

石積壁の耐震補強対策 「ピンナップ[®] 工法」 Quakeproof Reinforcement Methods for Ashlar Masonry Walls: “Pin-Up[®]”

山田 祐樹
山本 彰

Yuki Yamada
Akira Yamamoto

1 はじめに

石積壁は古くから法面防護工として用いられており、鉄道沿線などにも多くみられる。Fig.1は石積壁の標準的な断面を示している。石積壁は、その背面構造の違いから空積および練積の大きく2種類に分類される。空積は間知石と裏グリ石のみで構成されており、練積は背面に胴込めコンクリート、裏込めコンクリートおよび裏グリ石を有している。このような構造を有する石積壁の設計方法は確立されておらず、経験に基づく標準断面によって仕様が決められており、安定性評価については未解明な部分が多いのが現状である。特に切土のり面の前面に構築されている石積壁については、地震に対して地山は十分に健全であっても石積壁自体が崩壊することが懸念され、地震時における安定性の評価方法や、耐震補強・補修技術の整備が求められている。

このような石積壁の耐震補強対策としてピンナップ工法があり、同工法の設計・施工マニュアル¹⁾は公益財団法人鉄道総合技術研究所より発刊されている。なお、本工法の特許は公益財団法人鉄道総合技術研究所と大林組が共同出願している。ここでは、本工法の概要ならびに施工事例について紹介する。

2. 「ピンナップ工法」の概要

2.1 工法の概要

本工法は既存の石積壁を対象とした補強工法であり、軽量・コンパクトな施工機械を用いた比較的簡易な施工方法により石積壁の耐震性の向上を図ることを目的としている。Fig.2に無対策時の石積壁の変状状況を、Fig.3にピンナップ工法の概略図を示す。

ピンナップ工法の開発²⁾は、1/3スケールの模型石積壁を用いた振動台実験により行われている。実験では、高さや石積壁の構造、基礎の構造などをパラメータとして、地震による石積壁の変形メカニズムを把握するとともに、効果的な補強方法について検討を行った。地震時の石積壁の不安定化は、壁体の前面への変位および裏グリ石の沈下を繰り返すことにより生じる。石積壁の変形が徐々に累積するとともに、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。ピンナップ工法は、こ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個所造成することにより、地震時における石積壁の崩壊の主要因と考え

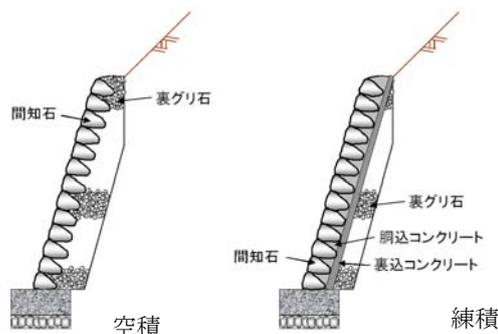


Fig. 1 石積壁の標準断面
Typical Cross Section

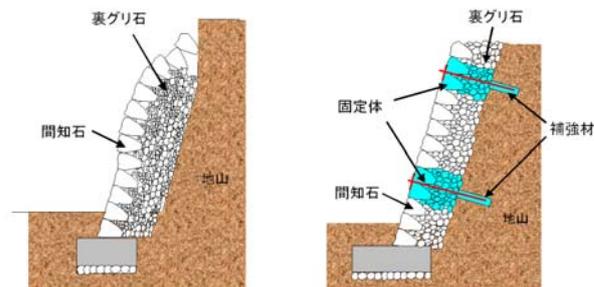


Fig. 2 無対策時の変状
Deformation of
Masonry Wall

Fig. 3 ピンナップ工法
Outline of Pin-Up
Method

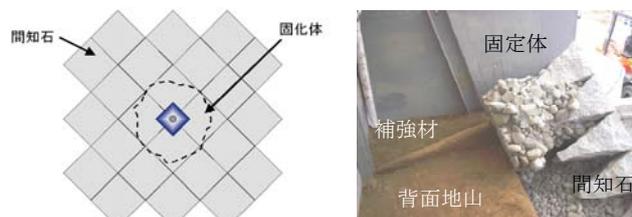


Fig. 4 ピンナップ工法の施工概要
Outline of Pin-Up Method

られる、石積壁の前面への変位および裏グリ石のゆるみを防止し、石積壁の耐震性向上を図る。

2.2 工法の特徴

ピンナップ工法では、Fig.4に示すように間知石の交点に補強を行うことが最大の特徴となる。排水性が良好な裏グリ石層の改良に適した注入管ならびに固化材を用い

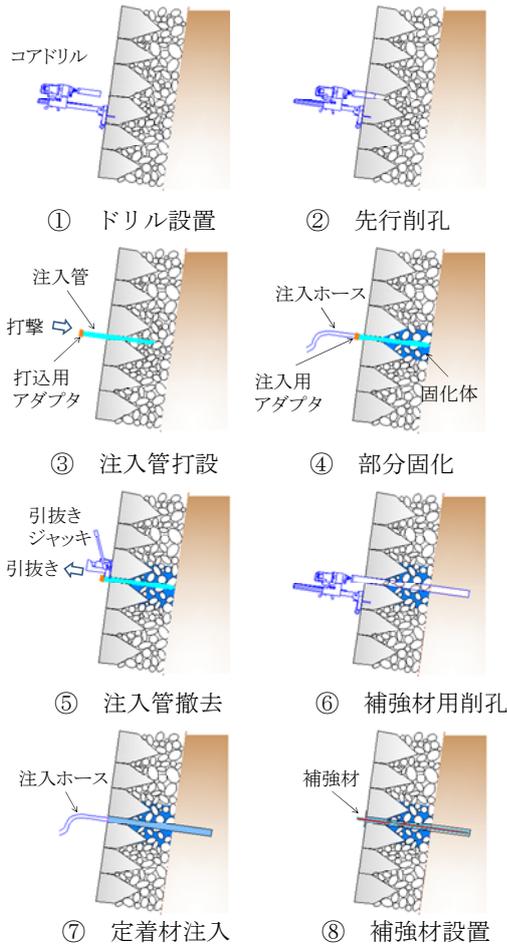


Fig. 5 施工手順
Construction Procedure

て、裏グリ石層内に注入を行い、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。その後、必要に応じて、背面地山へ補強材の打設を行い、補強効果をも高める。なお、補強材を打設する際には、裏グリ石を既に固化しているため、削孔が容易となる。本工法の主な特徴を以下に示す。

- 1) 施工機械が軽量、コンパクトである。
- 2) 大規模な足場を必要としない。
- 3) 裏グリ石の部分固化で済むため、経済性に優れる。
- 4) 裏グリ石の排水性を阻害しない。

2.3 施工方法

ピンナップ工法の施工手順をFig.5および以下に示す。

- ① アンカーおよび削孔ドリルの設置
- ② 間知石部分の先行削孔
- ③ 注入管 (Photo1) の打設
- ④ 裏グリ石の部分固化
- ⑤ 注入管の撤去 養生 (24h)
- ⑥ 補強材用削孔 (Photo2)
- ⑦ 補強材定着材の注入
- ⑧ 補強材の挿入
- ⑨ 頭部処理 (Photo4)

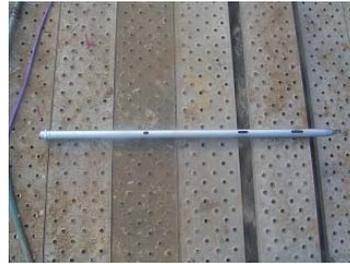


Photo 1 注入管
Grouting Pipe



Photo 2 削孔状況
Construction Situation



Photo 3 施工現場全景
Construction Site



Photo 4 補強材頭部の状況
View of Nailing

3. 施工事例

ピンナップ工法の施工事例をPhoto3, 4に示す^{3)・4)}。該当現場では、石積壁の前面への傾斜ならびに石積壁背面地盤の地表面の陥没等の変状が生じており、これらの変状の原因は地震によるものと推定された。また、石積壁前面の敷地に余裕がなく、斜面中腹における施工となるため大規模な施工機械や足場を設けることが困難である等の理由から、ピンナップ工法が採用されている。

4. まとめ

既存石積壁の耐震補強対策としてピンナップ工法を紹介した。石積壁は土木構造物として古くから施工されており、耐震性を求められる重要構造物に近接する場所に用いられていることも多い。特に敷地に制約がある狭隘な施工条件下では、小型の施工機械により耐震補強が可能なピンナップ工法の活用が期待できる。

参考文献

- 1) 鉄道総合技術研究所：石積壁の耐震補強工設計・施工マニュアルーピンナップ工法施工マニュアルー，(2008)
- 2) 太田直之，他：間知石を用いた石積壁を対象とした耐震補強工の開発，土木学会論文集F, Vol.63, (2007)
- 3) 太田直之，他：石積壁の地震時安定性評価と対策，日本鉄道施設協会誌，2009-5, (2009)
- 4) 宮田義典，他：切土のり面に施工された石積壁の変状と対策事例，日本鉄道施設協会誌，2009-5, (2009)