

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

石積み擁壁 補強土工法 載荷実験

岡部株式会社 正会員 ○前田和徳  
 国土館大学 正会員 橋本隆雄  
 フリー工業株式会社 非会員 岩津雅也

1. はじめに

地山補強土工法における鉄筋挿入工は、比較的短い（補強材長は一般的に2～5m程度）棒状補強材を打設し、地山と補強材の相互作用によって斜面の安定性を高めるもので、近年は既設の擁壁補強等で広く適用されている。しかし、既設の宅地擁壁を補強する場合は、地山の摩擦抵抗値が小さいため図1のように補強材が長くなり、建造物の基礎や杭等に影響を与える懸念がある。また、補強材が長くなることにより敷地境界線を超える等の制限を受けることが指摘されている。

そこで、筆者らは地山側埋設長に制限がある場合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を提案している<sup>1)</sup>。

本文では、本工法の安定性を評価するために室内において静的載荷実験を実施した結果について、以下に述べる。

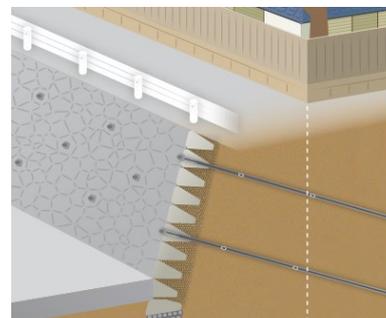


図1 一般的な鉄筋挿入工

2. バットレス型補強アンカー工法の概要

本工法は、石垣や石積み擁壁の天端からある一定の距離を有した位置に垂直方向へ直径φ100～200mmの柱状構造体を形成する。柱状構造体はセメント系グラウト材で形成され、内部には鉄筋が埋設されている。石積み擁壁側からは水平補強材を施工し、先の柱状構造体と連結させることにより、図2に示すように擬似的擁壁<sup>2)</sup>が構築され、鉄筋挿入工の長さを短くした石積み擁壁の補強が可能となる。

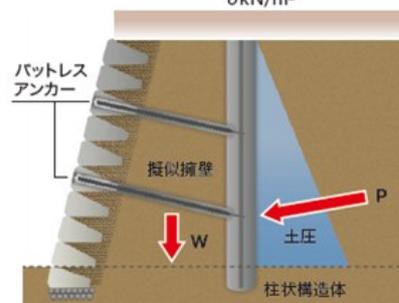


図2 バットレス型補強アンカー工法

3. 実験概要

実験は石積み擁壁の実大高さ 3.6m を想定して、図3に示すように1/6サイズのモデルで天端から鉛直載荷実験を行った。使用した土槽は鋼製で高さ900mm、幅900mm、長さ1,800mmである。石積み擁壁を構成する石材の大きさは写1に示す。高さ50mm、幅50mm、奥行74mmとし、石積み高さは600mm、勾配は1:0.1とした。石積み擁壁背後には、真砂土（内部摩擦角φ=36.7°、粘着力C=7.3kN/m<sup>2</sup>）を、1層ごとの締固め高さ100mmとして、締固め度Dc=85%で管理した。試験内容は

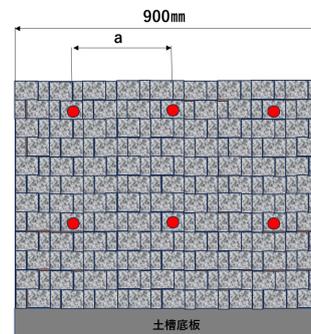
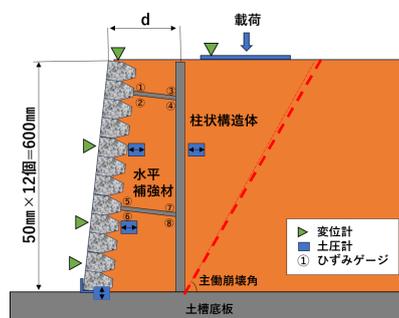


図3 静的載荷実験概要

表1に示すように、無補強と鉄筋挿入工とを各1ケース、バットレス型補強アンカー工法を水平補強材間隔(a)と柱状構造体までの距離(d)を変化させて行った。水平補強材概要を図4に示す。材質は一般構造用圧延鋼材(SS材)、径は剛性が1/6になるφ10mmとし、補強材周囲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2に示すように要素実験より鉄筋挿入工は3号珪砂、バットレス型補強アンカー工法は水平補強材周囲にパッカーを使用するため8号珪砂を使用した。柱状構造体の径は、実際のφ150mmの受圧構造体として考えるため1/6となる鋼管径φ27.2mm、厚さ2.8mmを使用した。バットレス型補強アンカー工法の作業状況を写3に示す。荷重にあたっては、図3に示すように各試験体とも主働崩壊領域内の天端に載荷板(幅800mm×奥行300mm×厚さ16mm)を設置し、荷重はセンターホールジャッキを用いた。

表1 試験条件

| 項目             | 水平補強材間隔    | 柱状構造体までの距離 | 補強材長さ      |            |
|----------------|------------|------------|------------|------------|
|                | a (mm)     | d (mm)     |            |            |
| 無補強            | —          | —          | —          |            |
| 鉄筋挿入工          | 250(1,500) | —          | 500(3,000) |            |
| バットレス型補強アンカー工法 | Case1      | 167(1,000) | 250(1,500) | 補強材位置により変変 |
|                | Case2      | 250(1,500) | 167(1,000) | 補強材位置により変変 |
|                | Case3      | 250(1,500) | 250(1,500) | 補強材位置により変変 |
|                | Case4      | 250(1,500) | 333(2,000) | 補強材位置により変変 |
|                | Case5      | 333(2,000) | 250(1,500) | 補強材位置により変変 |

注：○内は実際の距離に相当



図4 水平補強材概要

Laboratory loading experiment on the stability of Buttress type Reinforced Anchor method  
 K.Maeda(Okabe Co.,Ltd), T.Hashimoto(Kokushikan University), M.Iwatsu(Free-kogyo Co.,Ltd)

なお、荷重段階毎に計測を行うと同時に3Dレーザースキャンによる計測を行った。

#### 4. 実験結果

バットレス型補強アンカー工法の柱状構造体までの距離別比較と無補強および鉄筋挿入工との比較を図5に示す。無補強と比較するとバットレス型補強アンカー工法は最大荷重に関しては上回っており、最低でも2倍の耐荷性能があることがわかった。但し、柱状構造体までの距離が167mmの場合は、鉄筋挿入工より値が下回ることがわかった。同様に、補強材間隔による比較を図6に示す。柱状構造体までの距離250mmの場合、補強材間隔の最大値333mmは無補強の3倍、鉄筋挿入工の約1.1倍であることがわかった。また、崩壊後の段彩図を図7~9に示す。無補強の場合は、壁面の1/2上部側が全体的崩壊している。鉄筋挿入工は壁面が孕み出し、壁面中腹部が全体的に崩壊している。バットレス型補強アンカー工法の柱状構造体までの距離250mmと補強材間隔250mmは、石積擁壁下部のブロック落下に伴う小規模な崩壊程度で、大規模な崩壊に至らないことがわかった。

#### 5. まとめ

バットレス型補強アンカー工法の安定性を確認する鉛直載荷実験を行い、以下のことがわかった。

- 1)無補強の石積み擁壁と比較して2倍以上の耐荷性能がある。
- 2)柱状構造体までの距離が長いほうが擬似擁壁体の奥行きが大きく、耐荷性能が向上する。
- 3)補強材水平間隔は狭い場合の耐荷性能は高く、適度な耐荷性能を得られる柱状構造体までの距離との関係があると考えられる。本実験では、柱状構造体までの距離が250mm、補強材水平間隔333mmで、鉄筋挿入工の耐荷性能を約1.5倍上回る。
- 4)崩壊規模は無補強>鉄筋挿入工>バットレス型補強アンカー工法である。

今後、バットレス型補強アンカー構造体内部の状況を把握するため、荷重段階ごとに補強材に発生しているひずみとの関係性や土圧変化の状況等の解析を継続・整理する予定である。また、本試験の結果を踏まえて動的載荷実験も行う予定である。

#### 謝辞：

本研究を進めるにあたり、岩佐技術士事務所岩佐直人氏には終始熱心なご指導を頂きました。心から感謝いたします。また、文化財石垣・石積擁壁補強技術協会の関係者の方々には終始温かいご助言を頂き、お礼申し上げます。

#### 参考文献

- 1)前田和徳, 橋本隆雄, 岩津雅也：鉄筋挿入工と柱状構造体を組み合わせた複合工法の引抜実験, 第58回地盤工学研究発表会, 2023.
- 2)西村和夫, 山本稔：比較的短いロックボルトを用いた切り取り斜面の安定について, 土木学会論文集 第388号, PP. 271-226, 1987

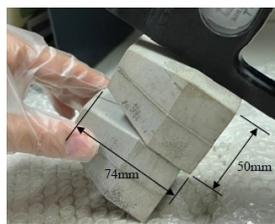


写真1 石材の形状・寸法

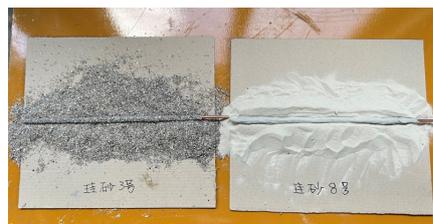


写真2 付着した珪砂



写真3 試験体作製状況

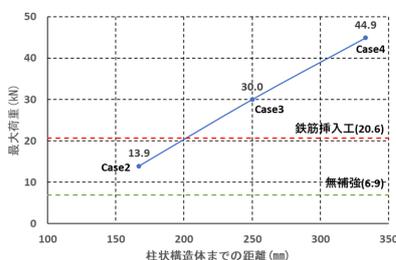


図5 最大荷重と柱状構造体まで距離

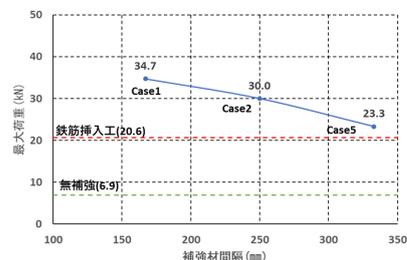


図6 最大荷重-補強材間隔

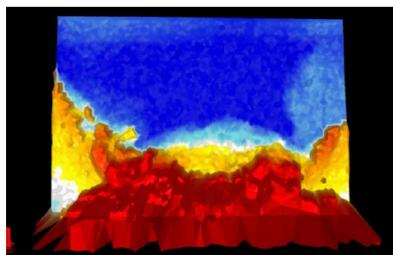


図7 段彩図 (無補強)

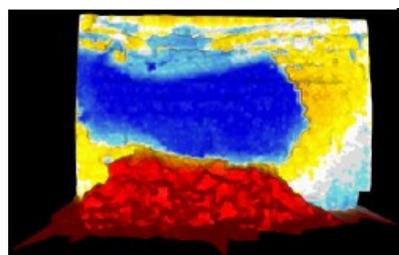


図8 段彩図 (鉄筋挿入工)

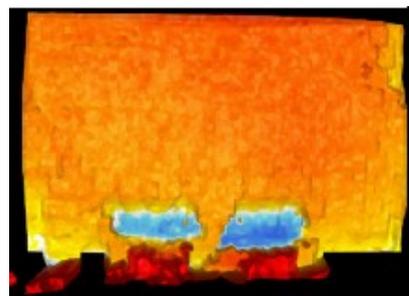


図9 段彩図 (バットレス:CASE3)