

空積み石積壁における背面注入補強工法の提案

東日本旅客鉄道株式会社 東京支社

正会員 ○ 前田 剛志、猿谷 賢三、小池 健司、平野 光孝

1. はじめに

JR東日本では、首都直下地震に備えた耐震補強対策として、切土構造物において棒状補強材による耐震補強を行っている(図1)。

既設石積壁が図2に示すような空積の場合は、石積と栗石層が一体化されておらず、地震動に対して抵抗できないため、石積壁前面にRC補強等を行う必要がある。その場合、線路設備の大規模な支障移転等により施工が困難となるため、代替え工法として、石積背面への注入工法(以下、背面注入工)を検討している。これまでの研究結果^{1) 2)} から以下の知見が得られている。

- 1) 空積石積壁への注入材として、可塑性グラウトは高い充填性能を有している。
- 2) 可塑性グラウトによる背面注入工を行うことで、空積石積と栗石層の一体性を確保できる。

本研究では、実現場に近い条件での実証試験の結果報告および背面注入工の仕様の設定手法を提案する。

2. 実証試験(振動台試験)

(1) 試験概要

背面注入工による石積壁を有する切土の耐震性能を確認することを目的として、振動台試験を実施した。試験体は、自立性地山の前面に構築された空積の石積壁を模擬することとし、これまでの検討Case²⁾ の他、新たにCase3として、実現場に近い条件での「背面注入+地山補強材」の検討を実施した。

(2) 試験方法

試験概要図を図3、検討Caseを表1に示す。モデルは、高さ5mの石積壁を想定して1/7縮尺の試験体とした。試験は正弦波5Hz10波の加速度波形を用い、入力加速度を段階的に上げ、崩壊するまで加振することとした。

(3) 地山補強材・注入材の設定

Case1の地山補強材長は、既往の研究³⁾ より $K_h=0.2$ の石積の慣性力と補強材引張抵抗力が釣合う長さとしていた。Case3ではニューマーク法を用いて変形量を算定し、滑動変位量を500mm以下となる棒状補強材長を設定

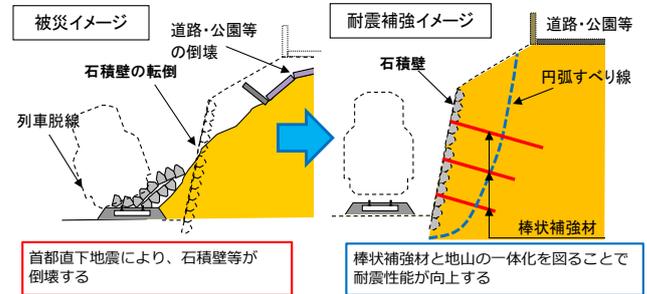


図1 切土耐震補強イメージ



図2 空積石積の場合

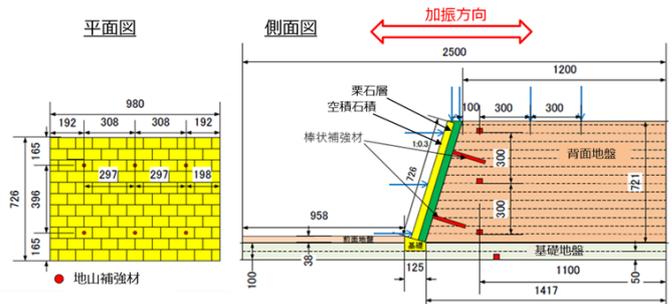


図3 試験概要図(1/7縮尺)

表1 実証試験検討Case・模型諸元

検討Case	石積形状	補強等	栗石層製作方法
Case 1	空積	背面注入(標準強度2N/mm ²) + 補強材(既往の研究を準用)	事前打設
Case 2	空積	背面注入のみ	事前打設
Case 3 今回検討	空積	背面注入(標準強度を1/7にスケールダウン) + 補強材(耐震設計により補強材長を算出)	ブロック積上げ時に打設

Case3諸元	模型(単位:mm)	実物大換算値(単位:mm)
石積高さ	721	5,000程度
ブロック	99×66×45	723×482×328
地山補強材	アルミ製φ16×430mm	φ110程度 L=3.0m(設計計算)

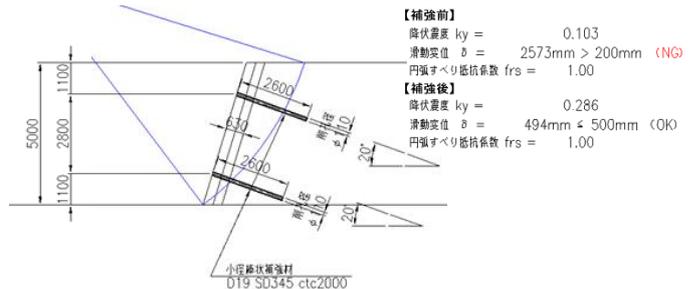


図4 ニューマーク法による変形量照査結果

キーワード 背面注入, 耐震補強, 切土, 土留壁, 空積

連絡先 〒114-8550 東京都北区東田端2-20-68 東日本旅客鉄道株式会社 東京支社 施設部 耐震補強対策室

定した⁴⁾ (図4) . 注入材については、これまで一軸圧縮強度2N/mm²としていたが、Case3では模型縮尺と同様に強度をスケールダウンすることとした。

(4) 試験結果

Case3加振後の石積壁の状況を図5・図6、石積前面の水平変位と入力加速度の関係を図7に示す。Case3では、900galで背面地山にすべり線が発生し、1100galで崩壊に至ったが、変位量は1000galまで耐震性能を満足する数値(実物換算500mm以下)に収まる結果となった。

3. 背面注入工の仕様の設定手法

これまでの試験結果を踏まえ、背面注入工における注入材の仕様を設定するフローを図8に示す。なお、切土としての耐震性能は地山補強材による補強により満足していることを前提とし、ここでは、石積壁に着目して背面注入工の仕様を設定する方法を示す。

(1) 作用力・応答値の算定

壁体・注入材の慣性力および地震時土圧は、図9に示す通りとし、設計水平震度Khは、補強後の切土の降伏震度相当とする。応答値の算定の骨組モデルは、地山補強材を簡易に支点として評価し、部材断面力を算定する方法とした。

(2) 部材・安定の照査

上記により算定された応答値に対して部材照査を行う。注入材は、石積を離散させない役割のみという位置付けとし、注入材を含む石積壁は、曲げに対する性能には期待せず、せん断に対してのみ照査を行うものとした。安定の照査において、壁体慣性力は、石積および注入材の重量に対する慣性力とし、転倒安定に用いる壁体底面幅は「石積幅+注入厚」とする(図10)。

なお、壁体重量が増加することで照査を満足しない場合は、地山補強材を増やす等の対応が必要となる。

4. まとめ

背面注入工と地山補強材による補強を併用することで、背面注入工による一体化により地山補強材の引抜き抵抗力を石積壁全体に伝達でき、空積石積壁の耐震性能が向上することが分かった。

今回、背面注入工の仕様の設定方法を提案したが、実績が増えた段階で、施工も踏まえた基本注入厚等の基準を定めていき、本工法の深度化を図っていきたい。

【参考文献】

- 1) 前田剛志, 他: 空積み土留壁の背面注入に関する試験結果について, 土木学会第73回年次学術講演会講演概要集, P45-46
- 2) 前田剛志, 他: 空積み石積壁に関する新たな補強工法の提案, 令和元年度土木学会全国大会第74回年次学術講演会, III-256
- 3) 中島 進, 他: 崩壊防止ネットと地山補強材による既設石積み壁の補強方法の開発, 土木学会論文集C 地圏工学, Vol.71
- 4) 鉄道構造物等設計標準・同解説土留め構造物: 鉄道総合技術研究所, 2012.1



図5 1000gal(変位200mm) 図6 1100gal(変位630mm)

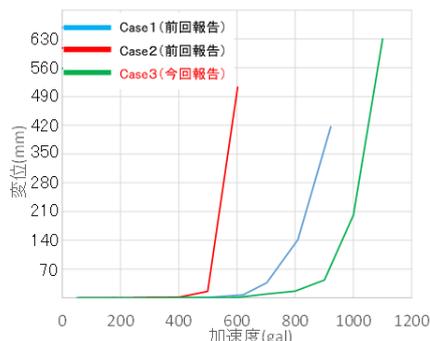


図7 水平変位と加速度の関係

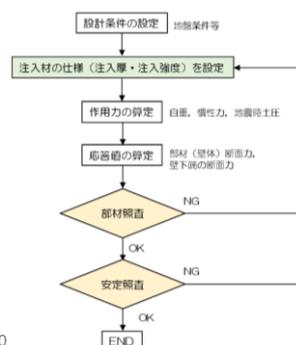


図8 設計フロー

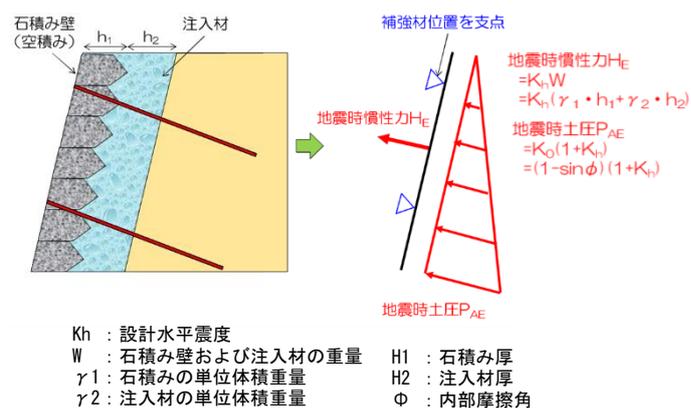
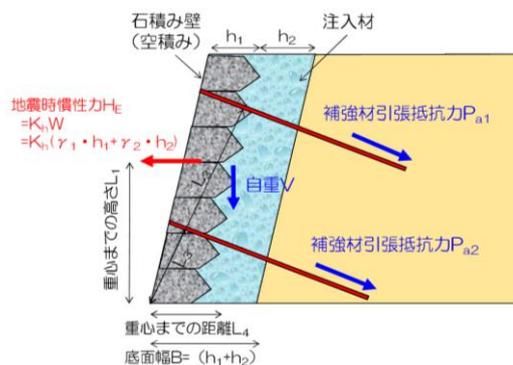


図9 応答値算定に関する模式図



$\text{擁壁回転中心から合力作用位置までの距離} d = (M_r - M_o) / V$
 $\text{偏心率} e = B/2 - d < B/2$

図10 安定検討に関する模式図