

バットレス型補強アンカー工法の石材接合による室内載荷実験

石積擁壁 補強土工法 盛土

岡部株式会社 正会員 ○前田和徳
国士舘大学 正会員 橋本隆雄
株式会社日測 非会員 石作克也

1. はじめに

近年、日本列島の地殻変動が活発化周期に入り比較的大きな地震が発生、また地球温暖化による気候変動の影響によるゲリラ豪雨・長雨も多発し、古い石垣や石積擁壁の被害が深刻化している。被害を軽減するためには、石垣や石積擁壁のはらみやクラック等の変状を調査して、事前に補強・補修を行うことが重要である。一般的には石垣や石積擁壁の補強は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、基礎や杭等に影響を与えるとともに敷地境界線を越境する問題があるため補強材の長さ制限を受ける。そこで、筆者らは図1のように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、バットレス工と称す）考案した。本工法は盛土や実現場試験施工での引抜実験^{1)・2)}、室内載荷実験³⁾及び動的振動台実験⁴⁾の結果により、非常に高い抑止効果があることが明らかとなった。

本研究では静的載荷実験により補強材周辺のある一定範囲内の石材を発泡ウレタンで結合させ石材表面の支圧に対する補強効果を検証した結果を以下に述べる。

2. 静的実験概要

(1)実験土槽及び石積擁壁形状

実験土槽の形状は写真1に示すように高さ1.0m、幅1.0m、奥行き1.8mである。実験は図2に示すように石積擁壁の実大高さ3.6mを想定した1/6モデルで行った。石積擁壁の勾配は1:0.25とし、石積は12段組の約600mm、最下段は滑動を防止するため土槽に反力を取り、固定した。

(2) 使用材料

①石材ブロック

図3は実験に用いた石材ブロック材の大きさで、1/6モデルを想定して高さ50mm×幅50mm×奥行59mmとした。

②土質材料

石材ブロック背面に造成する土質材料の強度特性は、図4に示すように土質試験から内部摩擦角φ=37.9°、粘着力C=7.3kN/m²であった。締固め度は要素実験によりDc=85%とし、1層ごとの締固め高さは100mmで管理した。

③補強材

材質はSS材、径は剛性が1/6になるφ10mmを使用し、補強材周面には地山との摩擦抵抗を確保するために珪砂を付着させた。付着させる珪砂は、写真2に示すように要素実験より3号珪砂を使用した。

3. 実験方法

載荷板の大きさは、横方向800mm、奥行300mmとし、載荷はセンターホールジャッキを用い、荷重段階ごとに計測を行うと同時に3Dレーザースキャンによる計測も行った。また、最大荷重は予備実験により土槽や載荷治具が変形しない60kNとした。実験は表1に示す通り、無対策、鉄筋挿入工、バットレス工の3種類とした。

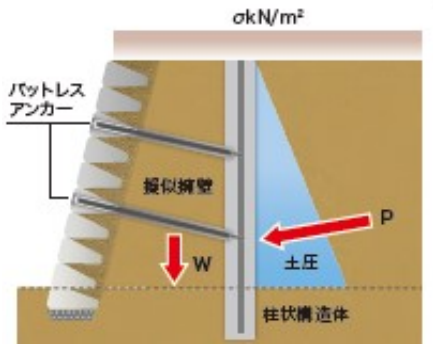


図1 バットレス工の概要図

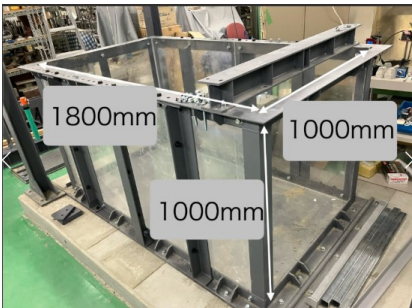


写真1 静的載荷実験に用いた土槽

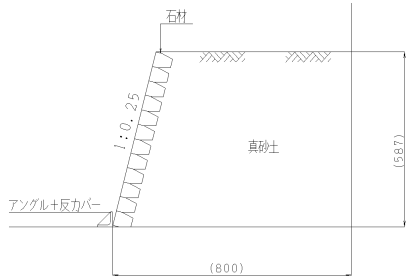


図2 実験モデル

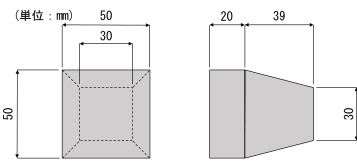


図3 石材ブロック

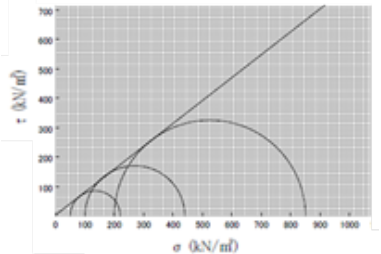


図4 土質材料の強度特性

表1 実験種別

種別	補強材間隔(mm)	柱状構造体までの距離(mm)	補強材長さ(mm)	石材背面充填
無補強	—	—	—	無
鉄筋挿入工	250	—	500	—
バットレス型補強アンカー工法	250	250	—	発泡ウレタン

- 1)無対策：図 2 に示す補強対策をしていないものである。
- 2)鉄筋挿入工：図 5(a)に示すように補強材間隔 250 mm とし，補強材の長さは 500 mm とした。
- 3)バットレス工法：図 5(b)に示すように補強材間隔 250 mm と柱状構造体までの距離 250 mm とした．柱状構造体の径は，実際の $\phi 50$ mm の受圧構造体として考えるため 1/6 となる鋼管 $\phi 27.2$ mm $\times$ t2.8 mm を使用した．石材ブロック背面のウレタンを充填する範囲は図 6 に示す補強材を打設する石材ブロックの 4 隅とした。



写真 2 補強材珪砂付着

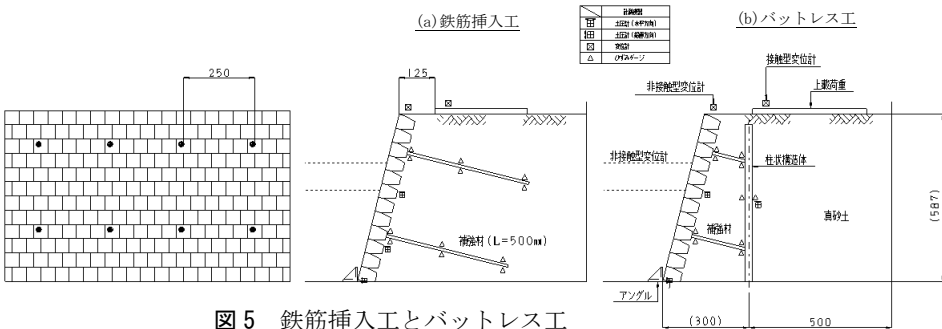


図 5 鉄筋挿入工とバットレス工

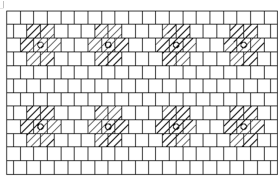


図 6 ウレタン充填位置

4. 実験結果

実験の結果、表 2 に示すようになった、

- 1)無対策：3.12kN で石積擁壁が崩壊した。
- 2)鉄筋挿入工：補強材設置位置間の中央部の石積擁壁が大きく孕み，変状していた。
- 3)バットレス工：石積擁壁の変状がほぼ均等に石積擁壁側へ孕みがみられた．孕みの程度は壁全体が一体化して背面土圧に抵抗しているため，全体的な変状が抑えられていた．また，図 7 の柱状構造体軸方向中央部のひずみは図 8 に示すように石積擁壁側へ凸状に湾曲していた。

5. まとめ

本実験で実施した石材結合によるバットレス工について，以下にまとめる。

- 1)無補強の石積擁壁と比較して高い耐荷性能があることがわかった。
- 2)鉄筋挿入工と比較して石積全体の変状を抑えることができる。
- 3)柱状構造体のひずみが石積擁壁側へ凸状に発生していることがわかったため，土圧に対して抵抗している。

表 2 実験結果

	無補強	鉄筋挿入工	バットレス工
最大荷重 (kN)	3.26	60(終了)	60(終了)
実験後			
段彩図			
状況	石積の崩壊	鉄筋挿入工の補強材設置位置間の石積の孕み出しが顕著	石積擁壁の変状が均等に作用し，全体的に土圧に抵抗

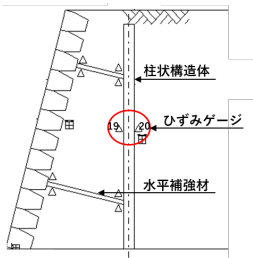


図 7 柱状構造体ひずみゲージ位置

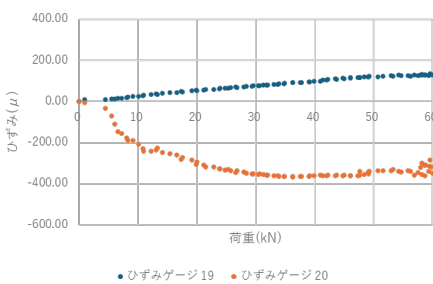


図 8 荷重-ひずみ曲線

参考文献

1)前田 和徳，橋本 隆雄他：鉄筋挿入工と柱状構造体を組み合わせた複合法の引抜実験，第 58 回地盤工学研究発表会，2023.

2)前田 和徳，橋本 隆雄，中村 純一：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，2024.

3)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試験，第 59 回地盤工学研究発表会，2024.

4)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安定性に関する模型振動台実験，土木学会第 79 回年次学術講演会，2024.