

表-1 ジオテキスタイル補強材の材料特性

項目	単位	材料・値
主材料		ポリエチレン樹脂
単位面積当たりの質量	g/m ²	420
目 合	mm×mm	166×22
設計基準破断強度 Tk	kN/m	45
引張強度の特性値 Ta	kN/m	34
設計引張強度 Taj	kN/m	19
壁面応力計算用のばね係数 Ks	kN/m	290

6. まとめ

ジャカルタ MRT プロジェクトの車両基地工事でインドネシア初採用の RRR-GRS 擁壁を日本人職員が現地職員へ施工指導を行いながら日本と同等の施工をすることができた。近年、海外における鉄道関連工事において RRR-GRS 擁壁の適用を検討する機会が増えており、今後、アジア諸国を中心に需要の増加が見込まれることから、この経験を設計・施工技術の向上の面で、今後の同工種を含む他の海外工事に活かしたいと考えている。

【謝辞】インドネシアにおける本プロジェクトにおいて採用された RRR-B 工法の施工に当り、東京理科大学龍岡文夫教授に現地にてご指導いただいた。末筆ながら、感謝の意を表します。

【参考文献】

- 1) 長野ら：高架橋のセグメント製作・スパンバイスパン工法による架設について，土木学会第 72 回年次学術講演会，2017
- 2) 鉄道総合技術研究所編 鉄道構造物等設計標準・同解説 土留め構造物，丸善出版：平成 24 年 1 月
- 3) 鉄道総合技術研究所編 鉄道構造物等設計標準・同解説 土構造物，丸善出版：平成 19 年 1 月
- 4) RRR 工法協会：「RRR-B 工法（剛壁面盛土補強土擁壁工法設計・施工マニュアル（案）」，平成 27 年 10 月
- 5) RRR 工法協会：「RRR 工法による補強盛土工法」材料マニュアル，平成 29 年 10 月

【事務局だより】

・令和元年度 定時総会を開催いたしました
2019年7月10日（水）に、ホテルメトロポリタンエドモントにおいて、定時総会を開催いたしました。議案はすべて原案通り可決されました。



令和元年度 定時総会の様子

・RRR-B 工法の 2 つのマニュアルを改訂いたしました
下記の 2 つのマニュアルを改訂し、会員の皆様へ配付しています。

- 「RRR-B 工法 設計・施工マニュアルー道路編ー（令和元年 6 月）」
- 「RRR-B 工法 標準積算マニュアル（案）（令和元年 6 月）」

・第 54 回 地盤工学研究発表会 技術展示コーナーに出展いたしました

下記の「第 54 回 地盤工学研究発表会（さいたま大会）技術展示コーナー」に出展いたしました。
開催日：2019年7月16日（火）～18日（木）
開催場所：大宮駅前の「ソニックシティ」

・鉄道総研 技術フォーラム 2019 に出展いたします
下記の「鉄道総研技術フォーラム 2019 鉄道の安心安全を創るメンテナンス～デジタル技術と高度アナログ技術～」に「中径～大径補強体（RRR-Nail）による地山補強土工法」というテーマで出展いたします。

- <東京会場>
開催日：2019年8月29日（木）～30日（金）
開催場所：公益財団法人 鉄道総合技術研究所
- <大阪会場>
開催日：2019年9月11日（水）
開催場所：ホテルメルパルク大阪

・第 12 回 世界鉄道研究会議 WCRR 2019 に出展いたします
下記の「第 12 回世界鉄道研究会議 WCRR 2019」に出展いたします。

- 開催日：2019年10月28日（月）～11月1日（金）
開催場所：東京国際フォーラム

・令和元年度 RRR 工法技術講習会を開催いたします
下記のように「令和元年度 RRR 工法技術講習会」を開催いたします。

- 開催日時：2019年11月22日（金） 13：00～16：40
開催場所：TKP ガーデンシティー大阪淀屋橋
講師：東京理科大学 龍岡文夫教授。
(公財)鉄道総合技術研究所 研究開発推進部長 籠山勝氏，
(独)鉄道・運輸機構 大阪支社 技術管理部長 米澤豊司様。
なお、事務局からは積算マニュアルの改訂について解説させていただきます。

【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、梅津喜美夫(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 1-2-3-6 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>



RRR 工法協会だより

Reinforced-soil Road structures with Rigid facing

No. 44 2019. 08

インドネシアで初めて適用された剛壁面を有する盛土補強土擁壁（RRR 盛土補強土擁壁）の施工報告

東急建設株式会社

1. はじめに

ジャカルタ MRT プロジェクトは、高架橋・駅舎・車両基地などの工事が設計・施工（デザイン&ビルト）案件として進められた。弊社では、本プロジェクトの車両基地外周擁壁工事の軌道近接範囲に適用する土留め構造物として、種々の補強土工法の中から、日本国内の重要構造物に適用されている剛壁面を有する補強土擁壁（以下、RRR（スリーアール）工法と称す）を提案した結果、優れた安全性、施工性および経済性等の点から採用されるに至った。

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、これまでに RRR-A 工法、RRR-B 工法、RRR-C 工法、および RRR-D 工法の 4 つの工法が開発されている。

この内、今回のジャカルタ MRT プロジェクトで採用されたのは RRR-B 工法であり、本工法によって構築される RRR 盛土補強土擁壁（以下、RRR-GRS 擁壁と称す）は、日本での施工実績は 1,250 件を超え、壁の総延長は 178 km に及んでいるが、インドネシアでは初採用であり、実績がないため、日本人職員が現地作業員へ教育指導を行いながら施工した。

RRR-B 工法は、開発当初から 30 年余経過した現在、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。

本報文ではインドネシアでの RRR-GRS 擁壁の初適用における配慮を交えての施工について報告する。なお、RRR-GRS 擁壁の設計・施工においては、日本国内で適用されている基準、およびマニュアルである参考文献 2)～5) に準拠した。

2. 車両基地工事概要

本プロジェクトの 1 期工事は、ジャカルタを縦断する南北線の南側に位置し、工事延長は 15.2km である。当 JO（Tokyu-Wika Joint Operation）は、このうち南側の CP101、102 工区を受注しており、図-1 に示すように、路線の南西側終点部には車両基

地が、計画されている。当車両基地は敷地面積 83,000m² であり、300,000m³ の盛土造成工事に加え、車両基地の外周は車両基地と国道および市道との境界となる高さ 1m～5m の擁壁が計画されている。さらに、図-2 に示すように、メンテナンス工場建屋および管理棟他の建築工事の設計施工、ならびに車両基地の機器設計・納入までが契約に含まれている。

車両基地の完成イメージを図-3、および図-4 に示す。

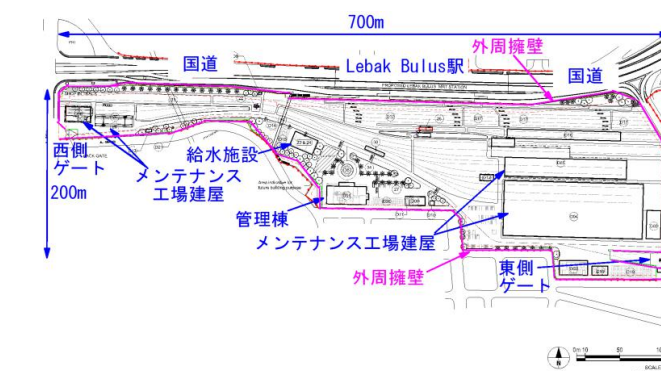


図-2 車両基地計画平面図



図-3 車両基地完成イメージ(全景)



図-4 車両基地完成イメージ(東側)



図-1 工事位置図

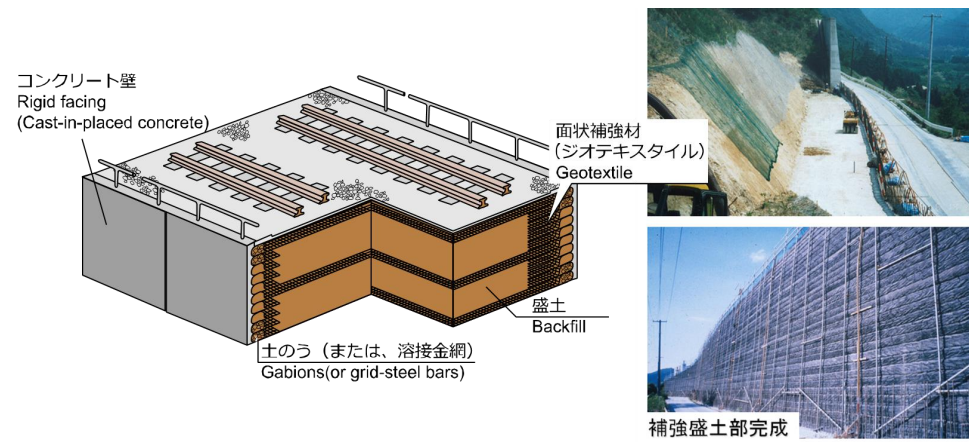
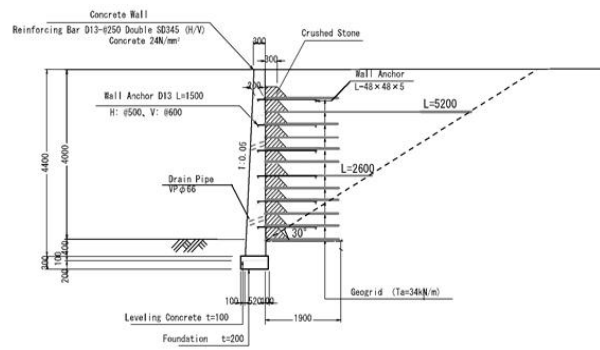


図-5 RRR-B工法の概要



壁高H=11.5m、勾配1:0.1
(本線盛土13.9m)



(a) RRR-B工法の標準断面図(変更後)

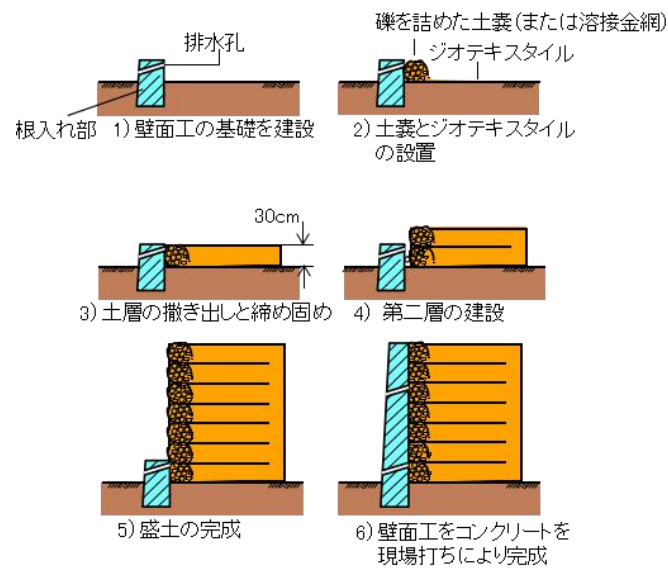


図-7 RRR-B工法の施工手順

イル補強材を密に配置し、曲げ剛性の高い壁面と組み合わせることにより、鉛直に近い勾配(1:0.0~1:0.2程度)の盛土補強土擁壁(RRR-GRS擁壁)を構築する工法である。ジオテキスタイルの敷設長は、設計計算により決定されるが、一般に壁高の40%程度が目安となる(基本敷設長)。

今回設計変更したRRR-B工法の標準断面を図-6に示す。具体的な施工手順は、図-7に示すとおりであり、以下、概説する。

ステップ1: まず、壁面の根入れ部分(基礎部)を施工する。
ステップ2: 土のう等の仮抑え材を各土層の肩に配置して、ジオテキスタイル補強材を巻き込むことにより定着をとり、背面を盛土する。

ステップ3: 合計層厚30cmの盛土をする毎に、ジオテキスタイル補強材を敷設する。

ステップ4~5: 以降、ステップ2,3の工程を繰り返して所定の高さまで盛土を盛り立てる。

ステップ6: 支持地盤と盛土に所定の変形が収束するまで放置した後、裏型枠を用いず盛土内部にアンカーした表型枠だけを用いて、壁面工として厚さ30cm程度の場所打ちコンクリートを打設して補強盛土体と一体化する。

これにより、安定性・変形拘束性に優れた急こう配の盛土補強土擁壁を構築するものである。

5. RRR-GRS擁壁の施工

本工事で採用されたRRR-GRS擁壁は、日本国内では多数の採用実績があるが、外国ではベトナムでの2件の実績があるが、

インドネシアでは初めての施工であった。

RRR-GRS擁壁の施工は、前述したように、ジオテキスタイル補強材を用いて補強盛土を構築し、盛土支持地盤の沈下や盛土自体の圧縮沈下の収束を確認した後に剛性を有するRC構造の壁面コンクリートを構築するが、施工を担当する現地職員がこの手順を守って施工し、品質を確保するために、RRR-GRS擁壁のメカニズム²⁾を理解した日本人職員が、以下の手順で教育指導を実施した。

①ジオテキスタイル補強材の敷設

今回のRRR-GRS擁壁のジオテキスタイル補強材は、日本国内で材料承認されているジオテキスタイル(引張強度 $T_a=34kN/m$)を用いた。その材料特性を表-1に示す。

ジオテキスタイル補強材は、設計で決定した所定の位置(高さ)、方向、長さで配置した。

ジオテキスタイル補強材は、基本敷設長の補強材を盛土一層ごとの仕上り厚(30cm)に合わせ敷設する。また、長尺材(全層敷込みジオテキスタイル)を擁壁の安定確保を目的として高さ方向1.5mで配置する。

基本的に水平引張力が作用するものであるから、敷設したジオテキスタイルに極端な凹凸やずれが生じないように敷設する。

②溶接金網による仮抑え

仮抑え工は、壁面コンクリート打設までの仮の壁面材として設置される。溶接金網とこぼれ出し防止シートを設置し、所定のクラッシャーランを撒き出した後、本体盛土を撒き出して両者を同時に転圧する。転圧終了後に壁面部側からジオテキスタイルを盛土上に折り返す。写真-1にジオテキスタイル補強材、溶接金網、こぼれ出し防止シートの設置状況を示す。



写真-1 仮抑え材の溶接金網設置状況

③盛土材料の締固め

使用する盛土材料の確認後、ジオテキスタイルの敷設面となる1層毎の仕上がり高が所定厚となるよう撒き出し、振動ローラーで転圧する。



写真-2 仮抑え部の構築状況

壁面付近は、仮抑えの変形を防ぐために、小型の締固め機械で施工する(写真-2)。締固めの管理基準は、車両基地であることを踏まえて鉄道構造物等設計標準・同解説(土構造物)³⁾記載の性能ランクII($D>90\%$)と設定している。

④型枠用アンカーの設置

壁面コンクリートには裏型枠を使用しないため、セパレーターを後で取り付けることを目的に、棒鋼に等辺山形鋼を溶接した「型枠用アンカー」を盛土内に設置する。

上部に敷設するジオテキスタイルを転圧時に損傷しないように、転圧した盛土表面を人力で掘削して等辺山形鋼を埋設しておく。

⑤盛土完了

手順①~④を繰り返し、所定の高さまで盛土する。(写真-3~5)



写真-3 補強盛土体の構築状況



写真-4 補強盛土完成



写真-5 RRR-GRS擁壁の完成

3. RRR-B工法が採用された経緯

当初、外周擁壁は、現地で多く用いられているコンクリートパネルとジオグリッドからなる補強土擁壁によって設計されていたが、①壁直近まで軌道が接近すること、②壁面付近にフェンス基礎が設置されること、③受注後に地震時の検討が必要になったこと、および、④受注時の設計は杭が必要であったが、これを省略したいことなどから見直しを行った。見直しの結果、前述したように日本国内において鉄道盛土への適用実績が多く、優れた耐震性、安全性、経済性、および施工性等からRRR-B工法が採用されることとなった。

RRR-B工法によって構築されるRRR-GRS擁壁は、壁高2m以上の軌道近接箇所等、擁壁全体の約30%に採用している。

4. RRR-B工法の概要と構成

RRR-B工法は、図-5に示すように多層の面状ジオテキスタ