

特許ビジネス市in大阪

画びょうで留めるように
簡便に石積壁を補強する

石積壁の耐震補強工法
ピンナツプ工法

鉄道総合技術研究所
防災技術研究部（地盤防災）
太田直之

古い時代から用いられている さまざまな石積壁

城郭石垣



紀元前
欧州の城壁



住宅

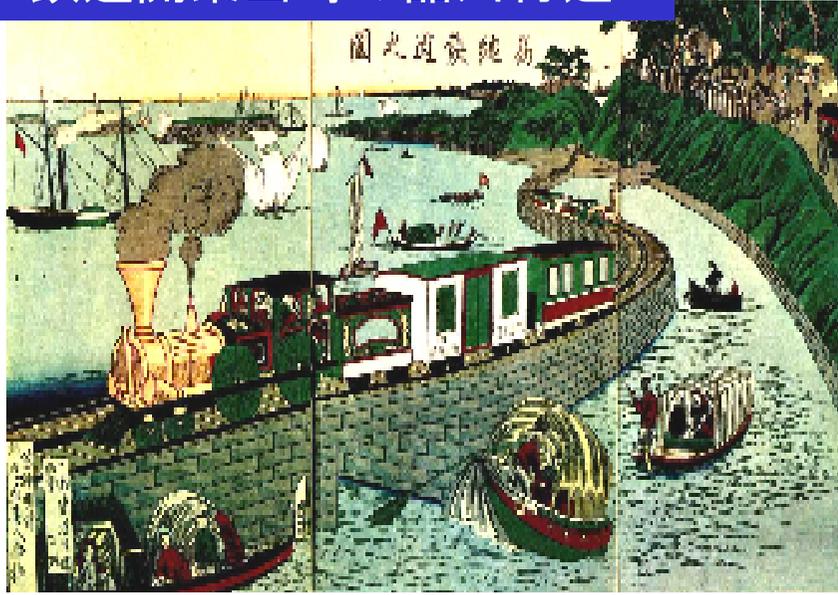


道路

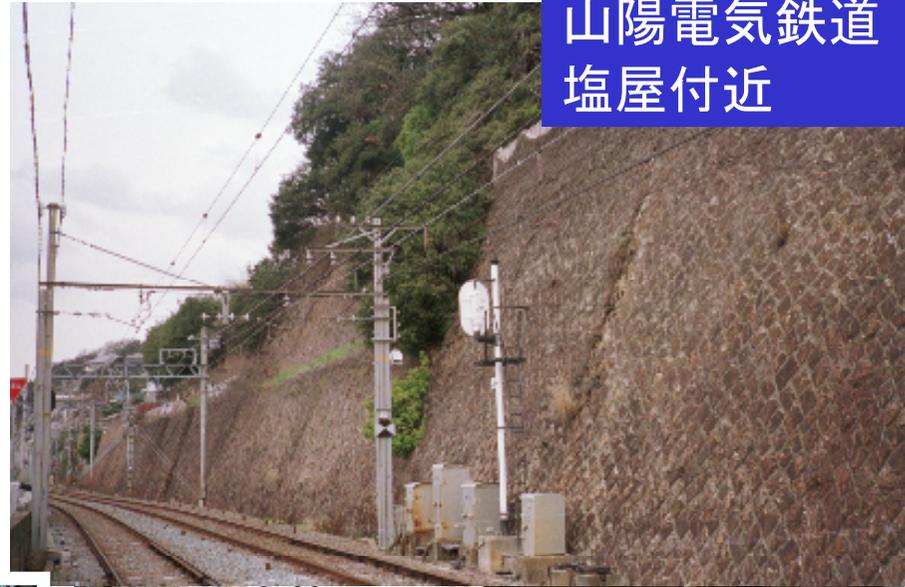


鉄道沿線に見られる石積壁

鉄道開業当時の品川付近



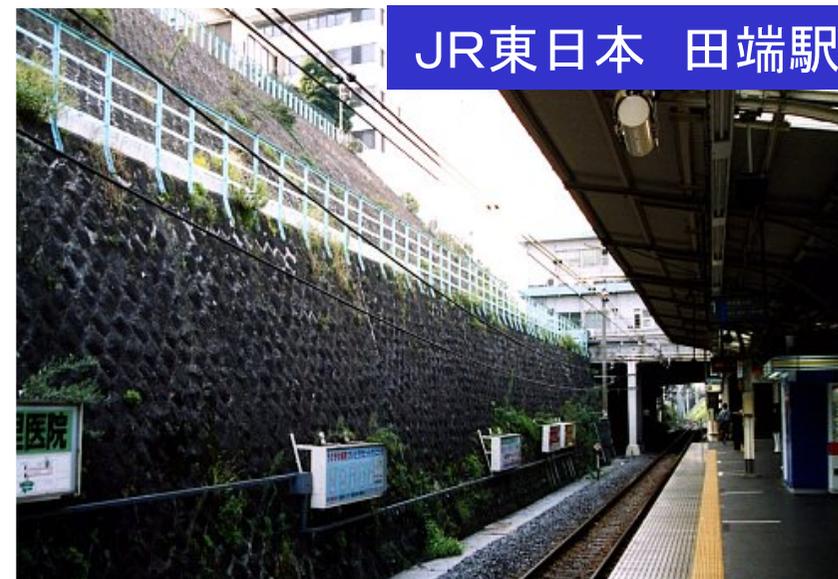
山陽電気鉄道
塩屋付近



東武鉄道
鬼怒川温泉付近



JR東日本 田端駅



鉄道沿線に見られる石積壁

鉄道開業当時の品川付近



品川開港船渠

山陽電気鉄道
塩屋付近



日本は国土の約7割が山間地

鉄道・道路・宅地を開発するために
斜面の切り盛りが必要

人工的な斜面の前面には
土留め壁を作る必要がある

昭和初期ごろまでは、材料の入手が容易で
あった石材を用いた石積壁が多用された

端駅

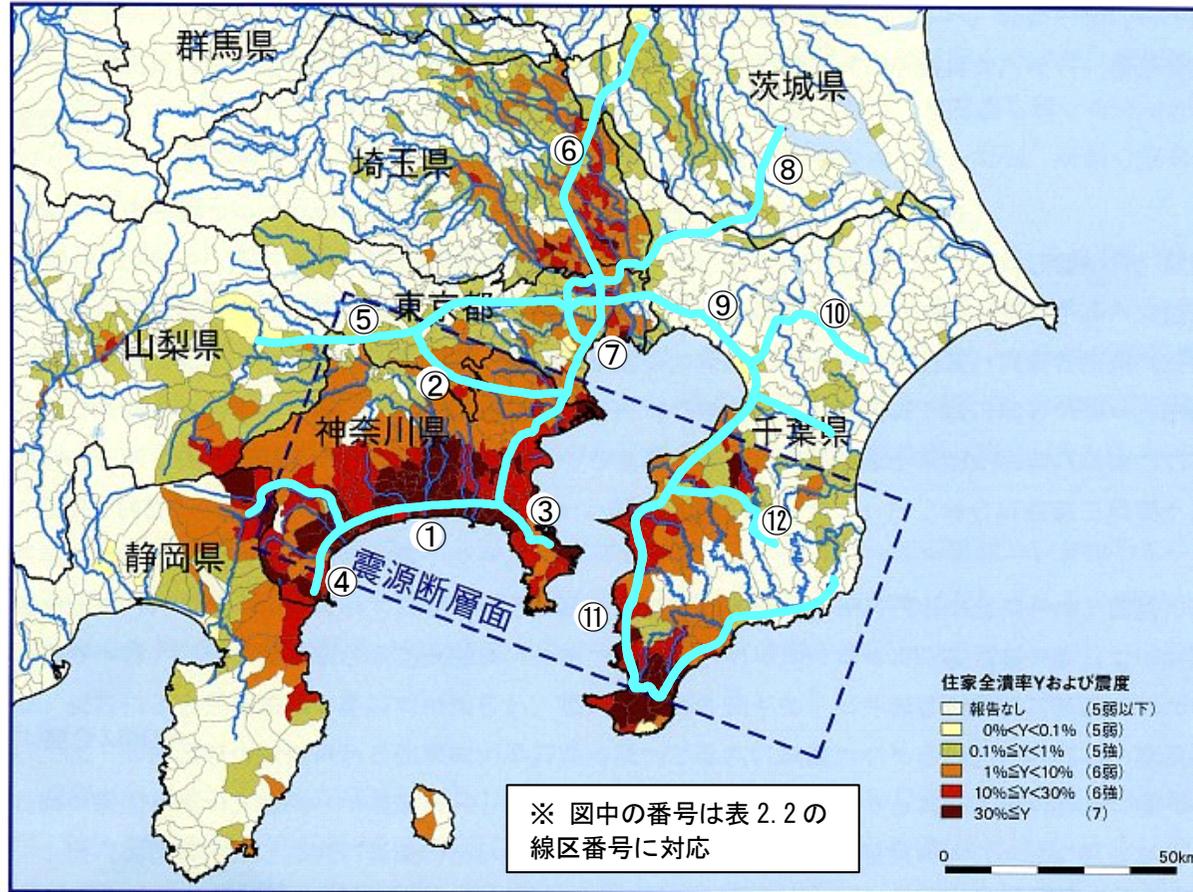


東武鉄
鬼怒川



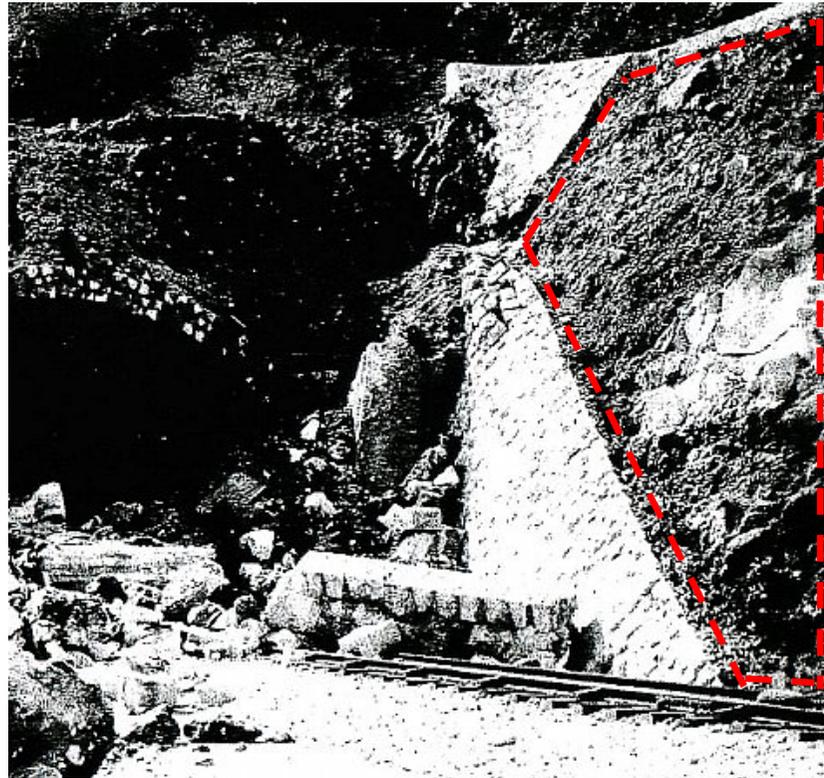
石積壁は地震で倒壊しないか？

関東大震災での石積壁の被害



武村雅之:「関東大震災 大東京圏の揺れを知る」に加筆

関東大震災での石積壁の被災例



土木学会：復刻版 大正十二年関東大地震
震害調査報告，1984. より

切土に施工された石積壁の崩壊：約30,700m²
盛土 — // — :約23,800m²

関東大震災での石積壁の被災例

関東大震災で被害を受けなかった品川御殿山付近の石積壁



大正初期の状況

写真集 山手線(毎日記念出版会)より

全ての石積み壁が
壊れたわけではない



現在の状況

そこで！

石積壁の変形メカニズムを明らかにして

- 石積壁の地震時安定性評価手法
- 効果的な耐震補強工法（ピンナップ工法）

を開発しました！

補強対象とする石積壁

- 盛土の場合には盛土を補強する必要がある
- 切土のり面に施工された石積壁は自立性地山の前面に施工されていることが多い
- 地震時に斜面が安定度を維持できない場合は地山補強が施工される



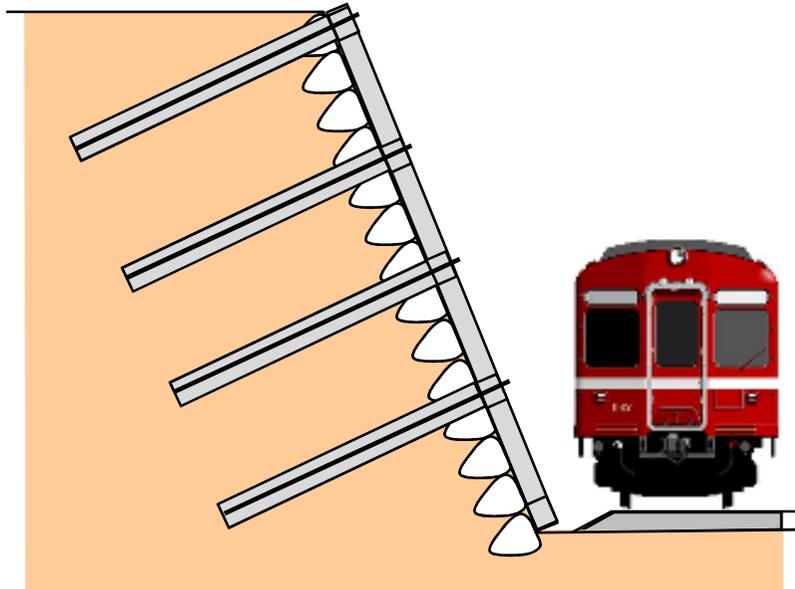
地震時に斜面が安定度を維持すると評価された場合
石積壁の自滅が懸念される

地震で倒壊した石積壁

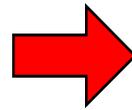


山本 彰:地震時における斜面変動とグラウンドアンカー
耐震化技術の実用化に関する研究

従来の対策工

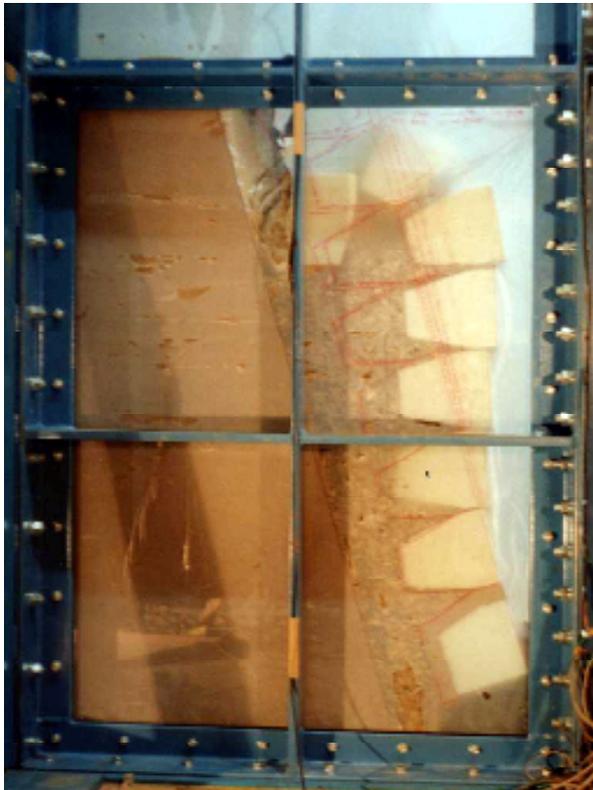


アンカー工，切土補強土工
大型の施工機械が必要
格子枠や支圧板が必要

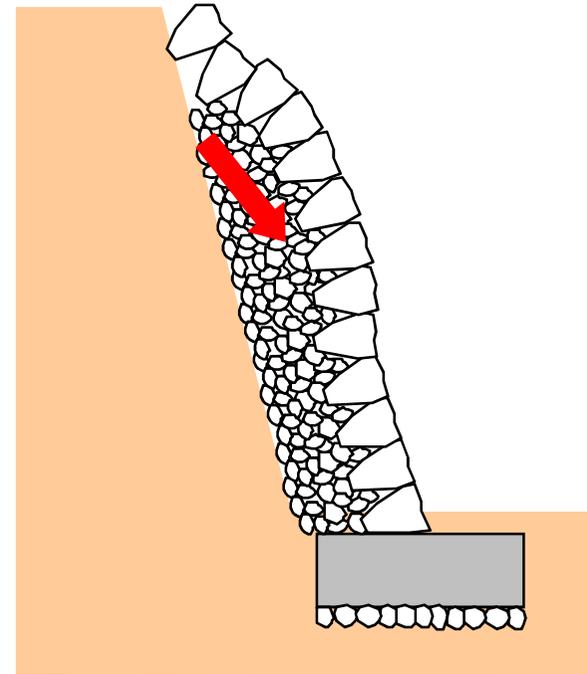


施工作業空間が狭い
建築限界による制限
地震時の安定性が不明
過大な補強

模型振動台実験結果から明らかになった 地震による変形メカニズム



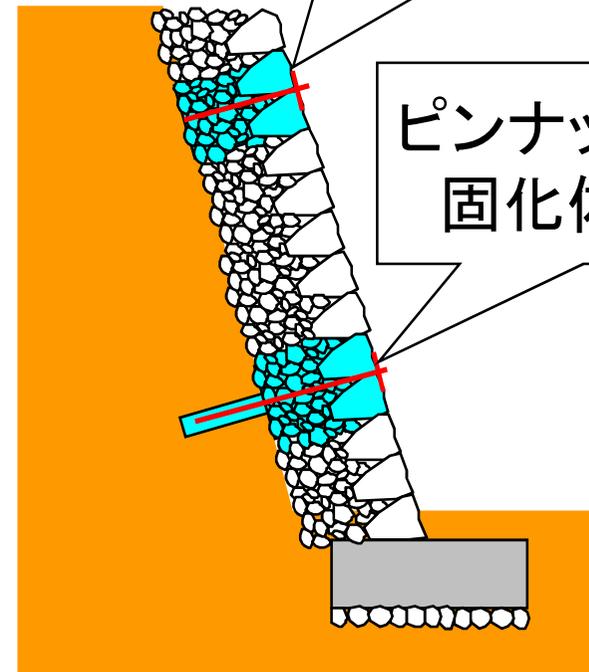
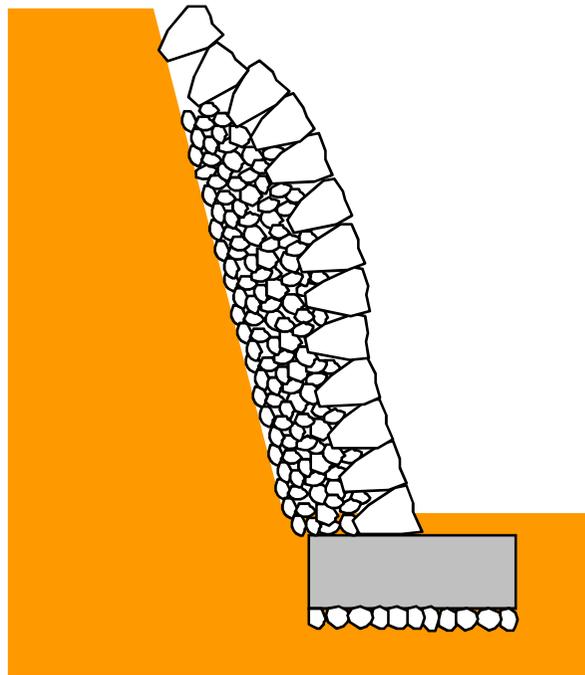
基礎剛結
800gal加振後の状況



裏グリ石の沈下・移動により
壁体が押し出される

ピンナップ工法の補強概念

裏グリ石の沈下・移動により
壁体が押し出される



ピンナップ I 型
4個の間知石と
裏グリ石の部分固化

ピンナップ II 型
固化体の定着

裏グリ石の部分固化

=

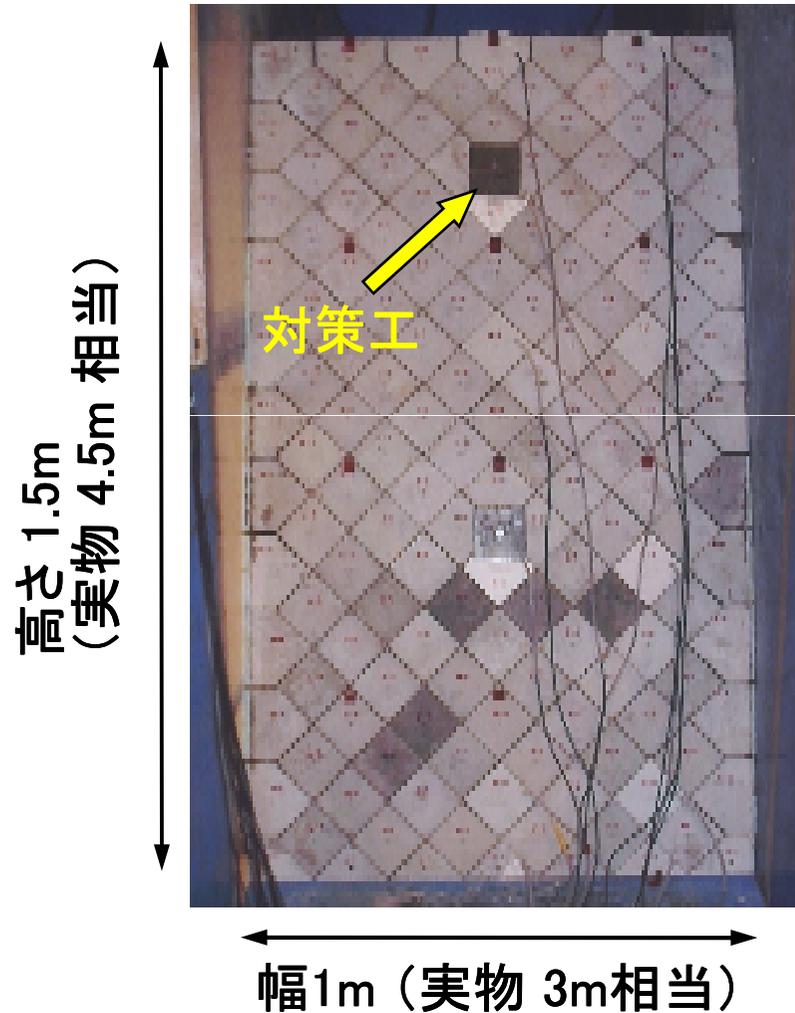
- ・ 排水機能を阻害しない
- ・ 低コスト

ピンナップ工法 固化体の形成状況



補強効果の確認

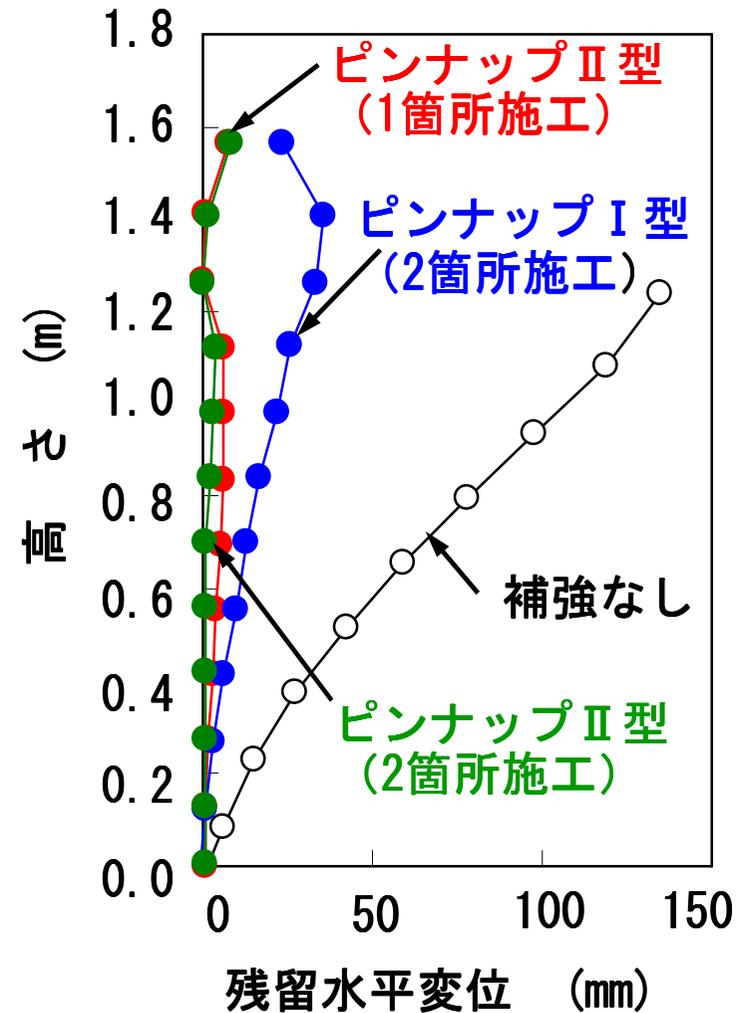
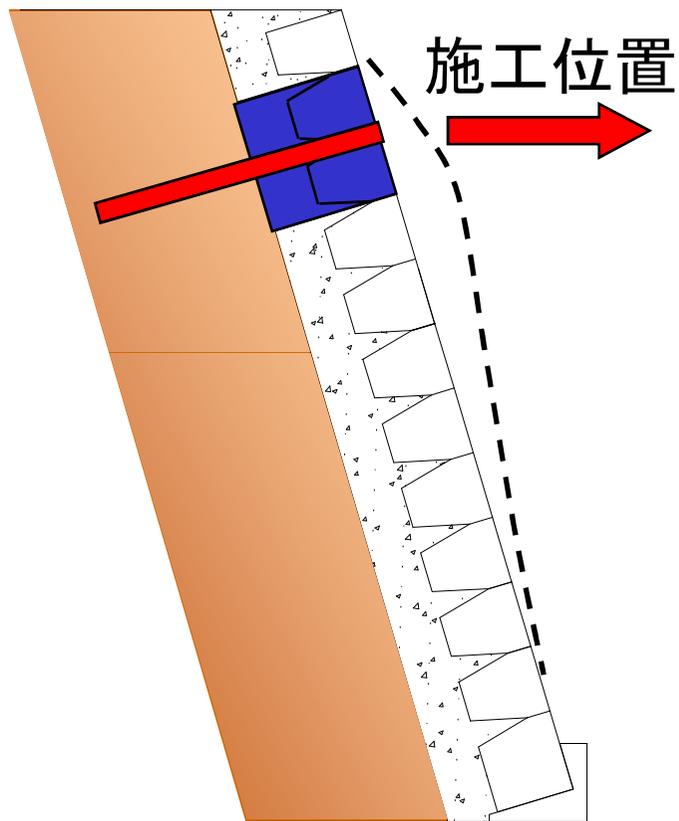
1/3石積壁模型を用いた振動台実験



対策工の模型
(間知石と裏グリ石の部分固化)



模型石積壁を用いた振動台実験 (入力加速度700gal時の水平変位量)



施工後の壁面の状況



施工後の壁面の状況



固化体の形成状況



ピンナップ I 型

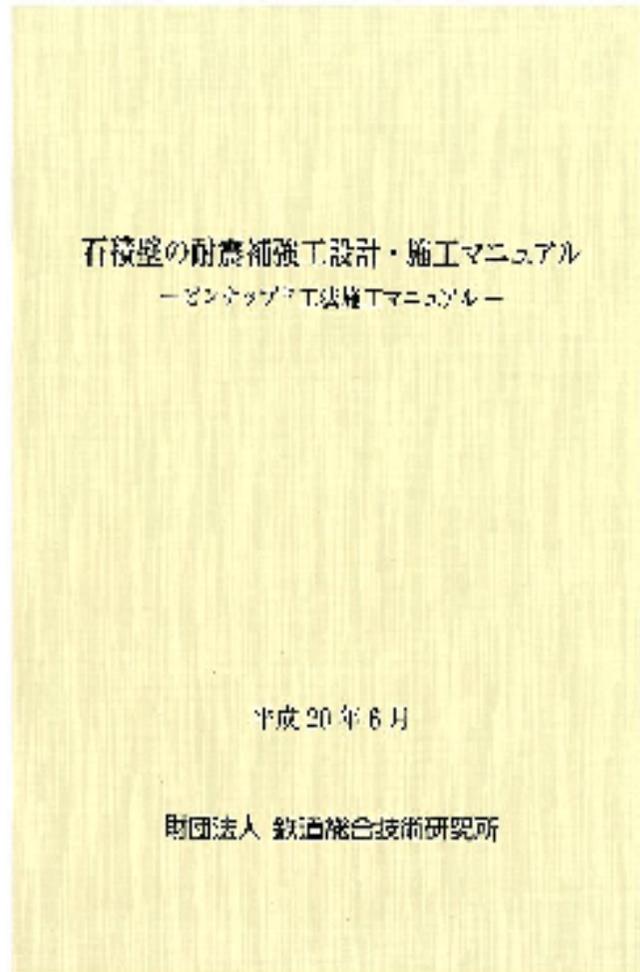
ピンナップ II 型



ピンナツプ工法施工事例



石積壁の安定度評価と対策工の設計



<目次>

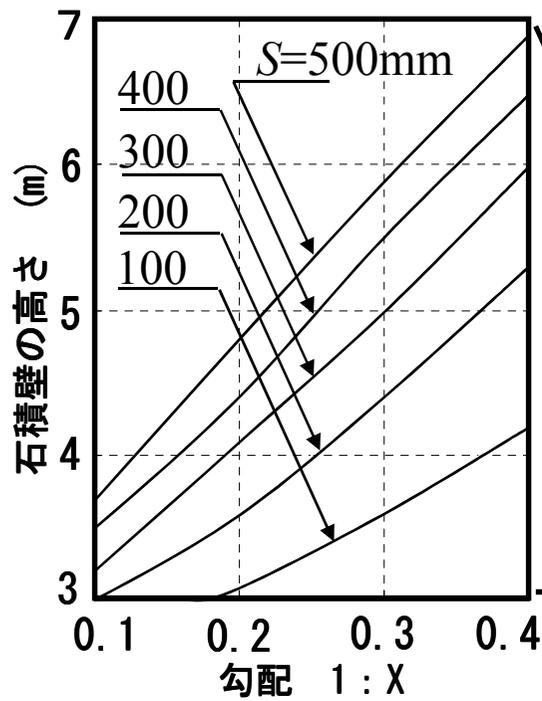
1. 概要
2. 調査
3. 安定度評価
4. ピンナップ工法の設計
5. ピンナップ工法の施工

地震時安定性評価・補強工施工間隔選定 ノモグラム

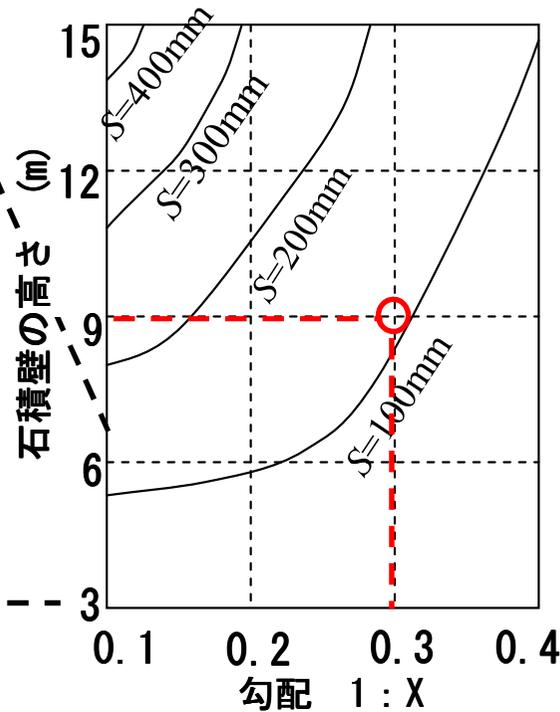
安定度評価



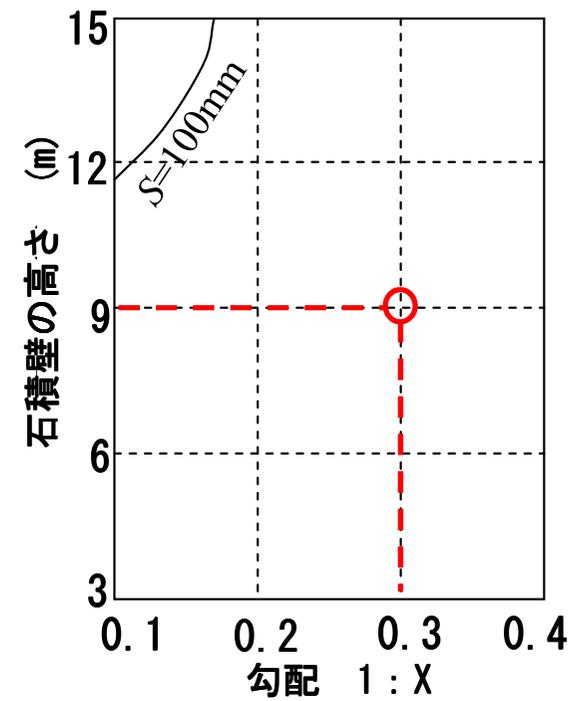
適切な配置間隔の選定



L2スペクトルⅡ
安定度評価



ピンナップⅡ型
2m × 2m間隔



ピンナップⅡ型
1.5m × 1.5m間隔

ピンナップ工法施工手順

注入管の挿入



先行注入



芯材挿入孔の削孔



芯材の挿入

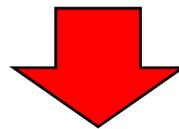


押え板の設置



ピンナップ工法の特徴

- 施工規模(掘削長・径)が小規模
- 小型・軽量機械で施工が可能
- 混和材など特殊な材料を使用しない
- ノモグラムによる設計が可能



効果的な耐震補強を
安価に行うことが可能

特許情報

発明の名称	石積壁の補強構造および補強工法
特許権者	財団法人鉄道総合技術研究所 株式会社大林組
特許番号	特許4190360号
出願日	平成15年6月60日

発明の名称	石積壁の補強方法
特許権者	財団法人鉄道総合技術研究所 株式会社大林組
特許番号	特許4316939, 4316940, 4316941号
出願日	平成15年6月60日

発明の名称	石積壁の耐震補強方法
特許権者	財団法人鉄道総合技術研究所 株式会社大林組
特許番号	特許4463140号
出願日	平成17年3月31日

ライセンス条件：実施許諾

事業化プラン：

- 主な市場は、道路、鉄道、宅地に施工されている既存の石積壁である。
- 石積壁を維持・管理している国、県、市町村などの自治体、鉄道事業者、または不動産開発事業者が顧客対象となる。
- 既存の石積壁は全国にあり、地震国である我が国においては潜在的な需要は高いと考えられる。
- 本技術の適用例はまだ少ないため、市場規模を想定するには至っていない。