

空隙の大きな石積み擁壁の耐震補強工事における新しい注入材の実現場での適用性の確認

東京地下鉄(株)	畠山 恭輔
東京地下鉄(株)	金指 広明
佐藤工業(株)	正会員 ○鈴木 正朗
三信建設工業(株)	島野 嵐

1. はじめに

地下鉄営業線の石積み擁壁の耐震補強工事としてピンナップ工法が計画された。本工法は石積み背面の裏グリ石を部分的に薬液注入することで固化し、間知石と裏グリ石を一体化させ石積み擁壁の変位および裏グリ石のゆるみを防止し石積み擁壁の耐震性向上を図るものである。

施工初期の品質確認で、現地の裏グリ石の空隙が一般的なものよりも大きく、標準的な注入材では十分に充填されていないことが分かり、空隙が一般的なものよりも大きい裏グリ石に充填可能な新たな注入材を開発し、実大試験で有用性を確認後¹⁾に本現場で適用し効果確認を行った。

本報では、工事概要ならびに適用工法の概要を述べ、新しい注入材の実現場での適用確認結果について報告する。

2. 工事概要

本工事は、東京メトロ丸ノ内線茗荷谷～後楽園駅間の地上部の石積み擁壁(高さ5.0～6.0 m 程度)を対象とした耐震補強工事である。背面地山は、シルト質のロームが主体であり、L1 地震動に対して安定性がある自立性地山に分類される。また、当該区間は掘割状となっており、軌道側から石積み擁壁前面のトラフに配慮した施工を行う必要がある。擁壁背後は閑静な住宅地であることと、写真1に示すように、石積み擁壁天端から民地境界までの離隔が500 mmと極端に近接しているため、近隣への影響に最大限配慮した施工が求められた。このような施工環境の中、施工機械が軽量でプラントがコンパクトであること、大規模な仮設足場が不要なことから、対策工法としてピンナップ工法が選定された。

3. 対策工法概要²⁾

石積み擁壁の地震時の不安定化は図1に示すように、地震動による間知石の壁体の変位と、それによる裏グリ石の沈下を繰り返すことにより生じ、次第に間知石が個々に分離して挙動するようになり、最終的に崩壊に至る。本現場で対策工として用いたピンナップ工法は、図2に示すように、上述の不安定化メカニズムに対し、間知石と裏グリ石を一体化した固化体を裏グリ石層内に複数箇所造成することにより、石積み擁壁の前面への変位および裏グリ石のゆるみを防止し、石積み擁壁の耐震性向上を図るものである。

本工法は、図2および図3に示すように間知石の交点に補強を行い、隣接する4個の間知石とその背後の裏グリ石を部分的に固化させるものであることから、裏グリ石の排水性を保持でき、補強箇所も目立たず景観維持にも優れている。

4. 施工性の確認

新しく開発した注入材について、1日に1回の頻度でコンシステンシー試験(JHS A 313)を行

い、実大実験で設定したフロー値12.0～14.0 cm以内¹⁾であることを確認した。本現場での材料の最大圧送距離は35 mで



写真1 石積み擁壁天端での施工状況

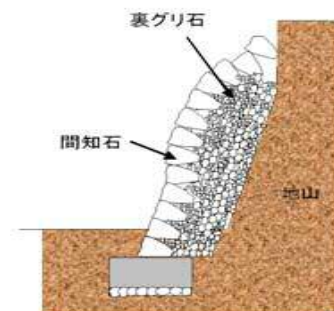


図1 無対策時の石積み擁壁の変状³⁾

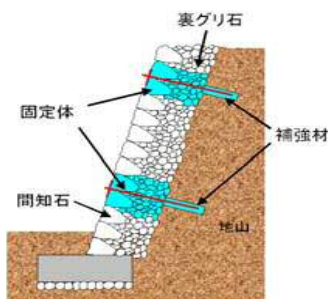


図2 対策工概要図³⁾に加筆

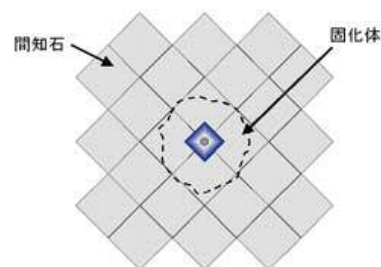


図3 対策例イメージ図(正面図)³⁾

キーワード 石積み擁壁、耐震補強、営業線近接、ピンナップ工法

連絡先 〒112-0003 東京都中央区日本橋本町4-12-19 佐藤工業株式会社 TEL03-3661-1298

あり、ポンプの圧送圧は限界値以下($P < 1.0 \text{ MPa}$)で、施工中の材料の閉塞や圧送不能となるような事象は無かった。

5. 品質確認結果

対策を施した石積み擁壁の品質確認を注入材の充填性および圧縮強度、補強材の性能により評価した。以下に各々の評価結果について述べる。

5.1 注入材の充填および圧縮強度確認

注入材の充填の確認は、図4に示す6段ある対策箇所について各段に1か所の頻度で計6か所にて行った(本工法の品質管理頻度基準である施工数量237か所の2%以上、且つ2本以上を満たす)。4段目における確認結果を以下に示す。確認位置は写真2に示す固化体が受け持つ範囲の四隅で間知石前面から地山まで全長コアを採取し、裏グリ石と間隙部が注入材で満たされているかを目視で確認した。採取したコアを写真3に示す。4孔ともコア採取長とコア長は同長であり、間隙部が注入材で満たされていることを確認した。また、他の5か所での確認試験でも同様に間隙部が注入材で満たされていることを確認した。

さらに、注入材の圧縮強度は、一軸圧縮試験(JIS A 1216)により注入量 50 m^3 あたりに1回の頻度で確認し(3供試体/回)合計2回行った。一軸圧縮強さは $35.7 \sim 43.2 \text{ N/mm}^2$ の範囲で全ての供試体で本工法の設計基準強度である 24.0 N/mm^2 を満足した。

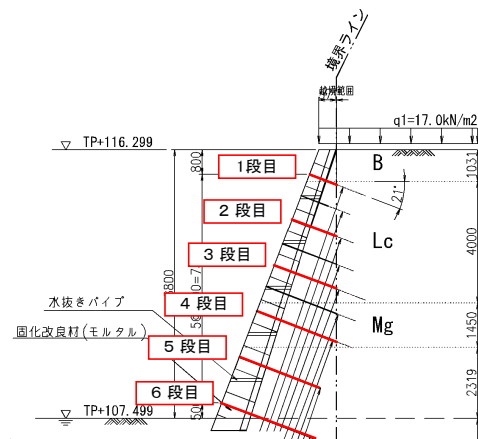


図4 対策工概要図

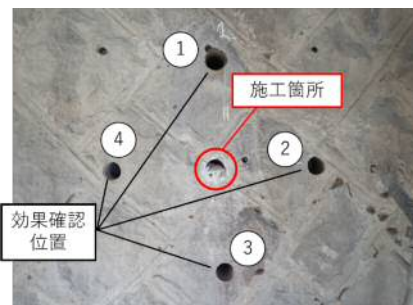


写真2 効果確認位置

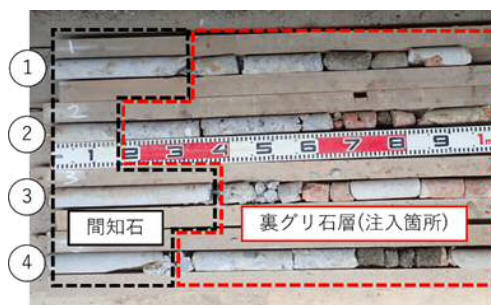


写真3 採取コア

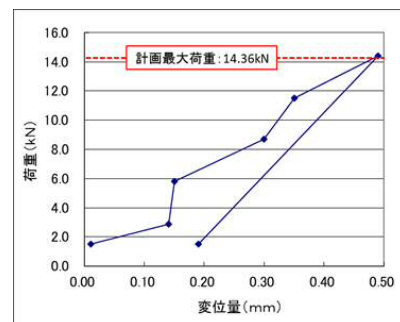


図5 補強材の性能確認試験

5.2 補強材の性能確認

補強材の性能確認試験として、受入れ試験⁴⁾を行った。試験は注入材の充填確認と同様に、6段ある対策箇所について各段に1か所の頻度で計6か所にて行った。3段目における確認結果を図5に示す。最大試験荷重はL1地震時の設計引張力である 14.36 kN とした。載荷方法は1サイクル載荷試験とし初期荷重は計画最大試験荷重の10%とし計画最大荷重まで段階的に載荷した後、初期荷重まで除去した。判定は載荷した計画最大荷重に補強材が耐えられれば適正と判断した。3段目の補強材に計画最大荷重である 14.36 kN を載荷したときに補強材に変状は無く適正であることを確認した。また、他の5か所での確認試験でも同様に計画最大荷重載荷時に補強材に変状は無く適正であることを確認した。

6. まとめ

地下鉄営業線の耐震補強工事の一環として石積み擁壁耐震補強工法であるピンナップ工法で対策を行った。施工初期の調査で裏グリ石の空隙が大きく、従来の注入材では充填が不十分であったため、新たな注入材を開発した。

実大実験にて性能確認を行った新しい注入材を用い実現場で適用した結果、対策を施した石積み擁壁が本現場の要求性能を満足したことを確認した。

今後、本現場の実績が同様な空隙の大きな石積み擁壁の耐震補強工事の一助となれば幸いである。

参考文献

- 1) 平木ら：空隙の大きな石積み擁壁の耐震補強工事 その1-新しい注入材の開発、第54回地盤工学研究発表会、2019(投稿中)。
- 2) 公益財団法人鉄道総合技術研究所：石積壁の耐震補強設計・施工マニュアル、pp.6-9, 2008。
- 3) ピンナップ工法研究会：石積壁の耐震補強工-ピンナップ工法-パンフレット、2008。
- 4) 公益社団法人地盤工学会：地山補強土工法設計・施工マニュアル、pp.161-163, 2011。