ISSN 1346-7328
国総研資料　第646号
ISSN 0386-5878
土研資料　第4202号
平成２３年７月

国土技術政策総合研究所資料
Technical Note of National Institute for Land and Infrastructure Management, No.646
土木研究所資料
Technical Note of Public Works Research Institute, No.4202

July 2011

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

Quick Report on Damage to Infrastructures
by the 2011 off the Pacific coast of Tohoku 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
独立行政法人土木研究所
Incorporated Administrative Agency, Public Works Research Institute, Japan

まえがき

平成 23 年 3 月 11 日 14 時 46 分頃に、三陸沖を震源とするマグニチュード 9.0（暫定値）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、宮城県、福島県、茨城県、栃木県で震度 6 強など広い範囲で強い揺れを観測した。この地震は、気象庁により「平成 23 年（2011 年）東北地方太平洋沖地震（英文名：The 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake）」と命名された。太平洋沿岸を中心に高い津波を観測し、特に東北地方から関東地方の太平洋沿岸では激甚な被害を受けた。政府はこの地震による震災の名称を「東日本大震災（英文名：The Great East Japan Earthquake）」とした。震源域は長さ約 500km、幅約 200km の広範囲に渡るとともに、最大震度 6 強を観測する地震を含めて、平成 23 年 6 月 27 日現在で、マグニチュード 7 以上が 5 回、マグニチュード 5 以上の余震が 515 回と従来の地震の余震特性を大幅に超えた地震となった。また、本地震との関連性は明確ではないが、3 月 12 日には長野県北部を震源とする地震(マグニチュード 6.7)、3 月 15 日には静岡県東部を震源とする地震（マグニチュード 6.4）などの地震も発生した。

今回の地震では、地震動による振動被害のみならず、太平洋岸において大津波の影響を大きく受けた。主として津波によって、多数の人命が失われるとともに、建物や土木施設に甚大な被害を生じた。警察庁の取りまとめによると、7 月 10 日現在、地震による死者は 15,574 名、行方不明者は 5,344 名、負傷者は 5,688 名、住家被害は、全壊 107,758 棟、半壊 116,817 棟、一部破損 433,714 棟、火災発生は 311 件に上っている。

北海道、東北、関東の太平洋岸を中心に、海岸施設、港湾施設、空港施設、下水道施設、河川施設、ダム施設、道路施設等の土木施設において被害が発生した。地震後には、国土交通省国土技術政策総合研究所と独立行政法人土木研究所、さらに、独立行政法人建築研究所及び独立行政法人港湾空港技術研究所は連携して、国土交通省の緊急災害対策派遣隊(TEC-FORCE)等として現地において技術支援に当たるとともに、関係する分野ごとに調査チームを派遣し、調査を行ったところである。

本報告は、土木施設を対象として、国土技術政策総合研究所及び土木研究所が地震直後から実施した現地調査結果を速報としてとりまとめたものである。4 月 26 日には、国土技術政策総合研究所、土木研究所及び建築研究所による 3 機関の調査報告会を開催したところであるが、その調査成果に加えて、その後実施された調査も可能な範囲で含めて取りまとめている。被害が甚大であったことから、現在も調査や分析は継続して実施されており、それらの成果の公表については別の機会に譲ることにしたい。

最後になりましたが、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。今回の大震災による被害からできるだけ多くの教訓を学び取り、その教訓を今後の防災・減災対策の向上に生かしていく所存です。

平成 23 年 7 月

国土交通省国土技術政策総合研究所長　西川　和廣

独立行政法人土木研究所理事長　　魚本　健人

目　　次

まえがき
執筆者一覧

１．地震と地震動・・・

６．２　地震動による河川堤防の被害・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 250
６．３　津波による堤防等の被災・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 305
６．４　まとめ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 338

７．ダム・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・342
７．１　ダムに関する変状等の概要・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 342
７．２　調査の概要・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 342
７．３　調査結果及び考察・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 343
７．４　まとめ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 365

８．下水道施設・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・367
８．１　概要・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 367
８．２　管きょ、マンホールの被害・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 367
８．３　下水処理場の被害・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 370
８．４　下水道被害による公衆衛生への影響・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 372
８．５　まとめ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 375

９．道路橋・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・377
９．１　概要・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 377
９．２　地震動の影響による道路橋の被害・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 389
９．３　津波の影響による道路橋の被害・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 433
９．４　液状化の影響による道路橋の被害・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 447
９．５　まとめ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 461

10．道路土工・斜面・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・463
10．１　概要・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 463
10．２　地震動による被害・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 464
10．３　津波による被害・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 480
10．４　まとめ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 484

謝　辞・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・486

執筆者一覧

１．地震と地震動

国土技術政策総合研究所

危機管理技術研究センター地震防災研究室　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
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

２．地形・地質

独立行政法人土木研究所　地質監
（兼　つくば中央研究所　地質・地盤研究グループ　グループ長）　脇坂　安彦

独立行政法人土木研究所つくば中央研究所

地質・地盤研究グループ特命事項担当　上席研究員　阿南　修司
地質・地盤研究グループ地質チーム　上席研究員　佐々木靖人
地質・地盤研究グループ地質チーム　総括主任研究員　浅井　健一
地質・地盤研究グループ地質チーム　主任研究員　品川　俊介
地質・地盤研究グループ地質チーム　研　究　員　日外　勝仁
地質・地盤研究グループ地質チーム　交流研究員　林　浩幸
地質・地盤研究グループ地質チーム　交流研究員　安元　和己
地質・地盤研究グループ地質チーム　交流研究員　江口　貴弘

３．被害の概要

国土技術政策総合研究所

危機管理技術研究センター地震防災研究室　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　間渕　利明

４．土砂災害

国土技術政策総合研究所

危機管理技術研究センター　センター長　山下　勝
危機管理技術研究センター　土砂災害研究官　西　真佐人
危機管理技術研究センター砂防研究室　室　長　小山内信智
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　冨田　陽子
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
危機管理技術研究センター砂防研究室　研　究　官　林　真一郎
危機管理技術研究センター砂防研究室　研　究　官　桂　真也
危機管理技術研究センター砂防研究室　研　究　官　鈴木　拓郎
危機管理技術研究センター砂防研究室　交流研究員　佐藤　匠

独立行政法人土木研究所

土砂管理研究グループ　グループ長　原　義文
土砂管理研究グループ火山・土石流チーム　上席研究員　石塚　忠範
土砂管理研究グループ火山・土石流チーム　主任研究員　水野　秀明
土砂管理研究グループ火山・土石流チーム　主任研究員　山越　隆雄
土砂管理研究グループ火山・土石流チーム　研　究　員　武澤　永純
土砂管理研究グループ地すべりチーム　上席研究員　武士　俊也
土砂管理研究グループ地すべりチーム　総括主任研究員　千田　容嗣
土砂管理研究グループ地すべりチーム　主任研究員　石田　孝司
土砂管理研究グループ地すべりチーム　主任研究員　杉本　宏之
土砂管理研究グループ地すべりチーム　研　究　員　阿部　大志
土砂管理研究グループ地すべりチーム　交流研究員　宇都　忠和
土砂管理研究グループ地すべりチーム　交流研究員　坂野弘太郎
土砂管理研究グループ地すべりチーム　交流研究員　中野　亮
土砂管理研究グループ地すべりチーム　交流研究員　本間　宏樹
土砂管理研究グループ雪崩・地すべり研究センター　上席研究員　野呂　智之
土砂管理研究グループ雪崩・地すべり研究センター　総括主任研究員　丸山　清輝
土砂管理研究グループ雪崩・地すべり研究センター　交流研究員　中村　明
土砂管理研究グループ雪崩・地すべり研究センター　専門研究員　ハスバートル
（現　アジア航測(株)社会基盤システム開発センター　主任技師）

５．津波と海岸施設

国土技術政策総合研究所
河川研究部海岸研究室　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　主任研究官　野口　賢二
河川研究部海岸研究室　主任研究官　山田　浩次
河川研究部海岸研究室　研究官　渡邊　国広
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　笹岡　信吾
（現　国土交通省総合政策局総務課国際建設推進室）

６．河川施設

国土技術政策総合研究所
河川研究部河川研究室　室長　服部　敦
河川研究部河川研究室　主任研究官　福島　雅紀
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
独立行政法人土木研究所
地質・地盤研究グループ土質・振動チーム　上席研究員　佐々木哲也
地質・地盤研究グループ土質・振動チーム　主任研究員　石原　雅規
地質・地盤研究グループ土質・振動チーム　主任研究員　斎藤由紀子

地質・地盤研究グループ土質・振動チーム　研　究　員　谷本　俊輔
地質・地盤研究グループ土質・振動チーム　研　究　員　山木　正彦
地質・地盤研究グループ土質・振動チーム　交流研究員　増山　博之
材料地盤研究グループ土質・振動チーム　　主任研究員　森　　啓年
（現　国土交通省総合政策局国際建設推進室　国際協力官）
材料地盤研究グループ土質・振動チーム　専門研究員　　中島　　進
（現　公益財団法人鉄道総合技術研究所
構造物技術研究部　基礎・土構造　副主任研究員）
材料地盤研究グループ土質・振動チーム　交流研究員　　中田　芳貴
（現　中電技術コンサルタント(株)
河川・環境本部河川部ダム・水工グループ　グループリーダー）

７．ダム

国土技術政策総合研究所
河川研究部水資源研究室　室　　長　三石　真也
河川研究部水資源研究室　主任研究官　山本　陽子
河川研究部水資源研究室　研　究　官　猪股　広典
独立行政法人土木研究所
水工研究グループ水工構造物チーム　上席研究員　　山口　嘉一
水工研究グループ水工構造物チーム　総括主任研究員　金銅　将史
水工研究グループ水工構造物チーム　主任研究員　　佐藤　弘行
水工研究グループ水工構造物チーム　研　究　員　　小堀　俊秀
水工研究グループ水工構造物チーム　研　究　員　　坂本　博紀
水工研究グループ水工構造物チーム　研　究　員　　切無沢　徹
水工研究グループ水工構造物チーム　交流研究員　　小島　裕之

８．下水道施設

国土技術政策総合研究所
下水道研究部下水道研究室　室　長　横田　敏宏
独立行政法人土木研究所
材料地盤研究グループリサイクルチーム　上席研究員　岡本誠一郎

９．道路橋

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　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　中洲　啓太
道路研究部道路構造物管理研究室　主任研究官　関谷　光昭
（現　関東地方整備局相武国道事務所工務課　建設監督官）
道路研究部道路構造物管理研究室　研　究　官　野村　文彦
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　石尾　真理
道路研究部道路構造物管理研究室　研　究　官　横井　芳輝
道路研究部道路構造物管理研究室　交流研究員　小沼恵太郎
（現　パシフィックコンサルタンツ株式会社交通技術本部構造部橋梁保全グループ）
道路研究部道路構造物管理研究室　交流研究員　加藤　浩一
（現　新日本技研株式会社東京支社設計部）
道路研究部道路構造物管理研究室　交流研究員　藤田　知高
（現　株式会社ピーエス三菱技術本部技術部土木技術グループ）
道路研究部道路構造物管理研究室　交流研究員　氏本　　敦
道路研究部道路構造物管理研究室　交流研究員　吉川　　卓
危機管理技術研究センター地震災害研究官　　運上　茂樹
危機管理技術研究センター地震防災研究室　主任研究官　間渕　利明
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
独立行政法人土木研究所
構造物メンテナンス研究センター橋梁構造研究グループ　上席研究員　　中谷　昌一
構造物メンテナンス研究センター橋梁構造研究グループ　上席研究員　　星隈　順一
構造物メンテナンス研究センター橋梁構造研究グループ　上席研究員　　村越　　潤
構造物メンテナンス研究センター橋梁構造研究グループ　上席研究員　　木村　嘉富
構造物メンテナンス研究センター橋梁構造研究グループ　総括主任研究員七澤　利明
構造物メンテナンス研究センター橋梁構造研究グループ　主任研究員　　上仙　　靖
（現　企画部研究企画課　課長）
構造物メンテナンス研究センター橋梁構造研究グループ　主任研究員　　西田　秀明
構造物メンテナンス研究センター橋梁構造研究グループ　主任研究員　　加藤　隆雄
構造物メンテナンス研究センター橋梁構造研究グループ　主任研究員　　田中　良樹
構造物メンテナンス研究センター橋梁構造研究グループ　主任研究員　　花井　　拓
構造物メンテナンス研究センター橋梁構造研究グループ　主任研究員　　遠山　直樹
構造物メンテナンス研究センター橋梁構造研究グループ　主任研究員　　堺　　淳一
構造物メンテナンス研究センター橋梁構造研究グループ　研究員　　張　　広鋒
構造物メンテナンス研究センター橋梁構造研究グループ　研究員　　宮田　弘和
構造物メンテナンス研究センター橋梁構造研究グループ　研究員　　八ツ元　仁
構造物メンテナンス研究センター橋梁構造研究グループ　研究員　　谷本　俊輔
構造物メンテナンス研究センター橋梁構造研究グループ　研究員　　澤田　　守
構造物メンテナンス研究センター橋梁構造研究グループ　研究員　　吉田　英二
構造物メンテナンス研究センター橋梁構造研究グループ　研究員　　河野　哲也
構造物メンテナンス研究センター橋梁構造研究グループ　専門研究員　　崔　　準祜
構造物メンテナンス研究センター橋梁構造研究グループ　交流研究員　　豊島　孝之
構造物メンテナンス研究センター橋梁構造研究グループ　交流研究員　　植田　健介
構造物メンテナンス研究センター橋梁構造研究グループ　交流研究員　　中島　道浩
構造物メンテナンス研究センター橋梁構造研究グループ　交流研究員　　大嶽　敦郎
構造物メンテナンス研究センター橋梁構造研究グループ　交流研究員　　小菅　　匠

構造物メンテナンス研究センター橋梁構造研究グループ　交流研究員　　岡　　智彦
構造物メンテナンス研究センター橋梁構造研究グループ　交流研究員　　有村健太郎
構造物メンテナンス研究センター橋梁構造研究グループ　交流研究員　　谷口　哲憲
構造物メンテナンス研究センター橋梁構造研究グループ　交流研究員　　木村　真也
構造物メンテナンス研究センター橋梁構造研究グループ　交流研究員　　安藤　滋芳
構造物メンテナンス研究センター橋梁構造研究グループ　交流研究員　　坂柳　皓文
構造物メンテナンス研究センター橋梁構造研究グループ　交流研究員　　関　慎一郎
構造物メンテナンス研究センター橋梁構造研究グループ　交流研究員　　高橋　敏樹
構造物メンテナンス研究センター橋梁構造研究グループ　交流研究員　　松沢　政和
材料地盤研究グループ基礎材料チーム　交流研究員　天野　公彦
（現　株式会社日本ピーエス　技術施工部開発課）

10. 道路土工・斜面

独立行政法人土木研究所

地質・地盤研究グループ地質チーム　　上席研究員　　佐々木　靖人
地質・地盤研究グループ地質チーム　　総括主任研究員　浅井　健一
地質・地盤研究グループ地質チーム　　交流研究員　　林　浩幸
地質・地盤研究グループ土質・振動チーム　上席研究員　　佐々木　哲也
地質・地盤研究グループ土質・振動チーム　主任研究員　　加藤　俊二
地質・地盤研究グループ土質・振動チーム　研　究　員　　山木　正彦
地質・地盤研究グループ土質・振動チーム　交流研究員　　塚本　将康
地質・地盤研究グループ施工技術チーム　上席研究員　　小橋　秀俊
地質・地盤研究グループ土質・振動チーム　総括主任研究員　藪　雅行
地質・地盤研究グループ土質・振動チーム　研　究　員　　藤田　智弘

１．地震と地震動

1.1 震源と震度分布

1.1.1 本震

平成 23 年 3 月 11 日 14 時 46 分頃、三陸沖(牡鹿半島の東南東約 130km 付近)を震央(北緯 38 度 06.2 分、東経 142 度 51.6 分)、震源深さを 24km とする、マグニチュード Mw(モーメントマグニチュード)：9.0(いずれも暫定値) [1] の地震が発生した。

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 [2] した。「平成 23 年(2011 年)東北地方太平洋沖地震」の Mw：9.0 は、国内観測史上最大規模となる [1]。

なお、本地震では、気象庁より発表される震源の規模を示すマグニチュードが 3 度に渡って訂正されており、地震発生直後の 11 日 14 時 49 分には速報値として M_J(気象庁マグニチュード)：7.9 が発表されたが、16 時 00 分に暫定値として同じく M_J：8.4、続いて 17 時 30 分に Mw：8.8[3]、地震発生から約 46 時間後の 13 日 12 時 55 分に Mw：9.0[4]が発表されている。

気象庁の発表による震度分布を**図-1.1**[5]に示す。この地震により、宮城県栗原市で震度７を、宮城県、福島県、茨城県、栃木県で震度６強、上記に加え岩手県、群馬県、埼玉県、千葉県で震度６弱が観測されるとともに北海道から中部地方にかけての広い範囲で震度４以上を観測した。

本地震は、太平洋プレートと北アメリカプレートの境界における海溝型地震であり、気象庁によると、西北西－東南東方向に圧力軸を持つ逆断層型の発震機構 [4] であり、岩手県沖から茨城県沖の長さ約 500km、幅約 200km の領域で余震が発生していることから、この領域が本震の震源域に相当する可能性が高い [4] としている。

当該エリアで発生した近年の気象庁が命名した被害地震としては、「1978 年宮城県沖地震」(昭和 53 年 6 月 12 日、震源：宮城県金華山の東方沖約 60km、深さ 40km、M_J：7.4)があり、周辺地域などでは、「平成 6 年(1994 年)三陸はるか沖地震」(平成 6 年 12 月 28 日、震源：青森県八戸市東方沖 180km、深さごく浅い、M_J：7.6)、「平成 20 年(2008 年)岩手・宮城内陸地震」(平成 20 年 6 月 14 日、震源：岩手県内陸南部、深さ 8km、M_J：7.2)などがある。

1.1.2 余震活動

本震および余震の震央の分布を**図-1.2**[6]に示す。また、地震発生後 60 日間に震度 4 以上を観測した地震の発生回数 [7] を**表-1.1** に地震発生からの経過日数と余震の発生回数について近年発生した地震と比較したものを**図-1.3** に示す。

これより、地震発生以降、活発な余震活動が観測されており、近年の海溝型地震と比較しても圧倒的に多い。これは、余震活動が岩手県沖から茨城県沖の長さ約 500km、幅約 200km の広い領域で発生しているためであり、M：7.0 を越える余震も発生している。

6 月 17 日時点での最大余震は、3 月 11 日 15 時 15 分頃(本震発生から約 30 分後)、茨城

県沖深さ 43km を震源とする Mw：7.7 の地震が発生しており、茨城県鉾田市で震度 6 強を観測している。

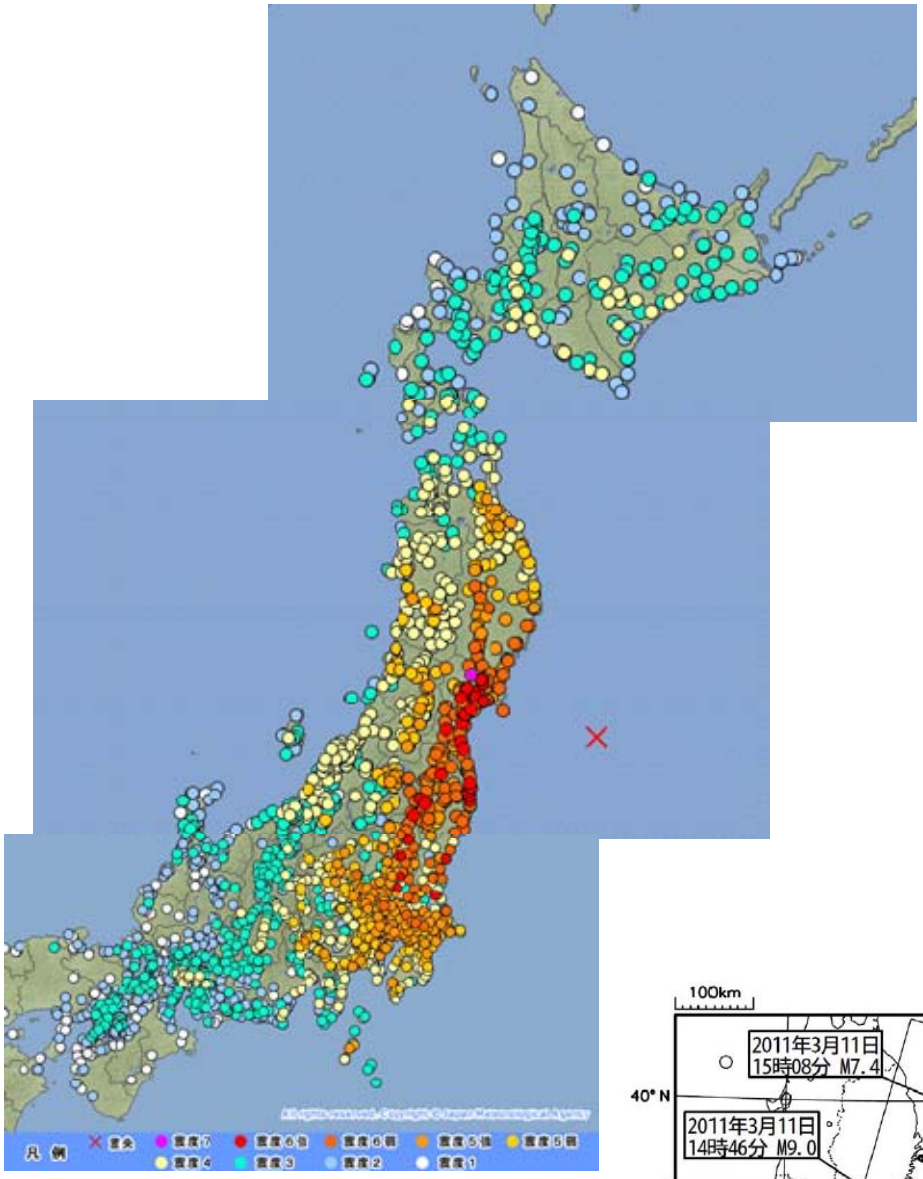


図-1.1 本震の震度分布[5)]

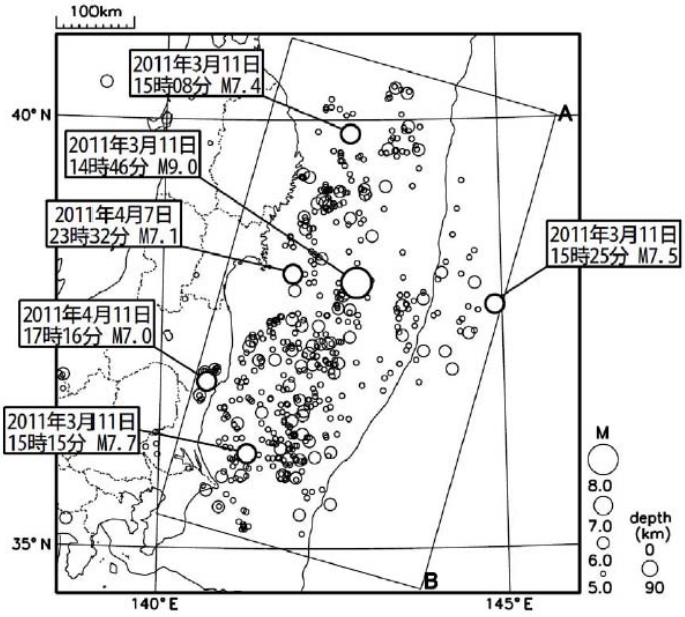


図-1.2[6)] 本震および余震の震央分布
（深さ：90km以浅、M：5.0以上）

表-1.1 地震発生後60日間に震度4以上を観測した地震の発生回数[7)]
（本震発生から5月9日24時00分）

期間	最大震度別回数						震度4以上を観測した回数
	4	5弱	5強	6弱	6強	7	
3月11日	34	7	2	0	1	1	45
3月12日	16	1	0	0	0	0	17
3月13日	2	1	0	0	0	0	3
3月14日	3	1	0	0	0	0	4
3月15日	1	0	0	0	0	0	1
3月16日	3	1	0	0	0	0	4
3月17日	3	0	0	0	0	0	3
3月18日	1	0	0	0	0	0	1
3月19日	2	0	1	0	0	0	3
3月20日	2	0	0	0	0	0	2
3月21日	1	0	0	0	0	0	1
3月22日	4	0	0	0	0	0	4
3月23日	1	1	3	0	0	0	5
3月24日	1	1	0	0	0	0	2
3月25日	1	0	0	0	0	0	1
3月26日	3	0	0	0	0	0	3
3月27日	1	0	0	0	0	0	1
3月28日	0	1	0	0	0	0	1
3月29日	1	0	0	0	0	0	1
3月30日	1	0	0	0	0	0	1
3月31日	0	1	0	0	0	0	1
4月1日	1	0	0	0	0	0	1
4月2日	3	0	0	0	0	0	3
4月3日	2	0	0	0	0	0	2
4月4日	0	0	0	0	0	0	0
4月5日	1	0	0	0	0	0	1
4月6日	2	0	0	0	0	0	2
4月7日	1	0	0	0	1	0	2
4月8日	0	0	0	0	0	0	0
4月9日	0	1	0	0	0	0	1

期間	最大震度別回数						震度4以上を観測した回数
	4	5弱	5強	6弱	6強	7	
4月10日	1	0	0	0	0	0	1
4月11日	7	2	0	1	0	0	10
4月12日	6	1	0	1	0	0	8
4月13日	1	1	0	0	0	0	2
4月14日	2	0	0	0	0	0	2
4月15日	0	0	0	0	0	0	0
4月16日	0	0	0	0	0	0	0
4月17日	1	0	0	0	0	0	1
4月18日	1	0	0	0	0	0	1
4月19日	2	0	0	0	0	0	2
4月20日	0	0	0	0	0	0	0
4月21日	1	1	0	0	0	0	2
4月22日	1	0	0	0	0	0	1
4月23日	1	1	0	0	0	0	2
4月24日	1	0	0	0	0	0	1
4月25日	1	0	0	0	0	0	1
4月26日	0	0	0	0	0	0	0
4月27日	0	0	0	0	0	0	0
4月28日	1	0	0	0	0	0	1
4月29日	1	0	0	0	0	0	1
4月30日	2	0	0	0	0	0	2
5月1日	1	0	0	0	0	0	1
5月2日	0	0	0	0	0	0	0
5月3日	1	0	0	0	0	0	1
5月4日	0	0	0	0	0	0	0
5月5日	0	0	0	0	0	0	0
5月6日	0	1	0	0	0	0	1
5月7日	0	0	0	0	0	0	0
5月8日	1	0	0	0	0	0	1
5月9日	0	0	0	0	0	0	0

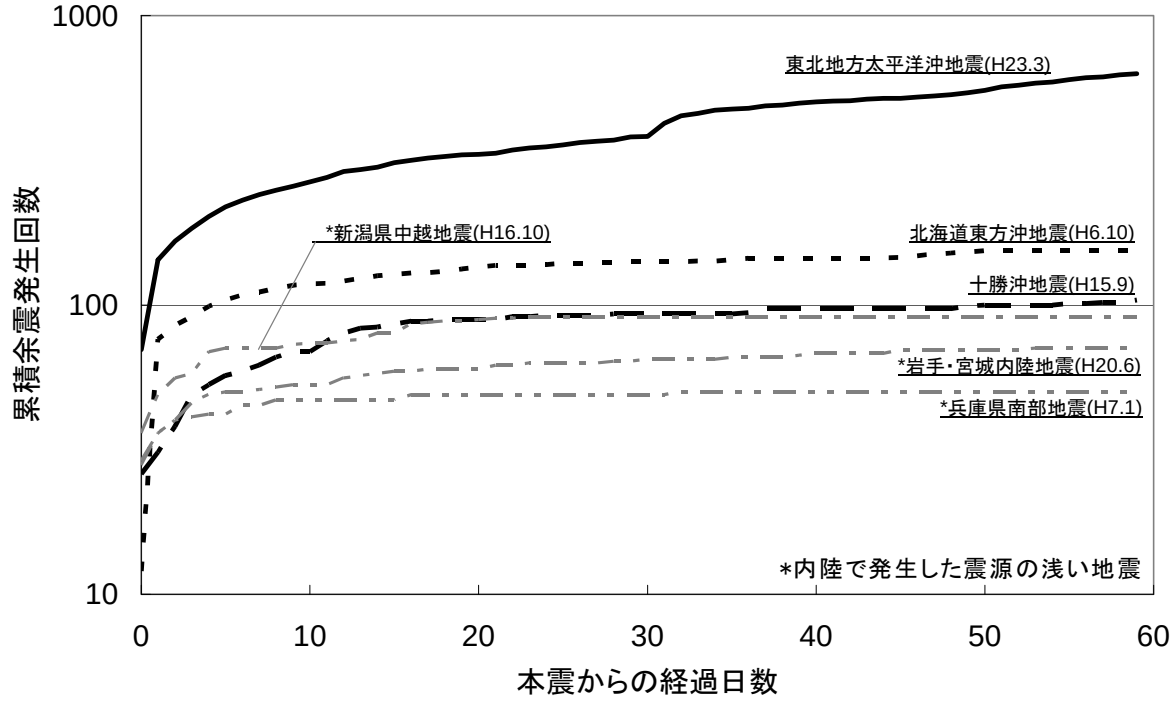


図-1.3 余震発生回数の比較
（本震発生から60日、M:4.0以上 気象庁震度データベース[8)]より作成）

1.1.3 長野県北部を震源とする地震および静岡県東部を震源とする地震

平成 23 年(2011 年)東北地方太平洋沖地震発生翌日(地震発生から約 13 時間後)の 3 月 12 日 03 時 59 分に、長野県北部(北緯 37 度 0.0 分、東経 138 度 36.0 分)、深さ 8km を震源とする M_J：6.7(いずれも暫定値)の地震が発生した [9]。気象庁の発表による震度分布を**図-1.4** [5]に示す。この地震により、長野県栄村で震度６強、新潟県十日町市、津南町で震度６弱を観測したほか、新潟県、長野県、群馬県、埼玉県、茨城県、石川県の各県で震度４以上を観測した。

また、同じく本震発生から 4 日後の 3 月 15 日 22 時 31 分に静岡県東部(北緯 35 度 18.0 分、東経 138 度 42.0 分)、深さ 14km を震源とする M_J：6.4(いずれも暫定値)の地震が発生した [10]。気象庁の発表による震度分布を**図-1.5** [5]に示す。この地震により、静岡県富士宮市で震度６強を観測したほか、静岡県、山梨県、神奈川県、長野県、東京都、千葉県の各県で震度４以上を観測した。

これらの地震と「平成 23 年(2011 年)東北地方太平洋沖地震」との関係については、さまざまな見解が出ており、十分な解明がなされていない。

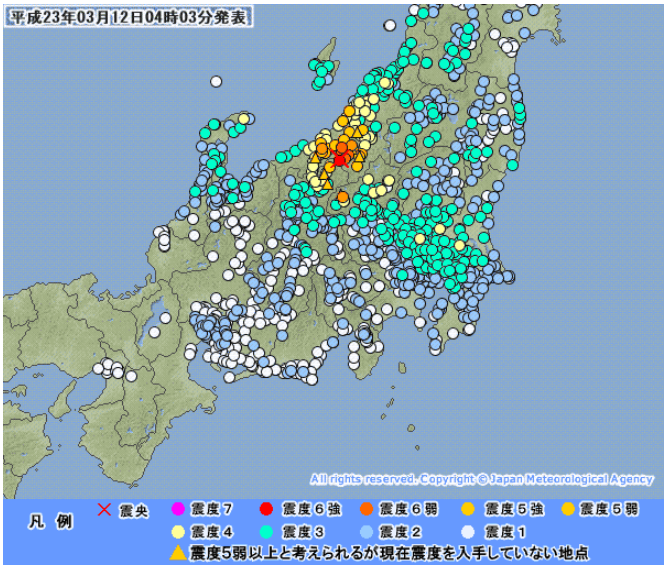


図-1.4 長野県北部を震源とする地震の震度分布[5]

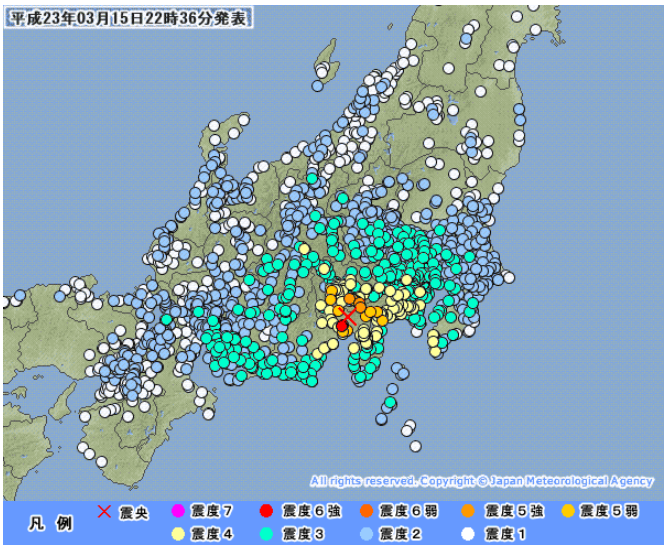


図-1.5 静岡県東部を震源とする地震の震度分布[5]

1.2 国土交通省地震計ネットワーク

国土交通省では、施設の管理を目的として全国約 700 箇所に地震計を設置し、地震発生直後に観測した地震動の代表値を伝送する、地震計ネットワーク(以下：地震計 NW)を整備している。今回の地震においても東北地方整備局を中心に北海道開発局、関東、北陸、中部地方整備局管内の約 400 箇所で地震動を観測した。観測された記録の計測震度相当値、SI 値および最大加速度 (SI 値および最大加速度は水平成分を合成して算出)は国総研ホームページ[11)]にて公開中である。

1.2.1 観測記録と地震動分布

図-1.5 は本地震で得られた地震計 NW の観測記録の SI 値分布を示したものである。SI 値は、一般的な構造物に与える被害と相関が高い指標とされており、地震計 NW で観測された最大 SI 値は、大崎出張所で観測された 105kine(同地点での計測震度相当値：6.1, 最大水平加速度：484gal)であった。この他、気仙沼国道維持出張所：90kine(同：6.2, 607gal)、４号佐久間川橋：90kine(同：6.1, 551gal)、鳴瀬堰観測所：84kine(同：6.0, 659gal)、涌谷出張所 ：84kine(同：5.9, 523gal)、磐城国道事務所：76kine(同：5.8, 292gal)、岩瀬国道出張所：73kine(同：6.0, 903gal)、仙台河川国道事務所：71kine(6.0, 861gal)と 70kine を越える値が宮城県北部から茨城県の広い範囲で観測された。

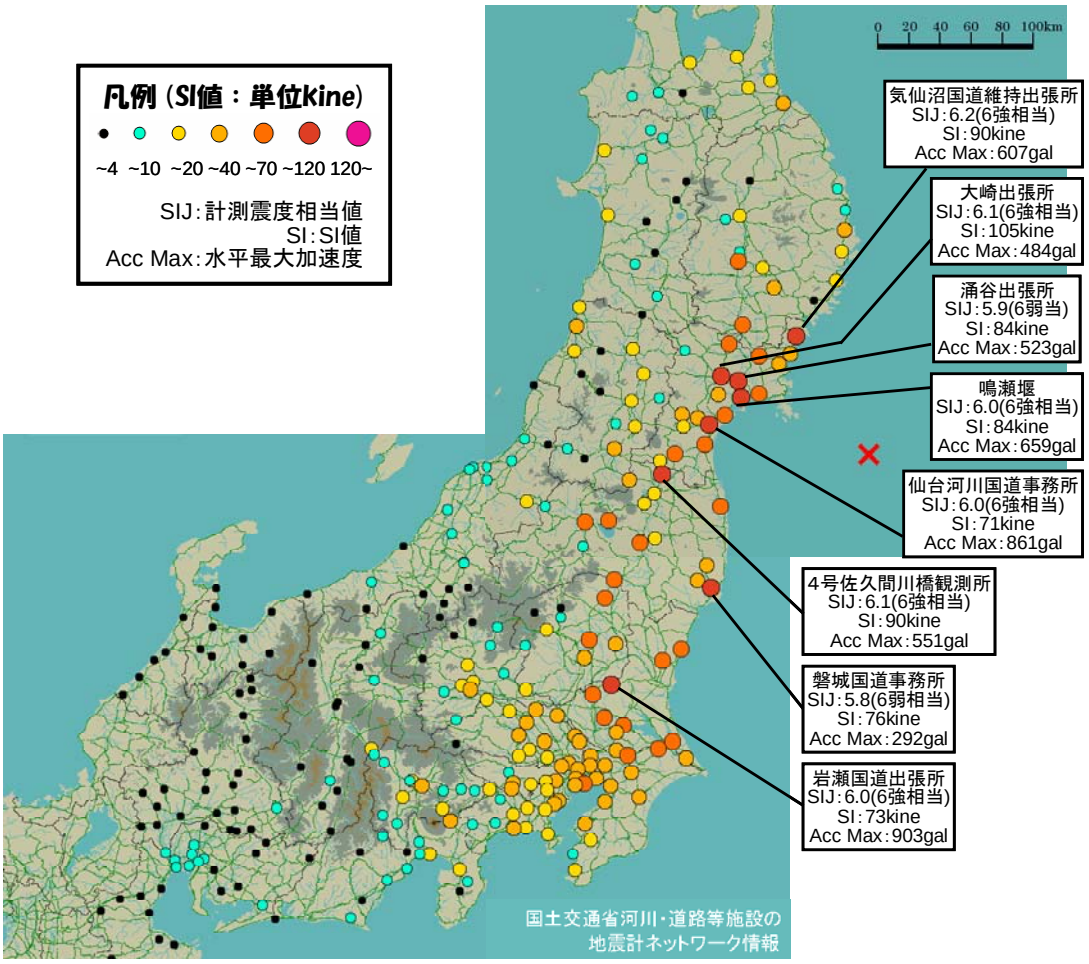


図-1.6 地震計ネットワークで観測された SI 値分布

1.2.2 SI 値の距離減衰特性

図-1.6 は、SI 値の距離減衰特性を示したものである。図中には、既往の強震観測記録の統計解析により導かれた SI 値の距離減衰式 [12]において、マグニチュード 9.0 および 8.0 とした場合の距離減衰曲線と平成 15 年十勝沖地震(2003 年 9 月 26 日：マグニチュード 8.0)による観測値を併せて示している。

これによると、距離減衰特性としては、マグニチュード 8.0 クラスの距離減衰式に近似しており、観測値としてもマグニチュード 8.0 であった十勝沖地震における観測記録に近い傾向であることが判る。これは、後述するように今回の地震による震源域の破壊は、いくつかの破壊が複合して発生している [14]ことが影響していると考えられる。

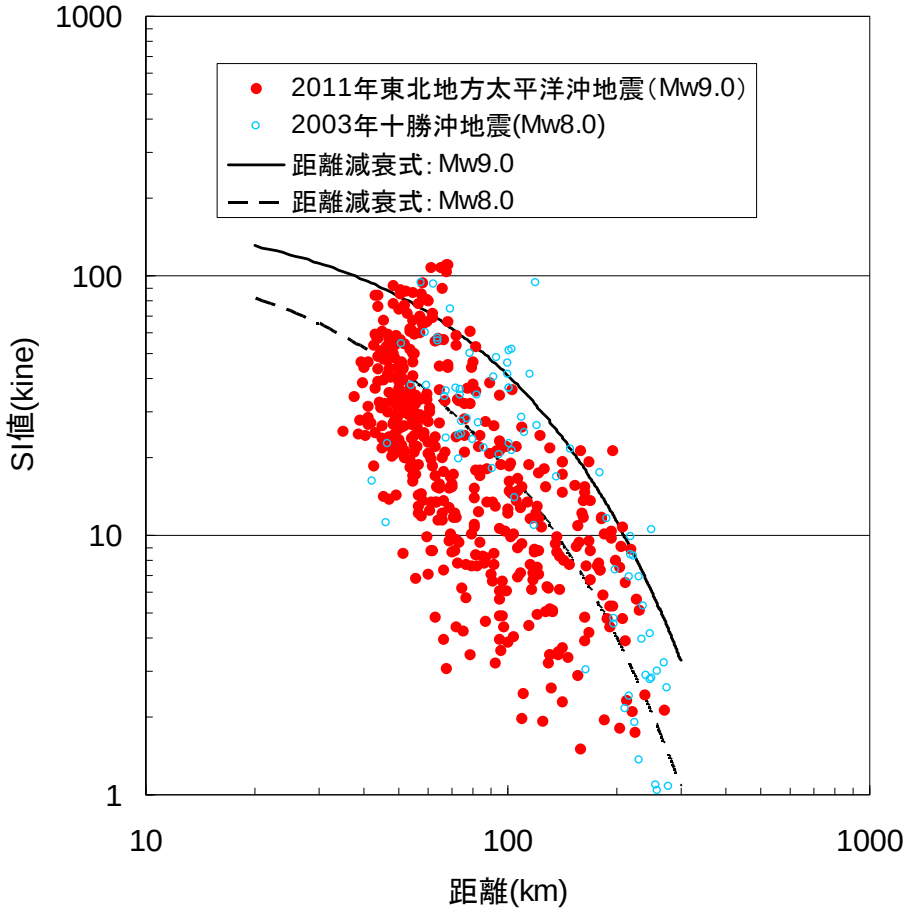


図-1.6　SI値の距離減衰特性

1.2.3 推計地震動分布

図-1.7 は、SI 値の推計地震動分布図である。推計地震動分布とは、観測した地震動指標値をもとに地盤の特性等を考慮して地震動の面的な広がりを推定し、地図上に表示したものである[13]。本推計地震動分布の作成にあたっては、地震計 NW の観測記録に加え防災科学技術研究所 K-NET[14]および気象庁[15]により観測された記録を用いた。本推計地震動分布については、今回の地震の地震動強さと構造物の被害などの関係の検討に資する資料として、国総研 HP で近く公開予定である。

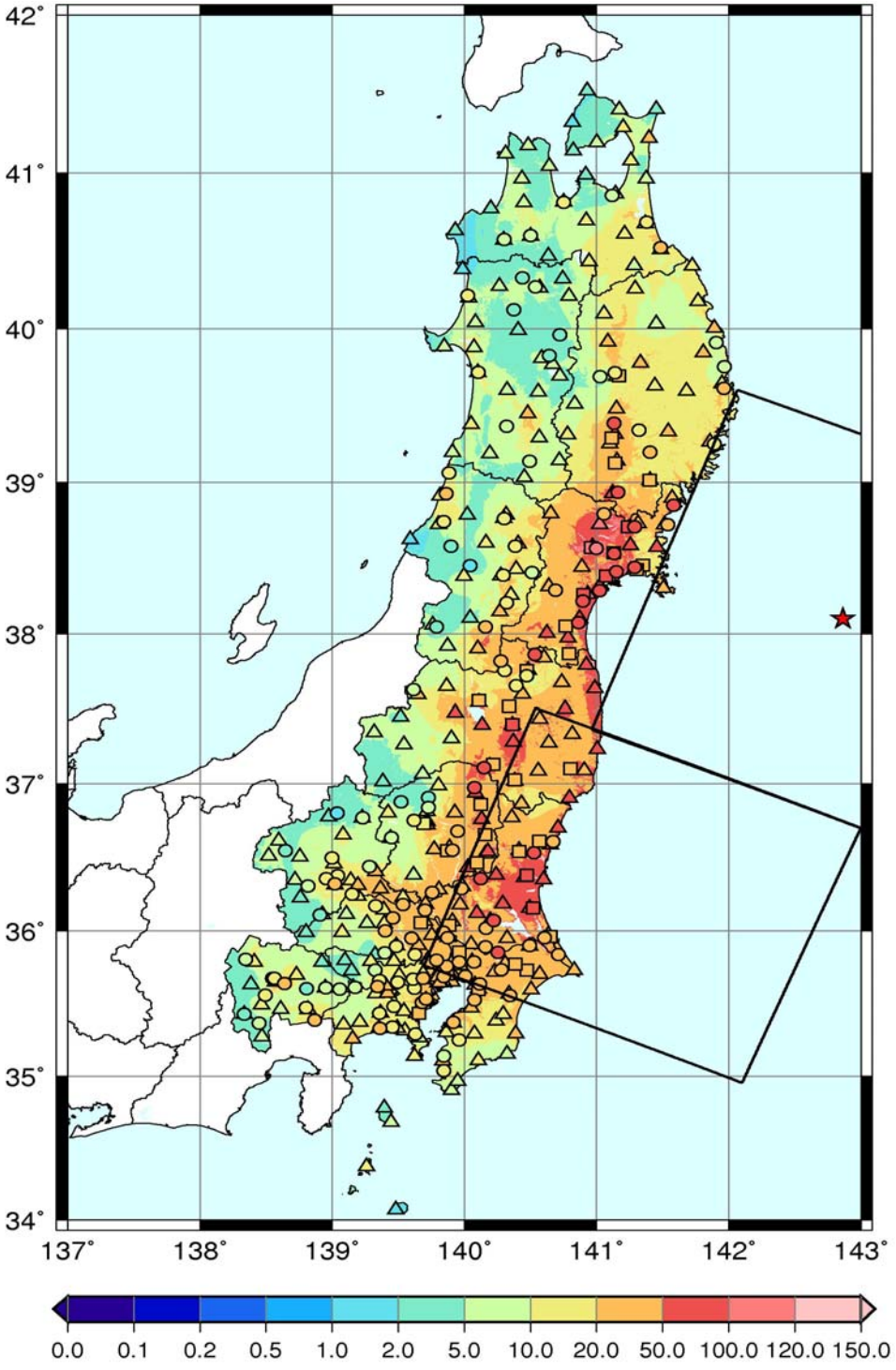


図-1.7　推計地震動(SI値)分布図

2.1.4 加速度応答スペクトルおよび加速度記録波形

図-1.8 は、本震で大崎出張所、気仙沼国道維持出張所および岩瀬国道出張所において観測された、水平成分の加速度時刻歴記録である。

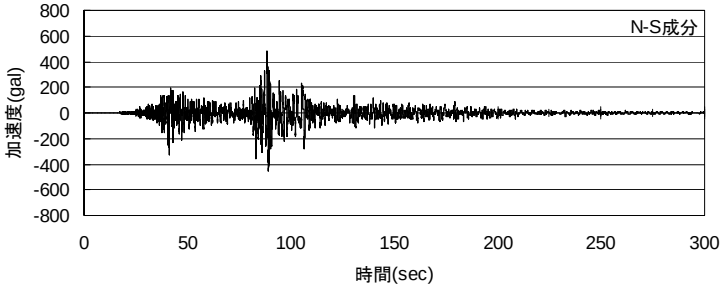
震源近傍の大崎出張所および気仙沼国道維持出張所の記録では、加速度波形に 2 つのフェーズがみられる。気象庁によると、今回の地震における震源域の破壊は、震源付近での 2 つの破壊と茨城県沖での 1 つの破壊が 160 秒程度の時間をかけて発生したと報告[16]されており、加速度時刻歴における 2 つのフェーズは、このうちの震源近傍での 2 つの破壊による地震動によるものと考えられる。

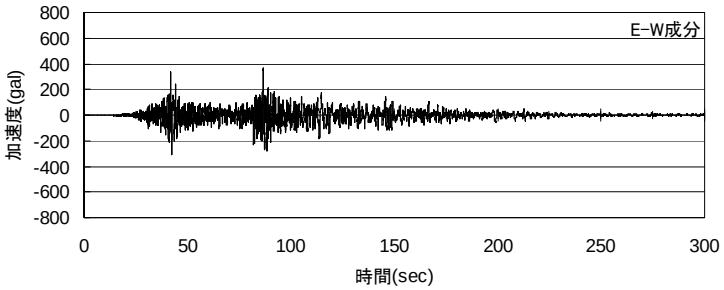
一方、岩瀬国道出張所の観測記録では、複数のフェーズは見られないが、地震動の伝搬を含めた震源域の複雑な破壊過程が関係していると考えられる。

一方、**図-1.9** に震源近傍の 4 箇所の観測点(大崎出張所(OSK), 気仙沼国道維持出張所(KSN), 鳴瀬堰観測所(NRS), 涌谷出張所(WKY))の加速度時刻歴波形より算出した加速度応答スペクトル(h=5%)を示す。比較のため、平成 7 年(1995 年)兵庫県南部地震(M7.3)の神戸海洋気象台および鷹取駅における観測記録(いずれも NS 成分)を示している。

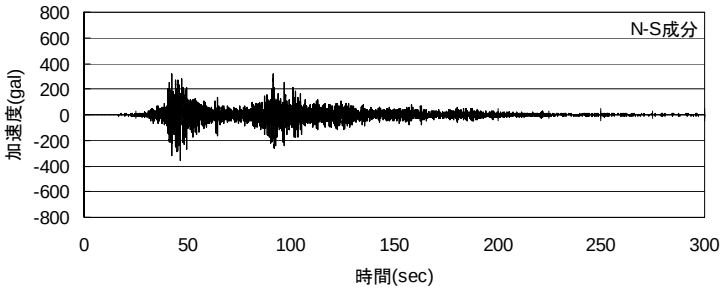
今回の地震では多く記録が観測されており、震源からの距離や地盤条件に応じて、短周期(周期 0.5 秒以下)、中間周期(周期 0.5～1 秒)、やや長い周期(周期 1 秒以上)、それぞれにピークのある記録が観測されている。なお、橋や中低層建築物などの構造物への影響が大きい周期 1～2 秒程度の加速度応答スペクトルに着目すると、兵庫県南部地震の値と比較して同程度あるいは低い値となっている。

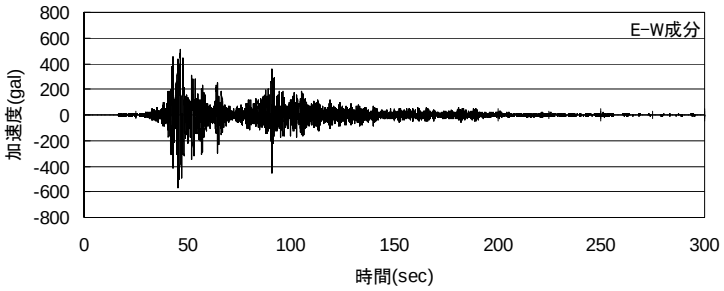
(a)大崎出張所



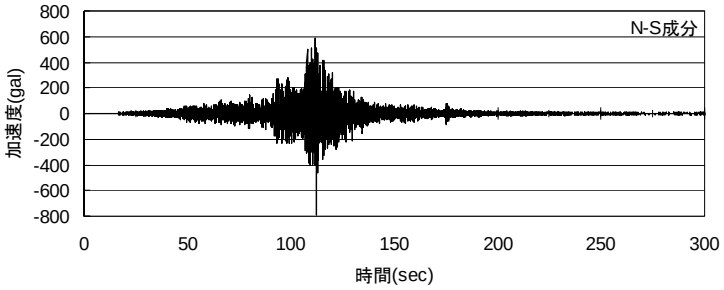


(b)気仙沼国道維持出張所





(c)岩瀬国道出張所



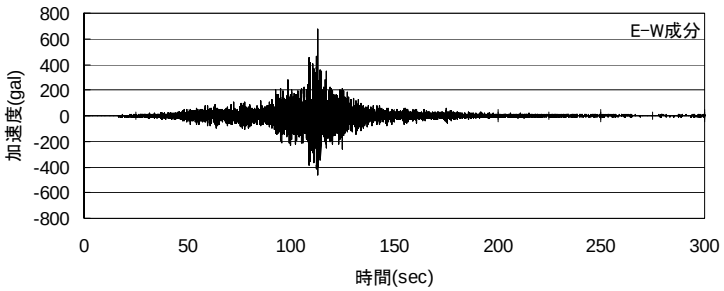


図-1.8　地震計ネットワークで観測された加速度時刻歴記録

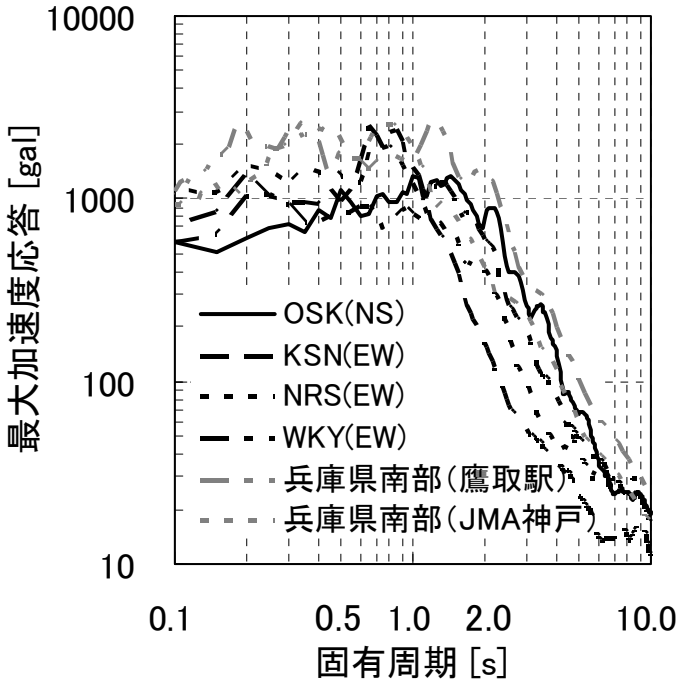


図-1.9　加速度応答スペクトル(h=5%)の比較

参考文献

1) 気象庁：地震･火山月報(防災編)、平成23年3月
http://www.seisvol.kishou.go.jp/eq/gaikyo/monthly201103.pdf
2) 気象庁：「平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震」について(第2報)平成23年3月11日16時20分
3) 気象庁：「平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震」について(第3報)、平成23年3月11日17時30分
4) 気象庁：「平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震」について(第15報)、平成23年3月13日12時55分
5) 気象庁HP：地震情報（各地の震度に関する情報）
http://www.jma.go.jp/jp/quake/、(それぞれ地震発生直後に閲覧)
6) 気象庁：「平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震」について(第47報)、平成23年6月8日10時30分
7) 気象庁地震火山部：平成23年（2011年）東北地方太平洋沖地震「震度４以上の最大震度別地震回数表」、平成23年6月20日
http://www.seisvol.kishou.go.jp/eq/2011_03_11_tohoku/yukankako.pdf
http://www.seisvol.kishou.go.jp/eq/2011_03_11_tohoku/yukan.pdf
8) 気象庁HP：震度データベース検索
http://www.seisvol.kishou.go.jp/eq/shindo_db/shindo_index.html
9) 気象庁：平成23年3月12日03時59分頃の長野県北部の地震について、平成23年3月12日05時00分
10) 気象庁：平成23年3月15日22時31分頃の静岡県東部の地震について、平成23年3月16日00時00分
11) 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
12) 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 (2006)，No. 4，pp.740-757
13)末富岩雄，石田栄介，磯山龍二：空間補間による地震動分布推定の高精度化のための一検討，Proc. 28th JSCE Earthquake Engineering Symposium (2005)，
14) 防災科学技術研究所：強震ネットワークK-NET
http://www.k-net.bosai.go.jp/k-net/
15) 気象庁HP：主な地震の強震観測データ「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/index.html
16) 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)平成23 年3月25日17 時30 分

２．地形・地質

2.1 概　要

今回の本震は太平洋プレートと北米プレートの境界で発生し（**図-2.1**）、余震は図の「余震域分布範囲(A)」のように広い範囲で生じており、3 月 11 日には M7.4 および M7.7 の強い余震が、4 月 7 日には M7.2 の地震も発生している。このほか、余震分布域を外れた日本海溝外側でも 3 月 11 日に M7.5 の地震が発生しているほか、4 月 11 日には福島県浜通りにおいて M7.0 の地表地震断層をともなう地震が起きている（図の「余震域分布範囲(B)」）。なお、これらの地震は気象庁によれば、いずれも広義の余震として扱われている。

主要な被災地域は東北地方東部から関東地方にかけての海岸、平野、盆地、丘陵、山地の様々な地形要素を含む南北約 800km、東西 100km におよんでいる（**図-2.2**）。これらの地域の地質は、中生代の花崗岩類、古生代から中生代の古期堆積岩類と変成岩類、新第三紀の火山岩類と堆積岩類、第四紀の河川堆積物などからなり（**図-2.3**）、さまざまな地形と地質の組み合わせからなる。

震度 7 から震度 6 強を観測した栗原市（宮城県）や白河市（福島）などでは災害が集中したが、地震のゆれは大局的に見るとより軟質な若い地質要素を基盤とする地域で大きく、比較的硬質な古期岩体上では小さかった。

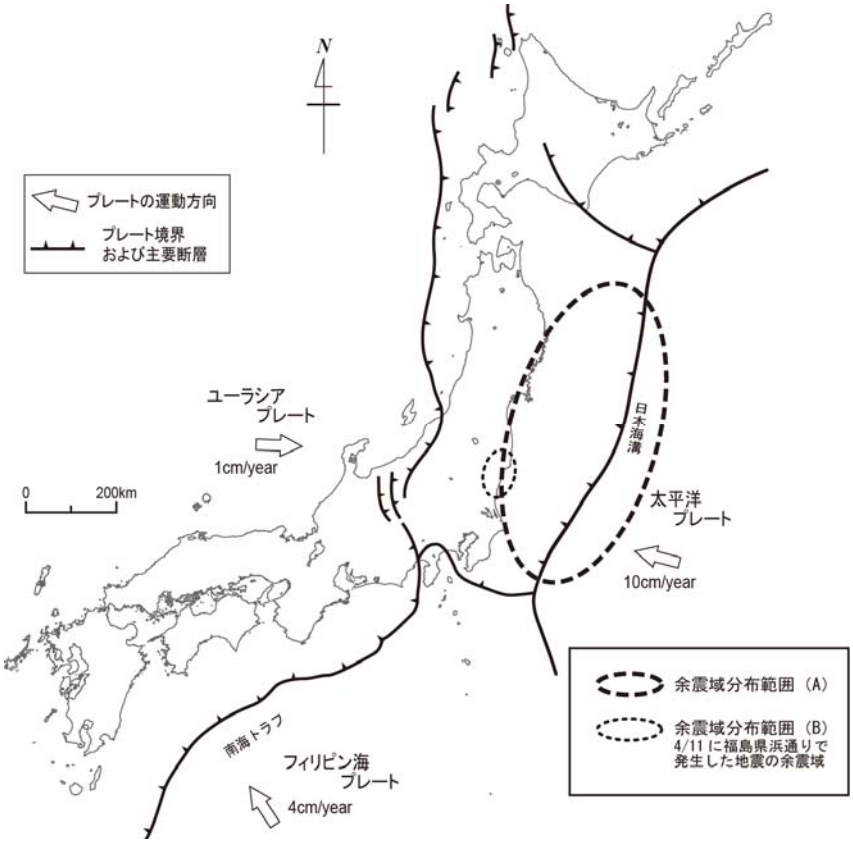


図-2.1　日本周辺のプレート

プレート運動、プレート境界および主要断層については平(2002)[1)] を元に簡略化。

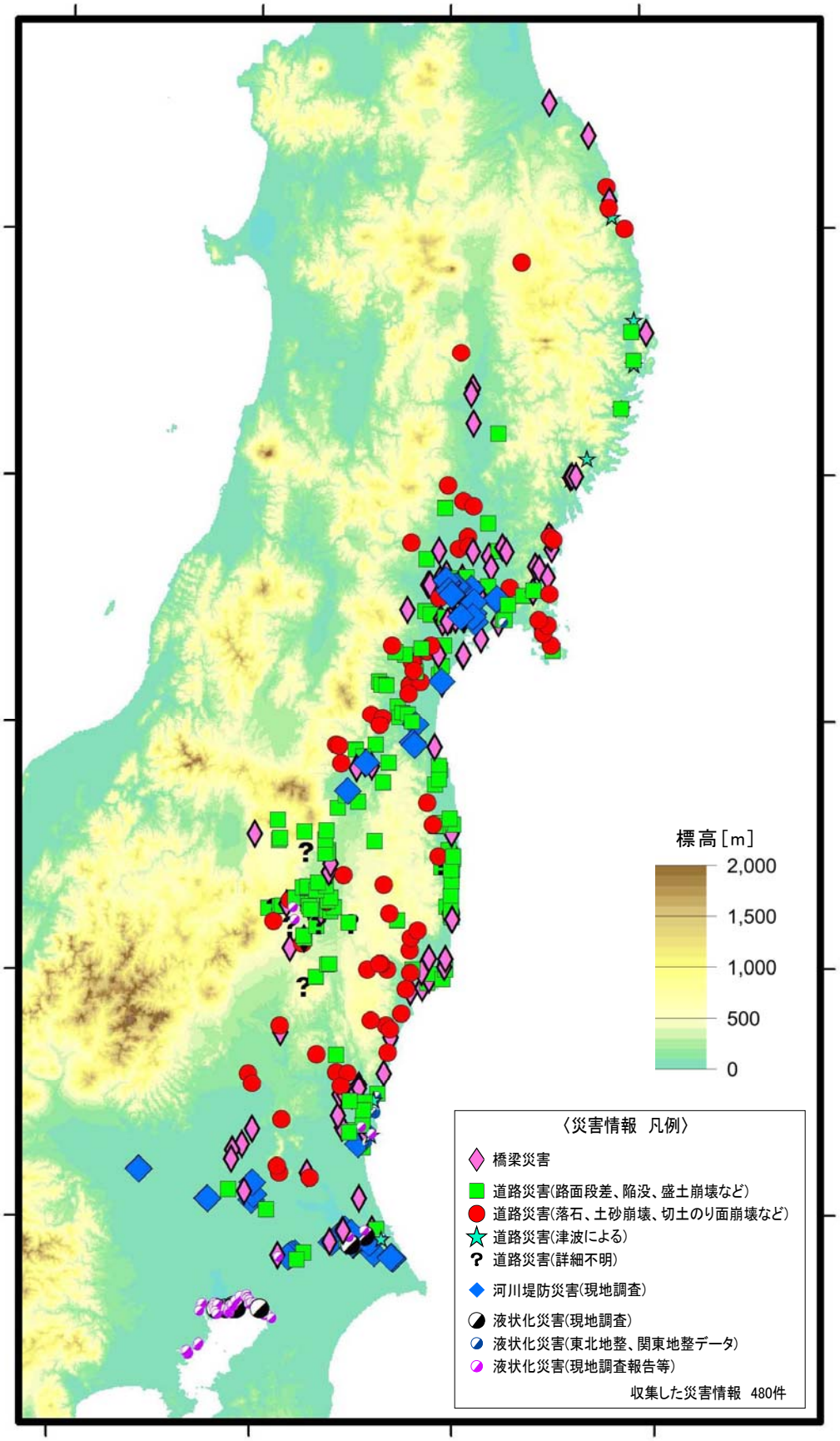


図-2.2　被害分布[2)3)4)5)]と地形[6)]の関係

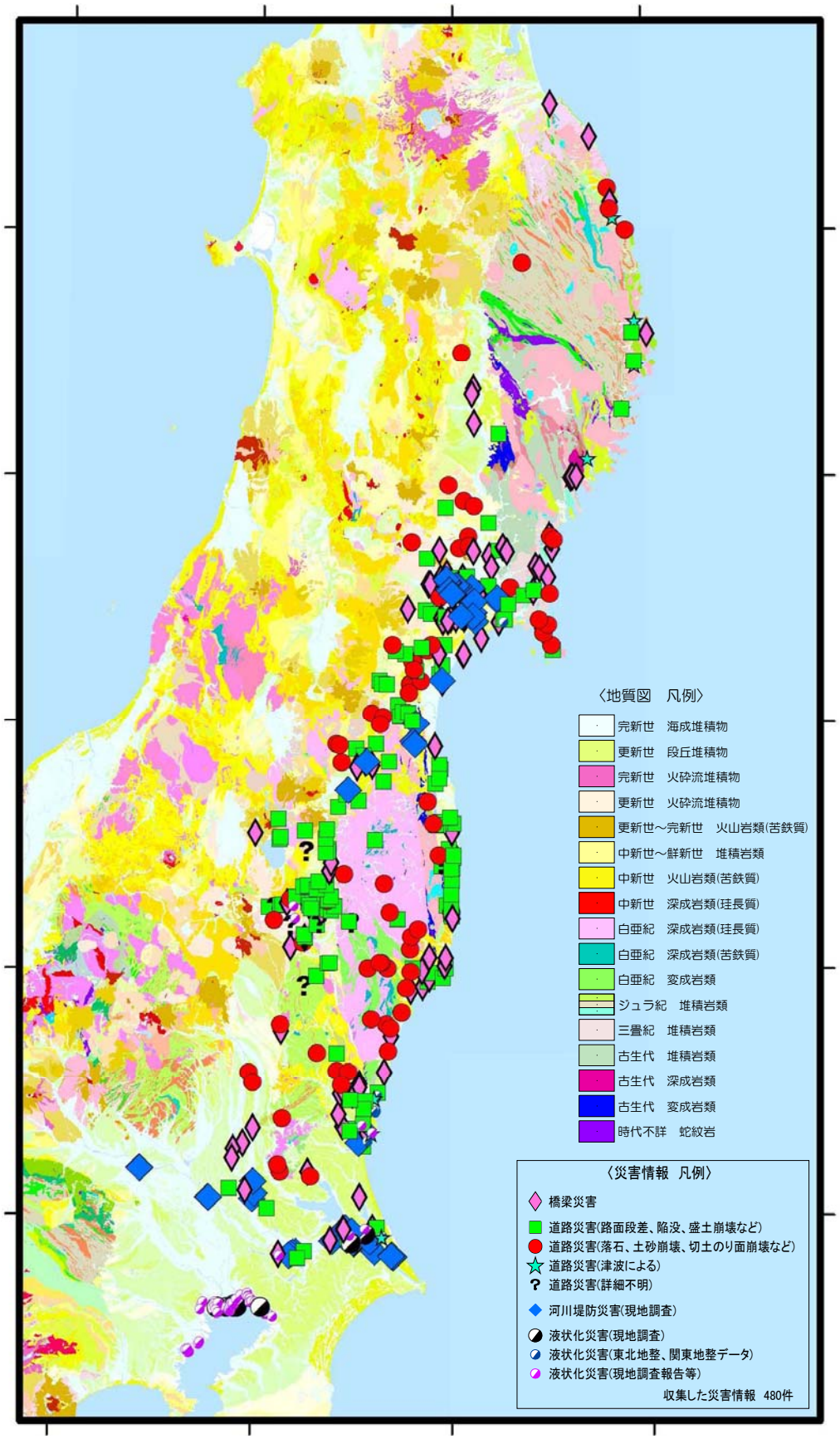


図-2.3　被害分布[2)3)4)5)]と地質[7)]の関係

(基図に、20万分の1日本シームレス地質図DVD版(数値地質図G-16)[7)] を使用。
産総研承認番号:第60635500-A-20110728-002号)

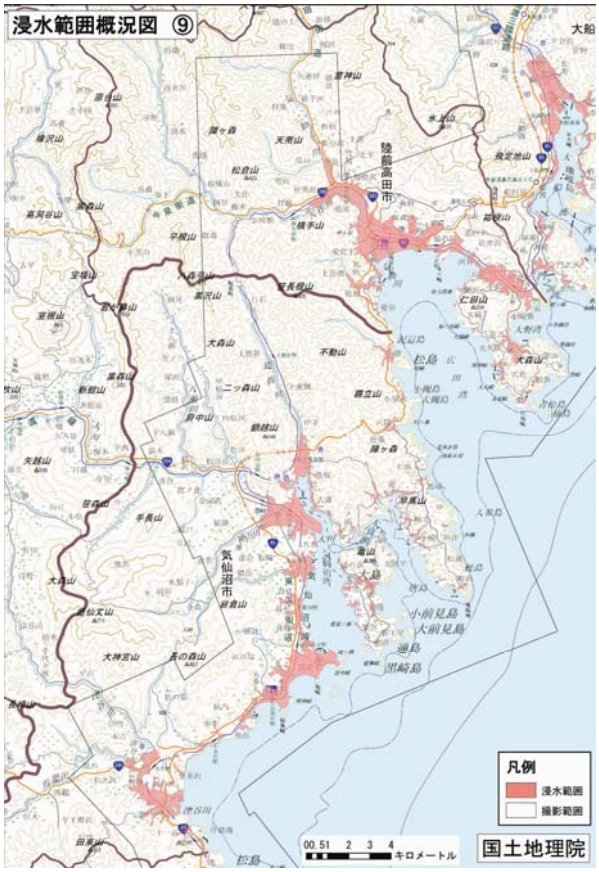


図-2.4(a) 三陸海岸北部の津波被害[9)]

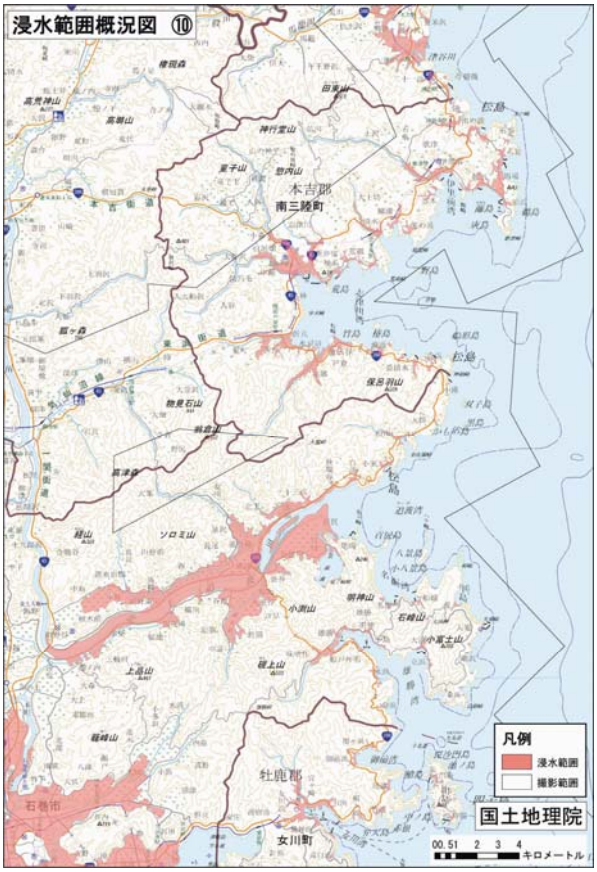


図-2.4(b) 三陸海岸北部の津波被害[11)]

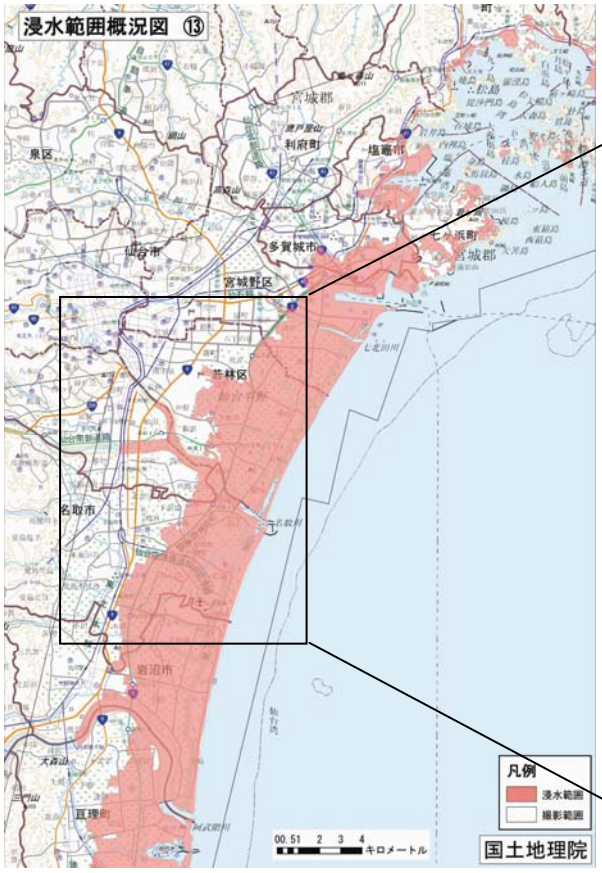


図-2.4(c) 仙台平野の津波被害[10)]

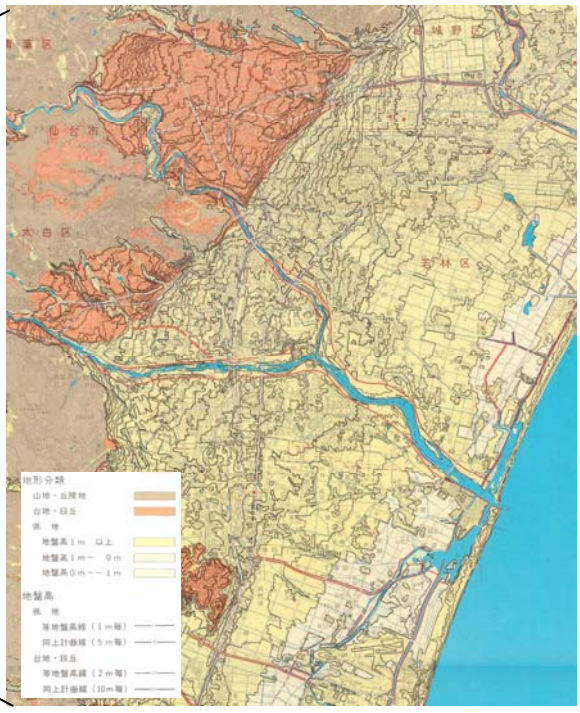


図-2.4(d) 仙台平野の地形[12)]

リアス式の海岸地形によって波高が増幅された三陸海岸および海岸平野が広がる仙台平野において津波の被害が顕著であった。

河川堤防や埋め立て地などでは液状化や側方流動などの地盤災害が顕著であり、これらの災害は軟弱な盛り土に起因するタイプと基礎地盤に起因するタイプがある。特に大きな被害が生じているのは旧河道や埋め立て・干拓などであった。

斜面災害は 2008 年岩手・宮城内陸地震に比べると少ないが、福島県内の国道 4 号で生じた谷埋め盛り土の崩壊、宮城県内の国道 45 号において生じたゆるみ岩盤上の岩盤崩壊など、不安定な斜面や地すべり地形と思われる箇所において大きな崩壊が生じている。

また、4 月 11 日に福島県で発生した M7.0 の余震に伴って、既往文献によって指摘されていた井戸沢断層と湯ノ岳断層の２つ断層に沿って地表地震断層が出現し、これらの断層に沿って表層崩壊や大規模崩壊が生じている。

2.2 被害と地形の関係

(1) 津波被害と地形

リアス式海岸地形により、場所によっては津波が３倍程度増幅されたと考えられ[8]、陸前高田では内陸に7km、標高9～10m付近まで遡上、旧河北町付近では内陸に13km、標高５m付近まで遡上したことが確認されている（**図-2.4**(a)(b)(c)）。

仙台平野では標高3m以下の低平地が約5km内陸まで続く（**図-2.4**(d)）ため、このような低地で広域に被災したと考えられる。

(2) 液状化と地形

利根川、阿武隈川など大きな河川周辺の旧河道沿いや、海岸沿いの埋立地で液状化被害が多い。



図-2.5 河川堤防の亀裂（小貝川）

(3) 斜面災害と地形

今回の地震（本震）では、全体に斜面災害は少ないが、大規模なものとしては、岩盤クリープ地形での岩盤崩壊（**図-2.6**；国道４５号石巻北部）などがある。

また、4月11日に福島県いわき市で発生した余震に伴って井戸沢断層と湯ノ岳断層の２断層に沿って地表地震断層が出現したが、これに伴って多くの崩壊が発生している。

このうち大規模岩盤地すべりのうち一部（たとえばいわき市才鉢の地すべり）は、もともと地すべり地形であった箇所の末端部の地すべりであった。このように、比較的大規模な土砂災害については、もともと不安定な地形を呈する箇所に発生している傾向がある。なお、いわき市の余震ではこのほか、河岸段丘の段丘崖や河川の攻撃斜面などで多くの表層崩壊や落石が発生している。

いっぽう、盛土斜面については、都市周辺の丘陵での谷埋め盛土の斜面災害や段差等の変状が多い。たとえば国道４号沿いの福島市伏拝地区では、丘陵部の古い谷埋め盛土で盛土斜面崩壊が発生している（**図-2.7**）。

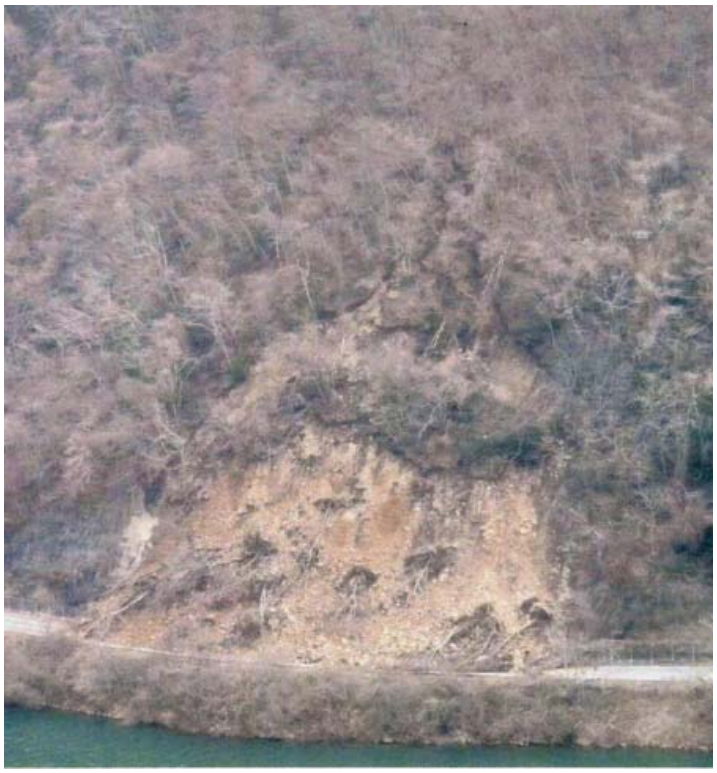


図-2.6 岩盤崩壊による国道の被災
（国道４５号石巻北方、写真は東北地方整備局提供）



図-2.7 住宅地の谷埋め盛土の崩壊（国道４号沿い、福島市伏拝）

2.3 被害と地質の関係

2.3.1 地震動と地質の関係

震度7から震度6強を観測した栗原市（宮城県）や白河市（福島）などでは災害が集中したが、地震のゆれは大局的に見るとより軟質な若い地質要素を基盤とする地域で大きく、比較的硬質な古期岩体上では小さかった（**図-2.8**）。

2.3.2 被害と地質の関係

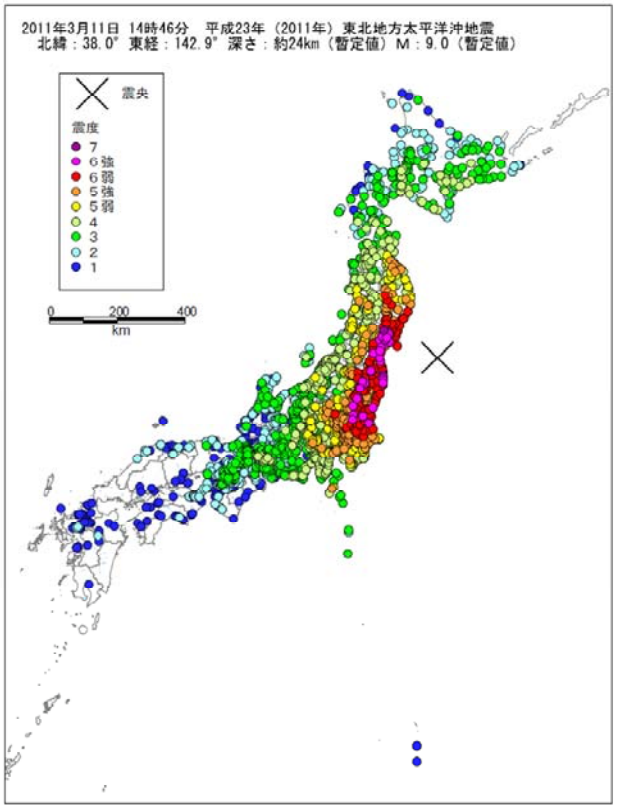
被害は太平洋岸の海岸地域および東京湾岸のほか、内陸の盆地、新第三系の基盤上の沖積低地など広範な地域でみられる（栗原、一関、花巻、白河、仙台平野、関東平野東部）（**図-2.8**）。

斜面災害としては、比較的軟質な白河火砕流堆積物を基盤とする白河盆地で多くの被害が発生しているほか、4月11日に福島県で発生した余震に伴い発生した堆積軟岩中の大規模岩盤地すべり（いわき市上釜戸地区）の地すべり面は、テクトニックにやや破砕が進んだ凝灰岩等の薄層を用いて滑りが発生しているようである。このように、堆積軟岩中の凝灰岩等の薄い層を用いた滑りは、中越地震や岩手・宮城内陸地震（祭畤（まつるべ）大橋）等に見られた崩壊形態と同様のものである。このように、比較的大規模な土砂災害については、火砕岩や凝灰岩の薄層などの特徴的な地質に起因して発生している傾向がある。

また、平野部では旧河道沿いや東京湾岸の埋め立て地などで多くの液状化が発生した（**図-2.9**、**図-2.10**）。これも特定の地質状況に起因するものと考えられる。

(1) 東北地方北部

被害は太平洋岸の海岸地域のほか、内陸の盆地、新第三系の基盤上の沖積低地など広範な地域でみられる（栗原、一関、花巻、仙台平野）。



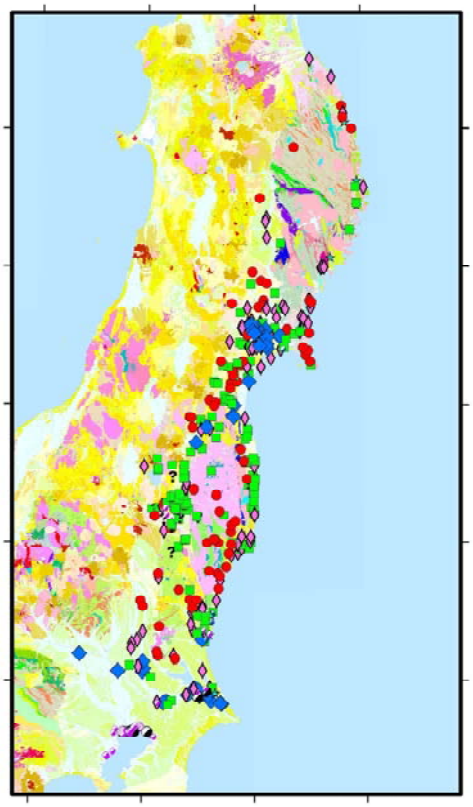


図-2.8 震度階分布[13]と被害分布（再掲、凡例は**図-2.3**に同じ）
（右図の基図に、20万分の1日本シームレス地質図DVD版(数値地質図G-16)[7]を使用。
産総研承認番号:第60635500-A-20110728-002号）



図-2.9 マンホールの浮き上がり
（千葉県浦安市）



図-2.10 側方流動
（千葉県浦安市）

(2) 東北地方南部

海岸線のほか、岩石としては比較的軟質な白河火砕流堆積物を基盤とする白河盆地では、多くの被害が発生している。

(3) 関東地方

太平洋側のほか、関東平野の内陸部(利根川や小貝川などの旧河道沿いなど)や東京湾の埋立地などで液状化等の被害が多い（**図-2.9**、**図-2.10**）。現時点で広域的な被害状況を把握していないため明確な比較はできないが、1923年の関東地震と比較すると、埋め立て地の拡大などによる液状化の被害が顕著と考えられる（**図-2.11**）。

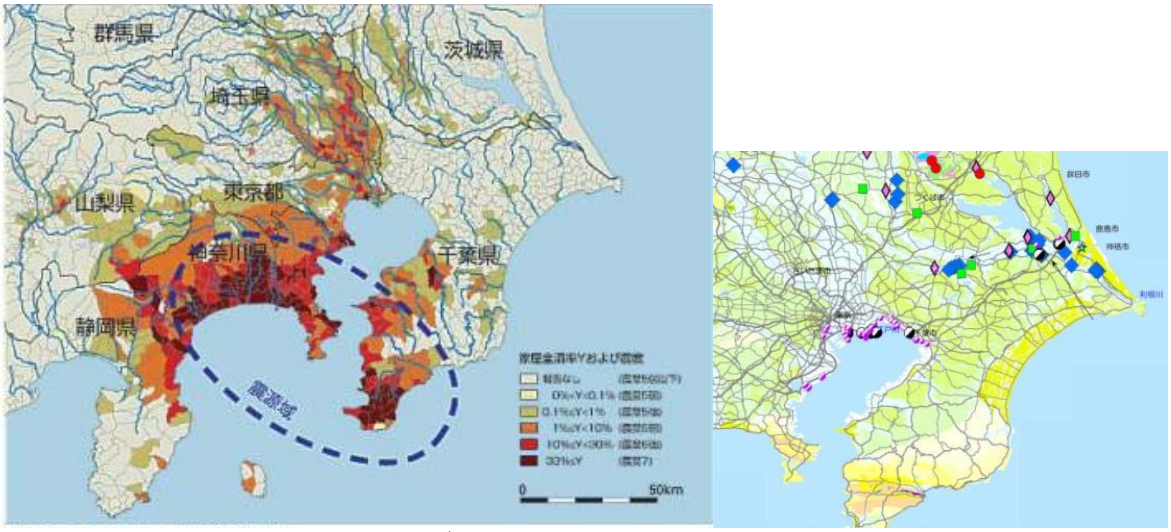


図-2.11 関東地震[14]による家屋全壊率と今回の地震の被害状況（再掲、凡例は**図-2.3**に同じ）の比較
（右図の基図に、20万分の1日本シームレス地質図DVD版(数値地質図G-16)[7]を使用。
産総研承認番号:第60635500-A-20110728-002号）

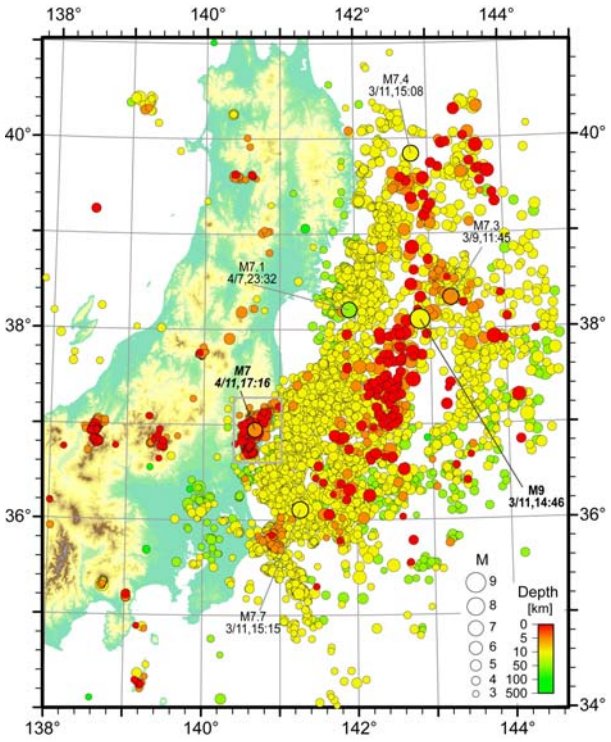
2.4 平成23年4月11日に福島県浜通りで発生した地震による地表地震断層

2.4.1 地震と地表地震断層調査の概要

平成23年3月11日の本震から１ヶ月経過した平成23年4月11日17時16分頃に福島県浜通りを震源とするM_j=7.0（気象庁発表暫定値）の地震が発生した（**図-2.12**）。発震機構は東北東－西南西方向に張力軸を持つ正断層型で、震源の深さは約6km、最大震度は6弱（福島県中島村、古殿町、いわき市、茨城県鉾田市）であった[15]。

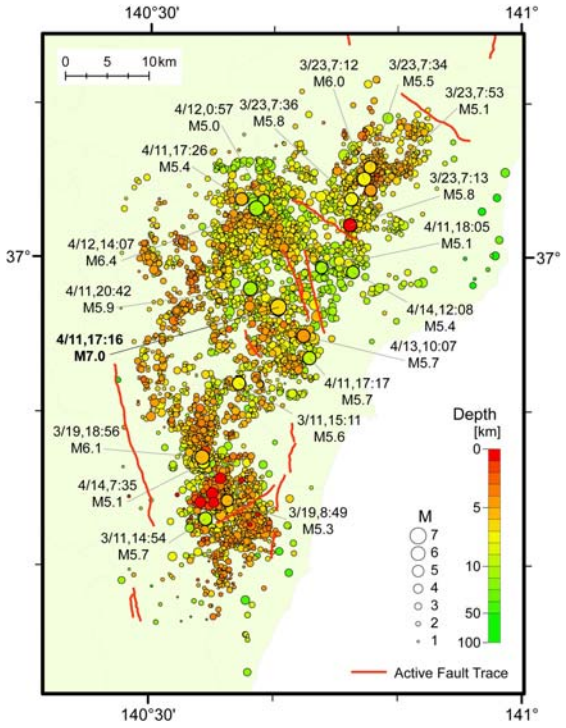
この地震の震源域近傍には従来より活断層の疑いがある、西北西－東南東方向の走向を持つ複数の正断層（二ッ箭断層、赤井断層、湯ノ岳断層）が知られていたものの、これらの断層が活断層かどうかは確定されていなかった[16)、17]。また、井戸沢断層については西落ちの正断層であり、断層が第四紀層を切断することが確認されていた[18]。

この地震の後、現地調査の結果、井戸沢断層周辺および湯ノ岳断層周辺にそれぞれ延長11.0km以上および15.5kmの地表地震断層が生じたことを確認した。



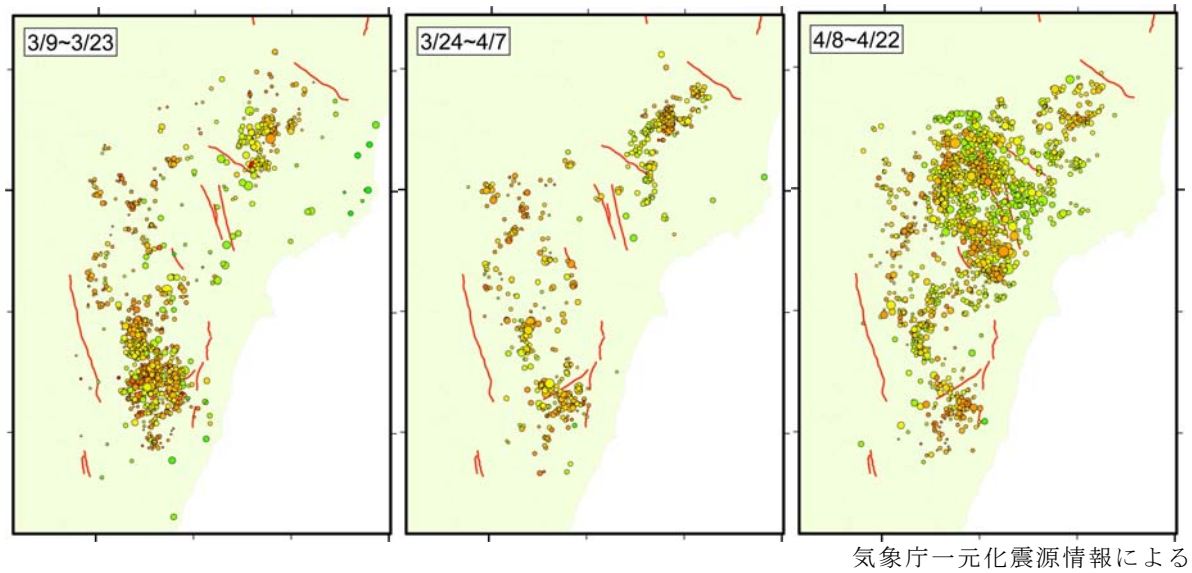
気象庁一元化震源情報による

図-2.12 余震活動の分布
（3/1～4/30）



気象庁一元化震源情報による

図-2.13 福島県浜通り周辺の地震活動とリニアメントの分布
（3/1～4/30）



気象庁一元化震源情報による

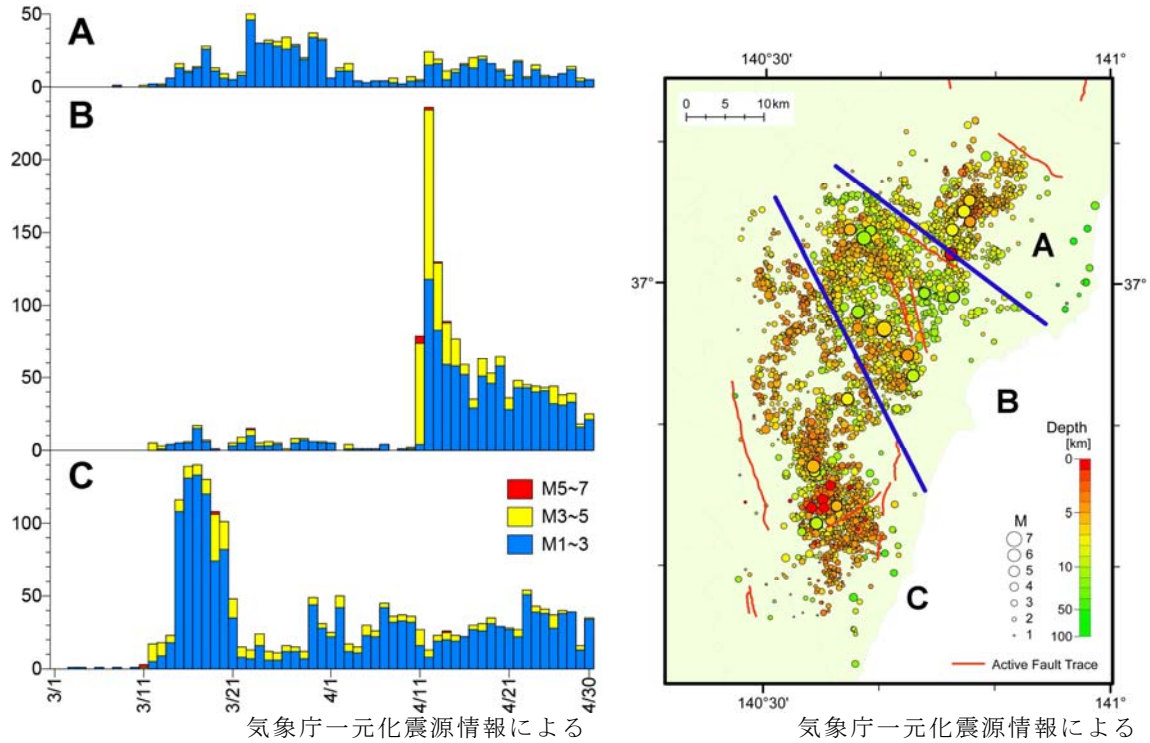
図-2.14 福島県浜通りの地震活動（3/1～4/30）
余震分布の時空間変化

2.4.2 地震と地表地震断層との位置関係

この地震の震源域近傍の余震分布と、既存資料による活断層の疑いがあるリニアメント[19]との位置関係を**図-2.13**、余震分布の時空間変化を**図-2.14**、さらにこれらの余震域を３つに区分し、それぞれの日当たり余震発生回数を**図-2.15**に示す。なお、これらの地震活動のデータは気象庁一元化震源データを用いた。これによると、3月11日の本震以後、まずCの領域で余震が多発し、その後Aの領域で余震が発生し始めるものの、4月11日の大

きな地震が発生するまで、湯ノ岳断層および井戸沢断層に平行な線で区切られたBの領域が地震の空白域を形成していたことが分かる。これらのことから、両断層周辺にアスペリティーが形成されており、4月11日の地震によってそれらが解放されたと見ることができる。

4月11日の地震の震源は、井戸沢断層の西側に存在する。断層面の傾斜を考慮すると、この地震は井戸沢断層に対応しているように見え、湯ノ岳断層からはかなりの距離がある。震源情報によると湯ノ岳断層近傍で大きな地震は発生していないが、地震発生後の聞き取り調査によると、両断層近傍の地表地震断層の発生時刻はいずれも4月11日17時16分頃と見られる。湯ノ岳断層近傍で大きな地震が発生していないにもかかわらず地表地震断層が発生した原因については今のところ不明である。



気象庁一元化震源情報による　　気象庁一元化震源情報による

図-2.15 福島県浜通りの地震活動（3/1～4/30）
エリアごとの日あたり地震発生回数

2.4.3 既存文献による断層の記載

(1) 湯ノ岳断層周辺

1) 活断層としての記載

湯ノ岳断層周辺の活断層としての記載について、**表-2.1** にまとめた。

a) 「新編日本の活断層」[16)]

「湯ノ岳断層」として記載されている。今回の地震による地表変位の位置は、本断層にほぼ並行するものの、数 100m 山側の傾斜変換線部付近を通過している。

b) 「活断層詳細デジタルマップ」[19)]

断層名のない、推定活断層として記載されている。本断層の東側 1.5km は、今回の地

震による地表変位の位置とほぼ一致している。西側 7.5km は本断層にほぼ並行するものの、200～800m 山側の傾斜変換線部付近を通過している。さらに、本断層の南東延長部にも地表変位が認められた。

c) 原子力安全・保安院(2010)[18]

「湯ノ岳断層」として記載されている。今回の地震による地表変位の位置は、部分的にほぼ並行する２条のリニアメントのうち北側（山側）のリニアメントにほぼ一致している。

表-2.1 湯ノ岳断層周辺の活断層の記載

文献名	断層名	延長(確実度)	走向・傾斜	変位方向・量（変位基準）	その他
新編日本の活断層[16]	湯ノ岳断層	約6km (確実度Ⅱ*1) 約7km (確実度Ⅱ+Ⅲ*2)	*断層崖走向 NW *N30～50W,70～80S の断層露頭[21] *N60～90W,60S の正断層露頭[22]	*北上がり300m (小起伏面) *北上がり250m (石城層/花崗岩)[22] *右横ずれ>7km[21]	活動度：B*5
活断層詳細デジタルマップ[19]	（無名称）	約9km (推定活断層)	走向WNW-ESE	NNE上がり	
原子力安全保安院(2010)[18]	湯ノ岳断層	約9.5km (ﾘﾆｱﾒﾝﾄﾗﾝｸLc*3) 約13.5km (ﾘﾆｱﾒﾝﾄﾗﾝｸ Lc+Ld*4)			少なくとも後期更新世以降における活動はないものと判断。

*1) 確実度Ⅱ：活断層であると推定されるもの。すなわち、位置・変位のむきも推定できるが、確実度Ⅰと判定できる決定的な資料に欠けるもの。[16]

*2) 確実度Ⅲ：活断層の可能性があるが、変位のむきが不明であったり、他の原因、たとえば川や海の浸食による崖、あるいは断層に沿う浸食作用によってリニアメントが形成された疑いが残るもの。[16]

*3) リニアメントランク Lc：変位地形と認定できる地形要素が認められるが、リニアメントの両側の基準地形が同一であるか否かの認定に不確実さがあり、その他の成因によるものである可能性があるもの、あるいは、比較的大きな不連続が認められるものの、新しい地形面での変位が不明瞭なもの。[20]

*4) リニアメントランク Ld：基準地形が古く、リニアメントをなす地形にやや開析が進んでいるもの、あるいは、新しい基準地形面上に認められるものの、延長が短いか、その比高や屈曲量が小さいため、変位地形かその他の成因によるものか識別が困難なもの。[20]

*5) 活動度 B：平均変位速度が 0.1m/1000 年以上 1m/1000 年未満のもの。[16]

2) 地質断層としての記載

湯ノ岳断層周辺の地質断層としての記載について、**表-2.2** にまとめた。

a) 1/5 万地質図「平」[21] および 1/5 万地質図「竹貫（たかぬき）」[23]

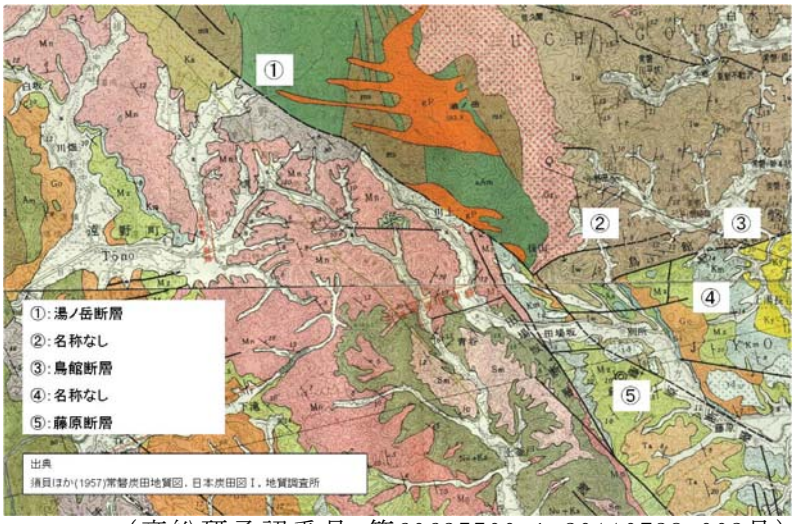
今回の地震による地表変位の位置近傍には、「湯ノ岳断層」（延長約 16.5km）として記載がある。本断層の東側 12km（「竹貫」図幅[23] 内の東側 5.5km 区間および「平」図幅内の全区間）およびいわき湯本 IC 付近の東北東－西南西走向の断層（延長 2km）のうち西側 1.5km は、今回の地震による地表変位の位置とほぼ一致している。

b) 「常磐炭田地質図」[24]

今回の地震による地表変位の位置近傍には、「湯ノ岳断層」（延長約 14km）とその南東延長にあたる「藤原断層」（延長約 4km）、およびいくつかの無名称の断層が記載されている（**図-2.16**）。湯ノ岳断層のうち東側 12km 区間、藤原断層のうち 2.2km 区間および**図-2.16** の②断層（延長約 2km；「平」図幅[21]のいわき湯本 IC 付近の断層と一致）のうちの西側約 1.5km については、今回の地震による地表変位の位置とほぼ一致している。

表-2.2 湯ノ岳断層周辺の地質断層の記載

文献名	断層名	延長	走向・傾斜	変位方向・量
1/5万地質図「平」[21]	湯ノ岳断層	約6.5km（西側が「竹貫」図幅[23]に連続。）	N30～50W,70～80SW（正断層）	垂直（見かけ）200m以上 右ずれ7km以上
1/5万地質図「竹貫」[23]	湯ノ岳断層	約10km（東側が「平」図幅[21]に連続）		右ずれ正断層 垂直変位は数100mに及ぶと推定
常磐炭田地質図[24]	湯ノ岳断層	約14km	N60W,45～80SW（正断層）	北東上がり250m以上
	藤原断層	約4km	N30～60W,65SW（正断層）	北東上がり200m前後



（産総研承認番号:第60635500-A-20110728-002号）

図-2.16 常磐炭田地質図[24]による湯ノ岳断層周辺の地質断層

(2) 井戸沢断層周辺

1) 活断層としての記載

井戸沢断層周辺の活断層としての記載について、表-2.3にまとめた。

a) 「新編日本の活断層」[16]

「井戸沢断層」として記載されているものは、６条の断層線を総称しているものと思われる。本論ではこれらを、便宜的に図－2.17のように、「断層 NE」、「断層 SE」、「断層 NW」、「断層 SW」、「断層 C-N」、「断層 C-S」と称する。

断層 SW の北端部分約 1.0km について、今回の地震による地表変位の位置とほぼ一致している。

b) 「活断層詳細デジタルマップ」[19]

断層名のない、３条の推定活断層として記載されている。本論ではこれらを、便宜的に図－2.18のように、「断層 E」、「断層 W」、「断層 NW」と称する。断層 E，断層 W，断層 NW の断層は、延長は異なるものの、それぞれ「新編日本の活断層」[16]の断層 NE，断層 SW の主要部および断層 NW，断層 NW の南端部の位置にほぼ対応する。

断層 NW の約 5.4km について、今回の地震による地表変位の位置とほぼ一致している。

c) 原子力安全・保安院(2010)[17]

「井戸沢断層」として記載されているものは、「新編日本の活断層」[16]の断層 NE およ

びそれらの延長、「活断層詳細デジタルマップ」[19]の断層Eおよびその延長にほぼ相当する。本文献に記載されている断層沿いでは、今回の地震による地表変位が部分的に見つかっているものの、連続性が悪く、変位量も小さかった。

表-2.3 井戸沢断層周辺の活断層の記載

文献名	断層名	延長(確実度)	走向・傾斜	変位方向・量 (変位基準)	その他
新編日本の活断層[16]	井戸沢断層	約10km (確実度Ⅱ*1) 約19km (確実度Ⅱ+Ⅲ*2)	*高度不連続走向 NNW	*東上がり (山地頂面) *右横ずれ(谷)	活動度：不明
活断層詳細デジタルマップ[19]	(無名称)	約9km (推定活断層)	走向NNW	*断層Wの北側および断層NWの北側：WNW上がり *断層E：左ずれ	
原子力安全保安院(2010)[17]	井戸沢断層	約6.1km (リニアメントランクLb*3) 約13.2km (リニアメントランクLb+Lc*4) 約17.5km (リニアメントランクLb+Lc+Ld*5)	走向NNW	*西上がり75cm(断層露頭、第四系) *横ずれ変位の可能性(地形から推定される垂直変位の方向が一定しないことから)	後期更新世における活動性は否定できないものと判断。

*1) 確実度Ⅱ：活断層であると推定されるもの。すなわち、位置・変位のむきも推定できるが、確実度Ⅰと判定できる決定的な資料に欠けるもの。[16]

*2) 確実度Ⅲ：活断層の可能性があるが、変位のむきが不明であったり、他の原因、たとえば川や海の浸食による崖、あるいは断層に沿う浸食作用によってリニアメントが形成された疑いが残るもの。[16]

*3) リニアメントランクLb：変位地形と認定できる地形要素及び新しい基準地形に不連続が認められるものの、位置に不確実さがあるもの、あるいは、変位地形として認定できる地形要素がやや少なく、その他の成因によるものである可能性が若干残るもの。[20]

*4) リニアメントランクLc：変位地形と認定できる地形要素が認められるが、リニアメントの両側の基準地形が同一であるか否かの認定に不確実さがあり、その他の成因によるものである可能性があるもの、あるいは、比較的大きな不連続が認められるものの、新しい地形面での変位が不明瞭なもの。[20]

*5) リニアメントランクLd：基準地形が古く、リニアメントをなす地形にやや開析が進んでいるもの、あるいは、新しい基準地形面上に認められるものの、延長が短いか、その比高や屈曲量が小さいため、変位地形かその他の成因によるものか識別が困難なもの。[20]

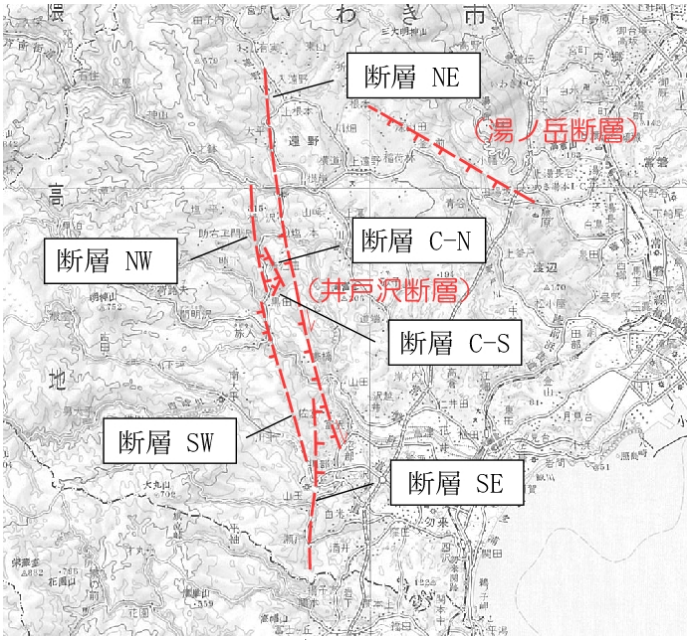


図-2.17 「新編日本の活断層」[16]による井戸沢断層と湯ノ岳断層の記載
国土地理院発行 1/20 万地勢図「白河」(平成 6 年要部修正)上に断層位置[16]を転記。

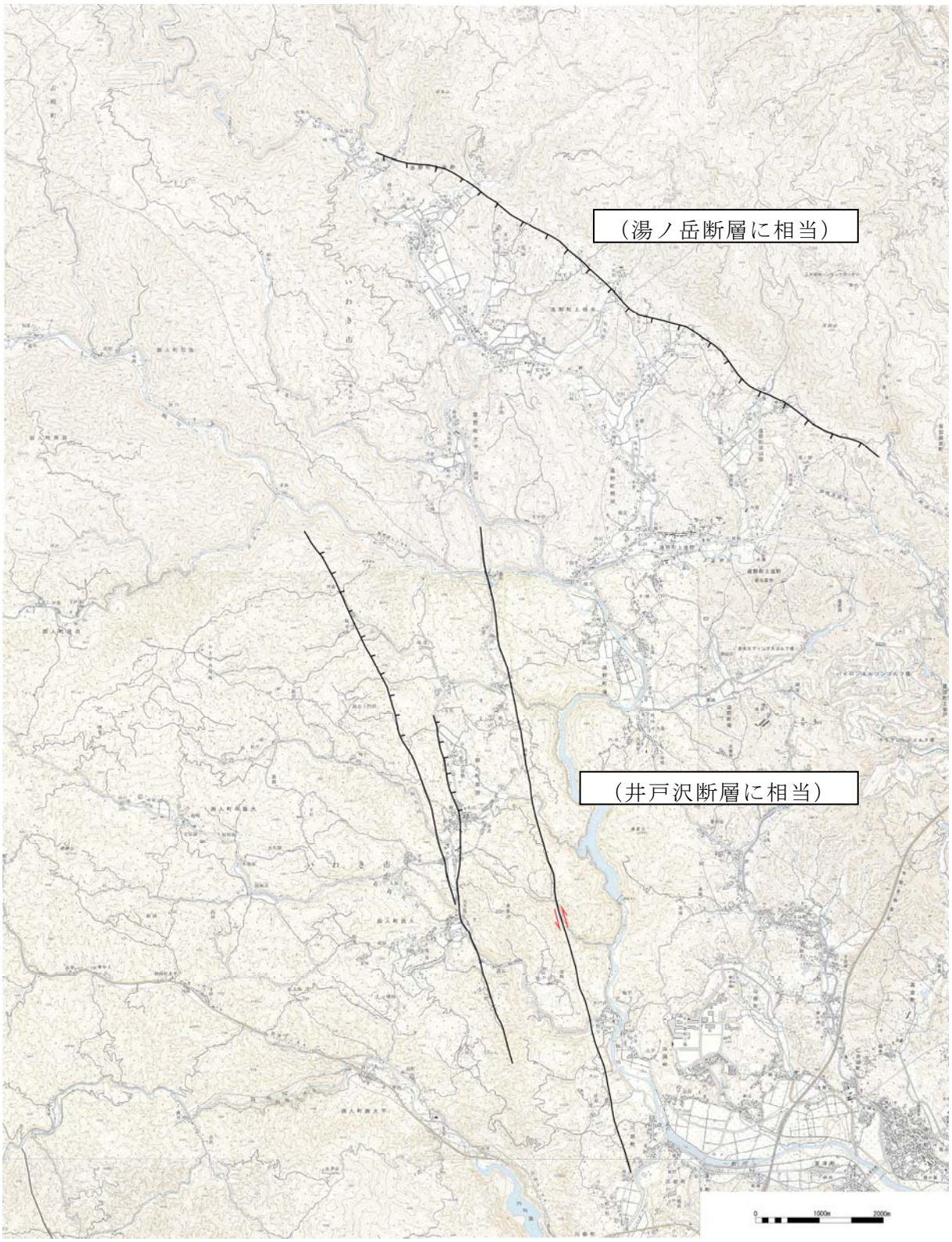


図-2.18 「活断層詳細デジタルマップ」[19]による井戸沢断層と湯ノ岳断層の記載
国土地理院発行 1/2.5 万地形図「上遠野」、「上平石」、「川部」（平成 12 年修正測量）、「磐城湯本」、「磐城泉」（平成 18 年更新）上に断層位置[19]を転記。

2) 地質断層としての記載

湯ノ岳断層周辺の地質断層としての記載について、**表-2.4** にまとめた。なお、1/5 万地質図「竹貫（たかぬき）」[23] および「常磐炭田地質図」[24] における井戸沢断層の記載（**表-2.4**）は、「新編日本の活断層」[16] の断層 NE 及び断層 SE、ないしは「活断層詳細デジタルマップ」[19] の断層 E 周辺に見られるものである。本文献に記載されている断層沿いでは、今回の地震による地表変位が部分的に見つかっているものの、連続性が悪く、変位量も小さかった。

表-2.4 井戸沢断層周辺の地質断層の記載

文献名	断層名	延長	走向・傾斜	変位方向・量
1/5万地質図「竹貫」[23]	井戸沢断層	約5km以上（図幅南端まで。南側接続図幅は未刊行）	走向NNW	
常磐炭田地質図[24]	井戸沢断層	約23km	走向N-S（正断層）	東上がり200m前後（南ほど落差小）

2.4.4 確認した地表変位

地震発生の 4 日後の、平成 23 年 4 月 15 日より、いわき市役所の情報などを参考に現地調査を開始し、湯ノ岳断層周辺および井戸沢断層周辺に、地震に伴う地表変位を確認した[25)、26)、27)、28)、29)]。以下にその概要を示す。ただし、本報告は調査中で暫定的な知見である。

(1) 湯ノ岳断層周辺の地表変位

地表の変位は、

1) 活断層とされる湯ノ岳断層
2) 湯ノ岳断層南東部延長の地質断層（活断層ではない）とされる藤原断層
3) 湯ノ岳断層南東端から北東方向に伸びる地質断層（**図-2.16** の②断層）
4) 藤原断層から北東に伸びる部分（該当する地質断層なし）

に沿って見出されている（**図-2.20～図-2.24**）。少なくともこれらの 1)～3)については、ある程度の連続性や形態（変位の方向性がそろっていることなど）、変位の発生位置（地震動による斜面変動など重力性の変形では説明付きにくい箇所にも発生していること）や変位量（最大変位量（垂直）が 80cm 程度と比較的大きく明瞭であること）などから、地表地震断層であると考えられる。主要な地表変位は 1)と 3)を合わせて断続的におおよそ 15.5km の延長をなす。現地の状況を**図-2.25～図-2.34** に示す。

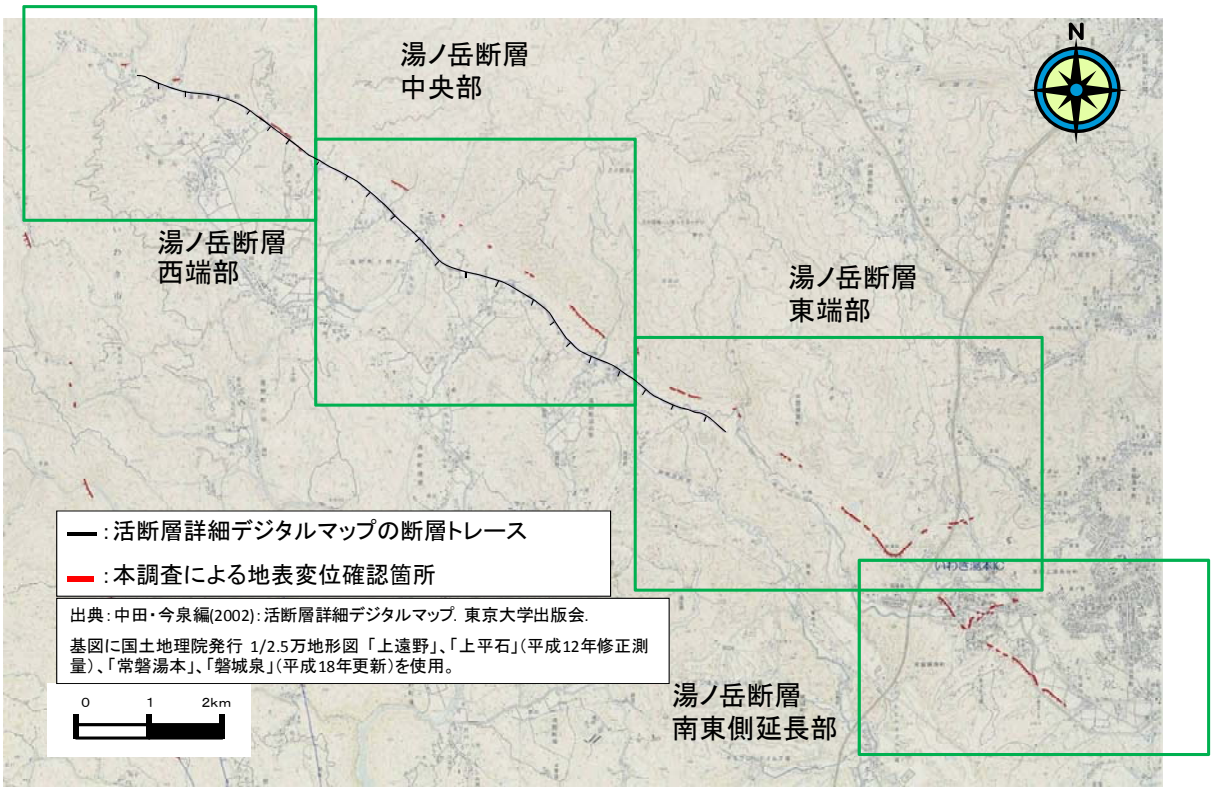


図-2.19 湯ノ岳断層周辺の地表変位の位置と「活断層詳細デジタルマップ」[19]による活断層の位置（全体図）

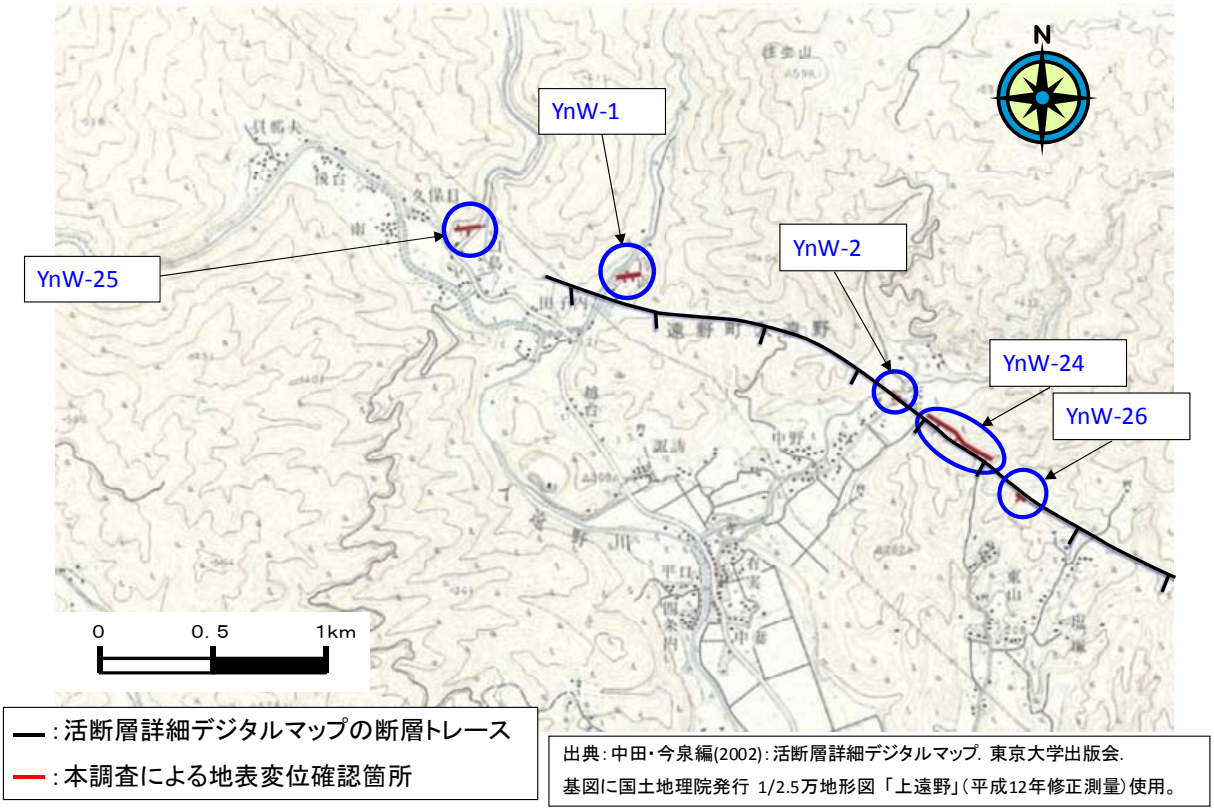


図-2.20 湯ノ岳断層周辺の地表変位の確認位置と「活断層詳細デジタルマップ」[19]による活断層の位置（湯ノ岳断層西端部）

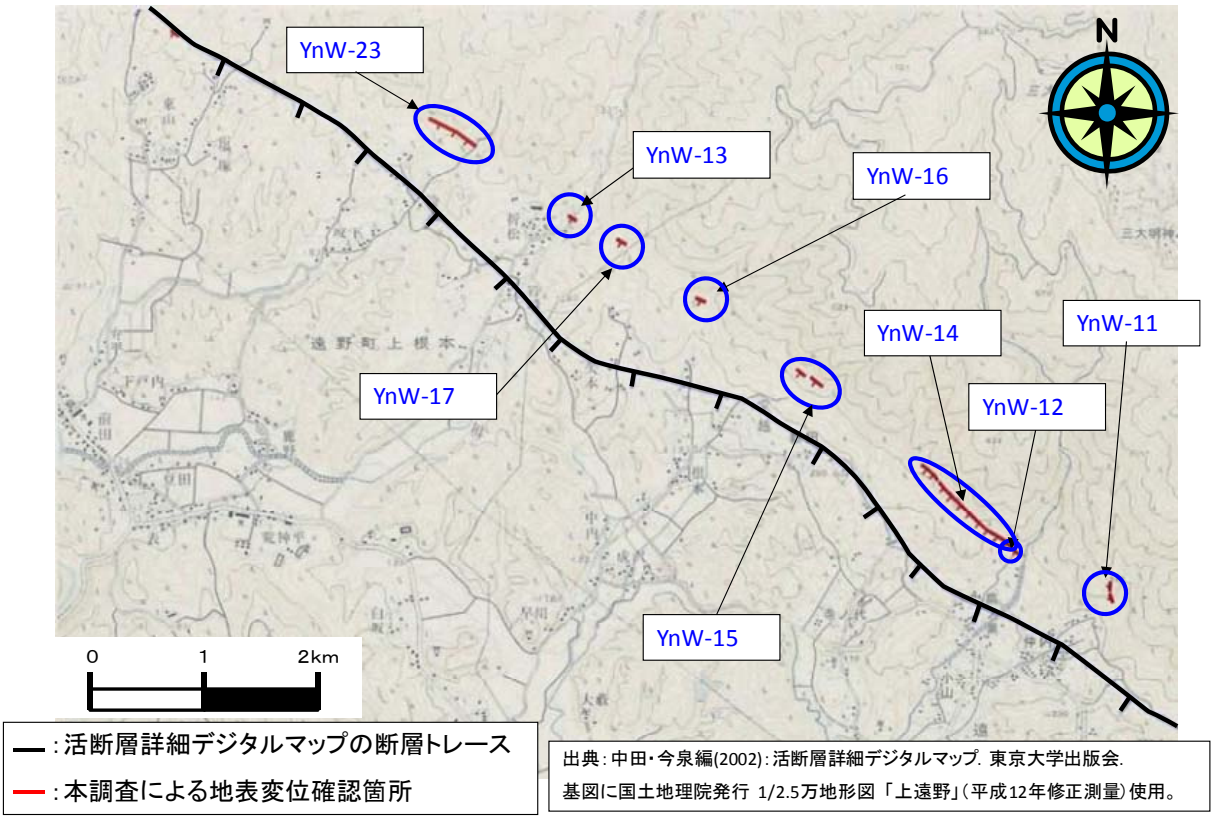


図-2.21 湯ノ岳断層周辺の地表変位の確認位置と「活断層詳細デジタルマップ」[19]による活断層の位置（湯ノ岳断層中央部）

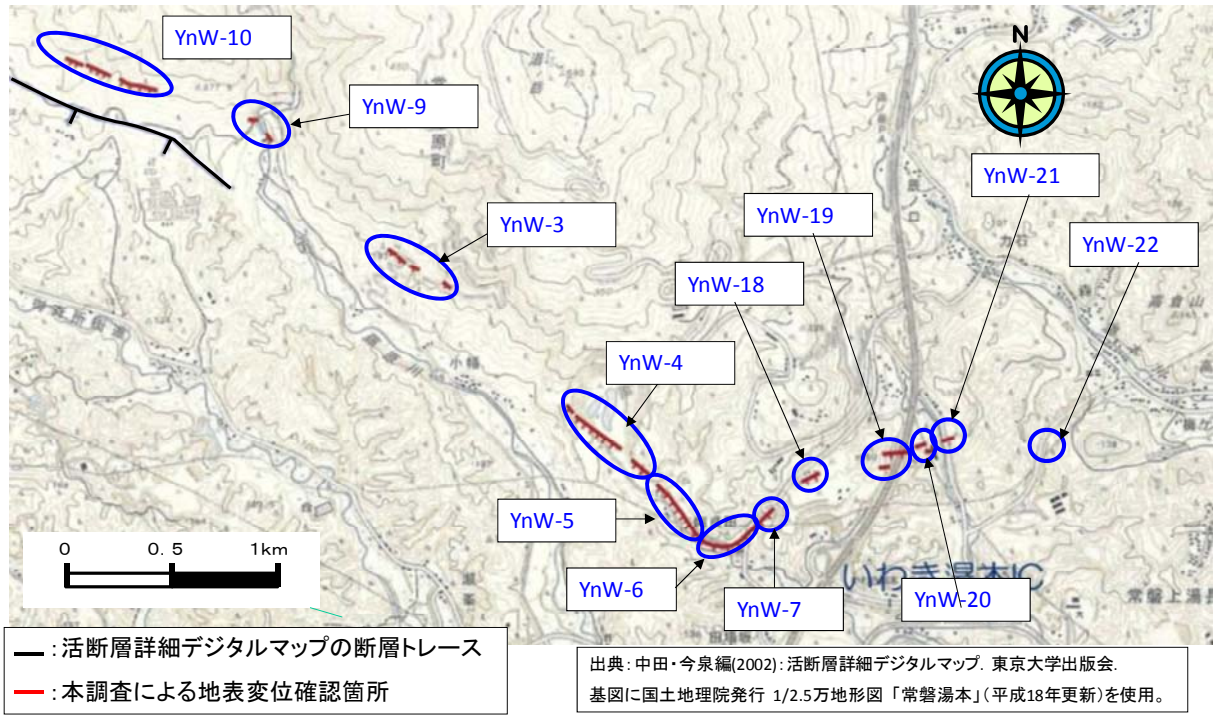


図-2.22 湯ノ岳断層周辺の地表変位の確認位置と「活断層詳細デジタルマップ」[19]による活断層の位置（湯ノ岳断層東端部）

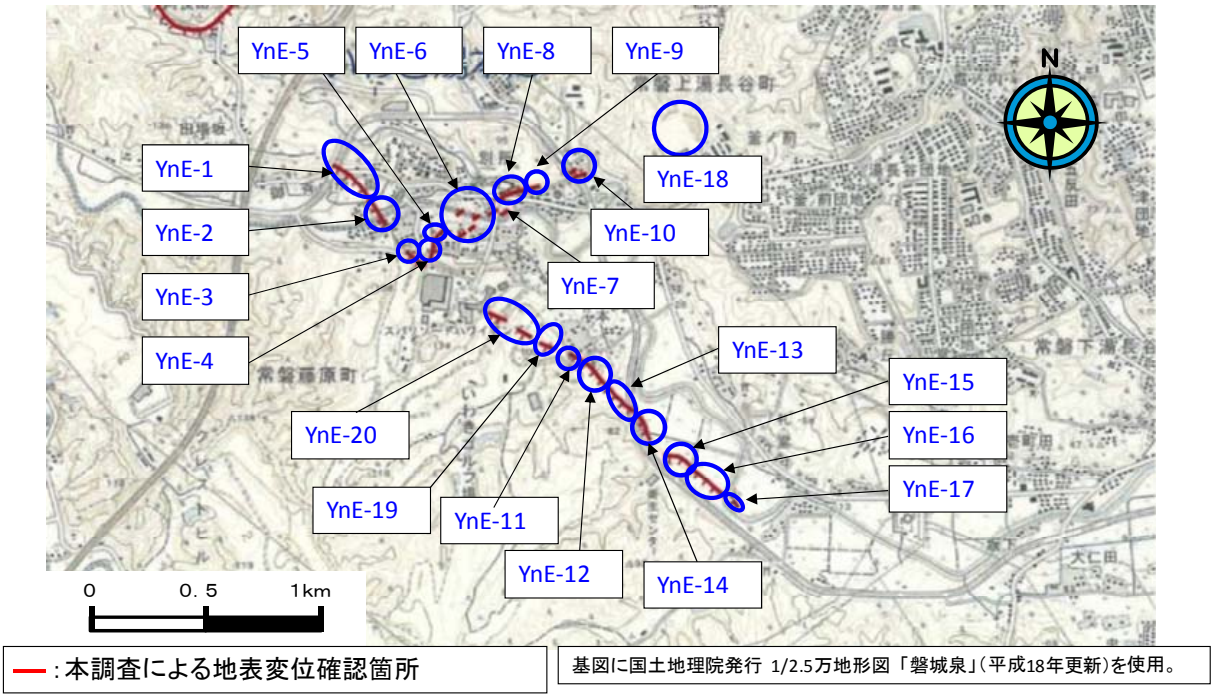


図-2.23 湯ノ岳断層周辺の地表変位の確認位置（湯ノ岳断層南東側延長部）

1) 湯ノ岳断層沿いの地表変位

（地表変位の分布）約 12.7km（さらに 3）湯ノ岳断層南東端から北東に伸びる地表変位に連続）

（変位方向）南西落ちの正断層。変位の方向はほぼ垂直（部分的にわずかに左ずれないし右ずれを伴う）。

（変位量）最大変位量（垂直）80cm（YnW-13 地点；折松集落北方）

（断層の性状）：撓曲（とうきょく）変形をする部分が多い。非常に連続性が良い。

2) 藤原断層沿いの地表変位

（地表変位の分布）約 2.2km（断続的な出現部分の総延長）

（変位方向）南西落ち、

（変位量）最大変位量（垂直）約 55cm（YnE-14 地点；松本南東方）

（断層の性状）：撓曲（とうきょく）変形をする部分が多い。一部にミ型の雁行亀裂があることから、若干の左ずれ成分があると推測される。

3) 湯ノ岳断層南東端から北東に伸びる地表変位

（地表変位の分布）北北西－南南東方向 1.5km

（変位方向）南南東落ちの正断層。

（変位量）ほぼ垂直で部分的にわずかに左ずれないし右ずれを伴う。最大変位量（垂直）約 60cm（YnW-7 地点；向坂集落）

（断層の性状）：南南東下がりでほぼ垂直な断層と推定。非常に連続性が良い。

4) 藤原断層から北東に伸びる地表変位

（地表変位の分布）延長約 1.3km、幅 100m の範囲
（変位方向）垂直変位のない地割れ、ないしは北西落ち
（変位量）最大変位量（垂直）25cm（**図-2.31**；別所集落）
（断層の性状）：垂直変位を伴わない地割れが多い。一部にミ型の雁行亀裂がある（たとえば**図-2.31**）ことから、若干の左ずれ成分がある箇所があると推測。連続性が悪く、幅をもった範囲に地割れが断続的に現れる箇所もある。



西を望む。道路面に亀裂、若干南にたわんでいるように見える。

図-2.24 湯ノ岳断層周辺の地表変位(YnW-1)



YnW-15地点西側の確認地点。北を望む。走向はN55W。写真手前側の里道面での垂直変位量は最大で30cm。

図-2.25 湯ノ岳断層周辺の地表変位(YnW-15)



断層面と土砂の流出状況。流出土砂は青灰色の粘土で、断層周辺の破砕粘土であると考えられる。断層変位は断層粘土と壁岩の境界付近（写真のポールがある面）で発生した。露頭脇の道路面の変位量(15cm)に比べて壁岩の露出が多いのは、壁岩に張り付いている断層粘土が崩落、あるいは浸食されたためと考えられる。

図-2.26 湯ノ岳断層周辺の地表変位(YnW-9)



砕石場南側の切り土のり面上部に現れた断層。走向N41W、垂直変位量70cm、開口幅30cm。青灰色の柔らかい粘土は断層粘土の可能性がある。（写真左手の露頭では白色の凝灰岩が観察される。）

図-2.27 湯ノ岳断層周辺の地表変位(YnW-4)



北を望む。垂直変位量25cm、左横ずれ10cm。

図-2.28 湯ノ岳断層周辺の地表変位(YnW-6)



東を望む。道路面に亀裂があり、法面まで連続する。走向N75W、亀裂幅は2～3mm程度。

図-2.29 湯ノ岳断層周辺の地表変位(YnW-22)



ミ型の雁行配列を示す地割れ。

図-2.30 湯ノ岳断層周辺の地表変位(YnE-5)



右の写真の道路の北東側に連続する段差のある地割れ。写真の左側(北西側)が約25cm沈下。

図-2.31 湯ノ岳断層周辺の地表変位(YnE-8)



寺の本堂を通過した地表地震断層。本堂は手前側に傾斜しているが、屋根瓦はあまり落下していない。

図-2.32 湯ノ岳断層周辺の地表変位(YnE-12)



北東を望む。ゴルフコースを横断する断層変位。走向はN55W。傾斜60S。垂直変位は最大で50cm。20cm程度の右横ずれが確認される。

図-2.33 湯ノ岳断層周辺の地表変位(YnE-20)



田圃を通過する地表地震断層。右側(南西側)が約40cm沈下。奥の竹林には小河川が流下しており、その河川の向こう側には地表地震断層は連続していない。

図-2.34 湯ノ岳断層周辺の地表変位(YnE-16)

(2) 井戸沢断層周辺の地表変位

地表の変位は、

1) 井戸沢断層（「活断層詳細デジタルマップ」[19]の「断層 NW」）

に沿って見出されている（**図-2.35～図-2.37**）。なお、地質断層として認められる井戸沢断層上には現在のところ変位は認められていない。

見いだされた地表変位は、ある程度の連続性や形態（変位の方向性がそろっていることなど）、変位の発生位置（地震動による斜面変動など重力性の変形では説明付きにくい箇所にも発生していること）や変位量（最大変位量（垂直）が 190cm 程度と大きく、明瞭であること）などから、地表地震断層であると考えられる。断層両端部の調査が途上であるが、地表変位は断続的に 11km 以上の延長をなす。現地の状況を**図-2.38～図-2.45** に示す。

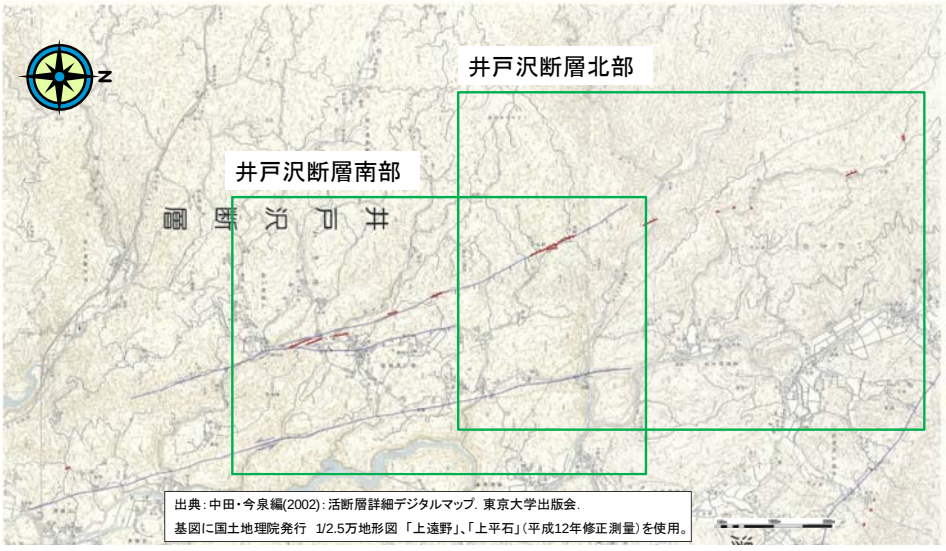


図-2.35 井戸沢断層周辺の地表変位の位置と「活断層詳細デジタルマップ」[19]による活断層の位置（全体図）

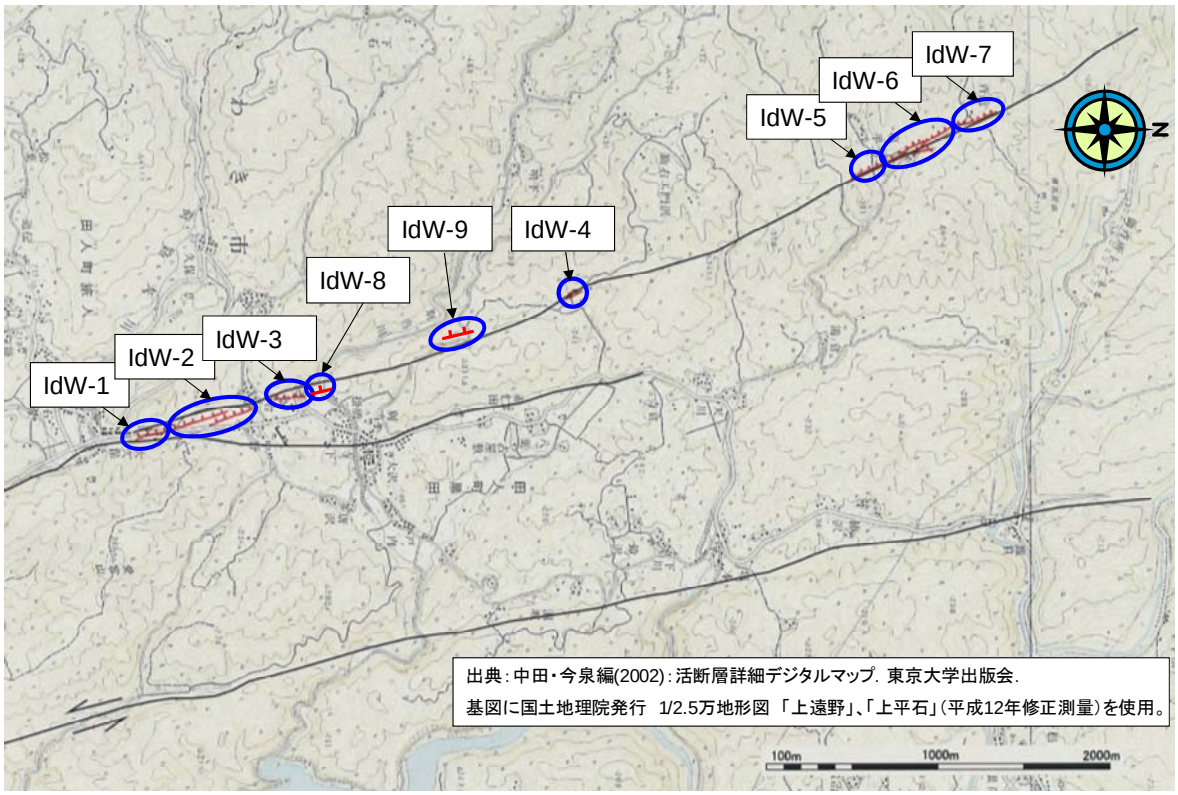


図-2.36 井戸沢断層周辺の地表変位の確認位置と「活断層詳細デジタルマップ」[19]による活断層の位置（井戸沢断層南部）

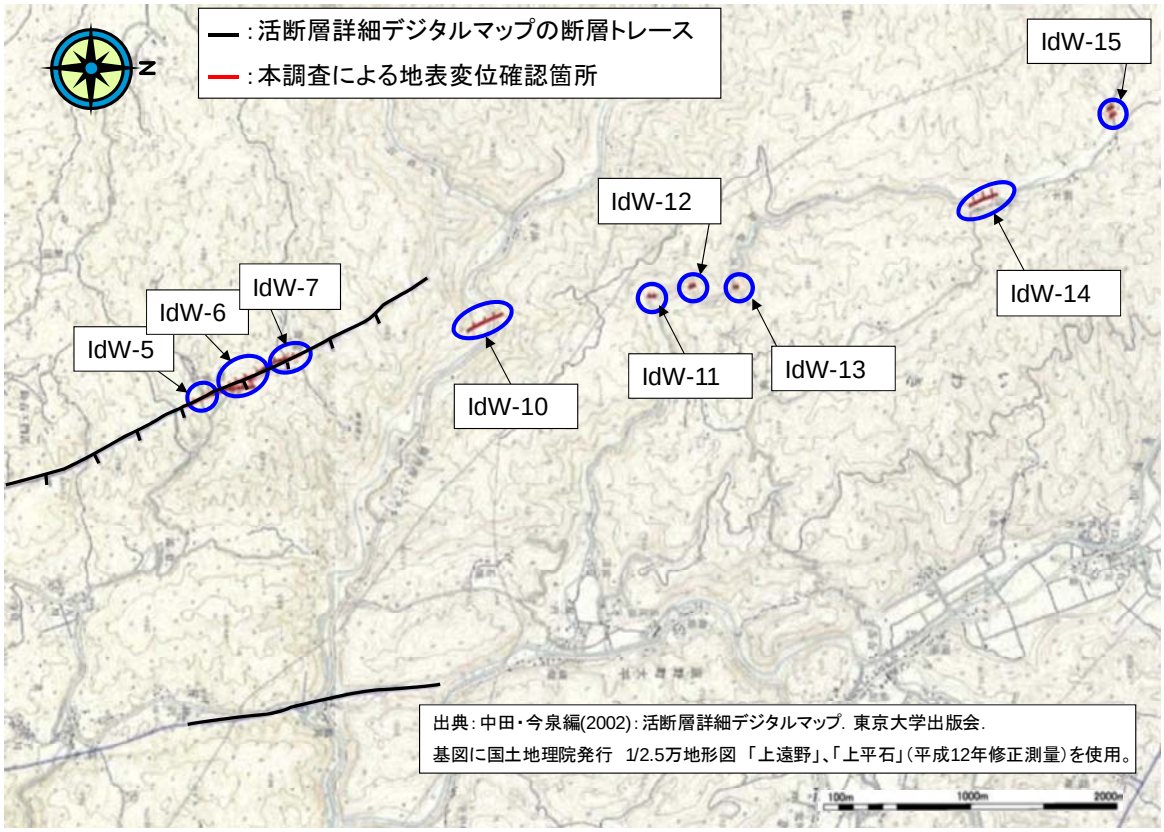


図-2.37 井戸沢断層周辺の地表変位の確認位置と「活断層詳細デジタルマップ」[19]による活断層の位置（井戸沢断層北部）

1）井戸沢断層（「活断層詳細デジタルマップ」[19]の「断層 NW」）地表変位

（地表変位の分布）北北西－南南東方向 11km 以上

（変位方向）西南西落ちの正断層。

（変位量）ほぼ垂直で部分的にわずかに左ずれないし右ずれを伴う。最大変位量（垂直）190cm（**図-2.41**；塩ノ平集落南方）

（断層の性状）：西南西下がりの正断層で、撓曲（とうきょく）変形をする部分が多い（たとえば**図-2.38**）。非常に連続性が良い。



道路横断箇所より北を望む。2条のうちの西側のとう曲。垂直変位量は約60cm。

図-2.38 井戸沢断層周辺の地表変位(IdW-2)



南を望む。断層の走向N5W。断層変位による西側斜面の下方変位の影響で、断層西側の樹木に倒れ込みがみられる。樹木の倒れ込みは断層のすぐ西側で連続して起きている。

図-2.39 井戸沢断層周辺の地表変位(IdW-9)



東を望む。左写真の北側延長にあたる道路上での変位。垂直変位は約180cm。変位面の走向はN2W、傾斜は81W。変位面には、厚さ2cm程度の断層粘土が付着しており、80S～75N傾斜の条線も確認される。

図-2.40 井戸沢断層周辺の地表変位(IdW-9)



東を望む。道路および斜面の変状。断層走向傾斜N13E75W、垂直変位量190cm。

図-2.41 井戸沢断層周辺の地表変位(IdW-5)



北を望む。西側のトレース。手前より2本目の電柱付近でN29W、とう曲幅約2.5m、垂直変位約70cm、左ずれ20cm。

図-2.42 井戸沢断層周辺の地表変位(IdW-6)



北を望む。路面の段差は120cm。写真のすぐ左には斜面崩壊が発生した。

図-2.43 井戸沢断層周辺の地表変位(IdW-10)



北を望む。断層の走向は北に向かってN35WからN20Wと変化する。

図-2.44 井戸沢断層周辺の地表変位(IdW-14)



南を望む。走向N35W、垂直変位量西落ち40cm。

図-2.45 井戸沢断層周辺の地表変位(IdW-5)

参考文献

1) 平朝彦：日本海東縁の変動と日本列島のテクトニクス、日本海東縁の活断層と地震テクトニクス、大竹政和・平朝彦・太田陽子編、東京大学出版会、pp.3～15、2002
2) 佐々木靖人・浅井健一・品川俊介・日外勝仁・安元和己・林浩幸：2011 年東北地方太平洋沖地震による道路斜面および河川堤防の地質災害の分布と特徴、MIS036-P148、2011
3) 地盤工学会関東支部：地盤工学におけるリスクマネージメント掲示板、http://www.jiban.or.jp/file/saigai/jibanrisk/jibanrisk.htm
4) 安田進：関東の液状化被害、東北地方太平洋沖地震　災害調査報告会（第一回）、地盤工学会、http://www.jiban.or.jp/file/file/4-11Yasuda.pdf
5) 基礎地盤コンサルタンツ株式会社：平成 23 年（2011 年）東北地方太平洋沖地震茨城県内の地盤被害調査速報、社内技術資料
6) 国土地理院：数値地図 50m メッシュ（標高）CD-ROM 版、1999
7) 脇田浩二・井川敏恵・宝田晋治（編）：20 万分の１シームレス地質図 DVD 版、数値地質図 G-16、産業技術総合研究所地質調査総合センター、2009
8) 東京大学地震研究所など、http://outreach.eri.u-tokyo.ac.jp/eqvolc/201103_tohoku/tsunami
9) 国土地理院：震災被害概況図⑨、http://www.gsi.go.jp/common/000059844.pdf、2011
10) 国土地理院：震災被害概況図⑩、http://www.gsi.go.jp/common/000059845.pdf、2011
11) 国土地理院：震災被害概況図⑬、http://www.gsi.go.jp/common/000060133.pdf、2011
12) 国土地理院：1:50,000 地盤高図「仙台」、技術資料、D・1、No.411、1992
13) 地震調査研究推進本部：震度分布図、平成 23 年（2011 年）東北地方太平洋沖地震に関する情報、http://www.jishin.go.jp/main/oshirase/20110311_sanriku-oki.htm、2011
14) 武村雅之：関東大震災　大東京圏の揺れを知る、鹿島出版会、139p、2003
15) 気象庁：「平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震」について(第35報)、12p、http://www.jma.go.jp/jma/press/1104/11b/kaisetsu201104111820.pdf、2011
16) 活断層研究会編：新編日本の活断層、437p、東京大学出版会、1991
17) 原子力安全・保安院：東京電力株式会社福島第一原子力発電所６号炉敷地周辺の地質・地質構造について（八茎断層、二ッ箭断層、福島盆地西縁断層帯及び井戸沢断層の評価）、49p、http://www.nsc.go.jp/shinsa/shidai/touden_fukushima/3/siryo4.pdf、2011
18) 原子力安全・保安院：東京電力株式会社福島第一原子力発電所６号炉敷地周辺の地質・地質構造について（湯ノ岳断層の評価）、14p、http://www.nsc.go.jp/shinsa/shidai/touden_fukushima/3/siryo6.pdf、2011
19) 中田高・今泉俊文編：活断層詳細デジタルマップ、60p+DVD-ROM、東京大学出版会、2002（本成果には附属の「活断層シェイプファイル」を使用した。[製品シリアル番

号DAMF0057])
20) 原子力発電安全審査課：東京電力株式会社福島第一原子力発電所地質・地質構造、基準地震動Ssの策定について（資料集）、456p、
http://www.nsc.go.jp/shinsa/shidai/touden_fukushima/2/ssiryo1.pdf、2011
21) 岩生周一・松井寛：５万分の１地質図幅「平・川前（付井出）」および同説明書、103p、工業技術院地質調査所、1961
22) Mitsui, S.: Studies of the mechanism of deformation of sedimentary rocks in the Iwaki area of the Joban coal-field, Fukushima prefecture, Science Reports of Tohoku University, 2nd ser.(Geology), Vol.42, No.3, pp.199-272, 1971
23) 加納博・黒田吉益・宇留野勝敏・濡木輝一・蟹沢聰史・丸山孝彦・梅村隼夫・光川寛・瀬戸延男・大平芳久・佐藤茂・一色直記：竹貫地域の地質（5万分の1地質図幅「竹貫」）、109p、工業技術院地質調査所、1973
24) 須貝貫二・松井寛・佐藤茂・喜多河庸二・佐々木実・宮下美智夫・河内英幸：常磐炭田地質図および同説明書、143p、工業技術院地質調査所、1957
25) 土木研究所地質・地盤研究グループ：4月11日の余震でいわき市に出現した地表地震断層（第1報）、46p、http://www.pwri.go.jp/jpn/news/2011/0313/img/yoshin.pdf、2011
26) 土木研究所地質・地盤研究グループ：4月11日の余震でいわき市に出現した地表地震断層（第2報）、19p、
http://www.pwri.go.jp/jpn/news/2011/0313/img/yoshin2.pdf、2011
27) 土木研究所地質・地盤研究グループ：4月11日の余震でいわき市に出現した地表地震断層（第3報）、10p、
http://www.pwri.go.jp/jpn/news/2011/0313/img/yoshin3.pdf、2011
28) 土木研究所地質・地盤研究グループ：4月11日の余震でいわき市に出現した地表地震断層（第4報）、25p、
http://www.pwri.go.jp/jpn/news/2011/0313/img/yoshin4.pdf、2011
29) 土木研究所地質・地盤研究グループ：4月11日の余震でいわき市に出現した地表地震断層（第5報）、10p、
http://www.pwri.go.jp/jpn/news/2011/0313/img/yoshin5.pdf、2011

3．被害の概要

本章では、東北地方太平洋沖地震による土木施設以外の被害の概要について整理する。

(1) 人的被害[1)]

警察庁によれば、平成23年7月10日現在、人的被害は、死者15,547人、行方不明者5,344人、負傷者5,688人と報告されている。各都道府県別の死者、行方不明者、負傷者数を**表-3.1**に示す。

表-3.1 都道府県別の死者、行方不明者、負傷者数

都道府県名	死者	行方不明者	負傷者
北海道	1		3
青森県	3	1	61
岩手県	4,582	2,247	186
宮城県	9,299	2,807	3,777
秋田県			12
山形県	2		29
福島県	1,600	286	236
東京都	7		90
茨城県	24	1	694
栃木県	4		131
群馬県	1		38
埼玉県			42
千葉県	20	2	248
神奈川県	4		129
新潟県			3
山梨県			2
長野県			1
静岡県			4
三重県			1
高知県			1
合　計	15,547	5,344	5,688

(注) 未確認情報を含む。4月7日に発生した宮城県沖を震源とする地震、4月11日に発生した福島県浜通りを震源とする地震、4月12日に発生した福島県浜通りを震源とする地震及び5月22日に発生した千葉県北東部を震源とする地震の被害を含む。

(2) 建物被害[1)]

警察庁によれば、平成23年7月10日現在、建築物被害は、全壊107,758戸、半壊116,817、一部損壊433,714戸と報告されている。**表-3.2**は都道府県別の建物被害数を示したものである。津波により水没し壊滅した地域があり、全容把握に至っていない。

表-3.2 都道府県別の建物被害数

	全壊	半壊	流失	全焼	半焼	床上浸水	床下浸水	一部破損	非住家
北海道						331	567	5	470
青森県	307	854						96	1,193
岩手県	21,004	3,313			15	1,763	338	2,668	1,538
宮城県	66,929	54,006			114	6,846	9,686	87,607	17,900
秋田県								3	3
山形県	37	80							
福島県	16,181	32,306		77	3	62	339	100,631	1,015
東京都		11		3				257	20
茨城県	2,261	15,840			37	1,515	696	138,134	9,027
栃木県	257	2,079						57,627	295
群馬県		6						16,150	195
埼玉県		5		1	1		1	1,800	33
千葉県	782	8,310			12	818	720	28,440	708
神奈川県		7						279	1
新潟県								9	7
山梨県								4	
静岡県							7	4	
三重県						2			9
徳島県						2	9		
高知県						2	8		
合　計	107,758	116,817			263	11,341	12,371	433,714	32,414

(注) 未確認情報を含む。4月7日に発生した宮城県沖を震源とする地震、4月11日に発生した福島県浜通りを震源とする地震、4月12日に発生した福島県浜通りを震源とする地震及び5月22日に発生した千葉県北東部を震源とする地震の被害を含む。

(3) 火災[2)]

消防庁によれば、6 月 30 日 19:00 現在、火災発生件数は、宮城県 163 件、茨城県 37 件等 12 都県で計 311 件発生したと報告されている。**表-3.3** は都道府県別の火災の発生件数を示したものである。

表-3.3 都道府県別の火災の発生件数

都道府県	火災発生件数
青森県	5
岩手県	26
宮城県	163
秋田県	1
福島県	11
茨城県	37
群馬県	2
埼玉県	13
千葉県	13
東京都	33
神奈川県	6
静岡県	1
合計	311

(4) 浸水面積

国土地理院では、国土地理院で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、浸水範囲図と市町村別浸水面積を推計している（４月18日現在）[3)]。その概略値としては、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ている。

表-3.4 都道府県別の浸水面積

県	浸水面積(km^2)
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

(5) がれき量

環境省では、衛星画像を用いて浸水区域を特定し、これをもとに、津波により倒壊した家屋等のがれき量を推計している。そのがれき推計量は、岩手、宮城、福島の３県 37 市町村で、合計 21,830 千ｔに達したと推計されている（6 月 28 日現在）[4]。

ただし、がれきの仮置場への搬入が概ね終了している市町村分については、搬入済量を基にして推計したがれき量を計上したものとなっている。

表-3.5　沿岸３県の災害廃棄物量

	がれき推計量(千 t)
岩手県（12 市町村）	4,460
宮城県（15 市町）	15,090
福島県（10 市町村）	2,280
合計　３県（37 市町村）	21,830

(6) 電気

東北電力によれば、管内における停電は、約 448 万戸で発生したと報告されている[5]（3 月 11 日 20：00)。

表-3.6　東北電力管内の停電の状況

	停電状況（3 月 11 日 20 時現在）
青森県	全域で停電（約 90 万戸）
岩手県	全域で停電（約 77 万戸）
秋田県	全域で停電（約 66 万戸）
宮城県	ほぼ全域で停電（約 137 万戸）
山形県	ほぼ全域で停電（約 51 万戸）
福島県	一部地域で停電（約 27 万戸）
新潟県	停電なし
合計	約 448 万戸

東京電力によれば、管内における停電は約 405 万戸で発生したと報告されている（3 月 11 日 16:30）[6]。

(7) ガス

日本ガス協会によれば、都市ガスの供給停止は、約 440 万戸で発生したと報告されている（3 月 11 日 23:30）[7]。

表-3.7 都市ガスの供給停止状況

事業社名	供給停止件数	供給停止地域
仙台市ガス局	約 360,000 戸	供給区域すべてにおいて供給停止(宮城県)
塩釜ガス株式会社	約 12,382 戸	供給区域すべてにおいて供給停止(宮城県)
福島ガス株式会社	約 2,726 戸	福島市蓬莱町の一部(福島県)
東部ガス株式会社	約 7,500 戸	土浦市の一部(茨城県)
東京ガス株式会社	30,596戸(うち117件については17時20分現在で復旧済み) （その他地区は即時停止）	茨城県日立市全域(30,008戸) 茨城県牛久町の一部(471戸) 茨城県龍ヶ崎市若柴の一部(77戸。16時20分全戸復旧済み) 横浜市西区西平沼町の一部(40 戸。17 時 20 分全戸復旧済み)
釜石ガス株式会社	約 10,000 戸	供給区域すべてにおいて供給停止(岩手県)
常磐共同ガス株式会社	約 15,000 戸	供給区域すべてにおいて供給停止(福島県)
秦野ガス株式会社	約 330 戸	秦野市の一部(神奈川県)
合計	約 440,000 戸	

(注) 北海道、青森県、山形県、秋田県の都市ガス供給区域においては、供給停止のないことが確認されている（3月11日12：30現在)。

また、経済産業省によれば、LP ガスの供給停止は、約 166 万戸で発生したと報告されている（3 月 11 日）[8]。

(8) 水道

厚生労働省によれば､断水は 19 都道県において約 229 万戸で発生したと報告されている[9]。

表-3.8 断水状況

	断水戸数	家屋流出等
岩手県	21,176 戸	うち家屋等流出地域 21,161 戸
宮城県	22,575 戸	うち家屋等流出地域 21,718 戸
福島県	4,398 戸	うち家屋等流出地域　4,265 戸
北海道、青森県、秋田県、山形県、群馬県、栃木県、埼玉県、千葉県、東京都、神奈川県、新潟県、山梨県、長野県、岐阜県、静岡県、茨城県でも断水が発生		
合計	約 229 万戸	

(9) 通信

総務省によれば、NTT 固定電話は、沿岸部を中心に約 100 万回線で不通となったと報告されている（3 月 13 日)。また、携帯電話は、4 社（NTT ドコモ、KDDI（au)、ソフトバンクモバイル、イー・モバイル）併せて約 14,800 基地局で停波が発生したと報告されている（3 月 12 日）[10)]。

(10) 被害推計額[11)]

内閣府によれば、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）への被害額は、約 16 兆 9 千億円と推計されている。**表-3.9** は、施設毎の被害推計額を示したものである。

表-3.9 被害額の推計

項目	被害額
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
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
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
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
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

（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。

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　記者発表資料　平成 23 年 7 月 10 日（日）
http://www.npa.go.jp/archive/keibi/biki/higaijokyo.pdf

2) 首相官邸　緊急災害対策本部：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　記者発表資料　平成 23 年 7 月 5 日 17:00
http://www.kantei.go.jp/saigai/pdf/201107051700jisin.pdf

3) 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

4) 環境省：東日本大震災について　平成 23 年 7 月 8 日 15 時 50 分現在　記者発表資料
http://www.env.go.jp/jishin/taiou1107081550.pdf

5) 東北電力：地震発生による停電等の影響について（11 日 20 時現在） 緊急情報 平成 23 年 3 月 11 日
http://www.tohoku-epco.co.jp/emergency/9/index.html
6) 東京電力株式会社：東北地方太平洋沖地震における当社設備への影響について【午前 3 時現在】 平成 23 年 3 月 12 日
http://www.tepco.co.jp/cc/press/index-j.html
7) 社団法人 日本ガス協会：東北地方太平洋沖地震による都市ガス供給の停止状況について 記者発表資料 平成 23 年 3 月 12 日
http://www.gas.or.jp/tohoku/press/pdf/20110313-02.pdf
8) 経済産業省：ガスの被害・復旧状況（岩手県、宮城県、福島県）
http://www.cao.go.jp/shien/2-shien/2-infra/3-gas.pdf
9) 厚生労働省 ：平成 23 年(2011 年)東日本大震災の被害状況及び対応について(第 85 報)平成 23 年 7 月 8 日 14 時 00 分現在
http://www.mhlw.go.jp/jishin/joukyoutaiou.html
10) 総務省：東北地方太平洋沖地震における通信の復旧状況（平成 23 年 6 月 23 日（木）現在）
http://www.cao.go.jp/shien/2-shien/2-infra/7-tel.pdf
11) 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

4．土砂災害

4.1 概　要

4.1.1 土砂災害の概要

土砂災害としては、余震によるものも含めて土石流等12件、地すべり27件、がけ崩れ81件、雪崩２件が報告され、死者19名の人的被害が確認されている（2011年5月24日現在、国土交通省砂防部発表）。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。長野県北部を震源とする地震でも、長野県栄村や新潟県津南町などで斜面崩壊や地すべりが発生している。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の形成は確認されておらず、また2008年岩手・宮城内陸地震や新潟中越地震（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。

国土技術政策総合研究所危機管理技術研究センターでは、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、（社）日本地すべり学会の協力を得て東北および関東地方の衛星画像判読を行った。判読対象範囲は、3月11日の震災により震度５強以上を記録したエリアを含む地域（対象面積 約50,000km^2）で、陸域観測技術衛星「だいち」搭載のPRISMおよびAVNIR2による震災後に撮影された光学画像を用いて判読した(3月12日および4月10日撮影分)。また、「だいち」で撮影できなかった範囲などをGoogle Earthに掲載された震災後の衛星画像を用いて判読した(3月12日から4月6日にかけて撮影)。その結果、地震による土砂移動の可能性のある箇所として210箇所が抽出された。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-4.1.1**）。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3,500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。

4.1.2 最大加速度と土砂災害

独立行政法人防災科学技術研究所の強震ネットワークK-netで公開されている各地の加速度を**図-4.1.2**に示す。**図-4.1.2**(a)は、今回の東北地方太平洋沖地震で最も大きな加速度（2933.2gal）が観測された宮城県築館のデータである。築館地区は2008年岩手・宮城内陸地震で山腹斜面崩壊が多数発生した地域に近く、比較のため岩手・宮城内陸地震のときの加速度データもあわせて示した。山腹崩壊が多発した岩手・宮城内陸地震では、築館地区で観測された最大加速度は812.3galであり、周辺地域を含めても土砂災害の発生密度がそれほど高くはなかった東北地方太平洋沖地震の最大加速度よりも小さかったことが分かる。

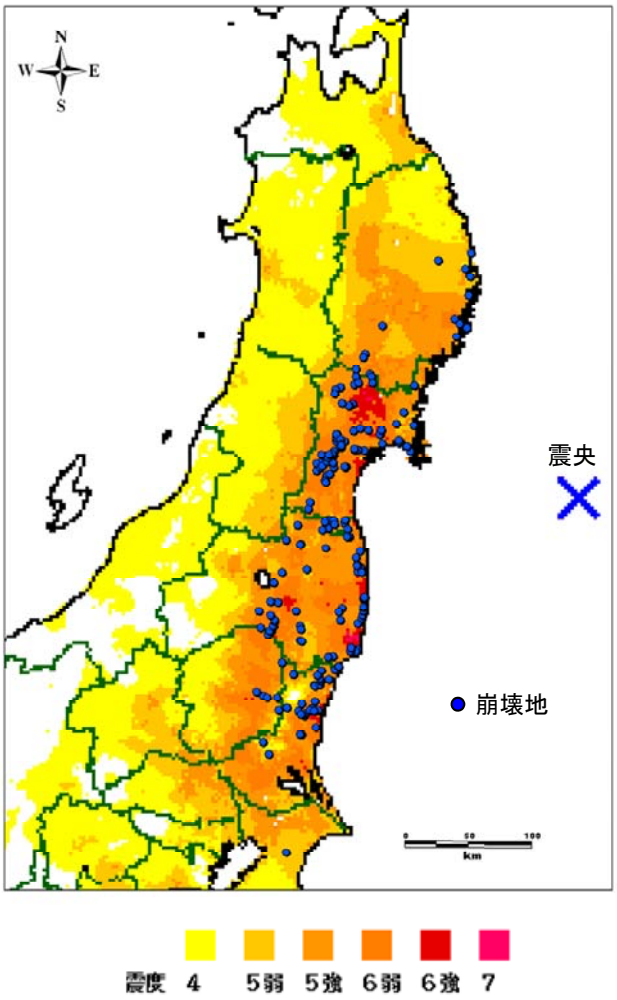
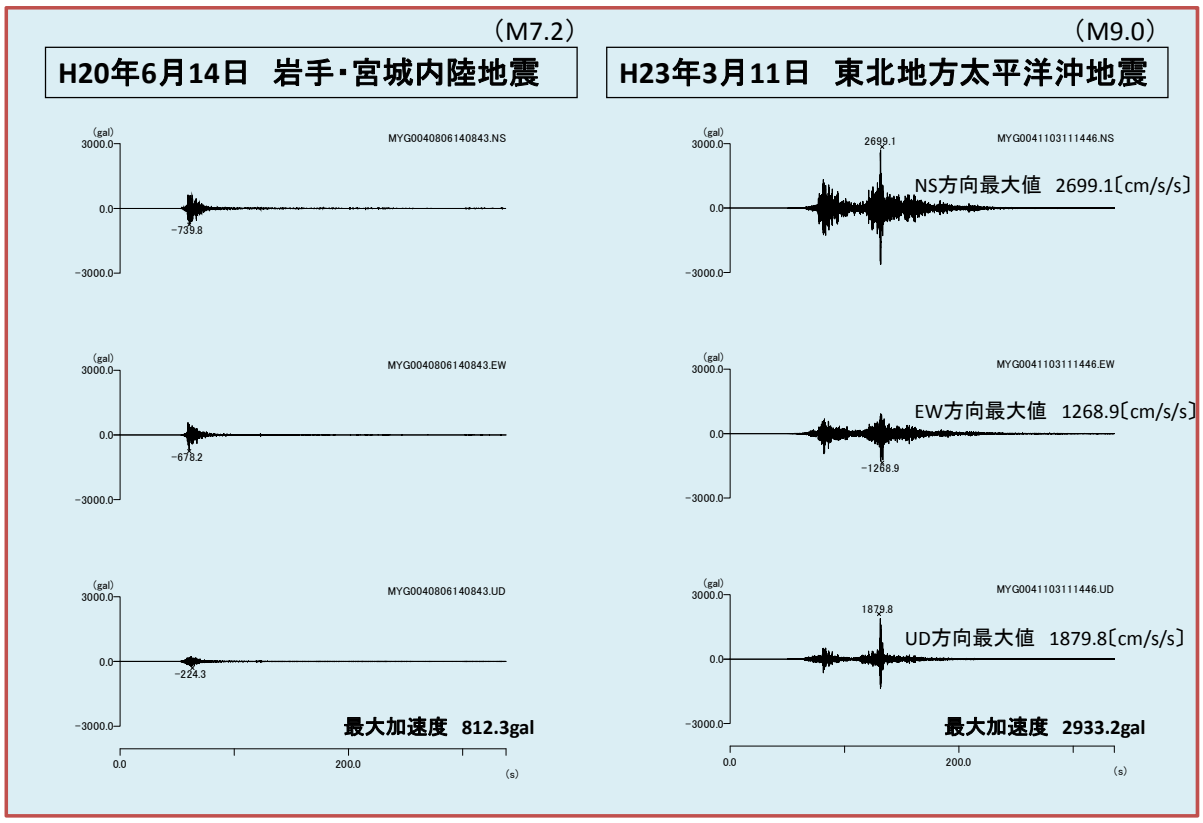


図-4.1.1 東北地方太平洋沖地震の推計震度分布（気象庁）と崩壊地分布

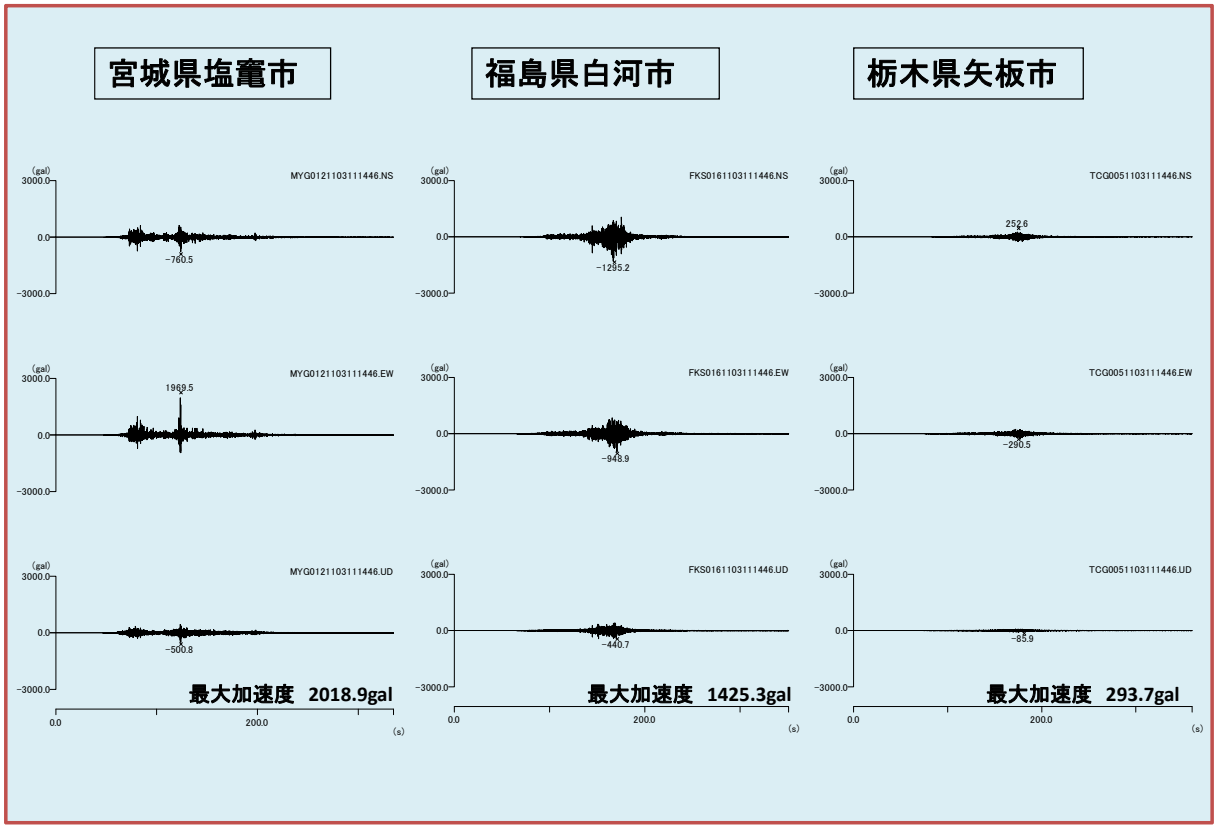
図-4.1.2(b)は、宮城県塩竈市、福島県白河市、栃木県矢板市で観測された東北地方太平洋沖地震の加速度である。大規模な地すべりが多く発生した内陸部の白河市、矢板市付近では、震源に近い沿岸部（塩竈市）よりも最大加速度が小さかったことが分かる。また、宮城県では、異なる震源による２山の波形となっているが、福島県・栃木県では１つにまとまっている。

図-4.1.2(c)は、4月11日の地震により斜面崩壊が発生した福島県いわき市の加速度データである。いわき市では、3月11日の東北地方太平洋沖地震でも大きな揺れに見舞われ、最大加速度436.8galを観測した。一方で、4月11日の内陸直下型地震では、それよりも最大加速度が小さかった（199.0gal）にもかかわらず斜面崩壊が発生したことになる。

以上のことから、今回の地震により発生した土砂災害を最大加速度のみから説明するのは困難であると言える。今後さらに分析を進め、土砂災害に対してクリティカルな地震動の特性等を明らかにする必要があると考えられる。

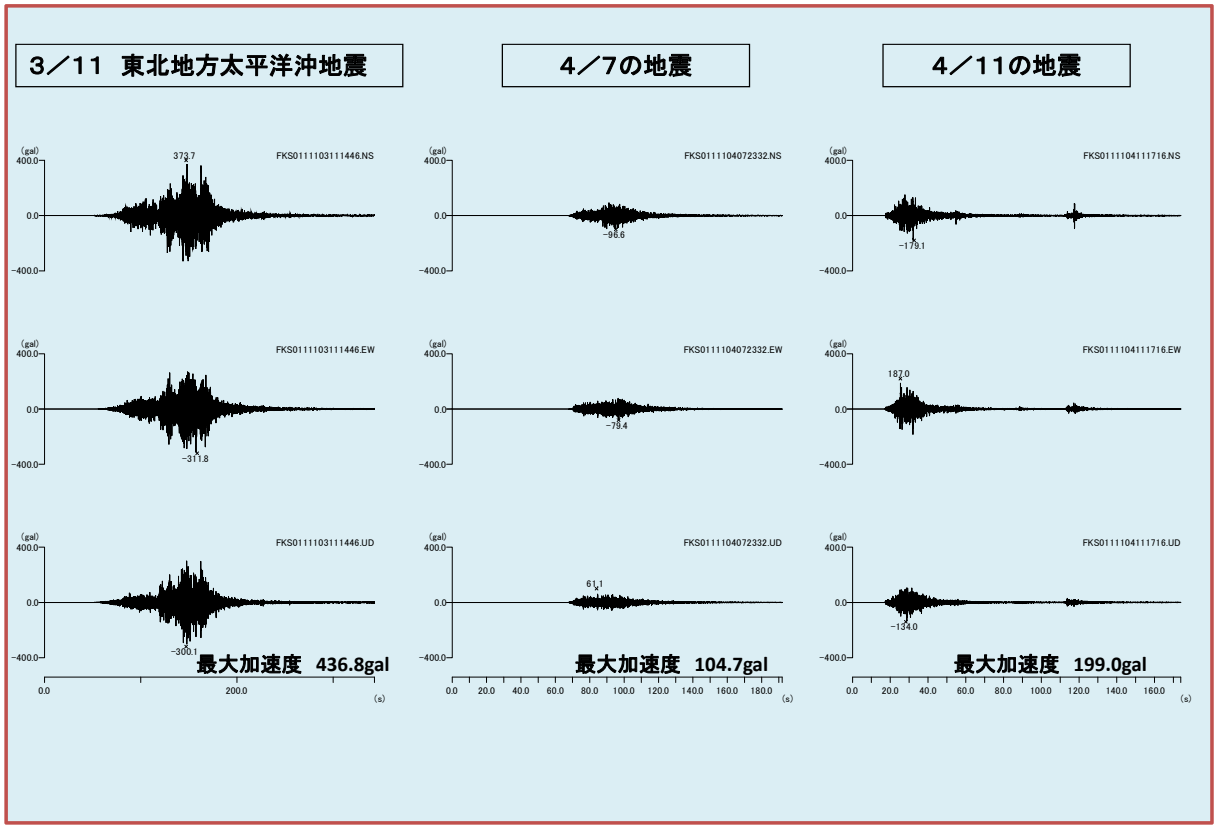


(a) 宮城県築館



(b) 宮城県塩竈市、福島県白河市、栃木県矢板市（東北地方太平洋沖地震）

図-4.1.2(1) 加速度データ（防災科学技術研究所による）



(c)福島県いわき市

図-4.1.2(2) 加速度データ（防災科学技術研究所による）

4.1.3 国土技術政策総合研究所および土木研究所が実施した現地調査

国土技術政策総合研究所および土木研究所では、災害直後より以下のような現地調査を実施した。次節以降に調査結果を報告する。

1) 東北地方太平洋沖地震により福島県・栃木県・茨城県で発生した土砂災害（土木研究所　地すべりチーム）
2) 長野県北部を震源とする地震により長野県・新潟県で発生した土砂災害（土木研究所雪崩・地すべり研究センター）
3) 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（国土技術政策総合研究所危機管理技術研究センター）
4) 宮城県沿岸地域現地調査（国土技術政策総合研究所　砂防研究室）
5) 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（国土技術政策総合研究所　砂防研究室、土木研究所　火山・土石流チーム）

4.2 東北地方太平洋沖地震により福島県・栃木県・茨城県で発生した土砂災害

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（震源地：三陸沖、震源の深さ約24km(暫定値)、最大震度7、M9.0（暫定値））により、東北・関東地方では多数の地すべり・斜面崩壊が確認された。3月14日及び29日に国土交通省と合同で実施したヘリコプターからの調査では、福島県・栃木県・茨城県にかけて多くの地すべり・斜面崩壊箇所が確認された。（独）土木研究所土砂管理研究グループ地すべりチームでは、それらの箇所の現地調査を行ったので、その結果を以下に報告する。

4.2.1 福島県白河市

(1) 福島県白河市葉ノ木平地区

幅約70ｍ、長さ約160ｍにわたって地すべりが発生し、土塊が流動化して広がり（幅120m）、甚大な被害をもたらした（死者13名、全壊家屋10戸）。土塊の最大の移動距離は約120mとみられる。移動土塊の一部は側方のゴルフ練習場に乗り上げて50m程度流動した。

地すべりが発生した箇所の地質は、黄褐色の風成ローム層で軽石・スコリア粒、溶結凝灰岩が散在する。流動化によって移動土塊はバラバラになっており、ほぐされた土砂の中に数10cm程度の土塊が散在する状態となっている。地すべり土塊及び側方崖ですべり面が観察されるが、すべり面となっているのは傾斜した砂質土/粘性土の地質境界である。

1/2.5万地形図及び発生前の空中写真（1975年撮影；縮尺1/1万）で地すべり発生前の地形をみると、地すべりが発生した斜面は、上部が尾根型斜面で、下部は谷地形を呈していたことが確認できる。



(a) 位置図（数値地図25000地図画像）



(b) ヘリから撮影した全景

写真-4.2.1(1) 葉ノ木平地区



(c) 側方に乗り上げた土塊の一部



(d) 滑落崖の状況



(e) 滑落崖直下の移動土塊の状況



(f) 側方崖に露出したすべり面

写真-4.2.1(2) 葉ノ木平地区

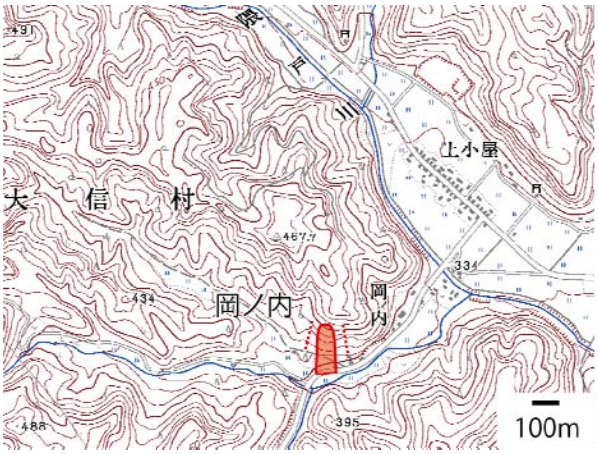
(2) 福島県白河市大信隈戸岡ノ内地区

幅約50m、長さ約100mにわたって地すべりが発生し、土塊が流動化して被害をもたらした（死者1名、全壊家屋1戸）。土塊の移動距離は30m程度とみられる。地すべりを横切る道の切土面において、移動土塊が植生と表土の黒土（すなわち、元の地表面）を覆っている状況が確認できた。このことから、すべり面はこの道よりも上部で地表に出ているものとみられる。

地すべりが発生した箇所の地質は、黄褐色の風成ローム層で軽石・スコリア粒、溶結凝灰岩が散在しており、葉ノ木平地区と同様の地質となっている。また、流動化によって移動土塊はバラバラになっており、ほぐされた土砂の中に数10cm程度の土塊が散在する状態も同様である。

滑落崖は比高約5mの馬蹄形を呈している。滑落崖の直上のみ背後斜面は一部緩傾斜になっているが、その上部の急斜面を含めて開口亀裂等は確認されなかった。末端の土塊の状況は、調査時には除去されていたために不明である。

発生前の空中写真（1976年撮影；縮尺1/1.5万）で地すべり発生前の地形をみると、地すべりが発生した斜面の両側の斜面は凹型（谷型）の地形を呈していたことが確認できる。また、現地調査においても、崩壊跡地のような凹型（谷型）の地形が確認された。この箇所では、谷地形に挟まれた尾根部で地すべりが発生したとみられる。



(a) 位置図（数値地図25000地図画像）
（赤色の点線は凹型（谷型）の地形）



(b) ヘリから撮影した全景



(c) 地すべりの両側に凹型（谷型）の地形がみられた



(d) 滑落崖の状況



(e) 滑落崖付近からみた土塊の状況



(f) 土砂が地すべりを横切る道を覆う状況
（土砂が植生と表土の黒土を覆っている）

写真-4.2.2 岡ノ内地区

(3) 福島県白河市小田川北ノ入地区

幅約40m、長さ約100mにわたって地すべりが発生し、土塊が流動した。移動土塊は流動化して谷沿いに流下しており、土塊の先端の移動距離は150m程度とみられる。滑落崖は比高約5～10mの馬蹄形を呈しており、地すべり地内の土塊は15～20度の傾斜で停止している。滑落崖より下方70m付近から30度近い急斜面となっており、その急斜面の中ほどで、土砂が植生（元の地表）を覆う形で堆積していることから、すべり面はここよりも上部で地表に出ているものとみられる。移動土塊は、その急斜面を下り、谷沿いに流動して水田まで到達した。谷の出口付近では、堆積土砂の両側部で堤防状に2m程度の厚さで土砂が堆積している様子が観察された。

地すべりが発生した箇所の地質は、黄褐色の風成ローム層で軽石・スコリア粒、溶結凝灰岩が散在する。地すべり上部では、一部で湿った粘土質のすべり面が露出しており、調査時（3/25）でも滑って歩きにくい状態であった。流動化によって移動土塊はバラバラになっており、ほぐされた土砂の中に数10cm～1m程度の土塊（一部では溶結凝灰岩の岩塊も含む）が散在する状態となっている。地すべり土塊及び側方崖ですべり面が観察されるが、すべり面となっているのは傾斜した砂質土/粘性土の地質境界である。

発生前の空中写真（1975年撮影；縮尺1/1万）で地すべり発生前の地形をみると、地すべりが発生した斜面は元から谷地形を呈していたことが確認できる。



(a) 位置図（数値地図25000地図画像）



(b) ヘリから撮影した全景



(c) 滑落崖の状況



(d) 土砂が植生を覆う状況

写真-4.2.3(1) 北ノ入地区



(e) 側部で堤防状に堆積した土砂



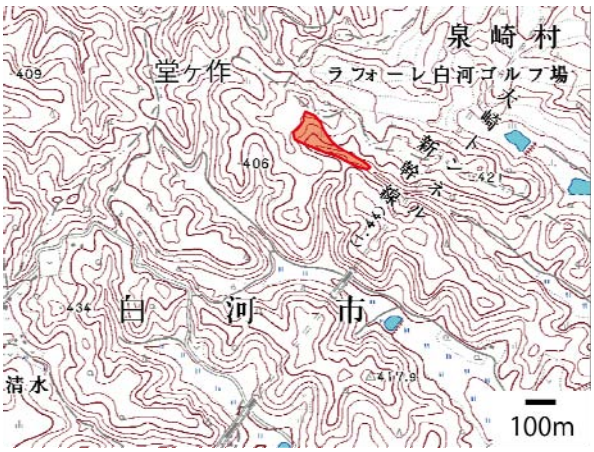
(f) 堆積した土塊の末端

写真-4.2.3(2) 北ノ入地区

(4) 福島県白河市小田川堂ヶ作

幅約120m、長さ約140mにわたって地すべりが発生し、土塊が長距離を流動した。隣接する2つの谷頭部が地すべりを発生させ、谷沿いに合流している。滑落崖の比高は約5m。すべり面の傾斜は15度、横断型はV字型、縦断型は椅子型を呈している。流動化した土塊（土砂）は幅20～30mで谷の中を約260m流下した。谷の中を流下した土塊（土砂）は側方に堤防上の高まり（高さ2～3m）を残している。

地すべりが発生した箇所の地質は、黄褐色の風成ローム層で軽石・スコリア粒、溶結凝灰岩が散在しており、葉ノ木平地区と同様の地質となっている。また、流動化によって移動土塊はバラバラになっている状況や、すべり面となっているのは傾斜した砂質土/粘性土の地質境界である点も同様である。



(a) 位置図（数値地図25000地図画像）



(b) ヘリから撮影した全景

写真-4.2.4(1) 堂ヶ作地区



（c）滑落崖の状況



（d）すべり面の状況



（e）側部で堤防状に堆積した土砂



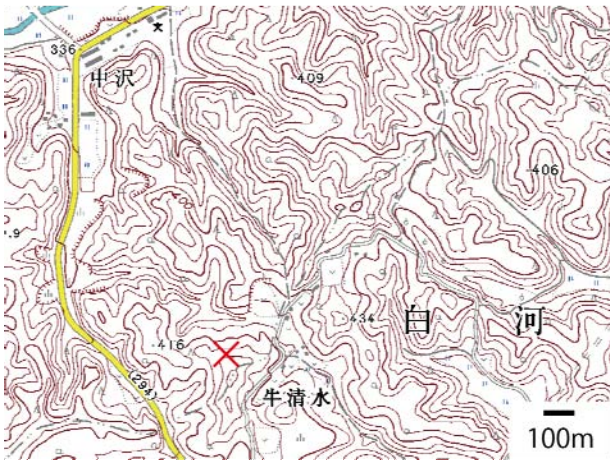
（f）堆積した土塊の末端

写真-4.2.4(2) 堂ヶ作地区

(5) 福島県白河市小田川牛清水地区

幅約30m、長さ約100mにわたって地すべりが発生した。滑落崖の比高は約5m。流動化した土塊（土砂）は谷の中を約60m流下した。谷の中を流下した土塊（土砂）は側方に堤防上の高まり（高さ2～3m）を残している。

地すべりが発生した箇所の地質は、黄褐色の風成ローム層で軽石・スコリア粒、溶結凝灰岩が散在しており、葉ノ木平地区と同様の地質となっている。また、流動化によって移動土塊はバラバラになっている状況や、すべり面となっているのは傾斜した砂質土/粘性土の地質境界である点も同様である。



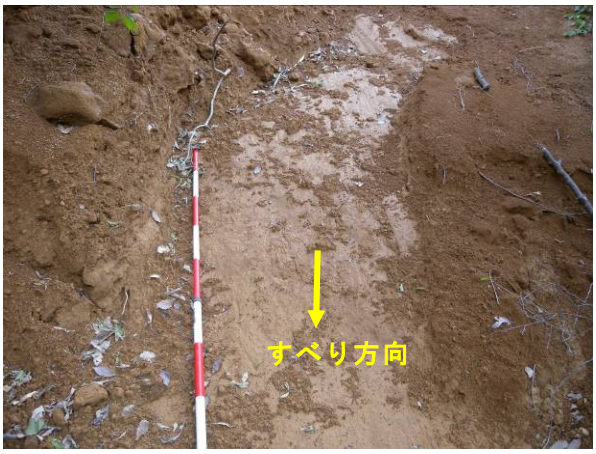
(a) 位置図（数値地図25000地図画像）



(b) ヘリから撮影した全景



(c) 滑落崖の状況



(d) すべり面の状況



(e) 側部で堤防状に堆積した土砂



(f) 堆積した土塊の末端

写真-4.2.5 牛清水地区

(6) 福島県白河市萱根地区

幅約40m、比高約40mにわたって斜面が崩落し、非住家が被害を受けた。崩壊が発生した箇所の地質は、灰色の砂質凝灰岩である。



（a）位置図（数値地図25000地図画像）



（b）崩落した斜面の上部



（c）崩落した斜面の下部



（d）崩落した巨礫

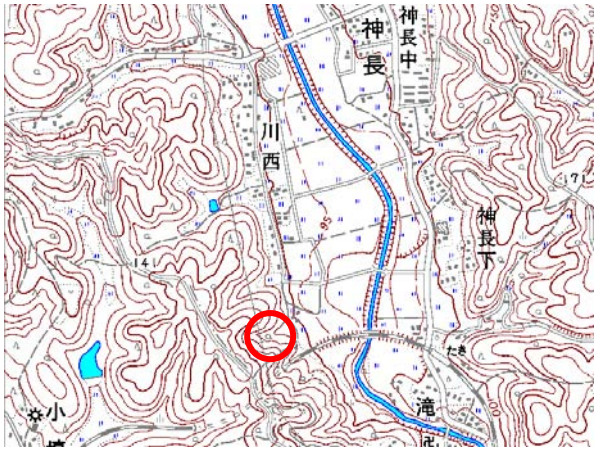
写真-4.2.6 萱根地区

4.2.2 栃木県那須烏山市

(1) 栃木県那須烏山市川西地区

幅約40m、長さ約110mにわたって地すべりが発生し、土塊が流動化して被害をもたらした（死者2名、全壊家屋1戸、半壊家屋2戸）。地すべり土塊末端の厚さは4m。地すべり地内に池が見られることや、地すべり地内の数カ所から水がしみ出ていることから地下水は豊富な状態であり、土塊の流動化に水が関与したものと推定される。

地すべりが発生した箇所の地質は、溶結凝灰岩の上位に褐色の風化土層が載っており、地すべりは主として風化土層で発生している。



（a）位置図（数値地図25000地図画像）



（b）ヘリから撮影した全景



（c）地すべり土塊の状況



（d)応急対策水路



（e）側方崖で観察された凝灰岩



（f）地すべり土塊による人家被害

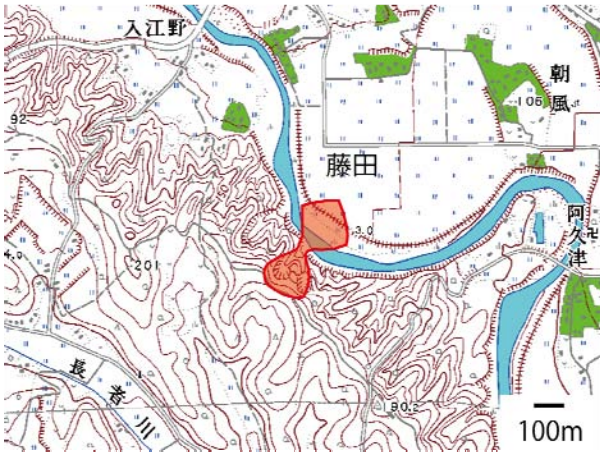
写真-4.2.7 川西地区

(2) 栃木県那須烏山市藤田地区

幅約100～150m、長さ約350mの斜面崩壊。滑落崖の比高は約15～20m。崩壊した土塊が流動化して谷沿いに流下し、谷の出口から広がって、河川（荒川）を越えて対岸の水田まで到達した。土塊の先端の移動距離は150m程度とみられる。なお、河道の土砂は既に重機で除去されている。

崩壊が発生した丘陵地の地質は、溶結凝灰岩の上位に軽石・スコリア粒が散在する黄褐色の風成ローム層が載っており、一部では軽石層を挟む。溶結凝灰岩は川沿いの崖線で露頭する。崩壊は主としてローム層で発生している。崩壊によって移動土塊はバラバラになっており、ほぐされた土砂の中に数10cm程度の土塊が散在する状態となっている。

1/2.5万地形図及び発生前の空中写真（1975年撮影；縮尺1/8千）で崩壊発生前の地形をみると、崩壊が発生した斜面では、2つの谷が斜面上部を開析しており、それらの谷に挟まれた尾根部を中心に崩れたことが確認できる。



(a) 位置図（数値地図25000地図画像）



(b) ヘリから撮影した全景



(c) 滑落崖付近の状況



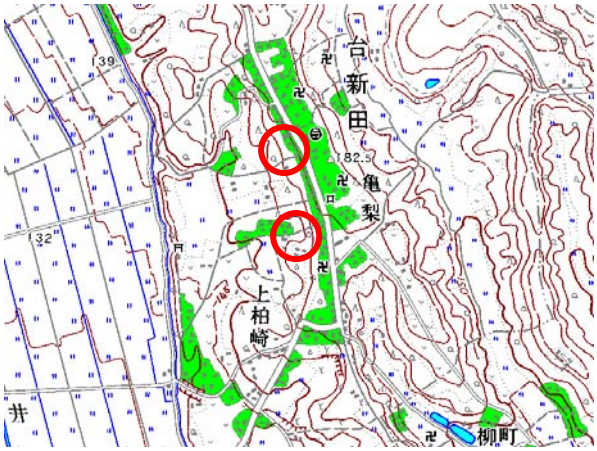
(d) 谷の出口から川を越えて土砂が広がって堆積

写真-4.2.8 藤田地区

(3) 栃木県高根沢町上柏崎地区

台地状地形の崖線に沿って約900mにわたって地すべり・崩壊が発生した。大きく移動した地すべりは2箇所である。北側の地すべりは、幅約30m、長さ約30mの斜面が崩れ、約70m移動した。南側の地すべりは、幅約40m、長さ約40mの斜面が崩れ、約50m移動した。

崩壊が発生した台地の地質は、軽石・スコリア粒が散在する黄褐色の風成ローム層であり、一部では軽石層を挟む。



（a）位置図（数値地図25000地図画像）



（b）ヘリから撮影した全景（北側）



（c）滑落崖の状況（北側）



（d）すべり面の状況（北側）



（e）滑落崖から見た地すべり地（北側）



（f）ヘリから撮影した全景（南側）

写真-4.2.9(1) 上柏崎地区



(g) 滑落崖から見た地すべり地（南側）



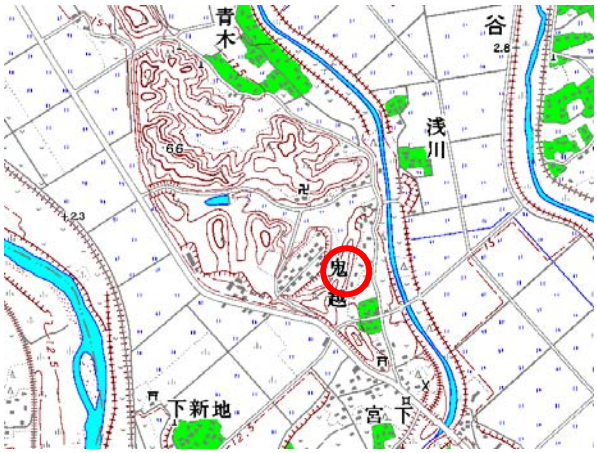
(h) 地すべり末端（南側）

写真-4.2.9(2) 上柏崎地区

4.2.3 茨城県常陸太田市

(1) 茨城県常陸太田市松栄地区（東側）

凝灰岩のがけ崩れ（高さ25m、幅40m）。地震前の空中写真を確認すると、もともと岩は露出していたが、今回の地震でがけ崩れを発生させたとみられる。今回の地震で、どれだけの範囲が崩落したかの特定は難しいが、崩落した岩塊が家屋の間近まで迫り、鉄パイプで組んだ車庫を押してゆがめていることから、相当な量の岩塊が崩落したものと見られる。



(a) 位置図（数値地図25000地図画像）



(b)崩壊の全景

写真-4.2.10(1) 松栄地区（東側）

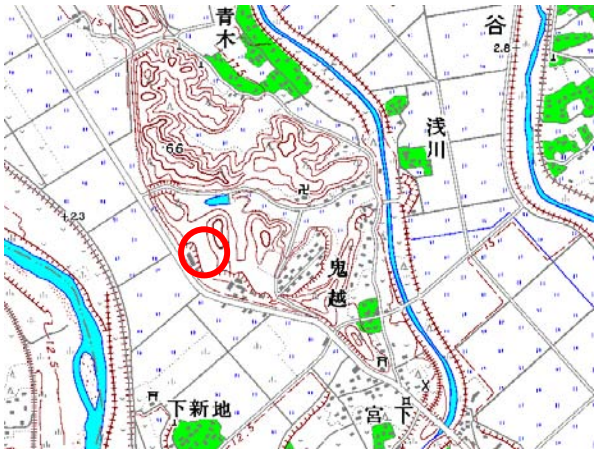


（c）崩壊の状況

写真-4.2.10(2) 松栄地区（東側）

(2) 茨城県常陸太田市松栄地区（南側）

凝灰岩の露頭（高さ30m、幅（上部～下部）50～100m）。斜面上部は凝灰岩が切り立った状態。下部は崩落した岩塊が堆積している。地震前の空中写真を確認すると、地震前から岩が露出していたが、今回の地震で拡大したとみられる。今回の地震での崩落範囲を区別することは難しい。



（a）位置図（数値地図25000地図画像）



（b）崩壊の全景

写真-4.2.11(1) 松栄地区（南側）



（c）崩壊の状況

写真-4.2.11(2) 松栄地区（南側）

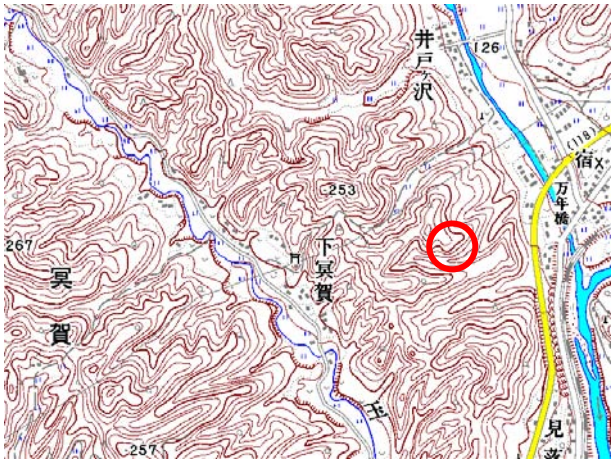
4.2.4 茨城県大子町

(1) 茨城県大子町下野宮地区

渓流の出口付近で発生した幅約100m、長さ約50mの地すべり。滑落崖の比高は最大5m程度、傾斜は50～60度。地すべり頭部は尾根筋まで達しており、上部への拡大余地はほとんどない。地すべり上部では、土塊が元の形状を比較的保ったまま移動している。また、垂直に立ったままの木も見られることから、地すべり頭部では、移動速度はそれほど速くなかったと推定される。また、地すべり土塊は対岸の斜面までは到達していない。

滑落崖で観察される地質は、主に風化凝灰岩であるが、滑落崖の下底付近では、一部で比較的新鮮な岩盤のすべり面も観察された。

地すべり土塊末端では渓流を狭めているため、湛水池（幅約2m、長さ約10m、最大水深1m）が形成されている。堆積した土塊を越えてしみ出していることから、完全には閉塞しておらず、流出しているようである。



（a）位置図（数値地図25000地図画像）



（b）ヘリから撮影した全景

写真-4.2.12(1) 下野宮地区



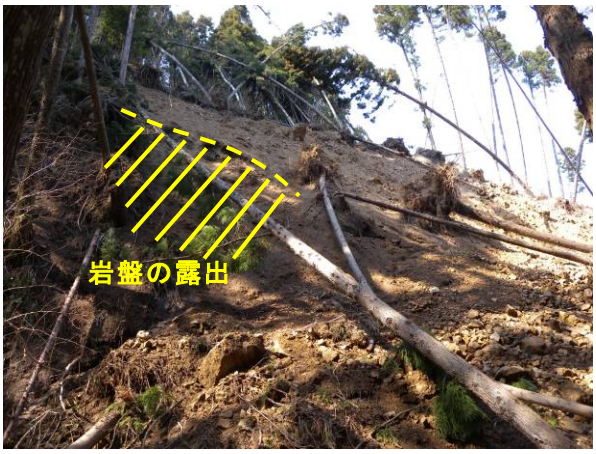
(c) 滑落崖付近の状況



(d) 滑落崖で観察されたすべり面



(e) 地すべり上部の土塊の状況



(f) 地すべり末端の状況



(g) 地すべり末端の湛水池



(h) 地すべり土塊の末端の状況

写真-4.2.12(2) 下野宮地区

4.3 長野県北部を震源とする地震により長野県・新潟県で発生した土砂災害

東北地方太平洋沖地震の翌日である平成23年（2011年）3月12日午前3時59分頃、長野県北部を震源とするM6.7、震源の深さ8km（気象庁暫定値）の地震が発生した。この地震による最大震度は6強であり、長野県北部の栄村で観測された。また、同日の午前4時31分と午前5時42分には、同村で最大震度6弱を観測する余震が発生した。（独）土木研究所土砂管理研究グループ 雪崩・地すべり研究センターでは、地震発生後の3月14日から18日に長野県栄村、新潟県津南町、十日町市において発生した崩壊、地すべりなどの斜面災害の現地調査を実施したので、その結果を報告する。

4.3.1 長野県栄村北信の崩壊

図-4.3.1 には長野県栄村北信で発生した崩壊箇所を、**写真-4.3.1** には中条温泉施設「トマトの国」付近からの崩壊地の全景をそれぞれ示した。中条川支流の東入沢川左岸において、大規模な崩壊が 2 箇所で発生した。**図-4.3.1②**の崩壊の規模は、幅約 240m、長さ約 140m、崩壊土砂の堆積長さ約 220mである。**図-4.3.1①**の崩壊による土砂は渓流に堆積したが、下流へは流出しなかった。一方、**図-4.3.1②**の崩壊は土砂を渓流に流出させ、大量の雪を巻き込みながら約 1km 流下して中条川に達した。

写真-4.3.2、3 は、流下した土砂の状況を示したものである。流下した土砂は主に安山岩の岩塊からなり、風化したものも含まれるが新鮮なものが多く硬い。渓流沿いには土砂や雪崩の流下痕が確認され、その高さは現河床より約 10mである。

写真-4.3.4、5、6 には、「トマトの国」の南西側の状況を示した。雪混じり土砂は「トマトの国」の南西側の小高い丘に衝突し、高さ約 5mまでせり上がった。また、調査時点での河川水は堆積した土砂の上を流れており、湛水はなかった。

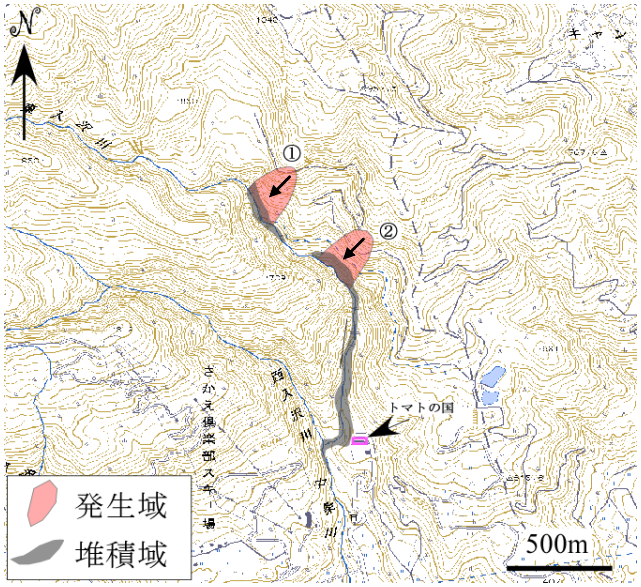


図-4.3.1 長野県栄村北信で発生した崩壊（電子国土の地図に加筆）



写真-4.3.1 「トマトの国」付近からの崩壊地②の全景



写真-4.3.2 「トマトの国」付近に堆積している礫の状況



写真-4.3.3 「トマトの国」付近に残る土砂の流下痕



写真-4.3.4 「トマトの国」南西側の土砂堆積状況（下流を望む）



写真-4.3.5 「トマトの国」付近に堆積した雪混じり土砂の状況



写真-4.3.6 「トマトの国」付近の堆積物上を流れる河川水の状況（上流を望む）

4.3.2 新潟県津南町辰口の崩壊

図-4.3.2 は新潟県津南町辰口で発生した崩壊箇所を、**写真-4.3.7** は崩壊地の全景をそれぞれ示したものである。崩壊は、烏帽子形山の北東向き斜面のほぼ稜線付近で発生した。崩壊の規模は幅約 130m、長さ約 130mであり、崩壊土砂は幅 50～100mで約 760m移動した。



図-4.3.2 新潟県津南町辰口で発生した崩壊
（電子国土の地図に加筆）

写真-4.3.8 には堆積した雪とそれを覆っている土砂の状況を、**写真-4.3.9** には堆積土砂の状況をそれぞれ示した。土砂と雪の堆積状況から判断すると、崩壊は雪崩発生後に生じたと推定される。また、堆積土砂の地質は、風化した礫岩、砂岩、泥岩、凝灰岩から成る。

写真-4.3.10 は、移動した雪混じり土砂の末端部の状況を示したものである。雪混じりの土砂は、国道 353 号を超え舟繋川に達した。



写真-4.3.7 堆積域中間部から見た崩壊地の全景

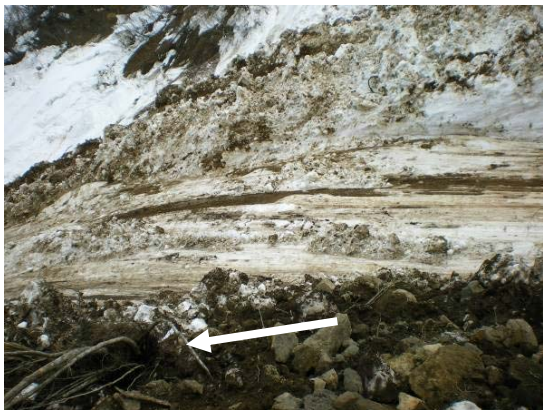


写真-4.3.8 雪に残った流下痕跡とそれを覆っている土砂の状況



写真-4.3.9 堆積域中間部付近の堆積土砂の状況（上流を望む）



写真-4.3.10 移動した雪混じり土砂の末端部の状況

4.3.3 新潟県十日町市松之山区中尾の地すべり

図-4.3.3 には、新潟県十日町市松之山区中尾で発生した地すべりの位置を示す。地すべりは、南西向き斜面で発生した。地すべりの規模は長さ約 170m、幅約 70m、滑落崖の高さ約 20mであり、移動距離は道路や民家の位置変化から約 40mと推定される。なお、斜面を構成する地質は、鮮新世の田麦川層のシルト岩である。

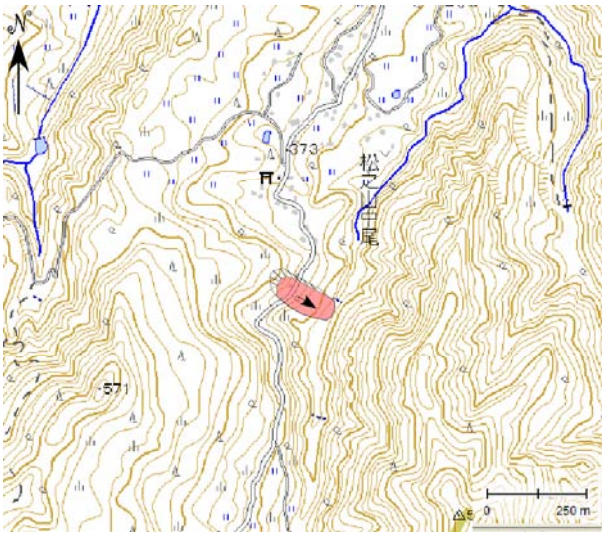


図-4.3.3 新潟県十日町市松之山区中尾で発生した地すべり（電子国土の地図に加筆）

写真-4.3.11、12 は、地すべりによる家屋の破壊状況を示したものである。地すべり斜面の頭部に位置する民家１戸の半分が、地すべりにより破壊された。また、地すべり斜面の中間部に位置する民家１戸が地すべり土塊とともに移動した。

写真-4.3.13 には、地すべり斜面下部の河道閉塞状況を示した。地すべり土塊により河道が閉塞した。その規模は、長さ約 100m、幅約 50mであり、湛水による小規模な池が形成された。



写真-4.3.11 地すべり斜面頭部の状況



写真-4.3.12 地すべり斜面中間部の状況



写真-4.3.13 地すべり斜面下部の河道閉塞状況

4.3.4 新潟県十日町市松之山区赤倉の地すべり

図-4.3.4 は、新潟県十日町市松之山区赤倉で発生した地すべりの位置を示したものである。地すべりの規模は、幅約 50m、長さ約 80m、滑落崖高さ 5～10mである。地すべりは、離れ山北側の東川に面した斜面で発生した。この地すべりは、周辺の地形の状況から推定すると、旧地すべりによる離れ山の一部が今回の地震により滑動したものと考えられる。

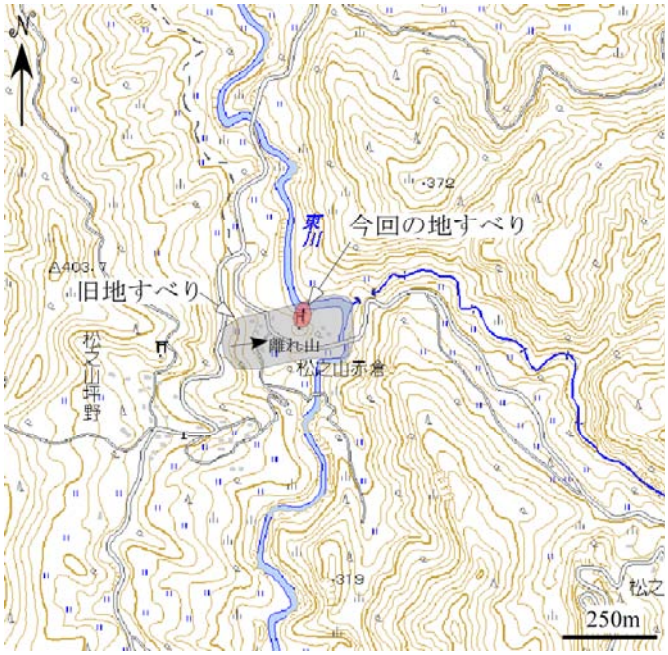


図-4.3.4 新潟県十日町市松之山区赤倉で発生した地すべり（電子国土の地図に加筆）

写真-4.3.14 には、滑落崖の露頭の状況を示した。基盤岩は塊状泥岩であるが、その上を破砕され風化した泥岩、砂岩及び円礫が覆っている。

写真-4.3.15 は地すべり斜面中間部の状況を、**写真-4.3.16** は地すべり斜面を、それぞれ示したものである。この地すべりにより神社が倒壊し、川が堰き止められた。調査時の川の水位は、川沿いの積雪に残る水位痕跡より 3～4m低くなっていた。なお、調査時は水路開削の作業が進行中であった。



写真-4.3.14 滑落崖の露頭の状況



写真-4.3.15 地すべり斜面中間部の状況



写真-4.3.16 地すべり斜面末端部の状況

4.3.5 新潟県十日町市松之山区月池の地すべり

図-4.3.5 には新潟県十日町市松之山区月池で発生した地すべりの位置を、**写真-4.3.17** には地すべりの全景をそれぞれ示した。この地すべりは、地すべり移動土塊の状況から判断すると岩盤地すべりと考えられる。地すべりの規模は幅約80m、長さ約 100mであり、移動距離は約 5mと推定される。

写真-4.3.18 は地すべり斜面末端部の状況を、**写真-4.3.19** は道路の亀裂の状況をそれぞれ示したものである。地すべりは道路脇の北向き斜面で発生した。国道 405 号は約 80mにわたり土砂に埋まり、道路の一部には幅数 cm の亀裂が生じた。

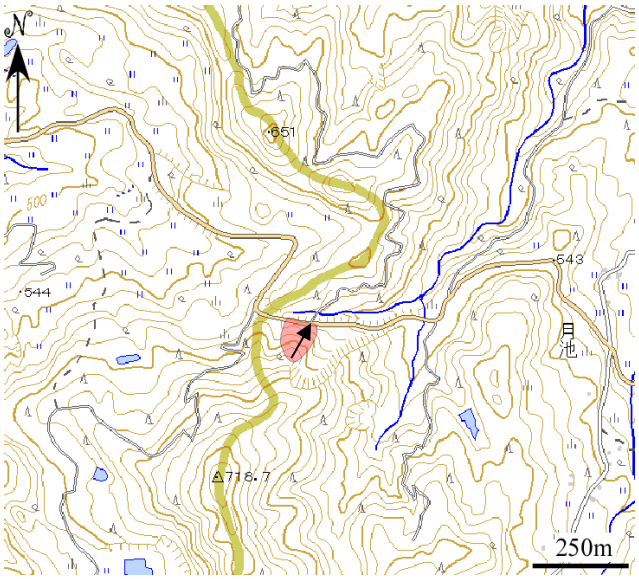


図-4.3.5 新潟県十日町市松之山区月池で発生した地すべり（電子国土の地図に加筆）

写真-4.3.20 は、道路脇の露頭を示した。地質は、鮮新世の東川層の亀裂が入った弱風化シルト岩である。



写真-4.3.17 地すべりの全景



写真-4.3.18 地すべり斜面末端部の状況



写真-4.3.19 路面の亀裂



写真-4.3.20 地すべり末端の露頭

4.3.6 新潟県津南町逆巻（さかさ）の落石

図-4.3.6 には新潟県津南町逆巻で発生した落石箇所を、**写真-4.3.21** には落石の状況をそれぞれ示した。直径3～4ｍの巨石３つが国道405号に落下し、国道の半分を塞いだ。落石を起こした斜面（路面から約 30ｍの高さ）には巨石が残っており、余震等による落下の可能性が懸念された。巨石は火山角礫岩から成り、硬質である。

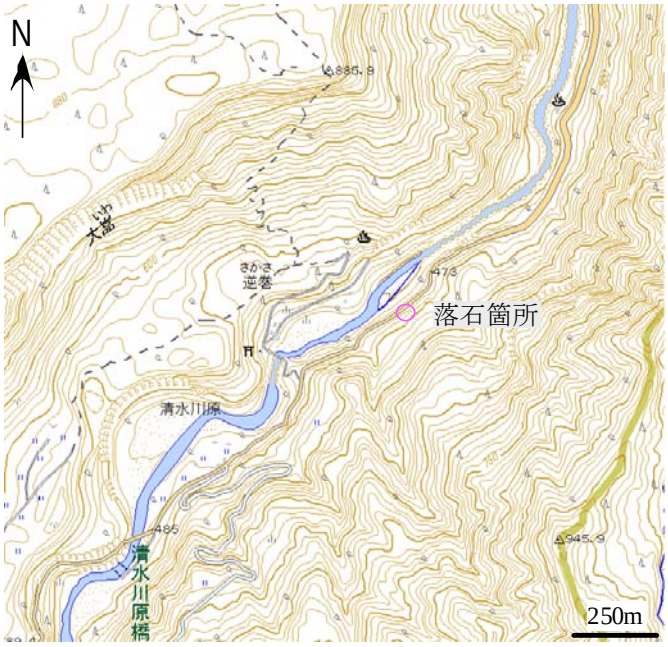


図-4.3.6 新潟県津南町逆巻で発生した落石箇所
（電子国土の地図に加筆）



写真-4.3.21 落石の状況

4.4 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。国土技術政策総合研究所危機管理技術研究センターでは、茨城県の要請を受け、3月14日に現地調査を行った。以下にその調査結果を記す。

4.4.1 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を生じた。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。

4.4.2 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。

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てなかった。

地震に伴う変状と見られるが、現在も移動が継続しているかどうかについては調査時点では不明であった。



写真-4.4.1 建物沿いに入ったクラック



写真-4.4.2 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-4.4.3 クラックが入っている



写真-4.4.4 駐車場にもクラックが入っている



写真-4.4.5 斜面下部に落下したのり枠工の破片



写真-4.4.6 擁壁工、のり枠工、積ブロック（擁壁に特に異常は見られず）



写真-4.4.7 擁壁工、のり枠工（擁壁に特に異常は見られず）

4.5 宮城県沿岸地域現地調査

国土技術政策総合研究所危機管理技術研究センター砂防研究室では、2011年4月7～8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。以下に結果を報告する。

4.5.1 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、および石巻市吉野町地区（治山事業）の法枠工の側部では今回の一連の地震に因ると見られる崩落・落石が確認されているが、法枠工の構造的な破損は見られないことより、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-4.5.1 法枠工右側の崩落（女川町）



写真-4.5.2 法枠工右側の崩落（石巻市）

4.5.2 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-4.5.3 擁壁工縦ズレ箇所



写真-4.5.4 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-4.5.5**）。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-4.5.6**）。この箇所はロックボルト等のアンカーは入っていないため、今後の余震による施設全体の安定性への影響が懸念される。



写真-4.5.5 法枠工脚部流出状況（川尻地区）



写真-4.5.6 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上流方向の斜面側に座屈していた。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-4.5.7 ストーンガード座屈状況



写真-4.5.8 擁壁工擦過痕

津波による湛水が到達した法枠内部は、表面の吹き付け基材が剥離・流失している部分は多く見られたが、ラスの損傷は殆ど見られず、現時点での機能低下はあまり起こっていないと考えられる（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る）。



写真-4.5.9 吹き付け基材剥離状況



写真-4.5.10 法枠内ラス拡大

石巻市のような平地が広い地域では、津波による施設の脚部侵食は甚大になる可能性は少ないが、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、その程度と施設全体の安定性を確認・評価する必要がある。

4.5.3 女川町堀切山特定利用斜面保全事業個所の状況

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。

台地南側の老人福祉センター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。一方、台地東側（海側）の鋼製柵および生垣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は２箇所とも破損せず残っていた。



写真-4.5.11 堀切山特定利用斜面概況



写真-4.5.12 老人福祉センター浸水痕（ポール先端部）



写真-4.5.13 老人福祉センター南側壁面



写真-4.5.14 台地東側鉄鋼柵および生垣



写真-4.5.15 津波避難用鋼製階段

4.6 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 7.1（気象庁暫定値）の地震が発生した。震源の深さは 10 km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。国土技術政策総合研究所危機管理技術研究センター砂防研究室および土木研究所火山・土石流チームでは、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。

4.6.1 崩壊諸元

崩壊地の全景を**写真-4.6.1** に、概略図を**図-4.6.1** にそれぞれ示す。



写真-4.6.1 崩壊全景

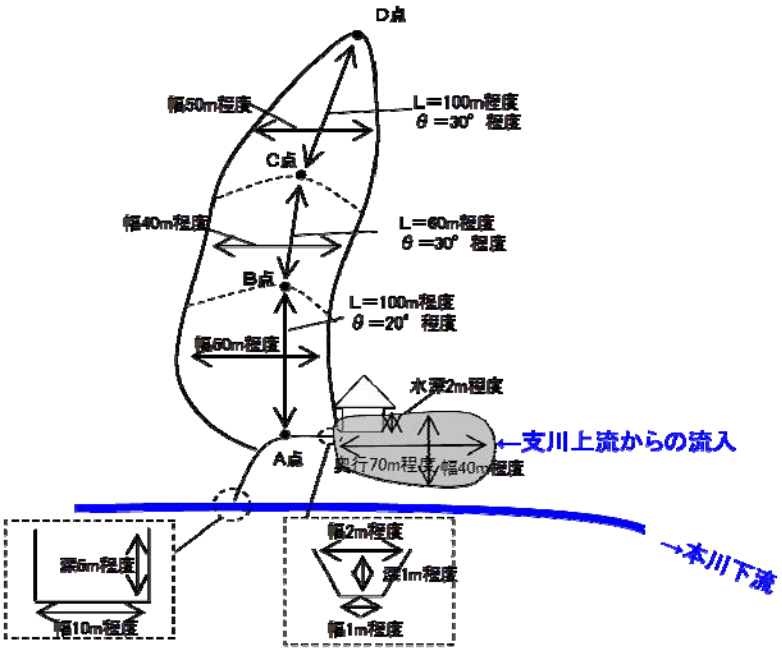


図-4.6.1 崩壊地概略図

4.6.2 崩壊概況

崩壊は尾根部が、深さ４～５ｍ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。崩壊頭部から比高差 150m程度下の位置までの土塊が崩壊している。この 150m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）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）テラス状地形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ことから、運動形態は「すべり」であったと考えられる。



写真-4.6.2 崩壊源頭部（中央部に露岩が見られる）



写真-4.6.3 左側の谷地形と摺り付き部



写真-4.6.4 テラス状地に並ぶ切り株

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。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、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）。



写真-4.6.5 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-4.6.6 テラスにおける崩壊土砂

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、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、根系下部面の表層土が降雨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・滑落の主因と考えてよい。

レーザー測距による計測結果から全崩壊土砂量 2 万 5 千 m^3 程度（内訳として、崩壊残土 2 万 2 千 m^3 程度、河道閉塞を引き起こした土砂量 3 千 m^3 程度）と推測される。鮫川本川への土砂流出は見られなかった。



写真-4.6.7 根系長の浅い切り株



写真-4.6.8 頂部に近い斜面内の切り株
（頂部から撮影）

4.6.3 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。

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。

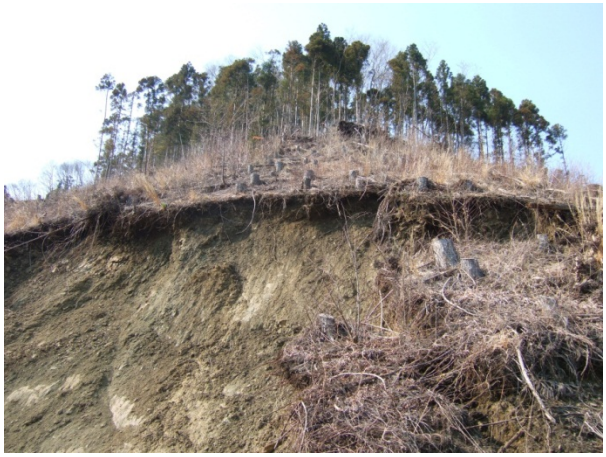


写真-4.6.9 最上部右側落ち残りのブロック



写真-4.6.10 斜面左側の作業道に見られたクラック

4.6.4 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を含めて河道を閉塞した。土砂量は 3000m^{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。流路工（深さ 3m 程度、幅 3m 程度）が土砂で完全に閉塞していた。湛水量は 5600m^{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）。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-4.6.11 崩壊地中腹から見た河道閉塞

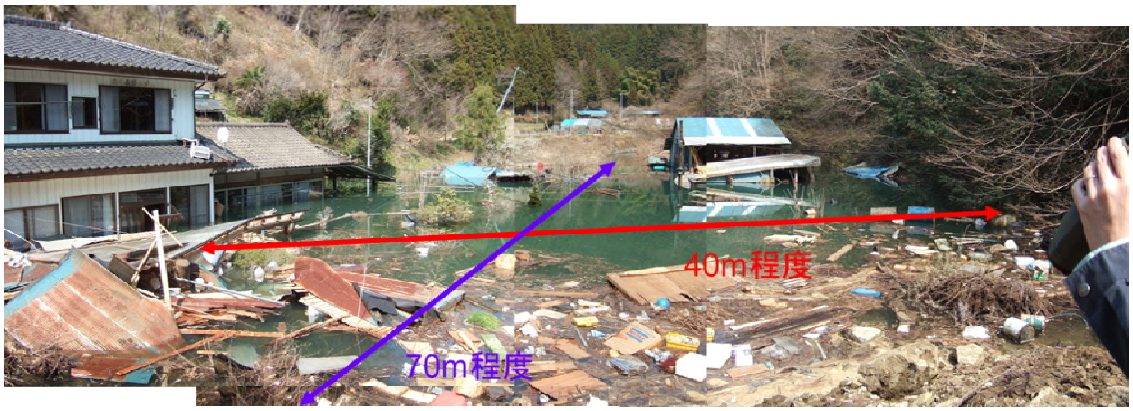


写真-4.6.12 湛水池の状況



写真-4.6.13 開削された水路の断面（写真奥側下流）

4.7 まとめと今後の土砂災害に関する留意点

①今回の地震によって発生した土砂災害の９割以上は、がけ崩れ・地すべりであったが、融雪水等によって崩壊土砂が湿潤になっている場合は流動して土石流化するものもあった。

②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。

③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。

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。

⑥繰り返しの地震によって、急勾配の風化岩斜面等では、小さな震度（加速度）によっても崩壊する可能性が高まっていると考えられることから、加えて、降雨による崩壊も発生し易くなっていると考えて警戒すべきである。

⑦これまでは、砂防関係施設の被害は軽微であるが、繰り返し地震動を受けることでダメージが進行する可能性があるため、引き続き土砂災害危険箇所における監視活動を行うべきである。

⑧斜面崩壊に対してクリティカルな地震動の条件を分析して、今後の震後点検の効率化等に活かす必要がある。

5．津波と海岸施設

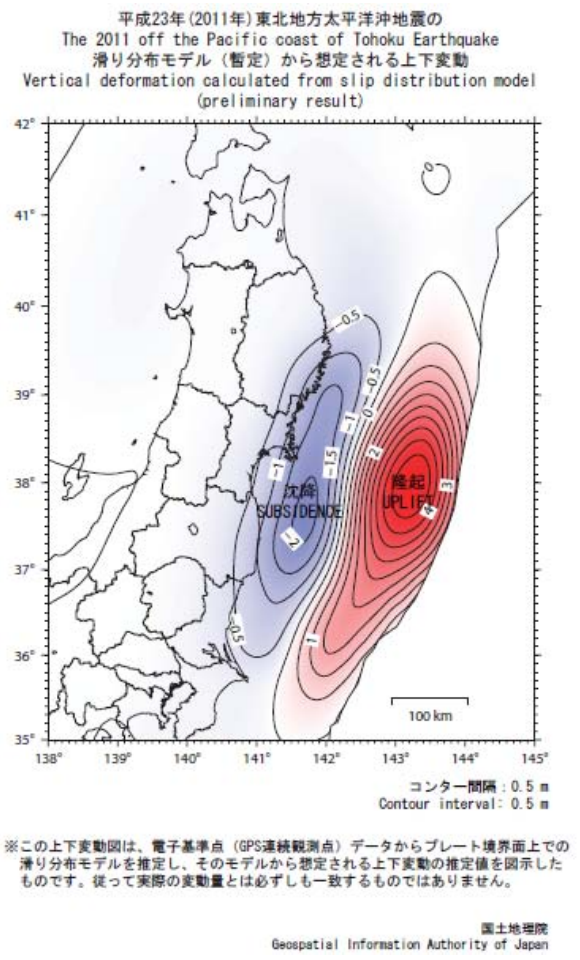
5.1 概　要

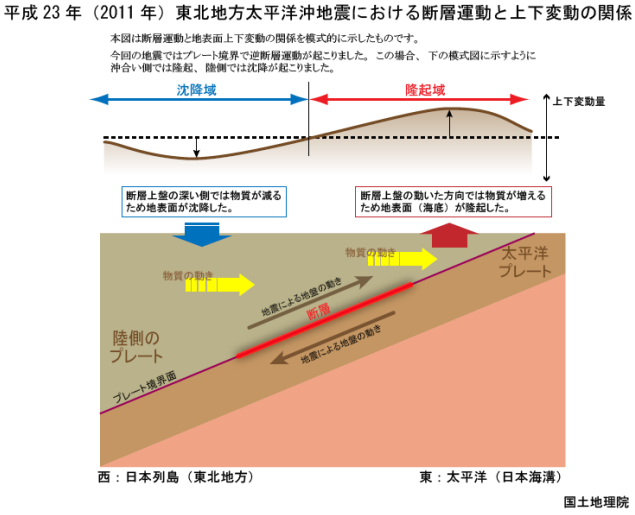
(1) 津波

国土地理院の浸水範囲概要図[1]によれば、津波による浸水被害は青森県東通村から千葉県一宮町まで確認できる。

津波の遡上・浸水痕跡調査は、土木学会海岸工学委員会・地球惑星連合等の関係者が東北地方太平洋沖地震津波合同調査グループを結成し、調査データを集約している[2]。国土技術政策総合研究所、東北地方整備局、岩手県が測定した痕跡調査結果もそこに含まれている。その結果によれば、岩手県から福島県まで津波の遡上高、浸水高が10mを超えている。

今回の津波の波源は、岩手県から福島県にかけて延長が長くかつ海底地盤変動も広範囲にわたっている[3]。このため、岩手県・宮城県では陸地が沈降域と重なり津波来襲前に地盤の沈下も生じたことも特徴である。





仙台平野等で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。その結果、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がわ

かった。合同調査グループの調査結果をもとに同様の整理を三陸地域の陸前高田、田老で行ったところ、平野部とは対象的に、三陸地域のような遡上域が短い場所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。

一般被害では、死者・行方不明者数が多い市町村は、岩手県宮古市から福島県いわき市にかけてであり、津波の遡上高・浸水高が10m以上を記録した範囲の中である。

(2) 海岸施設被害

海岸施設被害は、北海道から千葉県まで報告があった。

特に被害が激しいのは、岩手、宮城、福島の３県である。空中写真による判読によれば、この3県では、海岸堤防約300kmのうち、190kmが全壊・半壊している[4)]。海岸堤防の破堤全壊が発生しているのも主としてこの範囲内である。青森県では水門脇や堤防施工端で引き波の戻り流れが集中した跡が見られるがそのほかの堤防被災は部分破壊であり、茨城県、千葉県では全て部分破壊であった。福島県いわき市以南では地震によると思われる被害も見られた。

半壊堤防が果たした減災効果を試算するため仙台平野において浸水シミュレーションを行った。堤防が全く効果を発揮しない場合に150.5km^2（水深2m以上）、83.07km^2（水深5m以上）と計算される浸水面積を141.5km^2（水深2m以上）、60.45km^2（水深5m以上）に減少させる効果があると推定された。

5.2 津波及び海岸施設の被害

5.2.1 津波被害の分布

青森県から千葉県に至る沿岸市町村の津波被害況を**表-5.2.1**及び**図-5.2.1～図-5.2.6**にまとめた。浸水面積は国土地理院調査による。死者・行方不明者数・家屋倒壊数は、各県の災害対策本部被害状況集計値（5/27～30）を用いた[5)～10)]。

国土地理院の浸水範囲概要図[1)]によれば、津波による浸水は、北は青森県東通村白糠漁港海岸背後、南は千葉県一宮町九十九里1号海岸背後まで確認できる。沿岸市町村別浸水面積もまとめられている[11)]。このうち浸水面積が10km^{2}以上の市町村は北から、三陸地域に位置する岩手県宮古市（10km^2）、陸前高田市（13km^2）、宮城県気仙沼市（18km^2）、南三陸町（10km^2）、平野部地域に位置する宮城県石巻市（73km^2）等7市町、福島県新地町（11km^2）から南相馬市（39km^2）までの3市町、福島県いわき市（15km^2）の計15市町である。

人的被害（死者・行方不明者数）については岩手県宮古市から宮城県東松島市までの11市町村、宮城県多賀城市から福島県浪江町までの10市町村と福島県いわき市を合わせて22市町において100人を超えている。このうちの19市町では家屋倒壊数も1,000棟を超えており、特に被害の大きい市町といえる。

図-5.2.7に示すとおり被害の大きかった岩手県宮古市から福島県いわき市は津波痕跡遡上高・浸水高が10m以上の来襲津波が大きかった範囲に入っている。



図-5.2.1 青森県被害状況



図-5.2.2 岩手県被害状況

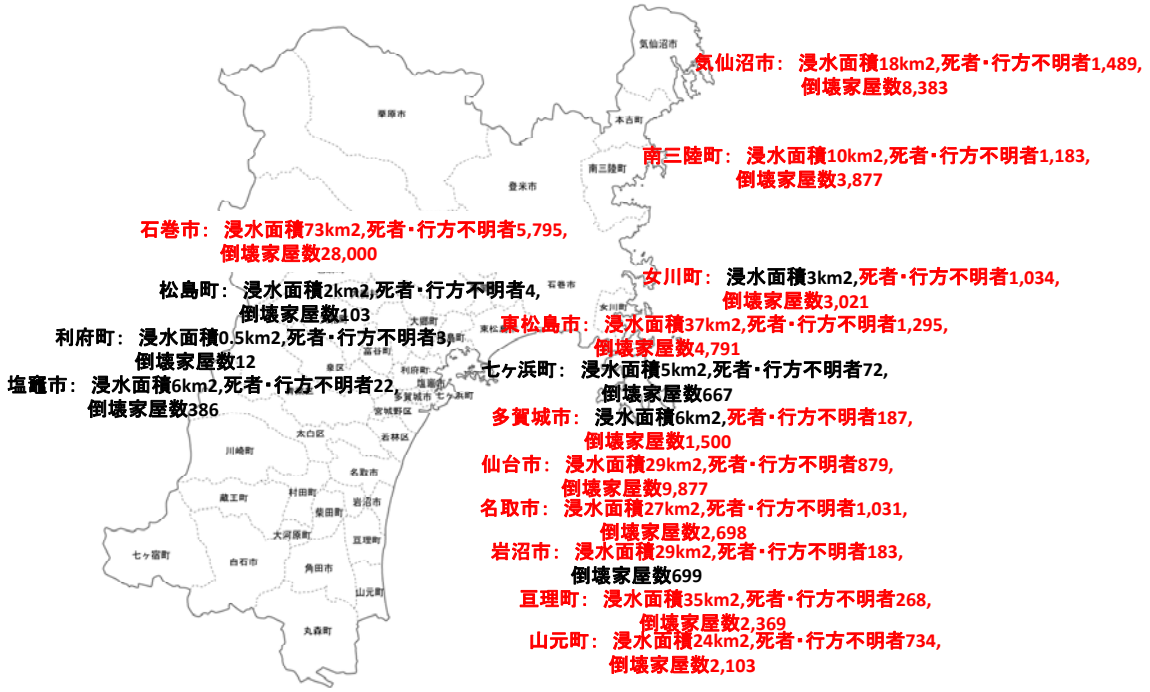


図-5.2.3 宮城県被害状況



図-5.2.4 福島県被害状況



図-5.2.5 茨城県被害状況



銚子市： 浸水面積1km2,死者・行方不明者0,
倒壊家屋数28

旭市： 浸水面積3km2,死者・行方不明者13,
倒壊家屋数332

匝瑳市： 浸水面積1km2,死者・行方不明者0,
倒壊家屋数6

横芝光町： 浸水面積1km2,死者・行方不明者0,
倒壊家屋数6

山武市： 浸水面積6km2,死者・行方不明者1,
倒壊家屋数35

九十九里町： 浸水面積2km2,死者・行方不明者0,
倒壊家屋数

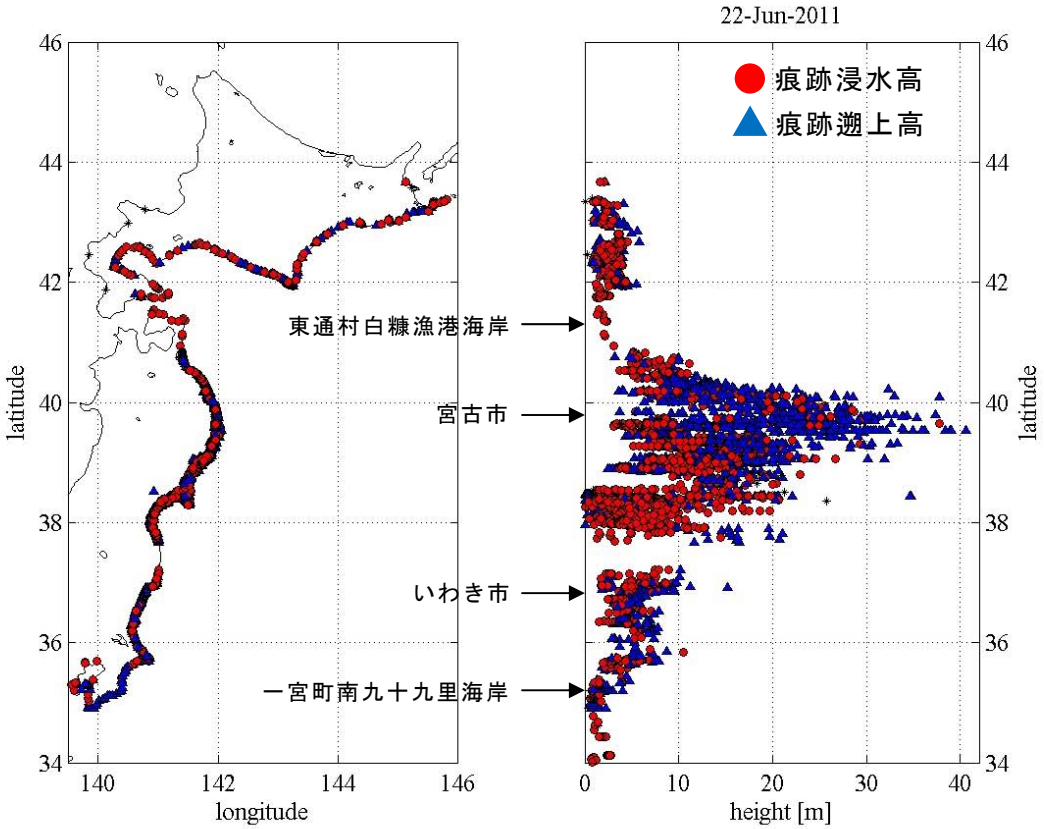
大網白里町： 浸水面積0.5km2,死者・行方不明者0,
倒壊家屋数1

白子町： 浸水面積1km2,死者・行方不明者1,
倒壊家屋数1

長生村： 浸水面積1km2,死者・行方不明者0,
倒壊家屋数

一宮町： 浸水面積1km2,死者・行方不明者0,
倒壊家屋数

図-5.2.6　千葉県被害状況



※東北地方太平洋沖地震津波合同調査グループ調査結果速報(6 月 22 日)に加筆

図-5.2.7 津波痕跡標高分布と被害甚大地域の比較

表-5.2.1 市町村別被害状況(2011年5月27～30日現在)

		2011東日本大震災							1896明治三陸		1933昭和三陸		
		浸水面積(km2)※1	人口 ※2	死者数 ※3	行方不明者数 ※3	死者・行方不明者数計	家屋倒壊数 ※3		死者 ※4	流失・全壊 ※4	死者 ※5	行方不明者 ※5	計
青森			346,096	3	1	4	281		316	534			
	東通村		8,042	0	0	0	0	青森県災					
	六ケ所村	5	11,401	0	0	0	0	害対策本					
	三沢市	6	42,425	2	0	2	19	部5/30					
	おいらせ町	3	24,172	0	0	0	25	16:00					
	八戸市	9	244,700	1	1	2	225	※3					
	階上村	0.5	15,356	0	0	0	12						
岩手			291,132	4,500	2,882	7,382	23,457		18,158	5,617	1,380	696	2,076
	洋野町	1	19,524	0	0	0	26						
	久慈市	4	39,141	2	2	4	259						
	野田村	2	5,019	38	0	38	476						
	普代村	1	3,358	0	1	1	0	岩手県災					
	田野畑村	1	4,241	14	22	36	270	対本部					
	岩泉町	1	11,914	7	0	7	197	5/29					
	宮古市	10	60,250	415	355	770	4,675	17:00					
	山田町	5	20,142	575	296	871	3,184	※3					
	大槌町	4	16,516	773	952	1,725	3,677						
	釜石市	7	42,987	853	453	1,306	3,723						
	大船渡市	8	43,331	317	149	466	3,629						
	陸前高田市	13	24,709	1,506	652	2,158	3,341						
宮城			663,398	9,004	5,175	14,179	68,486		3,446	1,123	165	141	306
	気仙沼市	18	66,423	957	532	1,489	8,383						
	南三陸町	10	18,645	519	664	1,183	3,877						
	石巻市	73	167,324	3,025	2,770	5,795	28,000						
	女川町	3	10,723	479	555	1,034	3,021						
	東松島市	37	43,235	1,038	257	1,295	4,791						
	松島町	2	16,193	2	2	4	103	宮城県災					
	利府町	0.5	32,257	1	2	3	12	対本部					
	塩竈市	6	59,357	21	1	22	386	5/30					
	七ヶ浜町	5	21,068	65	7	72	667	18:00					
	多賀城市	6	62,745	186	1	187	1,500	※3					
	仙台市	29		699	180	879	9,877						
	名取市	27	68,662	907	124	1,031	2,698						
	岩沼市	29	43,921	180	3	183	699						
	亘理町	35	35,132	254	14	268	2,369						
	山元町	24	17,713	671	63	734	2,103						
三陸部計(宮城県)※6				1,955	1,751	3,706	15,281						
三陸部計				6,455	4,633	11,088	38,738		21,604				2,382

※1　国土地理院市区町村別浸水面積概略値(4/18)　　※2統計で見る市区町村の姿2010　　※6気仙沼市、南三陸町、女川町の合計
※3　青森県、岩手県、宮城県、福島県、茨城県、千葉県の災害対策本部被害集計より
※4　中央防災会議災害教訓の継承に関する専門調査会　明治三陸地震津波報告書　第3章より　平成17年3月　pp36
※5　群馬大学HP津波文献内にある被害記録表 一覧　宮城県下の被害 『三陸大震災史』(1933)　三陸大震災史刊行会

表-5.2.1 市町村別被害状況(2011年5月27～30日現在)

		2011東日本大震災							1896明治三陸		1933昭和三陸		
		浸水面積(km2)※1	人口※2	死者数※3	行方不明者数※3	死者・行方不明者数計	家屋倒壊数※3		死者※4	流失・全壊※4	死者※5	行方不明者※5	計
福島			543,951	1,522	417	1,939	11,824						
	新地町	11	8,584	94	20	114	548						
	相馬市	29	38,630	429	28	457	1,120						
	南相馬市	39	72,837	540	166	706	4,682	福島県災害対策本部 5/30 15:00 ※3					
	浪江町	6	21,615	55	125	180							
	双葉町	3	7,170	26	9	35	58						
	大熊町	2	10,992	52	5	57	30						
	富岡町	1	15,910	8	12	20							
	楢葉町	3	8,188	11	2	13	50						
	広野町	2	5,533	2	1	3	102						
	いわき市	15	354,492	305	49	354	5,234						
茨城県			697,445	14		14	1,137						
	北茨城市	3	49,645	5		5	217						
	高萩市	1	32,932	1		1	95	茨城県災害対策本部 5/27 9:00 ※3					
	日立市	4	199,218	0		0	336						
	東海村	3	35,450	4		4	39						
	ひたちなか市	3	153,639	2		2	70						
	大洗町	2	19,205	1		1	4						
	鉾田市	2	51,054	0		0	73						
	鹿嶋市	3	64,435	1		1	177						
	神栖市	3	91,867	0		0	126						
千葉県			380,360	15	0	15	409						
	銚子市	1	75,020			0	28						
	旭市	3	70,643	13		13	332						
	匝瑳市	1	42,086			0	6						
	横芝光町	1	25,981			0	6	千葉県防災危機管理監防災危機管理課 平成23年5月30日15時00現在 ※3					
	山武市	6	59,024	1		1	35						
	九十九里町	2	19,009			0							
	大網白里町	0.5	49,548			0	1						
	白子町	1	12,850	1		1	1						
	長生村	1	14,543			0							
	一宮町	1	11,656			0							

※1　国土地理院市区町村別浸水面積概略値(4/18)　　※2統計で見る市区町村の姿2010　　※6気仙沼市、南三陸町、女川町の合計

※3　青森県、岩手県、宮城県、福島県、茨城県、千葉県の災害対策本部被害集計より

※4　中央防災会議災害教訓の継承に関する専門調査会　明治三陸地震津波報告書　第3章より　平成17年3月　pp36

※5　群馬大学HP津波文献内にある被害記録表 一覧　宮城県下の被害 『三陸大震災史』(1933)　三陸大震災史刊行会

5.2.2 痕跡調査による津波遡上特性の把握

(1) 痕跡調査

津波直後の3月19～20日に、仙台平野において海岸研究室直営で津波痕跡調査を行った。測定は地面から痕跡までの高さすなわち水深を測定し、地面の高さをLP測量データ等で読み取り測定した水深を足して津波痕跡の標高を得た。仙台平野については地盤の高さは震災後のLP測量データを用いているので地盤沈下も考慮されているものである。仙台河川国道事務所が実施する痕跡調査3月30日～4月7日の技術指導を行い、仙台平野内の痕跡データを補完した。国総研と仙台河川国道事務所合わせた測定結果を**表－5.2.2**に示す。仙台河川国道事務所の痕跡調査は、石巻平野、北上川下流においても実施した。測定結果を**表－5.2.3**、**5.2.4**に示す。

(2) 津波遡上痕跡特性の把握（仙台平野、石巻平野）

測定した痕跡調査結果をもとに、仙台平野、石巻平野において津波痕跡水深及び痕跡標高の遡上方向分布を整理した。結果を**図-5.2.8**～**図-5.2.29**に示す。**図-5.2.8**は仙台平野における直営と仙台河川国道事務所の痕跡水深測定結果すべてを横軸に堤防からの距離をとってプロットしたものである。図から痕跡水深が遡上方向に減衰していることがわかる。**図-5.2.9**に示す16の遡上方向測線で痕跡標高の断面分布図を作成した。結果を**図-5.2.10**～**図-5.2.25**に示す。**図-5.2.10**の仙台新港背後測線から**図-5.2.21**の吉田浜測線までは痕跡標高も遡上方向に減衰していることが読み取れる。**図-5.2.22**の笠野海岸測線から**図-5.2.25**の磯浜漁港測線までは遡上に伴う減衰が見られなくなる。これは、平地が狭くなり遡上距離が短くなるためと考えられる。

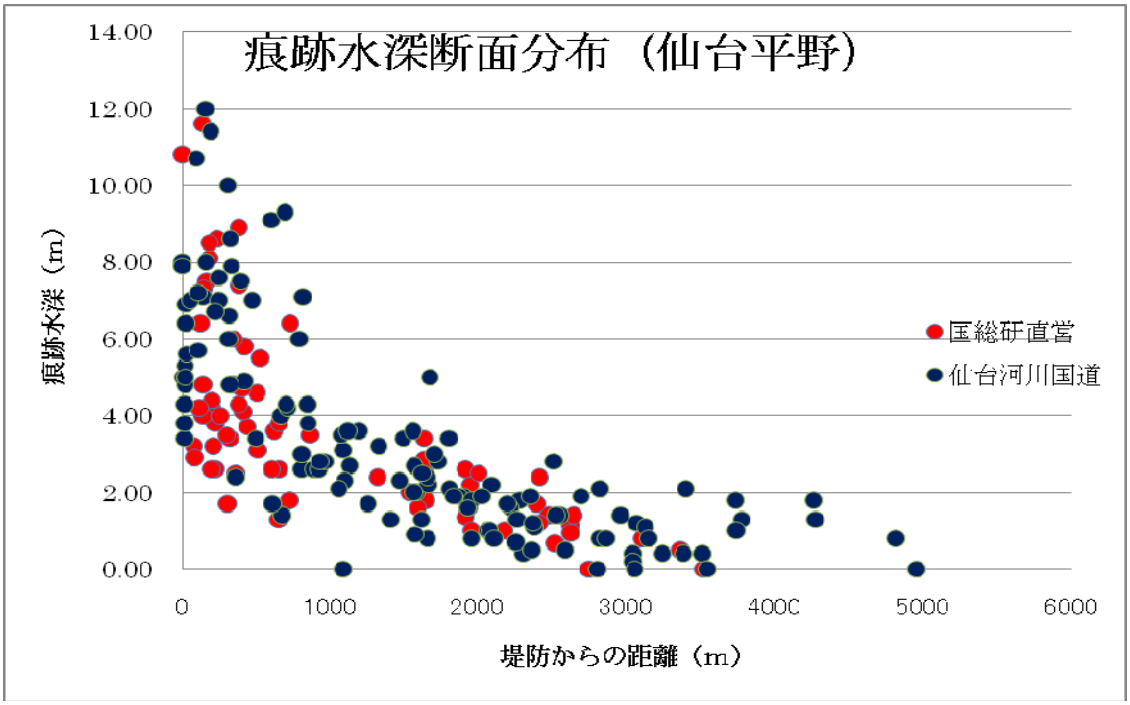


図-5.2.8 仙台平野の痕跡水深断面分布

表-5.2.2 痕調査結果（仙台平野）

地点番号	地名	北緯			東経			年/月/日	時刻	現地調査			調査グループ	備考	潮位補正								沿岸方向距離(km)
										測定高	津波高	汀線からの			測定時の	最大波発生日時(予想)		最大波発生時(予想)	潮位補正の	潮位補正後の高さ	痕跡標高		陸側起点からの距離
		度	分	秒	度	分	秒			a (m)	の種類*1	測定距離 (m)			潮位 b (m)	年/月/日	時刻	の潮位 c (m)	参照地点	a+b−c (m)	(T.P.m)	観測者	(km)
−2−1	仙台新港背後	38	17	10.5	141	1	49.1	2011/4/4	8:28	2.70	I	1564	製油所事務所の壁面痕跡	泥	A	国土交通省仙台河川国道事務所	「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高(**被災後LPデータ**)を記載	2.29	3月11日	15:30	−0.440	港積(塩釜)	5.43	5.0	s	
−2−2	仙台新港背後	38	17	18.9	141	1	44.8	2011/4/4	8:37	3.40	I	1800	多賀城八幡ポンプ場の壁面痕跡	泥	A	国土交通省仙台河川国道事務所	「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高(**被災後LPデータ**)を記載	−0.10	3月11日	15:30	−0.440	港積(塩釜)	3.74	3.3	s	
−2−3	仙台新港背後	38	17	33.1	141	0	58.6	2011/4/4	8:51	1.20	I	3060	看板壁面痕跡	泥	A	国土交通省仙台河川国道事務所	「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高(**被災後LPデータ**)を記載	1.64	3月11日	15:30	−0.440	港積(塩釜)	3.28	2.8	s	
−2−4	仙台新港背後	38	17	30.5	141	0	41.3	2011/4/4	8:56	2.10	I	3396	民家痕跡	泥	A	国土交通省仙台河川国道事務所	「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高(**被災後LPデータ**)を記載	1.02	3月11日	15:30	−0.440	港積(塩釜)	3.56	3.1	s	
−2−5	仙台新港背後	38	17	21.3	141	0	19.8	2011/4/4	9:05	1.80	I	3732	民家痕跡	泥	A	国土交通省仙台河川国道事務所	「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高(**被災後LPデータ**)を記載	1.22	3月11日	15:30	−0.440	港積(塩釜)	3.46	3.0	s	
−2−6	仙台新港背後	38	17	13.7	141	0	15.2	2011/4/4	9:15	1.30	I	3773	トイレの壁面痕跡	泥	A	国土交通省仙台河川国道事務所	「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高(**被災後LPデータ**)を記載	2.18	3月11日	15:30	−0.440	港積(塩釜)	3.92	3.5	s	
−2−7	仙台新港背後	38	17	15.5	140	59	55.5	2011/4/4	9:21	1.80	I	4257	民家の壁面痕跡	泥	A	国土交通省仙台河川国道事務所	「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高(**被災後LPデータ**)を記載	1.99	3月11日	15:30	−0.440	港積(塩釜)	4.23	3.8	s	
−2−8	仙台新港背後	38	17	5.9	140	59	52.6	2011/4/4	9:30	1.30	I	4267	パチンコ店の壁面痕跡	泥	A	国土交通省仙台河川国道事務所	「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高(**被災後LPデータ**)を記載	2.49	3月11日	15:30	−0.440	港積(塩釜)	4.23	3.8	s	
−2−9	仙台新港背後	38	17	6.6	140	59	35.9	2011/4/4	9:42	0.80	I	4813	高速橋脚の壁面痕跡	泥	A	国土交通省仙台河川国道事務所	「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高(**国土地理院50mメッシュ数値地図**)を記載	2.00	3月11日	15:30	−0.440	港積(塩釜)	3.24	2.8	s	
−2−10	仙台新港背後	38	17	27.4	140	59	29.6	2011/4/4	9:58	0.00	R	4951	遡上端と想定される領域	-	A	国土交通省仙台河川国道事務所	「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高(**国土地理院50mメッシュ数値地図**)を記載	2.00	3月11日	15:30	−0.440	港積(塩釜)	2.44	2.0	s	
−1−1	七北田側左岸	38	15	19.1	141	0	30.2	2011/4/4	12:25	7.60	I	247	海岸背後の保安林	枝の損傷	A	国土交通省仙台河川国道事務所	「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高(**被災後LPデータ**)を記載	0.96	3月11日	15:30	−0.440	港積(塩釜)	9.00	8.6	s	41
−1−2	七北田側左岸	38	15	25.7	141	0	7.2	2011/4/4	10:55	3.80	I	850	小学校の壁面痕跡	泥	A	国土交通省仙台河川国道事務所	「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高(**被災後LPデータ**)を記載	2.42	3月11日	15:30	−0.440	港積(塩釜)	6.66	6.2	s	
−1−3	七北田側左岸	38	15	31.6	140	59	49.2	2011/4/4	11:02	3.20	I	1327	中野コミュニティーセンターの壁面痕跡	泥	A	国土交通省仙台河川国道事務所	「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高(**被災後LPデータ**)を記載	1.22	3月11日	15:30	−0.440	港積(塩釜)	4.86	4.4	s	
−1−4	七北田側左岸	38	15	37.2	140	59	26.7	2011/4/4	11:12	1.90	I	1895	工場壁面の痕跡	泥	A	国土交通省仙台河川国道事務所	「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高(**被災後LPデータ**)を記載	2.09	3月11日	15:30	−0.440	港積(塩釜)	4.43	4.0	s	
−1−5	七北田側左岸	38	15	41.2	140	59	7.9	2011/4/4	11:19	1.10	I	2373	中野新町案内図の痕跡	泥	A	国土交通省仙台河川国道事務所	「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高(**被災後LPデータ**)を記載	1.93	3月11日	15:30	−0.440	港積(塩釜)	3.47	3.0	s	
MG01−4	仙台港臨港団地④	38	15	46.0	140	59	17.8	2011/3/19	13:14	1.40	I	2470	道路に駐車中の四駆車（車高1.84m）のドアミラー上	泥	A	国総研	地面からの高さ(「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高を記載)	1.90	3月11日	15:30	−0.440	港積(塩釜)	3.74	3.3		
MG01−5	仙台港臨港団地⑤	38	15	46.3	140	59	18.0	2011/3/19	13:14	0.67	I	2510	道路北側（自販機）	泥	A	国総研	地面からの高さ(「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高を記載)	2.20	3月11日	15:30	−0.440	港積(塩釜)	3.31	2.9		
−1−6	七北田側左岸	38	15	44.9	140	59	2.0	2011/4/4	11:34	1.40	I	2549	工場壁面の痕跡	泥	A	国土交通省仙台河川国道事務所	「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高(**被災後LPデータ**)を記載	1.44	3月11日	15:30	−0.440	港積(塩釜)	3.28	2.8	s	
MG01−1	仙台港臨港団地①	38	15	47.5	140	59	13.6	2011/3/19	13:07	1.15	I	2620	道路南側街灯	泥	A	国総研	地面からの高さ(「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高を記載)	1.90	3月11日	15:30	−0.440	港積(塩釜)	3.49	3.1		
MG01−2	仙台港臨港団地②	38	15	46.9	140	59	13.1	2011/3/19	13:08	0.95	I	2620	スーパーハウス屋さん	泥	A	国総研	地面からの高さ(「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高を記載)	2.00	3月11日	15:30	−0.440	港積(塩釜)	3.39	3.0		
MG01−3	仙台港臨港団地③	38	15	47.2	140	59	12.2	2011/3/19	13:10	1.40	I	2640	スーパーハウス屋さん	草	A	国総研	地面からの高さ(「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高を記載)	1.60	3月11日	15:30	−0.440	港積(塩釜)	3.44	3.0		
−1−8	七北田側左岸	38	15	49.9	140	58	38.4	2011/4/4	12:01	1.10	I	3125	高砂中学校の部室壁面痕跡	泥	A	国土交通省仙台河川国道事務所	「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高(**被災後LPデータ**)を記載	1.67	3月11日	15:30	−0.440	港積(塩釜)	3.21	2.8	s	
−1−7	七北田側左岸	38	15	53.7	140	58	35.3	2011/4/4	11:57	0.40	I	3238	高砂中学校の校舎壁面痕跡	泥	A	国土交通省仙台河川国道事務所	「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高(**被災後LPデータ**)を記載	2.31	3月11日	15:30	−0.440	港積(塩釜)	3.15	2.7	s	
1−3	七北田側右岸	38	14	55.4	141	0	23.7	2011/3/29	9:01	11.40	I	194	建造物の窓の痕跡	2F窓ガラスの破損	A	国土交通省仙台河川国道事務所	「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高(**被災後LPデータ**)を記載	3.04	3月11日	15:30	−0.440	港積(塩釜)	14.88	14.4	n	40.19
1−1	七北田側右岸	38	14	43.5	141	0	8.2	2011/3/29	8:20	10.00	I	309	海岸背後の保安林	枝の損傷	A	国土交通省仙台河川国道事務所	「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高(**被災後LPデータ**)を記載	2.48	3月11日	15:30	−0.440	港積(塩釜)	12.92	12.5	n	40.16
1−2	七北田側右岸	38	14	44.1	141	0	8.3	2011/3/29	8:32	6.60	I	317	建造物の窓の痕跡	2F窓ガラスの破損	A	国土交通省仙台河川国道事務所	「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高(**被災後LPデータ**)を記載	2.43	3月11日	15:30	−0.440	港積(塩釜)	9.47	9.0	n	40.2
MG05−8	仙台市南蒲生浄化センター	38	14	50.1	141	0	15.4	2011/3/19	15:13	4.30	I	380	建屋西壁面	泥	B	国総研	地面からの高さ(「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高を記載)	2.20	3月11日	15:30	−0.440	港積(塩釜)	6.94	6.5		39.7
MG05−7	仙台市南蒲生浄化センター	38	14	51.4	141	0	14.6	2011/3/19	15:05	4.10	I	410	危険物conタンク	汚れ	A	国総研	地面からの高さ(「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高を記載)	2.30	3月11日	15:30	−0.440	港積(塩釜)	6.84	6.4		
MG05−6	仙台市南蒲生浄化センター	38	14	59.6	141	0	22.1	2011/3/19	14:31	5.80	I	420	建屋東壁面	汚れ	A	国総研	地面からの高さ(「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高を記載)	3.00	3月11日	15:30	−0.440	港積(塩釜)	9.24	8.8		39.7
MG05−5	仙台市南蒲生浄化センター	38	14	58.0	141	0	19.7	2011/3/19	14:27	3.70	I	440	建屋西壁面	泥	A	国総研	地面からの高さ(「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高を記載)	3.20	3月11日	15:30	−0.440	港積(塩釜)	7.34	6.9		
MG05−4	仙台市南蒲生浄化センター	38	14	58.1	141	0	15.8	2011/3/19	14:23	3.10	I	510	建屋西壁面	草混じり泥	A	国総研	地面からの高さ(「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高を記載)	3.30	3月11日	15:30	−0.440	港積(塩釜)	6.84	6.4		
MG05−3	仙台市南蒲生浄化センター	38	14	58.7	141	0	10.9	2011/3/19	14:19	3.60	I	620	建屋東壁面	傷	A	国総研	地面からの高さ(「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高を記載)	2.90	3月11日	15:30	−0.440	港積(塩釜)	6.94	6.5		
MG05−1	仙台市南蒲生浄化センター	38	14	59.0	141	0	9.3	2011/3/19	14:14	1.30	I	650	建屋南壁面	泥	A	国総研	地面からの高さ(「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高を記載)	2.80	3月11日	15:30	−0.440	港積(塩釜)	4.54	4.1		
MG05−2	仙台市南蒲生浄化センター	38	15	0.8	141	0	9.7	2011/3/19	14:16	1.50	I	670	フェンス	草	A	国総研	地面からの高さ(「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高を記載)	2.00	3月11日	15:30	−0.440	港積(塩釜)	3.94	3.5		
MG04−6	仙台市岡田ポンプ場向かい電柱	38	14	55.8	140	59	20.8	2011/3/19	14:03	1.60	I	1590	電柱	シミ	B	国総研	地面からの高さ(「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高を記載)	0.60	3月11日	15:30	−0.440	港積(塩釜)	2.64	2.2		
MG04−2	仙台市岡田ポンプ場	38	14	57.0	140	59	20.1	2011/3/19	13:57	2.65	I	1620	東面中央	泥	A	国総研	地面からの高さ(「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高を記載)	0.80	3月11日	15:30	−0.440	港積(塩釜)	3.89	3.5		
MG04−1	仙台市岡田ポンプ場	38	14	56.7	140	59	19.7	2011/3/19	13:56	2.60	I	1630	南面	泥	A	国総研	地面からの高さ(「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高を記載)	0.80	3月11日	15:30	−0.440	港積(塩釜)	3.84	3.4		
MG04−3	仙台市岡田ポンプ場	38	14	57.4	140	59	20.5	2011/3/19	13:58	2.85	I	1630	東面北	泥	A	国総研	地面からの高さ(「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高を記載)	0.80	3月11日	15:30	−0.440	港積(塩釜)	4.09	3.7		
MG04−4	仙台市岡田ポンプ場	38	14	57.5	140	59	20.3	2011/3/19	13:59	3.40	I	1630	北面	泥	A	国総研	地面からの高さ(「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高を記載)	0.80	3月11日	15:30	−0.440	港積(塩釜)	4.64	4.2		
MG04−5	仙台市岡田ポンプ場	38	14	57.7	140	59	19.5	2011/3/19	14:00	1.80	I	1640	西面	泥	A	国総研	地面からの高さ(「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高を記載)	0.80	3月11日	15:30	−0.440	港積(塩釜)	3.04	2.6		
1−4	七北田側右岸	38	15	24.4	140	59	32.6	2011/3/29	9:48	2.80	I	1723	建造物の壁面の痕跡	泥	A	国土交通省仙台河川国道事務所	「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高(**被災後LPデータ**)を記載	0.94	3月11日	15:30	−0.440	港積(塩釜)	4.18	3.7	n	
MG02−1	通行監視カメラ	38	15	2.2	140	59	9.9	2011/3/19	13:44	2.60	R	1910	道路監視カメラ支柱	草	A	国総研	地面からの高さ(「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高を記載)	0.60	3月11日	15:30	−0.440	港積(塩釜)	3.64	3.2		
MG02−2	通行監視カメラ	38	15	2.2	140	59	9.9	2011/3/19	13:44	1.35	I	1910	道路監視カメラ支柱	泥	A	国総研	地面からの高さ(「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高を記載)	0.60	3月11日	15:30	−0.440	港積(塩釜)	2.39	2.0		
MG03−1	住宅近傍電柱	38	15	3.6	140	59	9.9	2011/3/19	13:46	1.60	I	1930	電柱	泥	A	国総研	地面からの高さ(「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高を記載)	1.50	3月11日	15:30	−0.440	港積(塩釜)	3.54	3.1		
MG03−2	住宅	38	15	4.0	140	59	10.3	2011/3/19	13:47	2.2	I	1940	住宅壁面	泥	A	国総研	地面からの高さ(「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高を記載)	1.50	3月11日	15:30	−0.440	港積(塩釜)	4.14	3.7		
MG03−3	セブンイレブン	38	15	4.4	140	59	9.2	2011/3/19	13:48	1.00	I	1950	店舗壁面	泥	A	国総研	地面からの高さ(「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高を記載)	1.80	3月11日	15:30	−0.440	港積(塩釜)	3.24	2.8		
MG06	民家	38	14	56.8	140	59	1.1	2011/3/19	15:39	2.50	I	2000	民家壁面	泥	A	国総研	地面からの高さ(「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高を記載)	1.20	3月11日	15:30	−0.440	港積(塩釜)	4.14	3.7		
1−5	七北田側右岸	38	15	30.5	140	59	11.1	2011/3/29	10:38	1.80	I	2275	フェンスの痕跡	付着した藻着物	A	国土交通省仙台河川国道事務所	「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高(**被災後LPデータ**)を記載	3.13	3月11日	15:30	−0.440	港積(塩釜)	5.37	4.9	n	
MG08	多賀城市水道施設	38	15	7.2	140	58	14.6	2011/3/19	16:08	0.80	I	3100	田圃の中の施設外縁フェンス	泥汚れ？	A	国総研	地面からの高さ(「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高を記載)	1.70	3月11日	15:30	−0.440	港積(塩釜)	2.94	2.5		
MG07	畑	38	15	8.7	140	57	57.3	2011/3/19	15:55	0.00	I	3510	畑	地面模様・ヒアリング	C	国総研	地面からの高さ(「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高を記載)	1.70	3月11日	15:30	−0.440	港積(塩釜)	2.14	1.7		
2−1	荒浜海岸	38	13	7.4	140	59	8.1	2011/3/29	12:00	6.90	I	24	海岸背後の保安林	枝の損傷	A	国土交通省仙台河川国道事務所	「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高(**被災後LPデータ**)を記載	4.03	3月11日	15:30	−0.440	港積(塩釜)	11.37	10.9	n	36.1
MG10−2	仙台市海岸公園トイレ	38	13	21.1	140	59	10.4	2011/3/19	17:04	1.70	I	303	建屋西壁面、遠景目視	汚れ	D	国総研	地面からの高さ(「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高を記載)	1.70	3月11日	15:30	−0.440	港積(塩釜)	3.84	3.4		
MG10−1	仙台市海岸公園センターハウス	38	13	21.2	140	59	8.5	2011/3/19	17:04	2.50	I	360	内部前面に離岸堤有り	泥	A	国総研	地面からの高さ(「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高を記載)	2.10	3月11日	15:30	−0.440	港積(塩釜)	5.04	4.6		
2−2	荒浜海岸	38	13	22.4	140	58	52.0	2011/3/29	12:19	9.10	I	600	建造物のベランダの痕跡	2Fベランダの漂着物	A	国土交通省仙台河川国道事務所	「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高(**被災後LPデータ**)を記載	0.36	3月11日	15:30	−0.440	港積(塩釜)	9.90	9.5	n	

表-5.2.2 痕調査結果（仙台平野）

地点番号	地名	北緯			東経			年/月/日	時刻	現地調査 測定高 a（m）	津波高の種類*1	汀線からの測定距離（m）	測定対象	根拠	信頼度 *2	調査グループ	備考	潮位補正 測定時の潮位 b（m）	最大波発生時（予想）年/月/日	最大波発生時（予想）時刻	潮位補正の参照地点	潮位補正後の高さ a+b-c（m）	痕跡標高（TP,m）	観測者	沿岸方向距離（km） 陸前浜堤からの距離
		度	分	秒	度	分	秒																		
2-3	荒浜海岸	38	13	22.7	140	58	47.5	2011/3/29	12:24	9.30	I	695	鉄塔の痕跡	鉄塔の漂着物	A	国土交通省仙台河川国道事務所	『測定時の潮位』欄には測定点の地盤標高(**被災後LPデータ**)を記載	0.35	3月11日	15:30	−0.440	港積（塩釜）	10.09	9.7	n	
MG09	仙台市消防ヘリポート	38	13	44.6	140	59	7.3	2011/3/19	16:40	1.80	I	720	格納庫ガラス面	草混じり泥	A	国総研	地面からの高さ（『測定時の潮位』欄には測定点の地盤標高を記載）	4.10	3月11日	15:30	−0.440	港積（塩釜）	6.34	5.9		
2-4	荒浜海岸	38	13	22.9	140	58	11.2	2011/3/29	13:07	2.00	I	1578	建造物の壁面の痕跡	泥	A	国土交通省仙台河川国道事務所	『測定時の潮位』欄には測定点の地盤標高(**被災後LPデータ**)を記載	0.30	3月11日	15:30	−0.440	港積（塩釜）	2.74	2.3	n	
2-5	荒浜海岸	38	13	37.8	140	57	54.2	2011/3/29	13:23	1.00	I	2059	建造物の壁面の痕跡	泥	A	国土交通省仙台河川国道事務所	『測定時の潮位』欄には測定点の地盤標高(**被災後LPデータ**)を記載	1.67	3月11日	15:30	−0.440	港積（塩釜）	3.11	2.7	n	
2-6	荒浜海岸	38	13	44.5	140	57	29.4	2011/3/29	13:38	1.90	I	2690	フェンスの痕跡	泥	A	国土交通省仙台河川国道事務所	『測定時の潮位』欄には測定点の地盤標高(**被災後LPデータ**)を記載	2.03	3月11日	15:30	−0.440	港積（塩釜）	4.37	3.9	n	
2-7	荒浜海岸	38	13	50.9	140	57	17.6	2011/3/29	13:54	0.40	I	3038	フェンスの航跡	泥	A	国土交通省仙台河川国道事務所	『測定時の潮位』欄には測定点の地盤標高(**被災後LPデータ**)を記載	2.30	3月11日	15:30	−0.440	港積（塩釜）	3.14	2.7	n	
2-8	荒浜海岸	38	13	53.7	140	57	14.2	2011/3/29	14:05	0.80	I	3144	カルバートの壁面の痕跡	泥	A	国土交通省仙台河川国道事務所	『測定時の潮位』欄には測定点の地盤標高(**被災後LPデータ**)を記載	2.41	3月11日	15:30	−0.440	港積（塩釜）	3.65	3.2	n	
3-1	名取川左岸	38	10	51.3	140	57	25.1	2011/3/30	10:48	7.00	I	473	海岸背後の保安林	枝の損傷	A	国土交通省仙台河川国道事務所	『測定時の潮位』欄には測定点の地盤標高(**被災後LPデータ**)を記載	2.06	3月11日	15:30	−0.440	港積（塩釜）	9.50	9.1	k	30.86
MG20	名取川河口左岸	38	10	55.9	140	57	29.9	2011/3/20	15:34	4.60	R	503	松の木	松の枝折れ	C	国総研	地面からの高さ（『測定時の潮位』欄には測定点の地盤標高を記載）	1.70	3月11日	15:30	−0.440	港積（塩釜）	6.74	6.3		30.8
3-2	名取川左岸	38	11	18.3	140	56	37.1	2011/3/30	11:13	1.90	I	1868	建造物の痕跡	泥	A	国土交通省仙台河川国道事務所	『測定時の潮位』欄には測定点の地盤標高(**被災後LPデータ**)を記載	1.66	3月11日	15:30	−0.440	港積（塩釜）	4.00	3.6	k	
3-3	名取川左岸	38	11	32.6	140	56	24.0	2011/3/30	11:07	0.40	I	2297	高速道路の盛土(擁壁)の痕跡	泥	A	国土交通省仙台河川国道事務所	『測定時の潮位』欄には測定点の地盤標高(**被災後LPデータ**)を記載	4.84	3月11日	15:30	−0.440	港積（塩釜）	5.68	5.2	k	
3-4	名取川左岸	38	11	42.4	140	56	27.6	2011/3/30	11:21	1.90	I	2347	カルバートの壁面の痕跡	泥	A	国土交通省仙台河川国道事務所	『測定時の潮位』欄には測定点の地盤標高(**被災後LPデータ**)を記載	1.47	3月11日	15:30	−0.440	港積（塩釜）	3.81	3.4	k	
3-5	名取川左岸	38	11	57.0	140	56	8.5	2011/3/30	11:31	1.40	I	2956	民家塀の痕跡	泥	A	国土交通省仙台河川国道事務所	『測定時の潮位』欄には測定点の地盤標高(**被災後LPデータ**)を記載	3.03	3月11日	15:30	−0.440	港積（塩釜）	4.87	4.4	k	
4-1	名取川右岸	38	10	22.1	140	57	45.4	2011/3/30	8:49	8.00	I	0	電柱の痕跡	電線の漂着物	A	国土交通省仙台河川国道事務所	『測定時の潮位』欄には測定点の地盤標高(**被災後LPデータ**)を記載	1.03	3月11日	15:30	−0.440	港積（塩釜）	9.47	9.0	k	30.01
4-3	名取川右岸	38	10	45.2	140	56	44.1	2011/3/30	9:20	2.20	I	1659	建造物の壁面の痕跡	泥	A	国土交通省仙台河川国道事務所	『測定時の潮位』欄には測定点の地盤標高(**被災後LPデータ**)を記載	1.61	3月11日	15:30	−0.440	港積（塩釜）	4.25	3.8	k	
4-4	名取川右岸	38	10	55.9	140	56	31.6	2011/3/30	9:35	1.00	I	2072	盛土の痕跡	法面の漂着物	A	国土交通省仙台河川国道事務所	『測定時の潮位』欄には測定点の地盤標高(**被災後LPデータ**)を記載	1.11	3月11日	15:30	−0.440	港積（塩釜）	2.55	2.1	k	
4-5	名取川右岸	38	11	6.0	140	56	4.3	2011/3/30	9:51	0.00	R	2800	遡上端と想定される領域	漂着物	A	国土交通省仙台河川国道事務所	『測定時の潮位』欄には測定点の地盤標高(**被災後LPデータ**)を記載	1.45	3月11日	15:30	−0.440	港積（塩釜）	1.89	1.5	k	
E1-8	阿武隈川～名取（沿岸方向）	38	8	5.8	140	56	27.8	2011/4/3	9:36	6.40	I	25.7	海岸背後の保安林	枝の損傷	A	国土交通省仙台河川国道事務所	『測定時の潮位』欄には測定点の地盤標高(**被災後LPデータ**)を記載	2.89	3月11日	15:30	−0.440	港積（塩釜）	9.73	9.3	s	
E1-9	阿武隈川～名取（沿岸方向）	38	8	57.0	140	56	31.8	2011/4/3	14:24	5.60	I	27.3	海岸背後の保安林	枝の損傷	A	国土交通省仙台河川国道事務所	『測定時の潮位』欄には測定点の地盤標高(**被災後LPデータ**)を記載	0.36	3月11日	15:30	−0.440	港積（塩釜）	6.40	6.0	s	
5-1	広浦	38	9	7.0	140	56	26.6	2011/3/30	13:13	7.10	I	813	海岸背後の保安林	枝の損傷	A	国土交通省仙台河川国道事務所	『測定時の潮位』欄には測定点の地盤標高(**被災後LPデータ**)を記載	0.26	3月11日	15:30	−0.440	港積（塩釜）	7.80	7.4	k	27.57
5-2	広浦	38	9	31.0	140	56	22.4	2011/3/30	13:28	3.60	I	1191	建造物の壁面の痕跡	泥	A	国土交通省仙台河川国道事務所	『測定時の潮位』欄には測定点の地盤標高(**被災後LPデータ**)を記載	0.37	3月11日	15:30	−0.440	港積（塩釜）	4.41	4.0	k	
5-3	広浦	38	9	28.8	140	55	41.1	2011/3/30	13:37	0.80	I	2100	建造物の壁面の痕跡	泥	A	国土交通省仙台河川国道事務所	『測定時の潮位』欄には測定点の地盤標高(**被災後LPデータ**)を記載	1.31	3月11日	15:30	−0.440	港積（塩釜）	2.55	2.1	k	
5-4	広浦	38	9	32.9	140	55	11.7	2011/3/30	13:45	0.80	I	2811	橋脚の痕跡	泥	A	国土交通省仙台河川国道事務所	『測定時の潮位』欄には測定点の地盤標高(**被災後LPデータ**)を記載	1.13	3月11日	15:30	−0.440	港積（塩釜）	2.37	1.9	k	
5-6	広浦	38	10	6.3	140	54	57.8	2011/3/30	14:26	0.40	I	3505	カルバートの壁面の痕跡	泥	A	国土交通省仙台河川国道事務所	『測定時の潮位』欄には測定点の地盤標高(**被災後LPデータ**)を記載	1.76	3月11日	15:30	−0.440	港積（塩釜）	2.60	2.2	k	
E1-3	阿武隈川～名取（沿岸方向）	38	3	57.6	140	55	22.3	2011/4/3	19:12	3.80	I	18.3	海岸背後の保安林	枝の損傷	A	国土交通省仙台河川国道事務所	『測定時の潮位』欄には測定点の地盤標高(**被災後LPデータ**)を記載	2.04	3月11日	15:30	−0.440	港積（塩釜）	6.28	5.8	s	
E1-4	阿武隈川～名取（沿岸方向）	38	4	21.9	140	55	27.0	2011/4/3	0:00	5.00	I	18.8	海岸背後の保安林	枝の損傷	A	国土交通省仙台河川国道事務所	『測定時の潮位』欄には測定点の地盤標高(**被災後LPデータ**)を記載	2.34	3月11日	15:30	−0.440	港積（塩釜）	7.78	7.3	s	
E1-5	阿武隈川～名取（沿岸方向）	38	4	59.5	140	55	30.7	2011/4/3	19:12	4.80	I	19.9	海岸背後の保安林	枝の損傷	A	国土交通省仙台河川国道事務所	『測定時の潮位』欄には測定点の地盤標高(**被災後LPデータ**)を記載	0.98	3月11日	15:30	−0.440	港積（塩釜）	6.22	5.8	s	
E1-6	阿武隈川～名取（沿岸方向）	38	5	34.2	140	55	40.3	2011/4/3	7:12	5.30	I	21	海岸背後の保安林	枝の損傷	A	国土交通省仙台河川国道事務所	『測定時の潮位』欄には測定点の地盤標高(**被災後LPデータ**)を記載	1.99	3月11日	15:30	−0.440	港積（塩釜）	7.73	7.3	s	
E1-7	阿武隈川～名取（沿岸方向）	38	6	4.5	140	55	46.3	2011/4/3	0:00	5.00	I	21.9	海岸背後の保安林	枝の損傷	A	国土交通省仙台河川国道事務所	『測定時の潮位』欄には測定点の地盤標高(**被災後LPデータ**)を記載	1.74	3月11日	15:30	−0.440	港積（塩釜）	7.18	6.7	s	
MG18	海岸堤防破堤部背後保安林	38	5	40.1	140	55	41.1	2011/3/20	13:52	4.20	R	117	松の木	漂流物（布団）	A	国総研	地面からの高さ（『測定時の潮位』欄には測定点の地盤標高を記載）	2.20	3月11日	15:30	−0.440	港積（塩釜）	6.84	6.4		20.9
MG19	海岸堤防破堤部背後保安林	38	6	4.3	140	55	45.6	2011/3/20	14:31	4.80	R	137	松の木	漂流物（浮き）	A	国総研	地面からの高さ（『測定時の潮位』欄には測定点の地盤標高を記載）	1.70	3月11日	15:30	−0.440	港積（塩釜）	6.94	6.5		
MG37	蒲崎し尿処理場③	38	4	59.2	140	55	29.6	2011/3/20	12:57	8.50	I	185	建物	壁の損傷	C	国総研	地面からの高さ（『測定時の潮位』欄には測定点の地盤標高を記載）	2.00	3月11日	15:30	−0.440	港積（塩釜）	10.94	10.5		20
MG16-3	海岸堤防破堤部背後	38	4	2.8	140	55	19.4	2011/3/20	13:14	2.60	R	199	松の木	松の枝折れ	C	国総研	地面からの高さ（『測定時の潮位』欄には測定点の地盤標高を記載）	1.20	3月11日	15:30	−0.440	港積（塩釜）	4.24	3.8		
MG16-4	海岸堤防破堤部背後	38	4	2.5	140	55	19.3	2011/3/20	13:14	4.40	R	202	松の木	松の枝折れ	C	国総研	地面からの高さ（『測定時の潮位』欄には測定点の地盤標高を記載）	1.30	3月11日	15:30	−0.440	港積（塩釜）	6.14	5.7		
MG16-2	海岸堤防破堤部背後	38	4	3.7	140	55	18.7	2011/3/20	13:08	2.60	R	219	建物の壁	松の枝	A	国総研	地面からの高さ（『測定時の潮位』欄には測定点の地盤標高を記載）	1.90	3月11日	15:30	−0.440	港積（塩釜）	4.94	4.5		
MG36	蒲崎し尿処理場②	38	4	57.6	140	55	26.4	2011/3/20	13:34	4.00	I	253	松の木	幹の傷	A	国総研	地面からの高さ（『測定時の潮位』欄には測定点の地盤標高を記載）	1.90	3月11日	15:30	−0.440	港積（塩釜）	6.34	5.9		
MG35	蒲崎し尿処理場①	38	4	58.6	140	55	24.7	2011/3/20	13:37	3.50	I	299	松の木	幹の傷	A	国総研	地面からの高さ（『測定時の潮位』欄には測定点の地盤標高を記載）	1.80	3月11日	15:30	−0.440	港積（塩釜）	5.74	5.3		
6-1	蒲崎海岸	38	6	44.0	140	55	49.8	2011/3/31	8:11	6.00	I	310	海岸背後の保安林	枝の損傷	A	国土交通省仙台河川国道事務所	『測定時の潮位』欄には測定点の地盤標高(**被災後LPデータ**)を記載	1.05	3月11日	15:30	−0.440	港積（塩釜）	7.49	7.1	k	23.14
MG40	県南浄化センター③	38	6	39.7	140	55	49.4	2011/3/20	14:25	6.00	I	349	松の木	松の枝折れ	A	国総研	地面からの高さ（『測定時の潮位』欄には測定点の地盤標高を記載）	1.60	3月11日	15:30	−0.440	港積（塩釜）	8.04	7.6		23.3
MG41	岩沼海浜緑地公園	38	7	1.8	140	55	53.7	2011/3/20	15:25	8.90	I	383	展望台の盛土	ゴミ	A	国総研	地面からの高さ（『測定時の潮位』欄には測定点の地盤標高を記載）	1.60	3月11日	15:30	−0.440	港積（塩釜）	10.94	10.5		24.1
MG39	県南浄化センター②	38	6	40.8	140	55	47.6	2011/3/20	14:28	4.70	I	403	建物	ゴミ	A	国総研	地面からの高さ（『測定時の潮位』欄には測定点の地盤標高を記載）	1.30	3月11日	15:30	−0.440	港積（塩釜）	6.44	6.0		23.3
MG38	県南浄化センター①	38	6	36.0	140	55	34.8	2011/3/20	14:38	3.80	I	652	松の木	松の枝折れ	A	国総研	地面からの高さ（『測定時の潮位』欄には測定点の地盤標高を記載）	1.80	3月11日	15:30	−0.440	港積（塩釜）	6.04	5.6		23.3
MG17	水田横道路	38	4	2.0	140	55	19.3	2011/3/20	13:41	2.40	I	1319	電柱	汚れ	C	国総研	地面からの高さ（『測定時の潮位』欄には測定点の地盤標高を記載）	1.40	3月11日	15:30	−0.440	港積（塩釜）	4.24	3.8		
6-3	蒲崎海岸	38	7	16.3	140	55	9.0	2011/3/31	8:32	3.40	I	1490	建造物の壁面の痕跡	泥	A	国土交通省仙台河川国道事務所	『測定時の潮位』欄には測定点の地盤標高(**被災後LPデータ**)を記載	0.17	3月11日	15:30	−0.440	港積（塩釜）	4.01	3.6	k	23.14
6-4	蒲崎海岸	38	7	14.4	140	54	48.5	2011/3/31	8:41	1.80	I	1951	建造物の壁面の痕跡	泥	A	国土交通省仙台河川国道事務所	『測定時の潮位』欄には測定点の地盤標高(**被災後LPデータ**)を記載	0.78	3月11日	15:30	−0.440	港積（塩釜）	3.02	2.6	k	
6-8	蒲崎海岸	38	6	10.3	140	54	12.5	2011/3/31	9:27	0.50	I	2355	フェンスの痕跡	付着した漂着物	A	国土交通省仙台河川国道事務所	『測定時の潮位』欄には測定点の地盤標高(**被災後LPデータ**)を記載	0.84	3月11日	15:30	−0.440	港積（塩釜）	1.78	1.3	k	
6-5	蒲崎海岸	38	7	13.9	140	54	14.3	2011/3/31	8:53	2.10	I	2816	民家塀の痕跡	泥	A	国土交通省仙台河川国道事務所	『測定時の潮位』欄には測定点の地盤標高(**被災後LPデータ**)を記載	0.17	3月11日	15:30	−0.440	港積（塩釜）	2.71	2.3	k	
6-7	蒲崎海岸	38	6	37.0	140	53	22.8	2011/3/31	9:11	1.00	I	3733	カルバートの壁面の痕跡	泥	A	国土交通省仙台河川国道事務所	『測定時の潮位』欄には測定点の地盤標高(**被災後LPデータ**)を記載	1.42	3月11日	15:30	−0.440	港積（塩釜）	2.86	2.4	k	
7-1	阿武隈川左岸	38	3	3.6	140	55	17.7	2011/3/31	10:26	5.00	I	8	海岸背後の保安林	枝の損傷	A	国土交通省仙台河川国道事務所	『測定時の潮位』欄には測定点の地盤標高(**被災後LPデータ**)を記載	1.82	3月11日	15:30	−0.440	港積（塩釜）	7.26	6.8	k	16.36
E1-1	阿武隈川～名取（沿岸方向）	38	3	5.5	140	55	17.8	2011/4/3	7:12	4.30	I	16.4	海岸背後の保安林	枝の損傷	A	国土交通省仙台河川国道事務所	『測定時の潮位』欄には測定点の地盤標高(**被災後LPデータ**)を記載	1.08	3月11日	15:30	−0.440	港積（塩釜）	5.82	5.4	s	
E1-2	阿武隈川～名取（沿岸方向）	38	3	21.4	140	55	17.3	2011/4/3	9:36	3.40	I	16.9	海岸背後の保安林	枝の損傷	A	国土交通省仙台河川国道事務所	『測定時の潮位』欄には測定点の地盤標高(**被災後LPデータ**)を記載	1.56	3月11日	15:30	−0.440	港積（塩釜）	5.40	5.0	s	
MG15-1	阿武隈川河口左岸	38	3	4.5	140	55	18.7	2011/3/20	10:52	3.20	R	78	松の木	松の枝折れ	C	国総研	地面からの高さ（『測定時の潮位』欄には測定点の地盤標高を記載）	6.10	3月11日	15:30	−0.440	港積（塩釜）	9.74	9.3		
MG15-2	阿武隈川河口左岸	38	30	46.2	140	55	18.5	2011/3/20	10:52	2.90	R	81	松の木	松の枝折れ	C	国総研	地面からの高さ（『測定時の潮位』欄には測定点の地盤標高を記載）	2.00	3月11日	15:30	−0.440	港積（塩釜）	5.34	4.9		
MG16-1	海岸堤防破堤部背後	38	3	51.2	140	55	20.8	2011/3/20	13:03	4.00	I	139	電柱	汚れ	C	国総研	地面からの高さ（『測定時の潮位』欄には測定点の地盤標高を記載）	2.30	3月11日	15:30	−0.440	港積（塩釜）	6.74	6.3		

表-5.2.2 痕調査結果（仙台平野）

地点番号	地名	北緯			東経			現地調査							調査グループ	備考	潮位補正								
		度	分	秒	度	分	秒	年/月/日	時刻	測定高 a（m）	遡上高の種類*1	汀線からの測定距離（m）	測定対象	根拠	信頼度*2		測定時の潮位 b（m）	最大波発生日時（予想） 年/月/日	最大波発生時（予想） 時刻	最大波発生時（予想）の潮位 c（m）	潮位補正の参照地点	潮位補正後の高さ a+b-c（m）	痕跡標高（T.P.m）	観測者	沿岸方向距離（km） 磯浜漁港からの距離
MG15-4	阿武隈川河口左岸	38	3	6.7	140	55	15.5	2011/3/20	11:23	4.20	R	161	松の木	松の枝折れ	C	国総研	地面からの高さ（「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高を記載）	2.10	3月11日	15:30	-0.440	港橋（塩釜）	6.74	6.3		
MG15-3	阿武隈川河口左岸	38	3	6.5	140	55	13.9	2011/3/20	11:19	4.20	R	202	松の木	松の枝折れ	C	国総研	地面からの高さ（「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高を記載）	1.20	3月11日	15:30	-0.440	港橋（塩釜）	5.84	5.4		
MG15-5	阿武隈川河口左岸	38	3	6.1	140	55	16.3	2011/3/20	11:46	3.20	R	209	松の木	松の枝折れ	C	国総研	地面からの高さ（「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高を記載）	2.30	3月11日	15:30	-0.440	港橋（塩釜）	5.94	5.5		
MG15-6	阿武隈川河口左岸	38	3	6.4	140	55	12.9	2011/3/20	11:40	3.80	R	223	松の木	松の枝折れ	C	国総研	地面からの高さ（「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高を記載）	1.20	3月11日	15:30	-0.440	港橋（塩釜）	5.44	5.0		
MG14-1	貞山堀 しんはま橋	38	3	25.4	140	55	10.4	2011/3/20	10:27	3.40	R	319	松の木	松の枝折れ	C	国総研	地面からの高さ（「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高を記載）	1.80	3月11日	15:30	-0.440	港橋（塩釜）	5.64	5.2		
MG14-2	貞山堀 しんはま橋	38	3	21.2	140	55	9.0	2011/3/20	10:31	4.80	R	346	松の木	松の枝折れ	C	国総研	地面からの高さ（「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高を記載）	1.80	3月11日	15:30	-0.440	港橋（塩釜）	7.04	6.6		
MG13-02	水田横道路	38	3	26.3	140	54	59.0	2011/3/20	10:23	2.60	I	603	電柱	泥	B	国総研	地面からの高さ（「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高を記載）	0.20	3月11日	15:30	-0.440	港橋（塩釜）	3.24	2.8		
MG13-01	水田横道路	38	3	26.9	140	54	56.9	2011/3/20	10:22	2.60	I	654	電柱	草	B	国総研	地面からの高さ（「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高を記載）	0.00	3月11日	15:30	-0.440	港橋（塩釜）	3.04	2.6		
7-3	阿武隈川左岸	38	3	16.1	140	54	51.0	2011/3/31	10:55	1.40	I	674	河川堤防の痕跡	法面の漂着物	A	国土交通省仙台河川国道事務所	「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高(**被災後LPデータ**)を記載	5.18	3月11日	15:30	-0.440	港橋（塩釜）	7.02	6.6	k	
7-4	阿武隈川左岸	38	3	21.1	140	54	46.6	2011/3/31	11:05	2.60	I	802	民家の壁面の痕跡	泥	A	国土交通省仙台河川国道事務所	「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高(**被災後LPデータ**)を記載	0.94	3月11日	15:30	-0.440	港橋（塩釜）	3.98	3.5	k	
7-5	阿武隈川左岸	38	3	22.5	140	54	43.3	2011/3/31	11:12	2.60	I	886	道路の盛土の痕跡	法面の漂着物	A	国土交通省仙台河川国道事務所	「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高(**被災後LPデータ**)を記載	1.44	3月11日	15:30	-0.440	港橋（塩釜）	4.48	4.0	k	
7-7	阿武隈川左岸	38	4	34.0	140	54	46.1	2011/3/31	11:36	3.50	I	1071	河川堤防の痕跡	法面の漂着物	A	国土交通省仙台河川国道事務所	「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高(**被災後LPデータ**)を記載	4.49	3月11日	15:30	-0.440	港橋（塩釜）	8.43	8.0	k	
7-6	阿武隈川左岸	38	3	47.7	140	54	38.5	2011/3/31	11:25	3.10	I	1085	河川堤防の痕跡	法面の漂着物	A	国土交通省仙台河川国道事務所	「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高(**被災後LPデータ**)を記載	1.34	3月11日	15:30	-0.440	港橋（塩釜）	4.88	4.4	k	
7-8	阿武隈川左岸	38	5	0.2	140	54	37.1	2011/3/31	11:51	1.30	I	1405	民家の壁面の痕跡	泥	A	国土交通省仙台河川国道事務所	「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高(**被災後LPデータ**)を記載	1.22	3月11日	15:30	-0.440	港橋（塩釜）	2.96	2.5	k	
7-9	阿武隈川左岸	38	5	13.1	140	54	6.4	2011/3/31	12:07	1.60	I	2213	河川堤防の痕跡	法面の漂着物	A	国土交通省仙台河川国道事務所	「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高(**被災後LPデータ**)を記載	1.60	3月11日	15:30	-0.440	港橋（塩釜）	3.64	3.2	k	
7-10	阿武隈川左岸	38	5	47.7	140	53	39.4	2011/3/31	12:22	0.20	I	3037	田畑の痕跡	漂着物	A	国土交通省仙台河川国道事務所	「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高(**被災後LPデータ**)を記載	1.68	3月11日	15:30	-0.440	港橋（塩釜）	2.32	1.9	k	
7-11	阿武隈川左岸	38	5	59.2	140	53	20.8	2011/3/31	12:26	0.00	R	3539	痕跡なし	-	A	国土交通省仙台河川国道事務所	「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高(**被災後LPデータ**)を記載	2.04	3月11日	15:30	-0.440	港橋（塩釜）	2.48	2.0	k	
8-1	阿武隈川右岸	38	2	33.9	140	55	10.7	2011/3/30	9:06	7.90	I	0	建造物の窓の痕跡	2F窓ガラスの破損	A	国土交通省仙台河川国道事務所	「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高(**被災後LPデータ**)を記載	2.03	3月11日	15:30	-0.440	港橋（塩釜）	10.37	9.9	n	15.45
8-2	阿武隈川右岸	38	2	25.0	140	55	13.5	2011/3/30	9:16	10.70	I	94	海岸背後の保安林	枝の損傷	A	国土交通省仙台河川国道事務所	「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高(**被災後LPデータ**)を記載	0.03	3月11日	15:30	-0.440	港橋（塩釜）	11.17	10.7	n	15.17
MG34	荒浜②	38	2	25.3	140	55	14.8	2011/3/20	12:22	6.40	I	125	松の木	松の枝折れ	A	国総研	地面からの高さ（「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高を記載）	0.90	3月11日	15:30	-0.440	港橋（塩釜）	7.74	7.3		15.2
8-3	阿武隈川右岸	38	2	14.3	140	55	9.9	2011/3/30	9:29	7.10	I	137	建造物の窓の痕跡	2F窓ガラスの破損	A	国土交通省仙台河川国道事務所	「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高(**被災後LPデータ**)を記載	1.44	3月11日	15:30	-0.440	港橋（塩釜）	8.98	8.5	n	14.85
8-4	阿武隈川右岸	38	2	20.1	140	54	59.5	2011/3/30	9:38	4.90	I	420	建造物の痕跡	建造物の破損	A	国土交通省仙台河川国道事務所	「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高(**被災後LPデータ**)を記載	1.44	3月11日	15:30	-0.440	港橋（塩釜）	6.78	6.3	n	
8-5	阿武隈川右岸	38	2	47.2	140	54	53.2	2011/3/30	9:53	3.40	I	496	民家の壁面の痕跡	泥	A	国土交通省仙台河川国道事務所	「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高(**被災後LPデータ**)を記載	1.36	3月11日	15:30	-0.440	港橋（塩釜）	5.20	4.8	n	
MG33	荒浜①	38	2	19.8	140	54	58.5	2011/3/20	12:12	5.50	I	524	建物	壁の損傷	C	国総研	地面からの高さ（「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高を記載）	1.40	3月11日	15:30	-0.440	港橋（塩釜）	7.34	6.9		
8-6	阿武隈川右岸	38	2	57.2	140	54	40.4	2011/3/30	10:00	2.60	I	917	民家の壁面の痕跡	泥	A	国土交通省仙台河川国道事務所	「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高(**被災後LPデータ**)を記載	5.31	3月11日	15:30	-0.440	港橋（塩釜）	8.35	7.9	n	
8-7	阿武隈川右岸	38	2	59.7	140	54	27.0	2011/3/30	10:09	1.70	I	1250	民家の壁面の痕跡	泥	A	国土交通省仙台河川国道事務所	「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高(**被災後LPデータ**)を記載	1.15	3月11日	15:30	-0.440	港橋（塩釜）	3.29	2.9	n	
8-8	阿武隈川右岸	38	3	4.5	140	54	17.6	2011/3/30	10:25	2.30	I	1465	家屋の壁面の痕跡	付着した漂着物	A	国土交通省仙台河川国道事務所	「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高(**被災後LPデータ**)を記載	1.79	3月11日	15:30	-0.440	港橋（塩釜）	4.53	4.1	n	
8-9	阿武隈川右岸	38	3	17.5	140	54	11.2	2011/3/30	10:41	0.80	I	1653	カルバートの壁面の痕跡	泥	A	国土交通省仙台河川国道事務所	「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高(**被災後LPデータ**)を記載	0.73	3月11日	15:30	-0.440	港橋（塩釜）	1.97	1.5	n	
8-10	阿武隈川右岸	38	4	3.6	140	54	3.9	2011/3/30	10:59	0.80	I	1951	ビニールハウスの痕跡	泥	A	国土交通省仙台河川国道事務所	「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高(**被災後LPデータ**)を記載	1.00	3月11日	15:30	-0.440	港橋（塩釜）	2.24	1.8	n	
B1-3	道路高架（沿岸方向）	38	2	40.2	140	53	36.5	2011/3/30	15:10	1.20	I	2365	カルバートの壁面の痕跡	泥	A	国土交通省仙台河川国道事務所	「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高(**被災後LPデータ**)を記載	4.24	3月11日	15:30	-0.440	港橋（塩釜）	5.88	5.4	n	
MG11-02	JA亘理町荒浜麦乾燥施設	38	3	38.6	140	54	7.7	2011/3/20	9:43	1.70	I	2390	施設の窓ガラス	泥	A	国総研	河川からの越流の可能性あり	0.90	3月11日	15:30	-0.440	港橋（塩釜）	3.04	2.6		
MG11-03	JA亘理町荒浜水稲育苗施設	38	3	36.6	140	54	6.8	2011/3/20	9:46	1.20	R	2405	ビニールハウスの前面	泥	A	国総研	河川からの越流の可能性あり	0.80	3月11日	15:30	-0.440	港橋（塩釜）	2.24	1.8		
MG11-01	JA亘理町荒浜機械	38	3	38.0	140	54	7.7	2011/3/20	9:42	2.40	I	2410	格納庫シャッター	泥うちあげ	A	国総研	河川からの越流の可能性あり	0.90	3月11日	15:30	-0.440	港橋（塩釜）	3.74	3.3		
B1-4	道路高架（沿岸方向）	38	3	19.0	140	53	36.9	2011/3/30	15:33	0.50	I	2581	カルバートの壁面の痕跡	泥	A	国土交通省仙台河川国道事務所	「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高(**被災後LPデータ**)を記載	1.19	3月11日	15:30	-0.440	港橋（塩釜）	2.13	1.7	n	
MG12	水田横道路	38	4	2.3	140	53	50.0	2011/3/20	10:07	0.50	I	3356	ガードレール支柱	泥	A	国総研	河川からの越流の可能性あり	1.00	3月11日	15:30	-0.440	港橋（塩釜）	1.94	1.5		
E2-6	磯浜漁港～鳥の海（沿岸方向）	38	1	39.2	140	55	2.7	2011/4/4	16:03	5.70	I	105	海岸背後の保安林	枝の損傷	A	国土交通省仙台河川国道事務所	「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高(**被災後LPデータ**)を記載	0.50	3月11日	15:30	-0.440	港橋（塩釜）	6.64	6.2	s	
9-1	鳥の海	38	1	2.3	140	54	46.0	2011/3/30	12:23	7.90	I	332	海岸背後の保安林	枝の損傷	A	国土交通省仙台河川国道事務所	「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高(**被災後LPデータ**)を記載	0.72	3月11日	15:30	-0.440	港橋（塩釜）	9.06	8.6	n	12.68
9-2	鳥の海	38	1	4.5	140	54	34.6	2011/3/30	12:34	1.70	I	607	民家の壁面の痕跡	泥	A	国土交通省仙台河川国道事務所	「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高(**被災後LPデータ**)を記載	1.34	3月11日	15:30	-0.440	港橋（塩釜）	3.48	3.0	n	
9-3	鳥の海	38	1	15.0	140	54	21.8	2011/3/30	12:51	2.80	I	958	民家の壁面の痕跡	泥	A	国土交通省仙台河川国道事務所	「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高(**被災後LPデータ**)を記載	0.98	3月11日	15:30	-0.440	港橋（塩釜）	4.22	3.8	n	
9-4	鳥の海	38	1	6.2	140	53	44.9	2011/3/30	13:02	2.10	I	1803	建造物の窓の痕跡	泥	A	国土交通省仙台河川国道事務所	「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高(**被災後LPデータ**)を記載	0.54	3月11日	15:30	-0.440	港橋（塩釜）	3.08	2.6	n	
B1-2	道路高架（沿岸方向）	38	1	48.6	140	53	28.0	2011/3/30	14:49	2.80	I	2502	高速道路の盛土の痕跡	法面の草の跡	A	国土交通省仙台河川国道事務所	「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高(**被災後LPデータ**)を記載	1.34	3月11日	15:30	-0.440	港橋（塩釜）	4.58	4.1	n	
9-5	鳥の海	38	1	7.6	140	53	15.7	2011/3/30	13:15	1.40	I	2521	カルバートの壁面の痕跡	泥	A	国土交通省仙台河川国道事務所	「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高(**被災後LPデータ**)を記載	2.00	3月11日	15:30	-0.440	港橋（塩釜）	3.84	3.4	n	
9-6	鳥の海	38	0	52.9	140	52	59.3	2011/3/30	13:27	0.80	I	2855	建造物の壁面の痕跡	泥	A	国土交通省仙台河川国道事務所	「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高(**被災後LPデータ**)を記載	1.01	3月11日	15:30	-0.440	港橋（塩釜）	2.25	1.8	n	
B1-1	道路高架（沿岸方向）	38	0	6.1	140	52	48.8	2011/3/30	14:12	0.00	R	3051	遡上端と想定される領域	漂着物	A	国土交通省仙台河川国道事務所	「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高(**被災後LPデータ**)を記載	8.24	3月11日	15:30	-0.440	港橋（塩釜）	8.68	8.2	n	
9-7	鳥の海	38	0	48.0	140	52	37.6	2011/3/30	13:42	0.40	I	3378	ポールの痕跡	泥	A	国土交通省仙台河川国道事務所	「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高(**被災後LPデータ**)を記載	1.14	3月11日	15:30	-0.440	港橋（塩釜）	1.98	1.5	n	
MG31	牛橋水門	37	59	21.9	140	54	49.8	2011/3/20	11:14	10.80	I	0	水門	水門建屋の損傷	A	国総研	海面からの高さ	0.00	3月11日	15:30	-0.440	港橋（塩釜）	11.24	10.8		9.61
E2-5	磯浜漁港～鳥の海（沿岸方向）	38	0	4.9	140	54	48.3	2011/4/4	15:36	7.20	I	105	海岸背後の保安林	枝の損傷	A	国土交通省仙台河川国道事務所	「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高(**被災後LPデータ**)を記載	1.24	3月11日	15:30	-0.440	港橋（塩釜）	8.88	8.4	s	
MG32	吉田浜	38	0	2.9	140	54	46.9	2011/3/20	10:32	7.30	I	143	松の木	松の枝折れ	A	国総研	地面からの高さ（「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高を記載）	0.80	3月11日	15:30	-0.440	港橋（塩釜）	8.54	8.1		10.9
E2-3	磯浜漁港～鳥の海（沿岸方向）	37	58	12.4	140	54	45.5	2011/4/4	15:04	8.00	I	161	海岸背後の保安林	枝の損傷	A	国土交通省仙台河川国道事務所	「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高(**被災後LPデータ**)を記載	1.13	3月11日	15:30	-0.440	港橋（塩釜）	9.57	9.1	s	
MG30	花釜	37	58	15.4	140	54	42.7	2011/3/20	10:02	8.60	I	232	松の木	松の枝折れ	A	国総研	地面からの高さ（「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高を記載）	1.80	3月11日	15:30	-0.440	港橋（塩釜）	10.84	10.4		7.59
10-1	牛橋	37	59	18.7	140	54	16.8	2011/3/31	2:21	3.00	I	804	建造物の壁面の痕跡	泥	A	国土交通省仙台河川国道事務所	「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高(**被災後LPデータ**)を記載	1.30	3月11日	15:30	-0.440	港橋（塩釜）	4.74	4.3	k	9.64
E2-4	磯浜漁港～鳥の海（沿岸方向）	37	58	49.1	140	54	15.5	2011/4/4	15:20	4.30	I	847	民家の壁面痕跡	泥	A	国土交通省仙台河川国道事務所	「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高(**被災後LPデータ**)を記載	1.15	3月11日	15:30	-0.440	港橋（塩釜）	5.89	5.5	s	
MG29	山下④	37	58	33.7	140	54	15.8	2011/3/20	9:33	3.50	I	864	建物（コメリ）	壁の損傷	A	国総研	地面からの高さ（「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高を記載）	1.20	3月11日	15:30	-0.440	港橋（塩釜）	5.14	4.7		
10-2	牛橋	37	59	23.6	140	54	2.3	2011/3/31	2:38	2.70	I	1130	民家の壁面の痕跡	泥	A	国土交通省仙台河川国道事務所	「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高(**被災後LPデータ**)を記載	1.26	3月11日	15:30	-0.440	港橋（塩釜）	4.40	4.0	k	

表-5.2.2 痕調査結果（仙台平野）

地点番号	地名	現地調査 北緯 度	分	秒	東経 度	分	秒	年/月/日	時刻	測定高 a（m）	津波高の種類※1	汀線からの測定距離（m）	測定対象	根拠	信頼度※2	調査グループ	備考	潮位補正 測定時の潮位 b（m）	最大波発生日時（予想） 年/月/日	時刻	最大波発生時（予想）の潮位 c（m）	潮位補正の参照地点	潮位補正後の高さ a+b−c（m）	痕跡標高（T.P.m）	観測者	沿岸方向距離（km） 磯浜漁港からの距離
MG28	山下③	37	58	55.3	140	53	46.9	2011/3/20	9:20	2.00	I	1532	家屋	泥	A	国総研	地面からの高さ（「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高を記載）	2.00	3月11日	15:30	−0.440	港積（塩釜）	4.44	4.0		
10-3	牛橋	37	59	11.5	140	53	34.8	2011/3/31	2:49	1.90	I	1831	民家の壁面の痕跡	泥	A	国土交通省仙台河川国道事務所	「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高(**被災後LPデータ**)を記載	0.95	3月11日	15:30	−0.440	港積（塩釜）	3.29	2.9	k	
10-4	牛橋	37	59	23.6	140	53	29.4	2011/3/31	3:02	1.60	I	1924	民家の壁面の痕跡	泥	A	国土交通省仙台河川国道事務所	「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高(**被災後LPデータ**)を記載	1.86	3月11日	15:30	−0.440	港積（塩釜）	3.90	3.5	k	
MG27	山下②	37	58	0.9	140	53	23.5	2011/3/20	9:04	1.00	I	2170	建物	泥	A	国総研	道路からの高さ（「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高を記載）	2.30	3月11日	15:30	−0.440	港積（塩釜）	3.74	3.3		
10-5	牛橋	37	59	9.6	140	53	19.7	2011/3/31	3:08	1.70	I	2190	ビニールハウスの痕跡	泥	A	国土交通省仙台河川国道事務所	「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高(**被災後LPデータ**)を記載	1.80	3月11日	15:30	−0.440	港積（塩釜）	3.94	3.5	k	
MG26	山下①	37	58	17.2	140	52	59.2	2011/3/20	8:56	0.00	R	2744	田んぼの遡上先端	浸水痕跡	A	国総研	地面からの高さ（「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高を記載）	3.60	3月11日	15:30	−0.440	港積（塩釜）	4.04	3.6		
E2-2	磯浜漁港～鳥の海（沿岸方向）	37	57	9.9	140	54	51.9	2011/4/4	14:51	6.70	I	223	海岸背後の保安林	枝の損傷	A	国土交通省仙台河川国道事務所	「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高(**被災後LPデータ**)を記載	0.40	3月11日	15:30	−0.440	港積（塩釜）	7.54	7.1	s	
11-1	笠野地区	37	57	49.3	140	54	38.8	2011/4/1	8:57	2.40	I	359	建造物の壁面の痕跡	泥	A	国土交通省仙台河川国道事務所	「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高(**被災後LPデータ**)を記載	2.98	3月11日	15:30	−0.440	港積（塩釜）	5.82	5.4	k	6.834
11-2	笠野地区	37	57	59.1	140	54	26.2	2011/4/1	9:06	4.00	I	664	建造物の壁面の痕跡	泥	A	国土交通省仙台河川国道事務所	「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高(**被災後LPデータ**)を記載	1.25	3月11日	15:30	−0.440	港積（塩釜）	5.69	5.3	k	
11-3	笠野地区	37	57	47.5	140	54	20.0	2011/4/1	9:14	3.60	I	1554	民家の壁面の痕跡	泥	A	国土交通省仙台河川国道事務所	「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高(**被災後LPデータ**)を記載	1.32	3月11日	15:30	−0.440	港積（塩釜）	5.36	4.9	k	
11-6	笠野地区	37	58	2.5	140	53	27.3	2011/4/1	9:36	1.30	I	1613	民家の壁面の痕跡	泥	A	国土交通省仙台河川国道事務所	「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高(**被災後LPデータ**)を記載	2.37	3月11日	15:30	−0.440	港積（塩釜）	4.11	3.7	k	
11-7	笠野地区	37	57	36.8	140	53	49.1	2011/4/1	9:42	2.50	I	1619	民家の壁面の痕跡	泥	A	国土交通省仙台河川国道事務所	「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高(**被災後LPデータ**)を記載	1.66	3月11日	15:30	−0.440	港積（塩釜）	4.60	4.2	k	
11-4	笠野地区	37	57	58.5	140	53	54.4	2011/4/1	9:23	2.40	I	1653	民家の壁面の痕跡	泥	A	国土交通省仙台河川国道事務所	「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高(**被災後LPデータ**)を記載	1.24	3月11日	15:30	−0.440	港積（塩釜）	4.08	3.6	k	
11-5	笠野地区	37	57	52.1	140	53	45.5	2011/4/1	9:29	2.20	I	2084	民家の壁面の痕跡	泥	A	国土交通省仙台河川国道事務所	「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高(**被災後LPデータ**)を記載	1.96	3月11日	15:30	−0.440	港積（塩釜）	4.60	4.2	k	
MG24	坂元川水門	37	55	45.9	140	55	10.0	2011/3/19	16:50	11.60	I	135	水門	水門建屋の損傷	A	国総研	海面からの高さ	0.00	3月11日	15:30	−0.440	港積（塩釜）	12.04	11.6		3.1
12-1	坂元川	37	55	56.3	140	55	0.0	2011/4/1	10:36	4.80	I	322	建造物の窓の痕跡	2F窓ガラスの破損	A	国土交通省仙台河川国道事務所	「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高(**被災後LPデータ**)を記載	0.83	3月11日	15:30	−0.440	港積（塩釜）	6.07	5.6	k	3.342
12-2	坂元川	37	55	42.3	140	54	46.1	2011/4/1	10:52	4.20	I	710	建造物の痕跡	付着した漂着物	A	国土交通省仙台河川国道事務所	「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高(**被災後LPデータ**)を記載	2.04	3月11日	15:30	−0.440	港積（塩釜）	6.68	6.2	k	
MG25	坂元駅	37	55	41.7	140	54	45.9	2011/3/19	17:26	6.40	I	725	跨線橋	窓ガラスの損傷	A	国総研	地面からの高さ（「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高を記載）	2.20	3月11日	15:30	−0.440	港積（塩釜）	9.04	8.6		
12-3	坂元川	37	55	32.3	140	54	7.0	2011/4/1	11:04	3.00	I	1700	建造物の痕跡	建造物の破損	A	国土交通省仙台河川国道事務所	「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高(**被災後LPデータ**)を記載	4.83	3月11日	15:30	−0.440	港積（塩釜）	8.27	7.8	k	
12-4	坂元川	37	55	28.9	140	53	54.5	2011/4/1	11:15	1.90	I	2018	建造物の窓の痕跡	泥	A	国土交通省仙台河川国道事務所	「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高(**国土地理院50mメッシュ数値地図**)を記載	5.00	3月11日	15:30	−0.440	港積（塩釜）	7.34	6.9	k	
12-5	坂元川	37	55	23.4	140	53	45.5	2011/4/1	11:22	1.30	I	2258	建造物の壁面の痕跡	泥	A	国土交通省仙台河川国道事務所	「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高(**国土地理院50mメッシュ数値地図**)を記載	5.00	3月11日	15:30	−0.440	港積（塩釜）	6.74	6.3	k	
12-6	坂元川	37	55	18.0	140	53	46.8	2011/4/1	11:26	0.70	I	2251	民家塀の痕跡	泥	A	国土交通省仙台河川国道事務所	「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高(**国土地理院50mメッシュ数値地図**)を記載	5.00	3月11日	15:30	−0.440	港積（塩釜）	6.14	5.7	k	
MG23	中浜	37	54	23.8	140	55	21.3	2011/3/19	14:19	8.10	I	184	排水機場	屋根の損傷	A	国総研	地面からの高さ（「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高を記載）	2.00	3月11日	15:30	−0.440	港積（塩釜）	10.54	10.1		1.93
13-1	小浦川	37	54	59.1	140	55	6.2	2011/4/1	12:33	7.50	I	392	建造物の窓の痕跡	2F窓ガラスの破損	A	国土交通省仙台河川国道事務所	「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高(**被災後LPデータ**)を記載	2.05	3月11日	15:30	−0.440	港積（塩釜）	9.99	9.6	k	1.663
13-3	小浦川	37	54	59.2	140	54	49.9	2011/4/1	12:59	6.00	I	786	電柱の痕跡	付着した漂着物	A	国土交通省仙台河川国道事務所	「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高(**被災後LPデータ**)を記載	2.13	3月11日	15:30	−0.440	港積（塩釜）	8.57	8.1	k	
13-2	小浦川	37	55	3.3	140	54	43.8	2011/4/1	12:46	2.80	I	928	民家の痕跡	窓の破損	A	国土交通省仙台河川国道事務所	「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高(**被災後LPデータ**)を記載	8.12	3月11日	15:30	−0.440	港積（塩釜）	11.36	10.9	k	
13-7	小浦川	37	54	44.2	140	54	41.3	2011/4/1	13:30	2.10	I	1055	民家の壁面の痕跡	泥	A	国土交通省仙台河川国道事務所	「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高(**被災後LPデータ**)を記載	7.28	3月11日	15:30	−0.440	港積（塩釜）	9.82	9.4	k	
13-8	小浦川	37	54	36.1	140	54	42.0	2011/4/1	13:34	0.00	R	1082	遡上端と想定される領域	漂着物	A	国土交通省仙台河川国道事務所	「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高(**被災後LPデータ**)を記載	9.81	3月11日	15:30	−0.440	港積（塩釜）	10.25	9.8	k	
13-6	小浦川	37	54	39.0	140	54	52.9	2011/4/1	13:24	2.30	I	1097	民家の壁面の痕跡	泥	A	国土交通省仙台河川国道事務所	「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高(**被災後LPデータ**)を記載	6.87	3月11日	15:30	−0.440	港積（塩釜）	9.61	9.2	k	
13-5	小浦川	37	54	59.1	140	54	18.1	2011/4/1	13:11	2.00	I	1560	道路盛土の痕跡	法面の漂着物	A	国土交通省仙台河川国道事務所	「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高(**被災後LPデータ**)を記載	10.80	3月11日	15:30	−0.440	港積（塩釜）	13.24	12.8	k	
13-4	小浦川	37	54	52.1	140	54	18.8	2011/4/1	13:07	0.90	I	1570	民家の壁面の痕跡	泥	A	国土交通省仙台河川国道事務所	「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高(**被災後LPデータ**)を記載	8.82	3月11日	15:30	−0.440	港積（塩釜）	10.16	9.7	k	
13-9	小浦川	37	54	43.2	140	54	15.9	2011/4/1	13:56	5.00	I	1669	電柱の痕跡	付着した漂着物	A	国土交通省仙台河川国道事務所	「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高(**被災後LPデータ**)を記載	5.65	3月11日	15:30	−0.440	港積（塩釜）	11.09	10.7	k	
14-1	磯浜漁港	37	54	7.8	140	55	34.9	2011/4/5	14:22	7.00	I	52.5	海岸背後の保安林	枝の損傷	A	国土交通省仙台河川国道事務所	「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高(**被災後LPデータ**)を記載	1.85	3月11日	15:30	−0.440	港積（塩釜）	9.29	8.9	s	0
E2-1	磯浜漁港～鳥の海（沿岸方向）	37	53	58.3	140	55	40.3	2011/4/4	14:13	12.00	R	157	磯浜海浜公園	漂着物	A	国土交通省仙台河川国道事務所	「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高(**被災後LPデータ**)を記載	4.38	3月11日	15:30	−0.440	港積（塩釜）	16.82	16.4	s	
MG21	磯浜①	37	54	7.7	140	55	35.0	2011/3/19	13:32	7.50	I	164	松の木	松の枝折れ	A	国総研	地面からの高さ（「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高を記載）	1.60	3月11日	15:30	−0.440	港積（塩釜）	9.54	9.1		0
14-2	磯浜漁港	37	53	58.4	140	55	29.3	2011/4/5	14:47	7.00	I	244	樹木	枝の損傷	A	国土交通省仙台河川国道事務所	「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高(**被災後LPデータ**)を記載	1.40	3月11日	15:30	−0.440	港積（塩釜）	8.84	8.4	s	0
14-3	磯浜漁港	37	53	58.4	140	55	32.7	2011/4/5	14:50	8.60	I	323	樹木	枝の損傷	A	国土交通省仙台河川国道事務所	「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高(**被災後LPデータ**)を記載	2.29	3月11日	15:30	−0.440	港積（塩釜）	11.33	10.9	s	0
MG22	磯浜②	37	54	5.6	140	55	26.0	2011/3/19	13:14	7.40	I	383	鉄塔	鉄塔の損傷	A	国総研	地面からの高さ（「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高を記載）	1.80	3月11日	15:30	−0.440	港積（塩釜）	9.64	9.2		0
14-4	磯浜漁港	37	54	2.8	140	55	8.5	2011/4/5	15:02	4.30	R	700	樹木	漂着物	A	国土交通省仙台河川国道事務所	「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高(**被災後LPデータ**)を記載	3.21	3月11日	15:30	−0.440	港積（塩釜）	7.95	7.5	s	
14-5	磯浜漁港	37	54	2.3	140	54	51.4	2011/4/5	15:18	3.60	I	1115	樹木	枝の損傷	A	国土交通省仙台河川国道事務所	「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高(**被災後LPデータ**)を記載	4.30	3月11日	15:30	−0.440	港積（塩釜）	8.34	7.9	s	
堤防天端高m																										
1	磯浜漁港海岸																	6.2								0
1	中浜海岸（5分堤）																	6.2								1.32
	小浦																									
2	中浜海岸（1割堤）																	6.2								1.42
2	中浜海岸（1割堤）																	6.2								3.05
	坂元川																									
3	中浜海岸（1割堤）																	6.2								3.165
3	中浜海岸（1割堤）																	6.2								4.998
4	中浜海岸（2割堤）																	7.2								4.999
4	中浜海岸（2割堤）																	7.2								5.957
5	笠野海岸（2割堤）																	7.2								5.958
5	笠野海岸（2割堤）																	7.2								6.924
6	笠野海岸（4割堤）																	7.2								6.925

表-5.2.2 痕調査結果（仙台平野）

地点番号	地名	現地調査															調査グループ	備考	測位補正									沿岸方向距離(km)
		北緯			東経			年/月/日	時刻	測定高 a（m）	津波高の種類*1	汀線からの測定距離（m）	測定対象	根拠	信頼度 *2			測定時の潮位 b（m）	最大波発生日時（予想） 年/月/日	時刻	最大波発生時（予想）の潮位 c（m）	潮位補正の参照地点	潮位補正後の高さ a+b-c（m）	痕跡標高（T.P.m）	観測者	沿岸方向距離(km) 磯浜漁港からの距離
		度	分	秒	度	分	秒																					
6	笠野海岸(4割堤)																	7.2									7.262
7	笠野海岸(2割堤)																	7.2									7.263
7	笠野海岸(2割堤)																	7.2									7.938
8	横須賀海岸(直立堤)																	6.2									7.939
8	横須賀海岸(直立堤)																	6.2									9.963
9	吉田浜(直立堤)																	6.2									9.964
9	吉田浜(直立堤)																	6.2									13.69
	荒浜漁港海岸(無堤)																										
10	荒浜漁港海岸(直立堤)																	6.2									13.968
10	荒浜漁港海岸(直立堤)																	6.2									14.458
	鳥の海																										
11	荒浜漁港海岸(直立堤)																	6.2									14.548
11	荒浜漁港海岸(直立堤)																	6.2									15.422
	阿武隈川																										
12	蒲崎海岸(2割堤)																	7.2									16.336
12	蒲崎海岸(2割堤)																	7.2									16.34
12	蒲崎海岸(2割堤)																	7.2									16.36
12	蒲崎海岸(2割堤)																	7.2									16.371
12	蒲崎海岸(2割堤)																	7.2									16.381
12	蒲崎海岸(2割堤)																	7.2									16.384
12	蒲崎海岸(2割堤)																	7.2									16.387
12	蒲崎海岸(2割堤)																	7.2									16.39
12	蒲崎海岸(2割堤)																	7.2									16.394
12	蒲崎海岸(2割堤)																	7.2									16.398
12	蒲崎海岸(2割堤)																	7.2									16.405
12	蒲崎海岸(2割堤)																	7.2									16.411
12	蒲崎海岸(2割堤)																	7.2									16.42
12	蒲崎海岸(2割堤)																	7.2									16.426
12	蒲崎海岸(2割堤)																	7.2									16.428
12	蒲崎海岸(2割堤)																	7.2									16.432
12	蒲崎海岸(2割堤)																	7.2									16.5
12	蒲崎海岸(2割堤)																	7.2									16.6
12	蒲崎海岸(2割堤)																	7.2									16.661
12	蒲崎海岸(2割堤)																	7.2									16.67
12	蒲崎海岸(2割堤)																	7.2									16.676
12	蒲崎海岸(2割堤)																	7.2									16.68
12	蒲崎海岸(2割堤)																	7.2									16.7
12	蒲崎海岸(2割堤)																	7.2									16.717
13	蒲崎海岸(2割堤)																	7.2									16.718
13	蒲崎海岸(2割堤)																	7.2									16.8
13	蒲崎海岸(2割堤)																	7.2									16.9
13	蒲崎海岸(2割堤)																	7.2									17
13	蒲崎海岸(2割堤)																	7.2									17.1
13	蒲崎海岸(2割堤)																	7.2									17.2
13	蒲崎海岸(2割堤)																	7.2									17.3
13	蒲崎海岸(2割堤)																	7.2									17.4
13	蒲崎海岸(2割堤)																	7.2									17.5
13	蒲崎海岸(2割堤)																	7.2									17.6
13	蒲崎海岸(2割堤)																	7.2									17.7
13	蒲崎海岸(2割堤)																	7.2									17.8
13	蒲崎海岸(2割堤)																	7.2									17.9
13	蒲崎海岸(2割堤)																	7.2									18
13	蒲崎海岸(2割堤)																	7.2									18.1
13	蒲崎海岸(2割堤)																	7.2									18.2

表-5.2.2 痕調査結果（仙台平野）

地点番号	地名	現地調査 北緯 度	北緯 分	北緯 秒	東経 度	東経 分	東経 秒	年/月/日	時刻	測定高 a（m）	津波高の種類*1	汀線からの測定距離（m）	測定対象	根拠	信頼度 *2	調査グループ	備考	潮位補正 測定時の潮位 b（m）	最大波発生日時（予想） 年/月/日	最大波発生日時（予想） 時刻	最大波発生時（予想）の潮位 c（m）	潮位補正の参照地点	潮位補正後の高さ a+b-c（m）	痕跡標高（T.P.m）	観測者	沿岸方向距離（km） 海浜漁港からの距離
13	蒲崎海岸（2割堤）																	7.2								18.217
14	蒲崎海岸（2割堤）																	7.2								18.218
14	蒲崎海岸（2割堤）																	7.2								19.717
15	蒲崎海岸（2割堤）																	7.2								19.718
15	蒲崎海岸（2割堤）																	7.2								20.39
16	ニノ倉海岸（2割堤）																	7.2								20.391
16	ニノ倉海岸（2割堤）																	7.2								21.217
17	ニノ倉海岸（2割堤）																	7.2								21.218
17	ニノ倉海岸（2割堤）																	7.2								22.194
17	ニノ倉海岸（2割堤）																	7.2								22.375
17	ニノ倉海岸（2割堤）																	7.2								22.441
17	ニノ倉海岸（2割堤）																	7.2								22.602
17	ニノ倉海岸（2割堤）																	7.2								22.623
18	ニノ倉海岸（4割堤）																	7.2								22.624
18	ニノ倉海岸（4割堤）																	7.2								22.631
18	ニノ倉海岸（4割堤）																	7.2								22.706
18	ニノ倉海岸（4割堤）																	7.2								22.717
19	ニノ倉海岸（4割堤）																	7.2								22.718
19	ニノ倉海岸（4割堤）																	7.2								22.955
19	ニノ倉海岸（4割堤）																	7.2								22.993
19	ニノ倉海岸（4割堤）																	7.2								23.061
	ニノ倉海岸（無堤）																									
20	ニノ倉海岸（農林堤）																	5.2								24.231
20	ニノ倉海岸（農林堤）																	5.2								24.288
20	ニノ倉海岸（農林堤）																	5.2								25.213
20	ニノ倉海岸（農林堤）																	5.2								25.39
21	名取海岸（4割堤）																	7.2								25.391
21	名取海岸（4割堤）																	7.2								25.485
21	名取海岸（4割堤）																	7.2								25.52
21	名取海岸（4割堤）																	7.2								25.649
21	名取海岸（4割堤）																	7.2								25.717
22	名取海岸（4割堤）																	7.2								25.718
22	名取海岸（4割堤）																	7.2								25.784
22	名取海岸（4割堤）																	7.2								26.024
	名取海岸（砂丘堤）																									
	閖上漁港海岸（砂丘堤）																									
	名取川																									
	仙台海岸（無堤）																									
25	仙台深沼海岸（2割堤）																	6.2								31.629
25	仙台深沼海岸（2割堤）																	6.2								31.652
25	仙台深沼海岸（2割堤）																	6.2								31.676
25	仙台深沼海岸（2割堤）																	6.2								31.717
26	仙台深沼海岸（2割堤）																	6.2								31.718
26	仙台深沼海岸（2割堤）																	6.2								31.754
26	仙台深沼海岸（2割堤）																	6.2								31.763
26	仙台深沼海岸（2割堤）																	6.2								31.772
26	仙台深沼海岸（2割堤）																	6.2								32.092
26	仙台深沼海岸（2割堤）																	6.2								32.512
27	仙台深沼海岸（直立堤）																	5.2								32.513
27	仙台深沼海岸（直立堤）																	5.2								32.518
27	仙台深沼海岸（直立堤）																	5.2								34.569
27	仙台深沼海岸（直立堤）																	5.2								34.577
28	深沼漁港海岸（2割堤）																	6.2								34.578
28	深沼漁港海岸（2割堤）																									34.606

表-5.2.2 痕調査結果（仙台平野）

地点番号	地名	現地調査 北緯 度	分	秒	東経 度	分	秒	年/月/日	時刻	測定高 津波高 a（m）	の種類*1	汀線からの 測定距離（m）	測定対象	根拠	信頼度 *2	調査グループ	備考	潮位補正 測定時の 潮位 b（m）	最大波発生日時（予想） 年/月/日	時刻	潮位補正の 最大波発生時（予想） の潮位 c（m）	潮位補正の 参照地点	潮位補正後の高さ a+b−c（m）	痕跡標高 （T.P.m）	観測者	沿岸方向距離（km） 磯浜漁港からの距離
28	深沼漁港海岸（2列堤）																	6.2								34.717
29	深沼漁港海岸（2列堤）																	6.2								34.718
29	深沼漁港海岸（2列堤）																	6.2								35.285
29	深沼漁港海岸（2列堤）																	6.2								35.295
29	深沼漁港海岸（2列堤）																	6.2								35.304
	仙台深沼海岸（無堤）																									
30	仙台深沼海岸（2列堤）																	6.2								36.003
30	仙台深沼海岸（2列堤）																	6.2								36.13
30	仙台深沼海岸（2列堤）																	6.2								36.131
30	仙台深沼海岸（2列堤）																	6.2								36.162
30	仙台深沼海岸（2列堤）																	6.2								36.217
31	仙台深沼海岸（2列堤）																	6.2								36.218
31	仙台深沼海岸（2列堤）																	6.2								36.291
31	仙台深沼海岸（2列堤）																	6.2								36.299
31	仙台深沼海岸（2列堤）																	6.2								37.492
	仙台深沼海岸（無堤）																									
	七北田川																									

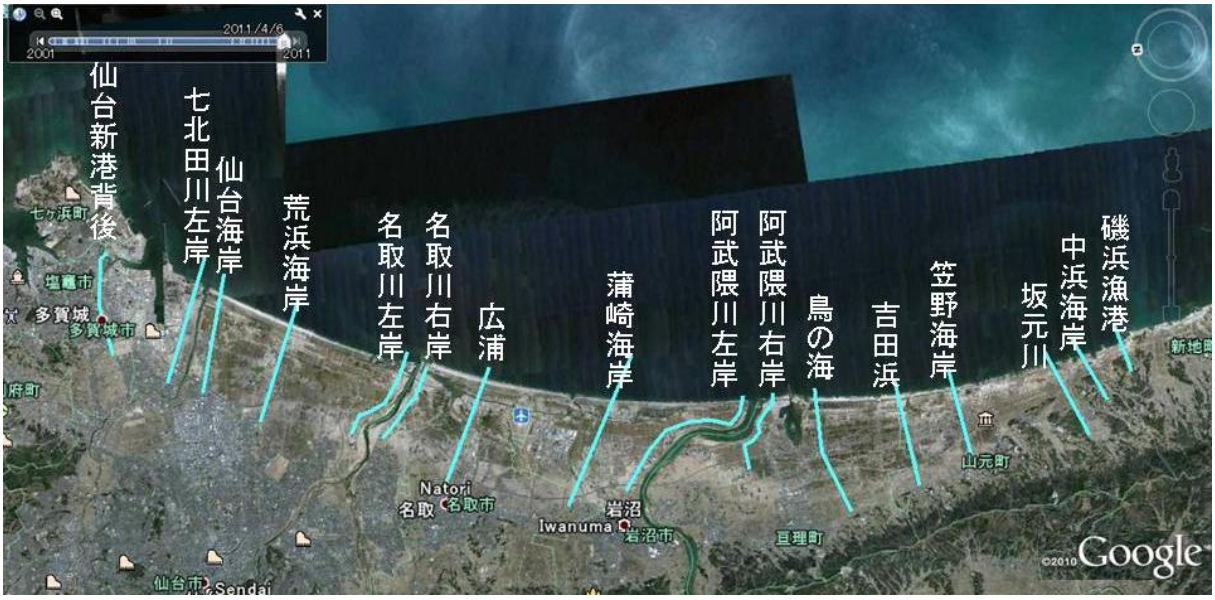


図-5.2.9　断面分布測線（仙台平野）

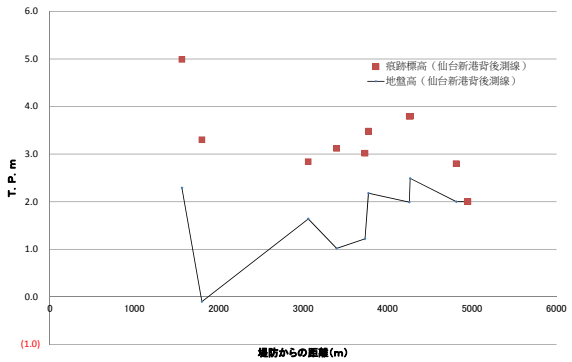


図-5.2.10 痕跡標高断面分布(仙台新港背後測線)

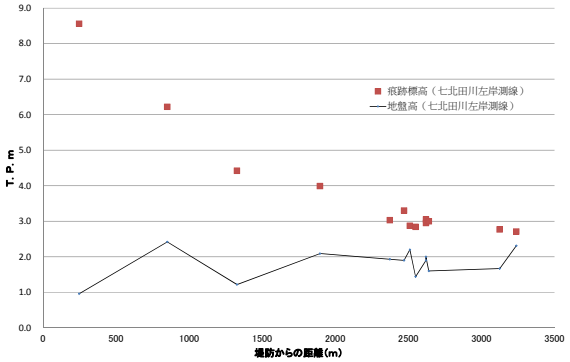


図-5.2.11 痕跡標高断面分布（七北田川左岸測線）

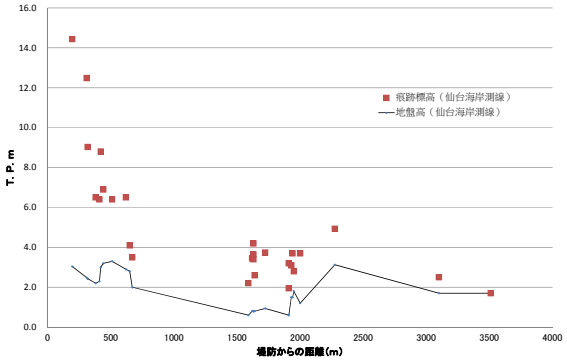


図-5.2.12 痕跡標高断面分布（仙台海岸測線）

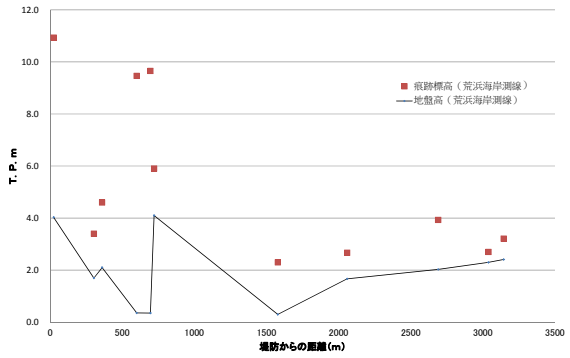


図-5.2.13 痕跡標高断面分布（荒浜海岸測線）

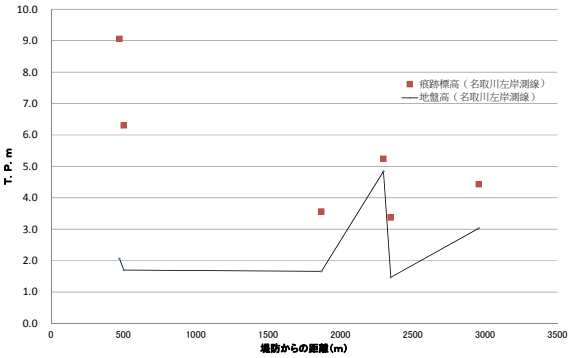


図-5.2.14 痕跡標高断面分布（名取川左岸測線）

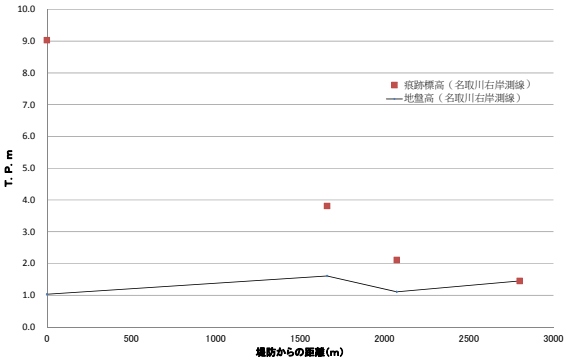


図-5.2.15 痕跡標高断面分布（名取川右岸測線）

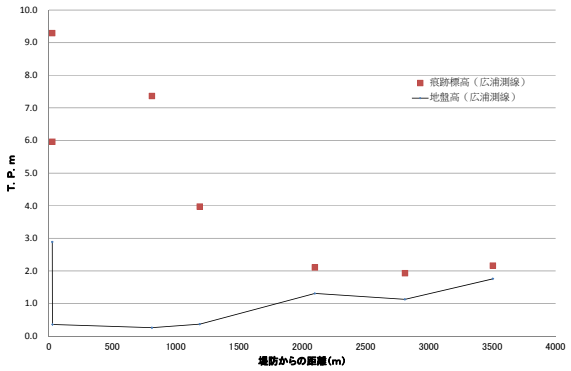


図-5.2.16 痕跡標高断面分布（広浦測線）

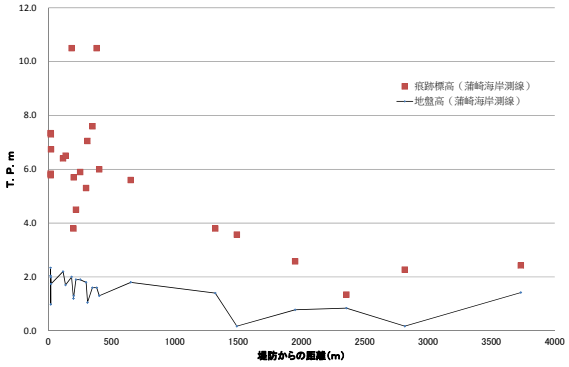


図-5.2.17 痕跡標高断面分布（蒲崎海岸測線）

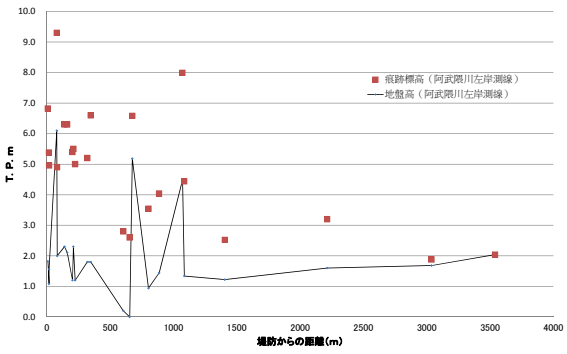


図-5.2.18 痕跡標高断面分布（阿武隈川左岸測線）

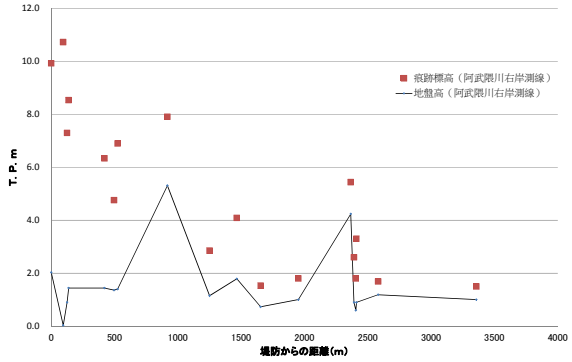


図-5.2.19 痕跡標高断面分布（阿武隈川右岸測線）

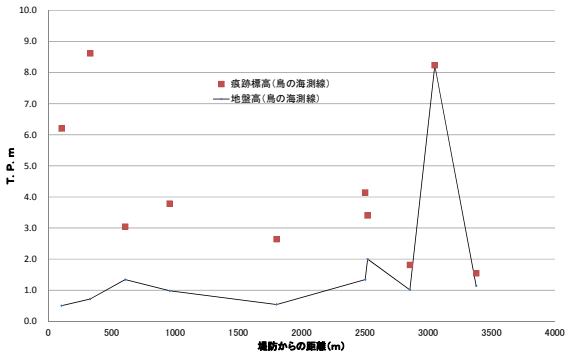


図-5.2.20 痕跡標高断面分布（鳥の海測線）

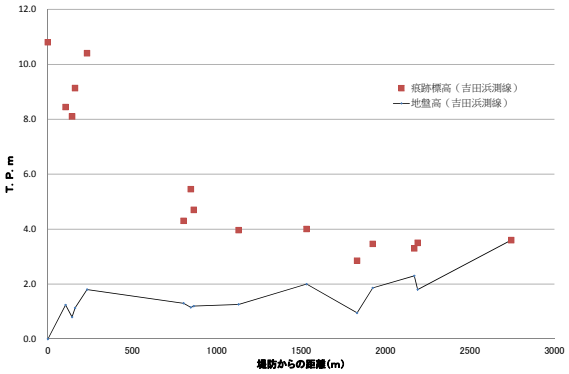


図-5.2.21 痕跡標高断面分布（吉田浜測線）

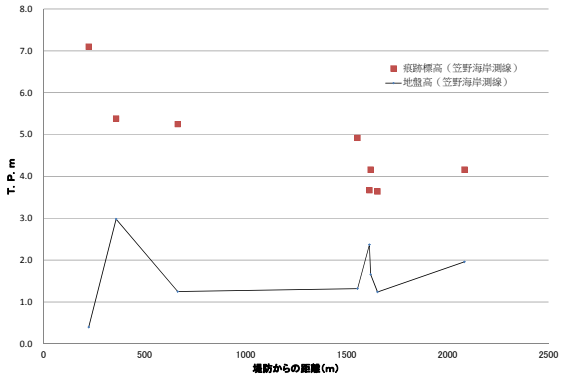


図-5.2.22 痕跡標高断面分布（笠野海岸測線）

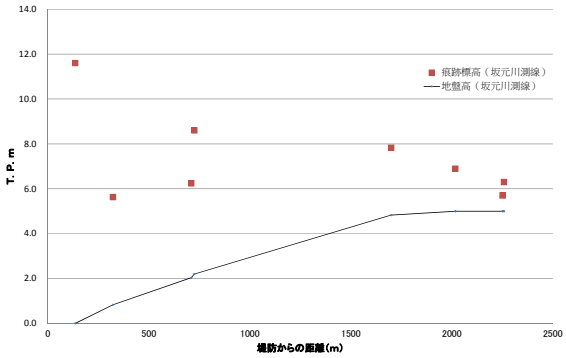


図-5.2.23 痕跡標高断面分布（坂元川測線）

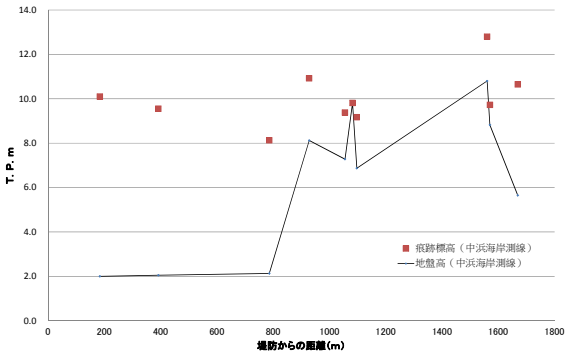


図-5.2.24 痕跡標高断面分布（中浜海岸測線）

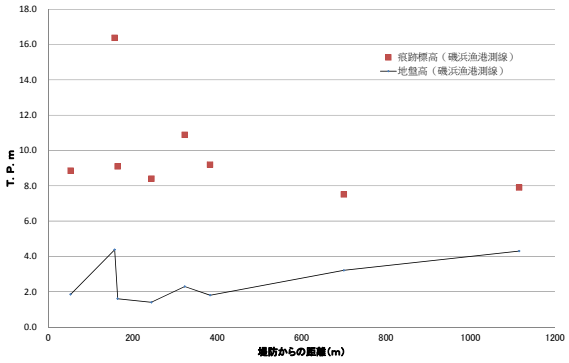


図-5.2.25 痕跡標高断面分布（磯浜漁港測線）

表-5.2.3 痕調査結果（石巻平野）

地点番号	地名	現地調査 北緯 度	北緯 分	北緯 秒	東経 度	東経 分	東経 秒	年/月/日	時刻	測定高 a（m）	津波高の種類*1	汀線からの測定距離（m）	測定対象	根拠	信頼度 *2	調査グループ	備考	潮位補正 測定時の潮位 b（m）	最大波発生日時（予想） 年/月/日	最大波発生日時（予想） 時刻	最大波発生時（予想）の潮位 c（m）	潮位補正の参照地点	潮位補正後の高さ a+b-c（m）	痕跡標高（TP.m）	観測者
E1-4	石巻港～鳴瀬川（沿岸方向）	38	23	42.3	141	12	49.2	2011/3/29	9:21	4.90	I	38	海岸背後の保安林	枝の損傷	A	国土交通省仙台河川国道事務所	「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高(**国土地理院2mメッシュ数値地図**)を記載	2.80	3月11日	15:30	-0.440	港積（塩釜）	8.14	7.7	s
E1-5	石巻港～鳴瀬川（沿岸方向）	38	23	30.4	141	12	18.3	2011/4/5	8:34	5.10	I	39	海岸背後の保安林	枝の損傷	A	国土交通省仙台河川国道事務所	「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高(**国土地理院2mメッシュ数値地図**)を記載	3.20	3月11日	15:30	-0.440	港積（塩釜）	8.74	8.3	s
E1-6	石巻港～鳴瀬川（沿岸方向）	38	23	21.6	141	11	59.6	2011/4/5	8:59	4.00	I	20	海岸背後の保安林	枝の損傷	A	国土交通省仙台河川国道事務所	「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高(**国土地理院2mメッシュ数値地図**)を記載	4.40	3月11日	15:30	-0.440	港積（塩釜）	8.84	8.4	s
E1-9	石巻港～鳴瀬川（沿岸方向）	38	22	41.1	141	10	38.9	2011/4/5	10:13	4.80	I	20	海岸背後の保安林	枝の損傷	A	国土交通省仙台河川国道事務所	「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高(**国土地理院2mメッシュ数値地図**)を記載	2.80	3月11日	15:30	-0.440	港積（塩釜）	8.04	7.6	s
E1-10	鳴瀬川～洲崎海岸（沿岸方向）	38	22	31.7	141	10	21.9	2011/3/28	9:44	6.80	I	18	海岸背後の保安林	枝の損傷	A	国土交通省仙台河川国道事務所	「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高(**国土地理院2mメッシュ数値地図**)を記載	2.60	3月11日	15:30	-0.440	港積（塩釜）	9.84	9.4	s
E1-11	鳴瀬川～洲崎海岸（沿岸方向）	38	22	32.6	141	10	19.7	2011/3/28	12:00	4.80	I	83	民家雨戸の痕跡	雨戸の損傷	A	国土交通省仙台河川国道事務所	「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高(**国土地理院2mメッシュ数値地図**)を記載	3.90	3月11日	15:30	-0.440	港積（塩釜）	9.14	8.7	s
E1-12	鳴瀬川～洲崎海岸（沿岸方向）	38	22	29.6	141	10	17.0	2011/3/28	11:43	5.00	I	31	海岸背後の保安林	枝の損傷	A	国土交通省仙台河川国道事務所	「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高(**国土地理院2mメッシュ数値地図**)を記載	4.00	3月11日	15:30	-0.440	港積（塩釜）	9.44	9.0	s
E1-13	鳴瀬川～洲崎海岸（沿岸方向）	38	22	31.2	141	10	10.7	2011/3/28	12:16	-	R	145	高台の痕跡	漂着物	A	国土交通省仙台河川国道事務所	「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高(**国土地理院2mメッシュ数値地図**)を記載	7.80	3月11日	15:30	-0.440	港積（塩釜）	8.24		s
E1-14	鳴瀬川～洲崎海岸（沿岸方向）	38	22	29.3	141	10	8.8	2011/3/28	11:27	5.00	I	109	樹木	枝の損傷	A	国土交通省仙台河川国道事務所	「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高(**国土地理院2mメッシュ数値地図**)を記載	3.60	3月11日	15:30	-0.440	港積（塩釜）	9.04	8.6	s
E1-15	鳴瀬川～洲崎海岸（沿岸方向）	38	22	27.7	141	10	1.9	2011/3/28	12:31	4.80	I	252	海岸背後の保安林	樹皮の損傷	A	国土交通省仙台河川国道事務所	「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高(**国土地理院2mメッシュ数値地図**)を記載	3.10	3月11日	15:30	-0.440	港積（塩釜）	8.34	7.9	s
E1-16	鳴瀬川～洲崎海岸（沿岸方向）	38	22	28.0	141	9	59.5	2011/3/28	12:35	4.40	I	211	民家壁面の痕跡	泥	A	国土交通省仙台河川国道事務所	「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高(**国土地理院2mメッシュ数値地図**)を記載	5.00	3月11日	15:30	-0.440	港積（塩釜）	9.84	9.4	s
E1-17	鳴瀬川～洲崎海岸（沿岸方向）	38	22	18.3	141	9	55.5	2011/3/28	15:59	6.20	I	25	海岸背後の保安林	枝の損傷	A	国土交通省仙台河川国道事務所	「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高(**国土地理院2mメッシュ数値地図**)を記載	2.30	3月11日	15:30	-0.440	港積（塩釜）	8.94	8.5	s
E1-18	鳴瀬川～洲崎海岸（沿岸方向）	38	22	13.8	141	9	43.1	2011/3/28	15:51	4.20	R	147	工場壁面の痕跡	漂着物	A	国土交通省仙台河川国道事務所	「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高(**国土地理院2mメッシュ数値地図**)を記載	3.20	3月11日	15:30	-0.440	港積（塩釜）	7.84	7.4	s
E1-19	鳴瀬川～洲崎海岸（沿岸方向）	38	22	9.4	141	9	30.4	2011/3/28	15:32	4.30	I	297	建造物の壁面の痕跡	泥	A	国土交通省仙台河川国道事務所	「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高(**国土地理院2mメッシュ数値地図**)を記載	2.40	3月11日	15:30	-0.440	港積（塩釜）	7.14	6.7	s
E1-20	鳴瀬川～洲崎海岸（沿岸方向）	38	22	0.8	141	9	31.2	2011/3/28	15:23	4.70	I	141	民家壁面の痕跡	泥	A	国土交通省仙台河川国道事務所	「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高(**国土地理院2mメッシュ数値地図**)を記載	2.50	3月11日	15:30	-0.440	港積（塩釜）	7.64	7.2	s
E1-21	鳴瀬川～洲崎海岸（沿岸方向）	38	22	0.7	141	9	27.9	2011/3/28	15:07	5.00	R	209	建造物の壁面の痕跡	漂着物	A	国土交通省仙台河川国道事務所	「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高(**国土地理院2mメッシュ数値地図**)を記載	1.40	3月11日	15:30	-0.440	港積（塩釜）	6.84	6.4	s
E1-22	鳴瀬川～洲崎海岸（沿岸方向）	38	21	53.3	141	9	20.2	2011/3/28	14:51	5.00	R	271	建造物の壁面の痕跡	漂着物	A	国土交通省仙台河川国道事務所	「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高(**国土地理院2mメッシュ数値地図**)を記載	1.30	3月11日	15:30	-0.440	港積（塩釜）	6.74	6.3	s
E1-23	鳴瀬川～洲崎海岸（沿岸方向）	38	21	33.7	141	9	22.5	2011/3/28	14:37	5.20	I	39	海岸背後の保安林	枝の損傷	A	国土交通省仙台河川国道事務所	「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高(**国土地理院2mメッシュ数値地図**)を記載	0.90	3月11日	15:30	-0.440	港積（塩釜）	6.54	6.1	s
E1-24	鳴瀬川～洲崎海岸（沿岸方向）	38	21	26.7	141	9	13.8	2011/3/28	14:25	5.30	I	210	建造物の壁面の痕跡	2F窓ガラスの破損	A	国土交通省仙台河川国道事務所	「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高(**国土地理院2mメッシュ数値地図**)を記載	1.90	3月11日	15:30	-0.440	港積（塩釜）	7.64	7.2	s
E1-25	鳴瀬川～洲崎海岸（沿岸方向）	38	21	13.0	141	9	24.1	2011/3/28	14:06	6.20	I	13	建物外壁	外壁の破損	A	国土交通省仙台河川国道事務所	「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高(**国土地理院2mメッシュ数値地図**)を記載	0.90	3月11日	15:30	-0.440	港積（塩釜）	7.54	7.1	s
E1-26	鳴瀬川～洲崎海岸（沿岸方向）	38	21	5.8	141	9	25.7	2011/3/28	13:56	4.50	R	50	高台の痕跡	漂着物	A	国土交通省仙台河川国道事務所	「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高(**国土地理院2mメッシュ数値地図**)を記載	1.50	3月11日	15:30	-0.440	港積（塩釜）	6.44	6.0	s
E1-7	石巻港～鳴瀬川（沿岸方向）	38	23	8.1	141	11	29.0	2011/4/5	9:21	5.60	I	36	海岸背後の保安林	枝の損傷	A	国土交通省仙台河川国道事務所	「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高(**国土地理院2mメッシュ数値地図**)を記載	2.20	3月11日	15:30	-0.440	港積（塩釜）	8.24	7.8	s
E1-8	石巻港～鳴瀬川（沿岸方向）	38	22	49.2	141	10	50.1	2011/3/28	16:54	5.20	I	61	海岸背後の保安林	枝の損傷	A	国土交通省仙台河川国道事務所	「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高(**国土地理院2mメッシュ数値地図**)を記載	3.60	3月11日	15:30	-0.440	港積（塩釜）	9.24	8.8	s
1-1	浜市地区	38	23	15.7	141	11	32.1	2011/4/10	13:50	5.40	I	213	立沼排水機場壁面の痕跡	泥	A	国土交通省仙台河川国道事務所	「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高(**国土地理院2mメッシュ数値地図**)を記載	1.20	3月11日	15:30	-0.440	港積（塩釜）	7.04	6.6	ko
1-2	浜市地区	38	23	23.7	141	11	25.5	2011/4/10	14:03	4.70	I	498	電柱	漂着物	A	国土交通省仙台河川国道事務所	「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高(**国土地理院2mメッシュ数値地図**)を記載	0.60	3月11日	15:30	-0.440	港積（塩釜）	5.74	5.3	ko
1-3	浜市地区	38	23	39.3	141	11	8.9	2011/4/10	14:18	2.30	I	1123	ポンプ場建造物壁面の痕跡	泥	A	国土交通省仙台河川国道事務所	「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高(**国土地理院2mメッシュ数値地図**)を記載	1.20	3月11日	15:30	-0.440	港積（塩釜）	3.94	3.5	ko
1-4	浜市地区	38	23	49.1	141	10	52.1	2011/4/10	14:30	1.70	I	1560	記念碑の痕跡	泥	A	国土交通省仙台河川国道事務所	「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高(**国土地理院2mメッシュ数値地図**)を記載	2.10	3月11日	15:30	-0.440	港積（塩釜）	4.24	3.8	ko
1-5	浜市地区	38	23	53.6	141	10	50.1	2011/4/10	14:35	1.30	I	1709	ガソリンスタンドの外壁の痕跡	泥	A	国土交通省仙台河川国道事務所	「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高(**国土地理院2mメッシュ数値地図**)を記載	2.20	3月11日	15:30	-0.440	港積（塩釜）	3.94	3.5	ko
1-6	浜市地区	38	24	1.3	141	10	54.1	2011/4/10	14:40	1.10	I	1884	民家垣根の痕跡	漂着物	A	国土交通省仙台河川国道事務所	「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高(**国土地理院2mメッシュ数値地図**)を記載	2.10	3月11日	15:30	-0.440	港積（塩釜）	3.64	3.2	ko
1-7	浜市地区	38	24	7.4	141	10	55.2	2011/4/10	14:50	0.40	I	2043	民家塀の痕跡	泥	A	国土交通省仙台河川国道事務所	「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高(**国土地理院2mメッシュ数値地図**)を記載	3.10	3月11日	15:30	-0.440	港積（塩釜）	3.94	3.5	ko
1-8	浜市地区	38	24	20.1	141	10	59.6	2011/4/10	15:00	0.00	R	2370	畑遡上終端部	漂着物	A	国土交通省仙台河川国道事務所	「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高(**国土地理院2mメッシュ数値地図**)を記載	2.20	3月11日	15:30	-0.440	港積（塩釜）	2.64	2.2	ko
E1-3	石巻港～鳴瀬川（沿岸方向）	38	23	51.0	141	13	12.3	2011/3/29	8:55	4.60	I	9	海岸背後の保安林	枝の損傷	A	国土交通省仙台河川国道事務所	「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高(**国土地理院2mメッシュ数値地図**)を記載	3.70	3月11日	15:30	-0.440	港積（塩釜）	8.74	8.3	s
E1-1	石巻港～鳴瀬川（沿岸方向）	38	24	12.3	141	14	14.7	2011/3/29	7:58	3.90	I	18	海岸背後の保安林	枝の損傷	A	国土交通省仙台河川国道事務所	「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高(**国土地理院2mメッシュ数値地図**)を記載	3.20	3月11日	15:30	-0.440	港積（塩釜）	7.54	7.1	s
E1-2	石巻港～鳴瀬川（沿岸方向）	38	23	57.1	141	13	26.0	2011/3/29	8:43	4.50	I	38	海岸背後の保安林	枝の損傷	A	国土交通省仙台河川国道事務所	「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高(**国土地理院2mメッシュ数値地図**)を記載	1.10	3月11日	15:30	-0.440	港積（塩釜）	6.04	5.6	s
2-1	大曲地区	38	24	17.8	141	13	48.1	2011/4/10	15:23	3.00	I	400	矢本海浜緑地管理事務所壁面の痕跡	泥	A	国土交通省仙台河川国道事務所	「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高(**国土地理院2mメッシュ数値地図**)を記載	2.50	3月11日	15:30	-0.440	港積（塩釜）	5.94	5.5	ko
2-2	大曲地区	38	24	20.7	141	13	46.2	2011/4/10	15:30	1.60	I	501	下街道排水機場壁面の痕跡	泥	A	国土交通省仙台河川国道事務所	「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高(**国土地理院2mメッシュ数値地図**)を記載	2.30	3月11日	15:30	-0.440	港積（塩釜）	4.34	3.9	ko
2-3	大曲地区	38	24	26.1	141	13	44.0	2011/4/10	15:40	2.10	I	672	民家窓の痕跡	泥	A	国土交通省仙台河川国道事務所	「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高(**国土地理院2mメッシュ数値地図**)を記載	1.30	3月11日	15:30	-0.440	港積（塩釜）	3.84	3.4	ko
2-4	大曲地区	38	24	36.2	141	13	57.8	2011/4/10	15:55	5.00	I	865	畑の中の樹木	枝の損傷	A	国土交通省仙台河川国道事務所	「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高(**国土地理院2mメッシュ数値地図**)を記載	1.10	3月11日	15:30	-0.440	港積（塩釜）	6.54	6.1	ko
2-5	大曲地区	38	24	50.5	141	13	30.7	2011/4/10	16:09	1.70	I	1491	松島基地入口前 電機施設窓の痕跡	泥	A	国土交通省仙台河川国道事務所	「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高(**国土地理院2mメッシュ数値地図**)を記載	1.50	3月11日	15:30	-0.440	港積（塩釜）	3.64	3.2	ko
2-6	大曲地区	38	24	57.8	141	13	25.6	2011/4/10	16:15	1.55	I	1744	商店壁の痕跡	泥	A	国土交通省仙台河川国道事務所	「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高(**国土地理院2mメッシュ数値地図**)を記載	1.40	3月11日	15:30	-0.440	港積（塩釜）	3.39	3.0	ko
2-7	大曲地区	38	25	6.8	141	13	20.8	2011/4/10	16:20	1.10	I	2045	商店ガラス戸の痕跡	泥	A	国土交通省仙台河川国道事務所	「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高(**国土地理院2mメッシュ数値地図**)を記載	1.80	3月11日	15:30	-0.440	港積（塩釜）	3.34	2.9	ko
2-8	大曲地区	38	25	15.8	141	13	16.2	2011/4/10	16:25	0.70	I	2342	民家壁面の痕跡	泥	A	国土交通省仙台河川国道事務所	「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高(**国土地理院2mメッシュ数値地図**)を記載	2.10	3月11日	15:30	-0.440	港積（塩釜）	3.24	2.8	ko
2-9	大曲地区	38	25	27.6	141	13	9.8	2011/4/10	16:35	0.80	I	2739	商店壁の痕跡	泥	A	国土交通省仙台河川国道事務所	「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高(**国土地理院2mメッシュ数値地図**)を記載	1.80	3月11日	15:30	-0.440	港積（塩釜）	3.04	2.6	ko
2-10	大曲地区	38	25	32.7	141	13	7.2	2011/4/10	16:40	0.45	I	2906	民家塀の痕跡	泥	A	国土交通省仙台河川国道事務所	「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高(**国土地理院2mメッシュ数値地図**)を記載	2.10	3月11日	15:30	-0.440	港積（塩釜）	2.99	2.6	ko
2-11	大曲地区	38	25	37.1	141	13	5.1	2011/4/10	16:45	0.00	R	3050	畑遡上終端部	漂着物	A	国土交通省仙台河川国道事務所	「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高(**国土地理院2mメッシュ数値地図**)を記載	2.20	3月11日	15:30	-0.440	港積（塩釜）	2.64	2.2	ko

表-5.2.4 痕調査結果（北上川下流、菖蒲田海岸）

北上川下流

地点番号	地名	北緯			東経			年/月/日	時刻	現地調査 測定高 a（m）	津波高の種類*1	汀線からの測定距離（m）	測定対象	根拠	信頼度*2	調査グループ	備考	潮位補正 測定時の潮位 b（m）	最大波発生日時（予想） 年/月/日	時刻	最大波発生時（予想）の潮位 c（m）	潮位補正の参照地点	潮位補正後の高さ a+b-c（m）	痕跡標高（T.P.m）	観測者
		度	分	秒	度	分	秒																		
1-1	北上川下流左岸	38	34	58.8	141	27	53.9	2011/4/11	10:15	11.50	I	102	長塩谷水門付近の大木	枝の損傷	A	国土交通省仙台河川国道事務所	「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高(**国土地理院2mメッシュ数値地図**)を記載	1.90	3月11日	15:30	-0.440	港積(塩釜)	13.84	13.4	ko
1-2	北上川下流左岸	38	34	41.7	141	27	26.0	2011/4/11	10:25	10.30	I	217	樹木	付着物	A	国土交通省仙台河川国道事務所	「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高(**国土地理院2mメッシュ数値地図**)を記載	4.60	3月11日	15:30	-0.440	港積(塩釜)	15.34	14.9	ko
1-3	北上川下流左岸	38	34	25.9	141	26	51.4	2011/4/11	10:40	2.10	I	1369	月浜第二水門機械　外壁窓	泥	A	国土交通省仙台河川国道事務所	「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高(**国土地理院2mメッシュ数値地図**)を記載	3.90	3月11日	15:30	-0.440	港積(塩釜)	6.44	6.0	ko
1-4	北上川下流左岸	38	34	8.2	141	26	5.1	2011/4/11	11:00	7.00	I	2605	樹木	枝の損傷	A	国土交通省仙台河川国道事務所	「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高(**国土地理院2mメッシュ数値地図**)を記載	2.40	3月11日	15:30	-0.440	港積(塩釜)	9.84	9.4	ko
1-5	北上川下流左岸	38	33	46.0	141	25	40.0	2011/4/11	11:22	3.90	I	3440	月浜第一水門発電設備	排気ダクトの損傷	A	国土交通省仙台河川国道事務所	「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高(**国土地理院2mメッシュ数値地図**)を記載	6.00	3月11日	15:30	-0.440	港積(塩釜)	10.34	9.9	ko
1-6	北上川下流左岸	38	33	29.0	141	25	29.4	2011/4/11	11:45	7.40	I	3962	民家	2F屋根軒下の損傷	A	国土交通省仙台河川国道事務所	「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高(**国土地理院2mメッシュ数値地図**)を記載	1.20	3月11日	15:30	-0.440	港積(塩釜)	9.04	8.6	ko
1-7	北上川下流左岸(河道内)	38	31	42.8	141	21	24.1	2011/4/11	12:30	(0.50)	I	10703	堤防堤外の法面（堤防天端から下方に計測）	漂流物	A	国土交通省仙台河川国道事務所	「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高(**国土地理院2mメッシュ数値地図**)を記載	7.90	3月11日	15:30	-0.440	港積(塩釜)	7.84	7.4	ko
1-8	北上川下流左岸(河道内)	38	31	19.3	141	20	12.8	2011/4/11	12:50	(1.20)	I	12562	堤防堤外の法面（堤防天端から下方に計測）	植生の堆積	A	国土交通省仙台河川国道事務所	「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高(**国土地理院2mメッシュ数値地図**)を記載	未計測	3月11日	15:30	-0.440	港積(塩釜)	-	-	ko
1-9	北上川下流左岸	38	32	30.5	141	23	14.5	2011/4/11	15:15	0.70	I	7653	民家	基礎部コンクリートの泥	A	国土交通省仙台河川国道事務所	「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高(**国土地理院2mメッシュ数値地図**)を記載	0.50	3月11日	15:30	-0.440	港積(塩釜)	1.64	1.2	ko
1-10	北上川下流左岸	38	32	40.7	141	24	4.9	2011/4/11	15:20	0.30	I	6454	神社物置外壁	外壁の泥	A	国土交通省仙台河川国道事務所	「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高(**国土地理院2mメッシュ数値地図**)を記載	1.20	3月11日	15:30	-0.440	港積(塩釜)	1.94	1.5	ko
1-11	北上川下流左岸	38	32	43.9	141	24	39.4	2011/4/11	15:30	1.50	I	5720	葬祭会館観音樹	窓カラスの泥	A	国土交通省仙台河川国道事務所	「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高(**国土地理院2mメッシュ数値地図**)を記載	0.50	3月11日	15:30	-0.440	港積(塩釜)	2.44	2.0	ko
2-1	北上川下流右岸	38	32	44.2	141	25	34.7	2011/4/11	13:25	6.00	I	4728	北上大橋右岸大木	枝の損傷	A	国土交通省仙台河川国道事務所	「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高(**国土地理院2mメッシュ数値地図**)を記載	6.30	3月11日	15:30	-0.440	港積(塩釜)	12.74	12.3	ko
2-2	北上川下流右岸(河道内)	38	32	22.2	141	24	16.3	2011/4/11	13:40	(0.30)	I	6574	堤防堤外の法面（堤防天端から下方に計測）	洗掘	A	国土交通省仙台河川国道事務所	「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高(**国土地理院2mメッシュ数値地図**)を記載	5.70	3月11日	15:30	-0.440	港積(塩釜)	5.84	5.4	ko
2-3	北上川下流右岸	38	32	10.6	141	23	21.1	2011/4/11	13:55	1.00	I	7855	民家	外壁の泥	A	国土交通省仙台河川国道事務所	「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高(**国土地理院2mメッシュ数値地図**)を記載	4.60	3月11日	15:30	-0.440	港積(塩釜)	6.04	5.6	ko
2-4	北上川下流右岸(河道内)	38	31	47.9	141	22	31.5	2011/4/11	14:15	(2.00)	I	9240	福地水門堤防堤外法面（堤防天端から下方に計測）	植生の堆積	A	国土交通省仙台河川国道事務所	「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高(**国土地理院2mメッシュ数値地図**)を記載	6.80	3月11日	15:30	-0.440	港積(塩釜)	5.24	4.8	ko
2-5	北上川下流右岸(河道内)	38	31	14.1	141	20	29.7	2011/4/11	14:25	0.00	I	12288	堤防堤外法面小段	植生の堆積	A	国土交通省仙台河川国道事務所	「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高(**国土地理院2mメッシュ数値地図**)を記載	6.30	3月11日	15:30	-0.440	港積(塩釜)	6.74	6.3	ko
2-6	北上川下流右岸(河道内)	38	30	40.6	141	19	31.1	2011/4/11	14:35	0.00	I	14036	堤防堤外法面小段	植生の堆積	A	国土交通省仙台河川国道事務所	「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高(**国土地理院2mメッシュ数値地図**)を記載	4.70	3月11日	15:30	-0.440	港積(塩釜)	5.14	4.7	ko
2-7	北上川下流右岸(河道内)	38	30	39.2	141	18	30.4	2011/4/11	14:40	0.00	I	15332	堤防堤外法面小段	植生の堆積	A	国土交通省仙台河川国道事務所	「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高(**国土地理院2mメッシュ数値地図**)を記載	未計測	3月11日	15:30	-0.440	港積(塩釜)	-	-	ko

※護岸位置からの測定距離

菖蒲田海岸

地点番号	地名	北緯			東経			年/月/日	時刻	現地調査 測定高 a（m）	津波高の種類*1	汀線からの測定距離（m）	測定対象	根拠	信頼度*2	調査グループ	備考	潮位補正 測定時の潮位 b（m）	最大波発生日時（予想） 年/月/日	時刻	最大波発生時（予想）の潮位 c（m）	潮位補正の参照地点	潮位補正後の高さ a+b-c（m）	痕跡標高（T.P.m）	観測者
		度	分	秒	度	分	秒																		
1-1	菖蒲田浜(沿岸方向)	38	17	36.3	141	4	11.3	2011/3/30	14:04	5.80	I	17	海岸背後の保安林	枝の損傷	A	国土交通省仙台河川国道事務所	「測定時の潮位」欄には測定点の地盤標高(**国土地理院2mメッシュ数値地図**)を記載	2.90	3月11日	15:30	-0.440	港積(塩釜)	9.14	8.7	s
1-2	〃	38	17	29.9	141	4	1.1	2011/3/30	14:20	6.20	I	38	海岸背後の保安林	漂着物	A	〃	〃	2.20	3月11日	15:30	-0.440	港積(塩釜)	8.84	8.4	s
1-3	〃	38	17	23.4	141	3	56.5	2011/3/30	14:31	5.60	I	5	海岸背後の保安林	枝の損傷	A	〃	〃	3.20	3月11日	15:30	-0.440	港積(塩釜)	9.24	8.8	s
1-4	〃	38	17	17.2	141	3	51.6	2011/3/30	14:48	6.80	I	19	海岸背後の保安林	枝の損傷	A	〃	〃	3.70	3月11日	15:30	-0.440	港積(塩釜)	10.94	10.5	s
1-5	〃	38	17	11.5	141	3	45.9	2011/3/30	15:03	7.20	I	70	阿川沼排水機場	2F窓の損傷	A	〃	〃	1.30	3月11日	15:30	-0.440	港積(塩釜)	8.94	8.5	s

※護岸位置からの測定距離

※黒字の地盤標高は地理院の地盤高データ読み取り値

図-5.2.26は、石巻平野における痕跡水深測定結果全てをプロットしたものである。図より、石巻平野においても痕跡水深が遡上とともに減衰していることがわかる。石巻平野でも仙台平野と同様、**図-5.2.27**に示す遡上方向の測線を２つ設けて痕跡標高の断面分布を整理した。結果を**図-5.2.28**～**図5.2.29**に示す。図より、石巻平野においても遡上方向に痕跡標高が減衰している状況を読み取ることができる。

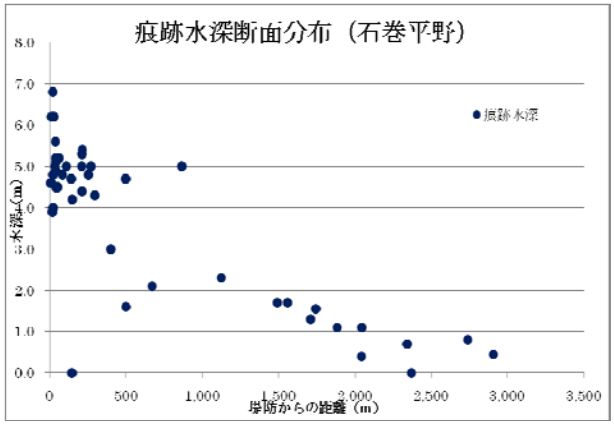


図-5.2.26　石巻平野痕跡水深断面分布



図-5.2.27　石巻平野痕跡遡上方向測線

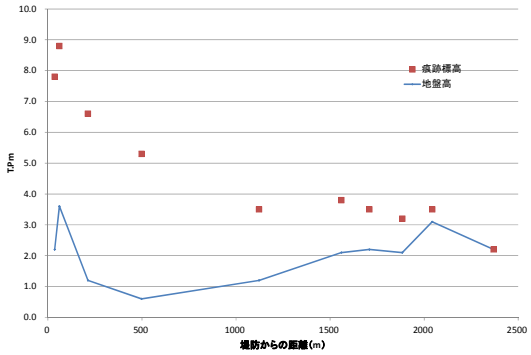


図-5.2.28 痕跡標高断面分布（浜市海岸測線）

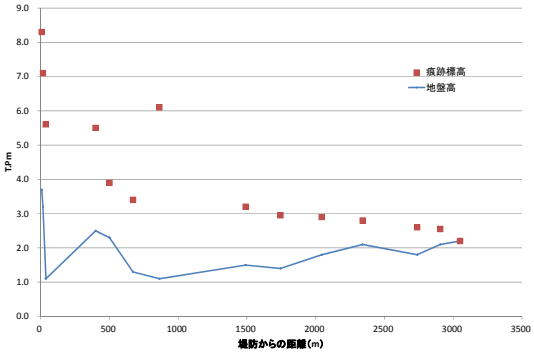


図-5.2.29 痕跡標高断面分布（大曲海岸測線）

図-5.2.30に北上川下流で測定した痕跡水深の断面分布を示す。図から北上川下流の谷底平野地形でも痕跡水深が遡上とともに減衰している状況が読み取れる。図-5.2.31に示す３つの測線で痕跡標高の断面分布図を作成した。図-5.2.32～図5.2.34に示す。図より、痕跡標高でも遡上とともに減衰している状況がわかる。

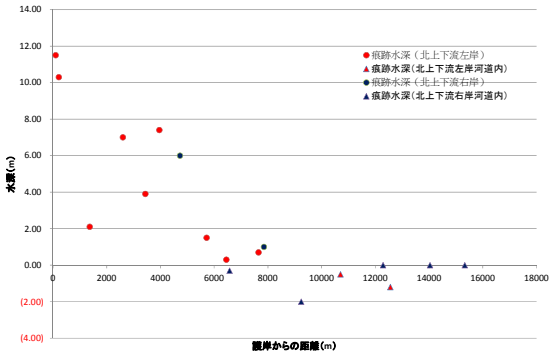


図-5.2.30 北上下流痕跡水深断面分布



図-5.2.31 北上下流痕跡調査側線

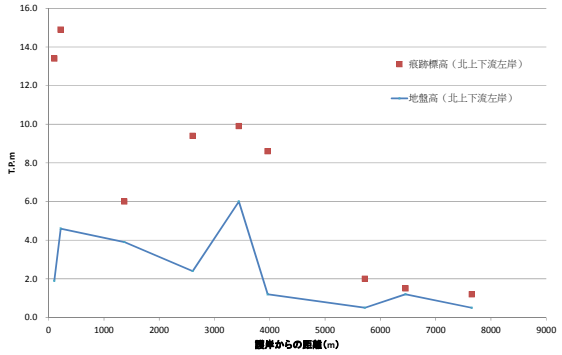


図-5.2.32 痕跡標高断面分布（北上川下流左岸測線）

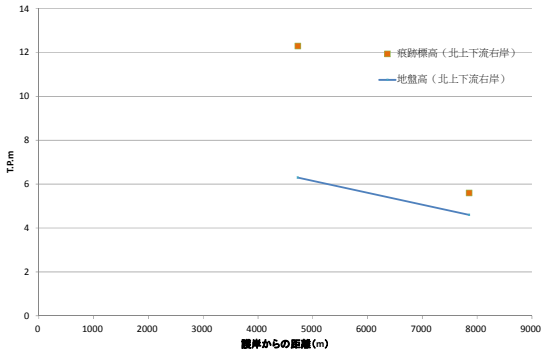


図-5.2.33 痕跡標高断面分布（北上川下流右岸測線）

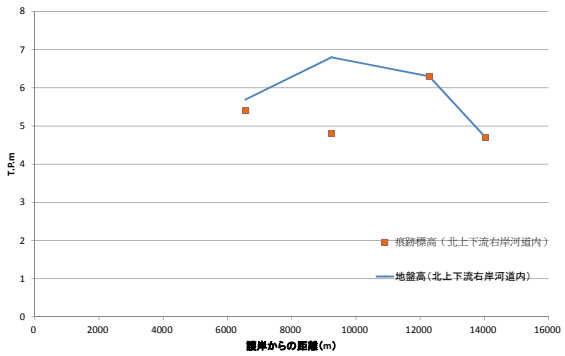


図-5.2.34 痕跡標高断面分布（北上川下流右岸河道内測線）

比較対象として、東北太平洋沖地震津波合同調査グループの調査結果をもとに、三陸地域の陸前高田市（**図-5.2.35**）と宮古市田老（**図-5.2.36**）における津波痕跡の遡上方向断面分布図を作成してみた。結果を陸前高田市については**図-5.2.37**に、宮古市田老については**図-5.2.38**に示す。図から、三陸地域においては痕跡標高の遡上方向の減衰は見られず、仙台平野の南部の測線と同じように平行もしくは痕跡標高が上昇していく特徴が見られた。これは、津波の遡上方向の奥行きが小さいことが要因と考えられる。



図-5.2.35 陸前高田の痕跡高（標高値）整理側線

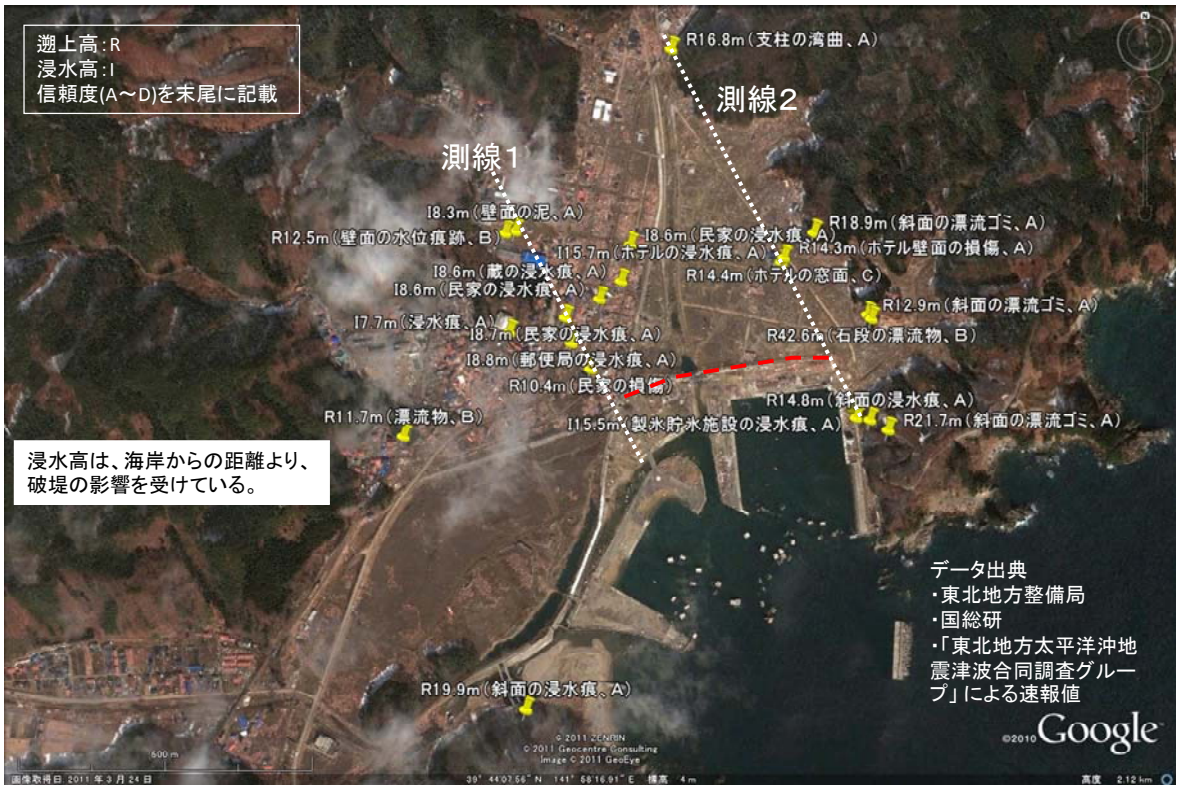


図-5.2.36 宮古市田老の痕跡標高整理側線

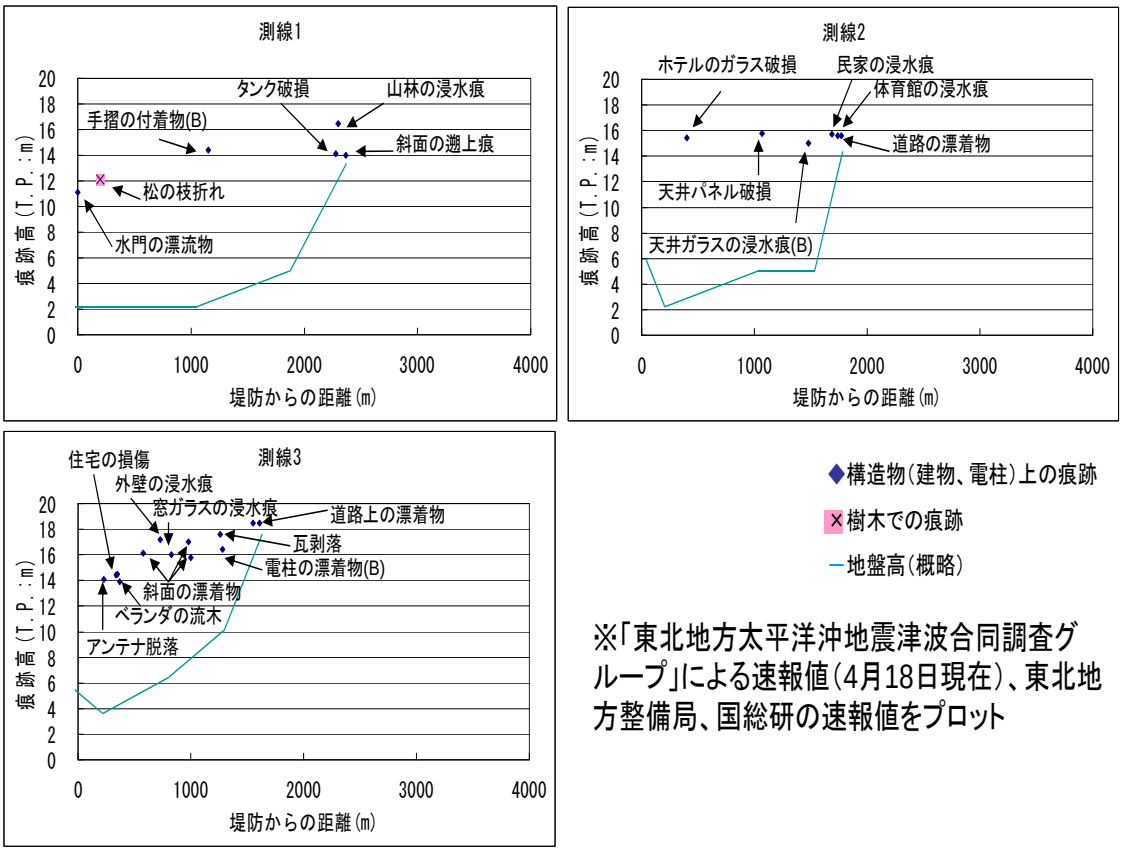


図-5.2.37 痕跡標高の断面分布（陸前高田）

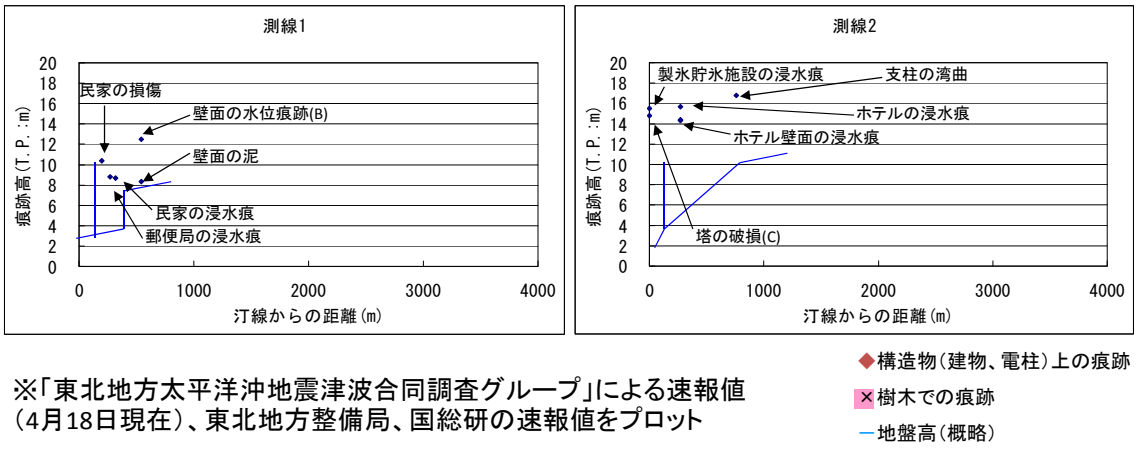


図-5.2.38 痕跡標高の断面分布（宮古市田老）

(3) 痕跡水位の沿岸分布（仙台平野）

仙台平野海岸線における痕跡標高の沿岸分布を**図-5.2.39**に整理した。図には標準断面図から読み取った地震前の堤防の天端高も入れてある。痕跡標高のバラツキは大きいものの、図から仙台平野沿岸では堤防の天端を3～4m程度津波が越流したのではないかと推定される。

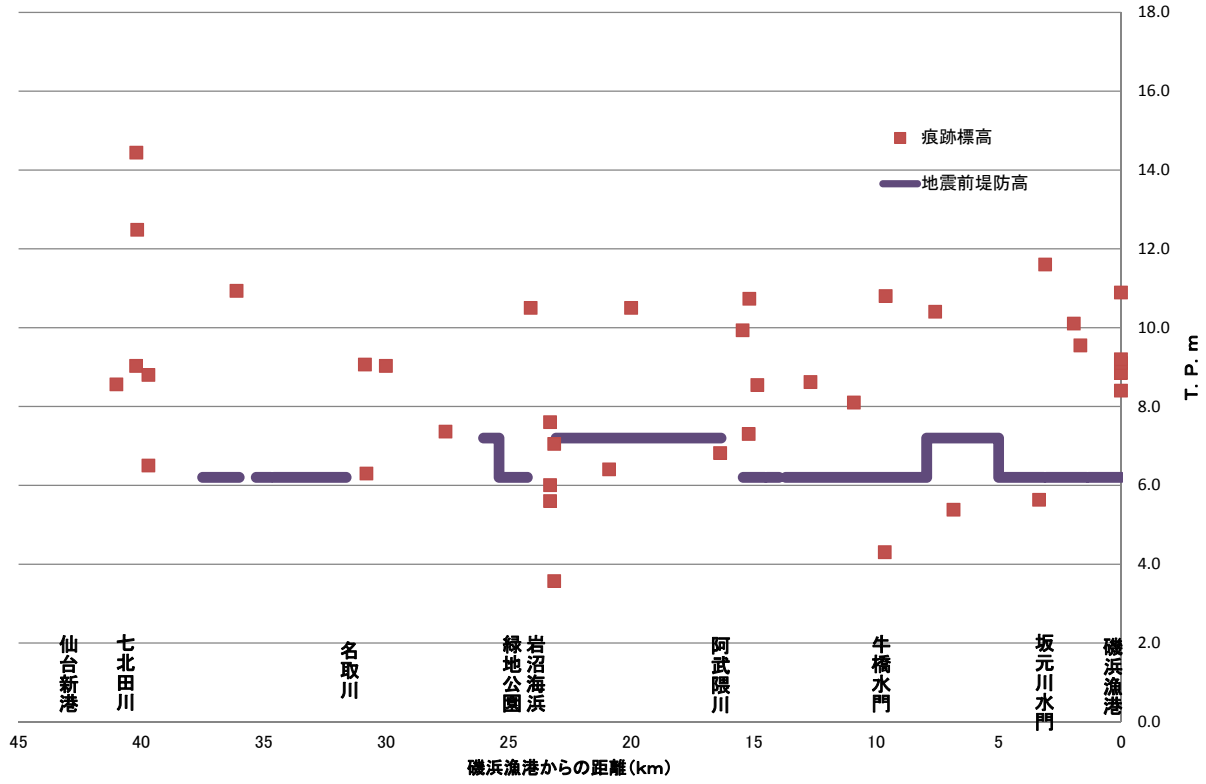


図-5.2.39 痕跡標高沿岸分布（仙台平野）

5.2.3 海岸施設被害調査

海岸研究室では、以下のとおり８回にわたって海岸保全施設の被害状況調査を実施した。

- 仙台湾沿岸　3/19～20
- 岩手県沿岸　3/27～30
- 茨城県北部～福島県南部　4/7
- 福島県南部　4/13
- 宮城県北部～岩手県沿岸　5/2～4
- 青森県及び福島県沿岸　5/13～23
- 茨城県沿岸　5/18～20
- 千葉県沿岸　5/3～6

結果は5.4でまとめる。

5.3 仙台平野における半壊した海岸堤防、線状盛土構造物の減災効果の評価

5.3.1 津波浸水シミュレーション

津波浸水シミュレーションにより、仙台平野において、津波氾濫に対して被災状態の海岸堤防が果たした減災効果について試算を試みた。

計算条件は、**図-5.3.1～図-5.3.2**に示すとおりである。計算は海岸堤防なし（ケース１）、海岸堤防あり（ケース２）、津波来襲前に海岸堤防被災（ケース３）、津波が堤防天端を越流した時点で被災（ケース４）の4ケースについて行った。津波後LPデータが得られなかったので、堤防被災状態については津波後のLPデータから読み取った被災後天端高情報をもとに被災後堤防天端高を設定した（**表-5.3.1**）。

○計算条件
対象地震：東北地方太平洋沖地震
断層モデル：藤井・佐竹モデルver4.0（すべり量をチューニング、仙台平野では1.2倍）
基礎方程式：非線形長波方程式（海岸堤防の越流量は本間の越流公式で算定）
地盤高：地震前の地盤高データから地盤沈降量（仙台平野では一律に-50cmを設定）を差し引く
潮位条件：T.P.0m
盛土構造物の扱い：河川堤防、東部道路は地形として考慮。ただし、東部道路のカルバートは実態に応じて設定。

表-5.3.1 計算ケース

ケース	海岸堤防の状態
ケース1	海岸堤防なし
ケース2	海岸堤防あり
ケース3	津波来襲前に津波後の状態に被災
ケース4	津波が天端を越流した時点で津波後の状態に被災

図-5.3.1 津波浸水計算（断層モデル等）

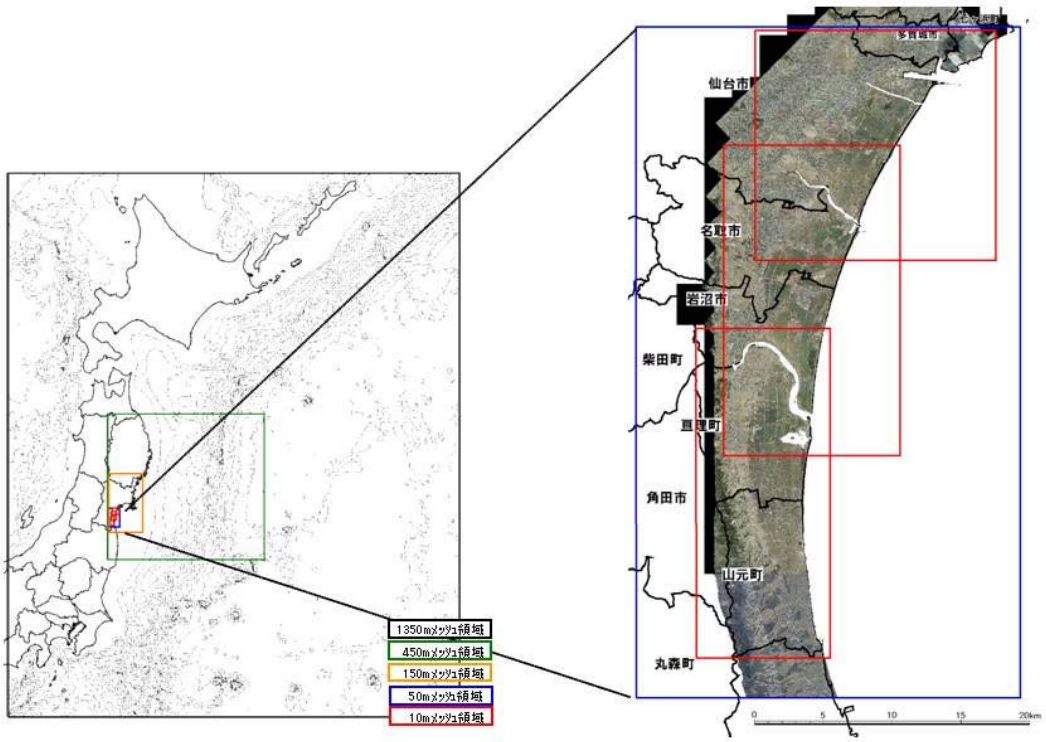


図-5.3.2 計算条件（メッシュ分割）

5.3.2 シミュレーション結果

最大深水深平面図の比較を**図-5.3.3**に示す。図から、ケース３，４はほとんど違いがなく、ケース１の堤防なしの状態と比較して総浸水面積で5%程度、水深2m以上の浸水面積では6%程度、水深5m以上の浸水面積では30%程度減少させる効果があると試算された。

図-5.3.4は、最大浸水標高の断面分布を示したものである。図から、堤防が被災していないAB断面では大きな浸水深低減効果が見られる。CD、EF断面でも深水深を減少させる効果が見られる。**図-5.3.5**は最大流速の平面分布を比較したものである。図から、被災した状態でも海岸堤防は最大流速を軽減する効果があることがわかる。**図-5.3.6**、**図-5.3.7**は、浸水深の時系列変化を比較したものである。**図-5.3.6**は堤防背後での浸水深時系列変化の比較であるが、ここでは海岸堤防に浸水時間を遅らせる効果は見られない。**図-5.3.7**は遡上域内での浸水深時系列を比較したものであるが、ここでは海岸堤防があることにより、1から数分程度浸水を遅らせる効果が見られる。南部の堤防被災が多いF地点では遅らせる効果は見られない。

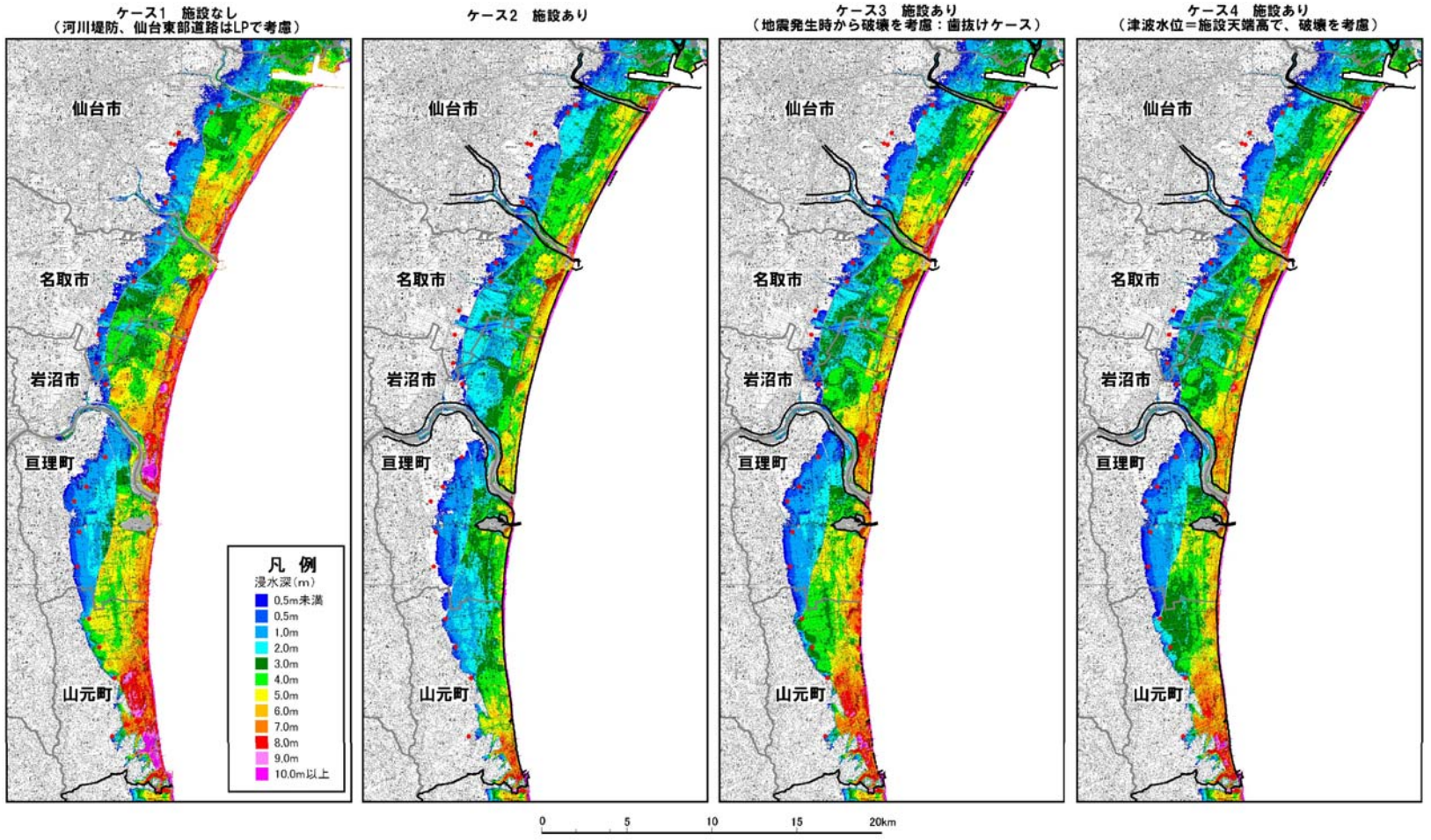


図-5.3.3 計算結果（最大浸水深図）

被災堤防の減災効果試算		ケース１	ケース２	ケース３	ケース４
		海岸堤防なし	海岸堤防あり	津波来襲前に津波後の状態に被災	津波が天端を越流した時点で津波来襲後の状態に被災
面積 (km2)	全体	194.2	173.6	184.1	183.2
	水深２ｍ未満	43.7	46.7	42.5	42.6
	水深２ｍ以上	150.5	126.8	141.6	140.7
	水深５ｍ以上	83.07	37.01	60.45	56.1

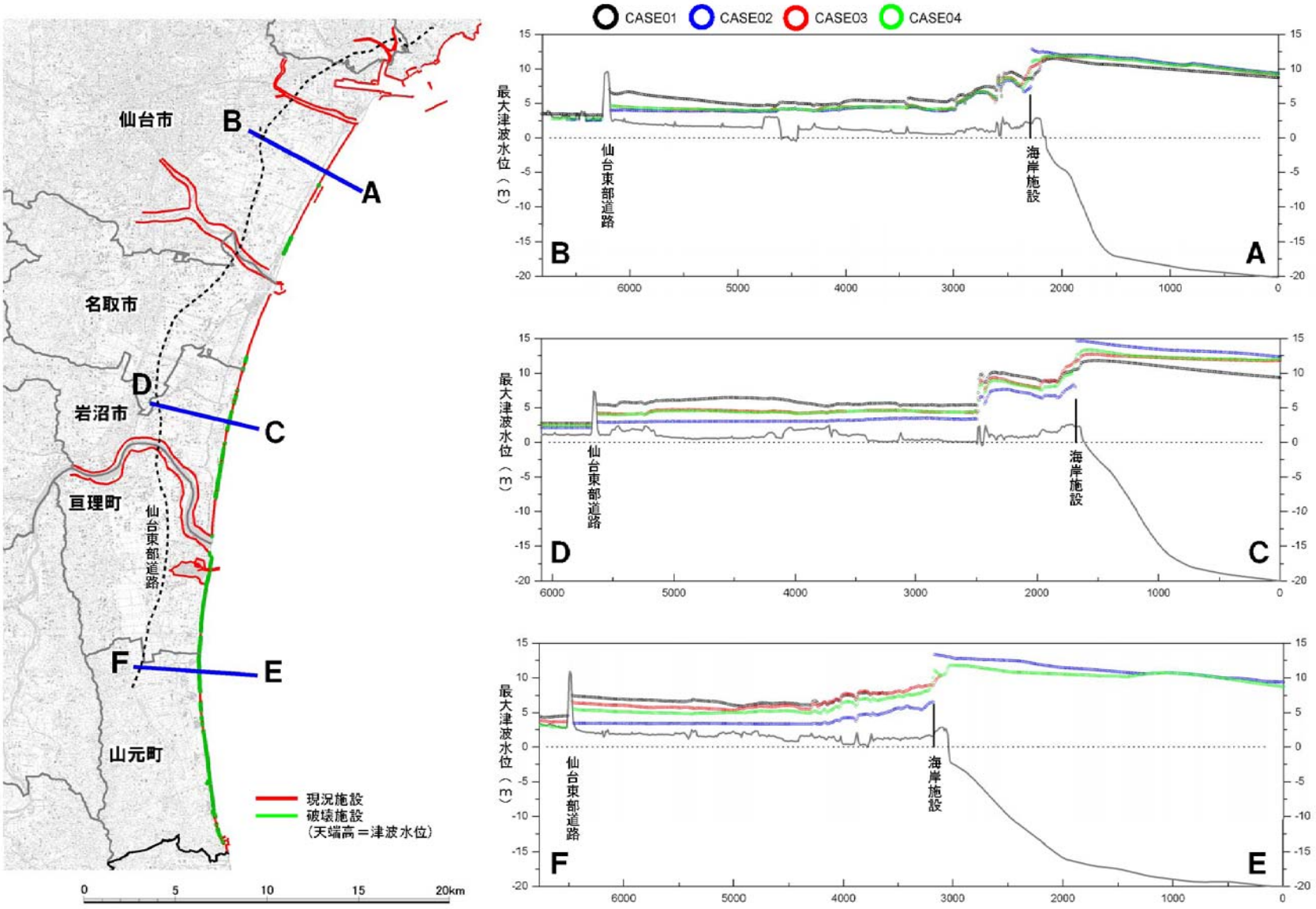


図-5.3.4 計算結果（最大浸水標高断面図）

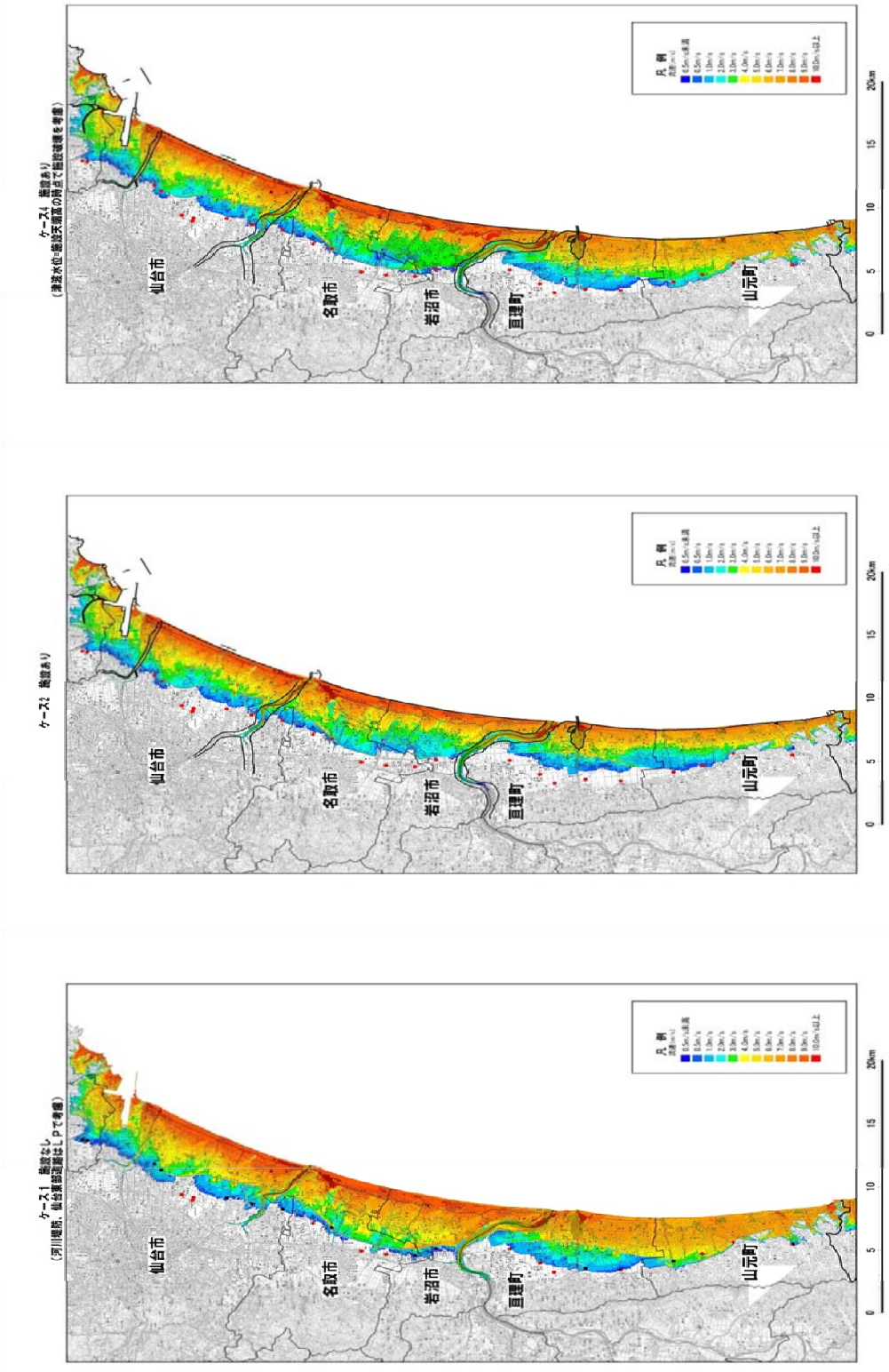


図-5.3.5 計算結果（最大流速分布）

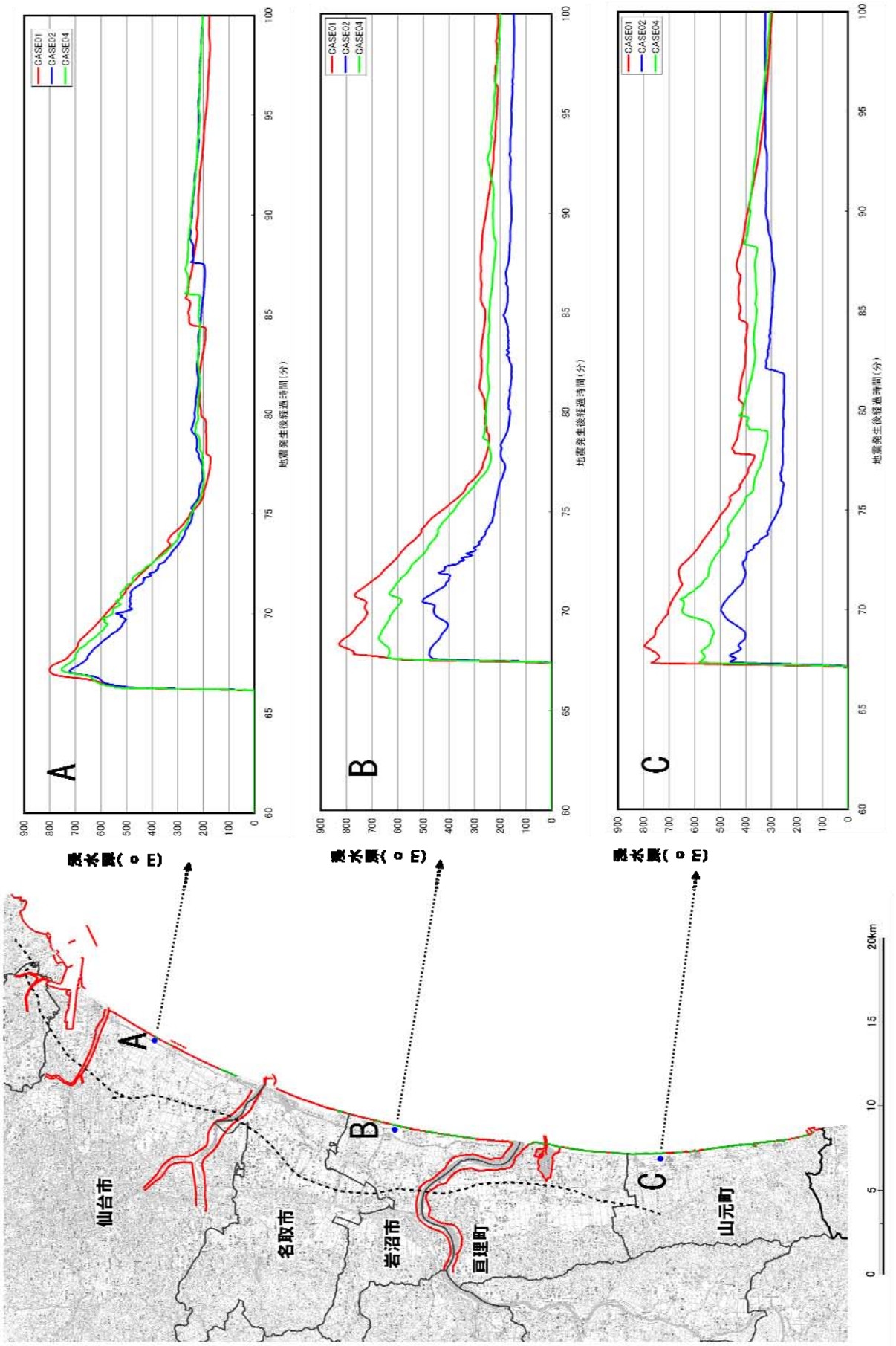


図-5.3.6 計算結果（浸水深時系列　堤防背後）

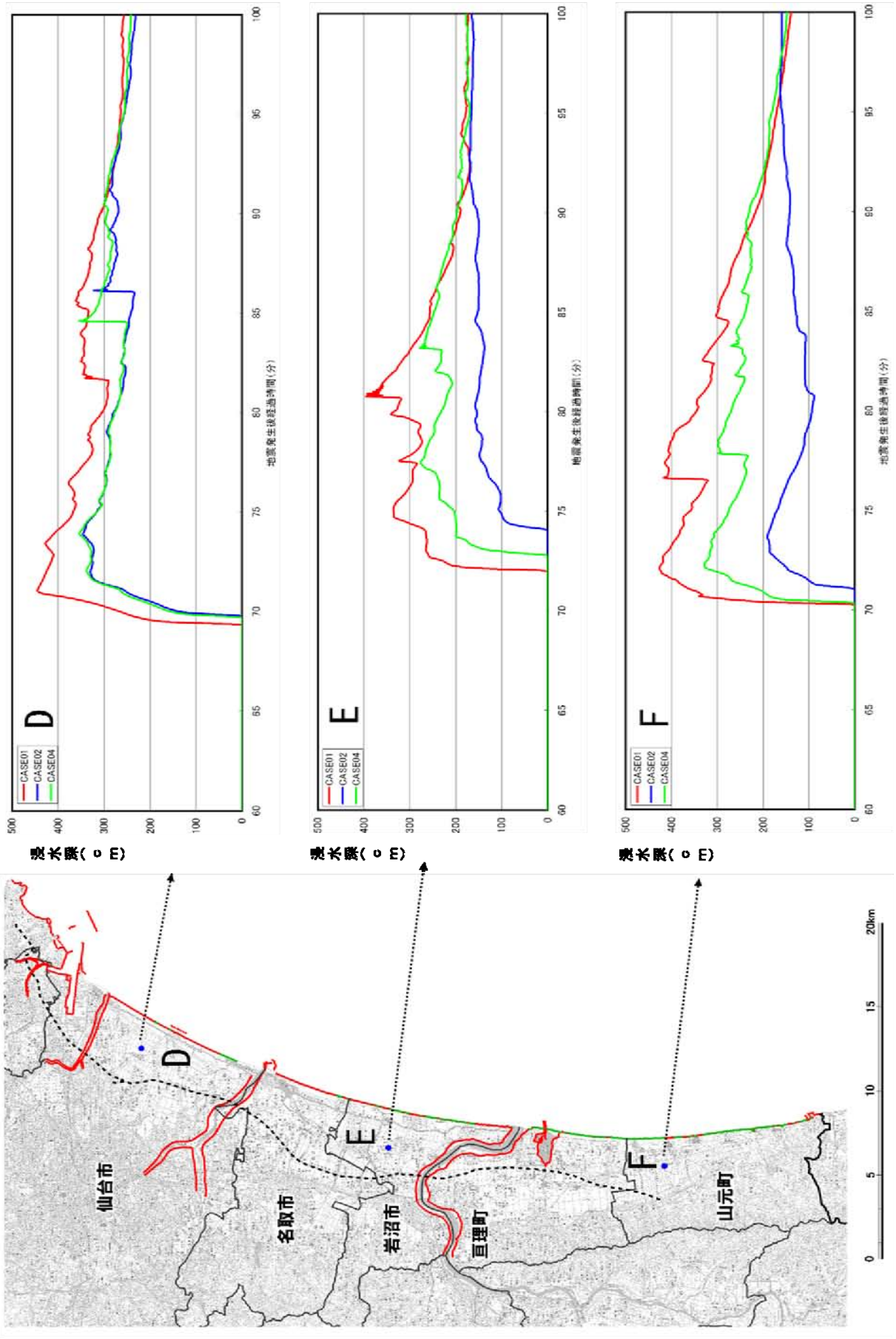


図-5.3.7 計算結果（浸水深時系列　遡上域）

東部道路の効果を試算した。計算は、**図-5.3.8**のとおりで半壊堤防の検討とほぼ同様であるが、浸水域内50mメッシュの計算で実施している。計算ケースは、**図-5.3.9**のとおり海岸堤防も河川堤防・東部道路もないケース１、海岸堤防はないが河川堤防・東部道路があるケース２の２つである。浸水深の計算結果を**図-5.3.10**に示す。図から東部道路によって浸水範囲が減少していることがわかる。また、東部道路・河川堤防・海岸堤防もないケース１に比較して、東部道路・河川堤防のみがあるケース２では浸水深2m以上の面積が14%減少している。

目的：海岸堤防による津波遡上低減効果を明らかにする

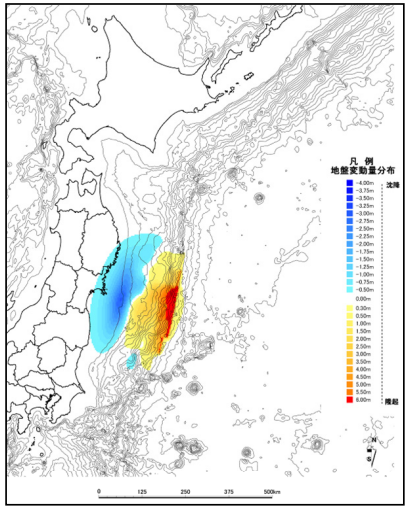
対象：仙台湾南部海岸周辺（山元町～仙台市）

波源モデル：藤井・佐竹モデル(ver2.1)
　マンシンハ・スマイリィーの方法で地盤変位量を算出

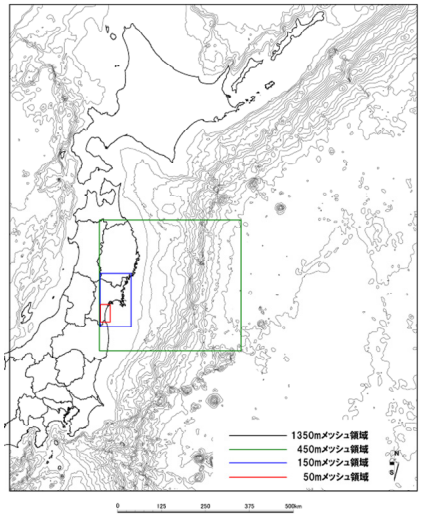
津波シミュレーション:
　基礎方程式：非線形長波方程式
　　越流境界では本間公式による越流計算
　潮位条件：T.P.±0.0m
　計算格子間隔：1350m, 450m, 150m, 50m
　計算時間：3時間
　施設の取り扱い：下表のとおり

想定ケース	海岸施設	河川堤防	道路盛土
ケース1	なし	なし	なし
ケース2	なし	あり	あり

各ケースの施設配置は図-5.3.9参照



地盤変動量分布（初期水位分布）



計算メッシュの配置

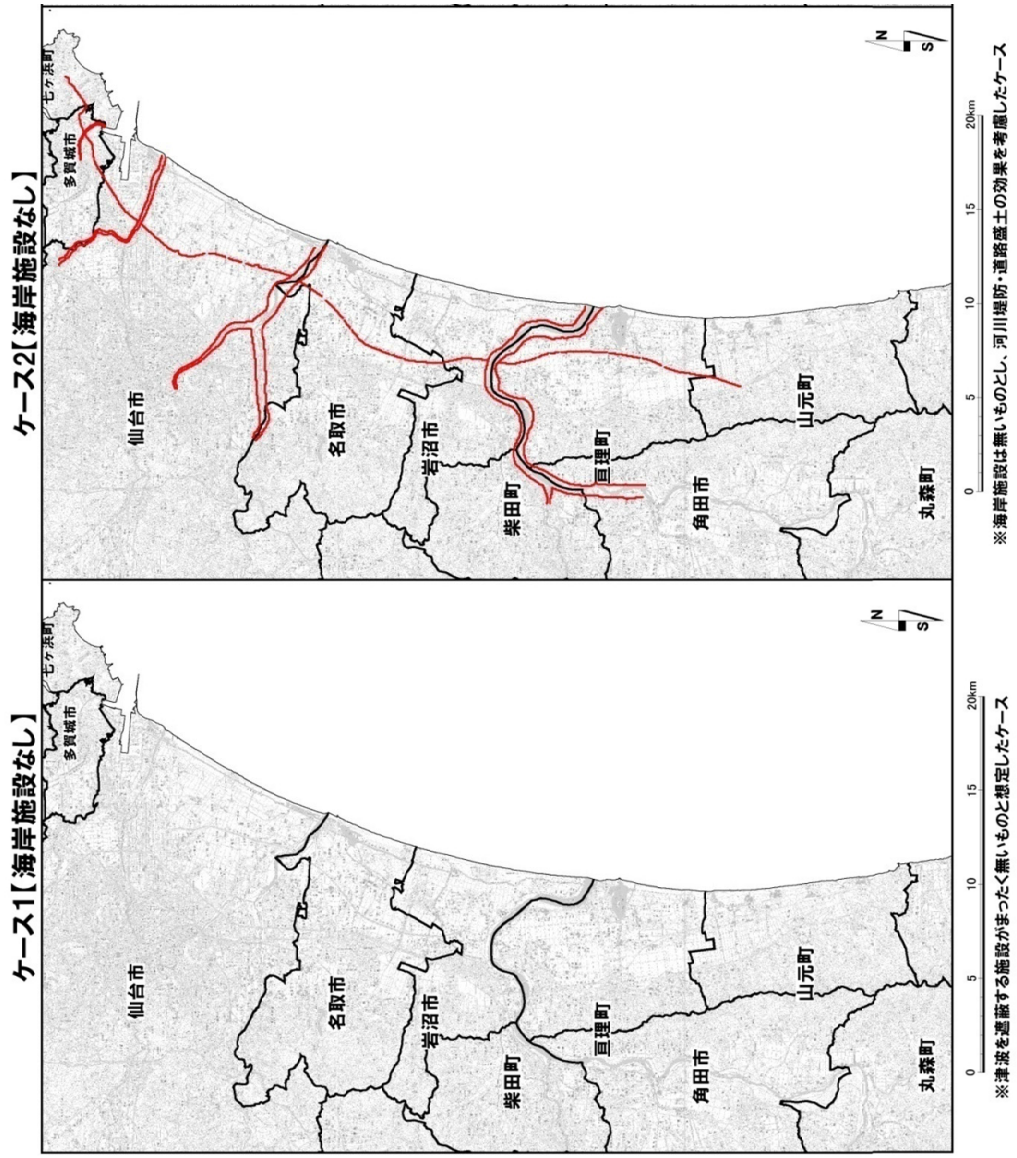
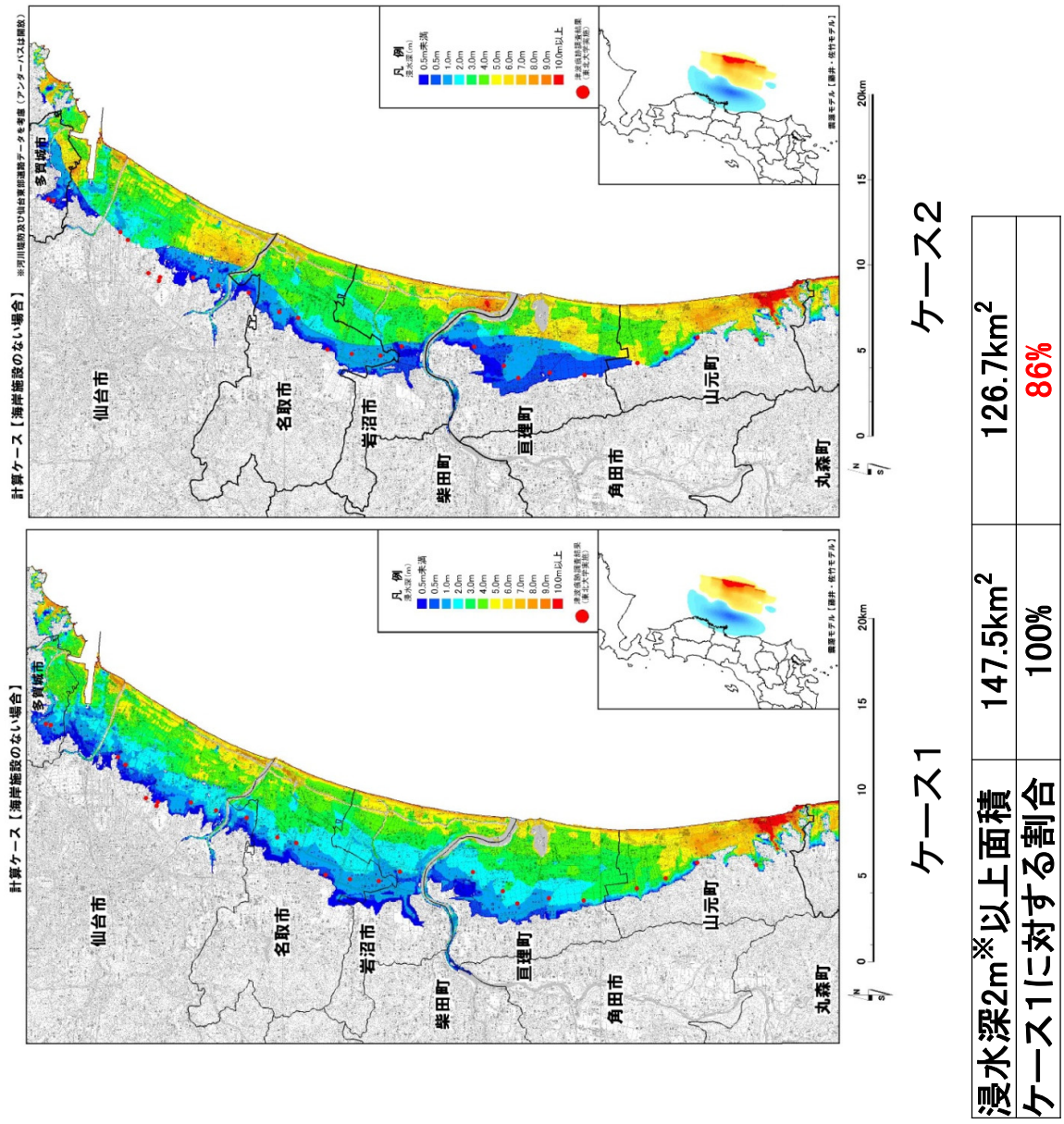


図-5.3.9 ケース別の施設配置



浸水深2m※以上面積	147.5km²	126.7km²
ケース1に対する割合	100%	86%

図-5.3.10 浸水深の平面分布（施設有無の比較）

5.4 地域別の海岸堤防被災パターン

5.4.1 青森県

青森県では、三沢市六川目地区海岸から八戸市市川地区海岸まで堤防被災が見られた。被災は越流水によると思われる堤防の裏法を中心とした被災が特徴的である。この地域では、**写真-5.4.1**のように堤防構造として裏法被覆工に連節ブロック被覆を採用している区間が多い。被災は、裏法の連節ブロック被覆工がずり落ちている（**写真-5.4.2**）、背後に流失している（**写真-5.4.3**、**写真-5.4.4**）、裏法被覆工に加えて天端保護工や堤体土も流失している事例（**写真-5.4.5**～**写真-5.4.9**）が多くみられる。裏法が格子枠工になっている堤防もいくつか見られたが、その場合にも堤体土や被覆材の流失が起きている事例も見られた（**写真5.4.10**～**写真5.4.11**）。

排水路や小河川の河口、施工端で引き波時に流路が拡大した跡が残されている事例も複数見られた（**写真-5.4.12**～**写真-5.4.14**）。それらの隣接部では堤防裏を引き波時に水が流れたと思われる形跡も見られた（**写真-5.4.15**）。引き波によると思われる被災としては、緩傾斜堤防の表法尻で被覆工下の土砂が吸い出されたと思われる被災が見られた（**写真-5.4.16**）。

八戸港海岸では引き波による海側への護岸倒壊が見られた。また、八戸港より南の海岸では堤防・護岸の大きな被災は見られなかった。

図-5.4.1に示すとおり痕跡調査結果から、越流水深は数十cmから2m程度の間と推定される。



写真-5.4.1　連節ブロック裏法被覆工



写真-5.4.2　裏法被覆工のずり落ち



写真-5.4.3　裏法被覆工の背後への流失



写真-5.4.4　裏法被覆工の背後への流失



写真-5.4.5　裏法被覆工と天端保護工の被災



写真-5.4.6　裏法被覆工と天端保護工の被災



写真-5.4.7　裏法被覆工・天端保護工・堤体土の被災



写真-5.4.8　裏法・天端保護工・堤体土の被災



写真-5.4.9　裏法被覆工等の流失状況



写真-5.4.10　格子枠工裏法被覆工の被災



写真-5.4.11 格子枠工裏法被覆工の被災



写真-5.4.12　引き波によると思われる排水路の流路拡大跡



写真-5.4.13　施工端、排水路周辺の引き波によると思われる流路拡大跡



写真-5.4.14　引き波によると思われる排水路の流路拡大跡



写真-5.4.15　引き波時に施工端に向かったと思われる堤防背後の流路跡



写真-5.4.16　引き波によると思われる表法被覆工の吸い出し

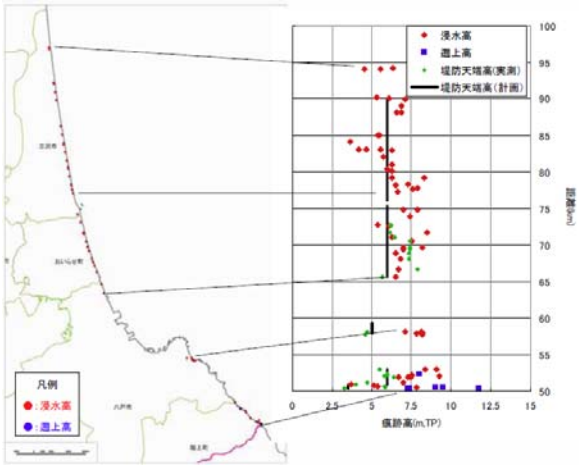


図-5.4.1　青森県区間の痕跡調査結果

5.4.2 岩手県

(1) 野田海岸

写真-5.4.17に示すとおり南側は二線堤状に配置されている。二線堤区間については、**写真-5.4.18～写真-5.4.21**に示すとおり海側堤防が大きく破壊されている。**写真-5.4.22**に示すとおり陸側の堤防には大きな被災はない。なお、海側堤防では、堤防高及び断面が変化している箇所があり、天端高が低く小さな断面の区間で被災している。

写真-5.4.23に示すとおり北側一線堤部分では北側の裏法・天端が被災を受けている。

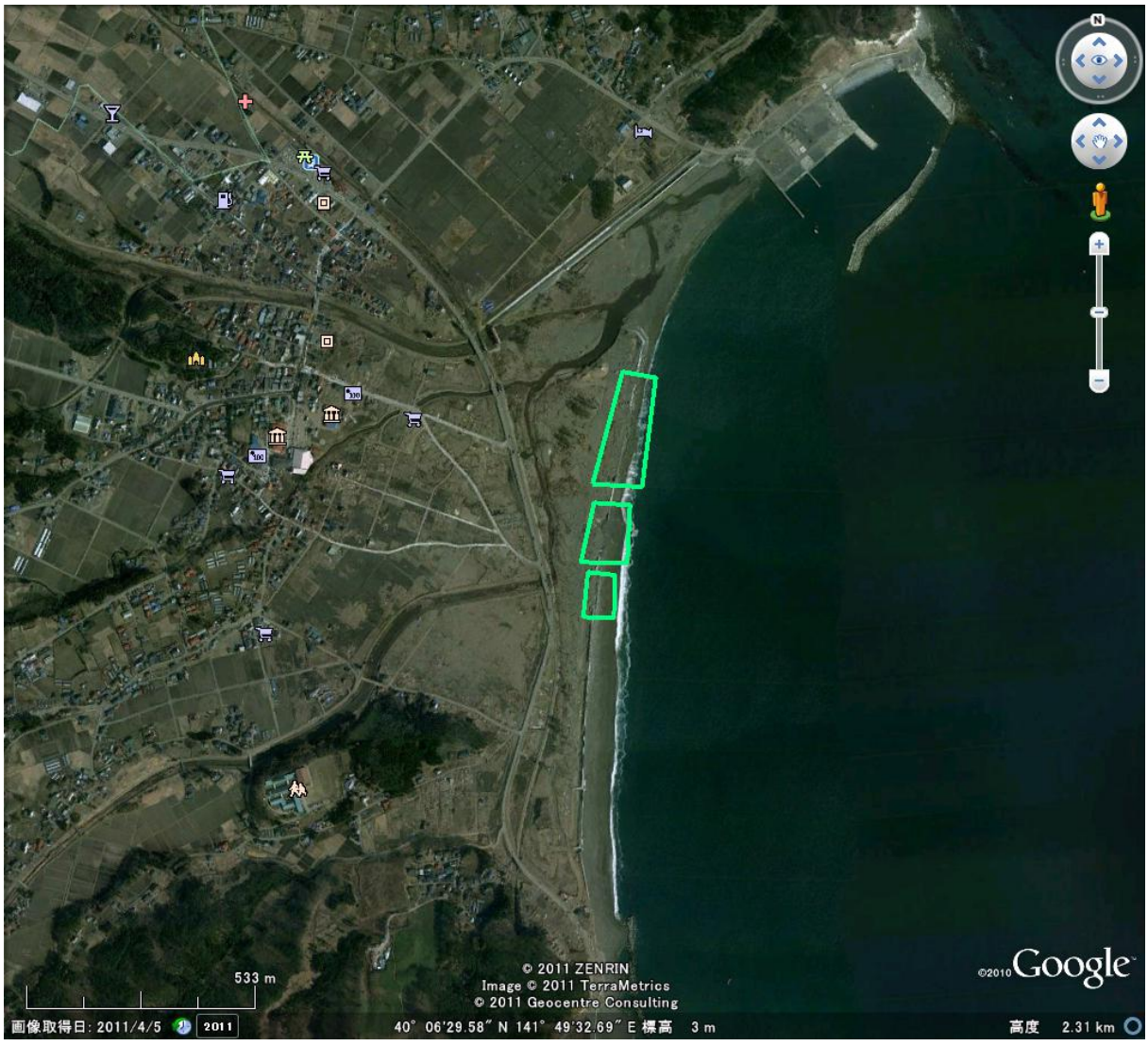


写真-5.4.17 野田海岸堤防配置と破堤箇所



写真-5.4.18 海岸堤防の被災状況



写真-5.4.19 陸側堤防から見た海側堤防被災箇所(堤防高が異なっている)



写真-5.4.20 海岸堤防被災箇所堤防断面の変化箇所



写真-5.4.21 海側堤防の被災状況



写真-5.4.22 陸側堤防は被災なし



写真-5.4.23 一線堤の被災(裏法被災)

(2) 普代海岸

普代水門では天端T.P.15.5mを大きく越える津波が来襲したが、水門管理橋は被災したが、水門本体及び堤防には大きな被害はなかった。水門下流は建物が全て流失したが、水門上流は樹木を含めて残存しており、水門と堤防で津波被害を軽減した状況がうかがえる。



写真-5.4.24 陸側堤防は被災なし



写真-5.4.25 管理端被災



写真-5.4.26 水門は大きな被災なし



写真-5.4.27 水門上下流の被災

(3) 太田名部海岸

天端高T.P.15.5mの堤防により津波を完全に防いだ（**写真-5.4.28～写真5.4.30**）。**写真-5.4.32**に示すとおり堤防海側の漁業施設に被害はあったが、**写真-5.4.31**のとおり陸側の住宅地に被害はなかった。合同調査グループの調査結果によれば、津波浸水高標高はT.P9～10m程度であった。

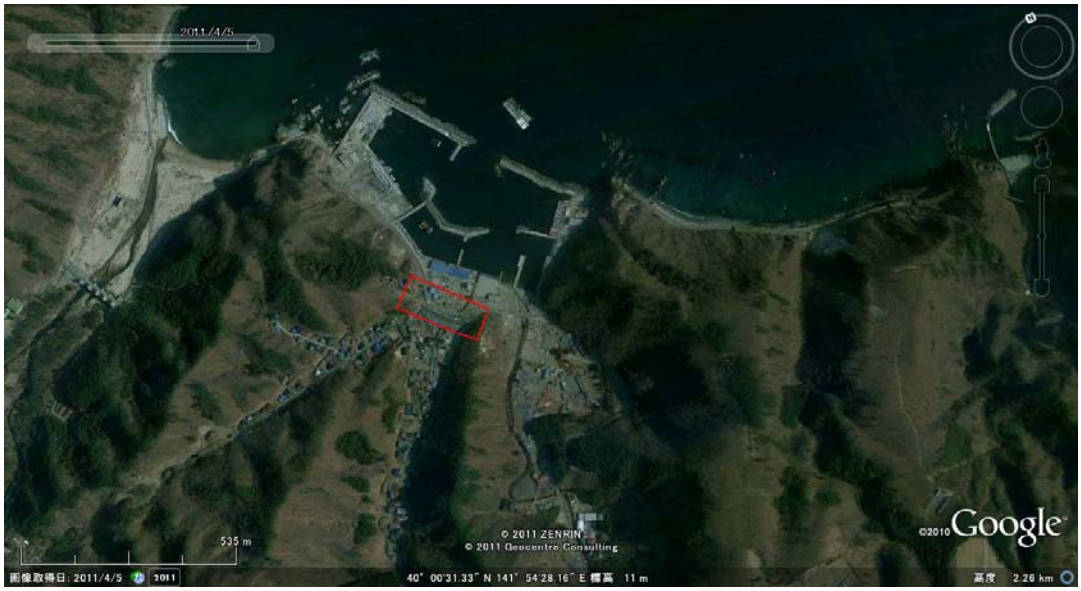


写真-5.4.28　太田名部海岸空中写真



写真-5.4.29　陸閘



写真-5.4.30　津波を防いだ海岸堤防（太田名部海岸）



写真-5.4.31　被害がなかった海岸堤防陸側（太田名部海岸）



写真-5.4.32　津波被害を受けた海岸堤防海側（太田名部海岸）

(4) 明戸海岸

写真-5.4.33に示すとおり堤防が全壊した。空中写真で堤防の被覆材が上流・下流両方に散乱していることから、押し波・引き波両方の作用で破壊した状況がうかがえる。



写真-5.4.33　明戸海岸堤防被災状況

(5) 小本海岸

写真-5.4.34に示すとおり小本川河口の上流にある小本川水門と下流左岸側にある北側堤防と右岸側漁港背後にある南側堤防からなる。**写真-5.4.35**に示すとおり水門に被災はなかった。北側堤防は、裏法小段（**写真-5.4.36**）や小段・裏法被覆工（**写真-5.4.37**）が流失していた。裏法尻は道路になっており、洗掘は発生していなかった。南側の堤防は、裏法尻が洗掘され裏法被覆工の基礎が破損していた（**写真-5.4.38**～**写真-5.4.39**）。



写真-5.4.34　小本海岸



写真-5.4.35　小本水門（被災なし）



写真-5.4.36　北側堤防小段法肩の被災



写真-5.4.37　北側堤防小段・裏法被覆工被災



写真-5.4.38　南側堤防裏法尻被災



写真-5.4.39 南側堤防裏法尻被災と洗掘

(6) 接待海岸

水門が全壊（**写真-5.4.40**）し、右岸側の堤防も裏法・天端・堤体が洗掘被災した（**写真-5.4.41**）。全壊した水門の残骸は数百メートル上流に流されていた（**写真-5.4.42**、**写真-5.4.44**）。**写真-5.4.43**に示すとおりピアの根元の状況をみると、転動もしくは持ち上げで破壊されたものと推定される。



写真-5.4.40 全壊した接待水門



写真-5.4.41 堤防裏法・天端・堤体被災



写真-5.4.42 上流に流されたピア



写真-5.4.43 ピア被災跡



写真-5.4.44　接待海岸空中写真

(7) 田老海岸

図-5.4.2のとおり東側と西側で堤防の配置状況が異なっている。西側は堤防が二線堤状に配置されている。西側では、海側の堤防の津波来襲方向に正対している区間で裏法被覆工及び堤体の一部が流失し、法尻に大きな洗掘穴があいていた。津波の遡上方向に向いている区間に被災は見られなかった。陸側の二線堤にも被災はなかった。東側の一線堤区間では、堤防が大破していた（**写真-5.4.45～写真-5.4.46**）。表法被覆工は海側に倒壊しており、裏法被覆工や天端保護工、堤体土は上部が流失していた。裏法尻にも表法尻にも顕

著な洗掘穴は見られず、表法被覆工の下部はほぼ全区間で残存していた。合同調査グループの痕跡調査結果をみると、二線堤内と一線堤背後では痕跡標高に大きな違いが見られ、家屋等の状況も大きく異なっていた。堤防が大破した一線堤区間背後では浸水深が14.9～16.3mあった一方、二線堤区間背後では浸水深が7.1～8.7mと大きく減少している。津波直後の空中写真を見ると、一線堤区間背後では家屋が沖合い等に流失して見られないのに対し、二線堤区間背後では移動しているものの家屋は堤防内にとどまっている。

二線堤海側の裏法被災及び法尻洗掘が発生した堤防区間は、波浪の来襲方向に正対している。津波の遡上方向に向いている区間では被災が軽微である。残存した二線堤陸側堤防は**写真-5.4.49**のとおり台形断面である。被災した海側堤防は**写真-5.4.50**のとおり波返し付きの断面形状である。

写真-5.4.51のように陸閘が引き波時の水圧で被災している事例も見られた。

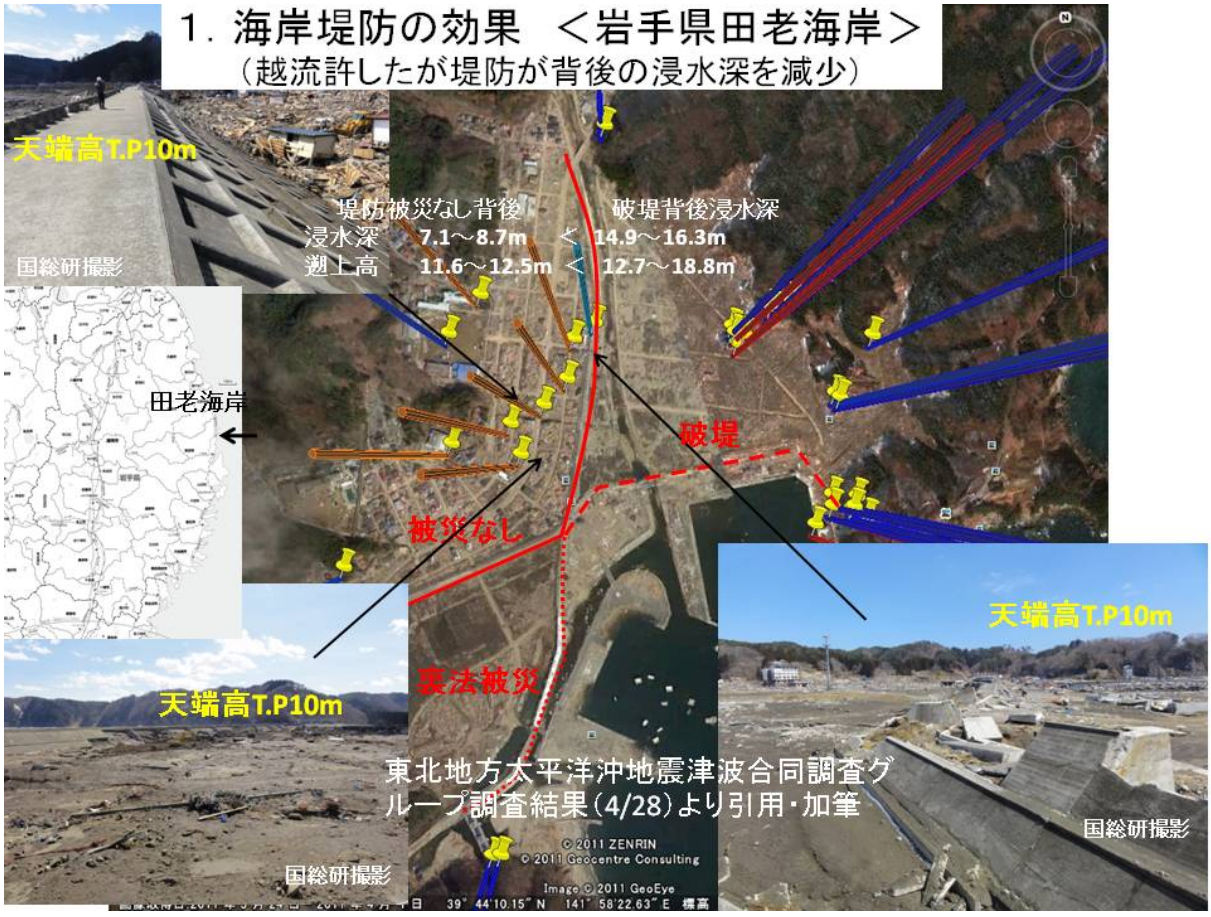


図-5.4.2　田老海岸堤防配置状況と被災状況、痕跡標高



写真-5.4.45　一線堤区間の被災状況



写真-5.4.46　一線堤区間の被災状況



写真-5.4.47 二線堤海側堤防の裏法被災（法尻洗掘は埋め戻されている）



写真-5.4.48 二線堤海側堤防津波遡上方向に向いた区間（被災が軽微）



写真-5.4.49 二線堤陸側堤防被災なし（台形断面）



写真-5.4.50 二線堤海側堤防の被災状況（波返し工付台形断面）



写真-5.4.51　陸閘の被災状況

(8) 金浜海岸

図-5.4.3に示すとおり金浜海岸では、歯抜け状の破堤が発生した。破堤箇所は、湾口に直面している区間にあり、また、断面形状が台形断面から波返し工を有する断面に変化した後の区間である。湾口に直面しない平面形状の箇所は裏法被災で済んでいる。破堤箇所周辺は、裏法・天端の被災と法尻洗掘が発生した部分破壊の状態であった（**写真-5.4.53**、**写真-5.4.56**～**写真-5.4.57**）。特徴的なのは、ところどころに設けられている階段工による裏法被覆工部分は残存していたことである（**写真-5.4.52**）。これは、被覆工厚が厚いこと、形状が台形断面であること、階段形状で越流した流れが減勢された可能性があること等が考えられる。また、破堤も隔壁工によって周辺に拡大せずに済んでいる状況も見られた（**写真-5.4.54**）。**写真-5.4.53**、**写真-5.4.55**のとおり堤防が海側に嵩上げされたことがわかる。**写真-5.4.56**～**57**に示すとおり天端保護工の被災は押し波時の移動と引き波時のめくれあがりのように見えるものの両方が見られる。破堤箇所では、被災した堤防の被覆工は海側に流失しており、破堤口を通じて流れた流路跡は深掘れしていた（**図-5.4.4**～**図-5.4.5**）。

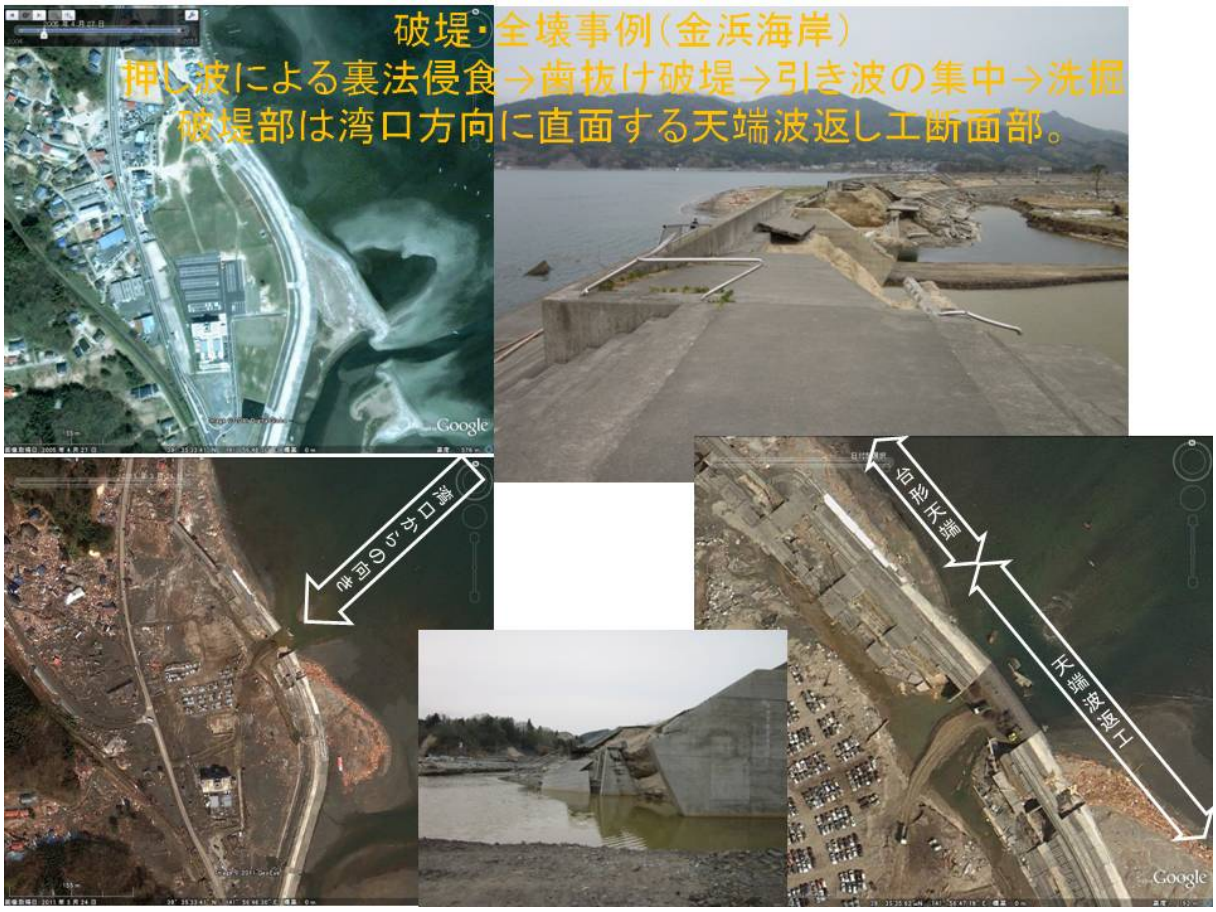


図-5.4.3　金浜海岸歯抜け破堤と裏法・天端被災



写真-5.4.52　裏法被覆工が階段護岸の部分が残存



写真-5.4.53　裏法被災状況



写真-5.4.54 隔壁工による破堤の拡大防止



写真-5.4.55 堤防断面（嵩上げ拡大）



写真-5.4.56 天端保護工被災状況



写真-5.4.57 天端保護工被災状況

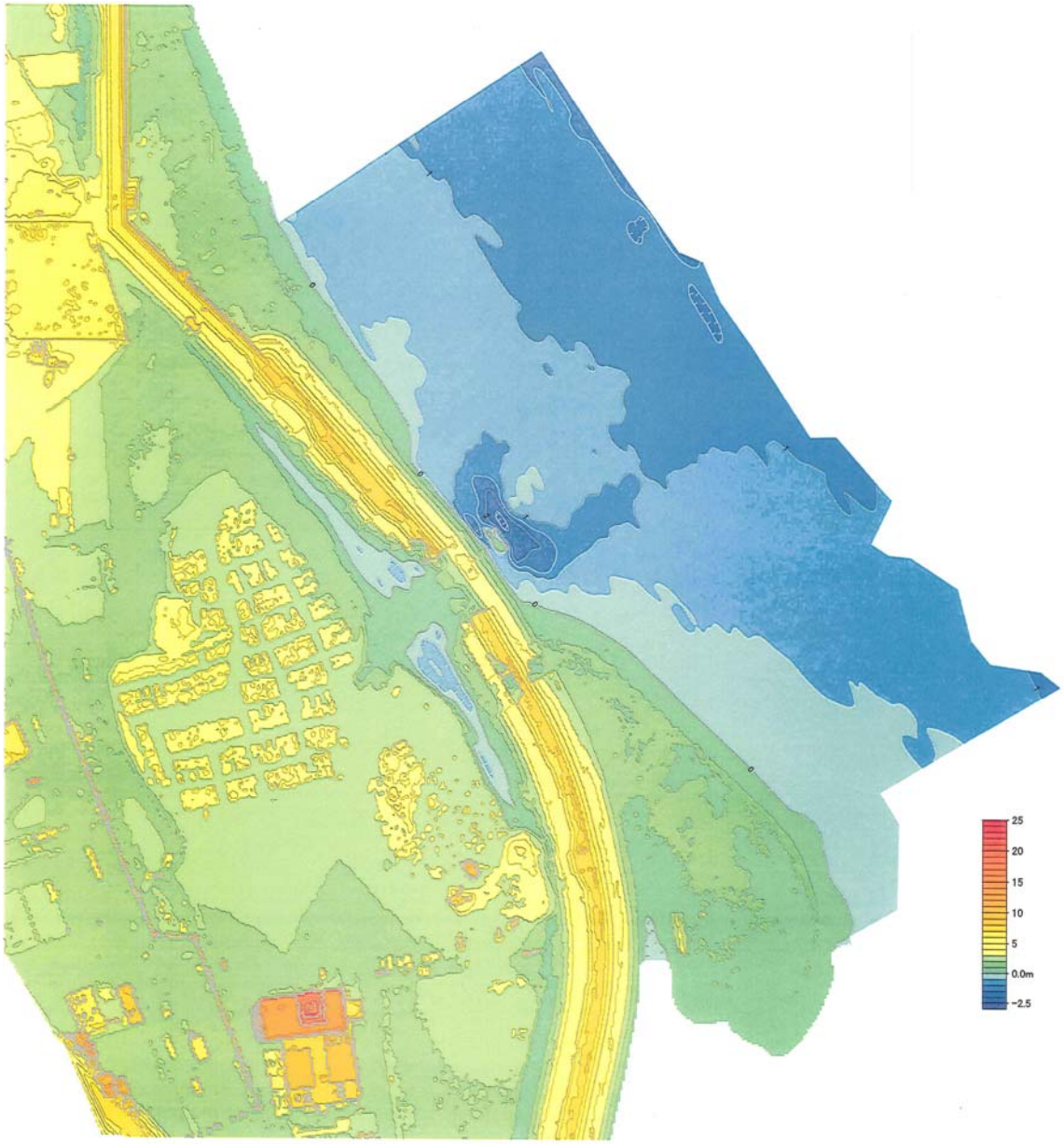


図-5.4.4 洗掘状況調査結果

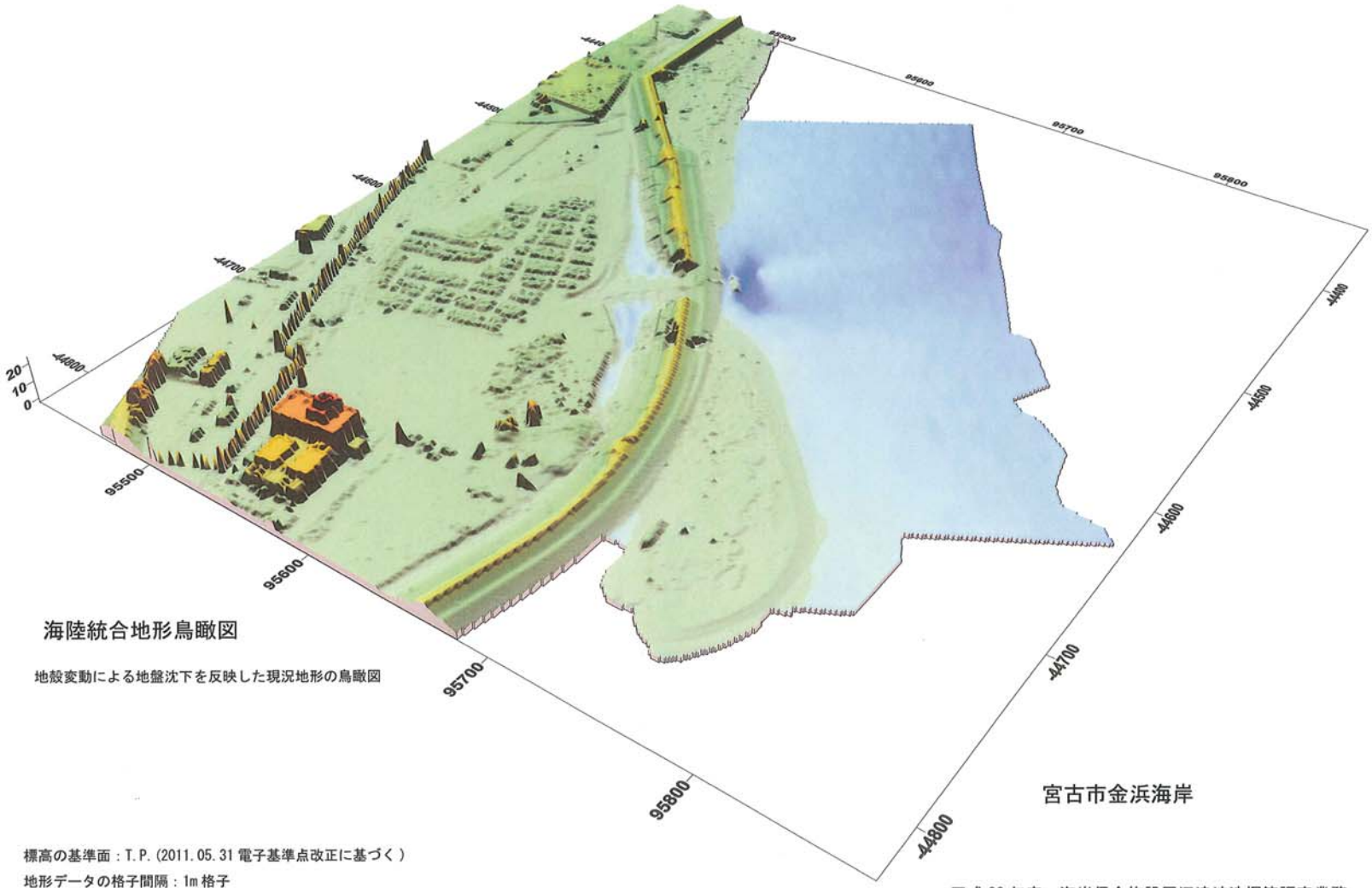


図-5.4.5 測量結果鳥瞰図

(9) 船越南海岸

船越南海岸は、東方向に突き出た半島を横断する形で位置する平野の南北側海岸の南側海岸である（**写真-5.4.58**）。大津波がくると波が平野部を越えて反対の湾に抜けていく。今回の津波でも平野は全て浸水しており、津波は平野を縦断している。船越南海岸では、破堤した後海岸線が後退する最も深刻な被災が発生していた（**写真-5.4.59～写真5.4.60**）。**写真-5.4.61～62**の津波前後の空中写真を見ると、破堤は堤防断面が小さくなった場所で発生していることがわかる。また、現地の破堤箇所の断面を見ると、堤防を嵩上げしてきたことがわかる（**写真-5.4.60**）。



写真-5.4.58 船越海岸



写真-5.4.59 破堤・海岸線後退



写真-5.4.60 破堤・海岸線後退



写真-5.4.61 船越南海岸津波前空中写真



写真-5.4.62 船越南海岸津波後空中写真

(10) 大槌漁港海岸

大槌漁港海岸には、特徴的な破堤が２箇所で見られる。１つは、**図-5.4.6**に示す大槌川の鉄橋左岸側で発生しているものであり、もう１つは、**図-5.4.7**に示す東側のコンクリート直立堤が倒壊し数十m移動しているものである。

大槌川鉄橋の破堤箇所では、その下流側でも裏法尻に大きな洗掘溝が発生している。破堤箇所の洗掘状況を把握するため水中地形測量を行った。結果を**図-5.4.8**～**図-5.4.9**に示す。図から、堤防裏の洗掘も下流側ほど大きくなっており、破堤口から海に向かう深掘れ跡があることがわかる。引き波時の流れの流路と考えられる。



図-5.4.6　大槌川鉄橋破堤箇所



図-5.4.7　大槌漁港背後コンクリート直立堤倒壊箇所

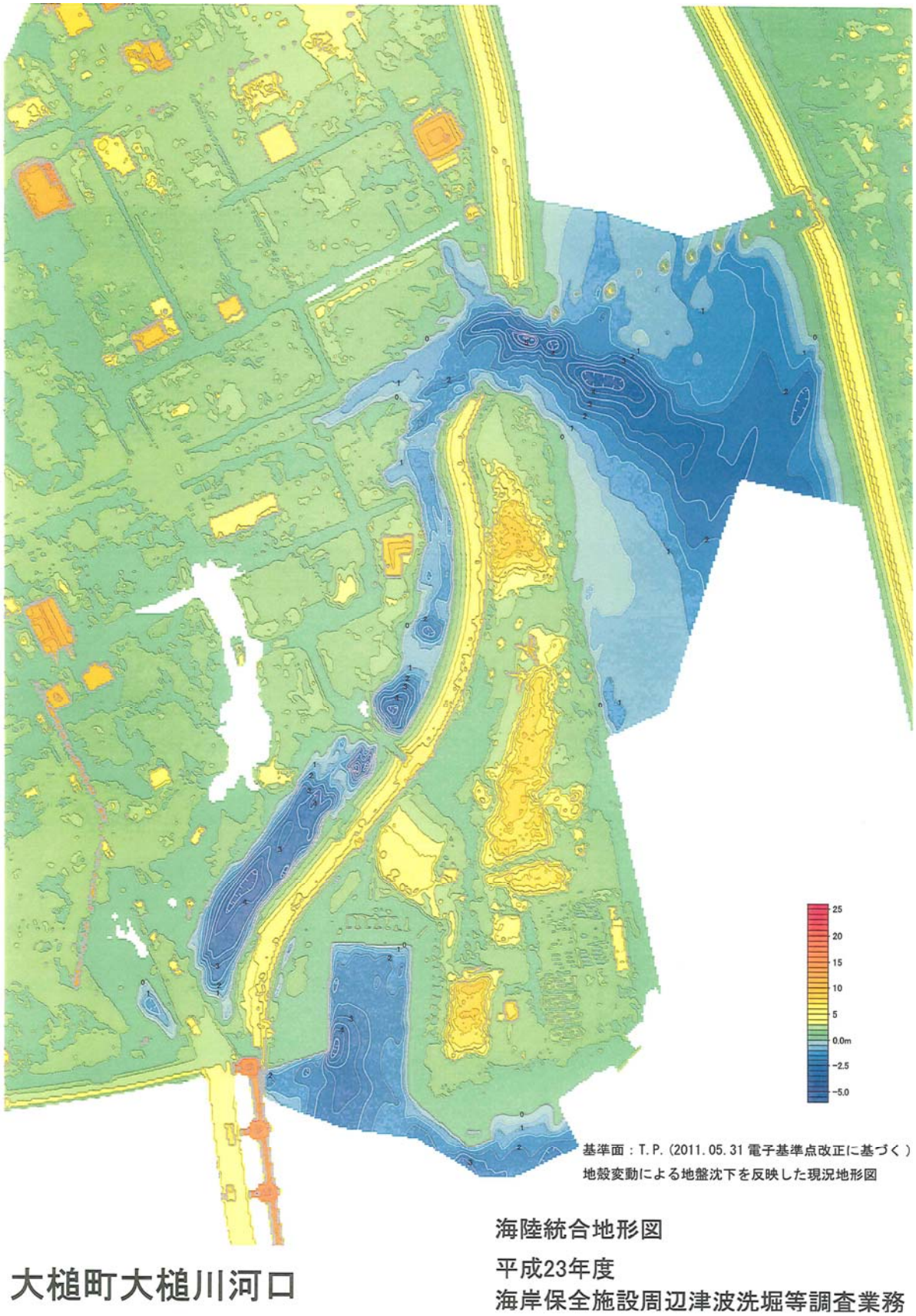
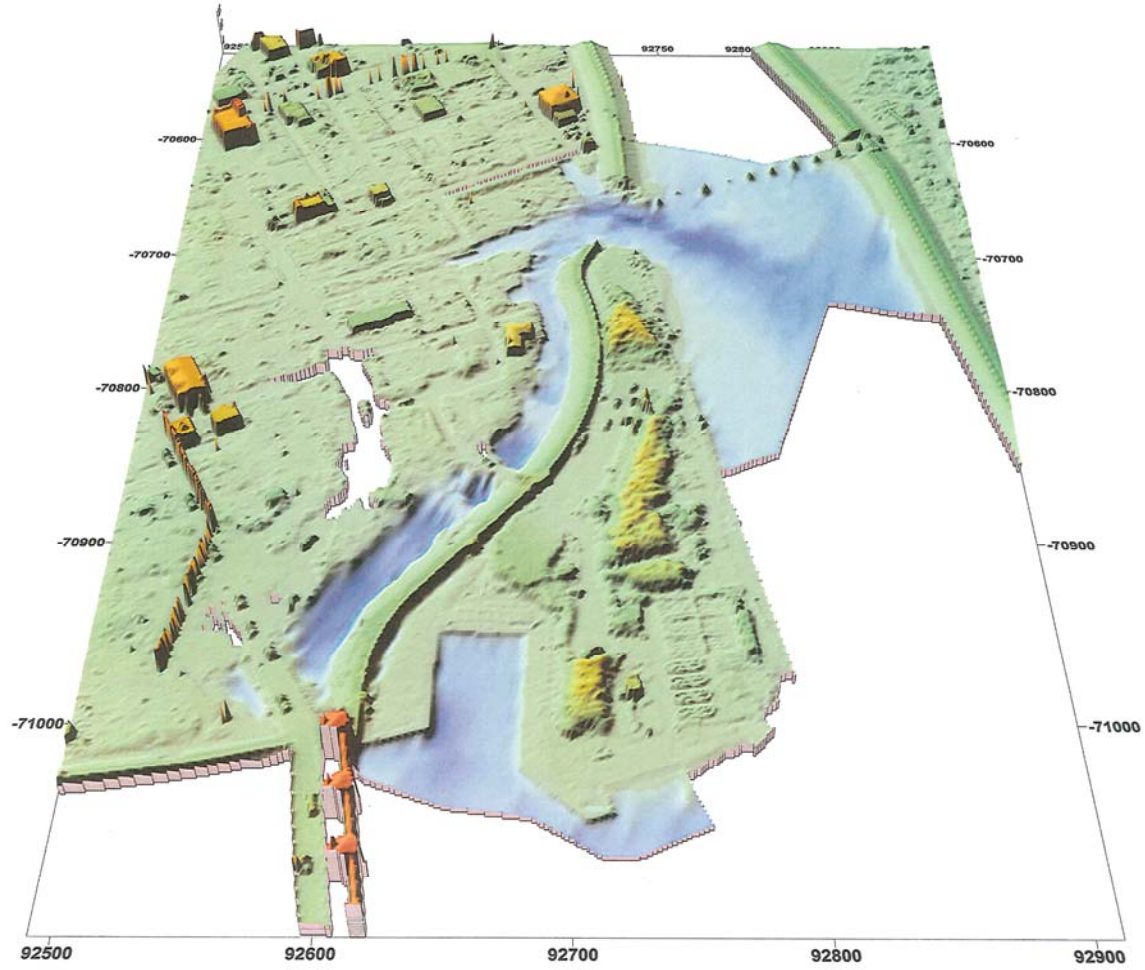


図-5.4.8 水中洗掘状況調査結果



海陸統合地形鳥瞰図

地殻変動による地盤沈下を反映した現況地形の鳥瞰図

標高の基準面：T.P.（2011.05.31 電子基準点改正に基づく）
地形データの格子間隔：1m 格子

大槌町大槌川河口

平成 23 年度　海岸保全施設周辺津波洗掘等調査業務

図-5.4.9 詳細地形測量結果

(11) 片岸海岸

図-5.4.10に示すとおり片岸海岸でも破堤、海岸線の後退が生じている。破堤箇所は平面的な突出部分と樋門に隣接した場所である。平面的な突出部は押し波時には最初に越流すると推定され、波の集中も生じている可能性がある。



図-5.4.10　片岸海岸破堤箇所

(12) 両石漁港海岸

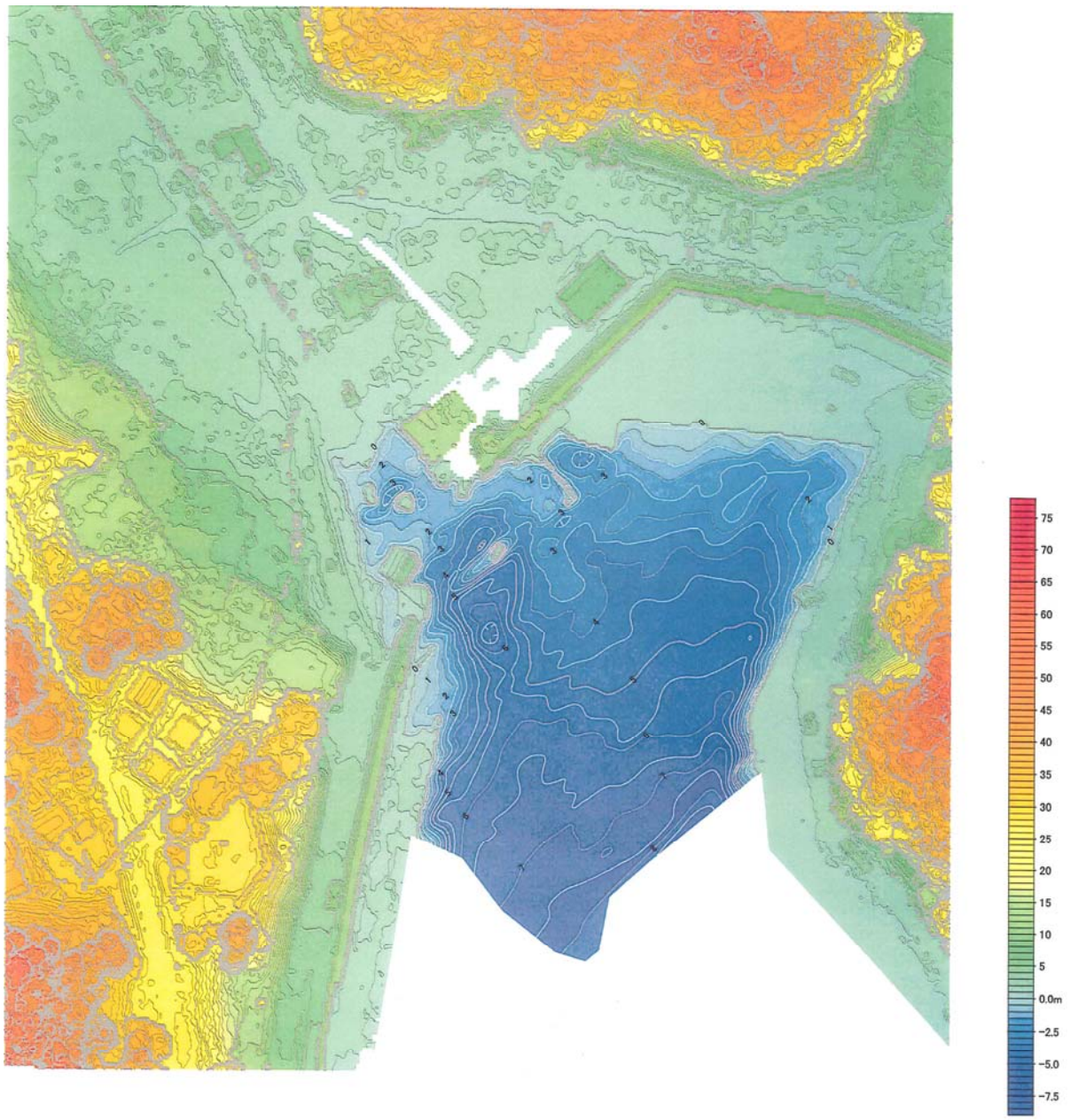
図-5.4.11に示すとおり、両石漁港海岸では重力式コンクリートの堤体が転倒した破堤が発生した。破堤箇所は、谷筋に面している場所である。堤体の多くはその場で転倒しているが、一部は海側に移動して沈んでいる。海底の地形測量を行ったところ、**図-5.4.12**、**図-5.4.13**に示すとおり谷筋方向にあたる陸閘につながる道路の延長線上で洗掘溝ができている。この海岸では、津波来襲時の動画がYoutubeにアップされている。動画によれば、1回目の押し波・引き波では波堤していない。また、津波の来襲も激しくスプラッシュがあがるような来襲の仕方ではなかった。

破堤・全壊の事例（両石漁港海岸）

破堤口へ向かう引き波時の洗掘拡大で倒壊したと思われる例。
破堤部は陸閘部含む。平面形状は谷筋に面した場所含む。



図-5.4.11　両石漁港海岸破堤箇所



基準面：T.P.（2011.05.31 電子基準点改正に基づく）
地殻変動による地盤沈下を反映した現況地形図

海陸統合地形図

平成23年度
海岸保全施設周辺津波洗堀等調査業務

釜石市両石海岸

図-5.4.12 水中地形測量結果

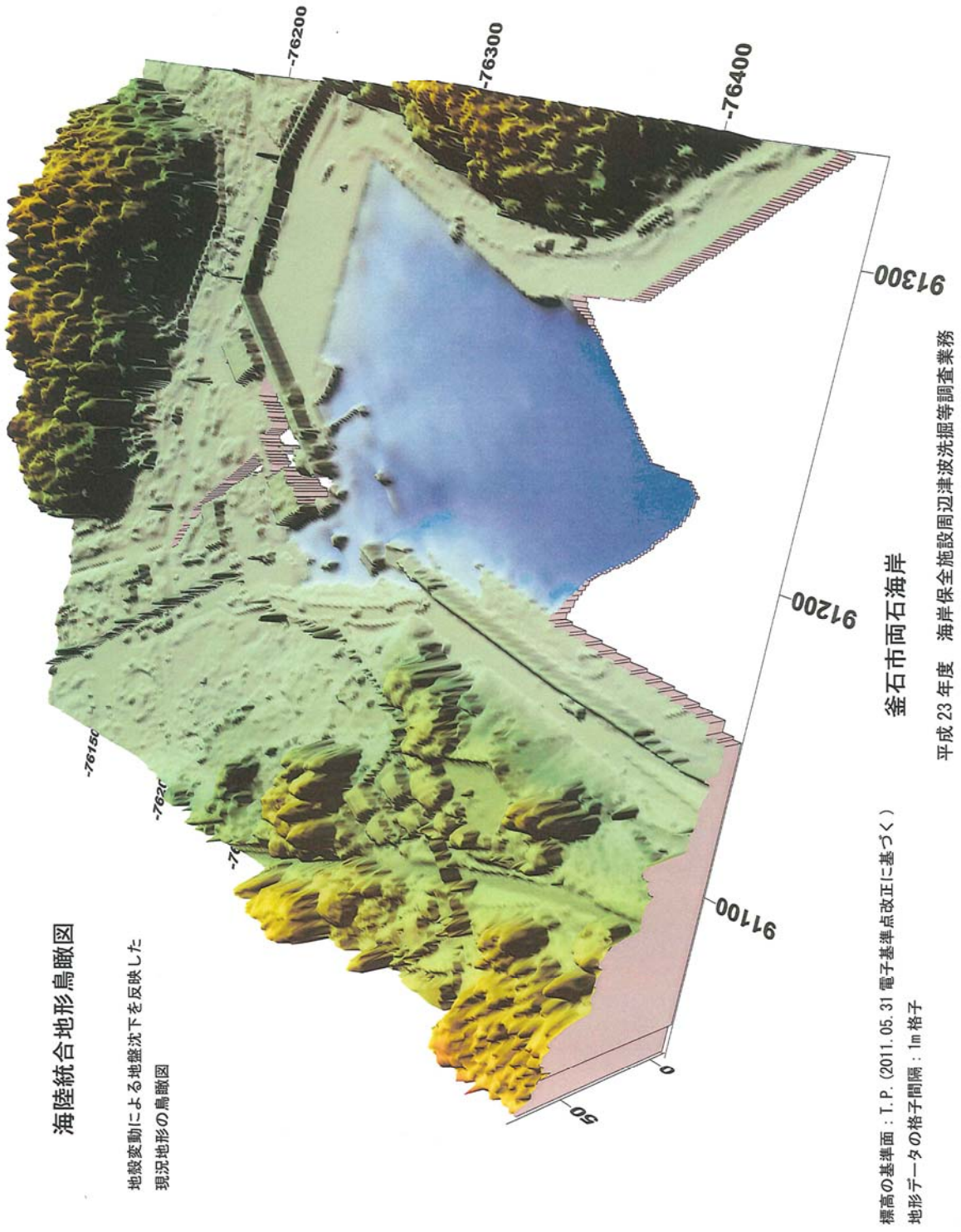


図-5.4.13 詳細地形測量結果

(13) 越喜来海岸

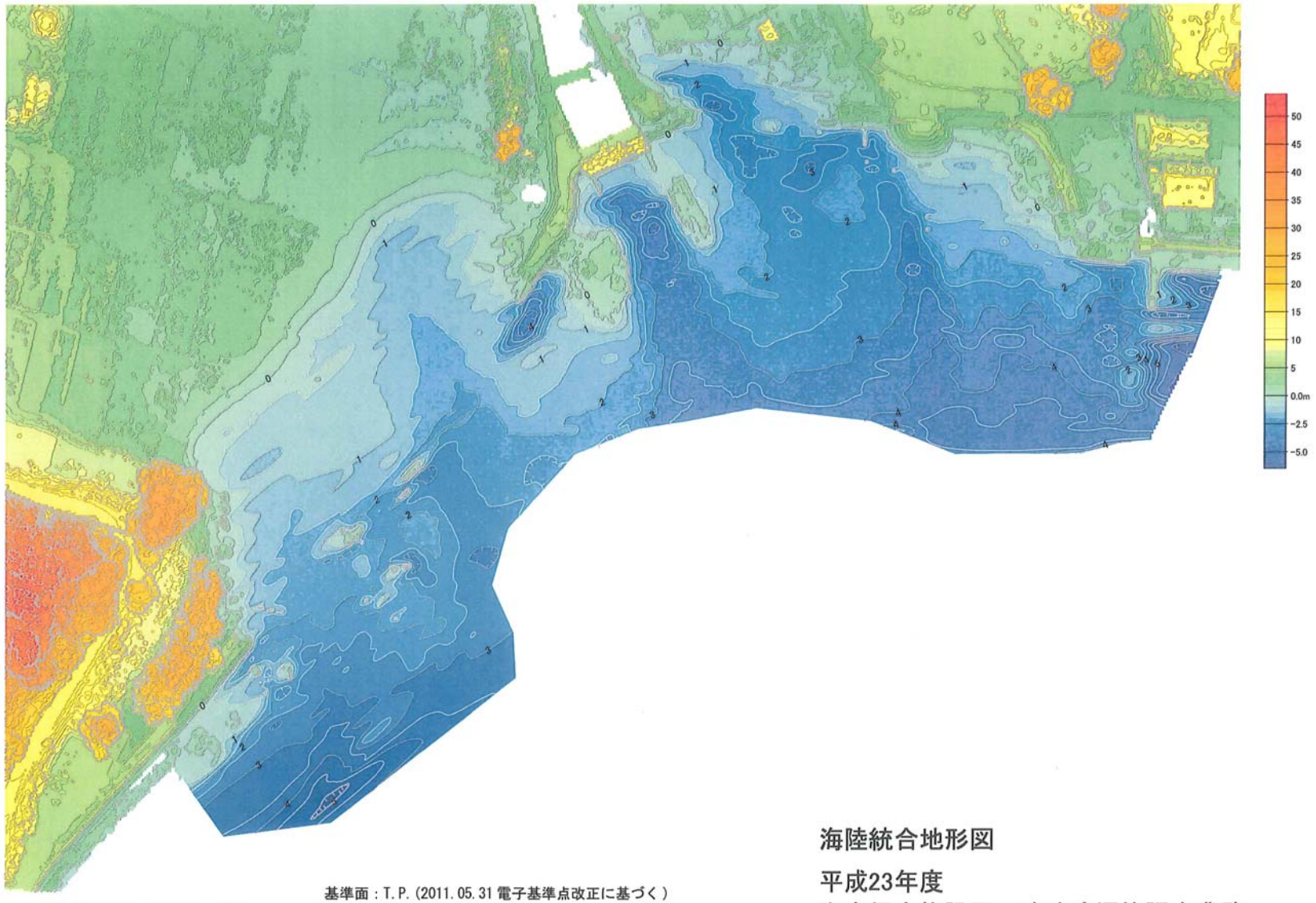
写真-5.4.63～写真-5.4.66に示すとおり、深刻な破堤・海岸線後退が発生した。河口の水門は残存したが、その両側で破堤した。水中の地形状況を調べた結果を**図-5.4.14**に示す。図から水門の海側、両岸の破堤箇所からのびる深掘れが見られる。引き波時の流路跡と考えられる。この海岸では津波来襲時の映像がYouTubeにアップされており、映像から右岸の破堤は引き波時に発生したことがわかる。また、左岸の凸部では**写真-5.4.67**のとおり表法被覆工の海側への倒壊が見られた。



写真-5.4.63 越喜来海岸津波来襲前



写真-5.4.64 越喜来海岸津波来襲後



大船渡市越喜来海岸

基準面：T.P.（2011.05.31 電子基準点改正に基づく）
地殻変動による地盤沈下を反映した現況地形図

海陸統合地形図
平成23年度
海岸保全施設周辺津波洗堀等調査業務

図-5.4.14　水中地形測量結果



写真-5.4.65　破堤状況



写真-5.4.66 破堤・海岸線後退状況



写真-5.4.67　表法被覆工倒壊状況

(14) 下甫嶺海岸

写真-5.4.68～写真-5.4.72示すとおり、破堤はしていない。天端保護工・裏法被覆工の被災と表法被覆工の海側への倒壊が発生している。押し波と引き波の両方で被災が生じていると推定される。**写真-5.4.72**に示すとおり裏法尻は道路舗装があり洗掘していない。



写真-5.4.68 下甫嶺海岸空中写真



写真-5.4.69 表法被覆工海側への倒壊



写真-5.4.70 表法被覆工海側への倒壊



写真-5.4.71 波返し工海側への倒壊



写真-5.4.72 裏法尻は道路で洗掘防止

(15) 大船渡港海岸

図-5.4.15に示すとおり、胸壁の表法尻で洗掘が発生していた。法尻がコンクリートで被覆されている場所では洗掘は生じていない。引き波時の影響もおおきいことがわかる。



図-5.4.15　胸壁の表法尻洗掘

(16) 陸前高田海岸

写真-5.4.73～74に示すとおり、破堤と海岸線の後退が生じた。津波来襲前は砂浜、低い堤防（護岸）、松林、堤防で守られていた。津波後は、東側で砂浜・堤防・松林がなくなり、海岸線が大きく後退している。西側は低い堤防と高い堤防、それに挟まれた砂浜が残っている。**図**-5.4.16に示すとおり、堤防が残存したことにより海岸線の後退が防がれたものと考えられる。堤防の被災状況からは、裏法被覆工のずり落ち・法尻洗掘等押し波による作用と表法被覆工が海側に倒壊する引き波の作用の両方が見られた。松林は**写真**-5.4.75のとおり根元から1m以内のところで折れていた。倒れて残っている木は陸側に倒れており、押し波で倒されたことがわかる。**写真**-5.4.76に示すとおり痕跡の標高は高い。水中の測量結果を**図**-5.4.17～**図**-5.4.18に示す。図から、海中に5本の流路跡が見える。



写真-5.4.73　陸前高田海岸津波前



写真-5.4.74　陸前高田海岸津波後

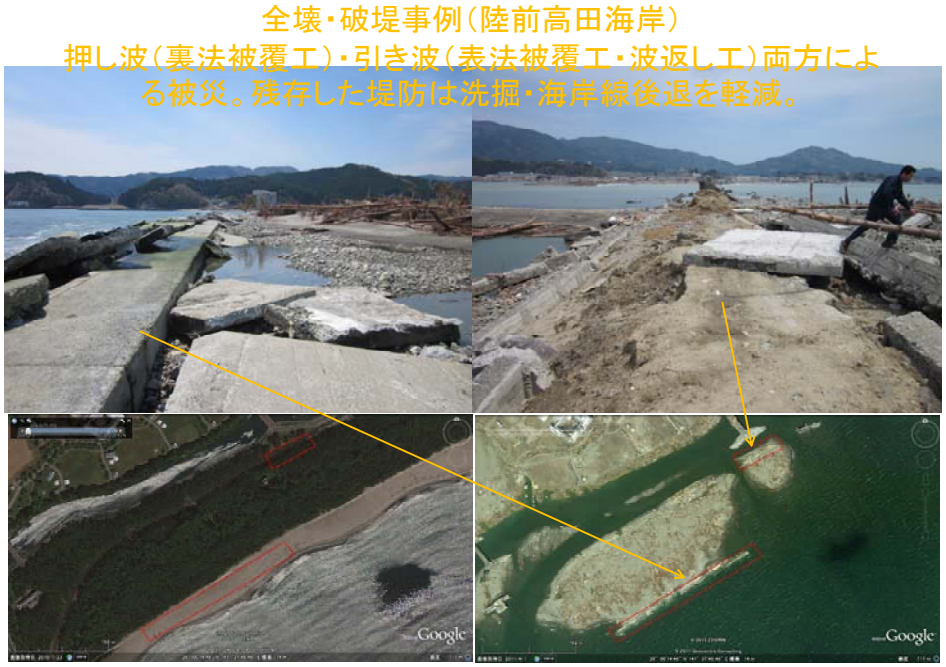


図-5.4.16 残存堤防が砂浜を保持

図-5. 4. 17　水中測量結果

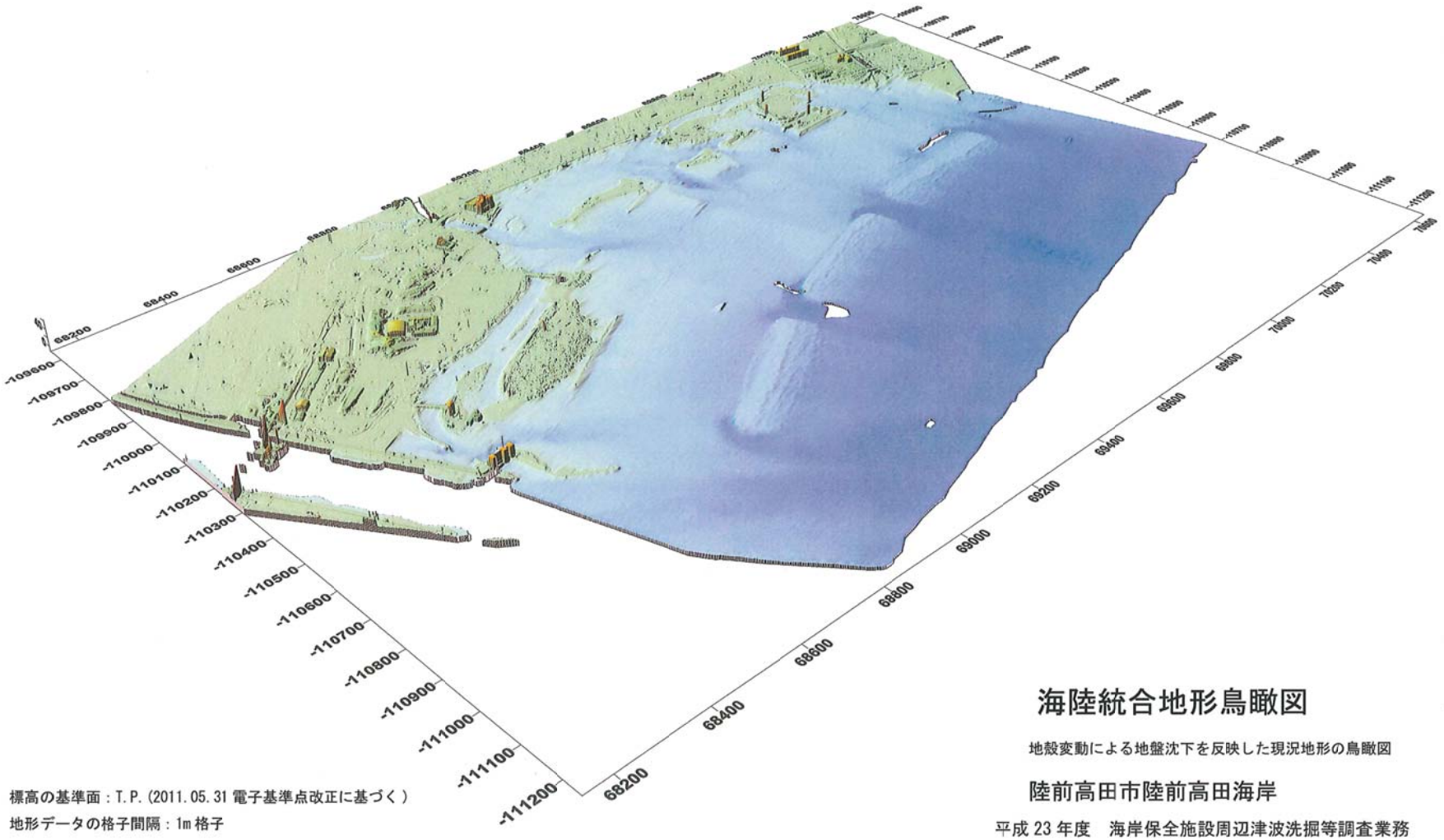


図-5.4.18　詳細測量結果



写真-5.4.75　松林の倒壊状況



写真-5.4.76　展望台の痕跡（漁具）

5.4.3 宮城県

(1) 志津川漁港海岸

図-5.4.19に示すような胸壁の倒壊・洗掘が起きている。倒壊・洗掘箇所は平面的な凸部になっている。海側の法尻洗掘が生じており、引き波の影響が大きいことがうかがえる。**写真-5.4.77～写真-5.4.78**に示すとおり、痕跡状況から津波高が大きかったことがわかる。

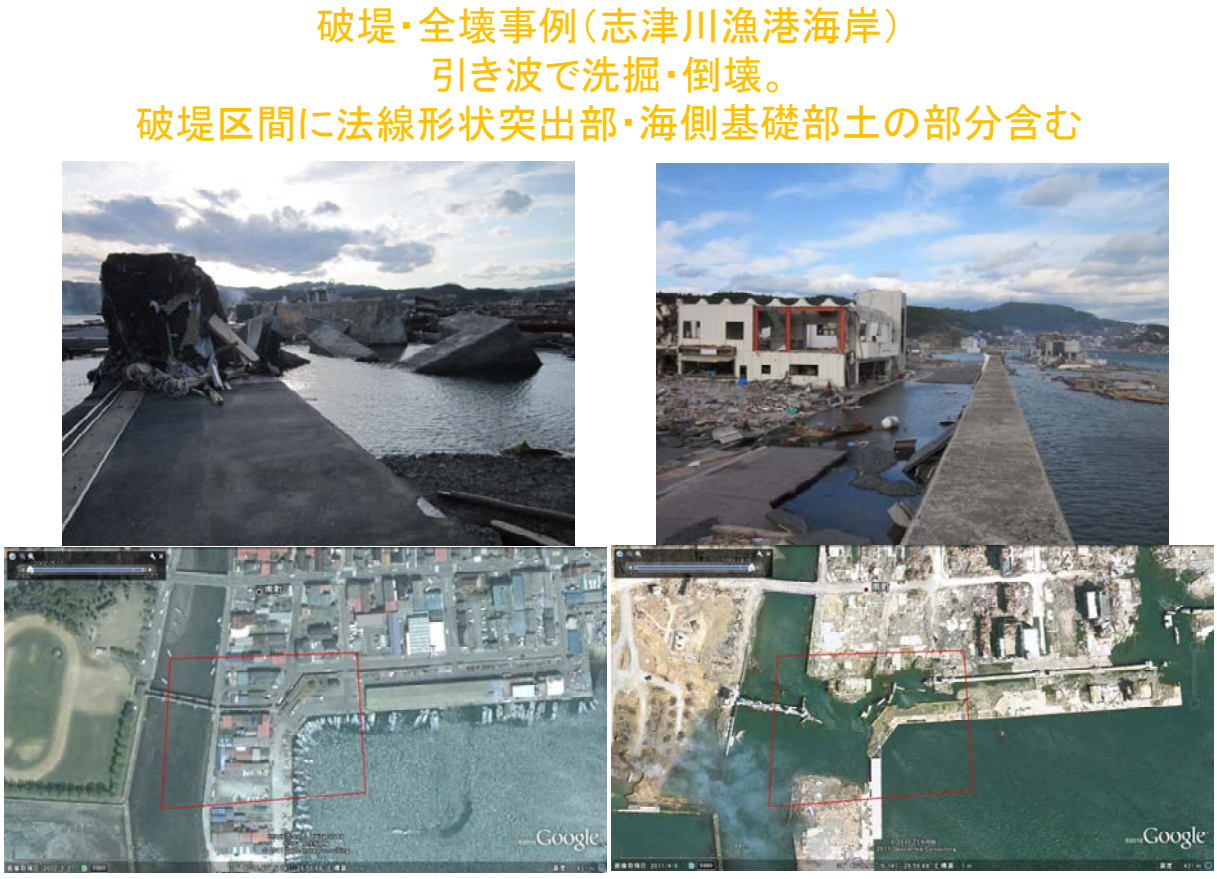


図-5.4.19　胸壁の破堤・洗掘



写真-5.4.77　３階の屋根より高い津波高



写真-5.4.78　3階建物の屋根に残る痕跡

(2) 石巻長浜海岸

図-5.4.20に示すとおり、水門部分で破堤・全壊した。破堤箇所背後では押し波・引き波の水の出入りで洗掘が拡大したと考えられる。破堤箇所は、緩傾斜堤から直立堤への断面変化場所でもあった。法尻が道路の部分では法尻洗掘は発生していない。



図-5.4.20　長浜海岸破堤箇所

(3) 大曲海岸

図-5.4.21に示す天端保護工の流失が見られた。**写真-5.4.79**に示すように裏法尻には大きな洗掘が発生しており、裏法被災も発生している。



図-5.4.21 天端保護工流失



写真-5.4.79　裏法尻洗掘・裏法被災

(4) 浜市海岸

写真-5.4.80～写真-5.4.81に示す歯抜け破堤が発生していた。



写真-5.4.80 歯抜け破堤（浜市海岸）



写真-5.4.81 歯抜け破堤（浜市海岸）

(5) 野蒜海岸

図-5.4.22に示す断面変化部分での破堤、被災程度の違いが見られた。断面変化部分で引き波時の表法尻洗掘とそれが拡大した破堤が見られる。幅の狭い断面では被災の程度が激しい。幅の広い堤防は、裏法被災や法尻洗掘は見られるものの破堤には至っていない。



図-5.4.22 断面変化部分の破堤と幅広断面の有効性

(6) 菖蒲田海岸

図-5.4.23に示すように排水口・水門があった場所で破堤した。引き波時の戻り流れで流路が洗掘されている。図-5.4.24のような法肩被災、裏法尻洗掘も見られた。表法には砂浜高が津波で下がった跡がコンクリートの色の違いからわかる。地元の人の話から津波前は天端にとどくほどであった砂浜の高さが津波後に大きく下がったことがわかった。



図-5.4.23 破堤箇所（菖蒲田海岸）



天端保護工背後地側及び裏法被覆工の上部が被災。裏法洗掘生じたが、裏法基礎工は破壊されず

図-5.4.24 裏法洗掘・法肩被災、表法砂浜高減少（菖蒲田海岸）

(7) 仙台平野沿岸

○全般

図-5.4.25～図-5.4.27に示すとおり、津波前に干潟の前面に存在していた砂浜や河口砂州等背後に堤防・護岸がない砂浜が津波後に消失している事例が複数見られた。一方、**図-5.4.28**のように砂浜が残っている箇所は、部分破壊されたとはいえ、背後に堤防が残存していた。**図-5.4.29**や**図-5.4.30**のようにもともと砂浜がない、狭い海岸では堤防が全壊・破堤し海岸線の後退が発生していた。



図-5.4.25 七北田川北側干潟前の砂浜消失

閑上漁港から北貞山運河



図-5.4.26 名取川北側の干潟前砂浜消失

鳥の海から阿武隈川河口



図-5.4.27 阿武隈川河口砂州消失、鳥の海南側砂浜減少

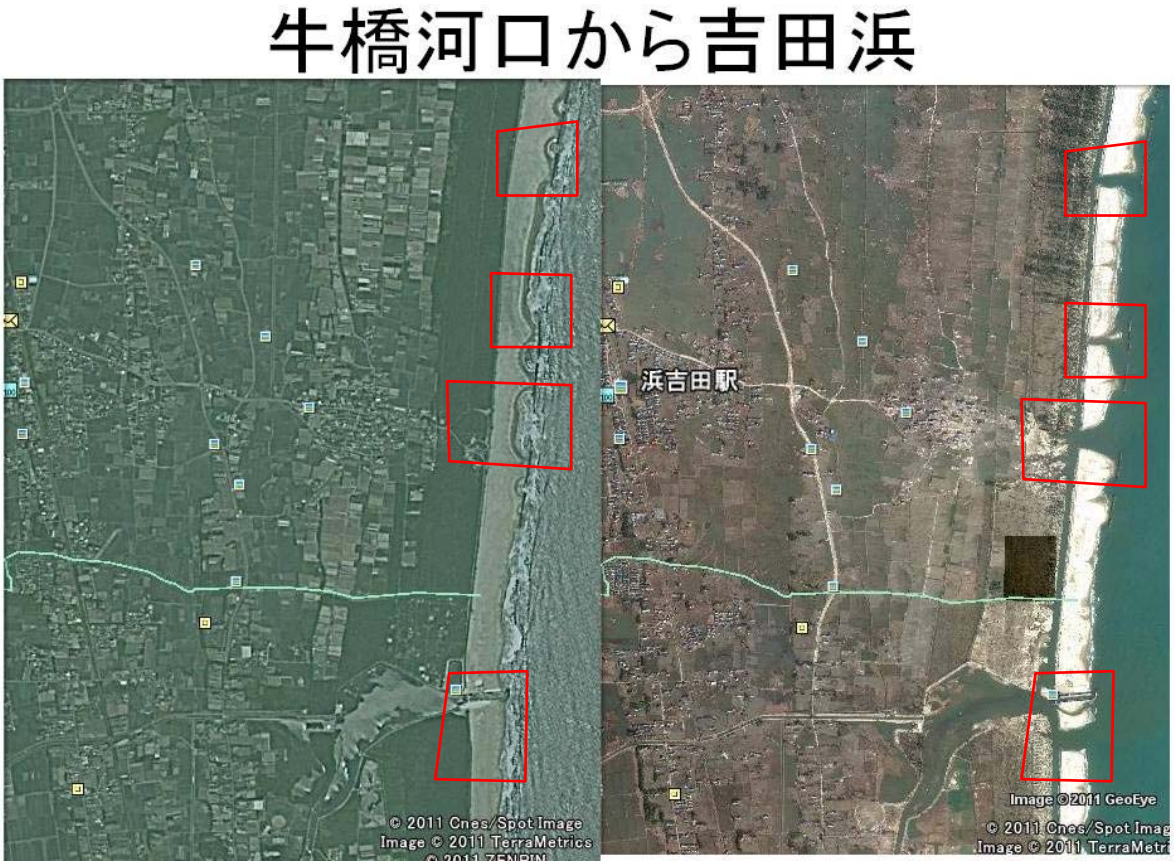


図-5.4.28 砂浜残存区間の歯抜け破堤



図-5.4.29 破堤・海岸線後退

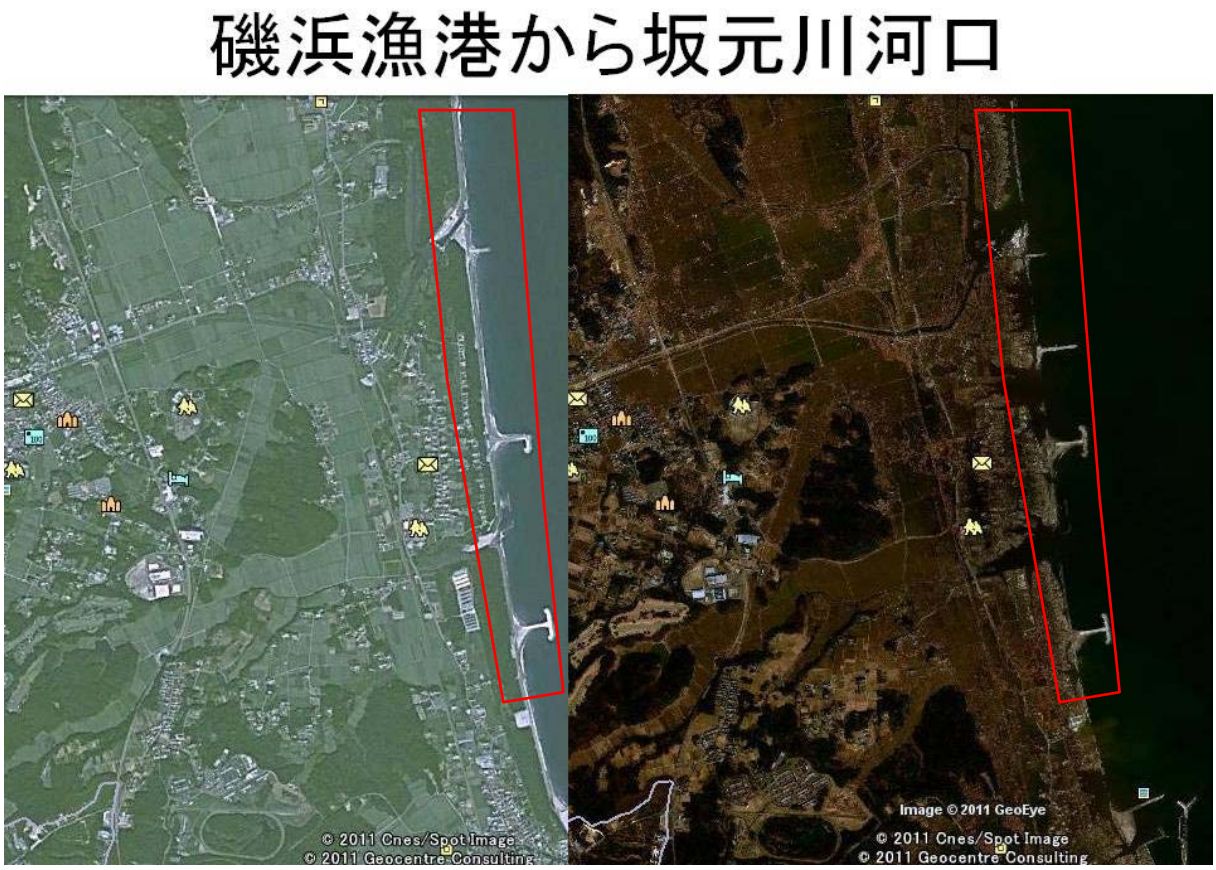


図-5.4.30 破堤・海岸線後退

○仙台海岸

図-5.4.31には七北田川北側の被災状況の特徴を示した。消失した干潟前面の砂浜は津波後時間が経過するにしたがって再形成されはじめている。干潟背後の堤防は空中写真から2箇所で押し波、引き波で破堤したと推定される。図-5.4.32、図-5.4.34～図-5.4.35には引き波時の海に戻る流れが流路を形成している事例を示した。流路は、堤防の施工範囲の端部で生じやすいようである。図-5.4.33は盛土の砂丘堤の破堤状況である。砂丘堤でも堤防部分破壊箇所の裏法尻に大きな洗掘溝が形成されており、大きな越流があったことをうかがわせる。図-5.4.36～図-5.4.39は部分破壊状況である。図-5.4.36では表法被覆工ブロックの下の部分のみ残っていた事例、図-5.4.37は裏法と裏法尻の洗掘した事例である。図-5.4.38、図-5.4.39は隔壁工が破壊の拡大を防いだと思われる事例である。

名取川左岸側では図-5.4.40のとおり、干潟前の砂浜が津波直後に消失し、その後再形成されつつある状況が見られる。



図-5.4.31 砂浜の消失→再形成



図-5.4.32 堤防施工端の流路跡

破堤・全壊事例（閖上海岸）
押し波による裏法・天端侵食→破堤

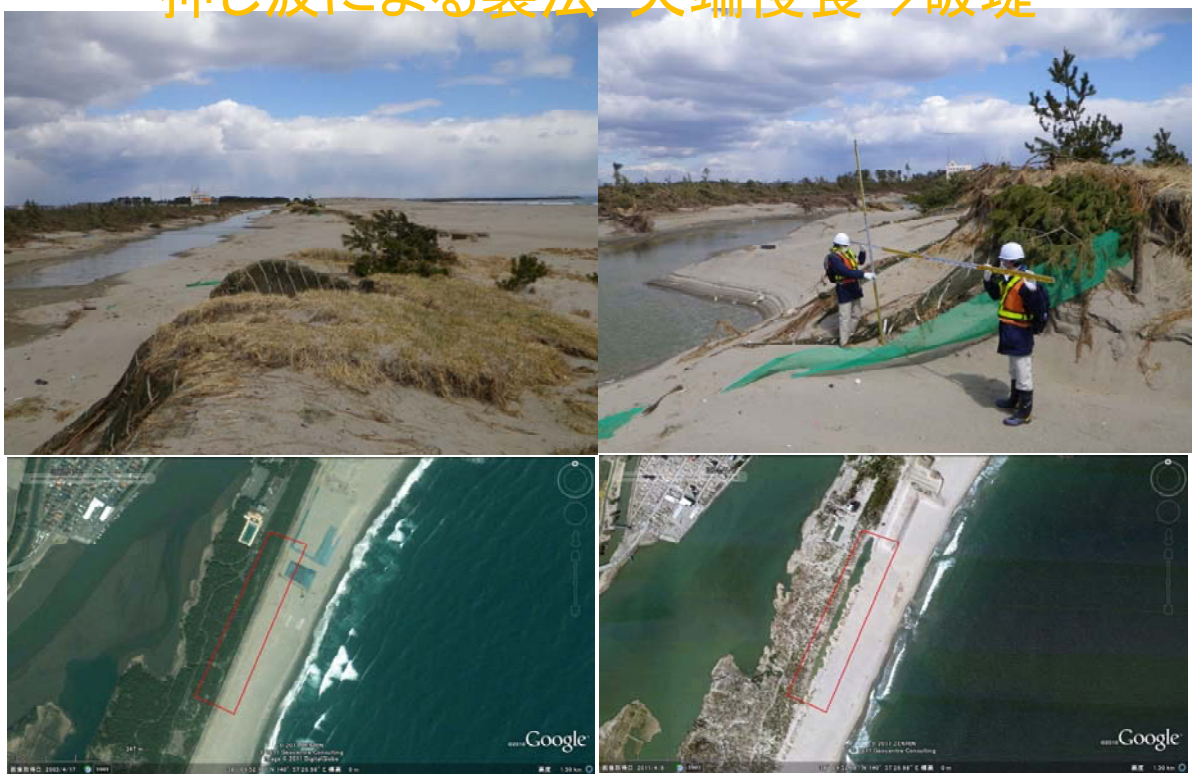


図-5.4.33 砂丘堤の被災

破堤・全壊事例（仙台海岸）
引き波時の施工端への流れの集中→大規模洗掘



図-5.4.34 流路跡



図-5.4.35 引き波時の戻り流れ流路跡

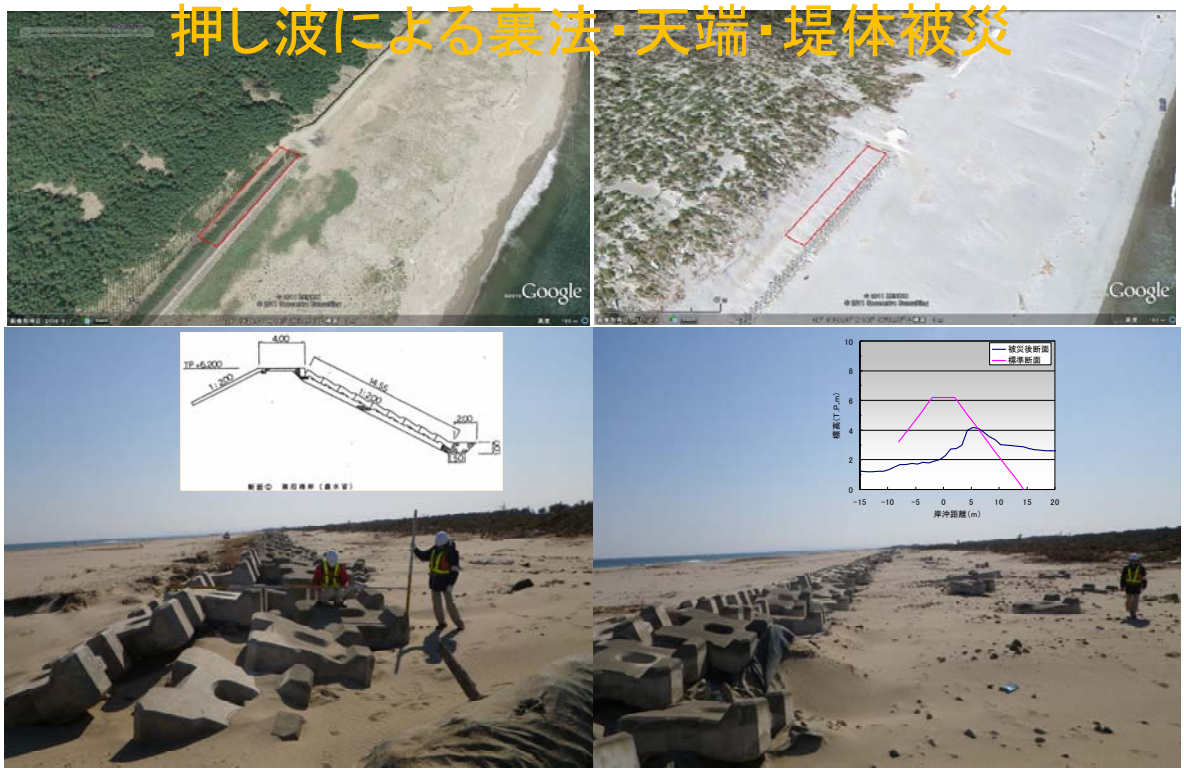


図-5.4.36 表法下部のみ残存

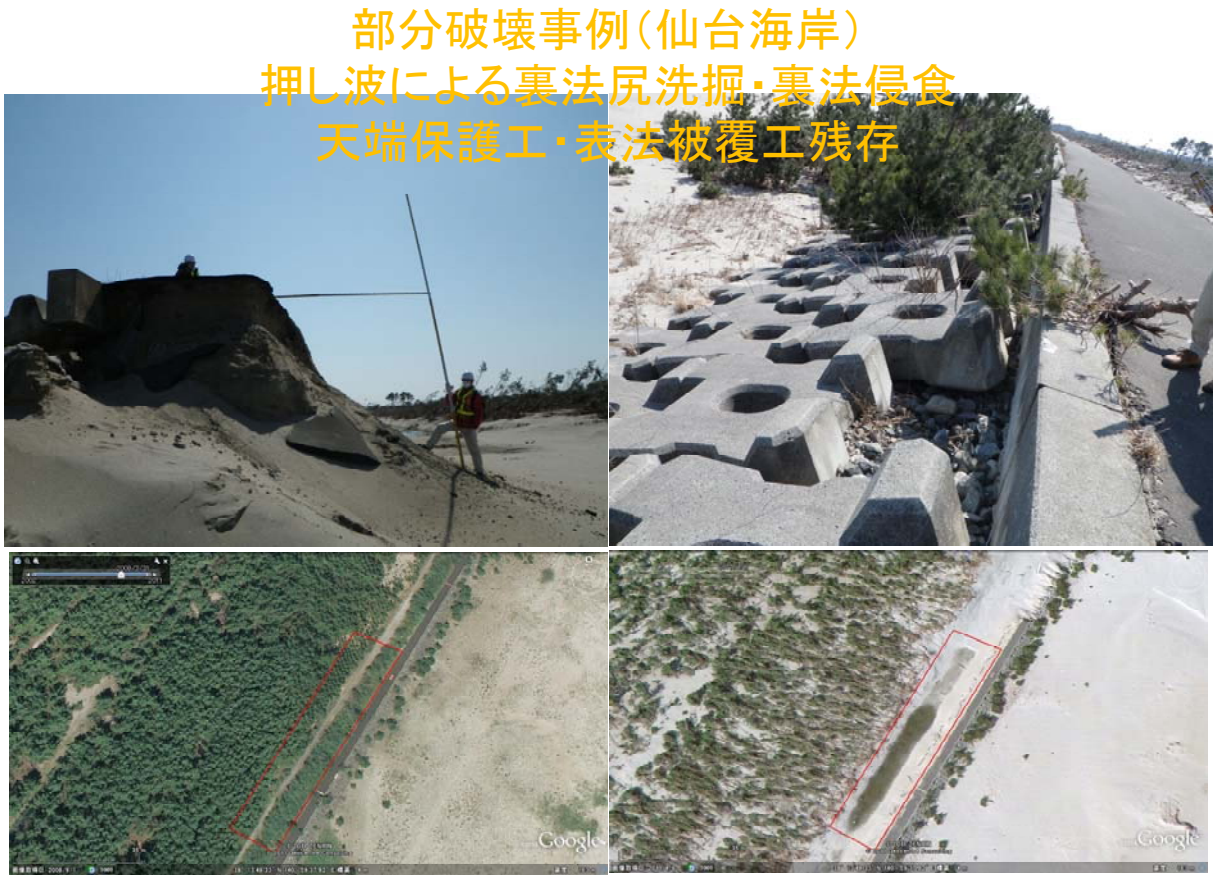


図-5.4.37 裏法被災と裏法尻洗掘



図-5.4.38 天端・裏法の洗掘、隔壁工で被災拡大防止



図-5.4.39 断面変化部分だが裏法洗掘で済んだ。隔壁工の効果か。

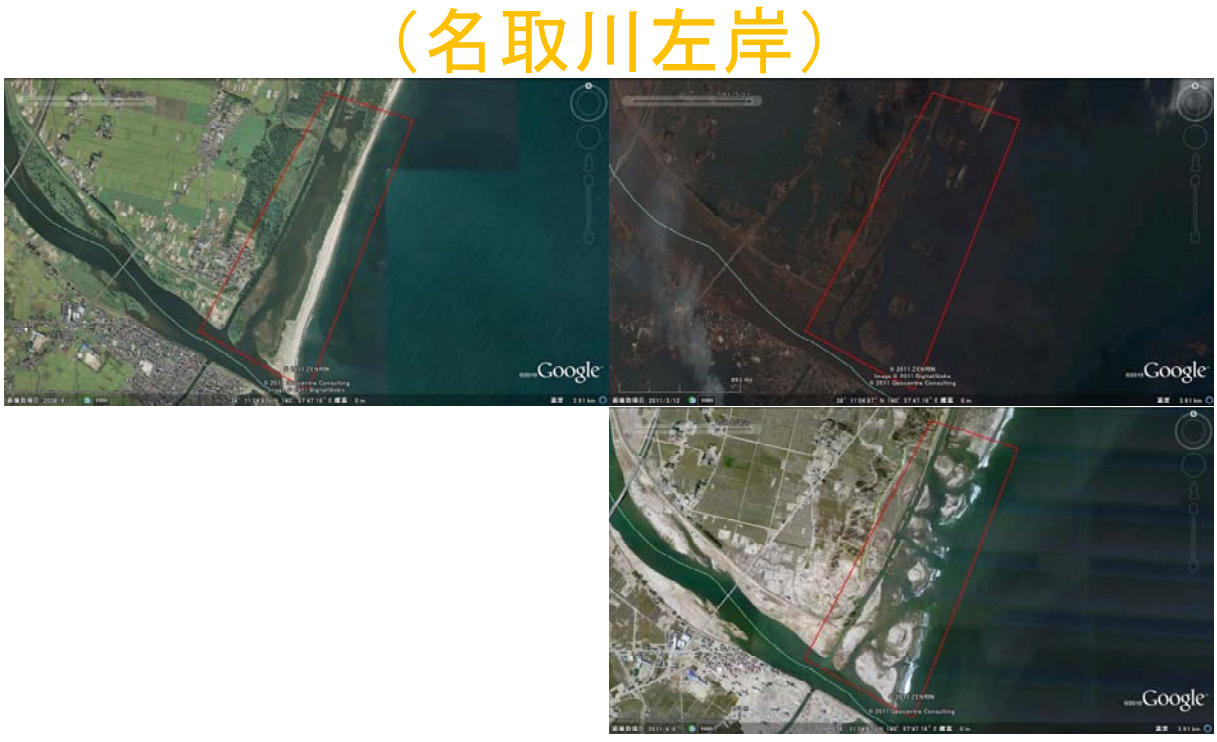


図-5.4.40 干潟前面砂浜の消失と再形成

○名取海岸～蒲崎海岸

図-5.4.41、**図-5.4.42**は、堤防断面が変化している場所で破堤・全壊が見られた事例である。**図-5.4.44**～**図-5.4.47**は引き波時の戻り流れによる流路が形成された事例である。**図-5.4.44**と**図-5.4.47**は堤防の施工端に流路が形成されている。**図-5.4.48**、**図-5.4.50**、**図-5.4.52**は歯抜け状の破堤事例である。**図-5.4.43**、**図-5.4.49**は局所的に堤体が洗掘されている部分破壊事例、**図-5.4.51**は裏法尻の洗掘と裏法被覆工の沈下変形している部分破壊事例である。部分破壊事例はいずれの箇所でも裏法尻に洗掘溝が形成されている。裏法被覆工が連節ブロックの場合には被覆工は洗掘溝の陸側に散乱している。裏法が法枠工の場合には法枠が残っているケースが多い。法枠部分はコンクリートが厚いので越流水に対する耐力が強いためと推定される。蒲崎海岸は侵食対策工を実施する等津波前から侵食していたが、津波後には後に述べる山元海岸のような破堤全壊・海岸線後退は起きなかった。これは、堤防前の砂浜前面に設置されていた消波堤が堤防前面の浜を守ったためと考えられる。



図-5.4.41 断面変化部で破堤・全壊

破堤・全壊事例（名取海岸）
引き波時の施工端への流れの集中による大規模洗掘
押し波による裏法保護工の被災・流失

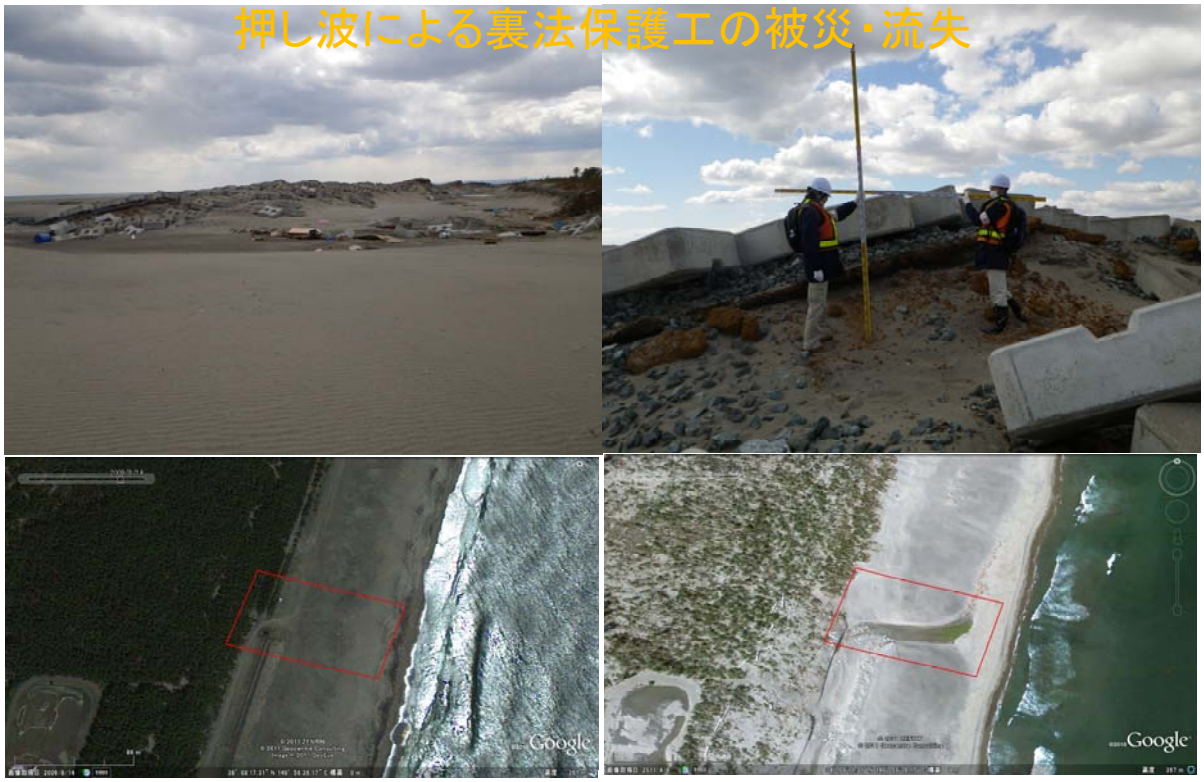


図-5.4.42 断面変化部分で破堤・全壊、流路形成

部分破壊事例（名取海岸）
押し波によるブロック傾斜堤の裏法・天端侵食

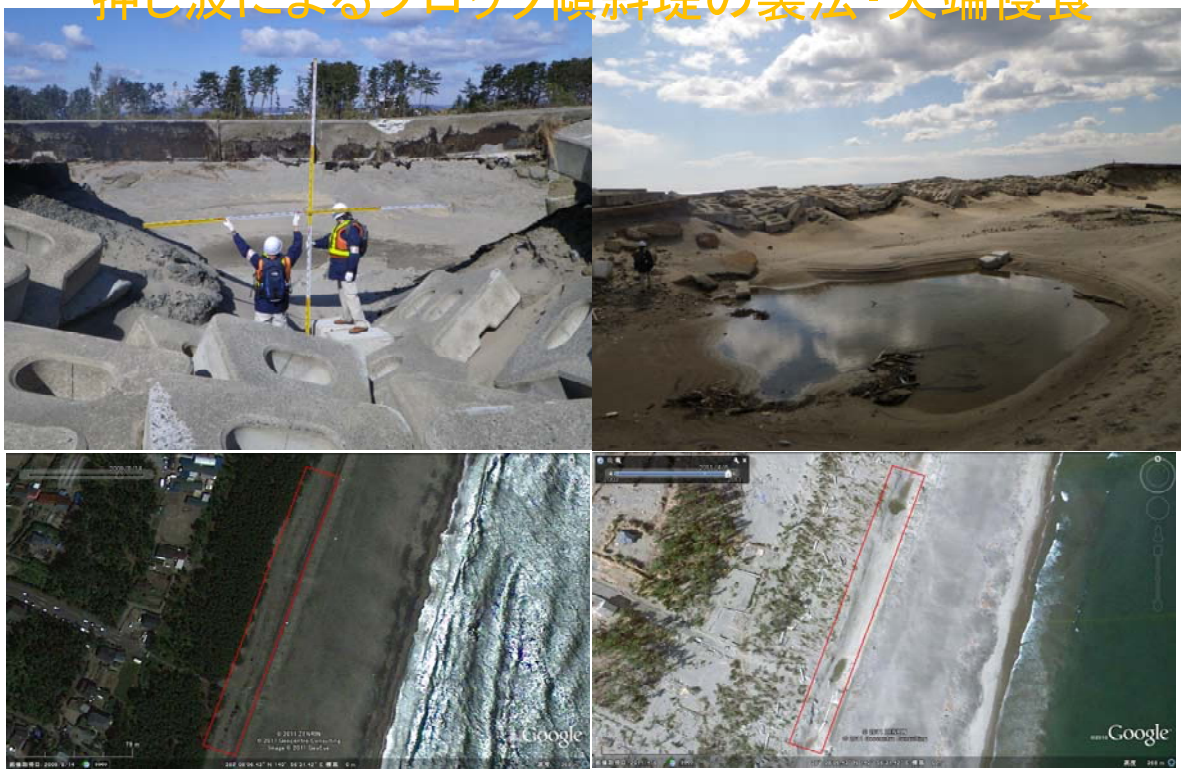


図-5.4.43 ブロック張傾斜堤の天端・裏法洗掘

破堤・全壊事例（岩沼海岸）
引き波の施工端への集中・大規模洗掘

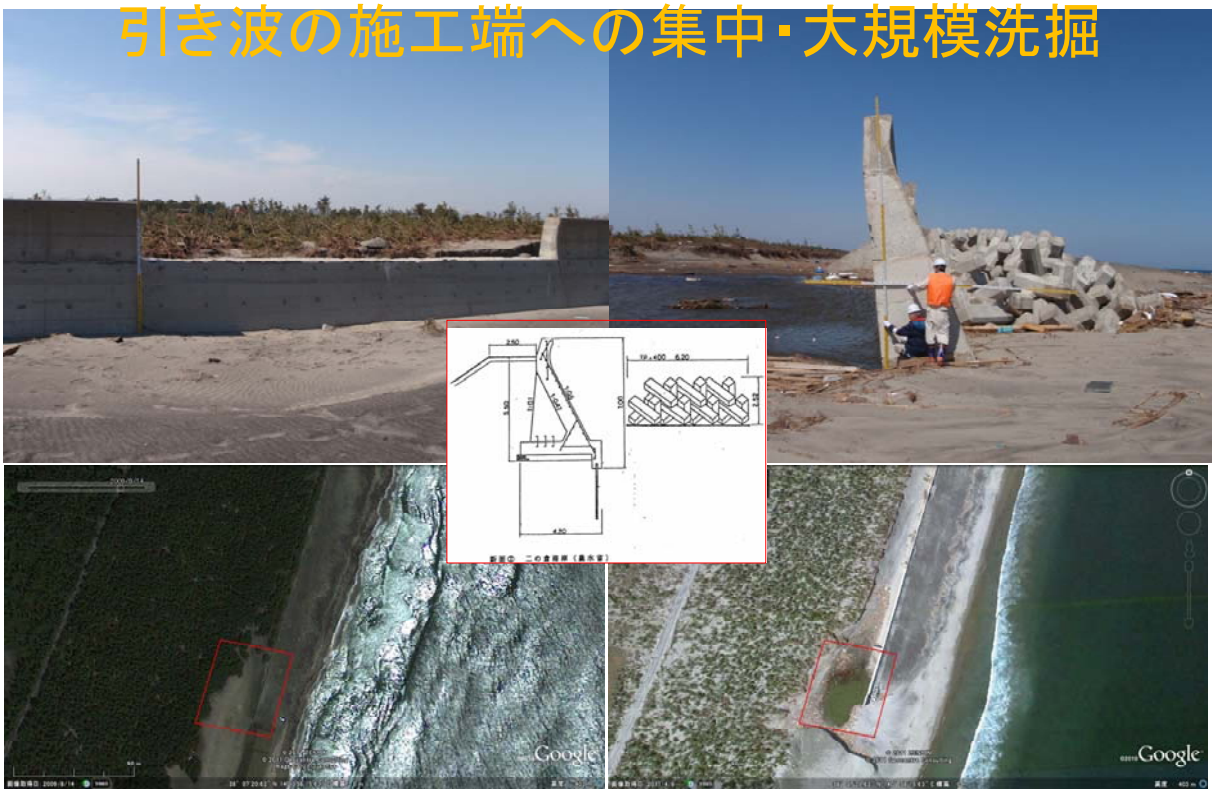


図-5.4.44 施工端での流路形成

破堤・全壊事例（岩沼海岸）
引き波のラグーン部への集中による洗掘→波浪によって砂浜形成し破堤口閉じる

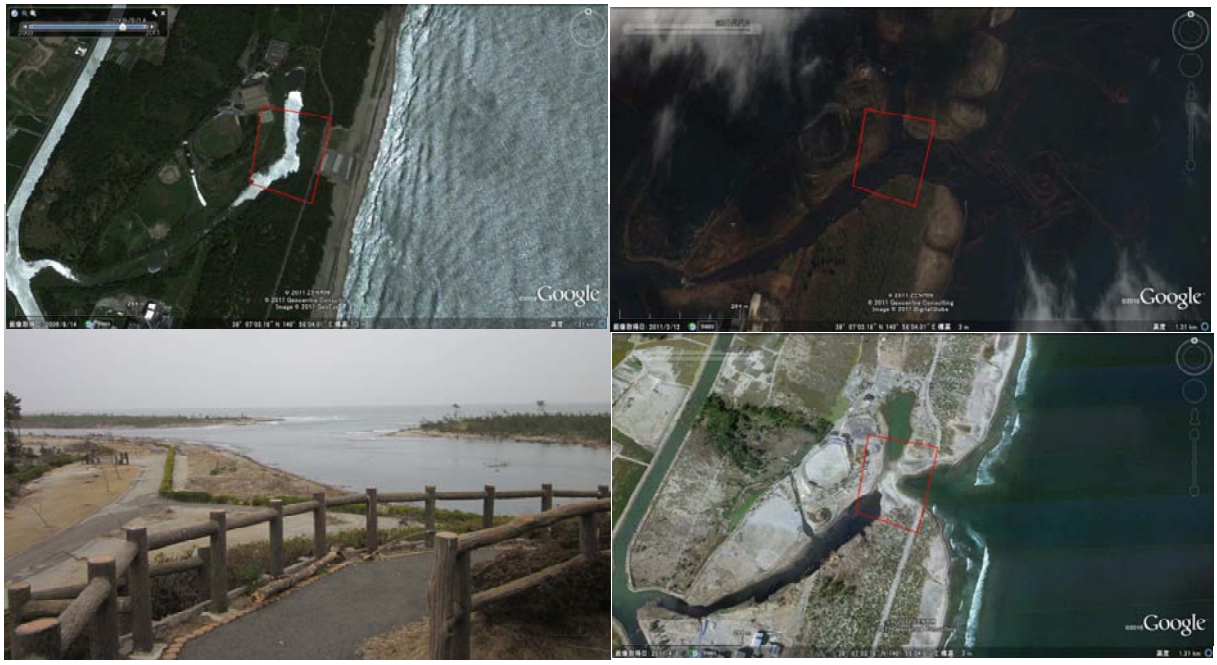


図-5.4.45 大規模な流路形成と閉塞

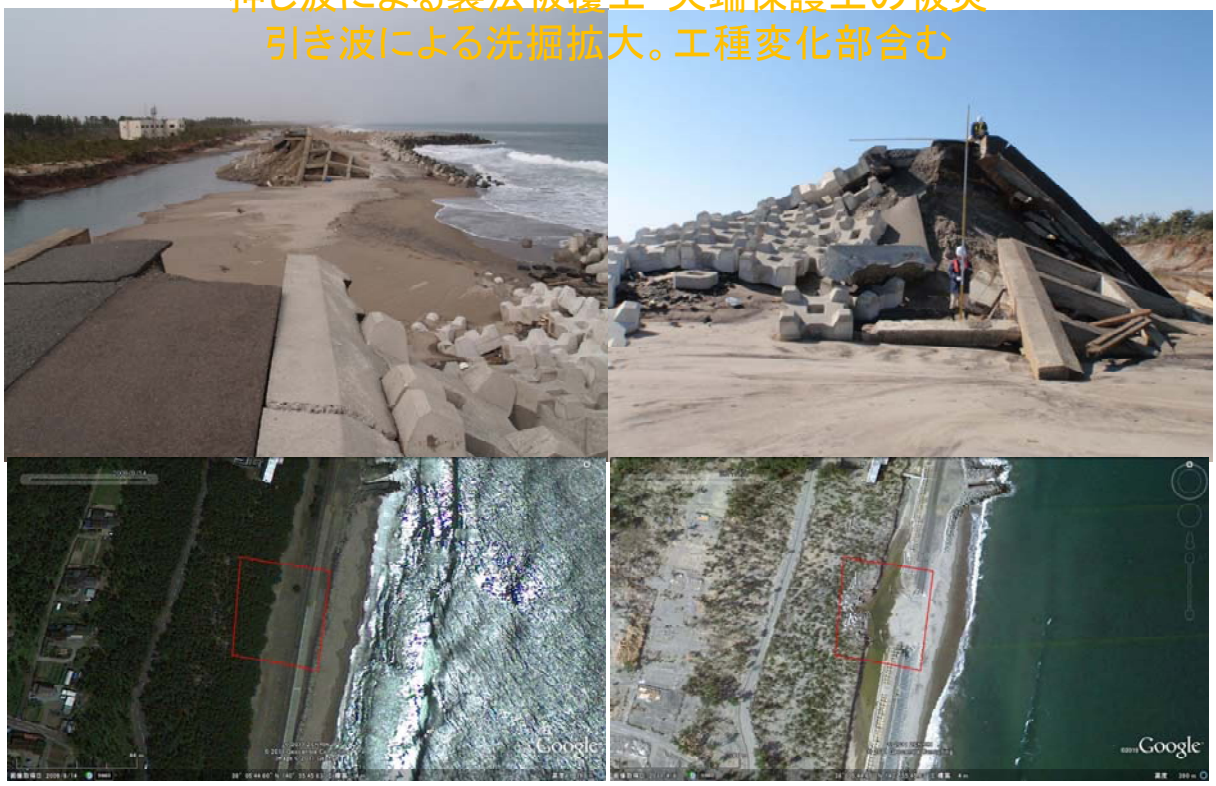


図-5.4.46 歯抜け状の破堤・全壊（二ノ倉海岸）

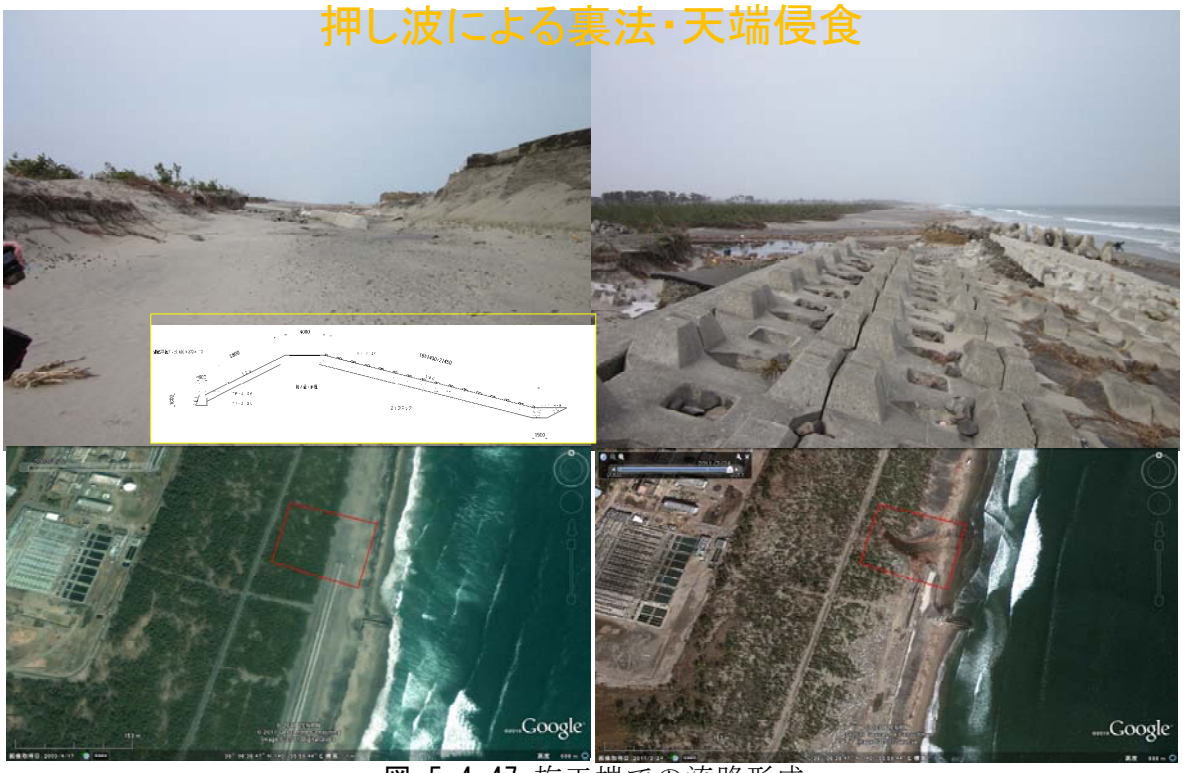


図-5.4.47 施工端での流路形成

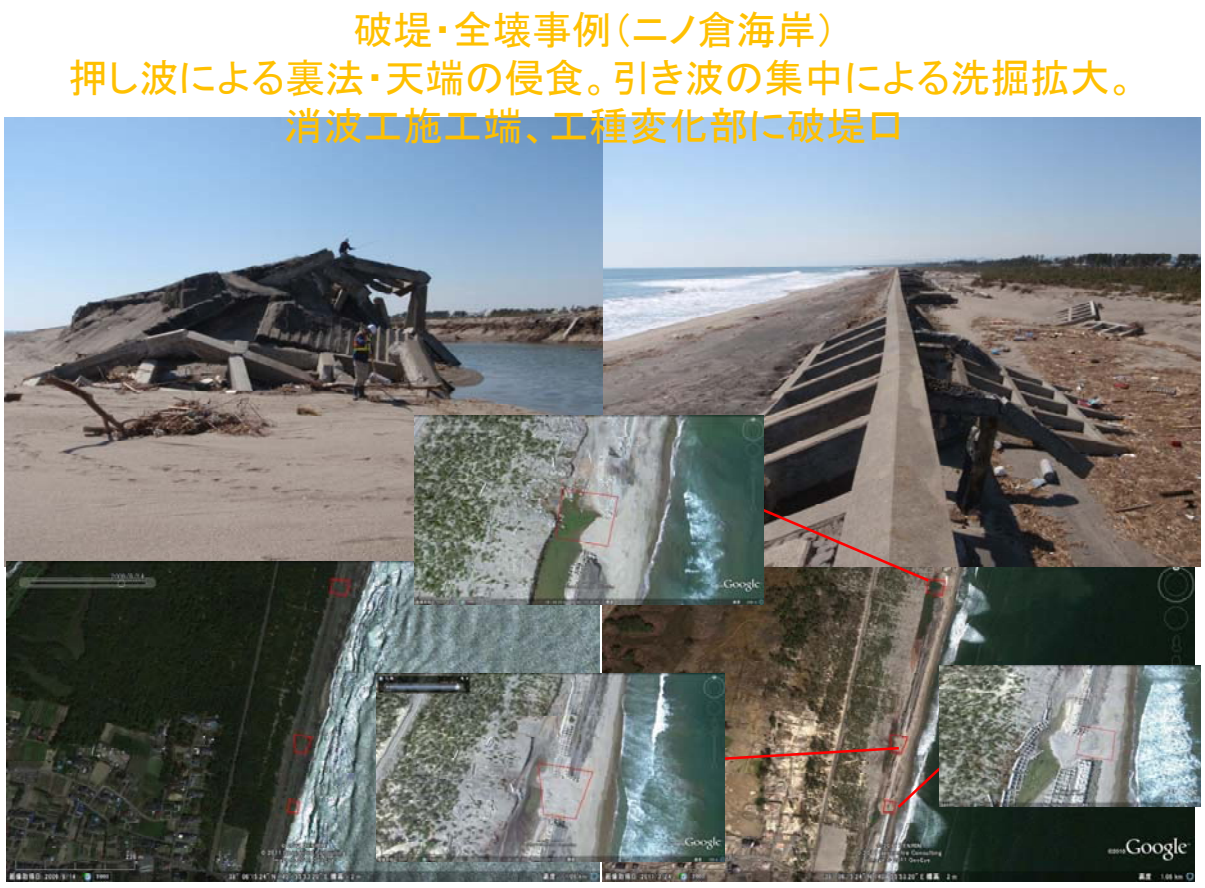


図-5.4.48 歯抜け状の破堤、消波工端部、工種変化部（二ノ倉海岸）

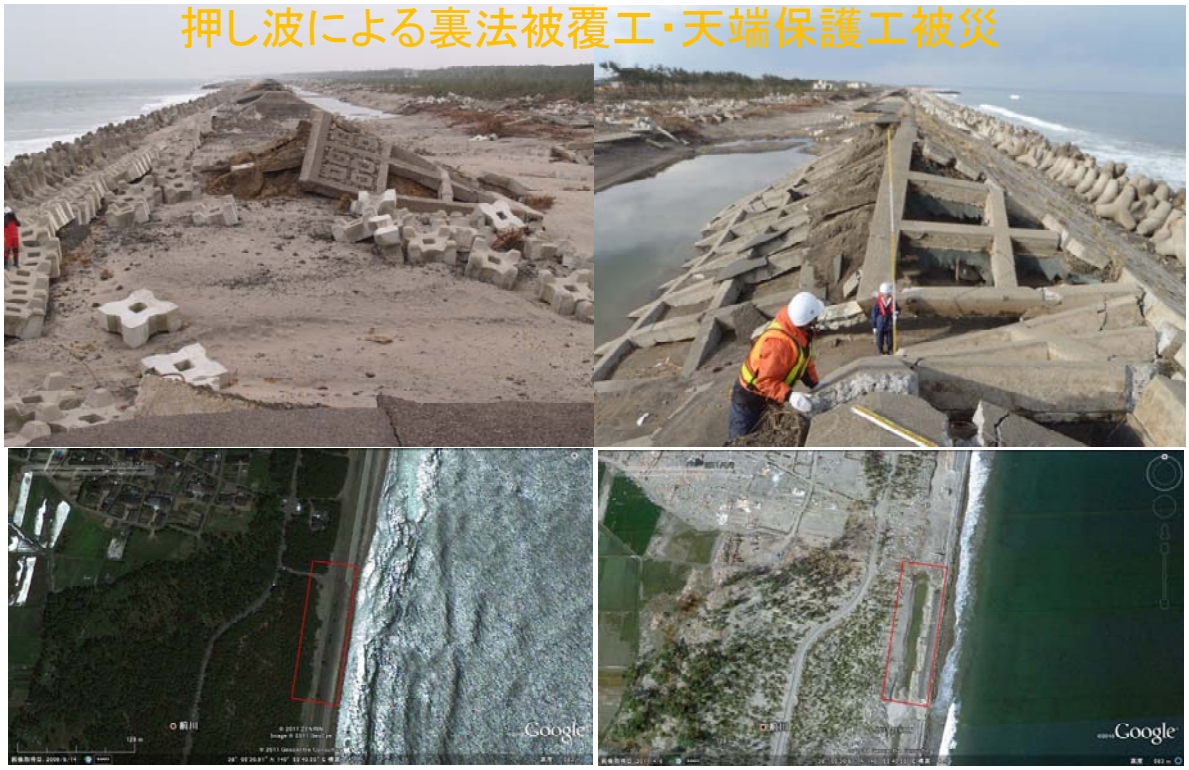


図-5.4.49 部分破壊法枠が残存（二ノ倉海岸）

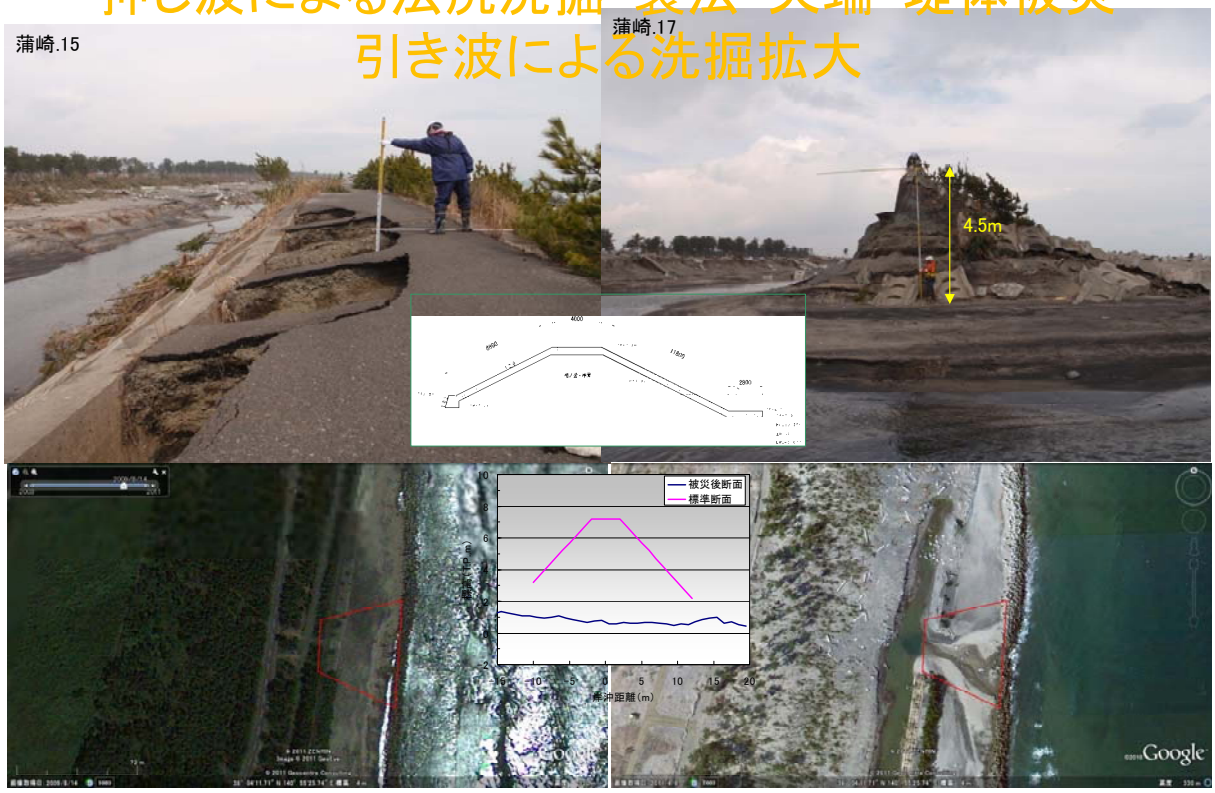


図-5.4.50 歯抜け状破堤（蒲崎海岸）

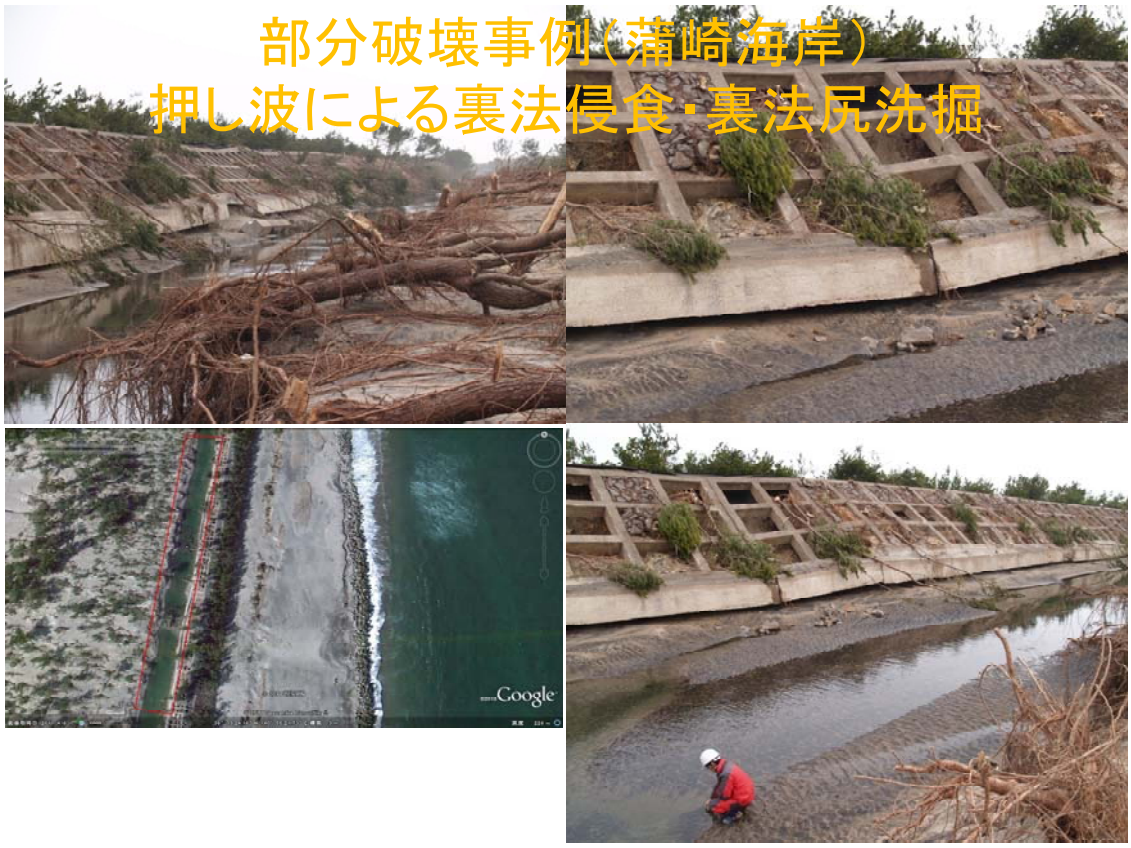


図-5.4.51 裏法尻洗掘・裏法被覆工沈下変形（蒲崎海岸）



図-5.4.52 河口部の破堤・全壊（蒲崎海岸）

○荒浜漁港海岸～山元海岸

図-5.4.53、**図-5.4.54**は荒浜漁港海岸の被災状況である。河川堤防との境目で歯抜け状に破堤していたが、それ以外は表法被覆工の下部が残存している部分破壊であった。裏法尻に大きな洗掘溝が形成され、裏法被覆工・天端保護工・堤体土が削り取られ、表法被覆工が残存している状態である。**図-5.4.55**の吉田浜も同様の状況である。**図-5.4.56**～**図-5.4.58**は歯抜け状に破堤した箇所とそこに形成された引き波時の戻り流れの流路が、その後の波浪により形成されたバームで閉塞している事例である。**図-5.4.59**は高さを含めた断面形状が変化する地点で歯抜け状に破堤した事例である。**図-5.4.60**右側は山元海岸の破堤・全壊、海岸線後退が起こっている事例である。破堤箇所では、背後地が洗掘され、場所によっては消波ブロックが流れ込んでいる等被害が大きい。図の左側には破堤を免れた蒲崎海岸の典型的な区間を比較として示した。破堤・全壊及び海岸線後退が生じた区間と破堤を免れた区間では背後地の洗掘被害の幅・範囲やブロックがうちこまれる等被害の程度に差があることがわかる。



図-5.4.53 河川堤防との境界で歯抜け破堤（荒浜漁港海岸）

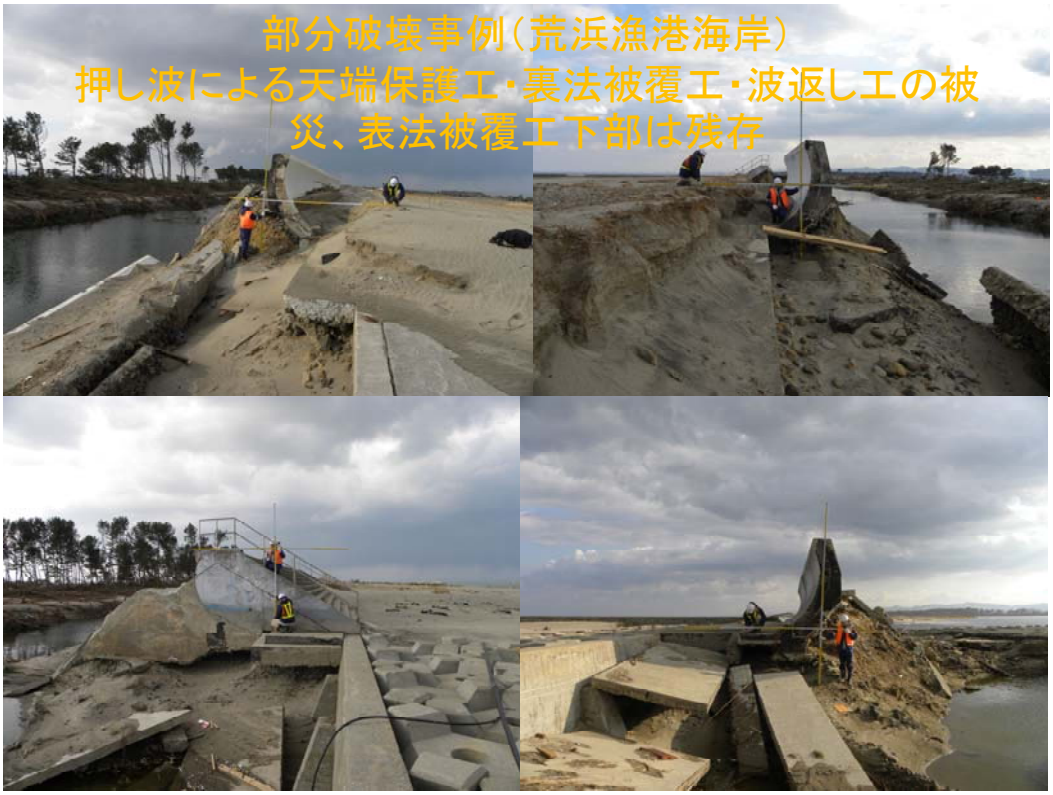


図-5.4.54 表法被覆工下部残存（荒浜漁港海岸）

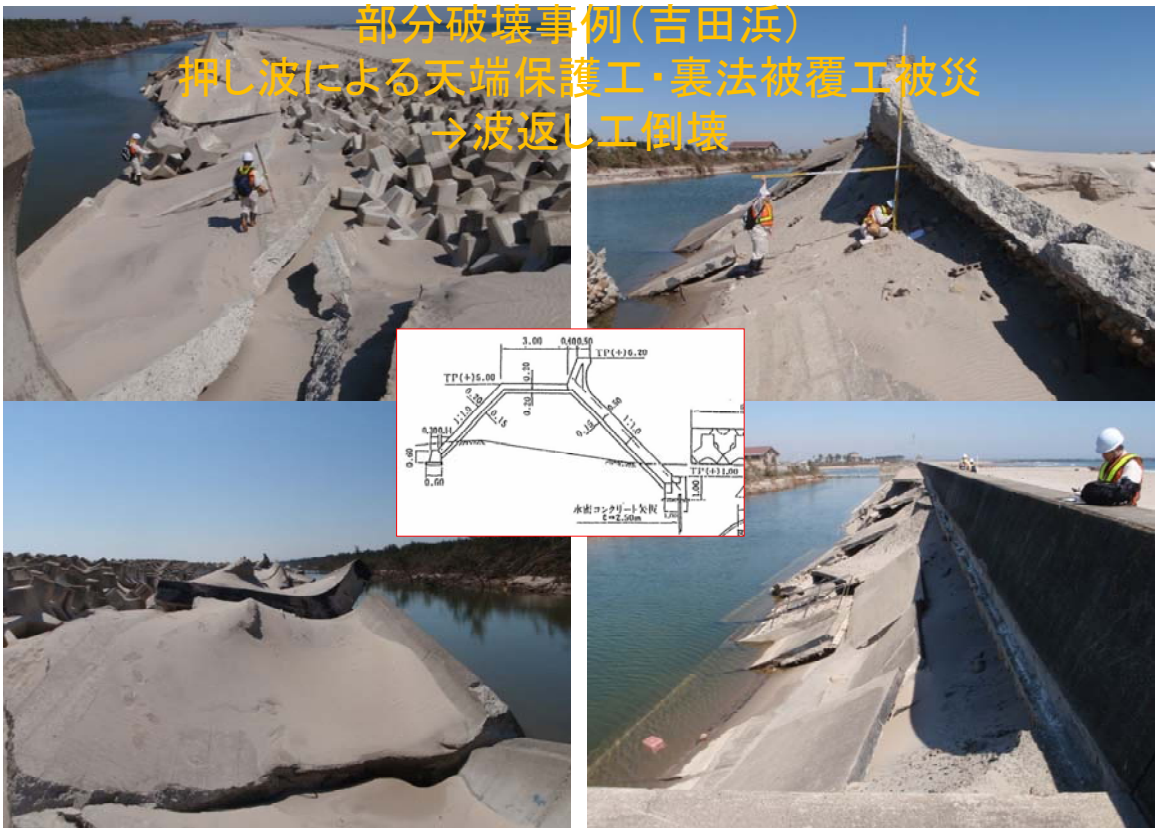


図-5.4.55 裏法被災・表法被覆工倒壊（吉田浜）

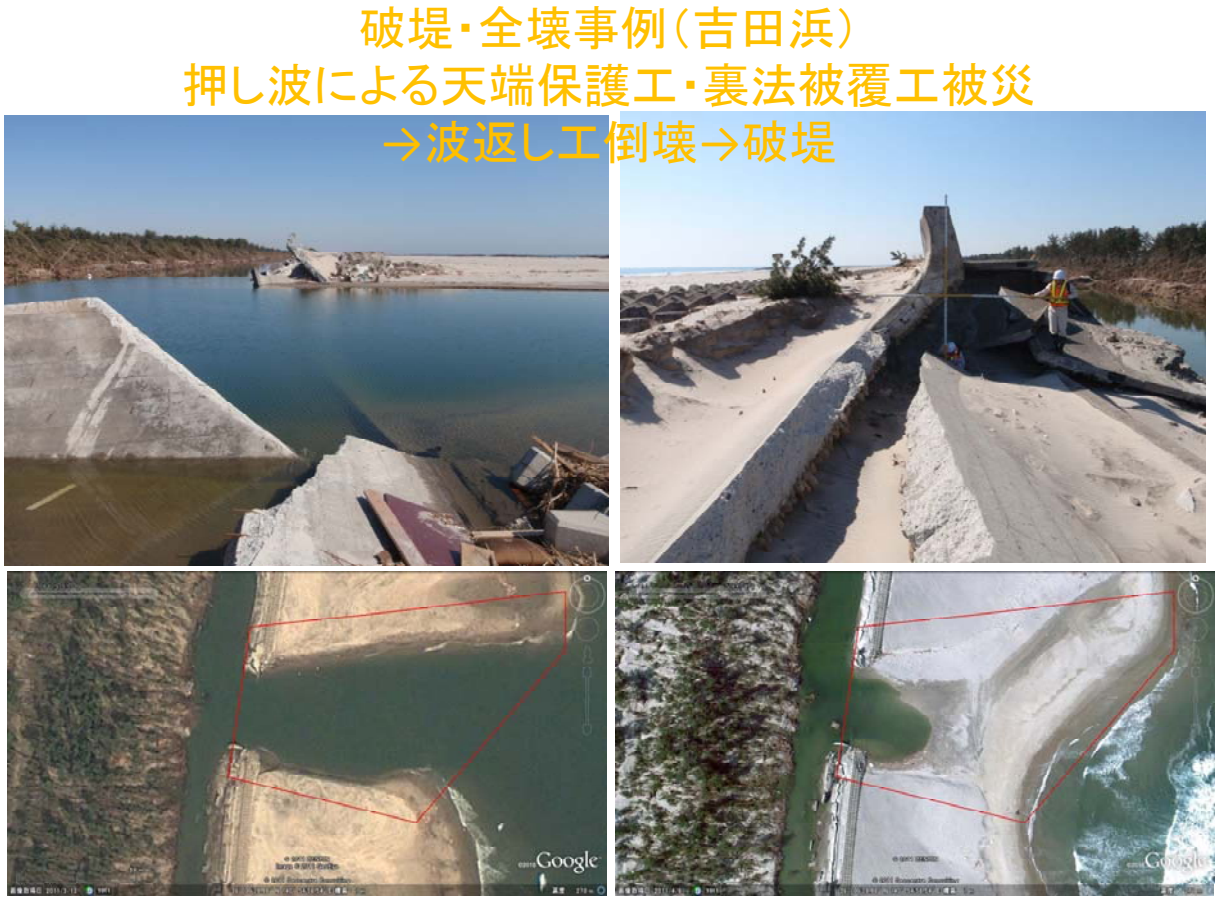


図-5.4.56 歯抜け破堤とその後のバーム形成による閉塞（吉田浜）

部分破壊事例(吉田浜)
破堤しないが、引き波流路形成
押し波により天端保護工・裏法保護工・波返し工被災

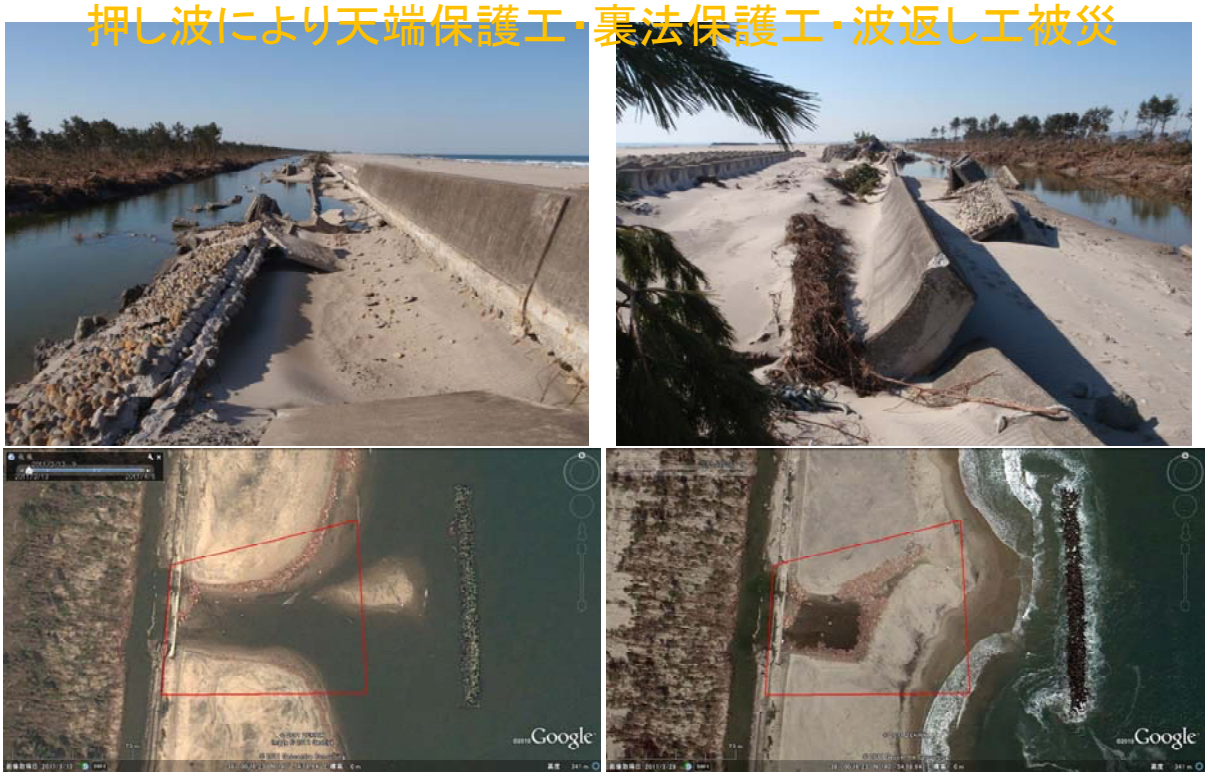


図-5.4.57 歯抜け破堤とその後のバーム形成による閉塞（吉田浜）

牛橋水門脇破堤全壊事例



図-5.4.58 流路形成とその後のバームによる閉塞（牛橋水門脇）



図-5.4.59 断面変化部分での破堤・全壊（笠野・横須賀海岸）



図-5.4.60 破堤箇所と破堤を免れた箇所の背後地被害の違い

5.4.4 福島県北部

図-5.4.61は福島県内の実測した痕跡標高と堤防・護岸の天端高を比較したものである。北部と南部で傾向が異なることがわかる。北部は痕跡浸水高が堤防・護岸の天端高より大きく、越流水深が4m以上あったことがわかる。一方南部は痕跡浸水高が堤防・護岸の天端高と同程度から2mまでに大部分があり、大きいところで4mになっている。全般的には北部の海岸堤防の被災状況は仙台平野に似ており、深刻な被害として破堤・全壊と海岸線後退が生じている。

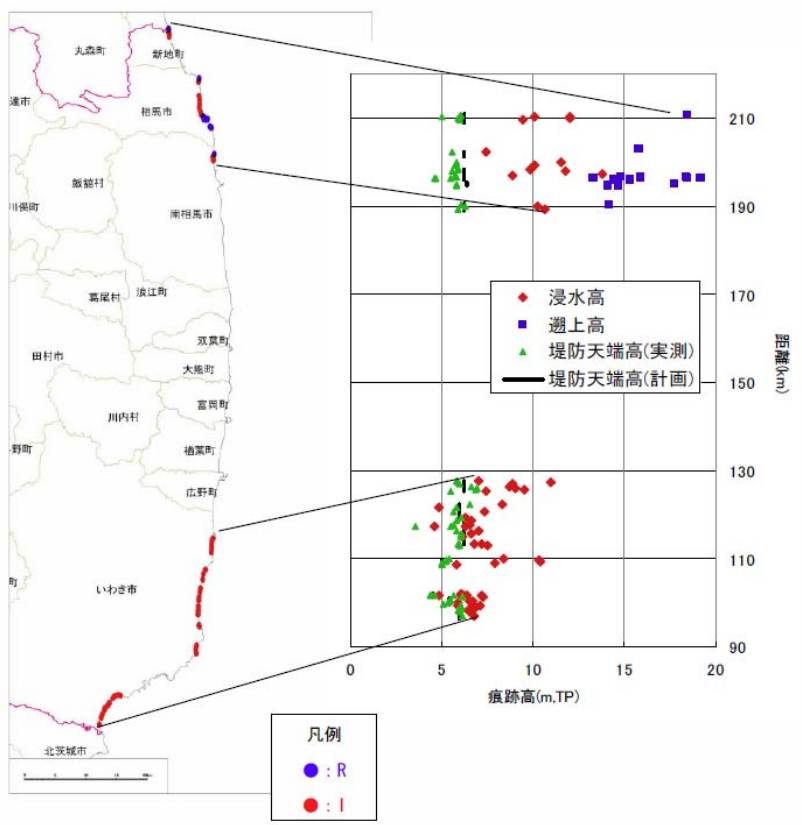


図-5.4.61 痕跡標高と堤防護岸の天端高

(1) 埒浜地先海岸

写真-5.4.82～**写真-5.4.84**に示すような堤防・護岸の全壊破堤・海岸線の後退が生じている。

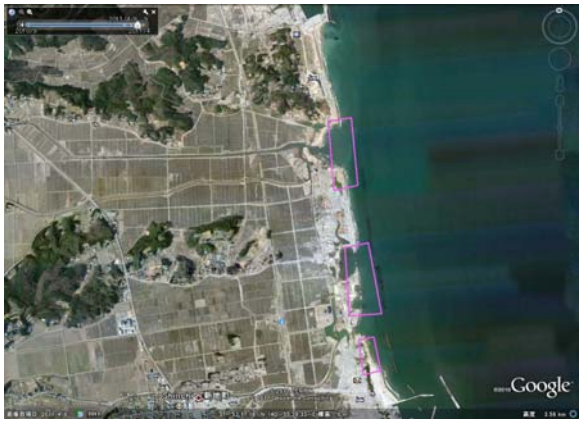


写真-5.4.82 埒浜地先海岸の破堤・全壊海岸線後退



写真-5.4.83 破堤・全壊、海岸線後退（埒浜地先海岸）



写真-5.4.84 破堤・全壊、海岸線後退（埒浜地先海岸）

(2) 大浜地先海岸

北部の津波前後の空中写真を**写真-5.4.85**と**写真-5.4.86**に示す。北部では**写真-5.4.87**に示す延長の長い破堤・全壊箇所があり松川浦と海が一体となっている。それ以外の箇所では破堤・全壊は見られない。北部では**写真-5.4.88**、**写真-5.4.89**に示すように、堤防背後に天端高が同じ盛土道路があり堤防と一体となっている。この盛土道路が削り代になって破堤を免れていたと考えられる。この道路は**写真-5.4.90**に示すとおり、途中から盛土ではなくなり堤防から離れる。その区間では**写真-5.4.91**～**写真-5.4.93**に示すような歯抜け破堤が多く見られる。破堤していない箇所も**写真-5.4.94**のように裏法・天端が大きく削られ被覆工の法枠だけが残って折損している。**写真-5.4.95**、**写真-5.4.96**に示す通り南部も中部と同様歯抜け破堤が発生している。さらに南になると**写真-5.4.97**～**写真-5.4.100**のような直立堤を改良した緩傾斜堤となっており、裏法や天端が被災している。



写真-5.4.85 大浜地先海岸北部（津波前）

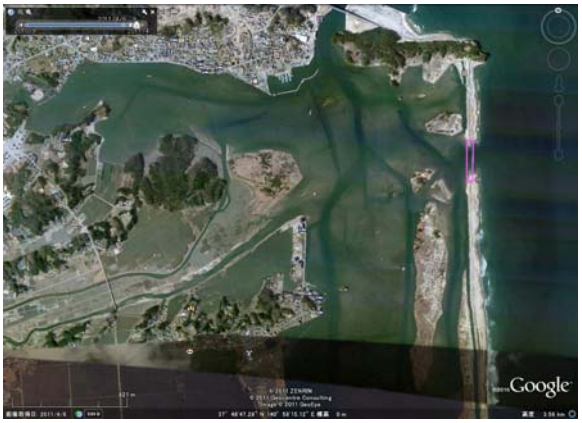


写真-5.4.86 大浜地先海岸北部(津波後)



写真-5.4.87 破堤箇所（大浜地先海岸北部）



写真-5.4.88 背後にあった盛土道路が削り代となって破堤免れている（大浜地先海岸）



写真-5.4.89 天端と同じ高さの盛土道路が削り代となって堤防を守っている。



写真-5.4.90 大浜地区海岸中部津波前

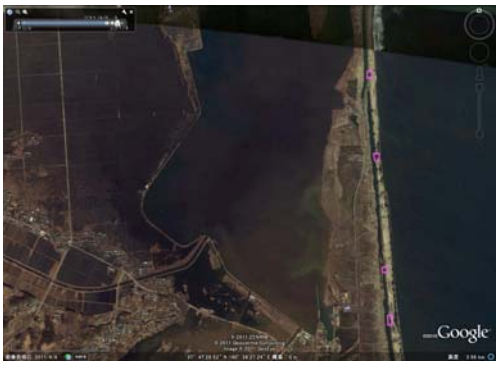


写真-5.4.91 大浜地区海岸中部津波後



写真-5.4.92　歯抜け状の破堤



写真-5.4.93　歯抜け状の破堤



写真-5.4.94 天端・裏法が被災。法枠のみが残存して折損している状況。



写真-5.4.95 大浜地区海岸南部空中写真津波前

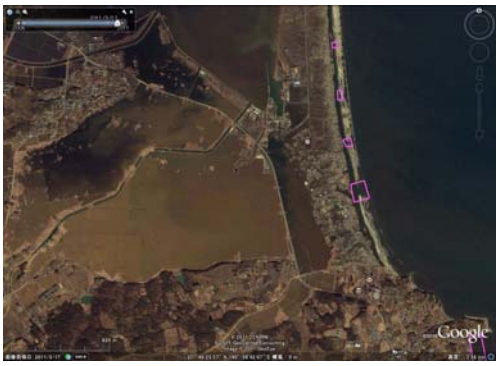


写真-5.4.96 大浜地区海岸南部空中写真津波後



写真-5.4.97 緩傾斜堤の裏法・天端の被災状況。直立堤を改良した緩傾斜堤。



写真-5.4.98 緩傾斜堤天端被災状況



写真-5.4.99 緩傾斜堤裏法・天端の被災状況



写真-5.4.100 緩傾斜堤被災していない箇所

(3) 上ノ台地先海岸

一部護岸が設置されているが、**写真-5.4.101**、**写真-5.4.102**に示すとおり越流しても特に被害は受けなかった。浜が礫であるため引き波でも洗掘されなかったのかもしれない。



写真-5.4.101　越流あったが護岸には被災なし



写真-5.4.102 越流あったが護岸には被災なし

(4) 古磯部地先海岸

写真-5.4.103～写真-5.4.106に示すとおり、堤防が破堤・全壊し、海岸線の大幅な後退が発生した。



写真-5.4.103 古磯部地先海岸空中写真津波前



写真-5.4.104 古磯部地先海岸空中写真津波後



写真-5.4.105 破堤・全壊と海岸線後退



写真-5.4.106 破堤・全壊状況

(5) 蒲庭海岸

写真-5.4.107、**写真-5.4.108**に示すとおり、堤防の破堤・全壊が発生した。海岸線の大幅な後退は生じていない。



写真-5.4.107 堤防の被災状況



写真-5.4.108 堤防の全壊・破堤状況

(6) 北海老地区海岸

写真-5.4.109、**写真-5.4.110**に示すとおり、空中写真を見るかぎり破堤は見られないが、堤防背後が湖になった。



写真-5.4.109 北海老地区海岸津波前



写真-5.4.110 北海老地区海岸津波後

(7) 南海老海岸

写真-5.4.111～**写真-5.4.116**に示すとおり北側では破堤・全壊と海岸線後退が発生している。**写真-5.4.114**に示すとおり破堤は水門脇で発生している。**写真-5.4.118**に示すとおり背後の洗掘溝には破堤箇所に引き波時の流れが集中した形跡が見られる。**写真-5.4.117**～**写真-5.4.120**のとおり、破堤していない箇所でも堤防背後に幅の広い洗掘溝が見られ、裏法被覆工・天端保護工の流失が起こっている。南側では**写真-5.4.112**、**写真-5.4.121**に示すように、南側は歯抜け状の破堤が２箇所で発生している。



写真-5.4.111 南海老海岸津波前



写真-5.4.112 南海老海岸津波後



写真-5.4.113 堤防被災状況



写真-5.4.114 破堤箇所。水門に隣接。



写真-5.4.115 破堤・全壊、海岸線後退



写真-5.4.116 破堤・全壊箇所



写真-5.4.117 堤防背後の洗掘状況。破堤箇所に向かって流れた形跡



写真-5.4.118 堤防背後の洗掘状況



写真-5.4.119 堤防の裏法・天端被災



写真-5.4.120 堤防の天端・裏法被災、裏法尻洗掘溝



写真-5.4.121 歯抜け状の破堤

5.4.5 福島県南部

図-5.4.61に示すとおり、越流水深は0～2mまでが大部分であり、部分的に大きいところで3m以上になっている場所もある。

久の浜海岸では**図-5.4.62**のように波返し工が折損した。折損した波返し工は前面に緩傾斜堤防を施工する前からあった堤防の波返し工であり天端法肩にあたる。仁井田海岸では**図-5.4.63**のとおり被害は軽微な区間も多い。一部箇所で法肩が被災している。夏井地区海岸では、**図-5.4.64**のとおり法尻の被覆工が移動していた。

豊間地区海岸では様々な被災が見られた。**図-5.4.65**、**図-5.4.66**は波返し工の倒壊する被災が起きている。**図-5.4.65**では波返し工の倒壊は陸側、海側の両方に起きている。**図-5.4.66**では倒壊した波返し工が後ろの盛土で止まっている。**図-5.4.67**、**図-5.4.68**は流入河川部分での被災である。**図-5.4.67**は流入河川側の護岸の沈下が起きており、**図-5.4.68**は海岸堤防背後で流入河川に向かった引き波時の流れによると思われる洗掘が発生している。河川護岸の高さが海岸堤防より低いため押し波時や引き波時の越流が河川側で起きやすいことが影響していると考えられる。**図-5.4.69**は堤防裏の地盤に被覆工がある場所では洗掘が生じていないが被覆工がない場所では洗掘が発生している。

図-5.4.70～**図-5.4.72**は植田岩間地区海岸から植田佐糠地区海岸の被災である。堤防はコンクリート直立堤であるが、植田岩間地区海岸では堤防高がT.P4.6mと低く、岩間佐糠地区海岸の堤防は天端高がT.P6.2mと高い（**図-5.4.71**）。**図-5.4.70**は植田岩間地区の直立堤の倒壊状況である。堤防高が高い植田佐糠地区海岸でも**図-5.4.72**のとおり被災を受けている場所もある。背後地盤高が低い場所で背後の被覆工が陥没・沈下している場所もあった。背後地盤高が高くなっている場所では被災はなかった。

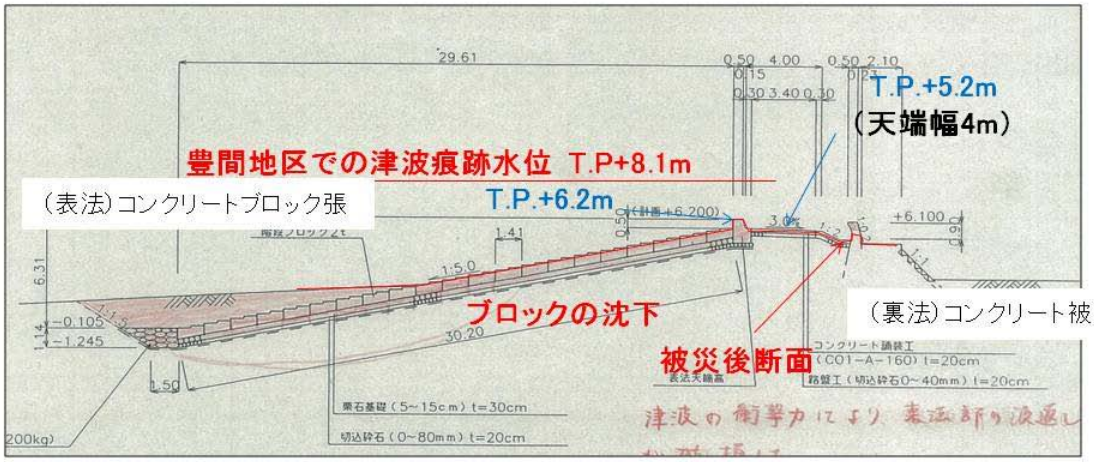
さらに南の須賀地区海岸では**図-5.4.73**、**図-5.4.74**のように被害は軽微である。被災は波返し工背後の天端保護工が被災しているものであった。この被災は天端と背後地盤の高低差が大きくなると発生しているように見える。

堤14

ひさのはま
久之浜海岸（福島県いわき市）

天端高（被災前）	T.P.＋6.2m
付近の浸水高	T.P.＋8.1m［豊間地区］
地盤沈下量※1	0.4m
想定越流水深	2.3m





※1：国土地理院資料（等変動量線図（上下変動量））より簡易的に読み取ったもの。

図-5.4.62 パラペットの折損（久之浜海岸）



図-5.4.63 被災は軽微。一部で波返し工下の天端法肩が被災（仁井田海岸）

夏井地区海岸（福島県いわき市）

- 天端高
- 浸水高
- 沈下量
- 推定越流水深



図-5.4.64 裏法尻の被覆工が流失。裏法被覆工が階段部分は被災なし（夏井地区海岸）



図-5.4.65 波返し工の倒壊。陸側への倒壊と海側への倒壊の両方が見られる（豊間地区海岸）



図-5.4.66 波返し工の倒壊。背後の盛土で倒壊したコンクリートが止まる（豊間地区海岸）

豊間地区海岸（福島県いわき市）

- 天端高
- 浸水高
- 沈下量
- 推定越流水深





図-5.4.67 流入河川護岸の被災（豊間地区海岸）



図-5.4.68 流入河川部分での洗掘（豊間地区海岸）

豊間地区海岸（福島県いわき市）

- 天端高
- 浸水高
- 沈下量
- 推定越流水深





図-5.4.69 直立堤背後の洗掘発生。背後が道路でアスファルト舗装の被覆がされていると洗掘なし



図-5.4.70 直立堤の倒壊（植田岩間地区海岸）

植田岩間地区海岸（福島県いわき市）

- 天端高
- 浸水高
- 沈下量
- 推定越流水深



図-5.4.71 堤防高が変化。直立堤倒壊は低い直立堤の区間で発生。（植田岩間地区海岸）

植田佐糠地区海岸（福島県いわき市）

- 天端高
- 浸水高
- 沈下量
- 推定越流水深



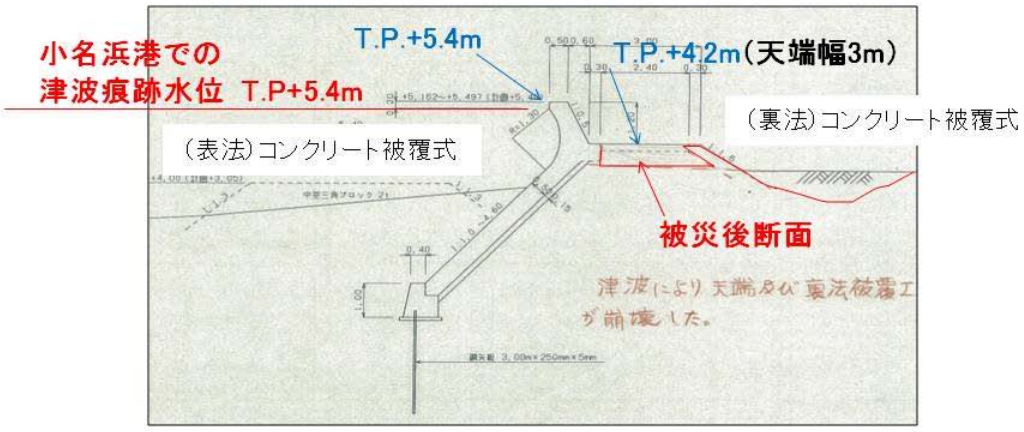
図-5.4.72 高い直立堤区間でも一部で法尻被覆工が沈下。背後地盤が高くなった区間では被災なし（植田佐糠地区海岸）

堤2

すか 須賀海岸（福島県いわき市）

天端高（被災前）	T.P.＋5.4m
付近の浸水高	T.P.＋5.4m
地盤沈下量※1	0.5m
想定越流水深	0.5m





※1：国土地理院資料（等変動量線図（上下変動量））より簡易的に読み取ったもの。

図-5.4.73 波返し工裏の天端保護工が被災（須賀地区海岸）

須賀地区海岸（福島県いわき市）

- 天端高
- 浸水高
- 沈下量
- 推定越流水深



図-5.4.74 波返し工背後の天端被覆工が被災。高低差が増えると被災。（須賀地区海岸）

5.4.6　茨城県

茨城県区間では、津波が堤防・護岸の天端を越流している区間と越流していない区間が混在している。越流している箇所の越流水深は0～2mの間と推定され、場所によってそれ以上となっている場所も見られる。越流水深が大きく砂浜もない場所の護岸では、天端の陥没被災が見られる（神岡上海岸、大貫海岸（**写真-5.4.122**）、上釜海岸、鉾田海岸（**写真-5.4.123**））。これらの陥没は、津波越流だけでなく、地震動による沈下・すべり等影響と複合している可能性もある。護岸に被災がない場所の背後で建物被害が見られる場所もあった（**写真-5.4.124**　磯原海岸）。

数は少ないが、波返し工の倒壊が見られた（**写真-5.4.125**）。比較的軽微な被災としては、裏法被覆工の流失（**写真-5.4.126**）、波返し工背後の天端保護工のずれ（**写真-5.4.127**）、波返し工裏で被覆工がない天端の洗掘（**写真-5.4.128**）が見られた。また、天端保護工の沈下、ひび割れ、護岸のずれ、護岸背後のすべり等地震動の影響による被災も見られる（**写真-5.4.129～写真-5.4.131**）。

河川の流入している場所で、護岸天端にうちあげ分が見込まれていないため海岸の護岸堤防に比べて天端高が低く、河川護岸からの津波の浸水や護岸裏で洗掘が発生している事例も見られた（**写真-5.4.128**小木津海岸等）。

高戸小浜海岸では、背後の地盤高を高くすることにより浸水被害を大きく減少させることができる事例が見られた（**写真-5.4.132**）。



写真-5.4.122 天端陥没（大貫海岸）

部分破壊事例(鉾田海岸(旧大洋海岸))



写真-5.4.123 天端陥没 (鉾田海岸)

越波したが護岸に被災なし(磯原海岸)



写真-5.4.124 被災軽微な護岸背後の被害



写真-5.4.125 波返し工倒壊（金沢海岸）



写真-5.4.126 裏法被災（神岡上海岸）



写真-5.4.127 天端保護工ずれ（磯原海岸）



図-1 小木津海岸と東連津川河口の空中写真（2011 年 3 月 29 日撮影）

写真-5.4.128 河川からの浸水・洗掘（小木津海岸）

（写真提供:(財)土木研究センターなぎさ総合研究室）

軽微な被災（下桜井海岸）



写真-5.4.129 天端の沈下・ずれ

軽微な被災（粟野・小野矢指海岸）



写真-5.4.130 天端のひび割れ

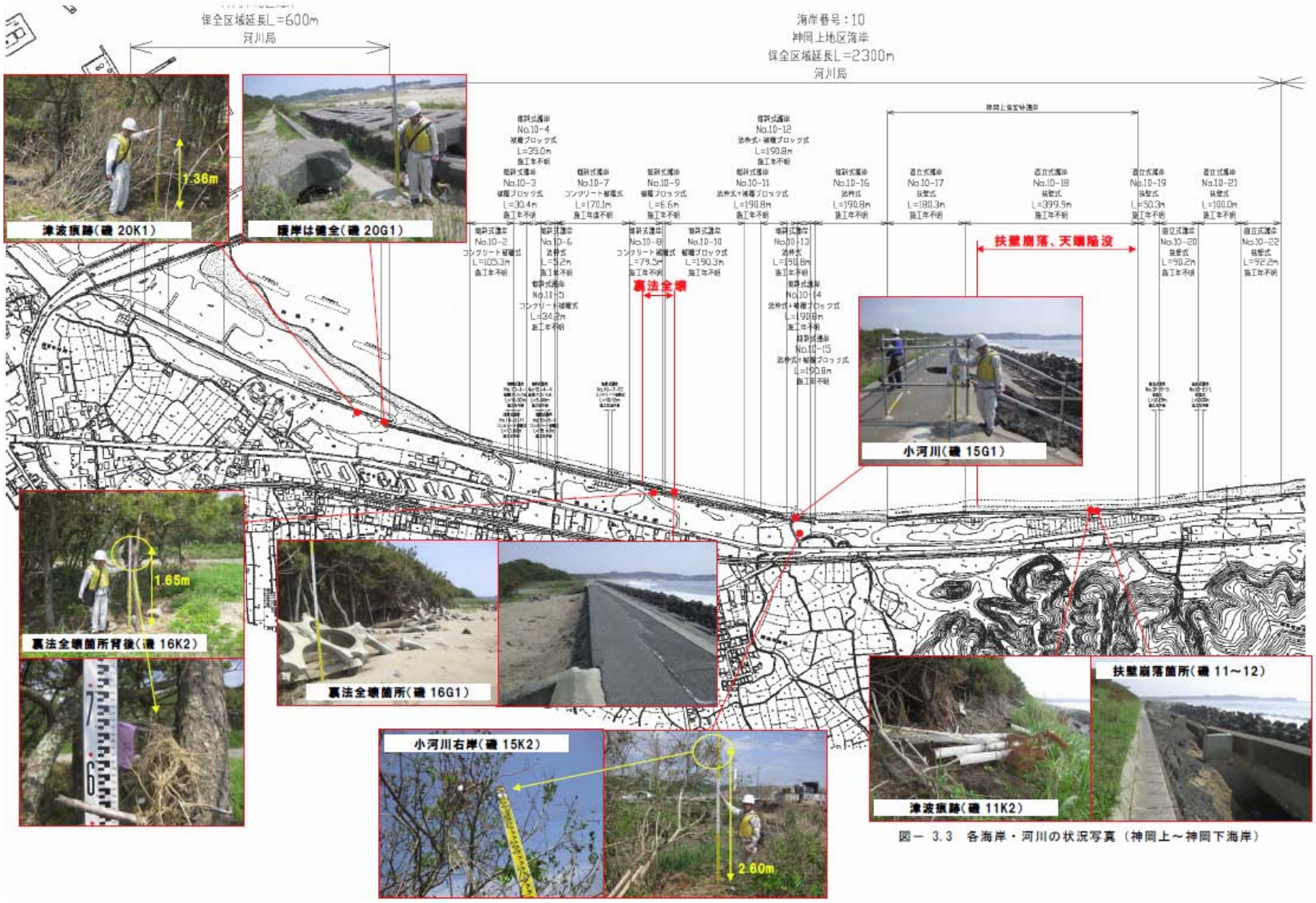


写真-5.4.131 護岸裏のすべり（成田海岸）

減災のヒント(高戸小浜海岸):背後地地盤が高いと越流被害小

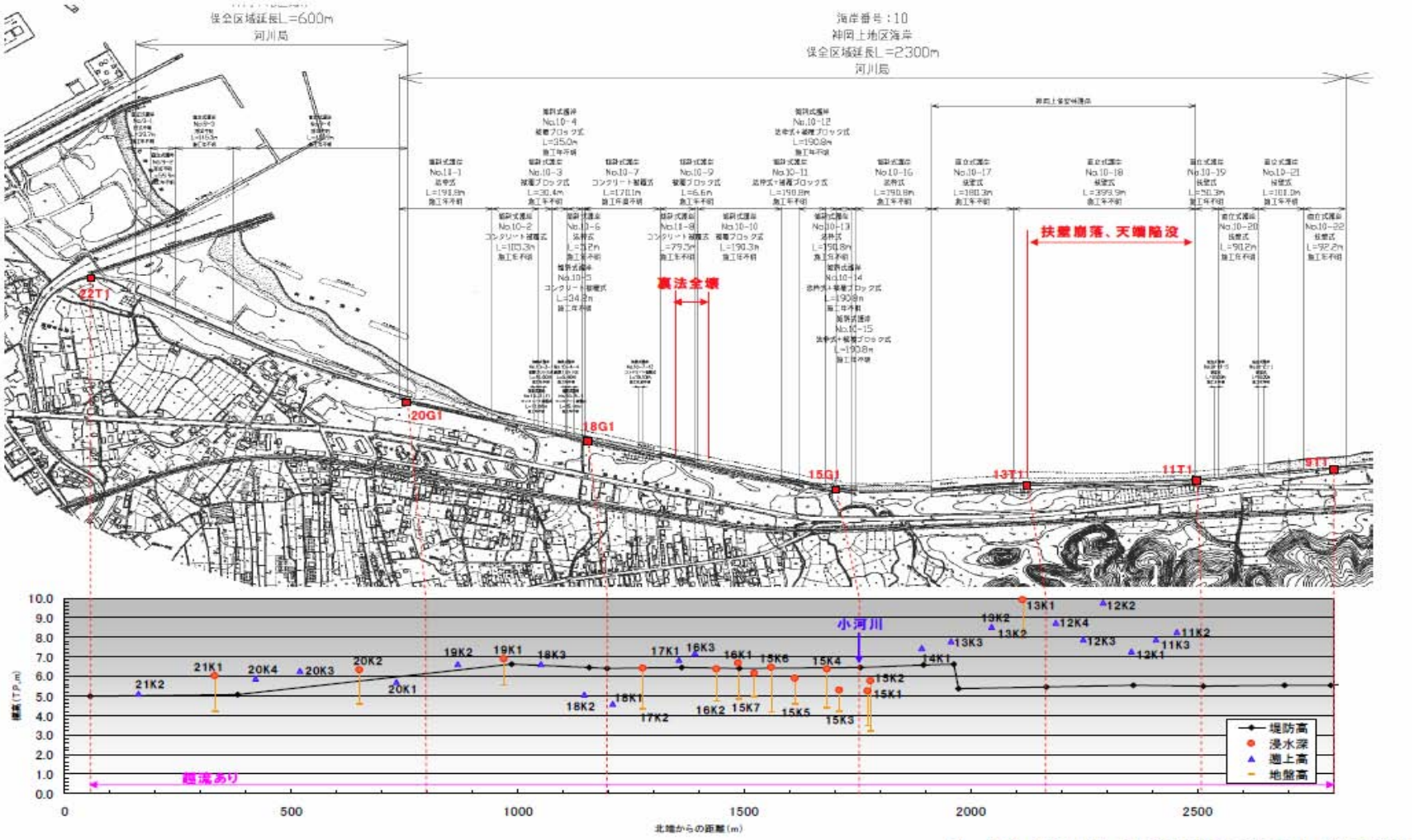


写真-5.4.132 地盤高による被害の違い（写真提供:（財）土木研究センターなぎさ総合研究室）



図－ 3.3 各海岸・河川の状況写真（神岡上～神岡下海岸）

図-5.4.75 施設の被災状況（神岡上海岸）



図－ 3.16　津波痕跡と堤防高の関係図（江戸上川～神岡上海岸）

図-5.4.76 痕跡標高と護岸堤防の天端標高比較（神岡上地区海岸）

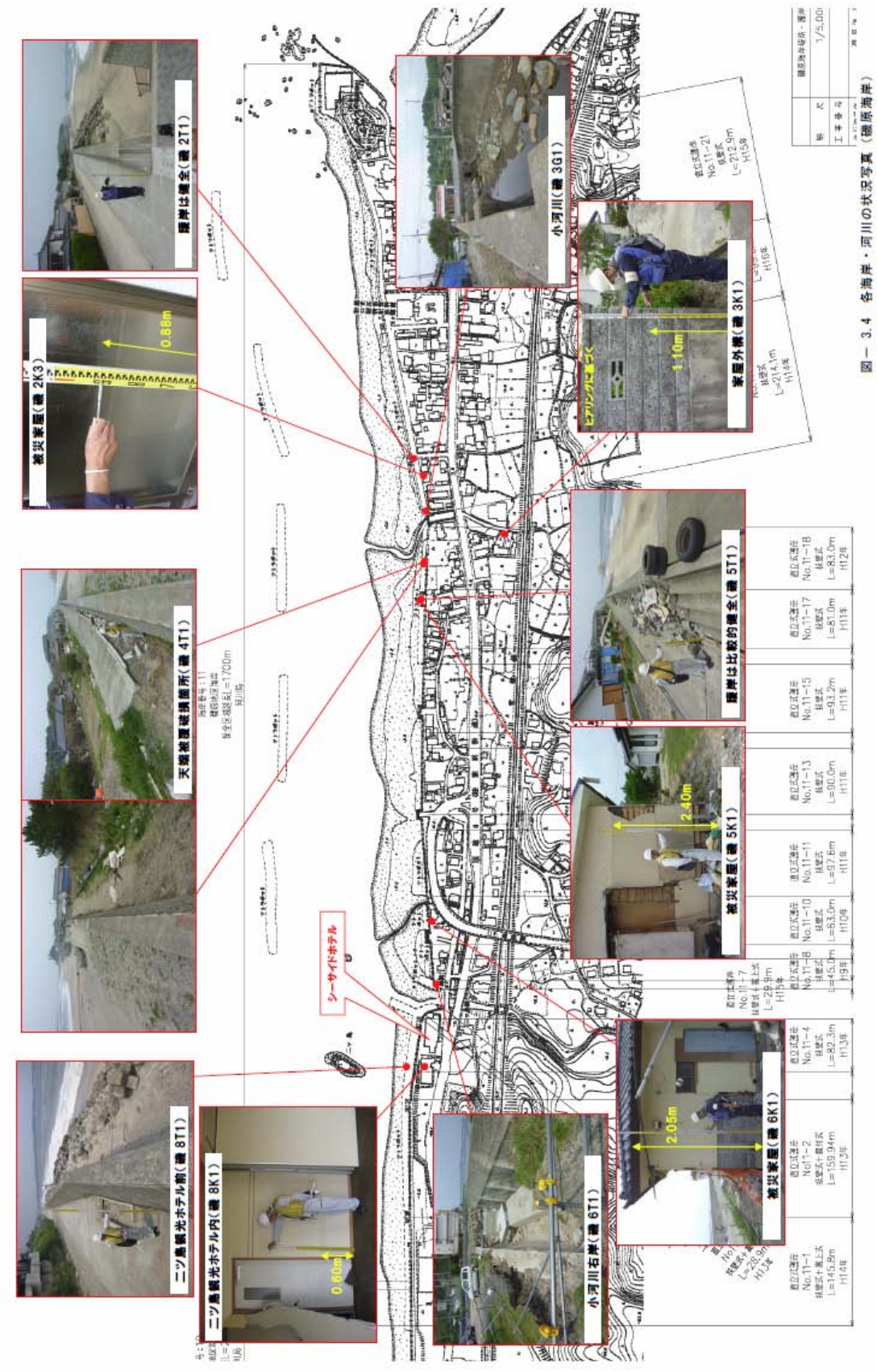
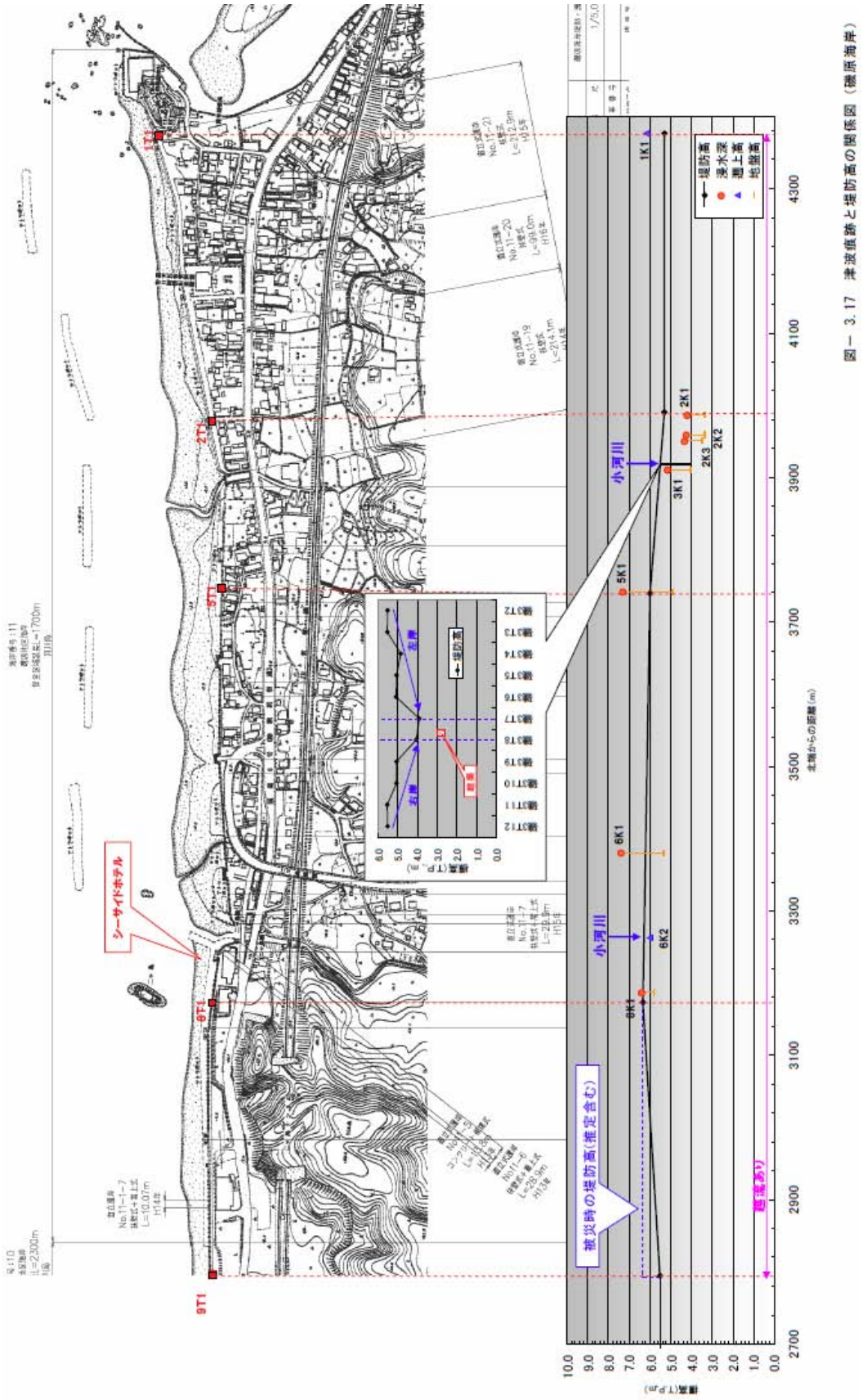


図-5.4.77 被災状況（磯原海岸）

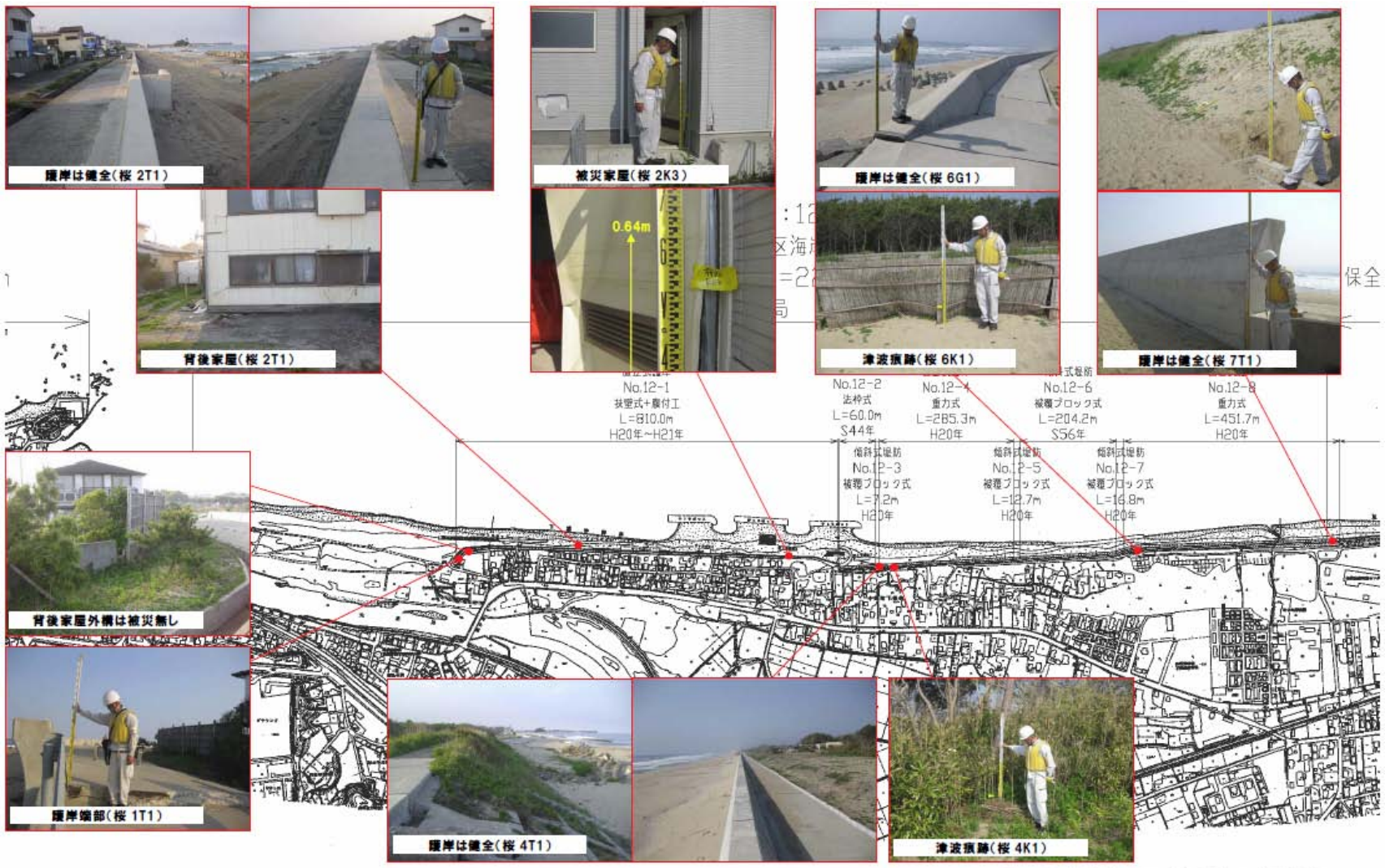


図－ 3.17 津波痕跡と堤防高の関係図（磯原海岸）

図-5.4.78　痕跡標高と護岸天端高（磯原海岸）

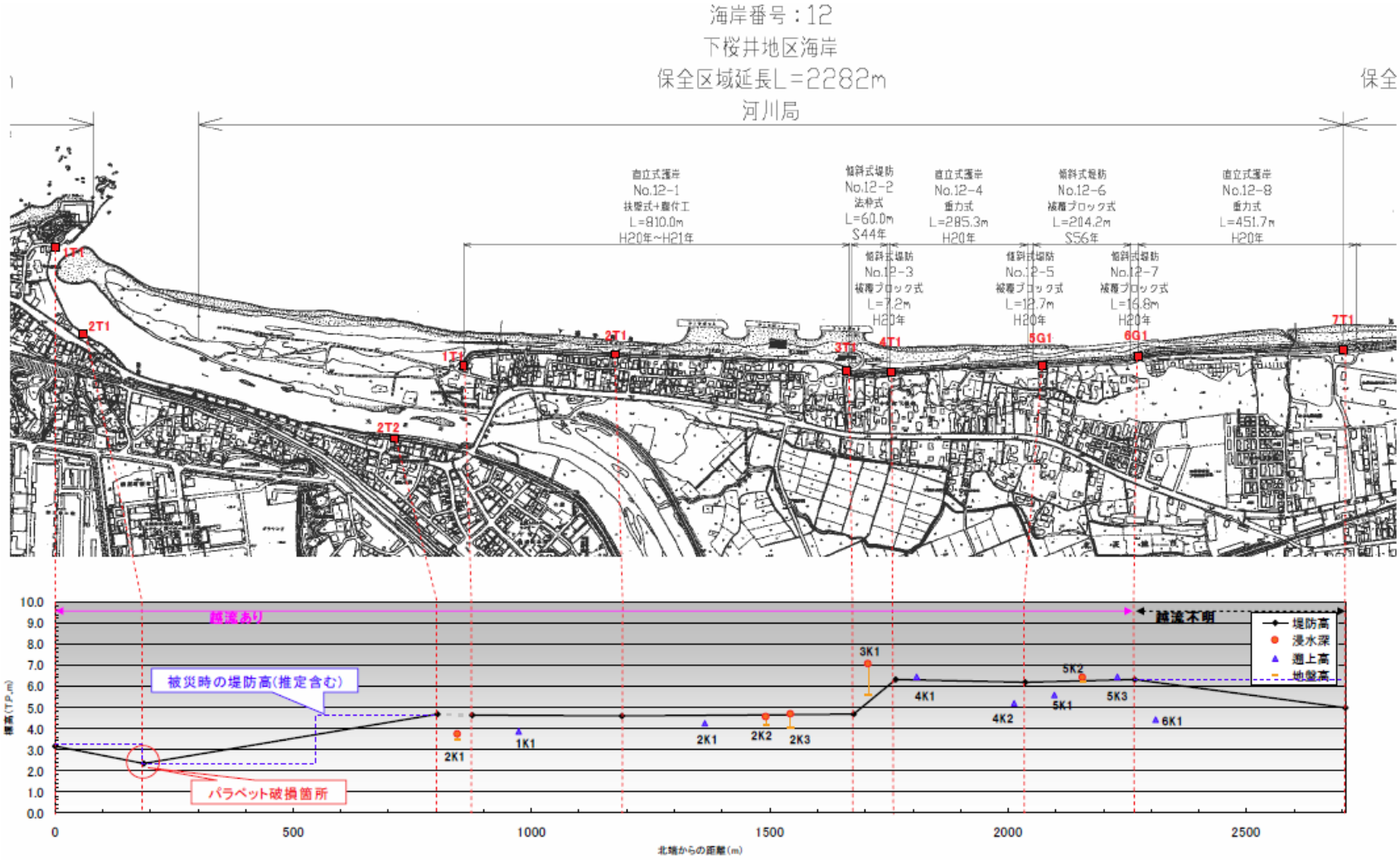
図－ 3.5　各海岸・河川の状況写真（大北川）

図-5.4.79　被災状況（大北川）



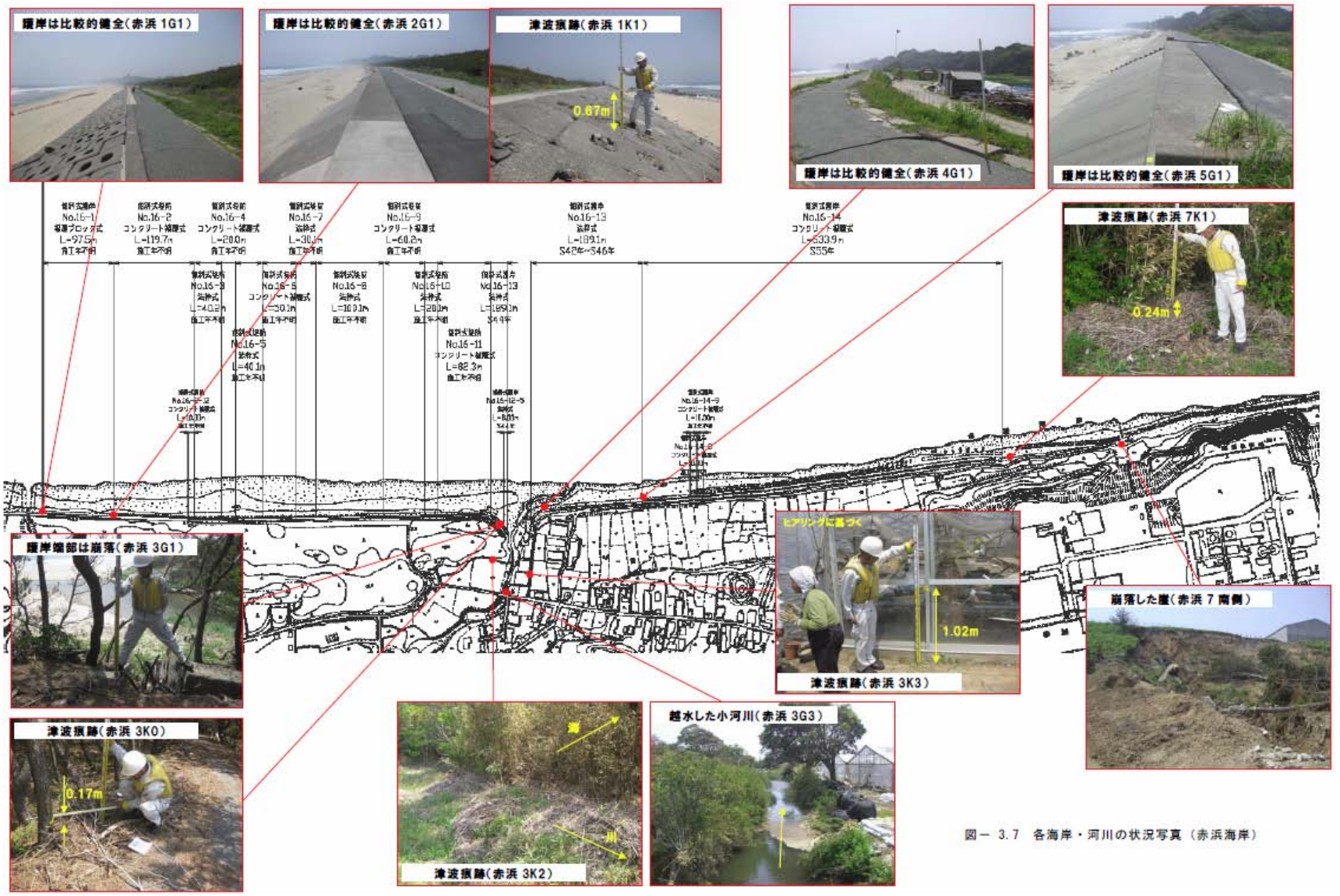
図－ 3.6　各海岸・河川の状況写真（下桜井海岸）

図-5.4.80　被災状況（下桜井海岸）



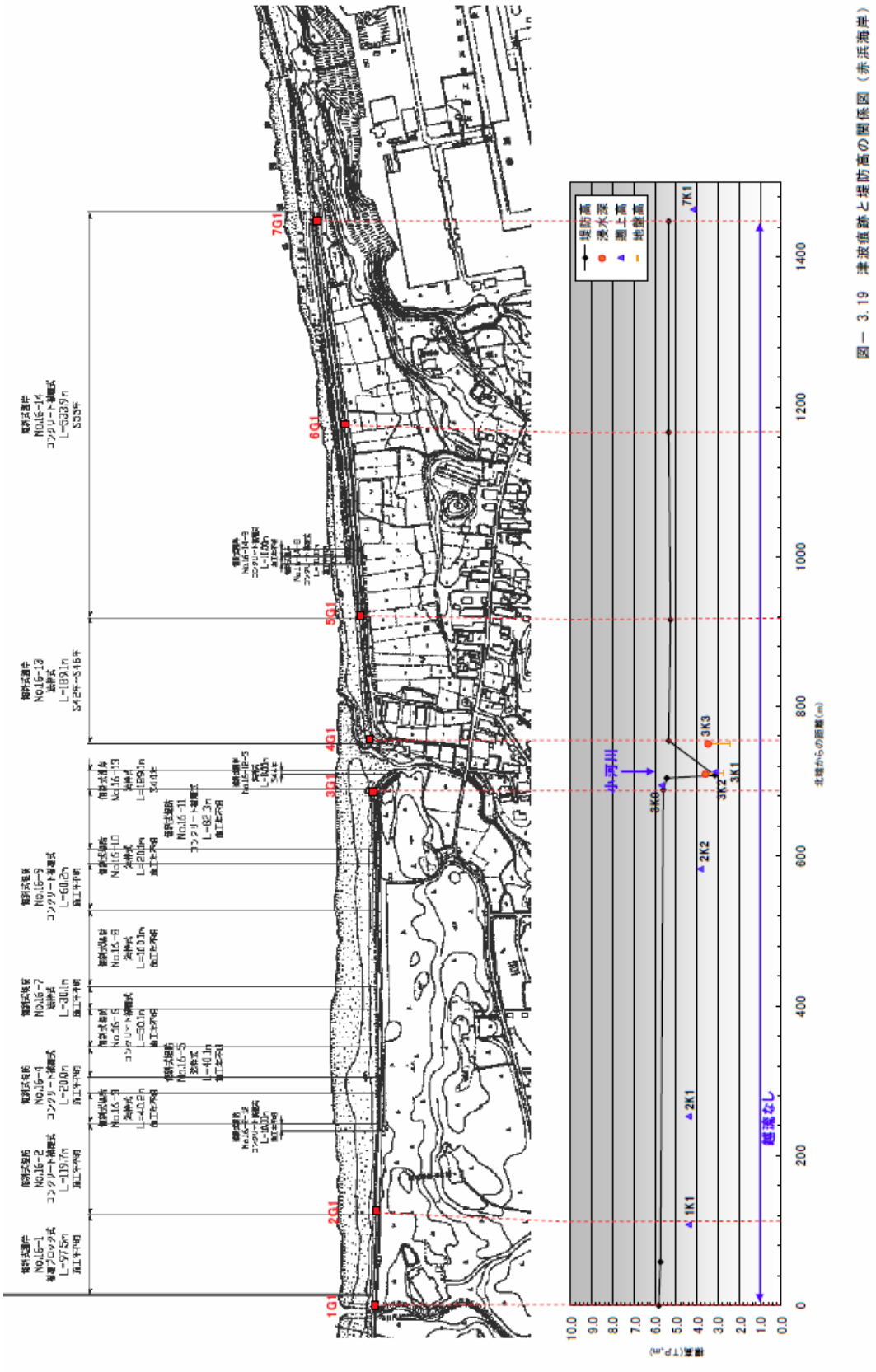
図－ 3.18　津波痕跡と堤防高の関係図（大北川～下桜井海岸）

図-5.4.81　痕跡標高と護岸堤防天端高（下桜井海岸）



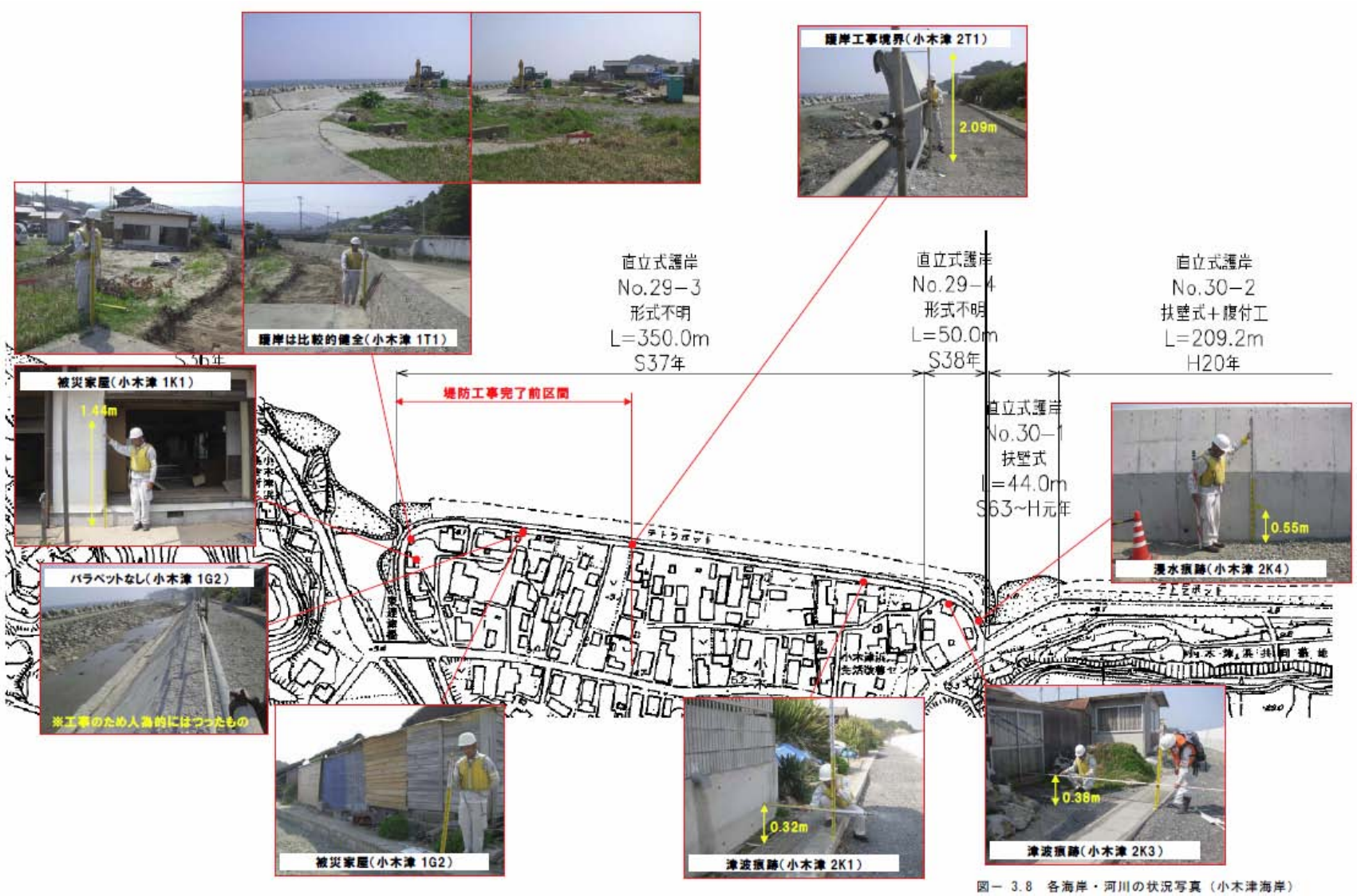
図－ 3.7　各海岸・河川の状況写真（赤浜海岸）

図-5.4.82　被災状況等（赤浜海岸）



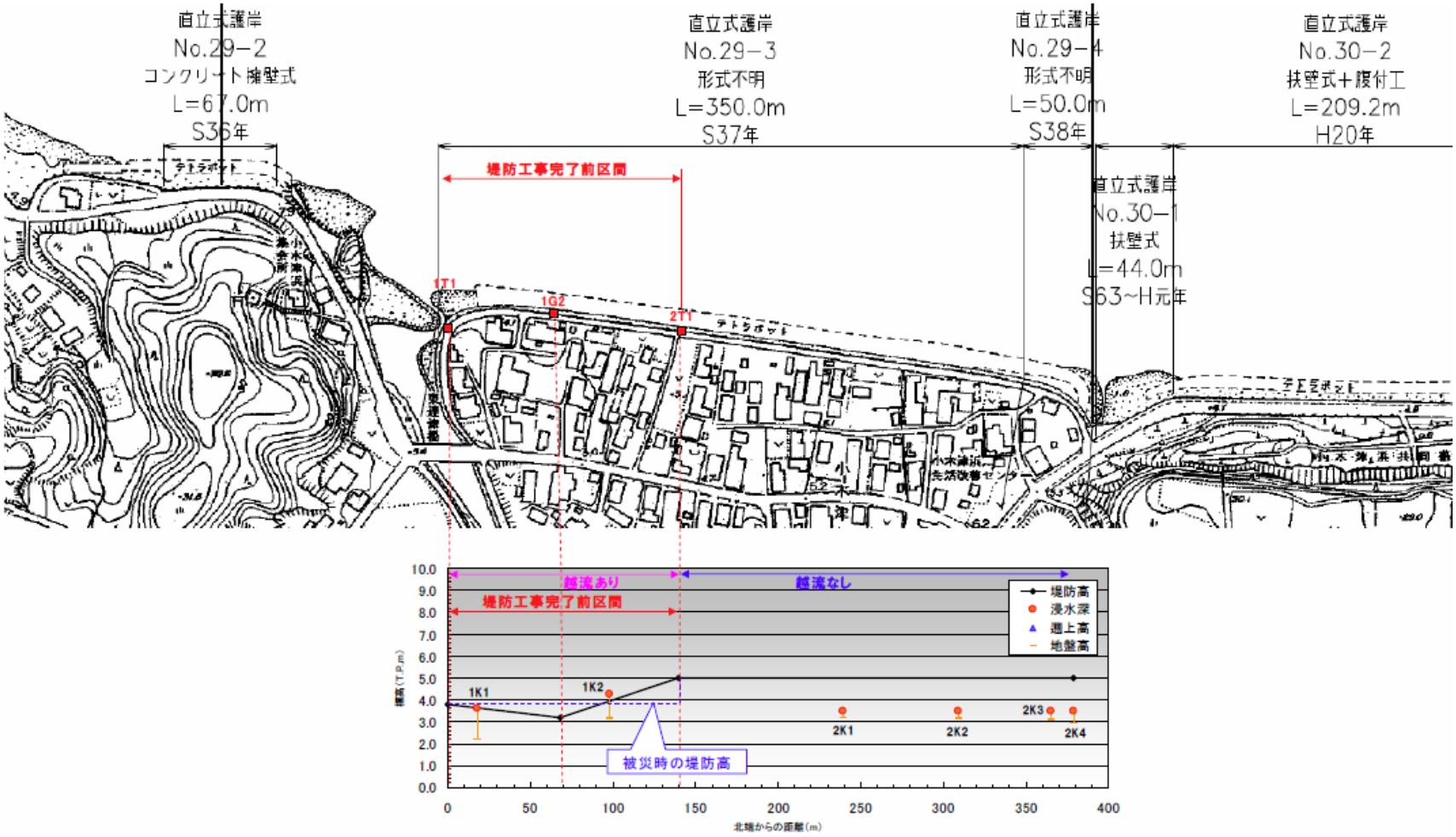
図－ 3.19 津波痕跡と堤防高の関係図（赤浜海岸）

図-5.4.83　痕跡標高と堤防・護岸天端高（赤浜海岸）



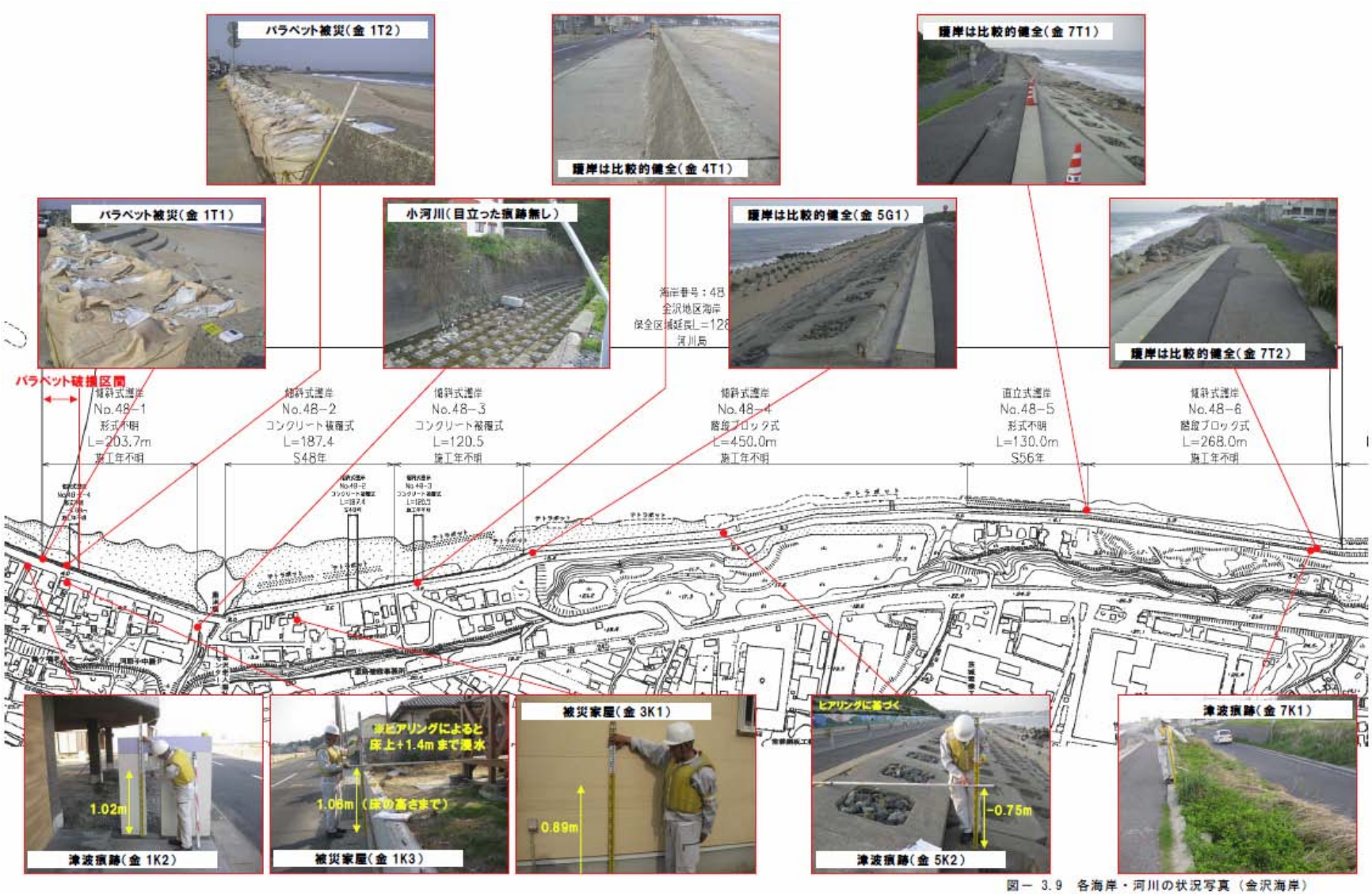
図－ 3.8　各海岸・河川の状況写真（小木津海岸）

図-5.4.84　被災状況（小木津海岸）



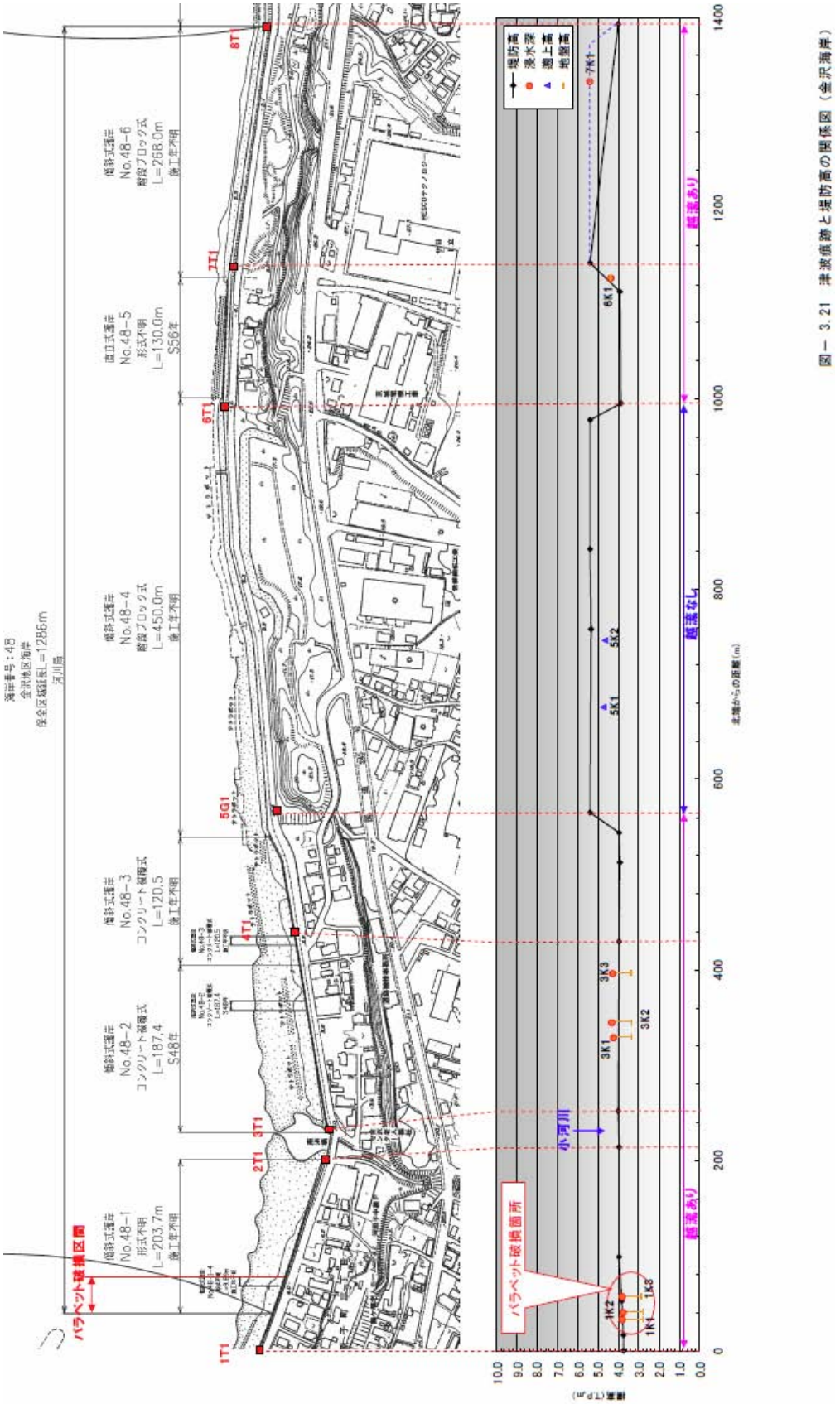
図−5.4.85　痕跡標高と堤防護岸天端高（小木津海岸）

図− 3.20　津波痕跡と堤防高の関係図（小木津海岸）



図－ 3.9　各海岸・河川の状況写真（金沢海岸）

図-5.4.86　被災状況（金沢海岸）



図－ 3.21 津波痕跡と堤防高の関係図（金沢海岸）

図-5.4.87　痕跡標高と堤防・護岸天端高（金沢海岸）

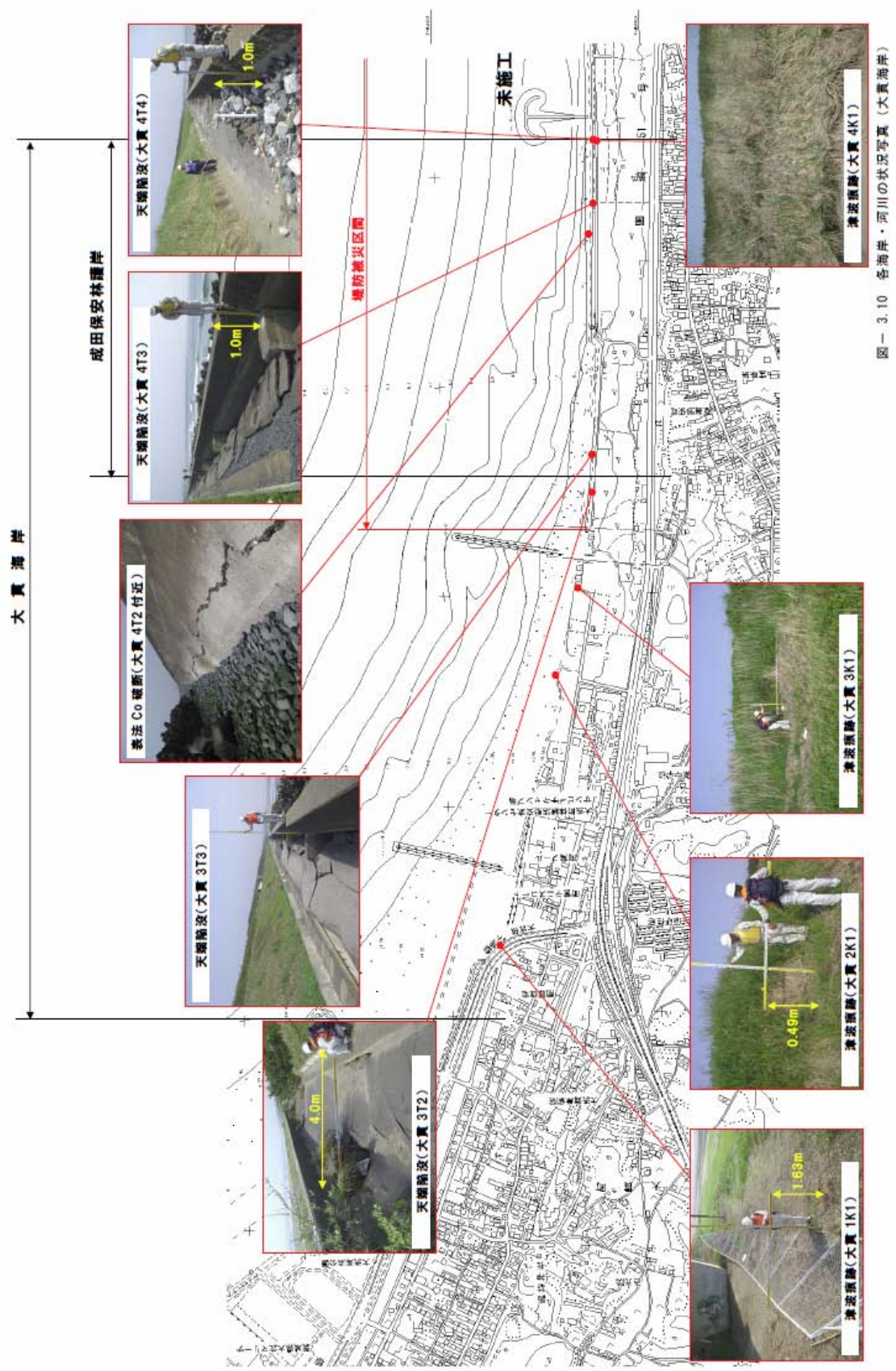


図-5.4.88　被災状況（大貫海岸）

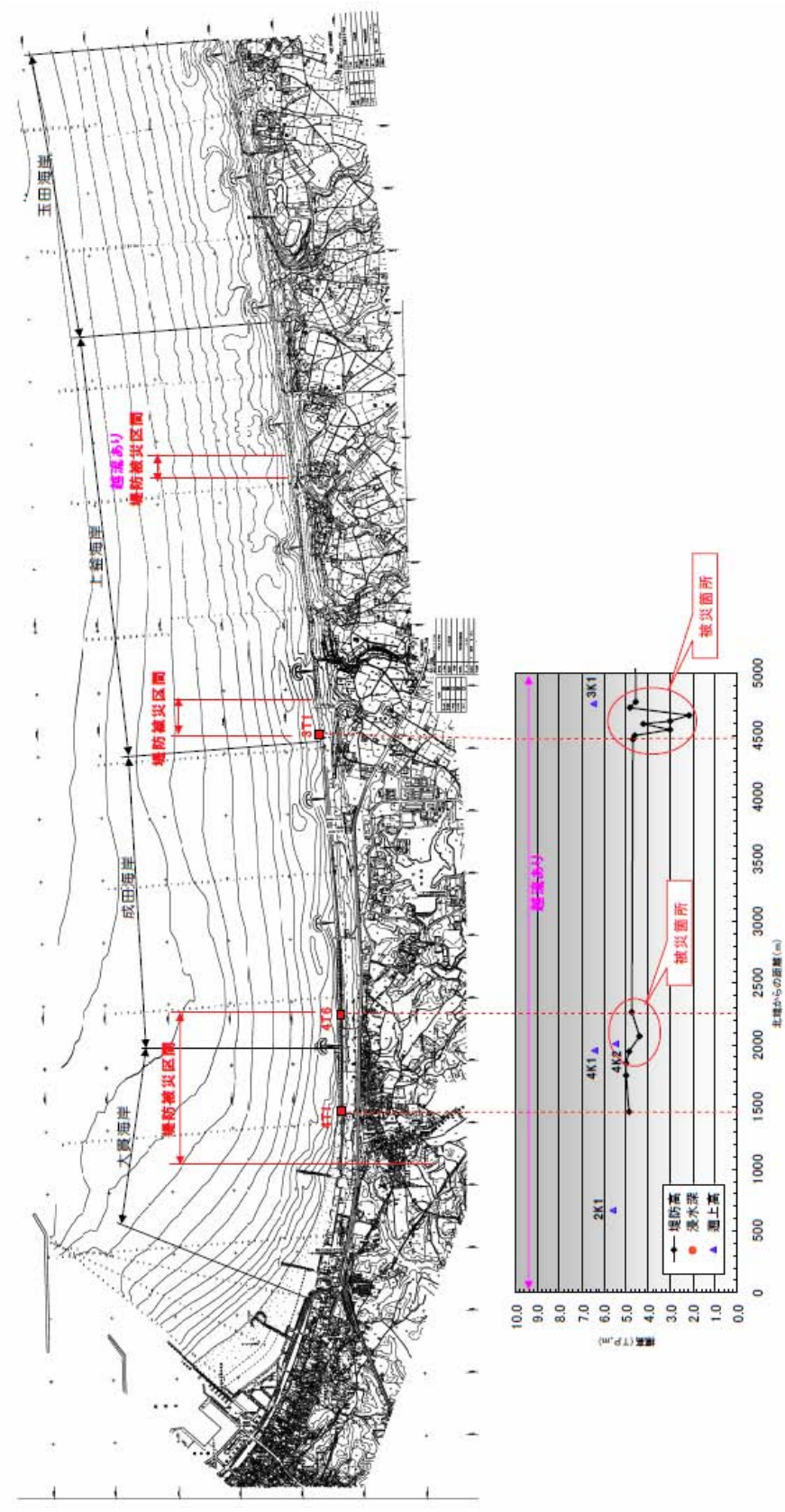
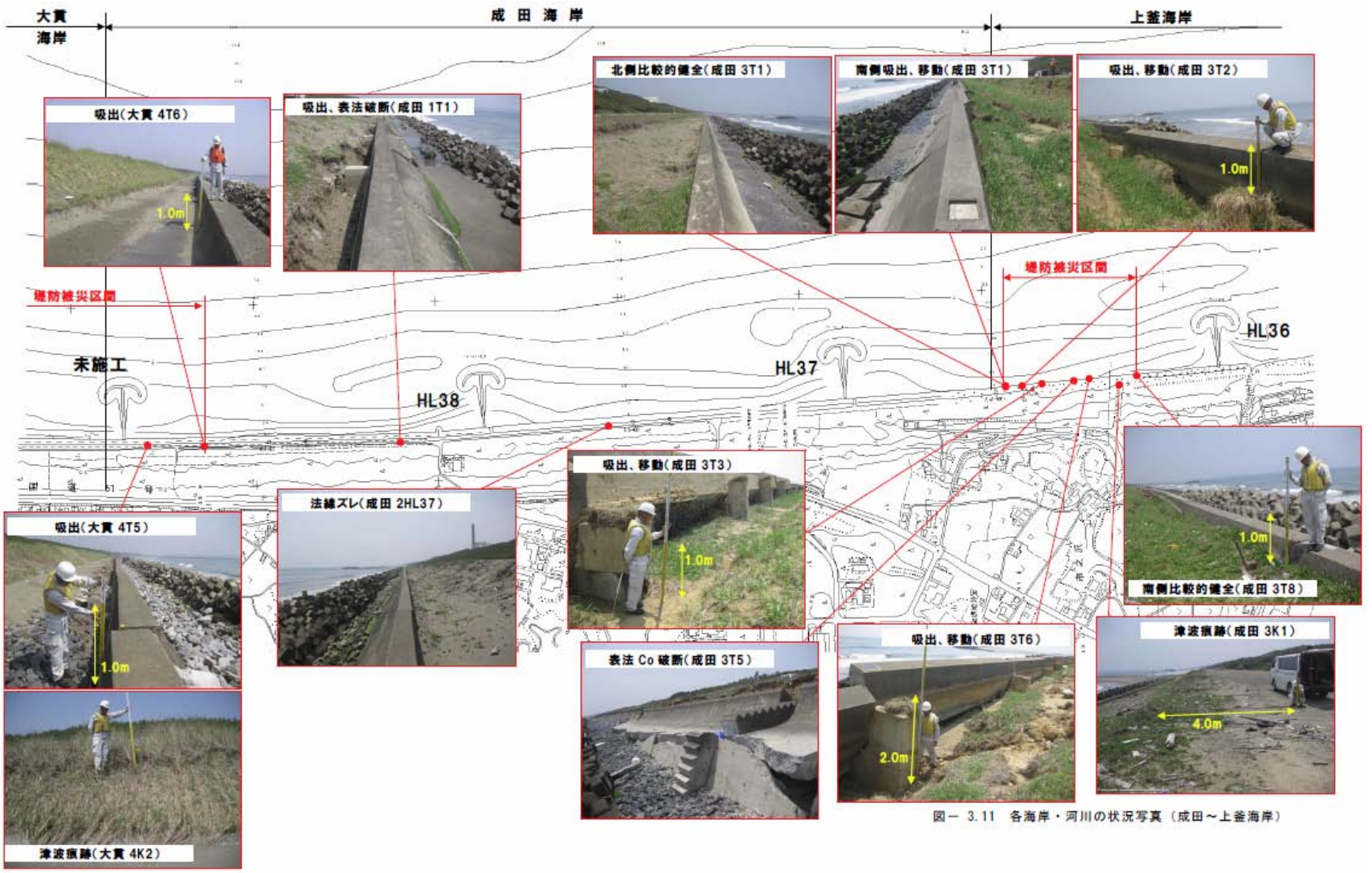


図-5.4.89　痕跡標高と護岸天端高（大貫海岸～上釜海岸）



図－ 3.11　各海岸・河川の状況写真（成田～上釜海岸）

図-5.4.90　被災状況（成田海岸～上釜海岸）

図－ 3.12　各海岸・河川の状況写真（上釜～玉田海岸）

図-5.4.91　被災状況等（上釜海岸～玉田海岸）

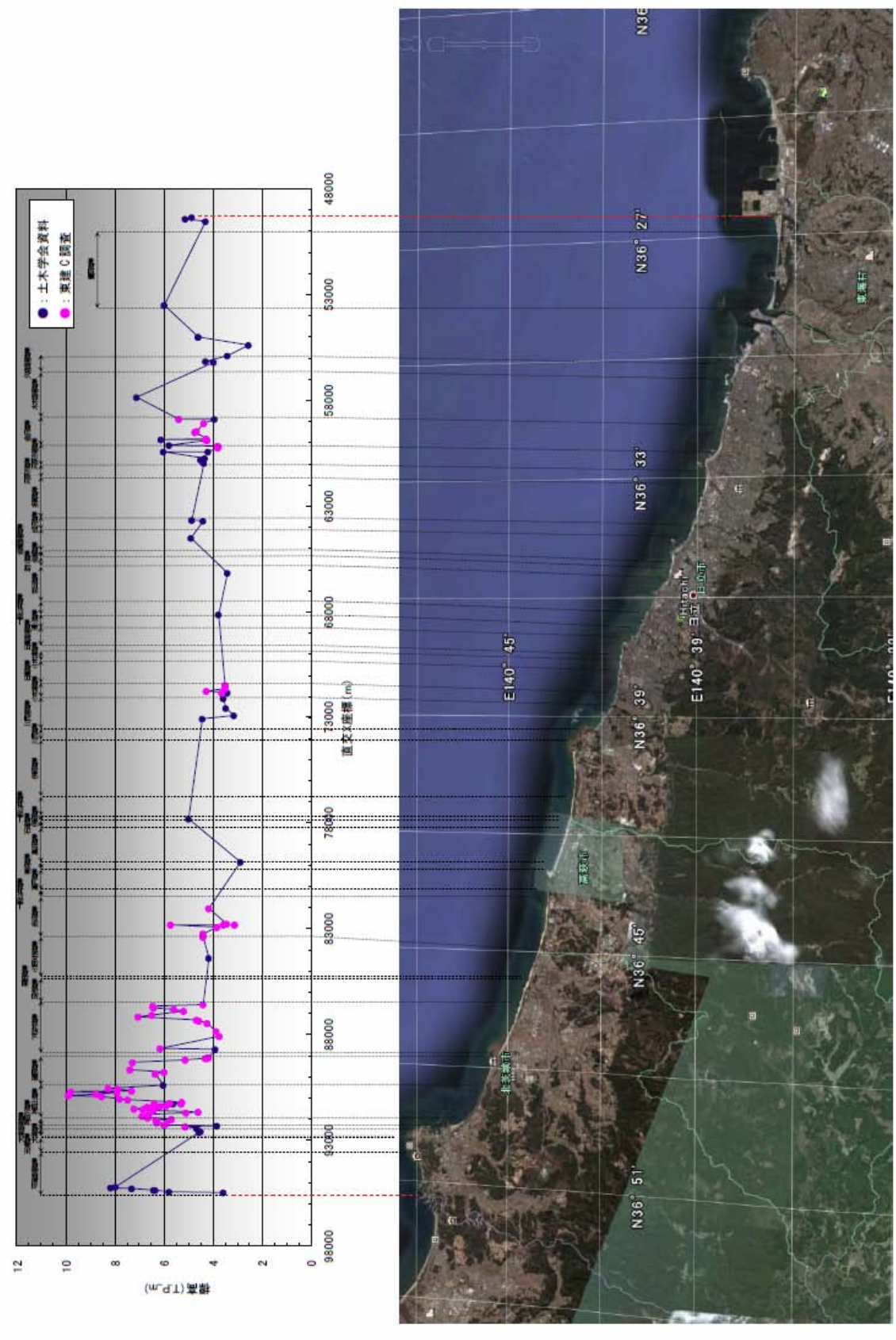


図-5.4.92　痕跡測定結果合同調査Gとの比較（茨城県北部）

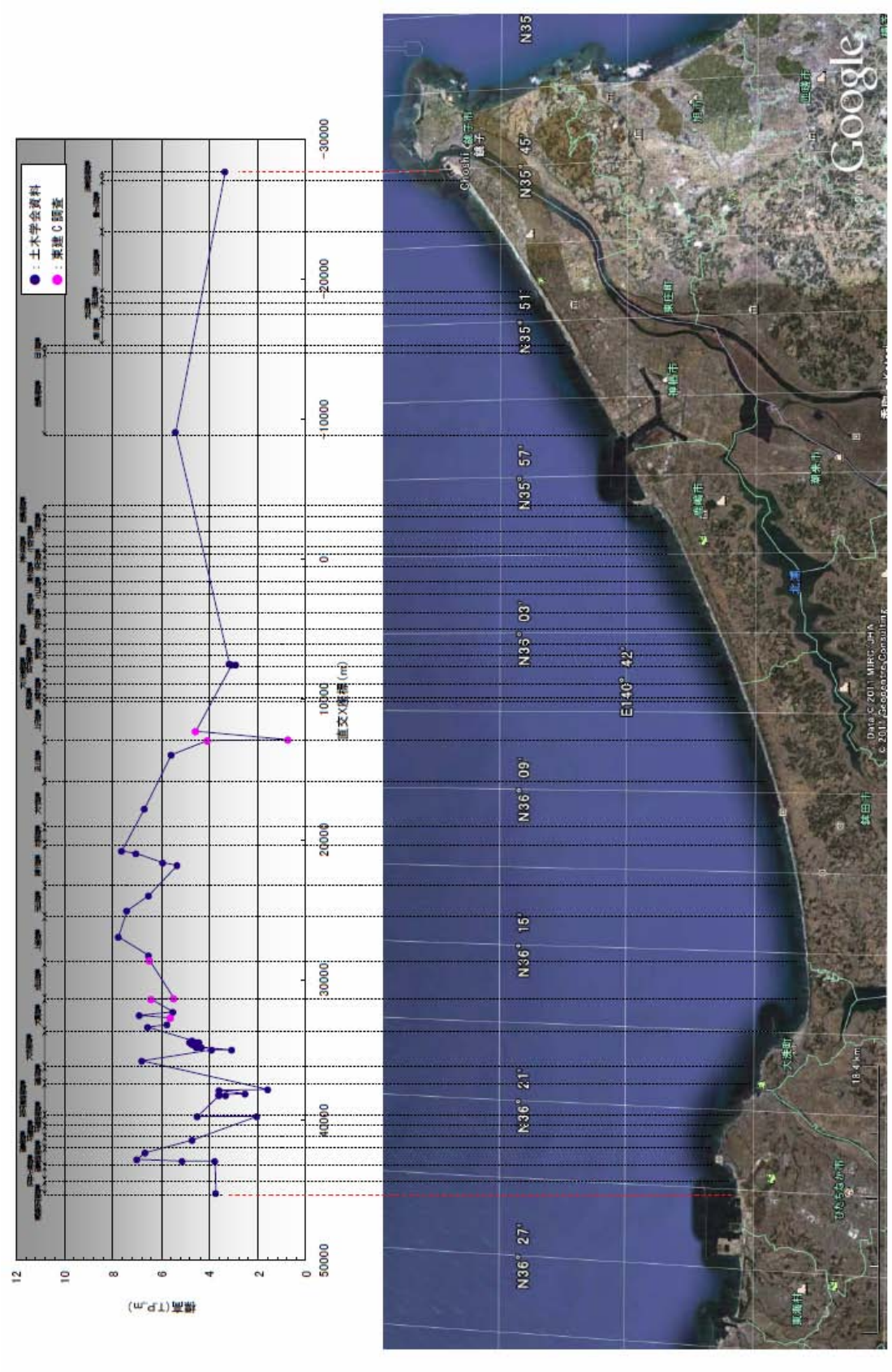


図-5.4.93　痕跡測定結果合同調査Gとの比較（茨城県中南部）

5.4.7　千葉県

合同調査Gの調査結果によれば、**図-5.4.94**に示すとおり津波痕跡標高は飯岡付近が高く、南に向かって低くなっていく。堤防・護岸の越流水深は0～1.5m程度と推定される。旭町付近では大きい場所で3m弱の越流水深があった可能性がある。

堤防・護岸の被災も北九十九里海岸の北部で多い。被災の内容は、天端道路の天端・表法被災、盛土背後の洗掘、法尻道路のアスファルト洗掘、前面砂浜が消失した護岸の天端陥没・背後排水溝の流失、護岸施工端の洗掘、前面砂浜が消失した護岸の表法被覆工と天端の目地開き・天端陥没等である。南側の九十九里浜中央に近い白旗海岸、片貝海岸では天端裏法の洗掘や排水溝の移動が見られる。南九十九里の東浪見海岸では排水溝の蓋が散乱している状況が見られた。

福島県南部や茨城県で見られたと同様、天端高が低い河川護岸からの浸水が見られる（木戸川等）。

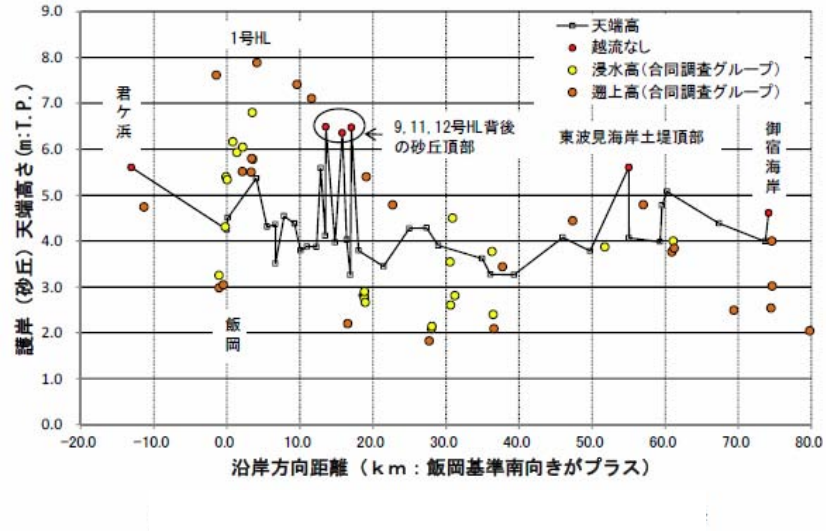


図-5.4.94　痕跡標高と護岸、盛土、砂丘の天端高

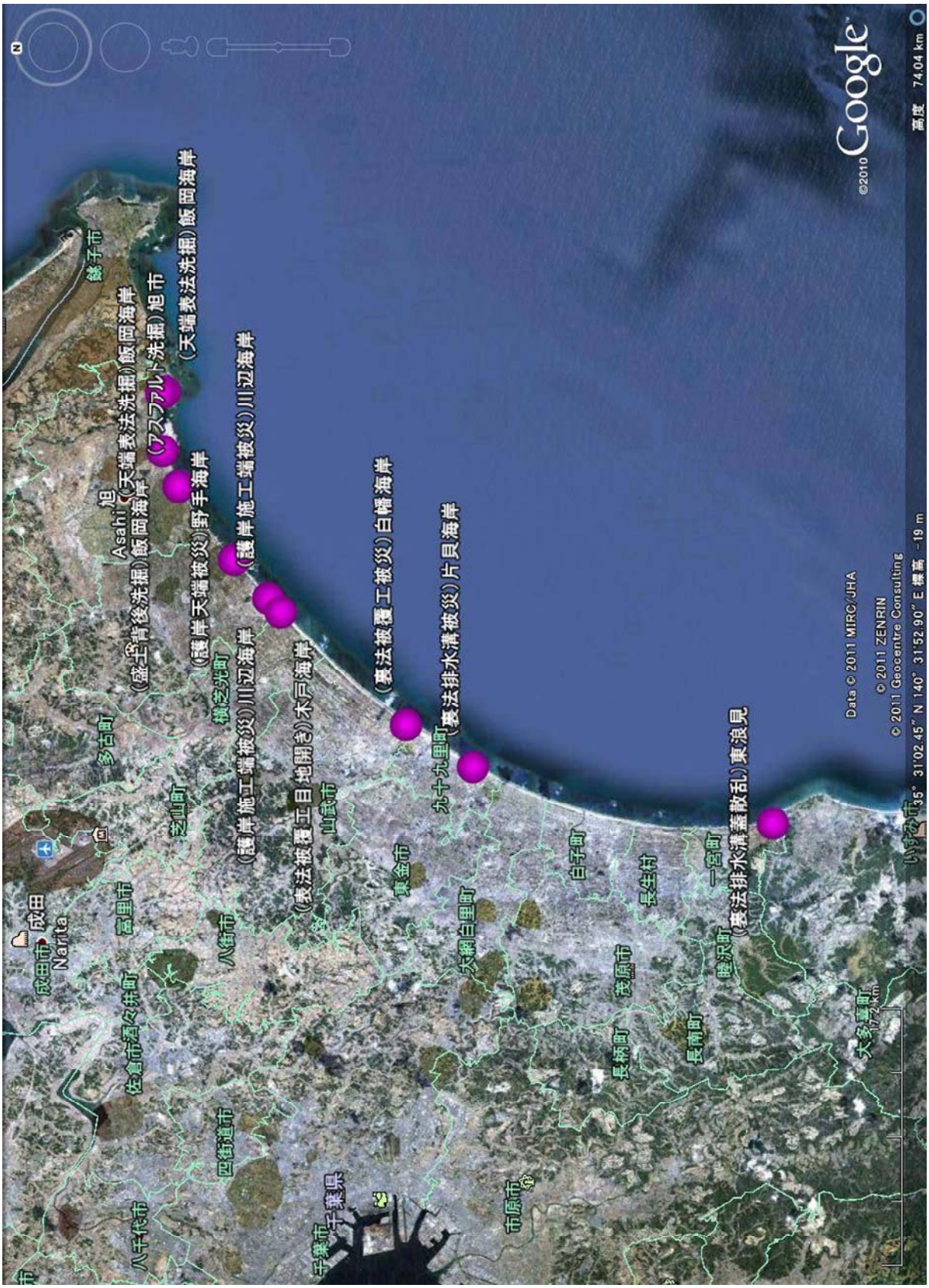


図-5.4.95 九十九里海岸被災箇所



写真-5.4.133 天端表法被災（飯岡海岸）



写真-5.4.134 天端表法被災（飯岡海岸）



写真-5.4.135 盛土背後洗掘（飯岡海岸）



写真-5.4.136 盛土背後洗掘（飯岡海岸）



写真-5.4.137 法尻道路アスファルト洗掘（北九十九里海岸旭市）



写真-5.4.138 護岸天端被災（野手海岸）



写真-5.4.139 護岸天端被災（野手海岸）



写真-5.4.140 護岸天端被災（野手海岸）



写真-5.4.141 護岸天端被災（野手海岸）



写真-5.4.142 護岸天端被災（野手海岸）



写真-5.4.143 護岸施工端被災（川辺海岸）



写真-5.4.144 護岸施工端被災（川辺海岸）



写真-5.4.145 護岸施工端被災（川辺海岸）



写真-5.4.146 土堤越流していない（川辺海岸）

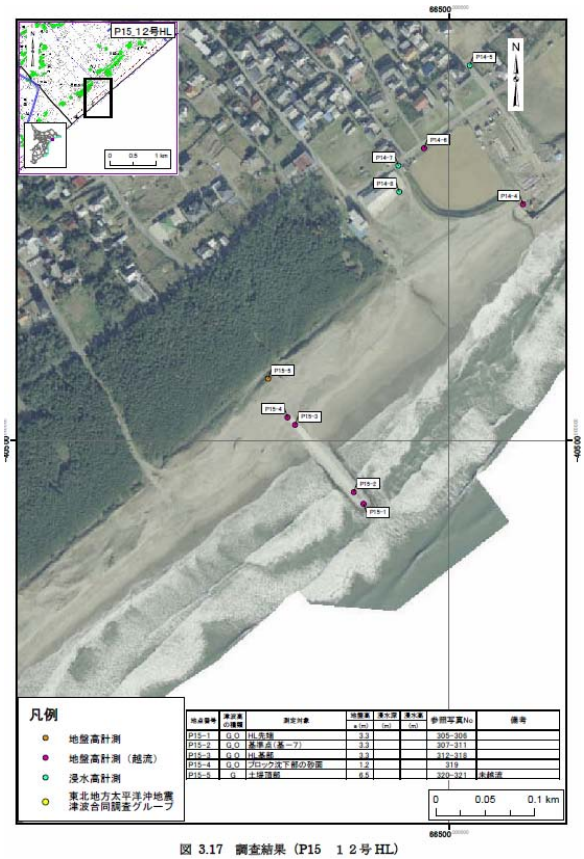


図 3.17 調査結果（P15 12号HL）

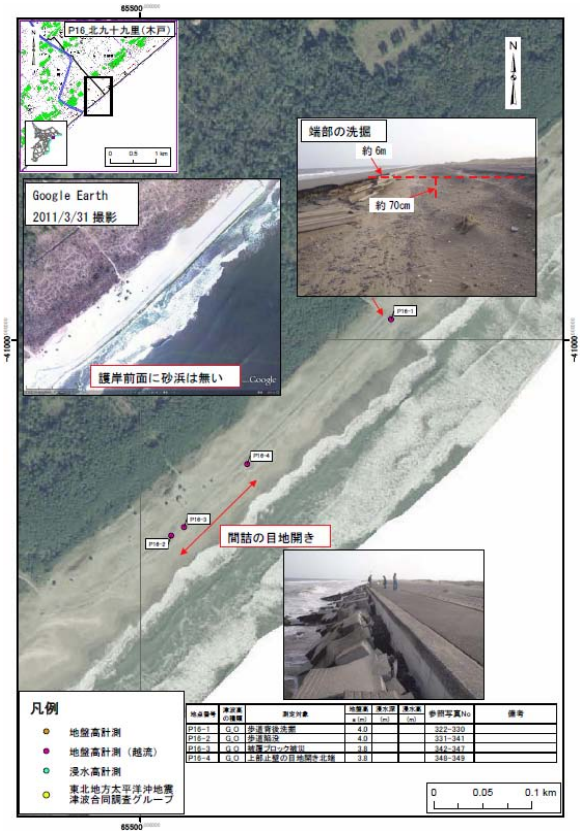




写真-5.4.147 護岸施工端被災（木戸海岸）



写真-5.4.148 護岸裏法被災（木戸海岸）



写真-5.4.149 護岸表法被覆工目地開き（木戸海岸）



図 4.12 木戸川周辺の浸水範囲（浸水範囲概況図 21 より）

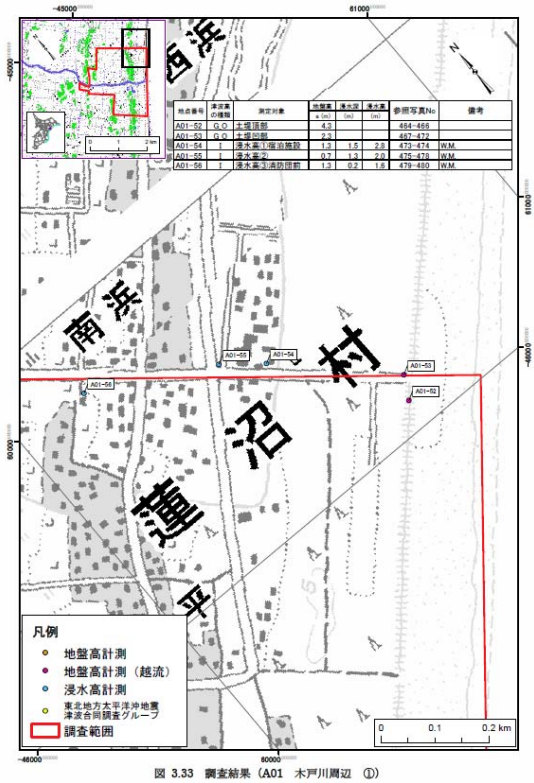


図 3.33 調査結果（A01 木戸川周辺 ①）



写真-5.4.150 洗掘被災（木戸川）



写真-5.4.153 裏法排水溝移動（片貝海岸）



写真-5.4.151 護岸裏法被災（白旗海岸）



写真-5.4.154 護岸裏排水溝蓋散乱（東浪見）



写真-5.4.152 護岸裏法被災（白幡海岸）



写真-5.4.155 護岸裏排水溝蓋散乱（東浪見）

5.5 まとめ

まとめると以下のとおりである。

・青森県から千葉県まで広い範囲に津波が来襲し、背後地が浸水した

・東北太平洋沖地震津波合同調査グループの調査結果によれば、岩手県北部から福島県いわき市まで10m以上の津波が来襲した

・市町村別の人的被害・建物被害を整理したところ、岩手県宮古市から福島県北部の浪江町までと福島県いわき市で被害が甚大である。

・被害が甚大な範囲は、津波高が10m以上の範囲内に入っている。

・仙台平野等で津波痕跡調査を行ったところ、平野部では津波痕跡標高が遡上方向に減衰していることがわかった。合同調査Gの調査結果をもとに三陸地域でも遡上方向の痕跡標高分布図を作成したところ、三陸地域では痕跡標高が減衰しないことがわかった。

・仙台平野沿岸の半壊堤防が果たした減災効果を、津波浸水シミュレーションで試算した。その結果、半壊堤防は水深2m以上の浸水面積では6%程度、水深5m以上の浸水面積では30%程度減少させる効果があると試算された。

・海岸堤防の被災状況を調査した。その結果、海岸堤防の全壊・破堤は、北は岩手県野田海岸から南は福島県南海老海岸まで見られた。このうち、岩手県船越南海岸、片岸海岸、越喜来海岸、陸前高田海岸、宮城県志津川漁港海岸、山元海岸、福島県埒浜地先海岸、大浜地先海岸、古磯部海岸、南海老海岸では、海岸線の後退も生じている。

・堤防の部分破壊も、越流水深が大きくなるほど被災程度が大きくなっていた。

・裏法尻を被覆する、背後地盤を高くして堤防天端と地盤の比高を小さくする、堤防断面を厚くする、被覆工厚を大きくする、前面に砂浜をつける等が破壊程度を小さくする効果がありそうであった。

・河川から氾濫して浸水する場合もあった。

参考文献

1) 国土地理院ホームページ
http://www.gsi.go.jp/kikaku/kikaku60003.html

2) 東北太平洋沖地震津波合同調査グループ　土木学会海岸工学委員会ホームページ
http://www.coastal.jp/ttjt/

3) 国土地理院ホームページ
http://www.gsi.go.jp/cais/chikakuhendo40007.html

4) 津波対策技術検討委員会　第1回委員会資料　国土交通省河川局ホームページ
http://www6.river.go.jp/riverhp_viewer/entry/y2011e4ecb70d2788411bad1fb60f5828dfb7832b6bbcd.html

5) 青森県災害対策本部
http://www.bousai.pref.aomori.jp/saigai/

6) 岩手県災害対策本部
http://www.pref.iwate.jp/~bousai/

7) 宮城県災害対策本部
http://www.pref.miyagi.jp/kikitaisaku/higasinihondaisinsai/higaizyoukyou.htm

8) 福島県災害対策本部
http://www.pref.fukushima.jp/j/index.htm
9) 茨城県災害対策本部
http://www.pref.ibaraki.jp/20110311eq/index26.html
10) 千葉県災害対策本部
http://www.pref.chiba.lg.jp/bousai/h23touhoku/index.html
11) 国土地理院ホームページ
http://www.gsi.go.jp/kikaku/kikaku60004.html

6．河川施設

6.1 河川管理施設全般の被災状況と調査の概要

東北地方太平洋沖地震によって河川で発生した被災の箇所数は、直轄区間で**表-6.1**、都道府県管理区間で**表-6.2**のように整理されている（国土交通省 HP、平成 23 年 6 月 6 日時点）。ここで、被災箇所数は余震等により受けた被害も含んだものである。直轄区間において 2,115 箇所、都道府県管理区間において 1,127 箇所で被災が確認されている。**図-6.1** は直轄区間、都道府県管理区間および両者を合わせた区間のそれぞれについて、被害状況の箇所数を円グラフに整理した結果である。直轄区間の主な被災状況としては堤防クラックが、都道府県管理区間の主な被災状況としては堤防クラック、護岸被災、堤防のり崩れが挙げられる。また、堤防沈下および液状化について見ると、都道府県管理に比べ直轄管理区間でそれらの割合が多くなっていることが分かる。一般的に中小河川においては、掘込河道区間の多いこと、堤防高が低いこと、護岸等ののり面の勾配が急なことなどから、上記のような結果となったと類推される。

直轄管理区間の被災箇所 2,115 箇所の中で特に被害の大きかった箇所（東北地方整備局管内 29 箇所、関東地方整備局管内 24 箇所）では緊急復旧工事が実施され、平成 23 年 6 月 3 日現在では、東北地方整備局管内の 8 箇所を除く全ての箇所で工事が完了している。さらに本格復旧については、平成 23 年度出水期までに 1,689 箇所を完成させる予定であり、残る 426 箇所については平成 23 年台風期明けに着手し、平成 24 年度出水期までに完了させる予定としている（河川局 HP、河川管理施設の状況、平成 23 年 6 月 3 日現在）。

国土交通省国土技術政策総合研究所および独立行政法人土木研究所では、災害復旧等に資する情報を得ることを目的として、**表-6.3** のとおり、国土交通本省および東北地方整備局の要請に基づく調査および自主調査を行った。主な調査地点を**図-6.2** に示す。図中の●印は地震被害について調査を行った箇所、▲印は津波被害について調査を行った箇所である。また、○印は国総研・土研の調査は行っていないが、地方整備局等の調査資料に基づいて本資料に被災状況を記載した箇所であり、ここで印を付した箇所以外にも多数被災箇所は存在する。

今回の地震による河川施設の被害は、地震動による被害が広域的に生じたことに加え、特に東北地方の河川において、津波によって破堤等の甚大な被害が生じたことが大きな特徴である。そこで、以降、地震動による河川施設の被害の状況を 6.2 節、津波による河川施設の被害の状況を 6.3 節に示す。

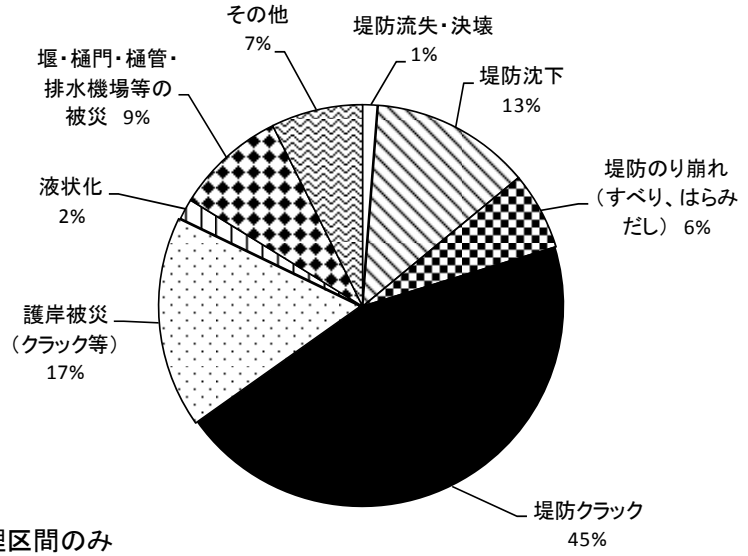
表-6.1　東北地方太平洋沖地震による直轄管理区間の被災状況と箇所数

地整名	水系名	被災状況								水系計
		堤防流失・決壊	堤防沈下	堤防のり崩れ（すべり、はらみだし）	堤防クラック	護岸被災（クラック等）	液状化	堰・樋門・樋管・廃水機場等の被災	その他	
東北	馬淵川	0	0	1	1	5	0	1	5	13
東北	阿武隈川	2	26	16	77	2	0	11	3	137
東北	名取川	1	2	1	26	2	0	2	1	35
東北	北上川	14	62	46	278	121	0	67	58	646
東北	鳴瀬川	9	27	25	183	56	1	26	37	364
東北地整計		26	117	89	565	186	1	107	104	1195
関東	久慈川	0	30	1	46	23	0	8	2	110
関東	荒川	0	0	0	5	0	12	3	2	22
関東	那珂川	0	17	5	43	45	0	14	5	129
関東	利根川	0	106	37	291	106	22	55	42	659
関東地整計		0	153	43	385	174	34	80	51	920
合計		26	270	132	950	360	35	187	155	2115

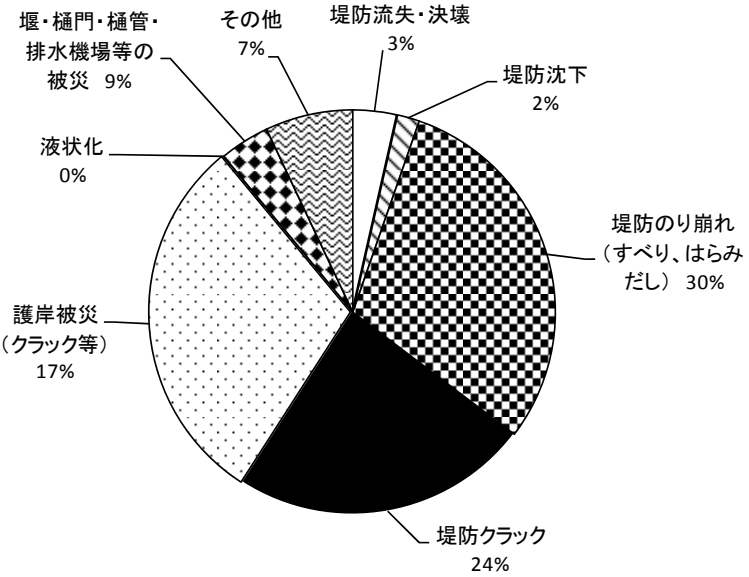
表-6.2　東北地方太平洋沖地震による都道府県管理区間の被災状況と箇所数

都道府県名	被災状況								合計
	堤防流失・決壊	堤防沈下	堤防のり崩れ（すべり、はらみだし）	堤防クラック	護岸被災（クラック等）	液状化	堰・樋門・樋管・廃水機場等の被災	その他	
北海道	0	0	0	0	0	0	0	0	0
青森	1	0	2	0	5	0	0	1	9
岩手	8	1	6	5	87	0	19	19	145
宮城	30	4	232	130	111	0	24	15	546
秋田	0	0	0	0	0	0	0	0	0
山形	0	0	0	1	0	0	0	1	2
福島	1	1	48	16	68	0	2	3	139
茨城	0	4	13	57	20	0	0	12	106
栃木	0	0	3	5	1	0	0	1	10
群馬	0	0	0	0	0	0	0	0	0
埼玉	0	3	4	6	4	0	0	4	21
千葉	0	7	29	47	41	0	0	14	138
東京	0	0	0	0	0	0	0	0	0
神奈川	0	0	0	0	0	0	0	0	0
山梨	0	0	0	0	0	0	0	0	0
長野	0	0	0	0	0	0	0	3	3
新潟	0	0	0	1	0	0	0	5	6
静岡	0	0	1	0	0	0	0	1	2
富山	0	0	0	0	0	0	0	0	0
石川	0	0	0	0	0	0	0	0	0
都道府県計	40	20	338	268	337	0	45	79	1127

(a) 直轄区間のみ



(b) 都道府県管理区間のみ



(c) 直轄区間＋都道府県管理区間

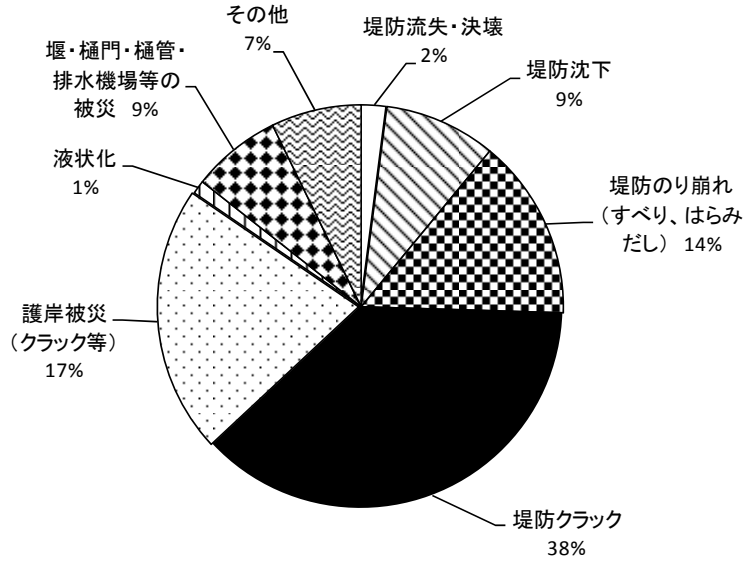


図-6.1　河川における被災状況の割合

表-6.3(1)　調査の日程、区間、調査者

日程	調査区間	調査者
平成 23 年 3 月 12 日 ～13 日	江合川　14.2～30.2km 鳴瀬川　0.6～30.0km 吉田川　1.0～15.4km	河川研究室　服部　敦 河川研究室　福原　直樹
平成 23 年 3 月 16 日 ～18 日	阿武隈川下流　22.4～33.2km 名取川　0.0～0.6km 鳴瀬川　0.0～30.5km 吉田川　14.6～15.5km 北上川下流　3.7～15.2km 旧北上川　19.2～20.1km 江合川　13.4～27.7km 新江合川　2.7～3.0km	土質・振動　佐々木哲也 土質・振動　谷本　俊輔 土質・振動　中島　進
平成 23 年 3 月 18 日	利根川下流　67.2～71.0km 小貝川　31.8～42.1km 江戸川　57.5～58.3km	地質　日外　勝仁 地質　林　浩幸 土質・振動　森　啓年 土質・振動　齋藤由紀子 土質・振動　山木　正彦 土質・振動　中田　芳貴 土質・振動　増山　博之
平成 23 年 3 月 19 日 ～20 日	北上川下流　0.0～8.0km 旧北上川　5.0～6.0km 鳴瀬川　0.0～2.0km 名取川　0.0～2.6km 阿武隈川下流　0.0～3.2km	河川研究部　藤田　光一 河川研究室　服部　敦 河川研究室　武内　慶了
平成 23 年 4 月 6 日	利根川下流　18.6～18.9km 常陸川　1.0～1.5km 横利根川　2.6～2.8km	地質　品川　俊介 地質　日外　勝仁 土質・振動　加藤　俊二 土質・振動　齋藤由紀子 土質・振動　稲垣由紀子 土質・振動　増山　博之 土質・振動　塚本　将康 施工技術　藤田　智弘
平成 23 年 4 月 13 日 ～15 日	北上川下流　3.8～4.7km 旧北上川　1.0～2.0km 鳴瀬川　0.0～1.0km 名取川　0.0～0.6km	CAESAR　田村　敬一 土質・振動　佐々木哲也

表-6.3(2)　調査の日程、区間、調査者

日程	調査区間	調査者
平成 23 年 4 月 13 日 ～15 日	阿武隈川下流　0.0～33.2km 名取川　0.0～0.6km 鳴瀬川　0.0～30.5km 江合川　27.4～27.8km	土質・振動　石原　雅規 土質・振動　谷本　俊輔 土質・振動　増山　博之
平成 23 年 6 月 14 日 ～15 日	阿武隈川下流　0.0～33.2km 名取川　0.0～0.6km 北上川下流　0.0～36.3km 江合川　0.0～27.4km	土質・振動　石原　雅規 土質・振動　齋藤由紀子 土質・振動　増山　博之



図-6.2(a)　北上川、旧北上川、江合川、鳴瀬川、吉田川における調査地点

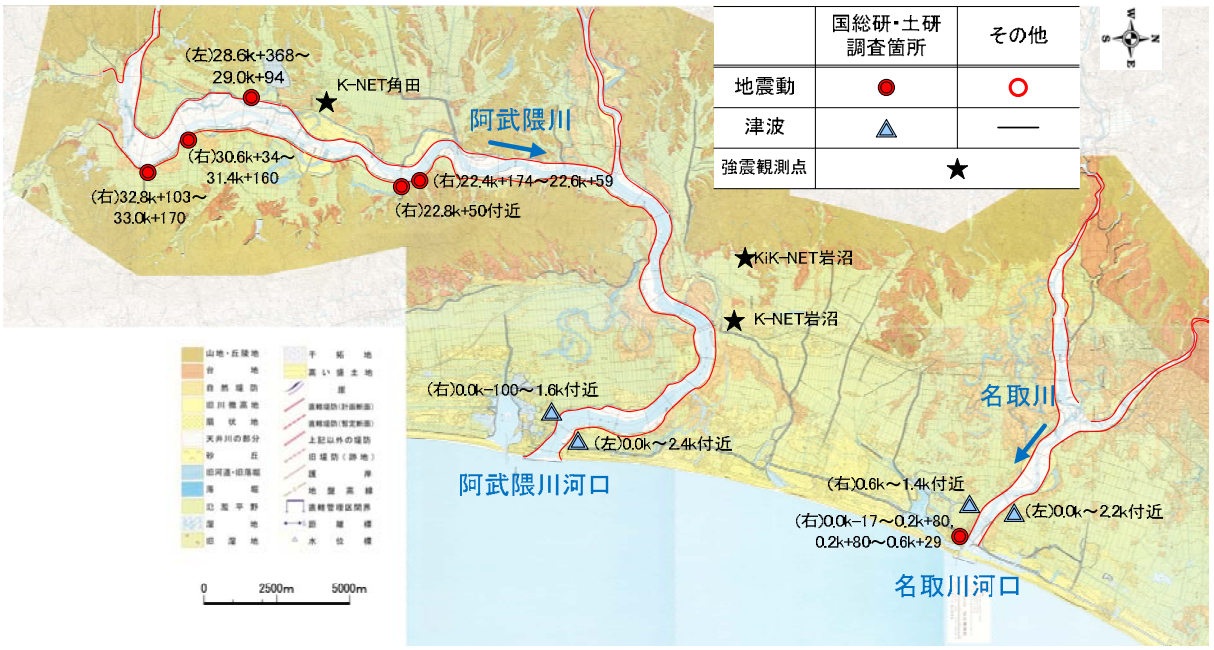


図-6.2(b)　阿武隈川、名取川における調査地点

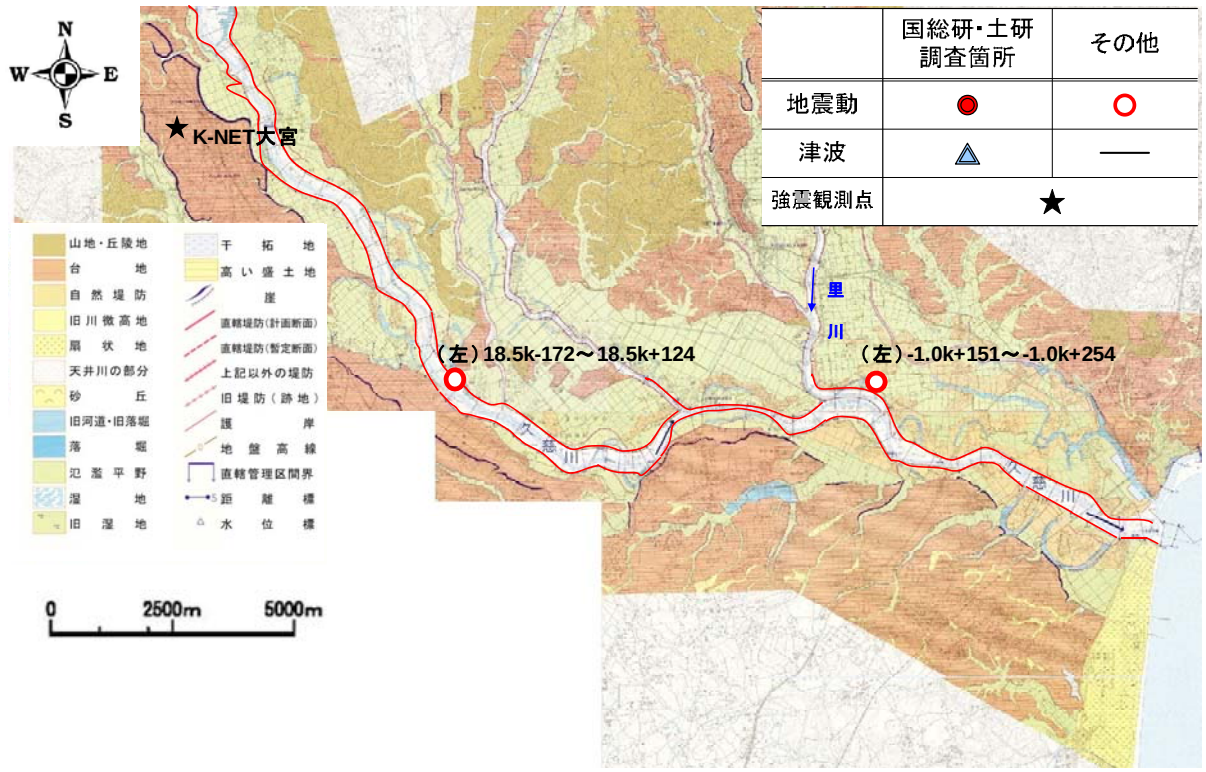


図-6.2(c)　久慈川、里川における調査地点

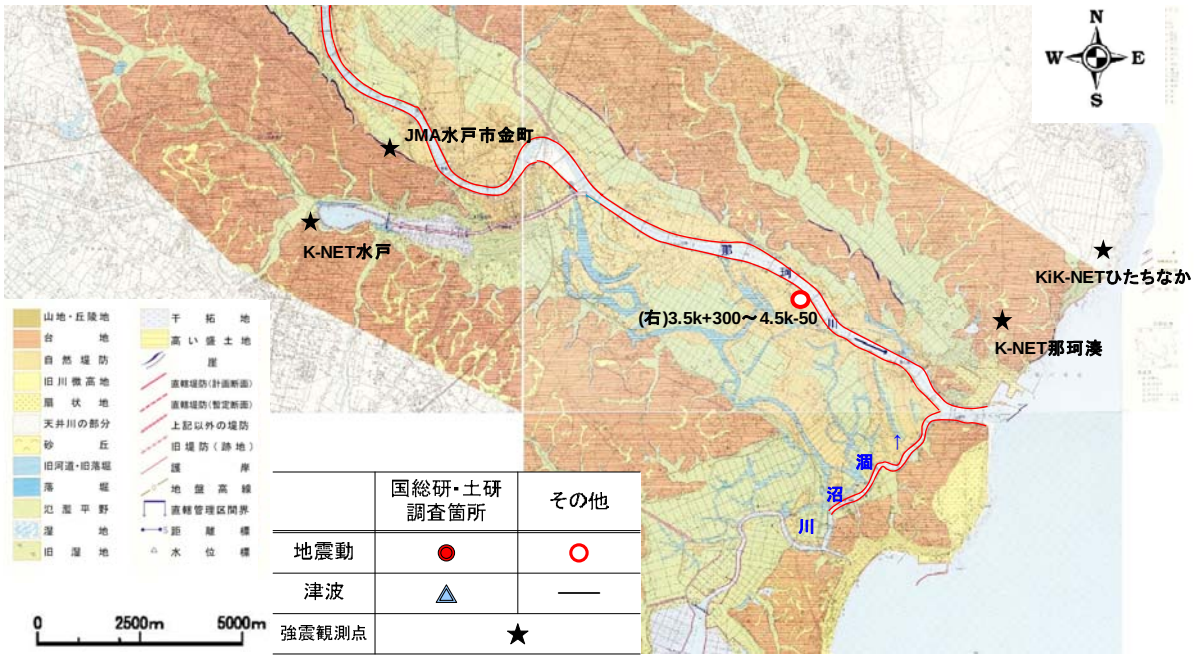


図-6.2(d)　那珂川、涸沼川における調査地点

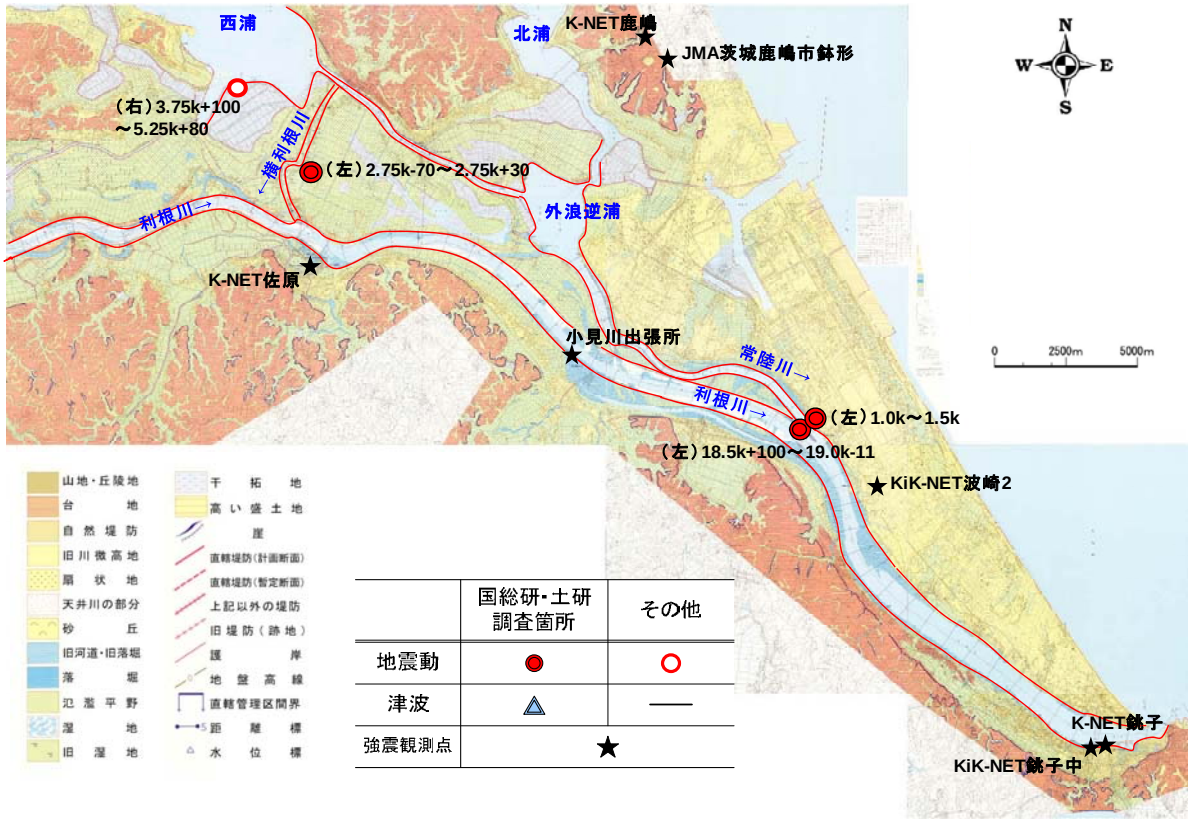


図-6.2(e)　利根川下流、霞ケ浦における調査地点

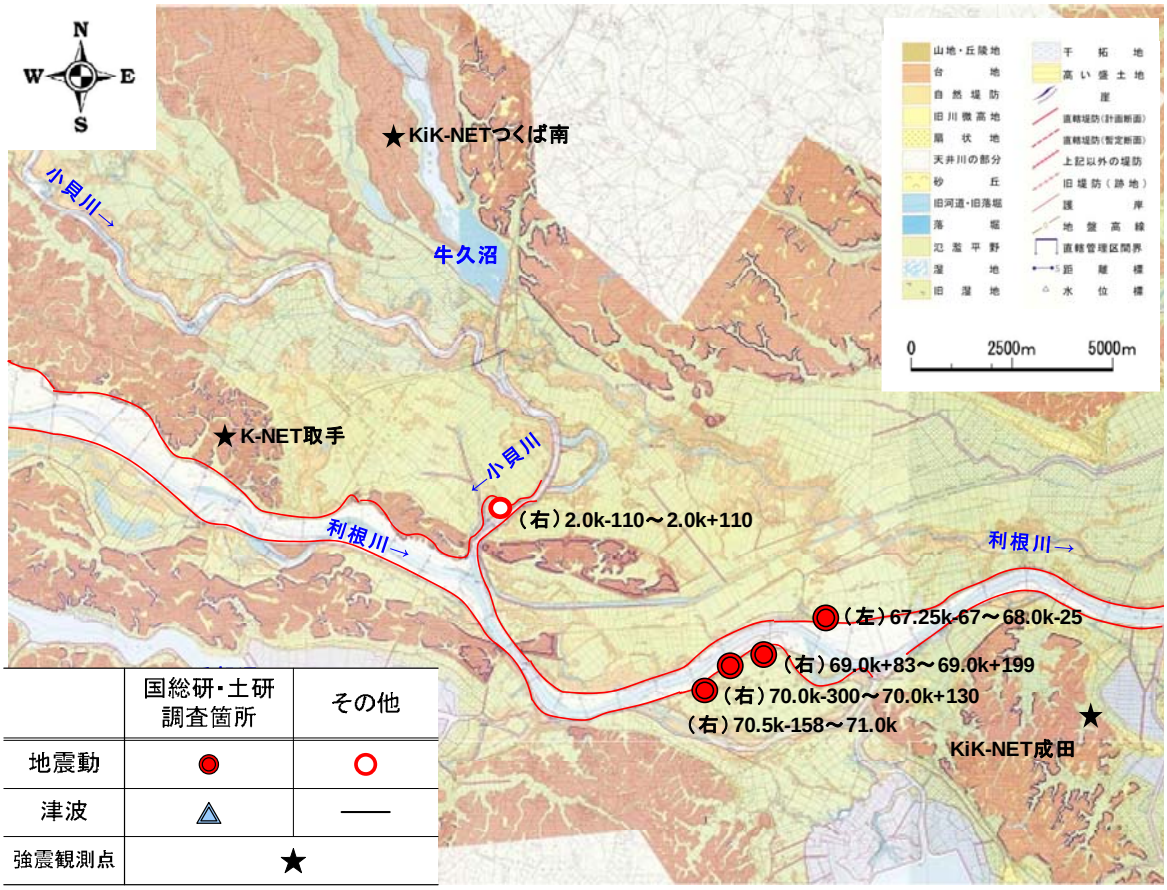


図-6.2(f)　利根川下流、小貝川における調査地点

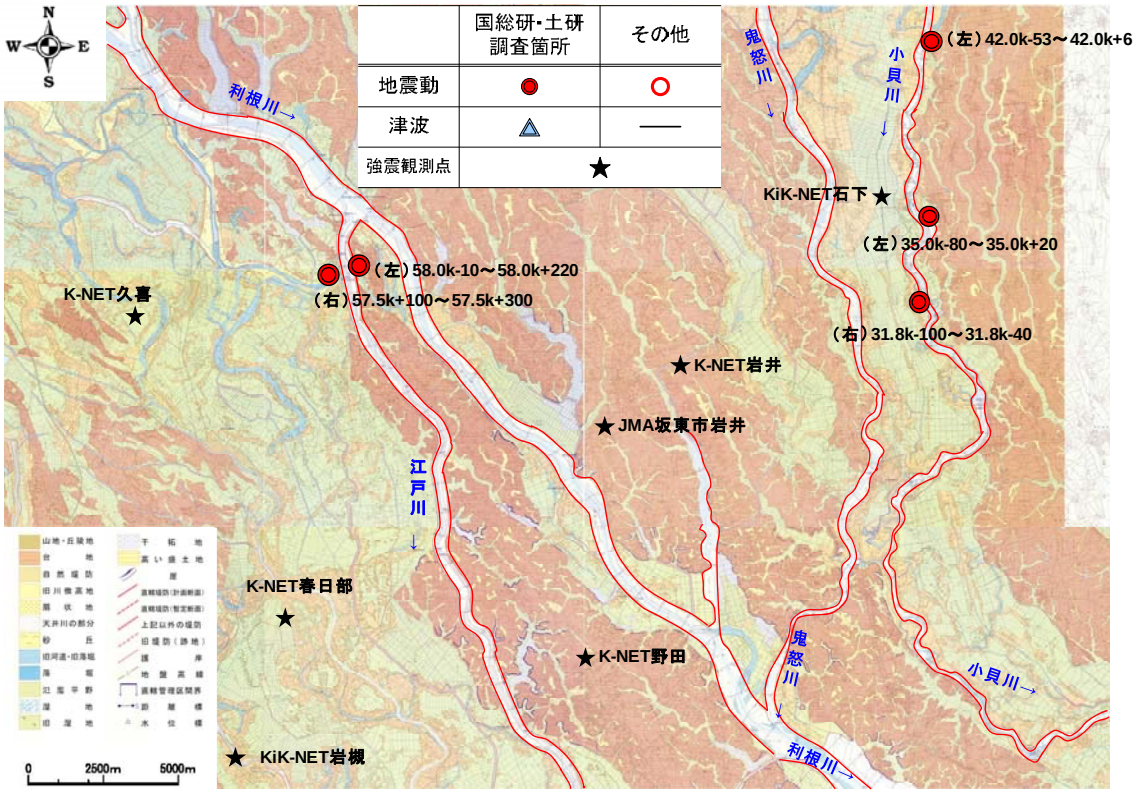


図-6.2(g)　江戸川、利根川、鬼怒川、小貝川における調査地点

6.2 地震動による河川堤防の被害

6.2.1 阿武隈川水系阿武隈川

(1) 阿武隈川下流左岸 28.6k+368～29.0k+94（宮城県角田市野田地先）

図-6.3 に平面図を示すように、延長約 330m にわたって複数の縦断亀裂やはらみ出しが発生した。特に大きな縦断亀裂は、天端の裏のり肩付近（**写真-6.1**）と裏小段付近の 2 本であり、のり肩の縦断亀裂は、大きなところで開口幅が 40 ㎝程度あり、深さは 4m に達した。これに比べ裏小段の縦断亀裂はやや小さいが、小段の傾斜が逆勾配（**写真-6.2**）になり、窪んだところもあった。その沈下量は最大 1.5m 程度であった。なお、特記しない限り、本章に示す堤防の沈下量は堤防縦横断方向の中で比較的沈下量の大きい箇所の局所的な値である。**写真-6.3** に示すように裏小段より下ののり面には複数の縦断亀裂とともにはらみ出しが生じていた。被災区間の堤防に並走する国道 113 号の路肩には堤防ののり尻から噴出したと思われる砂が堆積していたものの、路面等に亀裂、沈下、水平変位等の変状は確認されなかった。噴砂痕は路肩以外にも、裏小段や裏小段下ののり面の亀裂底面において多数確認されている。また、天端から表のり尻にかけて亀裂等の変状は確認されておらず、天端の沈下量も約 10 ㎝～20 ㎝と小さい。

地震後の地盤調査に基づいて作成された断面図を**図-6.4** に示す。深度 15m 付近に砂層を挟むものの、基礎地盤は概ね軟弱粘性土からなる。地表付近には 1～2m の薄い砂層が存在する。堤体は、川裏側の小段より下の旧堤部分とそれ以外の新堤部分からなる。旧堤部分は、全体にゆるい砂質土となっており、新堤部分は N 値 10 前後の比較的よく締まった礫混じり砂となっている。現場でのヒアリングによれば、新堤部分の盛土材には山砂が用いられている。地震後の地盤調査結果からは、基礎地盤の圧密により堤体が基礎地盤にめり込むように沈下しており、最も沈下しているところで約 2m にもなることが明らかとなっている。

これより、堤体下部の飽和した領域のうち緩い砂質土からなる旧堤部分とその下の基礎地盤表層に分布する砂質土層が液状化したことが被害の原因であると考えられる。しかし、堤防周辺の堤内外の農地等に噴砂痕が確認されていないこと、堤防に並走する川裏側の国道路面に特段の変状が見られないことや天端の沈下量が小さかったことなどから、堤防川裏側の変状に対して、基礎地盤表層の砂質土層の液状化は変状にあまり寄与していない可能性もある。今後、噴砂の粒度特性等を詳細に分析する必要がある。一方、堤防のり肩の大きな亀裂は、旧堤部の変状に伴い発生したものと推定され、よく締固められた新堤部分は液状化しなかったものと考えられる。

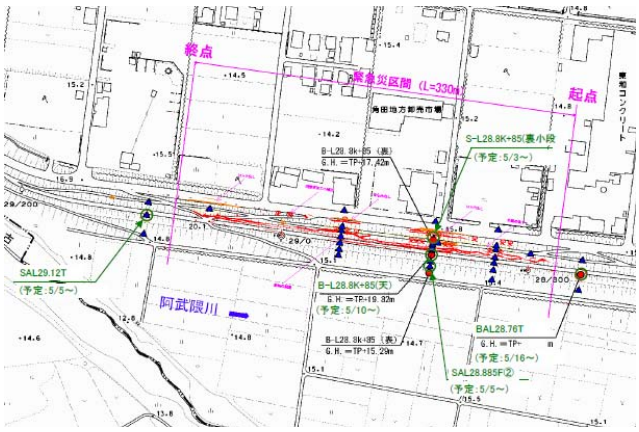


図-6.3　阿武隈川下流左岸 28.6k+368～29.0k+94（野田地先）の平面図(東北地方整備局提供)



写真-6.1　天端の縦断亀裂(東北地方整備局提供)



写真-6.2　裏小段の傾斜と縦断亀裂



写真-6.3　裏のり尻部の噴砂痕（ブルーシートの下に複数の縦断亀裂）

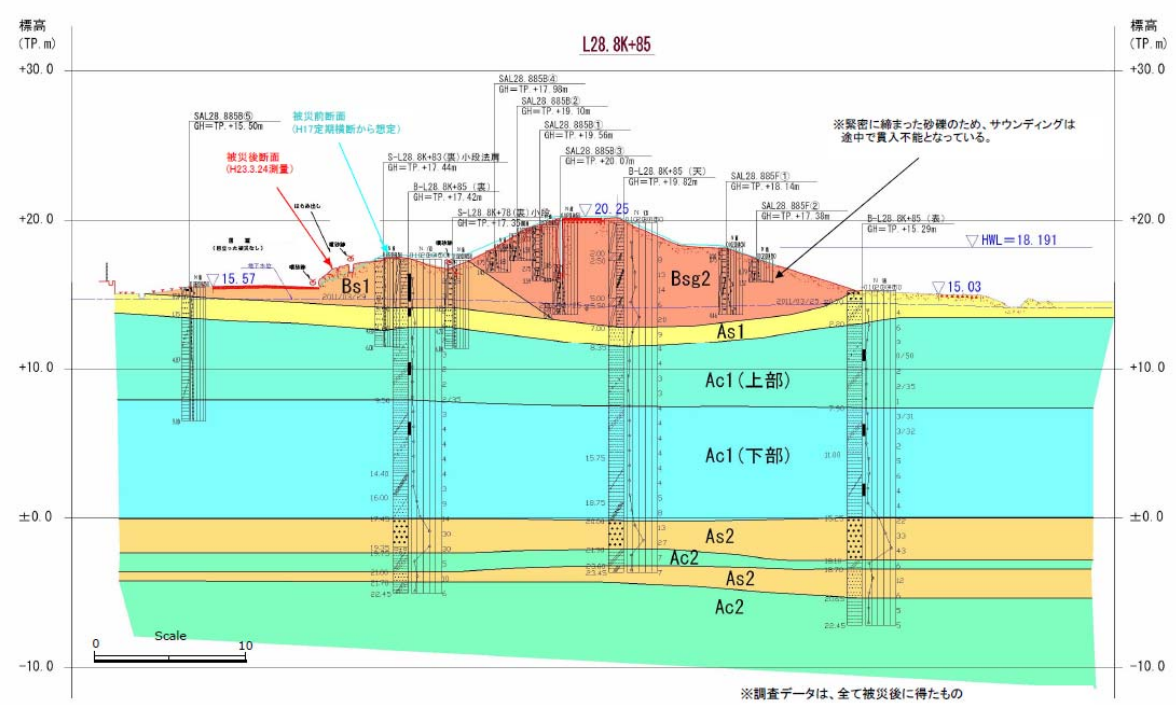


図-6.4　左岸 28.8k+85m（野田地先）の断面図(東北地方整備局提供)

(2) 阿武隈川下流右岸 30.6k+34～31.4k+160（宮城県角田市枝野地先）

延長約 800m に渡り、沈下や縦断亀裂、はらみ出しが発生した。平面図を**図-6.5** に示すように被災区間の中でも場所によって被害の状況は異なり、31.0k～31.2k+50m 付近に特に大きな変状が生じた。この付近では**写真-6.4** に示すように、堤防天端に複数の縦断亀裂が生じ、裏のりに大きな水平変位が生じた。天端の沈下量は最も大きなところで約 2.9m である。また、裏のり尻部の水平変位量は 3m に達するところもあり、**写真-6.5** に示すように場所によっては隣接する農地に崩壊した堤体土が覆いかぶさったり、堤防に並行する水路を閉塞したりしていた。このような大きくはらみ出したのり尻付近では崩壊した土砂から噴出したと思われる高含水の細砂が分布していたことが確認されている。他にも堤体の亀裂底部に多数の噴砂痕が確認されている。現地踏査時に、縦断亀裂内部および裏のり尻付近で採取した噴砂の粒径加積曲線を**図-6.6** に示す。細粒分含有率 FC=10～20%程度であり、細砂主体の比較的均質な砂質土であることが分かる。なお、ほとんどの変状が表小段から川裏側にかけて確認されており、表小段から下には変状が見られなかった。さらに、のり尻近辺を除き、周辺の耕作地等において、特段の変状や噴砂痕は確認されていない。

地震後の地盤調査に基づいて作成された断面図を**図-6.7** に示す。基礎地盤には層厚 15m 程度の軟弱粘性土が存在する。堤体は粘性土を主体とする旧堤とその後嵩上げ腹付された砂質土を主体とする新堤部分からなり、変状は新堤部分に集中していた。現場でのヒアリングによれば、新堤部分の盛土材には河床材が用いられている。また、堤体が軟弱粘性土地盤に下にめり込むように沈下していることと、新堤部分がかなり緩い状態であることが確認されている。

上記の被災状況及び地盤調査結果より、砂質土を主体とする新堤部分の地下水位より下の範囲が液状化したことが被災原因であると考えられる。

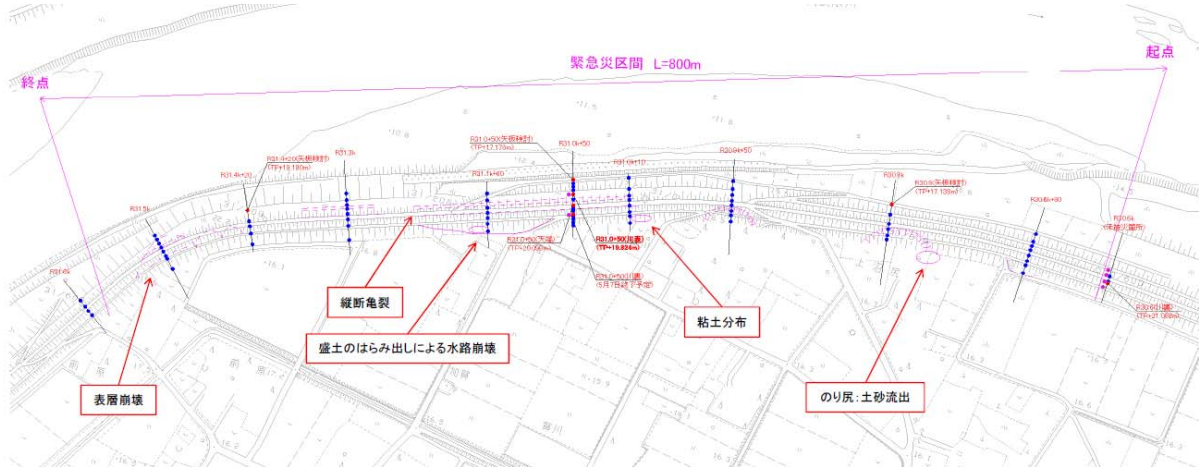


図-6.5 阿武隈川下流右岸 30.6k+34～31.4k+160（枝野地先）の平面図(東北地方整備局提供)



写真-6.4　堤防天端の縦断亀裂と沈下



写真-6.5　裏のり尻部に隣接する農地を覆った崩土

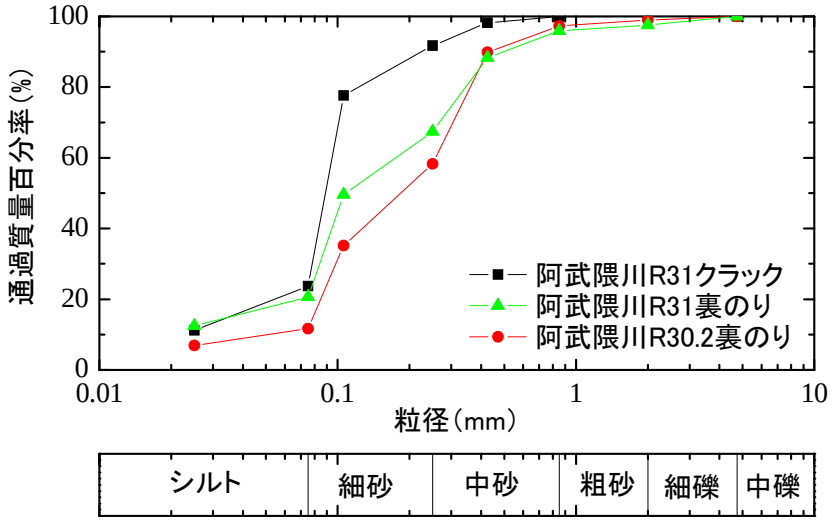


図-6.6　噴砂の粒径加積曲線

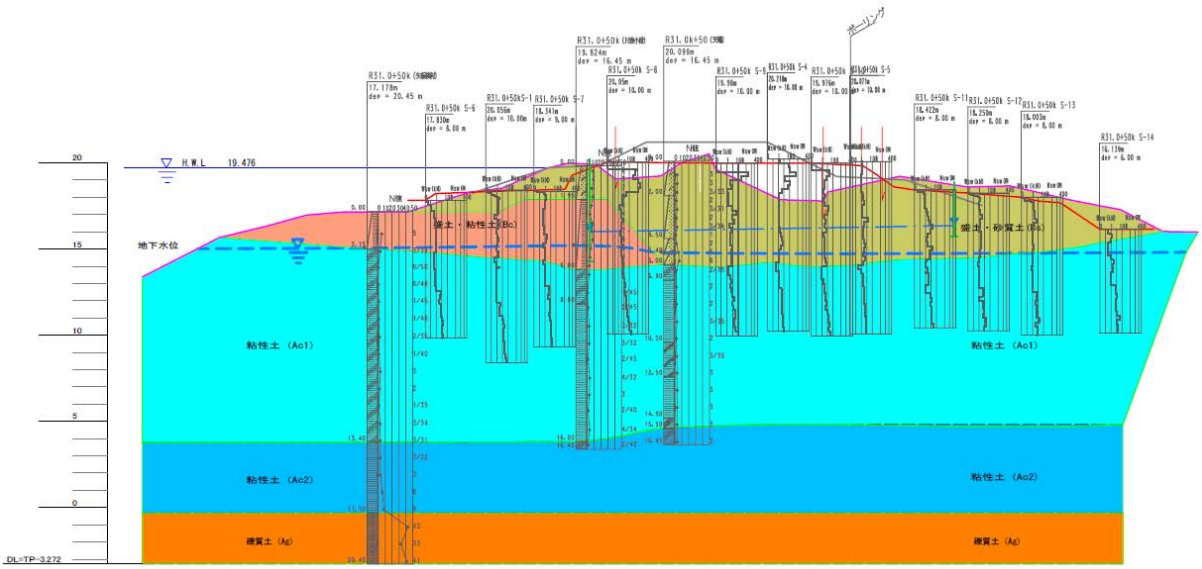


図-6.7　阿武隈川下流右岸 31+50k（枝野地先）の断面図(東北地方整備局提供)

(3) 阿武隈川下流右岸 32.8k+103～33.0k+170（宮城県角田市小斉地先）

本区間は、裏のり尻部の道路と堤内側の水路が堤防と並走する区間とちょうど一致する(**図-6.8**)。堤防の表のり肩から道路を含む形で円弧状のすべり破壊が生じ(**写真-6.6**)、崩土が水路を閉塞した(**写真-6.7**)。堤防天端および道路の路面は川表側に向かって傾斜していた。被災区間の上流端では、道路のセンターラインのずれから、1m 程度の水平変位が生じたことが分かる(**写真-6.8**)。沈下した堤防天端のアスファルト舗装の下に噴砂痕が見られた(**写真-6.9**)。表のりには特に変状が見られなかった。

地震後の地盤調査に基づいて作成された断面図を**図-6.9** に示す。枝野地先(右岸30.6k+34～31.4k+160)と同様に、基礎地盤は主として粘性土であり、堤防は粘性土による旧堤(川表側)、砂質土による新堤から構成されていることが分かる。また、堤体が基礎地盤にめり込むように沈下していることが分かる。現場でのヒアリングによれば、新堤部分の盛土材には河床材が用いられているようである。以上の状況から、主たる被災要因は新堤の堤体下部の液状化によるものであると考えられる。

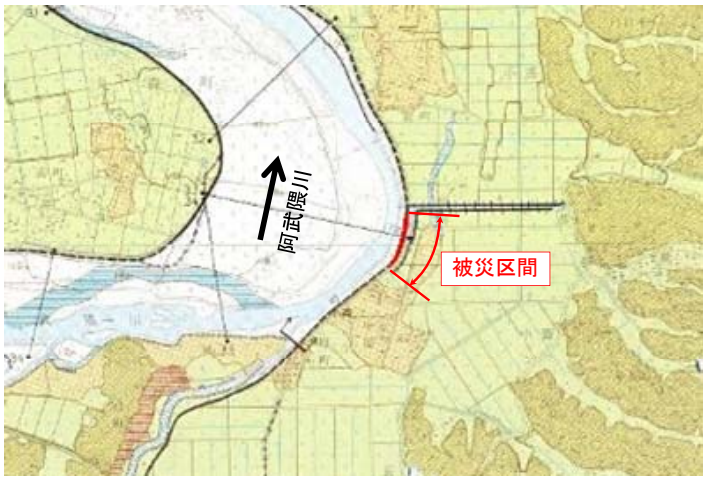


図-6.8　治水地形分類図 [1)]



写真-6.6　天端の沈下



写真-6.7　水路を閉塞した崩土



写真-6.8　道路のセンターラインのずれ



写真-6.9　天端アスファルトの下に見られた噴砂

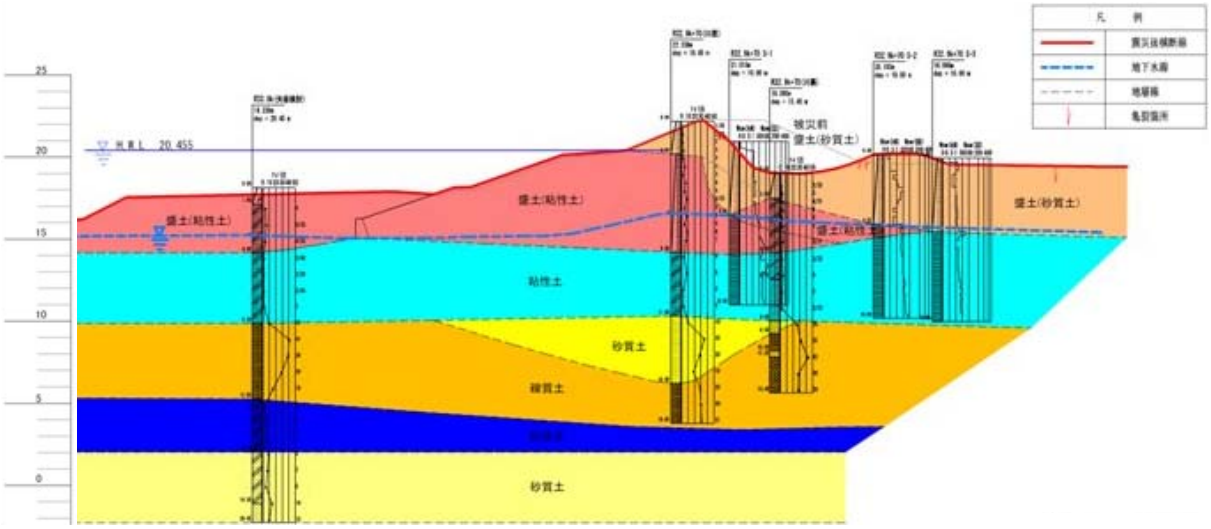


図-6.9　阿武隈川下流右岸 32.9k+70（小斉地先）の断面図(東北地方整備局提供)

6.2.2 名取川水系名取川

(1) 名取川右岸 0.0k-17～0.6k+29 閖上特殊堤（宮城県名取市閖上）

本区間はコンクリート擁壁式の特殊堤区間であり、下流側の端部に閖上水門が存在する。本区間の特殊堤は、1978 年宮城県沖地震により、擁壁継手部の開き、擁壁の亀裂・傾斜、パラペット背後の沈下・段差を生じた [2)]。うち、0.0k-17～0.2k+80(S53 区間)については、1978 年宮城県沖地震の前から嵩上げがなされており、さらに、1978 年宮城県沖地震後の復旧として、前面側に擁壁が拡築されている。拡築された擁壁の基礎はϕ600mm、単列の鋼管杭に支持されている(**図-6.10**)。また、0.2k+80～0.6k+29(S29 区間)は木杭に支持されるコンクリート擁壁特殊堤であり、この区間は 1978 年宮城県沖地震後に拡築がなされていない。

今回の地震では、**写真-6.10** に示すように、特殊堤背面の土堤部を含む堤内地が津波による著しい侵食を受けた箇所が見られた。その上流側では、パラペット背後の地盤に 50cm 程度の沈下(**写真-6.11**)が生じた。ただし、アスファルト舗装が津波により流失している状況から、沈下量には津波による侵食の影響が含まれている可能性も考えられる。パラペット頂部には最大 10cm 程度の目地ずれが生じた(**写真-6.12**)。パラペットの目地ずれの状況は、S29 区間、S53 区間で大きな差は見られなかった。

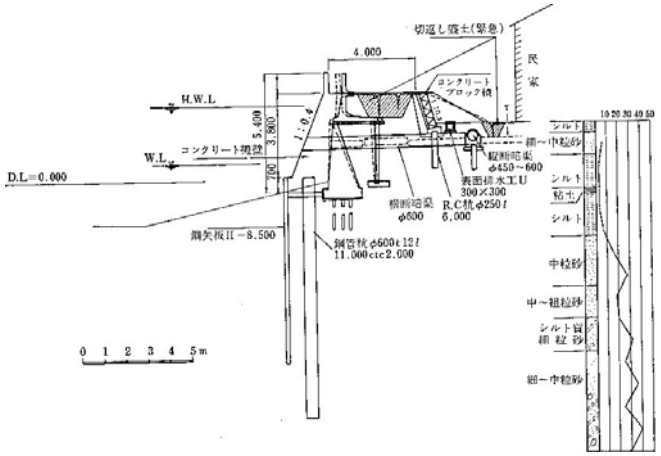


図-6.10 1978 年宮城県沖地震における閖上特殊堤 0.0k-17～0.2k+80(S53 区間)の被災・復旧断面図 [2)]

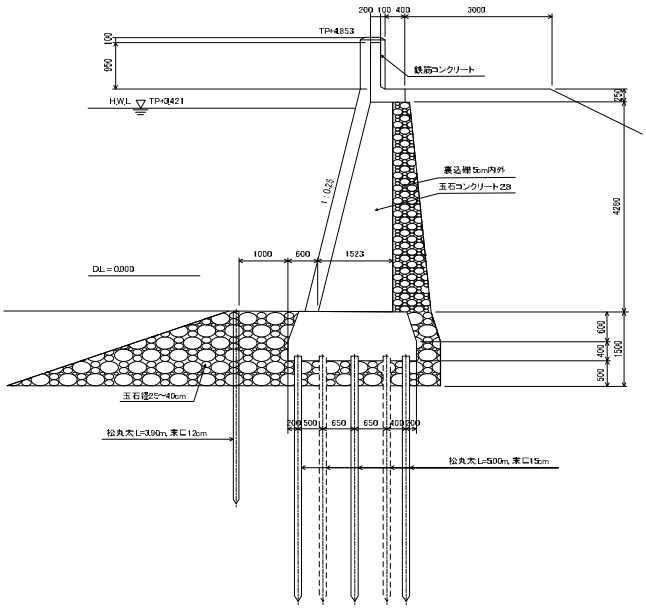


図-6.11　閖上特殊堤 0.2k+80～0.6k+29(S29 区間)の標準断面図(東北地方整備局提供を基に作図)



写真-6.10　津波による堤内地盤の侵食(閖上水門の直上流)



写真-6.11　パラペット背後の沈下



写真-6.12　パラペットの目地ずれ

6.2.3 鳴瀬川水系鳴瀬川

(1) 鳴瀬川左岸 11.3k+30～11.5k+100（美里町砂山地先）

天端の表のり肩付近に横断方向の段差を伴って天端が沈下するとともに、のり尻部に水平変位が生じ、側道部分が隆起した。被災箇所の平面図は**図-6.12** のとおりである。天端の沈下量は最大 2.4m であった。天端の沈下状況を**写真-6.13** に、のり尻に並行する側道の隆起した状況を**写真-6.14** に示す。隆起した側道の周辺では、噴砂痕が確認されている。なお、表のりには目立った変状は認められていない。**図-6.13** に示すとおり本被災区間の治水地形分類は自然堤防に区分されているが、本区間は堤防～自然堤防縁端部までの距離がちょうど局所的に短くなっている箇所にあたり、一連の自然堤防の中でも基礎地盤の土層構成、密度、粒度組成等が異なっている可能性が考えられる。

地震後の地盤調査に基づいて作成された断面図を**図-6.14** に示す。基礎地盤は、5～7m の粘性土層の上に、厚さ 2～4m の砂質土層が堆積している。その上に粘性土からなる旧堤があり、砂質土による腹付けが行われている。今回、大きな変状が生じたのは腹付部分であるため、堤体下部の液状化が主な要因と考えられるが、側道が隆起していることから基礎地盤表層の砂質土層の液状化による影響も疑われる。As1 層は一連の砂質土層として分類されているが、川表側と川裏側で土質が大きく異なる(**図-6.15**)。すなわち、川表側では細粒分が 60%～100%含まれており、液状化が生じにくいと考えられる一方で、川裏側では細粒分含有率が 30%程度であり、相対的に液状化が生じやすい土質であった。



図-6.12　鳴瀬川左岸 11.3k+30～11.5k+100（砂山地先）の平面図(東北地方整備局提供)



図-6.13　治水地形分類図 [1)]



写真-6.13　天端の沈下



写真-6.14　側道脇の隆起と噴砂痕

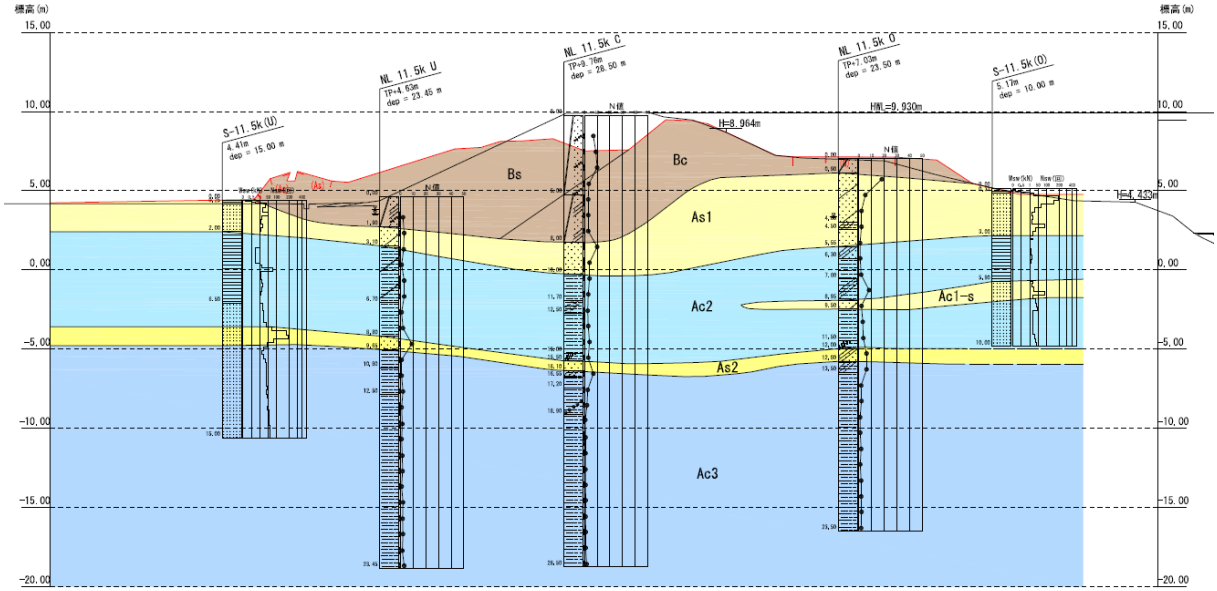


図-6.14　鳴瀬川左岸 11.5k（砂山地先）の断面図(東北地方整備局提供)

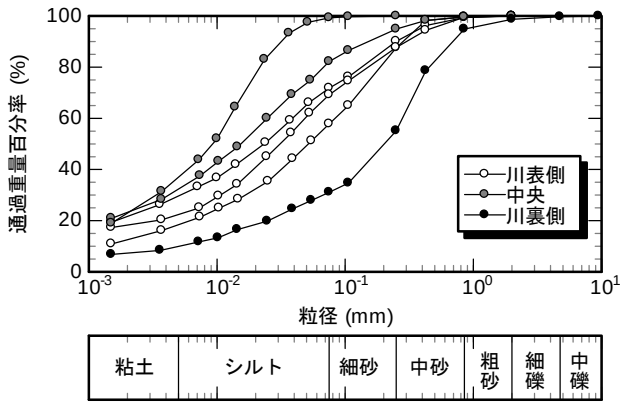


図-6.15　As1 層の粒径加積曲線(鳴瀬川左岸 11.5k、東北地方整備局提供に基づいて作図)

(2) 鳴瀬川左岸 20.1k+130～20.3k+40（宮城県美里町和多田沼）

天端に縦断亀裂、沈下および傾斜を生じた(**写真-6.15**)．裏小段に沿って縦断亀裂が生じており、天端の変状が著しい区間では、裏のり尻付近の堤脚水路に水平変位が生じていた(**写真-6.16**)。表のりはのり肩から中腹まで縦断亀裂を生じたが、のり尻付近には変状が見られなかった(**写真-6.17**)。本区間では堤体および周辺地盤に明確な液状化の痕跡は見られなかった。

地震後の地盤調査に基づいて作成された断面図を**図-6.16** に示す。堤体材料は砂質土であり、その直下の基礎地盤は層厚 5m 程度の粘性土層である。



写真-6.15　天端の縦断亀裂、沈下および傾斜



写真-6.16　堤脚水路に生じた水平変位



写真-6.17　表のりの状況

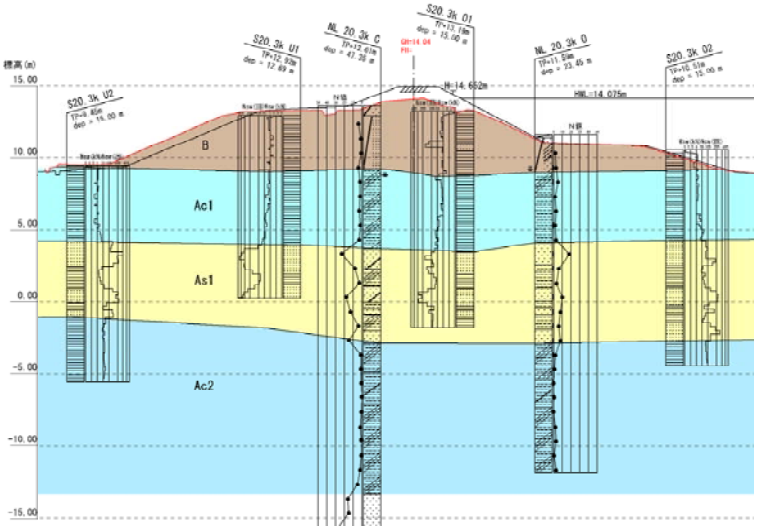


図-6.16　鳴瀬川左岸 20.3k(和多田沼地先)の断面図(東北地方整備局提供)

(3) 鳴瀬川右岸 29.7k+120～30.1k（宮城県大崎市松山下伊場野）

本区間の堤防の裏小段は兼用道路であり、その道路は志田橋に接続される。

写真-6.18 に示すように、表のり肩から裏のり尻にかけて堤防と兼用道路が大きく崩壊した。その崩土は隣接する民地の倉庫に達していた(**写真-6.19**)。裏のり尻にはブロック積み擁壁が設けられていたが、倒壊して崩土に埋もれていた(**写真-6.20**)。

図-6.16 に示す治水地形分類図によれば、当該区間の周辺は自然堤防であるが、被災区間の周辺のみ、局所的に氾濫平野とされている。



写真-6.18　堤防および道路盛土の崩壊



写真-6.19　民地に達した崩土



写真-6.20　裏のり尻のブロック積み擁壁の倒壊



図-6.17　治水地形分類図 [1)]

(4) 鳴瀬川左岸 30.0k～30.5k+37（大崎市下中ノ目地先）

平面図を**図-6.18** に示す。**写真-6.21** に示すように天端が沈下し、表のり肩から裏のり尻にかけて堤体が大きく崩壊した。沈下量は最も大きいところで約 5.5m に達した。裏のりの堤体土は隣接する農地を覆うように崩壊した。縦断亀裂の中には堤体下方から噴出したと思われる水や高含水の砂質土が溜り（**写真-6.22**）、崩壊した土砂の端部にも高含水の砂が多数噴出していた。

地震後の地盤調査に基づいて作成された断面図を**図-6.19** に示す。基礎地盤は粘性土と砂質土が互層に堆積したもので、地表面に近づくにつれ、粘性土が卓越する。表層は 4～5m の厚さの粘性土層となっており、これより下の砂質土層は、仮に液状化が生じたとしても堤体への影響はほとんどないものと考えられる。堤体は粘性土からなる旧堤と、砂質土で腹付・嵩上げした新堤部分からなる。基礎地盤の圧密沈下により堤体が基礎地盤にめり込むように沈下しており、堤体内に地下水位が存在する。粘性土層の上の砂質土からなる新堤部分に変状が集中していることから、堤体下部の液状化が被災原因であると考えられる。

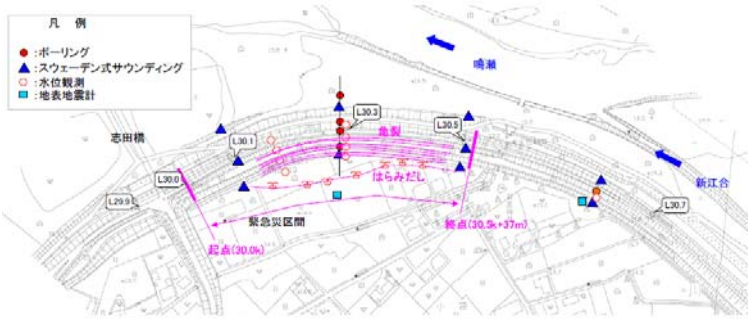


図-6.18　鳴瀬川左岸 30.0k～30.5k+37（下中ノ目地先）の平面図(東北地方整備局提供)



写真-6.21　天端から裏のりにわたる崩壊



写真-6.22　縦断亀裂内の噴砂痕

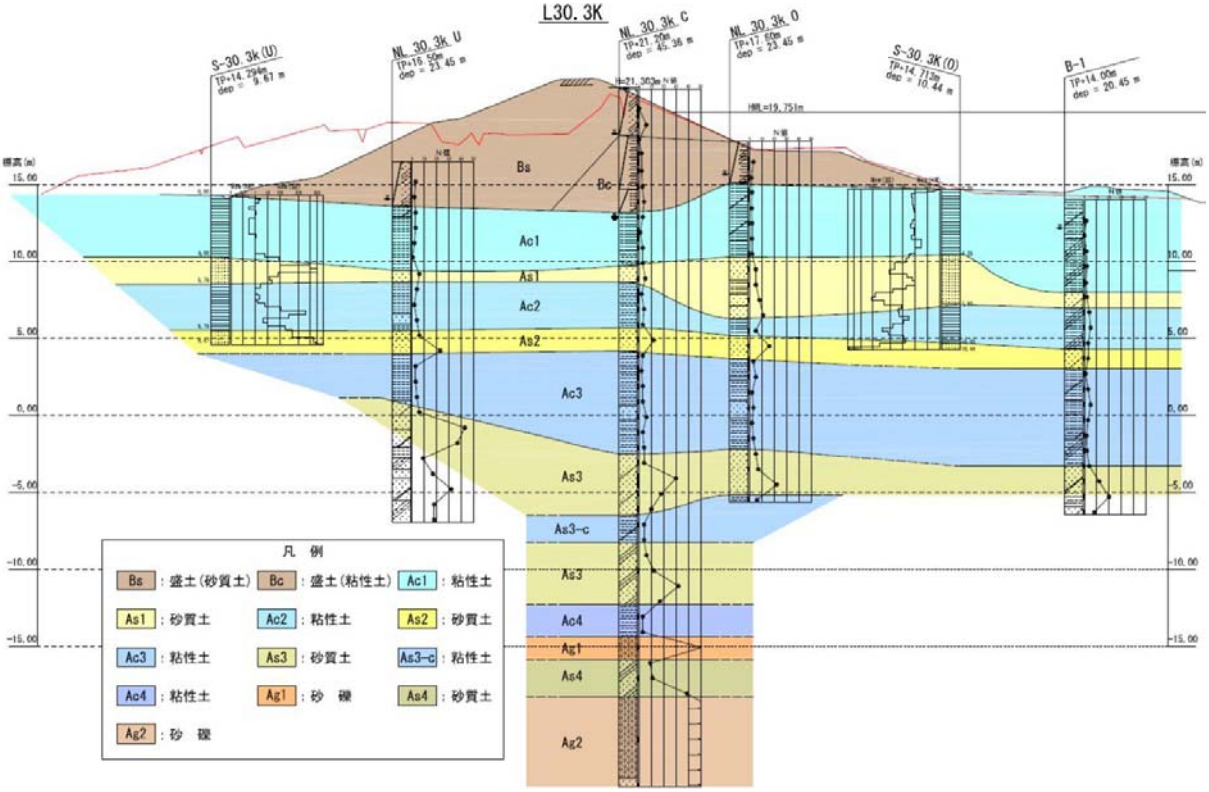


図-6.19　鳴瀬川左岸 30.3k(下中ノ目地先)の断面図(東北地方整備局提供)

6.2.4 鳴瀬川水系吉田川

(1) 吉田川左岸 14.6k+70～14.8k+20（宮城県大崎市鹿島台）

天端の状況を**写真-6.23** に示す。天端が川表側への傾斜を伴って沈下し、裏のり肩付近の縦断亀裂が大きく開口していることが分かる。当該区間では川表側に護岸工が設置されており、護岸の基礎や周辺地盤部に水平変位、隆起等の変状は見られないが、**写真-6.24** のように護岸の頂部が前傾し、大きな隙間が生じていた。これは、堤防が川表側にはらみ出しを生じたことを表しているものと考えられる。

地震後の地盤調査に基づいて作成された断面図を**図-6.20** に示す。複雑な築堤履歴を有し、基礎地盤は粘性土が主体であるが、*N* 値 4～7、層厚 3m 程度以下の砂質土層が介在することが分かる。



写真-6.23　天端の傾斜・沈下および裏のり肩の縦断亀裂の開口



写真-6.24　護岸頂部の前傾

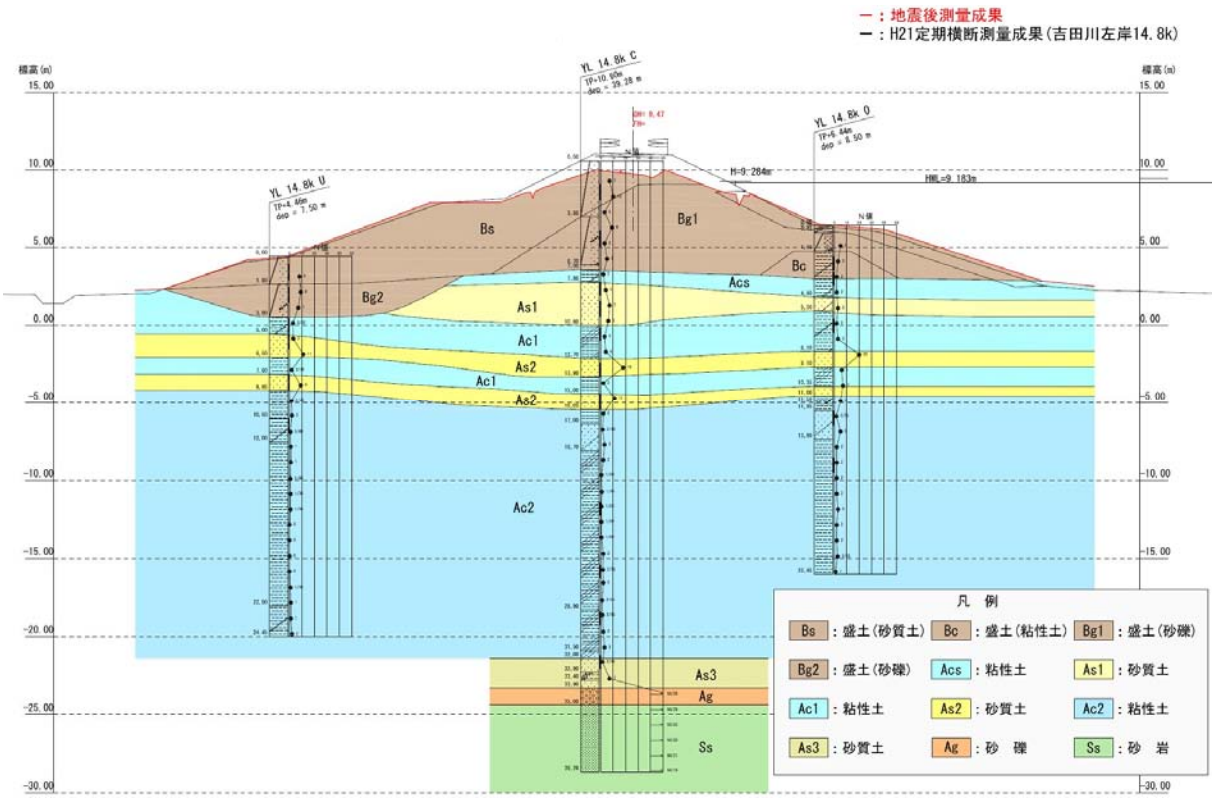


図-6.20　吉田川左岸 14.8k(大迫上志田地先下流)の断面図(東北地方整備局提供)

(2) 吉田川左岸 15.2k+170～15.4k+70（宮城県大崎市鹿島台）

本区間では、天端の傾斜を伴う沈下および裏のり肩の縦断亀裂の開口(**写真-6.25**)、護岸上部の沈下が生じた(**写真-6.26**)。また、護岸下部が破損しており(**写真-6.27**)、堤防に川表側への水平変位が生じたことを示唆している。表のり尻周辺には噴砂の痕跡が見られた(**写真-6.28**)。

なお、1978 年宮城県沖地震では、本区間とほぼ一致する左岸 15.2k+185～15.4k+104(当時の呼称は志田谷地第三堤防)では、幅 20～50cm、深さ 2m に達する縦断亀裂を生じ、切り返し、盛土、格子張り、止水矢板による復旧がなされている(**図-6.21**)[2)3)]。



写真-6.25　天端の傾斜・沈下および裏のり肩の縦断亀裂の開口



写真-6.26　護岸上部の沈下および表のり肩付近の沈下



写真-6.27　護岸下部の破損



写真-6.28　のり尻周辺に見られた噴砂痕

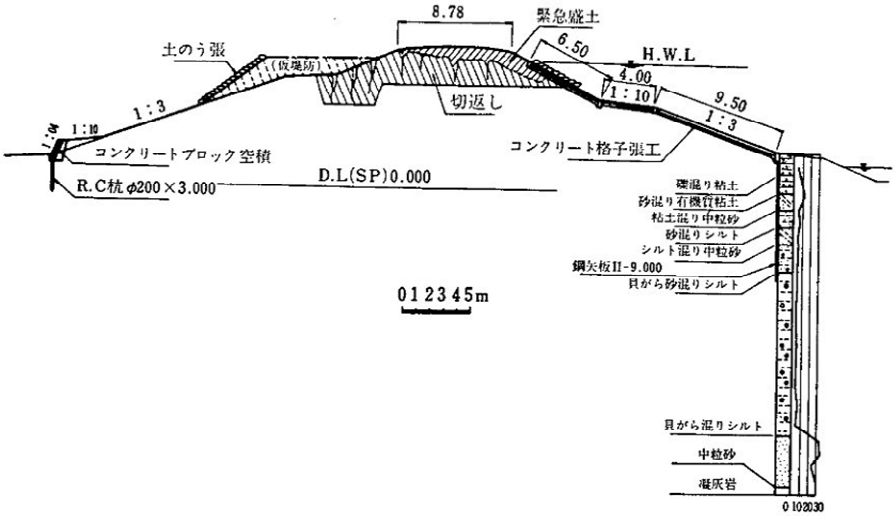


図-6.21　1978 年宮城県沖地震による志田谷地第三堤防の被災・復旧断面図 [2)]

6.2.5 北上川水系旧北上川

(1) 旧北上川右岸 20.0k～20.0k+70（宮城県石巻市）

本区間周辺の治水地形分類図を**図-6.22** に示す。本区間は氾濫平野に分類され、下流端は自然堤防と隣接している。

本区間では、天端に 1m 程度の沈下が生じた(**写真-6.29**)。天端および裏のりにいくつかの亀裂が見られたが(**写真-6.30**、**写真-6.31**)、沈下量の割に亀裂は軽微である。表のりの護岸下部には隙間が生じており(**写真-6.32**)、護岸の基礎に水平変位が生じたものと考えられる。

本区間周辺では表のり尻、裏のり尻、川裏側の耕作地内に噴砂痕が見られた(**写真-6.33**)。基礎地盤に液状化が生じたことで水平変位が生じ、護岸下部に隙間を生じさせたことが考えられ、基礎地盤の液状化が主たる被災要因となっているものと考えられる。



図-6.22　治水地形分類図 [1)]



写真-6.29　天端の沈下



写真-6.30　天端の縦断亀裂



写真-6.31　裏のりの亀裂



写真-6.32　護岸下部に生じた隙間



(a)表のり尻部



(b) 裏のり尻部



(c)川裏側の耕作地

写真-6.33　周辺で見られた噴砂痕

6.2.6 北上川水系江合川

(1) 江合川右岸 14.0k+43～14.6k+43（宮城県涌谷町桜町）

本区間では、延長 600m 程度にわたって天端に縦断亀裂、沈下、陥没が生じた(**写真-6.34**)。**写真-6.35** からは、天端には傾斜を伴う沈下が生じたことが分かるが、傾斜の方向は一様ではない。14.6k 付近に架かる上谷地橋の右岸側橋台アプローチ部には堤防の沈下に伴って 1m 以上の段差が生じ(**写真-6.35**)、橋台ウイングの端部が露出していた。

写真-6.37 より、表のり尻付近でのり面が急勾配化しており、堤体がはらみ出していることが分かる。ただし、一部では表のり尻付近の隆起も見られた。裏のり尻は崩壊し、崩土が隣接する民家に達したものも一部見られた(**写真-6.37**)。調査時点の 3 月 17 日では崩土をバックホウにより移設する作業が行われていたが、その崩土は含水量が多く、粘土質であった。

調査時には液状化の痕跡を確認することができなかったが、**図-6.23** によれば、一部区間の基礎地盤に液状化の痕跡が認められたようである。表のり尻付近の基礎地盤には水たまりが多く見られるとともに(**写真-6.34**)、高含水状態にあり、地下水位が比較的高いことが推察された。

地震後の地盤調査に基づいて作成された断面図を**図-6.24**、堤体土および基礎地盤の粒径加積曲線を**図-6.24** に示す。基礎地盤は 13m 程度より上方が粘性土主体であり、堤体土

はシルトが主体である。細粒分含有率 *FC* は堤体、基礎地盤ともに少なくとも 50%を超え、容易に液状化を生じるような砂質土は見当たらない。被災状況から、主たる変状は堤体に生じたものと考えられるが、堤体材料や基礎地盤の土質等について、今後、詳細な検討が必要である。

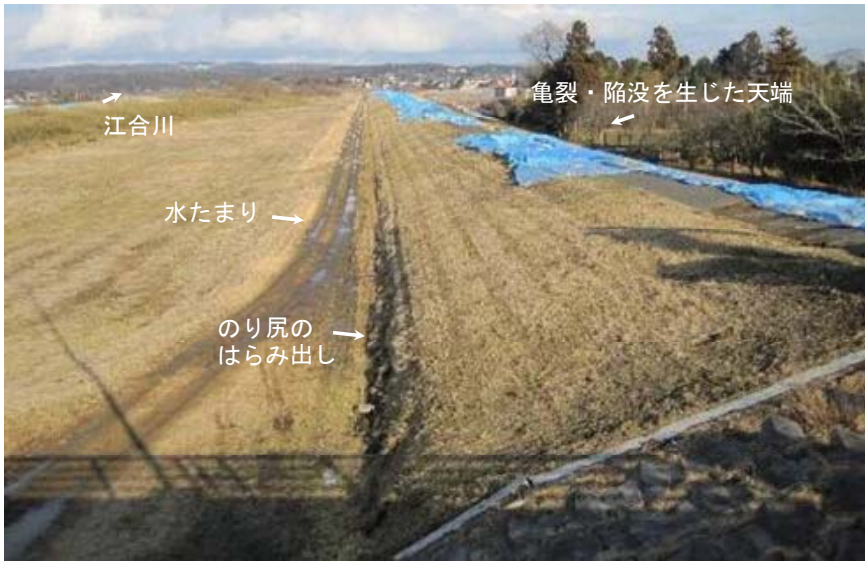


写真-6.34　天端および表のりの状況



写真-6.35　天端の状況



写真-6.36　上谷地橋の橋台アプローチ部に生じた沈下



写真-6.37　表のり尻の状況



写真-6.38　裏のりの状況(撮影時は崩土を撤去済み)

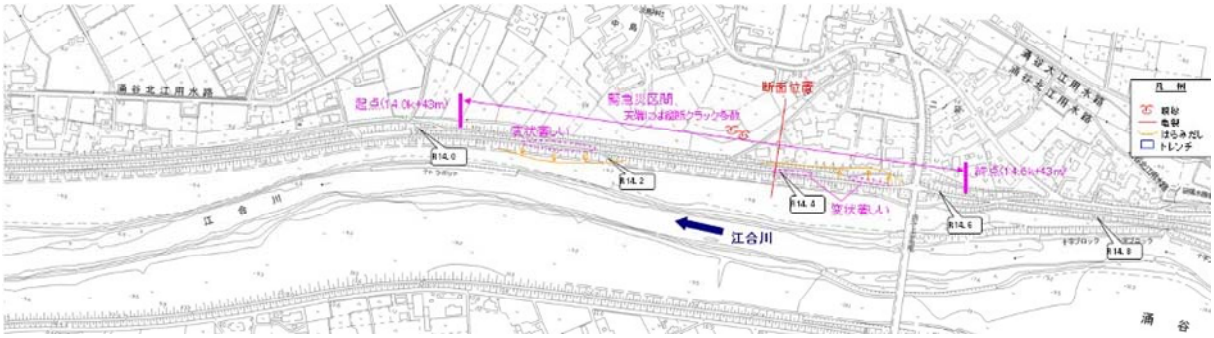


図-6.23　被災区間周辺の平面図(東北地方整備局提供)

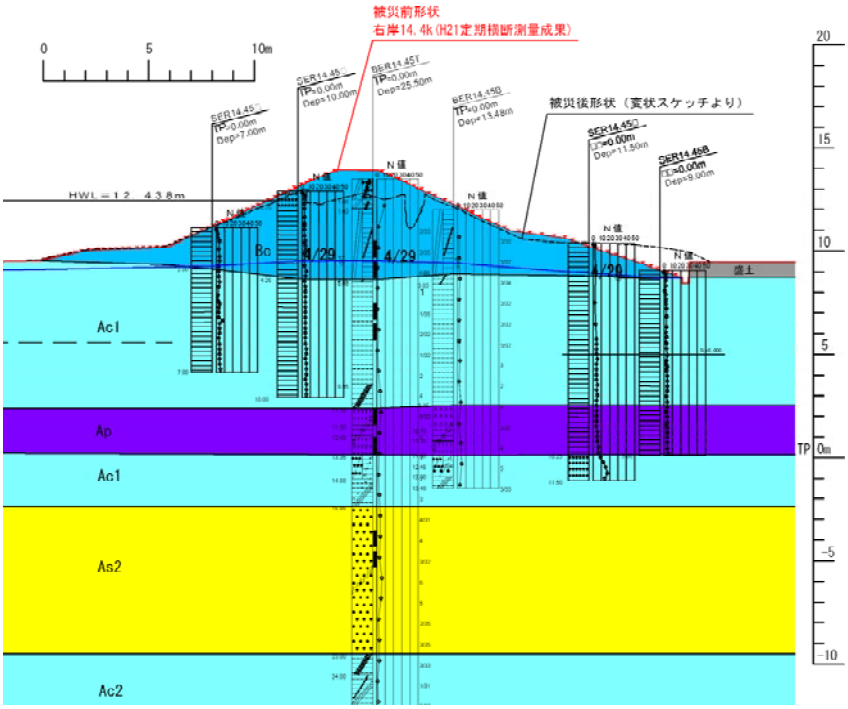


図-6.24　江合川右岸 14.4+50k(中島乙地先)の断面図(東北地方整備局提供)

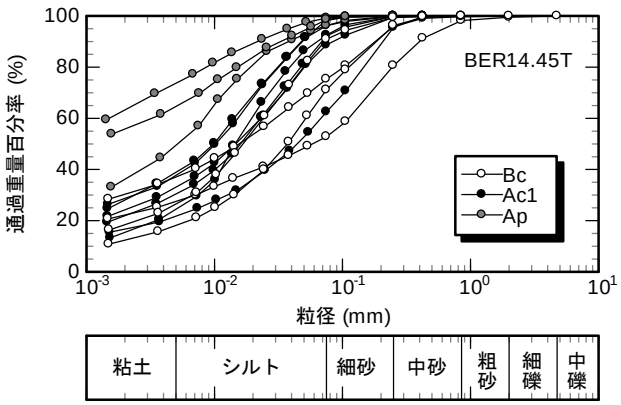


図-6.25　堤体土(Bc)および基礎地盤(Ac1、Ap)の粒径加積曲線(江合川右岸 14.4k、東北地方整備局提供資料に基づいて作図)

(2) 江合川左岸 14.0k+50～14.6k+100（宮城県涌谷町上谷地）

本区間を含む左岸 14.4k+70～14.6k+10 では、1978 年宮城県沖地震により被害を生じ、切り返し、格子張り、止水矢板による復旧がなされている[2)3)]。

本区間では、延長 650m 程度にわたって天端に縦断亀裂、沈下、陥没が生じた(**写真-6.39**、**写真-6.40**)。天端から見た被災状況は対岸側(右岸 14.0k+43～14.6k+43)とよく類似しており、上谷地橋の左岸側橋台アプローチ部には 1m 程度の沈下が生じていた。ただし、左岸側では**写真-6.40**、**写真-6.42** に示すように、裏のり中腹、裏のり尻に噴砂が確認されており、明らかに液状化が生じた点が異なる。

写真-6.39、**写真-6.42** からも分かるように、川表側、川裏側の両のり尻が大きくはらみ出し、堤体土が基礎地盤上面に乗り上げるように変形していた。このことから、主たる変形は堤体内で生じていたものと考えられる。地震後の地盤調査に基づいて作成された断面図を**図-6.26** に示す。基礎地盤が粘性土から構成されるのは右岸 14.4k+50 と同様であるが、堤体が砂質土により構成される点が大きく異なる。基礎地盤の圧密沈下により堤体が基礎地盤にめり込むように沈下しており、堤体内に地下水位が観測されていることから、堤体下部の飽和砂質土に液状化が生じたことが主たる被災要因であると考えられる。



写真-6.39　天端および表のりの状況(上谷地橋から下流側を望む)



写真-6.40　天端の状況(上谷地橋から上流側を望む)



写真-6.41　裏のり中腹部の噴砂



写真-6.42　裏のり尻のはらみ出しおよび噴砂

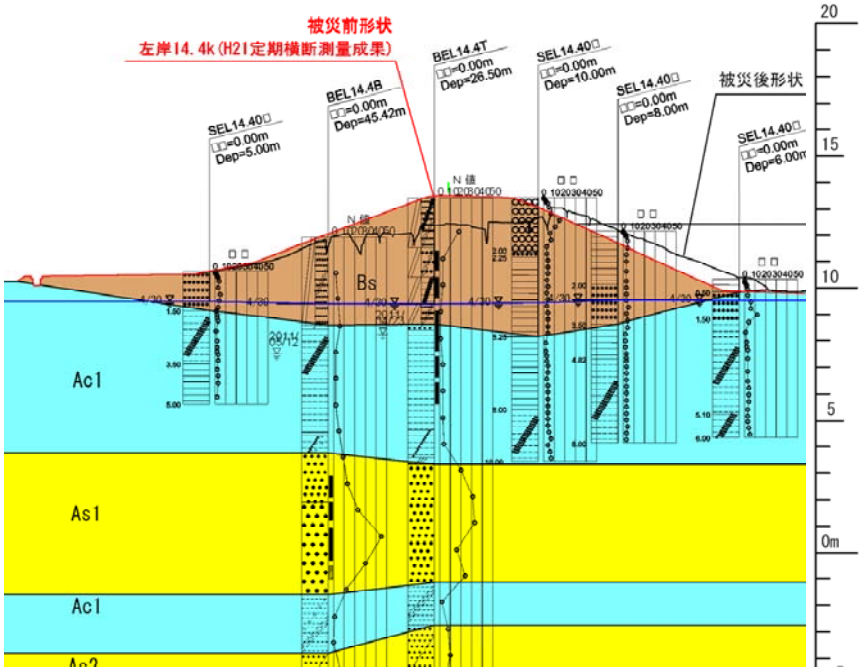


図-6.26　江合川左岸 14.4k(上谷地地先)の断面図(東北地方整備局提供)

(3) 江合川右岸 26.6k+115～26.8k+120（宮城県大崎市福沼）

本区間では、天端に著しい縦断亀裂を伴う沈下が生じた(**写真-6.43**)。堤防は川表側に崩壊しており、表のり尻部に噴砂が確認された(**写真-6.44**、**写真-6.45**)。裏のり尻付近には大きな変状が生じなかった。

地震後の地盤調査に基づいて作成された断面図を**図-6.27** に示す。土質試験結果より、堤体直下の As1 層は、川表側では細粒分が少なく、川裏側では細粒分を多く含んでいることが明らかとなっていることから、As1 層のうち川表側付近で液状化が生じたことが主たる被災要因であると考えられる。ただし、堤体は基礎地盤の圧密沈下によりめり込んでおり、堤体内に水位が観測されること、崩土が周辺地盤を覆っていること、周辺地盤に水平変位や隆起等の変状が見られないことから、堤体自体の液状化の被害に影響した可能性も考えられる。

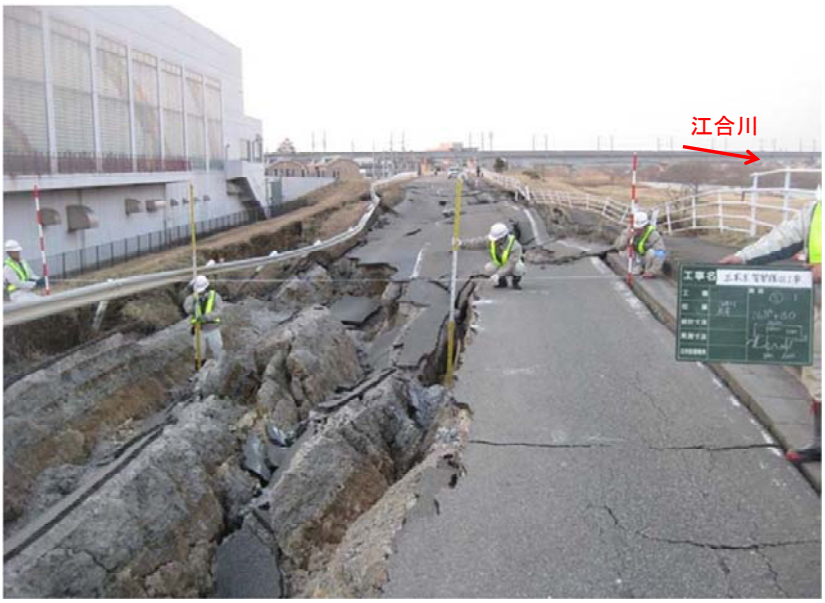


写真-6.43　天端の状況(東北地方整備局提供)



写真-6.44　表のり下部の崩壊(高橋章浩東京工業大学大学院准教授提供。対岸より撮影)



写真-6.45　表のり尻部の噴砂(東北地方整備局提供)

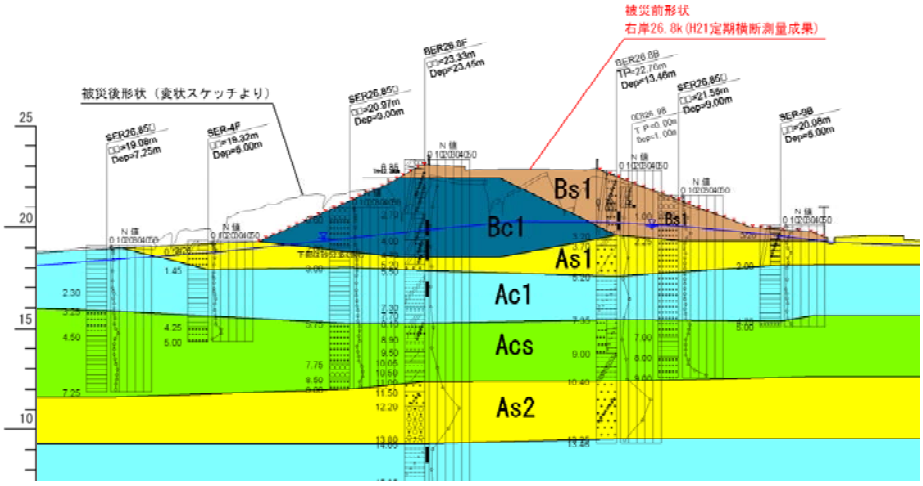


図-6.27　江合川右岸 26.8k+50(福沼地先)の断面図(東北地方整備局提供)

(4) 江合川左岸 27.4k+60～27.8k（宮城県大崎市渕尻）

本区間は堤防天端が兼用道路となっており、堤防天端が大きな縦断亀裂により寸断され、縦断亀裂に車両が落ち込んでいた(**写真-6.46**)。表のり肩の亀裂は噴砂により満たされていた(**写真-6.47**)。本区間に架かる江合橋の橋台アプローチ部には大きな段差が生じていた(**写真-6.48**)。表のり尻部には顕著なはらみ出しが見られ、表のり尻から 1～2m の位置に噴砂痕が見られた。高水敷のテニスコートに不陸が生じており、基礎地盤に液状化が生じた可能性が考えられる。江合橋上流側の川裏側の民地において、液状化に起因すると考えられる地盤変状が生じていた(**写真-6.49**)。

なお、調査当時は、亀裂深さを調べるための天端のトレンチ掘削がちょうど行われており、掘削箇所を眺めたところ、細粒分を含まない砂とシルト質土が明瞭に分かれる箇所が確認された(**写真-6.50**)。大きく粒度の異なる堤体材料が使用されており、堤体内が相当に不均質であることが分かった。

地震後の地盤調査に基づいて作成された断面図を**図-6.28** に示す。同図より、基礎地盤が粘性土あるいは互層、堤体が砂質土であり、さらに地下水位が堤体内に確認される。本区間の堤内地は造成盛土であるが、緊急復旧後の 4 月 7 日(最大余震の前)の状況を示した

写真-6.51 を見ると、護岸ブロックの下部から水のしみ出しが見られることから、造成盛土から地下水が供給され、堤体内の水位は常時より高い状態にあったものと推察される。これらより、堤体下部の飽和域に液状化が生じた可能性が考えられる。また、高水敷に噴砂が見られたことから、川表側の基礎地盤にも液状化の発生が疑われる。以上より、堤体下部の液状化が被害の主要因であると考えられるが、基礎地盤の液状化も被害に影響したものと考えられる。



写真-6.46　天端および表のりの状況（江合橋から下流側を望む）



写真-6.47　のり肩に達した噴砂



写真-6.48　江合橋の橋台アプローチ部に生じた段差



写真-6.49　川裏側の民家付近の地盤変状

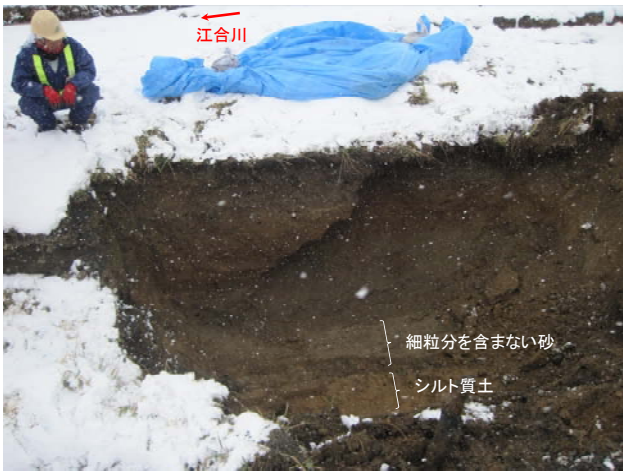


写真-6.50　トレンチ掘削状況(江合橋上流側の天端)

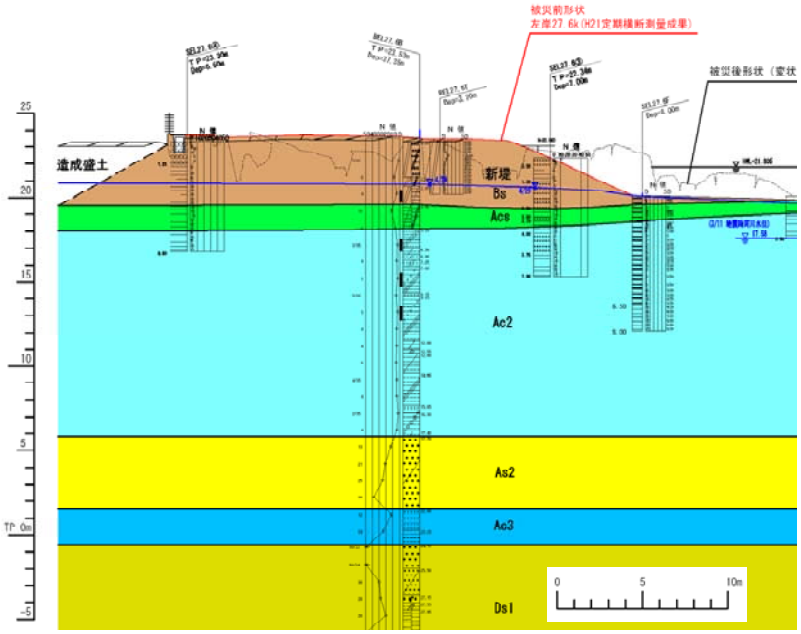


図-6.28　江合川左岸 27.6k(渕尻地先上流)の断面図(東北地方整備局提供)



写真-6.51　護岸下部からの水のしみ出し

6.2.7 北上川水系新江合川

(1) 新江合川右岸 2.8k+25～2.8k+195（宮城県大崎市楡木）

堤防天端に縦断亀裂および陥没が生じた(**写真-6.52**)。裏のり尻の水路には、土砂が落下した箇所が見られたが(**写真-6.53**)、水路に変位が生じた様子は確認されなかった。川表側では、のり肩付近が亀裂の開口を伴って急勾配化、のり面中腹で緩勾配化、のり尻部で急勾配化しており、一部では護岸下部が著しく前傾していた(**写真-6.54**、**写真-6.55**)。護岸下部の状況の模式図を**図-6.29** に示す。変状の著しい箇所ではのり枠が曲げ破壊し、護岸ブロックとともに前傾していた。堤体下部のはらみ出しが原因として考えられる。

現地踏査時には本区間で液状化の痕跡が見られなかったが、積雪のため十分に把握できていない可能性もある。



写真-6.52　天端の状況



写真-6.53　裏のり尻部の水路内に落下した土砂

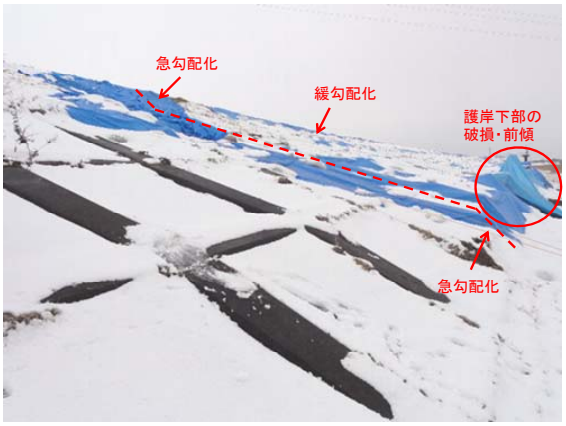


写真-6.54　表のりの状況



写真-6.55　護岸下部の前傾

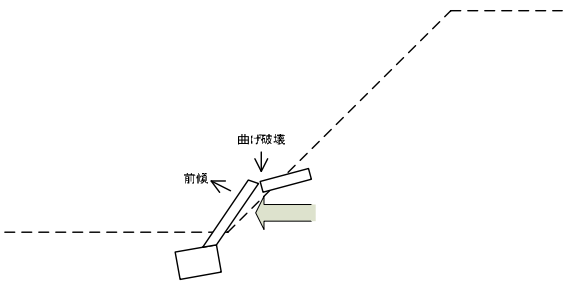


図-6.29　護岸下部の被災状況の模式図

6.2.8 久慈川水系久慈川

(1) 久慈川左岸 18.5k-172～18.5k+124（茨城県常陸太田市松栄町地先）

天端の状況を**写真-6.56**、概略の被災状況に関する断面図を**図-6.30**、被災箇所の平面図を**図-6.31** に示す。本区間では、延長 300m 程度にわたって天端に縦断亀裂、沈下が生じた。**写真-6.56** のとおり、天端の縦断亀裂はセンターラインより川表側に集中して発生した。

図-6.32 に示す治水地形分類図より、本区間の大部分は氾濫平野、下流側の一部は旧河道に位置することが分かる。



写真-6.56　天端の状況(関東地方整備局提供)

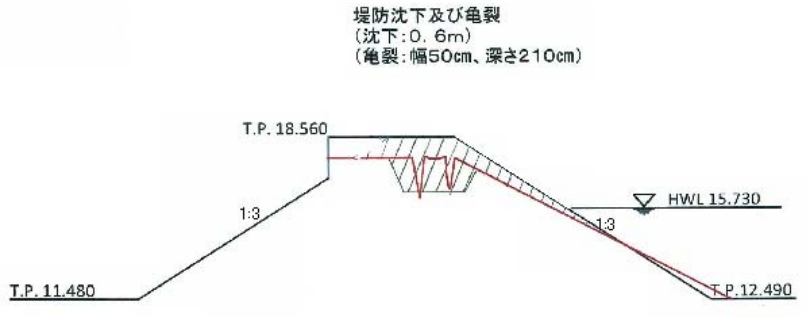


図-6.30　概略被災状況図(関東地方整備局提供)

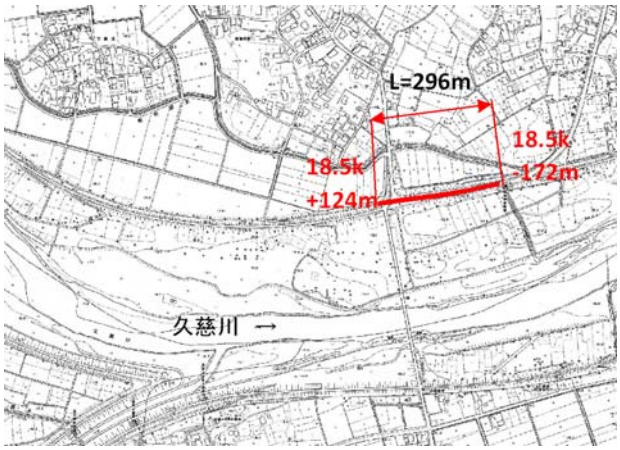


図-6.31　被災箇所の平面図(関東地方整備局提供)



図-6.32　治水地形分類図 [1)]

6.2.9 久慈川水系里川

(1) 里川左岸-1.0k+151～-1.0k+254（茨城県常陸太田市落合町地先）

当該区間では、延長 103m にわたって堤防に被害が生じた。**写真-6.57** に示すとおり、天端は堤防延長方向に波打つように沈下した。沈下量は、最も大きいところで 1.6m 程度である。**写真-6.57** および**写真-6.58** のとおり、表のり、裏のりのいずれにも縦断亀裂が生じており、亀裂の深さは最大 90cm 程度、幅は 30cm 程度であった。

本区間付近の治水地形分類図を**図-6.33** に示す。被災区間は氾濫平野に分類されているが、背後に旧堤が存在することから、被災区間が旧河道である可能性も考えられる。



写真-6.57　天端の状況（関東地方整備局提供）



写真-6.58　裏のり肩の段差を伴う天端の沈下（関東地方整備局提供）



図-6.33　治水地形分類図 [1)]

6.2.10 那珂川水系那珂川

(1) 那珂川右岸 4.5k-190～4.5k-40（茨城県水戸市下大野地先）

天端の状況を**写真-6.59**、被災区間の平面図を**図-6.34**、被災区間の航空写真を**写真-6.60**、概略の被災状況を表す断面図を**図-6.35** に示す。

本区間では、延長 150m 程度にわたって天端に縦断亀裂、沈下が生じるとともに、表のりおよび裏のりにはらみ出しが生じた。天端の中央部には大きな縦断亀裂が開口し、亀裂の底には噴砂が溜まっていることが分かる。また、**写真-6.60** に示す航空写真からは、表のり尻付近および堤内地盤に多数の噴砂痕が確認される。

図-6.36 に示す治水地形分類図によれば、本区間は自然堤防ないしは旧河道に位置する。



写真-6.59　天端の状況（関東地方整備局提供）

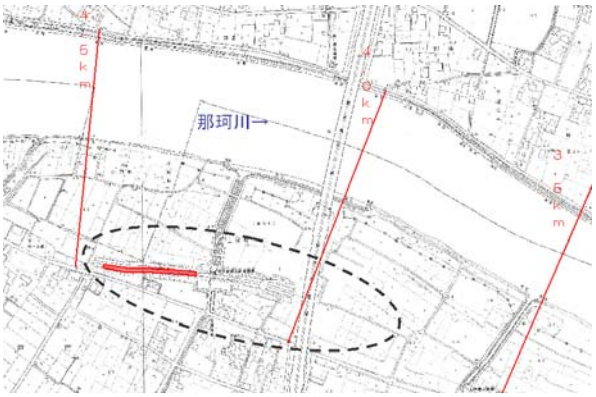


図-6.34　被災箇所の平面図（関東地方整備局提供）



写真-6.60　被災区間の航空写真（関東地方整備局提供）

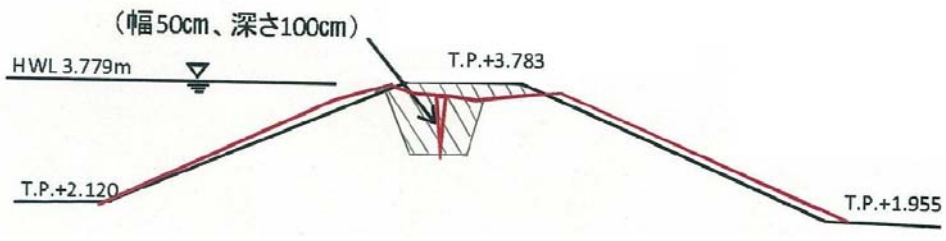


図-6.35　概略被災状況図（関東地方整備局提供）



図-6.36　治水地形分類図 [1)]

6.2.11 利根川水系利根川

(1) 利根川左岸 18.5k+100～19.0k-11（茨城県神栖市横瀬地先）

当該区間では、延長 389m にわたって堤防に被害が生じた。**写真-6.61** に示すとおり、利根川と常陸川に挟まれた区間である。天端では、段差を伴う縦断亀裂および沈下が見られた。天端に見られる段差は 1～2m 程度、亀裂深さは最大で 3m 程度であった。また、**写真-6.62** のとおり、高水敷に噴砂が確認された。



写真-6.61　天端の段差を伴う沈下（関東地方整備局提供）



写真-6.62　高水敷の噴砂痕

(2) 利根川右岸 70.5k-158～71.0k（千葉県印旛郡栄町三和）

本区間では、延長 633m にわたって天端の沈下および縦断亀裂が生じた(**写真-6.63**)。道路として利用されている裏小段は、上面が川側に傾斜しつつ沈下し(**写真-6.64**)、裏のり尻付近では堤体の表面がめくれ上がりつつ落下するように崩壊した箇所、裏のり尻部の基礎地盤が隆起した箇所が見られた(**写真-6.65**)。また、階段工に大きな変状が見られた(**写真-6.66**)。

被災箇所の平面図を**図-6.37**、治水地形分類図を**図-6.38** に示す。治水地形分類図によ

れば、被災区間は利根川右岸の将監川と長門川に囲まれた氾濫平野の中に形成された自然堤防に位置する。



写真-6.63　天端の沈下(関東地方整備局提供)



写真-6.64　裏小段の状況(関東地方整備局提供)



写真-6.65　裏のりの崩壊および裏のり尻部の隆起(関東地方整備局提供)



写真-6.66　階段工の変状(関東地方整備局提供)

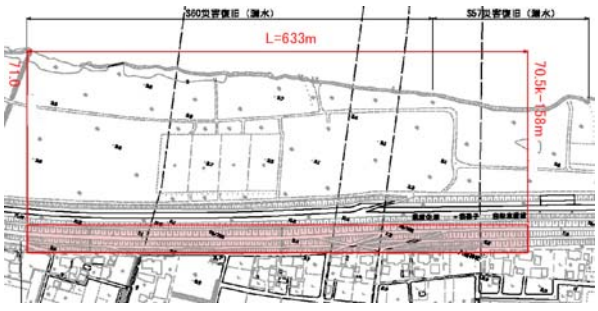


図-6.37　被災箇所の平面図(関東地方整備局提供)

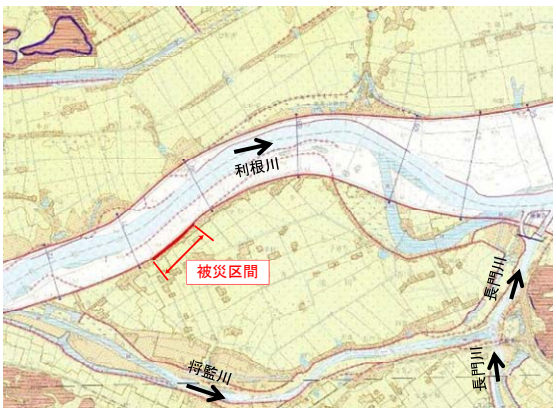


図-6.38　治水地形分類図 [1)]

6.2.12 利根川水系霞ヶ浦

(1) 常陸川左岸 1.0k～1.5k（茨城県神栖市横瀬地先）

前述の利根川左岸 18.5k+100～19.0k-11 の対岸に位置する本区間では、延長 500m にわたって堤防に被害が生じた。**写真-6.67** に示す区間の上流側では、天端の沈下および縦断亀裂が見られた。亀裂の深さは 1.5m、幅は 1m 程度であった。一方、**写真-6.68** に示す区間の下流側では、天端の沈下量が大きいところで 60cm 程度であった。また、本区間内の樋門では、**写真-6.69** および**写真-6.70** に示すとおり、抜け上がりが生じた。ヒアリングによると、この樋門は杭基礎により支持されており、周辺堤防の沈下にともなって抜け上がりが生じたものと考えられる。

本区間付近の治水地形分類図を**図-6.39** に示す。常陸川と利根川の合流地点近傍であり、旧河道が広く存在している。本区間は砂丘、旧河道ないしは氾濫平野に分類されている。



写真-6.67　天端の沈下および縦断亀裂(関東地方整備局提供)



写真-6.68　天端の沈下(関東地方整備局提供)



写真-6.69　樋門周辺堤防の抜け上がり(関東地方整備局提供)



写真-6.70　樋門の抜け上がり(関東地方整備局提供)

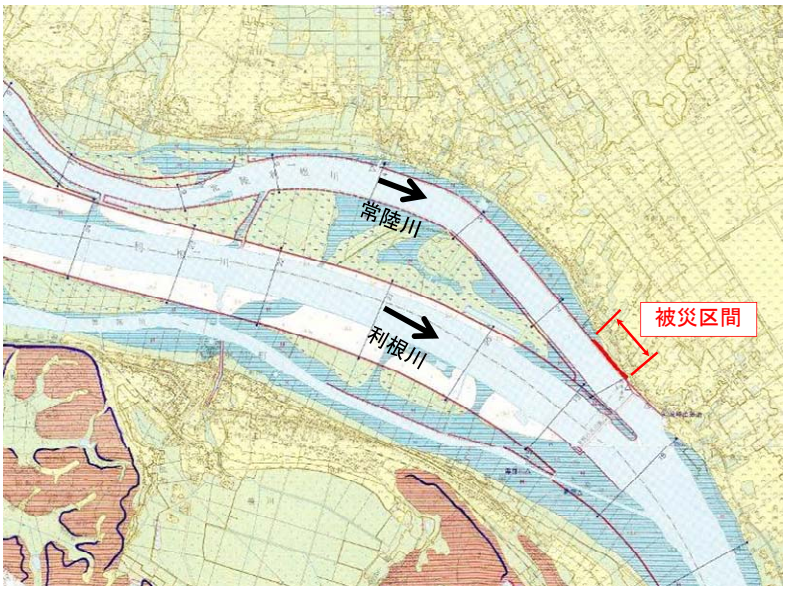


図-6.39　治水地形分類図 [1)]

(2) 横利根川左岸 2.75k-70～2.75k+30（千葉県香取市）

本区間は掘込み河道に矢板護岸が設けられ、その背後には高さ 60cm の堤防が設けられている。矢板護岸に水平変位が生じ、矢板護岸背後のブロックに変状が生じるとともに、堤防天端に沈下、縦断亀裂、沈下、陥没が生じた(**写真-6.71～写真-6.73**)。矢板護岸の水平変位が特に顕著な区間では、堤防天端が沈下し、水没した箇所も見られた。堤内地側には数多くの噴砂と亀裂が確認された(**写真-6.73**)。

被災箇所の平面図を**図-6.40**、治水地形分類図を**図-6.41** に示す。横利根川は霞ヶ浦（西浦）と利根川を結ぶ河川であり、本区間は旧湿地とされている。



写真-6.71　矢板護岸の水平変位と天端の沈下(関東地方整備局提供)



写真-6.72　矢板護岸背後のブロックの変状(関東地方整備局提供)



写真-6.73　天端に生じた亀裂(関東地方整備局提供)



写真-6.74　堤内地の噴砂・地割れの状況

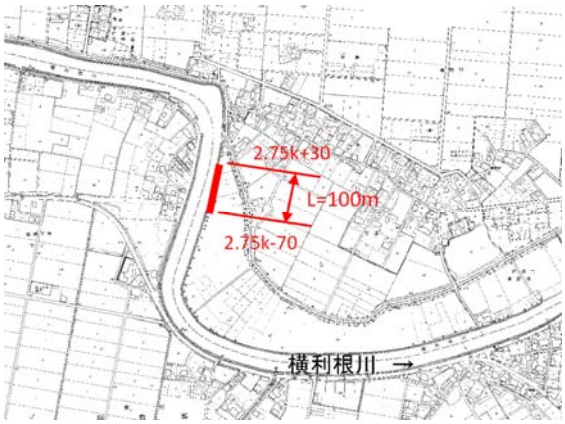


図-6.40　被災箇所周辺の平面図(関東地方整備局提供)



図-6.41　治水地形分類図 [1)]

(3) 西浦右岸 3.75k+100～5.25k+80（茨城県稲敷市本新（もとしん）地先）

本区間では、延長 1,480m にわたって天端に縦断亀裂、沈下および段差が生じた(**写真-6.75**)。沈下量は、最も大きいところで 1.2m 程度であった。また、**写真-6.76** のとおり、護岸の変状、表のり尻の噴砂が確認された。裏のり尻では、隆起とともに縦断亀裂が生じた(**写真-6.77**)。



写真-6.75　天端の縦断亀裂、沈下および段差(関東地方整備局提供)



写真-6.76　表のり護岸の変状および噴砂痕(関東地方整備局提供)



写真-6.77　裏のり尻付近の隆起(関東地方整備局提供)

6.2.13 利根川水系小貝川

(1) 小貝川左岸 35.0k-80～35.0k+20（茨城県つくば市上郷（かみごう）地先）

当該区間では、延長 100m にわたって堤防に被害が生じた。天端には、**写真-6.78** に示す幅 6cm 程度の横断亀裂や、**写真-6.79** に示す裏のり肩の縦断亀裂が生じた。また、**写真-6.80** および**写真-6.81** に示すとおり、裏のり面や裏小段にも縦断亀裂が見られた。堤体に生じた縦断亀裂は、深さ最大約 2m であった。また、高水敷に深さ最大約 1m の亀裂が生じており、噴砂痕も確認された。堤内地側では、**写真-6.81** に示すとおり、裏のり尻付近及びその周辺に、深さ最大 1.3m の亀裂が確認された。川裏側の農地には、旧河道に沿って弧を描くような噴砂跡が確認され(**写真-6.82**)、噴砂の土粒子は粒径が小さく均一であった。ヒアリングによると、堤内地側には噴砂とともに水たまりも多数確認されており、本区間では基礎地盤の液状化が発生したと考えられる。

治水地形分類図を**図-6.42** に示す。本区間の堤内地に名残川が存在し、旧河道である可能性が考えられる。



写真-6.78　天端の横断亀裂(関東地方整備局提供)



写真-6.79　裏のり肩の縦断亀裂(関東地方整備局提供)



写真-6.80　裏のりの亀裂(関東地方整備局提供)



写真-6.81　裏小段の亀裂(関東地方整備局提供)

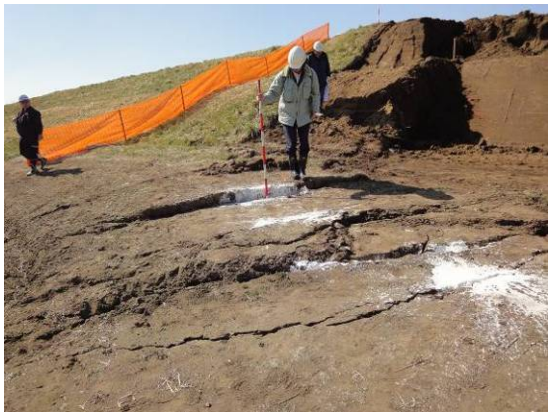


写真-6.82　裏のり尻付近の亀裂



写真-6.83　堤内地の噴砂痕



図-6.42　治水地形分類図 [1)]

(2) 小貝川左岸 42.0k-53～42.0k+6（茨城県つくば市安食）

本区間では、延長 60m 程度にわたり、裏のり肩の沈下、裏のり尻のはらみ出しが生じた(**写真-6.84**、**写真-6.85**)。主として天端が取り残され、裏のり肩から堤内側のみが沈下するような変状の形態であったが(**写真-6.86**)、一部では天端の陥没を伴う箇所もあった(**写真-6.87**)。裏のり尻にははらみ出しが生じた(**写真-6.88**)。

被災箇所の平面図を**図-6.43**、治水地形分類図を**図-6.44**、概略の被災状況に関する断面図を**図-6.45** に示す。治水地形分類図によれば、本区間は自然堤防に位置するが、下流端は旧河道に近いことが分かる。



写真-6.84　裏のりの状況(下流側、関東地方整備局提供)



写真-6.85　裏のりの状況(上流側、関東地方整備局提供)

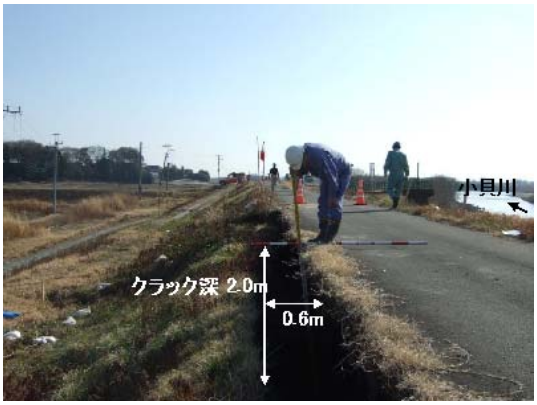


写真-6.86　裏のり肩～裏のりの沈下(関東地方整備局提供)



写真-6.87　天端の状況(関東地方整備局提供)



写真-6.88　裏のり尻のはらみ出し

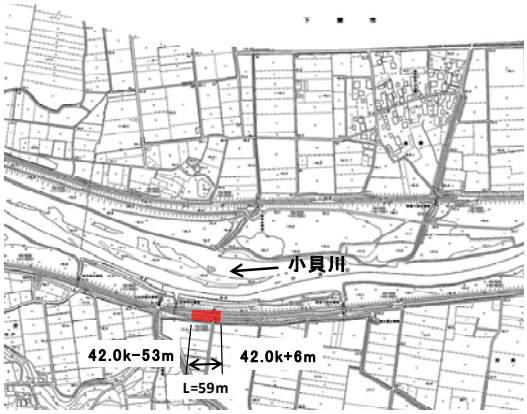


図-6.43　被災箇所の平面図(関東地方整備局提供)



図-6.44　治水地形分類図 [1)]

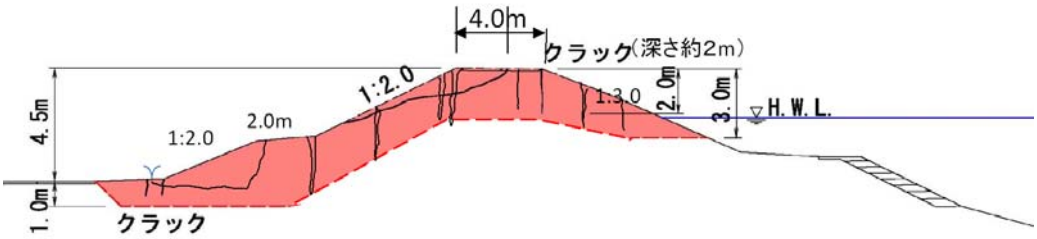


図-6.45　概略被災状況図(関東地方整備局提供)

(3) 小貝川左岸 42.0k-85 吉沼用水樋管（茨城県つくば市安食）

吉沼用水樋管（土地改良区管理）では、堤防天端に沈下が生じるとともに、管理橋の端部が落座していた(**写真-6.89**)。翼壁の天端部には若干の沈下が見られた(**写真-6.90**)。樋門およびゲートの外観については、特に損傷は見当たらなかった。川裏の堤脚部に設置されている水路には、水路の浮き上がりが生じた(**写真-6.91**)。付近の堤内地盤では噴砂が生じていた(**写真-6.92**)。



写真-6.89　堤防天端および管理橋



写真-6.90　翼壁天端部の沈下



写真-6.91　水路の浮き上がり



写真-6.92　堤内地側の噴砂痕

6.2.14 利根川水系江戸川

(1) 江戸川右岸 57.5k+100～57.5k+300（埼玉県幸手市）

本区間では、延長 200m にわたって裏のりが崩壊した(**写真-6.93**)。兼用道路(県道 268 号西関宿・栗橋線)として利用されている裏小段は、センターラインに沿う大きな段差を伴う沈下を生じた(**写真-6.93**)。裏のり尻付近では、亀裂に分断された堤体土の間から高含水の粘性土がたまっている箇所があった(**写真-6.94**)。

被災箇所周辺の平面図を**図-6.46**、治水地形分類図を**図-6.47**、概略の被災状況に関する断面図を**図-6.48** に示す。被災箇所は幸手放水路からの洪水を江戸川本川に排水する中川上流排水機場の上流側であり、旧河道がちょうど堤防に近接する区間と一致している。



写真-6.93　裏のりの変状（関東地方整備局提供）



写真-6.94　裏小段の段差を伴う沈下(関東地方整備局提供)



写真-6.95　裏のり尻付近の亀裂と高含水の粘性土(関東地方整備局提供)

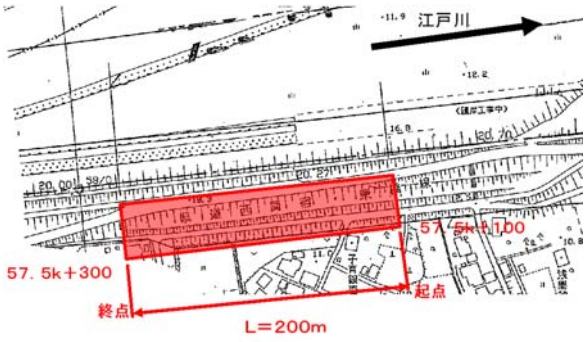


図-6.46　被災箇所周辺の平面図(関東地方整備局提供)

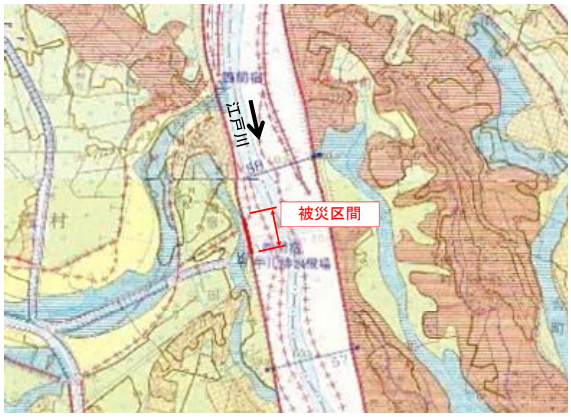


図-6.47　治水地形分類図 [1)]

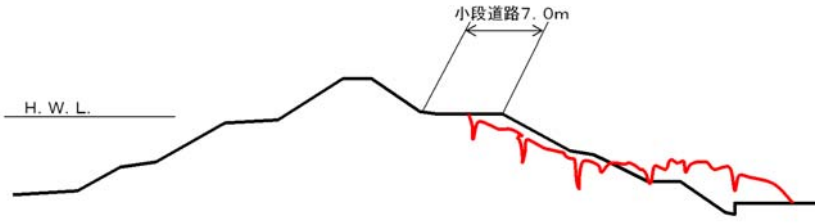


図-6.48　概略被災状況図(関東地方整備局提供)

(2) 江戸川左岸 58.0k-10～58.0k+220（千葉県野田市）

本区間は堤防高さが 10m 程度であり、表のりの勾配が 4 割の緩傾斜となっている。天端には変状が見られなかったが、延長 230m にわたって表のりに段差を伴う沈下が生じた(**写真-6.96**)。表のり尻部では、縦断亀裂から多数の噴砂が生じた(**写真-6.97**)。現地での

ヒアリングによると、表のりの亀裂内に噴砂が確認されたようである。また、ヒアリングによると、本震翌日の 3 月 12 日に掘削した箇所から湧水が確認されており、液状化に伴う過剰間隙水圧が地盤内に残留していた可能性が考えられる。

本区間付近の治水地形分類図を**図-6.49** に示す。被災区間は主として台地、下流側の端部付近が旧河道とされているが、利根川からの分流地点に近く、旧河道が複雑に存在している。なお、被害は緩勾配の表のりに生じたことから、台地にて液状化が生じたと解するのは適切でないと考えられる。



写真-6.96　表のりの段差を伴う沈下（関東地方整備局提供）



写真-6.97　表のり尻部の噴砂痕(関東地方整備局提供)



図-6.49　治水地形分類図 [1)]

6.2.15 浸透対策・耐震対策された堤防の状況

(1) 鳴瀬川右岸 0.7k 付近

1995年兵庫県南部地震以降に進められた堤防の耐震対策として、裏小段にサンドコンパクションパイル工法による対策が実施された箇所である。改良幅は5.8m、改良率は10.3%である。**図-6.50**に示すように、厚さ3-4mの砂層(As1)が存在し、この層が液状化することによって生じる被害を抑制するために裏小段の直下にサンドコンパクションパイルを施工したものである。

本地点では、対策工の効果を確認することを目的として地震計と間隙水圧計が同一断

面内に設置されている。2003年7月宮城県北部の地震においては、対策範囲・無対策範囲において過剰間隙水圧の上昇に差が生じるなど、締固め改良の効果が確認されている[13)14)15)]。

今回の地震においては、天端に津波による漂流物が見られ、対策区間の下流端で越水によりのり尻部に落堀が形成されのり面が浸食された箇所(**写真-6.99**)があるなど、津波による影響は見られたものの、天端、裏のりには地震動による変形の痕跡や亀裂等の発生は認められなかった(**写真-6.98**、**写真-6.100**、**写真-6.101**)。対策区間の表のりや対策区間の上下流の堤防にも地震動による変状は確認されなかった。

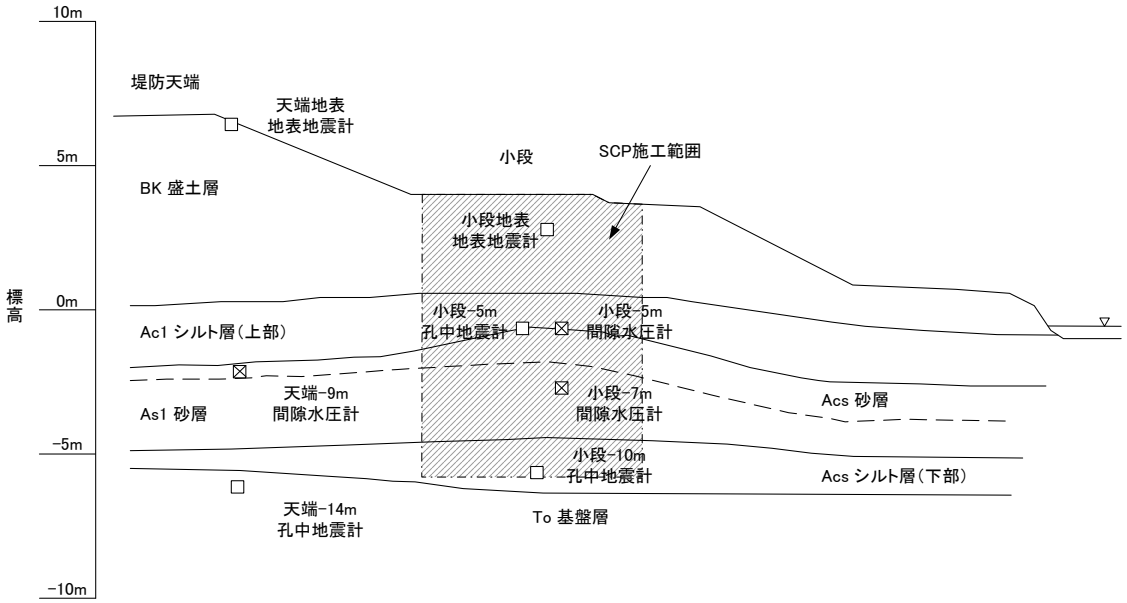


図-6.50　鳴瀬川右岸 0.0k（中下震動観測所付近）の断面図



写真-6.98　天端の状況

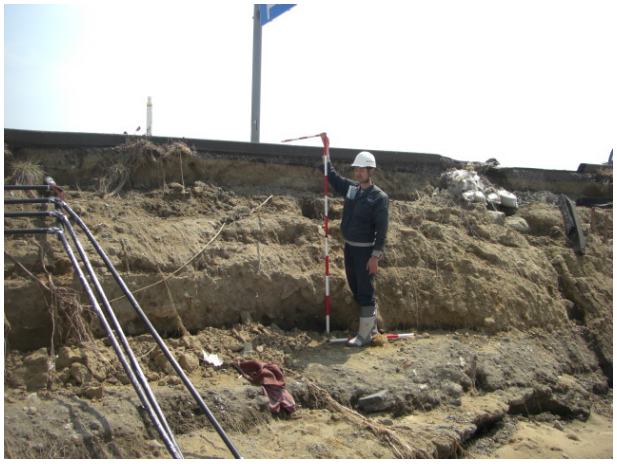


写真-6.99　対策区間下流の津波越流による浸食の状況

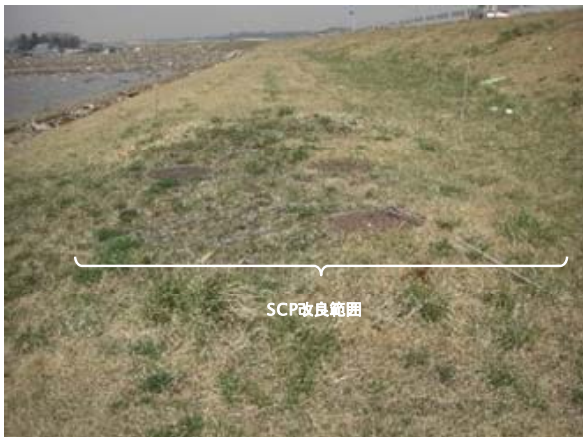


写真-6.100　裏小段の状況



写真-6.101　裏のり尻付近の状況

今回の地震においては、観測小屋が津波を受けたこともあり、改良範囲内の地震計、間隙水圧計の記録が得られなかったが、天端地表の地震計、天端-9mの間隙水圧計、天端-14mの地震計については、本震の記録が得られている。得られた記録の時刻歴波形を**図-6.51**に示す。HA、HB、UDは、それぞれ堤防縦断方向、堤防横断方向、上下方向を表し、初期有効上載圧σ'_{v0}は、地震前の地下水位がAc1層上面にあったものと仮定して算出したものである。2003年宮城県北部の地震の際と同様、残念ながら過剰間隙水圧の値は82kN/m^{2}付近でレンジオーバーとなっている。

加速度波形の概略の包絡形状に着目すると、宮城県内における他の強震記録と同様に2つの大きなフェーズが見られる。過剰間隙水圧は、フェーズ1で天端に大きな加速度が生じた33秒付近、40秒付近で急激に上昇し、その後、地震動が一度小さくなりかけた70秒付近まで、過剰間隙水圧がやや減少するものの、45kN/m^{2}程度の過剰間隙水圧（過剰間隙水圧比0.38程度）を保持したままフェーズ2を迎えていることが分かる。フェーズ2の途中で間隙水圧の計測値がレンジオーバーとなっているため、過剰間隙水圧がどこまで上昇したかは不明であるが、間隙水圧計が裏のり肩の直下に位置しているため初期せん断の影響により過剰間隙水圧が上昇しにくいと考えられること、地震動による堤防の変状が見られなかったことから考えると、液状化の発生には至っていない可能性が考えられる。

ここで、東北地方で観測された2つのフェーズの地震動の間で過剰間隙水圧が残留していたという事実が観測記録に基づいて明らかになったことは、重要な事実である。過剰間隙水圧の消散速度はその地盤の透水性や土層構成により異なるが、東北地方における他の堤防が甚大な被害を受けた原因として、1つ目のフェーズの地震動によって堤体ないしは基礎地盤が液状化し、高い過剰間隙水圧が残留した状態で2つ目のフェーズの地震動を受けたことが考えられる。

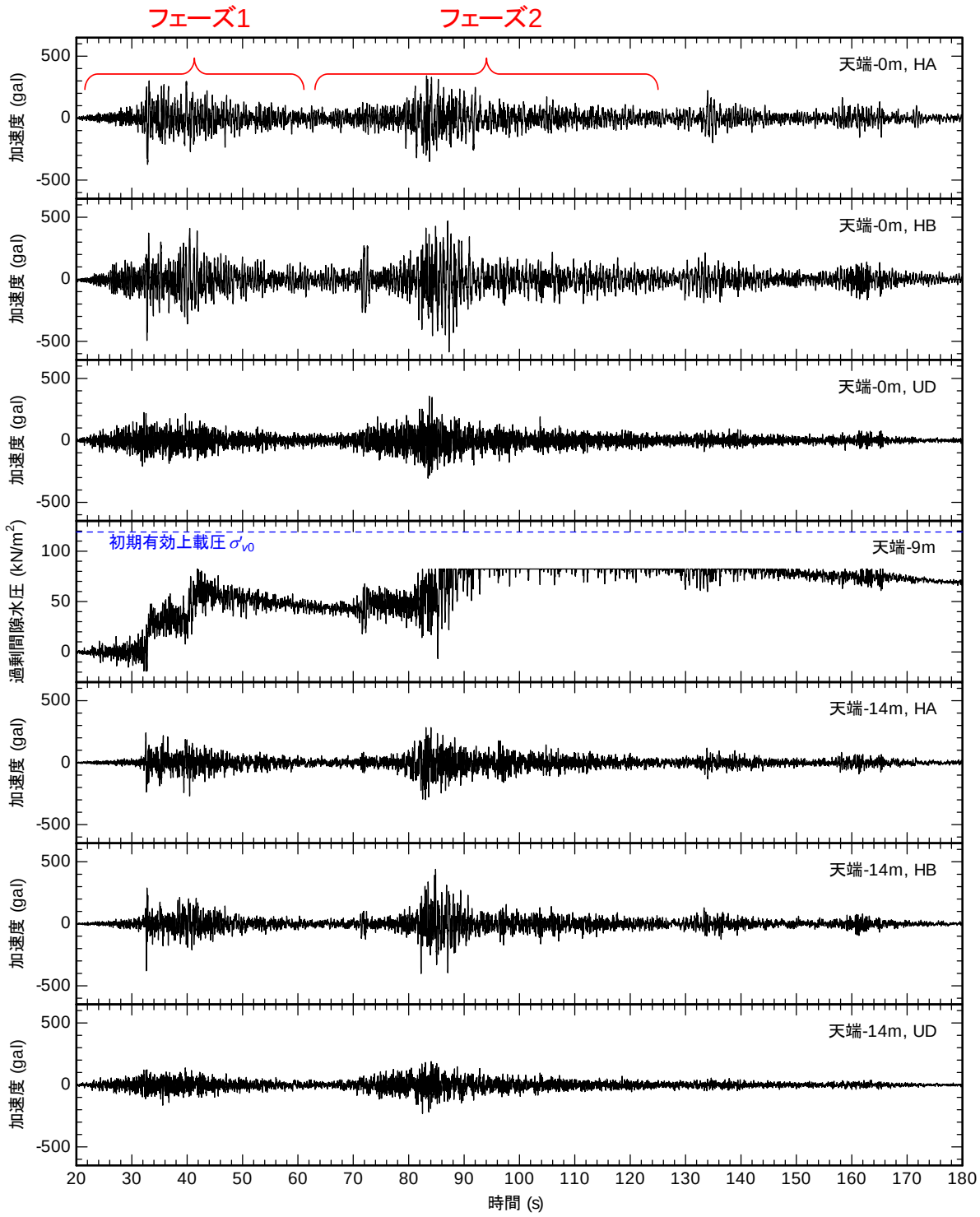


図-6.51　本震の観測記録

(2) 鳴瀬川右岸 14.7k+90～14.9k+70 付近（宮城県大崎市鹿島台木間塚地先）

2003年7月宮城県北部の地震において、両のり肩付近に深さ2m程度の比較的大きな縦断亀裂が生じ、天端が数十cm沈下した。再度災害防止の観点から基礎地盤を浅層改良するとともに、改良土による堤体の全面切り返し、裏のり尻へのドレーン工の設置がなされた(**写真-6.102**)。対策区間の平面図を**図-6.52**に示す。

今回の地震では、対策区間に被害は見られず、隣接する上下流の堤防において縦断亀

裂や天端の沈下(**写真-6.103**)、のり尻部の護岸の隆起(**写真-6.104**)が発生した。このため、基礎地盤の浅層改良、堤体改良、裏のり尻のドレーンによる対策効果が発揮されたことが分かる。ただし、対策実施区間と隣接する無対策区間の境界付近には、**写真-6.105**に示すような複数の横断亀裂が発生した。これは、対策の実施に際して、何らかの緩衝区間を設けるなど端部処理の必要性を示唆するものである。

なお、鳴瀬川左岸12.1k付近～12.5k付近(砂山地先)、鳴瀬川左岸12.7k付近～13.5k付近(二郷地先)、鳴瀬川右岸12.9k+61～13.1k+9.8(木間塚地先)についても同様に、2003年7月宮城県北部の地震により被災し、堤体改良、浅層改良、裏のり尻のドレーンの設置等による対策がなされた。これらの区間では、前後区間も含めて今回の地震における特段の変状が見られなかった。

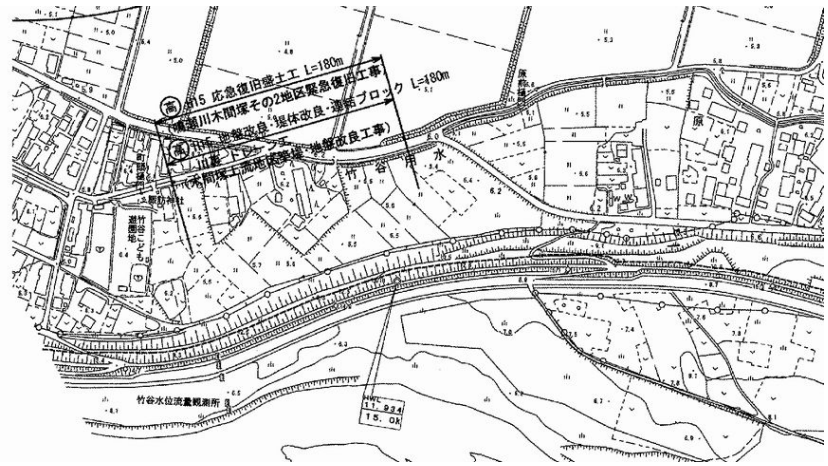


図-6.52　鳴瀬川右岸 14.7k+90～14.9k+70 付近（木間塚地先）の対策区間平面図(東北地方整備局提供)



写真-6.102　対策区間（写真奥ののり尻にドレーンが設置されている区間）



写真-6.103　対策区間に隣接する堤防の沈下（写真手前は対策区間）



写真-6.104　無対策区間における高水護岸の隆起



写真-6.105　対策・無対策区間の境界付近に発生した複数の横断亀裂（手前が対策区間）

(3) 鞍坪川右岸 0.4k～0.6k 付近（宮城県東松島市）

2003年7月宮城県北部の地震において、堤防天端に縦断亀裂が生じ、表のりがはらみ出した。復旧では、堤体の部分切返しとともに、裏のり尻部にドレーン工が設置された。対策区間の平面図を**図-6.53**に示す。

今回の地震では、**写真-6.106**に示すように、ドレーン工が設置された裏のりには目立った変状が見られなかったが、2003年と同様、堤防天端の縦断亀裂と表のりのはらみ出しが生じた。**写真-6.107**のとおり、隣接するドレーンを設置していない区間もドレーンを設置した区間とほぼ同じような被害が見られたが、変状を詳細に比較すると、堤防天端の傾斜や縦断亀裂の大きさ、のり肩部の小規模崩壊の状況は、ドレーン設置区間の方がやや軽微であった。基礎地盤の違いや堤体土の土質、施工等の影響も考えられるが、ドレーン工設置によって堤体内水位の低下、のり尻付近の過剰間隙水圧の消散促進、のり尻の抑え効果が期待されるため、上記のような差異が生じた可能性がある。今後、当該地点だけでなく、他の同様の対策実施箇所も含めて、さらなる詳細な分析が必要である。

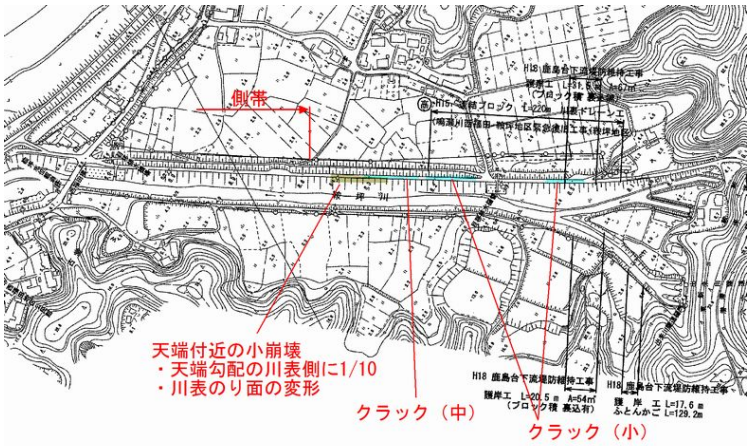


図-6.53　鞍坪川右岸 0.4k～0.6k 付近のドレーン工設置箇所の平面図(東北地方整備局提供。赤字は 2003 年宮城県北部の地震による被災状況)



写真-6.106　ドレーン工設置状況



写真-6.107　天端の傾斜（写真奥がドレーン工設置区間。手前より傾斜が緩い）

6.2.16　地震動による堤防の被災パターン

今回の地震で見られた地震動による堤防の大規模被害について、被災パターンを大別すると以下の２つが考えられる。

1）堤体下部の液状化

堤体下部の液状化による被災メカニズムの模式図を**図-6.54** に示す。このような被害は、堤体が砂質土、堤体直下の基礎地盤が軟弱粘性土層から構成される場合に見られ、次のようなメカニズムにより変状が生じたものと考えられる。

(a) 地震前より、圧密沈下等によって堤体下部が基礎地盤にめり込むように沈下している。基礎地盤の透水性が低いため、この領域には、主として雨水浸透により溜まった間隙水が排出されにくい。飽和域の上面もサクションの影響によって水平とはならず、飽和域の形状はレンズ状となる。実際には度重なる築堤履歴により堤体土は均質でないため、堤体下部の飽和した砂質土は川表側あるいは川裏側のみに偏在することもある。

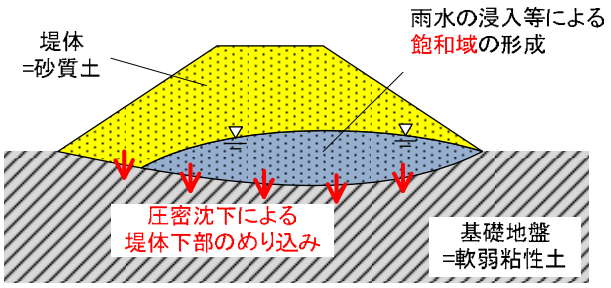
(b) 地震動によって堤体下部の飽和砂質土が繰返しせん断を受け、過剰間隙水圧の上昇とともにその剛性・強度が低下する。特に、堤体下部の砂質土がゆるい場合は、飽和域の砂質土が流動的に変形する。

(c) 堤体下部の飽和域の液状化により，大きな初期せん断応力が作用している堤体のり尻付近に水平変位が生じ、飽和域より上方の堤体土が水平方向に伸張変形する。このため、のり面、のり肩、天端にわたって堤防縦断方向の亀裂が発生する。のり尻部の水平変位が小さい場合はのり尻付近がはらみ出す程度の変状にとどまるが、のり尻付近の水平変位が大きい場合、亀裂が進展して飽和域より上方の堤体土がいくつかの土塊に寸断される。この天端付近の土塊が沈下・傾斜することで、天端に陥没・傾斜を生じることがある。また、変状を生じたのり尻付近から液状化した堤体下部の砂質土が流出して噴砂として見られる場合や、開口した亀裂に液状化した堤体下部の砂質土が貫入し、沈下した元の天端付近やのり肩、のり面付近に噴砂として見られる場合がある。

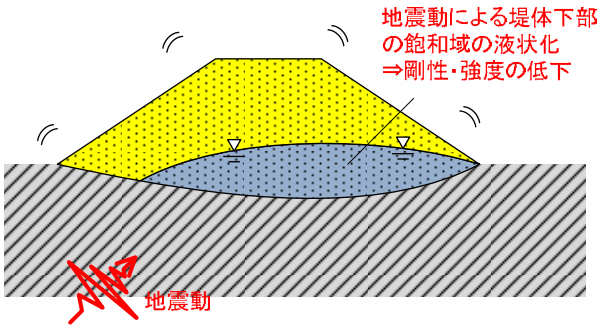
この被災メカニズムは、1993 年釧路沖地震における釧路川堤防の被災調査に基づいて佐々木ら[4)5)]により見出されたものであり、2003 年十勝沖地震における牛首別川堤防、礼作別川堤防[6)]など、いくつかの事例が確認されている。また、2003 年 7 月宮城県北部の地震における鳴瀬川の堤防については、事前降雨により湿潤した堤体下部の液状化が被災要因とされている[7)8)]。

今回の地震において、このパターンに該当するものの例としては、阿武隈川下流の枝野地先(6.2.1(2))および小斉地先(6.2.1(3))、鳴瀬川の下中ノ目地先(6.2.3(4))、江合川の上谷地地先(6.2.6(2))などが挙げられ、特に東北地方整備局管内の堤防で多く見られた点が特徴的である。これらはいずれも、軟弱粘性土地盤上の砂質土による堤体が沈下によりめり込み、その下部に地下水位が存在することが地震後の地盤調査により明らかであり、のり尻部の崩壊あるいははらみ出しを伴う大規模な被害が見られた。

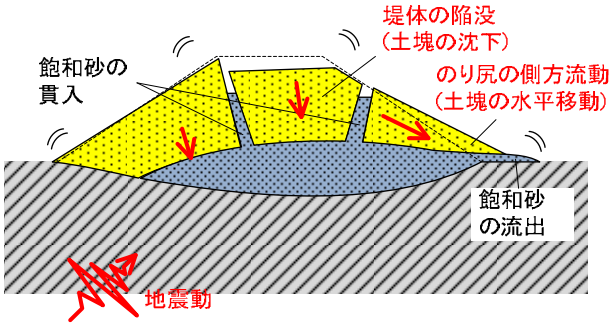
これに対し、阿武隈川下流左岸の野田地先では、よく締め固められた良質材が用いられた新堤部分においては、堤体下部の液状化被害が軽減された可能性が考えられる。また、鳴瀬川右岸の木間塚地先では、浅層改良、堤体改良および裏のり尻へのドレーン工の設置により、前後区間に被害を生じつつも対策区間内では変状が見られなかった。これらの対策を震前に行うことは、堤体の大規模な開削を要することもあり困難であるが、地震被害後の復旧工法の検討を行うにあたっては、今後の参考とすべき好例である。



(a) 地震前



(b) 地震発生～液状化発生



(c) 液状化発生～変状の進展

図-6.54　堤体下部の液状化による被災メカニズム

2) 基礎地盤の液状化

基礎地盤の液状化による被災メカニズムを模式的に**図-6.55** に示す。このような被害は、基礎地盤が砂質土から構成される場合に見られ、次のようなメカニズムにより変状が生じたものと考えられる。

(a) 地震動によって基礎地盤の飽和砂質土が繰返しせん断を受け、過剰間隙水圧の上昇とともにその剛性・強度が徐々に低下する。

(b) 基礎地盤の剛性・強度が低下することで、堤体の自重により基礎地盤が鉛直方向に圧縮、水平方向に伸張するように変形する。このとき、のり尻付近の基礎地盤に隆起が見られる場合もある。これに伴い、堤体も堤体下面から水平方向への伸張変形を生じつつ沈下する。

(c) 堤体の水平方向の伸張変形により、堤体に堤防縦断方向の亀裂が生じる。これが顕著な場合は堤体の縦断亀裂が下方まで深く進展し、堤体がいくつかの土塊に寸断されるとともに、天端付近の土塊の沈下、すなわち天端付近の陥没が生じる場合がある。ま

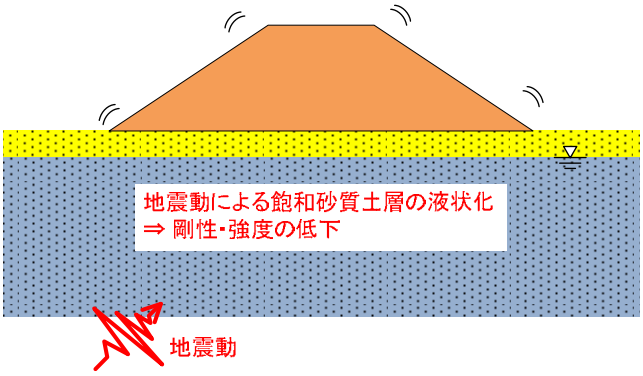
た、のり尻付近の基礎地盤からは液状化した砂質土が噴出し、噴砂として見られる場合がある。

なお、河川流域の基礎地盤は度重なる氾濫履歴等の影響により複雑な土層構成を有する場合が多く、横断面内においても砂質土層の層厚、深度、粒度組成、密度等が大きく変化している場合も多い。したがって、実際に見られる変状の程度は川表側・川裏側で大きく異なる場合もある。また、液状化層に生じる水平方向の伸張変形は、盛土による初期せん断応力に起因して生じるものであるが、初期せん断応力は深さとともに減少していくことから、液状化層が存在する深度に応じ、基礎地盤および堤体の水平方向の伸張変形の程度に違いが生じるものと考えられる。

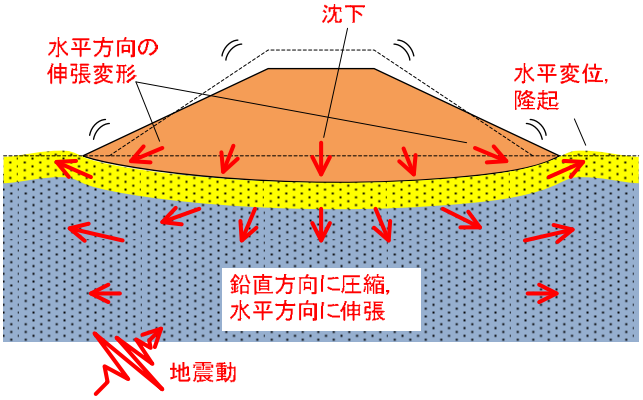
この被災メカニズムは古くから指摘されているものであり、1964 年新潟地震における阿賀野川河口付近の堤防[10)]、1978 年宮城県沖地震による名取川種次第一堤防[2)]、1993 年北海道南西沖地震による後志利別川兜野築堤[5)9)]、1995 年兵庫県南部地震による淀川酉島堤防[9)11)]、2004 年新潟県中越地震による信濃川中条地先の堤防[12)]などの被害が典型例である。

今回の地震において、このパターンに該当するものとしては、鳴瀬川の砂山地先(6.2.3(1))、旧北上川右岸 20.0k 付近(6.2.5(1))、江合川の福沼地先(6.2.6(3))、利根川右岸 71.0k 付近(6.2.11(2))、江戸川左岸 58.0k 付近(6.2.14(2))などが考えられる。ただし、これらが堤体下部の液状化等との複合的な要因によるものである可能性については現段階では十分な検討がなされているわけではない。今後、地盤調査結果等を踏まえた詳細な検討が必要である。

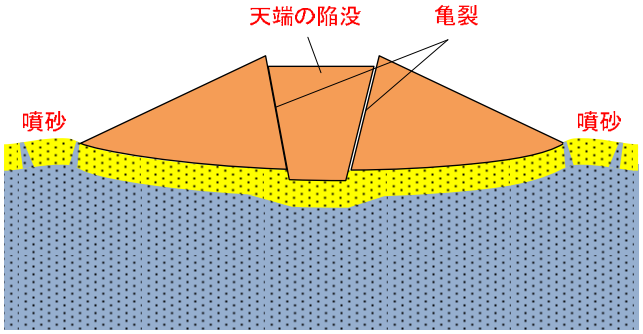
一方、鳴瀬川右岸河口付近の中下堤防(6.2.15(1))では、裏小段にサンドコンパクション工法による対策がなされており、今回の地震において、地震動による被害は認められなかった。その他、関東地方整備局管内においてものり尻付近での液状化対策がなされ、被害が軽減された区間があるため、今後の追加調査・検討により、対策効果の検証を行うことが重要である。



(a) 地震発生～液状化発生



(b) 液状化発生～変形の進展



(c) 地震後の状態

図-6.55　基礎地盤の液状化による被災メカニズム

以上に 2 パターンの大規模被害のメカニズムを示したが、全てがこれらのいずれかあるいは両者に該当するわけではない。例えば、江合川右岸 14.0k 付近(6.2.6(1))では、堤体・基礎地盤のいずれもシルト、粘性土が主体となっており、液状化が被災要因とはなっていない可能性も考えられる。これについても、今後の詳細な被災要因の分析が必要である。

6.3 津波による堤防等の被災

河川研究室は、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踏査を行った。本節は、現地踏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（川側と堤内側）や流れの向きについて整理するとともに、それらと関連づけて堤防等の被災の形態や程度についてとりまとめたものである。とりまとめにあたっては、河川への津波遡上や被災機構について力学的考察も加え、今後さらに検討を深めていく際の糸口を引き出すことを目的として、現段階で活用できる個々の現地情報を組み合わせて現象の全体像の解釈を試みた。そうした性格の資料であるため、以下の内容は現時点での解釈を示したものであり、今後の検討の進展に応じて適宜確認するとともに、更新の対象となりうる事項を含むことに留意されたい。

なお、津波来襲以前に地震動により既に堤防等に被災・変状が生じていたかは、津波作用による被災について解釈を深めていく上で吟味すべき要素である。この点について本節では、以下に示す理由によって、まずは津波作用に着目して整理している。

- 現地踏査時に観察された土堤本体や基礎地盤の侵食・洗掘・崩壊の形態が、既往研究等の洪水流や越流によるものと酷似しており、また被災形態が痕跡などから推定される津波遡上時の流況とも整合するものであった。こうした観察から得られた知見を整理し、河川における津波の挙動とそれに対する堤防等構造物の応答を考察する上での論点を明確にする。
- 現地踏査範囲において、護岸ブロックやパラペットに地震動によると推察される目地のズレや変形が確認されている[16]。また、津波来襲前に撮影された写真から、堤防に隣接するアスファルト舗装に液状化によると推察される変状が確認されている[16]。これら構造物の変状は流水に対する構造物の応答に対して一定の影響を与える可能性があり、今後、被災機構について定量的に検討を深めていく際に留意する必要がある。そこで津波作用に対する護岸ブロックやパラペット等の被災の形態や程度といった特徴を整理するにあたっては、上記の耐力への影響を加味しても論理的な不整合を生じない概括的な事項に留める。

本節は上記の考え方に基づく整理であり、地震動の影響については今後情報をさらに広く収集し、精査する必要があることに留意されたい。

6.3.1 河道内および河川近傍の堤内地における津波遡上

(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1波目の遡上状況を捉えた映像[17),18)]によると、河川周辺の堤内陸域への津波遡上に先行して、河道内を遡上している状況が見られた。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（被災状況の詳細については6.3.2参照）。

新北上川に設置された2箇所の水位観測所で観測された津波遡上時の水位経時変化を

図-6.56に示す。なお、2観測所間において痕跡水位は堤防高を下回っている（図-6.57(a)参照）。下流側の福地観測所では1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た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。

また、津波が上流へ伝播する波速は、2観測所での1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、上流への伝播に伴い波高が低減しているが、最大水位の発生時刻に着目すると河口側の福地観測所のほうがその上流の飯野川上流観測所より遅くなっていることからも分かるように、その低減の仕方は複雑である。

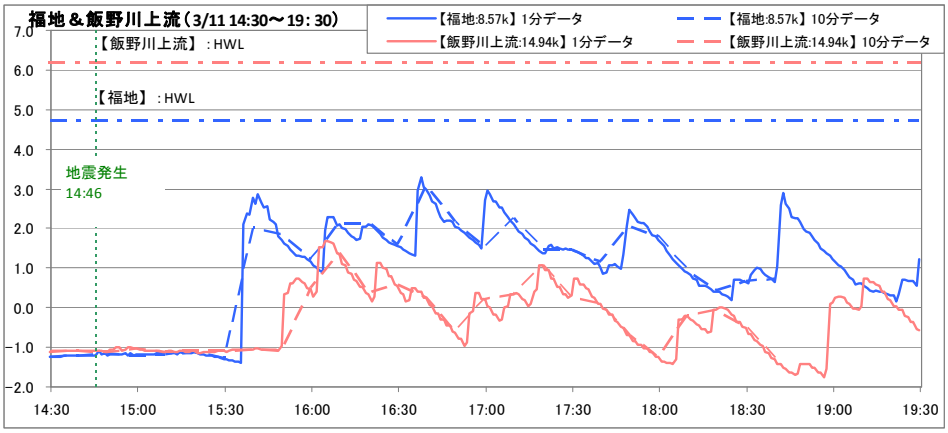


図-6.56　新北上川における津波遡上時の水位経時変化の観測結果
（東北地方整備局による観測データ）

(2) 河道内および堤内の津波痕跡水位調査結果

東北地方整備局が実施した阿武隈川、名取川、鳴瀬川および新北上川を対象とした河川周辺の津波痕跡調査の速報データを用いて、河川研究室において整理した結果を図-6.57に示す。痕跡調査では、堤防のり面をはじめ、橋梁、水門、堤内地の建設物や山裾部などで確認された痕跡の標高を測定している。今次の津波は河川堤防高を超える最大水位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、そうした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速報データには含まれている。今後データを精査するとともに、津波再現計算などを併用して河川に沿った川側・堤内側の最大水位の分布を明らかにしていく必要があるが、今回図-6.57の作成にあたっては、その代わりとして現地踏査時の観察結果を踏まえて最大水位分布をごく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することとした。

堤防天端高を基準とした堤内側・川側の水位の高低の組み合わせから、河川への津波遡上状況を河口から上流に向かって図-6.58に示す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（例えば、(1)で述べた河道内を先行する津波

遡上が生じている間）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と推察される。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。この区間の一部では、川側水位が堤内地盤高および堤内側水位より高くなっており、すなわち河川堤防が津波遡上を河道内に留めた状況となっている。

なお、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て得たものであり、津波到達を示す痕跡としての判定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、つまり津波遡上に対して外岸側にあたるため水位上昇が生じたと考えられる。

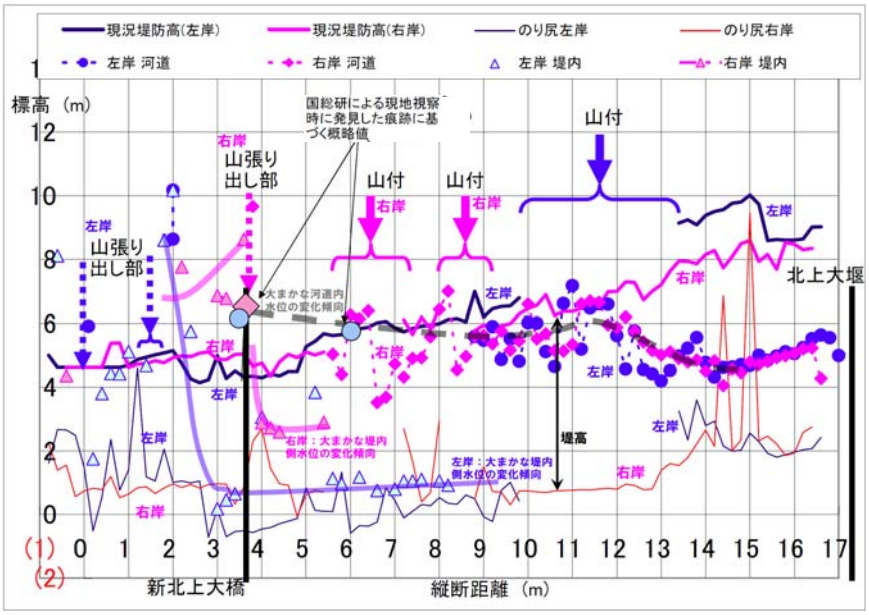


図-6.57(a)　新北上川における痕跡水位調査結果（東北地方整備局よりデータ提供）

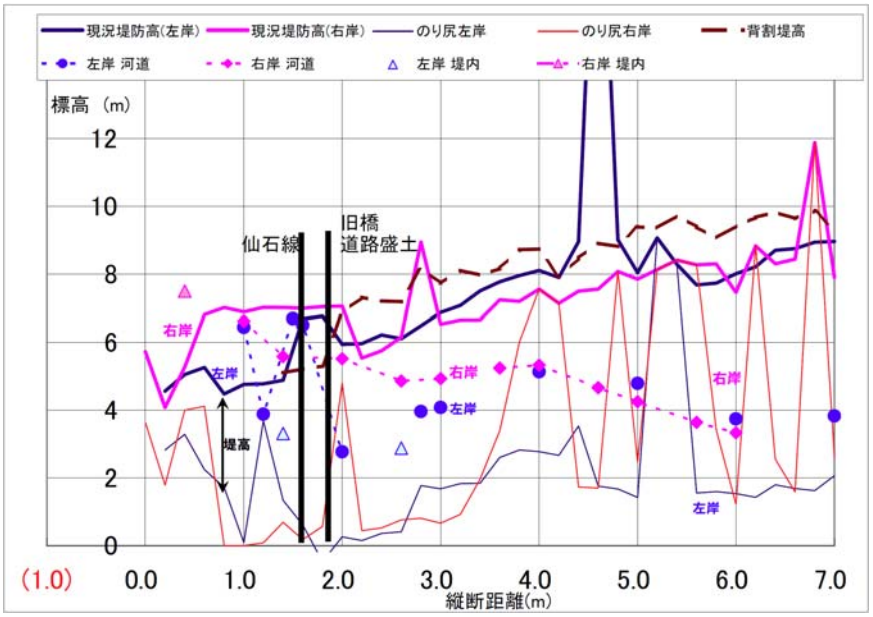


図-6.57(b)　鳴瀬川における痕跡水位調査結果（東北地方整備局よりデータ提供）

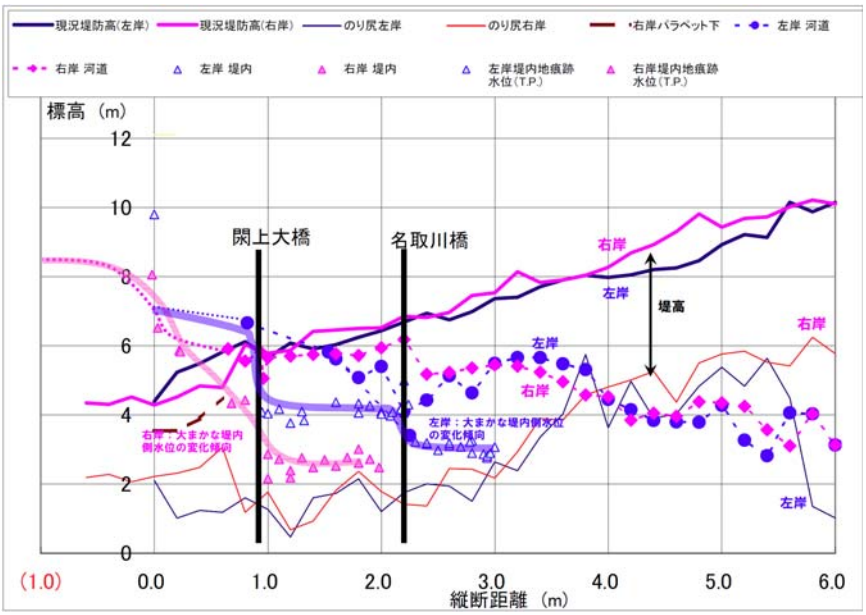


図-6.57(c)　名取川における痕跡水位調査結果（東北地方整備局よりデータ提供）

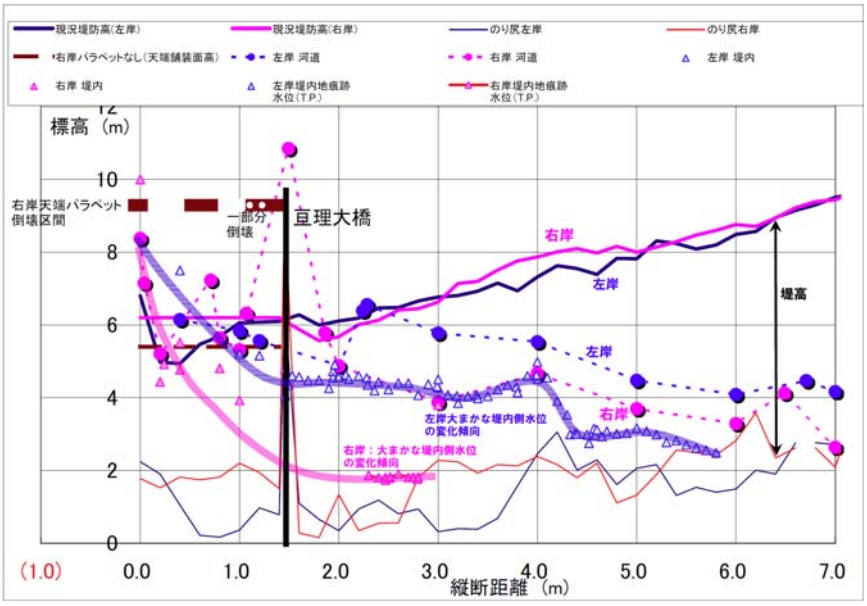


図-6.57(d)　阿武隈川における痕跡水位調査結果（東北地方整備局よりデータ提供）

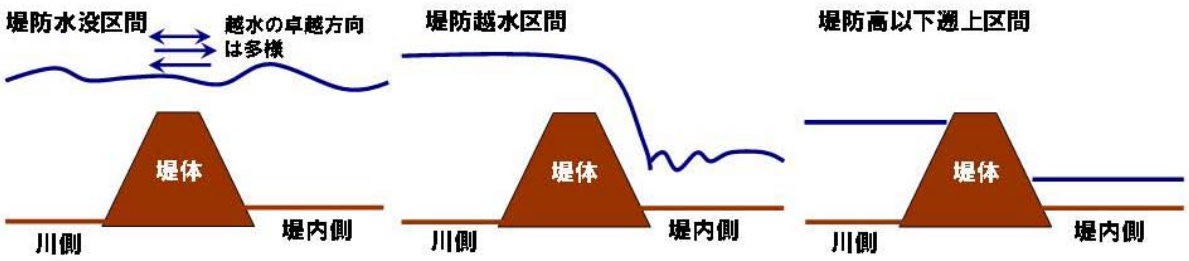


図-6.58　河川への津波遡上状況の 3 区分

(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部の空中写真（国土地理院[4]から引用）に津波遡上の流向（写真上の青矢印）と遡上状況区分（**図-6.58**参照）を併記したものを**写真-6.108**に示す。なお津波遡上の流向は、空中写真から判読した電信柱の倒伏方向または現地踏査で確認した植生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。

これら写真と**図-6.57**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。

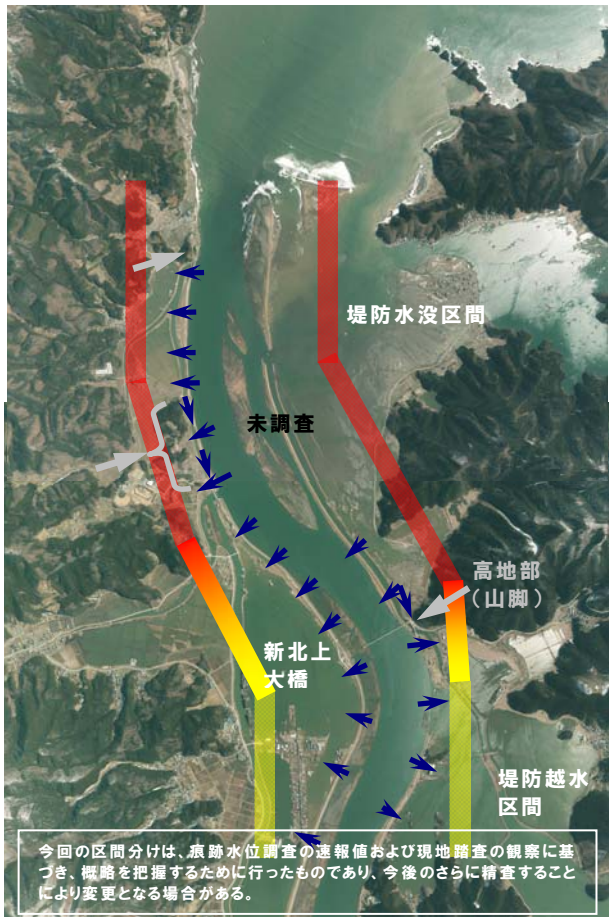


写真-6.108(a) 新北上川の津波遡上状況（空中写真は国土地理院[19]から引用）

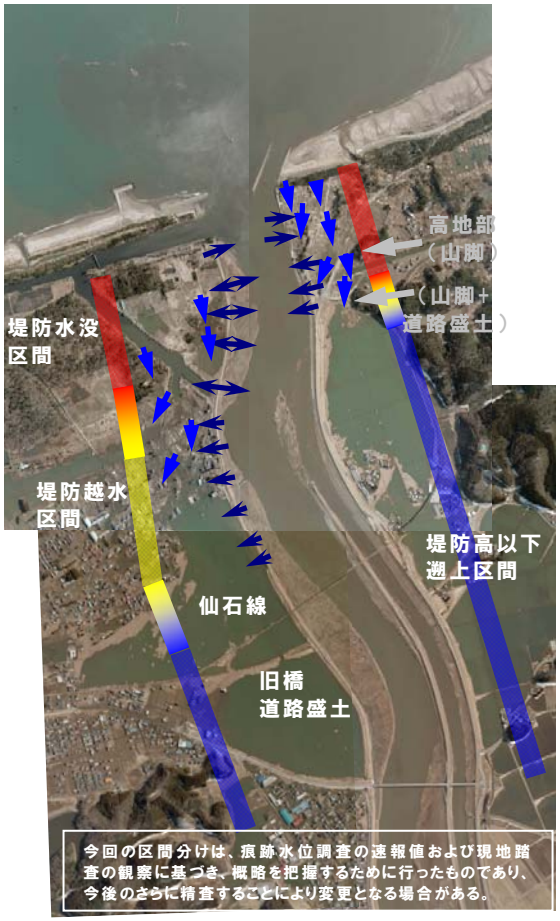


写真-6.108(b) 鳴瀬川の津波遡上状況（空中写真は国土地理院[19]から引用）

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。鳴瀬川左岸では、一連区間で天端舗装が川側に流送されており（6.3.2(2)参照）、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。

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ほうが大きいため、川側からの越水を伴う「堤防越水区間」、さらに上流には「堤防高以下遡上区間」となる。

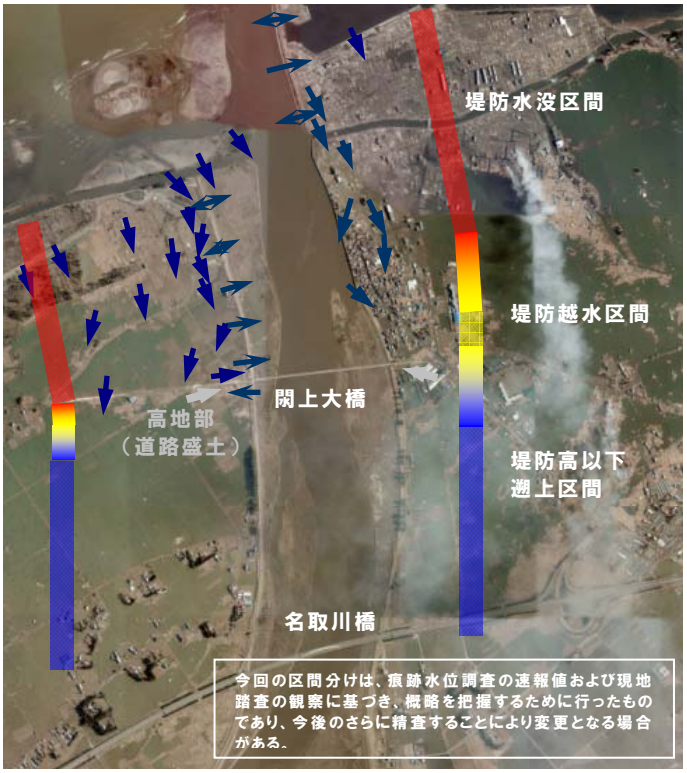


写真-6.108(c)　名取川の津波遡上状況（空中写真は国土地理院[19]から引用）

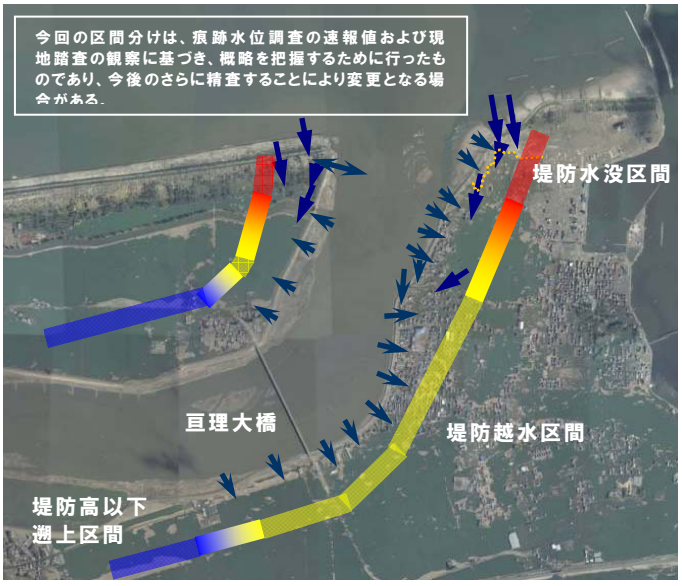


写真-6.108(d)　阿武隈川の津波遡上状況（空中写真は国土地理院[19]から引用）

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は接続せず、間に水路が通っている）である（**写真-6.108(a),(c)**に灰色矢印で示した）。

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)との差違は高地部の下流側近傍で川側へ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 におよぶ破堤が生じた。なお、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[16)]。

名取川の場合、道路盛土より上流では堤内側の津波遡上水位が大きく低下している。これは、堤防近傍では津波が道路盛土を越水せず、堤防から離れるにともな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[17)]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る。

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、**6.3.2(4)**に後述するように川側から越水によるのり面崩壊とのり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すりには、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る。

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。後藤ほか[20)]による湾曲部を有する河道内の津波遡上に関する数値計算結果においても外岸部で水位増大が生じており、亘理大橋の痕跡はこうした津波波高の変化を捉えたものと推察される。

阿武隈川の湾曲部から直線河道に移行する外岸側の箇所において、津波遡上により低水護岸が流失している。新北上川においても、河道形状がほぼ同様な箇所（4.6～4.8km 地点右岸）でやはり低水護岸の流失が生じている(**写真-6.109(a)**参照)。なお、これら被災箇所より下流では流失には至っていない。今後、護岸構造など耐力の観点を加味して被災機構を分析する必要があるが、上記した類似性から護岸流失は湾曲外岸部における波高増加など津波の挙動と何らかの関連性があると推察される。

6.3.2 堤防等河川管理施設の被災・変状

新北上川、鳴瀬川、名取川、阿武隈川の堤防等河川管理施設の被災・変状等について、現地踏査時に確認した事項などを付した写真を以下に示す。**写真-6.108** に現地踏査を実施した範囲を L-*, R-*として示すとともに、被災・変状の状況について**表-6.4** に示すように定性的に分類した結果を併記した。なお、被災・変状等の写真については各範囲における代表的事例と考えられる地点のものを掲載している。

表-6.4　堤防・護岸の被災・変状の分類

	のり面の状況	表のり 津波遡上流れによる侵食が主	裏のり 越水流れによる侵食が主
	植生のり面	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	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
	植生のり面	草本植物が部分的に剥離する。剥離した部分は溝状に深く浸食される場合がある。	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。
	植生のり面	草本植物が全面的に剥がれて裸地化するのに伴い、のり面に侵食による凹部が見られる。	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。
	植生のり面	草本植物が全面的に剥がれて裸地化し、堤体土が侵食され元の平坦なのり面形状を留めない。	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。
	コンクリート護岸 特殊堤	護岸に若干の変状が見られるが、機能上大きな低下はない程度のもの	コンクリート擁壁により全面的に覆われた状態を維持。機能上大きな低下はないと判断される程度のもの。
	コンクリート護岸 特殊堤	のり覆工が捲れ上がるなど、流失した状況	コンクリート擁壁等が流失した状況
のり尻舗装		該当なし	堤防のり尻に隣接してアスファルト等の舗装されている区間

(1) 新北上川

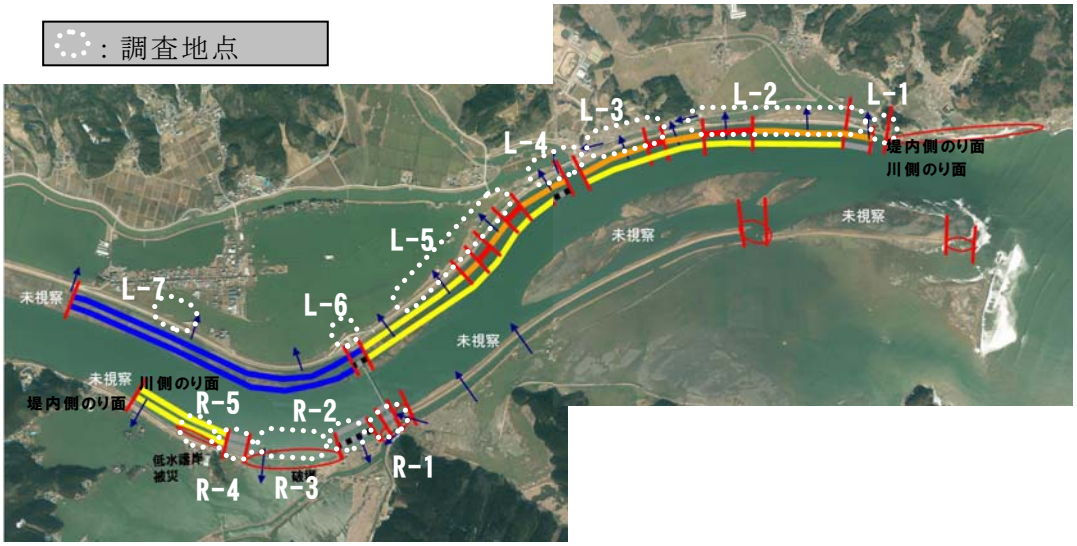


写真-6.109 新北上川における現地踏査地点と被災状況
（空中写真は国土地理院 [19] より引用）

① L-1 地点



◆堤防高を大きく上回る水位痕跡（赤丸部）



◆左写真の上流に位置する水門の被災

② L-2 地点



◆堤内側への越水によると考えられるのり面の侵食と落堀の形成



◆川側のり面：植生が剥離するとともに、筋状に堤体が侵食されていた（上流を望む）

③ L-3 地点



◆堤内側のり面の侵食：のり尻部には山脚・堤防間を流下する水路あり



◆川側のり面：筋状の侵食域(下流を望む)

④ L-4 地点



◆堤防天端際に設置された施設の損壊



◆水門脇護岸ブロックの上流へのめくり上がり



◆堤内側への越流によると考えられるのり面の侵食と落堀の形成



◆川側のり面の侵食：覆土下から護岸ブロックが露出

⑤ L-5 地点



◆堤内側への越流による侵食：天端が一部流失している



◆川側のり面：天端～のり肩部が侵食を受けている

⑥ L-6 地点



◆堤防天端際に設置された施設：津波遡上により側壁が損壊（地表から約 2m の高さ）



◆左写真の道路に続く新北上大橋の橋桁の流失。高欄に流送物が集積している。

⑦ L-7 地点



◆天端の水位痕跡：天端上 20cm 程度



◆堤内側のり面：越水によって植生がのり尻に向かって倒れ、溝状に堤体が侵食されていた

⑧ R-1 地点



◆L-6 地点の対岸：流下物集積から天端上 1.6m 程度まで冠水したと推定される



◆堤脚と本川堤防間を流下する水路：橋梁の前あたりで本川堤防が破堤している

⑨ R-2 地点



◆高水護岸は枠内の袋詰工が一部流失したが、コンクリート部には目立った損壊なし



◆堤内側のり面の侵食状況：下流側（写真奥）では落堀が形成されていた



◆津波遡上方向（写真左→右）に見ると、堤内側擁壁際の堤体侵食が徐々に大きくなり擁壁が転倒し、さらにその先では破堤している

⑩ R-3 地点



◆堤防の川側のり先部の道路：道路左端のコンクリートは高水護岸の基礎工。基礎工は破堤区間全長に渡って存置していた。



◆津波遡上に対して湾曲部外岸となる区間：場所によっては捨石工の打ち上げと思われる変状が見られた。

⑪ R-4 地点



◆破堤区間の上流端：護岸背後の堤体が侵食され、支えを失った護岸が折れたように見える



◆R-2 地点と同様に、擁壁近傍の天端が侵食されていた

⑫ R-5 地点



◆川側のり面：山付部では表土が流失し、岩盤面が露出



◆津波遡上に対して山付部の背後に位置する地域：堤内地の痕跡水位は堤防天端より低い。のり面には越水による損傷が認められた

(2) 鳴瀬川

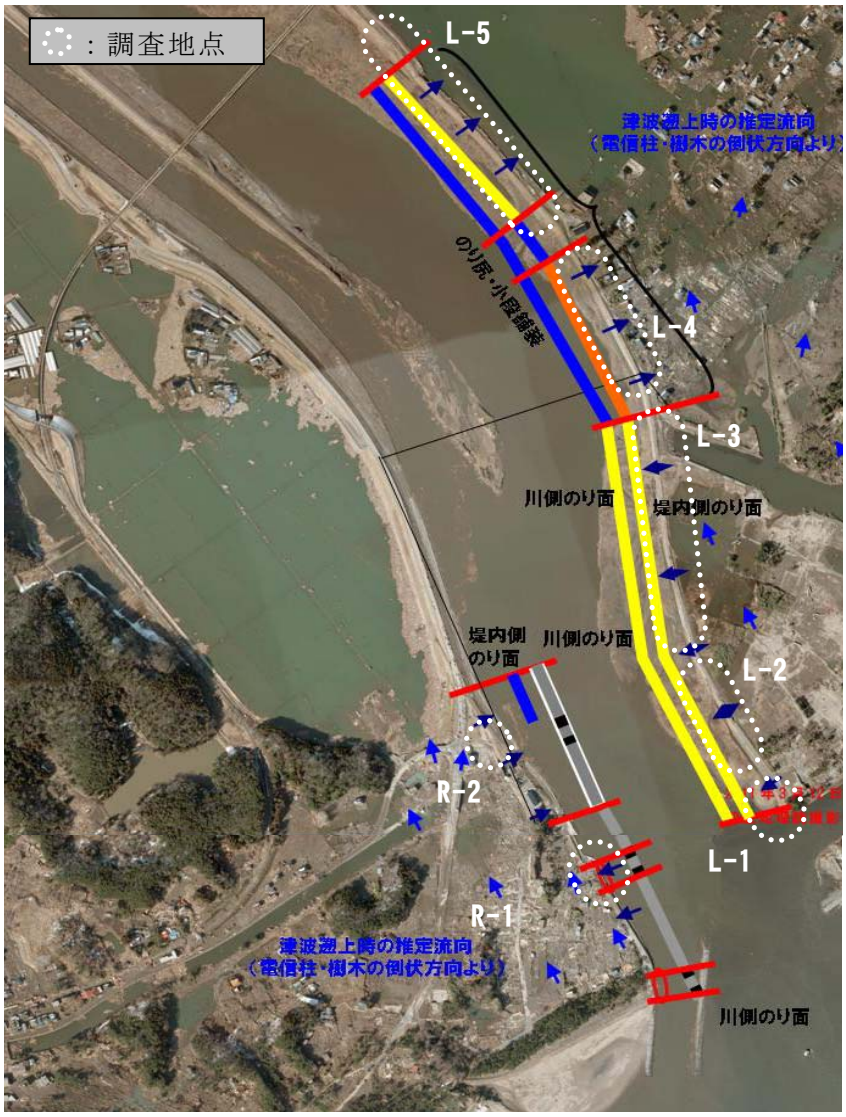


写真-6.110 鳴瀬川における現地調査地点と被災状況
（空中写真は国土地理院[19]より引用）

① L-1 地点



◆堤防天端際に設置された施設：屋根の損壊から水位痕跡を把握(天端から約 2m の高さ)

② L-2 地点



◆川側のり面：のり肩部の植生が捲れ上がっていた。

② L-2 地点



◆堤内側ののり肩部の損傷。川側･堤内側とも天端付近に損傷が集中しているのが特徴的

③ L-3 地点



◆川側ののり肩部の越水によると推定される侵食

③ L-3 地点



◆剥離したアスファルト。川側に断片が流送されていた。



◆堤内側のり面には、明確な侵食による損傷や越流の痕跡がほとんど見られなかった

④ L-4地点



◆堤内側のり面の侵食：葉茎ののり尻に向かう倒伏と塀の倒伏状況は、川側から堤内側への越流の発生を示唆する



◆川側のり面に損傷はほとんど見られなかった

⑤ L-5地点



◆排水機場壁面の痕跡水位は堤防天端より低い



◆堤内側のり面：川側からの越水を示唆する痕跡



◆堤内側小段上の舗装の損壊とのり尻の侵食状況



◆川側のり面の 2 筋の水位痕跡：複数回の津波遡上が生じたことを示唆

⑥ R-1 地点



◆特殊堤の背後の侵食：一部倒壊していた

⑦ R-2 地点



◆覆土下の高水護岸が露出：天端側のブロックがのり尻側に移動（堤内側からの越水による）

(3) 名取川

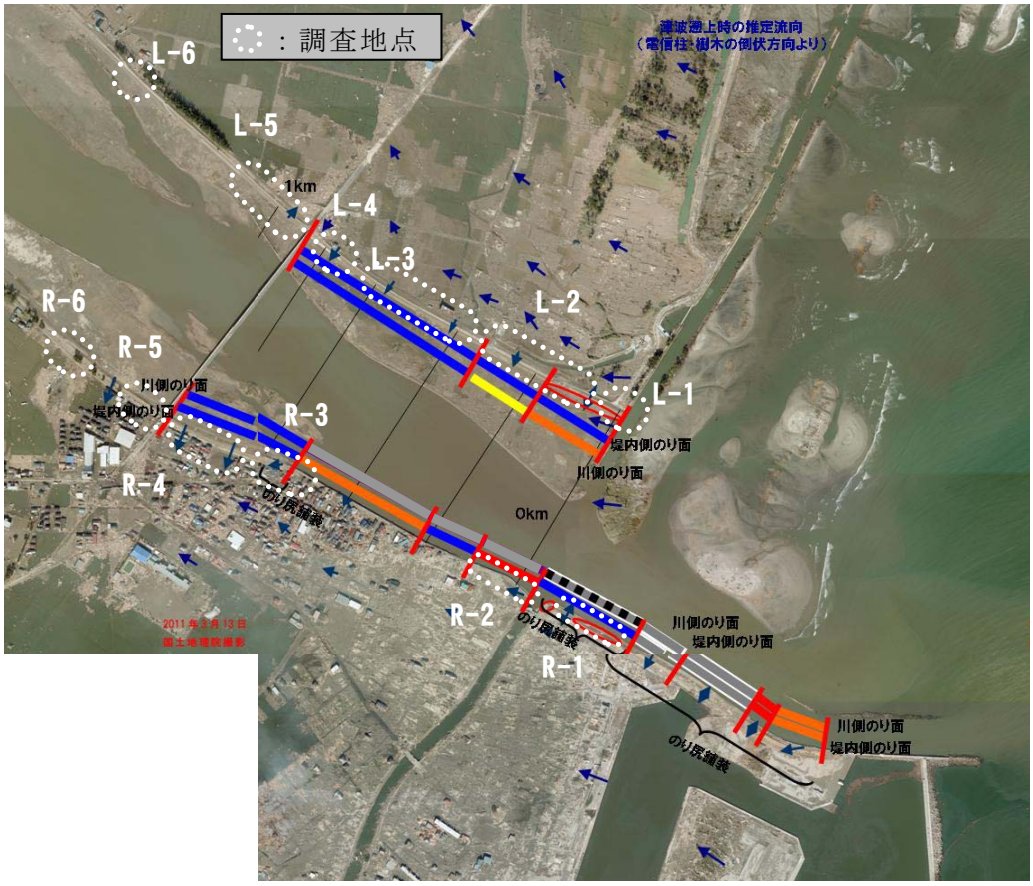


写真-6.111 名取川における現地調査地点と被災状況
（空中写真は国土地理院[19]より引用）

① L-1 地点



◆河口部：堤防先端部分の侵食状況

② L-2 地点



◆天端舗装の剥離・流送：その下の堤体土の侵食は軽微

② L-2 地点



◆川側のり面では植生が広い範囲で剥離



◆対照的に堤内側のり面では植生に目立った損傷なし



◆川側のり面：のり尻部にのみ植生が残存



◆天端のアスファルト舗装が剥離し、川側（写真左側）へ流送されていた。

③ L-3 地点



◆川側のり面：植生がのり尻方向に倒伏しており堤内側からの越水を示唆。のり肩部のガリ状侵食は流下物の擦れによる損傷の可能性あり



◆坂路上流ののり面では、他の箇所に比べて損傷が著しかった

③ L-3 地点（坂路より上流）



◆川側のり面



◆堤内側のり面

◆両のり面とも坂路より上流では特段の損傷は認められなかった

④ L-4 地点



◆堤内側の津波遡上が道路盛土に阻まれて、川側に越水。その際に流送物が堤防に乗り上げる。

⑤ L-5 地点



◆道路盛土上流では、川側から堤内側へ越流（写真左のガードレール上の痕跡から）

⑤ L-5 地点



◆川側のり面：特段の損傷は認められない。



◆堤内側のり面：天端すぐ下ののり面には越水の痕跡あり。堤内側の痕跡水位は小段高さ程度

⑥ L-6 地点



◆川側のり面：特段の損傷は認められない。痕跡も不明確



◆堤内側のり面：堤内側の痕跡水位は小段高さ程度

⑦ R-1 地点



◆川側のり面：護岸ブロックが上流（写真手前側）に向かって捲れ上がる（4/24 現地視察）



◆堤内側のり面：特段の損傷は認められなかった（4/24 現地視察）

⑧ R-2 地点



◆特殊堤の背後の地盤が洗掘されていた（4/24 現地視察）



◆左写真の下流側：洗掘は広い範囲におよぶ（4/24 現地視察）

⑨ R-3 地点



◆堤内地の地盤高が左岸に比べて高い→津波による家屋流失を免れた一つの要因と考えられる：川側からの越水が顕著



◆川側の状況：遠目からでは特段の損壊は見られなかった



◆堤内側のり面：越水による植生の倒伏：家屋にも越水によると思われる損壊が見られた



◆川側のり面：部分的に植生が剥離：根茎が露出する

⑩ R-4 地点



◆堤内側のり面：植生の倒伏は明瞭でない（越水があったとしても、水深はごく小さいと推定される）



◆堤内側のり面の痕跡水位：川側に比べて水位が低いと想定される

⑩ R-4 地点



◆護岸天端部での植生のめくれ上がり：ほぼ堤防満杯で遡上した津波が橋桁でせき上げられて越水したと推定される。

⑪ R-5 地点



◆堤内側では冠水の痕跡なし（地盤高が高いためと推定される）

⑫ R-6 地点



◆堤内側も同様にのり尻近傍に水位痕跡あり

⑪ R-5 地点



◆川側のり面：小段上に水位痕跡

⑫ R-6 地点



◆川側ではのり尻近傍に水位痕跡あり

(4) 阿武隈川

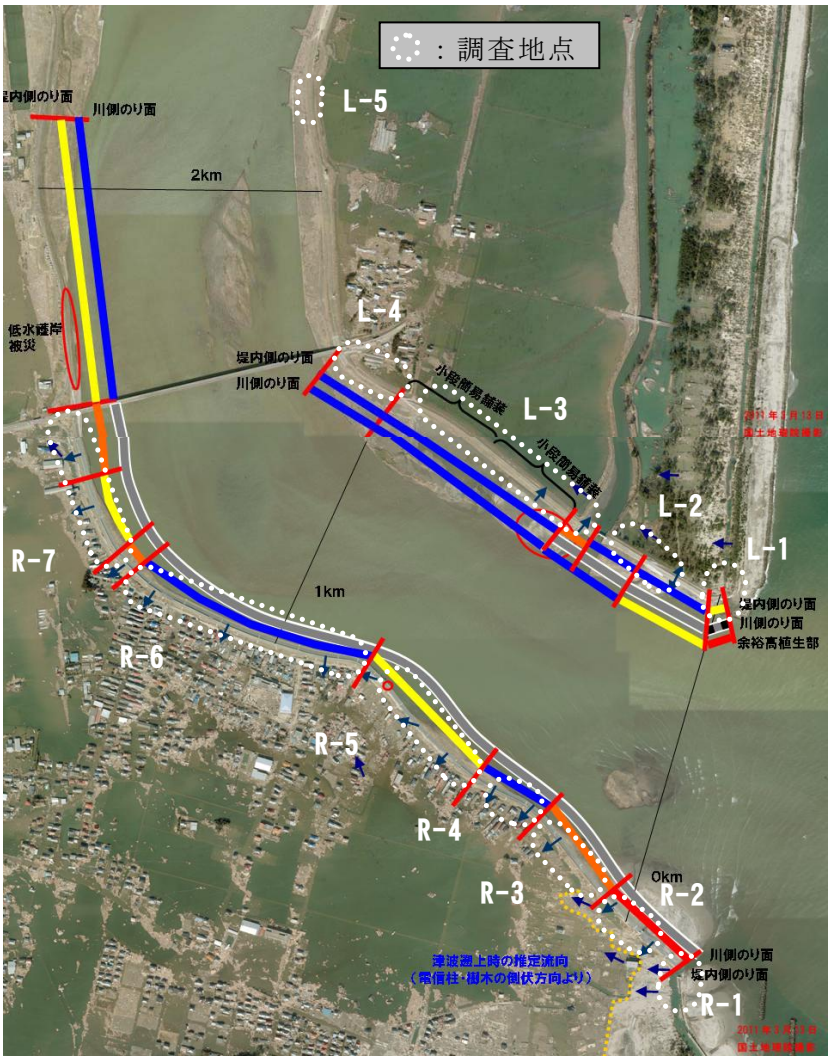


写真-6.112　阿武隈川における現地調査地点と被災状況
（空中写真は国土地理院[19]より引用）

① L-1 地点



◆河川堤防に接続する海岸堤防の被災：裏のり側から内部の土砂が抜け出してコンクリート枠がつぶれるように倒壊



◆河川堤防：堤内側からの越水により損壊：根固ブロックも一部流失

② L-2 地点



◆川側のり面



◆堤内側のり面

◆両のり面とも越水によると考えられる侵食や植生の倒伏が見られた



◆上写真のさらに上流：のり肩部の侵食から天端は冠水していたと推察される



◆堤内側のり肩で路面上の植生の捲れ

③ L-3 地点



◆水門脇の護岸の陥没：地震動に起因するものと推察される



◆川側のり面：特段の損傷は見られなかった

③ L-3 地点



◆堤内側のり面には越水による植生の倒伏・侵食が見られた。小段上の舗装が剥がれ、のり尻に流送・堆積していた。

④ L-4 地点



◆堤内側のり面には越水による侵食・植生の倒伏が見られた。痕跡水位は小段上程度。

⑤ L-5 地点



◆堤内側のり面：痕跡水位は小段より低い（川側のほうが高い）

④ L-4 地点



◆工事看板の倒伏や杭への流送物の集積状況から川側（写真右）から越水と推定（天端から 20cm 程度の水位）

⑤ L-5 地点



◆川側のり面：痕跡水位は天端より低い（越水なし）

⑥ R-1 地点



◆河川堤防と海岸堤防が接合する隅角部での破堤

⑦ R-2 地点



◆越水による土堤部の侵食状況：のり肩のパラペットが流失。天端まで侵食が及ぶ



◆樋門足場に水位痕跡（天端から 1.5m 程度）

⑦ R-2 地点



◆天端が完全に流失：深い落堀が形成

⑧ R-3 地点



◆パラペットは流失せず、手すりに痕跡が見られる：越水によるのり面侵食と落堀形成

⑨ R-4 地点



◆パラペットの手すりに痕跡ほとんどなし：のり面の侵食が軽微、落堀は見られない（R-2→R-3→R-4と越流による堤防の侵食の程度が徐々に小さくなる傾向が見られる）

⑩ R-5 地点



◆一連区間でパラペットが流失し、天端アスファルトも剥離・流失



◆越流によるのり面侵食と家屋損壊

⑪ R-6 地点



◆のり面の侵食は比較的軽微

⑫ R-7 地点



◆一連区間でパラペットが流失し、のり面の侵食も発生。

⑫ R-7 地点



◆のり面の侵食状況：R-6 に比較して侵食が進行している。のり尻部では舗装によって洗掘が抑制されたと考えられる



◆河口を望む。津波の作用によると考えられるのり尻捨石の打ち上げ。

6.3.3 河川堤防・護岸の被災の特徴

本項では、河川堤防と護岸を対象として、津波遡上時の水位や流向と被災の形態や程度との関連性の観点から、新北上川、鳴瀬川、名取川、阿武隈川に共通していると考えられる特徴、および個々の事象を組み合わせて全体を俯瞰することで引き出せる現時点での現象の解釈について整理して示す。

写真-6.109～写真-6.112 に示した各河川の被災状況（定義については**表-6.4** 参照）を痕跡水位と併せて整理した結果を**図-6.59** に示す。以下の議論では、本図とともに 6.3.2 に示した個別箇所での被災状況を併せて参照されたい。なお、以下の文中に示す「河川名 [L-*又は R-*]」は 6.3.2 に示した各河川の調査地点と対応している。

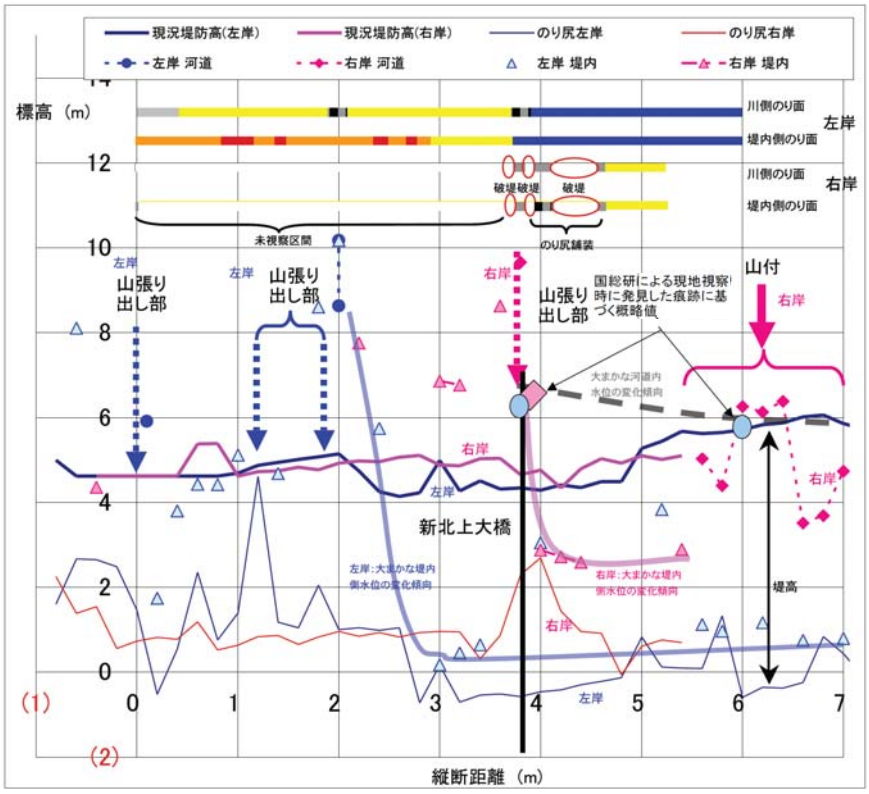


図-6.59(a)　新北上川における痕跡水位と被災状況の縦断分布
（痕跡水位・堤防等諸元は東北地方整備局よりデータ提供）

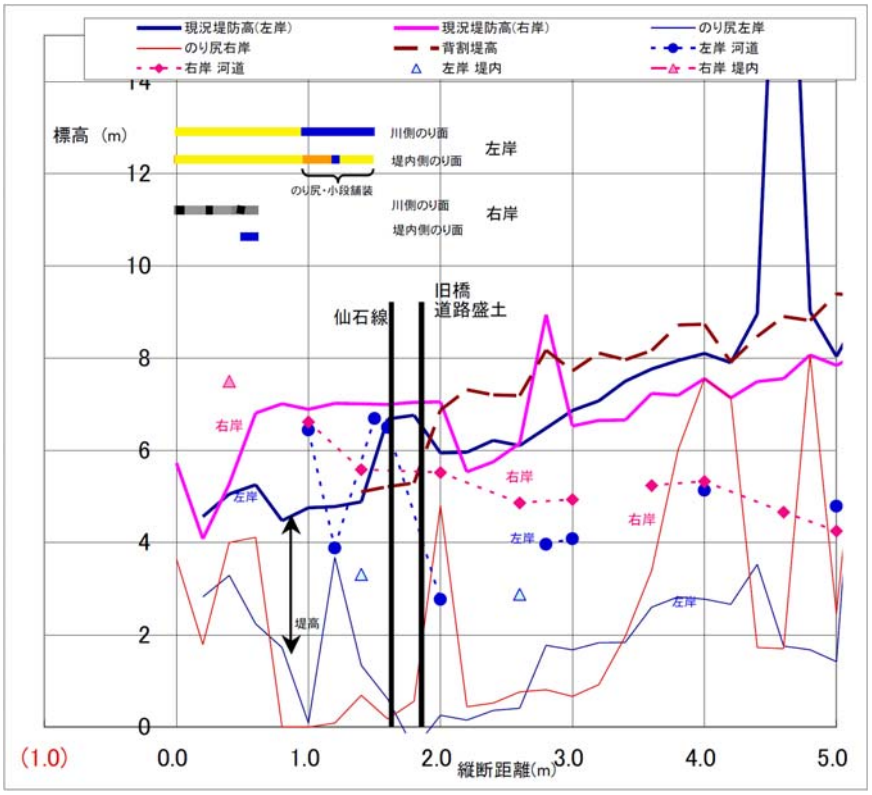


図-6.59(b)　鳴瀬川における痕跡水位と被災状況の縦断分布
（痕跡水位・堤防等諸元は東北地方整備局よりデータ提供）

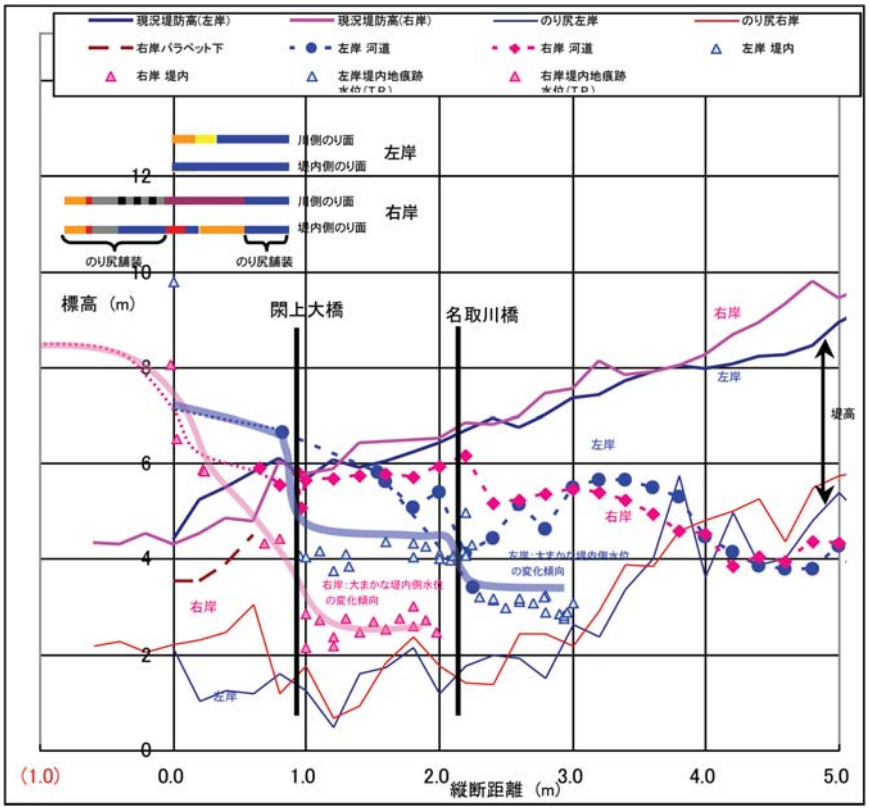


図-6.59(c)　名取川における痕跡水位と被災状況の縦断分布
（痕跡水位・堤防等諸元は東北地方整備局よりデータ提供）

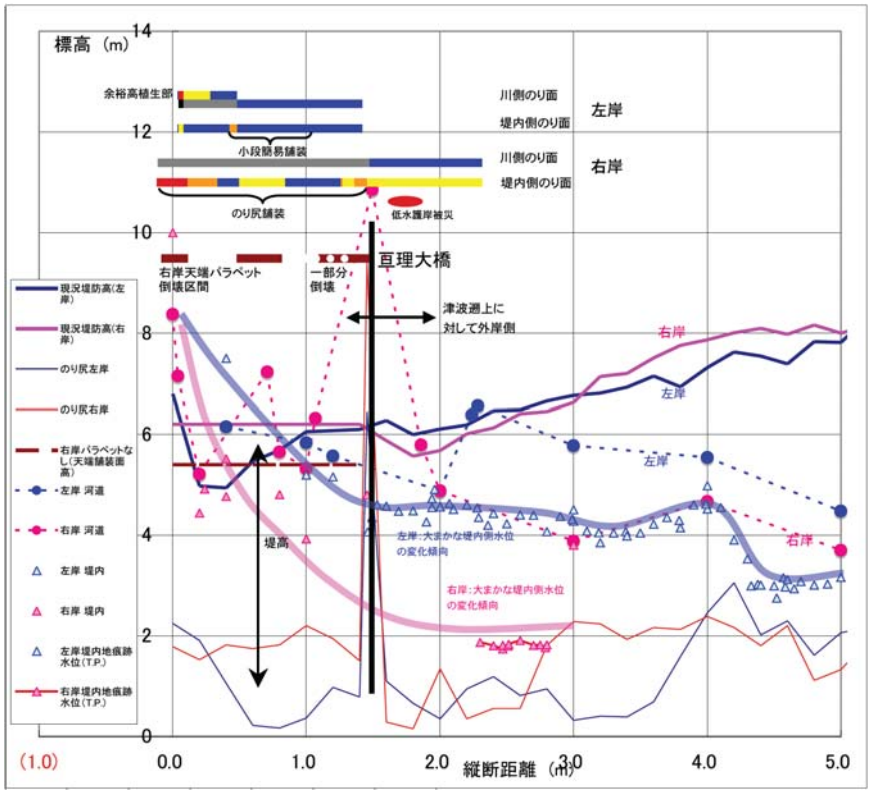


図-6.59(d)　阿武隈川における痕跡水位と被災状況の縦断分布
（痕跡水位・堤防等諸元は東北地方整備局よりデータ提供）

(1) 破堤地点

破堤に至った地点は、「堤防水没区間」または「堤防越水区間」に分類される津波遡上が生じた区間であり、かつ①河口部の海岸堤防と接続する隅角部とその周辺、②特殊堤区間、および③河道が湾曲しているなどのため河口から遡上してくる津波に対して川側のり面が向かい合う形になる区間に位置していた。③に分類される阿武隈川[R-2]は、①に該当する破堤区間[R-1]に隣接するとともに、破堤には至らなかったものの、越水による侵食で堤内側のり面が堤防天端を切り欠く程度まで進展した区間である。こうした状況から、③については越水による侵食を糸口として破堤機構について検討することが考えられる。これについては後述(2)を参照されたい。①、②については、被災状況の観察のみからでは破堤機構の推察が困難であった。今後、被災前の堤防構造や河口部での津波の挙動などについて精査し、検討を進める必要がある。

(2) 土堤部の越水による被災

堤内側への越水流れによると推定される堤体の侵食や基礎地盤の洗掘（落堀）は、上述したように破堤地点近傍でも確認されており、例えば新北上川[L-2, L-4, L-5]や阿武隈川[R-2, R-3]のように堤体断面を大きく減じるものがあったことから、破堤に次いで程度の大きな被災の一形態と考えられる。これら堤防天端を切り欠く程度（**表-6.4**の凡例で赤およびオレンジ区分）の侵食が生じた地点では、痕跡水位から堤防天端で最大1m程度またはそれ以上の冠水が生じたと推察される。**図-6.56**に示した津波遡上時の水位変動に見られる急激な水位上昇、および河道内の津波遡上が堤内に先行して生じることを併せて考

えると、上記のような冠水深に近い越流水深での堤防越水が生じていたと考えて良いであろう。このような強い越流を受けながら破堤に至らなかった要因については、痕跡水位や越水時を捉えた写真などに基づいて推定される津波越水の状況から、以下のように推察される。

①「堤防水没区間」に位置する新北上川[L-2, L-4]、阿武隈川[R-2]

一つの要因として、**図-6.60** に模式的に示すような堤内側の水位の急上昇が考えられる。新北上川の場合、氾濫原は山間の平地であり、そのため堤防から山地斜面までの距離、すなわち平地の幅が狭いこと（特に下流側の山付部近傍）、そこに大きな越流水深での大量の越水が一時に生じたため、さらに堤防際の水路を遡上してきた津波の氾濫がそれに加わったため、堤内地の水位が急上昇したと考えられる。この様子は新北上川[L-4]の津波の堤防越水開始から堤内地が浸水していく状況を時系列的に撮影した写真 [16)] で確認できる。また阿武隈川[R-2]の場合は、河口にごく近いため、海岸堤防を越えて遡上してきた津波によって、堤内側の水位が急上昇した可能性が考えられる。

これら堤内側のり尻近傍の水位急上昇が堤防のり面の侵食進行を抑制するウォータークッションとしての効果が発揮するとともに、1m を越えるような激しい越水をクッション効果なしで受ける状況をごく短時間に留めたことが、破堤に至らなかった要因の一つであると推察される。阿武隈川[R-2]の場合には、天端まで設置された川側のり面のコンクリート護岸が、天端から川側のり面への堤体侵食の進行を抑制したことも、要因として加えられよう。

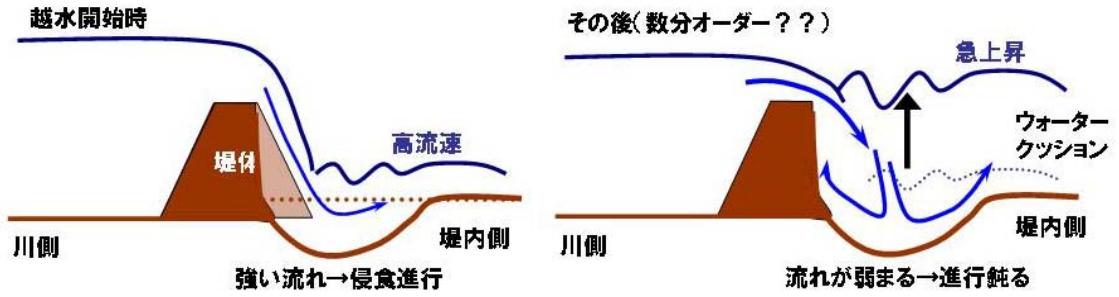


図-6.60　津波の堤防越水に伴う堤内側の水位急上昇による侵食進行の抑制イメージ

②「堤防越水区間」に位置する新北上川[L-5]、阿武隈川[R-3]

越流水深は「堤防水没区間」に比較して概して小さいこと、さらに堤防天端の冠水には至らないものの堤内側において水位上昇が生じてウォータークッションの効果が発揮されたことにより、侵食の進行が抑制され、破堤には至らなかったと推定される。

また、痕跡水位によると堤内のり尻近傍の水深が比較的小さい阿武隈川[R-4～R-7]では、上記①、②に比較して堤内側のり面の侵食の程度は[R-7]を除いて軽微である。これは「堤防越水区間」であるものの越流水深が小さいこと、さらに越水の継続時間が比較的短時間であったためと推察される。その時間の大まかな目安となるのは**図-6.56** に示した津波遡上時の水位変動であり、これによると約 30 分程度の間で水位が急上昇したのち下降に転じて低下している。また、のり尻や小段面がアスファルト等による舗装がなされて

いた場合、場所によっては落堀の形成を防止・緩和していると思われる箇所があった。これらが相まった効果によって、侵食が比較的に軽微になったと推察される。

なお、阿武隈川[R-7]は湾曲部外岸側に位置していたため、痕跡水位によると河道内の水位が高くなっており、そのため[R-4～R-6]に比較して大きく侵食されたと考えられる。

図-6.61 に阿武隈川右岸の痕跡水位と堤防被災程度の縦断分布に、天端パラペットの流失区間、および堤防のり面が津波遡上を受けるように河口に対して「斜め」を向いているかまたは「沿う」方向であるかの区分を併記した。これによると、パラペット流失は主に「斜め」の区分で生じており、そこではパラペットの高さの分だけ越流水深が大きくなったため堤内側のり面の被災程度が大きめになる傾向が見られる。

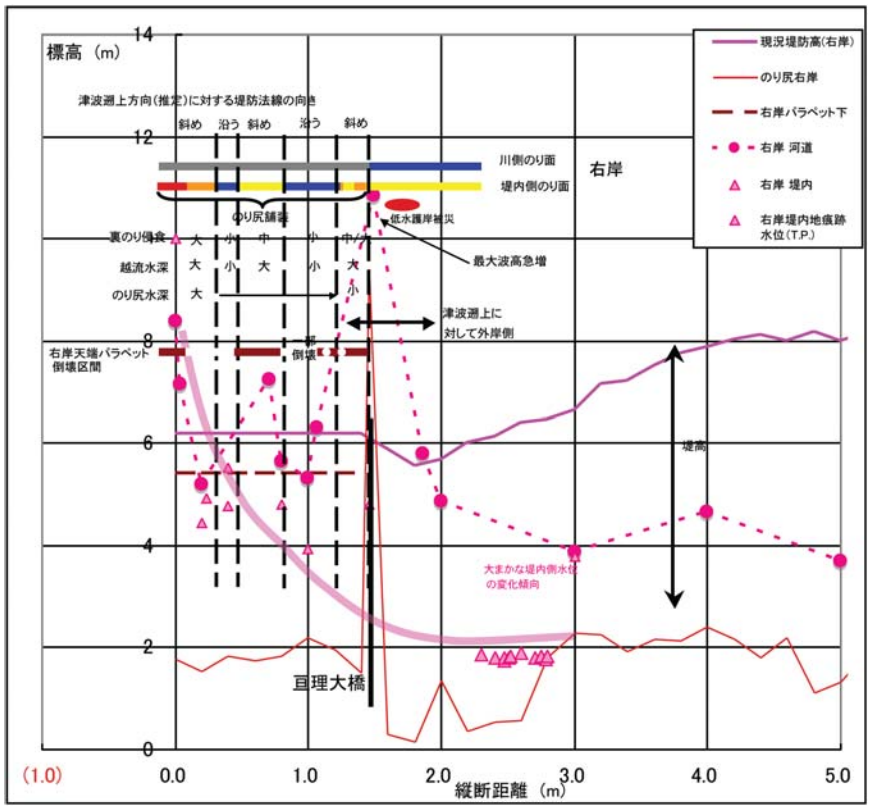


図-6.61　阿武隈川右岸の痕跡水位と堤防被災程度の縦断分布
（痕跡水位・堤防等諸元は東北地方整備局よりデータ提供）

以上より、越流によるのり面侵食の被災（破堤を含む）について検討するにあたって、津波遡上に関わる事項として「越流水深の大きさ」、「堤内側のり尻の水深（ウォータークッションの効果）」、「越流の継続時間」について着目し、比較することが重要であると考えられる

なお、堤内側から川側に越水した区間（名取川[L-2～L-4]）では、川側のり面に越流による侵食が見られた。ただし、侵食はのり肩部など堤防上部で顕著であり、落堀は見られない、または不明瞭であった。この理由として、河川内の津波遡上が堤内側より先行して生じるため、堤内側からの越水が生じる段階では、川側はある程度水位が上昇しており、これが**図-6.60** と同様に越水を減勢するウォータークッションとしての効果を発揮したた

めと推察される。

(3) 河道内の津波遡上流れによる堤防のり面の侵食

河道内を津波が遡上する際の流れの作用による土堤の川側のり面の損傷で最も著しいものは、全面的に植生が剥離し、堤体土まで侵食が及んだものである（例えば名取川[L-2]、新北上川[L-2]）。しかし、(2)の越水による侵食に比べると、侵食の程度は概して軽微であり、川側からの侵食によって堤防断面が著しく減じた地点は認められなかった。

植生の剥離は「津波水没区間」で多く見られ、「堤防高以下遡上区間」ではほとんど生じていなかった。これは天端の冠水・非冠水といった水位の差違によるものではなく、前者は河口に近いためある程度流速が速く、その継続時間も長めである箇所であったためと推察される。

直轄区間のように毎年草刈りを実施している堤防のり面の場合、植生の耐侵食性の発揮機構[21]は、侵食の進行に伴って地表面に洗い出された地表面近傍の植生の根や地下茎が流水の抵抗となり、地表に作用する侵食力が低減されるためと考えられている。しかしながら**図-6.62** に示すように徐々に侵食が進行するため、ある一定の侵食深に達すると植物が根とともに剥離してしまうため、植生の耐侵食性が失われる。この剥離が生じるまでの時間が流速の増加に伴って小さくなることが実験によって確かめられている。

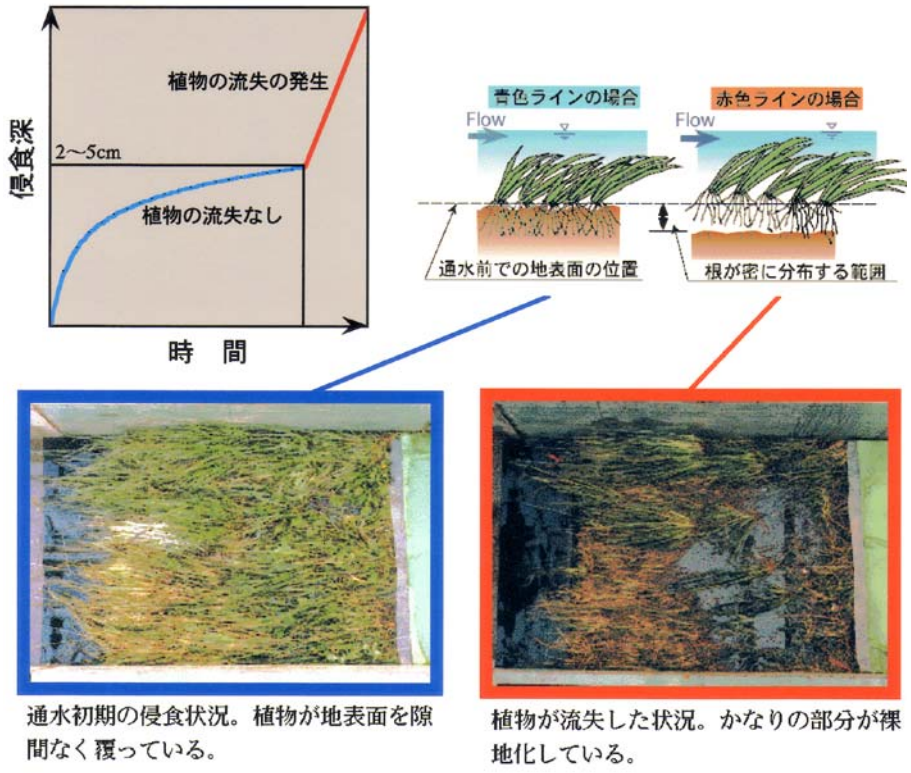


図-6.62　植生に被覆されたのり面の侵食進行に伴う植生の剥離[21]

このような機構を考慮すると、津波遡上のようにある程度流速が速い場合でもその継続時間が短ければ、植生によって十分に侵食防止が可能であると考えられる。名取川[L-2]、新北上川[L-2]では、その条件を越えて植生が全面的に剥離したと考えられるが、堤

体が溝状に凹んだ程度の比較的軽度の侵食で留まったのは、のり面が粘着性を有する材料で構成されていたことから、流水に対して耐侵食性を発揮したためと推察される。

以上より、今次の大規模な津波に対して植生が侵食されたかどうかという単純な事実関係の整理のみではなく、外力との耐力の兼ね合い、すなわち津波によっては比較的短時間の外力作用となる場合があり、その場合、どの程度までの流速であれば植生の耐侵食力で侵食防止できるか、上記の発揮機構に基づいて検討を行うことが、他河川を含めた津波に対する堤防安全性評価に繋げていく上で重要と考える。

(4) 護岸の被災

現地踏査時に目視により確認した津波遡上流れによる堤防のり面上の護岸（高水護岸）の被災（新北上川[L-4]、名取川[R-1]）は、いずれも水門に隣接する護岸ブロックのめくれ上がり・流失であった。その他、阿武隈川[R-5]におけるのり覆工の変形（空中写真の赤丸部：原因不明）、鳴瀬川[R-2]における堤内側からの越水によるブロックのめくれ上がりが見られた。

低水護岸については、水面上から見える範囲の確認に留まるが、新北上川および阿武隈川の湾曲部上流地点で低水護岸の崩落（**写真-6.109(a),(d)**の赤丸部）が生じていると思われる。その他の軽微なものとして、やはり湾曲部外岸における捨石工の打ち上げ（新北上川[R-3]、阿武隈川[R-7]）が見られた。これら被災状況は、湾曲外岸部における波高増加など津波の挙動と何らかの関連性があると推察される。湾曲部の津波の挙動については、水位のみでなく構造物の安定性に関わる流体力の観点からも検討することが必要であろう。

(5) 流送物の衝突による損傷

津波遡上時に流送されてくる樹木やがれきなど流送物が接触することにより生じたと思われる堤防等の損傷が散見された。阿武隈川[R-3]におけるパラペット上の金属製手すりの折れ曲がりや折損、名取川[L-3, L-4]における堤内側からの越水に伴うがれきよる擦れが原因と考えられるのり面の溝状の損傷などが挙げられる。また、新北上大橋の脇に流れ着いていた流木（新北上川[R-1]）は、その大きさや量から流送物の接触のインパクトを推し量ることができよう。

津波遡上に対する対策の検討（例えば集積による水位上昇に対する堤防高の余裕や接触に対する構造物の応答）において、流送物に対する配慮の必要性について考えてみる必要があると思われる。

6.4 まとめ

本章では、東北地方太平洋沖地震による河川施設の被災状況について、地震動の影響、津波の影響の観点から、現地調査等に基づく特徴的な被害の状況について報告するとともに、被災パターンの分類、被災原因に関する考察を行った。

地震動による河川施設の被害の特徴をまとめると以下のとおりである。

(1) 東北地方整備局管内、関東地方整備局管内において広範囲にわたり河川堤防の被害が

生じた。

(2) 東北地方整備局管内では、阿武隈川、鳴瀬川、江合川等の河川堤防において、地震動による甚大な被害が生じた。これらの堤防の主たる被災要因としては、堤体下部の液状化によると考えられるものが多数見られたことが特徴的であった。また、東北地方で観測された地震動には2つの大きなフェーズが見られるが、中下震動観測所の記録によれば、1つ目のフェーズで上昇した過剰間隙水圧が残留したままの状態で2つ目のフェーズの地震動を迎えていることが分かった。甚大な被害を生じた他の堤防では、このことが大規模崩壊等の被害の一因となっている可能性がある。

(3) 関東地方整備局管内では、久慈川、那珂川、利根川、霞ヶ浦、小貝川、江戸川等の河川堤防において、地震動による甚大な被害が生じた。大規模な堤防被害が生じた箇所は、旧河道およびその近傍に位置するものが多く見られたのが特徴的であった。

(4) 大規模な堤防被害に着目すると、被災要因としては堤体下部の液状化および基礎地盤の液状化が考えられる。ただし、これらの複合的な要因によるものも考えられ、また、これらのいずれにも属さない被災パターンも見受けられた。どの部分の変状が主たる被災要因であったかについては、今回の地震による堤防の復旧工法の検討に加え、堤防の耐震性評価および対策のあり方を考えていく上で極めて重要であることから、被災要因の詳細について、さらなる調査・検討を行うことが必要である。

(5) 浸透・耐震対策された河川堤防では、被害が抑制ないしは防止され、対策効果が発揮されたことが確認された事例が見られた。今後の復旧あるいは耐震対策を行うにあたって極めて重要な事例であることから、引き続き検証を行う必要がある。

津波による河川施設の被害については、新北上川、鳴瀬川、名取川および阿武隈川を対象に津波遡上の水位（川側と堤内側）や流れの向きについて整理するとともに、それと関連づけて堤防等の被災の形態や程度について検討した。結果として得られた主要な事項を以下に示す。

(1) 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こと、その遡上状況を河道法線形と盛土・山脚など高地部の配置によって4パターンに分類した。

(2) 破堤についで被災の程度が大きい被災形態は越水による堤内側のり面の侵食であり、河道内の津波遡上に伴う流れによる川側のり面の侵食では、概して堤防断面を大きく減じるような被災には至っていなかった。

(3) 約1mを越えると推定される越水を受けながら破堤に至らなかった一つの有力な要因として、のり尻およびのり面の侵食進行を抑制するウォータークッションの効果を発揮するとともに、越水をクッション効果なしで受ける状況をごく短時間に留めたと考えられる堤内側のり尻近傍の水位急上昇が考えられる。

(4) 洪水流に対する堤防植生の耐侵食力の発揮機構に関する既往知見を適用して、高流速であってもその継続時間が短い津波遡上の場合には、現地調査で確認されたように植生によってものり面侵食が抑制できる場合があると考えられる。また、植生が全面的に剥離した区間において、比較的軽微な侵食で留まったのは、堤体土自体も粘着性があり、相応の耐侵食力を有する材料であったことも要因の一つであると考えられた。

参考文献

1) 国土地理院：治水地形分類図
2) 建設省土木研究所：1978 年宮城県沖地震災害調査報告，土木研究所報告，No.159，1983.3.
3) 建設省東北地方建設局：1978 年宮城県沖地震災害報告書，1979.11.
4) 金子正之，田村圭司，佐々木康，勝山明雄，佐藤謙司：平成 5 年釧路沖地震による河川堤防被害について，第 29 回土質工学研究発表会講演集，pp.973-974，1994.
5) 佐々木康：堤防の地震災害と災害軽減工学，JICE REPORT，Vol.9，pp.85-96，2006.3.
6) (財)北海道河川防災研究センター：平成 15 年十勝沖地震河川災害調査検討会報告書，2004.3.
7) 鳴瀬川堤防委員会，国土交通省東北地方整備局北上川下流河川事務所：宮城県北部地震に伴う鳴瀬川堤防被災メカニズムの検討　報告書，2005.3.
8) 関沢元治，佐藤伸吾，中山修，鈴木義友，勝山明雄，小松田孝寿，杉浦達也，太田史郎，平塚智幸：宮城県北部地震による河川堤防被害調査について，河川技術論文集，No.10，pp.261-266，2004.
9) 折敷秀雄，佐々木康：液状化により被災した河川堤防の地盤改良を併用した復旧，土木学会論文集，No.686，pp.15-29，2001.9.
10) 佐々木康：河川堤防の地震被害，土と基礎，Vol.28，No.8，pp.25-30，1980.
11) 河川構造物地震対策技術検討委員会：河川構造物地震対策技術検討委員会報告書，1996.
12) 国土交通省国土政策技術総合研究所，独立行政法人土木研究所：平成 16 年(2004 年)新潟県中越地震土木施設災害調査報告，土木研究所報告，No.203，2006.1.
13) 松尾修，日下部毅明，上原浩明，関沢元治，佐藤伸吾：2003 年宮城県北部地震における締固め改良地盤での地震動・間隙水圧記録，第 59 回土木学会年次学術講演会講演概要集，I-775，pp.1547-1548，2004.
14) Takahashi, A. & Sugita, H. : Behavior of SCP-improved levee during 2003 Miyagiken-Hokubu Earthquake, IS-TOKYO, Performance-Based Design in Earthquake Geotechnical Engineering, pp.177-184, 2009.6.
15) 片岡正次郎，谷本俊輔，中島進，松橋学，高宮進：観測記録に基づく河川堤防の地盤改良効果の検討，第 13 回日本地震工学シンポジウム，2010.11.
16) 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.htm
17) NHK：津波の様子（宮城県名取市），http://www3.nhk.or.jp/news/jishin0311/
18) 国土交通省東北地方整備局：災害調査ヘリコプターからの津波遡上状況のビデオ映像
19) 国土地理院：http://www.gsi.go.jp/BOUSAI/h23_tohoku.html
20) 後藤智明，首藤伸夫：河川津波の遡上計算，第 28 回海岸工学講演会論文集，pp.64-68，1981.
21) 宇多高明・望月達也・藤田光一・平林桂・佐々木克也・服部敦・藤井政人・深谷渉・平舘治：洪水流を受けた時の多自然型河岸防御工・粘性土・植生の挙動－流水に

対する安定性・耐侵食性を判断するためにー，土木研究所資料，第 3489 号，1997.

7. ダム

7.1 ダムに関する変状等の概要

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[1)]が実施された(**表-7.1**)。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。

なお、河川法に基づき管理されているダムではないが、河川区域外に位置する古い農業用貯水池で60年以上前に築造された堰堤(アースフィル型式)の1つで決壊被害が生じた[2)]。

表-7.1 臨時点検実施ダム数とその結果の概要*

管理者	合計	コンクリートダム	フィルダム	複合型ダム
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

7.2 調査の概要

国土交通省及び独立行政法人土木研究所では、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(速報値)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-7.2**に、現地調査対象ダムの位置を**図-7.1**にそれぞれ示す。

表-7.2 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グループ水工構造物チーム	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グループ水工構造物チーム	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グループ水工構造物チーム	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

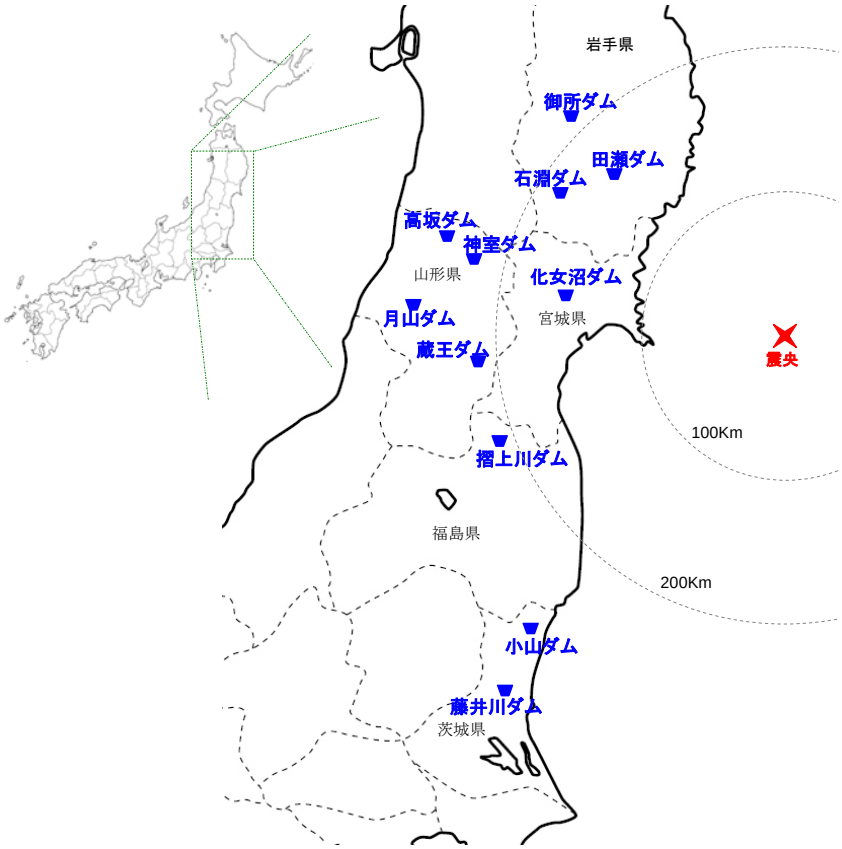


図-7.1 調査対象ダムの位置

7.3 調査結果及び考察

7.3.1 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-7.3** 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。

表-7.3 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	462	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の増加 ・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）

＊ 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

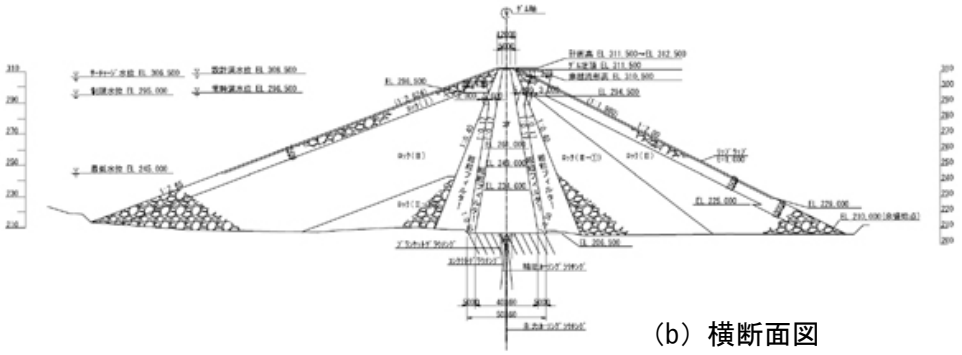
7.3.2 個別ダム調査結果

(1)摺上川ダム

摺上川ダム(**図-7.2**)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-7.1**、**写真-7.2**)。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。



(a) 平面図



(b) 横断面図

図-7.2 摺上川ダム



写真-7.1 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-7.2 ダム天端舗装クラックの接写(摺上川ダム)

(2)石淵ダム

石淵ダム(**図-7.3**)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-7.3**)[3) 4)]。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-7.4**)。

今回の地震で生じた堤体の沈下に関しては、その量(最大断面付近において最大で約 1cm)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。なお、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。

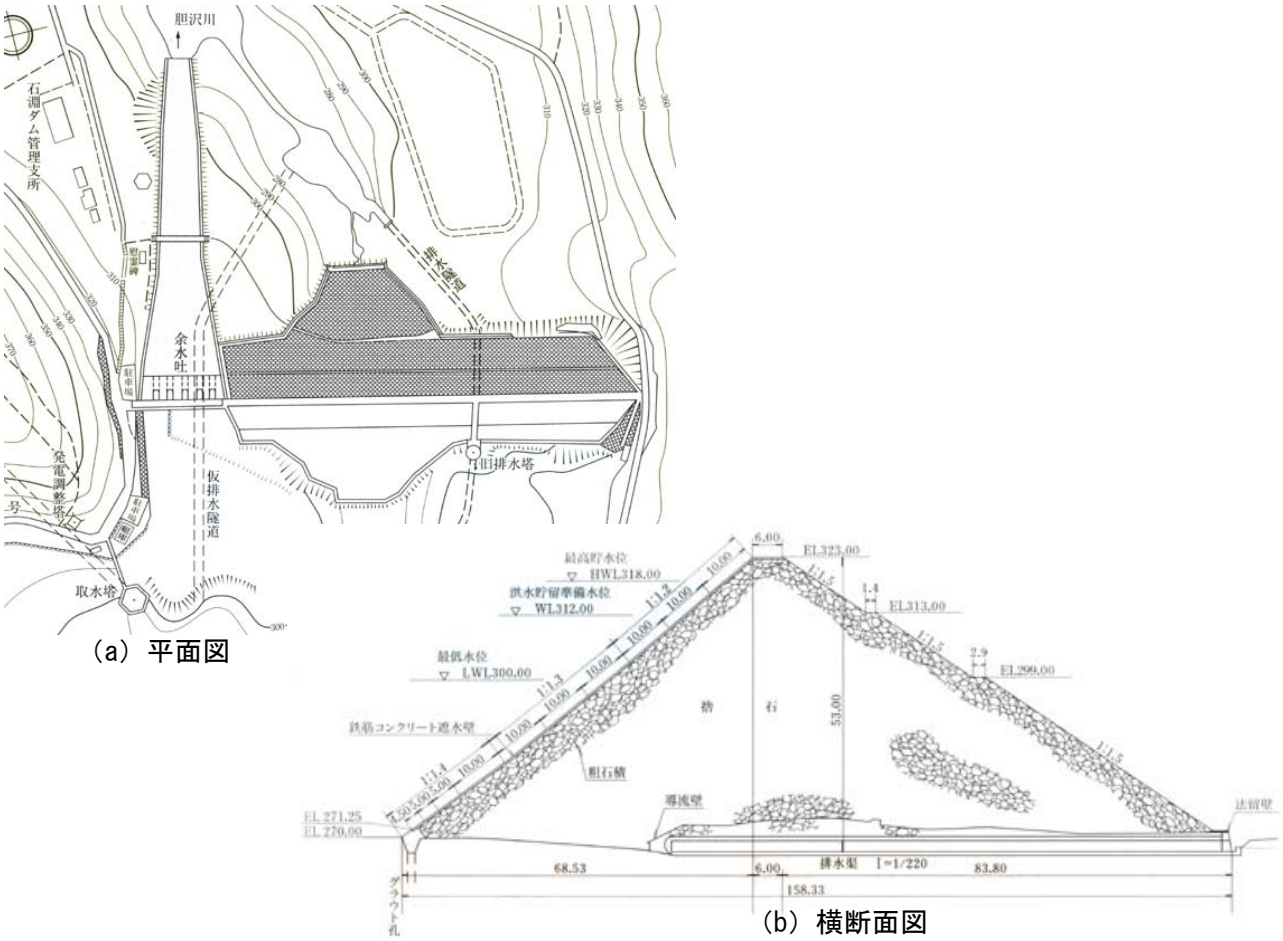


図-7.3 石淵ダム



写真-7.3 石淵ダム天端(2008 年の地震)[3)]



写真-7.4 石淵ダム天端(今回(2011 年)の地震)
*舗装の補修跡は 2008 年の地震によるもの

(3)田瀬ダム

田瀬ダム(**図-7.4**)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。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-7.5**、**写真-7.6**)。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。

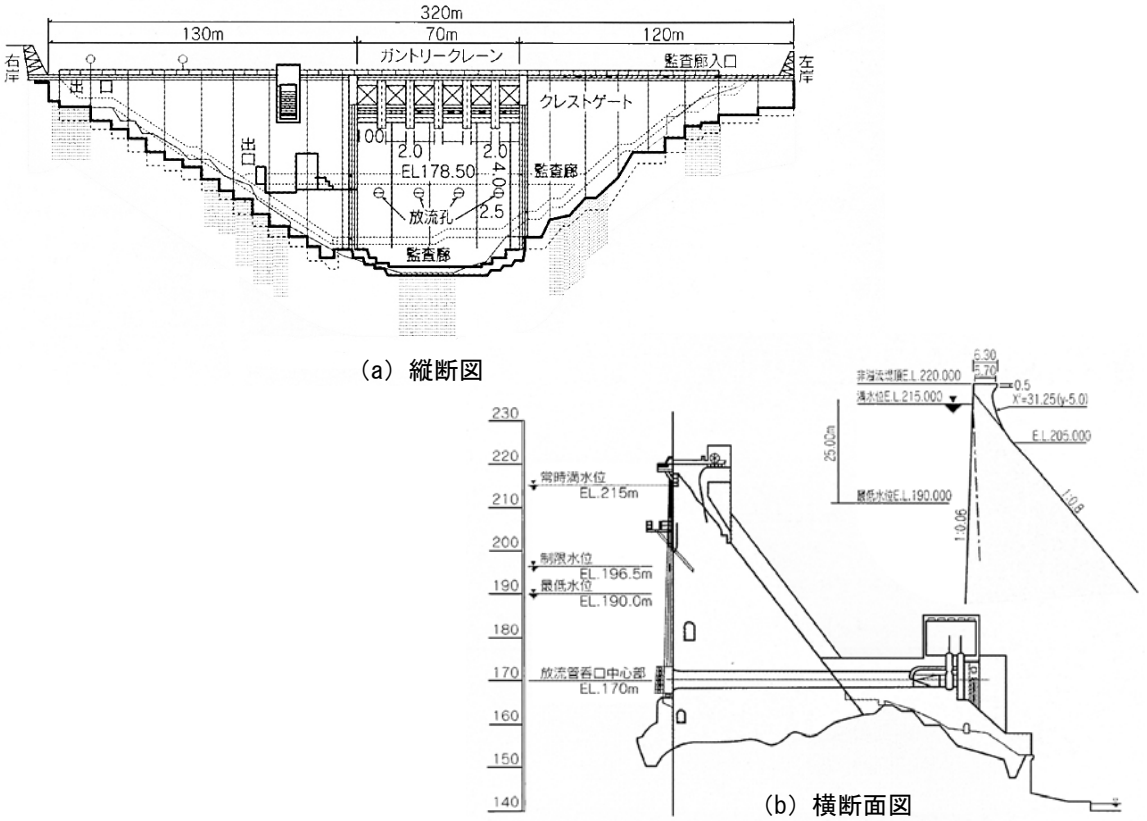


図-7.4 田瀬ダム



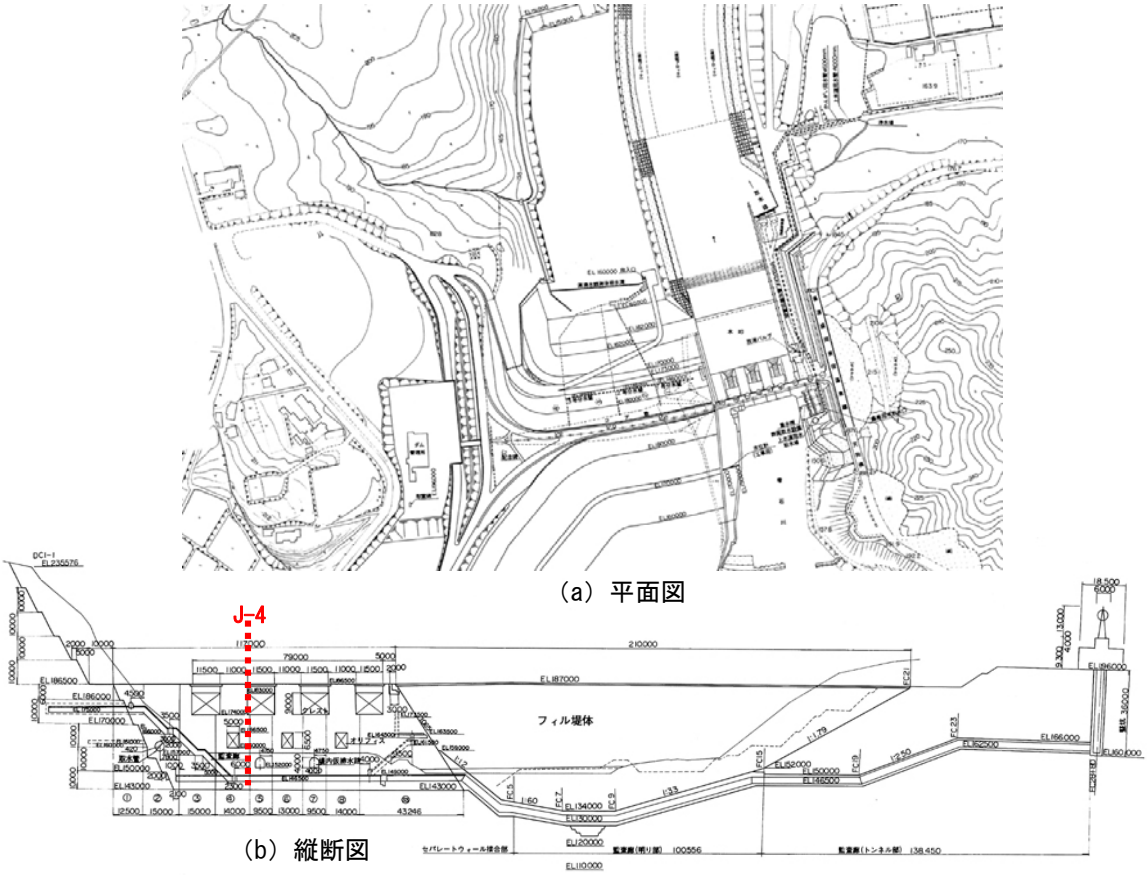
写真-7.5 天端高欄コンクリートの剥落(田瀬ダム)



写真-7.6 天端舗装の継目の段差(田瀬ダム)

(4) 御所ダム

御所ダム(**図-7.5**)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-7.7** 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。



(a) 平面図

(b) 縦断図

図-7.5 御所ダム

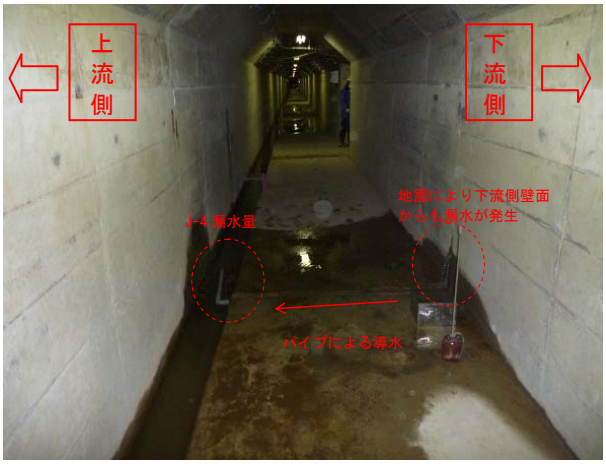


写真-7.7 重力式コンクリートダム部継目(J-4)の漏水(御所ダム、重力式コンクリートダム部)

(5) 月山ダム

月山ダム(**図-7.6**)は、2001 年竣工の重力式コンクリートダム(堤高 123.0m)である。本ダムでは、3 月 11 日の地震直後より一部の継目排水孔からの漏水量が増加したが、4 月 25 日頃に貯水位が上昇した際、他の継目排水孔からも漏水量の増加が報告された。このため、地震との関連性は不明であるものの、詳細現地調査を実施した。

調査時において、地震直後に増加が見られた継目排水孔(J14)の漏水量は安定していたが、継目排水孔 J8(**写真-7.8**)、J17(**写真-7.9**)については、その後貯水位が大きく変化しない状況下においても漏水量の継続的な増加傾向が認められ、その量もそれぞれ 40ℓ/min、90ℓ/min 程度(調査日時点)と比較的多くなっていた。このため、既に管理者により漏水経路の調査や一部対策が開始されていたが、引続き漏水経路の特定及びその結果に基づく対策を進める必要がある。

なお、本ダムでは基礎排水孔の 1 つ(U18-2)において、過去の同一貯水位における最大値を上回る漏水量(25ℓ/min)が計測されており、この箇所では揚圧力も高めの値(約 0.3MPa)で増加傾向となっている。この点については、周囲の基礎排水孔で計測される揚圧力や同基礎排水孔が設置されているブロック内の上下流方向に設置された間隙水圧計で計測される間隙水圧の値に変化が見られないことや、管理者により実施されたボアホールカメラによる孔内調査結果などから、堤体着岩部付近もしくは岩盤からの漏水の可能性が考えられるものの、ただちに安全上問題となるものではないと考えられる。しかし、ダムの安全に万全を期すため、管理者において引続き当該箇所の漏水量や揚圧力の監視を継続することとしている。

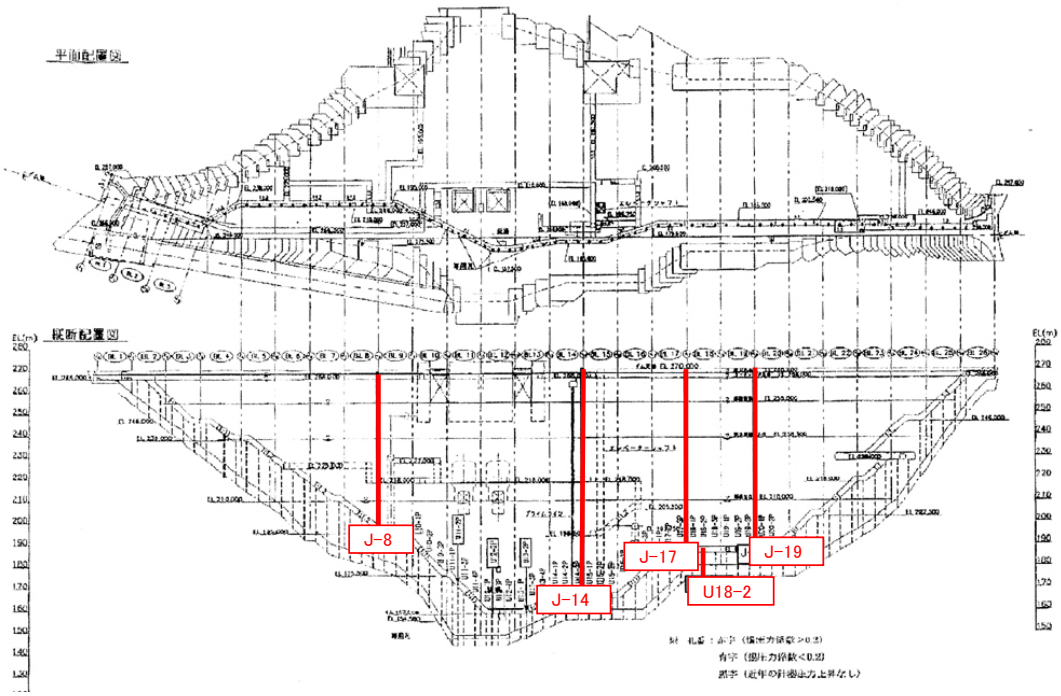


図-7.6 月山ダム



写真-7.8 継目(J8)排水状況(月山ダム)



写真-7.9 継目(J17)排水状況(月山ダム)

＊側溝中の気泡は、漏水箇所調査のための発泡剤による

(6)化女沼ダム

化女沼ダム(**図-7.7**)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。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-7.10**)。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-7.11**)。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。

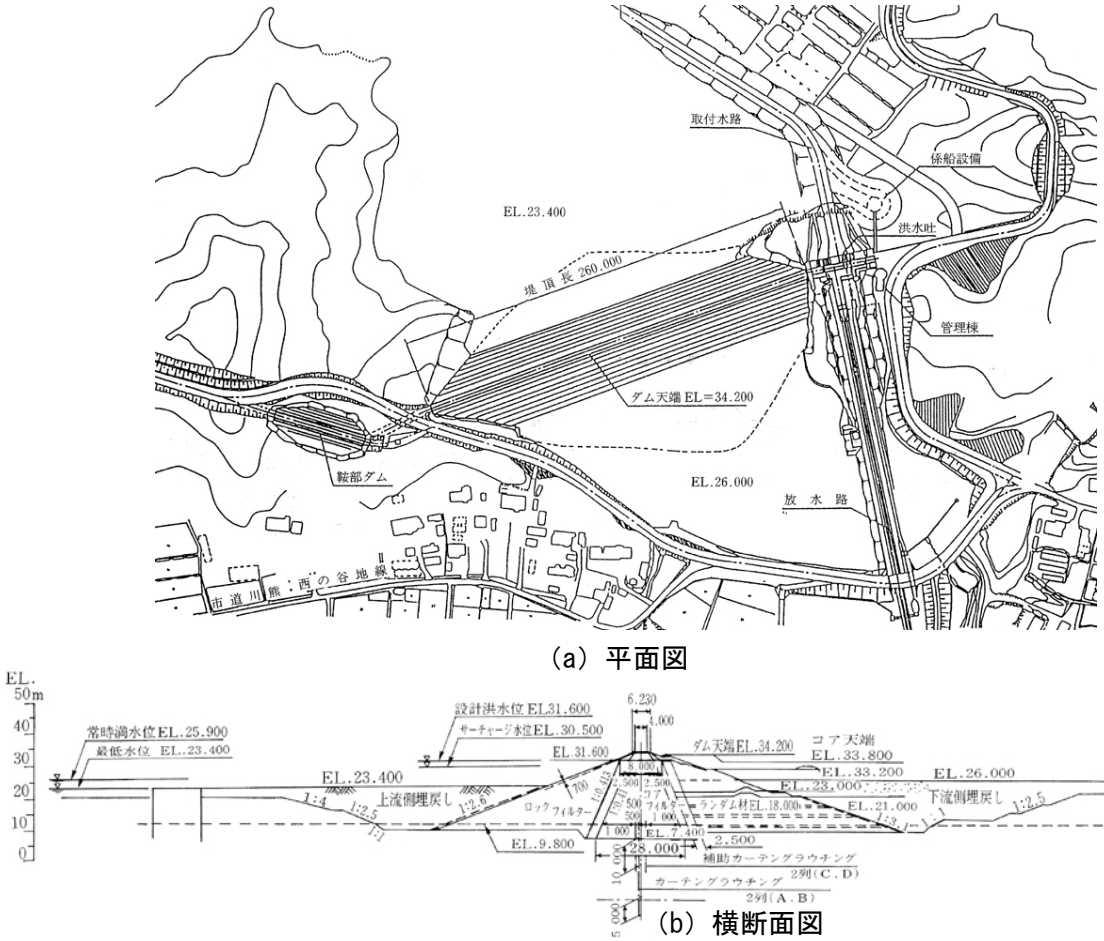


図-7.7 化女沼ダム



写真-7.10 上下流方向に発生したクラック
(化女沼ダム)



写真-7.11 天端中央部の縁石と舗装の開き
(化女沼ダム)

(7) 神室ダム及び高坂ダム

神室ダム(**図-7.8**)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-7.9**)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-7.12**)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-7.10**)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-7.13**)及び J10 からの排水孔で顕著な漏水量の増加が認められた(**図-7.11**)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。

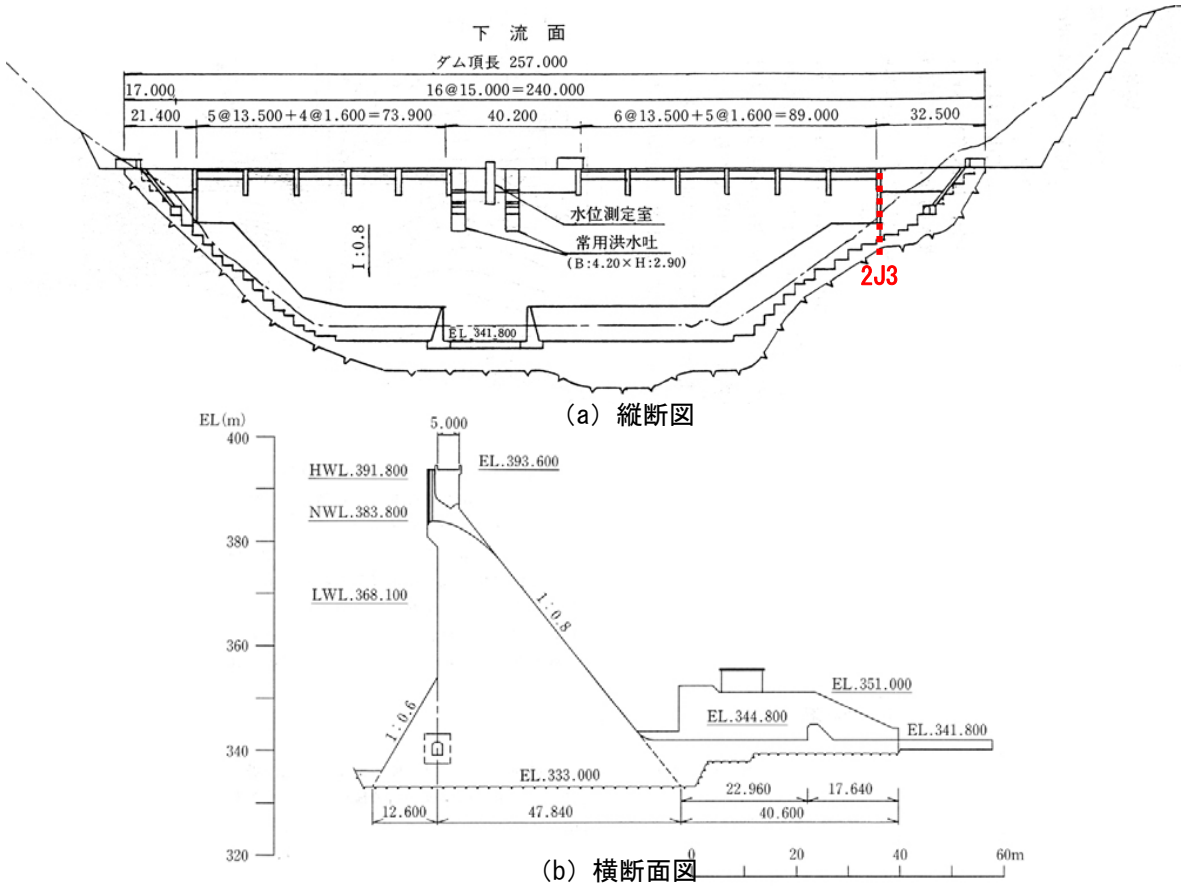
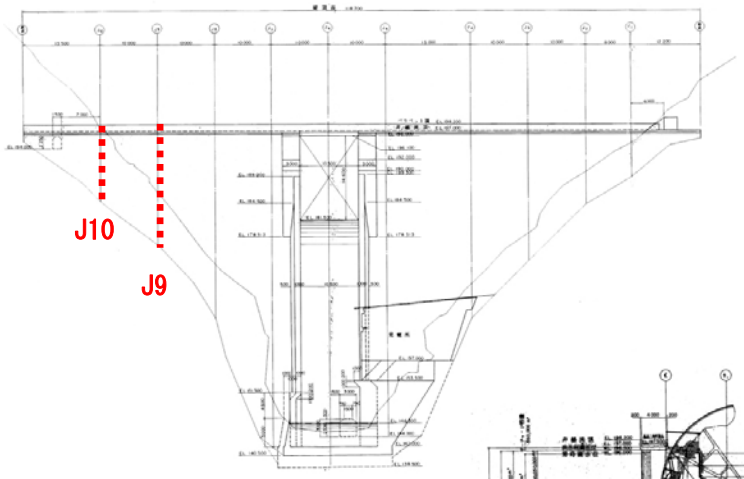
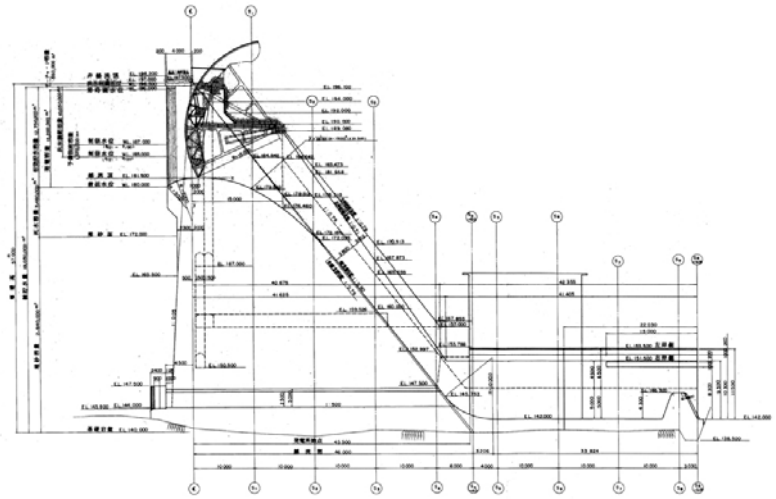


図-7.8 神室ダム



（a）縦断図



（b）横断面図

図-7.9 高坂ダム



写真-7.12 横継目(2J3)からの漏水の状況
（神室ダム）



写真-7.13 横継目(J9)からの漏水の状況
（高坂ダム）

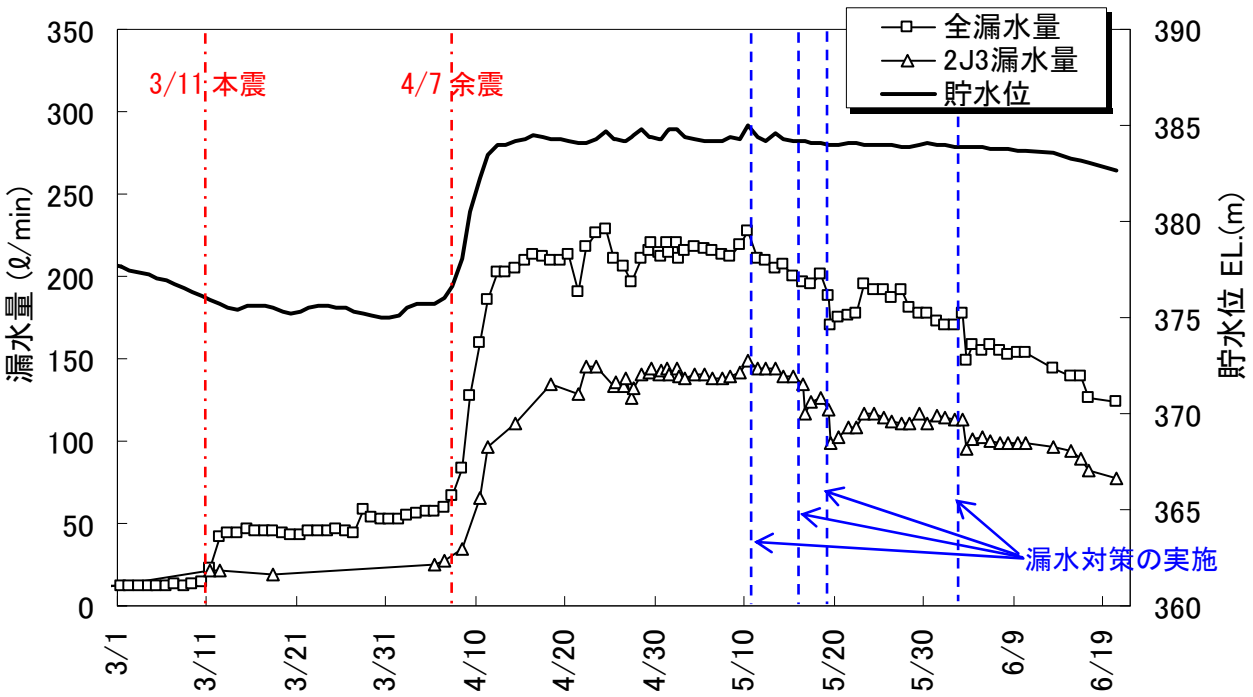


図-7.10 神室ダム漏水量の変化

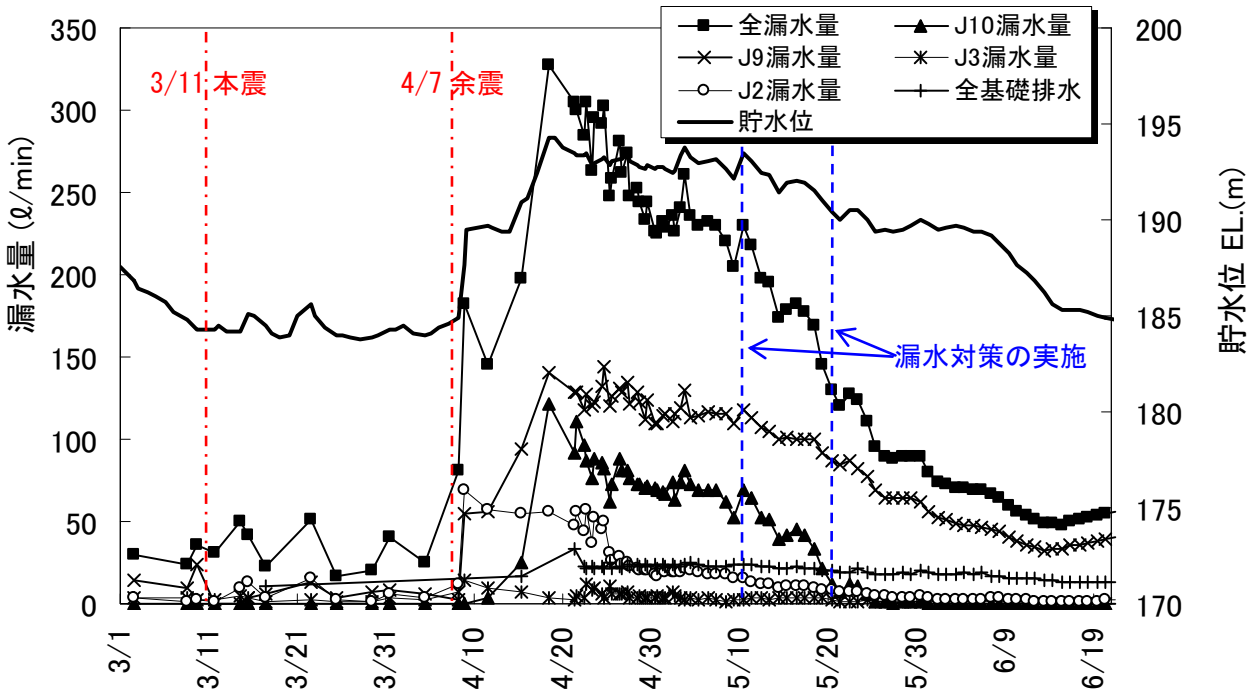
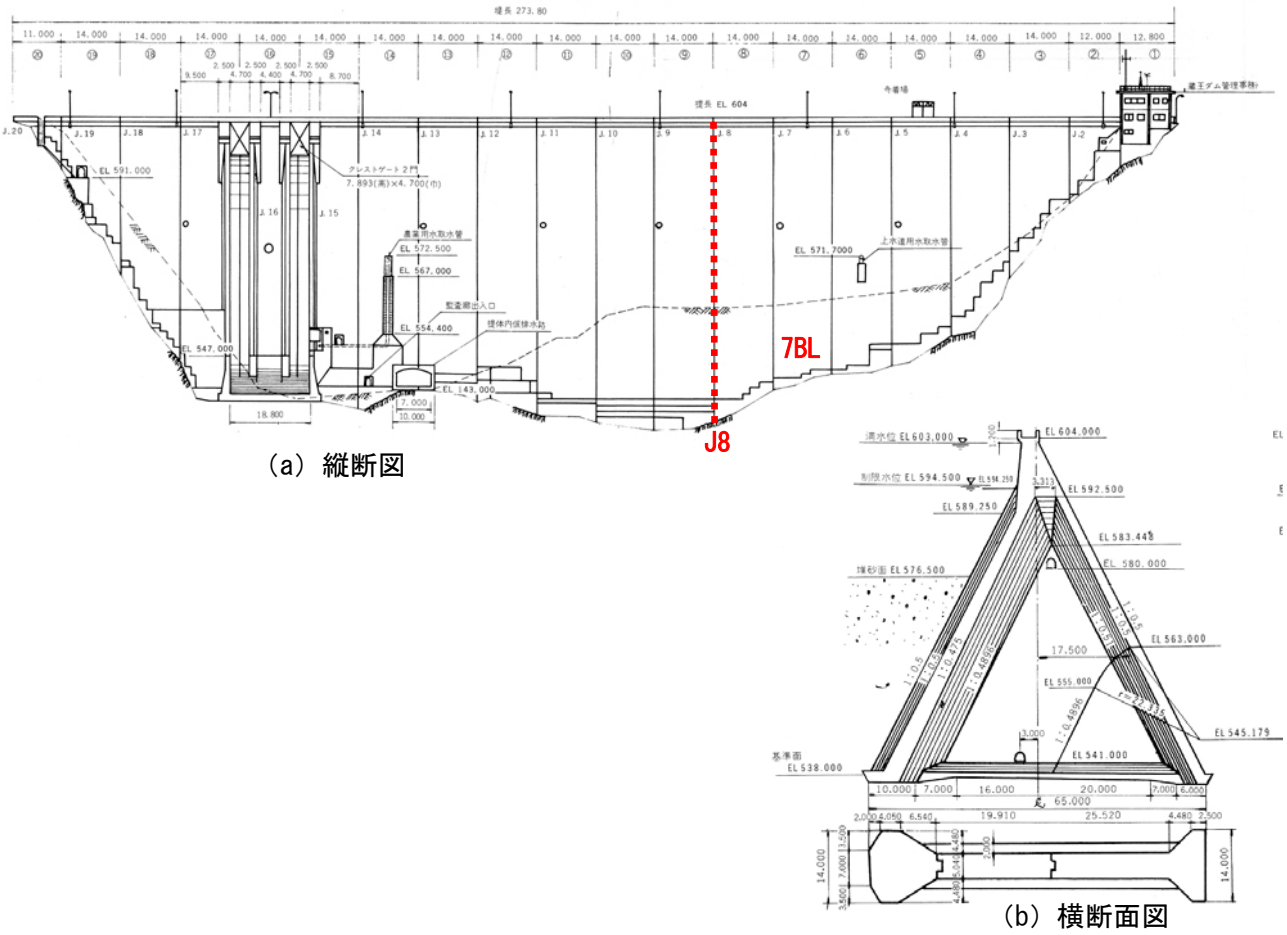


図-7.11 高坂ダム漏水量の変化

(8) 蔵王ダム

蔵王ダム(**図-7.12**)は 1970 年竣工の中空重力式コンクリートダム(堤高 66.0m)である。本ダムでは、3 月 11 日の地震直後、全漏水量が 8.6ℓ/min から 38.9ℓ/min に増加した。漏水量は 4 月上旬頃までほぼ一定でその後やや増加傾向にある(調査日時点で 50ℓ/min 程度)が、貯水位の上昇に対応したものと考えられる。なお、漏水の総量として特に多くはないが、基礎排水孔の 1 つ(7BL-9)では地震後に漏水量が 1ℓ/min から 15ℓ/min に増加した。また、詳細調査時において、J8 などホロー内のいくつかの継目排水孔出口の下部に黄白色の砂状の堆積物が認められた(**写真-7.14**、**写真-7.15**)。これらが地震時に生じたものかは臨時点検時に確認されていないため不明であるが、漏水量の継続監視とあわせ、今後の点検時においては継目排水孔の状況についても確認する必要がある。なお、外観上ダムに特段の変状は認められていない。



(a) 縦断図　　(b) 横断面図

図-7.12 蔵王ダム



写真-7.14 継目(J8)排水孔
(蔵王ダム)



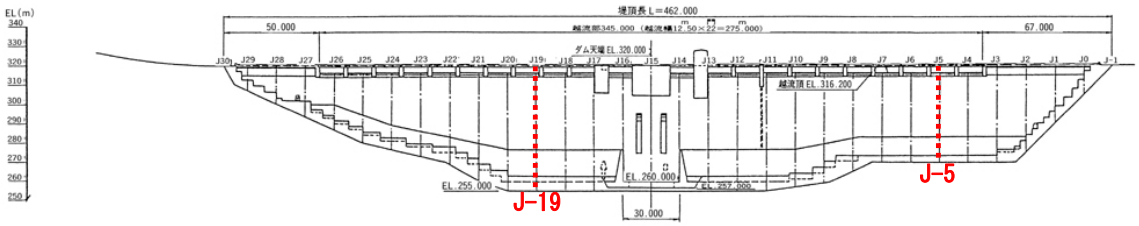
写真-7.15 継目排水孔からの流出物と思われる堆積物(今回の地震によるものかは不明)
(蔵王ダム)

(9)藤井川ダム及び小山ダム

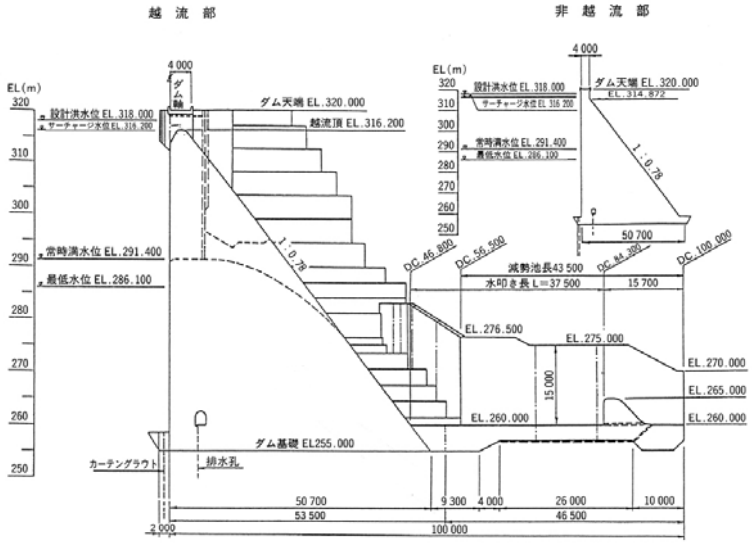
藤井川ダム(**図-7.13**)は 1976 年の重力式コンクリートダム(堤高 37.5m)、小山ダム(**図-7.14**)は 2005 年竣工の重力式コンクリートダム(堤高 65.0m)である。3 月 11 日の本震後、両ダムとも漏水量の計測値が増加したことから、管理者である茨城県の要請により詳細調査を実施した。

このうち、藤井川ダムでは、貯水位がほぼ常時満水位であった 3 月 11 日の地震直後に全漏水量の自動計測値が 9ℓ/min から 76ℓ/min に急激に増加し、その後 93ℓ/min に達したことから、安全のため 4 月 4 日より洪水期制限水位に向けて貯水位の低下を開始している。詳細調査の結果、外観上、特段の変状は認められなかったが、管理者によれば、目視により河床部の基礎排水孔(**写真-7.16**)からの漏水の増加や、常時満水位以上の水位となった場合に目視で横継目(J4)からの漏水が認められたとのことであった。本ダムは、本震時に比較的強い地震動を受けていることも考慮し、今後の水位上昇時に向けてダムの安全性を確認しておく必要があると考えられることから、管理者による漏水量等の監視を強化することとした。

小山ダムでは、3 月 11 日の地震後、一部の基礎排水孔や継目排水孔(J5, J19 など)で漏水量の増加が認められた。なお、漏水量の増加分のほとんどは継目排水孔からの漏水量の増加によるものである。詳細調査において、漏水量の増加が認められたこれら継目排水孔の排水口付近を確認したところ、茶褐色のシルト状堆積物(**写真-7.17**)が見られた。これが地震によるものかどうかは不明であるが、地震により横継目部の止水機能に何らかの問題が生じた可能性も考えられるため、管理者により引続き漏水の濁りの有無や漏水量などの監視を継続するとともに、漏水経路等についての調査を行うこととした。

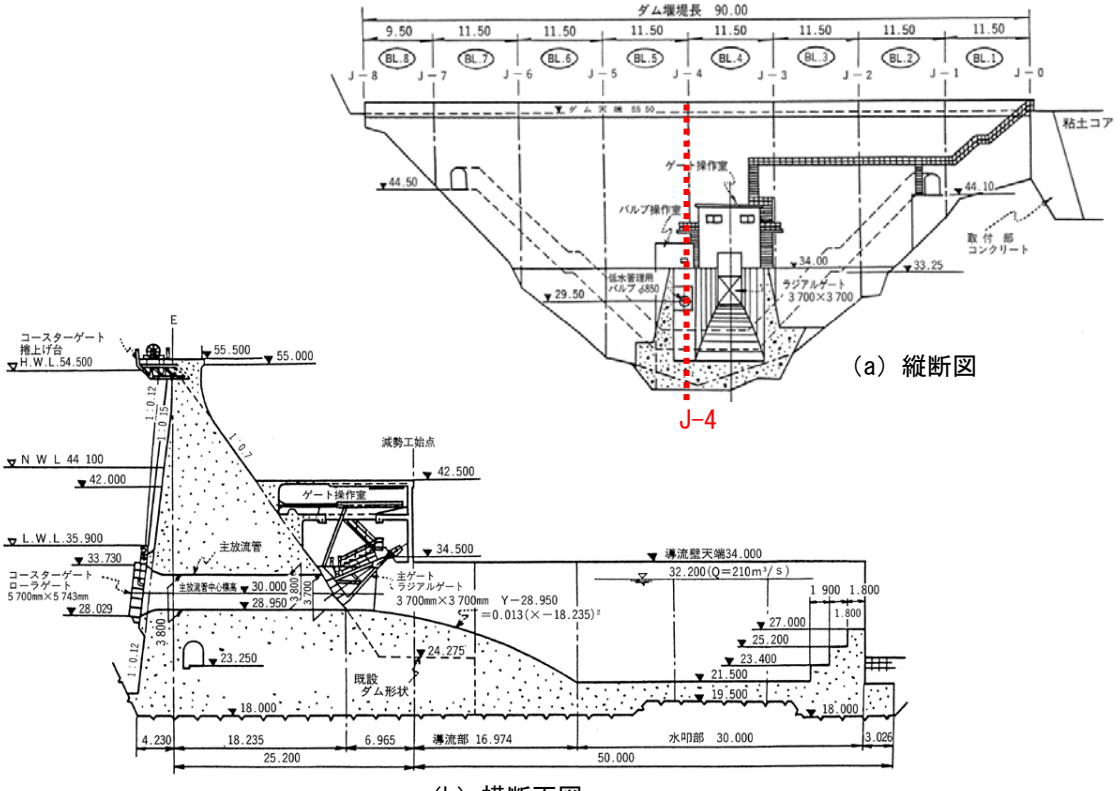


（a）縦断図



（b）横断面図

図-7.13 小山ダム



（b）横断面図

図-7.14 藤井川ダム



写真-7.16 基礎排水孔(No.11)からの漏水
(藤井川ダム)



写真-7.17 監査廊内排水溝の茶褐色のシルト状堆積物(小山ダム)

7.3.3 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-7.15** 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-7.4**)。

なお、ここに示す最大加速度は、ダム管理者から報告された速報値であり、加速度の時刻歴記録を処理して確定した値ではないため、暫定値である。

直轄ダムにおいては、三春ダムにおける 194.8gal が最も大きい最大加速度(水平方向)の観測値となっている。補助ダムについては、沿岸部のダムのデータが十分には集まっていないが、収集されている範囲では、宮城県の宮床ダムにおける 313gal を最大値として、水平方向で 200gal 以上の最大加速度値が 7 ダムから報告されている。

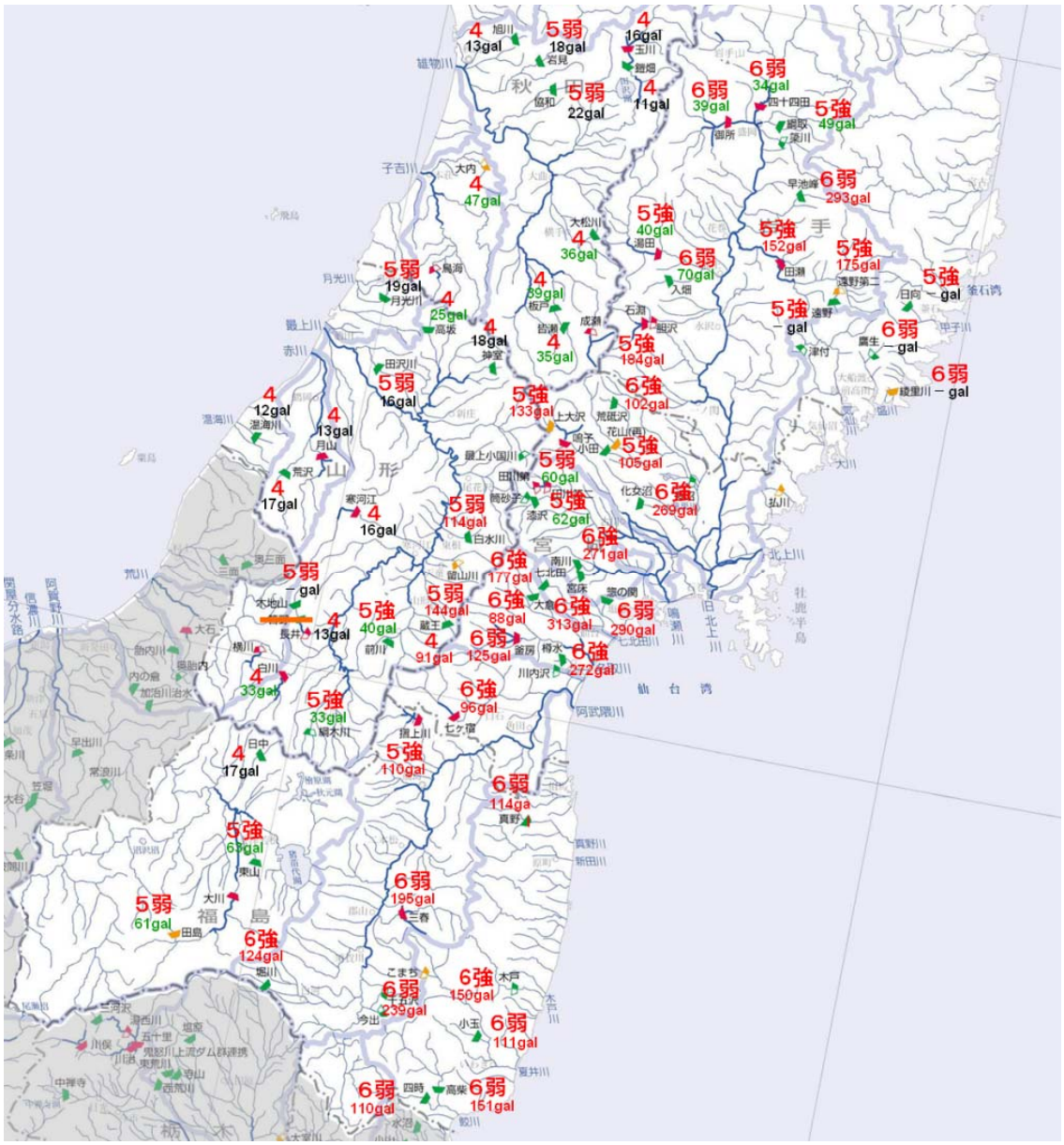


図-7.15 東北地方太平洋沖地震におけるダム周辺の震度および、ダム地点の最大加速度の分布

表-7.4 ダム基礎における水平最大加速度(暫定値)

(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	型式	堤高(m)	最大加速度(基礎)(gal)
宮床ダム	宮城県	重力式コンクリート	48	313
早池峰ダム	岩手県	重力式コンクリート	73.5	293
惣の関ダム	宮城県	複合式	23.5	290
樽水ダム	宮城県	ロックフィル	43	272
南川ダム	宮城県	重力式コンクリート	46	271
化女沼ダム	宮城県	アースフィル	24	269
千五沢ダム	福島県	アースフィル	43	239
三春ダム	東北地方整備局	重力式コンクリート	65	194.8
石淵ダム	東北地方整備局	ロックフィル	53	183.8*
七北田ダム	宮城県	ロックフィル	74	177
遠野第二ダム	岩手県	重力式コンクリート	23.1	175
蔵王ダム	山形県	中空重力式コンクリート	66	144
木戸ダム	福島県	重力式コンクリート	93.5	134
上大沢ダム	宮城県	アースフィル	19	133
釜房ダム	東北地方整備局	重力式コンクリート	45.5	125.4
堀川ダム	福島県	ロックフィル	57	124
白水川ダム	山形県	重力式コンクリート	54.5	114
真野ダム	福島県	重力式コンクリート	69	113.5
小玉ダム	福島県	複合式	102	111.4
摺上川ダム	東北地方整備局	ロックフィル	105	110.3
小田ダム	宮城県	ロックフィル	43.5	105
荒砥沢ダム	宮城県	ロックフィル	74.4	102
四時ダム	福島県	ロックフィル	83.5	101.9
田瀬ダム	東北地方整備局	重力式コンクリート	81.5	ー**

* 石淵ダムは、右岸段丘部での観測値(岩盤ではない)

** 田瀬ダムは、100gal 以上の地震動が記録されているが、地震途中で記録が中断し、最大加速度が評価できない。

図-7.16 にダム基礎において観測・報告された水平最大加速度の距離減衰を示す。なお、最短距離の算出においては国土地理院による断層モデル[5]を使用した。また、今回のような極めて規模の大きい地震への適用には議論が必要であるが、ダム基礎岩盤での地震動観測記録に基づく加速度応答スペクトルの推定式で、「大規模地震に対するダム耐震性能照査指針(案)・同解説」[6]に基づくダムの耐震性能照査に用いられる距離減衰式(プレート境界地震の場合における最短距離式(平成 20 年式)[7])による計算値(地震動のばらつきを考慮した平均値相当の値)を比較のため併記する。なお、同式において、地震の規模は気象庁マグニチュードにより定義されているが、ここではモーメントマグニチュードの値(M9.0)を用いた計算値であることに注意を要する。

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。

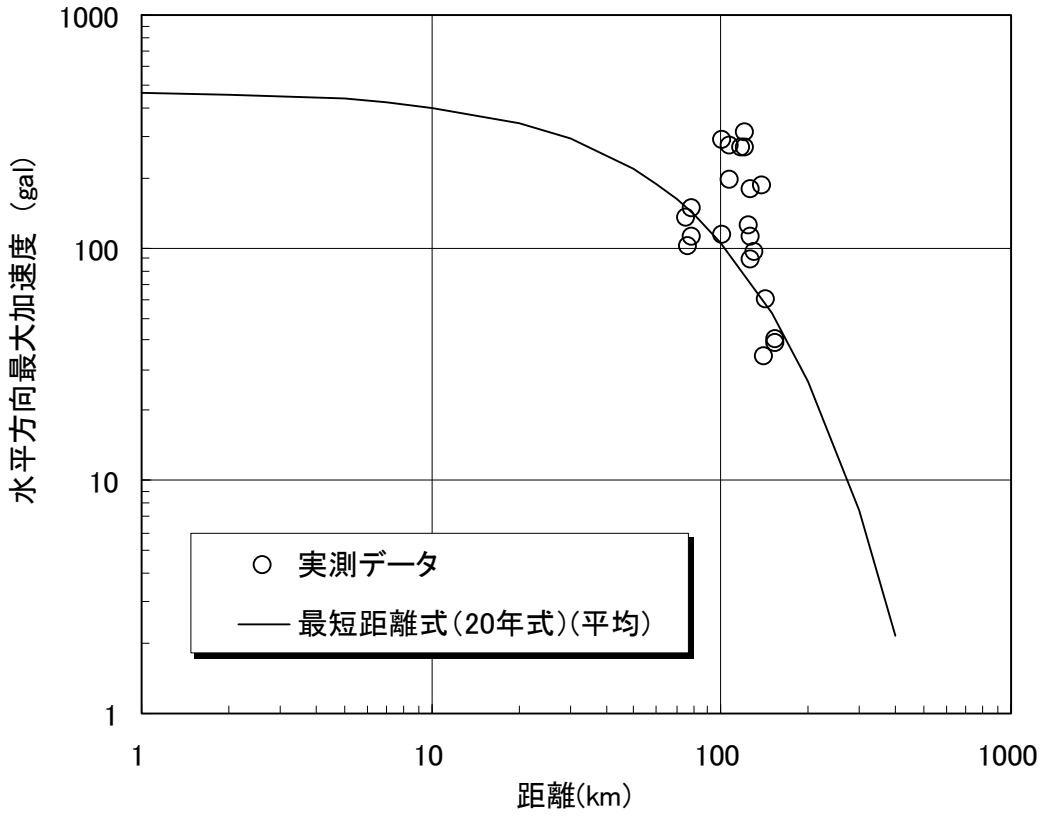
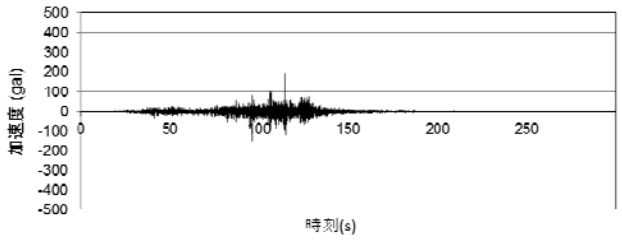


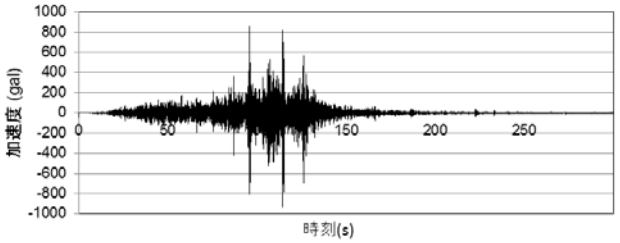
図-7.16 ダム基礎で観測された水平方向の最大加速度

(2)加速度時刻歴

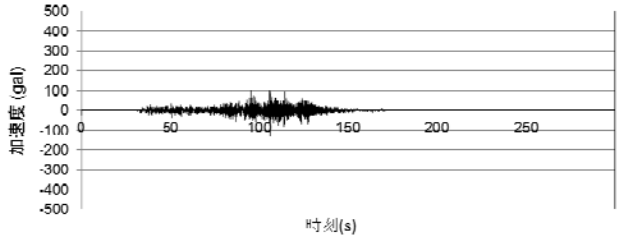
三春ダム(重力式コンクリートダム)及び摺上川ダム(ロックフィルダム)において得られた本震の加速度時刻歴をそれぞれ**図-7.17**、**図-7.18** に示す。。三春ダムでは、ダム基礎において最大加速度 194.8gal、天端において最大加速度 932.4gal を記録した。また、摺上川ダムでは、ダム基礎において最大加速度 110.3gal、天端において最大加速度 473.9gal を記録した。なお、**図-7.17**、**図-7.18** から読みとれるように、今回の地震は地震動の継続時間が非常に長かったことが大きな特徴である。



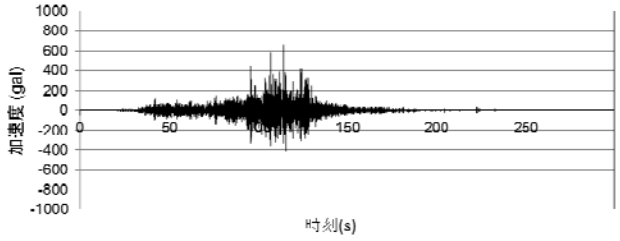
上下流方向(最大加速度：194.8gal)



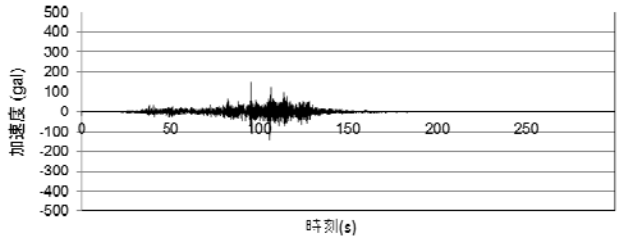
上下流方向(最大加速度：932.4gal)



ダム軸方向(最大加速度：130.8gal)

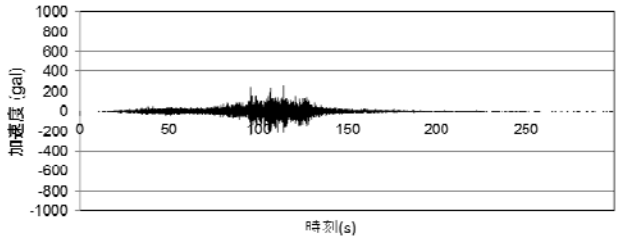


ダム軸方向(最大加速度：661.2gal)



鉛直方向(最大加速度：146.9gal)

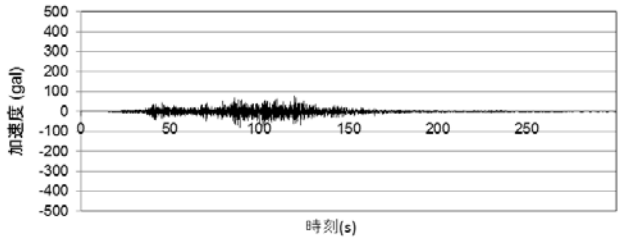
(a)ダム基礎



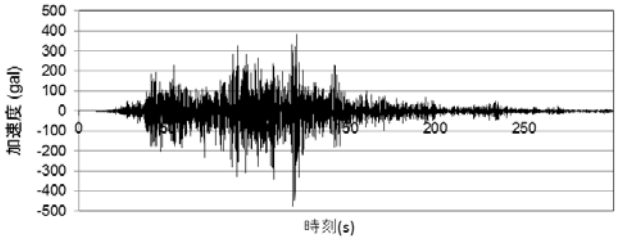
鉛直方向(最大加速度：262.5gal)

(b)ダム天端

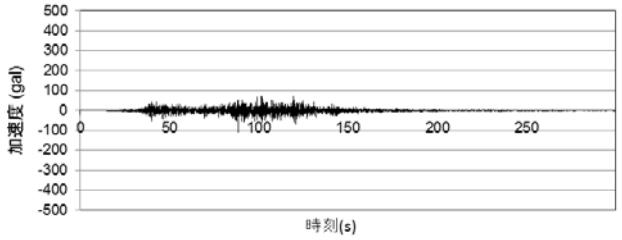
図-7.17 三春ダムで観測された加速度時刻歴



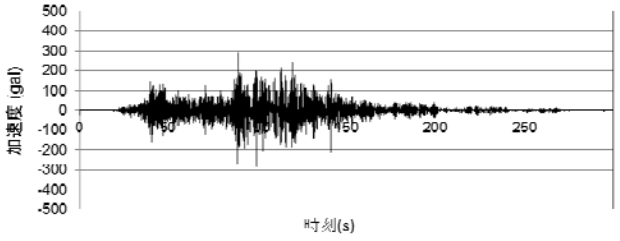
上下流方向(最大加速度：81.6gal)



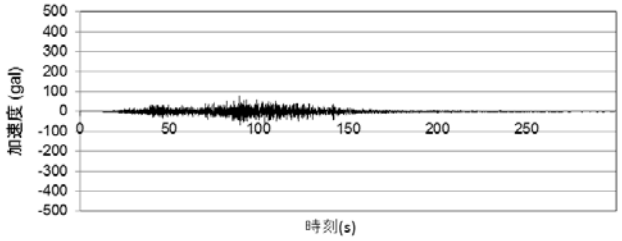
上下流方向(最大加速度：473.9gal)



ダム軸方向(最大加速度：110.3gal)

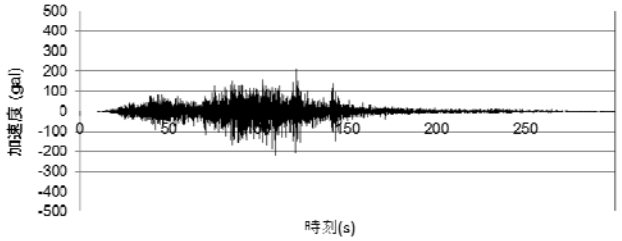


ダム軸方向(最大加速度：294.1gal)



鉛直方向(最大加速度：79.8gal)

(a)ダム基礎



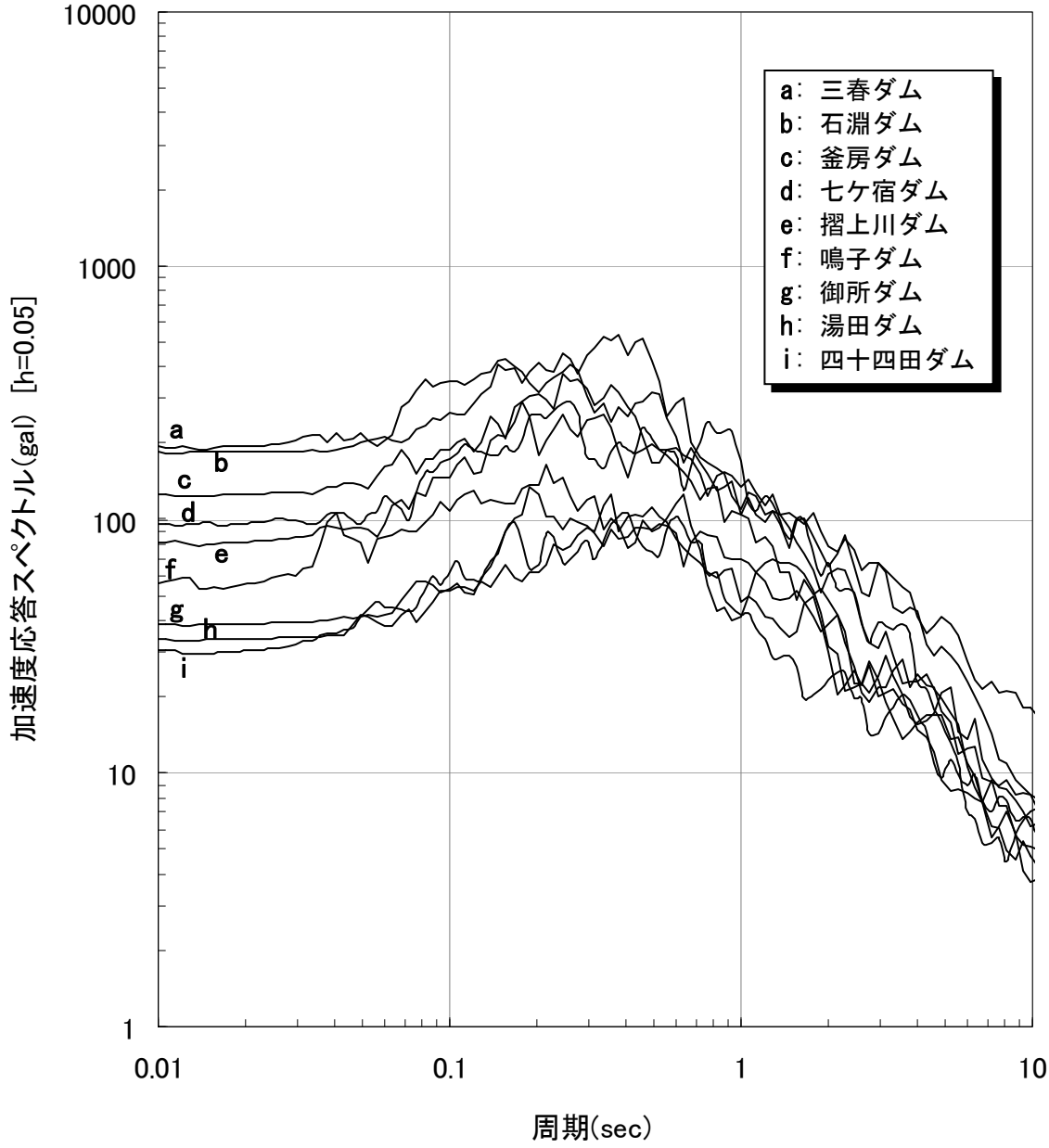
鉛直方向(最大加速度：224.8gal)

(b)ダム天端

図-7.18 摺上川ダムで観測された加速度時刻歴

(3)加速度応答スペクトル

国土交通省が管理するダムで震源域から比較的近い計 9 ダムにおける地震動について、ダム基礎の水平方向(上下流方向およびダム軸方向)の加速度応答スペクトルを求めた。**図-7.19** に上下流方向の加速度応答スペクトルを示す。現時点で収集されている地震動波形記録は限られているが、今後、国土交通省以外が管理するダムも含め波形データの収集を継続し、今回の地震による地震動の特性やダムへの影響について分析を進める必要がある。



※石淵ダムは、右岸段丘部の値(岩盤ではない)

図-7.19 本震におけるダム基礎の加速度応答スペクトル(上下流方向、減衰 5%)

7.4 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) 国土交通省河川局河川環境課:地震発生後のダム臨時点検結果の報告について、2005 年 9 月

2) 松本徳久、佐々木隆、雨宮宏文:東北地方太平洋沖地震のダムへの影響―福島県南部―、ダム技術、No.296、pp.48-54、2011 年 5 月

3) 国土交通省国土技術政策総合研究所・独立行政法人土木研究所・独立行政法人建築研究所：平成 20 年(2008 年)岩手・宮城内陸地震被害調査報告、国土技術政策総合研究所資料第 486 号、土木研究所資料第 4120 号、建築研究所資料第 115 号、2008 年 12 月

4) Yoshikazu YAMAGUCHI, Tomoya IWASHITA: Preliminary Investigation of Dams stricken by the Iwate-Miyagi Nairiku Earthquake in 2008, The 5th EADC, International Symposium on Coexistence of Environment and Dams, 2008

5) 国土交通省国土地理院：報道記者発表資料「平成 23 年 3 月の地殻変動について」、2011 年 4 月 8 日 http://www.gsi.go.jp/common/000060173.pdf

6) 国土交通省河川局治水課：大規模地震に対するダム耐震性能照査指針(案)、2005 年 3 月

7) 三石真也、島本和仁：大規模地震に対するダム耐震性能照査について、ダム技術、No.274、pp.6-35、2009 年 7 月

８．下水道施設

8.1 概　要

東日本大震災による下水道施設の被害はその被災箇所・地域が広域かつ多数にのぼり、特に津波の浸水域では多くの処理場、ポンプ場で施設、設備とも極めて甚大な被害を受けるなど未曽有の被災となった。

下水管きょについては、137市町村等の下水管66,086kmのうち、956kmで被災している[1)]（一次調査、平成23年6月20日現在）。破損箇所については、仮配管や仮設ポンプ設置等による応急対応を実施中である。また、ポンプ場については、112箇所で被災している。下水処理場については、震災により被災した処理場は120箇所に上った。平成23年3月16日時点で稼動停止していた下水処理場は48箇所となっており、津波の影響を受けていない処理場は比較的速やかに運転再開しているのに対し、津波浸水域内の処理場は壊滅的な被害を受けた処理場が多く、稼動再開している処理場は少ない。

また、下水道施設の被災・機能障害に伴い、下水の収集や適切な処理が行われないことから、汚水の溢水や簡易処理放流などが発生した箇所が見られた。

8.2 管きょ、マンホールの被害

8.2.1 被害の分布

管きょ施設の調査は目視による一次調査、TVカメラによる二次調査があるが、ここでは、完了している一次調査結果を使用して、被害の概要を示す。

管きょ、マンホールについては、沿岸部のみならず内陸部に被害が及んでおり、事業者別では１都４県、７３市３５町４村３事務組合において被害が報告されている。

東日本大震災による管きょ、マンホールの市町村別被害率は、**図-8.1**のとおりである[2)]。

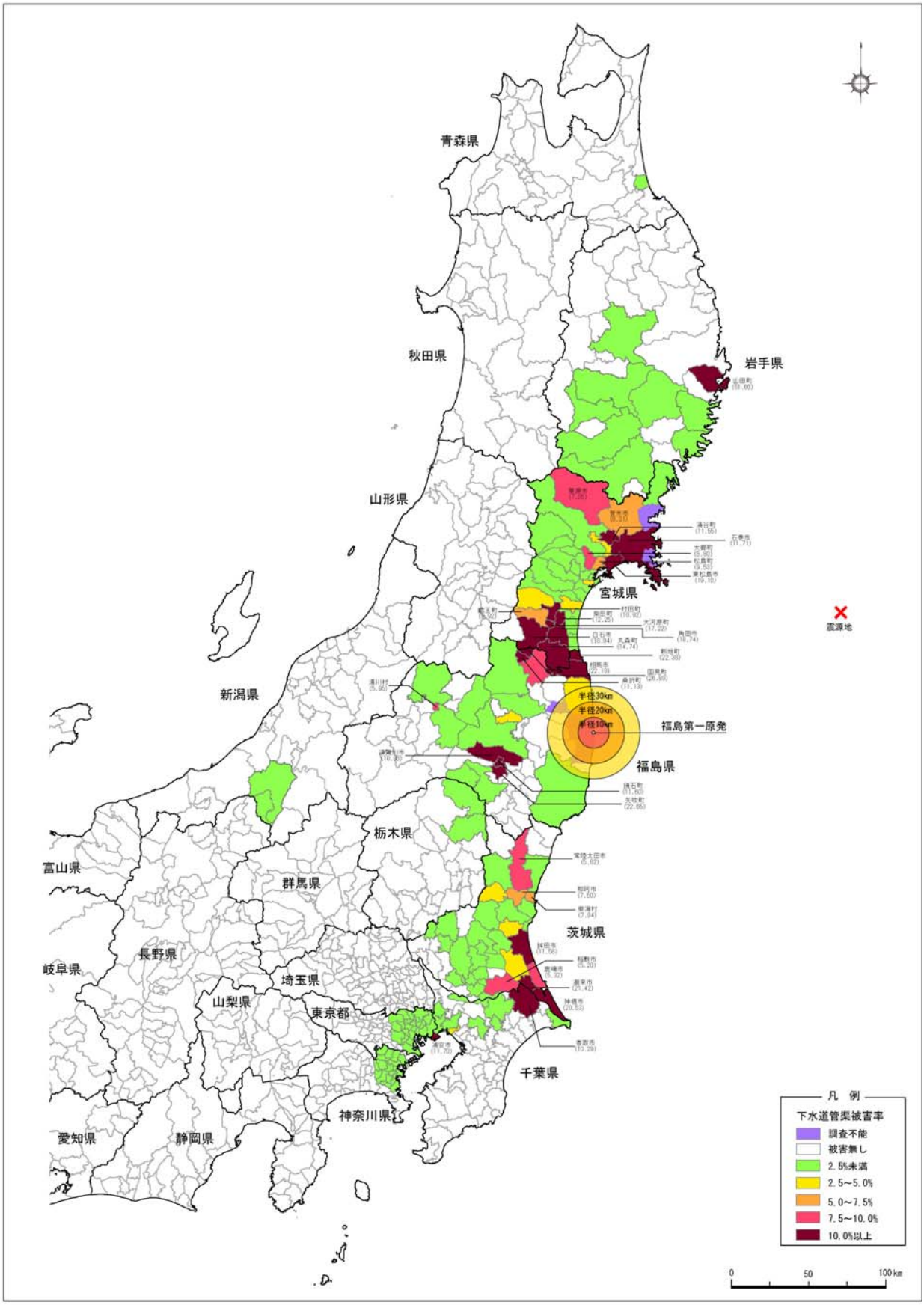
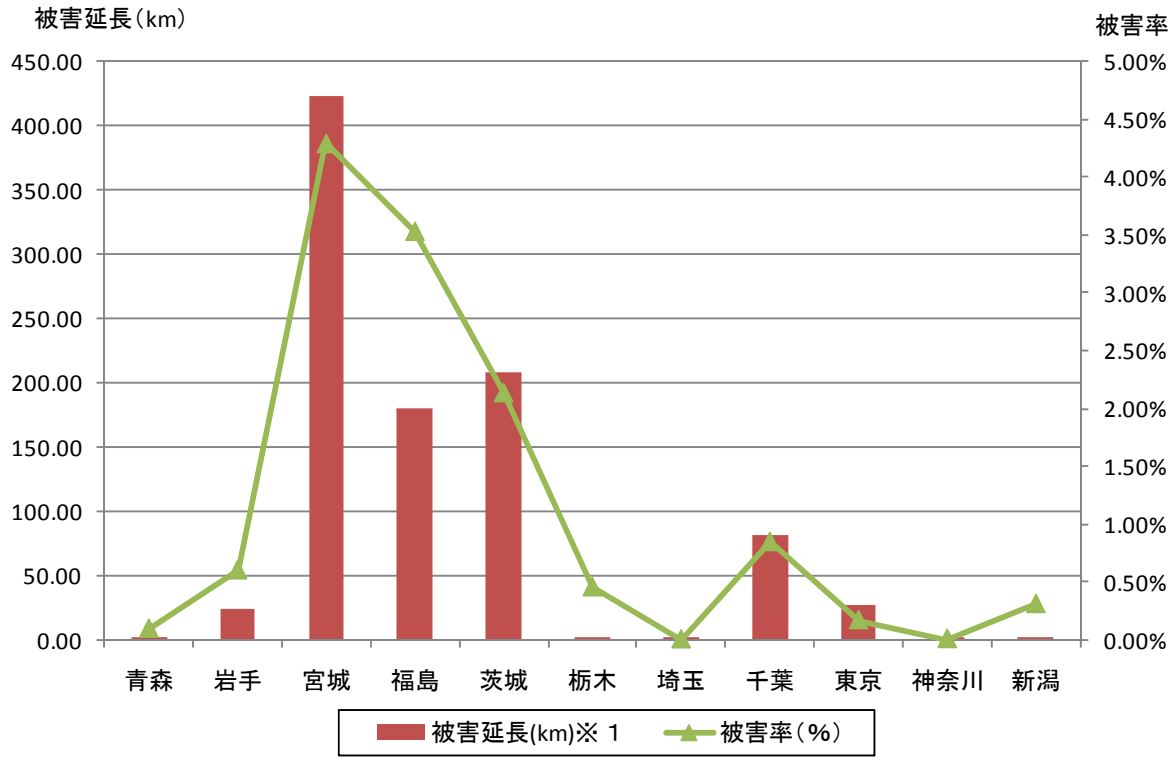


図-8.1 平成23年（2011年）東日本大震災による市町村別下水管きょ被害率

8.2.2 地域別被害状況

都道府県別の被害状況は**図-8.2**のとおりである[2)]。宮城県が最も被災率が高く、福島県、茨城県と続いている。宮城県及び福島県では埋め戻し土の液状化による被害が生じている一方、茨城県及び千葉県（**写真-8.1**）では埋め戻し土以外の地盤も含めた全面液状化により被害が生じた。



※１被害延長は１次調査による暫定値

図-8.2 平成23年（2011年）東日本大震災による都道府県別下水管きょ被害状況



写真-8.1 千葉県浦安市全面液状化の状況

福島県矢吹町では、**写真-8.2**(a)に示す道路陥没跡や、**写真-8.2**(b)に示すマンホールの浮上が見られた。



(a) 道路陥没跡



(b) マンホールの浮上

写真-8.2 福島県矢吹町の被害状況

一方、千葉県浦安市では、**写真-8.3**(a)に示す土砂の流入によるマンホールの閉塞や、**写真-8.3**(b)に示すマンホールの浮上が見られたが、矢吹町のような道路陥没は見られなかった。



(a) マンホールの閉塞



(b) マンホールの浮上

写真-8.3 千葉県浦安市の被害状況

8.3 下水処理場の被害

国土交通省調べでは、平成 23 年 3 月 16 日時点で稼動停止していた下水処理場は 48 箇所で、被災後約 2 週間後の 3 月 26 日時点では 5 割(24 箇所)の処理場がほぼ通常の処理を再開していた。

震災後稼動停止した 48 箇所の処理場の内、津波の被害を受けたのは 20 箇所だった。津波被害を受けなかった 28 処理場のうち、25 箇所は被災の 20 日後にはほぼ通常の運転を再開していた（国土交通省調べ）。このように、東日本大震災による下水道施設災害では、津波により沿岸部の多数の下水処理場に甚大な被害が発生したことが大きな特徴となっている（**図-8.3**）。また、このことが 8.4 節で紹介する公衆衛生への影響の要因

にもなっている。

４月上旬に実施した土木研究所調査（8.4.1 参照）では、下水処理場の施設災害に関する詳細な調査は実施していないが、宮城県内を中心に調査した下水処理場では、津波や地震の影響で被災した土木・建築施設も見られたが（**写真-8.4**）、特に目立つのは浸水やがれきの流入による機械・電気設備の被災であった（**写真-8.5**）。

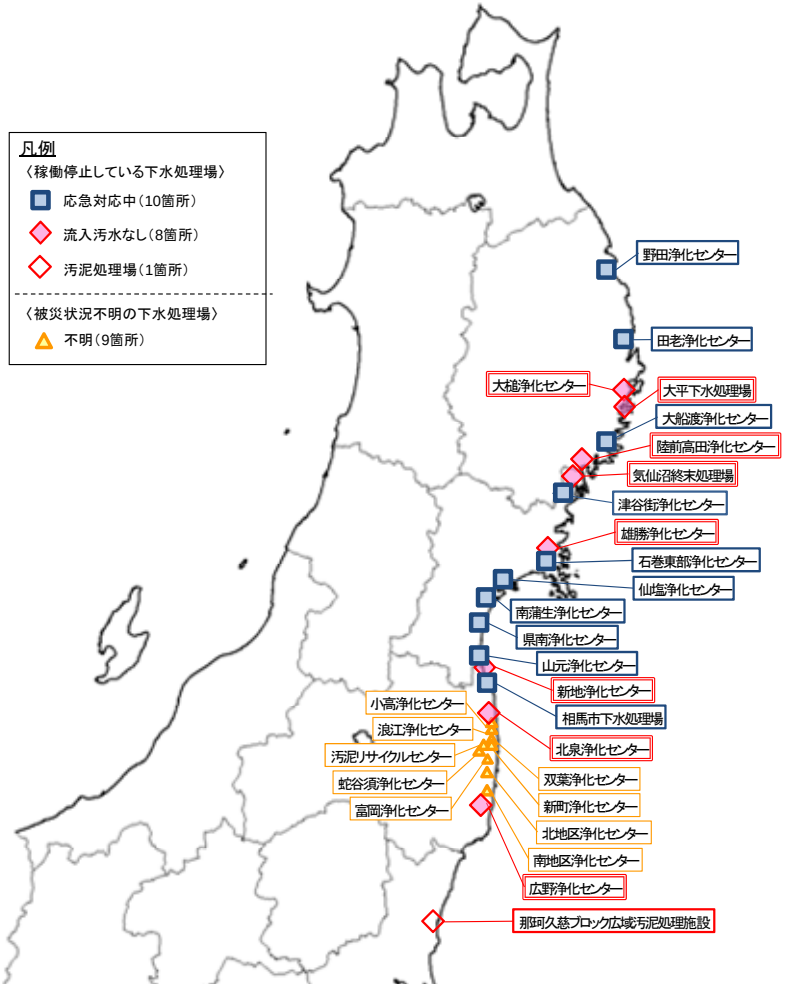


図-8.3 下水道施設の復旧状況（5月13日時点）
（国土交通省資料）[2)]



写真-8.4 津波の衝撃で破壊したポンプ棟（仙台市南蒲生浄化センター）



写真-8.5 津波により被災した機械設備（宮城県仙塩流域下水道仙塩浄化センター）

8.4 下水道災害による公衆衛生への影響

8.4.1 調査の概要

下水道施設の被災・機能停止によって、汚水の滞留・溢水などが予想され、感染症などの原因となることが懸念された。このため、事前に公衆衛生上のリスクが想定される箇所をスクリーニングし、現地調査、関係者ヒアリングを行った。現地調査は大規模処理場の被災が集中した宮城県内を対象に行った。

(1) 予備検討

国土交通省提供資料をもとに、被災・機能停止施設の下流に浄水場が位置する箇所、マンホール、ポンプ場等からの溢水が報告されている箇所を選定し、さらに被災地の現地調査前に入手可能な以下の既存統計資料を活用し、さらに先行して実施された国総研調査結果も参考に、公衆衛生面、水質面での影響が懸念される箇所をリストアップした。

・平成20年版下水道統計[3)]
・宮城県下水道関係の管内図、パンフレット等
・上水道の復旧状況（厚生労働省公表資料）

(2) 現地調査

予備検討の結果をもとに、以下の通り現地調査を実施した。現地調査では、予備検討によるスクリーニング箇所を中心に現地確認を行い、一部パックテストによる現地水質調査、採水調査も実施した。

日時：平成23年４月５日（火）～８日（金）

調査地区：宮城県仙塩浄化センター及び仙塩流域下水道処理区域
宮城県県南浄化センター
宮城県阿武隈川下流流域下水道角田ポンプ場及び阿武隈川（岩沼市内）
仙台市南蒲生浄化センター
宮城県石巻東部浄化センター及び石巻市公共下水道処理区域
鳴瀬川（大崎市周辺）

8.4.2 調査結果

予備検討の時点で、公衆衛生上の影響が考えられる状況としては、概ね次の３つの形態が考えられ、こうした状況による影響がありうると予想された箇所でその状況を確認した。

① 処理場、ポンプ場の機能停止や管きょの被災でマンホール等から溢水が発生
② ポンプ場や幹線管きょ人孔から河川等に簡易処理放流
③ 被災処理場の下流に浄水場などの利水施設が存在

以下、現地調査において確認された状況を示す。

(1) マンホール等からの溢水の発生

実際に市街地内で発生した場合は、未処理下水への市民の接触リスクが高く、感染症などの面からは最も回避すべき状況である。現地調査・ヒアリングを実施した都市・施設でも、水中ポンプ等が不足する中で、溢水が発生した場合には出来るだけ速やかに応急対応を行うよう対応が取られていた(宮城県仙塩流域下水道、仙台市公共下水道など)。

・被災当初は、溢水箇所からの汚水を送水する仮設ポンプや、緊急放流時の消毒剤、水中ポンプを稼働するための自家発電機燃料などの不足が、対策のネックとなっていた
・溢水箇所は、上水道の復旧などによる下水量の増加に伴い増加する傾向が見られた。地震による管きょの破損等から、雨天時の浸入水量増加を懸念する声もあった
・現場では応急対応、処理施設への導水など懸命の対応が取られ、４月以降は溢水箇所が激減している（**図-8.4**）
・特に、大型の仮設ポンプなどにより、処理場の水処理系への送水、導水が復旧した場合には、溢水解消の効果が大きい（宮城県仙塩流域下水道及び関連公共下水道）



写真-8.6 マンホールからの溢水の状況（宮城県七ヶ浜町内）（資料:国土交通省）
※処理場への導水対策により現地調査時点では溢水は解消していた



写真-8.7 流入渠からの仮設ポンプによる汚水くみ上げ（宮城県石巻東部浄化センター）

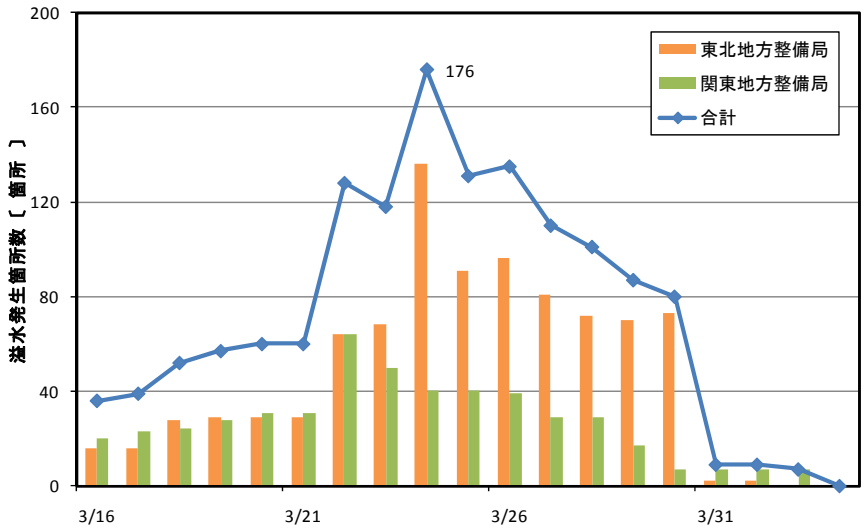


図-8.4 下水管きょ、マンホールからの溢水箇所の推移
（国土交通省提供資料をもとに作成）

(2) ポンプ場や幹線管きょ人孔から河川等に簡易処理放流

処理場の機能停止や幹線管きょの流下阻害に対応するため、震災直後から簡易処理の検討が行われ、震災後早期から施設の整備、処理が開始されていた（石巻東部流域下水道、阿武隈川下流流域下水道、仙塩流域下水道）。

・簡易処理放流に際して、利水者、放流先水域管理者などとの協議調整に時間と労力を費やしているケースが多かったが、放流の実施に際しては、水利用状況に留意して放流先が選定されるなど、注意が払われていた。（仙塩流域下水道、石巻東部流域下水道）

・水道の断水により、簡易処理放流先では下流で洗い物などを行っている市民が見られ、平常時とは異なる水利用状況に注意が必要であると考えられた（県下水道事務所を通じて石巻市に注意喚起を図った）。



写真-8.8 宮城県県南浄化センター簡易処理放流状況の確認

(3) 被災処理場の下流に浄水場が存在

震災当初は、停電や自家発電の燃料不足により、いくつかの中・上流域処理場で処理機能が停止したが、沿岸部と異なり、施設被害は比較的軽微であった。その後、商用電源の回復に伴い、多くの処理場では機能が復旧しており、利水面での大きな影響は確認されていない。なお、4月7日の最大余震発生後に再び施設への影響が発生した処理場も見られ、今後とも余震等の影響には留意が必要であると考えられた（宮城県大崎市など）。

8.5 まとめ

東日本大震災による下水道施設の広域的な被害に関して、現地調査の結果から以下のことが明らかとなった。

①下水管きょの被害は、福島県や宮城県などでは新潟県中越地震と同様に、埋め戻し土の液状化により被害を受けた一方、東京湾岸の埋立地や利根川下流低地などでは全面的液状化により被害を受けた。

②下水処理場の施設災害は、津波による被害が多く、沿海部の下水処理場では壊滅的な被害を受けた処理場が多かった。

③下水処理場においては、土木・建築施設の被害も見られるが、浸水、がれき流入等による機械・電気設備の被災が甚大であった

④下水道の機能障害に伴う公衆衛生面への影響については、特に市街地での汚水の溢水が懸念された。水道の復旧に伴い溢水箇所が増加する傾向が見られたが、対応機材が不足する中で緊急対策が行われ、4月初旬には概ね解消していた。

⑤処理場やポンプ場、幹線管きょの機能障害に対応するため、震災直後から簡易処理の検討が行われ、早期に仮施設の整備、処理が開始されていた。下流に利水施設が存在する箇所では、その配慮・対策が講じられていたが、震災により平常時とは異なる水利用（河川での洗い物など）には注意を要すべき箇所も確認された。

参考文献

1）国土交通省ホームページ、 http://www.mlit.go.jp/saigai/saigai_110311.html
2）第２回　下水道地震・津波対策技術検討委員会、資料４
3）(社)日本下水道協会：平成20年版下水道統計、2010

9. 道路橋

9.1 概　要

東北地方太平洋沖地震による道路橋の被害状況等を調査し、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こと、あるいは、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することを目的として、地震発生直後から、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、県道及び市道にかかる橋梁等の調査を行った（**写真-9.1**）。初動時における調査は主として道路管理者からの要請によるものが多いため、本報告書の執筆時点までにおいても網羅的な調査が行えているわけではないが、独自による調査も含め、2011年6月3日までに調査した橋の数は160橋であり、のべ158人が調査にあたった。調査対象橋梁の位置を**図-9.1**に、諸元や被害状況の概要を**表-9.1**にまとめて示す。

今回の地震による道路橋の被害を大別すると、地震動による被害、津波の影響による被害、液状化の影響による被害の３つに分類される。本報告では、これらの分類ごとに特徴的な被害を生じた以下に示す橋について、その被災状況を報告する。

1)地震動の影響

- 江崎大橋：　ＲＣ橋脚段落し部の損傷　（**表-9.1**のNo.85）
- 国田大橋：　ＲＣ橋脚段落し部の損傷、可動支承部の損傷　（**表-9.1**のNo.122）
- 静跨線橋：　橋台の水平方向のひび割れ　（**表-9.1**のNo.50）
- 大宮陸橋：　支承部取付部の損傷、橋脚頂部のひび割れ　（**表-9.1**のNo.49）
- 亀田大橋：　ＲＣ橋脚横梁部のひび割れ　（**表-9.1**のNo.12）
- 天王橋：　上横構座屈・破断、支承取付ボルト破断　（**表-9.1**のNo.42）
- 鹿行大橋：　上部構造落橋　（**表-9.1**のNo.58）
- 仙台東部道路東部高架橋：　ゴム支承破断　（**表-9.1**のNo.6）
- 甲子跨線橋：　橋台背面土の段差　（**表-9.1**のNo.52）
- 梅戸橋：　橋台背面土の段差　（**表-9.1**のNo.123）
- 小谷木橋：　ケーソン基礎の損傷、橋台の損傷　（**表-9.1**のNo.67）

2)津波の影響

- 小泉大橋：　上部構造流出、１基の橋脚の流出　（**表-9.1**のNo.36）
- 歌津大橋：　上部構造１２径間中８径間の流出　（**表-9.1**のNo.39）
- 二十一浜橋：　橋台背面土の流出、基礎の洗掘、側道橋の流出　（**表-9.1**のNo.38）
- 大浜渡橋：　上部構造に津波の影響があったが軽微な損傷　（**表-9.1**のNo.20）

3)液状化の影響

- 美浜大橋：　遊間のつまり、支承取付ボルト破断　（**表-9.1**のNo.150）
- 江合橋：　遊間のつまり、橋台背面部の段差、橋台のひび割れ　（**表-9.1**のNo.100）







写真-9.1　調査状況

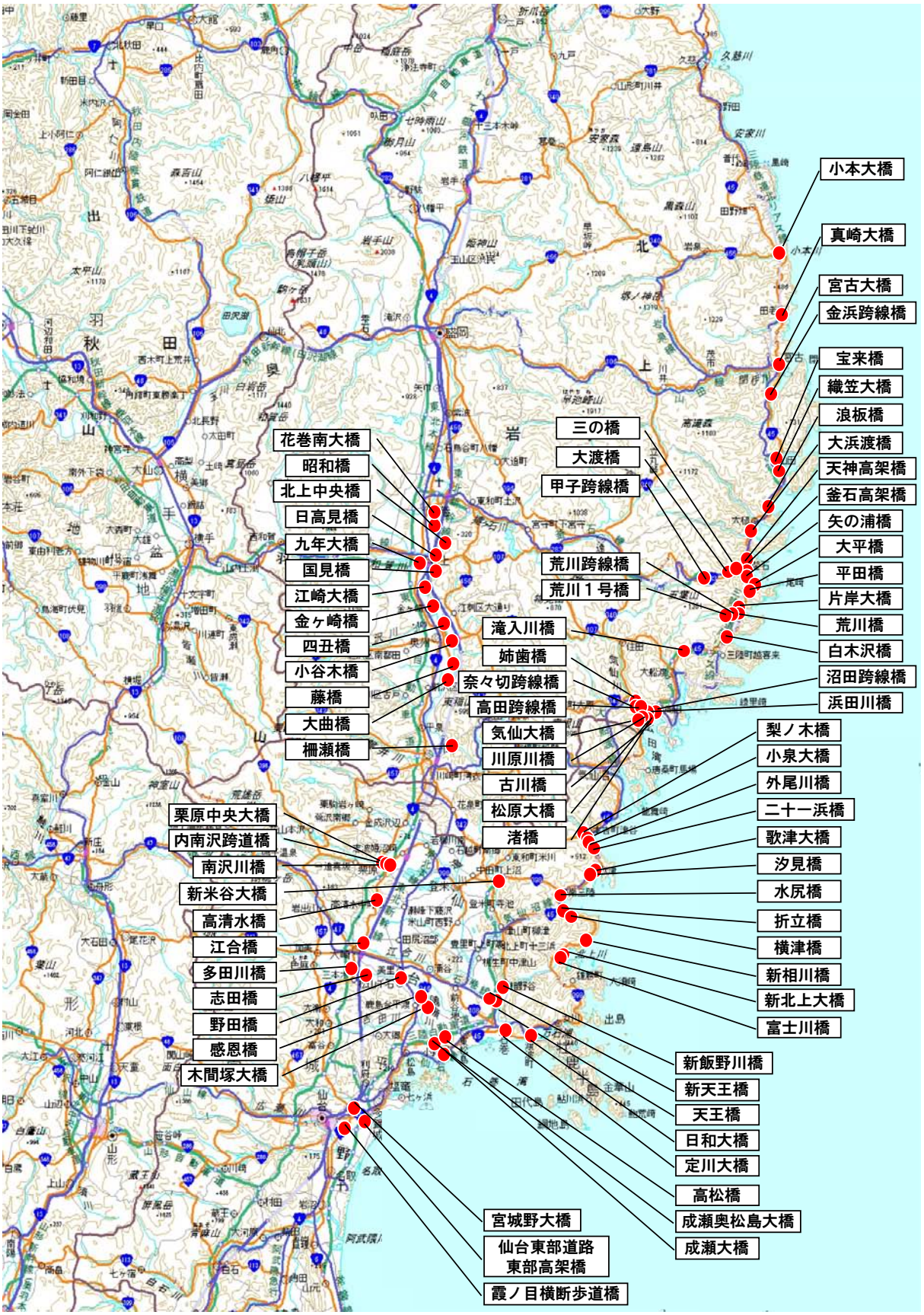


図-9.1 (1)　調査橋梁位置　（岩手県と宮城県）

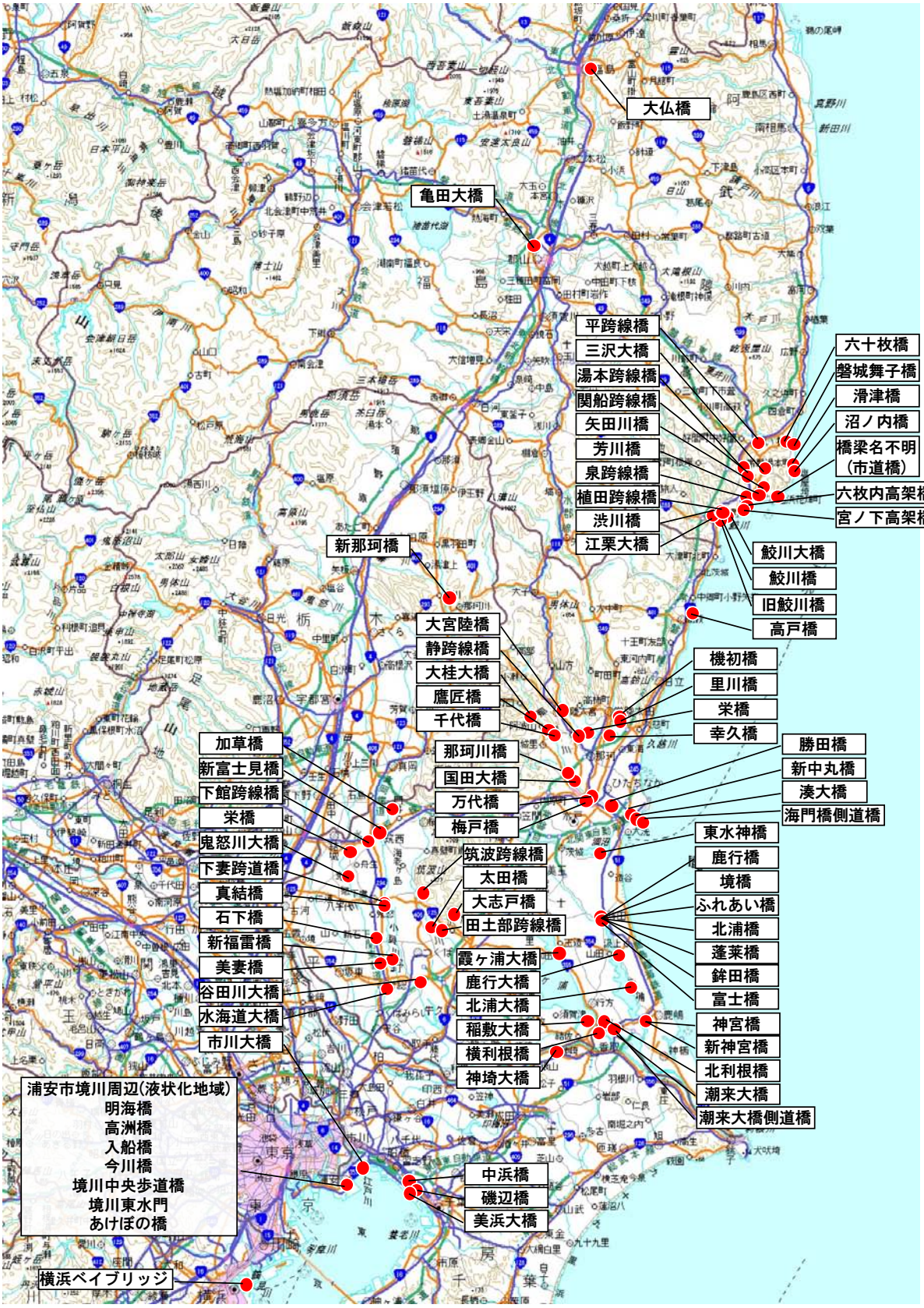


図-9.1 (2)　調査橋梁位置　（福島県、栃木県、茨城県、千葉県、神奈川県）

表-9.1(1) 調査橋梁一覧

(1)高速自動車国道及び一般国道の自動車専用道路

(a)三陸縦貫自動車道

No.	橋梁名	竣工年	橋梁形式（上段：上部構造、下段：下部構造）	主な損傷
1	金浜跨線橋	2009	プレテンＰＣ単純床版 杭基礎(A1、A2)	排水マスの沈下 踏掛版下の空洞
2	新米谷大橋	（未確認）	4径間連続鋼床版箱桁 ＲＣ小判型橋脚	損傷確認されず
3	新天王橋	2002	5径間連続鋼床版鋼箱桁 ラーメン橋台、ＲＣ壁式橋脚、逆Ｔ式橋台 場所打ち杭(A1、A2)、鋼管矢板基礎(P1～P3)、鋼管杭(P4)	橋台背面盛土の遊間及び沈下
4	鳴瀬奥松島大橋	1995	2径間連続鋼箱桁(非合成)+ニールセンローゼ桁+2径間連続鋼箱桁(非合成)+単純鋼鈑桁(非合成) 直接基礎	橋脚背面部の段差 桁端部の遊間異常
5	高松橋	1995	4径間連続鋼鈑桁(非合成) 直接基礎(P2以外)、場所打ち杭基礎(P2)	支承取付部の損傷

(b)仙台東部道路

No.	橋梁名	竣工年	橋梁形式（上段：上部構造、下段：下部構造）	主な損傷
6	東部高架橋 （P52～P58）	2001	4径間連続鋼箱桁＋２径間連続鋼鈑桁 Ｔ型鋼製橋脚、鋼製ラーメン橋脚、杭基礎	ゴム支承の損傷

(c)常磐自動車道

No.	橋梁名	竣工年	橋梁形式（上段：上部構造、下段：下部構造）	主な損傷
7	那珂川橋	1981	3径間連続鋼箱桁+4径間連続鋼箱桁 ＲＣ橋脚	損傷確認されず

(2)一般国道

(a)国道4号

No.	橋梁名	竣工年	橋梁形式（上段：上部構造、下段：下部構造）	主な損傷
8	高清水橋	1980	3径間連続鋼鈑桁(非合成) ＲＣ橋脚、直接基礎	橋脚梁部及び橋台竪壁のひび割れ
9	多田川橋	1989	3径間連続非合成鈑桁 場所打ち杭	橋台部の段差 桁端部の遊間異常
10	霞ノ目横断歩道橋	1977	鋼リベット橋 ＰＣ杭基礎	階段部落下(1箇所)
11	大仏橋	下り1974 上り1973	3径間連続鋼トラス ＲＣ橋脚、杭基礎（橋台）、ケーソン基礎（橋脚）	トラス下弦材の変形、亀裂
12	亀田大橋	下り1987 上り1997	4径間連結ＰＣポステンＴ桁+2径間連続鋼箱桁+2径間連結ＰＣポステンＴ桁 逆Ｔ式橋台、ＲＣ橋脚、場所打ち杭基礎	橋脚梁部のひび割れ(下り線) 変位制限構造の損傷(上り線)

(b)国道6号

No.	橋梁名	竣工年	橋梁形式（上段：上部構造、下段：下部構造）	主な損傷
13	三沢大橋	2005(南行) 未確認(北行)	6径間連続鋼鈑桁橋(南行)，7径間鋼鈑桁（端渓間+3径間連続×2)(北行) RC橋脚	損傷確認されず

表-9.1(2) 調査橋梁一覧

(c)国道45号

No.	橋梁名	竣工年	橋梁形式（上段：上部構造、下段：下部構造）	主な損傷
14	小本大橋	1970	単純合成鋼鈑桁(7連) ＲＣ橋脚、杭基礎(橋脚、橋台)	（津波の影響） 橋台背面部の段差
15	真崎大橋	1971	3径間連続ＰＣポステン箱桁 ＲＣ橋脚	損傷確認されず
16	宮古大橋	1974	単純合成鋼箱桁(2連)+4径間連続鋼箱桁 ＲＣ橋脚、杭基礎(橋脚、橋台)	（津波の影響） 橋脚への船舶の衝突 鋼桁の軽微な変形
17	宝来橋 (宝来橋側道橋)	1965	単純ＰＣポステン箱桁(2連) ＲＣ橋脚、ケーソン基礎(橋脚、橋台)	（津波の影響） 側道橋の橋桁流出
18	織笠大橋	1969	単純ＰＣポステン箱桁(2連)+3径間連続ＰＣラーメン箱桁 ＲＣ橋脚、直接基礎(A1)、ケーソン基礎(A1以外の下部構造)	（津波の影響） 桁端部の割れ
19	浪板橋 (浪板橋側道橋)	1970	単純ＰＣプレテンＴ桁(2連) 控え壁式橋台、単中式Ｔ型橋脚、直接基礎(橋脚、橋台)	（津波の影響） 橋台背面土の流出 側道橋の橋桁及び橋脚の流出
20	大浜渡橋	1986	3径間連結ＰＣポステンＴ桁+2径間連結ＰＣポステンＴ桁 ＲＣ橋脚、杭基礎(橋脚、橋台)	（津波の影響） 上部構造への漂流物の衝突 伸縮装置の損傷
21	天神高架橋	（未確認）	単純鋼箱桁＋３径間連結プレテンＰＣ桁 ＲＣ円形橋脚	損傷確認されず
22	釜石高架橋	1988	単純鋼箱桁+5径間連続ＲＣ中空床版+3径間連続鋼Ｉ桁等(合計23径間) ＲＣ橋脚、場所打ち杭(A1、A2、P1～P22)	（津波の影響） 橋脚へのトレーラーの衝突 舗装面のひびわれ
23	矢の浦橋	1987	3径間連続鋼床版Ｉ桁 ＲＣ小判型橋脚、場所打ち杭(A1、A2、P1、P2)	（津波の影響） 付属物の損傷
24	大平橋	（未確認）	単純鋼箱桁＋３径間鋼桁 円形橋脚	損傷確認されず
25	平田橋	1973	単純鋼Ｉ桁(非合成) 直接基礎	（津波の影響） 損傷確認されず
26	片岸大橋	1971	単純3径間鋼Ｉ桁 ＲＣ橋脚	（津波の影響） 鋼桁の軽微な変形 橋台背面土の流出
27	荒川橋	1971	単純2径間ポステンＴ桁 ＲＣ橋脚、直接基礎(A1、A2、P1)	（津波の影響） 橋台背面部の段差
28	荒川跨線橋	（未確認）	単純ＰＣプレテン桁 （未確認）	損傷確認されず
29	荒川１号橋	（未確認）	単純ＰＣプレテン床版 （未確認）	損傷確認されず
30	白木沢橋	1970	２径間連続鋼鈑桁 ＲＣラーメン式橋台、ＲＣ橋脚	橋台背面部の段差
31	滝入川橋	（未確認）	単純ＰＣポステン合成Ｉ桁 直接基礎	損傷確認されず
32	沼田跨線橋	1983	単純ＰＣポステンＴ桁3連 逆Ｔ式橋台、Ｔ型橋脚、場所打ち杭	（津波の影響） 全上部構造の流出 橋台背面土の流出
33	浜田川橋	1981	単純ＲＣ橋 逆Ｔ式橋台、直接基礎(A1、A2)	（津波の影響） 橋台背面土の流出
34	川原川橋	2003	単純ＰＣポステン中空床板 逆Ｔ式橋台、場所打ち杭	（津波の影響） 橋台背面土の流出
35	気仙大橋	1982	3径間連続鋼鈑桁＋2径間連続鋼鈑桁 控え壁式橋台、ＲＣ小判型壁式橋脚 鋼管杭基礎(A1、A2、P1、P2、P3、P4)	（津波の影響） 全上部構造の流出 橋台背面土の流出
36	小泉大橋	1975	3径間連続鋼鈑桁(2連) 逆Ｔ式橋台、ＲＣ張出式橋脚(小判型)、鋼管杭	（津波の影響） 全上部構造の流出・下部工1基流出
37	外尾川橋 (外尾川側道橋)	1972	車道部：4径間連続ＲＣ中空床版 歩道部：単純ＰＣプレテンＴ桁4連、ボックスカルバート 車道部：逆Ｔ式橋台、2柱式ＲＣ橋脚、直接基礎(A1)、鋼管杭(P1、P2、P3、A2)、　歩道部：パイルベント式鋼製脚	（津波の影響） 橋台背面土の流出 側道橋桁の流出
38	二十一浜橋 (二十一浜橋側道橋)	1970	単純ＰＣプレテンＴ桁 逆Ｔ式橋台、鋼管杭	（津波の影響） 橋台背面土の流出 側道橋上部構造の流出
39	歌津大橋	1972	単純ＰＣポステンＴ桁橋2連＋単純ＰＣプレテンＴ桁橋5連＋単純ＰＣポステンＴ桁5連 ラーメン式橋台(A1)、逆Ｔ式橋台(A2)、張出式橋脚、ＰＣ杭基礎(A1～P11)、直接基礎(A2)	（津波の影響） 上部構造の一部流出、一部損傷 橋脚梁部コンクリート損傷
40	水尻橋	1971	上り：単純ＲＣＴ桁(3連)、下り：単純鋼Ｈ桁(3連) 半重力式橋台、ＲＣ壁式橋脚、ＰＣ杭基礎(A1)、鋼管杭(P1、P2)、直接基礎(A2)	（津波の影響） 上部構造の一部流出 橋台背面土の流出
41	新飯野川橋	1973	3径間連続鋼非合成箱桁2連 逆Ｔ式橋台、ＲＣ壁式橋脚、ニューマチックケーソン(P1～P5)、鋼管ウェル(A1、A2)	伸縮装置の遊間異常 橋台前面保護コンクリートのひび割れ
42	天王橋	1959	ゲルバー式鋼鈑桁橋＋下路張出し式ランガー桁橋＋6径間ゲルバー式鋼鈑桁橋 逆Ｔ式橋台、ＲＣ壁式橋脚、ニューマチックケーソン	ランガーアーチ部上横構の座屈及び破断 支承取付部の損傷
43	鳴瀬大橋	1978	3径間連続鋼鈑桁3連 控え壁式橋台、ＲＣ壁式橋脚、鋼管ウェル式橋脚、既設鋼ぐい(A1、P4～A2)、直接基礎(P1、P2)、鋼管ウェル(P3)	桁端部の遊間異常 橋台背面部の段差

表-9.1(3) 調査橋梁一覧

(d)国道50号

No.	橋梁名	竣工年	橋梁形式（上段：上部構造、下段：下部構造）	主な損傷
44	新富士見橋	1967	単純ＰＣプレテンＴ桁(17主桁) 控え壁式橋台、直接基礎	橋台背面部の段差
45	下館跨線橋	1966	単純鋼鈑桁2連(5主桁) 3柱式ＲＣラーメン橋脚、控え壁式橋台、場所打ち杭	橋台背面部の段差

(e)国道51号

No.	橋梁名	竣工年	橋梁形式（上段：上部構造、下段：下部構造）	主な損傷
46	神宮橋	1960	単純ＰＣプレテンＴ桁橋76連 ＲＣラーメン橋脚、ＲＣ橋台、オープンケーソン、既設ＲＣ杭	橋台背面部の段差
47	新神宮橋	2001	6径間連続複合ラーメン橋4連 逆Ｔ式橋台、ＲＣ壁式橋脚、既設鋼杭	桁端部のつまり 橋台背面部の段差 ゴム支承のせん断変形
48	北利根橋	1970	2径間連続鋼鈑桁＋3径間連続鋼鈑桁＋2径間連続鋼鈑桁 逆Ｔ式橋台、控え壁式橋台、ＲＣＴ型橋脚、既製鋼杭基礎	橋台背面部の段差

(f)国道118号

No.	橋梁名	竣工年	橋梁形式（上段：上部構造、下段：下部構造）	主な損傷
49	大宮陸橋	1991	4径間連続ＲＣ中空床版+3径間連続ＲＣ中空床版+単純ＰＣ中空床版+3径間連続ＲＣ中空床版×4 逆Ｔ式橋台、2柱式ラーメン橋脚、2柱式橋脚、全下部工:鋼管杭φ600	支承部取付部の損傷 橋脚頂部のひび割れ
50	静跨線橋	1964	単純鈑桁 重力式橋台	橋台前面及び側面のひび割れ 橋台背面部の段差

(g)国道245号

No.	橋梁名	竣工年	橋梁形式（上段：上部構造、下段：下部構造）	主な損傷
51	湊大橋	1952	下路式5径間鋼単純ランガーアーチ 重力式橋台、ＲＣ橋脚、ケーソン基礎	橋脚のひび割れ 支承取付部の損傷

(h)国道283号

No.	橋梁名	竣工年	橋梁形式（上段：上部構造、下段：下部構造）	主な損傷
52	甲子跨線橋	2006	4径間連続鋼Ｉ桁 矩形断面橋脚、盛りこぼし橋台、場所打ち杭(A1)、直接基礎(P1)、深礎杭(P2、P3、A2)	橋台背面部の段差 踏掛版の損傷

(i)国道293号

No.	橋梁名	竣工年	橋梁形式（上段：上部構造、下段：下部構造）	主な損傷
53	里川橋	1956	7径間ＲＣゲルバーＴ桁 重力式橋台、壁式橋脚(小判型)、木杭(A1、A2)、木杭(P1～P2)、ケーソン基礎(P3～P6)	鋼製線支承の橋軸方向への脱落 橋脚のひび割れ

(j)国道294号

No.	橋梁名	竣工年	橋梁形式（上段：上部構造、下段：下部構造）	主な損傷
54	下妻跨道橋	1995	ＰＣ単純ポステンＴ桁 （未確認）	擁壁と橋梁との継目部で横断方向のずれ
55	真結橋	1993	ＰＣ単純ポステンＴ桁 （未確認）	損傷確認されず

(k)国道340号

No.	橋梁名	竣工年	橋梁形式（上段：上部構造、下段：下部構造）	主な損傷
56	奈々切跨線橋	1998	単純コンクリート橋 （未確認）	（津波の影響） 橋台背面土の流出

(l)国道343号

No.	橋梁名	竣工年	橋梁形式（上段：上部構造、下段：下部構造）	主な損傷
57	藤橋	1972	鋼鈑桁 ＲＣ橋脚	支承の損傷 ＲＣ橋脚段落し部の損傷

(m)国道345号

No.	橋梁名	竣工年	橋梁形式（上段：上部構造、下段：下部構造）	主な損傷
58	鹿行大橋	1968	21径間合成Ｉ桁 逆Ｔ式橋台+パイルベント橋脚、鋼管杭基礎(主として斜杭、拡幅部において一部直杭を含む)	一部の上下部構造の崩壊

(n)国道346号

No.	橋梁名	竣工年	橋梁形式（上段：上部構造、下段：下部構造）	主な損傷
59	感恩橋	1979	3径間連続鋼鈑桁2連 逆Ｔ式橋台、ＲＣ単柱式橋脚、控え壁式橋台、直接基礎、ケーソン、鋼管杭	桁端部のつまり 橋台背面部の段差

表-9.1(4) 調査橋梁一覧

(o)国道349号

No.	橋梁名	竣工年	橋梁形式（上段：上部構造、下段：下部構造）	主な損傷
60	幸久橋	1935	コンクリートゲルバー桁、鋼ゲルバー桁 ＲＣラーメン橋脚	支承の損傷
61	万代橋	1994	3径間連続斜張橋+鋼単純Ｉ桁 逆Ｔ式橋台、壁式橋脚、鋼管杭(A1、A2、P1)、鋼管矢板基礎(P2、P3)	橋台背面部の段差

(p)国道354号

No.	橋梁名	竣工年	橋梁形式（上段：上部構造、下段：下部構造）	主な損傷
62	谷田川橋	1975	単純鋼鈑桁 壁式橋台（目視による）	損傷確認されず
63	霞ヶ浦大橋	1987	4径間連続鋼鈑桁橋7連 ＲＣ単柱式橋脚	橋台背面部の段差

(q)国道357号

No.	橋梁名	竣工年	橋梁形式（上段：上部構造、下段：下部構造）	主な損傷
64	市川大橋	1975	連続鋼箱桁 Ｔ型橋脚	桁端部の遊間異常 橋台背面部の段差
65	境川橋	1983	単純ＰＣ中空床版+3径間連続鋼鈑桁+2径間連続鋼鈑桁 鋼管矢板パイルベント形式、鋼管杭	損傷確認されず
66	横浜ベイブリッジ	1989	3径間連続トラス斜張橋（鋼床版ダブルデッキ形式） 多柱基礎形式	伸縮装置の損傷

(r)国道397号

No.	橋梁名	竣工年	橋梁形式（上段：上部構造、下段：下部構造）	主な損傷
67	小谷木橋	1954	鋼5径間連続鈑桁+単純鋼トラス+鋼8径間連続鈑桁+9径間ＲＣゲルバー桁 逆Ｔ式橋台、張出し式橋脚、ケーソン基礎	ケーソン損傷、橋脚の傾斜 橋台翼壁の損傷

(s)国道398号

No.	橋梁名	竣工年	橋梁形式（上段：上部構造、下段：下部構造）	主な損傷
68	折立橋	1991	2径間プレテン床版 ＲＣ小判型橋脚	（津波の影響） 全上部構造の流出
69	横津橋	車道部:1970	車道部：2径間H形鋼（合成）単純桁2連（３主桁） 歩道部：単純ＰＣポステンＴ桁（高強度補強繊維モルタルを使用したプレキャストセグメント桁）(2009年竣工) ＲＣ張り出し式Ｔ形橋脚	（津波の影響） 全上部構造の流出
70	新相川橋	1987	（未確認） 重力式橋台	（津波の影響） 全上部構造の流出
71	新北上大橋	1976	下路式鋼連続トラス（2+2+3径間） ＲＣ壁式小判型橋脚、逆Ｔ式橋台、鋼管矢板井筒基礎、鋼管杭φ800	（津波の影響） 一部上部構造の流出

(t)国道399号

No.	橋梁名	竣工年	橋梁形式（上段：上部構造、下段：下部構造）	主な損傷
72	平跨線橋	1964	単径間ＲＣＴ桁、鋼単純鈑桁部、6径間単純ＲＣＴ桁 ＲＣ橋脚	橋台背面部の段差

表-9.1(5) 調査橋梁一覧

(3)県道及び市町村道

(a)岩手県内の橋

No.	橋梁名	竣工年	橋梁形式（上段：上部構造、下段：下部構造）	主な損傷
73	大渡橋	2005	3径間連続鋼床版鈑桁 逆Ｔ式橋台、小判型橋脚	（津波の影響） 損傷確認されず
74	姉歯橋	1931	鋼ワーレントラス ＲＣ壁式橋脚、独立2柱式ケーソン基礎	（津波の影響） 全上部構造の流出 基礎の損傷
75	高田跨線橋	（未確認）	3径間コンクリート橋 （未確認）	（津波の影響） 橋台背面土の流出
76	古川橋	2007	単純ＰＣ中空床板橋 ＲＣ橋台	（津波の影響） 橋台背面土の流出
77	松原大橋	（未確認）	2径間コンクリート橋 ＲＣ橋脚	（津波の影響） 損傷確認されず
78	渚橋	（未確認）	単純コンクリート橋 （未確認）	（津波の影響） 橋台背面土の流出
79	花巻南大橋	1993	鋼単純鈑桁+3径間連続鋼箱桁２連 逆Ｔ式橋台、ＲＣ壁式橋脚	支承の損傷
80	昭和橋	1936	中央径間:鋼単純ランガー、側径間:鋼2径間連続鈑桁 逆Ｔ式橋台、ＲＣ壁式橋脚、直接基礎	損傷確認されず
81	北上中央橋	1973	7径間連続ＰＣ箱桁＋単純プレテンホロー桁4連 ＲＣ円形断面Ｔ型橋脚	損傷確認されず（掛違い橋脚のひび割れ進展）
82	日高見橋	1993	5径間連続ＰＣ箱桁+単純ＰＣ箱桁 逆Ｔ式橋台、ＲＣ壁式橋脚、場所打ち杭基礎、ケーソン基礎	損傷確認されず
83	九年大橋	1997	ＰＣ連続ポステン箱桁 ＲＣ小判形橋脚、杭基礎、ケーソン基礎、直接基礎	支承取付部の損傷
84	国見橋	1974	ＰＣ2×4.5径間連続箱桁橋（中央部ヒンジ有り） ＲＣ逆Ｔ型	中央ヒンジ部の遊間異常
85	江崎大橋	1982	ＰＣ9径間連続箱桁 ＲＣ小判型橋脚	ＲＣ橋脚段落し部の損傷 上部構造定着部のひび割れ
86	金ヶ崎橋	1960	単純ＰＣポステンＴ桁（10連）＋3径間鋼ゲルバートラス＋単純合成鈑桁 壁式橋脚、重力式橋台、直接基礎(橋台)、ケーソン基礎(橋脚)	桁端部の割れ 支承取付部の損傷
87	四丑橋	1978	鋼箱桁 ＲＣ橋脚	橋脚のひび割れ
88	大曲橋	1958	コンクリート桁＋鋼トラス RC橋脚	横桁部のコンクリート剥落
89	柵瀬橋	1962	3径間下路式ランガー ＲＣ壁式橋脚	橋台背面部の段差 伸縮装置の水平ずれ
90	三の橋	1941	プレートガーダー橋 直接基礎	（津波の影響） 漂流物の堆積

(b)宮城県内の橋

No.	橋梁名	竣工年	橋梁形式（上段：上部構造、下段：下部構造）	主な損傷
91	梨ノ木橋	（未確認）	（未確認） （未確認）	（津波の影響） 全上部構造の流出 下部構造の崩壊
92	汐見橋	1972	2径間鋼鈑桁橋 鋼製2柱式橋脚、逆Ｔ式橋台	（津波の影響） 損傷確認されず
93	橋梁名不明 (折立橋上流約700m)	（未確認）	単純コンクリート橋 重力式橋台	（津波の影響） 全上部工の流失 橋台の傾斜
94	橋梁名不明 (横津橋上流約300m)	（未確認）	（未確認） （未確認）	（津波の影響） 全上部工の流失
95	富士川橋	（未確認）	鋼単純桁 （未確認）	（津波の影響） 損傷確認されず
96	定川大橋	（未確認）	3径間プレテンションＰＣ桁 ＲＣ小判型橋脚	（津波の影響） 中央径間の流出 橋台背面土の流出
97	日和大橋	1979	側径間：鋼鈑桁、渡河部：鋼箱桁 ＲＣ張出し式橋脚、ＲＣ小判型橋脚	（津波の影響） 損傷確認されず
98	宮城野大橋	1999	プレテンホロー桁+4径間連続PC中空床版桁+4径間連続PC箱桁+4径間連続PC中空床版桁 逆T式橋台、RC壁式橋脚、RC小判型橋脚、鋼管杭	付属物の損傷 支承取付部の損傷
99	栗原中央大橋	2008	5径間ＰＣ連続波形ウェブ箱 ＲＣ小判型橋脚	損傷確認されず
100	江合橋	1981	3径間連続鋼鈑桁2連 逆Ｔ式橋台、ＲＣ壁式橋脚、鋼管杭	桁端部のつまり 橋台背面部の段差
101	志田橋	1958	9径間ゲルバー鋼鈑桁 半重力式橋台(A1、A2)、ＲＣラーメン橋脚(P1、P2、P5～P8)、ＲＣ壁式橋脚(P3、P4)、鋼管杭、ケーソン	桁の脱落 橋脚の損傷
102	野田橋	1984	3径間連続鋼鈑桁2連 逆Ｔ式橋台、ＲＣ単柱式橋脚、鋼管杭	桁端部のつまり 橋台背面部の段差
103	木間塚大橋	1990	3径間連続鋼鈑桁2連 逆Ｔ式橋台、ＲＣ単柱式橋脚、鋼管杭	桁端部のつまり 橋台のひび割れ

表-9.1(6) 調査橋梁一覧

(c) 福島県内の橋

No.	橋梁名	竣工年	橋梁形式（上段：上部構造、下段：下部構造）	主な損傷
104	六十枚橋	1979	6径間鋼単純鈑桁 ＲＣ橋脚	支承の損傷
105	磐城舞子橋	1963	7径間鋼単純箱桁 ＲＣ橋脚	橋台背面部の段差 桁端部のつまり
106	滑津橋	1965	3径間単純プレテン中空床版 ＲＣ橋脚	橋台背面部の段差
107	沼ノ内橋	1982	単純ＰＣＴ桁 ＲＣ橋脚	橋台背面部の段差
108	橋梁名不明 (新大平橋上流約50m)	（未確認）	（未確認） （未確認）	（津波の影響） 上部構造の流出
109	芳川橋	1975	3径間鋼単純鈑桁（上下線分離） ＲＣ橋脚	橋台背面部の段差
110	泉跨線橋	1974	5径間鋼単純鈑桁 ＲＣ橋脚	支承の損傷 橋台背面部の段差
111	植田跨線橋	1996	3径間連続ＰＣ床版×2+単径間ＰＣＴ桁（こ線部）+5径間連続ＰＣ床版 ＲＣ橋脚	支承サイドブロックの損傷 橋台背面部の段差
112	渋川橋	1991	単径間鋼鈑桁 ＲＣ橋脚	損傷確認されず
113	江栗大橋	1978	3径間連続鋼鈑桁×2 ＲＣ橋脚	橋台背面部の段差
114	鮫川橋	2011	8径間連続鋼鈑桁 ＲＣ橋脚	橋台背面部の段差
115	旧鮫川橋	1939	19径間ＲＣゲルバー桁 ＲＣ橋脚	橋台のひび割れ

表-9.1(7) 調査橋梁一覧

(d) 茨城県内の橋

No.	橋梁名	竣工年	橋梁形式（上段：上部構造、下段：下部構造）	主な損傷
116	高戸大橋	1988	3径間連続ＰＣ中空床版×2+単純ＰＣポステンＴ桁×2連+2径間連続ＰＣ中空床版+3径間連続ＰＣ中空床版 逆Ｔ式橋台、門型ラーメン橋脚、1柱式バチ型橋脚、ラーメン橋台、場所打ち杭φ1200	桁端部の損傷 橋脚周りの地割れ 伸縮装置の損傷
117	機初橋	1951	5径間ゲルバー鈑桁 重力式橋台、ＲＣ壁式橋脚、直接基礎(A1、A2)、ケーソン基礎(P1～P4)	支承取付部の損傷 橋脚のひび割れ
118	大桂大橋	1991	7径間（4連+3連）コンクリート箱桁 ＲＣ張出し式小判型橋脚	支承取付部の損傷 箱桁のひび割れ
119	鷹匠橋	1969	2径間ＰＣ桁 ＲＣ小判型橋脚	橋台背面部の段差 けた端部のひび割れ
120	栄橋（常陸太田市）	1958	鋼Ｉ桁（ゲルバー構造（6径間）、3径間連続、単径間×2） ＲＣ壁式橋脚	支承及び支承取付部の損傷 橋台背面部の段差
121	千代橋	1988	鋼5径間連続箱桁 ＲＣ張出し式橋脚（小判型）	橋台背面部の段差
122	国田大橋	1983	3径間連続鋼箱橋（2連） ＲＣ橋脚	ＲＣ橋脚段落し部の損傷 支承の損傷
123	梅戸橋	1941	単純鋼鈑桁 逆Ｔ式橋台、重力式橋台	橋台背面部の段差
124	勝田橋	1960	7連単純鋼鈑桁 ＲＣ橋脚	橋台背面部の段差 支承の損傷
125	新中丸橋	（建設中）	（上部構造架設前） 逆Ｔ式橋台、小判型橋脚、PHC杭基礎	堤防護岸の損傷
126	加草橋	1971	単純ＰＣポステンＴ桁(4主桁) 壁式橋台、逆Ｔ式円柱橋脚	支承サイドブロックの損傷
127	海門橋側道橋	（未確認）	2径間連続鋼箱桁＋3径間連続鋼箱桁＋8連の単純鈑桁（目視による） ＲＣ橋脚	ＲＣ橋脚横ばり部の歩道の支持部にひび割れ
128	栄橋（結城市）	1965	単純鋼トラスランガー3連(5主桁)+単純鋼鈑桁3連(3主桁) ＲＣ張出し式小判型橋脚	支承アンカーバーの損傷
129	東水神橋	（未確認）	3径間単純ＰＣプレテン桁 パイルベント式橋台、パイルベント式橋脚、杭基礎	橋台背面部の段差 パイルベントの傾斜、損傷
130	鬼怒川大橋	1960	9径間及び7径間ＲＣゲルバー桁､4径間単純鋼トラス （未確認）	支承取付部の損傷 ゲルバー部アンカーボルト破損 落橋防止破損
131	筑波跨線橋	1968	単純鋼Ｉ桁 （未確認）	橋台背面部の段差
132	鹿行橋	1964	単純鋼鈑桁2連 ＲＣ壁式橋脚	橋台背面部の段差 支承サイドブロックの損傷
133	境橋	1985	単純ＰＣ床版 （未確認）	損傷確認されず
134	ふれあい橋	1995	単純ＰＣＴ桁 （未確認）	橋台背面部の段差
135	北浦橋	1989	3径間ＰＣ桁 ＲＣ壁式橋脚	橋台背面部の段差 橋台周辺ブロックの破損
136	蓬莱橋	1987	単純鋼鈑桁 （未確認）	橋台背面部の段差
137	鉾田橋	1994	単純橋 （未確認）	橋台背面部の段差 桁端部と橋台間のずれ
138	富士橋	1972	単純鋼鈑桁 （未確認）	橋台背面部の段差 橋台の傾斜
139	太田橋	1984	ＰＣ単純ポステンＴ桁 （未確認）	伸縮装置の損傷 橋台背面部の段差
140	田土部跨線橋	1980	単純ＰＣプレテンホロー桁(14主桁) 壁式橋台（目視による）	橋台背面部の段差
141	石下橋	1929	単純ＲＣＴ桁20連(4主桁) 2柱式ラーメン橋脚	橋台背面部の段差 仮橋との接地部での損傷
142	新福雷橋	1985	鋼単純Ｉ桁 ＲＣ橋脚	損傷確認されず
143	美妻橋	1961	単純鋼ランガー橋5連(3主桁) 小判型橋脚	橋台背面部の段差
144	水海道大橋	1997	3径間連続ＰＣ箱桁 小判型橋脚	損傷確認されず
145	北浦大橋	1995	3径間連続鋼鈑桁5連＋ランガー桁5連＋3径間連続鋼鈑桁3連＋単純ＰＣＴ桁3連 ＲＣラーメン橋脚、ＲＣ張出し式橋脚、ＰＣウェル基礎、鋼管矢板井筒基礎	支承の損傷 支承サイドブロックの損傷
146	稲敷大橋	（未確認）	（未確認） ＲＣ張出し式橋脚	橋台背面部の段差
147	潮来大橋 (潮来大橋側道橋)	1964 (側道橋 1994)	単純ＰＣＴ桁9連、3径間連続鋼鈑桁3連(側道橋) ＲＣ張出し式橋脚	端横桁の損傷 橋台背面部の段差 桁端部のつまり(側道橋)
148	横利根橋	1983	単純鋼鈑桁＋単純鋼箱桁＋単純鋼鈑桁 ＲＣ張出し式橋脚	橋台背面部の段差

表-9.1(8) 調査橋梁一覧

(e) 千葉県内の橋

No.	橋梁名	竣工年	橋梁形式（上段：上部構造、下段：下部構造）	主な損傷
149	神崎大橋	1967	3径間連続鋼鈑桁＋鋼ランガー桁3連＋3径間連続鋼桁 張出し式橋脚、ケーソン基礎、鋼管杭基礎	支承の損傷 落橋防止装置の損傷
150	美浜大橋	1985	非合成3径間連続鋼箱桁 ラーメン式橋台、張出し式橋脚、鋼管杭（φ1016）	支承部の損傷 遊間のつまり
151	中浜橋 (中浜橋側道橋)	1984	プレテンション単純中空床版 ラーメン式橋台、Ｔ型橋脚、鋼管杭（φ800）	遊間異常 支承モルタルの割れ
152	磯辺橋	1986	3径間連続鋼鈑桁 ラーメン式橋台、Ｔ型橋脚	損傷確認されず
153	明海橋	1988	鋼単純箱桁 壁式橋台（目視による）	遊間のつまり 橋台背面部の段差
154	高洲橋	1988	鋼単純箱桁 壁式橋台（目視による）	遊間のつまり
155	入船橋	1982	鋼単純箱桁 壁式橋台（目視による）	遊間のつまり 橋台背面部の段差
156	今川橋	1970	ローゼ桁 壁式橋台（目視による）	遊間のつまり 橋台背面部の段差
157	境川中央歩道橋	1983	ニールセンローゼ桁 壁式橋台（目視による）	損傷確認されず
158	境川東水門	（未確認）	水門橋 （未確認）	損傷確認されず
159	あけぼの橋	（未確認）	ＰＣプレテン桁（目視による） ＲＣ橋脚、壁式橋台（目視による）	損傷確認されず

(f) 栃木県内の橋

No.	橋梁名	竣工年	橋梁形式（上段：上部構造、下段：下部構造）	主な損傷
160	新那珂橋	1935	11径間ＲＣゲルバー橋 ＲＣ橋脚	支承部の損傷 桁端部の損傷

9.2 地震動の影響による道路橋の被害

9.2.1 江崎大橋

江崎大橋は、岩手県北上市に位置し、北上川を渡河する橋長 586.2m、9 径間ＰＣ連続箱桁橋であり、1982 年に竣工した（**表-9.2**、**図-9.2**）。支承条件は、橋台と橋脚は全て可動である。8 基の橋脚上には、2 基ずつストッパーを設置し、Ｐ５橋脚は固定式ストッパー、その他の橋脚は粘性内圧柱型ストッパーとなっている。これにより、地震のような速度の速い桁の動きに対しては、各橋脚が力を分担しあう構造となっている。なお、低水域にあるＰ１～Ｐ４橋脚は橋脚高さが 13.5m～14.3m である一方、高水敷にあるＰ５～Ｐ８橋脚は橋脚高さが 11.0m～11.7m と、相対的に低くなっている。

表-9.2 橋梁諸元（江崎大橋）

橋　長	586.2m
上部構造	9 径間ＰＣ連続箱桁（プレキャストブロック・カンチレバー工法）
下部構造	ＲＣ小判型橋脚、逆Ｔ式橋台
基礎形式	橋台：直接基礎、Ｐ１～Ｐ４：小判型ケーソン基礎、 Ｐ５～Ｐ８：直接基礎
竣工年	1982 年竣工（1 等橋）　（S47 年道示）
管理者	岩手県

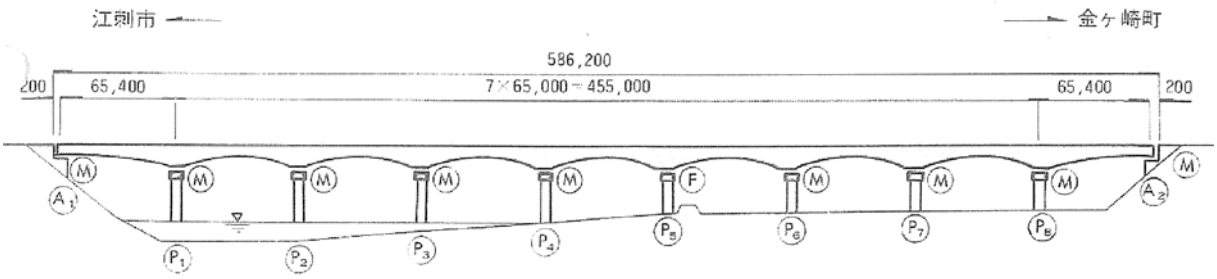


図-9.2 江崎大橋の側面図

橋脚高さが相対的に低い高水敷の橋脚（Ｐ５～Ｐ８）は、段落し部においてせん断ひび割れ、かぶりコンクリートの剥離、鉄筋のはらみ出しなどの大きな損傷が生じていた（**写真-9.3～写真-9.8**）。いずれの橋脚においても、かぶりコンクリートの剥離等の著しい損傷は、橋軸方向のＡ２橋台側の面に生じていた。一方、低水域の橋脚は、遠望目視した範囲ではいずれも損傷は確認されなかった（**写真-9.9**）。

Ｐ５橋脚上の支承部では、ローラーのずれや塗膜剥がれが見られ、橋軸方向の作用や変位が伺えた（**写真-9.10**）。一方、鋼製ストッパーには、取付部モルタルの剥落や塗膜剥がれが生じており、地震による力が作用し、設計の考え方の通りストッパーが機能したことが伺える（**写真-9.11～写真-9.12**）。

Ｐ５以外の橋脚の支承やストッパーについては、調査時（4 月 6 日）には状況を確認できなかった。

Ａ２橋台部の可動支承には、橋軸方向に 5cm 程度の擦過痕が見られた（**写真-9.13**）。

この移動量が全て今回の地震によるものかどうかは不明である。橋軸直角方向については特段の痕跡が見られなかった。なお、Ａ２橋台上の伸縮装置でも同程度の擦過痕が見られ、ジョイント部の開きが見られた（**写真-9.14**）。橋梁取付部には段差は生じていない（**写真-9.2**）。

連続箱桁の複数の径間において、径間の約 1/4 地点のブロック間の接合部両側に下面から側面にのびる斜めひび割れ（ひび割れの一部欠け落ち）が生じていた（**写真-9.15**、**写真-9.16**）。当該部は常時は圧縮力のみが作用し、また、ブロック間の下側には橋軸方向に貫通する鋼材がないため、引張力の作用に対してひび割れ等が生じやすい構造となっている。



写真-9.1 橋梁全景



写真-9.2 Ａ２橋台付近の状況



写真-9.3 Ｐ８橋脚段落し部の損傷状況（側面）



写真-9.4 Ｐ８橋脚段落し部の損傷状況（Ａ１側）



写真-9.5 Ｐ７橋脚段落し部の損傷状況（側面）

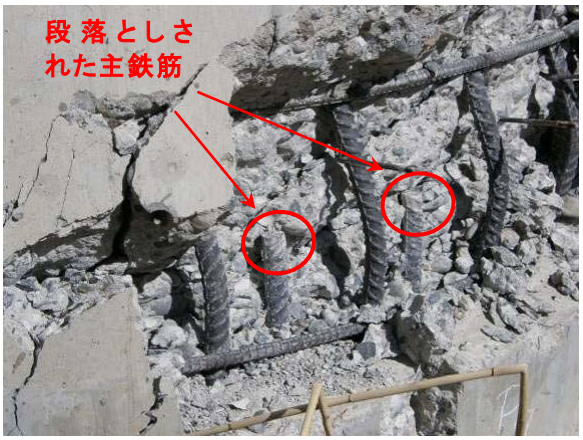


写真-9.6 Ｐ７橋脚段落し部の損傷状況（Ａ２側）



写真-9.7 Ｐ７橋脚段落し部の損傷状況（Ａ１側）



写真-9.8 Ｐ５橋脚段落し部の損傷状況（Ａ２側）



写真9.9 低水域の橋脚の状況



写真-9.10 Ｐ５橋脚上の支承：ローラーのずれ、上沓側の爪の塗膜剥がれが確認



写真-9.11 Ｐ５橋脚上のストッパー（両方向固定）取付部のモルタル剥落



写真-9.12 Ｐ５橋脚上のストッパー（両方向固定）の塗膜剥がれ



写真-9.13 Ａ２橋台支承の水平移動の擦過痕（約5cm）



写真-9.14 Ａ２橋台伸縮装置の水平移動の擦過痕（約5cm）



写真-9.15 箱桁の斜めひび割れ（底面）



写真-9.16 箱桁の斜めひび割れ、欠け落ち

9.2.2 国田大橋

国田大橋は、県道 63 号水戸勝田那珂湊線が茨城県水戸市において那珂川を渡河する箇所にかかる橋長 360mの 2 連の 3 径間連続鋼箱桁橋であり、1983 年（S58）に竣工した（**写真-9.17**、**図-9.3**）。下部構造形式は、逆Ｔ式橋台とＲＣ橋脚であり、基礎形式は杭基礎である。適用基準は、昭和 46 年道路橋耐震設計指針である。

Ａ１橋台では、伸縮装置が若干開いた形跡が確認された。橋台横の擁壁のひび割れが確認されたが、可動支承部の損傷としては、ローラーカバーに変形が見られた程度で、軽微であった。

Ｐ１橋脚は、固定支承を有する橋脚であり、橋脚の高さは 8.25mである。基部から 1.5m程度の高さが地盤面位置に相当すると考えられる。**写真-9.18** に示すように地盤面から 1.5m付近と 4m付近において、曲げ水平ひび割れが確認された。橋脚の側面には、斜めひび割れが確認された。遠方から観察する限りでは、支承には損傷は確認されなかった。

Ｐ２橋脚は、河川内に位置する可動支承を有する橋脚であり、橋脚の高さは約 16mである。近接できなかったが、支承部、橋脚ともに特段の損傷は認められなかった。

Ｐ３橋脚は、河川内に位置するかけ違い部の橋脚であり、橋脚高さは 16mである。両桁とも、可動支承により支持している。高欄の擦過痕により、桁間において橋軸方向に 5cm程度の相対変位量があったことが推測される。橋脚及び支承部ともに近接できなかったが、橋脚の中間高さの位置には**写真-9.19** に示すように橋軸直角方向の面に曲げ変形によるものと推測されるかぶりコンクリートの剥落及び軸方向鉄筋のはらみ出しが確認された。また、支承部にはローラーカバーの変形が確認された。

Ｐ４橋脚は固定支承を有する橋脚であり、橋脚の高さは 16mである。基部から 7m程度の高さが地盤面位置に相当すると考えられる。本橋の橋脚の中で損傷程度が最も大きかった橋脚である。**写真-9.20** に示すように橋軸直角方向の面には地盤面から 4m付近から曲げひび割れから進展した斜めひび割れが確認された。ただし、鉄筋の露出を伴うようなコンクリートの剥落は確認されなかった。遠方から観察する限りでは、支承には損傷は確認されなかった。

Ｐ５橋脚は、可動支承を有する橋脚であり、橋脚の高さは約 15.5mである。基部から約 7.5m程度の高さが地盤面位置に相当すると考えられる。Ｐ５橋脚から約 4m離れたあたりに地面の割れが確認された。橋脚が地震時に応答し、変形したことを示唆している。橋脚躯体の損傷としては、地盤面から 2.5mの高さ付近に水平ひび割れが確認された。また、横ばり部のほぼ中央に橋脚天端からひび割れが生じていることが確認された。可動支承部にはローラーカバーの変形が確認された。

Ａ２橋台では、**写真-9.21** に示す伸縮装置の損傷状況から、橋軸方向及び橋軸直角方向にともに 7cm程度移動し、かつ桁が 5cm程度沈下したことが確認された。可動支承部は**写真-9.22** に示すようにローラーが抜け出しており、このために桁が 5cm程度沈下したものと考えられる。

以上から、特筆すべき被害としては、Ａ２橋台の可動支承の損傷、固定支承を有する橋脚（Ｐ１、Ｐ４橋脚）の段落し位置での曲げせん断ひび割れ、かけ違い部のＰ３橋脚における橋軸直角方向の応答によるものと推測される曲げ損傷である。なお、橋脚の損傷はいずれも軸方向鉄筋の段落し部付近で生じたと推測される。

表-9.3　橋梁諸元　（国田大橋）

橋　長	360 m
上部構造	3 径間連続鋼箱桁橋＋3 径間連続鋼箱桁橋
下部構造	Ｔ型ＲＣ橋脚、逆Ｔ式橋台
基礎形式	杭基礎
架設年次	1983 年（S58）
管理者	茨城県

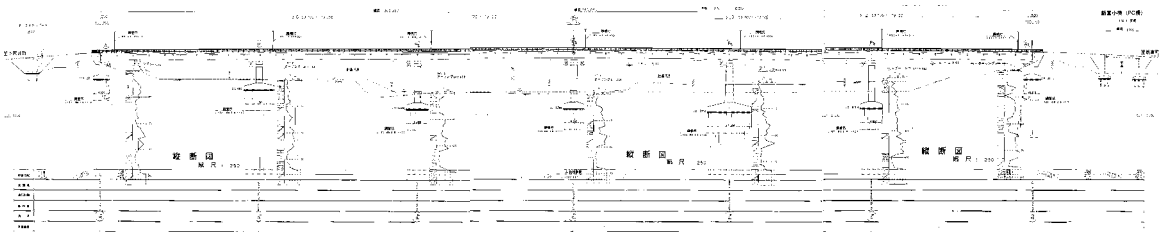


図-9.3　橋梁一般図（国田大橋）



写真-9.17　国田大橋



（a）下流側の側面　　（b）上流側の側面

写真-9.18　Ｐ１橋脚のひび割れの状況

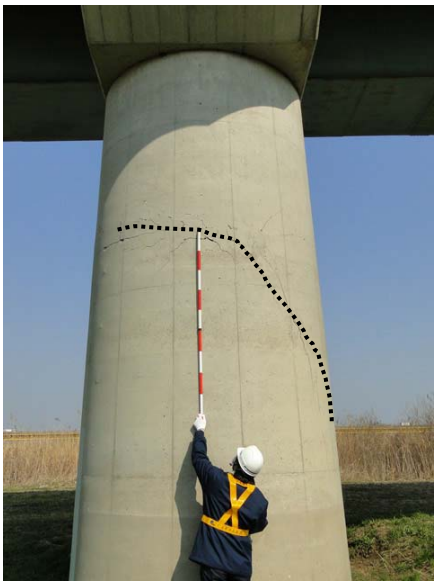


(a) Ｐ２橋脚側より撮影



(b) コンクリートの曲げ損傷

写真-9.19　Ｐ３橋脚



(a) 下流側の側面



(d) 上流側の側面

写真-9.20　Ｐ４橋脚のひび割れの状況



写真-9.21　Ａ２橋台上の伸縮装置の状況



写真-9.22　Ａ２橋台の可動支承の損傷

なお、国田大橋の約 400m 上流には常磐自動車道の那珂川橋（**写真-9.23**）がある。本橋の供用開始は 1984 年 3 月である。下部構造は、ＲＣ橋脚であり、ＲＣ巻立てによる耐震補強が施されていた。福島側の橋台及び河川敷の橋脚 3 基を調査したが、本調査の範囲では、地震による損傷は認められなかった（**写真-9.24**）。また、支承部にも損傷は確認されなかった（**写真-9.25**）。



写真-9.23　那珂川橋



写真-9.24　那珂川橋の耐震補強されたＲＣ橋脚の状況



写真-9.25　那珂川橋の支承の状況

9.2.3 静跨線橋

静跨線橋は、茨城県那珂市においてＪＲ水郡線を跨ぐ橋長 16.9m、幅員 8.5m の諸元の橋梁であり、1964 年に竣工した(**表-9.4**、**図-9.4**)。

表-9.4　橋梁諸元　(静跨線橋)

橋　長	16.9m
上部構造	単純鈑桁橋
下部構造	重力式橋台
基礎形式	不明
架設年次	1964 年(昭和 39 年)供用開始 (適用道示不明)
管理者	茨城県

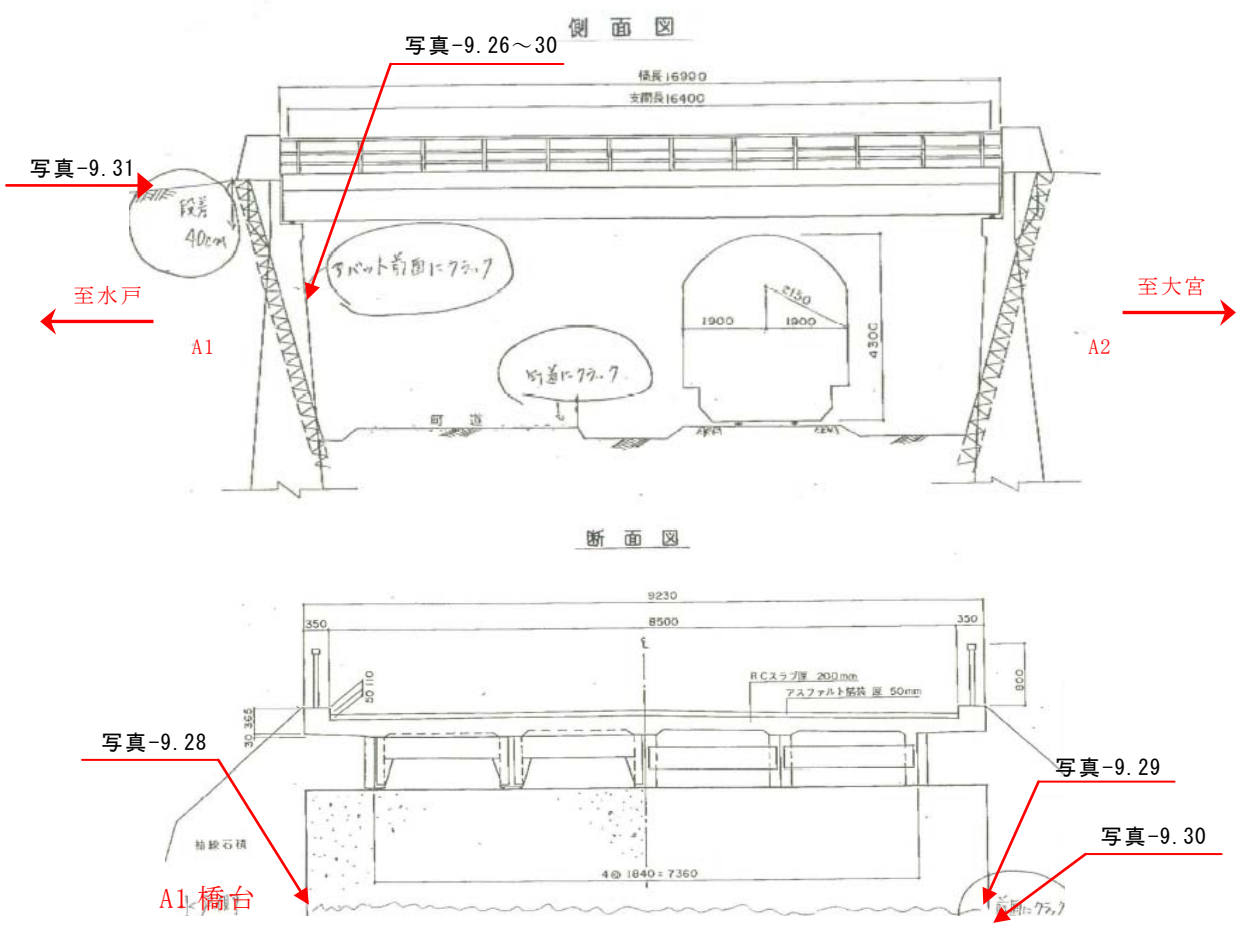


図-9.4　橋梁一般図 (静跨線橋)

Ａ１橋台前面及び側面に水平ひび割れが生じており、ひび割れを境にして上下部でずれが確認された。また、橋台側面部では顕著な斜めひび割れが生じていたが、いずれのひび割れにおいても内部には鉄筋は確認されなかった (**写真-9.26～9.29**)。

橋台背面では沈下による段差が生じていたが、調査時には土砂により応急対策が行わ

れていた(**写真-9.31**)。

調査では、上部構造下面には鋼板接着が施されており、損傷状態は確認出来なかった。



写真-9.26　Ａ１橋台前面のひび割れ



写真-9.27　Ａ１橋台前面のひび割れ

注）躯体全面の箱抜きは調査のために削ったもの



写真-9.28　Ａ１橋台右側面のひび割れ



写真-9.29　Ａ１橋台左側面のひび割れ



写真-9.30　Ａ１橋台左側面のひび割れ



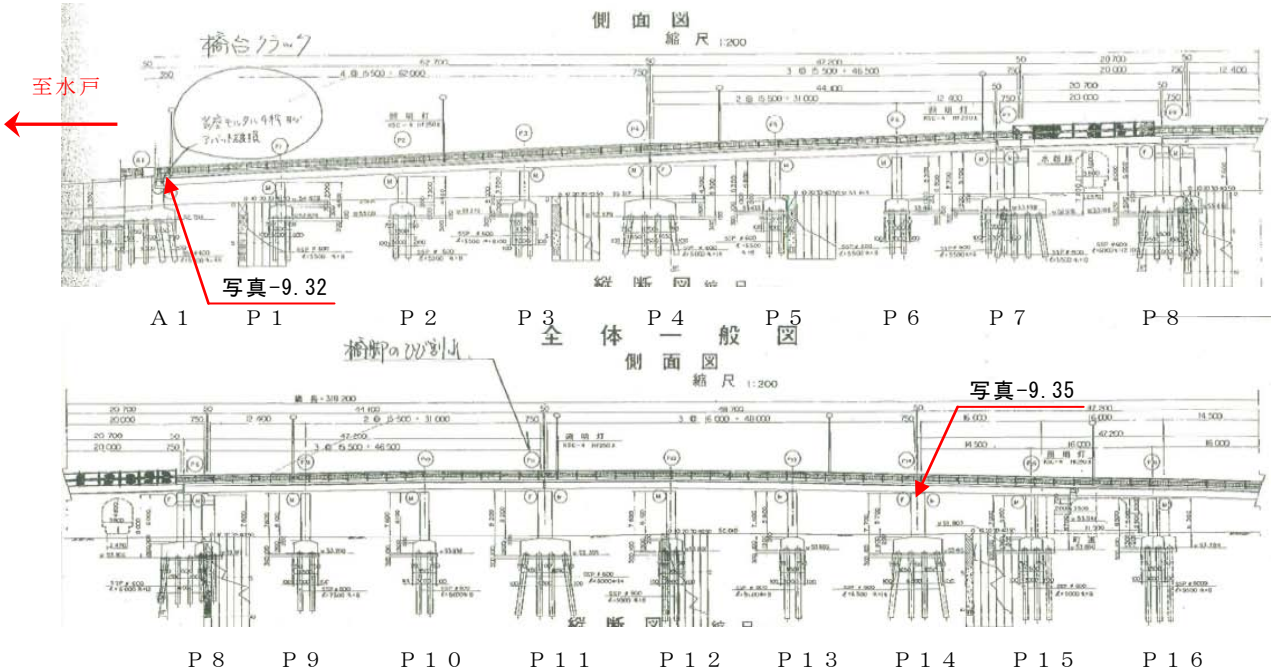

写真-9.31　広範にわたる顕著な盛土部の沈下、路面ひび割れなど

9.2.4 大宮陸橋

大宮陸橋は、茨城県常陸大宮市においてＪＲ水郡線跨ぐ橋長 318.2m、片側幅員 7.0m の橋梁であり、1984 年（上り線）及び 1991 年（下り線）に竣工した(**表-9.5**、**図-9.5**)。

表-9.5　橋梁諸元　（大宮陸橋）

橋　長	318.2m
上部構造	Ａ１～Ｐ４：4 径間連続ＲＣ中空床版（4@15.5m） Ｐ４～Ｐ７：3 径間連続ＲＣ中空床版(2@15.5m＋12.4m) Ｐ７～Ｐ８：単純ＰＣ中空床版(20.0m) Ｐ８～Ｐ１１：3 径間連続ＲＣ中空床版(12.4m＋2@15.5m) Ｐ１１～Ｐ１４：3 径間連続ＲＣ中空床版(3@16.0m) Ｐ１４～Ｐ１７：3 径間連続ＲＣ中空床版(14.5m＋16.0m＋14.5m) Ｐ１７～Ａ２：3 径間連続ＲＣ中空床版(3@15.5m)
下部構造	Ａ１・Ａ２：逆Ｔ式橋台 Ｐ１～Ｐ６：2 柱式橋脚 Ｐ７～Ｐ８：2 柱式ﾗｰﾒﾝ橋脚 Ｐ９～Ｐ１９：2 柱式橋脚
基礎形式	全下部構造：鋼管杭 φ600
架設年次	1984 年（昭和 59 年）（適用道示不明） 1991 年(平成 3 年)供用開始（S55 道示適用）
管理者	茨城県



全体一般図

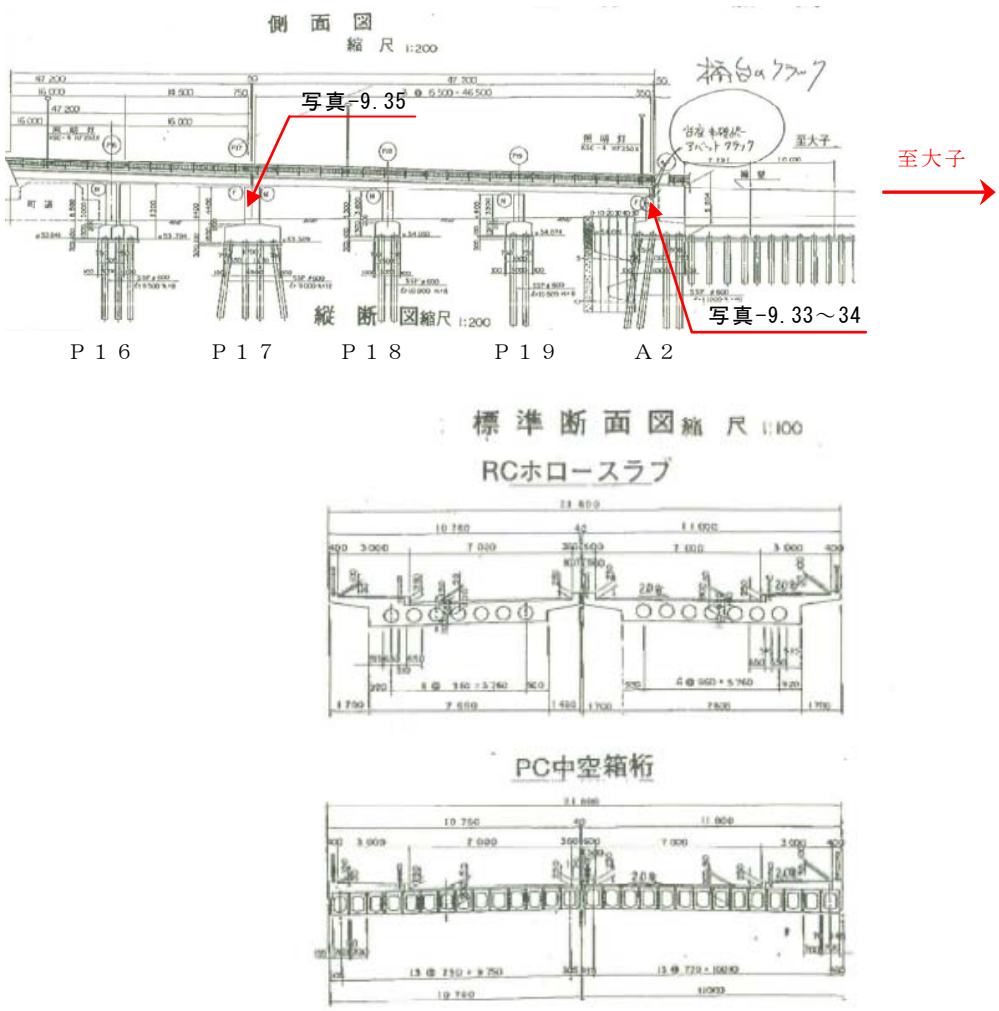


図-9.5　橋梁一般図（大宮陸橋）

上り線Ａ１、Ａ２橋台の支承部において、橋座を起点とした大きなひび割れが橋台全面に連続して生じており、下り線Ａ２側では上部構造側の支承取付部のコンクリートに剥離、鉄筋の露出・変形が確認された(**写真-9.32～9.34**)。支承アンカーボルトは、ほぼ全てのナットに浮き上がりが生じ、ボルト表面に擦過痕が確認された。

また、上り線の固定支承かけ違い部のＰ１４橋脚及びＰ１７橋脚(共に 2 柱式橋脚)において、橋脚側面に顕著なひび割れ、剥離状の断面欠損が確認された(**写真-9.35**)。



写真-9.32　橋座のせん断破壊
（上り線Ａ１橋台）



写真-9.33　支承が取り付く上部構造側
の損傷（下り線Ａ２橋台）



写真-9.34　アンカーボルトの引き抜き（上り線Ａ２橋台）



写真-9.35　橋脚のひび割れ（左：上り線Ｐ１４橋脚、右：上り線Ｐ１７橋脚）

9.2.5 亀田大橋

亀田大橋は、郡山市の国道4号あさか野バイパスが国道49号を跨ぐ箇所にかかる橋長280m、幅員9.75mの8径間のこ道橋（4径間連結ＰＣポステンＴげた橋＋2径間連続鋼箱げた橋＋2径間連結ＰＣポステンＴげた橋）である（**表-9.6、写真-9.36、図-9.6**）。下り線が1期線として、1987年に竣工した。下部構造は、躯体が逆Ｔ式橋台と壁式橋脚、基礎は杭基礎となっている。支承はゴム支承が用いられている。適用基準は、昭和53年道路橋示方書であり、2006年に耐震補強として、鉄筋コンクリート橋脚が鉄筋コンクリート巻立てを施され、その後2009年に変位制限構造及び落橋防止構造が設置されている。一方、2期線として建設された上り線は、1997年に竣工した。下部構造は、躯体が逆Ｔ式橋台と壁式橋脚、基礎は杭基礎となっている。支承にはゴム支承が用いられている。適用基準は、平成6年道路橋示方書であり、その後、兵庫県南部地震により被災した道路橋の復旧に係る仕様にもとづき修正設計が行われている。同じく、2009年に変位制限構造が設置され、橋軸方向に制震デバイス（粘性ダンパー）が設置されている。

地震により、中央の2径間連続鋼箱げた橋の中間橋脚（Ｐ５橋脚）において、上り線、下り線ともに損傷が生じた。調査は、Ｐ５橋脚に対して行った。

下り線のＰ５橋脚を**写真-9.37**に示す。下り線のＰ５橋脚には、**写真-9.38**に示すようにＲＣ橋脚の両側の横ばり部に天端上面から下方に向かって縦方向の幅約10 mmのひび割れが生じていた。これに伴って、支承部の沓座モルタルにもひび割れや割れが生じていた。なお、変位制限構造には、損傷は確認されなかった。この損傷の進展及び二次災害の防止のために、**写真-9.39**に示すように横ばり部を支持する仮設支保工を設置し、はり部下端部と柱部の隙間はコンクリートで埋める処置がなされた。

上り線のＰ５橋脚を**写真-9.40**に示す。下り線のＰ５橋脚ほどではないが、ＲＣ橋脚横ばり部の付け根部分にひび割れが生じていた。これについては、地震による損傷であるかどうかは不明である。

上り線のＰ５橋脚は、4つの変位制限構造及び２つの支承部の両サイドのサイドブロックに損傷が生じていた（**写真-9.41、42**）。また、支承部周辺の鋼げたに塗膜のはがれが確認された（**写真-9.43**）。

表-9.6　橋梁諸元　（亀田大橋）

橋　長	280m
上部構造	4 径間連結ＰＣポステンＴげた橋＋2 径間連続鋼箱げた橋＋2 径間連結ＰＣポステンＴげた橋
下部構造	逆Ｔ式橋台と壁式ＲＣ橋脚
基礎形式	杭基礎
架設年次	1987 年(昭和 62 年)（下り線）、1997 年（平成 9 年）（上り線）
管理者	東北地方整備局



写真-9.36 亀田大橋（福島側より、左：上り線（2期線）、右：下り線（1期線））

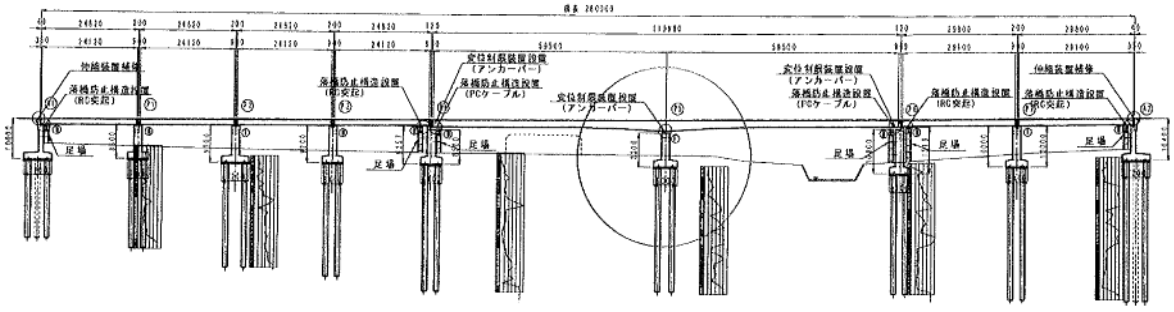


図-9.6 亀田大橋の側面図



(a) 福島側より　　(b) 東京側より

写真-9.37 下り線のＰ５橋脚

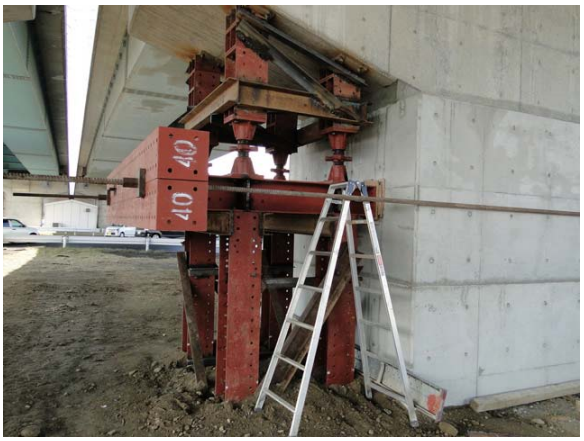


(a) 横ばりの損傷



(b) ひび割れ

写真-9.38 下り線のＰ５橋脚の横ばりの損傷



(a) 支保工の設置



(b) はり部の下端部のコンクリートによる補強

写真-9.39 下り線のＰ５橋脚の応急復旧状況



(a) 福島側より



(b) 東京側より

写真-9.40 上り線のＰ５橋脚





写真-9.41 上り線のＰ５橋脚の変位制限構造の損傷状況



写真-9.42 支承部のサイドブロックの損傷



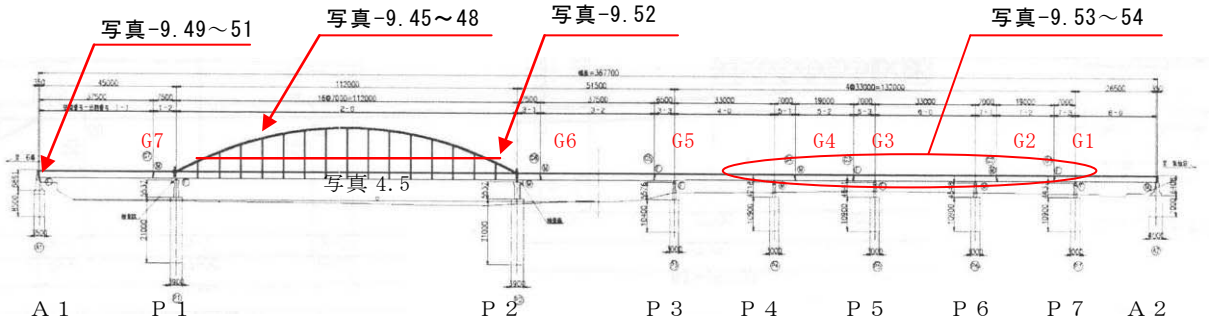
写真-9.43 支承取付部付近の鋼げたの塗膜のはがれ

9.2.6 天王橋

天王橋は、1959 年に竣工した旧北上川を渡河する次に示す諸元の橋梁である（**表-9.7**、**図-9.7**）。

表-9.7　橋梁諸元　（天王橋）

橋　長	367.7m　（45.0m＋112.0m＋51.5m＋4@33.0m＋26.5m）
上部構造	ゲルバー式鋼鈑桁橋＋下路張出し式ランガー桁橋＋6 径間ゲルバー式鋼鈑桁橋
下部構造	逆Ｔ式橋台 2 基、壁式橋脚（ＲＣ）7 基
基礎形式	ニューマチックケーソン 9 基
架設年次	1959 年(昭和 34 年)供用開始（S31 道示適用）
管理者	東北地方整備局



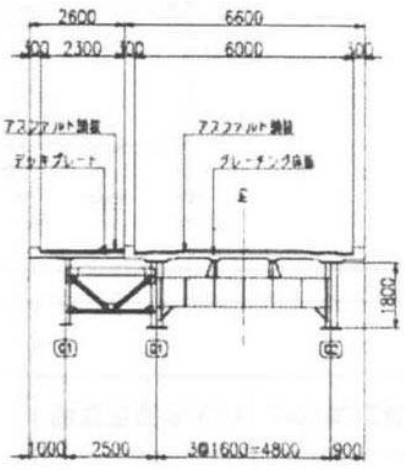


図-9.7　橋梁一般図（天王橋）



写真-9.44　天王橋

Ｐ１～Ｐ２間の鋼ランガーアーチ部（リベット橋、下路式）において上横構に座屈変形が生じ、うち２箇所でガセット部の破断が確認された(**写真-9.45**、**写真-9.46**)。

Ａ１橋台では支承上沓の桁下フランジへの取り付けボルトの破断が確認された。また、支承横桁フランジにふくれ、橋門構には塑性変形とみられる変形及び塗膜のはがれが確認された。

側径間部（Ｐ４～Ｐ７間）では、中間の径間両端の伸縮部において両側ともに遊間異常拡大が確認された(**写真-9.53**)。調査時点で被災前から行われていた主桁の補修工事のための足場設備により伸縮部及びゲルバー部の詳細な近接目視調査はできなかった。



写真-9.45　ガセット部の破断



写真-9.46　上横構座屈及びガセット部破断



写真-9.47　上横溝座屈(遠景)



写真-9.48　上横構座屈（近景）

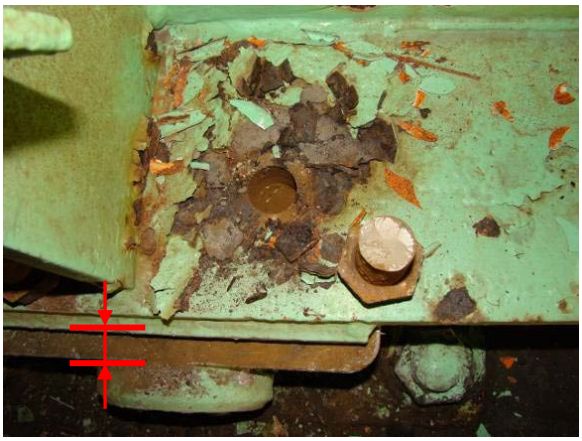


写真-9.49　支承ボルト破断及び
支承横方向のズレ



写真-9.50　支承ボルト腐食及び
支承横方向のズレ



写真-9.51　支承横桁フランジの変形



写真-9.52　橋門構の塗膜割れ



写真-9.53　伸縮装置の遊間異常



写真-9.54　補修工事足場架設状況

新天王橋は、天王橋の約 80m の上流において旧北上川を渡河する三陸自動車道の橋梁である（**図-9.8**）。橋長が 426.6 m の 5 径間連続鋼床版鋼箱桁で、壁式ＲＣ橋脚により支持されている。竣工は 2001 年、供用開始は 2003 年であり、適用基準は平成８年道路橋示方書である。

構造本体としては顕著な被害は確認されなかった。被害としては、Ａ２橋台の背面盛土に、遊間及び沈下が確認された。また、河川堤防の舗装面にはクラックが多数確認された。橋台背面は軽量盛土とみられ外面にはパネルが全面に取り付けられており内部の状況は確認できていない（**写真-9.55～9.56**）。

調査では遠望目視により、ほぼ全ての橋脚においてジョインプロテクターが破損していることが確認された（**写真-9.57**、**写真-9.58**）。本橋では、ジョイントプロテクターの損傷状況から、地震力の作用により近接する天王橋と同様に、上部構造に橋軸直角方向の作用力が働いたものと推測される。

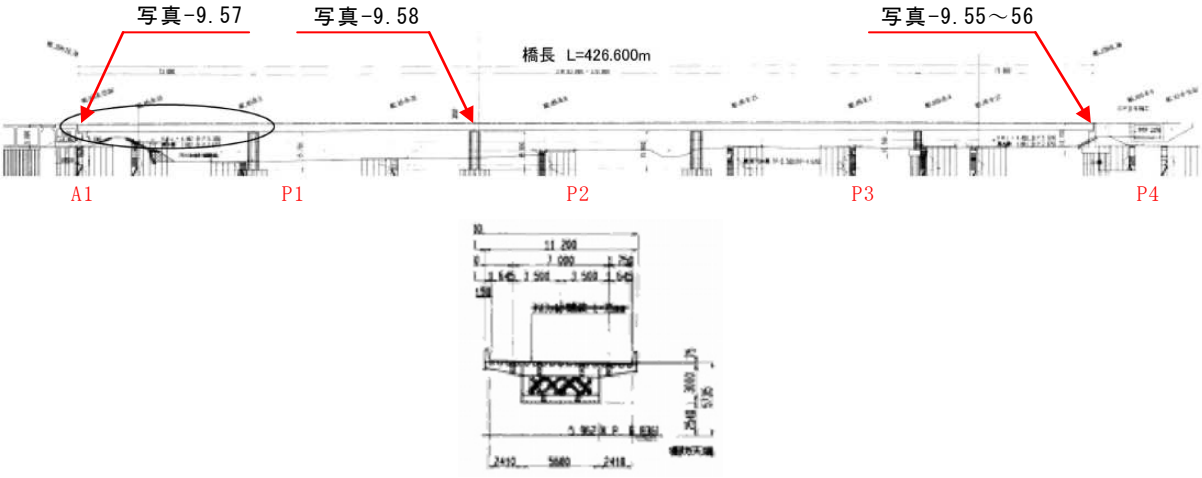


図-9.8　橋梁一般図（新天王橋）



写真-9.55　Ａ２橋台と背面盛土の遊間及び沈下



写真-9.56　Ａ２橋台付近の液状化痕跡



写真-9.57　Ａ１橋脚のジョイント
プロテクターの損傷



写真-9.58　Ｐ２橋脚のジョイント
プロテクターの損傷

9.2.7 鹿行大橋

鹿行大橋は、茨城県北浦にかかる橋長 404.63m(支間 4@18.69m + 5@18.80m + 3@18.69m + 9@18.80)、幅員 4.0m(拡幅部は 6m）の 21 径間単純合成鈑桁橋であり、1968 年に竣工した（**写真-9.59**、**表-9.8**、**図-9.9**）。下部構造は、橋台が逆Ｔ式橋台であり、橋脚はパイルベント橋脚である。また、基礎は橋脚構造を構成する鋼管杭であり、拡幅部において一部に直杭が配置されているほかは、斜杭からなる。

鹿行大橋は、Ｐ１２～Ｐ１５の３径間分の上下部構造が喪失した。外観調査の結果、喪失した箇所の右岸側の橋脚は、北側に傾いている様子が観察された（**写真-9.60**）。橋梁上からも、喪失部の端部に近付くほど橋軸直角方向に遊間の開きが左右で異なり、結果的に北側に傾いている様子が観察された（**写真-9.61**）。橋脚の上下の横梁には、いずれの箇所にもひび割れなど目立った損傷は見られなかった（**写真-9.62**、**63**）。また、横梁には部分的に補修痕が見られるが、その補修部位にも損傷は見られない。



写真-9.59 鹿行大橋全景

表-9.8　橋梁諸元（鹿行大橋）

橋　長	404.63m（21 径間）
上部構造	鋼合成Ｉ桁
下部構造	橋脚；パイルベント、橋台；逆Ｔ式
基礎形式	鋼管杭（斜杭）
竣工年	昭和 43 年(1968 年)
管理者	茨城県

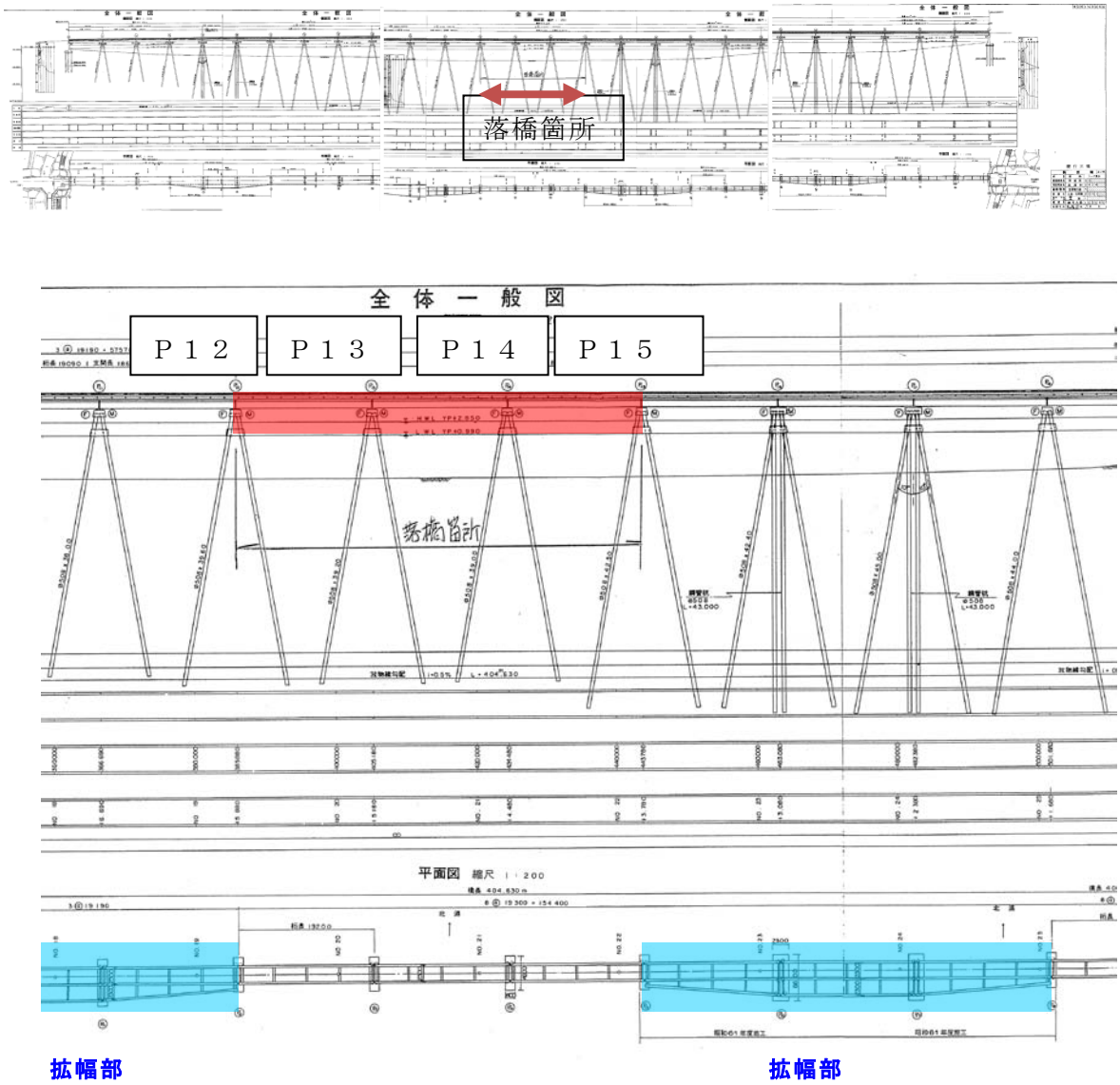


図-9.9　鹿行大橋側面図(上：全体図、下：落橋箇所付近拡大図)



写真-9.60 落橋箇所の右岸側



写真-9.61 遊間に生じた変位差



写真-9.62 上横梁の下面（補修痕有り）



写真-9.63 下横梁の下面

9.2.8 仙台東部道路東部高架橋

仙台東部道路東部高架橋は、仙台東ＩＣと仙台港北ＩＣ間の全長 4,390m の高架橋である。調査区間であるＰ５２橋脚からＰ５８橋脚の諸元及び平面図を**表-9.9** 及び**図-9.10** に示す。

表-9.9 橋梁諸元（東部高架橋Ｐ５２～Ｐ５８）

橋　長	286.0(71.0+2@72.0+71.0)+78.0(2@39.0)m
上部構造	4 径間連続鋼箱桁、2 径間連続鋼鈑桁
下部構造	Ｔ型鋼製橋脚、鋼製ラーメン橋脚
基礎形式	杭基礎
竣工年	2001 年（H8 年道示、B 活荷重）
管理者	ＮＥＸＣＯ東日本

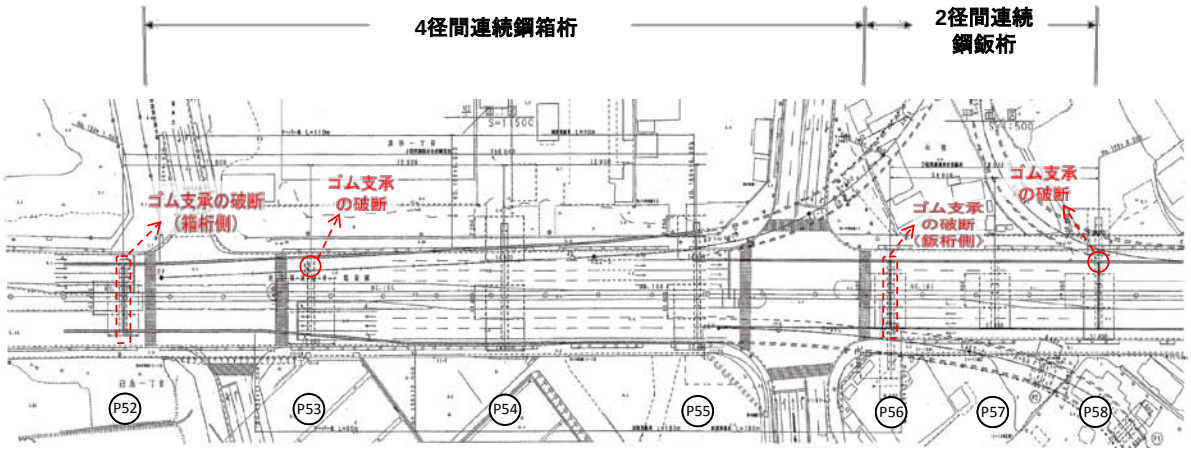


図-9.10 Ｐ５２～Ｐ５８の平面図

本橋のＰ５２～Ｐ５８区間の構造的な特徴としては、以下の点があげられる。

・Ｐ５２～Ｐ５６までは、4 径間連続鋼箱桁形式の上部構造であるが、ランプ線の擦り付け区間が含まれることから、**図-9.10** に示すように、Ｐ５２～Ｐ５４までは 4 箱、Ｐ５４～Ｐ５５は 5 箱、Ｐ５５～Ｐ５６は 3 箱という特徴的な構造となっており、これに伴い、1 支承線上の支承の基数も、Ｐ５６では 6 基（鈑桁側は 8 基）、Ｐ５２、Ｐ５３、Ｐ５６では 8 基、Ｐ５４とＰ５５では 10 基となっている。

・Ｐ５２～Ｐ５６までは支間長が 70.8m～72.0m であるのに対して、Ｐ５６～Ｐ５８の区間の支間長は 38.9m である。なお、ランプ橋については、地震発生時において架設中であった。

・単柱式橋脚とラーメン橋脚が混在している。Ｐ５２、Ｐ５３は単柱式、Ｐ５４～Ｐ５６は 2 柱式の橋脚であり、うちＰ５４、Ｐ５５は剛結のラーメン構造、Ｐ５６はランプ線側の柱上で梁との間に支承を介した構造となっている。

・Ｐ５６橋脚上など、桁の掛け違い部における箱げた側と Ｉ 桁側のゴム支承の設計変位量に大きな違いがあった。橋軸直角方向に対する箱げた側の設計変位量は鈑桁側より

約 1.8 倍大きい。

主な被害として、ゴム支承の破断、ジョイントプロテクターの破損、単柱式またはラーメン式の鋼製橋脚の変状等が確認された。

ゴム支承については、橋軸直角方向への変位により、4 径間連続桁（Ｐ５２～Ｐ５６）のＰ５２側の全ゴム支承（8 基）が破断した。また、2 径間連続桁（Ｐ５６～Ｐ５８）のＰ５６側の全ゴム支承（8 基）が破断した。これにより、路面で水平方向 50cm、高さ方向 40cm 程度のずれ及び段差が発生した。Ｐ５４、Ｐ５８上のゴム支承（各 1 基）についても、橋軸直角方向への変位により破断した（**図-9.10**、**写真-9.67**）。

Ｐ５６橋脚では、橋脚はりを受けるＲＣ柱上のゴム支承セットボルトが破断している（**写真-9.68**、**写真-9.69**）。

写真-9.70、**写真-9.71** より、ゴム支承は主として内部鋼板との接合部で破断したもの、セットボルトが破断したもの、ゴム本体部で破断したものなど、様々な破断形態となっている。破断面の状況から、一方向（橋軸直角方向と想定される）の作用が卓越しているようにみられ、また、正負交互に地震力を受けた履歴が確認される。また、**写真-9.72** より、支承にはせん断キーや凹部が塑性変形するほどの力が、一方向に作用したことが分かる。

Ｌ１地震動に対して伸縮装置を損傷させないために設置されたジョイントプロテクターについて、橋軸直角方向の変位により破損が生じていた（**写真-9.73**、**写真-9.74**）。

Ｐ５２鋼製橋脚の一部に塗膜の剥がれや降伏線が確認された（**写真-9.75**、**写真-9.76**）。Ｐ５２橋脚中間部の塗膜割れは、海側だけに生じており、橋脚内部コンクリートの充填高さ（基部から 2m）のやや上に位置している。Ｐ５６鋼製橋脚でも、一部で塗膜割れが確認された（**写真-9.77**）。また、Ｐ５４鋼製ラーメン橋脚の山側隅角部に、塗膜の剥がれが確認された（**写真-9.78**）。

その他、橋軸直角方向の振動が卓越したものとみられる橋脚周り等における変状が確認された（**写真-9.79～写真-9.81**）。



写真-9.64 Ｐ５６側から見たＰ５５橋脚等の状況



写真-9.65 Ｐ５６橋脚及びＰ５８側の状況



写真-9.66 Ｐ５４橋脚（Ｐ５５側より撮影）

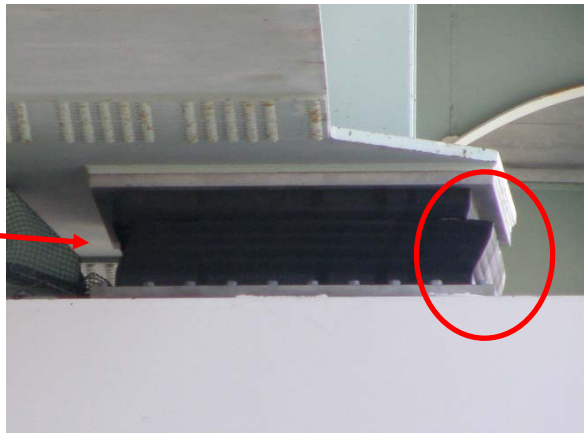


写真-9.67 Ｐ５４橋脚Ｓ１支承（山側）が破断し、橋軸直角方向にズレ



写真-9.68 Ｐ５６橋脚：鋼横梁を支持する柱上のゴム支承セットボルトが破断



写真-9.69 **写真-9.68**のトラックの位置付近から見たＰ５６橋脚のＲＣ柱頭部



写真-9.70 ゴム支承の破断状況（主として内部鋼板との接合部で破断）



写真-9.71 ゴム支承の破断状況（主としてゴム本体部で破断）

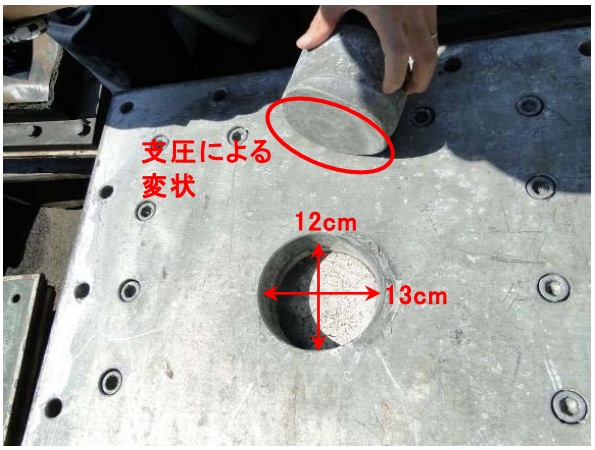


写真-9.72 上沓のせん断キーの変状

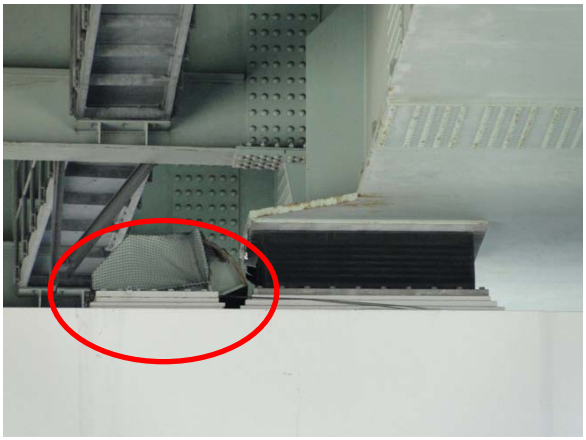


写真-9.73 ジョイントプロテクターの破損



写真-9.74 破損したジョイントプロテクター

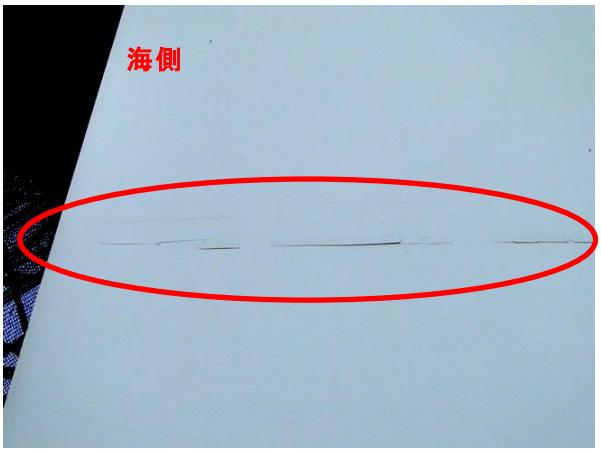


写真-9.75 Ｐ５２橋脚中間部（海側）の塗膜割れ



写真-9.76 Ｐ５２橋脚の海側基部の塗膜剥がれ

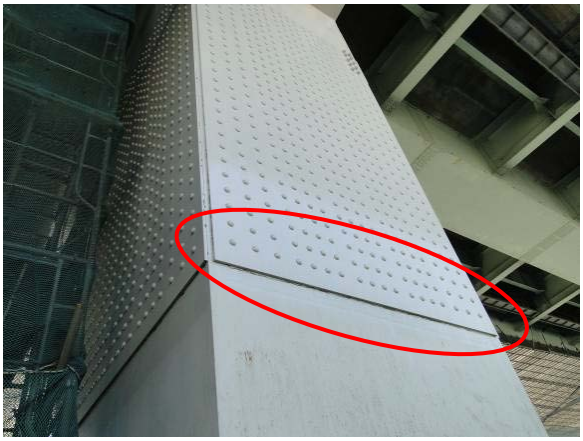


写真-9.77 Ｐ５６鋼製柱山側の塗膜割れ



写真-9.78　Ｐ５４橋脚山側隅角部の塗膜剥がれ



写真-9.79　Ｐ５６の鋼製柱基部周辺コンクリートのひび割れ



写真-9.80　Ｐ５６橋脚から見たＰ５７橋脚：路面と中間分離帯間にすき間



写真-9.81　Ｐ５２橋脚の山側の基部：根巻きコンクリートと周辺コンクリートにひび割れ

9.2.9 甲子跨線橋

甲子跨線橋は、国道283号仙人峠道路に位置し、ＪＲ釜石線を跨ぐ橋長220.0m、幅員11.2mの4径間連続鋼I桁橋であり、2006年に竣工した（**表-9.10**、**図-9.11**、**写真-9.82**）。下部構造は、逆Ｔ式橋台とＴ形橋脚で、Ａ１橋台は打込み鋼管杭、Ｐ１橋脚は直接基礎、Ｐ２、Ｐ３橋脚及びＡ２橋台は深礎杭となっている。

釜石側のＡ１橋台は、高さ約25mの盛土に設置された盛りこぼし橋台であり、橋台前面の地盤がひび割れ、側面や背面の盛土に沈下が見られた（**写真-9.83**）。橋台背面の沈下は45cmに達し、長さ6mの踏掛版が折損した。なお、調査時点（3月13日）では踏掛版を撤去し、応急復旧を実施していた（**写真-9.84**）。橋台の前面への移動に伴って生じたと思われるゴム支承の橋軸方向へのせん断変位（約50mm）が生じていた（ゴム本体の高さは240mm）（**写真-9.85**）。

表-9.10 橋梁諸元 （甲子跨線橋）

橋　長	220.0m(4 径間)
上部構造	4 径間連続鋼 I 桁
下部構造	逆Ｔ式橋台、Ｔ型橋脚
基礎形式	打込み鋼管杭、直接基礎、深礎杭
架設年次	平成 18 年(2006 年)
管理者	東北地方整備局

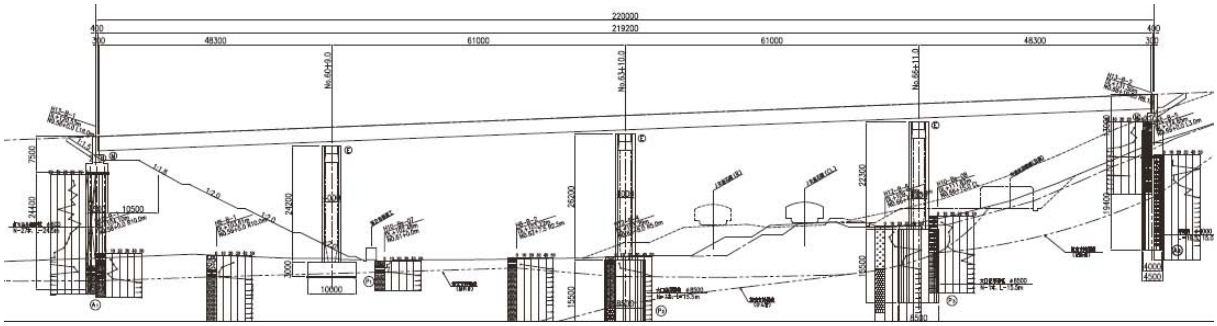


図-9.11 甲子跨線橋側面図



写真-9.82 甲子跨線橋



写真-9.83 橋台前面地盤のひび割れ



写真-9.84 橋台背面の沈下と応急復旧状況



写真-9.85 ゴム支承のせん断変位

9.2.10 梅戸橋

梅戸橋は、県道 50 号水戸神栖線が茨城県水戸市のＪＲ水戸駅付近でＪＲ常磐線をまたぐ箇所にかかる橋長 18.5m、幅員 9.1m単径間の跨線橋（鋼単純鈑桁橋）である（**表-9.11**、**図-9.12**、**写真-9.86**）。下部構造としては、逆Ｔ式ＲＣ橋台と重力式橋台と推測される。基礎形式は不明である。竣工は 1941 年である。

調査時（3 月 29 日）は全面通行止めの措置がとられ、復旧工事が行われていた（**写真-9.87**）。調査は、背面盛土の沈下が生じた橋台を中心に行った。

橋の構造本体には遠望目視の範囲では損傷は認められなかった。主たる損傷は、**写真-9.88** に示すように橋台背面の盛土の沈下によるもので、上下方向に 40cmの段差が生じていた。また、橋軸直角方向にも 10cmを超えるずれが確認された。

表-9.11　橋梁諸元　（梅戸橋）

橋　長	18.5 m
上部構造	単径間鋼鈑桁橋
下部構造	逆Ｔ式橋台、重力式橋台
基礎形式	（不明）
架設年次	1941 年
管理者	茨城県

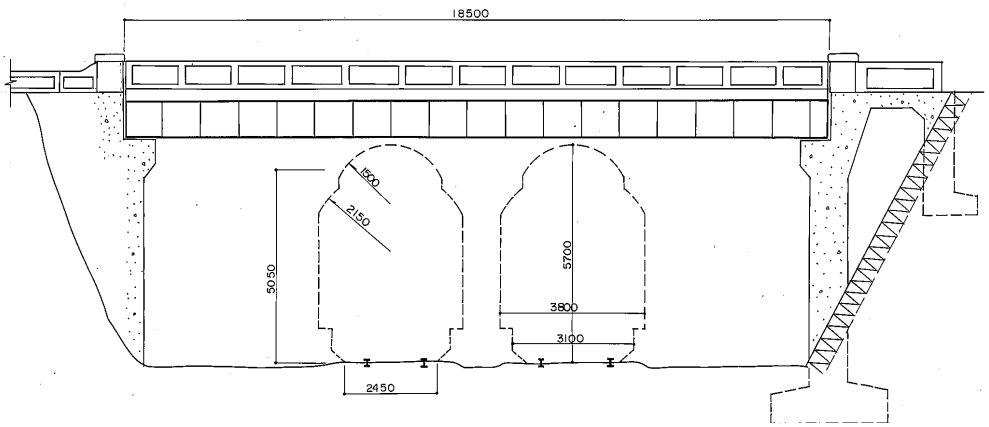


図-9.12　橋梁一般図（梅戸橋）




写真-9.86　梅戸橋




写真-9.87　橋台背面の補修の状況



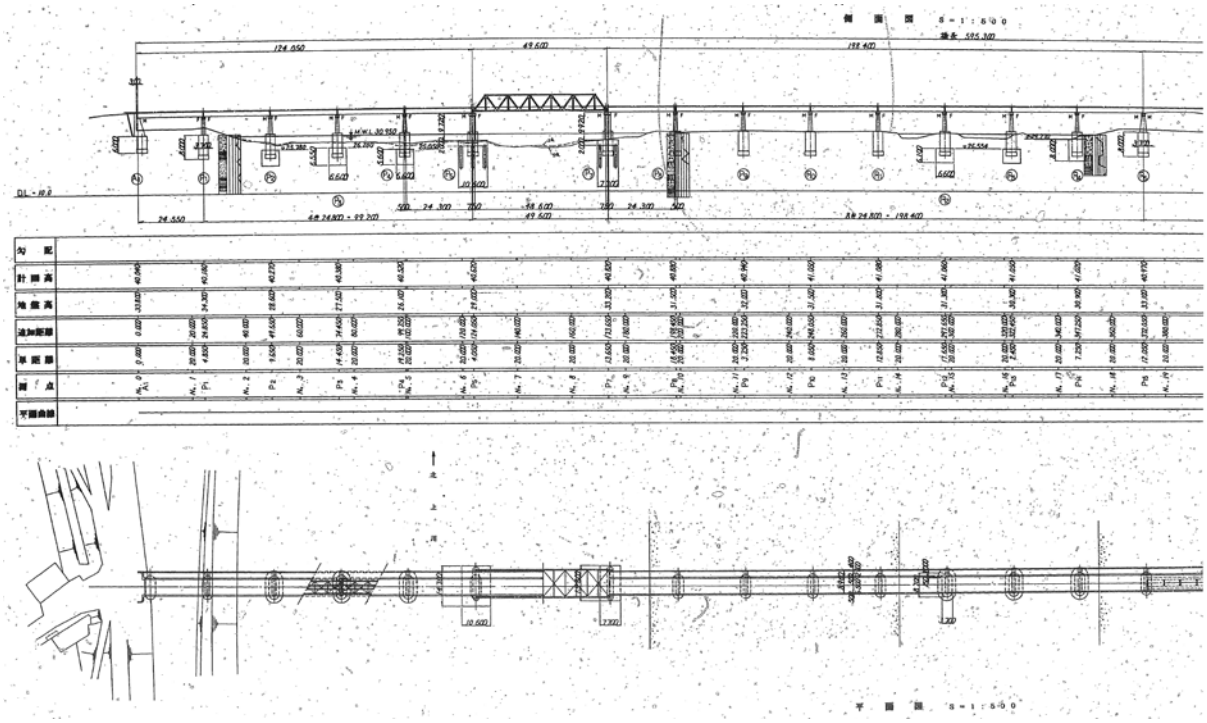

写真-9.88　橋台背面の沈下と橋軸直角方向への横ずれ

9.2.11 小谷木橋

小谷木橋は、国道 397 号線にかかる、岩手県奥州市を流れる一級河川北上川を渡河する橋であり、1954 年に竣工した岩手県管理の橋梁である。**表-9.12** に橋梁諸元、**図-9.13** に橋梁一般図、**図-9.14** に下部構造断面図を示す。

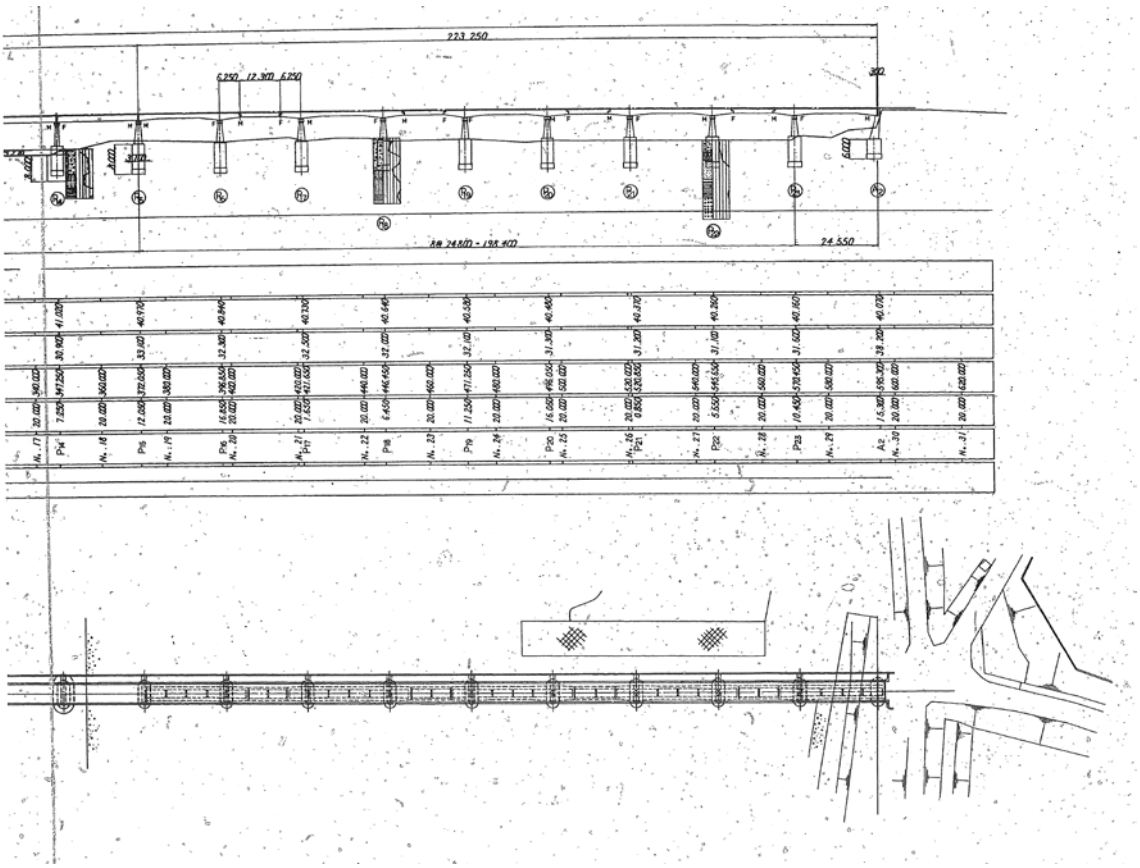
表-9.12 橋梁諸元 （小谷木橋）

橋　長	595.3m(24 径間)
上部構造	鋼 5 径間鈑桁+鋼トラス+鋼 8 径間鈑桁+ＲＣ9 径間ゲルバー
下部構造	逆Ｔ式橋台、門型橋脚（のちに隔壁施工）
基礎形式	ケーソン基礎
架設年次	昭和 29 年(1954 年)
管理者	岩手県



(a) Ａ１橋台～Ｐ１５橋脚

図-9.13 橋梁一般図（１／２）



(b) Ｐ１６～Ａ２橋台

図-9.13 橋梁一般図（２／２）

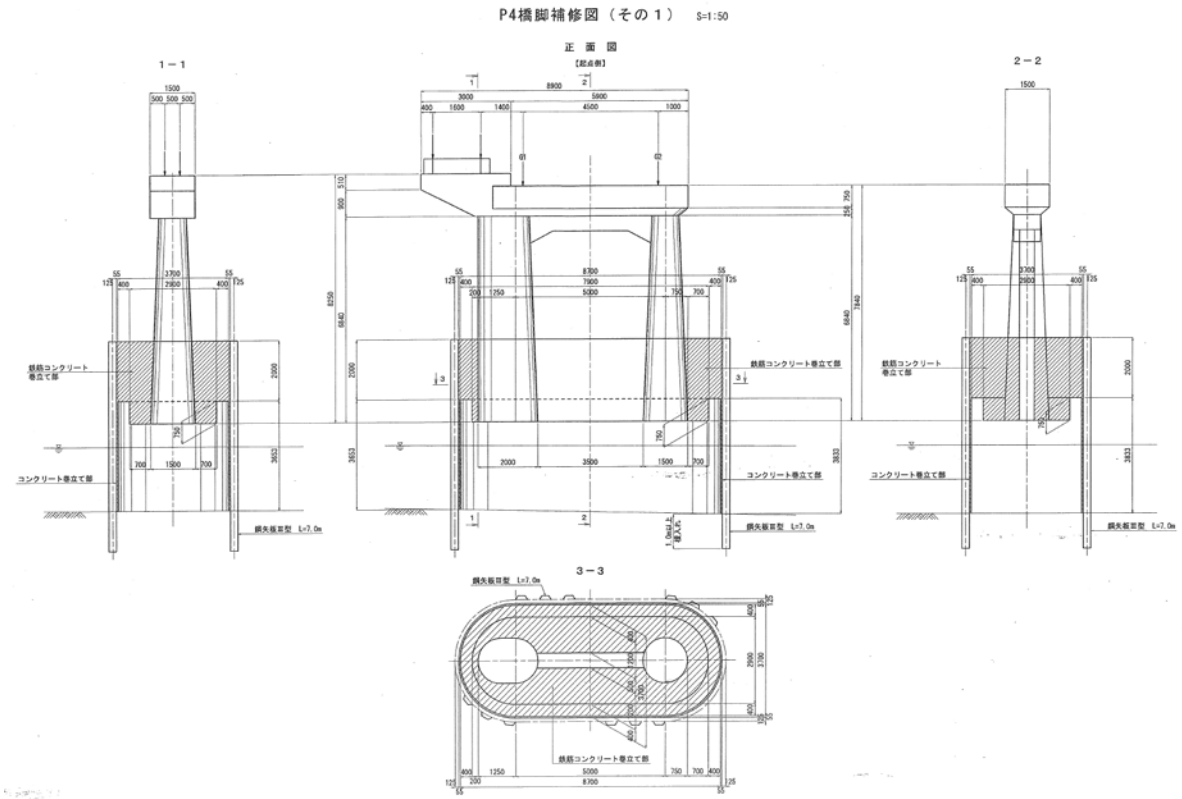


図-9.14 下部構造断面図

道路管理者に対するヒアリングによると、本橋は 3 月 11 日の本震（マグニチュード 9.0）後の点検では損傷が確認されていなかったが、4 月 7 日の余震（マグニチュード 7.1）後の点検により、Ｐ４橋脚の傾斜、Ａ１橋台の損傷が確認されたとのことである。

調査では、Ｐ４橋脚には近接できなかったため、同様の形式であり、河川内に設置され、近接が可能であったＰ２橋脚の調査も行った。また、Ａ１橋台の損傷も調査した。



写真-9.89 小谷木橋（Ａ１橋台側からＡ２橋台を望む）

写真-9.90、9.91 に、Ｐ４橋脚の状況を示す。また、**写真-9.91、9.92** に、Ｐ４橋脚のケーソン基礎の状況を示す。**図-9.13** に示した橋梁一般図では、ケーソン天端は地盤面から 2m、水深 4m 程度の深さにあるとされているが、**写真-9.92** に示すように、調査時は水位がケーソン基礎側壁天端から 80 cm程度低い位置にあり、ケーソン天端が水面上に露出していた。

Ｐ４橋脚については近接することはできず、Ｐ２橋脚上及び路面からの遠望目視により調査を行った。その結果、**写真-9.90** に示すように、Ｐ４橋脚は他と比べて、橋脚基部が下流側に傾斜していた。また、**写真-9.92、9.93** に示すように、橋脚躯体やケーソン基礎にはひび割れが確認され、**写真-9.92** に示すように、ケーソン基礎の頂版付近において一部の鉄筋が露出している状況も見られた。なお、ケーソン基礎のコンクリート剥落や鉄筋の露出は、3/11 の本震発生以前からの可能性がある。

写真-9.94、9.95 は、Ｐ４橋脚直上の路面の状況を示したものである。**写真-9.94** を

みると、Ｐ４橋脚の傾斜に伴って、路面に橋軸直角方向の変位が発生している様子が分かる。Ｐ４橋脚上のジョイント部には、橋脚の傾斜と整合するように**写真-9.95** のとおり下流側にひび割れが生じている。

県による近接調査の結果、Ｐ４橋脚のケーソン基礎においては、頂版とケーソン側壁との間には、頂版の沈下によるものと思われる摩擦痕(4cm)が確認されたということであり、これによりＰ４橋脚が傾斜したものと考えられる



写真-9.90 Ｐ３～Ｐ６橋脚

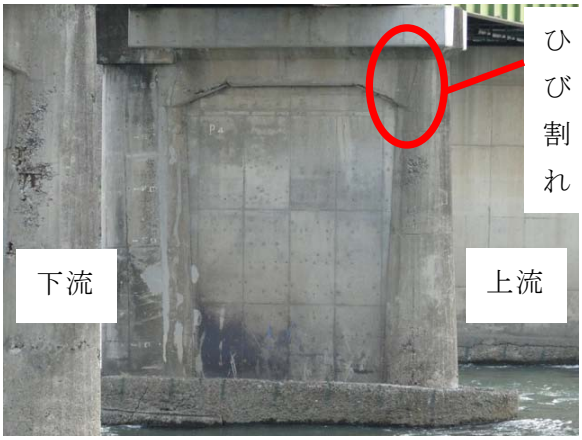


写真-9.91 Ｐ４橋脚の状況



写真-9.92 Ｐ４橋脚のケーソン基礎の損傷状況



写真-9.93 Ｐ４橋脚のケーソン基礎(上流側)の天端の状況(路面から望遠撮影)



写真-9.94 Ｐ４直上付近の路面の状況（Ａ１橋台側からＡ２橋台側を望む）



写真-9.95 Ｐ４橋脚上の路面に生じたひび割れ

Ｐ２橋脚は、Ｐ４橋脚と同様に河川中に位置するものの、Ａ１橋台側の陸から近くにあり、近接することが可能であったため、**写真-9.96** に示すように、近接目視調査を行った。

写真-9.97、9.98 にＰ２橋脚のケーソン基礎の状況を示す。Ｐ２橋脚のケーソン基礎には側壁コンクリートにひび割れが多数見られるとともに、鉄筋が一部露出している状況であった。また、頂版・側壁ともにコンクリートが部分的に欠損しているところもあり、**写真-9.99** に示すような幅 1m 程の規模で広範囲にコンクリートが欠損している箇所もあった。これらの欠損は供用期間中の河川の水流の影響により長期間にわたって摩耗された結果と推察される。また、**写真-9.100** に示すように、ケーソン基礎の側壁の上側は明らかに外にはらみ出しており、ケーソン基礎の傾斜、側壁の損傷の可能性もある。



写真-9.96 Ｐ２橋脚の近接目視調査の状況（Ａ１橋台側から撮影）



写真-9.97 Ｐ２橋脚ケーソン基礎の状況（上流側）



写真-9.98 Ｐ２橋脚のケーソン基礎の状況（下流側）

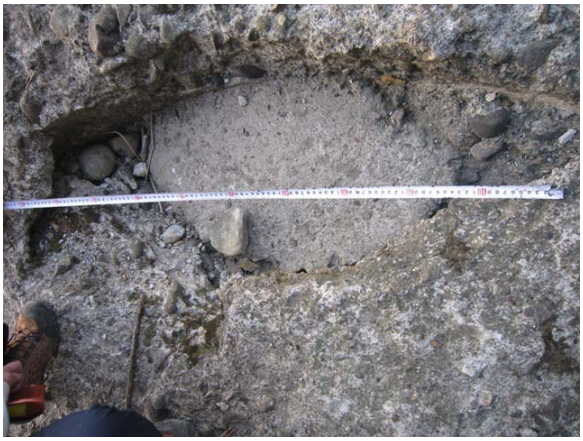


写真-9.99 Ｐ２橋脚のケーソン基礎頂版に生じたコンクリート欠損



写真-9.100 Ｐ２橋脚のケーソン基礎側壁上部のはらみ出し状況

写真-9.101 にＡ１橋台の状況を示す。**写真-9.102～9.104** に示すように、Ａ１橋台には、上流側・下流側ともに橋台立て壁と張り出し部の境界にひび割れが生じていた。特に、下流側の支承高さ付近のひび割れは、浮きが疑われる程度にまで進展していた。ひび割れは比較的新しく、今回の地震により発生したものと推察された。調査時点では橋台自体の移動量について、明確な計測ができなかったが、前背面への変位や沈下が生じている可能性がある。ただし、**写真-9.101** (b)に示すように、落橋防止構造には、特に変状が見られなかったことから、橋軸方向には落橋防止構造が作動するほどの変位は生じなかったと考えられる。

写真-9.105 に示すように、Ａ１橋台と背面盛土付近の路面には段差(およそ 30cm程度）が生じていたため、補修されていた。この段差は、地震により、橋台背面盛土が沈下したために生じたものと思われる。また、Ａ１橋台直上付近の歩道と車道の間には、橋軸直角方向の隙間が生じていた。なお、支承の損傷状況については、確認できなかった。



(a) 下流側より撮影



(b) 上流側より撮影

写真-9.101 Ａ１橋台の状況



写真-9.102 Ａ１橋台下流側ひび割れ部



写真-9.103 Ａ１橋台上流側ひび割れ部



写真-9.104 Ａ１橋台下流側ひび割れ部拡大



写真-9.105 Ａ１橋台背面の段差の補修

また、小谷木橋の下流約 5km下流において北上川を渡河する国道 343 号の藤橋（**写真-9.106**）にも 4 月 7 日の余震（マグニチュード 7.1）により、橋脚の段落し部に損傷が生じた。大きな損傷が生じたのは、**写真-9.107** に示すＰ６橋脚であり、けたのかけ違い部の橋脚である。両げたは可動支承により支持されていること、損傷の方向から、橋軸直角方向の地震力の影響が大きかったことが推測される。損傷としては、かぶりコンクリートの剥落、軸方向鉄筋の破断、軸方向鉄筋のはらみ出し、帯鉄筋のゆるみが生じていた。また、Ｐ５橋脚にも**写真-9.108** に示すようなひび割れが段落し部付近に生じていた。



写真-9.106 藤橋





写真-9.107 藤橋のＰ６橋脚の段落し部の損傷





写真-9.108 藤橋のＰ５橋脚の損傷

9.3 津波の影響による道路橋の被害

9.3.1 小泉大橋

小泉大橋は、気仙沼市本吉町の津谷川を渡河する橋長 182.1m（支間長 30.1m×3＋30.1m×3）、全幅員 11.3mの 3 径間連続鋼鈑桁 2 連からなる橋であり、1975 年に竣工した（**表-9.13**、**図-9.15**、**写真-9.109**）。下部構造は、逆Ｔ式橋台及び小判型Ｔ型橋脚であり、いずれも鋼管杭基礎で支持されている。なお、本橋では耐震補強として、支承条件が固定であるＰ２とＰ４橋脚はＦＲＰシート巻立て工法によって補強され、両橋台にはダンパーが設置されていた。

調査では、全径間の上部構造、Ｐ３橋脚及び橋両端の取付部道路が流出していることが確認された（**写真-9.109**、**写真-9.110**）。上部構造(鋼桁)はねじれるように変形しており 400m程度上流に流出していた（**写真-9.111**、**写真-9.112**）。Ｐ３橋脚は柱の基部付近で破壊してフーチングと完全に分離し、50m程度上流に流出した（**写真-9.113**、**写真-9.114**）。また、Ｐ３橋脚は配筋図から軸方向鉄筋としては直径 16mmの異形棒鋼が 300mmピッチで配筋されていたことが確認された。Ｐ３橋脚の柱の破壊面の状態から見ると、打継面に沿って破壊したと推定される（**写真-9.115**）。

支承については、取付ボルトの破断、アンカーボルトの引き抜け、支承本体の破壊等の様々な破壊形態が確認された（**写真-9.116**、**写真-9.117**）。ダンパーについては、両橋台とも最も下流側の 1 基は橋台との取付部での破壊によって流出したが、他のダンパーは全て桁との取付部での破壊が生じたことが確認された（**写真-9.118**）。

Ａ２橋台の上流側のパラペットには、かぶりコンクリートが剥落し、鉄筋が露出している箇所が確認された。これは、けたが流出する際に桁端がパラペットに接触し、パラペットのコンクリートを削り取った痕跡と考えられる。

また、Ｐ１、Ｐ５橋脚の張出し部には縦方向のひび割れが確認された（**写真-9.119**）。

表-9.13　橋梁諸元　（小泉大橋）

橋　長	182.1m
上部構造	3 径間連続鋼鈑桁（2 連）
下部構造	逆Ｔ式橋台、小判型Ｔ型橋脚
基礎形式	鋼管杭基礎
架設年次	1975 年（S50）
管理者	東北地方整備局

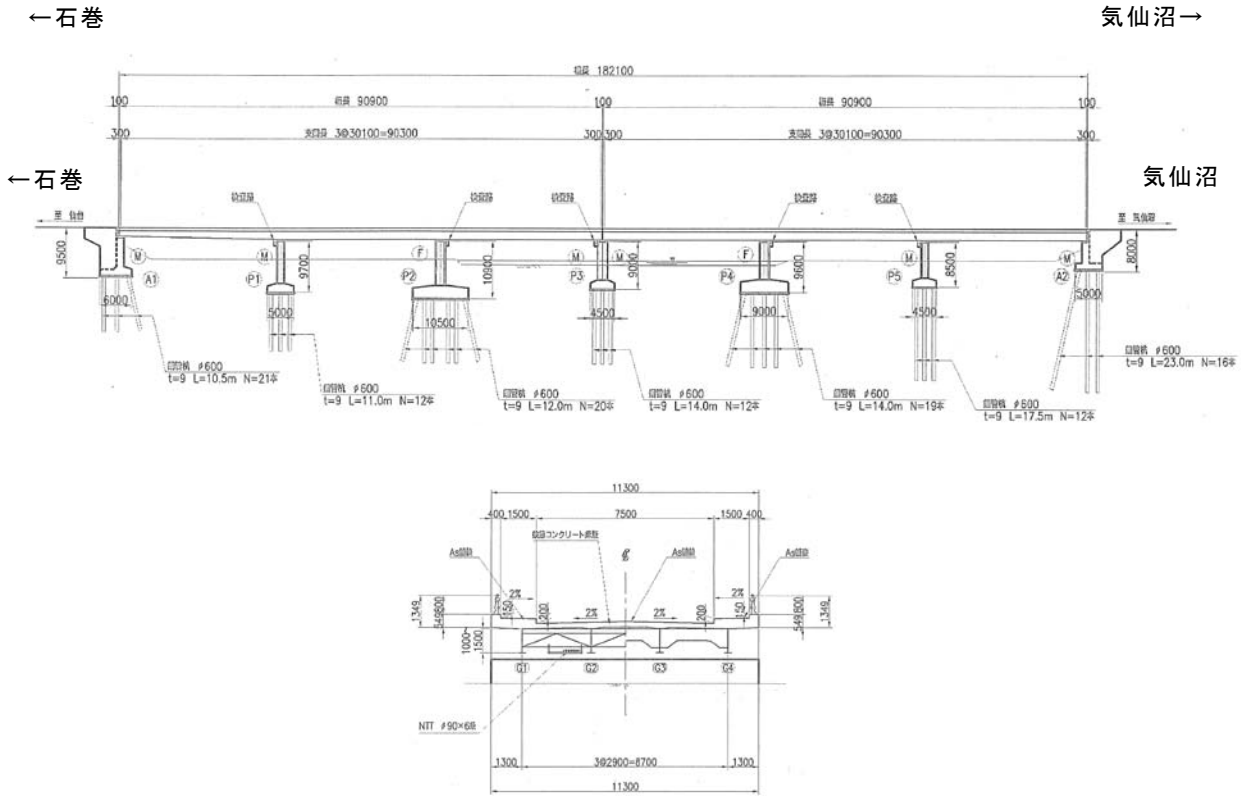


図-9.15 小泉大橋側面図(上)及び断面図(下)



写真-9.109 地震後（左）と地震前（右）の小泉大橋



写真-9.110 小泉大橋及び外尾川橋周辺の航空写真
（国土交通省東北地方整備局提供　2011 年 3 月 19 日（地震発生から 8 日後）撮影）

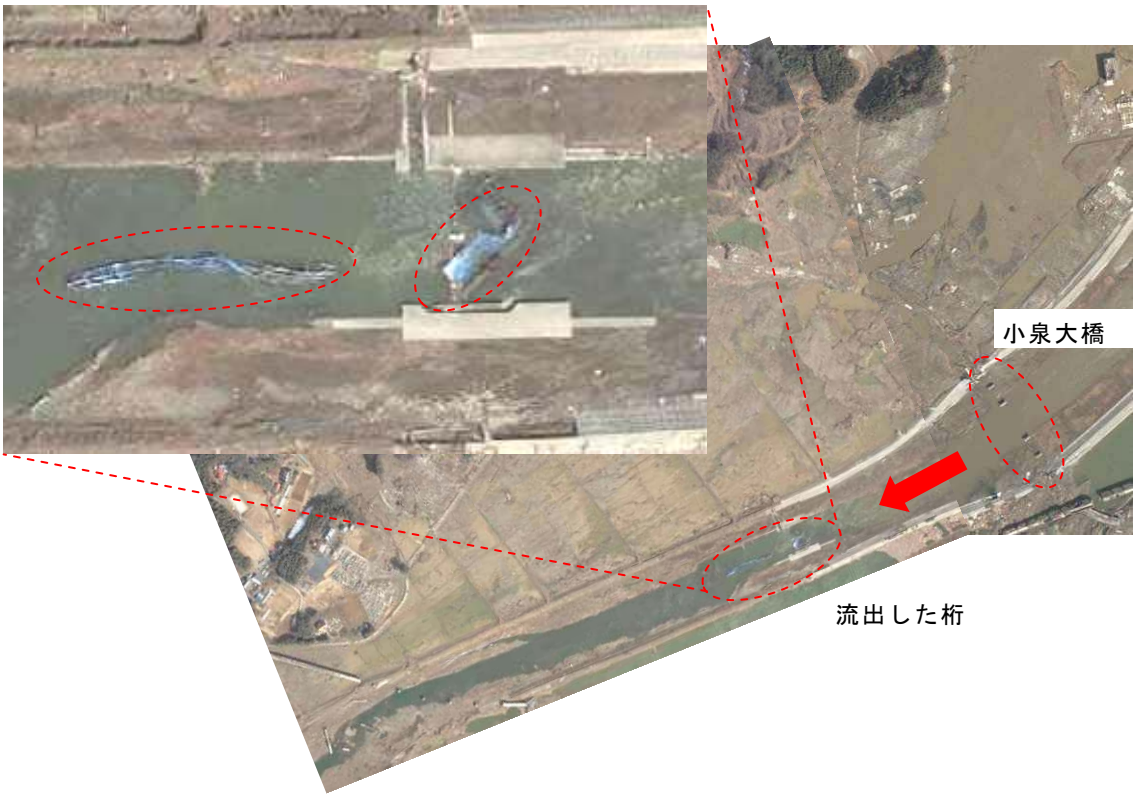


写真-9.111 小泉大橋と流出した桁の位置関係
（国土交通省国土地理院撮影の航空写真に加筆）



写真-9.112 流出した上部構造の状況



写真-9.113 Ｐ３橋脚の流出した位置



写真-9.114 流出したＰ３橋脚の状況



写真-9.115 Ｐ３橋脚の破壊面

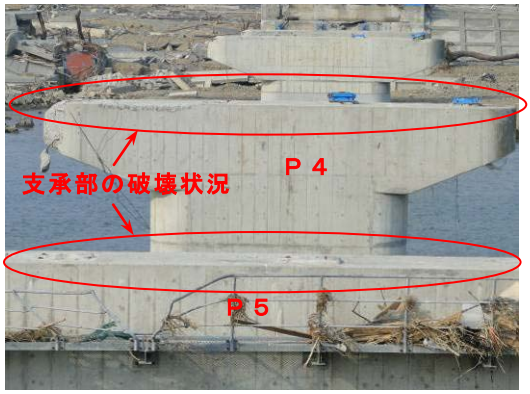


写真-9.116 支承の破壊状況



写真-9.117 流出した固定支承の下沓



写真-9.118 Ａ２橋台のダンパーの損傷状況



写真-9.119 Ｐ５橋脚の張出し部のひび割れ

9.3.2 歌津大橋

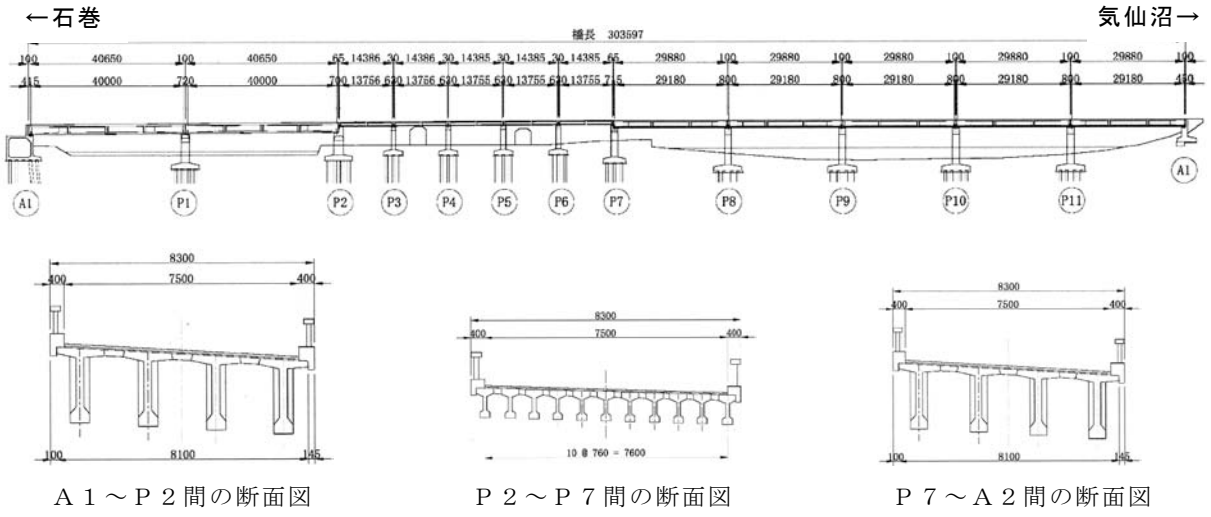
歌津大橋は、南三陸町歌津にある伊里前川及び伊里前湾にかかる橋長 303.6m（支間長 40.0m×2+13.8m×5＋29.2m×5）、全幅員 8.3mの単純ＰＣポステンＴ桁(渡河部及び湾岸部)及び単純ＰＣプレテンＴ桁(陸上部)を合わせた 12 径間からなる橋であり、1972 年に竣工した（**表-9.14**、**図-9.16**）。下部構造のうち橋台は、ラーメン式橋台のＡ１はＰＣ杭基礎に、逆Ｔ式橋台のＡ２橋台は直接基礎にそれぞれ支持されている。また、橋脚は、Ｐ１及びＰ２は円形断面ＲＣ橋脚、それ以外は矩形断面ＲＣ橋脚であり、いずれもＰＣ杭基礎で支持されている。なお、耐震補強として落橋防止システムの設置(落橋防止構造の設置と縁端拡幅)と橋脚のＲＣ巻立て補強がされていた。

調査では、Ａ１～Ｐ２及びＰ１０～Ａ２間の上部構造が残っていたものの（**写真-9.122**、**写真-9.123**、**写真-9.125**）、Ｐ２～Ｐ１０の計 8 径間の上部構造が流出（**写真-9.120**、**写真-9.121**）していることが確認された。上部構造が流出した橋脚については、鋼製（**写真-9.124**）や鉄筋コンクリート製（**写真-9.126**）の変位制限装置の損傷、上流側の張出し部の損傷（**写真-9.126**）が確認された。Ｐ２橋脚は、ＲＣ巻立て部の上端部の上流側にかぶりコンクリートの剥落、軸方向鉄筋および帯鉄筋のはらみ出しなどの損傷が生じていた（**写真-9.124**）。なお、他の橋脚にはこのような破壊が見られなかった（**写真-9.122**、**写真-9.126**）。流出した上部構造については、Ｐ２～Ｐ４の２径間、Ｐ４ ～Ｐ７の３径間はそれぞれ一体で流出し、連続した状態を保って着地していた。Ｐ７～Ｐ１０の 3 径間は全て裏返しの状態で流出していた（**写真-9.121**、**写真-9.127**）。また、Ｐ７～Ｐ１０の３径間については、調査時には、Ｐ１０近辺に流出している上部構造は水中にあったため詳細を確認できなかったが、**写真-9.121** において「**写真-9.127** に示す径間」と記述している上部構造は、主桁の底面に斜めひび割れが多数生じていることが確認された（**写真-9.128**）。

流出しなかったＡ１～Ｐ２、Ｐ１０～Ａ２の 4 径間を調査したところ、Ｐ１～Ｐ２間の上部構造にねじりによる損傷と考えられる桁の斜めひび割れ、桁端の欠けなどが確認された（**写真-9.131**～**写真-9.133**）。

表-9.14 橋梁諸元 （歌津大橋）

橋　長	303.6m
上部構造	単純ＰＣポステンＴ桁橋（2 連）、単純ＰＣプレテンＴ桁橋（5 連）、単純ＰＣポステンＴ桁橋（5 連）
下部構造	円形断面及び矩形断面ＲＣ橋脚、ラーメン式橋台、逆Ｔ式橋台
基礎形式	ＰＣ杭基礎、直接基礎
架設年次	1972 年（S47）
管理者	東北地方整備局



Ａ１～Ｐ２間の断面図　　Ｐ２～Ｐ７間の断面図　　Ｐ７～Ａ２間の断面図

図-9.16 歌津大橋側面図(上)及び断面図(下)



写真-9.120 歌津大橋



写真-9.121 歌津大橋周辺の航空写真

(国土交通省東北地方整備局提供　2011 年 3 月 19 日(地震発生から 8 日後)撮影)



写真-9.122 Ｐ１０～Ａ２間の状況



写真-9.123 Ａ１～Ｐ２間の状況



写真-9.124 Ｐ２橋脚の損傷状況



写真-9.125 Ｐ１０から見たＡ１側の状況



写真-9.126 Ｐ８橋脚の損傷状況



写真-9.127 流出している桁の状況



写真-9.128 桁のひび割れ状況



写真-9.129 流出している桁の状況
（Ｐ４～Ｐ７間）



写真-9.130 桁間の落橋防止用ケーブル



写真-9.131　斜めひび割れの発生状況（Ｐ１～Ｐ２間　Ｇ１側）



写真-9.132 斜めひび割れの発生状況
（Ｐ１～Ｐ２間　Ｇ１側）



写真-9.133　斜めひび割れの発生状況
（Ｐ１～Ｐ２間　Ｇ４側）

9.3.3 二十一浜橋

二十一浜橋は、気仙沼市本吉町二十一浜の二十一川を渡河する橋長 16.64m（支間長 16.0m）、全幅員 8.7mの単純ＰＣプレテンＴ桁橋であり、1970 年に竣工した（**表-9.15**、**図-9.17**、**写真-9.134**、**写真-9.135**）。下部構造は、逆Ｔ式橋台であり鋼管杭基礎で支持されている。また、本橋の上流側及び下流側の歩道部は別構造となっており、この橋台は鋼管杭に支持されている。

調査では、海側歩道部における桁の流出及び橋台基礎の傾斜、並びに両側の橋台背面土工部の流出（**写真-9.136**）が確認された。車道部では、けたの流出は生じず、また、橋台躯体についても特に損傷は確認されなかったが、基礎については、設計図面や地震前の記録によれば土中にあるはずであるフーチングが側面まで水面上に露出した状態であったが（**写真-9.137**）、その後、杭頭部も露出していることが確認された（**写真-9.138**）。なお、本橋では、橋台背面部に応急復旧橋が架けられ、4 月 4 日に開通した（**写真-9.139**）。

表-9.15　橋梁諸元　（二十一浜橋）

橋　長	16.64m
上部構造	単純ＰＣプレテンＴ桁橋
下部構造	逆Ｔ式橋台
基礎形式	鋼管杭基礎
架設年次	1970 年（S45）
管理者	東北地方整備局

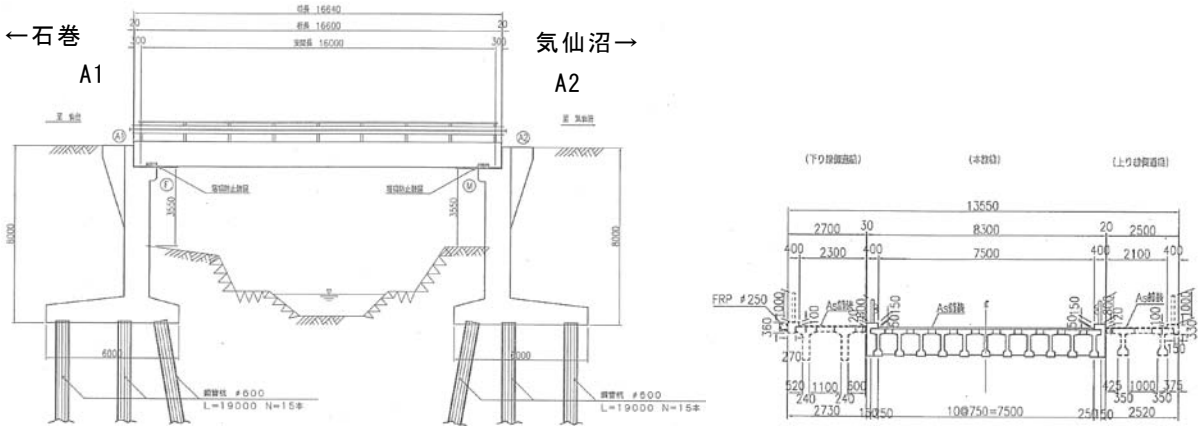


図-9.17 二十一浜橋側面図(左)及び断面図(右)



写真-9.134 二十一浜橋

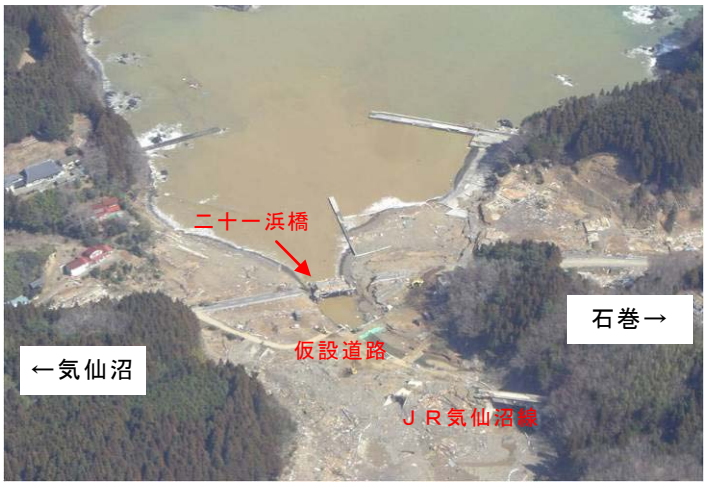


写真-9.135 二十一浜橋周辺の航空写真
(国土交通省東北地方整備局提供　2011 年 3 月 19 日(地震発生から 8 日後)撮影)



写真-9.136 下流側歩道部における桁の流出と歩道部橋台基礎(鋼管杭)の傾斜



写真-9.137 橋台フーチングの露出状況
(3 月 15 日撮影)



写真-9.138 基礎部の洗掘状況(4 月 9 日撮影　東北地方整備局提供)



写真-9.139 応急復旧橋設置状況(6 月 4 日撮影)

9.3.4 大浜渡橋

大浜渡橋は、釜石市において鵜住居川を跨ぐ橋長132m、幅員12.8mの5径間の渡河橋（3径間連結ＰＣポステンＴげた橋＋2径間連結ＰＣポステンＴげた橋）であり、1986年に竣工した（**表-9.16**、**図-9.18**、**写真-9.140**）。下部構造は、躯体が逆Ｔ式橋台と壁式橋脚、基礎は鋼管杭基礎となっている。適用基準は、昭和53年道路橋示方書である。主としてＡ１橋台、Ｐ１橋脚周辺を調査した。

本橋周辺の集落は、津波により甚大な被害を受けていた。**写真-9.141**に示す津波による漂流物の堆積状況及び高欄の損壊状況から、本橋においては津波の高さは橋げたの高さを超えたものと推定される。

写真-9.142は、Ａ１橋台の取付部付近の歩道に生じた段差を示している。また、**写真-9.143**は、同じ箇所におけるゴムジョイントのゴムの脱落を示す。**写真-9.144**はＡ１橋台のゴム支承の状況である。若干のせん断変形がみられるが、これが地震の影響によるものかは不明である。

写真-9.145は、Ｐ２橋脚への津波漂流物の衝突状況を示すが、遠望目視の範囲では、橋脚に損傷は確認されなかった。なお、Ｐ１橋脚の柱基部には、**写真-9.146**に示すように洗掘が生じていた。

表-9.16 橋梁諸元（大浜渡橋）

橋　長	132m
上部構造	3径間連結ＰＣポステンＴげた橋＋2径間連結ＰＣポステンＴげた橋
下部構造	逆Ｔ式橋台、壁式ＲＣ橋脚
基礎形式	鋼管杭基礎
竣工年	1986年竣工（1等橋）　（S53年道示）
管理者	東北地方整備局



写真-9.140 大浜渡橋

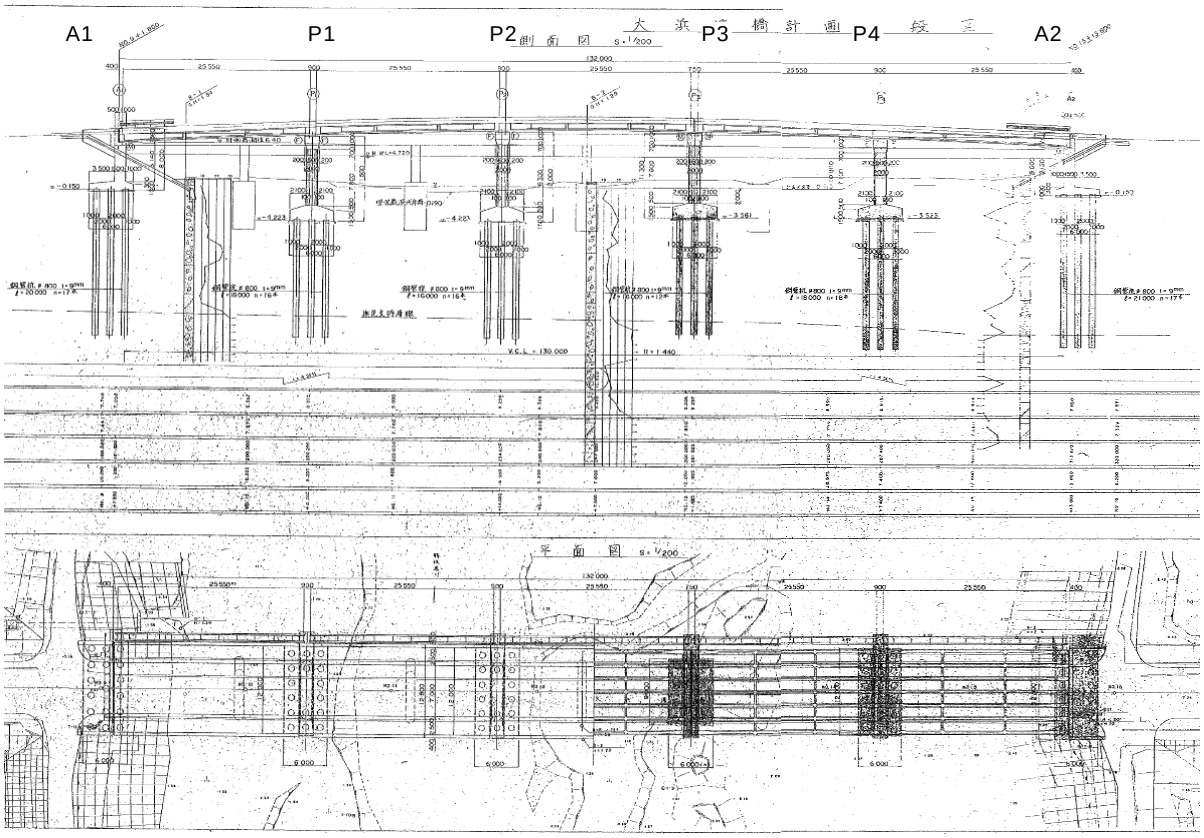


図-9.18 大浜渡橋の一般図（**写真-9.143**とは左右が反転）



写真-9.141 けたへの漂流物の堆積
（Ａ２橋台周辺、陸側）



写真-9.142 橋台背面土の沈下による段差
（Ａ１橋台周辺の歩道部）



写真-9.143 ゴムジョイントのゴムの脱落
（Ａ１橋台周辺）



写真-9.144 Ａ１橋台のゴム支承の軽微な変形



写真-9.145 Ｐ２橋脚への漂流物の衝突



写真-9.146 Ｐ１橋脚基部の津波による洗掘

9.4 液状化の影響による道路橋の被害

9.4.1 美浜大橋

美浜大橋は、千葉県千葉市花見川区・美浜区周辺を流れる花見川の河口部を渡河する市道の橋長 177.00m、幅員 17.50m の 3 径間の橋（非合成 3 径間連続鋼箱桁橋）であり、1985 年 9 月(S60)に竣工した（**表-9.17**、**写真-9.147**、**図-9.19**）。下部構造は、躯体がラーメン式橋台及びＲＣ橋張出し式橋脚、基礎は全て鋼管杭（φ1016）となっている。適用基準は、昭和 55 年道路橋示方書である。

写真-9.147 に、美浜大橋周辺の地盤・護岸の状況を示す。Ａ１橋台（左岸）側護岸には、遠目からにもそれと分かるような大きなひび割れが多数生じていた。また、(c)に示すように、周辺の地盤にもひび割れが確認され、かつ、液状化に伴う噴砂の跡が確認された。

写真-9.148 に右岸側のＡ２橋台およびその周辺の状況を示す。Ａ２橋台は、ボックスカルバートを有する構造となっていた。Ａ２橋台とその周辺地盤(直角方向に位置する地盤)の間には段差が見られた。(b)に示すように、橋台取付け盛土が橋台に対して約 20cm 程度沈下していることが確認された。(c)に示すように、カルバートとの取付け部においても段差が確認され、周辺地盤が沈下したものと考えられる。なお、橋台自体が沈下したか否かは、より詳細な調査結果が必要であるが、今回の調査で確認された橋台および周辺の状況からは橋台自体が沈下した形跡は見られなかった。また、橋台躯体と側面盛土の間には隙間は確認されなかった。(d)に示すように、支承は上沓・下沓をピンで結合した固定支承である。支承は 2 台あり、2 台とも同じ構造であった。上沓には桁のプレートと結合するためのボルトが前面側と背面側に 2 本ずつ取り付けられていたが、(e)に示すように、それぞれの支承の橋台前面のボルト 2 本とも（2 台の合計 4 本）に破断が、(f)に示すように橋台背面側のボルト 2 本とも（2 台の合計 4 本）に緩みが確認された。(d)、(g)に示すように、上沓と桁のプレートとの間には、背面側に開きが生じていた。

なお、カルバート内には若干のひび割れが確認されたが、ひび割れは比較的古いもののようであり、今回の地震によるものではない可能性がある。

写真-9.149 に左岸側橋台の状況を示す。右岸側のＡ２橋台と同様に、左岸側のＡ１橋台もボックスカルバートを有する構造である。(b)、(c)に示すように、下流側の橋台躯体とそで擁壁との間には、約 7cm の隙間、すなわち水平移動が確認された。躯体と擁壁にはタコの絵が描かれており、躯体と擁壁にまたがっている足の絵から、橋台躯体と擁壁との鉛直変位差は生じてないことが確認される。鉛直変位差が生じなかったことについては、橋台および擁壁が同程度沈下した可能性もあるが、後述するように橋台直上の路面、支承には大きな変状は確認されていないことから、橋台、擁壁ともに沈下しなかったのではないかと推測される。ただし、(b)に示すように、擁壁下方に地盤が沈下した形跡があることから、擁壁は沈下していないものの、地盤沈下は生じていることが確認された。詳細は、擁壁の基礎構造を確認した上で判断する必要があるが、液状化に伴って地盤の沈下が生じた一方、擁壁に対しては液状化に伴う沈下が生じなかったものと推測される。

一方、(d)に示すように、ボックスカルバートと通路部との接続部、側面盛土と橋台との間に約 30cm の鉛直変位差が生じている。上記の推測の通り、橋台自体が沈下していないとすると、通路部および護岸は約 30cm 沈下したことになる。 (e)、(f)に示すように、

橋台前面の護岸には約 70cm 沈下した形跡が確認された。また、(g)、(h)に示すように、橋台前面・側面と周辺の地盤との間には幅数 cm の隙間が生じていた。隙間は、目視で確認できないほど深くまで達していた。

(i)、(j)に示すように、床板裏面の一部にコンクリートが剥離した形跡が確認された。なお、落下していたコンクリート剥落片を確認したところ、その厚さは約 1cm 程度であった。

(k)に示すように、支承には橋軸方向のずれが生じており、桁とパラペットとの間にはほとんど隙間が無い状態であった。また、(l)に示すように、落橋防止装置のケーブル端部にゆるみが確認された。以上から、設計時に比べて橋台が前面に移動しているものと推察される。なお、本調査では基礎の状況は確認できなかったが、橋台に変位が生じているとすると、基礎にも何らかの変状が生じている可能性がある。

(m)に示すように、上流側では、橋台と擁壁の間には有意な隙間が生じておらず、橋台と擁壁の間に 7cm の隙間が生じた下流側とは状況が異なる。上流側と下流側でこのような違いが生じた理由は、現段階では不明である。この理由を解明するためには、擁壁直下の埋め立て地盤の状況(土層構成、改良の有無・程度・方法など)、周辺の地盤変位の方向や大きさを詳細に調査する必要があると考える。また、右岸側のＡ２橋台と同様に、ボックスカルバート内には、有害なひび割れ等は確認されなかった。

写真-9.150 にＡ１橋台における構造物と背面盛土の境界部付近と思われる路面の状況を示す。路面には、ボックスカルバートと背面土との境界位置、踏み掛け版の端部と思われる箇所に、大きなひび割れが生じていた。



(a) 上流・右岸側（Ａ２橋台側）より



(b) 拡大写真(橋脚)

写真-9.147 美浜大橋

表-9.17 橋梁諸元（美浜大橋）

橋　長	177.00m
上部構造	非合成 3 径間連続鋼箱桁橋
下部構造	ラーメン式橋台、張出し式橋脚
基礎形式	鋼管杭（φ1016)
架設年次	1985 年(S60)
管理者	千葉市

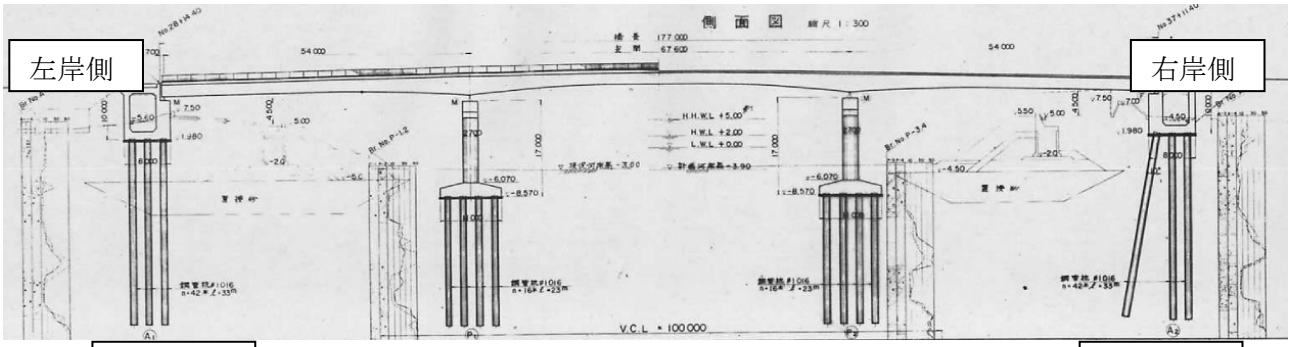


図-9.19　一般図(美浜大橋)



(a)　Ａ２橋台全景(河口側より撮影)

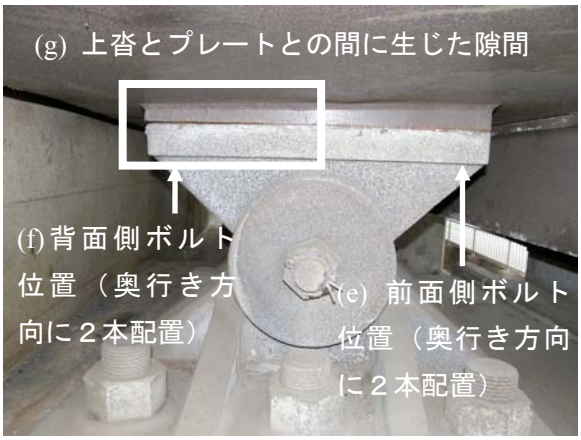


(b)　Ａ２橋台周辺地盤((a)の四角部位置)の沈下量(約 20cm)



(c)　橋台周辺地盤の沈下により生じた、橋台側面の段差((a)のコーン設置位置)

写真-9.148　Ａ２橋台（右岸側）の状況（１／２）



(d) Ａ２橋台の支承



(f) 支承部(背面側)のボルトのゆるみ



(e) 支承部(前面側)のボルト破断の状況



(g) 支承と桁のプレートとの間に生じた隙間

写真-9.148 Ａ２橋台（右岸側）の状況（２／２）



(a) Ａ１橋台全景(河口側より撮影)



(d) 橋台と橋台前面護岸、橋台と一般部の鉛直変位差(約 30cm)



(b) 橋台躯体とそで擁壁との間に生じた隙間



(e) 橋台壁および前面護岸の状況



(c) 橋台躯体とそで擁壁との間に生じた隙間
拡大写真(たこの足の部分の隙間：約 7cm)



(f) 護岸の沈下（約 70cm)

写真-9.149 Ａ１橋台（左岸側）の状況（１／２）



(g) 橋台前面・側面と周辺地盤の間に生じた隙間



(j) 床板裏側の剥離部拡大写真



(k) 可動支承に生じた変状



(h) (g)の四角囲み部拡大



(l) 落橋防止構造のケーブル端部のゆるみ



(i) 床板裏面にみられた剥離



(m) 上流側の橋台と擁壁の接合部

写真-9.149 Ａ１橋台（左岸側）の状況（２／２）

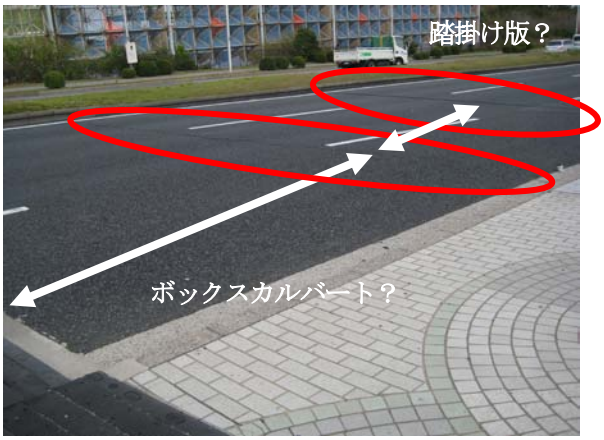


写真-9.150 Ａ１橋台（左岸側）背面の路面状況

9.4.2 江合橋

江合橋は、主要地方道古川佐沼線で、宮城県大崎市を流れる一級河川江合川を渡河する橋長 180.8m、幅員 14.3m の 3 径間連続鋼鈑桁 2 連橋であり、S56 年に竣工した(**表-9.18**、**図-9.20**、**写真-9.151**)。固定支承の位置は資料からは確認できなかったものの、基礎の条件（Ｐ１、Ｐ５は杭本数が多く斜杭を使用）及び現地での遠望目視から、Ｐ１橋脚及びＰ５橋脚が固定支承であることが考えられる。

表-9.18 橋梁諸元　（江合橋）

橋　長	180.8m　(2@90.4m)
上部構造	3 径間連続鋼鈑桁 2 連
下部構造	逆Ｔ式橋台、壁式橋脚(ＲＣ) ×5、逆Ｔ式橋台
基礎形式	鋼管杭
架設年次	1981 年(昭和 56 年)供用開始 (S47 道示※)
管理者	宮城県

※）橋歴板より

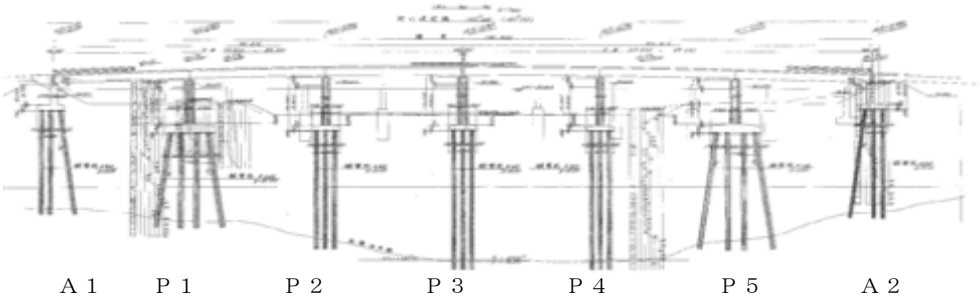


図-9.20 橋梁一般図（江合橋）



写真-9.151 橋梁全景(右岸Ａ１側より)

江合橋の左岸側の橋台(Ａ２)は 6 章に示した江合川左岸 27.4k+60～27.8k(渕尻地先上流)の区間内に位置し、堤防が液状化による大きな被害を受けている。右岸側は堤防道路

が調査時点（4 月 7 日）ではまだ通行止めとなっており、また、左岸側は既に復旧工事が実施されていた（**写真-9.152**、**写真-9.153**）。両橋台の前面地盤は、液状化による影響か、大きく乱れた形跡が残っていた（**写真-9.154**）。

橋台背面では、50-80cm と盛土が大きく沈下していた（**写真-9.155**、**写真-9.156**）。なお、盛土高は 4.5m 程度である。アプローチ部の道路にもゆがみや補修痕がみられた。



写真-9.152 右岸（江合橋Ａ１下流側）の堤体状況：堤体上の道路は通行止めとなっている。



写真-9.153 左岸（江合橋Ａ２下流側）の堤体状況：液状化により大きく損壊。既に復旧工事が実施されていた。



写真-9.154 Ａ１橋台前面の地盤状況：液状化の影響か、地盤の乱れがみられる。



写真-9.155 橋台背面段差(右岸Ａ１側)



写真-9.156 橋台背面段差(左岸Ａ２側)

Ａ１橋台及び桁端部にはいくつかの変状が確認された（**写真-9.157**）。桁端部のつまりが生じ、可動支承サイドブロックとの遊間がない状況となっている（**写真-9.159**）。桁の上部と下部では、パラペットとの間のつまり具合に差があり（上側で約 7cm、下側で約 3cm、間隔（桁高）は約 160cm）、桁もしくは橋台に若干の回転が生じているとみられる。桁端部には桁とパラペットの連結構造を有しているが、上側ボルトの抜け出し、パラペット側接合構造の上下間での開きの差（回転）、取り付け部パラペットのひび割れ等が確認された（**写真-9.158**）。一旦桁端部のつまりや回転が生じた後、ゆるみ（戻り）が生じた可能性がある。橋座部には、支承の後ろ側から側面に連続するひび割れが見られた(**写真-9.160**)。ひび割れ幅は約 10mm と大きく、数 mm の段差（前側が低い）も生じている。内側の支承は著しい腐食と破損が生じており、擦過痕や塗膜剥がれの状況から、一部の損壊は新しいものと推定される（**写真-9.161**）。桁下にある添架物も桁端で折損が生じているが、埃等の状況から、以前からある程度の折れ曲がりが生じており、最近受けた振動ないし移動により、新たな損傷が生じたものとみられる（**写真-9.162**）。橋台コンクリートには、モルタルでの補修痕らしきものがみられ、その他の形跡からも、以前よりある程度の移動や損傷が生じていたことが伺われる。

なお、桁端部の鋼材は腐食が著しい状況となっている（**写真-9.163**)。



写真-9.157 Ａ１橋台、桁端部の状況：桁端部のつまり（回転）、橋座部のひび割れ等が発生

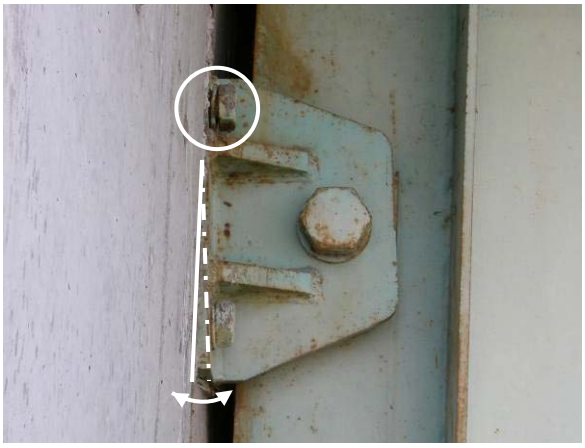


写真-9.158 Ａ１橋台、桁と橋台の連結構造：ｱﾝｶｰﾎﾞﾙﾄが抜出し、下側に開き(左を拡大)



写真-9.159 Ａ１橋台下流側（Ｇ５桁）支承：ｻｲﾄﾞﾌﾞﾛｯｸの遊間なし



写真-9.160 Ａ１橋台下流側橋座部（**写真-9.157** の拡大）：Ｇ５桁支承の後ろから側面にかけて 10mm のひび割れ、数 mm の段差（前側が低い）。既往の補修モルタル痕もみられる。



写真-9.161 Ａ１橋台内桁（Ｇ２）支承：著しい腐食と破損。擦過痕や塗膜剥がれから、一部の損壊は新しいものと推定。



写真-9.162 添架物の損傷：桁端部で添架物が折損。以前からの損傷と最近出来た損傷が確認される。



写真-9.163 主桁と横鋼接合部の腐食状況

橋脚では、基部での地盤とのすき間が生じていたものの、躯体に特段の損傷は確認されなかった(**写真-9.164**、**写真-9.165**)。橋脚上の支承については、外桁部の支承等を遠望目視で確認したが、大きな変状は確認されなかった（**写真-9.166**）。

上部構造の中間部について路面から確認したが、特段の変状は確認されなかった。中央部桁間の伸縮装置についても特に損傷はみられず、伸縮部隙間の堆積物がわずかに盛り上がっており、遊間が若干詰まったことが伺える（**写真-9.167**）。



写真-9.164 Ｐ２橋脚(Ａ１側から撮影)



写真-9.165 Ｐ２橋脚基部



写真-9.166 Ｐ１橋脚Ｇ１桁支承：固定支承とみられるが、大きな変状はない



写真-9.167 伸縮装置路肩部（Ｐ３）

Ａ２橋台側でもいくつかの変状がみられた。桁端部とパラペットには、Ａ１と異なり、回転が生じたと伺わせる桁上下間のすき間の明らかな違いはみられなかったが（**写真-9.168**）、簡易な測定器でパラペット前面の傾斜を測定したところ、1°弱程度の後方への傾きが確認された。パラペット前面には、支承、連結構造等の周辺にコンクリートが剥がれるような損傷が発生している一方、橋座部ではＡ１と同様に支承の後ろ側から橋台側面に伸びる 10mm 程度の大きなひび割れが生じていた（**写真-9.169**）。支承ではＡ１と異なり、サイドブロック前側との間に 1cm 程度のすき間が生じていた（**写真-9.170**）。また、Ｇ１桁端部には、以前に生じたとみられる変形が確認されたが、現在はパラペットとの間にすき間が空いている（**写真-9.171**）。Ａ２橋台周辺の堤防盛土及び側道舗装は修復された状況が確認された（**写真-9.153**）。今回の地震との関係は不明であるが、一旦は桁端がつまりパラペットと桁端下側が接触していたものの、その後すき間が広がるという履歴を受けたものと考えられる。



写真-9.168 Ａ２橋台の状況



写真-9.169 Ａ２橋台パラペット前面及び橋座部のひび割れ等



写真-9.170 Ａ２橋台支承の状況：前側サイドブロックとの間にすき間がある



写真-9.171 Ａ２橋台上Ｇ１桁端部の変形

9.5 まとめ

本報告では、東北地方太平洋沖地震による道路橋の被災状況について、地震動による影響、津波による影響、液状化による影響の観点から特徴的な被害を取り上げ報告した。以下には、それぞれの観点に対するまとめを示す。

(1)地震動の影響

地震動による道路橋の被害は、これまでの大規模な地震における被害と概ね同様な形態であった。すなわち、昭和55年よりも古い基準で設計され、耐震補強がなされていない道路橋に比較的大きな被害が生じた。これらの被害の形態としては、以下が挙げられる。

・ＲＣ橋脚の軸方向鉄筋段落し部の損傷
・軸方向鉄筋量の少ないＲＣ下部構造の躯体の損傷
・支承本体の破損
・支承取付周辺部位の損傷
・鋼上部構造の横構や弦材の損傷

また、パイルベント式橋脚を有する橋の落橋も生じた。

一方、兵庫県南部地震以降の基準に基づいて設計された橋や耐震補強された橋では、致命的な被害に至った事例はなく、橋の性能という観点からも損傷は限定的なものであった。ただし、ゴム支承が破断した事例が確認された。

また、現行基準によって設計された橋も含め、橋台背面土の沈下が主たる要因となって橋が通行止めとなった事例も多く見られた。

なお、今回の地震の特徴の一つとして、大規模な余震が繰り返し生じていることが挙げられ、また、震源域も広いことから、場所によっては余震の震央位置との関係から本震よりも余震の方が橋にとって影響のある地震動となったと考えられる被害事例も確認された。

(2)津波の影響

今回の地震では、東北地方から関東地方にかけての太平洋沿岸部において津波の影響を受けたが、その地域に架かっていた道路橋も津波により流出する等の被害が生じた。主として国道45号における津波の影響を受けた道路橋の調査により、主たる被災形態としては以下が確認された。

・下部構造が流出
・上部構造が流出
・橋台背面土が流出
・橋脚周辺や基礎の洗掘

これら以外では、道路橋は流出を免れたが側道橋（歩道橋）が流出したケースが数橋で見られた。また、構造部位や橋台背面土の流出以外にも、基礎周辺が洗掘され杭頭部が露出するような状況も確認された。

一方で、上部構造まで津波が達したものの、橋本体には目立った被害がみられないものや橋台背面土の崩壊や流出を免れた橋も多くあることも確認された。

(3)液状化の影響

今回の地震では、東北地方および関東地方の広域にわたって液状化が発生したが、そのうち、河川堤防、下水道施設、建物への液状化被害が報告されている宮城県の江合川周辺、鳴瀬川周辺、千葉県千葉市、浦安市の橋を中心に調査を行った。現地調査を行った時点では、地盤の液状化の橋への影響としては、周辺地盤の沈下による橋台取付部で最大80 cm程度の段差の発生、橋台の橋げた側への移動による固定支承部の取付ボルトの破断、橋台のひび割れや遊間のつまりなどが確認された。

本報では、著者らが調査した範囲内での被害状況とその特徴を整理したが、被害が非常に広範囲であることから、引き続き必要な被災調査を行うとともに、耐震補強された道路橋では地震動による大きな被害が生じていない点も含めて、その全容を的確に把握し、今後の対策を検討する上での重要な基礎資料としていくことが必要と考えている。

10. 道路土工・斜面

10.1 概　要

東北地方太平洋沖地震を受けて道路土工・斜面における被災状況の調査を実施した概要を報告する。今回の地震では広範囲で大きな揺れが観測されたことから、2011年3月13日、16日、23日、25日、4月18～22日、6月3日、8～10日、15日に調査を実施している。被災誘因は主に3月11日の本震および4月11日をはじめとする余震による地震動によるものと、津波に起因するものに分類される。**図-10.1**は、道路土工・斜面における被災調査範囲および主な被災箇所を示したものである。主な被害としては、軟弱地盤上の盛土の崩壊、地山の緩んだ斜面の崩壊、新第三紀岩の斜面における地すべり、道路に隣接する谷埋め盛土の崩壊による道路閉塞、津波による盛土の流出、のり面浸食および斜面対策工の損傷であった。また、橋梁やカルバート等の構造物接続部の段差が顕著であった。以下、これらの概要について示す。

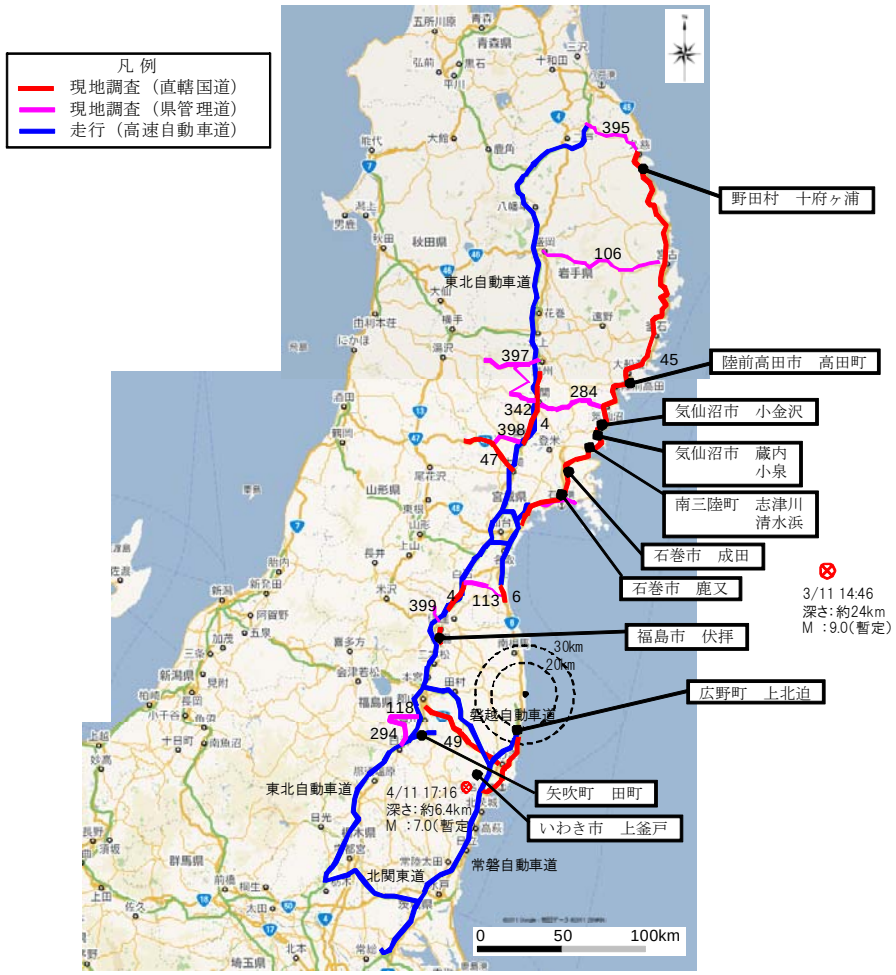


図-10.1 平成 23 年（2011 年）東北地方太平洋沖地震における
道路土工・斜面分野の被災状況調査範囲および主な被災箇所

10.2 地震動による被害

10.2.1 造成地（谷埋め盛土）の崩壊による道路の閉塞（国道4号線：福島県福島市伏拝）

3月11日の地震に起因して、国道に隣接する谷を埋めた宅地盛土の崩壊により、宅地盛土のり面面の下方を通る国道を閉塞した。崩壊した宅地盛土は丘陵地におよそ40年前に谷地形を埋めて造成されたものである。崩壊土砂は、宅地造成時に地山を掘削した際の発生土と思われる火山砕屑物が主体の粘性土で、崩壊土砂量はおよそ11,000m^{3}であった。崩壊



写真-10.1 国道に隣接する宅地の谷埋め盛土の崩壊（全景）

面や崩土からは湧水が見られ，被災の要因は地山からの浸透水等により常時盛土内に水が存在したことであると推定される。

また，当該箇所から数十メートル程度起点側の国道の盛土のり面においても、盛土のり面のすべり破壊が見られた。当該区間は前述の宅地盛土と同じ沢部の末端部を埋めた盛土であり，被災の要因は前述の宅地盛土と同様に地山からの浸透水等により常時盛土内に水が存在したことであると推定される。



写真-10.2 崩壊上部の状況



写真-10.3 崩壊頭部の状況



写真-10.4 崩壊中央部の状況



写真-10.5 道路を閉塞した崩土

（写真提供：福島河川国道事務所）

10.2.2 軟弱地盤上の盛土の被災

（1）盛土および補強土壁の変状（あぶくま高原道：福島県矢吹町田上）

被災箇所は、N値3程度、厚さ10 m程度の粘性土からなる軟弱地盤上の盛土および補強土壁である。上り線側が暫定の盛りこぼしで，下り線側が補強土壁（テールアルメ）である。本線車道部の地盤は機械式攪拌工法ないしペーパードレーン工法がなされていた。しかしながら、橋台盛りこぼし部の地盤は改良が不足していたため、橋台盛りこぼし部において盛土の沈下およびのり面のはらみだしが発生した。上り線側の路肩では、橋台より前後約30 mの区間で50cm程度沈下し、路面に最大30 cm程度のクラックが道路縦断方向に数列現れた。一方で、補強土壁区間がある下り線の路面の変状は比較的軽微であった。また、橋台本体には顕著な沈下や変位はみられない。

補強土壁は橋台アバット部に対して内側に変位していた。補強土壁の低い位置ほど内側への変位が大きくなっており、アバット部との間を接続しているH鋼のところに隙間ができ、パネル背面から土砂の少量のこぼれだしがある。補強土壁がアバット部に対して外側ではなく内側方向へ変位している理由として、補強土壁の下の部分が反対側上り車線側の沈下およびのり面のはらみだしの影響で引き込まれているものと推察される。



写真-10.6 盛土のすべり



写真-10.7 盛土のすべりによる路面の亀裂



写真-10.8 補強土壁の変状

（2）軟弱な基盤部を含む腹付け盛土の被災（国道6号線：福島県広野町上北迫）

現地は、沼地のある公園沿いの国道であり，沼地に接する基礎地盤とともに盛土が延長約70mに渡り崩壊した。盛土高は10m～15m程度である。被災箇所は、過去航空写真から推察すると、元は沼地脇の丘陵部を切土してその前後の小規模な沢を埋めた箇所に構築した対面２車線のコンクリート舗装の道路で、道路拡幅の際に沼地側ののり面に腹付けした盛土部と推察される。また，終点側の元地形は沢地形となっており，一部沢を埋めた盛土となっていると推察される。沼に接する盛土の基盤部は，沼の縁に設けられた柵の移動量から推定すると約20m側方に流動した。腹付け部の盛土部は，上り線側の2車線を含んで崩落した。被災箇所の災害前日までの3月の累積降水量は20mmであり、事前降雨の影響はほとんどなかったと考えられる。また，盛土内には地下排水，のり尻にふとんかごが設置されており，盛土内の排水対策は行われていたようである。ただし、調査時の崩壊箇所ののり尻部の側面の状況を見ると、盛土内は乾燥しているが，ふとんかごが設置してある盛土部のり尻以深はかなり湿っており、調査前日までの2週間の降水量は約10mm程度であったことからも、盛土の基礎地盤部の水位は常時高かったものと推察される。以上から、3月



写真-10.9 崩壊箇所（全景）

11日の本震により、沼地に接する基礎地盤がすべり，それに伴い腹付け拡幅した盛土部が崩壊したものと考えられる。

応急復旧として，センターラインに矢板打設及び大型土のう設置による被害拡大防止策がとられ，２車線が確保された。



写真-10.10 末端部の状況



写真-10.11 末端内の状況

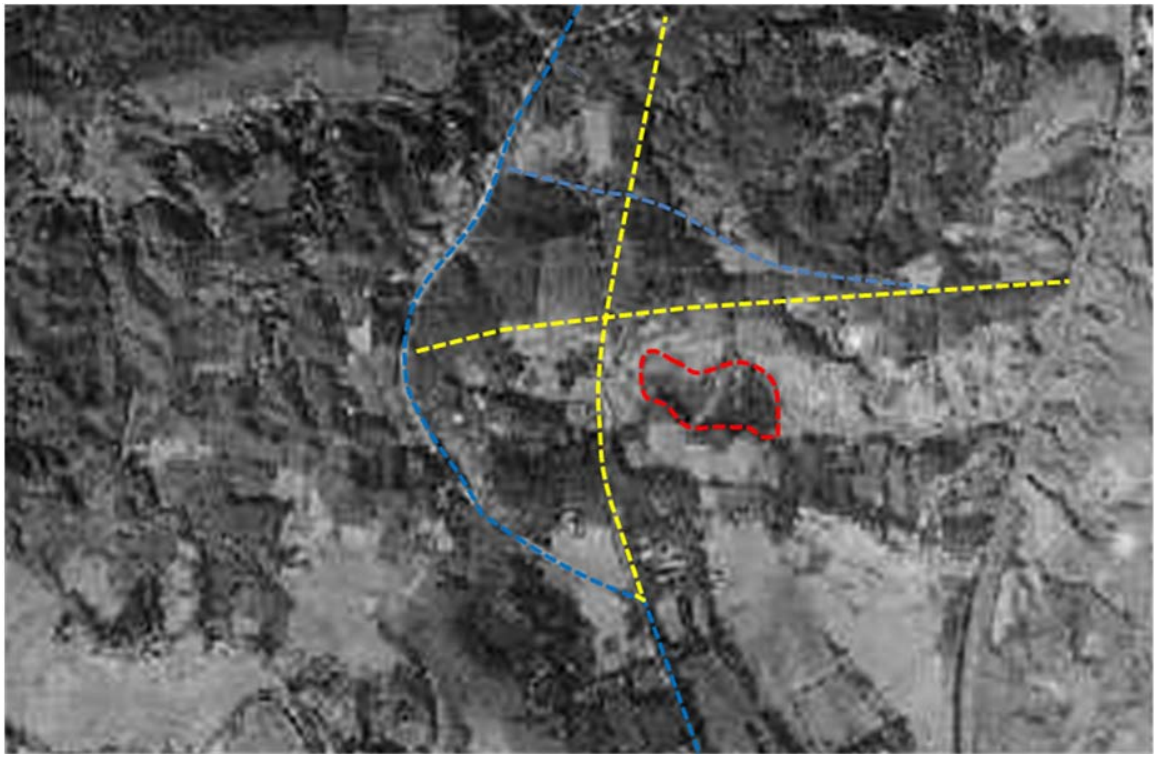


写真-10.12 現地空中写真（1947 年：道路整備前）

（出典：国土地理院空中写真 1947 年米軍撮影）



写真-10.13 現地空中写真（1975 年：道路拡幅・整備前）



写真-10.14 現地空中写真（2003 年：道路拡幅整備後）

（出典：Google 衛星写真 2003 年撮影）



写真-10.15 現地空中写真（2011 年 3 月 18 日：被災後）

（出典：Google 衛星写真 2011 年 3 月 18 日撮影）



写真-10.16 移動した沼の縁の柵



写真-10.17 崩壊後の沼の状況
破線：移動した沼の縁の柵
破線囲み内：沼の水中の影の状況から、
底泥の盛り上りと推察される
（出典：Google 衛星写真 2011 年 3 月 16 日撮影）



写真-10.18 崩落した路面部の状況



写真-10.19 旧コンクリート舗装盤境
（拡幅盛土部が大きく崩落）



写真-10.20 切土部の舗装盤下の基岩
（盛土部の喪失により切盛り境で旧コンクリート舗装盤が破断している）



写真-10.21 崩壊下部の側方の状況
（公園内の周囲ののり尻部がふとんかごで補強されている）



写真-10.22 のり尻下部のしみだし
（ふとんかご設置位置を境にしみだしが確認される）



写真-10.23 のり尻下部の公園内の整地箇所の被災状況
（砕石およびポリエチレン管による排水工が確認される）

(3)軟弱な基盤部での拡幅道路のすり付け盛土の被災（国道45線：宮城県石巻市鹿又）

現地は、右折レーンを設けるために拡幅した道路へのすり付け部である。3月11日の本震に伴い、すり付け部で立ち上げた盛土部が変状した。基礎地盤が軟弱であるため道路拡幅部は既設盛土のり面上にEPSによる軽量盛土により構築されている。被災箇所は拡幅部のすり付け区間であり，EPS盛土の基礎となっている盛土のり面がEPS盛土を含めてすべりが崩壊した。盛土の崩壊に伴い，盛土のり尻部の水路の側壁を押し倒した。盛土前面の民地部のブロック塀や周辺地盤部には目立った変状は認められない。崩壊した区間の前後を含めて盛土の全体的な沈下に伴い路面全体に沈下が見られる。起点側の未崩落部のEPSは支柱部を含めて前面に変位するとともに，EPS基礎地盤及び背面土となっている盛土部の沈下に伴いEPS自体は背面側に傾斜している。崩壊部と反対車線側ののり尻部には，腰留め擁壁の傾斜，民地の土間コンクリートにクラック，水平変位が見られた。以上のような状況から，軟弱地盤上に構築された盛土のり面上にEPS盛土によりの拡幅を行った箇所において，EPS基礎となる盛土部において変状が生じたものと考えられる。崩壊箇所の周辺地盤に目立った変状は認められないことから，主たる変状は軟弱地盤上の盛土部で生じたものと推察される。ただし，反対車線側の民地には変状が見られることから盛土基礎地盤の変状の可能性もあり，今後詳細な地盤調査が必要である。



写真-10.24 現地空中写真（2002 年 2 月 27 日：拡幅前）

（出典：Google 衛星写真 2002 年 4 月 27 日撮影）



写真-10.25 現地空中写真（2003 年 3 月 22 日：拡幅後）

（出典：Google 衛星写真 2003 年 2 月 22 日撮影）



写真-10.26 現地空中写真（2011 年 3 月 14 日：被災後）

（出典：Google 衛星写真 2011 年 3 月 14 日撮影）



写真-10.27 現地空中写真（2011 年 3 月 30 日：応急復旧後）

（出典：Google 衛星写真 2011 年 3 月 30 日撮影）



写真-10.28 被災箇所の状況（全景）
（EPS の側壁パネルの柱が 2 本残されているが、前傾が見られる。



写真-10.29 のり尻部の状況
（近傍の家屋には変状は見られない）



写真-10.30 側溝側壁の転倒
（変状に伴い側溝が押され、盛土側の側壁が転倒しているが、前面のブロック壁には特に変状は見られない）



写真-10.31 EPS 部の状況（支柱は前面に傾斜するとともに，EPS 自体は盛土の沈下に伴い後方に傾斜している）

10.2.3 国道沿いのゆるみ斜面の崩壊（国道45号線：宮城県石巻市成田）

斜面の崩壊は3月11日の本震に起因して発生し、本震から約3日後に再び崩れた。崩壊土量は不明である。斜面の地質は三畳紀の粘板岩で、空中写真判読結果とボーリング調査結果から地山の深い範囲でゆるんでいることが推定される。



写真-10.32 斜面崩壊による国道の閉塞（全景）
破線：崩壊範囲、点線：上部斜面に生じた滑落崖
（写真提供：仙台河川国道事務所）



写真-10.33 本震から 10 時間後の状況
（写真提供：仙台河川国道事務所）



写真-10.34 本震から約 3 日後の状況
（写真提供：仙台河川国道事務所）



写真-10.35 上部斜面に生じた滑落崖
（矢印間）



写真-10.36 斜面内に生じた亀裂
（矢印の部分）



写真-10.37 左側部末端の状況



写真-10.38 崩壊斜面上方のボーリングコアの状況

0～12m：強風化し黄色～褐色を呈する。多数の亀裂とそれらを充填する粘土が観察される。

12m 以深：相対的に硬くなり、黒～灰色を呈する部分が増える。依然として多数の亀裂およびそれらを充填する粘土が観察される。

（写真提供：仙台河川国道事務所）



写真-10.39 崩壊斜面周辺の空中写真判読図　（写真：国土地理院）

6.2.4 地滑りによる県道の被災（県道いわき石川線：福島県いわき市上釜戸）

4月11日の余震に起因して、地すべりが発生し県道を閉鎖した。崩壊土量は不明である。地質は、新第三紀の凝灰質堆積岩である。地すべりのつま先にはグラウンドアンカー工を施した切土のり面があり、地すべりによって損傷した。

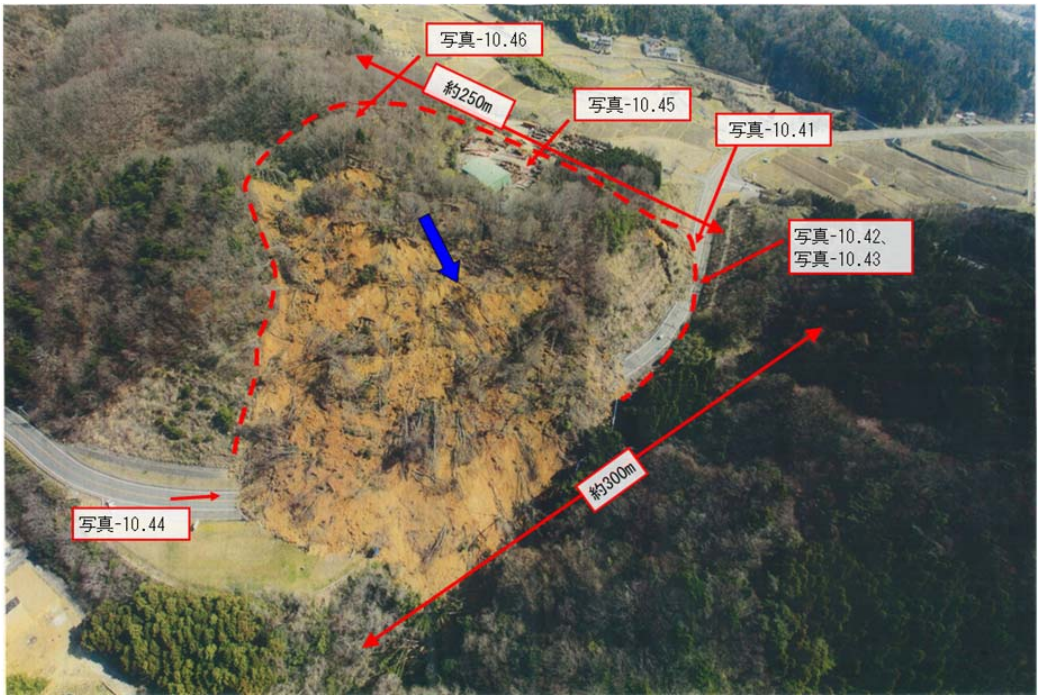


写真-10.40 地すべりによる県道の被災状況（全景）
破線：地すべりの範囲、太矢印：地すべりの概略の移動方向
（写真提供：福島県）



写真-10.41 左側部末端の状況



写真-10.42 末端部の路面の隆起



写真-10.43 被災したグラウンド
アンカー工



写真-10.44 右側部末端の状況



写真-10.45 地すべり地内の亀裂・段差



写真-10.46 地すべり頭部の陥没帯

10.3 津波による被害

10.3.1 のり面保護工の被害

3 月 11 日に発生した地震および津波に対して、ほとんどののり面保護工での損傷は確認されなかったが、津波による若干の損傷が見られた。一つは、のり枠工（プレキャストコンクリートのり枠工および吹付けのり枠工）の損傷、もう一つは津波によるモルタル吹付け工のはく離である。

（1）プレキャストコンクリートのり枠工（国道45号線：岩手県野田村十府ヶ浦）

プレキャストコンクリートのり枠工の内側のぐり石とのり枠背面の土が流出し、のり枠の一部も流されていた。津波はのり枠工上部まで達しており、流失したのり枠は引き波により背面土砂ごとさらわれたものと推察される。



写真-10.47 プレキャストのり枠の被災箇所



写真-10.49 のり枠背後の土砂流出による隙間



写真-10.48 プレキャストのり枠の被災状況
（のり枠の一部・枠内のぐり石が流失）

（2）吹付けのり枠工（国道45号線：岩手県野田村十府ヶ浦）

吹付けのり枠工の内側の密閉用の吹付けモルタルと背面の土砂が流出した。のり枠内の吹付けモルタルの厚さは数センチ程度で、津波の衝撃で金網（ラス）ごと破壊され、背面土砂とともに流失したものと推察される。のり枠自体は地震動によるものと思われる座屈による損傷が確認された。



写真-10.50 吹付けのり枠工の被災箇所（全景）

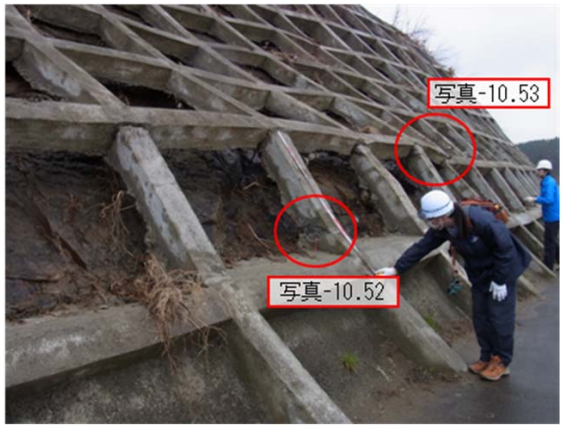


写真-10.51 のり枠の損傷箇所（内部の吹付けモルタルは、一部残ったがほとんど部分で金網ごと流亡した）



写真-10.52 のり枠下部の損傷（金網型枠内のモルタルも破砕）



写真-10.53 のり枠の交差部の損傷（金網型枠が破断し補強筋と枠も分離）

（3）モルタル吹付け工（国道45号線：宮城県気仙沼市蔵内、宮城県気仙沼市小泉）

津波による吹付けモルタルの流失が数箇所で確認された。これらの箇所は、いずれの箇所も津波が吹付け上端部を越えていた。背面の地山に崩壊跡は見られず、津波の衝撃により吹付けモルタルの一部が損傷し、引き波により流失したものと推察される。



（a）仙沼市蔵内



（b）気仙沼市小泉



（c）気仙沼市小泉

写真-10.54 吹付けモルタルの流失跡

10.3.2 盛土および擁壁の被害（国道45号線：気仙沼市、陸前高田市、南三陸町）

3 月 11 日の本震後に発生した津波に起因し、大規模な盛土の損傷が発生した。特に，構造物取付部等で多くの盛土が流出した。

擁壁については擁壁背面の盛土が津波により崩壊し、それに伴い一部擁壁も被災したケースがみられた。また，引き波によると考えられる，擁壁基礎地盤の洗掘により擁壁が倒壊し，道路が流出した事例も見られた。



写真-10.55 津波による盛土の被災
（気仙沼市小金沢）



写真-10.56 津波による盛土の被災
（気仙沼市小金沢）



写真-10.57 津波により橋梁上部工とともに橋台背面盛土が流出
（陸前高田市高田町　沼田跨線橋）



写真-10.58 切土のり面のブロック積擁壁
（南三陸町志津川）
（津波が擁壁の上端を越えたが、擁壁には被災がなかった）



写真-10.59 盛土側面のブロック積擁壁
（南三陸町上大坊）
（津波が道路面（盛土上面）を越えたが、擁壁には被災がなかった。）



写真-10.60 L 型擁壁の倒壊
（大槌町浪板吉里吉里）
（津波が L 型擁壁の上端を越え、擁壁が倒壊した）



写真-10.61 擁壁の倒壊
（山田町山田）
（津波が擁壁の上端を越え、擁壁が倒壊した）

10.4 まとめ

これまでの調査範囲においては、今回の東北地方太平洋沖地震による道路土工・斜面関係での主な被害としては、軟弱地盤上の盛土の崩壊、地山の緩んだ斜面の崩壊、新第三紀岩の斜面における地すべり、道路に隣接する谷埋め盛土の崩壊による道路閉塞、津波による盛土の流出、のり面浸食および斜面対策工の損傷であった。

斜面関係では、地すべりや斜面崩壊による道路の閉塞が数カ所で確認されたが、中越地震、岩手宮城内陸地震等の過去の直下型地震で見られた大規模な斜面災害はあまり見られなかった。

道路土工関係では、最も大きな被害は津波による被害であり，構造物取付部等で多くの盛土が流出した。地震動による被害としては，宅地盛土の崩壊に伴う道路閉塞や軟弱地盤上の腹付け盛土での被災に見られたように、谷埋め部、切盛り境や腹付け盛土等では、現地条件によっては大規模な崩壊に至ることは今回の地震でも確認された。特に，基礎地盤が軟弱でのり尻近傍が水辺になっている箇所では、大規模な崩壊に至った事例がみられ，被災原因等について今後詳細な調査が必要である。

謝　　辞

平成23年東北地方太平洋沖地震の調査に当たって、国土交通本省、同東北地方整備局、同関東地方整備局、東日本高速道路株式会社、青森県、岩手県、宮城県、福島県、山形県、茨城県、千葉県、いわき市、浦安市、千葉市及び北上市を始めとする関係諸機関には、災害対応でご多忙の中にもかかわらず、多大なご協力をいただいた。

また、「２．地形・地質」に関し、いわき市役所には地表変位に関する情報をご提供頂いた。さらに、地震活動のデータは気象庁・文部科学省が協力してデータを処理した気象庁一元化震源情報を利用した。

「４．土砂災害」に関し、気象庁の推計震度分布図、（独）防災科学技術研究所K-netの加速度データ、およびGoogle社のGoogle Earthを使用させていただいた。また、衛星画像を用いた崩壊地判読では（社）日本地すべり学会のご協力をいただいた。

「５．津波と海岸施設」に関し、土木研究センターなぎさ総合研究室からは被災状況写真・レポートを提供いただいた。

「６．河川施設」に関し、高橋章浩東京工業大学大学院准教授には、江合川の堤防の被災状況に関する写真をご提供いただいた。

「９．道路橋」に関し、橋の設計図書や初動調査結果に関するデータをご提供いただいた。

以上、ここに記して深甚なる謝意を表する。

国土技術政策総合研究所資料

TECHNICAL NOTE of NILIM, No.646

土 木 研 究 所 資 料

TECHNICAL NOTE of PWRI, No.4202

July 2011

編集・発行 ©国土技術政策総合研究所

©独立行政法人土木研究所

本資料の転載・複写の問い合わせは

国土技術政策総合研究所 企画部 研究評価・推進課

〒305-0804 茨城県つくば市旭1番地 TEL 029-864-2675

独立行政法人 土木研究所 企画部 業務課

〒305-8516 茨城県つくば市南原 1-6 TEL 029-879-6754