

3.4 調査研究

3.4.1 今後の復興に向けた研究活動の方向

東日本大震災の発生以降、国総研が国土交通省関係部局、地方整備局等への技術的支援を進めていく中で、震災による痛手を教訓としつつ、想定外の様々な自然災害により国土に生じる課題を中長期的な視点で俯瞰し、必要となる検討を先取りして進めることも、研究機関として重要な責務であると認識したところである。さらに、高齢化・人口減少等の社会変化を見据えつつ、従来の想定を超える自然災害により生じ得る課題を様々な分野・視点から見渡すことで、自然災害に対する国土のあるべき将来像を考察し、取り組むべき課題の明確化や課題解決の方向性を検討することが不可欠であるとの認識に立った。

このため、国総研の幹部及び関連分野の研究部長関係室長等で構成する「危機管理勉強会」を平成23年10月14日に発足し、様々な分野の専門的知見を結集し、従来の想定を超える自然災害に対する国総研としての課題認識や課題解決の方向性等を議論することとした。危機管理勉強会の発足時に、主な議論の対象とした議題は次の通り。

- (1) 東日本大震災で浮き彫りとなった課題
- (2) 従来の想定を超える様々な自然災害に対して取り組むべき課題
- (3) 課題解決の方向性

11月14日の第2回の勉強会においても、引き続き、上記3議題を中心に議論を行なわれた。その結果、「限界性能を超える想定外の外力への備え」が、特に今後の調査研究では重要となり、このため、

- ① 「人命を守る」ための非難・ソフト面でレベルアップすべき事項
- ② 施設の機能確保、早期回復のために、適用可能な技術、様々な案選択肢・アイデアの結集
- ③ 災害後の生活再建・支援のためのソフト面の備え
- ④ 想定外の枠を広げるために、「外力に対する施設の要求性能と限界性能、許容リスクの考え方」「計画論的視点」「分野横断的な視点」での検討

などの検討が求められることを確認した。

また、これらの危機管理勉強会での議論を、各研究部等で实际的、具体的に対応している事項、問題意識、研究への着手・遂行、更なる連携の可能性を探るため実務的なレベルでの勉強会として、『危機管理勉強会WG』を24年3月30日発足した。

同WGでは、「想定外の外力とその評価についての各災害における検討状況等の情報共有」、「危機管理という観点で、各分野で取り組まれている状況、成果等の共有と議論」などを行うこととし、第2回が6月13日に、第3回が9月20日に、開催された。

これらの危機管理勉強会における包括的な議論と並行し、具体的な研究プロジェクトとして、大震災を踏まえて新たに開始した代表的な調査・研究について、「3.4.2 津波からの多重防御・減災システムに関する研究」、「3.4.3 沿岸都市における防災構造化支援技術に関する研究」、「3.4.4 超過外力と複合的自然災害に対する危機管理に関する研究」について、それぞれの研究の方向性を記すとともに、防災や復興事業に関連し、開始されたIT・情報分野における個別研究の今後の研究活動の方向等については、3.4.5として取りまとめ報告する。

3.4.2 津波からの多重防御・減災システムに関する研究（平成23～26年度）

(1) はじめに

平成23年3月11日に発生した東日本大震災では、海岸保全施設の設計外力を大きく上回る500～1,000年に1回といわれる大津波災害により、死者・行方不明者あわせて1万9,000人近い人的被害が発生した。

この大津波災害を踏まえた復旧・復興の方針として、レベル1津波（津波防護レベル）、レベル2津波（津波減災レベル）の2段階の外力を設定し、比較的頻度の高いレベル1津波に対しては海岸保全施設により人命・資産を防護し、それを遙かに上回るレベル2津波に対しては避難を軸とする多重防御により人命を守る減災の方向性が提案された。中央防災会議「東北地方太平洋沖地震を教訓とした地震・津波対策に関する専門調査会」報告では、レベル2津波を最大クラスの津波、レベル1津波を発生頻度の高い津波としている。

本プロジェクト研究は、以下の①から⑤の調査研究で構成される（図-3.4.2.1）。①東日本大震災の被害実態調査から津波対策の教訓、津波災害についての新たな知見の整理、②既往の津波痕跡データの整理・津波浸水シミュレーション等によるレベル1津波、レベル2津波の設定手法の整理、③粘り強く効果を発揮する海岸堤防の構造上の工夫、津波の河川遡上を考慮した河川計画立案手法に関する検討、④陸地における津波ハザード評価・氾濫流制御等に関する研究、⑤避難・危機管理支援、土地利用等による安全性向上・減災方策に関する研究。

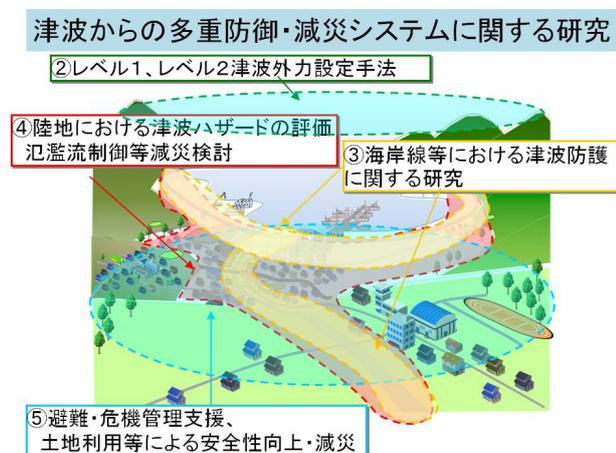


図-3.4.2.1 研究の内容

研究成果は、東日本大震災からの復旧・復興を支えるとともに、西日本太平洋沿岸をはじめ今後津波の発生が懸念される地域の津波対策に反映することを目指している。

(2) 復旧・復興への支援

本研究は、東日本大震災からの復旧・復興支援を目的の一つとしていることから、急がれる調査内容については順次研究成果を挙げ、施策に反映している。主な研究成果を紹介する。

1) 設計津波の水位設定法

3.3.5(1)を参照されたい。

2) 津波浸水シミュレーションの手引き

3.3.5(6)を参照されたい。これにより、迅速かつ適切な津波浸水シミュレーションが実施できるとともに、検討実施者による手法や条件設定の違いが生じないようにできる。

3) 津波避難ビルの構造上の要件に関する暫定基準

3.3.9.5(3)を参照されたい。なお、この検討過程では、地震動による被害分析と異なり、被害建築物ごとに津波により生じていた外力を推定することが必要となったが、現地調査のみでは当該外力の推定に必要な情報が十分に確認できなかった面もあり、国総研内でも河川研究部と建築研究部等が連携し検討を行った。

4) 海岸堤防の粘り強い構造

3.3.5(2)、3.3.5(3)を参照されたい。

(3) 津波防災地域づくり及び関連研究

平成23年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震に伴う津波から、「災害には上限がない」という教訓を得た。このような大規模な津波に備えていくためには、なんとしても人命を守るため、ハードとソフトの施策を総動員した「多重防御」による津波防災地域づくりを進めていく必要がある。

津波防災地域づくりは、被災地の復興においてはもちろん、全国においても推進することが求められている。このため、「津波防災地域づくりに関する法律（平成23年法律第123号）」が平成23年12月に定められた¹⁾。

本プロジェクト研究の成果は、これを支える技術となるものであり、関連の基準等に反映されていくこ

となる。津波防災地域づくりの内容とそれを支える主要な技術の関係を図-3.4.2.2に示す。以下に、現在までに反映された成果を示す。

て」⁴⁾に反映された。

1) 津波浸水想定の設定の手引き

都道府県知事は、津波浸水シミュレーションを行って津波浸水想定（津波があった場合に想定される浸水の区域及び水深）を設定する。その際、既往の地震津波や想定地震津波等についての基礎調査の結果を踏まえ、最大クラスの津波を想定する。

科学的知見に基づいて設定される津波浸水想定は、警戒避難体制の整備や土地利用の規制といった各種施策を効果的に組み合わせるための基礎情報である。市町村の推進計画の作成、津波防護施設の管理等、警戒区域および特別警戒区域の指定等はこれを踏まえて行われる。

(2)の津波浸水シミュレーションの手引きの内容を発展させ、法律で定められた津波浸水想定を設定するための標準的な手順・方法を示した「津波浸水想定の設定の手引き」を平成24年2月にとりまとめ、順次改訂している²⁾。「津波浸水シミュレーションの手引き」と同様に相談窓口を設置する等して技術支援を行っている。詳しくは3.3.5(7)を参照されたい。

2) 基準水位の設定法

基準水位とは、津波浸水想定に定める水深（個々の建物の影響は考慮していない）に津波が建築物等に衝突する際の水位上昇（せきあげ）分を加えて定める水位である。この水位は、避難スペースや特別警戒区域における特定建築（社会福祉施設、学校および医療施設等）の居住スペースの必要高さを判断する基準となる。

1)の津波浸水想定の設定で実施する津波浸水シミュレーションでは、建築物の影響は土地利用全体の中の粗度として考慮するため、個々の建築物のせきあげを考慮しているわけではない。個別の建築物等によるせきあげ量は建築物等を壁や地形データとして考慮することにより算出可能である。しかし、地域づくりの検討や建築物等の規制を行う際に全てのケースで計算してはきりが無い。そこで、津波浸水シミュレーションの結果をもとに簡便でありながら水理学的に合理的な算出方法を提案した。詳しくは、3.3.5(7)及び津波防災地域づくりに関する技術検討報告書³⁾を参照されたい。算出方法は、平成24年3月9日付施行通知「津波防災地域づくりに関する法律等の施行につい

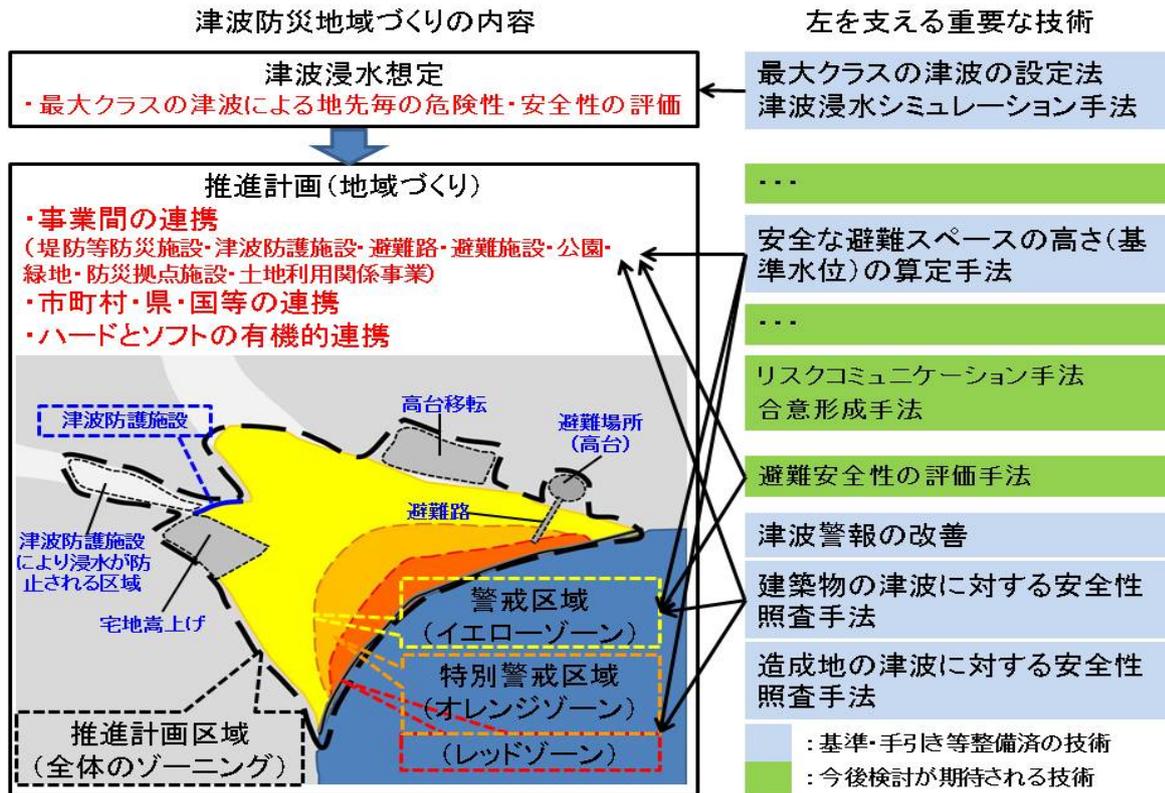


図-3.4.2.2 津波防災地域づくりの内容とそれを支える技術

3) 指定避難施設等の構造に関する技術基準

3.3.9.5(3)を参照されたい。

4) 津波防護施設の技術上の基準

津波防護施設は津波防災地域づくり法で新たに位置付けられた防災施設である。津波防護施設とは、遡上した最大津波による浸水の拡大を防止するために内陸に設ける施設である。小規模な盛土等により効率的に整備可能なものを想定しており、津波そのものを海岸で防ぐ海岸堤防を代替するものではない。

津波防護施設の設計において考慮すべき外力、要求性能、照査方法について、津波防災地域づくりに関する技術検討会（事務局：水管理・国土保全局、都市局、国総研）で検討した。その結果の詳細は、3.3.5(7)及び津波防災地域づくりに関する技術検討報告書³⁾を参照されたい。

5) 特定開発行為の技術的基準

特別警戒区域（オレンジゾーン）は、警戒区域（イエローゾーン：警戒避難体制を整備する区域）内において、特定建築とその開発行為に対して、津波に対して安全なものとするよう規制する区域である。特

定建築とは、津波から逃げるのが困難な高齢者や幼児・病人等が利用する社会福祉施設、学校および医療施設等である。津波に対して安全なものとするとは、最大クラスの津波に対して安全な造成地および建築構造で津波が来襲しない高さに居住スペースを確保することである。

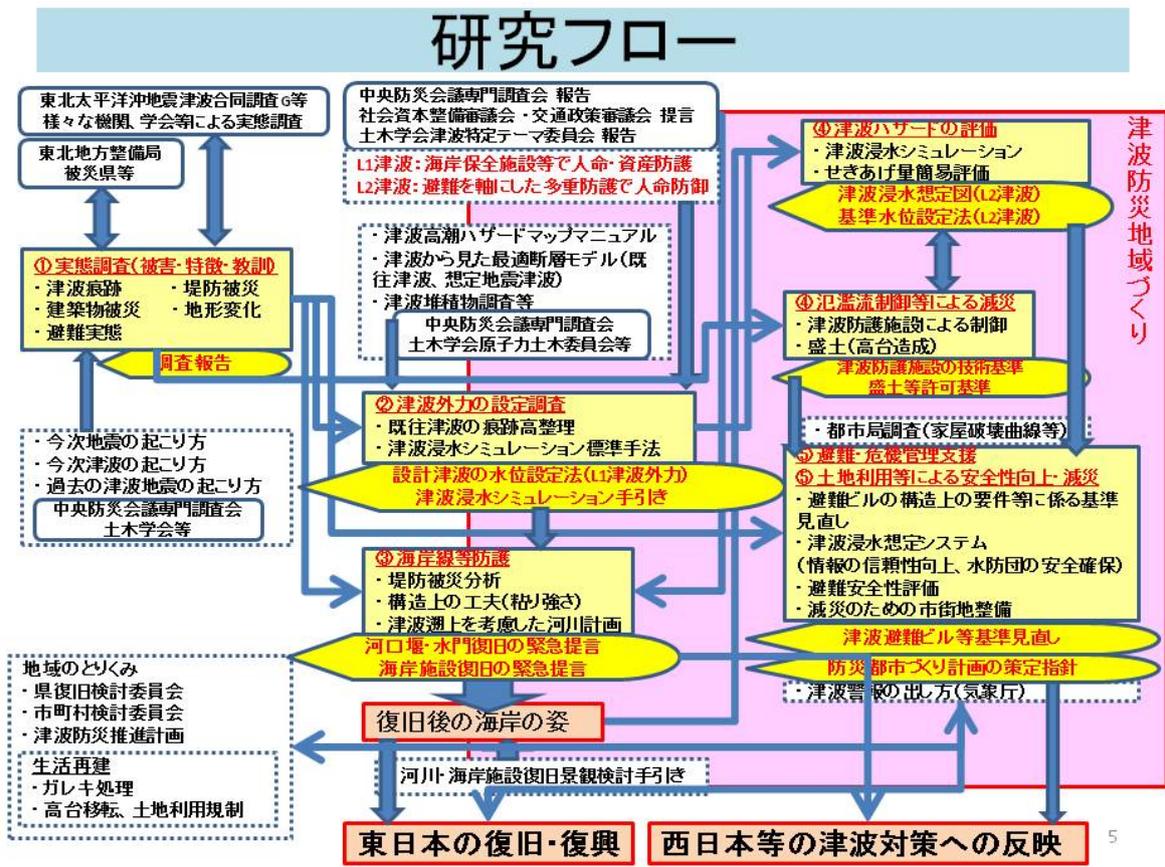


図-3.4.2.3 本プロジェクト研究の研究フロー

特別警戒区域（オレンジゾーン）において、市町村の判断により市町村条例で、上記と同様に津波に対して安全な住宅および宅地とするよう建築・開発行為を規制することができる（レッドゾーン）。

特定開発行為における造成地の津波に対する安全性照査手法については、基準水位の設定方法や津波防護施設の技術上の基準と同様、津波防災地域づくりに関する技術検討会で検討された。複数分野間の連携となることから、津波工学、海岸工学、水理学、水工学のみならず、地盤工学・土質力学も含めた幅広い検討が必要であった。詳細は3.3.5(7)及び津波防災地域づくりに関する技術検討報告書³⁾に報告されており、成果は、平成24年6月13日施行の省令に反映された。なお、建築物の構造の基準に関しては、前述したとおり、3)の基準が適用される。

6) 避難安全性評価手法、減災のための市街地整備計画手法の開発

平成24年度より「沿岸都市の防災構造化支援技術に関する研究」において、避難安全性に基づく市街地整備計画手法、防災拠点機能のリダンダンシー確保の計

画手法について研究を進めることとしている（3.4.3参照）。

7) 河川分野における今後の検討内容

今次津波を受けて、河川津波が洪水・高潮と並んで計画的な対策の検討対象と位置づけられた。その基本的な方針・考え方は、「河川津波対策について（平成23年9月2日、河川計画課長・治水課長通知）」に示されている。また各委員会から、3.3.2(2)～(6)に示したように、個別の河川構造物や被災機構に依りて対策検討の考え方が示されている。これらの新しい先端的な方針・考え方に基いて、東日本大震災に関わる河川のみならず、全国の河川を対象として、個別河川の特性、津波の条件を踏まえ、種々の対策として具体化していくこととなる。

こうした対策検討を積み重ねていき、それと並行して実施する研究の成果を適宜、対策検討に反映させていくなかで、河川・津波の条件に応じた調査・計算手法を磨き上げて対策の質を高めていくこと、さらに関連する種々の基準類に反映させていくことが、今後の重要な課題となる。

さらに、河川区域での対策から防災まちづくりまで視野を広げると、「最大クラスの津波」を含めて「施設画面上の津波」を越える様々な規模の津波によって生じる氾濫状況の想定が、種々の検討を行う上での基本情報となる。氾濫状況は、「施設画面上の津波」を越える規模の津波作用時の河川構造物の挙動により変わりうると推察される。そのため、まちづくりや避難を始めとするソフト対策など異なる目的に応じて、河川堤防の破堤を始めとする各種河川構造物の挙動をどのように設定すべきか、手法としてとりまとめることも今後の重要な課題として挙げられるであろう。

以上の課題認識のもとで、河川研究室においては以下の検討を行っている。

①河川津波の解析手法

河川津波の水位・遡上区間の推定においては、河道形状（低水路・高水敷、河口砂州、河道法線形状（湾曲・直線）など）、河床変動、堤防の越水・破堤、河川流量等を設定するが、これら条件の変化が、例えば津波水位の増減にどの程度鋭敏に現れるか必ずしも明確でない。これは河川堤防の構造設計と密接に関係する根幹的技術であり、こうした理解を深めるとともに、津波対策の検討に反映させることが重要である。

そこで、新北上川を対象とした縮尺1/330の平面模型を用いた河川津波の模型実験を行うこととした。模型実験では、河道地形（堤防の破堤有無を含む）、粗度、河口からの津波入力波形など種々の条件を系統的に変化させて河川津波の水位等の計測を行う。これらの結果から、各条件が水位に与える影響を評価する。さらにそれら結果の再現計算を行い、河川津波解析手法の改善、さらに目的に応じた条件設定方法について検討する。

②津波遡上時の越水に対する河川堤防の挙動

今次津波の事例では、津波一波が遡上する間に生じる河川堤防から越水は、継続時間は最大で10分程度、越流水深は最大で10mに達する場合があった。この状況を一般的な洪水の越水状況と比べると、津波では短時間に大きな流速が作用する、という特徴があると言える。こうした津波作用時の河川堤防の挙動については、今次津波災害のデータを収集し、分析を行っている（3.3.3(1)参照）。その結果、例えば堤内側の湛水状況（ウォータークッションの有無）で堤体侵食の大きさが変わりうることが分かってきた。

こうした事例や侵食機構に関する知見を拡充する

検討は今後とも引き続き行うが、同時に、例えば河川堤防の場合、破堤が生じるとする津波水位や箇所・区間長など、氾濫状況を左右する種々の設定をどのように行うと、目的とした検討に適う氾濫状況想定が行えるか、といった知見の「用い方」についても検討を行う。

③複合災害を見越した対策

今次地震・津波により河川管理施設等も被災し、出水期に向けて迅速な復旧が行われた。ただし、種々の制約があり必ずしも十全の機能回復ではなく、さらに余震により被災箇所・規模が増えることがあった。これらの対策として、平時・出水時の点検を強化し、適宜対応していくことで、出水期を大過なく乗り越えることができた（詳細については、3.3.3(5)(6)参照）。また、今次地震・津波以降も、H23年台風12号による斜面崩壊を伴う出水による災害等が生じている。こうした事例を踏まえ、地震・津波・斜面崩壊などと洪水が重畳して生じた場合の複合災害も視野にいれて、事前の対策および発生時の緊急対応などの防災・減災について検討を行う。

(4) おわりに

図-3.4.2.3に研究フローを示す。災害対応と復旧・復興への支援を目的の一つとしているため、多くの調査研究成果がすでに施策へ反映されている（図-3.4.2.2の「基準・手引き等整備済の技術」参照）。被災地域以外の津波対策への反映を考えた場合には、図-3.4.2.2の「今後検討が期待される技術」の重要性が増すと考えられる。このうち、避難安全性の評価手法については本プロジェクト研究の一つとして都市研究部等において今年度から研究が開始される。これらの成果が津波防災地域づくりを支える技術となることが期待される。

また本プロジェクト研究の実施体制を図-3.4.2.4に示す。国総研河川研究部・建築研究部・都市研究部・総合技術政策研究センターを主体として、国総研内の他部局・他プロジェクトと連携し知見を共有しつつ進めている。また関係学会・検討委員会・関係行政機関とも連携し、知見を共有するとともに研究成果を施策へ反映している。

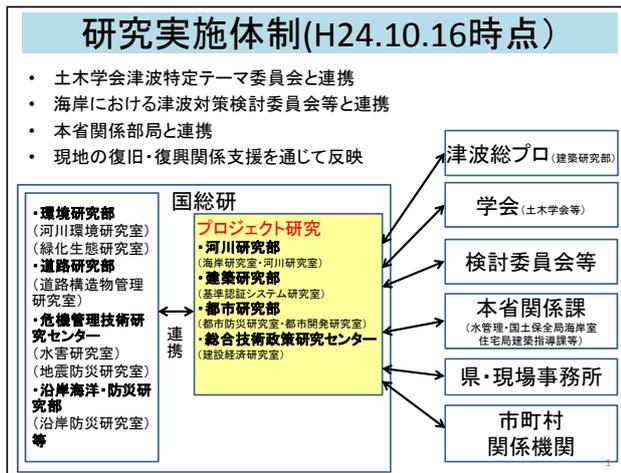


図-3.4.2.4 本プロジェクト研究の実施体制

参考文献

- 1) 平成23年法律第123号、津波防災地域づくりに関する法律、平成23年12月14日
<http://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/point/tsunamibousai.html>
- 2) 国土交通省水管理・国土保全局海岸室・国土技術政策総合研究所海岸研究室、津波浸水想定の設定の手引き (ver. 2.00)、平成24年10月
http://www.mlit.go.jp/river/shishin_guideline/boasai/saigai/tsunami/shinsui_settei.pdf
- 3) 津波防災地域づくりに係る技術検討会、津波防災地域づくりに関する技術検討報告書、平成24年1月27日
http://www.mlit.go.jp/river/shinngikai_blog/tsunamibousaitiiki/houkokusyo_120127.pdf
- 4) 施行通知、内閣府政策統括官(防災担当)・国土交通省総合政策局長・土地・建設産業局長・都市局長・水管理・国土保全局長・住宅局長、津波防災地域づくりに関する法律等の施行について、平成24年3月9日、
<http://www.mlit.go.jp/common/000204849.pdf>

3.4.3 沿岸都市における防災構造化支援技術に関する研究（平成24～26年度）

東北地方太平洋沖地震による被害と同様の被災の恐れのある沿岸地域の都市においては、都市防災対策として住民の迅速・円滑な避難、被災時の都市機能の維持、宅地液状化に関する対策の充実を図ることが急務であり、防災に関するまちづくり計画に反映させながら、防災構造化を進めていく必要がある。

このため、平成24年度から3カ年の予定で以下の研究を行い、将来の巨大地震で被災の恐れのある沿岸都市における津波被害や広範囲の宅地液状化対策など防災構造化の促進に関する国の技術指針、技術基準類に必要な計画手法や技術的データを整備することとしている。

(1) 避難安全性に基づく市街地整備計画手法

様々な被災シナリオに応じた住民の避難行動を予測するマルチエージェント避難シミュレータを開発する。さらに、このシミュレータの活用により、避難困難者が多発する地区や避難場所が不足する地区の特定、避難上の重要路線の抽出等を行い、住民の避難安全性を向上させる市街地整備計画の立案手法を確立する。

(2) 防災拠点機能のリダンダンシー確保の計画手法

役場、避難所、医療・救急施設、消防・救援施設等の防災拠点施設について、津波等の災害の強度や態様に応じて、その一部が被災して機能を一時的に失っても、都市全体として必要な機能を被災後の復旧・復興に至る必要なフェーズにおいて確保するための、施設の立地・代替や施設間連携、耐浪化などの計画手法を検討する。

(3) 液状化対策の技術基準化に向けたデータ整備

宅地防災の数値基準づくりに向けて、目標とする要求性能の設定、これに対応した具体的な目標水準（許容地盤沈下量等のメルクマール）の根拠データの収集・整備、地盤特性及び工法別の仕様基準の設定に向けた根拠データの解析・整備を行う。



図-3.4.3.1 沿岸都市の防災構造化のイメージ

3.4.4 超過外力と複合的自然災害に対する危機管理に関する研究(平成24~26年度)

平成23年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震では、従来の想定をはるかに超える大津波が発生するとともに、東北地方から関東地方に至る広い地域で強い揺れが生じ、激甚かつ広域的な災害をもたらした。さらに、その後に発生した台風12号、15号等による洪水・土砂災害は、地震の被害が未だ色濃く残る中で生じたため災害が重畳化した。これらの災害から明らかにされた重要な教訓は以下の2点と考えられる。

- 従来の経験や想定を大きく超える規模の自然災害に対する備え
- 地震・津波・洪水・地すべりなどが複合的に発生することによる災害の重畳に対する備え

が不可欠であるということである。

このような課題点は、中央防災会議等からも指摘されており、中央防災会議の「東北地方太平洋沖地震を教訓とした地震・津波対策に関する専門調査会」¹⁾からは、以下が提言されている。

- ① あらゆる可能性を考慮した最大クラスの巨大な地震・津波を検討すべき
- ② 被害が想定よりも大きくなる可能性、想定の不確実性を認識すべき
- ③ 海トラフの海溝型地震や首都直下地震への防災対策に万全を期すべき
- ④ 連動・時間差発生、台風災害などとの複合に留意すべき

また、政府の東日本大震災からの復興の基本方針²⁾もこうした中央防災会議の提言を踏まえ、災害に強い地域作りのために、「減災」の考え方に基づくハード・ソフト施策の総動員、大規模災害への対応力を高めた国土基盤の構築、靱性の高い多重防御といった観点が大きな方針として示されている。

このような教訓を踏まえ、これまで十分に対策の検討が行われてこなかった想定を超えるような災害リスクに対しても住民の生命を守ることを最優先として、最低限必要な社会経済機能を維持できる高い災害靱性を有する国家基盤の構築が求められている。

国総研では、このような背景のもと、ハード・ソフト対策を総動員した「減災」技術の構築を目的として、平成24~26年度の3カ年のプロジェクト研究として、「超過外力と複合的自然災害に対する危機管理に関する研究」への取り組みをスタートしている。本研究では、従来十分に考慮されてこなかった超過外力と複合的自然災害の発生とその影響を明らかにし、こうした想定外災害に対

する危機管理対策を構築するための手法を提案することを目的としている。

図-3.4.4.1に示すように、災害としても、地震・津波、洪水、火山、高潮、斜面崩壊などの土砂災害といった異なる災害がある。従来はそれぞれの災害が単独で発生すると考えて対策レベルが設定されているが、本研究では、そのレベルを超えるような外力の作用の可能性や複数の災害が相互に影響し合い、複合化するという災害を対象としている。複合化については、例えば地震後の洪水の発生や火山噴火後の豪雨による土砂災害・洪水などである。このような目的のために、研究のポイントとして、図-3.4.4.2に示すように大きく3つを設定している。すなわち、超過外力と複合的自然災害の事象と影響を、①知る、②洞察する、そして、③マネジメントする、である。まず、「①知る」では、過去に実際に起きた災害事例を収集し、災害では何が起こるのかということを改めて分析する。この中には歴史的な災害や海外における災害も含め、災害時に被害がどのように発生、進展したか、災害の個別イベントがどのように波及して、社会に影響したかを実被害から学び取ることである。

「②洞察する」では、実災害の分析を踏まえ、超過外力や複合災害によって何が起こり、そして重要な影響を見逃さないための災害発生シナリオの構築手法とリスク・影響度評価手法を検討する。災害のシナリオは、都市部や山間地など地域特性に大きく影響を受けるため、こうした点も考慮に入れて検討する。

そして、「③マネジメントする」では、このような超過外力と複合災害に対する危機管理方策と防災施設の整備方法を検討する。対策としては、ハード・ソフトを含めた対策メニューを検討し、どのような対策が効果的になるのかについて、モデル地域に適用し、その効果を定量的に評価する。複合災害には多くの組み合わせが考えられるが、本研究では、まずは洪水との複合化に着目する。

平成24年度からスタートしている本研究では、研究成果をシナリオの構築手法や対策メニューを事例集等としてまとめ、災害対策の備えに対する点検、対策を検討する際の参考にできるような形の成果として発信していく予定である。

従来の想定を超える外力への備えに対する考え方、ハードの限界、ハードとソフトの組み合わせフレーム、人命を守るための避難・ソフト面でレベルアップが必要な事項、施設の機能確保・早期回復のために適用可能な技術、様々な選択肢・アイデアを結集するための議論を進めている。

成果は、東日本大震災の復旧・復興や、南海トラフの3連動地震等を始めとして、今後の大規模災害も組んだ減災施策に活用できるように早期に研究を進める。

http://www.bousai.go.jp/jishin/chubou/higashinihon/index_higashi.html

2) 東日本大震災復興対策本部：東日本大震災からの復興の基本方針、平成23年7月29日

<http://www.reconstruction.go.jp/topics/doc/20110729houshin.pdf>

参考文献

1) 中央防災会議「東北地方太平洋沖地震を教訓とした地震・津波対策に関する専門調査会」：東北地方太平洋沖地震を教訓とした地震・津波対策に関する専門調査会報告、平成23年9月28日

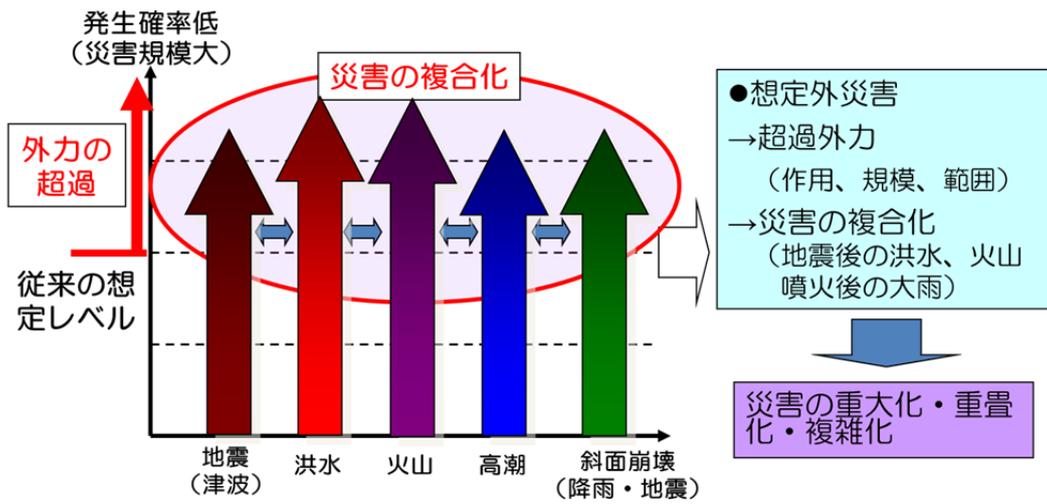


図-3.4.4.1 超過外力と複合的自然災害

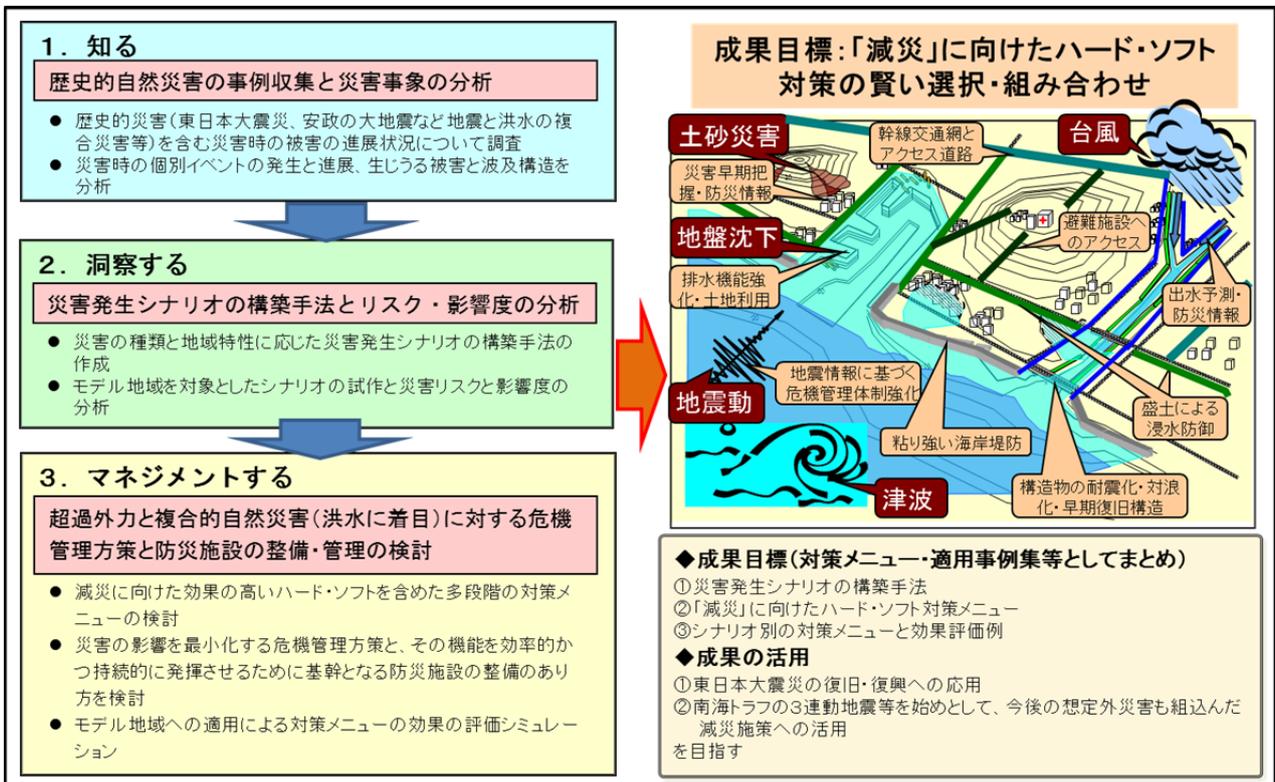


図-3.4.4.2 超過外力と複合的自然災害に対する危機管理に関する研究

3.4.5 IT・情報分野の研究開発

3.4.5.1 人の移動情報の収集・分析基盤の整備に関する研究（平成24～26年度）

(1) 概要

東日本大震災では、鉄道やバスなど多くの公共交通機関が運行停止し、首都圏を中心に約10万人の帰宅困難者が発生する事態に見舞われた。この経験から、帰宅困難者の数、震後の人の移動状況や滞留場所などを把握する“人の移動情報”の重要性が認識されている。また、東日本大震災を受けた「復興への提言」では、被災した場合であっても、これをしなやかに受け止めて、経済活動をはじめとした諸活動が円滑に実行できる災害に強い国づくりを進めるために、今回の教訓を踏まえた新しい対策の方向性を示す必要があることが示唆されている¹⁾。

このため、平成24年度より開始した、ICT（情報通信技術）により取得できる鮮度の高い複数の人の移動情報を収集・分析できる基盤（プラットフォーム）を構築する取組み（図-3.4.5.1参照）について、本稿で概説する。

(2) 現状の人の移動情報の収集の実態

ここで取り扱う“人の移動情報”は、どのような人が、どのような目的・手段で、どこからどこに移動したかを記録した履歴を指す。これまではパーソントリップ調査（以下、「PT調査」という。）や道路交通センサスなどの統計調査により人の移動情報を把握していたが、これらの調査結果は、5年ないし10年に一度観測した、特定の1日のデータである。また、高額な調査費用が必要になることから、災害直後の状況把握などに、柔軟かつ機動的に対応するためには、新たな

“人の移動情報”の調査手法の確立が望まれている。

一方、ICTの進展により、GPS付の携帯電話やカーナビ、鉄道・バスの交通系ICカードなどから、デジタル化された鮮度の高い人の移動情報が大量かつ広範囲にわたって24時間365日収集され、移動情報としての活用の可能性が指摘されつつある状況にあった。

(3) 人の移動情報の組合せ分析への期待と課題

1) 既存の研究

近年、ビックデータの解析等の技術が急速に進展し、人の移動情報の活用事例（マーケティング、人口分布や渋滞損出の算定など）が増えつつある。例えば、バスICカードデータを用いると、図-3.4.5.2のように、東日本大震災に伴うバス利用者数の変化を可視化することができる。しかし、単一モードの人の移動情報のため、バスの乗降の実態しか分からず、複数のモードを利用する人の動きまでは把握できない。

国総研は、交通計画での活用を想定した例として、バスICカードデータと民間プローブデータとの組合せ分析によるバス停留所付近の走行改善支援および道路整備効果の検証²⁾などに取り組んできた。これらの研究により、人の移動情報の組合せ分析により得られる効果や知見を明らかにしてきた。また、次項で述べる組合せ分析の可能性（期待）とともに、実施に際しての課題を整理してきた。

2) 組合せ分析への期待

鮮度の高い多様な人の移動情報を組合せて分析することにより、交通行動（人の動き）を個々かつリアルタイムに近い形で捉えること（見える化）が可能となる。複数の人の移動情報を組合せて分析した一例として、携帯電話データとPT調査データの組合せによる災



図-3.4.5.1 人の移動情報プラットフォームの構築イメージ

害時帰宅困難者数の推計³⁾が挙げられる(図-3.4.5.3参照)。携帯電話データを用いて“量”の観点から、日別・時間帯別の人の滞留や移動状況などを把握する。PT調査データを用いて“質”の観点から、移動目的別・利用交通手段別の状況などを把握する。この結果、これまで把握困難であった目的別滞留人口や地域別移動手段などの推計が可能となり、帰宅支援や避難経路の検討などの防災分野への活用が期待される。

3) 組合せ分析の課題

多様な人の移動情報の組合せ分析は非常に有効であるが、人の移動情報は主体ごとに収集されており、互

いに連携する仕組みがない状況にある。これは、当該分野が成長段階で民間市場も成熟しておらず、協調領域と競争領域との境界が混沌としていることが一因としてあげられる。また、各企業の営業戦略上の観点から、現状のまま連携する仕組みがなければ、複数の主体・モード間の情報を組み合わせて人の動きを再現するのは困難である。

(4) 人の移動情報のプラットフォームの整備に向けた取り組み

前項までに述べた現状や課題を踏まえ、本研究は、ICTにより取得できる鮮度の高い複数の人の移動情報

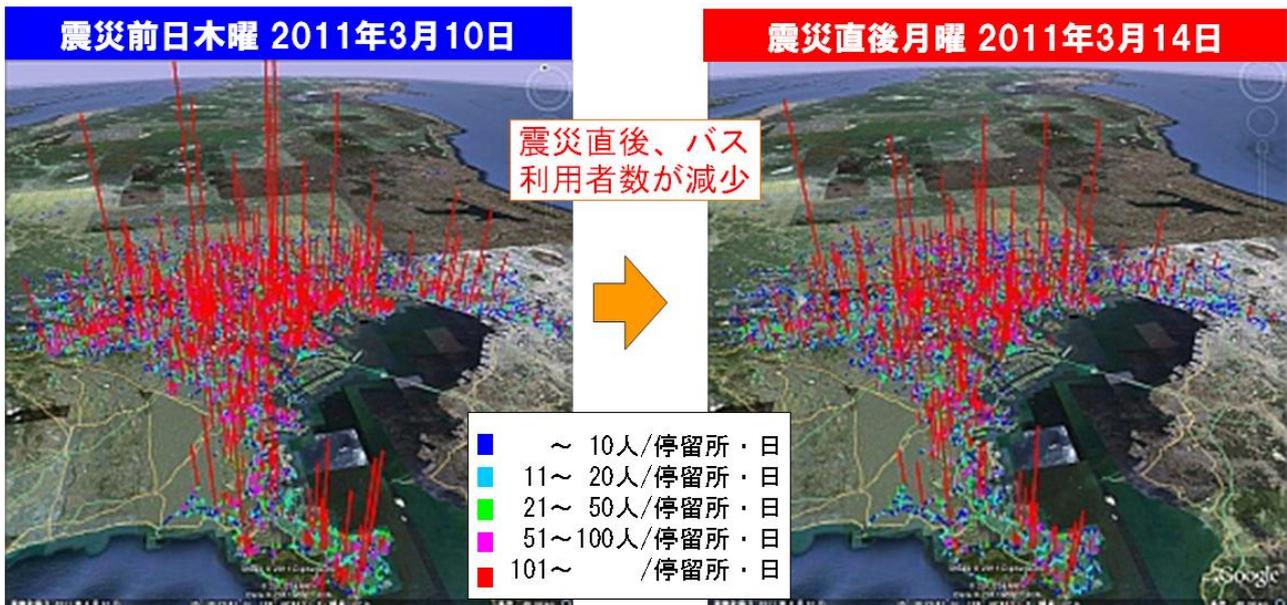


図-3.4.5.2 東日本大震災に伴う首都圏のバス利用者数の変化

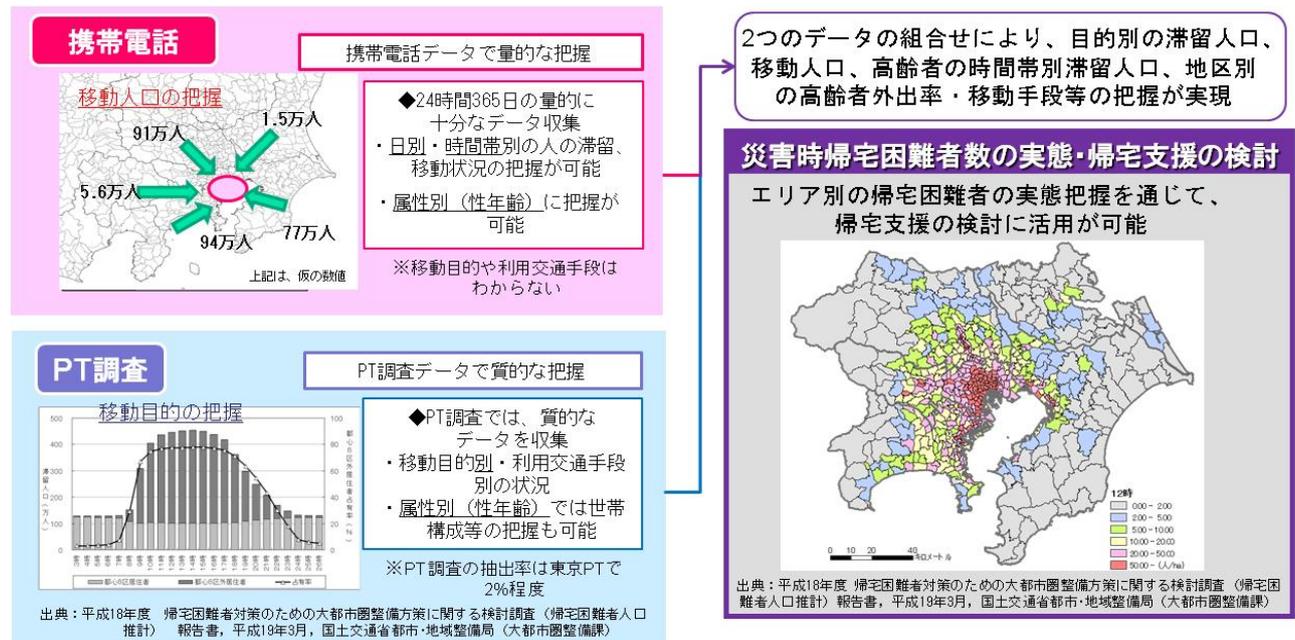


図-3.4.5.3 携帯電話データとPT調査データとの組合せ分析による災害時帰宅困難者数の推計イメージ

を収集・分析できる基盤（プラットフォーム）の整備に取り組んでいる。活動期間は3ヶ年としており、各年度の実施内容は次のとおりである。

平成24年度は、人の移動情報を保有している各主体とデータの仕様や提供の可否および災害時などでの活用方法の意見交換を実施し、次年度に行う実証実験の計画を作成する。

平成25年度は、各主体と協力し、モデル地域での人の移動情報を収集・分析する実証実験を行い、有用性・適用性の評価を行う予定である。

平成26年度は、プラットフォームのプロトタイプを開発し、平成27年度以降の実運用を想定した利用規約などの制度設計を行う予定である。

これにより、年齢やハンディキャップなどの人の属性に応じてきめ細やかに対応した防災計画の策定や、将来的には災害時のリアルタイムな対応など、既存の統計調査を補完し、災害時などに柔軟かつ機動的に対応した行政サービスへ寄与することが期待できる（図-3.4.5.4参照）。

今後も引き続き、人の移動情報を収集・分析できる基盤（プラットフォーム）の実用化に向けて、本取組を鋭意推進する。

参考文献

- 1) 東日本大震災復興構想会議：復興への提言、2011
- 2) 濱田俊一、今井龍一、井星雄貴：動線データを活用したバス走行改善支援及び道路整備効果の検証、土木技術資料、Vol.53 No.10、pp.22-25、土木研究センター、2011
- 3) 国土交通省都市・地域整備局大都市圏整備課：平成18年度 帰宅困難者対策のための大都市圏整備方策に関する検討調査（帰宅困難者人口推計）報告書、2007



図-3.4.5.4 人の移動情報のプラットフォームの災害時での活用イメージ

3.4.5.2 3次元CADデータを活用した災害復旧支援に関する研究（平成20～26年度）

(1) 概要

東日本大震災では、広範な所管施設の被害状況の把握や、復旧・復興に際した数多くの仮設住宅の建設候補地の選定や必要土量の算出など、効率的な地形情報の把握、計画策定への応用技術の早期確立が強く求められた。そのため、本研究はレーザプロファイラ（以下、「LP」）などの既存資料から3次元CADデータを自動生成できる技術を開発する。また、迅速な被災状況の把握や復旧に必要な土量や資材の算出などの災害時での3次元CADデータの活用方策に加え、情報化施工や河川管理の平常時での3次元CADデータの活用方策を確立する。

本稿は、第一報として、LPから3次元CADデータを生成する技術の実用性の検証結果および北上川下流域を対象にした震災前後の3次元CADデータを用いた分析のケーススタディを報告する。

(2) LPを用いた3次元CADデータの生成技術

本項は、LPから3次元CADデータを生成する手法に関する機能を概説する。この技術の特徴は、LPの点群座標データから河川堤防の天端面と法面との境界などの地形の高さが変化する特徴線（ブレイクライン）を抽出し、現況地形を精緻に再現した3次元CADデータを自動生成する点にある。

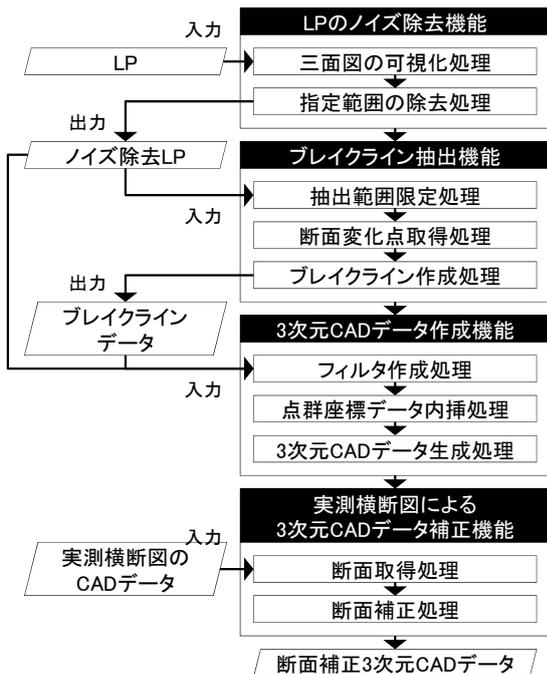


図-3.4.5.5 3次元CADデータの生成手順

新技术による3次元CADデータの生成手順を図-3.4.5.5に示す。まず、LPから植生などのノイズとなる点群座標データを除去する。次に、ノイズを除去したLPからブレイクラインを抽出する。新技术では、ブレイクライン候補線を手掛かりとして、LPから形状を示す特徴となる点を自動抽出し、ブレイクラインとして取得する（図-3.4.5.6参照）。そして、LPと取得したブレイクラインとを合成し、TIN（Triangulated Irregular Network）を発生させて現況形状を再現した3次元CADデータを生成する。また、生成した3次元CADデータに対して、実測横断面図を用いて補正処理も行える。この結果、従来技術に比して、現況地形を精緻に表現した3次元CADデータが生成できる（図-3.4.5.7参照）。なお、本稿で説明を省略した各機能の詳細は参考文献^{1)~3)}を参照されたい。

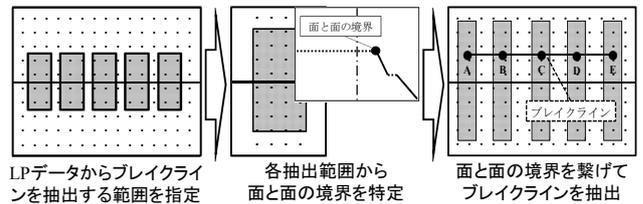


図-3.4.5.6 ブレイクラインの抽出方法

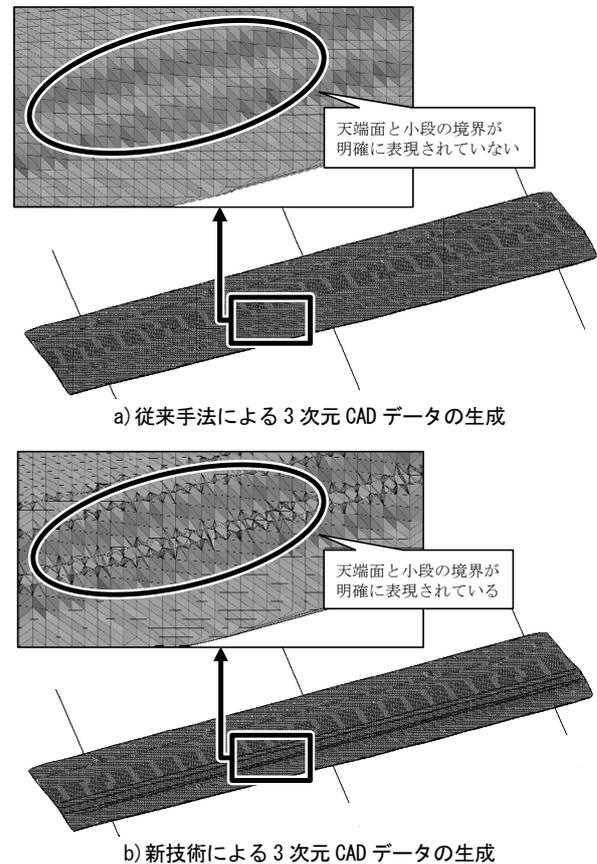


図-3.4.5.7 3次元CADデータの生成結果の比較

(3) 震災前後の3次元CADデータを用いた分析のケーススタディ

本項は、災害直後に迅速かつ正確に被災状況を把握し、復旧事業などにも活用できる成果を得ることができるか、本技術の入力データに実際の震災前後のLPを用いて3次元CADデータを生成し、被害箇所抽出などのケーススタディを行った結果を報告する。

1) 対象エリア及び利用したLP

本ケーススタディは、震災後の状況を加味するため、次の3つの選定条件を設定し、浸水範囲概況図などの資料を参考に現地踏査を経て図-3.4.5.8に示す1,800mとした。なお、図には国土地理院から提供を受けた浸水範囲概況図も重ね合わせて示している。

- ・北上川下流域の浸水範囲
- ・震災状況が甚大な箇所
- ・堤防形状が大きく変化し緊急復旧が必要な箇所

3次元CADデータは、震災前のLPに治水安全度評価で計測された航空レーザ測量成果、震災後のLPに国土地理院から提供を受けた東日本大震災対応で計測された航空レーザ測量成果を用いて生成した。

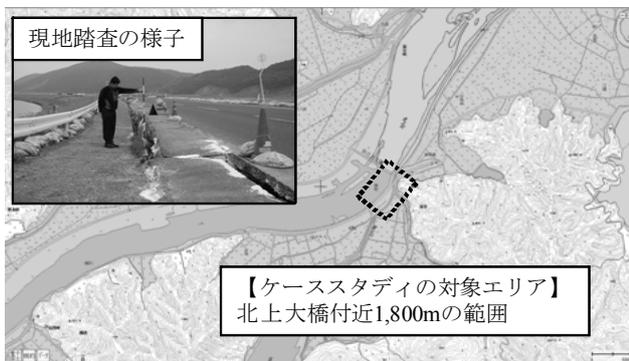
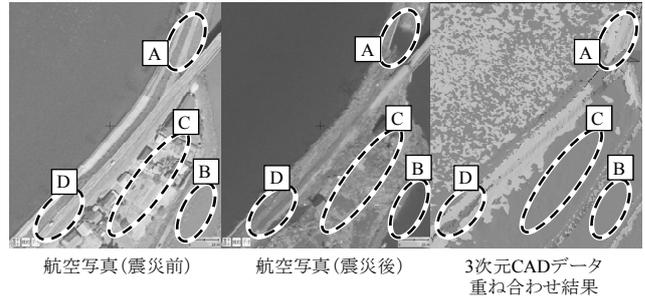


図-3.4.5.8 ケーススタディの対象エリア

2) 震災前後の3次元CADデータの比較

本分析は、震災前後の3次元CADデータを重ね合わせて可視化し、破堤した可能性のある箇所や地形が大幅に変化した可能性のある箇所などを視覚的に確認できるかを考察する。対象エリアのLPから生成した震災前後の3次元CADデータおよび航空写真を重ね合わせた結果を図-3.4.5.9に示す。図中AおよびDの箇所は、震災の影響で堤防形状が変化している。また、堤防周辺を確認すると、図中Bの箇所は、河川敷などの堤防周辺のエリアが浸水した状態である。図中Cの箇所は、がれきなどが堆積し、地表面の形状が震災前後で異なっている。以上の結果から、震災前後の3次元CADデータ

や航空写真を重ね合わせることで、地形が大幅に変化した可能性のある箇所が容易に確認できる。



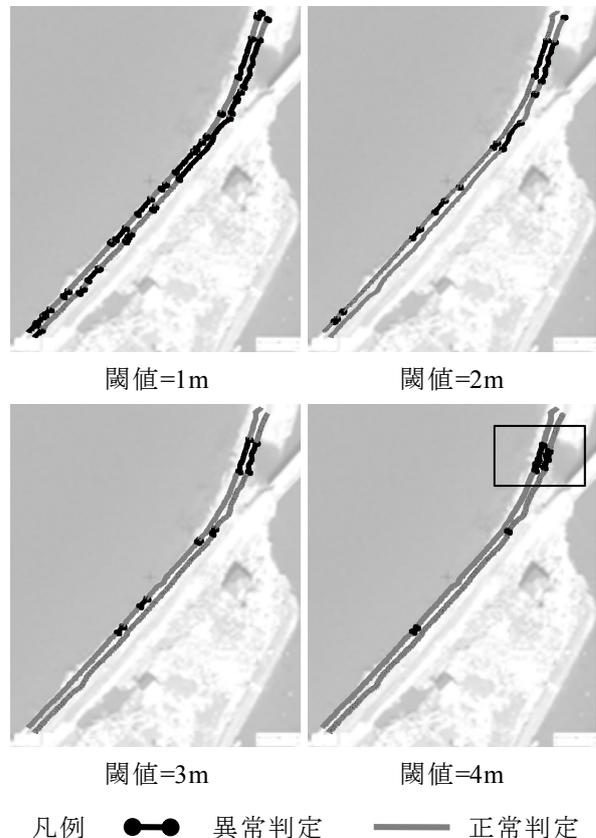
凡例 ■ 震災前 ■ 震災後
※航空写真の出典：国土地理院

図-3.4.5.9 3次元CADデータの重ね合わせ結果

3) 震災前後の任意断面形状の比較

前項(2)では説明を省略したが、新技術には震災前後のブレイクラインを比較し、変化量から被害箇所を検出する被害箇所候補検出機能も具備している⁴⁾。この機能により検出した被害箇所を図-3.4.5.10に示す。

本分析では、震災前後のブレイクラインの比較による変化量を被害の度合いと捉え、小さく変化した箇所から大きく変化した箇所までを検出した。今回の対象



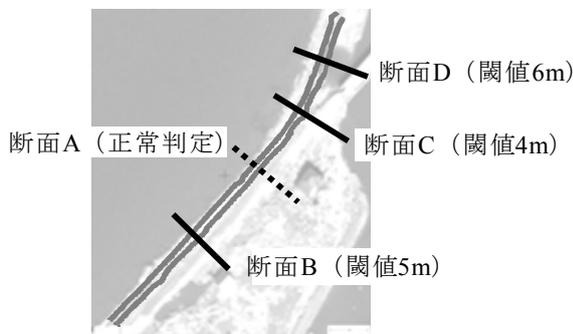
凡例 ● 異常判定 — 正常判定

※背景の航空写真の出典：東北地方整備局

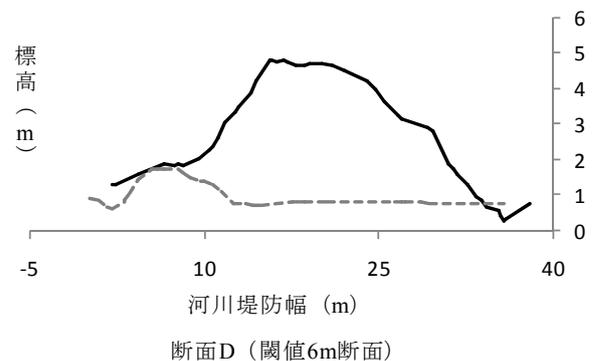
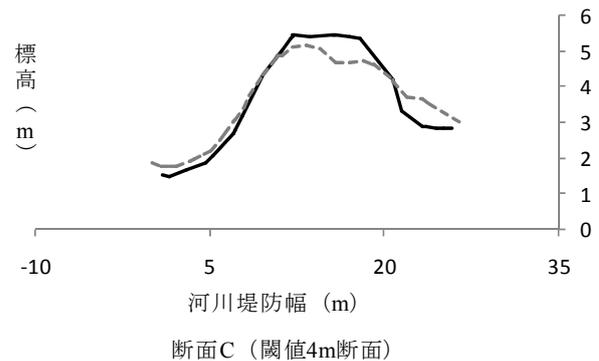
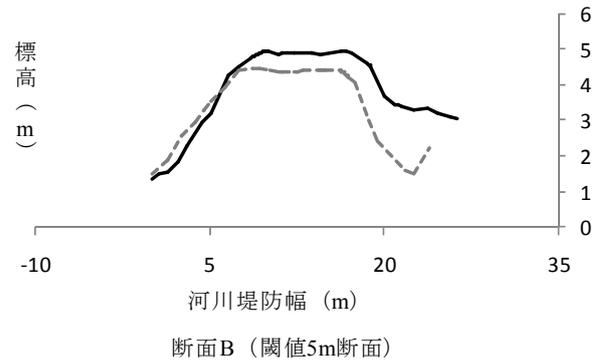
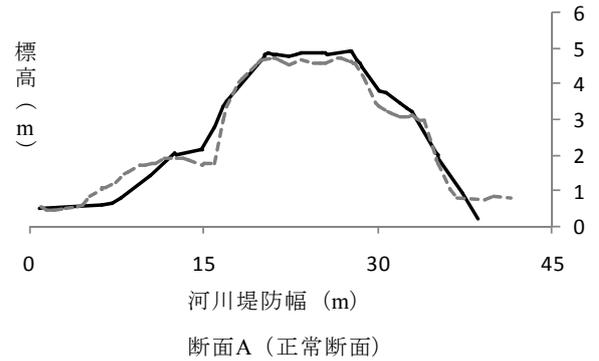
図-3.4.5.10 河川堤防の被害箇所

とした河川堤防は、典型的な凸型形状であり、天端面の両端に法肩が存在するため、2本のブレイクラインを用いて被害箇所候補を検出する。被害箇所の詳細を確認すると、閾値4mの場合に大きな変化を起こした被害箇所が明らかとなっている。また、図-3.4.5.10の四角囲いの範囲は、河川管理者が緊急復旧工事⁵⁾を実施した被害の大きな箇所である。また、正しく被害箇所を検出できているかを確認するため、図-3.4.5.11に示す被害の大きい箇所（断面B、C、D）と被害を受けていない箇所（断面A）の各断面の生成結果を図-3.4.5.12、震災前後の各断面に対応した航空写真を図-3.4.5.13に示す。各図を確認した結果、以下の知見を得た。

- 断面Aは、震災前後で断面形状がほぼ一致しており、断面A周辺の堤防は天端面の形状が保たれていることがわかる。また、図-3.4.5.13の断面A周辺の航空写真を確認すると、道路面やがれきなどの堆積が見られるものの堤防形状が残っていた。このことから、被害を受けていない、もしくは軽微な箇所を正しく検出できていることが明らかとなった。
- 断面Bおよび断面Cは、天端面の形状が変化しており、堤内側の法肩の変化が著しいことがわかる。このことから、局所的な損傷箇所が正しく検出できていることが明らかとなった。
- 断面Dは、震災前後で断面形状が著しく変化しており、震災前後の航空写真からも堤防形状が大きく変化していることがわかる。実際に、断面D周辺は大きな被害が特に集中して検出されており、緊急復旧工事を実施した箇所である。このことから、堤防形状が局所的に大きく変化している箇所が正しく検出できていることがわかった。



凡例 正常判定 ——— 異常判定
 ※背景の航空写真の出典：東北地方整備局
 図-3.4.5.11 被害断面の生成箇所



凡例 ——— 震災前断面線 - - - 震災後断面線
 図-3.4.5.12 4箇所断面形状の比較結果

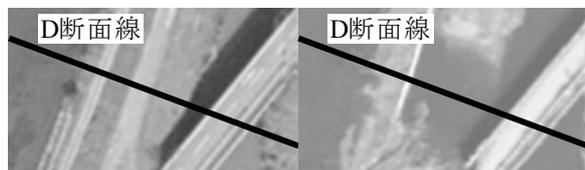
3) 震災前後の堤防の土量差分

本分析では、3次元CADデータ生成機能にて生成した震災前後の3次元CADデータの河川水位を基軸とした堤防の土量差分を算出し、復旧工事に必要な数量を把握できるかを検証した。土量の算出には、AutoCAD Civil 3Dの土量算出機能を用いたが、とくに支障なく

対処することができた。その結果、地殻変動が伴うような大規模な災害の条件下でも震災前と同様の堤防に復旧するために必要となる土量の概数が把握できた。したがって、復旧工事の規模の把握や積算の基礎資料として活用ができると考えられる。なお、本分析では、実際の復旧工事に用いられた土量との比較実験を行っていないため、算出した土量の正確さを評価できないことから、算出結果の数値の提示は省略する。



A断面周辺の航空写真



D断面周辺の航空写真

※航空写真の出典：国土地理院

図-3.4.5.13 震災前後の航空写真

(4) まとめ

本研究は、LPなどの既存資料を用いた3次元CADデータの生成・活用方法を検討している。本稿は、その第一報として、新技術（LPから3次元CADデータを生成する技術）の実用性の検証結果および北上川下流域を対象にした震災前後の3次元CADデータを用いた分析のケーススタディの取組み状況を報告した。

新技術の実用性を検証した結果、現行の河川事業で扱っている資料（測量成果など）と同等の精度を確保していることを確認できた。また、震災前後の3次元CADデータを用いた分析のケーススタディの結果、次の知見が得られ、復旧支援に利用できる汎用性を備えていることを確認できた。

- ・震災前後の河川堤防が俯瞰できるので、堤防の面的変化や甚大な被害箇所の把握などが容易である。
- ・3次元CADデータから任意で横断面図が容易に生成できるので、堤防形状の変化や各箇所の地盤沈下の度合いの違いなどが確認可能となり、迅速な復旧対策や発注工事の設計図書の利用に寄与できる。
- ・被害状況の定量化（津波で流された土量）が容易にできるため、復旧工事の規模（積算）などの目

安が早期に把握できる。

平成24年度～平成26年度は、本研究成果を元にして、LPなどの既存資料を用いて3次元CADデータを自動生成する技術を検討し、河川堤防に加え、他の構造物への適用範囲の拡大にも取り組む。また、地方整備局と協力し、情報化施工や河川管理の平常時での3次元CADデータの活用方を検討し、最終的には、災害時・平常時の両局面で機動的かつ効果的に対処できる既存資料の活用環境の構築に取り組む。

最後に、本稿の内容は、近畿地方整備局、関西大学（田中成典教授）および国総研の体制で取り組んだ研究成果をとりまとめたものである。

参考文献

- 1) 田中成典、今井龍一、中村健二、川野浩平：点群座標データを用いた3次元モデルの生成に関する研究、土木情報利用技術論文集、土木学会、Vol.19、pp.165-174、2010
- 2) Tanaka, S., Imai, R., Nakamura, K., Kawano, K.: Research on Generation of a 3D Model Using Breakline from Point Cloud Data, *Proceedings of the 10th International Conference on Construction Applications of Virtual Reality*, pp.347-356, 2010
- 3) 田中成典、今井龍一、中村健二、川野浩平：点群座標データを用いた3次元モデルの自動生成に関する研究、知能と情報（日本知能情報ファジィ学会誌）、日本知能情報ファジィ学会、Vol.23、No.4、pp.198-216、2011
- 4) 田中成典、今井龍一、中村健二、川野浩平：LPデータを用いた震災前後の被害箇所の自動検出結果の可視化に関する研究、土木学会論文集F3（土木情報学）、（掲載予定、2012年12月28日時点）
- 5) 国土交通省東北地方整備局：平成23年（2011年）東北地方太平洋沖地震 鳴瀬川・北上川被害状況、<<http://www.thr.mlit.go.jp/karyuu/taiheiyouokijisinn/index.html>>、（入手 2012.12.28）

3.4.5.3 情報化施工技術による埋設ガレキ等の管理技術に関する研究（平成 23～24 年度）

(1) 研究目的及び経緯

平成 23 年 3 月 11 日に発生した東日本大震災の被災地では、大量に発生したガレキの処理が大きな課題となっている。このガレキの処理方法の 1 つとして盛土材等の土木資材への再利用に向けた検討が進められている。しかし、ガレキは通常の土木材料とは性状が異なるものが含まれる事に加え、施工後は不可視となることから、埋設物について容易に管理に必要と考えられる情報を取得し、維持管理段階においてシームレスに管理できる仕組みが必要である。

国総研では、情報化施工技術の 1 つである 3 次元測量機器（トータルステーション、以下「TS」）を用いた出来形管理技術などに関する研究を進めてきており、土工を中心に普及が進んでいる。この技術は、TS に搭載するソフトウェアに 3 次元の設計データ（3 次元の完成形状）を取り込むことで、①計測位置への誘導、②計測と同時に設計値との差を表示、③計測データを用いた帳票の自動作成、を効率的に行うことが可能である。国総研では、この技術で用いられる 3 次元の設計データと計測データからなる「施工管理データ」の仕様を定めた「TS による出来形管理に用いる施工管理データ交換標準（案）」（以下、「データ交換標準」という）を策定しており、平成 23 年 9 月には、新たなデータ交換標準である ver. 4.0 を策定した。従来の ver. 2.0 では、土工を対象としたデータ項目しか保持することができなかったが、ver. 4.0 では舗装や地下埋設物等に関わるデータや、計測日時、工事名等の情報も保

持することが可能となった。

本研究では、このデータ交換標準 ver. 4.0 に対応した TS を用いた出来形管理技術を活用し、ガレキをはじめとした地下埋設物等を容易に管理する為の手法について検討した。

(2) TS を用いた出来形管理技術を活用した埋設物管理のコンセプト

埋設物は、工事完成後に不可視となることから、維持管理段階において、その正確な位置情報が把握できることが望まれている。現在では施工時の図面を用いて位置を管理している場合が多いが、完成後に図面に書き込む手間がある。また、情報が工事毎の紙で整理されているため、近傍に埋設されている物件であっても、別工事で施工されている場合、別々の書類となり、後で利用する場合、それぞれを参照する必要がある。土木工事では、必ず出来形の管理が必要であることから、埋設物工事に TS を用いた出来形管理を利用することで、埋設物の位置情報を精度の高い 3 次元位置座標として取得することができ、更に維持管理に必要な情報を付加してシステムで管理することで、事務所における埋設物の管理を一元化し効率化可能と考えられる。

(3) 埋設物管理ソフトウェアの検討

(1) で述べたコンセプトに基づき、施工管理データを用いて埋設物を管理するソフトウェアの機能を検討した。ソフトウェアに必要な機能は次の通りである。

①データ登録機能

埋設物の管理に必要な情報を登録する機能である。

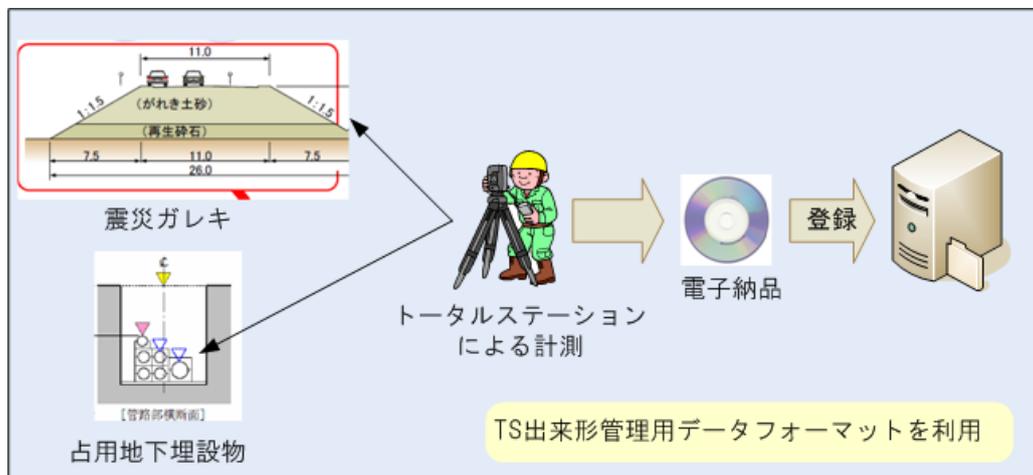


図-3.4.5.14 埋設物管理の流れ

直轄工事の場合には、工事の電子納品 CD から、自動的に必要なファイルを抽出し、システムに登録可能としてある。ただし、埋設物の管理には、位置だけでなく、名称や管理者等の情報が必要となるが、施工管理データは、形状や計測時刻等しか情報を保持できない。そこで、それらの情報を csv ファイルで登録する機能を搭載した。この csv ファイルは、エクセルのマクロを活用した入力シートを用意しており、誰にでも容易に作成することを可能としてある。また、ガレキの性状による保持すべき項目が明確に定まっていないため、管理する対象に合わせて設定することが可能である。

②データ検索機能

管理者がデータを活用する時に、必要な情報を抽出する機能である。データの検索方法として、名称や管理者といった情報を用いて検索する機能と地図上の位置で検索する機能を備えている。

地図検索では、その位置に埋設された物件を一度に表示することが可能である。検索機能で特定の埋設物を選択すると、登録された詳細な情報を閲覧可能である。また、施工管理データは、3次元での表示とデータの出力が可能であり、データを現場に持ち出して TS に登録することで、埋設位置への誘導が可能である。

(4) まとめ

このように、TS を用いた出来形管理を埋設物工事で利用することで、効率的に埋設物管理が可能になると考えられる。試用システムは、事務所等において試用して改良する等、実用化に向けて研究を続けていく必要があるが、その間であっても将来的に管理が必要な埋設物については、TS を用いた出来形管理を行なうことで、取得データが将来の維持管理に利用可能となる。

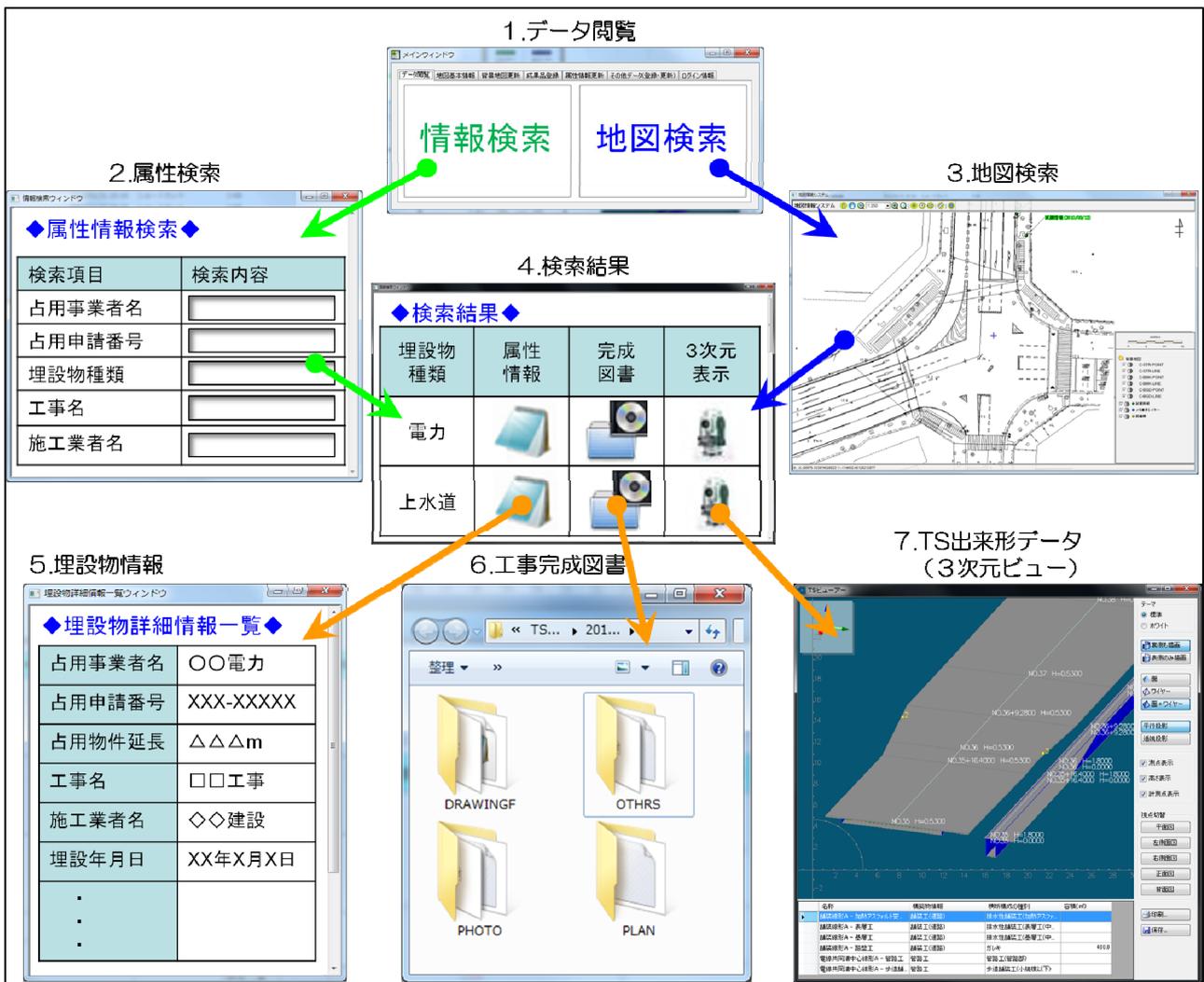


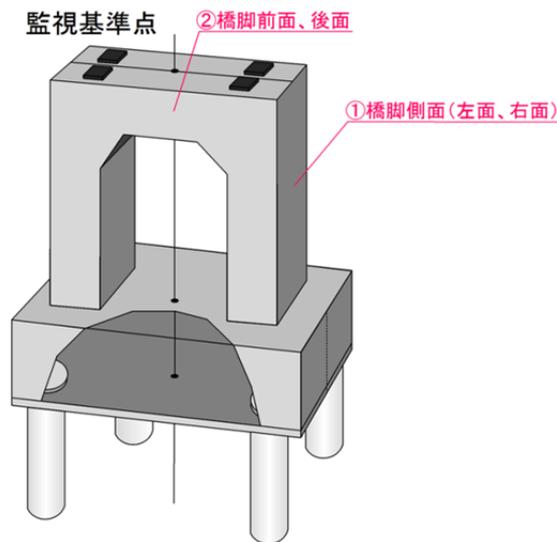
図-3.4.5.15 埋設物管理ソフトウェアの操作の流れ

3.4.5.4 3次元設計データを用いた橋梁の監視技術に関する研究（平成21～25年度）

(1) 研究目的

CALS/ECでは、調査、設計、施工、維持管理にわたり、それぞれのフェーズに必要な情報が上流段階からデータを連携していくことを目標にしている。現在、図面では2次元CADデータとして設計から施工、維持管理でデータを流通する仕組みが構築されている。しかし、2次元CADデータでは、立体構造を平面、縦断、横断図での表現となるために、施工や維持管理に必要な3次元データを直接扱うことができない。このために、一部で3次元設計、製作が進んでいる橋梁に対して、3次元データの流通、利用に関する研究を実施している。その一環として、災害時の3次元データの流通、利用を検討した。

地震や地滑り等が発生すると、橋台、橋脚に変位や移動が生じることがある。しかし、明確な損傷がなければ変位や移動には気がつかないことがあるが、基礎や上部工に影響を及ぼしていることもある。このため、



- ① 橋脚側面(左面、右面)
- ② 橋脚前面、後面
- ※橋脚側面・前面・後面のうち、足場を設けることなく測量できる位置に設置する。

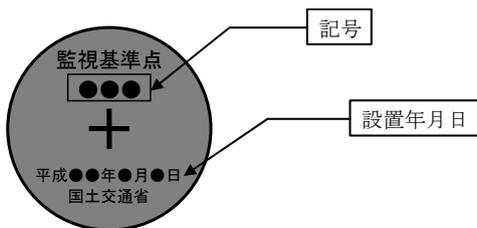


図-3.4.5.16 監視基準点の設置方法
(上：設置位置、下：測量紙)

災害発生後に、変位や移動を確認することが必要である。

橋梁の変位や移動は、もともと設置した位置が分からなければ確認することができない。このため、橋梁完成時に3次元座標を計測し、それを監視することが提案されている。これを実現するための実用的技術を確立するために、研究を実施している。以下に、東日本大震災後に実施した技術の検証等に関する中間的な成果について報告する。

(2) 監視基準点とは

施工から維持管理に引き継がれる3次元情報として、橋全体の変位を継続的に監視するための基準点と3次元座標が必要であることを、橋梁専門家より提案を受けている。このような基準点を監視基準点と定義した。

監視基準点は、施工から維持管理へ引き継がれるポイントであり、構造物を維持管理できる位置座標のことをいう。橋梁構造物が地震などの災害により損傷を受けた場合に、早期に構造物の被災や損傷の把握をすることを目的として構造物に設ける。

(3) 監視基準点の設置方法

橋梁全体の変位、傾斜、ねじれがわかり、比較的簡易に計測できる位置にわかりやすい金属板を設置する。ただし、橋脚の低い位置では、植物が繁茂すると維持管理段階で測量できない場合もあり、また高い位置では足場を設置しないと測量できない場合もある。このため、現場条件に応じて、設置位置を決定する必要がある。

(4) 測量方法

施工時の測量方法は、測量精度の高い反射プリズム方式のトータルステーションを基本とする。

一方、災害時の測量方法は、足場が設置されていないために、橋脚の上部（高所）に人が立ち入って監視基準点にプリズムを立てる行為は、危険を伴うと考えられる。また、ノンプリズム方式でも測量精度が±5mmであり、災害時における構造物の損傷レベルを測るうえでは、構造物の変位が10mm程度であれば、ノンプリズム方式の測量精度でも結果に大きく影響を及ぼすものではないと考えられる。このため、災害時の測量は、ノンプリズム方式のトータルステーションを基本とする。

(5) 監視基準点のデータの作成・流通

監視基準点の3次元座標を標維持管理で確実に流通させる方法として、橋梁座標図に監視基準点の出来形測量結果を追記する方法を提案する。これは、設計から施工に引き渡す3次元設計データとして構造物設置基準点の3次元座標を座標図に作成する方法を提案しているが、設計から引き渡された座標図に監視基準点の測量結果を追記して、工事完成図として電子納品を行う方法である。設計図を利用して施工業者が容易に確実に監視基準点のデータが作成でき、工事完成図として長期に保管できるというメリットがある。

1) スケルトンモデルの利用

スケルトンモデルとは、設計から施工に渡す構造物設置基準点や、施工から維持管理に渡す設置基準点を線で結んだワイヤーフレームの3次元モデルのことをいう。スケルトンモデルは3次元視覚化を行っていることが特徴であり、監視基準点の変位を視覚的に表現することが可能となる。

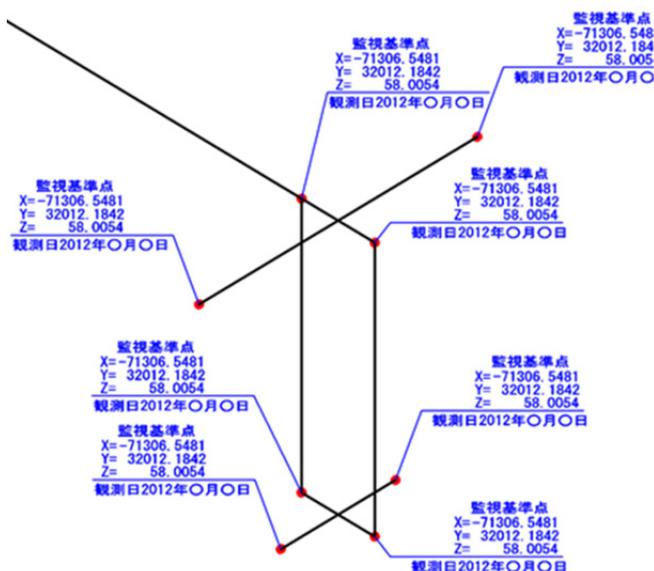


図-3.4.5.17 監視基準点のスケルトンモデル

2) 3次元外形形状モデルの利用

設計段階で、橋梁の外形形状を3次元CADを利用して作成することは、3次元可視化によって複雑な形状をもつ構造でも理解が容易になり、また設計ミスの防止、施工方法の確認など、ミスや手戻りの防止に有効と考えられる。設計段階で作成した外形形状モデルを利用して、構造物設置基準点や監視基準点の座標を旗揚げすることで、視覚的にわかりやすくデータ管理ができる。

(6) 東日本大震災での活用結果

平成22年度橋梁工事における3次元データ利活用

試行補助業務で設置した圏央道平蔵川IC橋(千葉県国道事務所)の監視基準点を平成23年の再測量を行い、橋梁全体の動き・ねじれ等を捉えることが可能なスケルトンモデルを作成し、その実用性を検証した。

過年度成果を精査し現地踏査を行った結果、監視基準点を観測するための基準点や仮BMが亡失していたが、監視基準点は『正常』であることを目視で確認した。このため、基準点や仮BMを設置するための測量を実施した。

なお、監視基準点の計測の際に、基準点(既知点)とした3級基準点自体が2011年の東北地方太平洋沖地震の地殻変動の影響による移動量について確認を行い、今年度(震災後)計測した座標値の補正を行った。監視基準点の測量結果に基づき作成したスケルトンモデル(3次元モデル)を図に示す。

監視基準点の測量結果に基づき、橋脚の変位の状況を以下に示す。

- ・ 橋梁全体が、地震の地殻変動の影響を受けて、南東に17cm程度移動し、5~12cm程度沈下している。
- ・ 各橋台と橋脚の相対的な変位はほぼゼロで、橋台と橋脚の倒れ・橋梁全体のねじりの変状は見られなかった。
- ・ 今回、地震前と地震後の監視基準点の計測結果に基づき作成したスケルトンモデルを計測することで、以上のような橋梁の状態を把握できることが実証できた。

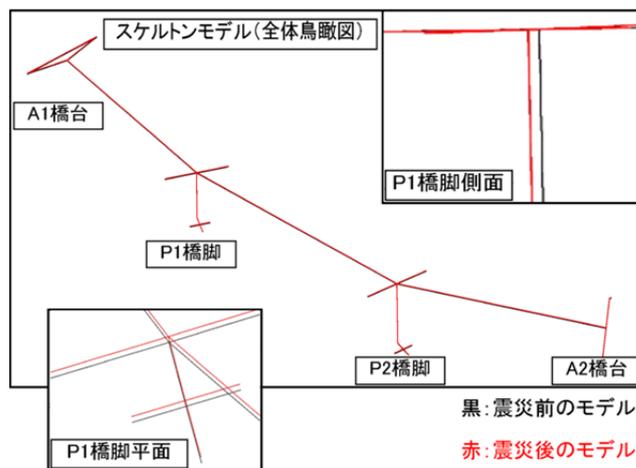


図-3.4.5.18 スケルトンモデルによる変位確認

(7) まとめ

本研究では、橋梁維持管理に必要な監視基準点につ

いて、設置方法、測量方法、データ流通方法を検討し、現地で本研究で提案した方法に基づく検証を実施した。検証に協力いただいた事務所担当者からも、監視基準点の必要性、有効性に関する意見が出され、実用性が確認できた。

監視基準点設置の有効性が確認できたことから、その成果をもとに橋梁の3次元データ流通に係わる運用ガイドライン（案）を策定し、現場試行を実施している。今後は、現場試行で有効性や課題を明らかにして、普及展開を図っていく予定である。