

第III部門

2024年9月5日(木) 14:40 ~ 16:00 会場 A306(川内北キャンパス講義棟A棟)

土留め(1)

座長：佐々木 隆光 (強化土エンジニアリング)

15:00 ~ 15:10

[III-179] 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

*前田 和徳¹、橋本 隆雄²、中村 純一³ (1. 岡部株式会社、2. 国土館大学、3. 株式会社アミック)

キーワード：石積擁壁、耐震補強、盛土、鉄筋挿入工

孕みや変状が生じている石積擁壁の補強において、一般的には地山補強土工法の鉄筋挿入工が広く適用されている。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ある。しかし、石積擁壁の上部に建造物がある場合、基礎や杭等に影響を与えるもしくは、民地境界線の関係から補強材の長さに制限を受けることがある。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。本研究は、実現場での施工に関する適用性を整理したものである。

バ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

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
 株式会社アミック 正会員 中村 純一

1. はじめに

孕みや変状が生じている石垣や石積み擁壁の補強において、一般的には地山補強土工法の鉄筋挿入工が広く適用されている。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ある。しかし、**図1**のように石垣や石積み擁壁の上部に建造物がある場合、基礎や杭等に影響を与えるもしくは、民地境界線の関係から補強材の長さ制限を受けることがある。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トレス型補強アンカー工法を提案している¹⁾²⁾。本研究は、実現場での施工に関する適用性を整理したものである。

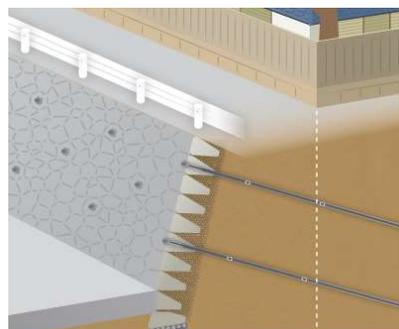


図1 鉄筋挿入工の制限

2. バトレス型補強アンカー工法の概要

石垣や石積み擁壁の天端から地山側へ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。石垣や石積み擁壁側から施工する水平補強材と柱状構造体の鉄筋は連結される構造となっている。これにより、**図2**に示すように擬似的擁壁³⁾が構築され、水平補強材の長さを短くした石垣や石積み擁壁の補強が可能となる。

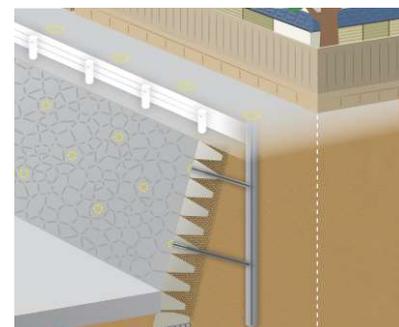


図2 バトレス型補強アンカー工法

3. 施工概要

本施工は伝統的建造物群保存地区に指定されている旧矢掛脇本陣高草家住宅が隣接する石積水路壁の耐震補強を目的としている。現地対象石積水路壁を**図3**に示す。水路壁は高さ約2.1m、水路幅約2.0mで石材は花崗岩が主体で打ち込み接ぎ式・野面式が混在して築造されている。水路南側は**写1**のように水路壁上部に幅1.5m程度の小路がある。小路と隣接する旧矢掛脇本陣高草家住宅が民地境界線となり、小路内で補強を完結させる必要があるためバトレス型補強アンカー工法が採用された。



図3 石積水路壁現地

ボーリング調査の結果、地表面より2.3m深さまでは、N値3程度の砂質地盤、5m深さ付近にN値40程度の層が存在、それ以深では、平均N値30の砂質地盤で、深さ10m以深でN値50以上の基盤層が存在している。

4. 設計検討

バトレス構造で構成された領域を**図4**に示す擬似的擁壁と見立てて重力式擁壁の常時の安全率1.5および地震時の安全率1.2として外的安定性の評価を行った。設計条件を表1、常時および地震時の外的安照査を表2～3に示す。転倒に対する照査は常時1.636、地震時1.514、滑動に対する照査は常時1.639、地震時1.513となり安全率を満足している。



写1 石積水路壁の状況

キーワード 石積擁壁、耐震補強、盛土、鉄筋挿入工

連絡先 〒131-8505 東京都墨田区押上2丁目8番2号 岡部株式会社 TEL03-3624-6201

内的安定性の評価では、水平補強材は 1.0m×1.0m の間隔で配置し、敷地境界との関係から長さは 0.9m としている。柱状構造体の径は、受動抵抗体として効果を期待するため 150mm とした。補強材諸元の検討結果より設計引張力(常時) =7.59kN/本となり、使用補強材の短期許容耐力を満足している。

5. 対策工

本工法の施工にあたっては、水路壁を形成する大きさが不定な石材と異なる石積方式が混在しているため柱状構造体と水平補強材の位置関係が非常に重要となる。施工フローを図5、施工状況を写2~3に示す。施工に先立ち現地 3D レーザースキャンにより計測・作成した石材配置図から割り付けられた水平補強材と柱状構造体との位置関係を現地踏査により確認した。まず柱状構造体を構築するために、ボーリングマシン D2-JS (東邦地下工機製) を用いて、垂直に削孔し孔壁保護管を挿入した。水平補強材打設では、柱状構造体との接合に関して高い精度が要求されるため、レーザ測量により削孔機械との位置関係を決定し、直進性を確保するため慎重にコアドリル TS-450(シブヤ製)を用いて削孔した。その結果、柱状構造体と水平補強材との連結を問題なく対応できた。施工後に受け入れ試験を実施して、水平補強材が所定の設計荷重を満足していることを確認した。また、施工時の騒音や振動による隣接する建造物への影響や石材の変状等もみられなかった。

6. まとめ

- 本施工に関して、以下のことが確認できた。
- 1)位置決め工と削孔の直進性により、柱状構造体と水平補強材の連結に問題がないことがわかった。
- 2)小型の削孔機械を使用するため狭隘な場所で施工が可能であることがわかった。
- 3)隣接する建造物について、施工前・後で調査した結果、建造物への影響はなかった。
- 4)水路壁を構成している石材の変状や孕み等はみられなかった。

今後は石垣や石積み擁壁が高い場合や水平補強材の長さが長い場合の施工方法について検討する予定である。

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, 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 (投稿中).
- 3) 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
- 4)笠博義、西形達彦他, 石垣構成石材の原位置摩擦実験, 土木学会第 61 回年次学術講演会, 2006.

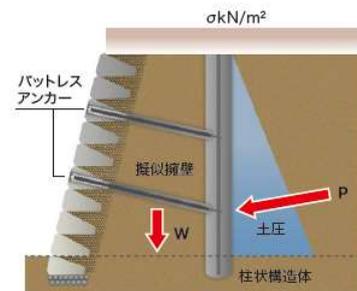


図4 擬似的擁壁模式図

表1 設計条件

項目	石材	地山
単体積質量(kN/m ³)	25	17
せん断抵抗角(°)	35 ⁴⁾	25
地域別補正係数	0.85(B地域)	
地盤と擬似擁壁面の摩擦係数	0.6	
設計水平震度の標準値	0.2	
設計水平震度	0.17(II種地盤相当)	
上載荷重(kN/m ²)	5(常時のみ)	

表2 外的安定諸条件 (常時)

荷重種類	荷重 (kN/m)		作用位置 (m)		モーメント (kN・m/m)	
	鉛直荷重 V	水平荷重 H	x	y	V・x	H・y
自重: Wc	26.050	-	0.250	-	6.513	-
自重: Ws	14.280	-	0.700	-	9.966	-
土圧: Pa	4.966	16.586	0.500	0.700	2.483	11.610
転倒に対する照査	(V・x) / (H・y)		→		1.636 > 1.5 (安産率)	
活動に対する照査	(V・H・μ)		→		1.639 > 1.5 (安産率)	

表3 外的安定諸条件 (地震時)

荷重種類	荷重 (kN/m)		作用位置 (m)		モーメント (kN・m/m)	
	鉛直荷重 V	水平荷重 H	x	y	V・x	H・y
自重: Wc	26.050	-	0.250	-	6.513	-
自重: Ws	14.280	-	0.700	-	9.966	-
土圧: Pa	5.432	18.145	0.500	0.700	2.716	12.701
転倒に対する照査	(V・x) / (H・y)		→		1.514 > 1.2 (安産率)	
活動に対する照査	(V・H・μ)		→		1.513 > 1.2 (安産率)	



図5 施工フロー



写2 補強材施工状況



写3 柱状構造体施工状況