

ジオシンセティックス補強土構造物による 災害復旧対策

剛壁面補強土工法 (RRR (スリーアール) 工法) による強化復旧対策

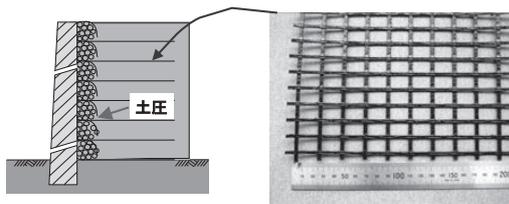
岡本 正 広

我が国は、色々な自然災害による被害大国である。近年では、平成7年の兵庫県南部地震、平成23年の東北地方太平洋沖地震、平成28年の熊本地震に代表される大規模地震や平成24～25年にかけての北九州や山口・島根両県を襲った集中豪雨、あるいは、毎年上陸する台風などの自然災害によって未曾有の被害が発生している。本報告では、これら自然災害によって破壊された構造物の強化復旧対策として採用されたジオシンセティックス補強土構造物による災害復旧工事について紹介する。

キーワード：ジオシンセティックス、補強土、災害復旧、大規模地震、集中豪雨、台風

1. はじめに

ジオシンセティックス補強土構造物（以下、「GRS構造物」と称す）とは、曲げ剛性を有する一体の壁面工と面状補強材とを用いて急こう配、あるいは鉛直壁面を構築する盛土補強土擁壁（以下、「GRS擁壁」と称す。図-1）と橋台・橋脚を構築する補強土橋台・橋脚（以下、「GRS一体橋梁」と称す。図-7, 8）、および防潮堤などを構築する水際防災補強盛土（以下、「GRS盛土」と称す。図-6）などを指す（GRS: *geosynthetic-reinforced soil structure*）。



- ・見掛けは、通常のRC擁壁
- ・面状補強材は、土との噛み
- しかし
- ・全く新しい形式の擁壁
- 合わせが良く、土と一体化する

図-1 「GRS擁壁」の概要¹⁾

「GRS構造物」は、面状のジオテキスタイル補強材で補強した盛土を建設後、支持地盤と盛土の変形が十分に生じたことを確認してから、剛で一体の壁面工をジオテキスタイル補強材と連結しつつ建設する（図-2）。したがって、主動域の安定・補強材の引張り力発生に壁面工が重要な役割を果たしている^{1), 2)}。

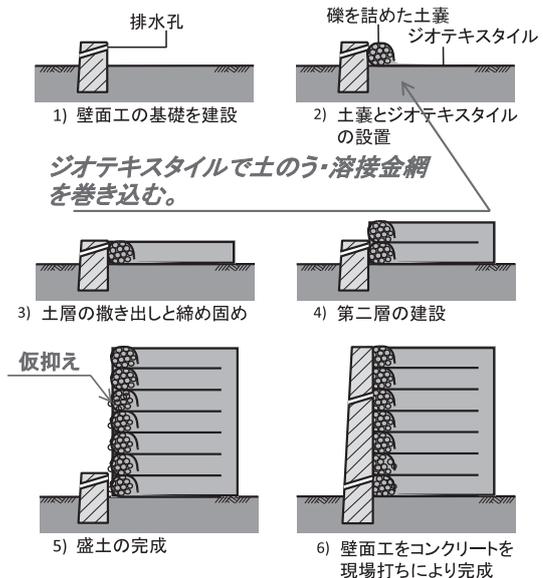


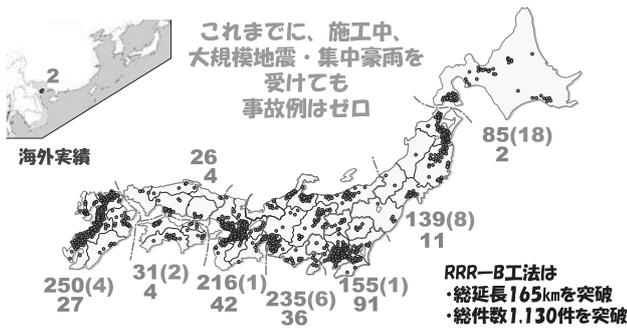
図-2 「GRS擁壁」の施工方法（段階式施工）¹⁾

2. 「GRS擁壁」の特長

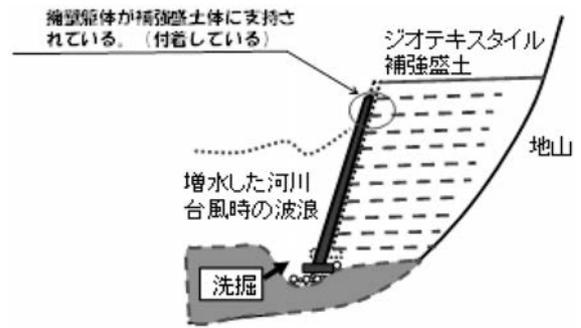
「GRS擁壁」は、現在（平成28年3月末）までに総延長165km、総現場数1,130ヶ所以上を超える実績があるが、施工中・施工後を含めて事故はゼロである（図-3参照）。

1995年1月の兵庫県南部地震や2011年3月の東北地方太平洋沖地震では数多くの従来の擁壁、橋脚・橋台、あるいは高架橋などに大きな被害が生じたが、激震地に設置されていた本工法で構築された「GRS擁壁」にはほとんど被害がなく、極めて高い耐震性が証明されている¹⁾（写真-1, 2参照）。

「GRS擁壁」の主な特長を以下に示す。



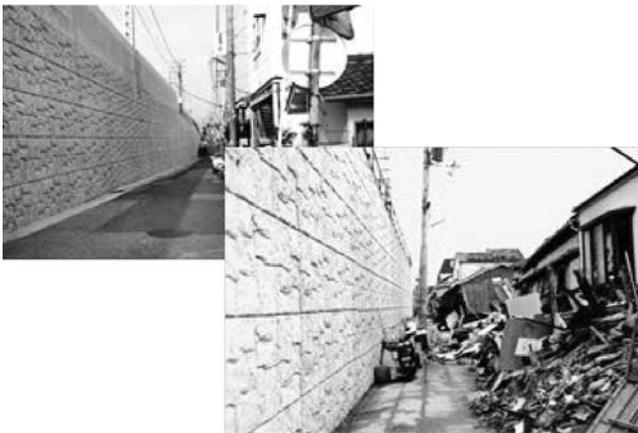
図一 3 「GRS 擁壁」の実績（平成 28 年 3 月末現在）



図一 4 剛な一体壁面の支持形式の説明図



写真一 1 兵庫県南部地震での従来工法の被災例¹⁾



写真一 2 兵庫県南部地震（震度 7 超）の激震地（通称、たなた地区）の「GRS 擁壁」の状況¹⁾

支持地盤が洗掘されても擁壁全体は容易には転倒しない。このため、河川に面して洪水を受ける護岸構造物や外洋に面して波浪を受ける護岸構造物にも適用できる（図一 4）。

3. 大規模（レベル 2）地震災害復旧の施工事例³⁾

(1) 被災状況および経緯

平成 23 年 3 月 11 日に発生した東日本大震災によって、三陸鉄道北リアス線は甚大な被害を受けた。特に、鳥越駅付近においては、駅および近接する松前川橋梁、コイコロベ沢橋梁、ハイベ沢橋梁が流出するなど、被害が深刻であった（写真一 3）。



写真一 3 東日本大震災における津波による被災例³⁾

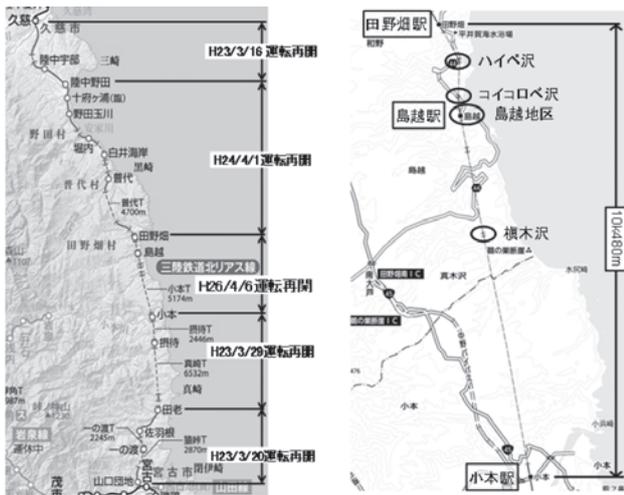
- 1) ジオテキスタイル補強材層と剛な壁面工が一体化しているため、擁壁全体の安定性が非常に高くなり完成後の変形を小さく抑えることができる。
- 2) 剛な一体壁面工は、防護柵（ガードレール）、遮音壁、電柱などの上部構造物の基礎として機能することができる。
- 3) 壁面工の間際まで道路・鉄道として使用できる。このため、用地は従来の盛土工や他の補強土工法と比較して大幅に縮小できる。
- 4) 基礎地盤や盛土自身の変形が十分に生じてから、壁面工コンクリートを現場で打設する段階施工のため、剛な一体壁面工と補強材との連結部が相対沈下で損傷しない。
- 5) ジオテキスタイル補強材を介して剛な一体壁面工と盛土が一体化しているため、壁面工の

懸命の復旧作業により、順次、運転再開区間が拡大し、小本・田野畑間が最後まで不通区間となっていたが、線路の復旧が終わり、平成 26 年 4 月 6 日に全線開通した（図一 5）。

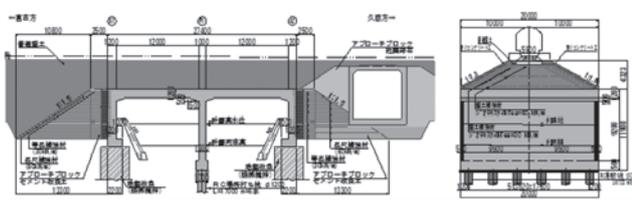
(2) 復旧対策の概要

鳥越地区は、被災前の高架橋形式から、第二線堤的な役割が期待できる盛土形式「GRS 盛土」にて復旧されることとなった。松前川との交差部は、門形カルバート形式が採用され、ここに「GRS 一体橋梁」が適用された。また、道路との交差部には、Box カルバートが設置され、この袖壁に「GRS 擁壁」が採用された（図一 6）。

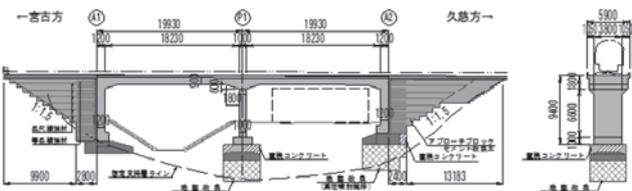
コイコロベ沢では、既設の単純桁 2 連（RC 桁（L



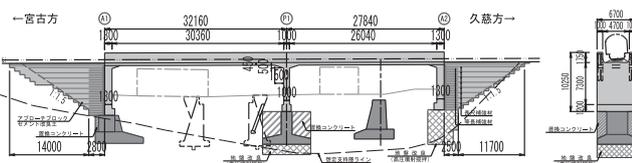
図一五 三陸鉄道北リアス線復旧経緯・工事位置³⁾



図一六 松前川橋梁「GRS一体橋梁」³⁾



図一七 コイコロベ沢「GRS一体橋梁」³⁾



図一八 ハイベ沢「GRS一体橋梁」³⁾

= 20.0 m) + PC ホロー桁 (L = 20.0 m)) が津波により流失し、既設橋台 2 基および既設橋脚 1 基は、躯体部に損傷を受けた。そこで、既設橋台 2 基および既設橋脚 1 基の躯体部の撤去と 2 径間連続 RC ラーメン橋「GRS 一体橋梁」の構築により復旧することとなった(図一七)。

ハイベ沢では、既設の単純桁 2 連 (PC 下路桁 (L = 32.1 m) + RCT 形桁 (L = 16.6 m)) と起点方の既設橋台 1 基が津波により流失し、既設橋脚は躯体基部に洗掘を受けた。そこで、既設橋台 2 基および既設橋脚 1 基の躯体部の撤去と 2 径間連続 SRC 下路ラーメン橋「GRS 一体橋梁」の構築により復旧することとなった(図一八)。

4. 集中豪雨災害復旧の施工事例⁴⁾

(1) 被災状況および経緯

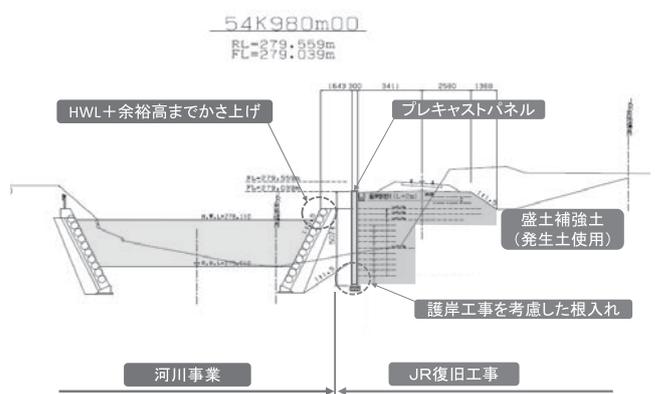
平成 25 年 7 月 28 日の山口県・島根県豪雨災害では、JR 山陰線・山口線が甚大な被害を受けた。特に JR 山口線の船平山～津和野間では、白井トンネル出口付近(新山口駅起点 54 k700 m 付近) から 58 k400 m 付近まで約 4 km にわたり大規模な盛土崩壊が多数発生した(図一 9、写真一 4)。当該区間は名賀川と近接していることから、河川管理者である島根県で計画されている河川改修計画と調整を図る必要があった。図一 10 に河川管理者と調整された結果を示す。



図一 九 船平山～津和野間 被災概要⁴⁾



写真一 四 名賀川近接部被災状況⁴⁾



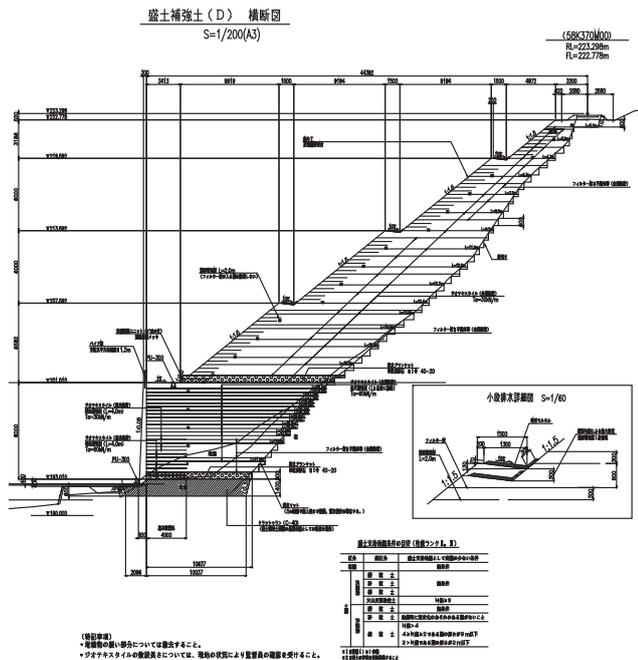
図一 十 河川事業との施工区分⁴⁾

(2) 復旧対策の概要

当該箇所は、名賀川に近接した狭隘な位置にあるため、土構造標準に定められている標準のり面勾配 (1:1.8) を満足しない。そのため、補強盛土とすることで勾配を急にし、のり尻に盛土補強土壁を構築することになった(写真—5)。復旧計画図を図—11に示す。



写真—5 「GRS擁壁」の施工状況⁴⁾



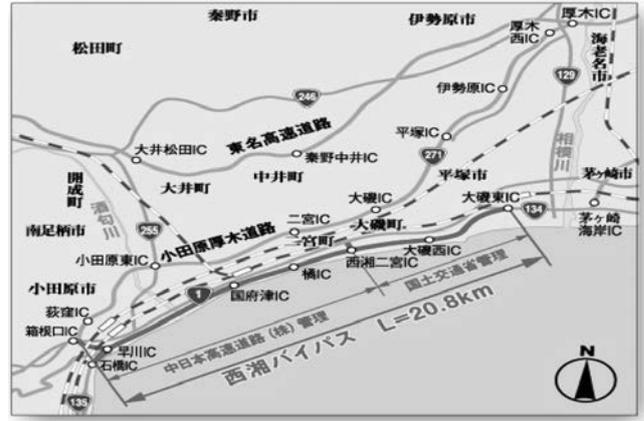
図—11 「GRS擁壁」による復旧対策⁴⁾

また、崩壊斜面から湧水が見られたため、盛土内の水位上昇を抑制することが重要であった。そこで盛土内部に浸透した雨水や湧水が溜まらないよう、盛土補強土壁下部および上部に単粒碎石からなる排水ブランクネット層を排水対策として設置することとなった。

5. 台風災害復旧の施工事例⁵⁾

(1) 被災状況及び経緯

平成9年9月7日2:00頃に小田原市付近に上陸し



図—12 西湘バイパスの概要 (出典：横浜国道事務所 WEB サイト⁶⁾)



写真—6 被災時の様子 (出典：横浜国道事務所 WEB サイト⁶⁾)

た台風9号によって海岸沿いを走る国道1号西湘バイパス (図—12 参照) の一部区間 (大磯 IC から西湘二宮 IC) の道路護岸が崩壊した (写真—6)。国土交通省は速やかに調査検討委員会を設置して、原因究明と対策工法の検討が行われた。

その結果、被災後約3週間で応急復旧工事により、車両通行が可能になり、平成20年4月には暫定4車線が開通する運びとなった。その後、平成20年6月初旬に本復旧工事 (消波ブロック、吸出し防止鋼管矢板設置等) に着手し、平成21年9月には補強土擁壁護岸の工事に着手して、平成22年秋に完成した。

(2) 工法選定の経緯

護岸工についてはコンクリート躯体による重力式構造、被覆ブロックを用いた傾斜式構造、ジオテキスタイルなどを用いた補強土壁構造等による比較が行われ、被災形態 (重力式構造での基礎洗掘による全面崩壊)、護岸の安定、周辺的环境・利用面などから総合的に評価されて、補強土壁工法が選定された。

次に、補強土壁構造として「GRS擁壁」工法、ジオテキスタイル工法、テールアルメ工法等による二次比較が行われ、砂浜への張出しによる影響、耐震性能、塩害対策、施工性などの観点から護岸幅が最も狭かつ

信頼性の高い剛壁面補強土工法の「GRS擁壁」(RRR-B工法)が採用された。

(3) 復旧対策の概要

(a) ジオテキスタイル敷設

通常、「GRS擁壁」(RRR-B工法)では、面状補強材のジオテキスタイルを30cm厚ごとに敷設し、耐震性向上・転倒防止のために盛土高さ1.5m間隔でジオテキスタイルを全層敷き込むものとしている²⁾。

しかし、本工事では背後に道路応急復旧用鋼矢板が打設されており、かつ、砂浜幅を最大限広く確保し、護岸幅をできる限り狭くする必要があったことから、安定計算で所要安全率を満足する最小幅とされた。

図-13に「GRS擁壁」の標準断面図を示す。「GRS擁壁」(RRR-B工法)の設計敷設長の最小敷設長は1.5m、もしくは壁高の35%の長さのうち、長い方とされており¹⁾、今回の場合、壁高H=8.5mの35%であることから約3mとなり、この長さを上部の最小敷設長とすることとなった。また、鋼矢板の法線方向に鉄筋を溶接して、5段ごとに巻き返すこととした。図-14にその概要を示す。

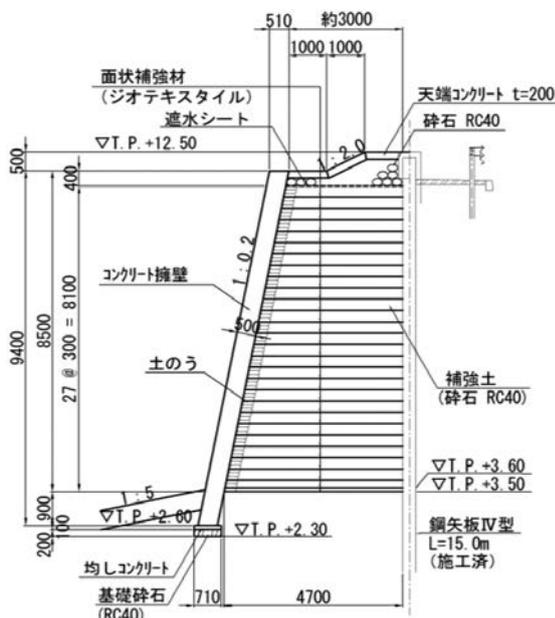


図-13 「GRS擁壁」の標準断面図⁵⁾

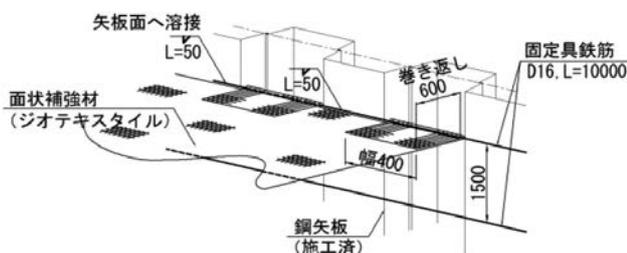


図-14 鋼矢板へのジオテキスタイルの巻き込み⁵⁾



写真-7 施工(補強盛土の盛り立て)状況⁵⁾

(b) 被覆コンクリート

本護岸は道路護岸であるものの海岸に面しており、直接波浪を受けることから被覆コンクリート厚は0.5mとし、被覆コンクリートのり面上に遡上・越波した水を速やかに海側へ返すことが必要であることから、のり面勾配を1:0.2とした。また、目地部には海水等侵入を防止するため止水板が設置された。

(c) 補強土壁盛土材

本工事は、建設工事に係る資材の再資源化等に関する法律(いわゆる「建設リサイクル法」)に基づき、特定建設資材の分別解体等及び再資源化等の実施について適切な措置を講ずることになっており、補強土壁盛土材に再生砕石(RC40)が使用された(写真-7)。

(d) 耐久性に優れた補強材

再生砕石は、セメント成分を含んでいることからアルカリ性を呈し、耐アルカリ性に優れた性能を有するビニロン繊維が主材料の面状補強材が採用された。

6. おわりに

以上、ジオシンセティックス補強土構造物による災害復旧工事について紹介した。災害復旧工事の基本は、緊急性が優先されるが、緊急復旧したものは、旧土構造物の耐震性のレベルにも達していない可能性があり、今後想定される大規模地震等の発生を考慮すれば、強化復旧する必要がある。ジオシンセティックス補強土構造物は、従来工法と比較して、構造強化はもちろん断面積縮小・工期短縮・建設費の合理化等が可能であり、災害復旧対策として適している。

謝辞

本稿を作成するにあたり、RRR工法協会の協会だよりNO.28, 34および36に掲載された写真・図面等を使わせていただいた。末筆ながら関係各位に感謝の意を表します。

《参考文献》

- 1) 龍岡文夫監修：新しい補強土擁壁のすべて—盛土から地山まで—，pp.326～331，2005.10
- 2) 龍岡文夫：RRR 補強土擁壁の本質は何？，RRR 工法協会 協会だより No.37，2016.2
- 3) 三陸鉄道(株)他：三陸鉄道北リアス線におけるジオシンセティックス補強土構造物の適用事例，RRR 工法協会 協会だより No.34，2015.8
- 4) JR 西日本(株)：RRR-B 工法による降雨災害復旧の施工事例，RRR 工法協会 協会だより No.36，2016.8
- 5) 大成建設他：波浪を直接受ける海岸護岸構造物への補強土壁工法 (RRR-B 工法) に適用事例，RRR 工法協会 協会だより No.28，2010.8
- 6) <http://www.ktr.mlit.go.jp/yokohama/seisyou/index.htm>



【筆者紹介】

岡本 正広 (おかもと まさひろ)
RRR (スリーアール) 工法協会
事務局長

