

技術報文

世界に広がる剛壁面を有するジオテキスタイル補強土擁壁

東急建設株式会社 土木本部 土木技術設計部 野中 隆博

1. はじめに

東急建設は、現在、インドネシアの首都ジャカルタにおいて、MRT 高架鉄道建設工事を設計・施工案件として受注し、高架橋・駅舎・車両基地などの工事を進めている。

本工事の車両基地工事では、軌道が近接する外周擁壁部に日本国内の鉄道盛土工事において多くの実績がある「剛壁面を有するジオテキスタイル補強土擁壁¹⁾（以下、RRR-B 工法と称す）」が採用され施工されている。RRR-B 工法の海外での適用は本現場で 2 例目であり、インドネシアでは初採用であったことから日本の技術員が現地作業員へ教育指導を行なながら施工が実施されている。本論文では、本工事における RRR-B 工法の採用経緯・施工概要を報告する。また、2017 年 3 月 7 日～8 日に筆者は、龍岡文夫氏（東京大学名誉教授、東京理科大学名誉教授）とともに現地を訪問したが、それについても報告する。

2. 工事概要

本工事は、ジャカルタを縦断する南北線の南端に位置し、工事延長は 15.2km である。東急建設は JO(Tokyu-Wika Joint Operation)として、CP101,102 工区を受注しており、路線の終点部には車両基地が計画されている(図-1)。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、メンテナンス工場建屋、管理棟他の建築工事があり、そ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 (図-2)。

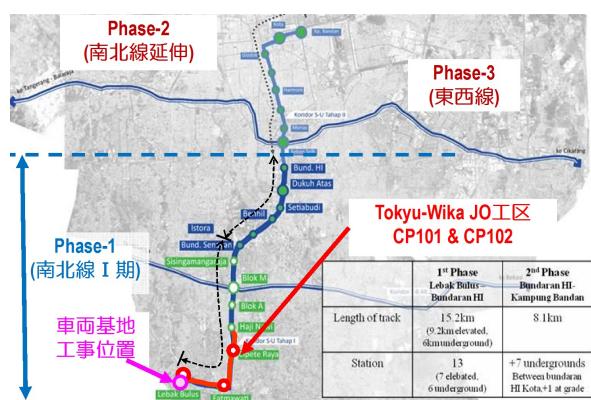


図-1 ジャカルタ MRT 計画図

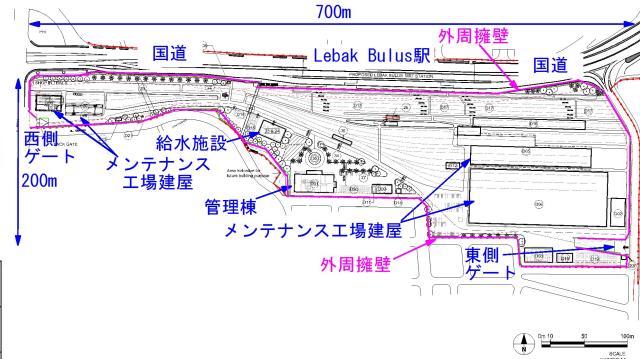


図-2 車両基地計画図

3. RRR-B 工法の採用

当初、外周擁壁は、現地で多く用いられているブロック積みを壁面とする補強土技術 SRW 工法(図-3)によって設計・計画されていたが、壁直近まで軌道が接近すること、壁面付近にフェンス基礎が設置されること、また、受注後に地震時の検討が必要となったことなどから、計画の見直しを行った。見直しの結果、日本国内において鉄道盛土への適用実績が多く、耐震性にも優れた RRR-B 工法(図-4)を採用することとなった。

SRW 工法は、壁面ブロックと補強材を結合ピンにより連結し、壁面ブロックは、ブロック上下にある凹凸によって積み上げる構造となっている。RRR-B 工法は、ジオテキスタイルを用いた補強盛土前面に、RC 壁面をジオテキスタイルと一体化するように構築する構造となっている。

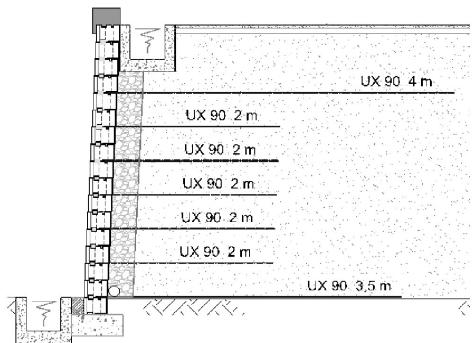


図-3 SRW 工法概要図

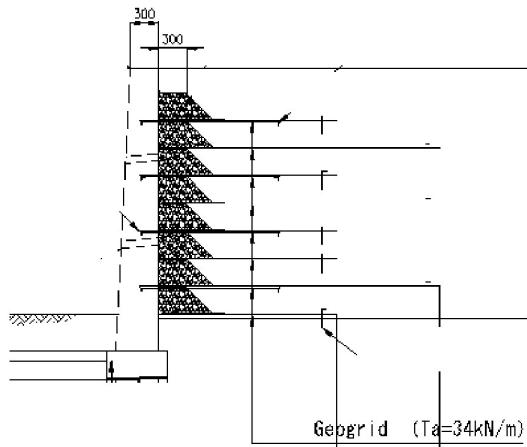


図-4 RRR-B 工法概要図

4. RRR-B 工法の施工

RRR-B 工法の施工では、ジオテキスタイル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 壁を補強盛土と一体になるように構築する。インドネシアでは初めての施工であり、現地スタッフ・作業員はこのような施工方法を知る由もないため、施工を担当する現地スタッフ・作業員がこの手順を守って施工して、適切な品質が確保できるようにするために、盛土補強土擁壁のメカニズム・施工方法に習熟している日本人技術指導員が現地で施工指導を実施した。

【RRR-B 工法の施工指導】

① ジオテキスタイルの敷設

設計で決定された、引張強度 $T_a=160\text{kN}/\text{m}$ 、 $T_a=34\text{kN}/\text{m}$ の 2 種類のジオテキスタイルを設計で決定した所定の位置(高さ)、方向、長さで配置する。基本的に水平引張力が作用するものであるから、ジオテキスタイルに極端な凹凸やずれがないように敷設する指導が行われた(写真-1)。

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、土のうか溶接金網が用いられる。本現場では、溶接金網が用いられた。溶接金網とこぼれ出し防止シートを設置し、排水層となる碎石を所定の幅で撒き出した後、ジオテキスタイルを折り返し、本体盛土を撒き出して両者を同時に転圧する(写真-2、写真-3)。必要な碎石幅、ジオテキスタイルの折り返し長さに間違이が無いように指導が行われた。

③ 盛土材の締固め

使用する盛土材の確認後、ジオテキスタイルの敷設面となる1層毎の仕上がり厚を考慮して撒き出し、転圧を行う。RRR-B工法の盛土においては、一般的な盛土の施工管理である転圧回数に加え、その締固め方法も規定されていることから、使用機械の施工範囲（壁面付近は仮抑えの変形を防ぐために小型締固め機械で施工）や振動ローラーの走行方向についても指導が行われた（写真-4、写真-5）。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）²⁾記載の性能ランクⅡが設定されており、実施工においては問題ない締固め度が確認されている。

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。

「型枠用アンカー」を設置する際に、アンカー上部に敷設するジオテキスタイルを盛土転圧時に損傷しないように、設置する盛土表面を人力で掘削し、等辺山形鋼を盛土内に凹凸がないよう埋設することが指導された（写真-6）。写真-7、8は完成した補強盛土部の一部である。



写真-1 ジオテキ敷設状況



写真-2 碎石転圧状況



写真-3 ジオテキ折返し状況



写真-4 ローラー転圧状況



写真-5 小型転圧機使用状況



写真-6 型枠アンカー設置



写真-7 補強盛土部完了①



写真-8 補強盛土部完了②

5. 現場視察

龍岡氏は、2017年3月7日～8日の2日間現地を訪れた。

1日目は、東急建設ジャカルタ事務所の技術員によるMRTプロジェクトの概要についての説明後、RRR-B工法の施工が行われている車輌基地を訪れた。

現場では、RRR-B工法の施工の原理と日本国内での施工経験に基づいて、意見交換が行われた。

龍岡氏は、以下の点を強調した。

- ①RRR-B工法は日本で開発された工法であり海外での施工は殆どないため、海外の現場レベルでは、その構造、設計法と施工法の特徴は殆ど理解されていない。
- ②RRR-B工法の最大の構造的特徴は、壁面工が剛な一体構造であり、補強盛土と連結されていることである。従って、そのように設計・施工されることが肝要である。
- ③設計では、剛な一体壁面工が擁壁全体の安定性に貢献することと、壁面工は補強盛土によって安定化されていることを考慮することが特徴である。従って、耐震性が高くなるだけではなく、壁直近に盛土の変形の制限が厳しい軌道・道路・建物が建設される場合に適切な工法となる。また、壁面あるいはその付近に電柱・防音壁・フェンスなどを設置する必要がある場合には、それらを壁面工に直接設置できる。当現場はこれらが設計条件となっており、RRR工法の構造的特徴が活きている。
- ④RRR-B工法の施工法上での最大の特徴は、各層の壁面部に適切な仮抑え工を設置し、盛土の締固めをしてジオテキスタイル補強盛土をまず完成させ、支持地盤と盛土の変形が終了してから剛で一体の壁面工を建設することである。この手順によって壁直近まで盛土を良く締固められる。また、擁壁完成後に壁面工と盛土の相対沈下が生じて補強材と壁面工の連結部が損傷することがない。仮抑え工は、擁壁完成後には、壁面工と補強材の連結強化構造として機能するだけではなく、排水工としても機能する。これは、降雨量が非常に多い当現場には必要な特徴である。

この現場では、担当の技術者がRRR工法の上記の特徴を良く理解しており、そのことに基づいて適切に設計・施工手順の設定、現地作業員の指導を適切に行っていることが印象的であった。現在、海外でのRRR工法による擁壁・橋台やジオシンセティックス補強土(GRS)一体橋梁の計画・設計が進んでいる事例がある。海外工事では、計画・設計が適切であっても、盛土の締固めや壁面工と補強材の連結部などの施工が不適切であれば問題が生じることになることに特に留意して頂きたい。本現場のように、RRR工法の特徴の理解に基づく適切な設計・施工が行われることを望みたい。



a) 補強盛土部完了



b) RC 壁面完了

写真-9 龍岡氏による現場視察状況

2日目は、龍岡氏から、日本国内における補強土技術の動向や、補強土壁構造の基本的なメカニズム、補強土工法による災害復旧事例等について現地スタッフと Bandung 工科大学から参加した地盤工学の専門家に対し英語での講演が行われた。

講演は、総勢 20 名を超える聴講者数となり、外国人スタッフの熱心に聴講する姿が印象的で、またヒジャブをまとった女性技術員も数名見受けられ、海外現場における女性の進出も感じられた。講演後の質疑応答も活発に行われ、予定した 2 時間を越える講演となつた。



写真-10 龍岡氏による現地スタッフへの講演の様子

6.まとめ

東南アジアでは、例えばフィリピンやインドの鉄道建設事業において RRR 工法の適用が計画されている。今回の施工経験を、今後の海外工事における補強土工法（特に、日本で開発されたジオテキスタイル補強土擁壁工法である RRR 工法）の設計・施工技術の向上につなげたいと考える。また、現地訪問時における現地技術員との質疑応答などを通して、言語の問題、現場作業員の国民性、資機材の手配・搬入、周辺環境・作業環境の違いなど色々と苦労が多いことが理解できた。その中で、より良い品質のものを作ろうとする現地技術員の気概が感じられた。

謝辞

ご多忙な中、現場を観察していただき、ご講演いただいた龍岡文夫 東京大学名誉教授、東京理科大学名誉教授に深く感謝の意を表します。

（参考文献）

- 1) 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，RRR 工法協会
- 2) 鉄道構造物等設計標準・同解説 土構造物，平成 19 年 1 月 平成 25 年改編，国土交通省鉄道局監修，鉄道総合技術研究所編