

第2回

応用斜面工学シンポジウム論文集

斜面安定工及びその関連施設の建設と
維持管理・強化に関する技術

2024年1月19日(金)

常盤工業会館

主催

特定非営利活動法人応用斜面工学研究会

後援

国土交通省中国地方整備局

(公社) 日本技術士会山口県支部

(公社) 地盤工学会中国支部

(一社) 日本応用地質学会中国四国支部



空石積擁壁の表面波探査による危険度評価及び補強工法

有限会社太田ジオリサーチ 賛助会員 美馬 健二
有限会社太田ジオリサーチ 賛助会員 川浪 聖志

キーワード：石積擁壁，表面波探査，危険度判定，補強工法

1. はじめに

宅地に設置されている空石積擁壁の老朽化を伴う崩壊が散見される。空石積擁壁の点検・補修工事といったメンテナンスの実施が望まれるが、メンテナンスの効果を最大限発揮させるためには下記3点を明確にしておくことが重要である。

- ①空石積擁壁の崩壊メカニズムの解明
- ②空石積擁壁の点検方法
- ③空石積擁壁の補修・補強工法

空石積擁壁は、古くから用いられてきた構造物であるが、石材背後に胴込め・裏込めコンクリートがなく、1961年宅地造成等規制法施行、1968年都市計画法施行等に伴い、技術基準を満たさない不適合構造物である。近年では、空石積擁壁を建設することはほぼなくなったものの、筆者らが知る限りでは、既に設置された空石積擁壁の建て替えや補強などの施設更新は進んでおらず、今後、空石積擁壁を適切に維持管理するための点検手法・対策方法を開発していく必要があると考える。

本論では、空石積擁壁の崩壊メカニズムを示し、崩壊メカニズムの観点から非破壊調査法（表面波探査）を活用した点検方法、実際に適用した補強工法を紹介する。

2. 空石積擁壁の崩壊メカニズム

空石積擁壁の崩壊メカニズムは様々であるが、筆者らは、空石積擁壁の崩壊事例の多くは、空石積擁壁背後の空洞化が原因であると考えている。

図-1は、空石積擁壁が降雨で崩壊した事例である。崩壊した空石積擁壁を観察すると、主たる崩土は石材であり、土はほぼ無い。つまり、この擁壁は、土圧で崩壊したのではなく、背後の土砂が流出し、積み上げていた石材が崩落したと推定できる。落ち残っている擁壁背後を見ると、図-2のようにメジャーが1m程度挿入できるほど空洞化が生じていた。

崩壊メカニズムを図-3にまとめた。空石積擁壁は石材間に隙間があり、強い降雨があれば、隙間から裏込め土が流出しやすい。長い年月をかけて、裏込め土は徐々に流出し、やがては、石材の背後は空洞化する。この空洞化により、積み上げた石材の自立が困難となり、崩壊に至ったと考えられる。



図-1 空石積擁壁の崩壊事例



図-2 空石積擁壁背後の空洞化

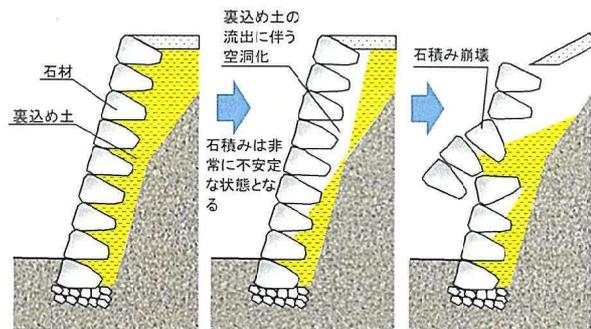


図-3 空石積擁壁の推定崩壊メカニズム

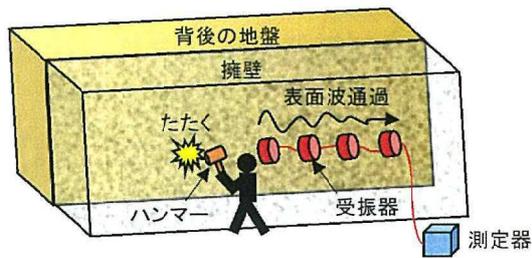


図-4 擁壁の表面波探査模式図



図-5 擁壁の表面波探査状況

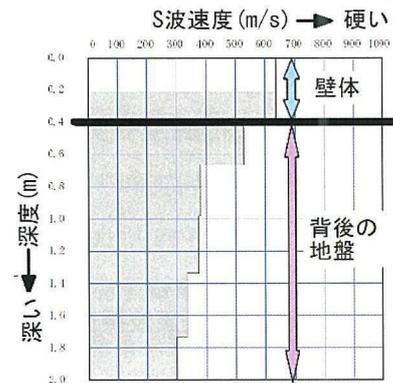


図-6 表面波探査で得られる S 波速度構造図

表-1 表面波探査による擁壁の危険度判定基準¹⁾

S波速度 (m/s)		危険度区分
壁体	背後の地盤	
1000以上	かつ100以上	小
500~1000	かつ100以上	中
500未満	又は100未満	大

3. 表面波探査を用いた空石積擁壁の点検

空石積擁壁の点検は、従来は外観の目視により実施されてきたが、目視できない擁壁内部の劣化や地山の緩みを確認できないことが課題となっていた。擁壁内部を評価する方法として、2013年国土技術政策総合研究所により擁壁の表面波探査法¹⁾が考案された。この表面波探査法は、これまで評価できなかった壁体内部と背後地盤の剛性（S波速度）を測定することができる新技術である。表面波探査の模式図を図-4、表面波探査状況を図-5に示す。表面波探査を行うと、図-6のような縦軸を深度、横軸をS波速度としたS波速度構造図を作成することができる。浅部が壁体であり、深部が背後の地盤である。これらのS波速度を読み取り、表-1の指標で危険度評価を行う。

実際に擁壁の表面波探査を行った事例を図-7に示す。対象の空石積擁壁は、高さ0.5~4.5m、総延長約200mの玉石積擁壁と間知石積擁壁である。探査間隔をおよそ10㎡に1箇所として擁壁を41分割し、分割した擁壁の中央で表面波探査を実施し、得られた壁体のS波速度を図-8のグラフにまとめた。この結果によると、危険度「大」と評価される擁壁は、全体の44%であり、危険度「大」の擁壁は、ほぼ全部玉石積擁壁であった。石材の積み方等によって、壁体のS波速度は大きく異なることが分かった。

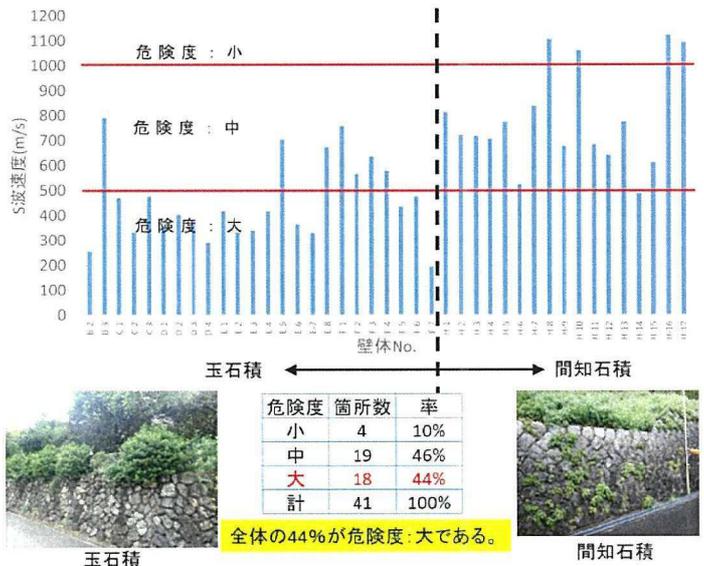


図-7 空石積擁壁の表面波探査を行った事例及び結果

4. 空石積擁壁の補強工法

(1) 石積接着補強工法

空石積擁壁は、前述のように石材の背後が空洞化し、不安定化することがある。このような擁壁を修繕する工法として、擁壁背後の空洞をモルタル等の充填剤で埋める石積接着補強工法（図-8）が開発された。この工法は、図-9のように、擁壁と家屋が近接していても、作業員が通行できれば施工できるため、狭隘な敷地での適用性が高い。

石積接着補強工法の補強効果を確認するため、石

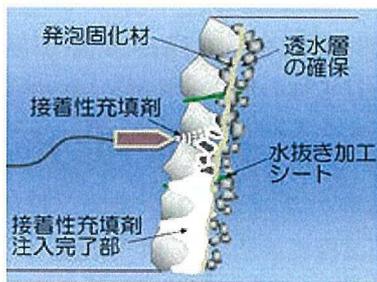


図-8 石積接着補強工法の模式図



図-9 擁壁と家屋が近接する現場で石積接着補強工法を施工した状況

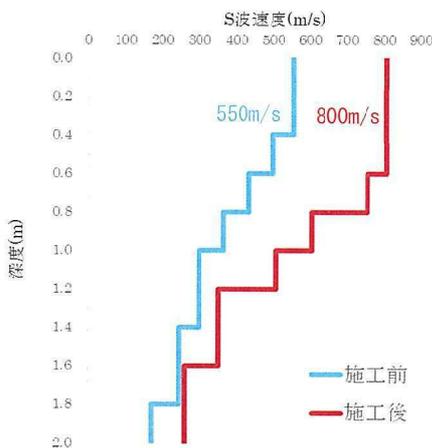


図-10 石積接着補強工法施工前後で実施した表面波探査結果

積接着補強工法の施工前後で表面波探査を実施し、S波速度 (V_s) を比較した²⁾。その結果、図-10のように施工前 $V_s \approx 550\text{m/s}$ であった箇所が、施工後は $V_s \approx 800\text{m/s}$ にまで上昇し、S波速度が約1.5倍上昇したことを確認することができた。補強効果は、深度0.8m程度まで得られているものと読み取れる。なお、表面波探査は急激なS波速度の変化を表現することを得意としていないため、深度0.8~1.6mの範囲のS波速度は正確ではない可能性がある。

このように石積接着補強工法による対策前後で表面波探査を行うことにより、当該対策による補強効果を定量的に評価することができる。一方、石積接着補強工法によって擁壁は補強されているものの、 $V_s \geq 1000\text{m/s}$ の危険度「小」にまでは改善しなかつ

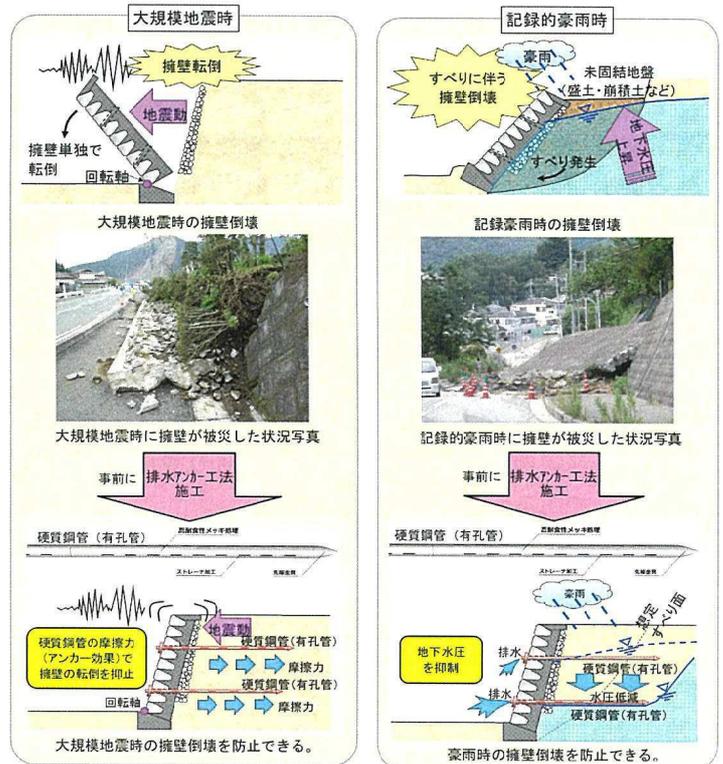


図-11 排水アンカー工法の効果

ため、危険度については「中」のままである場合があることは本工法の提案時には留意すべきである。

(2) 排水アンカー工法

空石積擁壁の補強を検討する相談者の中には、大規模地震等による擁壁倒壊を心配されるケースがある。相談者が懸念するとおり、たとえ基準に適合した練石積擁壁であっても、レベル2地震動が作用したり、記録的豪雨が発生すれば、倒壊する可能性がある。筆者らは、このようなケースの場合、図-11に示す排水アンカー工法が効果的であると考えている。

大規模地震時には、擁壁が転倒しようとする力が作用するが、排水アンカー工法を実施すれば、打設した硬質鋼管と土との摩擦により擁壁の転倒を抑止することができる。

また、硬質鋼管はストレーナーを設けているため、記録的豪雨時には、地下水を排除し、地下水圧を抑制することができる。

5. まとめ

筆者らは、崩壊した空石積擁壁の現場を観察し、擁壁の崩壊原因の多くは、擁壁背後の空洞化であると推定した。目視できない空石積擁壁背後の空洞化に留意した点検を行うことにより、空石積擁壁の老朽化を適切に判断することができ、補修・補強の必

要性を評価することが可能となる。空石積擁壁の危険度を簡便に評価する方法として、迅速かつ非破壊で調査できる表面波探査を示した。

空石積擁壁の補強工法として、石積接着補強工法と排水アンカー工法を挙げた。石積接着補強工法は、石材背後の空洞を埋めることができ、不安定化していた空石積擁壁を安定化させることができる。また、石積接着補強工法の補強効果は、表面波探査で測定したS波速度で確認することができる。さらに、擁壁の耐震補強や豪雨対策には、排水アンカー工法が効果的である。

本論が宅地擁壁のメンテナンス推進の寄与になれば幸いである。

参考文献

- 1) 国土技術政策総合研究所：多世代利用型超長期住宅及び宅地の形成・管理技術の開発，国総研プロジェクト研究報告第42号，pp.V-8.2013.
- 2) 美馬健二，川浪聖志ほか：石積接着補強工法による擁壁の補強効果を定量的に評価するための表面波探査手法，第54回地盤工学研究発表会論文集，pp.157-158, 2019.

(2023. 11. 30 受付)

【著者代表連絡先】

美馬 健二（有限会社太田ジオリサーチ）

電話:078-907-3120

E-mail:mima@ohta-geo.co.jp