

CSG工法における防潮堤の施工について

宮城北部森林管理署 海岸防災林復旧対策事務所
海岸防災林再生専門官 三塚幸仁

1. はじめに

平成23年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震（M9.0）の発生に伴う高さ10mを越える大規模な津波により、海岸防災林や防潮護岸等の治山施設が壊滅的な被害を受けた。

宮城県気仙沼市本吉町の大谷海岸に位置する三島国有林は、既設防潮護岸約1.0kmのうち、約500mの区間が津波により倒壊・流失したほか、残存する施設も沈下、亀裂、傾倒等の被害が生じた。また、震災前より潮害防備保安林として背後地を保全してきた海岸防災林はその殆どが消失した。（図－1、写真－1）

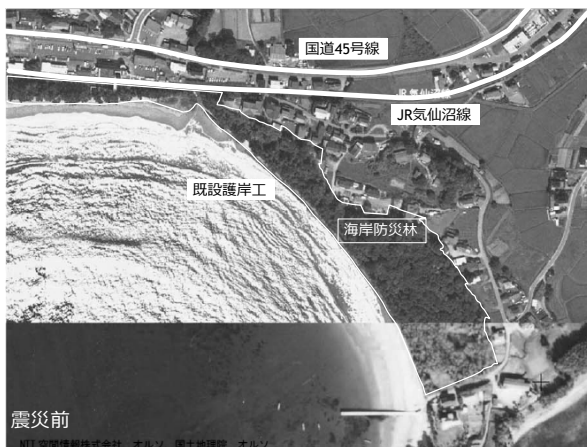
そのため、復旧にあたっては、今後の津波や高潮から背後を保全するため、「宮城県沿岸の海岸防潮堤の設定」に基づき高さ9.8mの防潮堤を計画した。



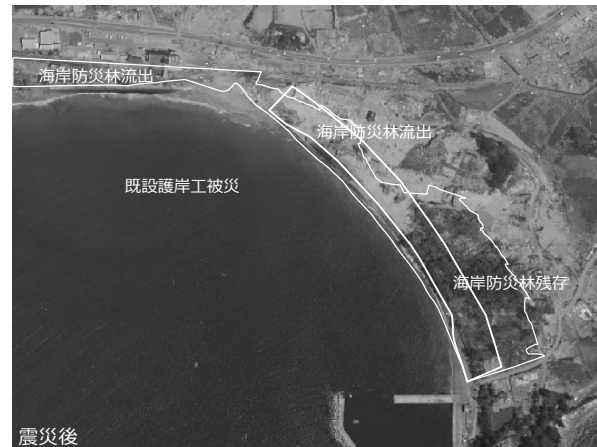
図－1 位置図



写真－1 被災後



震災前



震災後

写真－2 被災前後の大谷海岸

2. 防潮堤の概要

(1) 防潮堤の計画

防潮堤の当初計画では、被災した既設防潮護岸約1.0kmの位置で国有林からはみ出さないよう砂浜にせり出す形で計画した。

しかし、多くの住民が地域再生を図る必要から砂浜を確保するよう行政側に防潮堤のセットバックを求め、国、県、市と協議を重ねた結果、当初計画を大幅に変更し、海水浴場とする南側約600m区間を

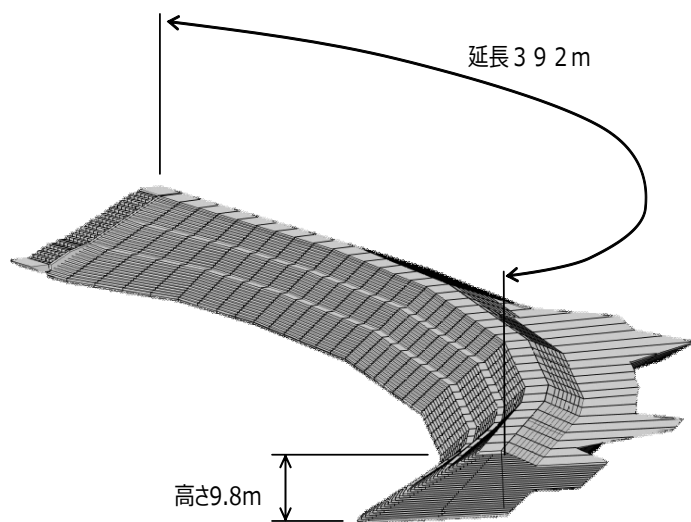


図－2 復旧イメージ図

国土交通省に所管の上、国道嵩上げによる防潮堤の兼用堤とし、工事を宮城県が担当することとなり、残り400m区間を林野庁にて施工することとなった。(図－2)

(2) 防潮堤の整備方針

CSG (Cemented Sand and Gravel) とは、構造物建設サイト近傍で容易に入手できる岩石質材料にセメント、水を添加し、簡易な練り混ぜにより製造される材料である。本材料は、台形CSGダムの堤体材料としても使用されており、永久構造物として必要強度が確保されるものである。なお、CSG工法による防潮堤は全国で4例目であり、がれきを用いたものとしては福島県の夏井海岸に次いで2例目、さらには林野庁としては初となる防潮堤である。(図－3)



図－3 CSG堤イメージ図

(3) CSG 堤の概要

今回施工した防潮堤は、震災により被災した住宅基礎や既設防潮護岸など、本来は廃棄物処理をしないといけない震災がれき由来のコンクリート殻をはじめ、応急対策にて設置した大型土のうの中詰材等を原材料として築堤することが可能なCSG工法を用いることとした。そうすることにより、資源の有効活用による廃棄物軽減と環境に寄与するものとして考えた。堤体高さ9.8m総延長392mのうち、CSG堤は372m、堤体体積46,251m³ (コンクリート殻17,761m³、混合再生砕石 (RCM40)^{*1} 27,701m³、割栗石を破碎した大割材789m³)、残

*1 コンクリート再生砕石 (RC-40) とアスファルト再生砕石 (AS-40) を混合した砕石

り20mについては傾斜堤とした。(写真－3)

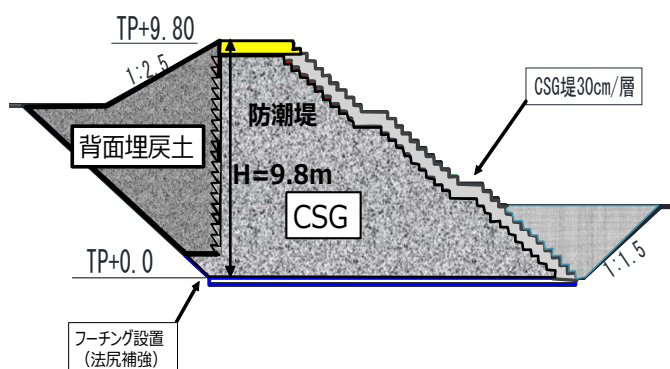
(4) CSG堤の構造

CSG堤の形状は1:1.5とした。前面には波浪からの保護のため階段状の保護コンクリートを配置し、洗掘防止のため法尻から1m以上の根入れを確保している。裏法は直角台形を基本形状とすることから鉛直とし、法尻補強のためフーチングを設け、CSG堤の背面を環境や景観に配慮する必要から、隣接する傾斜堤との接続を考慮し、同様の勾配1:2.5の埋戻、盛土とした。

なお、CSG堤本体は1層30cmで31層転圧し、それに合わせ保護コンクリートを同じ厚さ30cmで階段状に打設した。(図－4)



写真－3 コンクリート殻

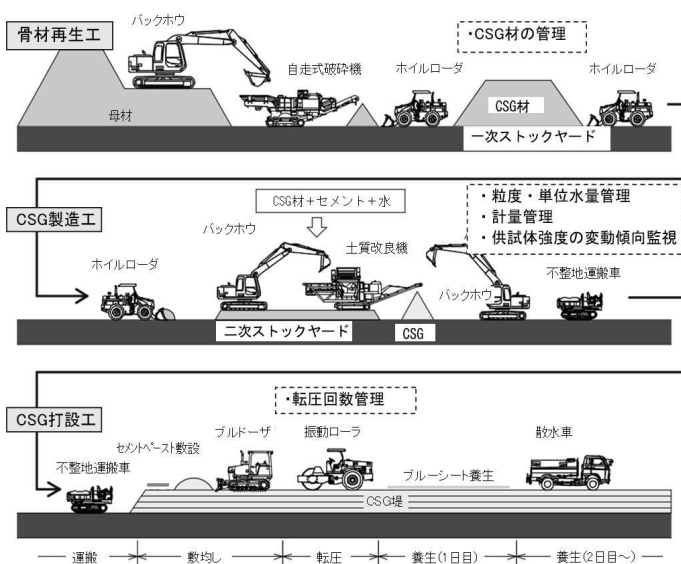


図－4 CSG堤構造図

3. CSG防潮堤について

(1) CSG工法の概要

CSG工法とは、先にも述べたように母材^{*2}となる岩石質材料にセメント、水を添加し、簡易な練り混ぜにより製造したCSGを敷き均し、転圧することで、ダム^{*3}の堤体などを構築する工法である。具体的には、破碎してできたCSG材^{*3}にセメントと水を一緒に土質改良機へ投入し、投入後、混合してCSGを製造する。そして製造したCSGを打設箇所へ運搬し、ブルドーザで敷き均しをした後、振動ローラにて所定の転圧回数で転圧、養生する。この場合の転圧回数は試験施工により決定する必要がある。(図－5)



図－5 CSG施工フロー

*2 現地発生材などCSGの原材料

*3 母材を破碎等により加工した材料

(2) CSG材の配合計画及び使用計画

今回使用した材料は、震災で発生したコンクリート殻、応急工事で設置した耐候性大型土のうの中詰材であるRCM40、割栗石を破砕した大割材と不均一である。このため、試験施工結果により、基礎を含む3層目迄は、最大必要強度が得られたRCM40のCSGとし、コンクリート殻のCSGは4層目以降に用いた。(図-6)

また、堤体上部に上がるに従って必要CSG強度が小さくなることから、配合セメント量を 1m^3 当たり $100\text{kg} \Rightarrow 80\text{kg} \Rightarrow 60\text{kg}$ と減じ、経済的な配合にすることとした。(図-7)

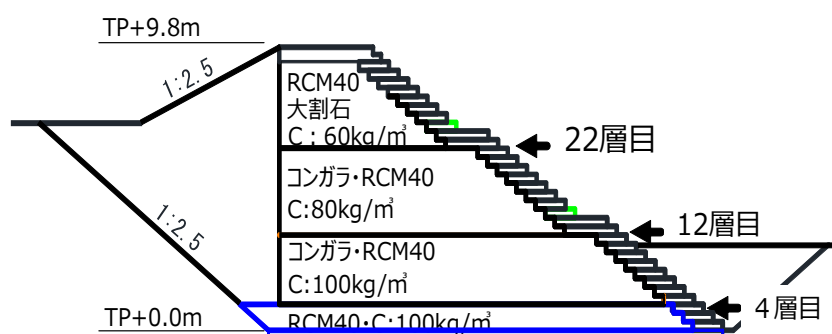


図-6 CSG使用計画図

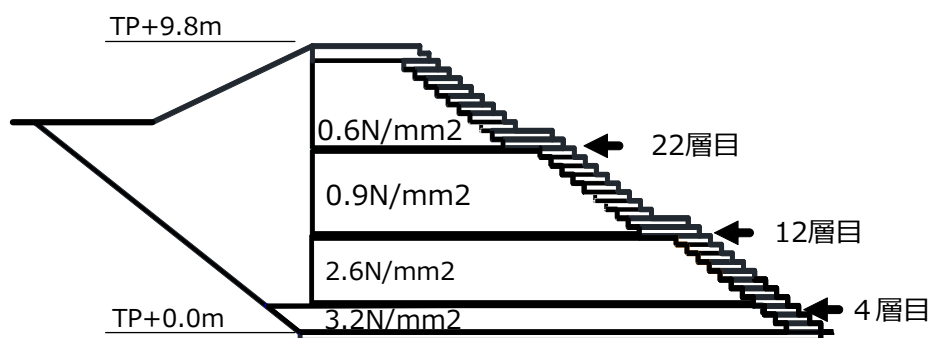


図-7 CSG必要強度

(2) 施工管理と品質管理

骨材再生工では、母材であるコンクリート殻等を自走式破砕機にて破砕したCSG材の管理として、表乾密度・吸水率、粒度、表面水量管理を行った。

CSG製造工では、CSGの粒度及び単位水量管理、計量管理、供試体強度の変動傾向の監視を行い、コンクリート殻では粒径 40mm 以上を篩い分け、直径 10cm 、高さ 30cm の標準供試体を作成し強度試験を行った。

また、採取した材料を篩い分けしないまま、直径 30cm 、高さ 60cm の大型供試体をCSG打設日毎に製作し、相関を確認した。

CSG打設工では、転圧回数管理のほかに、現場密度管理を実施した。(写真-4)



写真－４ 日常品質管理試験状況

(3) CSG工法の経済性

CSG工法による防潮堤と一般的な直立型重力式コンクリート防潮堤と比較した。施工規模や仮設工が異なるため、同規模比較となるよう延長100mあたりの堤体本体のみの数値ではCSG防潮堤は、工期が3か月・工事費1.9億円、直立型重力式防潮堤は工期が4.5か月、工事費2億円となり、CSG防潮堤の方が安価で施工性に優れていることが確認できた。

4. 施工中のトラブル対策及び留意点

(1) CSG材混入物による土質改良機のベルト損傷と対応策

本工事で使用した震災がれきは、被災した既設護岸や住宅基礎などの鉄筋コンクリートの為、破碎の際に発生する金属屑を除去する必要があった。

自走式破碎機には磁力選別機が付いており、金属屑を除去する構造となっていたが、磁力選別機の処理能力を超える量の金属屑が発生したため、完全な除去には至らなかった。その為、CSG材に残った金属屑がCSG製造用の土質改良機のベルトコンベヤーのベルトを切断、損傷させる事態となりCSGの製造中断を発生させた。

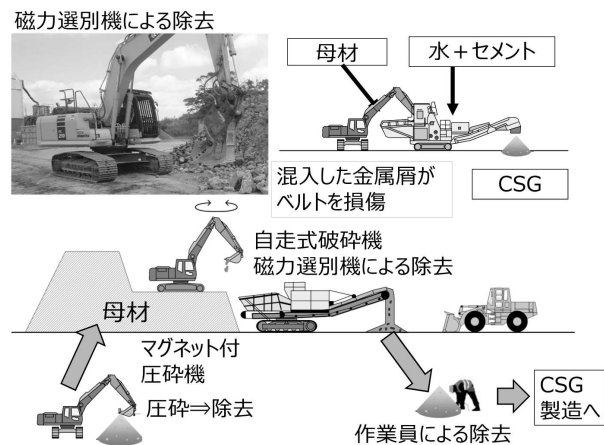
そこで、マグネット付圧碎機を用いて破碎機に投入する前に金属屑を除去することで、投入時の鉄筋量を減らし、磁力

選別機の負担を減らした。

更に、選別専用の作業員を配置し、目視確認できる金属屑やプラゴミ、木くず等を除去したことで、CSG製造時の機械トラブルを回避した。

(2) CSG打設仕上りの問題点と改善策

コンクリート殻を用いたCSGの現場転圧試験時に打設仕上がり面に不均一な状態が見受けられた。40mm～80mmの大きい粒径がセメントペーストの付着が十分でない、浮いた骨材



図－８ 磁力選別機による選別

が散見される傾向が確認された。

その為、CSGを製造直後にダンプへ積込む際、粒度分布に偏りが出ないように積込用バックホウで事前に均一になるよう攪拌した。

また、打設箇所でブルドーザーによるCSG敷き均しをする際、荷卸し後の法裾部に大粒径材の集中を解消するため、ブルワークにて粒度を均一にしてから全体を敷き均した。この改善策を実施し、緻密な出来栄への改善効果を得ることができた。

(3) 景観への配慮

今回、防潮堤事業の着手にあたり、地元からの要望として、防潮堤基礎の床堀の際に発生する砂を利用して保護コンクリート前面を砂で覆土することにより将来、海浜植物の埋土種子による緑化を期待しました。

また、住民の多くが望んだ自然豊かな砂浜存続のため、工事により失われる可能性が高い海浜植物の保護にも努めた。地元のまちづく検討委員会と共同し、ハマニガナ、コウボウムギ、ハマボウフウなどの貴重な海浜植物

を工事着手前に採取し、大谷小学校の花壇に

大谷の子ども達と一緒に仮移植し、今後、覆土した防潮堤前面の砂浜などに移植される予定である。



写真－5 防潮堤の覆土

5. おわりに

今後の取組として、CSG材を製造するために必要な使用機械の小型化とヤード確保が重要と考えます。

今回の工事では、施工機械は汎用重機を使用し、CSGの製造ヤードやセメントペーストの製造設備、資材置場など約1.0haという広大な面積を要した。

今後CSG工法を採用するにあたり、事業規模にもよるが、施工場所によっては施工機械の小型化、作業ヤード確保がクリアすべき課題であると考えられる。

また、初採用の工法のため、日々の出来形管理や施工管理、そして品質管理をどこまですべきか悩んだところである。

特に暑中のCSG製造は、材料の水分が蒸発するため、含水量を1時間ごとに測定し、CSG製造時に添加する必要水量を常に調整し、適切な性状を確保するなど品質管理には大変苦慮した。今回の施工にあたり作成した膨大な管理資料が今後の林野庁におけるCSG工法の礎となることを願うものである。

最後に林野庁として初の試みとなったCSG工法による防潮堤は令和2年10月をもって無事完成した。

今後はこの事業の成果が他の治山事業のパイオニア的な存在となることを願うとともに、引き続き日々の研鑽を図る所存である。

謝辞

本発表に際し、工事受注者である株式会社フジタの技術スタッフ並びに工事担当者の皆様に多大なご協力を頂いた事に感謝申し上げます。



写真－6 堤体完成写真

参考文献

- ・台形CSGダム設計・施工・品質管理技術資料（一財）ダム技術センター H24.6
- ・夏井地区海岸 CSG 海岸堤防技術資料 平成25年10月福島県いわき建設事務所
- ・平成29年度三島海岸第2治山工事実施設計業務