

口頭発表 | 第III部門

2025年9月11日(木) 13:00 ~ 14:20 3階 A1 (熊本城ホール)

土留め・補強土③

座長：仙頭 紀明 (日本大学)

13:30 ~ 13:40

[III-19] 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

*橋本 隆雄¹、前田 和徳²、池本 敏和³、岩津 雅也⁴、石作 克也⁵ (1. 学校法人国土館大学、2. 岡部株式会社、3. 金沢大学、4. フリー工業株式会社、5. 株式会社日測)

キーワード：石垣、石積擁壁、耐震補強、補強対策

近年、地震・豪雨や経年劣化によって石垣や石積擁壁の被害が多発している。一般的な補強対策は地山補強土工法の鉄筋挿入工が広く適用されているが、上部に建造物がある場合に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。そこで、筆者らは図-1に示すような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（以下、バットレス工と略す。）を考案した。本研究では、空石積擁壁に対して無対策、鉄筋挿入工とバットレス工に充填材を用いた動的模型実験を行い、その効果を検証することを目的としている。

Reinforcement bar insertion work, part of the natural ground reinforcement earth method, is a commonly used reinforcement measure, but when there is a structure above, the length of the reinforcement material is limited due to the effect it has on the foundations and piles. Therefore, the authors devised a buttress-type reinforcement anchor method (hereafter referred to as buttress work) that combines reinforcing bar insertion work and a columnar structure, as shown in Figure 1. In this study, dynamic model experiments were carried out on dry stone retaining walls with no measures, reinforcing bar insertion work, and buttress work using filler material, to verify their effectiveness.

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

国土館大学	正会員	○橋本	隆雄
岡部株式会社	正会員	前田	和徳
金沢大学	正会員	池本	敏和
フリー工業株式会社	非会員	岩津	雅也
株式会社日測	非会員	石作	克也

1. 目的

近年、地震・豪雨や経年劣化によって石垣や石積擁壁の被害が多発している。一般的な補強対策は地山補強土工法の鉄筋挿入工が広く適用されているが、上部に建造物がある場合に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。そこで、筆者らは図-1に示すような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（以下、バットレス工と略す。）を考案した。本研究では、空石積擁壁に対して無対策、鉄筋挿入工とバットレス工に充填材を用いた動的模型実験を行い、その効果を検証することを目的としている。

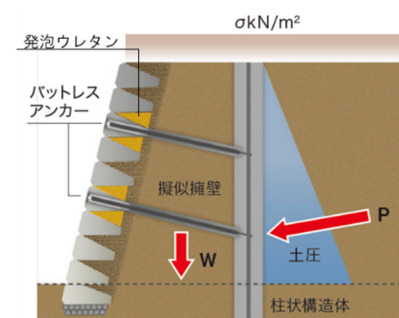


図-1 バットレス工の概要図

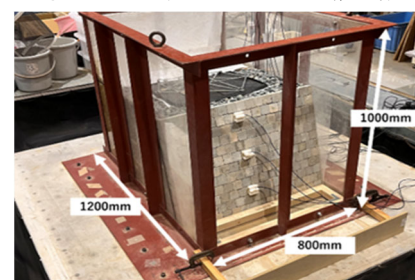


写真-1 実験土槽の形状

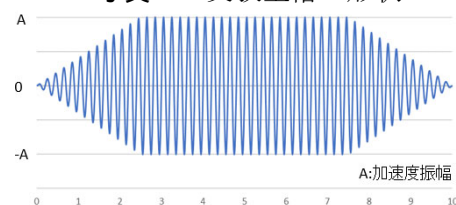


図-2 入力波形

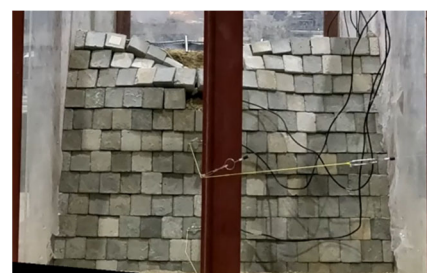


写真-2 無対策の崩壊の様子

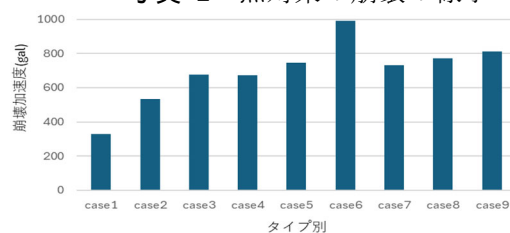


図-3 崩壊時の地震加速度の比較

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サイズの模型を作成した。

(2) 実験の使用材料

動的実験の主な材料は、間知ブロック、真砂土（含水比3.7%）、鋼板、鋼材、バットレス構造体、ウレタンである。

(3) 振動台動的模型実験のケース

動的実験は無対策 Case1、鉄筋挿入工 1.5m間隔（Case2 充填無、Case3 充填小）、バットレス工 1.5m間隔（Case4 充填無、Case5 充填小、Case6 充填大、Case7 充填小補強材有）、バットレス工 2.0m間隔（Case8 充填小補強材有、Case9 充填大）の9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振動数1.3Hz、76.8秒間に相当する。

3. 実験結果

(1) 動的実験の崩壊の状況と加速度

写真-2は無対策の崩壊の様子である。図-3は動的実験によって崩壊時の地震加速度の比較を行ったものである。

(2) 加速度応答倍率による比較

図-4は加速度応答倍率による比較を行ったものである。前面の加速度応答倍率は以下のような特徴がある。

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 国土館大学理工学部理工学科 TEL 03-5481-3253

- ①無対策は、築石が大きく振動し加速度応答倍率が急激に上昇して 330gal で崩壊した。
- ②無対策以外では築石の応答加速度の差が小さい。
- ③加速度の上昇と共に加速度応答倍率が大きくなっているが、孕み出しにより築石が不安定になり 500～600gal にて応答倍率の低下がみられる。
- ④筋挿入工は充填小でも加速度応答倍率が 500gal で限界に達している。
- ⑤充填材が多くなるに従い加速度応答倍率が大きくなって崩壊しない。

背面の加速度応答倍率は以下の特徴がある。

- ①前面に比較して背面土内の加速度は小さい。
- ②Case6:バットレス工 1.5m 間隔（充填大）と Case8:バットレス工 2.0m 間隔（充填小、補強材有）では背面土内に振動が伝達していない。

(3) 最大変位による比較

図-5 は最大変位による比較を行ったものである。上段及び鉛直の最大変位の特徴は以下ようになった。

- ①無対策は加速度が小さくても水平・鉛直変位が大きくなり 330gal で崩壊した。
- ②鉄筋挿入工は、バットレス工法に比べ水平・鉛直変位が大きくなり 532gal で崩壊した。
- ③上段の変位は無対策、鉄筋挿入工を除き加速度と共に一様に増加している。

中段の最大変位の特徴は、以下ようになった。

- ①Case7～9 のように補強を地下した方の変位が少ない。
- ②Case3 鉄筋挿入工充填小では、550gal 付近から背面土側へ変位している。

謝辞：本研究を進めるにあたり、金沢大学（現鹿島建設）蜘蛛悠太郎氏、文化財石垣・石積擁壁補強技術協会の岩佐直人氏、堀謙吾氏には終始熱心なご協力・ご指導を頂きました。ここに記し感謝の意を表します。

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.

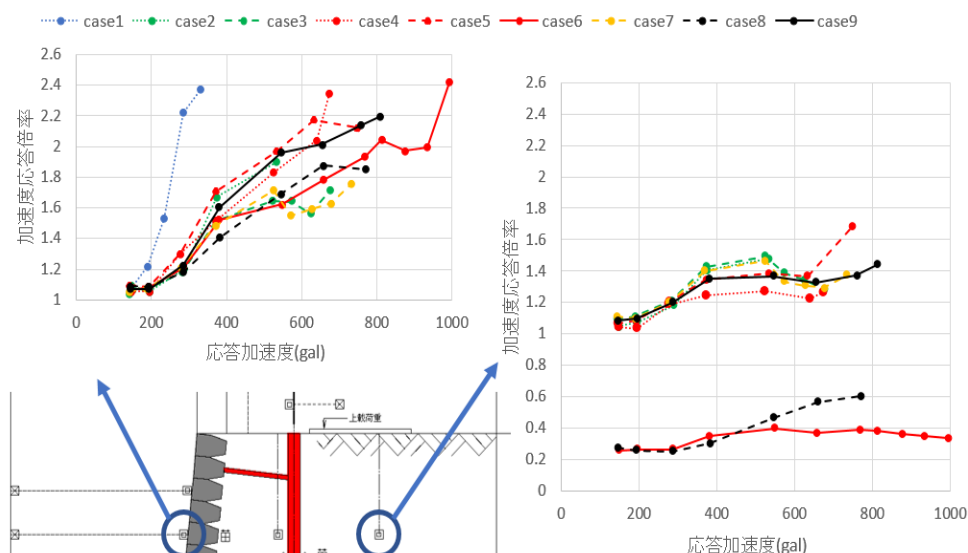


図-4 加速度応答倍率による比較

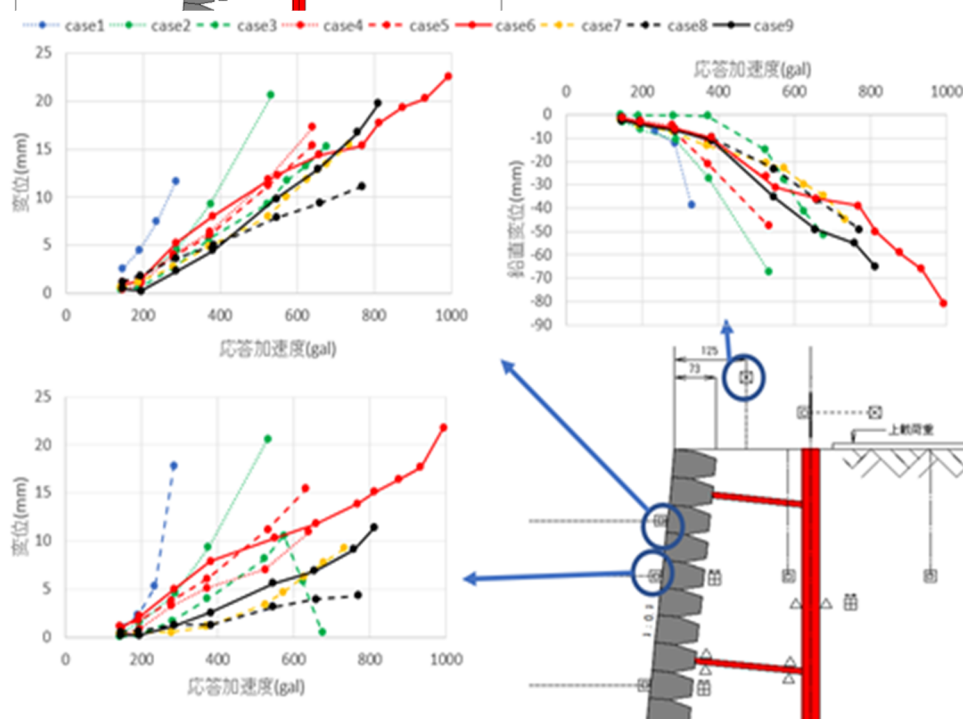


図-5 最大変位による比較