図情報の座標補正

(a) 地殻変動等の影響を受けた道路基盤地図情報の抽出

国土地理院から公表されている資料に基づき、東北地方太平洋沖地震による地殻変動の影響を受け、国土地理院から補正パラメータが公表されている地域の道路基盤地図情報を抽出した。抽出にあたっては、過去の地震（能登半島沖地震等）等による座標補正が必要な道路基盤地図情報も対象とした。

(b) 座標補正手順の整理

前項で抽出した道路基盤地図情報の座標補正を実施するため、国土地理院から公表されている資料に基づき、座標補正方法・手順の整理を行った。

道路基盤地図情報GISデータは、工事完成図CADデータを自動変換して作成されることから、計算処理段階での齟齬を防ぐため、**図-3.3.14.10**に示すとおり、工事完成図CADデータの座標を変換し、その後に自動変換でGISデータを作成する手順とした。

また、工事完成図CADデータへの座標補正パラメータ及び標高補正パラメータの適用は、座標補正プログラムを開発し一括補正を可能とした。

(c) 座標補正の実施

前述の座標補正手順に基づき、座標補正プログラムを用い道路基盤地図情報の座標補正を行った。**図-3.3.14.11**は座標補正プログラムによる補正例である。

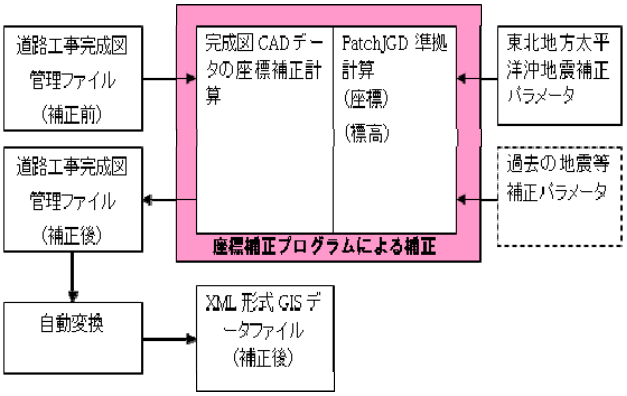


図-3.3.14.10 座標補正の基本的な作業手順

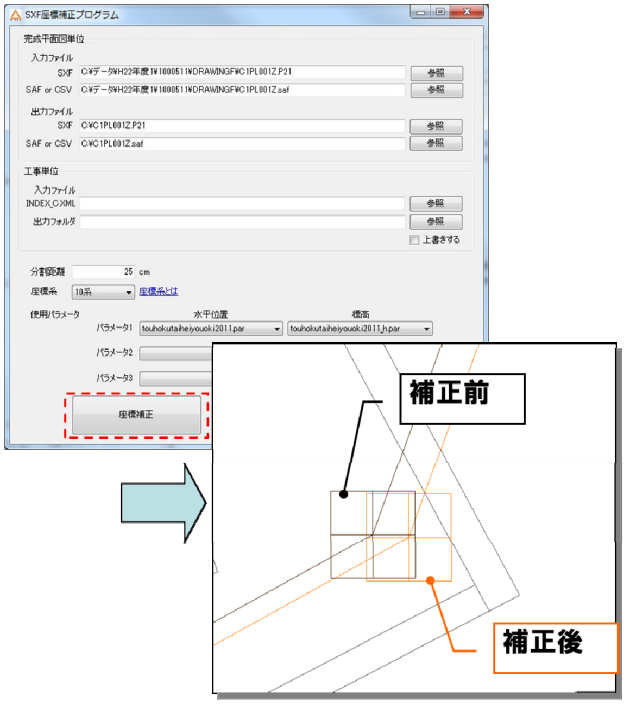


図-3.3.14.11 座標補正プログラムによる補正例

補正後の精度については、国土地理院が提供する座標補正用ソフトPatchJGDの算出結果と比較検証し、品質が保証されていることを確認した。

(d) 座標補正手順書の策定

道路基盤地図情報は将来的に整備・更新がされるデータであり、今後も座標補正を必要とする道路基盤地図情報が逐次登録・蓄積されることが予想される。このため、今回整理した座標補正方法・手順をとりまとめ、「道路基盤地図情報座標補正手順書」を策定した。

2) 道路基準点の座標補正

(a) 地殻変動等の影響を受けた道路基準点の抽出

国土地理院から公表されている資料に基づき、東北地方太平洋沖地震による地殻変動の影響を受けた道路基準点を抽出した。抽出にあたっては、過去の地震（能登半島沖地震等）等による座標補正が必要な道路基準点も対象とした。

(b) 座標補正の実施

前項で抽出した道路基準点について、国土地理院が提供する座標補正用ソフトPatchJGDを用い、座標補正を行った。**図-3.3.14.12**は、補正パラメータの値の大きい地点（国道45号46kp地点）での座標補正例である。

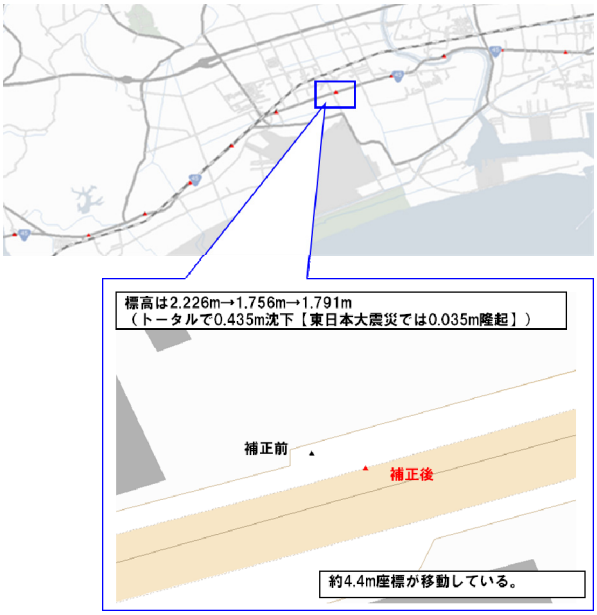


図-3.3.14.12 道路基準点の座標補正例

(c) 将来の維持管理を見据えた補正作業手順の整理

道路基準点の座標補正については、基準点自体の亡失による再設置・再測量や、補正パラメータ未提供箇所の再測量等が発生するため、補正パラメータをもちいた方法で一律に補正することが難しい。また、整備方針（案）は初期整備に関する規定が中心となっており、整備後の維持更新についての記載が不足していた。このため、道路基準点の将来的な維持更新を踏まえ、整備方針（案）を「道路基準点の整備・維持更新要領（案）」として改定するとともに、大規模な地震等により急激かつ大幅な地殻変動が生じた際の作業方法を検討し、「大規模な地殻変動が生じた場合の道路基準点の維持更新マニュアル（案）」を策定した。**図-3.3.14.13**は当該マニュアル（案）の作業フローである。

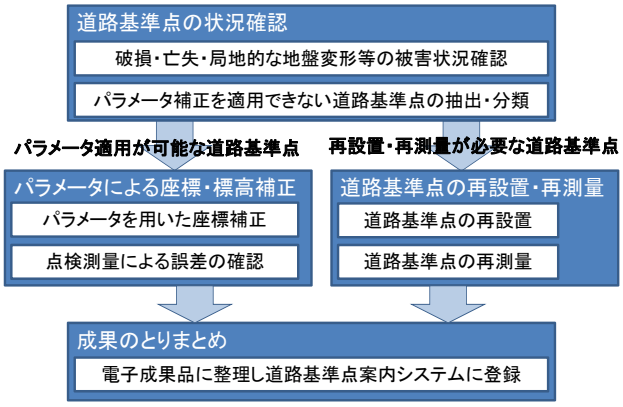


図-3.3.14.13 マニュアル（案）による道路基準点座標補正の作業フロー

(d) 再設置・再測量等の実施

前述のマニュアル（案）に基づき、パラメータによる補正が可能な道路基準点における点検測量、及び再設置・再測量が必要な道路基準点の再設置等作業について、今後各地方整備局において対応することとなっている。

当該作業の結果は、全国の道路基準点の情報を一元的に集約・管理している「道路基準点案内システム[2)]」に今後登録することとしている。

(5) まとめ

東北地方太平洋沖地震による大規模な地殻変動の影響を受けた地図等の座標補正について、補正作業手順等を整備するとともに、実際に補正作業を実施し精度を確保することができた。

今後は、道路基準点の点検測量等の結果を集約・管理するとともに、道路基盤地図情報や道路基準点の精度を確保するため、必要に応じ実施される地方整備局等での座標補正について、継続的に支援していく予定である。

参考文献

1) GPS連続観測から得られた電子基準点の地殻変動（国土地理院HP）：http://www.gsi.go.jp/sokuchikijun/ sokuchikijun60011.html

2) 道路基準点案内システムHP：http://www.road-refpoint.jp/

3.3.15 沿岸環境分野

沿岸環境については、海域への汚染物質の流入、沿岸生態系の回復・保全、復旧・復興工事における環境配慮について技術支援を行った。

沿岸環境については、発災後、報道や関係者からの発信情報の収集に努めたが現場の詳細な情報は得られない状況が続いた[1),2)]。発災1か月たったところで、当面の問題は、海域への汚染物質の流入、沿岸生態系の劣化など環境的な被災状況の把握[3)]や、復旧・復興工事における環境への配慮[4)]であると判断し、こうした調査、配慮に関する理解を求め、本省港湾局海洋・環境課を通して東北地方整備局に環境配慮への注意喚起と、必要な支援の体制があることを周知し、要請を待つこととした（**図-3.3.15.1**）。

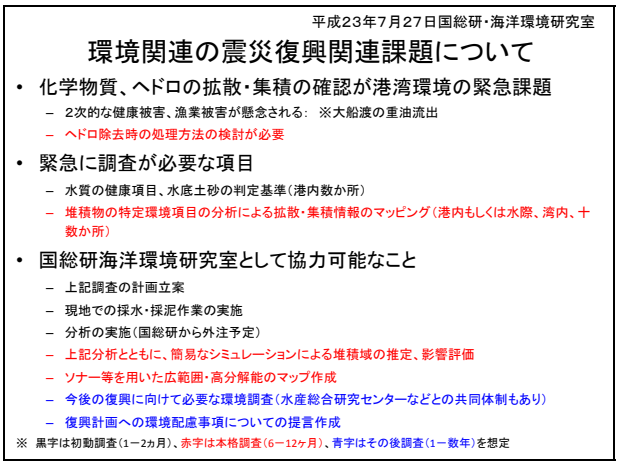


図-3.3.15.1 沿岸環境関連の課題メモ（2011年7月）

しかし、復旧・復興の優先との関係から現状把握のためのモニタリングや、生態系回復のための調査の要請は現場からは無く、2011年5月に国総研の独自調査として松島湾の底質調査を現地事務所の協力の元、実施した。その後、2011年11月から宮古湾でのアマモ場再生に向けた調査を開始し、2012年4月にはNPO連携事業「アマモ場再生活動で繋ぐ復興の絆プロジェクト」が立ち上がり、調査成果の共有などを通して協力してきた。

2011年度末から、2012年度にかけて、復興のための環境再生に関係する検討会が松島湾、大船渡湾、宮古湾で立ち上がり、国総研からは海洋環境研究室長、沿岸海洋新技術研究官が委員として参画するなどして技術協力・支援に努めている。

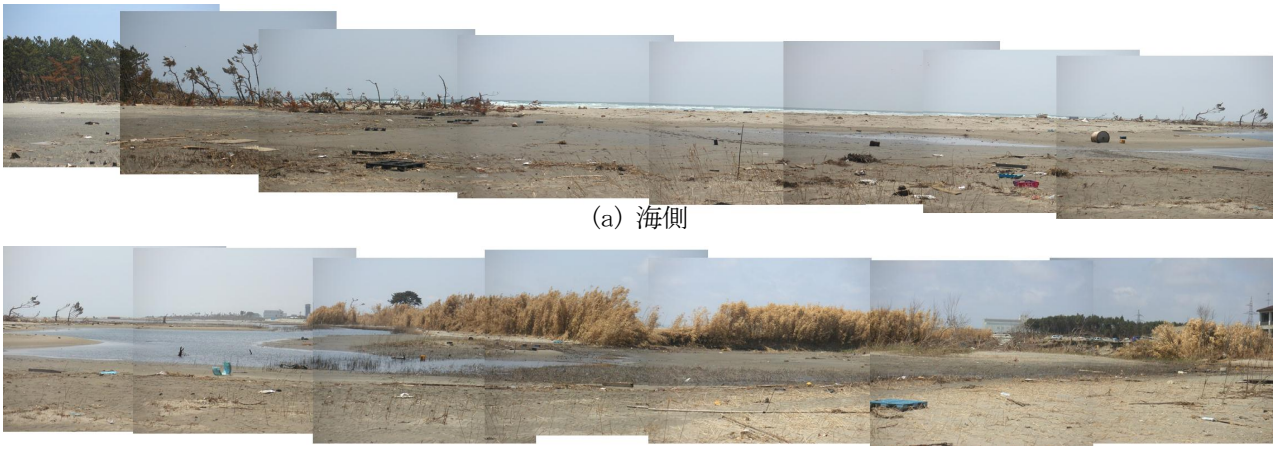
なお、2012年1月15日放送のNHKスペシャル「知られざる放射能汚染～海からの緊急報告～」において、大気経由で輸送されてきたセシウムが河川に流れ込み、泥粒子に吸着することで河口域に運搬・堆積する可能性や進行するプロセスの現状が紹介され、海底土砂の放射能汚染という問題も顕在化してきた。小名浜港、相馬港においては、そうした問題に対処するための検討会も実施されている。

以下、地域ごとの状況をとりまとめて報告する。

(1) 仙台塩釜港・松島湾

仙台塩釜港近くには、蒲生干潟があり、従前から環境保全に意識の高い地域であった[5)]。蒲生干潟そのものは、海側の砂堆を大きく失うこととなり、海岸林と合わせて潟湖干潟の環境の激変を経験することとなった。

2011年5月の仙台塩釜港、松島湾の水域調査に合わせて蒲生干潟を訪れ、目視観察などを通して生態系の現状を確認した（**図-3.3.15.2**）。大きな地形変化があったものの、新たな環境に適応したベントス、鳥類の生息が確認され、沿岸生態系の再生力の強さを垣間見ることとなった。



(a) 海側

(b) 陸側

図-3.3.15.2 被災後の蒲生干潟（2011年5月5日）

2011年5月の松島湾での調査では、事前に陸域からの流出物の拡散状況について数値計算を実施し（**図-3.3.15.3**）広がりの範囲を予測したうえで、サンプリング点を設定したが、現地においては、漂流したカキ筏や網などの啓開作業が進められる最中であり、航路以外の水域には調査船で侵入することができず、予定通りのサンプリングは実施できなかったが、現地事務所の全面的な協力により海・陸両面からアクセスできる範囲でのサンプリングが実施された（**図-3.3.15.4**）。

採泥は、エクマンバージ採泥器を使用し、底泥表層2cmを3回以上の採泥し、混合の上、分析試料とした。分析結果では、健康項目の34項目うち，ひ素又はその化合物、ふっ化物、バナジウム又はその化合物、水銀又はその化合物、ポリ塩化ビフェニルの5項目で値が検出されたものの、いずれも基準値を大きく下回っており，手当てが必要なレベルでは無かった。

2012年5月には、松島湾の海域環境復興を考える検討会が立ち上がり、(1)松島湾の海域環境の現状把握、(2)海域環境再生方策に関する基礎的検討、(3)海辺づくりのあり方に関する基礎的検討、(4)海域環境再生効果の予測、(5)その他松島湾の海域環境復興にかかわる事項について検討することとなった。国総研の沿岸海洋新技術研究官が座長として、海洋環境研究室長がオブザーバとして参加している。

当該検討会では、湾内でのアマモ場再生に向けた検討を中心として現地観測、住民参加型イベント（親子で学ぶ松島湾の海辺）等の開催を支援している。さらには、従前より予定されていた北浜緑地護岸の改修において、適切な環境配慮がなされるように、住民と塩釜市、宮城県が話し合う場として設置された北浜緑地護岸を考えるフォーラムに国総研の沿岸海洋新技術

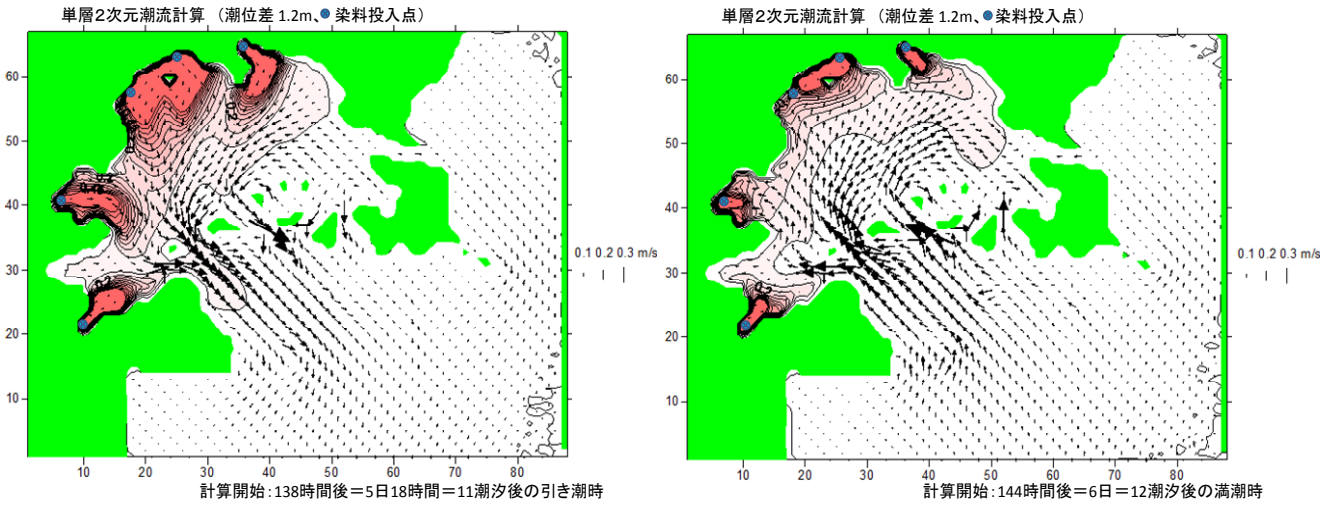


図-3.3.15.3 松島湾での陸域からの流出物の拡散状況の簡易シミュレーション結果

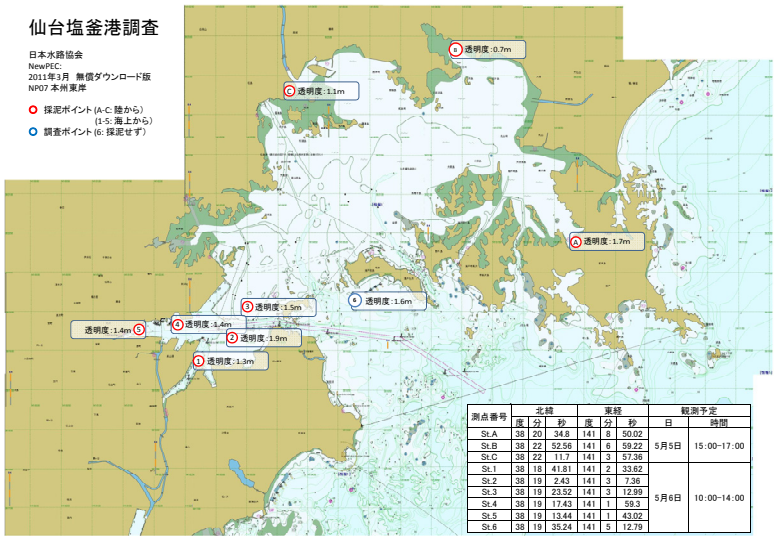


図-3.3.15.4 松島湾での底質サンプリング調査地点（2011 年 5 月）

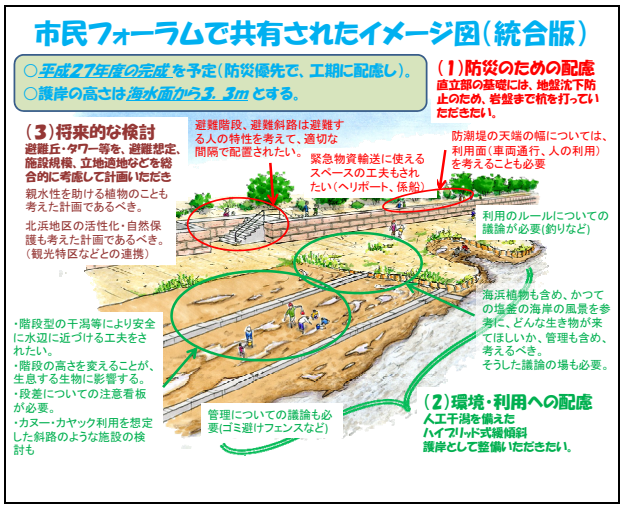


図-3.3.15.5 北浜護岸の改修方針について、フォーラムの討議結果をまとめたメモ

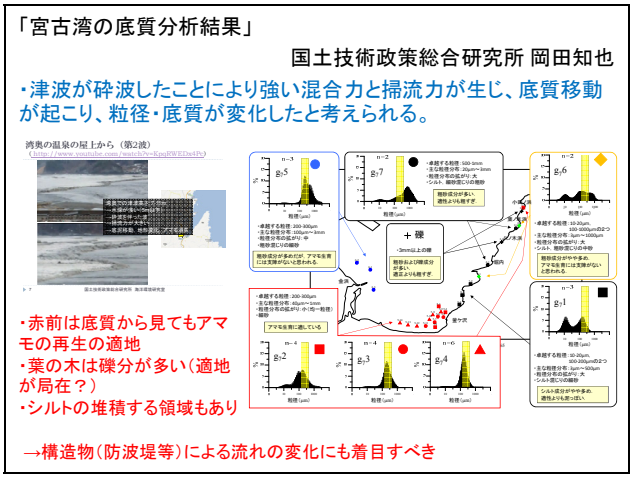


図-3.3.15.6 第2回勉強会での提供情報[9]

研究官が専門家として出席し、議論のファシリテーションを分担するなど、積極的に環境復興への支援を実施している（**図-3.3.15.5**）。

(2) 宮古湾

宮古湾奥部にはかつてアマモ場が広く繁茂し[7]、ニシン稚魚の育成場となって地域の水産業を下支えしてきていた。そうした状況を宮古湾の藻場・干潟を考える会は、継続してモニタリングし[8]、地域への啓発活動を行ってきていた。被災後も2011年5月には稚魚の観察、6月16日には第1回の藻場調査を実施、残存したアマモ場の記録を残している。

同会の山根幸伸会長は、2011年10月19日に海洋政策研究財団が主催した「東日本大震災からの復興　ー岩手県沿岸域の生の声をきく会ー」において、宮古湾における漁業被害等とともに、アマモ場の現状を報告し、アマモ場再生に向けての技術的支援を要請した。

国総研は、独自調査として底質・アマモ場の調査を実施するとともに（2012年2月、10月）[9]それまでアマモサミットなどで協働してきたNPO団体に、そうした状況を伝えるとともに協力を要請し、2012年4月には、セブンイレブン記念財団の広域連携促進事業「アマモ場再生活動で繋ぐ復興の絆プロジェクト」が全国のアマモ再生に取り組むNPO団体の協働プロジェクトとしてスタートした。国総研では、本プロジェクトに協力し、調査データを提供するとともに、プロジェクトの勉強会の運営を担務してきた。

当該プロジェクトでは、2012年5月に第1回勉強会および現地踏査（宮古開催）、6月に第2回勉強会およびアマモ場再生の技術指導（東京・横浜開催）等を行い、今後の再生戦略を検討している(**図-3.3.15.6**)。

同海域では、2012年より里海復興支援事業（環境省）が、アマモ場の再生を含む里海復興プランの策定を目指して開始され、里海復興プラン策定支援委員会が設立されている。国総研からは海洋環境研究室長が委員として、沿岸海洋新技術研究官がオブザーバとして参画をしており、現在、国総研調査、アマモ場再生活動で繋ぐ復興の絆プロジェクトとの連携をコーディネイトする調整役として現地関係者との連絡調整を担務している。

現在、当該海域では、残存アマモ場と共に、新規加入群である実生の群生地も見つかっており、能動的な再生活動を早急に導入する必要性は低いと判断されており、継続的なモニタリングと必要が生じた場合に対処するための再生方策の事前検討を行っている。

(3) 大船渡港

大船渡湾では、従前より湾口防波堤による湾内の環境悪化が懸念されてきた[10,11]。

2011年12月には、湾口防波堤普及に係わる水質保全対策検討会が設置され、被災した大船渡湾湾口防波堤の復旧に当たり、津波襲来時における防波堤の津波防護効果及び安定性を確保するとともに、大船渡湾内の水質環境にも配慮した海水交換対策を検討するとされた。現在、国総研からは海洋環境研究室長が委員として参画し、2012年2月13日、2月27日、3月16日の検討会に出席し、大船渡湾の現状把握、海水交換対策の検討を実施している。

(4) 相馬港、小名浜港

2011年11月に小名浜港周辺の三崎地区において藻場の状況についての説明を受けた(**図-3.3.15.7**)。この地区は、従来より、砂の堆積・移動が周辺の岩礁性藻場の衰退に関係していると指摘されていた。今回の津波後の海藻群落は良好な状態にあると言われており、津波の掃流力による砂の移動や、転石の効果ではないかと推察された。現在実施中の藻場調査の結果等が出た後に、再度情報交換を実施していくこととなった。



図-3.3.15.7 小名浜港周辺藻場のヒアリング情報
(2011年11月)

2012年6月には、相馬港等で海底土砂から放射性物質が検出されたことを受け、放射性物質を含有する海底土砂の取り扱いに関する検討会が設置された。この検討会では、港湾工事で発生する浚渫土砂等の取り扱いに関する関係法令の整理、浚渫土砂の放射性物質濃度の評価方法、浚渫土砂の処分方法等について検討を行うこととしている。現在、海洋環境研究室長が検討会委員として、2011年6月11日、8月6日、9月30日の検討会に出席し、検討を重ねているところである。

(5) 東京湾

東京湾においては、市川市・浦安市を中心とする湾奥部での地盤沈下、浸水被害や、三番瀬や盤洲干潟を中心とするノリ柵の倒壊や流出油の漂着などの被害が発生していた。被災直後から同年5月の大潮期には、普段干出する干潟が干出しないなど、広域的な沈下が生じている可能性が指摘された。しかし、一方で、2011年5月には、低気圧の通過による吸い上げとその後の吹き寄せが重なり合ったことにより太平洋沿岸の潮位が広域的に10-40cm上昇する異常潮位現象が生じており、こうした水面上昇が相対的な地盤沈下を生じさせていた可能性も否定できない状況であった。

こうした地形変化の真偽について、沿岸海洋新技

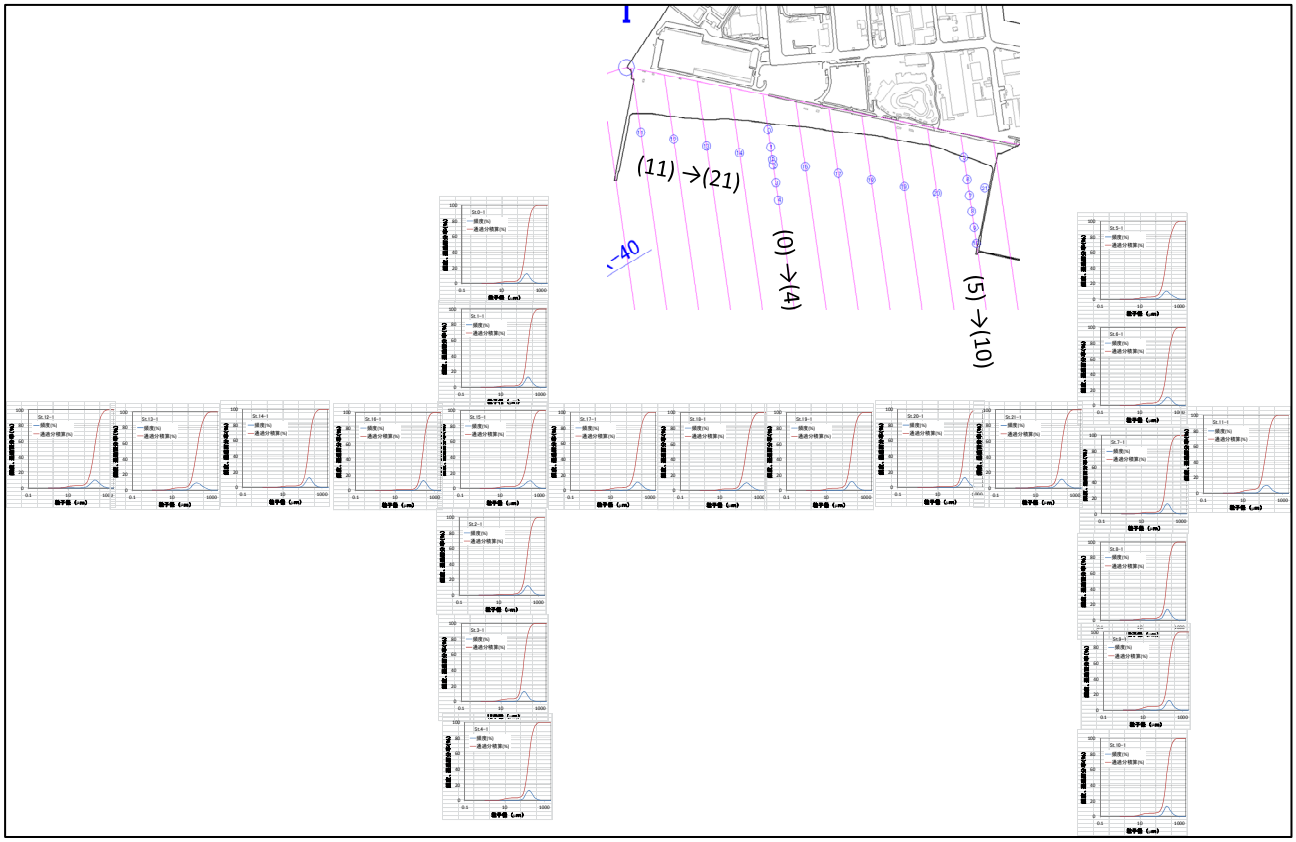


図-3.3.15.8 小名浜港周辺藻場のヒアリング情報（2011 年 11 月）

術研究官の参画する三番瀬専門家会議を通して照会を受けた、三番瀬の地形変化（沈下）の現状を把握するため、2011年5月16日には、砂付け試験を実施していた市川塩浜護岸前面のRTK-GPS測量を実施し、局所的ではあるが、護岸近傍の海底地盤は大きく変化していないことを確認した。

また、それに引き続いて2011年8月に開催された専門家会議において、他の専門家と共に管理者である千葉県に対して早急な広域地形調査の実施を促すとともに国総研において底質分析等を一部分担することで、効率的な調査実施を支援することとなった。

広域の深浅測量は2012年2月3日から16日の日程で実施され、その中で採泥された22のサンプルについて、粒径分布計測を国総研で実施した（**図-3.3.15.8**）。

深浅測量結果によると、平均で約30cmの地盤沈下と水深0m以浅（A.P.基準）の面積の減少（46%）が報告された。船橋海浜公園では、陸域施設の被災もあり立ち入り禁止が続いている状況であり、こうした環境変化および人の利用の変化が生態系に与えた影響を注視していく必要がある。

謝　辞

現地調査にあたっては、東北地方整備局海洋環境・技術課、同小名浜港湾事務所及び同釜石港湾事務所、同塩釜港湾・空港事務所、宮古湾の藻場・干潟を考える会の関係各位より多大なご便宜を図っていただいた。また、東京大学大気海洋研究所の小松輝久准教授、水産総合研究センター東北区水産研究所には関連の提供等でご協力いただいた。ここに記して、深甚なる謝意を表する。

参考文献

1) 社団法人日本プロジェクト産業協議会（JAPIC）：唐桑西舞根潜水調査報告、調査報告、2012
2) 平泉 秀樹：太平洋岸の湿地等の2011年東日本大震災後の状況、Web記事：http://www.hira-birding.info/conservation/wetland/tsunami/
3) 海洋政策研究財団：東日本大震災からの復興－岩手県沿岸域の生の声を聞く会－、Web記事：http://blog.canpan.info/oprf/archive/994
4) 盛岡通・藤田壮：環境と共生し持続可能な復興まちづくりシステムのあり方－サステイナブル・リビルディングの提案を受けて－：土木学会論文集、No.587/VII-6、 pp.1-14、1998
5) 栗原康：干潟は生きている、岩波新書、1980
6) 宮城県Webページ：松島湾リフレッシュ事業 http://www.pref.miyagi.jp/kasen/kg_matsushima.html
7) 小松輝久：2008年の調査情報に関する個人的情報交換
8) 宮古湾の藻場・干潟を考える会Webページ：http://space.geocities.jp/miyakowannomoba/
9) 岡田知也・吉田潤・上村了美・古川恵太：宮古湾におけるアマモ復元の視点で見た底質状況、国土技術政策総合研究所資料、No.688、2012
10) 豊田政史・日比野忠史・西守男雄・細川恭史・鶴谷広一：大船渡湾における潮汐周期の流れ場および貧酸素期の水質特性、港湾技研資料、No.938、 1999
11) 岡田知也・中山恵介・宮野仁・古川恵太：閉鎖性内湾の底層溶存酸素濃度に対する湾口防波堤の影響、港湾技研資料、No.1004、2001

3.3.16 河川環境分野

(1) はじめに

平成23年3月11日に発生した東日本大震災は、東北地方太平洋沿岸部を中心に多大な被害をもたらし、沿岸部の自然環境に対しても大きな影響を与えた。

国総研で研究対象としている河川汽水域においても顕著な影響が確認されており、例えば北上川においては、大規模な地形変化によりヨシ群落の生育環境が大きく変化した(**図-3.3.16.1**)。また名取川では、過去に確認されていた汽水域の植生群落が消失しており、震災による河川汽水域環境への影響が懸念されている(**図-3.3.16.2**)。



かつての北上川河口部ヨシ原　　震災後のヨシ原(H23.10.12.撮影)

図-3.3.16.1 北上川河口部のヨシ原の変化[1)]



図-3.3.16.2 名取川河口部における被災前後の影響[2)]

そのため、津波遡上や地盤沈降といった大きなインパクトが河川汽水域の環境にどのような影響を及ぼすかを科学的な視点から分析・評価するとともに、災害復旧・自然再生を行う際の知見として活用するために、以下のような調査・分析を行った[3)]。

ここでは、震災からほぼ一年が経過した2012年3月の北上川河口の調査結果を中心に、津波が河川汽水域の環境に及ぼした影響について、これまでの調査から分かってきたことについて記載する[4)]。また、津波後の環境は大規模なかく乱からの回復期にあり、本稿はあくまでも速報的な位置づけである。

(2) 調査地・調査法の概要[3)]

北上川は、幹線流路延長249km、流域面積10,150km^{2}の一級河川であり、現在の汽水域は、明治44年から昭和10年にかけて実施された北上川第一期改修によってその原型が形作られている。北上川第一期改修では、柳津地区から飯野川地区（河川距離標15～25km付近）まで開削され、旧北上川から追波川に流路を付け替えるとともに、河道掘削によって追波川の河道拡幅がなされている。汽水域の上流端は、昭和54年に供用された北上大堰（17.2km）により潮止めがなされている。地震前の汽水域環境は、オオクグ群落が河岸水際を中心に自生していたほか、河口域を含む下流域では広いヨシ原が維持されていたことから、環境省による「残したい音の風景100選」に選ばれるなど良好な景観を有していた。

今回調査した範囲は**図-3.3.16.3**に示す北上川河口0kp(キロポスト)から北上大堰17.2kpの区間であり、調査は概略調査が2012年3月2日～4日、詳細調査が同年3月4日～9日である。調査項目としては、河道地形調査、植生調査、河道内堆積物調査を実施した。



図-3.3.16.3 北上川河口の調査位置図

(3) 河道地形への影響

被災前後の北上川の河川横断の例を**図-3.3.16.4**に示す。H23が被災後の断面であり、地盤沈降による影響は河口0kp～北上大関17.2kpまでの水準点の標高変位である0.601mを加算して表示してある。

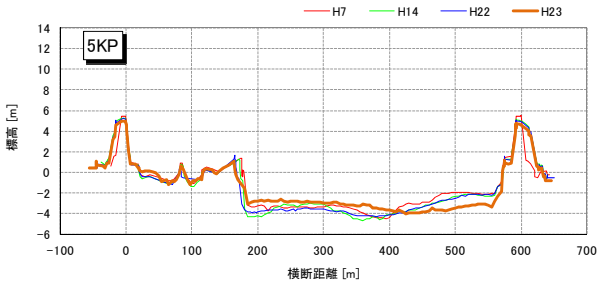


図-3.3.16.4 河川横断地形の変化例（5kp）

全体の傾向としては、小さなマウンドが削られ、やや深掘れしていたところに堆積するなど河道が全体に均された様子がうかがわれるが、著しい河道横断形状の変化は見られていない。

(4) ヨシ原を中心とする植生調査の結果

1) 概略調査結果

はじめに、植生の概略調査により植生群落の変化を把握した。植生が大きく変化していた被災後の 2kp から 9kp までの範囲の植生を**図-3.3.16.5** に示す(黄色のハッチングで示す領域)。

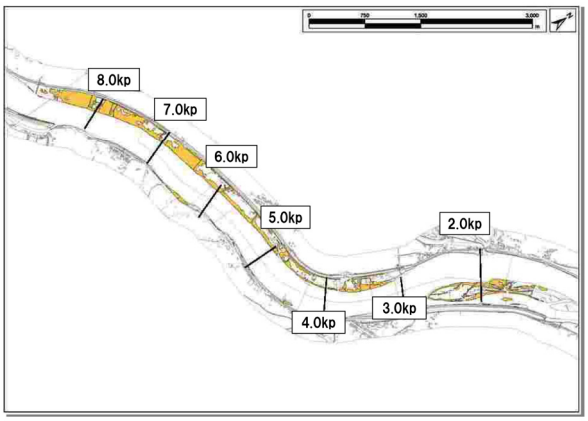


図-3.3.16.5 被災後の植生(ヨシ群落)の分布状況
(平成 24 年 3 月)

被災前は、2kp から 9kp までの高水敷はほぼ全て植生に覆われており、その内訳は大部分がヨシ群落であり、高水敷辺縁部の少し高くなっている箇所には塩沼植生群落やオギ群落が成立していた。

被災後の調査では、確認された植生のほとんどがヨシ群落であり、塩沼植物群落は 6.5kp 付近に新たな群落が小規模に確認されたのみであった。

植生の消失や津波堆積物の存在など、右岸は 0～9.4kp まで、左岸は 0～8.8kp まで津波の影響を受けたと考えられる。特に津波の影響を大きく受けたと考えられる 2kp 付近の中州については、被災前のヨシ群落のほとんどが消失しており、中州の辺縁部等のマウンド部に一部が残っている程度であった(**図-3.3.16.6** 参照)。

ただし、植生の概略調査の実施時期が冬季であったことから、枯死してからも地上部が残存しているヨシが確認しやすく、地上部が消失しやすい種や個体数が少ない種については確認ができていないことも考えられる。

2) 詳細調査結果

2.4kp 付近と 6.4kp 付近において植生や堆積物の詳細調査を実施した。2.4kp は津波による侵食と堆積物、加えて地盤沈降による塩分濃度の変化が大きいと考えられる代表地点であり、6.4kp は津波による侵食と堆積物の影響は大きいが、塩分の影響は小さいと考えられる地点である。

① 2.4kp地点

図-3.3.16.6 に震災前後の 2.4kp 付近の空中写真を示す。右図の 2.4kp の詳細調査区域では、植生区分としてはヨシ群落のみが確認された。その他は、開放水面及び自然裸地であるが、自然裸地のほとんどは潮位が高い場合には水面となっている場所である。ヨシ群落は、中州の辺縁部や中央にある比高 30cm 程度のマウンド部に確認され、比較的標高が高い部分では「良

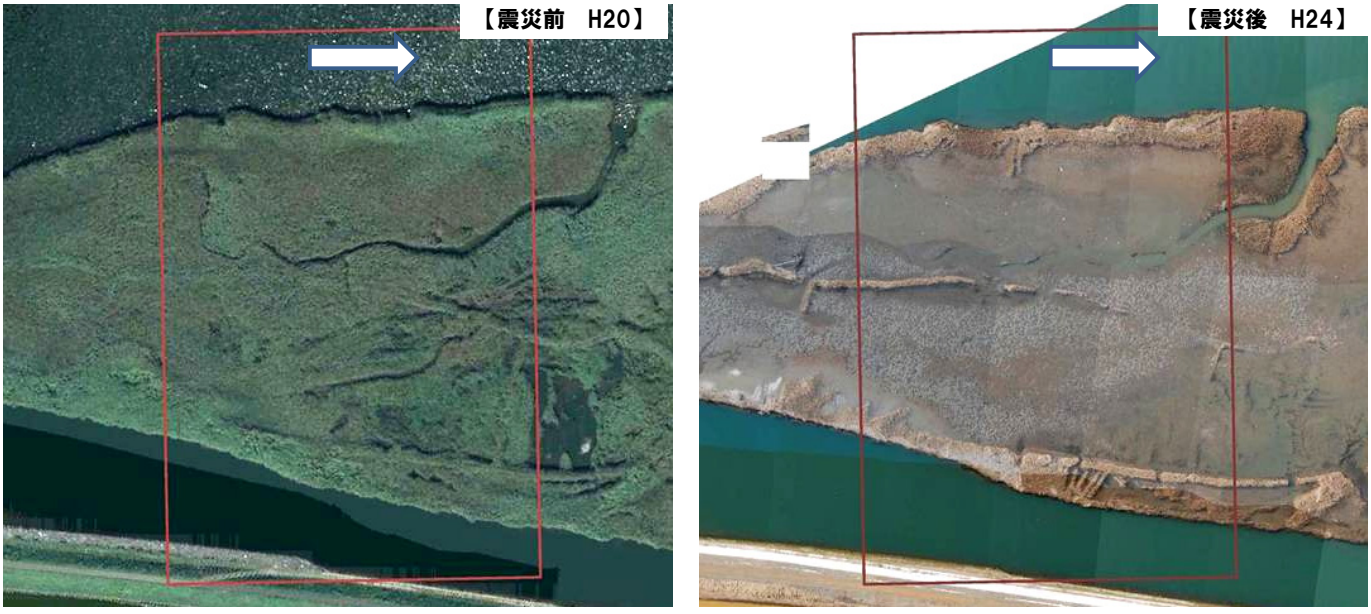


図-3.3.16.6 震災前後のヨシ群落を中心とする植生(2.4kp 付近)

好」な生育状況、低い部分では「やや不良」や「不良」な生育状況であった。

なお、平成 20 年度に作成された植生図では、これらのマウンド部にはオギ群落やオオクグ群落が成立していたが、本調査においてはオギやオオクグは確認できなかった。中州中央部は、被災前は一面ヨシ群落であったがこれらは消失していた。

② 6.4kp地点

6.4kp 詳細調査区域においても、植生区分としてはヨシ群落のみが確認された。その他は、開放水面及び自然裸地となっている。自然裸地のほとんどは潮位が高い場合には開放水面となっている場所であると考えられる。ヨシ群落は、堤防沿いや流路沿いの比較的標高が高い部分に確認され、満潮時でも水没しない箇所では「良好」な生育状況であり、標高が低くなるに従い「やや不良」や「不良」な生育状況となっていた。高水敷の中心部にはほとんど植生がなかった。

なお、平成20年度に作成された植生図では、流路沿いの高標高部は塩沼植物群落となっていたが、被災後はヨシ群落に変化していた。詳細調査区域の上流側に、車両の進入路があり、その進入路に沿ってオオクグ群落が確認された。オオクグについては平成24年6月の現地踏査時にも6.4kp付近において量的には少ないものの回復が確認されている。

(5) 津波堆積物と地盤沈降がヨシ原に与えた影響

1) 津波堆積物の概略調査

概略調査時に調査範囲での津波堆積物を調べたところ、高水敷には津波等による堆積物が広く観察された。その層厚を**図-3.3.16.7** に示す。

津波堆積物は、5.0kp～10.5kp までの左右岸の高水敷において厚く堆積しており、中でも 5.0kp～7.0kp の範囲で厚く、その最大層厚は 23 cmであった（概略調査時）。津波の来波回数については、グレーディング構造から推定した結果、堆積サイクルは 5.0kp～7.0kp の地点で最大 4 回確認された。

一方、4.5kp より下流では、津波堆積物の層厚は減少していた。これは津波来襲時に、遡上する波と引き波がぶつかり流れが乱された可能性が考えられるが、詳細は不明である。

また、11.0kp より上流では津波堆積物はほとんど確認されなかった。これは、津波の遡上速度が低下し土砂を掃流する力が低下した可能性や、4 波の津波のうちいくつかの津波がここまでは到達しなかった可能性などが考えられるが、詳細な原因は不明である。なお、津波堆積物が著しい 10.5kp より下流の高水敷は、標高 1.0m以下であり、最高潮位より下位であった。

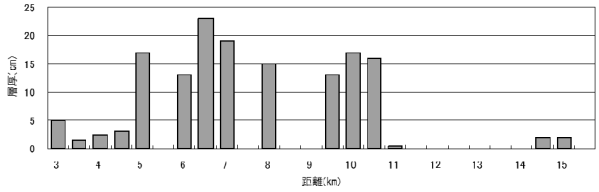


図-3.3.16.7 高水敷の津波堆積物の層厚

2) 津波堆積物の詳細調査結果とヨシ原

河川汽水域のヨシへの影響要因としては、津波による侵食や地盤沈降による標高や塩分濃度の変化、また津波堆積物による埋没が考えられる。これらの要因とヨシの関係について整理した。

2.4kp と 6.4kp における標高と津波堆積物厚、ヨシの有無の関係を**図-3.3.16.8** に整理する。○が新芽の生長がみられる地点、×が見られない地点である。

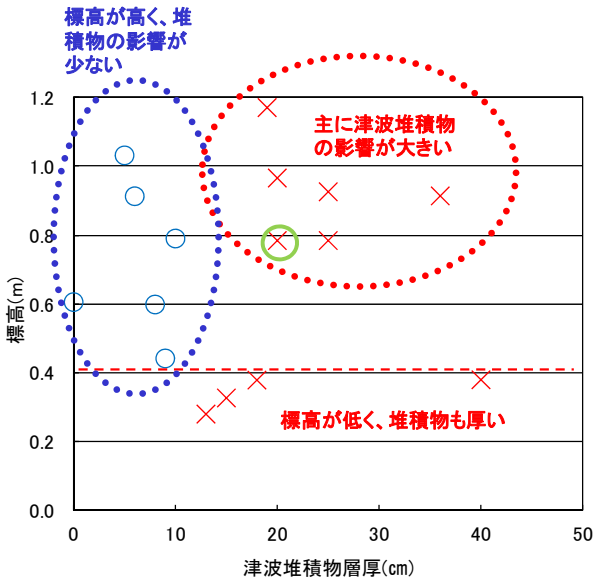


図-3.3.16.8 標高と津波堆積物層厚がヨシに及ぼす影響

2.4kp 中州では、概ね T.P.0.4m 以上であればヨシがみられ、T.P.0.4m以下であればヨシがみられなかった。これは、塩分濃度と堆積物により生長が阻害されていると考えられる。

6.4kp 左岸高水敷では、いずれの箇所も T.P.0.4m 以上であるものの、ヨシがみられる箇所とみられない箇所があった。T.P.が 0.4m 以上であるにも関わらず震災後ヨシがみられなかった場所については、津波堆

積物が厚い、もしくは震災前のヨシ原地下茎が深い位置に存在しているなどの特徴がみられた。ただし、場所によっては、生育状態は悪いものの、非常に深い位置の地下茎からのヨシの生育がみられるものもあり、地下茎から再生については個体差も大きいと考えられる。

3) 被災前後の地盤高の変化と植生

① 2.4kp地点

植生の成立条件として、地盤高と植生の状況について整理を行った。2.4kp 詳細調査区域における被災前後の植生変化について、自然裸地への変化を含めて整理した結果を**図-3.3.16.9** に示す。縦軸は標高、横軸は標高ごとの面積（調査範囲に設定した 5m×5m メッシュの数）を表している。

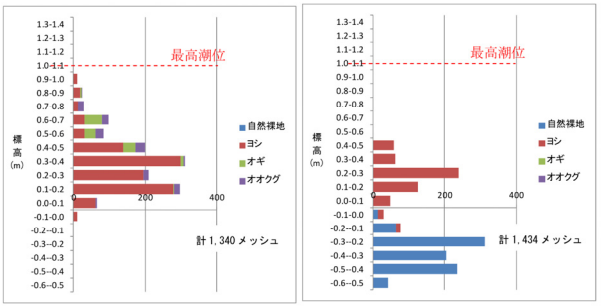


図-3.3.16.9 2.4kp 詳細調査区域における被災前後の標高と植生の関係

被災前の植生は、標高 0.0mから 0.5mまではヨシ群落が優占していたものの、0.2m以上で塩沼植生群落（オオクグ混り）が混生、0.4m以上でオギ群落が混生、0.6m以上ではヨシ群落より他の植生が優占していた。標高 0.0m以下では植生がみられなかった。

被災後に確認された植生は、ヨシ群落のみである。頻度が高い標高は被災前には 0.2～0.4m程度であったが、被災後には-0.5～-0.2m程度と 0.6～0.7mほど低くなっている。また、高水敷が全体に地盤沈降したと考えれば、面積が大きい標高 0.0m付近の植生基盤が消失しており、津波による侵食の影響と推定される。

現在、標高 0.0m以上の範囲ではヨシ群落がみられるようになっている。しかし、0.0m以下の範囲では自然裸地のまま、もしくはヨシが生育していても状況が不良である。今後、2.4kp 付近において従来どおりヨシ群落が成立するためには、標高を 0.0m以上とする必要があると考える。

なお、他の塩沼植生群落やオギ群落といった植生は、本調査では確認されなかった。しかし、今後、植生の遷移や種子や個体の移入により他の植生が成立していくことも十分に考えられる。これらの過程についても把握しておくことが望ましい。

② 6.4kp地点

同様に、6.4kp 詳細調査区域における被災前後の植生変化について自然裸地への変化を含めて整理した結果を**図-3.3.16.10** に示す。

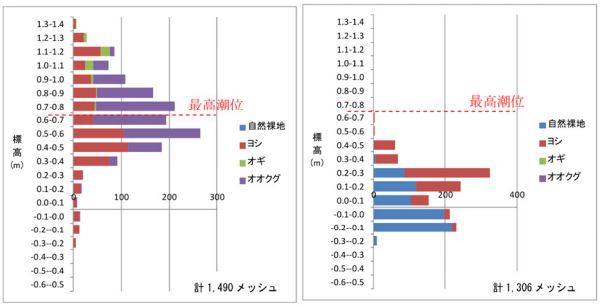


図-3.3.16.10 6.4kp 詳細調査区域における被災前後の標高と植生の関係

被災前の植生は、主にヨシ群落と塩沼植生群落（オオクグ混り）であった。出現標高のピークをみるとヨシ群落は 0.4～0.6m、塩沼植生群落は 0.5～0.8mとやや塩沼植生群落が高い標高で多く確認されている。標高が 1.0m以上となるとオギ群落の割合が高くなっている。

震災後に確認された植生は、ヨシ群落だけである。頻度が高い標高は 0.2～0.3mであり、2.4kp 付近と同様、震災前と異なり標高の頻度分布が二極化していた。

2.4kp 同様、0.0m以下の範囲では植生がほとんどみられない。また 0.3m以下の範囲ではヨシもまばらかつ生育状況が不良である。しかし、地上部だけでなくヨシの根茎が残存または生育している状況を確認していていることから、今後、徐々にではあるが、回復の可能性が考えられる。

なお、一部にオオクグやコウボウムギを確認している。群落として他の塩沼植生群落やオギ群落といった植生は、本調査では確認されなかったが、今後、植生の遷移や種子や個体の移入により他の植生が成立していくことも十分に考えられる。これらの過程についても把握しておくことが望ましい。

(6) 自然再生のための留意点

北上川河口のヨシ群落については、津波により大規模に侵食され、その面積は半減している。特に地盤沈降により植生基盤が低くなり、被災前よりも塩分濃度が増した 0kp から 4kp～5kp あたりまでは、塩分の影響により現状ではヨシの生育は難しいと考えられる。これらの影響を取り除くには高水敷を盤上げする方法が有効であろう。

一方、5kp より上流では塩分の影響は致命的ではないものの、津波堆積物の影響が大きいと考えられた。この区間においては、長期的にみれば、縁辺部や上流に残るヨシ原から徐々に回復すると考えられるが、ヨシが産業に利用されている地域でもあるので、迅速な回復が望まれる。幸い数十センチの津波堆積物の下には、被災前のヨシの地下茎が残存しているので、地盤をひっくり返すなど簡易な方法で、ヨシの回復を促進することは十分可能と考えられる。地下茎には寿命があるので、急ぐ必要があるが、ヨシの回復を急ぐばかりに、貴重な動植物の生息・生育場の環境を破壊することがあってはならない。現状を把握しながら、なるべく影響の小さい方法を考えて実施すべきである。例えば、地下茎を活用してスポット的にヨシ原を回復し、そこから拡大させるなどの方法が考えられる。

参考文献

1) 東北地方整備局北上川下流河川事務所ホームページ「第 7 回北上川水系河川整備学識者懇談会議事概要 資料-2 北上川水系河川整備計画（変更案）概要説明資料」 http://www1a.thr.mlit.go.jp/bumon/j73101/homepage/kawa/seibi_keikaku/dai7/dai7_03.pdf(2012 年 12 月 12 日アクセス)

2) 東北地方整備局仙台河川国道事務所ホームページ「第 7 回名取川水系河川整備学識者懇談会 資料－1 名取川水系河川整備計画の変更について http://www.thr.mlit.go.jp/sendai/kasen_kaigan/nahi/nat_kondan/07/0101.pdf(2012 年 12 月 12 日アクセス)

3) 遠藤希実、大沼克弘、天野邦彦：東北地方太平洋沖地震に伴う地盤沈下が汽水域植生に与える影響の分析、河川技術論文集 第 18 巻、pp. 53-58、2012、http://www.nilim.go.jp/lab/dbg/pdf/201206_53-58.pdf（2012 年 9 月 30 日確認）

4) 中村圭吾：東日本大震災津波による河川汽水域への影響－北上川河口を例として－、雑誌河川 10 月号、pp. 41-46、2012

3.4 調査研究

3.4.1 今後の復興に向けた研究活動の方向

東日本大震災の発生以降、国総研が国土交通省関係部局、地方整備局等への技術的支援を進めていく中で、震災による痛手を教訓としつつ、想定外の様々な自然災害により国土に生じる課題を中長期的な視点で俯瞰し、必要となる検討を先取りして進めることも、研究機関として重要な責務であると認識したところである。さらに、高齢化・人口減少等の社会変化を見据えつつ、従来の想定を超える自然災害により生じ得る課題を様々な分野・視点から見渡すことで、自然災害に対する国土のあるべき将来像を考察し、取り組むべき課題の明確化や課題解決の方向性を検討することが不可欠であるとの認識に立った。

このため、国総研の幹部及び関連分野の研究部長関係室長等で構成する「危機管理勉強会」を平成23年10月14日に発足し、様々な分野の専門的知見を結集し、従来の想定を超える自然災害に対する国総研としての課題認識や課題解決の方向性等を議論することとした。危機管理勉強会の発足時に、主な議論の対象とした議題は次の通り。

(1) 東日本大震災で浮き彫りとなった課題
(2) 従来の想定を超える様々な自然災害に対して取り組むべき課題
(3) 課題解決の方向性

11月14日の第2回の勉強会においても、引き続き、上記3議題を中心に議論を行なわれた。その結果、「限界性能を超える想定外の外力への備え」が、特に今後の調査研究では重要となり、このため、

① 「人命を守る」ための非難・ソフト面でレベルアップすべき事項
② 施設の機能確保、早期回復のために、適用可能な技術、様々案選択肢・アイディアの結集
③ 災害後の生活再建・支援のためのソフト面の備え
④ 想定外の枠を広げるために、「外力に対する施設の要求性能と限界性能、許容リスクの考え方」「計画論的視点」「分野横断的な視点」での検討

などの検討が求められることを確認した。

また、これらの危機管理勉強会での議論を、各研究部等で実際的、具体的に対応している事項、問題意識、研究への着手・遂行、更なる連携の可能性を探るため実務的なレベルでの勉強会として、『危機管理勉強会WG』を24年3月30日発足した。

同WGでは、「想定外の外力とその評価についての各災害における検討状況等の情報共有」、「危機管理という観点で、各分野で取り組まれている状況、成果等の共有と議論」などを行うこととし、第2回が6月13日に、第3回が9月20日に、開催された。

これらの危機管理勉強会における包括的な議論と並行し、具体的な研究プロジェクトして、大震災を踏まえて新たに開始した代表的な調査・研究について、「3.4.2　津波からの多重防御・減災システムに関する研究」、「3.4.3　沿岸都市における防災構造化支援技術に関する研究」、「3.4.4　超過外力と複合的自然災害に対する危機管理に関する研究」、について、それぞれの研究の方向性を記すとともに、防災や復興事業に関連し、開始されたＩＴ・情報分野における個別研究の今後の研究活動の方向等については、3.4.5として取りまとめ報告する。

3.4.2 津波からの多重防御・減災システムに関する研究（平成23～26年度）

(1) はじめに

平成23年3月11日に発生した東日本大震災では、海岸保全施設の設計外力を大きく上回る500～1,000年に1回といわれる大津波災害により、死者・行方不明者あわせて1万9,000人近い人的被害が発生した。

この大津波災害を踏まえた復旧・復興の方針として、レベル1津波（津波防護レベル）、レベル2津波（津波減災レベル）の2段階の外力を設定し、比較的頻度の高いレベル1津波に対しては海岸保全施設により人命・資産を防護し、それを遙かに上回るレベル2津波に対しては避難を軸とする多重防御により人命を守る減災の方向性が提案された。中央防災会議「東北地方太平洋沖地震を教訓とした地震・津波対策に関する専門調査会」報告では、レベル2津波を最大クラスの津波、レベル1津波を発生頻度の高い津波としている。

本プロジェクト研究は、以下の①から⑤の調査研究で構成される（**図-3.4.2.1**）。①東日本大震災の被害実態調査から津波対策の教訓、津波災害についての新たな知見の整理、②既往の津波痕跡データの整理・津波浸水シミュレーション等によるレベル1津波、レベル2津波の設定手法の整理、③粘り強く効果を発揮する海岸堤防の構造上の工夫、津波の河川遡上を考慮した河川計画立案手法に関する検討、④陸地における津波ハザード評価・氾濫流制御等に関する研究、⑤避難・危機管理支援、土地利用等による安全性向上・減災方策に関する研究。

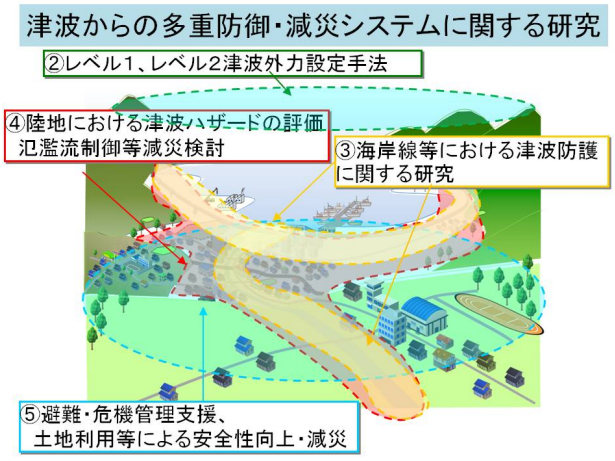


図-3.4.2.1 研究の内容

研究成果は、東日本大震災からの復旧・復興を支えるとともに、西日本太平洋沿岸をはじめ今後津波の発生が懸念される地域の津波対策に反映することを目指している。

(2) 復旧・復興への支援

本研究は、東日本大震災からの復旧・復興支援を目的の一つとしていることから、急がれる調査内容については順次研究成果を挙げ、施策に反映している。主な研究成果を紹介する。

1) 設計津波の水位設定法

3.3.5(1)を参照されたい。

2) 津波浸水シミュレーションの手引き

3.3.5(6)を参照されたい。これにより、迅速かつ適切な津波浸水シミュレーションが実施できるとともに、検討実施者による手法や条件設定の違いが生じないようにできる。

3) 津波避難ビルの構造上の要件に関する暫定基準

3.3.9.5(3)を参照されたい。なお、この検討過程では、地震動による被害分析と異なり、被害建築物ごとに津波により生じていた外力を推定することが必要となったが、現地調査のみでは当該外力の推定に必要な情報が十分に確認できなかった面もあり、国総研内でも河川研究部と建築研究部等が連携し検討を行った。

4) 海岸堤防の粘り強い構造

3.3.5(2)、3.3.5(3)を参照されたい。

(3) 津波防災地域づくり及び関連研究

平成23年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震に伴う津波から、「災害には上限がない」という教訓を得た。このような大規模な津波に備えていくためには、なんとしても人命を守るため、ハードとソフトの施策を総動員した「多重防御」による津波防災地域づくりを進めていく必要がある。

津波防災地域づくりは、被災地の復興においてはもちろん、全国においても推進することが求められている。このため、「津波防災地域づくりに関する法律（平成23年法律第123号）」が平成23年12月に定められた[1)]。

本プロジェクト研究の成果は、これを支える技術となるものであり、関連の基準等に反映されていくこ

ととなる。津波防災地域づくりの内容とそれを支える主要な技術の関係を**図-3.4.2.2**に示す。以下に、現在までに反映された成果を示す。

1)津波浸水想定の設定の手引き

都道府県知事は、津波浸水シミュレーションを行って津波浸水想定（津波があった場合に想定される浸水の区域及び水深）を設定する。その際、既往の地震津波や想定地震津波等についての基礎調査の結果を踏まえ、最大クラスの津波を想定する。

科学的知見に基づいて設定される津波浸水想定は、警戒避難体制の整備や土地利用の規制といった各種施策を効果的に組み合わせるための基礎情報である。市町村の推進計画の作成、津波防護施設の管理等、警戒区域および特別警戒区域の指定等はこれを踏まえて行われる。

(2)2)の津波浸水シミュレーションの手引きの内容を発展させ、法律で定められた津波浸水想定を設定するための標準的な手順・方法を示した「津波浸水想定の設定の手引き」を平成24年2月にとりまとめ、順次改訂している[2)]。「津波浸水シミュレーションの手引き」と同様に相談窓口を設置する等して技術支援を行っている。詳しくは3.3.5(7)を参照されたい。

2) 基準水位の設定法

基準水位とは、津波浸水想定に定める水深（個々の建物の影響は考慮していない）に津波が建築物等に衝突する際の水位上昇（せきあげ）分を加えて定める水位である。この水位は、避難スペースや特別警戒区域における特定建築（社会福祉施設、学校および医療施設等）の居住スペースの必要高さを判断する基準となる。

1)の津波浸水想定の設定で実施する津波浸水シミュレーションでは、建築物の影響は土地利用全体の中の粗度として考慮するため、個々の建築物のせきあげを考慮しているわけではない。個別の建築物等によるせきあげ量は建築物等を壁や地形データとして考慮することにより算出可能である。しかし、地域づくりの検討や建築物等の規制を行う際に全てのケースで計算していてはきりがない。そこで、津波浸水シミュレーションの結果をもとに簡便でありながら水理学的に合理的な算出方法を提案した。詳しくは、3.3.5(7)及び津波防災地域づくりに関する技術検討報告書[3)]を参照されたい。算出方法は、平成24年3月9日付施行通知「津波防災地域づくりに関する法律等の施行について」[4)]に反映された。

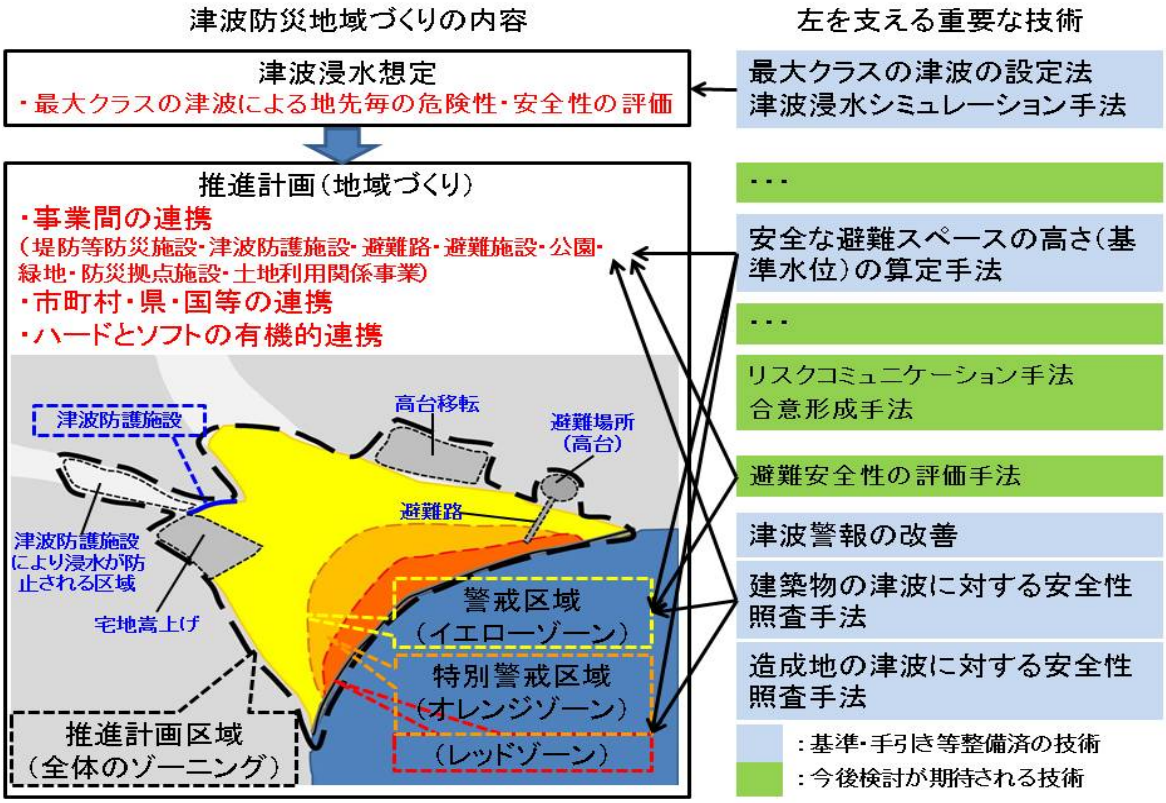


図-3.4.2.2 津波防災地域づくりの内容とそれを支える技術

3) 指定避難施設等の構造に関する技術基準

3.3.9.5(3)を参照されたい。

4) 津波防護施設の技術上の基準

津波防護施設は津波防災地域づくり法で新たに位置付けられた防災施設である。津波防護施設とは、遡上した最大津波による浸水の拡大を防止するために内陸に設ける施設である。小規模な盛土等により効率的に整備可能なものを想定しており、津波そのものを海岸で防ぐ海岸堤防を代替するものではない。

津波防護施設の設計において考慮すべき外力、要求性能、照査方法について、津波防災地域づくりに関する技術検討会（事務局：水管理・国土保全局、都市局、国総研）で検討した。その結果の詳細は、3.3.5(7)及び津波防災地域づくりに関する技術検討報告書[3)]を参照されたい。

5) 特定開発行為の技術的基準

特別警戒区域（オレンジゾーン）は、警戒区域（イエローゾーン：警戒避難体制を整備する区域）内において、特定建築とその開発行為に対して、津波に対して安全なものとするよう規制する区域である。特定建築とは、津波から逃げることが困難な高齢者や幼児・病人等が利用する社会福祉施設、学校および医療施設等である。津波に対して安全なものとするとは、最大クラスの津波に対して安全な造成地および建築構造で津波が来襲しない高さに居住スペースを確保することである。

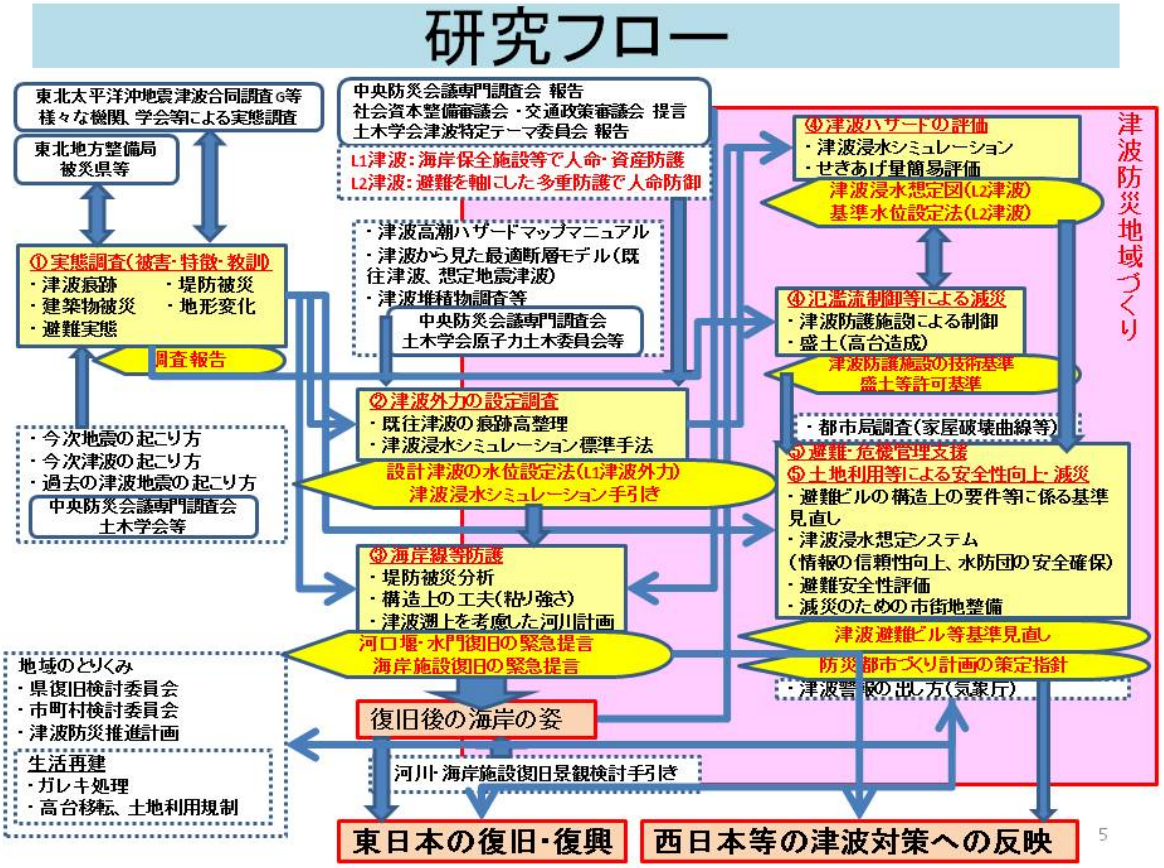


図-3.4.2.3 本プロジェクト研究の研究フロー

特別警戒区域（オレンジゾーン）において、市町村の判断により市町村条例で、上記と同様に津波に対して安全な住宅および宅地とするよう建築・開発行為を規制することができる（レッドゾーン）。

特定開発行為における造成地の津波に対する安全性照査手法については、基準水位の設定方法や津波防護施設の技術上の基準と同様、津波防災地域づくりに関する技術検討会で検討された。複数分野間の連携となることから、津波工学、海岸工学、水理学、水工学のみならず、地盤工学・土質力学も含めた幅広い検討が必要であった。詳細は3.3.5(7)及び津波防災地域づくりに関する技術検討報告書[3)]に報告されており、成果は、平成24年6月13日施行の省令に反映された。なお、建築物の構造の基準に関しては、前述したとおり、3)の基準が適用される。

6) 避難安全性評価手法、減災のための市街地整備計画手法の開発

平成24年度より「沿岸都市の防災構造化支援技術に関する研究」において、避難安全性に基づく市街地整備計画手法、防災拠点機能のリダンダンシー確保の計画手法について研究を進めることとしている（3.4.3参照）。

7) 河川分野における今後の検討内容

今次津波を受けて、河川津波が洪水・高潮と並んで計画的な対策の検討対象と位置づけられた。その基本的な方針・考え方は、「河川津波対策について（平成23年9月2日、河川計画課長・治水課長通知）」に示されている。また各委員会から、3.3.2(2)～(6)に示したように、個別の河川構造物や被災機構に応じて対策検討の考え方が示されている。これらの新しい先端的な方針・考え方に基づいて、東日本大震災に関わる河川のみならず、全国の河川を対象として、個別河川の特性、津波の条件を踏まえ、種々の対策として具体化していくこととなる。

こうした対策検討を積み重ねていき、それと並行して実施する研究の成果を適宜、対策検討に反映させていくなかで、河川・津波の条件に応じた調査・計算手法を磨き上げて対策の質を高めていくこと、さらに関連する種々の基準類に反映させていくことが、今後の重要な課題となる。

さらに、河川区域での対策から防災まちづくりまで視野を広げると、「最大クラスの津波」を含めて「施設計画上の津波」を越える様々な規模の津波によって生じうる氾濫状況の想定が、種々の検討を行う上での基本情報となる。氾濫状況は、「施設計画上の津波」を越える規模の津波作用時の河川構造物の挙動により変わりうると推察される。そのため、まちづくりや避難を始めとするソフト対策など異なる目的に応じて、河川堤防の破堤を始めとする各種河川構造物の挙動をどのように設定すべきか、手法としてとりまとめることも今後の重要な課題として挙げられるであろう。

以上の課題認識のもとで、河川研究室においては以下の検討を行っている。

①河川津波の解析手法

河川津波の水位・遡上区間の推定においては、河道形状（低水路・高水敷、河口砂州、河道法線形状（湾曲・直線）など）、河床変動、堤防の越水・破堤、河川流量等を設定するが、これら条件の変化が、例えば津波水位の増減にどの程度鋭敏に現れるか必ずしも明確でない。これは河川堤防の構造設計と密接に関係する根幹的技術であり、こうした理解を深めるとともに、津波対策の検討に反映させることが重要である。

そこで、新北上川を対象とした縮尺1/330の平面模型を用いた河川津波の模型実験を行うこととした。模型実験では、河道地形（堤防の破堤有無を含む）、粗度、河口からの津波入力波形など種々の条件を系統的に変化させて河川津波の水位等の計測を行う。これらの結果から、各条件が水位に与える影響を評価する。さらにそれら結果の再現計算を行い、河川津波解析手法の改善、さらに目的に応じた条件設定方法について検討する。

②津波遡上時の越水に対する河川堤防の挙動

今次津波の事例では、津波一波が遡上する間に生じる河川堤防から越水は、継続時間は最大で10分程度、越流水深は最大で10mに達する場合があった。この状況を一般的な洪水の越水状況と比べると、津波では短時間に大きな流速が作用する、という特徴があると言える。こうした津波作用時の河川堤防の挙動については、今次津波災害のデータを収集し、分析を行っている（3.3.3(1)参照）。その結果、例えば堤内側の湛水状況（ウォータークッションの有無）で堤体侵食の大きさが変わりうることが分かってきた。

こうした事例や侵食機構に関する知見を拡充する検討は今後とも引き続き行うが、同時に、例えば河川堤防の場合、破堤が生じるとする津波水位や箇所・区間長など、氾濫状況を左右する種々の設定をどのように行うと、目的とした検討に適う氾濫状況想定が行えるか、といった知見の「用い方」についても検討を行う。

③複合災害を見越した対策

今次地震・津波により河川管理施設等も被災し、出水期に向けて迅速な復旧が行われた。ただし、種々の制約があり必ずしも十全の機能回復ではなく、さらに余震により被災箇所・規模が増えることがあった。これらの対策として、平時・出水時の点検を強化し、適宜対応していくことで、出水期を大過なく乗り越えることができた（詳細については、3.3.3(5)(6)参照）。また、今次地震・津波以降も、H23年台風12号による斜面崩壊を伴う出水による災害等が生じている。こうした事例を踏まえ、地震・津波・斜面崩壊などと洪水が重畳して生じた場合の複合災害も視野にいれて、事前の対策および発生時の緊急対応などの防災・減災について検討を行う。

(4) おわりに

図-3.4.2.3に研究フローを示す。災害対応と復旧・復興への支援を目的の一つとしているため、多くの調査研究成果がすでに施策へ反映されている（**図-3.4.2.2**の「基準・手引き等整備済の技術」参照）。被災地域以外の津波対策への反映を考えた場合には、**図-3.4.2.2**の「今後検討が期待される技術」の重要性が増すと考えられる。このうち、避難安全性の評価手法については本プロジェクト研究の一つとして都市研究部等において今年度から研究が開始される。これらの成果が津波防災地域づくりを支える技術となることが期待される。

また本プロジェクト研究の実施体制を**図-3.4.2.4**に示す。国総研河川研究部・建築研究部・都市研究部・総合技術政策研究センターを主体として、国総研内の他部局・他プロジェクトと連携し知見を共有しつつ進めている。また関係学会・検討委員会・関係行政機関とも連携し、知見を共有するとともに研究成果を施策へ反映している。

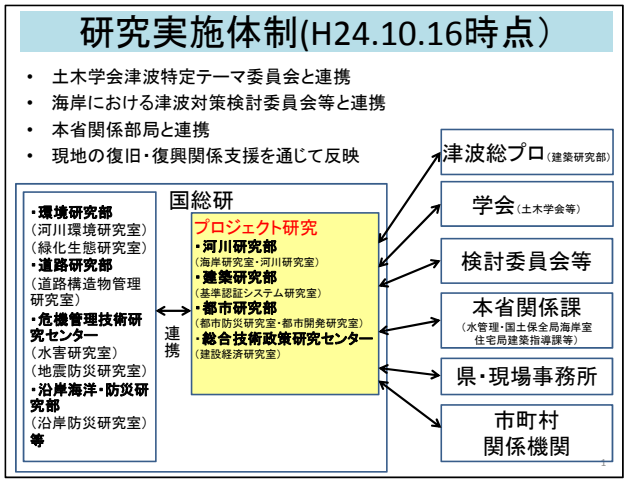


図-3.4.2.4 本プロジェクト研究の実施体制

参考文献

1) 平成23年法律第123号、津波防災地域づくりに関する法律、平成23年12月14日
http://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/point/tsunamibousai.html)

2) 国土交通省水管理・国土保全局海岸室・国土技術政策総合研究所海岸研究室、津波浸水想定の設定の手引き（ver. 2.00）、平成24年10月
http://www.mlit.go.jp/river/shishin_guideline/bousai/saigai/tsunami/shinsui_settei.pdf

3) 津波防災地域づくりに係る技術検討会、津波防災地域づくりに関する技術検討報告書、平成24年1月27日
http://www.mlit.go.jp/river/shinngikai_blog/tsunamibousaitiiki/houkokusyo_120127.pdf

4) 施行通知、内閣府政策統括官（防災担当）・国土交通省総合政策局長・土地・建設産業局長・都市局長・水管理・国土保全局長・住宅局長、津波防災地域づくりに関する法律等の施行について、平成24年3月9日、
http://www.mlit.go.jp/common/000204849.pdf

3.4.3 沿岸都市における防災構造化支援技術に関する研究（平成24～26年度）

東北地方太平洋沖地震による被害と同様の被災の恐れのある沿岸地域の都市においては、都市防災対策として住民の迅速・円滑な避難、被災時の都市機能の維持、宅地液状化に関する対策の充実を図ることが急務であり、防災に関するまちづくり計画に反映させながら、防災構造化を進めていく必要がある。

このため、平成24年度から3カ年の予定で以下の研究を行い、将来の巨大地震で被災の恐れのある沿岸都市における津波被害や広範囲の宅地液状化対策など防災構造化の促進に関する国の技術指針、技術基準類に必要な計画手法や技術的データを整備することとしている。

(1) 避難安全性に基づく市街地整備計画手法

様々な被災シナリオに応じた住民の避難行動を予測するマルチエージェント避難シミュレータを開発する。さらに、このシミュレータの活用により、避難困難者が多発する地区や避難場所が不足する地区の特定、避難上の重要路線の抽出等を行い、住民の避難安全性を向上させる市街地整備計画の立案手法を確立する。

(2) 防災拠点機能のリダンダンシー確保の計画手法

役場、避難所、医療・救急施設、消防・救援施設等の防災拠点施設について、津波等の災害の強度や態様に応じて、その一部が被災して機能を一時的に失っても、都市全体として必要な機能を被災後の復旧・復興に至る必要なフェーズにおいて確保するための、施設の立地・代替や施設間連携、耐浪化などの計画手法を検討する。

(3) 液状化対策の技術基準化に向けたデータ整備

宅地防災の数値基準づくりに向けて、目標とする要求性能の設定、これに対応した具体的な目標水準（許容地盤沈下量等のメルクマール）の根拠データの収集・整備、地盤特性及び工法別の仕様基準の設定に向けた根拠データの解析・整備を行う。



図-3.4.3.1 沿岸都市の防災構造化のイメージ

3.4.4 超過外力と複合的自然災害に対する危機管理に関する研究（平成24～26年度）

平成23年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震では、従来の想定をはるかに超える大津波が発生するとともに、東北地方から関東地方に至る広い地域で強い揺れが生じ、激甚かつ広域的な災害をもたらした。さらに、その後に発生した台風12号、15号等による洪水・土砂災害は、地震の被害が未だ色濃く残る中で生じたため災害が重畳化した。これらの災害から明らかにされた重要な教訓は以下の２点と考えられる。

●従来の経験や想定を大きく超える規模の自然災害に対する備え

●地震・津波・洪水・地すべりなどが複合的に発生することによる災害の重畳に対する備え

が不可欠であるということである。

このような課題点は、中央防災会議等からも指摘されており、中央防災会議の「東北地方太平洋沖地震を教訓とした地震・津波対策に関する専門調査会」[1)]からは、以下が提言されている。

① あらゆる可能性を考慮した最大クラスの巨大な地震・津波を検討すべき

② 被害が想定よりも大きくなる可能性、想定の不確定性を認識すべき

③ 海トラフの海溝型地震や首都直下地震への防災対策に万全を期すべき

④ 連動・時間差発生、台風災害などとの複合に留意すべき

また、政府の東日本大震災からの復興の基本方針[2)]もこうした中央防災会議の提言を踏まえ、災害に強い地域作りのために、「減災」の考え方に基づくハード・ソフト施策の総動員、大規模災害への対応力を高めた国土基盤の構築、靭性の高い多重防御といった観点が大きな方針として示されている。

このような教訓を踏まえ、これまで十分に対策の検討が行われてこなかった想定を超えるような災害リスクに対しても住民の生命を守ることを最優先として、最低限必要な社会経済機能を維持できる高い災害靭性を有する国家基盤の構築が求められている。

国総研では、このような背景のもと、ハード・ソフト対策を総動員した「減災」技術の構築を目的として、平成24～26年度の３カ年のプロジェクト研究として、「超過外力と複合的自然災害に対する危機管理に関する研究」への取り組みをスタートしている。本研究では、従来十分に考慮されてこなかった超過外力と複合的自然災害の発生とその影響を明らかにし、こうした想定外災害に対する危機管理対策を構築するための手法を提案することを目的としている。

図-3.4.4.1に示すように、災害としても、地震・津波、洪水、火山、高潮、斜面崩壊などの土砂災害といった異なる災害がある。従来はそれぞれの災害が単独で発生すると考えて対策レベルが設定されているが、本研究では、そのレベルを超えるような外力の作用の可能性や複数の災害が相互に影響し合い、複合化するという災害を対象としている。複合化については、例えば地震後の洪水の発生や火山噴火後の豪雨による土砂災害・洪水などである。このような目的のために、研究のポイントとして、**図-3.4.4.2**に示すように大きく３つを設定している。すなわち、超過外力と複合的自然災害の事象と影響を、①知る、② 洞察する、そして、③マネジメントする、である。まず、「①知る」では、過去に実際に起きた災害事例を収集し、災害では何が起こるのかということを改めて分析する。この中には歴史的な災害や海外における災害も含め、災害時に被害がどのように発生、進展したか、災害の個別イベントがどのように波及して、社会に影響したかを実被害から学び取ることである。

「②洞察する」では、実災害の分析を踏まえ、超過外力や複合災害によって何が起こり、そして重要な影響を見逃さないための災害発生シナリオの構築手法とリスク・影響度評価手法を検討する。災害のシナリオは、都市部や山間地など地域特性に大きく影響を受けるため、こうした点も考慮に入れて検討する。

そして、「③マネジメントする」では、このような超過外力と複合災害に対する危機管理方策と防災施設の整備方法を検討する。対策としては、ハード・ソフトを含めた対策メニューを検討し、どのような対策が効果的になるのかについて、モデル地域に適用し、その効果を定量的に評価する。複合災害には多くの組み合わせが考えられるが、本研究では、まずは洪水との複合化に着目する。

平成24年度からスタートしている本研究では、研究成果をシナリオの構築手法や対策メニューを事例集等としてまとめ、災害対策の備えに対する点検、対策を検討する際の参考にできるような形の成果として発信していく予定である。

従来の想定を超える外力への備えに対する考え方、ハードの限界、ハードとソフトの組み合わせフレーム、人命を守るための避難・ソフト面でレベルアップが必要な事項、施設の機能確保・早期回復のために適用可能な技術、様々な選択肢・アイディアを結集するための議論を進めている。

成果は、東日本大震災の復旧・復興や、南海トラフの３連動地震等を始めとして、今後の大規模災害も組込んだ減災施策に活用できるように早期に研究を進める。

参考文献

１）中央防災会議「東北地方太平洋沖地震を教訓とした地震・津波対策に関する専門調査会」：東北地方太平洋沖地震を教訓とした地震・津波対策に関する専門調査会報告、平成 23 年 9 月 28 日
http://www.bousai.go.jp/jishin/chubou/higashinihon/index_higashi.html

２）東日本大震災復興対策本部：東日本大震災からの復興の基本方針、平成 23 年 7 月 29 日
http://www.reconstruction.go.jp/topics/doc/20110729houshin.pdf

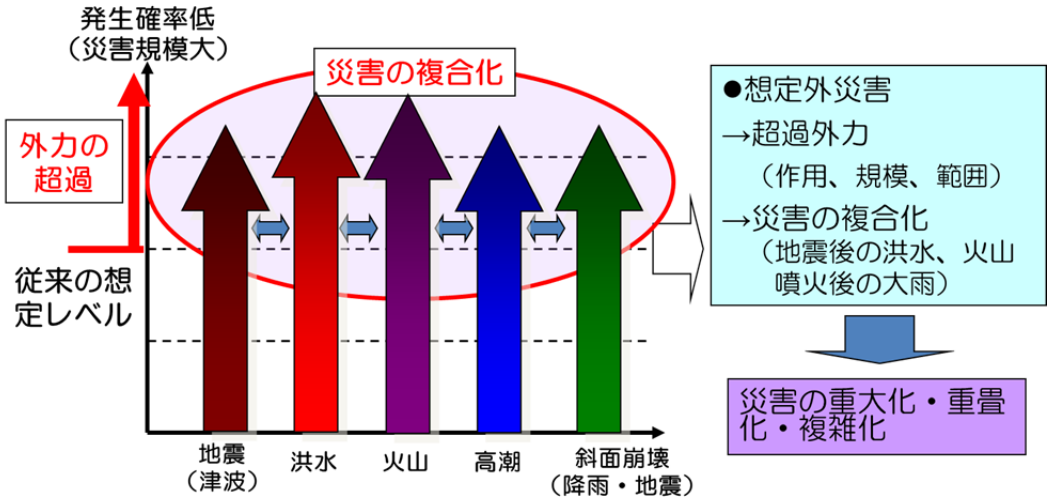


図-3.4.4.1 超過外力と複合的自然災害

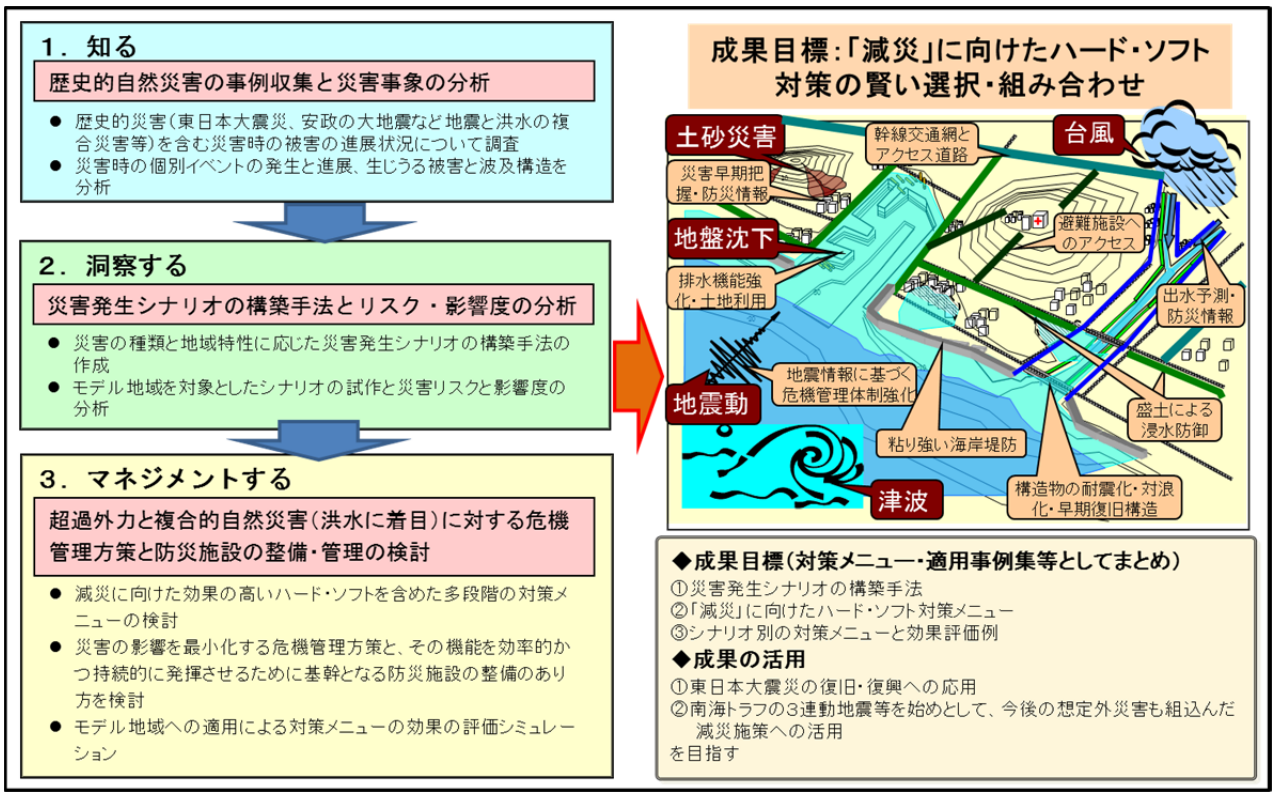


図-3.4.4.2 超過外力と複合的自然災害に対する危機管理に関する研究

3.4.5 IT・情報分野の研究開発

3.4.5.1 人の移動情報の収集・分析基盤の整備に関する研究（平成24～26年度）

(1) 概要

東日本大震災では、鉄道やバスなど多くの公共交通機関が運行停止し、首都圏を中心に約10万人の帰宅困難者が発生する事態に見舞われた。この経験から、帰宅困難者の数、震後の人の移動状況や滞留場所などを把握する“人の移動情報”の重要性が認識されている。また、東日本大震災を受けた「復興への提言」では、被災した場合であっても、これをしなやかに受け止めて、経済活動をはじめとした諸活動が円滑に実行できる災害に強い国づくりを進めるために、今回の教訓を踏まえた新しい対策の方向性を示す必要があることが示唆されている[1)]。

このため、平成24年度より開始した、ICT（情報通信技術）により取得できる鮮度の高い複数の人の移動情報を収集・分析できる基盤（プラットフォーム）を構築する取組み（**図-3.4.5.1参照**）について、本稿で概説する。

(2) 現状の人の移動情報の収集の実態

ここで取り扱う“人の移動情報”は、どのような人が、どのような目的・手段で、どこからどこに移動したかを記録した履歴を指す。これまではパーソントリップ調査（以下、「PT調査」という。）や道路交通センサスなどの統計調査により人の移動情報を把握していたが、これらの調査結果は、5年ないし10年に一度観測した、特定の1日のデータである。また、高額な調査費用が必要になることから、災害直後の状況把握などに、柔軟かつ機動的に対応するためには、新たな“人の移動情報”の調査手法の確立が望まれている。

一方、ICTの進展により、GPS付の携帯電話やカーナビ、鉄道・バスの交通系ICカードなどから、デジタル化された鮮度の高い人の移動情報が大量かつ広範囲にわたって24時間365日収集され、移動情報としての活用の可能性が指摘されつつある状況にあった。

(3) 人の移動情報の組合せ分析への期待と課題

1) 既存の研究

近年、ビックデータの解析等の技術が急速に進展し、人の移動情報の活用事例(マーケティング、人口分布や渋滞損出の算定など)が増えつつある。例えば、バスICカードデータを用いると、**図-3.4.5.2**のように、東日本大震災に伴うバス利用者数の変化を可視化することができる。しかし、単一モードの人の移動情報のため、バスの乗降の実態しか分からず、複数のモードを利用する人の動きまでは把握できない。

国総研は、交通計画での活用を想定した例として、バスICカードデータと民間プローブデータとの組合せ分析によるバス停留所付近の走行改善支援および道路整備効果の検証[2)]などに取り組んできた。これらの研究により、人の移動情報の組合せ分析により得られる効果や知見を明らかにしてきた。また、次項で述べる組合せ分析の可能性（期待）とともに、実施に際しての課題を整理してきた。

2) 組合せ分析への期待

鮮度の高い多様な人の移動情報を組合せて分析することにより、交通行動（人の動き）を個々かつリアルタイムに近い形で捉えること（見える化）が可能となる。複数の人の移動情報を組合せて分析した一例として、携帯電話データとPT調査データの組合せによる災



図-3.4.5.1 人の移動情報プラットフォームの構築イメージ

害時帰宅困難者数の推計[3)]が挙げられる（図-3.4.5.3参照）。携帯電話データを用いて“量”の観点から、日別・時間帯別の人の滞留や移動状況などを把握する。PT調査データを用いて“質”の観点から、移動目的別・利用交通手段別の状況などを把握する。この結果、これまで把握困難であった目的別滞留人口や地域別移動手段などの推計が可能となり、帰宅支援や避難経路の検討などの防災分野への活用が期待される。

3) 組合せ分析の課題

多様な人の移動情報の組合せ分析は非常に有効であるが、人の移動情報は主体ごとに収集されており、互いに連携する仕組みがない状況にある。これは、当該分野が成長段階で民間市場も成熟しておらず、協調領域と競争領域との境界が混沌としていることが一因としてあげられる。また、各企業の営業戦略上の観点から、現状のまま連携する仕組みがなければ、複数の主体・モード間の情報を組み合わせて人の動きを再現するのは困難である。

(4) 人の移動情報のプラットフォームの整備に向けた取組み

前項までに述べた現状や課題を踏まえ、本研究は、ICTにより取得できる鮮度の高い複数の人の移動情報

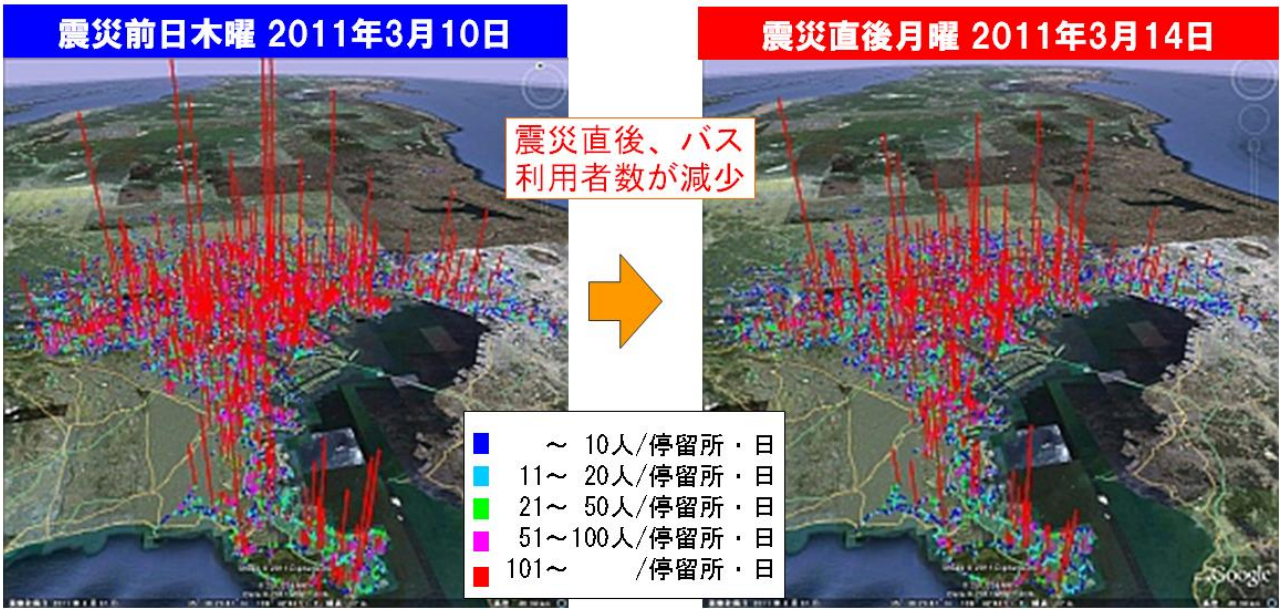


図-3.4.5.2 東日本大震災に伴う首都圏のバス利用者数の変化

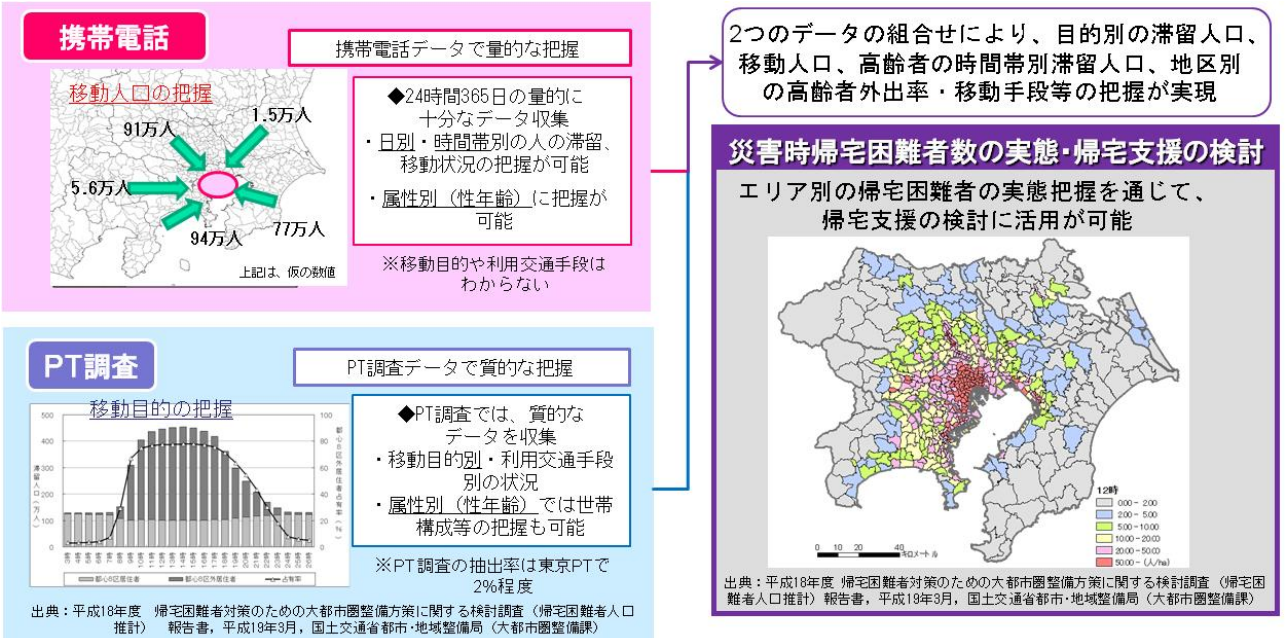


図-3.4.5.3 携帯電話データとPT調査データとの組合せ分析による災害時帰宅困難者数の推計イメージ

を収集・分析できる基盤（プラットフォーム）の整備に取り組んでいる。活動期間は3ヶ年としており、各年度の実施内容は次のとおりである。

平成24年度は、人の移動情報を保有している各主体とデータの仕様や提供の可否および災害時などでの活用方法の意見交換を実施し、次年度に行う実証実験の計画を作成する。

平成25年度は、各主体と協力し、モデル地域での人の移動情報を収集・分析する実証実験を行い、有用性・適用性の評価を行う予定である。

平成26年度は、プラットフォームのプロトタイプを開発し、平成27年度以降の実運用を想定した利用規約などの制度設計を行う予定である。

これにより、年齢やハンディキャップなどの人の属性に応じてきめ細やかに対応した防災計画の策定や、将来的には災害時のリアルタイムな対応など、既存の統計調査を補完し、災害時などに柔軟かつ機動的に対応した行政サービスへ寄与することが期待できる（**図-3.4.5.4**参照）。

今後も引き続き、人の移動情報を収集・分析できる基盤（プラットフォーム）の実用化に向けて、本取組みを鋭意推進する。

参考文献

1) 東日本大震災復興構想会議：復興への提言、2011
2) 濱田俊一、今井龍一、井星雄貴：動線データを活用したバス走行改善支援及び道路整備効果の検証、土木技術資料、Vol.53 No.10、pp.22-25、土木研究センター、2011
3) 国土交通省都市・地域整備局大都市圏整備課：平成18年度　帰宅困難者対策のための大都市圏整備方策に関する検討調査（帰宅困難者人口推計）報告書、2007



図-3.4.5.4 人の移動情報のプラットフォームの災害時での活用イメージ

3.4.5.2 ３次元CADデータを活用した災害復旧支援に関する研究（平成20～26年度）

(1) 概　要

東日本大震災では、広範な所管施設の被害状況の把握や、復旧・復興に際した数多くの仮設住宅の建設候補地の選定や必要土量の算出など、効率的な地形情報の把握、計画策定への応用技術の早期確立が強く求められた。そのため、本研究はレーザプロファイラ（以下、「LP」）などの既存資料から3次元CADデータを自動生成できる技術を開発する。また、迅速な被災状況の把握や復旧に必要な土量や資材の算出などの災害時での3次元CADデータの活用方策に加え、情報化施工や河川管理の平常時での3次元CADデータの活用方策を確立する。

本稿は、第一報として、LPから3次元CADデータを生成する技術の実用性の検証結果および北上川下流域を対象にした震災前後の3次元CADデータを用いた分析のケーススタディを報告する。

(2) LPを用いた3次元CADデータの生成技術

本項は、LPから3次元CADデータを生成する手法に関する機能を概説する。この技術の特徴は、LPの点群座標データから河川堤防の天端面と法面との境界などの地形の高さが変化する特徴線（ブレイクライン）を抽出し、現況地形を精緻に再現した3次元CADデータを自動生成する点にある。

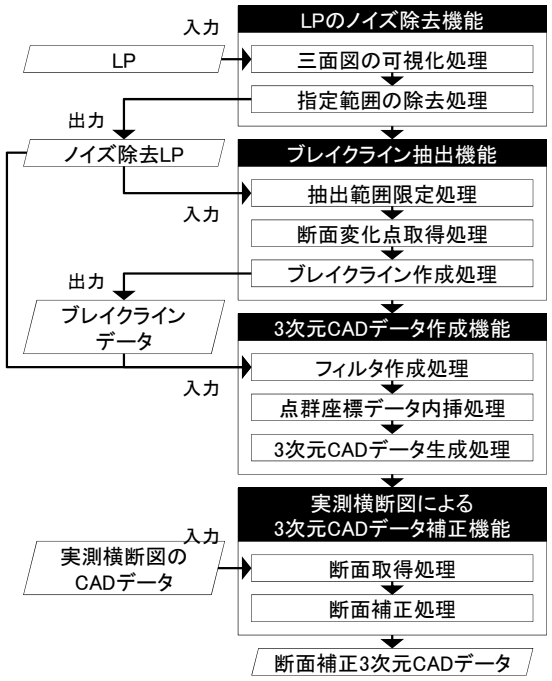


図-3.4.5.5 3 次元 CAD データの生成手順

新技術による3次元CADデータの生成手順を図-3.4.5.5に示す。まず、LPから植生などのノイズとなる点群座標データを除去する。次に、ノイズを除去したLPからブレイクラインを抽出する。新技術では、ブレイクライン候補線を手掛かりとして、LPから形状を示す特徴となる点を自動抽出し、ブレイクラインとして取得する（図-3.4.5.6参照）。そして、LPと取得したブレイクラインとを合成し、TIN（Triangulated Irregular Network）を発生させて現況形状を再現した3次元CADデータを生成する。また、生成した3次元CADデータに対して、実測横断図を用いて補正処理も行える。この結果、従来技術に比して、現況地形を精緻に表現した3次元CADデータが生成できる（図-3.4.5.7参照）。なお、本稿で説明を省略した各機能の詳細は参考文献[1)-3)]を参照されたい。

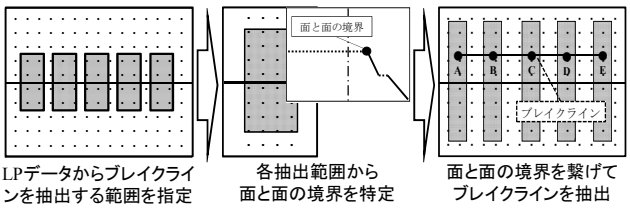


図-3.4.5.6 ブレイクラインの抽出方法

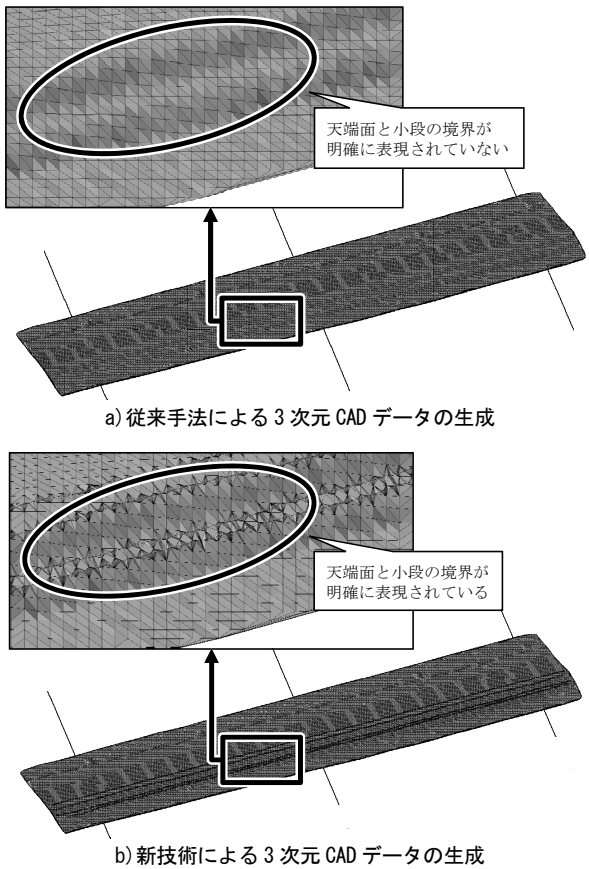


図-3.4.5.7 3 次元 CAD データの生成結果の比較

(3) 震災前後の3次元CADデータを用いた分析のケーススタディ

本項は、災害直後に迅速かつ正確に被災状況を把握し、復旧事業などにも活用できる成果を得ることができるか、本技術の入力データに実際の震災前後のLPを用いて3次元CADデータを生成し、被害箇所の抽出などのケーススタディを行った結果を報告する。

1) 対象エリア及び利用したLP

本ケーススタディは、震災後の状況を加味するため、次の3つの選定条件を設定し、浸水範囲概況図などの資料を参考に現地踏査を経て**図-3.4.5.8**に示す1,800mとした。なお、図には国土地理院から提供を受けた浸水範囲概況図も重ね合わせて示している。

・北上川下流域の浸水範囲
・震災状況が甚大な箇所
・堤防形状が大きく変化し緊急復旧が必要な個所

3次元CADデータは、震災前のLPに治水安全度評価で計測された航空レーザ測量成果、震災後のLPに国土地理院から提供を受けた東日本大震災対応で計測された航空レーザ測量成果を用いて生成した。

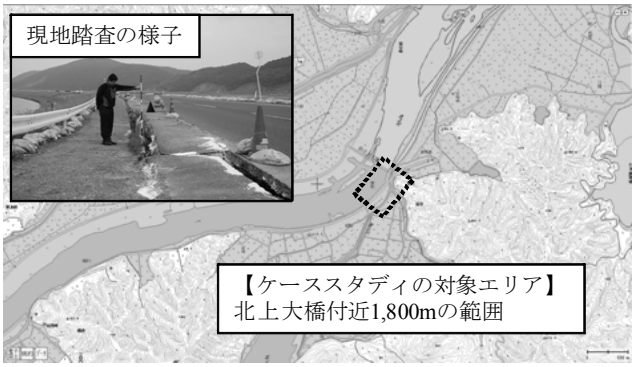
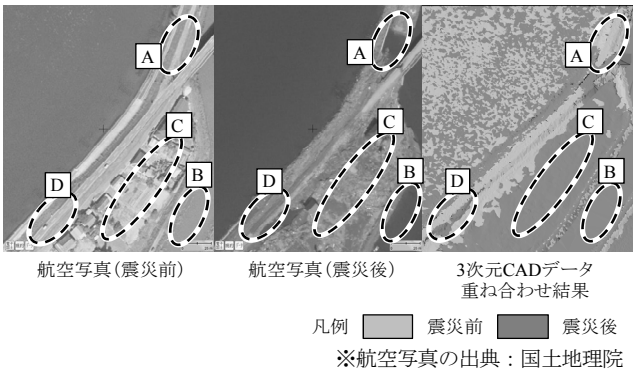


図-3.4.5.8 ケーススタディの対象エリア

2) 震災前後の3次元CADデータの比較

本分析は、震災前後の3次元CADデータを重ね合わせて可視化し、破堤した可能性のある箇所や地形が大幅に変化した可能性のある箇所などを視覚的に確認できるかを考察する。対象エリアのLPから生成した震災前後の3次元CADデータおよび航空写真を重ね合わせた結果を**図-3.4.5.9**に示す。図中AおよびDの箇所は、震災の影響で堤防形状が変化している。また、堤防周辺を確認すると、図中Bの箇所は、河川敷などの堤防周辺のエリアが浸水した状態である。図中Cの箇所は、がれきなどが堆積し、地表面の形状が震災前後で異なっている。以上の結果から、震災前後の3次元CADデータや航空写真を重ね合わせることで、地形が大幅に変化した可能性のある箇所が容易に確認できる。



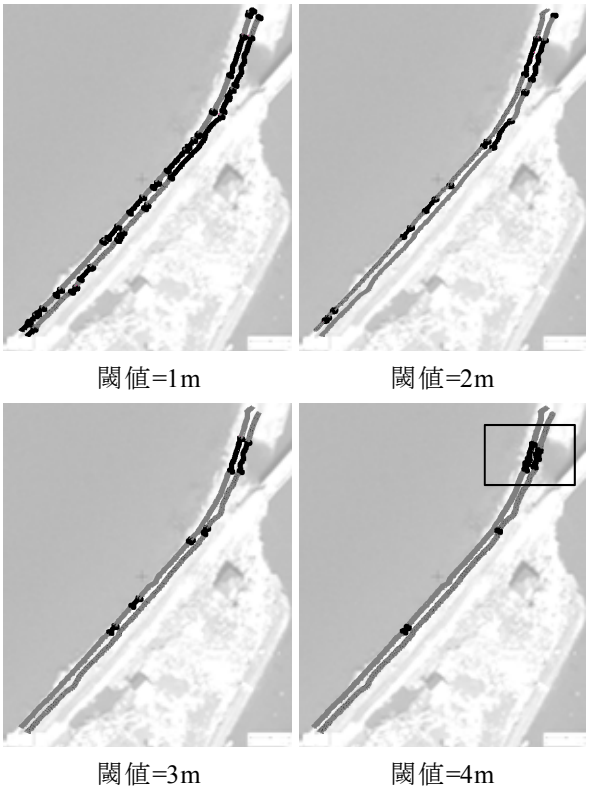
※航空写真の出典：国土地理院

図-3.4.5.9 3 次元 CAD データの重ね合わせ結果

3) 震災前後の任意断面形状の比較

前項(2)では説明を省略したが、新技術には震災前後のブレイクラインを比較し、変化量から被害箇所を検出する被害箇所候補検出機能も具備している[4)]。この機能により検出した被害箇所を**図-3.4.5.10**に示す。

本分析では、震災前後のブレイクラインの比較による変化量を被害の度合いと捉え、小さく変化した箇所から大きく変化した箇所までを検出した。今回の対象

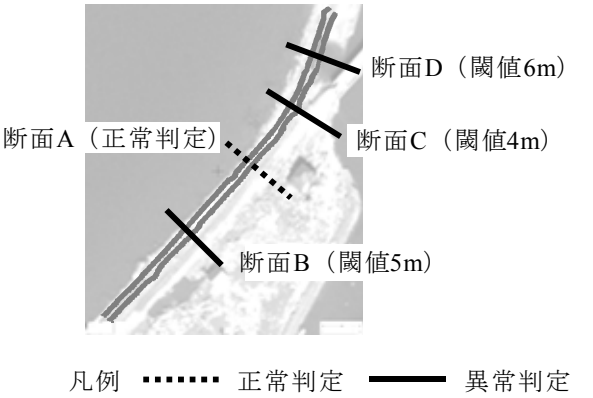


※背景の航空写真の出典：東北地方整備局

図-3.4.5.10 河川堤防の被害箇所

とした河川堤防は、典型的な凸型形状であり、天端面の両端に法肩が存在するため、2本のブレイクラインを用いて被害箇所候補を検出する。被害箇所の詳細を確認すると、閾値4mの場合に大きな変化を起こした被害箇所が明らかとなっている。また、**図-3.4.5.10**の四角囲いの範囲は、河川管理者が緊急復旧工事[5)]を実施した被害の大きな箇所である。また、正しく被害箇所を検出できているかを確認するため、**図-3.4.5.11**に示す被害の大きい箇所（断面B、C、D）と被害を受けていない箇所（断面A）の各断面の生成結果を**図-3.4.5.12**、震災前後の各断面に対応した航空写真を**図-3.4.5.13**に示す。各図を確認した結果、以下の知見を得た。

- 断面Aは、震災前後で断面形状がほぼ一致しており、断面A周辺の堤防は天端面の形状が保たれていることがわかる。また、**図-3.4.5.13**の断面A周辺の航空写真を確認すると、道路面やがれきなどの堆積が見られるものの堤防形状が残っていた。このことから、被害を受けていない、もしくは軽微な箇所を正しく検出できていることが明らかとなった。
- 断面Bおよび断面Cは、天端面の形状が変化しており、堤内側の法肩の変化が著しいことがわかる。このことから、局所的な損傷箇所が正しく検出できていることが明らかとなった。
- 断面Dは、震災前後で断面形状が著しく変化しており、震災前後の航空写真からも堤防形状が大きく変化している。また、**図-3.4.5.13**の断面D周辺の航空写真を確認すると、堤防形状が大きく変化していることがわかる。実際に、断面D周辺は大きな被害が特に集中して検出されており、緊急復旧工事を実施した箇所である。このことから、堤防形状が局所的に大きく変化している箇所が正しく検出できていることがわかった。



※背景の航空写真の出典：東北地方整備局

図-3.4.5.11 被害断面の生成箇所

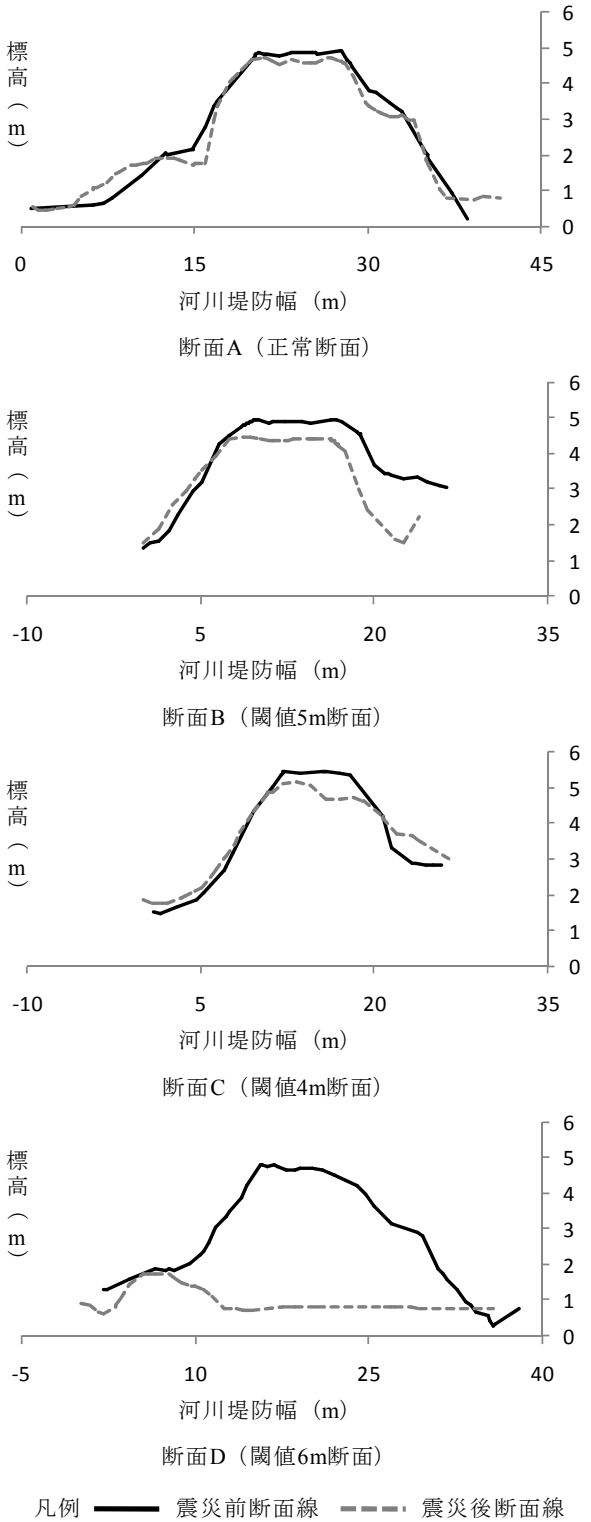
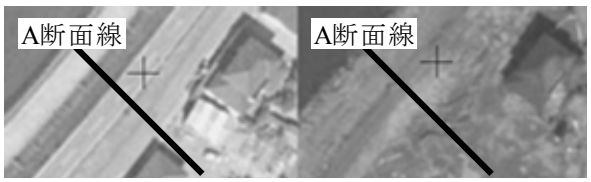


図-3.4.5.12 4箇所の断面形状の比較結果

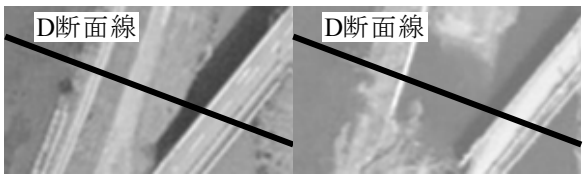
3) 震災前後の堤防の土量差分

本分析では、3次元CADデータ生成機能にて生成した震災前後の3次元CADデータの河川水位を基軸とした堤防の土量差分を算出し、復旧工事に必要な数量を把握できるかを検証した。土量の算出には、AutoCAD Civil 3Dの土量算出機能を用いたが、とくに支障なく

対処することができた。その結果、地殻変動が伴うような大規模な災害の条件下でも震災前と同様の堤防に復旧するために必要となる土量の概数が把握できた。したがって、復旧工事の規模の把握や積算の基礎資料として活用ができると考えられる。なお、本分析では、実際の復旧工事に用いられた土量との比較実験を行なっていないため、算出した土量の正確さを評価できないことから、算出結果の数値の提示は省略する。



A 断面周辺の航空写真



D 断面周辺の航空写真

※航空写真の出典：国土地理院

図-3.4.5.13 震災前後の航空写真

(4) まとめ

本研究は、LPなどの既存資料を用いた3次元CADデータの生成・活用方法を検討している。本稿は、その第一報として、新技術（LPから3次元CADデータを生成する技術）の実用性の検証結果および北上川下流域を対象にした震災前後の3次元CADデータを用いた分析のケーススタディの取組み状況を報告した。

新技術の実用性を検証した結果、現行の河川事業で扱っている資料（測量成果など）と同等の精度を確保していることを確認できた。また、震災前後の3次元CADデータを用いた分析のケーススタディの結果、次の知見が得られ、復旧支援に利用できる汎用性を備えていることを確認できた。

- 震災前後の河川堤防が俯瞰できるので、堤防の面的変化や甚大な被害箇所の把握などが容易である。
- 3次元CADデータから任意で横断図が容易に生成できるので、堤防形状の変化や各箇所の地盤沈下の度合いの違いなどが確認可能となり、迅速な復旧対策や発注工事の設計図書の利用に寄与できる。
- 被害状況の定量化（津波で流された土量）が容易にできるため、復旧工事の規模（積算）などの目安が早期に把握できる。

平成24年度～平成26年度は、本研究成果を元にして、LPなどの既存資料を用いて3次元CADデータを自動生成する技術を検討し、河川堤防に加え、他の構造物への適用範囲の拡大にも取り組む。また、地方整備局と協力し、情報化施工や河川管理の平常時での3次元CADデータの活用方策を検討し、最終的には、災害時・平常時の両局面で機動的かつ効果的に対処できる既存資料の活用環境の構築に取り組む。

最後に、本稿の内容は、近畿地方整備局、関西大学（田中成典教授）および国総研の体制で取り組んだ研究成果をとりまとめたものである。

参考文献

1) 田中成典、今井龍一、中村健二、川野浩平：点群座標データを用いた3次元モデルの生成に関する研究、土木情報利用技術論文集、土木学会、Vol.19、pp.165-174、2010
2) Tanaka, S., Imai, R., Nakamura, K., Kawano, K.: Research on Generation of a 3D Model Using Breakline from Point Cloud Data, *Proceedings of the 10th International Conference on Construction Applications of Virtual Reality*, pp.347-356, 2010
3) 田中成典、今井龍一、中村健二、川野浩平：点群座標データを用いた3次元モデルの自動生成に関する研究、知能と情報（日本知能情報ファジィ学会誌）、日本知能情報ファジィ学会、Vol.23、No.4、pp.198-216、2011
4) 田中成典、今井龍一、中村健二、川野浩平：LPデータを用いた震災前後の被害箇所の自動検出結果の可視化に関する研究、土木学会論文集F3（土木情報学）、（掲載予定、2012年12月28日時点）
5) 国土交通省東北地方整備局：平成23年（2011年）東北地方太平洋沖地震 鳴瀬川・北上川被害状況、<http://www.thr.mlit.go.jp/karyuu/taiheiyouokijisinn/index.html>、（入手 2012.12.28）

3.4.5.3 情報化施工技術による埋設ガレキ等の管理技術に関する研究（平成 23～24 年度）

(1) 研究目的及び経緯

平成 23 年３月 11 日に発生した東日本大震災の被災地では、大量に発生したガレキの処理が大きな課題となっている。このガレキの処理方法の１つとして盛土材等の土木資材への再利用に向けた検討が進められている。しかし、ガレキは通常の土木材料とは性状が異なるものが含まれる事に加え、施工後は不可視となることから、埋設物について容易に管理に必要と考えられる情報を取得し、維持管理段階においてシームレスに管理できる仕組みが必要である。

国総研では、情報化施工技術の１つである３次元測量機器（トータルステーション、以下「TS」）を用いた出来形管理技術などに関する研究を進めてきており、土工を中心に普及が進んでいる。この技術は、TS に搭載するソフトウェアに３次元の設計データ（３次元の完成形状）を取り込むことで、①計測位置への誘導、②計測と同時に設計値との差を表示、③計測データを用いた帳票の自動作成、を効率的に行うことが可能である。国総研では、この技術で用いられる３次元の設計データと計測データからなる「施工管理データ」の仕様を定めた「TS による出来形管理に用いる施工管理データ交換標準（案）」（以下、「データ交換標準」という）を策定しており、平成 23 年９月には、新たなデータ交換標準である ver. 4. 0 を策定した。従来の ver. 2. 0 では、土工を対象としたデータ項目しか保持することができなかったが、ver. 4. 0 では舗装や地下埋設物等に関わるデータや、計測日時、工事名等の情報も保持することが可能となった。

本研究では、このデータ交換標準 ver. 4. 0 に対応した TS を用いた出来形管理技術を活用し、ガレキをはじめとした地下埋設物等を容易に管理する為の手法について検討した。

(2) TS を用いた出来形管理技術を活用した埋設物管理のコンセプト

埋設物は、工事完成後に不可視となることから、維持管理段階において、その正確な位置情報が把握できることが望まれている。現在では施工時の図面を用いて位置を管理している場合が多いが、完成後に図面に書き込む手間がある。また、情報が工事毎の紙で整理されているため、近傍に埋設されている物件であっても、別工事で施工されている場合、別々の書類となり、後で利用する場合、それぞれを参照する必要がある。土木工事では、必ず出来形の管理が必要であることから、埋設物工事に TS を用いた出来形管理を利用することで、埋設物の位置情報を精度の高い３次元位置座標として取得することができ、更に維持管理に必要な情報を付加してシステムで管理することで、事務所における埋設物の管理を一元化し効率化可能と考えられる。

(3) 埋設物管理ソフトウェアの検討

(1)で述べたコンセプトに基づき、施工管理データを用いて埋設物を管理するソフトウェアの機能を検討した。ソフトウェアに必要な機能は次の通りである。

①データ登録機能

埋設物の管理に必要な情報を登録する機能である。

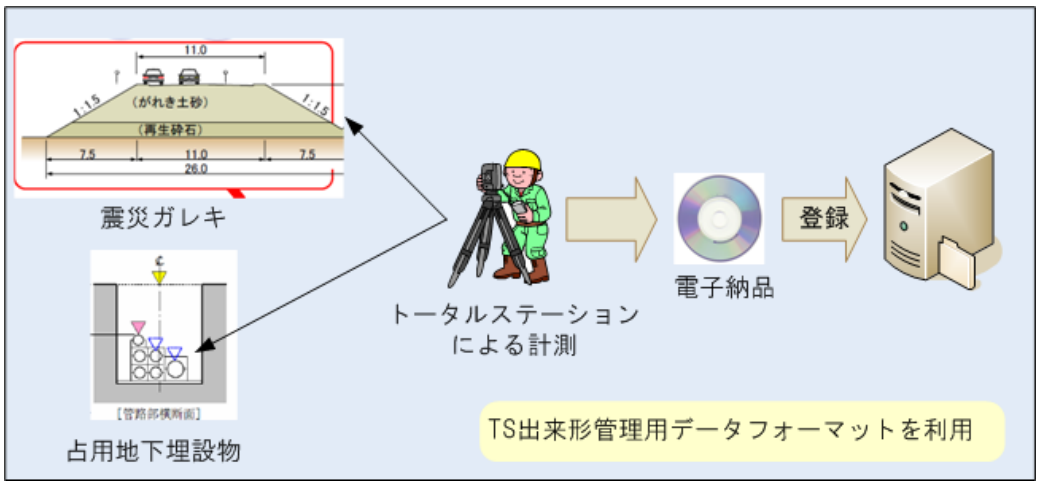


図-3.4.5.14 埋設物管理の流れ

直轄工事の場合には、工事の電子納品 CD から、自動的に必要なファイルを抽出し、システムに登録可能としてある。ただし、埋設物の管理には、位置だけでなく、名称や管理者等の情報が必要となるが、施工管理データは、形状や計測時刻等しか情報を保持できない。そこで、それらの情報を csv ファイルで登録する機能を搭載した。この csv ファイルは、エクセルのマクロを活用した入力シートを用意しており、誰にでも容易に作成することを可能としてある。また、ガレキの性状による保持すべき項目が明確に定まっていないため、管理する対象に合わせて設定することが可能である。

②データ検索機能

管理者がデータを活用する時に、必要な情報を抽出する機能である。データの検索方法として、名称や管理者といった情報を用いて検索する機能と地図上の位置で検索する機能を備えている。

地図検索では、その位置に埋設された物件を一度に表示することが可能である。検索機能で特定の埋設物を選択すると、登録された詳細な情報を閲覧可能である。また、施工管理データは、３次元での表示とデータの出力が可能であり、データを現場に持ち出して TS に登録することで、埋設位置への誘導が可能である。

(4) まとめ

このように、TS を用いた出来形管理を埋設物工事で利用することで、効率的に埋設物管理が可能になると考えられる。試行用システムは、事務所等において試行して改良する等、実用化に向けて研究を続けていく必要があるが、その間であっても将来的に管理が必要な埋設物については、ＴＳを用いた出来形管理を行なうことで、取得データが将来の維持管理に利用可能となる。

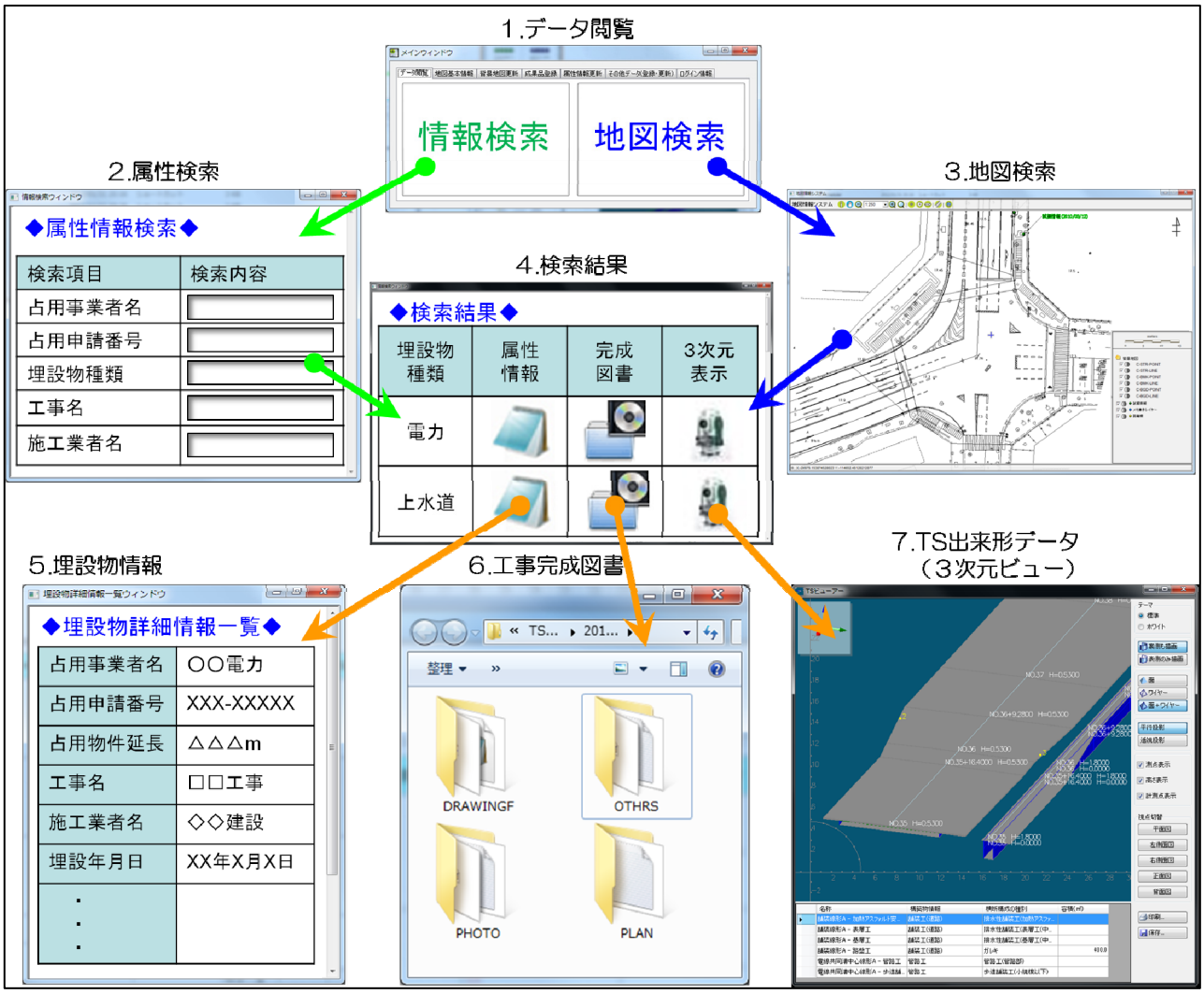


図-3.4.5.15 埋設物管理ソフトウェアの操作の流れ

3.4.5.4 3次元設計データを用いた橋梁の監視技術に関する研究（平成21～25年度）

(1) 研究目的

CALS/EC では、調査、設計、施工、維持管理にわたり、それぞれのフェーズで必要な情報が上流段階からデータを連係していくことを目標にしている。現在、図面では２次元 CAD データとして設計から施工、維持管理でデータを流通する仕組みが構築されている。しかし、２次元 CAD データでは、立体構造を平面、縦断、横断図での表現となるために、施工や維持管理で必要な３次元データを直接扱うことができない。このために、一部で３次元設計、製作が進んでいる橋梁に対して、３次元データの流通、利用に関する研究を実施している。その一環として、災害時の３次元データの流通、利用を検討した。

地震や地滑り等が発生すると、橋台、橋脚に変位や移動が生じることがある。しかし、明確な損傷がなければ変位や移動には気がつかないことがあるが、基礎や上部工に影響を及ぼしていることもある。このため、災害発生後に、変位や移動を確認することが必要である。

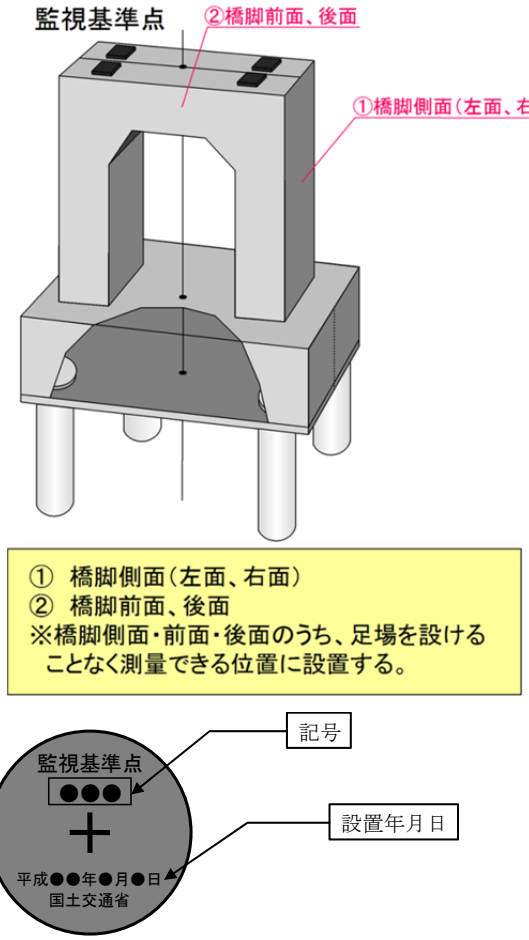


図-3.4.5.16 監視基準点の設置方法
（上：設置位置、下：測量鋲）

橋梁の変位や移動は、もともと設置した位置が分からなければ確認することができない。このため、橋梁完成時に３次元座標を計測し、それを監視することが提案されている。これを実現するための実用的技術を確立するために、研究を実施している。以下に、東日本大震災後に実施した技術の検証等に関する中間的な成果について報告する。

(2) 監視基準点とは

施工から維持管理に引き継がれる３次元情報として、橋全体の変位を継続的に監視するための基準点と３次元座標が必要であることを、橋梁専門家より提案を受けている。このような基準点を監視基準点と定義した。

監視基準点は、施工から維持管理へ引き継がれるポイントであり、構造物を維持管理できる位置座標のことをいう。橋梁構造物が地震などの災害により損傷を受けた場合に、早期に構造物の被災や損傷の把握をすることを目的として構造物に設ける。

(3) 監視基準点の設置方法

橋梁全体の変位、傾斜、ねじれがわかり、比較的簡易に計測できる位置にわかりやすい金属鋲を設置する。ただし、橋脚の低い位置では、植物が繁茂すると維持管理段階で測量できない場合もあり、また高い位置では足場を設置しないと測量できない場合もある。このため、現場条件に応じて、設置位置を決定する必要がある。

(4) 測量方法

施工時の測量方法は、測量精度の高い反射プリズム方式のトータルステーションを基本とする。

一方、災害時の測量方法は、足場が設置されていないために、橋脚の上部（高所）に人が立ち入って監視基準点にプリズムを立てる行為は、危険を伴うと考えられる。また、ノンプリズム方式でも測量精度が±５mm であり、災害時における構造物の損傷レベルを測るうえでは、構造物の変位が 10mm 程度であれば、ノンプリズム方式の測量精度でも結果に大きく影響を及ぼすものではないと考えられる。このため、災害時の測量は、ノンプリズム方式のトータルステーションを基本とする。

(5) 監視基準点のデータの作成・流通

監視基準点の３次元座を標維持管理で確実に流通させる方法として、橋梁座標図に監視基準点の出来形測量結果を追記する方法を提案する。これは、設計から施工に引き渡す３次元設計データとして構造物設置基準点の３次元座標を座標図に作成する方法を提案しているが、設計から引き渡された座標図に監視基準点の測量結果を追記して、工事完成図として電子納品を行う方法である。設計図を利用して施工業者が容易に確実に監視基準点のデータが作成でき、工事完成図として長期に保管できるというメリットがある。

1) スケルトンモデルの利用

スケルトンモデルとは、設計から施工に渡す構造物設置基準点や、施工から維持管理に渡す設置基準点を線で結んだワイヤーフレームの３次元モデルのことをいう。スケルトンモデルは３次元視覚化を行っていることが特徴であり、監視基準点の変位を視覚的に表現することが可能となる。

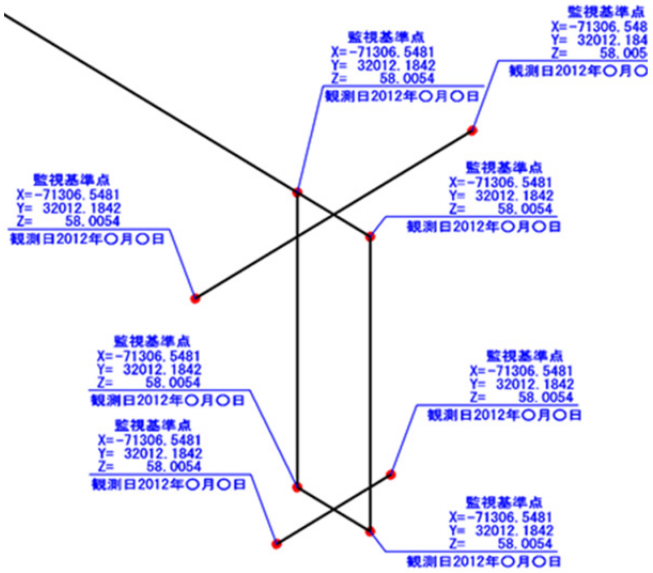


図-3.4.5.17 監視基準点のスケルトンモデル

2) ３次元外形形状モデルの利用

設計段階で、橋梁の外形形状を３次元 CAD を利用して作成することは、３次元可視化によって複雑な形状をもつ構造でも理解が容易になり、また設計ミスの防止、施工方法の確認など、ミスや手戻りの防止に有効と考えられる。設計段階で作成した外形形状モデルを利用して、構造物設置基準点や監視基準点の座標を旗揚げすることで、視覚的にわかりやすくデータ管理ができる。

(6) 東日本大震災での活用結果

平成 22 年度橋梁工事における３次元データ利活用試行補助業務で設置した圏央道平蔵川 IC 橋（千葉国道事務所）の監視基準点を平成 23 年の再測量を行い、橋梁全体の動き・ねじれ等を捉えることが可能なスケルトンモデルを作成し、その実用性を検証した。

過年度成果を精査し現地踏査を行った結果、監視基準点を観測するための基準点や仮 BM が亡失していたが、監視基準点は『正常』であることを目視で確認した。このため、基準点や仮 BM を設置するための測量を実施した。

なお、監視基準点の計測の際に、基準点（既知点）とした３級基準点自体が 2011 年の東北地方太平洋沖地震の地殻変動の影響による移動量について確認を行い、今年度（震災後）計測した座標値の補正を行った。監視基準点の測量結果に基づき作成したスケルトンモデル（３次元モデル）を図に示す。

監視基準点の測量結果に基づき、橋脚の変位の状況を以下に示す。

- 橋梁全体が、地震の地殻変動の影響を受けて、南東に 17cm 程度移動し、5～12cm 程度沈下している。
- 各橋台と橋脚の相対的な変位はほぼゼロで、橋台と橋脚の倒れ・橋梁全体のねじりの変状は見られなかった。
- 今回、地震前と地震後の監視基準点の計測結果に基づき作成したスケルトンモデルを計測することで、以上のような橋梁の状態を把握できることが実証できた。

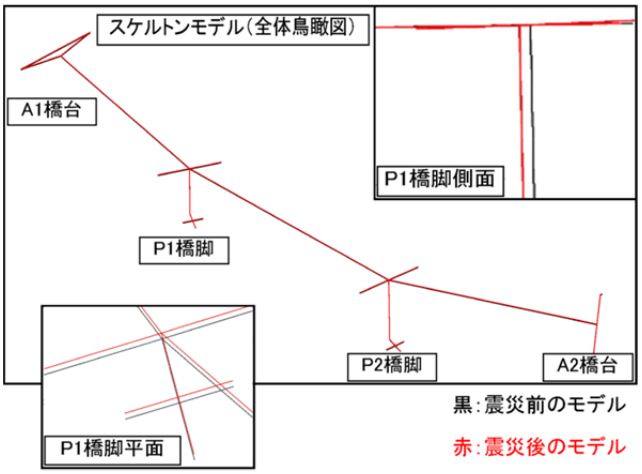


図-3.4.5.18 スケルトンモデルによる変位確認

(7) まとめ

本研究では、橋梁維持管理に必要な監視基準点につ

いて、設置方法、測量方法、データ流通方法を検討し、現地で本研究で提案した方法に基づく検証を実施した。検証に協力いただいた事務所担当者からも、監視基準点の必要性、有効性に関する意見が出され、実用性が確認できた。

監視基準点設置の有効性が確認できたことから、その成果をもとに橋梁の３次元データ流通に係わる運用ガイドライン（案）を策定し、現場試行を実施している。今後は、現場試行で有効性や課題を明らかにして、普及展開を図っていく予定である。

４．災害対策・危機管理に関する国土技術政策総合研究所としての教訓と今後の課題

東日本大震災から約１年後の平成24年７月に国総研として研究全体についての「研究方針」を策定、公表した[1)]。

研究方針は、国総研の一人一人の職員が国総研の使命や研究活動の方向･視点などについて共通の認識を持つためのものであり、解決すべき技術政策課題やその研究目標を明らかにするとともに、目標を達成するための研究の進め方を示したものである。

本方針には、東日本大震災による甚大な被害の経験と教訓に関する議論を踏まえ、優先的かつ速やかに解決すべき研究課題を設定している。以下に、本方針で設定し、取り組みを始めている「安全安心な社会の実現」、「環境と調和した社会の実現」、及び「国づくりを支える総合的な手法の確立」に向けた技術政策課題の中から、地震災害対策・危機管理に係る課題とその研究目標を示すとともに研究状況についても概説する。

(1) 超過外力と複合的自然災害に対する危機管理に関する研究（3.4.4節参照）

平成23年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震では、従来の想定をはるかに超える大津波が発生するとともに、東北地方から関東地方に至る広い地域で強い揺れが生じ、激甚かつ広域的な災害をもたらした。さらに、その後に発生した台風12号、15号等による洪水・土砂災害は、地震の被害が未だ色濃く残る中で生じたため災害が重畳化した。このような教訓を踏まえ、従来の経験や想定を大きく超える規模の自然災害や、地震・津波・洪水・地すべりなどが複合的に発生する災害に対しても、住民の生命を守ることを最優先として、最低限必要十分な社会経済機能を維持できる高い災害靭性を有する国家基盤の構築が求められている。本研究では、超過外力による大規模災害と複合災害を対象として、災害発生シナリオの構築手法とリスク・影響度の分析手法を開発するとともに、ハード・ソフト技術を組み合わせて災害の影響を最小化する危機管理方策、そして、その方策を確実に機能させるための基幹的な防災施設の整備・管理のあり方について提案する。

(2) 津波からの多重防御・減災システムに関する研究（3.4.2節参照）

東日本大震災を受け、津波外力を津波防護レベルと津波減災レベルに分け、前者には海岸堤防等で人命・資産を防護し、後者にはまちづくり・避難対策等と合わせた多重防御で人命を守る等の提案が土木学会からなされた。そこで、本研究では、①今次の被災から津波対策の教訓等を整理するとともに、②２つのレベルの津波外力の設定方法を整理する。また、③海岸堤防の津波被災要因を分析し、一定程度堤防を超えて越流しても壊れにくい強化工法等の検討を行い、復旧に反映する。更には、④２つのレベルの津波に対し浸水シミュレーションを行う標準的手法を手引きとしてまとめる等、河川津波遡上も考慮した防災施設整備及び復興に向けたまちづくり検討を支援する。また、⑤津波避難ビル等の構造上の要件に関する基準の整備や、避難勧告の発令判断等に役立つ津波浸水の範囲・深さを想定し情報提供するシステム開発、更には、避難の安全性・阻害箇所等を評価できるシミュレータ開発と当シミュレータを活用した市街地整備計画の策定手法の開発を行う。

(2) 大規模地震による被害の想定手法と予防・応急・復旧対策

大規模な地震が発生した場合、地震動や津波の影響により道路構造物や道路に沿った建築物の破壊・倒壊、及び、路上への放置車両、がれきなどによる道路の閉塞などの様々な事象が発生し、住民の避難や緊急支援への重大な妨げとなることが予想される。これらの事象による道路交通機能の低下の度合いや、交通機能の低下がもたらす被害を想定する手法を確立し、さらに、この想定手法を用いて、地震被害の予防対策や、発生後の応急対策、復旧対策の効果的な実施手法を提案する。

また、被害が広域で多発するような大規模地震発生時には、施設点検情報が集まるまでの情報空白期が長期化する一方で、速やかな初動対応が非常に重要となる。このような地震発生直後の情報空白域をできるだけ少なくし、初動対応の迅速化を図るために、地震計ネットワーク等で得られる強震記録から所管施設の被害状況を精度良く推測する手法を開発するとともに、災害対策本部での広域支援策検討など、被害推測結果の活用場面に応じた情報提供方法を提案する。

(4) 地域防災力の向上に寄与する事業執行方策

警戒避難など、自然災害の被害を回避・軽減するためのソフト面の対策が充分な効果を発揮するには、地域住民の防災意識や防災に対する行動力など、地域が保有する防災力（ 地域防災力） を向上させていくことが必要となる。地域防災力は、地域の特性や住民の年齢構成等によって異なるので、様々な地域の事例を分析して、地域毎の防災力の実態を判定する手法を確立する。また、既往の研究成果を活用し、公共施設の管理者が平常時の事業執行を通じて地域防災力を向上させるためのスキーム確立を支援する。

(5) 港湾における津波・高潮対策に関する総合的な沿岸防災手法

東日本大震災の教訓も踏まえ、災害に対して粘り強く抵抗し、迅速な復旧･復興ができる社会の構築のため、地域の脆弱性評価とともに、海岸保全施設等によるハード対策と情報提供や避難対策などのソフト対策を融合した対策の確立が求められている。そのため、港湾域を中心として、沿岸域災害の被害波及過程及びその評価手法や避難シミュレーション等を活用した総合的な沿岸防災手法を開発する。

(6) 空港の災害対策の評価方法の体系化

東日本大震災等を踏まえ、空港の運用が求められる災害及び空港そのものが被災する災害、それぞれについて事態想定を深化し、既往の空港の災害対策を評価する方法について、これら事態想定を取り込み、体系化を図るものである。空港分野における災害対策の評価方法の体系化は、官民様々な形態があり得る空港管理者それぞれが、自身の空港の災害対策の見直しを行うことを支援しかつ標準化することにより、国全体として空港の災害対策の最適化も期待でき、ひいては、災害に対し強靭な国土づくりに寄与するものである。

(7) 大規模地震に対する道路構造物の要求性能のあり方

東日本太平洋沖地震では、地震動及び津波により、道路橋の上部構造の流出、橋台背面盛土の崩壊、擁壁の変状、広域的な液状化の発生、路面の沈下、段差等の被災により多くの箇所で通行規制を余儀なくされた一方、それら応急復旧に要する期間は構造物毎に差が見られた。これに対して、大規模災害時においても道路ネットワークの機能を効率的に確保できるよう、応急復旧期間も考慮して各道路構造物の位置づけに応じた要求性能の体系化を図るとともに、各要求性能に応じた考慮すべき外力設定手法などの設計手法や対策法を提案する。これにより、大規模災害時における道路ネットワーク機能を計画的かつ合理的に確保することができる。

(8) 地震、津波災害時の下水道サービス継続手法

東日本太平洋沖地震では、大規模な津波による下水処理場の被害や広域的に発生した液状化による下水道管きょの被害により、下水道サービスの中断やサービスレベルの低下を余儀なくされた。そのため、下水道事業者のBCP や施設などの技術基準への反映を目指すものである。

(9) 地震、火災等に対する建築物の安全性能検証法

今後30年以内に海溝型巨大地震がほぼ確実に起こるとされる中、今日の高度化した地震動情報を建築物の設計用地震力に反映させるため、建築物内外での地震観測記録を収集・分析して「地震力」評価の精度を向上させる技術の提案を行う。これにより、巨大地震に対する建築物のより効率的な地震防災対策を可能とする。また、平常時は火災による倒壊や建築物全体の延焼危険のない建築物でも、地震による損傷によって、これらの危険性を考える必要がある。そのため、地震被災後の中高層建築物の耐火性能に関する実験データを蓄積し、混乱が予想される建築物で在館者がどう対応すべきかを考えるためのガイドラインを策定する。さらに東日本大震災を踏まえた耐津波、耐震設計の高度化の調査研究を行う。

(10) 液状化対策・評価技術に関する研究

液状化については、既造成の市街地において戸建て住宅等が立ち並んだ状態に適用できる対策技術が未整備である。また、河川堤防等の延長が長い施設は、対策コスト・時間の抑制のため、対策が必要な範囲を特定する手法の高度化が必要である。また、下水道管きょ等は対策効果を確実に発揮させるため、既存の対策の適用条件や施工管理基準等の明確化が必要である。

そこで、本研究では、①宅地に適用できる簡易な液状化判定手法の検討を進めるとともに、東日本大震災の被災地の再液状化対策や宅地の全国防災に向け、技術的データの蓄積を図り、街路と宅地の一体的な対策工法を検討する。②河川堤防は、対策範囲の設定精度向上及び、様々な条件の堤防に対する対策工法の適用性の整理を図り、対策マニュアル整備に向けた研究を行う。③道路は、今次の震災で、液状化による段差等が平面部にも発生し

交通開放に時間を要した例もあったことから、道路平面部について舗装を含む地盤状況と液状化との関係を分析するとともに、対策を検討する。④下水道管きょは、対策効果が発揮されなかった事例の施工実績、適用条件等を整理し、現場条件に適した工法選択手法や、効果が確実に発揮される対策の施工管理、品質管理の手法について検討を進める。

(11) 密集市街地における整備促進のための新たな支援技術

防災上危険な密集市街地において、建て替え時における建築基準法集団規定（接道義務、斜線制限、建ぺい率制限等）の制約を地方公共団体の許可等により緩和・除外する「協調的建て替え特例手法」の活用促進を図るため、現状や複数の建て替えルール案における街区性能（火災安全性、住環境性能）を簡易に予測・評価するツールを開発するとともに、協調的建て替えルールの策定ガイドラインを作成し、地方公共団体等に提供する。これにより「協調的建て替え特例手法」を活用した地権者主導による密集市街地の建て替え促進と防災性の向上及び住環境の改善を目指す。

(12) 沿岸域における環境の保全と創造

様々な物理的、生物化学的、社会的な事象が重なり合っている沿岸域の環境の管理に関しては、その場特有の環境・社会条件に配慮して統合的に管理することが不可欠である。そこで、様々な環境現象の空間スケールの評価および相互依存性の評価、統合的沿岸域管理に適した評価手法、および関連主体との連携・協働の枠組み作りの技術等の開発を行う。これらの成果は、沿岸域の統合的管理に関する技術体系の整理に活用できる。また、これらの技術は東日本大震災で被害を被った沿岸域の復興に対して、複合的な環境修復技術の提案等に活用できる。

(13) 365 日 24 時間の道路交通の常時観測データの収集、分析及び利活用

既存道路を有効活用しつつ重点的、効率的な道路施策を行うためには、5 年に 1 度の道路交通センサスでは不十分な場合がある。このため、車両感知器、通信型カーナビ及び ITS スポットから取得される 365 日 24 時間の交通量及び旅行速度データを補完・統合して効率的に共有・蓄積し、交通円滑化、道路環境、交通安全及び災害時対応を含む道路交通管理等の多分野で共通利用する方法を研究する。これにより、データ収集コストの大幅な削減と道路施策や事業の優先度・効果の多角的かつ詳細な分析・評価が可能となる。

以上のように、今回の東日本大震災における経験を踏まえ、活動内容等が見直された研究課題は、幅広い分野に及んでおり、これら個別研究課題への取り組みの推進が求められていることについて認識するとともに、改めて、分野を超えた情報の共有、共同の課題解決に向けた取り組みの重要性が認識され、また地域の状況に応じた継続的な技術支援などの重要性についても認識された。

研究方針に示した重要課題の他に、これらの観点から、以下のような取り組みも今後の重要な課題となる。

①土地利用、インフラ整備、ソフト対策を最適化した災害に強いレジリアントな地域づくり・まちづくりプランニング

②地震・津波と火災の複合災害への備え

③災害情報の収集・共有・提供の迅速化と住民とのリスクコミュニケーション手法

④仮設住宅等の発災直後の居住の確保、住宅復興計画の確立と計画に基づく迅速な復旧・復興の展開と被災者の生活支援の充実

⑤複合災害や大災害時の初動体制の充実

現在、政府において、想定され、その対策の実施が急務となっている南海トラフ地震など、さらに広範・甚大な被害が予想される大災害に対し、国民の生命を守るため、減災に繋がる研究活動を推進する際にも、今回の教訓を踏まえた研究体制の整備等が重要になってきている。

加えて、災害時における、TEC-FORCE としての技術指導等の活動を通じて現場で求められる技術的課題を的確に把握するとともに、それに応えるための研究の推進についても、鋭意努める必要がある。

参考文献

1) 国土技術政策総合研究所：研究方針、平成 24 年 7 月 http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/housin/housin24.pdf

あ と が き

本報告は、東日本大震災発生後の約１年半の間に、当研究所が実施してきた大震災に関する調査、分析、研究、現場への技術支援、そして、震災から浮き彫りになった新たな課題に対する取り組みなどについて、出来るだけ時系列的にとりまとめたものです。時系列的に整理することにより、震災の現象面と実務面を分野横断的に包括的に俯瞰できることを目指したものです。とりわけ、調査・研究の実施に際しては国土交通本省、東北地方整備局、岩手県、宮城県、福島県を始め関係の多くの方々にお世話になりました。また、これらの実施には(独)土木研究所、(独)建築研究所、(独)港湾空港技術研究所をはじめとする関係研究機関にもお世話になりました。この紙面をお借りして厚くお礼を申し上げます。

本報告の作成には、当研究所の14研究部・センター全てが関わり、それぞれが震災に対して取り組んだ事項をまとめています。内容面で多岐に亘るとともに、分野横断的な取り組みについても出来るだけ掲載した報告書となっています。これは震災の記録としてだけではなく、我々研究者が有すべき想像力の構築にも非常に重要な意味を持っているものと考えています。震災対応に直接関係された方々だけではなく、直接は関係されていない方々にとっても将来の災害への備えに対し非常に有益な内容になっています。出来るだけ多くの方が本報告を手にして頂ければ幸甚に存じます。

東日本大震災発生から約２年が過ぎました。復興には非常に大変な苦難と労力が必要とされています。復興への取り組みにあたっても当研究所として積極的に現場への技術支援等をしているところですが、引き続き必要な技術支援を実施していく所存です。

さらに、東海・東南海・南海地震や首都直下地震等への備えも緊急を要する課題です。これに対しても今回の地震・津波災害から様々な教訓を学び、必要な調査・研究を迅速に実施し、現場への適切な支援等が行えるようにしていきたいと考えています。

【参考資料】

表-参考１　TEC-FORCE 等による現地派遣実績

No.	派遣された班編成ならびに活動内容
1	東北地方整備局の要請により、河川班の２名を派遣、江合川、鳴瀬川の堤防被害等の調査を実施(H23/3/11～14)
2	東北地方整備局の要請により、橋梁班の２名を派遣、国道 45 号等の被災橋梁の調査等を実施(H23/3/11～14)
3	東北地方整備局の要請により、道路防災班の２名を派遣、東北地方整備局災害現地対策本部における道路災害情報取りまとめの技術的な支援等を実施(H23/3/11～14)
4	本省住宅局の要請により、建築構造の専門家１名を茨城空港の天井調査に派遣(H23/3/12)
5	地すべり等の発生状況等把握するため、砂防班１名を宮城県に派遣(H23/3/12)
6	東北地方整備局の要請により、砂防班２名を福島県に派遣し、地すべり等の発生状況等把握(H23/3/12)
7	下水道の被害調査、現地本部立ち上げ支援等のため、下水道班１名を宮城県に派遣(H23/3/12～15)
8	本省航空局の要請により、空港班(舗装)１名が仙台空港の被災調査(H23/3/13～15)
9	茨城県の要請により、砂防班２名を水戸市に派遣し、急傾斜地崩壊防止施設被災への対応を指導(H23/3/14)
10	下水道の被害調査、現地本部立ち上げ支援等のため、下水道班２名を宮城県に派遣(H23/3/14～15)
11	東北地方整備局の要請により、第２次橋梁班を追加派遣し、被災橋梁の診断を実施(H23/3/14～16)
12	本省住宅局の要請により、建築構造班３名を宮城、福島県の建築物被害調査(H23/3/14～16)
13	建築構造班２名を茨城県の建築物被害調査に派遣(H23/3/15～16)
14	東北地方整備局の要請により、港湾班(津波、設計)１名を仙台空港、仙台塩釜港等の被災調査に派遣(H23/3/15～19)
15	東北地方整備局の要請により、第３次橋梁班を追加派遣し、被災橋梁の診断を実施(H23/3/16～18)
16	東北地方整備局の要請により、港湾班(津波・地震)３名を釜石港、久慈港等の被災調査に派遣(H23/3/16～19)
17	茨城県の要請により、橋梁の専門２名を茨城県北部の橋梁診断に派遣(H23/3/17)
18	本省砂防部の要請により、砂防班１名を宮城、岩手、福島県の土砂災害調査に派遣(H23/3/18、29)
19	河川班３名を追加派遣し、新北上川等の河口部周辺の堤防被災状況を調査(H23/3/18～20)
20	下水道の被害調査、現地本部立ち上げ支援等のため、下水道班２名を宮城県に派遣(H23/3/18～22)
21	東北地方整備局の要請により、海岸班２班５名を派遣し、仙台湾沿岸の堤防被害調査等の技術支援(H23/3/19～20)
22	強震計周辺の被災状況調査のため、地震防災班３名を茨城県へ派遣(H23/3/21)
23	下水道の被害調査、現地本部立ち上げ支援等のため、下水道班２名を宮城県に派遣(H23/3/21～25)
24	本省航空局の要請により、空港班(舗装)２名を派遣し、仙台空港の被災調査を実施(H23/3/21～27)
25	建築構造班１名を茨城県の建築物被害調査（木造）に派遣(H23/3/23)
26	下水道の被害調査、現地本部立ち上げ支援等のため、下水道班２名を宮城県に派遣(H23/3/24～28)
27	建築構造班２名を福島、宮城及び岩手県の建築物被害調査（RC 造等）に派遣(H23/3/24～26)
28	建築構造班１名を千葉、茨城県の建築物被害調査（地盤）に派遣(H23/3/24)
29	建築構造班１名を栃木、福島県の建築物被害調査（木造）に派遣(H23/3/24～25)
30	関東地方整備局の要請により、下水道班３名を茨城、千葉県の被災調査に派遣(H23/3/24～25)
31	岩手県の要請により、海岸班２名を派遣し、田老町等の堤防被害、津波痕跡高の調査の支援(H23/3/27～30)
32	港湾の津波被害調査のため、港湾班１名を岩手県に派遣(H23/3/27～30)
33	東北地方整備局の要請により、海岸班１名を派遣し、津波の痕跡調査に関する技術指導を実施(H23/3/28～30)

34	東北地方整備局の要請により、橋梁班２名を派遣し、福島市内の被災橋梁を調査(H23/3/29)
35	建築物の津波被害調査のため、建築構造班２名を岩手、宮城県に派遣(H23/3/30～4/2)
36	（旧耐震基準の鉄骨造）建築物被害調査のため、建築構造班１名を茨城県に派遣(H23/3/30～31)
37	関東地方整備局の要請により、建築構造班１名を住宅復旧調査のため千葉県に派遣(H23/3/31)
38	関東地方整備局の要請により、下水道班２名を液状化被害の調査のため千葉県に派遣(H23/3/31)
39	本省住宅局の要請により、当面の緊急復旧等の方策を検討するための基礎的な情報収集のため、建築構造班１名を被災状況把握のため宮城、岩手県に派遣(H23/3/31～4/3)
40	強震計周辺の被災状況調査のため、地震防災班２名を宮城、岩手県へ派遣(H23/4/1～5)
41	東北地方整備局の要請により、港湾班（津波、設計)２名を小名浜港、相馬港等の被災調査に派遣(H23/4/5～7)
42	関東地方整備局の要請により、港湾班(津波)１名を鹿島港、茨城港等の被災調査に派遣(H23/4/5～6)
43	下水道被害調査のため、下水道班１名を宮城県に派遣(H23/4/5～7)
44	下水道被害調査のため、下水道班２名を茨城県に派遣(H23/4/6)
45	被災橋梁調査のため、橋梁班１名を東北地方整備局管内に派遣(H23/4/5～7)
46	建築物の津波被害調査（木造）のため、建築構造班３名を宮城県に派遣(H23/4/6～8)
47	建築物の津波被害調査のため、建築構造班１名を岩手県に派遣(H23/4/6～9)
48	土砂災害の危険性調査のため、砂防班４名を宮城県へ派遣(H23/4/7～8)
49	東北地方整備局の要請により、ダム班２名をダムの変状調査のため福島、宮城県に派遣(H23/4/7～9)
50	建築物の被害調査（鉄骨造）のため、建築構造班１名を茨城県に派遣(H23/4/11～12)
51	土砂災害の危険性調査のため、砂防班４名を宮城、岩手県へ派遣(H23/4/11～12)
52	関東地方整備局の要請により、港湾班(施設設計）１名を被災状況把握のため鹿島港、茨城港に派遣(H23/4/12～14)
53	本省砂防部の依頼により、砂防班２名を土砂災害の実態調査のため福島県に派遣(H23/4/13)
54	海岸保全施設の被害調査のため、海岸班２名を福島県に派遣(H23/4/13)
55	東北地方整備局の要請により、橋梁班２名を被災橋梁の調査のため岩手県および宮城県へ派遣(H23/4/13～16)
56	建築物の被害調査（地盤）のため、建築構造班２名を宮城、福島県に派遣(H23/4/15～16)
57	建築物の被害調査（火災）のため、建築防火班３名を岩手県および宮城県に派遣(H23/4/20～22)
58	建築物の地震動被害調査（木造）のため、建築構造班１名を茨城県に派遣(H23/4/21)
59	建築物の被害調査のため、建築構造班３名を宮城、福島県に派遣(H23/4/21～22)
60	建築物の被害調査（火災）のため、建築防火班２名を青森県および岩手県に派遣(H23/4/26～28)
61	建築物の地震動被害調査（木造）のため、建築構造班１名を宮城、栃木県に派遣(H23/4/27～29)
62	本省河川局の要請により、ダム班１名をダムの変状調査のため山形、宮城県に派遣(H23/4/27～28)
63	海岸保全施設の被害調査のため、海岸班２名を岩手県および宮城県に派遣(H23/5/2～4)
64	港湾の津波被害調査のため、港湾班１名を青森県に派遣(H23/5/8～9)
65	下水道被害調査のため、下水道班２名を千葉県に派遣(H23/5/11)
66	下水道被害調査のため、下水道班２名を宮城県に派遣(H23/5/11～12)
67	建築物の被害調査（RC 造）のため、建築構造班１名を福島、栃木、茨城県に派遣(H23/5/11～14)
68	本省下水道部等の要請により、下水道班６名を被害状況調査のため福島、宮城県に派遣(H23/5/23～24)
69	建築物の津波被害調査（木造）のため、建築構造班１名を岩手県に派遣(H23/5/24～27)
70	強震計周辺の被災状況調査のため、地震防災班３名を千葉県へ派遣(H23/5/26)

71	下水処理場の放射能汚泥調査のため、下水道班２名を福島県に派遣(H23/5/27)
72	下水道被害調査のため、下水道班２名を千葉県に派遣(H23/5/31)
73	建築物の被害調査（免震）のため、建築構造班２名を宮城県に派遣(H23/5/31～6/2)
74	本省住宅局の要請により、仮設住宅建設の支援のため、住宅班１名を東北地方整備局へ派遣(H23/6/11～18)
75	港湾の津波被害調査のため、港湾班１名を茨城県に派遣(H23/6/13)
76	下水道の被害状況調査のため、下水道班２名を宮城県に派遣(H23/6/15～17)
77	海岸保全施設の津波被害調査のため、港湾班２名を岩手県に派遣(H23/6/16～17)
78	下水道被害調査のため、下水道班２名を茨城県に派遣(H23/6/21)
79	建築物の津波被害調査のため、建築構造班１名を岩手県に派遣(H23/6/30～7/2)
80	建築物の被害調査（体育館）のため、建築構造班１名を茨城県に派遣(H23/7/1)
81	下水処理場被害調査のため、下水道班１名を福島県に派遣(H23/7/4)
82	建築物の被害調査（鉄骨造）のため、建築構造班１名を茨城県に派遣(H23/7/6)
83	下水道被害調査のため、下水道班３名を茨城県に派遣(H23/7/13)
84	下水道施設被害調査のため、下水道班２名を千葉県に派遣(H23/7/15)
85	海岸保全施設の津波被害調査のため、港湾班２名を宮城県に派遣(H23/7/19～20)
86	下水道被害調査のため、下水道班２名を宮城県に派遣(H23/8/17～19)
87	河川海岸等現地調査のため、河川班１名を宮城県に派遣(H23/8/22～23)
88	庁舎建物の防火関連調査のため、建築防火班１名を宮城県に派遣(H23/8/29～30)
89	海岸保全施設の津波被害調査のため、港湾班２名を宮城県に派遣(H23/8/31～9/1)
90	耐震化管渠の被災状況調査及び下水道被害調査のため、下水道班４名を宮城県に派遣(H23/9/12～14)
91	公営住宅の津波被害調査（木造）のため、建築構造班１名を宮城県に派遣(H23/9/22～24)
92	下水道被害調査のため、下水道班１名を岩手県に派遣(H23/10/11～12)
93	北上川・鳴瀬川・名取川・七北田川現地調査のため、河川班５名を派遣(H23/10/11～13)
94	民間住宅の津波被害詳細調査（木造）のため、建築構造班１名を宮城県に派遣(H23/10/13～15)
95	避難所の実態調査のため、地震防災班２名を派遣(H23/10/13～15)
96	下水処理場被害調査のため、下水道班１名を茨城県に派遣(H23/12/8)
97	下水道施設被害調査のため、下水道班２名を宮城県に派遣(H23/12/8)
98	下水処理場被害調査のため、下水道班２名を宮城県に派遣(H23/12/15～16)
99	下水処理場被害調査のため、下水道班１名を宮城県に派遣（H24/1/11）
100	下水道被害調査のため、下水道班１名を宮城県に派遣（H24/1/16～17）
101	北上川現地調査のため、河川班２名を派遣（H24/2/5～6）
102	下水道被害調査のため、下水道班２名を千葉県に派遣（H24/2/14）
103	地震後の道路管理者とその支援対応者、関係機関の災害対応調査のため、地震防災班７名を派遣（H24/2/29～3/2）
104	下水処理場被害調査のため、下水道班１名を宮城県に派遣（H24/3/14～15）

参考になるホームページアドレス一覧

1. 地震と被害

1) 気象庁：【災害時地震・津波速報】平成 23 年（2011 年）東北地方太平洋沖地震
http://www.jma.go.jp/jma/kishou/books/saigaiji/saigaiji_201101/saigaiji_201101.html
2) 国土交通省：平成 22 年度国土交通白書
http://www.mlit.go.jp/hakusyo/mlit/h22/index.html
3) 国土交通省：東日本大震災、災害情報（第 116 報）、平成 24 年 12 月 3 日
http://www.mlit.go.jp/saigai/saigai_110311.html
4) 警察庁緊急災害警備本部：平成 23 年(2011 年)東北地方太平洋沖地震の被害状況と警察措置、平成 24 年 12 月 19 日
http://www.npa.go.jp/archive/keibi/biki/higaijokyo.pdf
5) 消防庁災害対策本部：平成 23 年(2011 年)東北地方太平洋沖地震（東日本大震災）について（第 148 報）、平成 24 年 9 月 28 日（金）17 時 00 分
http://www.fdma.go.jp/bn/2012/detail/691.html

2. 東日本大震災の発生と国、国土交通省及び国土技術政策総合研究所の対応

1) 東日本大震災復興関連立法
http://www.reconstruction.go.jp/topics/120312relevant%20legislation%23.pdf
2) 政府に設けられた会議等
平成 23 年東北地方太平洋沖地震緊急災害対策本部
http://www.bousai.go.jp/1info/higashinihon_taisaku/index.html
東北地方太平洋沖地震を教訓とした地震･津波対策に関する専門調査会
http://www.bousai.go.jp/jishin/chubou/higashinihon/index_higashi.html
防災対策推進検討会議
http://www.bousai.go.jp/chubou/suishinkaigi/index.html
南海トラフ巨大地震対策検討ワーキンググループ
http://www.bousai.go.jp/jishin/chubou/taisaku_nankaitrough/index.html
南海トラフの巨大地震モデル検討会
http://www.bousai.go.jp/jishin/chubou/nankai_trough/nankai_trough_top.html
首都直下地震対策検討ワーキンググループ
http://www.bousai.go.jp/jishin/chubou/taisaku_shutochokka/index.html
首都直下地震モデル検討会
http://www.bousai.go.jp/jishin/chubou/shuto_chokka/index.html
津浪避難対策検討ワーキンググループ(津波防災に関するワーキンググループ)
http://www.bousai.go.jp/jishin/chubou/taisaku_tsunami/index.html
3) 国土交通省：東日本大震災の記録ー国土交通省の災害対応ー、平成24年3月11日
http://www.mlit.go.jp/saigai/kirokusyu.html
4) 国土技術政策総合研究所ホームページ：東日本大震災関連情報
http://www.nilim.go.jp/lab/bbg/saigai/h23tohoku/index.html

3. 地震動

1) 国土技術政策総合研究所ホームページ：河川・道路等施設の地震計ネットワーク情報
http://www.nilim.go.jp/japanese/database/nwdb/index.htm
2) (独)防災科学技術研究所ウェブサイト：強震観測網(K-NET, KiK-net)
http://www.kyoshin.bosai.go.jp/kyoshin/
3) 地震調査研究推進本部：海溝型地震の長期評価

http://www.jishin.go.jp/main/p_hyoka02_kaiko.htm

4. 津波

1) 東北地方太平洋沖地震津波合同調査グループ
http://www.coastal.jp/ttjt/index.php
2) 国土技術政策総合研究所ホームページ：東日本大震災関連情報
http://www.ysk.nilim.go.jp/oshirase/uc.html
http://www.nilim.go.jp/lab/bbg/saigai/h23tohoku/index.html
3) 青森県ホームページ：青森県地震・津波被害想定調査
http://www.bousai.pref.aomori.jp/kansoku/higaisoutei/higaisoutei_top.htm
4) 岩手県ホームページ：岩手県地震・津波シミュレーション及び被害想定調査
http://www.pref.iwate.jp/~hp010801/tsunami/yosokuzu_index.htm
5) 宮城県ホームページ：宮城県第四次地震被害想定調査について
http://www.pref.miyagi.jp/kikitaisaku/jishin_chishiki/H22_disaster_prevention_council_bukai/index.htm
6) 福島県ホームページ：福島県津波想定調査結果の概要
http://wwwcms.pref.fukushima.jp/pcp_portal/PortalServlet?DISPLAY_ID=DIRECT&NEXT_DISPLAY_ID=U000004&CONTENTS_ID=19543
7) 河川津波対策検討会、河川遡上津波のシミュレーション結果、第2回配布資料
http://www.mlit.go.jp/river/shinngikai_blog/kasentsunamitaisaku/index.html
8) 国土地理院：災害関連情報
http://www.gsi.go.jp/BOUSAI/ h23_tohoku.html
9) 国土交通省東北地方整備局、北上川等堤防復旧技術検討会資料
http://www.thr.mlit.go.jp/ Bumon/B00097/K00360/taiheiyouokijishinn/kenntoukai/shiryou2_1.html

5. 液状化

1) 国土交通省報道発表資料：「液状化対策技術検討会議」の検討成果について，2011. 8. 31
http://www.mlit.go.jp/report/press/kanbo08_hh_000154.html

6. 下水道分野

1) 下水道地震・津波対策技術検討委員会
http://www.mlit.go.jp/mizukokudo/sewerage/crd_sewerage_tk_000170-1.html

7. 河川分野

1) 河川津波対策検討会：「河川への遡上津波対策に関する緊急提言」について
http://www.mlit.go.jp/report/press/mizukokudo03_hh_000376.html
2) 河川堤防耐震対策緊急検討委員会
http://www.jice.or.jp/sonota/t1/201110240.html
3) 東北地方太平洋沖地震を踏まえた河口堰・水門等技術検討委員会
http://www.jice.or.jp/sonota/t1/201106150.html
4) 北上川等堤防復旧技術検討会
http://www.thr.mlit.go.jp/Bumon/B00097/K00360/taiheiyouokijishinn/kenntoukai/index.htm
5) 関東地方河川堤防復旧技術等検討会
http://www.ktr.mlit.go.jp/bousai/bousai00000057.html

8. 海岸分野

1) 平成23年法律第123号、津波防災地域づくりに関する法律、平成23年12月14日
http://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/point/tsunamibousai.html)
2) 国土交通省水管理・国土保全局海岸室・国土技術政策総合研究所海岸研究室、津波浸水想定の設定の手引き（ver. 2.

00)、平成24年10月
http://www.mlit.go.jp/river/shishin_guideline/bousai/saigai/tsunami/shinsui_settei.pdf
3) 津波防災地域づくりに係る技術検討会、津波防災地域づくりに関する技術検討報告書、平成24年1月27日
http://www.mlit.go.jp/river/shinngikai_blog/tsunamibousaitiiki/houkokusyo_120127.pdf
4) 施行通知、内閣府政策統括官(防災担当)・国土交通省総合政策局長・土地・建設産業局長・都市局長・水管理・国土保全局長・住宅局長、津波防災地域づくりに関する法律等の施行について、平成24年3月9日、
http://www.mlit.go.jp/common/000204849.pdf

9. 道路分野

1) 国土交通省 水管理・国土保全局：平成２３年発生災害 国土交通省所管公共土木施設被害報告概要
http://www.mlit.go.jp/river/toukei_chousa/bousai/saigai/kiroku/pdf/h23_houkoku.pdf
2) 内閣府：平成 23 年（2011 年）東北地方太平洋沖地震（東日本大震災）について
http://www.kantei.go.jp/saigai/pdf/201208281700jisin.pdf
3) 平成２３年（2011 年）東北地方太平洋沖地震 土木施設災害調査速報、国総研資料第 646 号・土研資料第 4202 号、平成 23 年７月
http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryou/tnn/tnn0646.htm

10. 港湾分野

1) 国土技術政策総合研究所ホームページ：東日本大震災関連情報
http://www.ysk.nilim.go.jp/oshirase/uc.html
http://www.nilim.go.jp/lab/bbg/saigai/h23tohoku/index.html
2) 国土交通省：交通政策審議会港湾分科会防災部会
http://www.mlit.go.jp/policy/shingikai/s303_kouwanbousai01.html

11. 建築分野

1) 防災科学技術研究所：強震観測網（K-NET, KiK-net）、
http://www.kyoshin.bosai.go.jp/kyoshin/
2) 気象庁：強震波形（平成 23 年(2011 年)東北地方太平洋沖地震）、
http://www.seisvol.kishou.go.jp/eq/kyoshin/jishin/110311_tohokuchiho-taiheiyouoki/index.html
3) 国土交通省：国土交通省港湾局港湾地域強震観測（港湾空港技術研究所地盤・構造部）、
http://www.eq.pari.go.jp/kyosin/
4) 東京都：東京都港湾局地震観測所で観測した地震動、
http://www.kouwan.metro.tokyo.jp/business/kisojoho/jishindou.html
5) 国土技術政策総合研究所:津波避難ビル等の構造上の要件の解説(国土技術政策総合研究所資料第 673 号)、2012. 3、
http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryou/tnn/tnn0673.htm

12. 住宅分野

1) 地域型復興住宅推進協議会
岩手県：www.hukkoujuutaku.sakura.ne.jp/
宮城県：www.hukkoujutaku.com/
福島県：fukushima-hukkoujuutaku.org/
2) 住宅金融支援機構 東日本大震災特設サイト
http://www.jhf.go.jp/shinsai/index.html
3) (独)建築研究所 平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震関係特設ページ:
http://www.kenken.go.jp/japanese/contents/topics/20110311/index.html

13. 都市分野

1) 国土交通省HP:東日本大震災からの津波被災市街地復興手法検討調査のとりまとめについて
http://www.mlit.go.jp/toshi/toshi-hukkou-arkaibu.html

2) 国土交通省HP：東日本大震災による液状化被災市街地の復興に向けた検討・調査について
http://www.mlit.go.jp/toshi/city/sigaiti/toshi_urbanmainte_tk_000004.html
3) 国総研HP：地域で取り組む地盤の液状化対策のための「地下水位低下の効果・影響簡易計算シート」（試行版）公開
http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/sokuhou/file/120801.pdf
4) 国土交通省HP：平成23年度補正予算建設技術研究開発助成制度「震災対応型技術開発公募」採択課題決定について
http://www.mlit.go.jp/report/press/kanbo08_hh_000169.html
6) 国土交通省HP：平成２４年度建設技術研究開発助成制度の採択課題決定について
http://www.mlit.go.jp/report/press/kanbo08_hh_000189.html
7) 国総研HP：柱状ドレーンによる液状化対策効果の計測（実験結果概要）
http://www.nilim.go.jp/lab/jbg/takuti/20120509gaiyo.pdf

14. 公園緑地分野

1) 国土交通省報道発表資料：『東日本大震災からの復興に係る公園緑地整備に関する技術的指針』
http://www.mlit.go.jp/report/press/toshi10_hh_000097.html

15. 国総研の研究活動

1) 国土技術政策総合研究所：研究方針、平成 24 年 7 月
http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/housin/housin24.pdf

国土技術政策総合研究所研究報告
RESEARCH REPORT of ＮＩＬＩＭ
Ｎｏ．５２　　January 2013

編集・発行　©国土技術政策総合研究所

本資料の転載・複写の問い合わせは
〒305-0804　茨城県つくば市旭１番地
企画部研究評価・推進課　　TEL 029-864-2675
〒239-0826 神奈川県横須賀市長瀬 3-1-1
管理調整部企画調整課　　TEL 046-844-5019