

第III部門

2026年9月3日(木) 10:30 ~ 11:50 | 1号館4階403 (北海商科大学)

補強土②

座長：村田 昌 (金沢大学)

10:40 ~ 10:50

[III-227] バットレス型補強アンカー工法の組み合わせによる動的実験による効果検証

*橋本 隆雄¹、前田 和徳²、岩津 雅也³ (1. 国土館大学、2. 岡部株式会社、3. フリー工業株式会社)

キーワード：石垣、石積擁壁、耐震補強、補強対策

地震・豪雨によって石垣や石積擁壁の被害が多発している．被害を軽減するためには，石垣や石積擁壁の孕み等の変状程度を調査して，事前に補修・補強対策を行うことが重要である．一般的な補強対策は図-1に示すような地山補強土工法の鉄筋挿入工が広く適用されている．しかし，上部に建造物がある場合は，基礎や杭等に影響を与えるため補強材の長さに制限を受ける．橋本・前田らは鉄筋挿入工と柱状構造体を組み合わせたバットレス型補強アンカー工法を考案した．本研究では，石積擁壁の安定性向上を図るバットレス補強対策の動的模型実験を行い，バットレス型補強アンカー工法が無補強工法，鉄筋挿入工よりも強度が高いことが分かった．

バトレス型補強アンカー工法の組み合わせによる動的实验による効果検証

国士舘大学
岡部株式会社
フリー工業株式会社

正会員
正会員
非会員

○橋本隆雄
前田和徳
岩津雅也

1. 目的

地震・豪雨によって石垣や石積擁壁の被害が多発している。被害を軽減するためには、石垣や石積擁壁の孕み等の変状程度を調査して、事前に補修・補強対策を行うことが重要である。一般的な補強対策は図-1 に示すような地山補強土工法の鉄筋挿入工が広く適用されている。しかし、上部に建造物がある場合は、基礎や杭等に影響を与えるため補強材の長さに制限を受ける。橋本・前田らは鉄筋挿入工と柱状構造体を組み合わせたバトレス型補強アンカー工法を考案した。本研究では、石積擁壁の安定性向上を図るバトレス補強対策の動的模型実験を行い、バトレス型補強アンカー工法が無補強工法、鉄筋挿入工よりも強度が高いことが分かった。

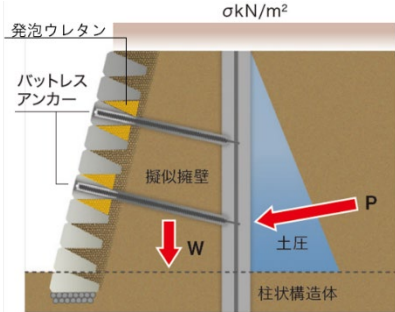


図-1 バトレス工の概要

2. 実験条件

- (1) 実験土槽及び石積擁壁形状：実験土槽は写真-1 の高さ 1.0m、幅 0.8m、奥行き 1.2m である。石積擁壁の形状は実大高さ 3.6m を想定して、1/6 サイズの模型（図-2）を作成した。
- (2) 実験の使用材料：動的实验の主な材料は、間知ブロック、真砂土（写真-2 含水比 3.7%）、鋼板、鋼材、バトレス構造体、ウレタンである。
- (3) 振動台動的模型実験のケース：動的实验は表-2 に示すように無対策 CaseA、バトレス工 1.5m 間隔（CaseB 天端接続無、CaseC 天端接続、CaseD 天端横接続、CaseE 天端接続＋下部クララ長尺）の 5 ケースを行った。
- (4) 地震波形：入力波は図-2 の正弦波、振動数は 5Hz、振動時間を前後 20% のテーパを含めて 10 秒間とした。実地震動は 1/6 スケールなので香川の相似則によると周振動波数 1.3Hz、76.8 秒間に相当する。

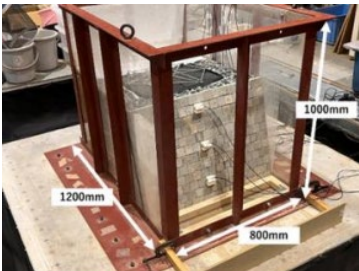


写真-1 動的模型実験の土槽の形状

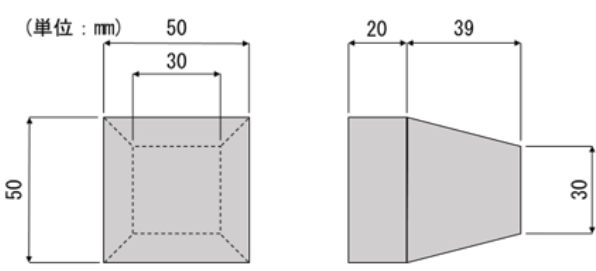


図-2 間知ブロックの形状



写真-2 真砂土

表-2 動的模型実験の実施ケース

試験体	柱状構造体		天端接続	備考
	上部アンカー	下部アンカー		
Case A	—	—	—	無対策
Case B	有	有	無	バトレス
Case C	有	有	柱状構造体連結	バトレス
Case D	有	有	横つなぎ	バトレス
Case E	有	無	柱状構造体連結	バトレス＋クララ長尺

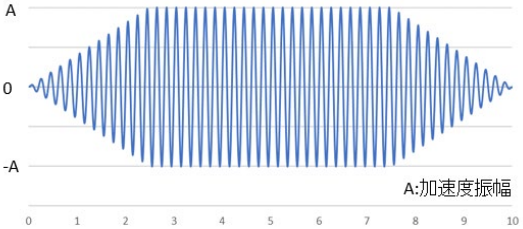


図-2 入力波形

3. 動的模型実験の結果

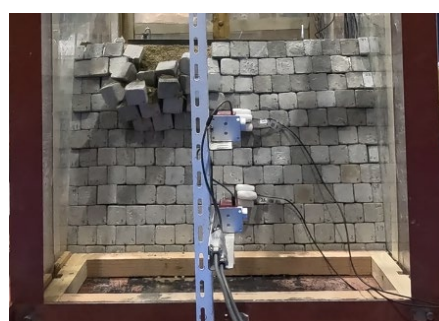
- (1) 各Caseの崩壊挙動と崩壊加速度：各ケースにおける崩壊加速度および崩壊時の様子を写真-3に示す。図-3は

キーワード 石垣、石積擁壁、耐震補強、補強対策
連絡先 〒 154-8515 東京都世田谷区世田谷 4-28-1 国士舘大学理工学部理工学科 TEL 03-5481-3253

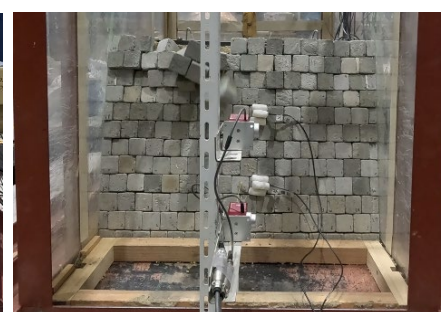
各ケースの崩壊加速度である。なお、本実験は自由落下方式（インパルス入力）により加振を行ったため、全体的に応答加速度が小さくなる傾向が見られた。各ケースの崩壊加速度を確認すると、無対策のCaseAは172galで崩壊に至った。これに対し、補強を行ったCaseB～Eはいずれも高い耐震性能を示した。具体的には、バットレス工を施したCaseBで331gal、柱状構造体を連結させたCaseCでは560galを記録した。また、横つなぎ材を併用したCaseDは503gal、上部バットレスと下部クララ長尺を組み合わせたCaseEでは551galとなり、補強工法の導入によって無対策時の約1.9倍から3.2倍の耐震性能向上が確認された。



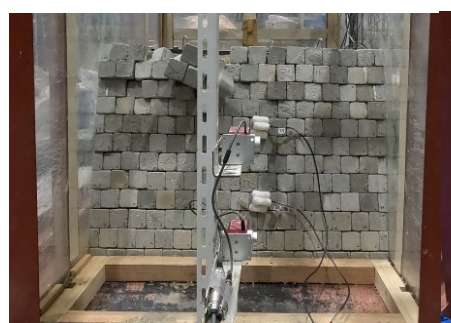
(a)CaseA : 172gal



(b)CaseB : 331gal



(c)CaseC : 560gal



(d)CaseD : 503gal



(e)CaseE 崩壊加速度 : 551gal

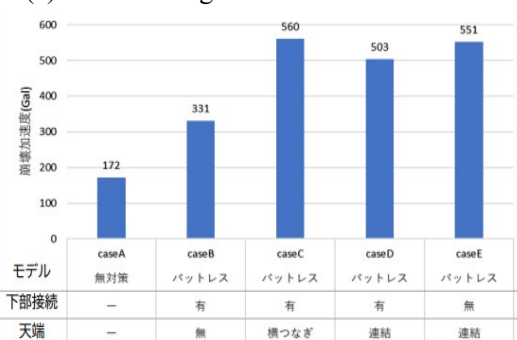


図-3 崩壊加速度による比較

写真-3 各 Case の崩壊の様子崩壊加速度

(2)変位による比較：各ケースの変位と加速度のグラフを図-4 に示す。水平変位は無対策以外、崩壊直前まで大きな変位が発生しなかった。また、垂直変位は CaseE が小さい値になる傾向にあった。

(3)土圧による比較：各ケースの土圧と加速度のグラフを図-5 に示す。垂直土圧は、天端接続していない CaseB のみ高い土圧の値を示している。また、変位同様 CaseE は値が小さい傾向がある。

4. まとめ

(1)最大約 3.2 倍の耐震性能向上が確認された。特に柱状構造体の連結やアンカーの長尺化が有効である。

(2)下部アンカーが制限される条件下でも十分な強度が発揮されることが分かった。

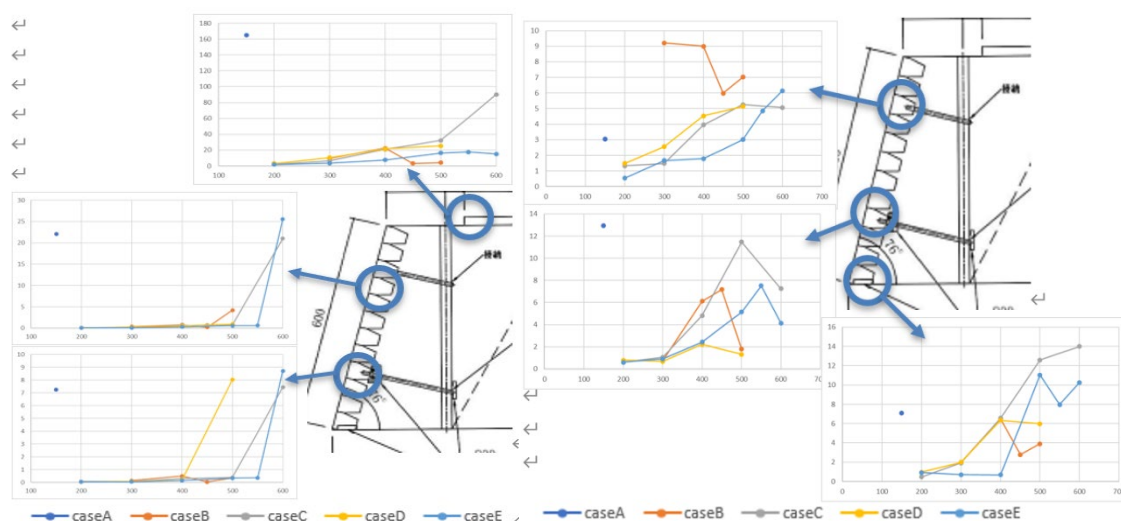


図-4 水平変位及び垂直変位

図-5 垂直土圧及び水平土圧

参考文献：

1)前田和徳、橋本隆雄、岩津雅也：バットレス型補強アンカー工法の安定性に関する室内載荷実験，第 59 回地盤工学研究発表会，25-8-1-01，2024. 2)橋本隆雄，前田和徳，蜘蛛悠太郎，池本敏和，岩津雅也：バットレス型補強アンカー工法の施工に関する適用性について，土木学会第 79 回年次学術講演会，III-399，2024. 橋本隆雄、前田和徳、池本敏和、岩津雅也、石作克也：充填材を用いたバットレス型補強アンカー工法の動的模型実験，充填材を用いたバットレス型補強アンカー工法の動的模型実験