

鉄道近傍における石積擁壁耐震補強工事

三信建設工業(株)	正会員	○松村	天平
大成建設(株)	正会員	志谷	倫章
大成建設(株)	正会員	高橋	智亮
(公財)鉄道総合技術研究所	正会員	高柳	剛

1. はじめに

本稿は、東京都市計画道路環状第5の1（雑司ヶ谷）道路整備事業における、石積壁耐震補強工事を設計・施工した事例を紹介する。東京都市計画道路環状第5の1号線は、東京都渋谷区恵比寿二丁目を起点とし、新宿区、豊島区を経て北区滝野川二丁目を終点とする全長 13.9 km の都市計画道路である。トンネルの発進及び到達に必要な立坑を構築するにあたり、立坑に近接した石積壁を耐震補強する必要があった。

2. 工事概要

対象となる石積壁は、大正時代のもので間知石を谷積みした、高さ約 7 m、延長 35 m、壁面勾配 77° である。擁壁天端から約 1.8 m が官民境界と近接しており、擁壁下端は都電荒川線の軌道がある。石積壁は掘割構造であるため、石積背面は自然地山であると推測された。計画断面を図-1 に示す。

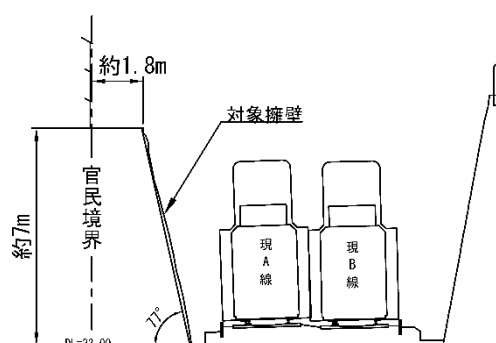


図-1 計画断面

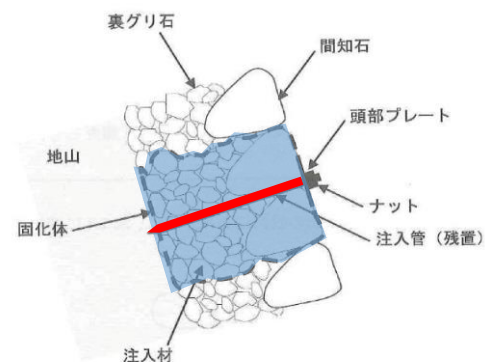


図-2 ピンナップ工法Ⅰ型

3. 対策工法

対策工法は、鉄道近接施工の実績もあり、小型機械で施工可能なピンナップ工法（以下、当工法）が計画されていた。石積背面には、排水機能のためグリ石層があることが一般的である。地震により慣性力が增大すると、石積と背面地山の相対変位が生じ、グリ石層に空隙が広がる。これにより、グリ石相互の拘束力が失われ沈下または水平移動し、石積壁全体が転倒または滑動により変状を起こす。当工法は、石積とグリ石を固結する事により耐震性を高める工法である。当工法には、石積と裏グリ石を固定するⅠ型と、石積と裏グリ石及び背面地山を固定するⅡ型が提案されている。工法の概要を図-2 及び図-3 に示す。

4. 調査

当工法を設計するにあたり、背面地山の性状やグリ石層の有無及び厚みを把握する必要があった。調査は、壁面前面から水平ボーリングを行い土質試料採取、層厚を測定した。グリ石の状況は、このボーリング孔内に小型カメラを挿入し、状況撮影をした。調査結果より対象土質は、自立性がある粘性土主体で部分的に砂質土が介在していることがわかった。グリ石状況は、部分的にグリ石が無い箇所もあったが、概ね 20～85 cm の厚みがあり、断面によるバラツキも大きいことがわかった。計測したコア長を表-1 に示す。

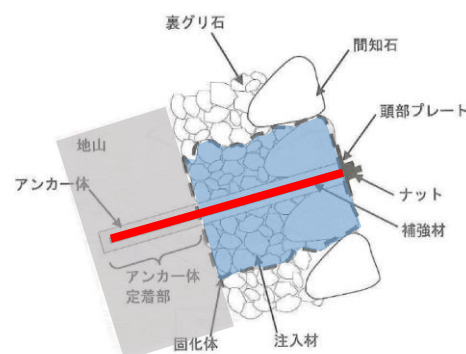


図-3 ピンナップ工法Ⅱ型

キーワード 石積耐震補強, 軌道近傍, ピンナップ工法

連絡先 〒111-0052 東京都台東区柳橋 2-19-6 三信建設工業(株) TEL 03-5825-3708

5. 設計及び計画

当工法の適用範囲は、常時及び地震時において擁壁全体の安定性が確保されていることが前提である。そこで、調査結果から、土質定数を想定し、円弧すべり法で常時及び地震時の検討を行った。地震時には、L2 地震動($K_h=0.24$)を採用し、常時 $F_s=1.549$ (計画安全率 1.20) , 地震時 $F_s=1.229$ (計画安全率 1.10) の安全率を得た。次に石積変状検討は、高い耐震性能を有するⅡ型を採用し、沈下量算定ノモグラフを用い、施工間隔及び地山定着長の長さを決定した。計画断面を図-4 に示す。なお、要求性能は、営業線が石積壁下部にあること、背面の民地にはマンションが立地していることから、耐震性能Ⅱとした(地震後に補修を必要とするが、早期に機能が回復できる性能)。

設計で求められた地山定着長は 1 m である。調査結果から、グリ石層の厚みにバラツキがある事がわかっている。最大グリ石層厚に地山定着長 1 m として補強材長を計画すると、官民境界を越境してしまう箇所がある。このため、計画では1次削孔で石積厚、グリ石層厚を把握して、1本毎補強材の長さを決定することにした。

6. 施工

施工は、都電荒川線の建築限界を侵さないよう石積壁全面に作業足場を設置した。作業時間は、夜間き電停止後の 23 時～26 時とした。手順としては、コアドリル機を設置してφ50 mm の削孔を地山表面まで行い石積厚、グリ石層厚を計測した。(1次削孔)その後、注入管を挿入し、専用注入材にて裏グリ石を固定した。固結後、φ110 mm で再削孔(2次削孔)を所定の長さまで行い、注入及び補強材(ネジ節異形棒鋼 D19)挿入を実施した。注入材の所定強度確認後、確認試験を101本中6本(段毎)行い、設計荷重6～10 kNを確認した。なお1本毎に補強材の長さを変更したため、設計荷重も長さに応じて変更した。頭部処理は、補強箇所と石積表面をできるだけ平滑にするため、埋め込み式の定着キャップを使用した。施工状況を写真-1, 工事完了を写真-2 に示す。

7. まとめ

全国に点在している石積擁壁は、石材の種類、積み方、グリ石層の有無など、多種多様である。本稿においては、グリ石の層厚にバラツキがある条件で、1本ごとの施工管理を行い官民境界内で耐震補強工事を実施した事例を紹介した。今後、同様な案件の参考になれば、幸いである。

参考文献

1) 公益財団法人鉄道総合技術研究所：石積壁の耐震補強工設計・施工マニュアル 平成 20 年 6 月
2) 畠山ら：営業線に近接する石積壁の耐震補強工事, 第 73 回土木学会年次学術講演会, 平成 30 年 8 月

表-1 計測コア長

孔番	コア径	コア長(m)			
		間知石	裏込ユークリート	グリ石 (空隙含む)	計
B-1	φ 66mm	0.05	0.20	0.20	0.45
B-2	φ 66mm	0.05	0.00	0.15	0.20
B-3	φ 66mm	0.05	0.45	0.35	0.85
C-1	φ 66mm	0.05	0.15	0.10	0.30
C-2	φ 66mm	0.05	0.45	0.25	0.75
D-2	φ 66mm	0.05	0.45	0.20	0.70

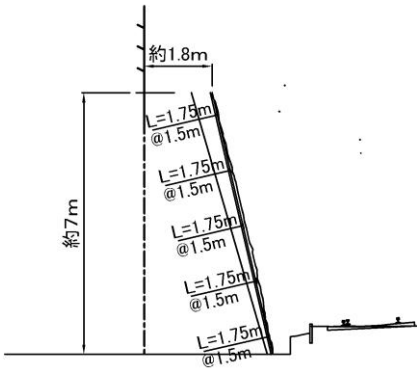


図-4 計画断面

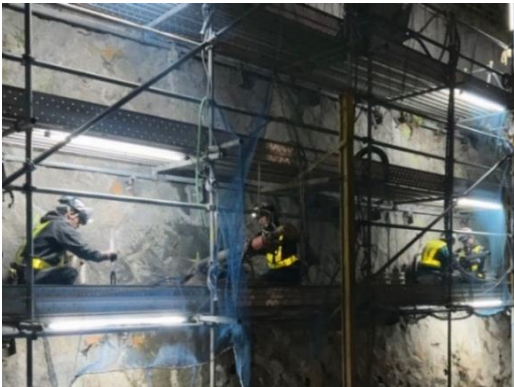


写真-1 施工状況



写真-2 工事完了