

新技術開発探訪

仙台湾南部海岸堤防 復旧プロジェクトにおける 情報化施工技術の活用状況について

1. はじめに

平成23年3月11日の地震による津波で仙台湾南部海岸では、全ての区間で津波が海岸堤防を越流し、押し寄せる津波や引き波により、堤防の決壊や消波ブロックの飛散など甚大な被害を受けた(写真-1)。

現在、全約65km区間のうち国土交通省では約30km区間の海岸保全施設の本復旧を担当しており、平成27年度までの完了を目指している。

本報告は、仙台湾南部海岸堤防復旧工事の築堤盛土に導入されている新しい施工管理手法(情報化施工技術)の施工実態・課題等について報告するものである。

2. 仙台湾南部海岸の復旧状況

仙台湾南部海岸は宮城県仙台市から福島県境までの3市2町にまたがる延長約65kmの海岸で、背後地は商業、工業などの産業の集積も著しく、東北地方の中核拠点である。このような広範囲に

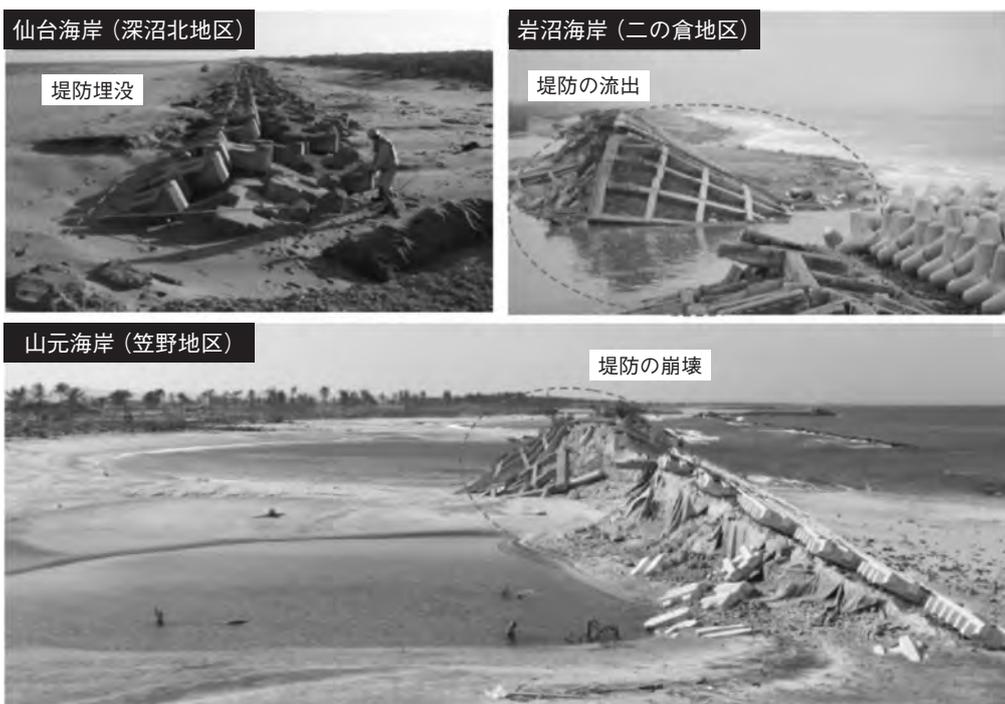


写真-1 海岸保全施設の被害状況

わたる活動拠点の集まる臨海部に津波によって甚大な被害が発生したが、国土交通省と宮城県は一体的な海岸堤防整備を進めるため、宮城県が管理している仙台湾海岸、名取海岸、岩沼海岸（相ノ釜海岸）を権限代行として国が復旧工事を行うこととなった。

東日本大震災では既存の道路が堤防の役割を果たしたが、盛土施工箇所が弱点部となって崩壊や変形を起こした事例や変状した道路もあり、改めて社会資本の整備と品質に対する重要性が認識されることとなった。

このような背景から海岸堤防工事にあっても、より安全な社会資本の整備に向けて、盛土の施工品質の向上、均一化など、土木構造物に対する品質向上が重要となっており、対応策の一つとして情報化施工が活用されている。

3. 海岸堤防復旧工事の特徴

海岸保全施設の本復旧工事では、設計規模を超える巨大な津波が襲来しても堤防の機能が粘り強く発揮され、減災効果の期待できる構造としている（図一1）。

【粘り強い構造とは】

計画規模を超える津波が来襲しても、堤防が破壊、倒壊するまでの時間を少しでも長くする、あるいは施設が完全に流出した状態である全壊に至

る可能性を少しでも減らすといった減災効果を目指した構造上の工夫を施すこと。

また、盛土材として、震災に伴い発生した津波堆積土とコンクリート塊の混合改良土を使用するという震災ガレキの活用も行われている。

4. 海岸堤防復旧工事における情報化施工の活用

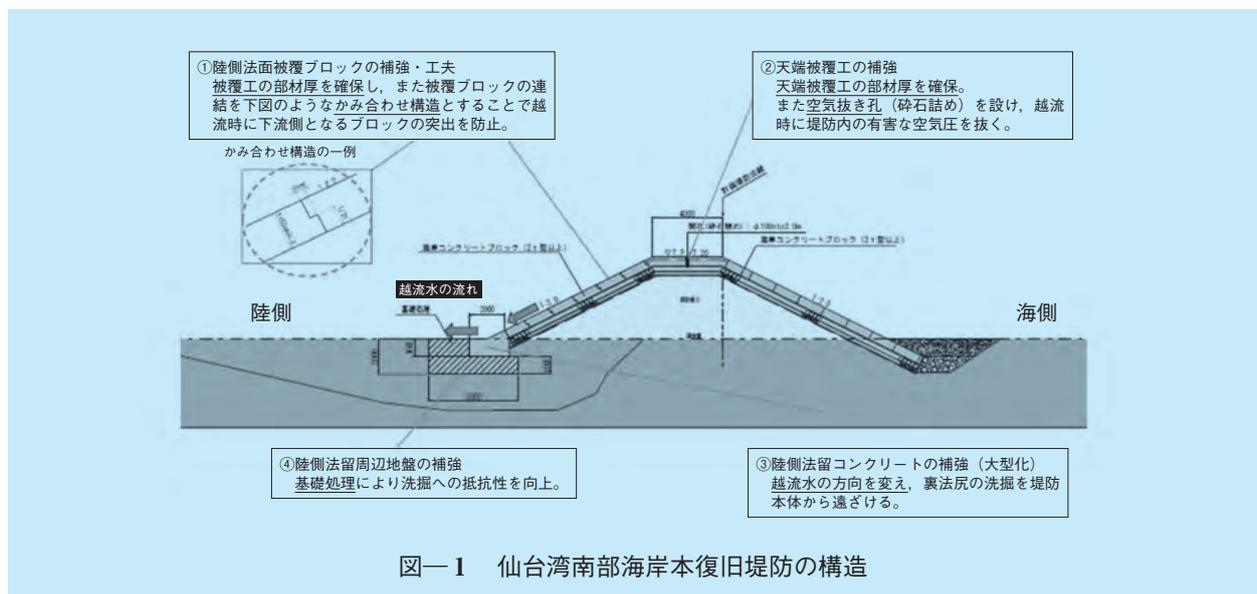
(1) 東北管内における活用状況の推移

東北地方整備局管内における情報化施工の活用技術数の推移であるが、平成24年度末にはTS（トータルステーション（Total Station））・GNSS（汎地球測位航法衛星システム（Global Navigation Satellite System））^(注)を用いた締固め管理技術の活用が大きく増加したこと、特に被災地域での活用割合が多く東北全体の7割以上を占めること等、震災復旧・復興に情報化施工が活用され全体の活用技術数は前年度の4倍以上に増加した。さらに平成25年度でもこの傾向は継続し、前年度とほぼ同様の活用数であった（図一2）。このような活用状況は仙台湾南部海岸に関わる堤防本復旧工事でも同様の傾向である、多くの工事において情報化施工技術が活用されている。

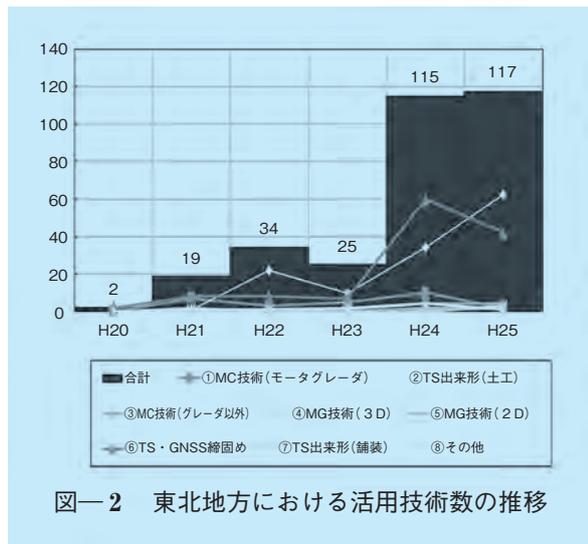
(2) 築堤盛土における新しい施工管理手法

① TS・GNSSを用いた締固め管理技術

海岸堤防復旧工事で導入された情報化施工の施工実態、活用結果について整理分析を行った。整



図一1 仙台湾南部海岸本復旧堤防の構造



図一 東北地方における活用技術数の推移

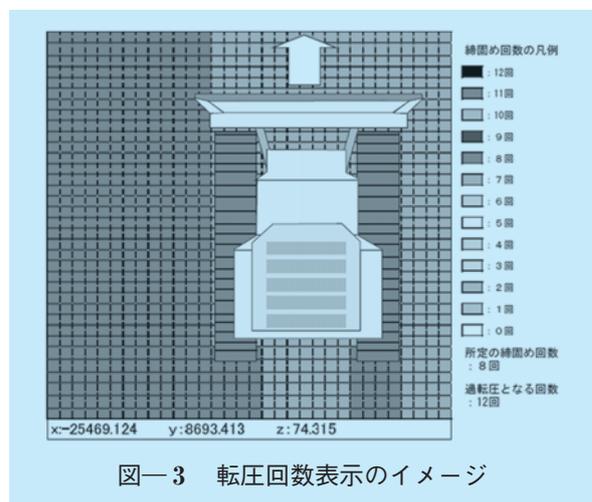
理分析を行う対象は平成24、25年度に施工を行った工事のうち任意の20工事を対象とした。

対象工事に活用されている主な情報化施工技術は築堤盛土における「TS・GNSSを用いた締固めの管理技術」であり、表一1に示す5技術である。内訳としては締固め作業（単独）に対してGNSSまたはTSを測位技術に用いる施工管理（転圧管理）の情報化施工技術と敷均し作業・締固め作業に対してGNSSを測位技術に用いる施工（MG（マシンガイダンス（Machine Guidance））と施工管理（転圧管理）の情報化施工技術に大別される。なお、転圧管理とMG技術は本来、別技術として整理されるが本報告では含めて取り扱う

こととした。

TS・GNSSを用いた締固めは、従来の砂置換法やRI計法による締め固めた土の密度を点的に計測する品質規定方式の代わりに、事前の試験施工において規定の締固め度を達成する施工仕様（まき出し厚、締固め回数）を確定し、実施工ではその施工仕様に基づき、まき出し厚の適切な管理と、TSやGNSSを用いて作業中の締固め機械（振動ローラ等）の位置情報をリアルタイムに計測し締固め回数等の作業履歴・状況を表示・記録することで締固め回数の面的管理を行っていく工法規定方式の施工管理の技術である（図一3）。

TS・GNSSを用いた締固め管理技術の利点として、作業の効率化（密度管理の省略、帳票自動出



図一 3 転圧回数表示のイメージ

表一1 整理分析を行った工事での活用技術

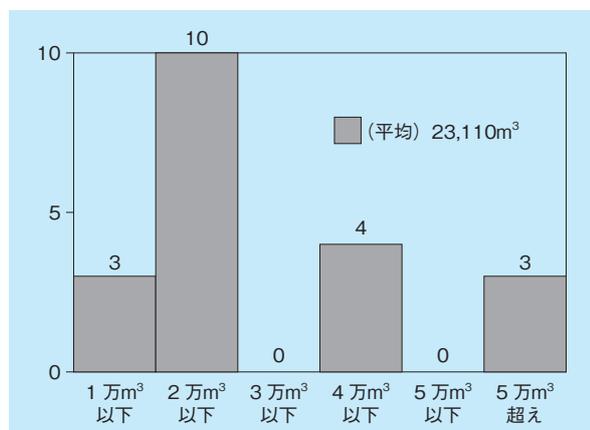
技術名	技術概要
①「GPS・自動追尾転圧締固め管理システム」(KT-010187-V)	締固め機械の位置情報をもとに転圧の過不足なく施工する技術で、従来は、回数管理をオペレータの判断に任せていた。品質管理としては、RI法密度管理試験等のサンプル検査であった。本技術の活用により層ごとの面的管理が行われ品質の向上が図れる
②「GPSによる盛土の敷均し・締固め管理システム」(KT-060123-V)	盛土の締固め施工管理をするシステムで、重機上でリアルタイムに施工結果の確認ができ、これらのデータは電子化し保存・帳票出力することができる。丁張り目視確認による敷均し作業をGPSまたはTSとガイダンスシステムにより、正確かつ迅速に行うことができる
③「TS・RTK-GPSによる転圧管理システム(GPRoller)」(TH-100008-V)	締固め機械による締固め作業において、施工時の転圧回数ならびに走行軌跡をリアルタイムに測定・表示する技術。GPS・自動追尾TSの活用により、従来の点的管理から、施工エリア全体の面的管理を可能とした
④「締固め管理システム(SiteCompactor)」(QS-070022-V)	3次元測位データを利用した締固め回数と位置および高さをリアルタイムに管理する技術である。また、施工結果をオフィスソフトウェアで電子管理することにより必要な情報の帳票化やCADファイル出力、電子データ納品を可能とした技術である
⑤「TENav」(CB-100041-A)	盛土工の締固め管理について情報化施工を行う技術であり、従来はRI計法で対応していた。TSあるいはGPSを用いて締固め機械の位置座標を計測し、リアルタイムで締固め回数をモニター表示することにより、盛土全体の面的管理が可能となる技術である

(注) GPS (Global positioning System) は米軍が開発し、民生用に利用されている衛星測位システムであり、米国のGPSの他、ロシアのGLONASS (Global Navigation Satellite System)、欧州等のGALILEO等々も含む、人工衛星を利用した測位システムの総称がGNSSである。

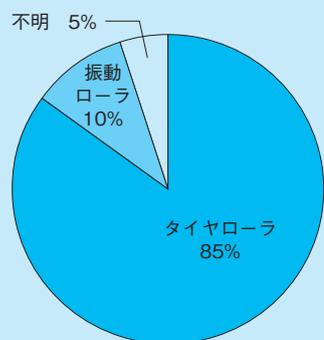
力)、品質の確保(面的管理による均一化)、安全性の向上が期待できる。特に事前の試験施工において確定した施工仕様でTS・GNSS締固めを用いる場合、現場密度試験を不要としており、そのため現場密度試験の写真管理も不要となる。

なお、対象工事の情報化施工の全体施工数量(盛土工)および施工機械のうち締固め機械の動向、測位技術の方式を、おのおの図一4～6に示す。

情報化施工の活用では測位技術が必須であり、効果的な活用に当たっては、その選定が重要とな



図一4 一工事当たりの全体施工数量(盛土工)



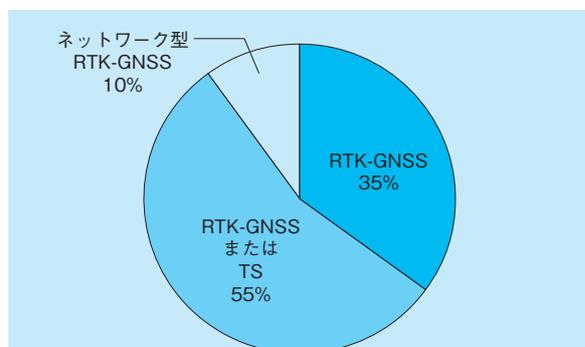
図一5 施工機械(締固め)の動向

るが、周囲が海岸であり電波障害物がなく上空視界が確保されているため、衛星の捕捉状態および電波の状態がよいことから今回はGNSSを利用した測位方式が多くなっている。

② 活用結果

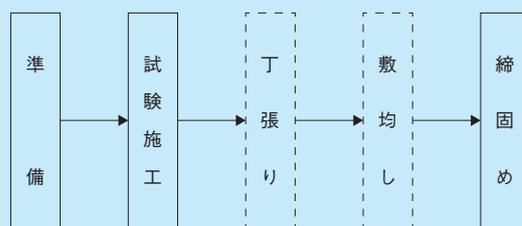
情報化施工による施工フローを図一7に、施工状況写真を写真一2～5に示す。TS・GNSSを用いた締固め管理技術の効果の一つとして作業の効率化があることから、測量や丁張りおよび現場密度試験等の省略による工程短縮の有無と、その際の短縮日数をまとめた。情報化施工導入による工程短縮効果を図一8に示す。

今回、整理分析の対象とした工事の75%で工程



図一6 測位技術の方式

(注) RTK(リアルキネマティック (Real Time Kinematic) -GNSS)



図一7 施工フロー図



写真一2 キャリブレーション状況



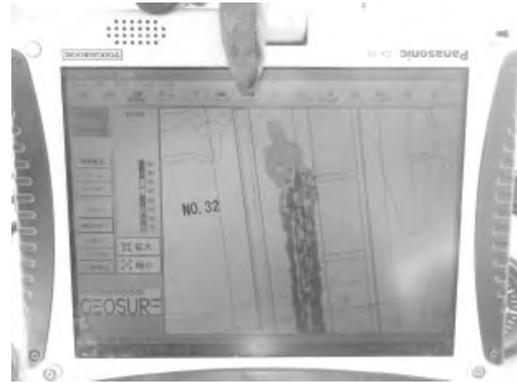
写真一3 試験盛土転圧状況



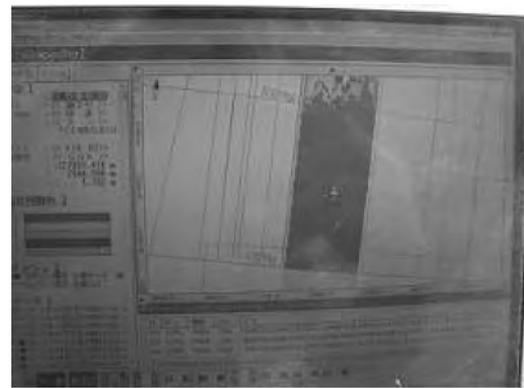
写真一4 転圧状況①



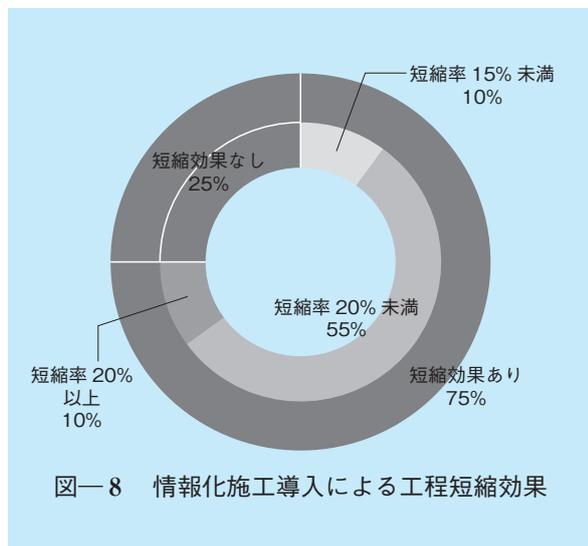
写真一5 転圧状況②



写真一6 モニタ表示される転圧回数①



写真一7 モニタ表示される転圧回数②



図一8 情報化施工導入による工程短縮効果

短縮効果があり、平均で16%程度の工程短縮があったという結果となっている。

海岸堤防復旧工事関係者のTS・GNSS締固め管理技術を活用しての評価は下記のとおりである。

- ・運転操作技量だけでなく、オペレータが常にモニタで施工内容の確認等を行うことでより効率よく施工が可能となり、熟練度への依存度が減少して、施工性の向上や工期短縮につながる。

- ・RI計測または砂置換法による現場密度試験を行う場合、試験中には次層の施工ができないのに対して、転圧回数管理方式によって施工することから、施工中の現場密度試験を省略し、連続で盛土施工が行えるので工程の短縮になる。
- ・転圧回数の面的締固め層厚の管理を施工と同時に確認できるため、転圧不足・過転圧が確実に防止でき、点の管理から面的に品質の管理が可能となり、締固め度の均一化、築堤品質の均一化が図られ品質の向上になった。
- ・試験施工により目標以上の密度となる転圧回数を設定し、それをもとに転圧回数による管理を行い現場密度試験（RI法、砂置換法）を省略できるので品質管理項目および頻度が減少した。
- ・帳票管理が迅速に行えるので、締固め状況の早期把握が可能であり、品質管理に要する時間がかなり短縮されるとともに管理業務の効率化が図られた。
- ・丁張りや測量、測定作業など作業範囲内での補



写真一8 MC技術（ブルドーザ）施工状況

助作業が減少するため、重機と近接して行う人力作業と法肩付近での人力作業が減少することから、重機災害および法肩からの転落災害の危険性が低下し、安全面においても作業環境が向上した。

③ MC技術（ブルドーザ）

TS・GNSSを用いた締固め管理技術以外にもMC（マシンコントロール（Machine Control））技術が撒出し、敷均し作業に活用され、締固め管理技術と組み合わせることで効果を上げている。MC技術は、建設機械に搭載されたコンピュータに施工範囲の3次元設計データを搭載して、3次元設計データ上の建設機械の自己位置を把握することで、設計データの形状に合わせて建設機械が自動制御を行うことで施工が可能となる技術である。

5. 情報化施工の活用における課題

築堤盛土での情報化施工を活用する上で今回、以下の課題も挙げられている。

- ・工事の全工程のうち部分的な活用であったため作業時間の短縮にはつながったが、大きな工期短縮までは至らなかった。
- ・コンクリートブロック等の据付けを行うため盛土施工の休止がある場合には、ブロックの据付けがクリティカルとなるため、情報化施工による効果が期待できない。また、盛土の日当たり



写真一9 ブロック据付け後の施工状況

施工量がダンプトラックの確保台数にコントロールされる場合があり、復興工事特有の課題もある。

- ・近接作業に伴う災害は減少するが、オペレータがモニタ画面に気をとられ、従来に比べ周囲の状況確認を疎かにしたり、法肩部の転圧時には転落事故につながる可能性がある。

6. おわりに

情報化施工技術のうち「TSによる出来形管理技術（土工）10,000m³以上」は平成25年度から一般化され、他の技術も一般化を目指して各工事での積極的な活用や各種の試みがなされている。

情報化施工は、欧米諸国ではすでに一般的な施工・施工管理技術として広く普及しているが、国内においては地域や技術によっては未だ十分な浸透には至っていない現状もある。震災復興関連事業の増大により、資機材・人員確保が困難な状況が続いており、施工の効率化・高品質化に寄与する情報化施工は発注者・施工者双方にメリットがあることから、新しい施工方法である情報化施工の普及に向けた技術支援が必要である。

【参考文献】

- 1) TS・GNSSを用いた盛土の締固め管理要領
- 2) 情報化施工推進戦略（平成25年3月29日策定）