

RRR 工法協会だより

Reinforced Road with Rigid Facing Construction System

No. 46 2020. 08

RRR 工法 最近の事例紹介

RRR 工法協会事務局

1. はじめに

RRR 工法 (Reinforced Road with Rigid Facing Construction System) は、1981 年からの東京大学生産技術研究所での基礎研究に基づいて、(公財) 鉄道総合技術研究所によって開発された補強土工法であり、表-1 に示すように、これまでに RRR-A (補強土橋台橋梁) 工法、RRR-B (剛壁面盛土補強土擁壁) 工法、RRR-C (剛壁面切土補強土擁壁) 工法、および RRR-D (水際防災補強盛土) 工法の 4 つの工法が開発されている。

上記の内、盛土補強土を対象とした RRR-A、B および D 工法で構築される「RRR-GRS 擁壁 (写真-1)」や「RRR-GRS 橋台 (GRS 一体橋梁含む。写真-2)」(以下、「RRR-GRS 構造物」と称す) は、耐震性が高く、集中豪雨等の災害に強いという特長によって広く採用されている。

加えて、道路分野における適用制限箇所¹⁾などの箇所でも、支持地盤の改良、適切な排水設備、斜面の地山補強土工法やアンカー工法などによる安定化対策を施工することによって、従来工法の擁壁等よりも安定な RRR-GRS 構造物が建設されている。

その結果、図-1 に示すように、日本全国、および外国 (ベトナム、インドネシア、フィリピン) においても施工実績が積み上げられており、最近では、芳賀・宇都宮 LRT 整備事業等の新規分野にも採用されている²⁾。



写真-1 「RRR-GRS 擁壁」の例^{3), 4)}



(a) RRR-GRS 橋台



北海道新幹線架道橋 (RC) 三陸鉄道ハイペ沢橋梁 (SRC) 九州新幹線原種架道橋 (PCT 桁)

(b) RRR-GRS 一体橋梁

写真-2 「RRR-GRS 橋台」と「RRR-GRS 一体橋梁」の例^{7), 8)}

表-1 RRR 工法の種類

工 法 名		構造物の種類		略称
RRR-A 工法	補強土橋台・橋梁工法	補強土耐震性橋台		RRR-GRS 橋台
		補強土併用 一体橋梁	補強盛土一体橋梁	RRR-GRS 一体橋梁
			既設盛土一体化橋梁	RRR-NRS 一体化橋梁
RRR-B 工法	剛壁面盛土補強土 擁壁工法	盛土補強土壁		RRR-GRS 擁壁
RRR-C 工法	剛壁面切土補強土 擁壁工法	切土補強土壁		RRR 切土擁壁
RRR-D 工法	水際防災補強盛土工法	補強土併用一体堤防		RRR-GRS 防潮堤
関連工法	補強土ボックス カルバート工法	補強土併用ボックスカルバート		RRR-GRS 一体ボックス カルバート
	トンネル坑門 補強土工法	補強土併用トンネル坑門壁		RRR-GRS トンネル坑門

開発当初から30年余経過した現在、日本全国での施工実績は1,328件を超え、施工延長は192kmに及んでいる。その間、建設中の支障、ならびにレベル2地震動クラスの大規模地震や集中豪雨等の自然災害を数多く受けたにもかかわらず建設後の事故（崩壊等）、長期維持管理での問題は、それぞれ皆無である。

特に、1995年1月兵庫県南部地震や2011年3月東日本大震災の被害地域ではRRR-GRS構造物がレベル2地震動の洗礼を受けたが、軽微な補修が数例生じただけである。³⁾

さらに、2016年4月の熊本地震においても、図-2および図-3に示すように、被害地域に250箇所を超えるRRR-GRS構造物が建設されていたが、被害は皆無であった。

本報文では、上述した海外事業や新規分野への進出、および自然災害を受けやすい箇所へ適用するための取り組み等について紹介する。

総延長：194km

総現場数：GRS擁壁：1332 (2現場 Vietnam)

GRS橋台：39

GRS一体橋梁：11

海外物件：ベトナム(タインホア)：2

インドネシア(南ジャカルタ)：1

インドネシア(バリ島)：1

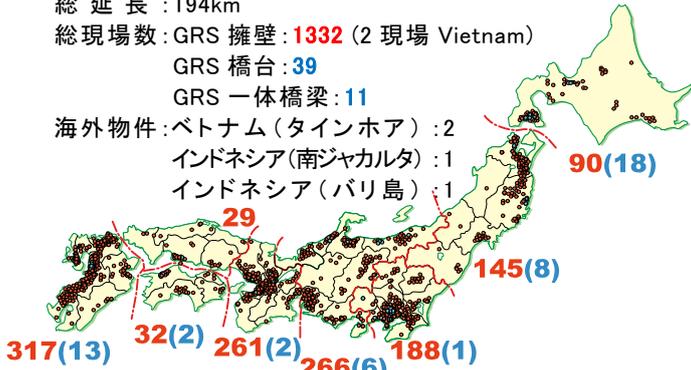


図-1 「RRR-GRS 擁壁」および「RRR-GRS 橋台・一体橋梁」の施工実績 (2020年4月現在)



図-2 熊本地震後のJR熊本駅周辺のRRR-GRS擁壁状況 (被害は皆無) (資料提供：九州旅客鉄道(株))

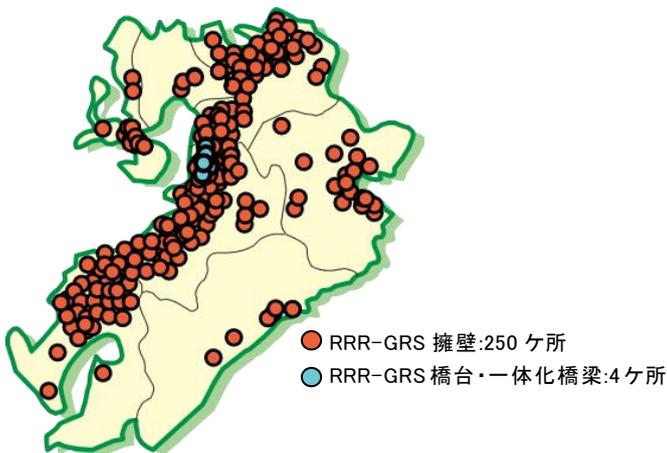


図-3 2016年4月熊本地震発生時における九州地区のRRR-GRS構造物の施工箇所

2 最近の取り組み

2.1 補強土壁工法の適用範囲の拡大

(1) 集水地形や湧水が発生する箇所への適用

このような箇所では、適切な排水設備を整備しなければコンクリート擁壁等の従来工法でも同様の問題は生じる。「RRR-GRS 擁壁」では適切な排水設備の整備に十分留意して、集水地形や湧水の発生する箇所に適切に排水設備を整備して従来形式の構造物よりもより安定で経済的な構造物として問題なく供用されている。⁵⁾

(2) 水辺および河川近傍箇所への適用

このような箇所での懸念事項は、壁面からの盛土材の吸出し防止等による流出と基礎地盤の洗堀の問題が挙げられる。「RRR-GRS 擁壁」は、剛で一体の壁面工を用いているので盛土材の吸出し・流出は生じない。

さらに、壁面工は補強盛土体に支持されているために、仮に、壁面工の支持地盤が一部洗堀されても容易には転倒せず、背面盛土が崩壊する懸念は小さくなる。(図-7 参照)

(3) 急傾斜地への適用

「RRR-GRS 擁壁」は、①剛で一体の壁面工を用いて補強領域を一体化させて、②引き抜き抵抗の大きい格子状のジオシンセティックを用いることで、盛土上部で補強材を十分に長くすることによって急傾斜地においても高い安定性を確保しつつ、盛土底部で補強材の長さを短くできる。

このため、壁面工の基礎は、壁面工厚 200 mm 以上 (標準 300 mm)、根入れ深さ 400 mm 程度で小規模・軽量となり、高い重力式基礎を用いる必要はなくなり、急傾斜地への適用が可能となる。その施工例を図-4に示す^{5), 6)}。

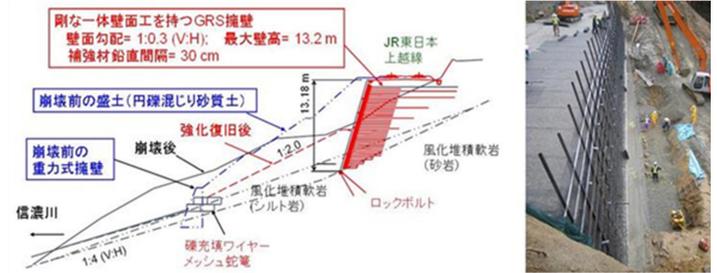


図-4 新潟県中越地震で崩壊したJR東日本上越線の鉄道盛土の急傾斜地での「RRR-GRS 擁壁」による強化復旧例^{5), 6)}(東日本旅客鉄道(株)提供)

(4) 補強壁の上面や内部に大きな局部荷重が作用する箇所への適用

ブロック状の分離パネル形式の擁壁壁の場合、別途上部構造物の基礎が必要になる状況に対して、「RRR-GRS 擁壁」の剛な一体壁面は、図-5に示すように、通常の杭基礎支持のコンクリート壁体と同様に、防音・防風壁、ガードレール(防護柵)、電柱・橋台としての桁荷重などの大きな集中荷重を問題なく支持できる。

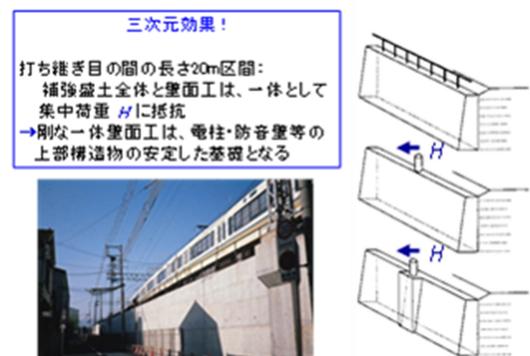


図-5 「RRR-GRS 擁壁」の剛な壁面工を上部構造物の基礎として用いる例

(5) トンネル坑門補強

従来形式のトンネル坑門工は、覆工コンクリートと壁面が一

体化されており、地震時の被害事例が多数報告されていた。RRR-GRS トンネル坑門は、図-6 に示すように、壁面と覆工コンクリートが分離された構造になっており、新幹線の標準的な坑門形式となっている。

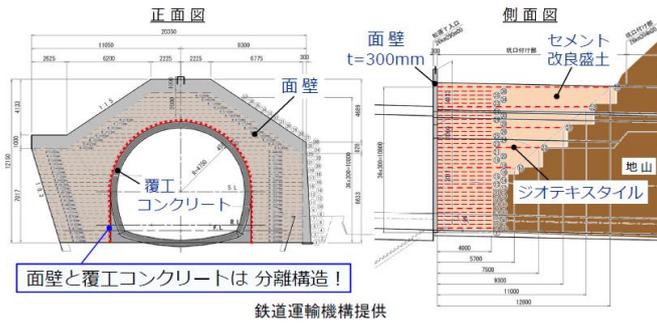


図-6 RRR-GRS トンネル坑門工の概要

ものの残存した。

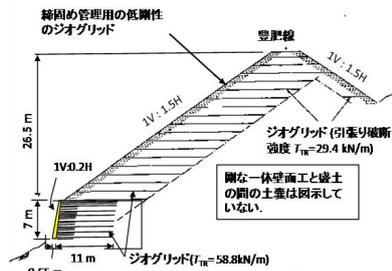
(b) 2013年7月山口豪雨によって被災したJR山口線の復旧事例⁹⁾

2013年7月に山口県を襲った集中豪雨は、萩市須佐で351.0 mm/日、津和野町で381.0 mm/日(出典:災害時気象資料(気象庁))の降雨量が観測され、日降雨量が350 mmを超える豪雨となった。そのため、河川が氾濫し、JR山口線が走る地山のり面が洗堀されて、写真-5 に示すような崩壊が発生した。

その強化復旧対策として、のり面下部に、壁高8mの「RRR-GRS擁壁」が、その上部のり面には、ジオテキスタイル(引張り破断強度30.0kN/m)による補強盛土工(のり勾配1:1.5、のり高約22m)が採用された。その後、JR山口線の復旧箇所は、2018年7月に再度、集中豪雨の洗礼を受けたが、全く被害は発生していない。



被災状況



対策工法の概要



対策後の状況

写真-3 1990年の北九州豪雨によって被災した豊肥線の盛土の被害と強化復旧例^{5), 6)}

(九州旅客鉄道(株)提供)

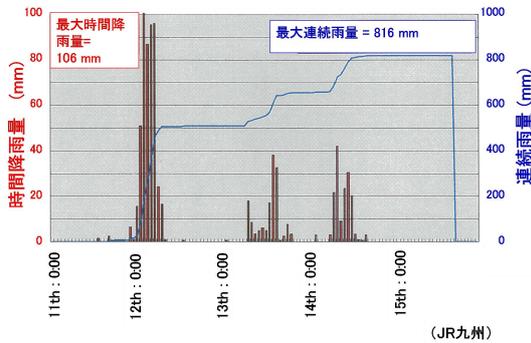


写真-4 2012年7月の北九州豪雨によって被災した豊肥線の無補強盛土区間と残存した1991年に強化復旧した盛土区間^{5), 6)}



(九州旅客鉄道(株)提供)

2.2 災害復旧事例

(1) 集中豪雨

(a) 1990年および2012年の北九州豪雨によって被災した豊肥線の復旧事例^{5), 6)}

1990年に北九州を襲った水害によって九州旅客鉄道の豊肥線の盛土が計6箇所にあわって完全に崩壊した。写真-3 に示す箇所においては、横断排水管渠の閉塞によって豊肥線の盛土が自然ダム化し、最終的には越流が発生して盛土が急速に侵食され崩壊に至ったものである。

その強化復旧対策として、のり面下部に、壁高7mの「RRR-GRS擁壁」が、その上部のり面には、ジオグリッド(引張り破断強度29.4kN/m)による補強盛土工(のり勾配1:1.5、のり高26.5m)が採用された。

その後、2017年7月には再度激しい集中豪雨に見舞われた。2017年の集中豪雨は、写真-4 に示すように、最大時間降雨106 mm、最大連続降雨816 mmにも及び未曾有の豪雨であり、その結果、1990年の時よりもより激しい越流現象が生じて、1991年には残存して強化復旧しなかった部分が大きく侵食されて崩壊したが、補強土工法で強化復旧した部分は、一部損傷はした

写真-5 平成25年7月山口豪雨によるJR山口線による被災状況⁹⁾

(2) 台風

平成9年9月7日2:00頃に小田原市付近に上陸した台風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。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を行い、護岸工については、補強土壁構造としてRRR工法、ジオテキスタイル工法、テールアルメ工法等による



2.3 海外事業の事例

RRR工法の海外事例を表-2に示す。竣工した案件は、ベトナムで2件、インドネシアで2件である。ベトナムにおける「RRR-GRS擁壁」の施工状況、および Jakarta MRT Project の概要を写真-11、写真-12に示す。

また、フィリピン共和国の南北通勤鉄道事業では、現在2工区施工中であり、インド高速鉄道（新幹線）建設事業においては「RRR-GRS構造物」が多くの個所で計画されている。



写真-11 ベトナムにおける「RRR-GRS擁壁」の施工状況（写真提供：大成建設（株））



写真-12 Jakarta MRT Project の車両基地建設工事に採用された「RRR-GRS擁壁」（写真提供：東急建設（株））

表-2 RRR 工法の海外実績

国名	発注者	工事件名	実施時期
ベトナム	ベトナム鉄道	南北鉄道橋梁安全性向上事業 (CP1B 工区)	2013.4
		Hanoi-HCMC Railway Line Bridges Safety Improvement Project CP1A	2014.12 ~ 2015.10
インドネシア	MRT Jakarta	Jakarta MRT Project Surface Section CP101	2015.8 ~ 2017.10
	PT.JIMBARAN Greenhill	JIMBARAN Greenhill 造成工事	2018.1
フィリピン	フィリピン共和国運輸省 (DOTr)	フィリピン共和国 南北通勤鉄道事業 CP01 工区	2019.5 ~ 施工中
		フィリピン共和国 南北通勤鉄道事業 CP02 工区	
インド	JIC	インド高速鉄道（新幹線）建設事業 (ムンバイ～アーメダバード)	設計中

終わりに

以上、RRR工法の最近の事例について概略報告した。紙面の都合上、紹介できなかった事例等については、別途機会があれば紹介したい。上述したように、開発当初から30年余経過した現在、日本全国での施工実績は1,328件を超え、壁の総延長は192kmに及んでいるが、その間、建設中の支障、ならびにレベル2地震動クラスの大規模地震や集中豪雨等の自然災害を数多く受けたにもかかわらず建設後の事故（崩壊等）、長期維持管理での問題は、それぞれ皆無である。

今後はさらに、事故や長期維持管理上の問題等が発生しない、工法のメカニズム、設計・施工法の認識を徹底するとともに新規分野や海外への展開を図って行く予定である。

【参考文献】

- 1) 東日本高速道路（株）・中日本高速道路（株）・西日本道路（株）：設計要領 第二集 擁壁・カルバート 平成28年4月版、（株）高速道路総合研究所、平成29年9月
- 2) RRR工法協会：芳賀・宇都宮LRT整備事業とRRR工法の工事事例、RRR工法協会だより No. 45, 2020. 02
- 3) 石河雅典・長澤豪・藤平欣司・嶋田宏：台風により被災した道路護岸における補強土壁工法の適用事例、基礎工、

- Vol. 38, No. 2, pp. 93~95, 平成22年2月
- 4) 笹田竜一：波浪を直接受ける海岸護岸構造物への補強土壁（RRR）工法の適用事例、土木学会年次学術講演会、No. 65, VI-278, pp. 555~556, 2010
 - 5) 龍岡文夫：ジオシンセティック補強土構造物-35年余の経験と展望-ジオシンセティック技術情報、vol. 34, No. 3, pp. 1~13, 2018
 - 6) 龍岡文夫監修：総合土木研究所、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
 - 7) 小田文夫・進藤良則：三陸鉄道北リアス線の復旧工事におけるGRS一体橋梁の適用、橋梁と基礎、Vol. 47, No. 8, pp. 106-108, 2013
 - 8) 白仁田和久・筒井光夫・森澤仁・阿南直幸・田中卓也・服部尚道：三陸鉄道北リアス線における補強盛土一体橋梁の施工事例、ジオシンセティック論文集No. 28, pp. 383-388, 2013
 - 9) 西日本旅客鉄道（株）：RRR工法による降雨災害復旧の工事事例、RRR工法協会だより、No. 36, 2015
 - 10) 国土交通省 関東地方整備局 横浜国道事務所ホームページ webサイトによる

【事務局だより】

令和2年度 定時総会について

令和2年7月15日に予定していました定時総会は、新型コロナウイルス感染拡大防止の観点より中止といたしました。書面での議案評決につきましてはご協力大変ありがとうございました。47社より賛同の回答をいただきましたので、すべて原案通り可決承認されました。

【入会・退会】

臨時会員：株式会社社長嶋組、アズマ原総業株式会社

当協会会員は現在正会員38社、準会員29社 計67社です。

【龍岡教授、渡邊准教授の資料をホームページで公開していません。】

東京大学名誉教授・東京理科大学名誉教授 龍岡文夫様、東京大学大学院 工学系研究科社会基盤学専攻 渡邊 健治 准教授より動画とPDFでの講義資料をご提供いただきました。ホームページ <http://www.rrr-sys.gr.jp/>にて公開中です。ぜひご覧ください。

【令和2年度 RRR 工法技術講習会について】

今年度は、動画配信形式の開催を予定しております。詳細はメール、ホームページ等でお知らせいたします。

【事務局長の交代について】

令和2年3月末を持ちまして梅津喜美夫が退任しました。岡本が再び事務局長となります。どうぞよろしくお願いいたします。

【編集委員会名簿】

委員長：佐藤靖彦(西松建設(株)) 幹事：田村幸彦(株)複合技術研究所) 事務局：岡本正広(株)複合技術研究所)

委員：神田隆真(前田建設工業(株))・片山 隆(株)クラレ)・西村 淳(三井化学産資(株))

【協会事務局】

〒160-0004 東京都新宿区四谷1-23-6 協立四谷ビル 5F (株)複合技術研究所 内

電話 03-5368-4103 FAX 03-5368-4105 ホームページ・アドレス <http://www.rrr-sys.gr.jp>