

図 4.1 標準施工フロー

## 5. 施工例

丸の内線（東京メトロ）茗荷谷駅～後楽園駅間の石積壁は、背面に閑静な住宅街が近接している。このため、①補強対策が民地境界に抵触しない、②住環境保全のため騒音・振動が少ない（夜間施工できない）、③営業線の建築限界を犯さず、昼間施工をする、などの現場条件から、ピンナップ工法が作用された。

### 【事務局だより】

#### 平成30年度 定時総会を開催しました

平成30年7月12日にホテルメトロポリタンエドモントにおいて、定時総会を開催致しました。議案はすべて原案通り可決承認されました。

### 【入会・退会】

正会員入会：株式会社大阪防水建設社、三信建設工業株式会社、日特建設株式会社

臨時会員：東武谷内田株式会社、東武建設株式会社

当協会会員は現在正会員37社、準会員29社 計66社です。

総会終了後、ご来賓をお招きして懇親会も行われ盛況のうちに終了致しました。また当日、総会に先立ち理事会も開催されました。



平成30年度定時総会の様子

### 【編集委員会名簿】

委員長：佐藤靖彦(西松建設(株)) 幹事：田村幸彦(株)複合技術研究所 事務局：岡本正広、梅津喜美夫(株)複合技術研究所  
委員：神田隆真(前田建設工業(株))・片山 隆(株)クラレ・西村 淳(三井化学産資(株))

### 【協会事務局】

〒160-0004 東京都新宿区四谷1-23-6 協立四谷ビル 5F (株)複合技術研究所 内  
電話 03-5368-4103 FAX 03-5368-4105 ホームページ・アドレス <http://www.RRR-SYS.GR.JP>



写真 5.1 仮設状況



写真 5.2 補強工事後



写真 5.3 裏グリの固化状況



写真 5.4 頭部処理

## 6. おわりに

地震時における石積壁の変形特性を理解し、補強工として経済的、かつ石積壁の特性を損なわない対策が、ピンナップ工法である。本工法は、数値解析や振動台実験、実物大実験を経て現場に適用され、平成30年4月現在で2060本の施工実績を有している。

今後も研究開発を進め、適用範囲を広げるとともに、コストダウンを図りたいと考えている。また、適材適所、他工法との棲み分けや、区別化を明確にしていきたいと考えている。

協会各位のご指導、ご鞭撻を願う所である。

### 【参考文献】

(公財) 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」

### 鉄道総研フォーラムに出展いたしました

平成30年9月6日(木)～7日(金)、12日(水)に開催された「鉄道総研技術フォーラム2018 鉄道業務に役立つICTソリューション」にブース出展いたしました。

### 平成30年度 RRR 工法技術講習会を開催いたします。

定員以上となる130名のご参加申し込みをいただいています。東京理科大学 龍岡文夫教授、ならびに(公財)鉄道総合技術研究所 事業推進部長の館山 勝氏、東海旅客鉄道株式会社 田中様にご講演いただきます。事務局からは材料マニュアル改訂について解説させていただきます。

### 地盤技術フォーラムに出展しました

地盤技術フォーラム2018へ、RRR工法を出展いたしました。  
日時:2018年9月26日(水)～28日(金) 10:00～17:00  
場所:東京ビッグサイト(東5ホール) 小間番号 G-77  
主催:フジサンケイビジネスアイ

### 事務局長の交代について

岡本正広に代わり、梅津喜美夫が事務局長となります。どうぞよろしくお願いたします。

## ピンナップ®工法の紹介

ピンナップ工法部会

### 1. はじめに

鉄道沿線では、線路に近接した石積壁を多く見ることができ。これらの石積壁では、間知石と呼ばれる石材を表面に、裏グリと呼ばれる排水層を背面に配置することで、切土のり面を防護していることが多い。特に裏グリをセメントで固化していない空積みと呼ばれる構造の石積み壁に対して地震動が作用した場合、自立性の高い切土のり面では斜面の安定性は維持されたとしても、石積壁自体が大きく変形したり崩壊して、列車の運行に支障を与えることが懸念される。

石積壁の補強対策は、従来、アンカー工や格子枠など比較的大規模の大きな工法が採用されてきた。しかし、切土のり面の自立性が高い場合には過大な補強になる場合があり、またこのような補強工事を鉄道の営業線に近接する環境で実施する場合、列車の建築限界による作業制限などの課題があった。

### 2. ピンナップ工法の概要

#### 2.1 概要

ピンナップ工法は、既存の石積壁（主に空積み）を対象とした耐震補強工法で、特徴として線路近傍の狭隘な施工環境に適した軽量・コンパクトかつ簡易な工法であることが挙げられる。

本工法は、石積壁の地震時の変形・崩壊メカニズムに基づいて考案されている。石積壁に地震動が作用した場合、石積壁の裏グリ石が移動・沈下して間知石が孕み出し、崩壊に至る。ピンナップ工法はこのような地震時の変形に対して、①間知石と裏グリ石を一体化した固化体を、裏グリ層内に部分的に複数箇所造成する（本工法I型）、または、②この固化体を比較的短いアンカー体を用いて地山に定着することにより、石積壁の耐震性を高めることができる（本工法II型）。

なお、本工法は、公益財団法人鉄道総合技術研究所と株式会社大林組の特許工法となっている。また、「ピンナップ/PIN-UP」は、株式会社大林組の登録商標である。

- ・特許 04316939 石積壁の補強方法
- ・特許 04316940 石積壁の補強方法
- ・特許 04316941 石積壁の補強方法
- ・特許 04463140 石積壁の耐震補強方法
- ・特許 04530378 石積壁の耐震補強方法及びそれに用いる石積壁補強材
- ・特許 05026829 石積壁の耐震補強材、耐震補強設備及び石積壁の耐震補強方法
- ・登録商標「ピンナップ/PIN-UP」

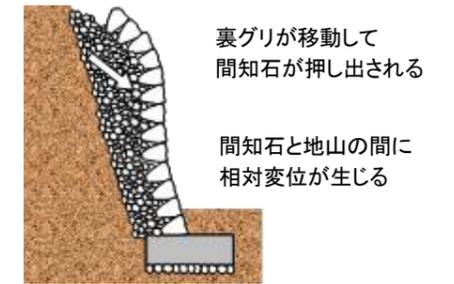


図 2.1.1 基礎が堅固な場合の変形メカニズム

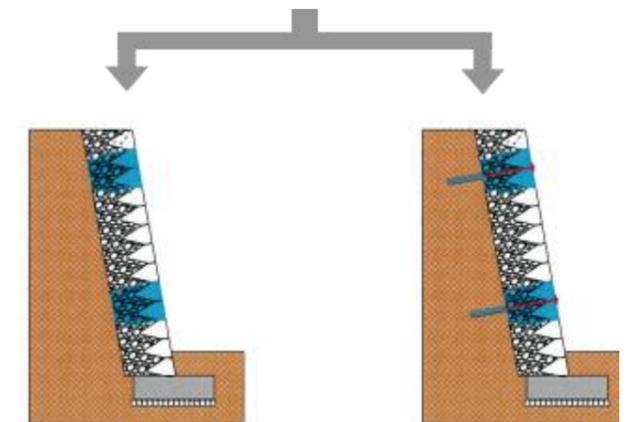


図 2.1.2 本工法 I 型  
(部分固化工法)

図 2.1.3 本工法 II 型  
(固化体定着工法)

### 2.2 適用範囲

ピンナップ工法は、自立性を有する地山の前面に施工された石積壁を対象として、耐震性の向上を図る工法である。このため、本工法の適用に当たっては、あらかじめ地山の状態を検討し、常時や地震時に必要な安定性を確保していなければならない。

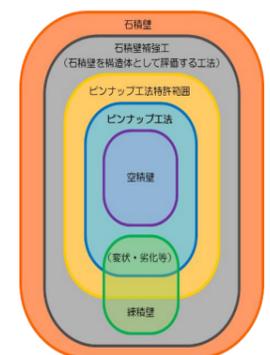


図 2.2.1 ピンナップ工法の適用範囲

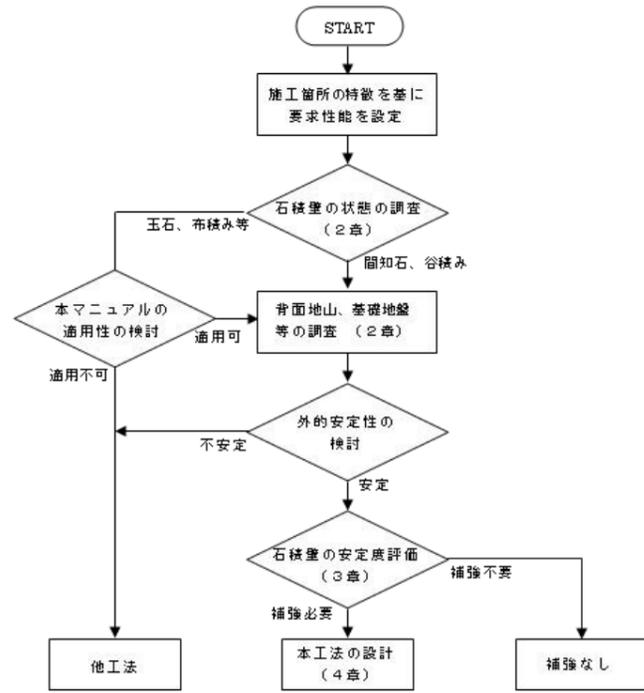


図 2.2.2 適用性検討の概略フロー

### 2.3 特徴

ピンナップ工法は、以下の特徴を有している。

- ・施工機械は軽量コンパクトで、人力で持ち運べる
- ・簡便な単管足場で作業できる
- ・狭隘地で施工できる
- ・裏グリ石を部分的に固化するだけなので、経済性に優れる
- ・裏グリ石の部分的な固化であるため、裏グリ部分の排水性を保持できる
- ・補強箇所が目立たず、景観維持に優れる
- ・ノモグラムによる設計ができる
- ・施工基面上で利用できる空間を低減させない

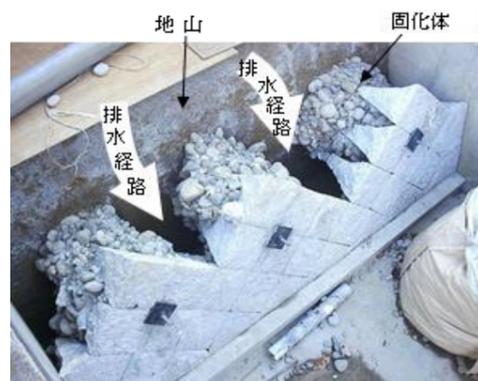


図 2.3.1 施工後に裏グリを除去した状況

### 3. ピンナップ工法の検討

#### 3.1 事前検討

安定性評価に先立ち、次の事項を検討する。

- ① 間知石の厚さ、裏グリ層の厚さ、裏込めコンクリートの有無（練積み・空積み）、および基礎構造などを予め調査する
- ② 変状がある練積みの石積壁で、裏込めコンクリートの強度が低い場合は、空積みとして評価する

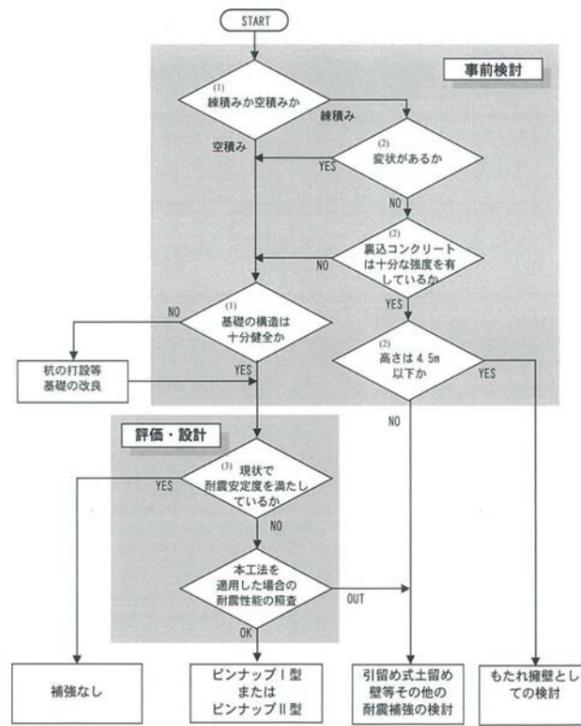


図 3.1.1 事前検討および評価・設計の流れ

#### 3.2 安定性の評価

安定性評価の入力地震動は、L1地震動・L2地震動スペクトルI、L2地震動スペクトルIIのいずれかとする。

石積壁の安定性は、裏グリ石の沈下量により評価する。これは、①裏グリ石の移動・沈下が石積壁の変形メカニズムに大きく関与すること、②高さや勾配の異なる石積壁の安定度を一義的に評価する指標として、裏グリ石の天端沈下量が適していること、による。

沈下量を考える目安として、一般的な間知石の一边は約30cmであることから、谷積みの場合は間知石の高さが約42cmとなるため、裏グリが42cm沈下すると、間知石1個が拘束力を失い、補修が不可欠な状態になると考えられる。

標準的な構造の石積壁の場合は、石積み壁の高さと勾配の条件から、ノモグラムを用いて裏グリ石の沈下量を評価することができる。ノモグラムは、参考文献に記載されている解析手法を用いて実施したケーススタディで作成したものである。

標準的な構造の石積壁	
勾配	: 1:0.1~1:0.4
高さ	: 3~15m
裏グリ石の厚さ	: 約30cm
積み石の種類	: 間知石
間知石の寸法	: 面の一边約30cm、控え40~50cm
積み方	: 谷積み

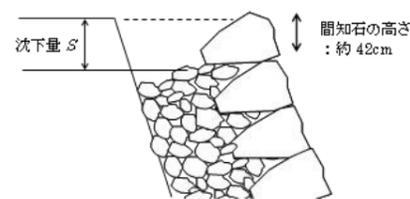


図 3.2.1 裏グリ石の沈下量と安定度の目安

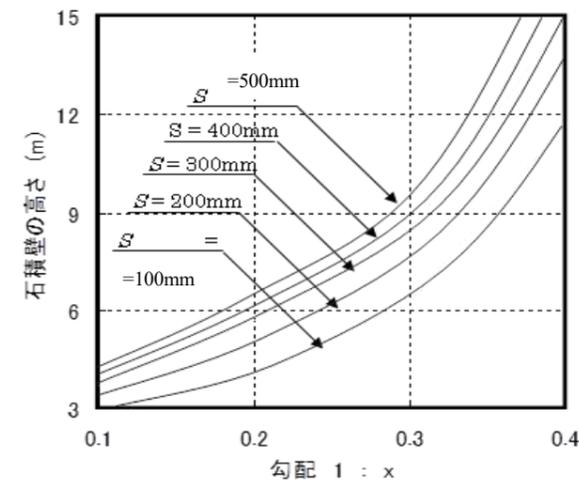


図 3.2.2 沈下量算定ノモグラム例(L2スペクトルI対応)

#### 3.3 ピンナップ工法の設計

ピンナップ工法の設計では、検討対象とする石積壁の特徴（重要度や維持管理のし易さなど）を考慮して、要求性能を予め設定する必要がある。

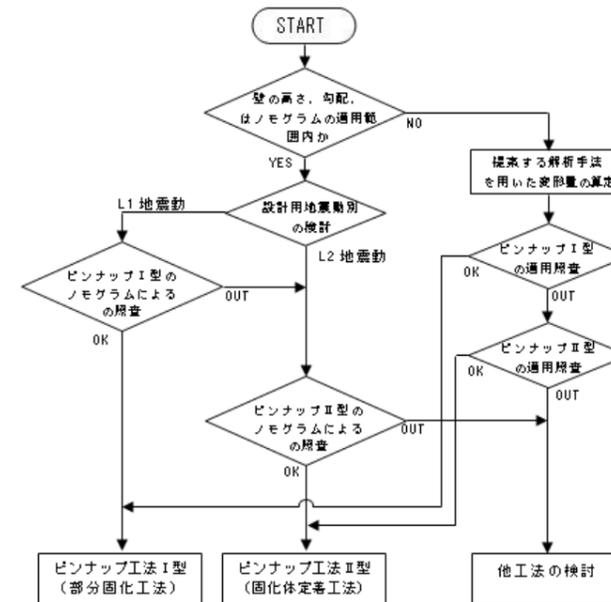


図 3.3.1 本工法設計のフロー

その上で要求性能を満足する施工仕様として次の2項目を決定する。

#### ① 施工間隔

沈下量が要求性能を満たすための施工間隔を定める。例えば裏グリ石の沈下量を100mm以下とする場合には、標準的な構造の石積壁においてノモグラムを用いて裏グリ石の沈下量が100mm以下となる、施工間隔を設定する。

#### ② アンカー一体の長さ (II型の場合)

定めた施工間隔から、補強工（アンカー一体と固化部）1箇所が分担する範囲を算定し、さらに地震時にアンカー一体に作用する慣性力を算定する。この地震時慣性力に対して間知石と裏グリ固化体が、地震時慣性力によって抜け出さないように、アンカー一体定着部の長さを設計する。アンカー一体の定着が満足できない場合には、施工間隔の見直しを行う。

アンカー一体の標準寸法	
直径	: 110mm
長さ	: 3m (最小長 1m)

アンカー一体に作用する慣性力は、次式から算定する。

$$P = (W_k + W_c + W_g) \cdot n \cdot k_h$$

ここで P : 補強工1箇所作用する外力

$W_k$  : 間知石1個の質量

$W_c$  : 間知石1個分の裏込めコンクリートの質量

$W_g$  : 間知石1個分の裏グリ石の質量

n : 補強工1箇所が分担する間知石の個数

$k_h$  : 設計水平震度

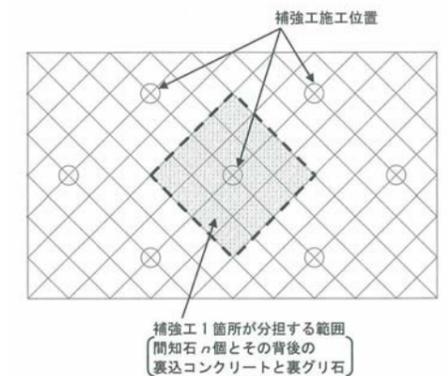


図 3.3.2 補強工1箇所の分担範囲

### 4. ピンナップ工法の施工

ピンナップ工法の施工は、大きく2工程に分けて考えることができる。

#### ① 工程1: 部分固化工

間知石4個分と裏グリ石層を一体化して固化させる工程。

本工法I型は、工程1で完了である。

管理のポイントは、注入材 ( $q_u = 24\text{N/mm}^2$  の可塑性グラウト) である。裏グリ石の粒度や、マトリックスの状態によって充填形状が異なるが、標準的な裏グリ石の状態では、フロー値 (JHS A313) を120~180mmで管理すれば良好な固化体が得られる。



写真 4.1 コアドリルによる削孔

#### ② 工程2: 固化体定着工

一体化した固化体を、安定した背面地山に補強材で定着させる工程。

管理のポイントは、アンカー一体の定着部である。定着の良否は、引抜き試験によって確認することができる。

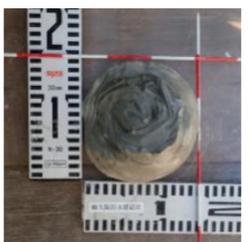


写真 4.2 材料フロー