

石積み擁壁の崩壊事例と対策について



石積み擁壁崩壊



擁壁の表面波探査

(有)太田ジオリサーチ

美馬 健二

令和3年度 土木学会地盤工学セミナー「斜面災害と法・訴訟等の社会システム」

1

概要

1. 空石積擁壁と練石積擁壁の違い

2. 空石積擁壁の崩壊事例

擁壁表面に変状が無くても崩壊する可能性がある。擁壁背後の空洞化が問題。

3. 空石積擁壁はなぜ空洞化するのか？

4. 目視による空石積擁壁と練石積擁壁の判別の難しさ

5. 石積擁壁の点検手法

宅地の擁壁は、ほぼメンテナンスが行われていない。目視点検だけでは危険度評価は困難。表面波探査で対応可能。

6. 空石積擁壁の補強工法

補強が可能

7. 練積擁壁の倒壊事例

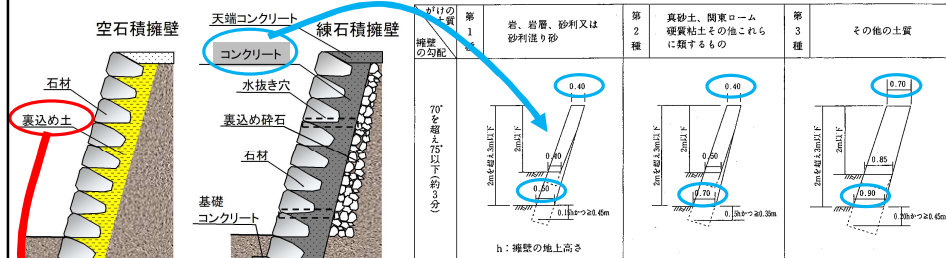
練積擁壁でも倒壊する理由を説明する。補強工法紹介。

令和3年度 土木学会地盤工学セミナー「斜面災害と法・訴訟等の社会システム」

2

1. 空石積擁壁と練石積擁壁の違い

石積擁壁には、空石積擁壁と練石積擁壁の2つの構造がある。



宅地防災マニュアルの解説〔I〕による練積み造擁壁の構造



練空石積擁壁は、石材背後に充填するコンクリート厚(40~90cm)が規定されている。

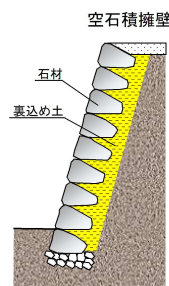
空石積擁壁は、背後にコンクリートが無い。

なぜ空石積擁壁は存在しているのか。

令和3年度 土木学会地盤工学セミナー「斜面災害と法・訴訟等の社会システム」

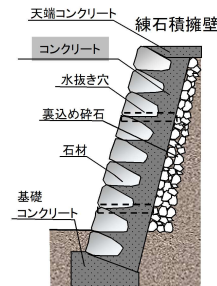
3

空石積擁壁



昔はOKだった。

練石積擁壁



近年、都市部で作られている擁壁は練積。

都市部の宅地では、1961~1968年あたりから練石積擁壁に変わっていったと考えられる。

1961年、**宅地造成等規制法**が施行され、空石積擁壁は技術基準を満たさない擁壁となった。

1968年、**都市計画法**が施行され、擁壁は宅地造成等規制法の基準に適合させる旨が記されている。

宅地の空石積擁壁は、50年以上前に建設されたものである可能性が高く、メンテナンスが行われていないことが多い。

令和3年度 土木学会地盤工学セミナー「斜面災害と法・訴訟等の社会システム」

4

2. 空石積擁壁の崩壊事例

空石積擁壁の崩壊が相次いでいる。

2021年6月25日
大阪府大阪市西成区天下茶屋東2丁目
空石積擁壁崩壊

宅地



観光地

2021年8月14日
京都府京都市東山区清水1丁目
空石積擁壁崩壊



道路

2021年9月4日
兵庫県淡路市尾崎
空石積擁壁崩壊

身近なところで崩壊が生じている。

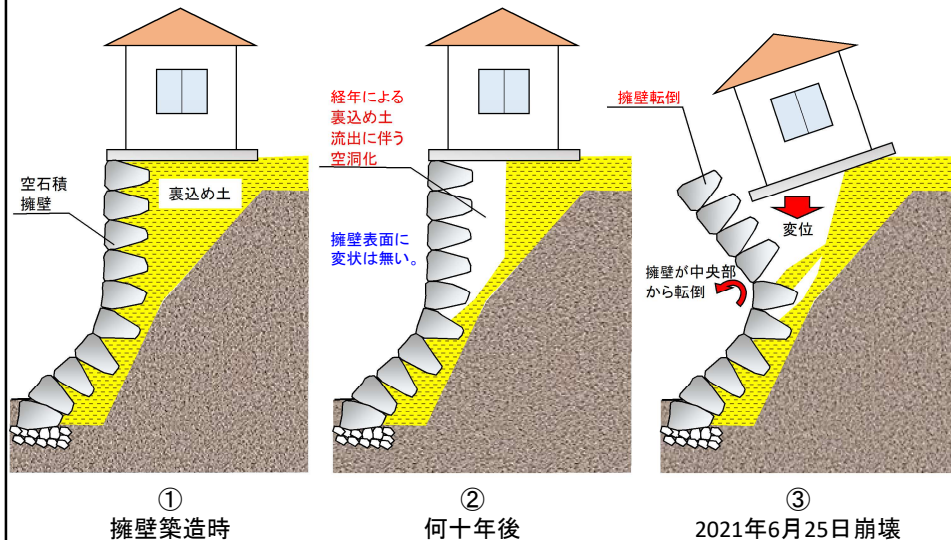


令和3年度 土木学会地盤工学セミナー「斜面災害と法・訴訟等の社会システム」

大阪市西成区天下茶屋東2丁目の空石積擁壁崩壊動画

令和3年度 土木学会地盤工学セミナー「斜面災害と法・訴訟等の社会システム」

大阪市西成区天下茶屋東2丁目の空石積擁壁崩壊メカニズム(仮説)



空石積擁壁崩壊の根本的な崩壊原因は、裏込め土の空洞化である可能性がある。

令和3年度 土木学会地盤工学セミナー「斜面災害と法・訴訟等の社会システム」

7

3. 空石積擁壁はなぜ空洞化するのか？

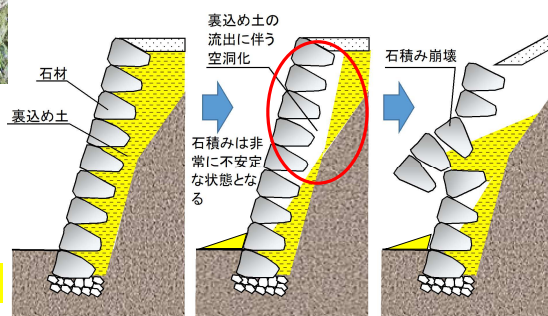


空石積擁壁は石材間に隙間があり、この隙間から裏込め土が流出しやすいと考えられる。

長い年月をかけて、裏込め土は徐々に流出し、石材の背後が空洞化する。

石積擁壁は「もたれ構造」である。

石材の自立が困難。



空石積擁壁の背後空洞化に伴う崩壊メカニズム（推定）

石積崩壊

令和3年度 土木学会地盤工学セミナー「斜面災害と法・訴訟等の社会システム」

8



9



10

空石積擁壁の石材背後の空洞を小型カメラで観察(動画)

深度40～50cm空洞化していた。



令和3年度 土木学会地盤工学セミナー「斜面災害と法・訴訟等の社会システム」

11

4. 目視による空石積擁壁と練石積擁壁の判別の難しさ

防災や維持管理上、空石積擁壁と練石積擁壁を判別することは非常に重要である。

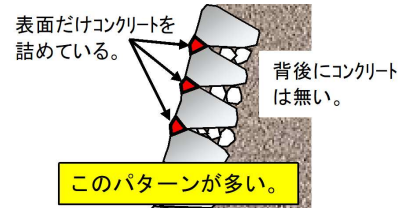
空石積擁壁と練石積擁壁は目視で判別できるか？



裏は
スカスカ

実は、これらはすべて空石積擁壁である。

空石積擁壁と練石積擁壁を**目視だけで判別することは困難な場合がある。**



令和3年度 土木学会地盤工学セミナー「斜面災害と法・訴訟等の社会システム」

12

5. 石積擁壁の点検手法

空石積擁壁と練石積擁壁を判別するにはどうすれば良いか？

石材の背後にコンクリートがあるかどうかをなんらかの方法で確認するしかない。

微破壊調査

(例) コア抜き

※コア抜き後、万が一擁壁が崩壊した場合は、コア抜きが原因の対象となる恐れあり。

非破壊調査

(例) 表面波探査

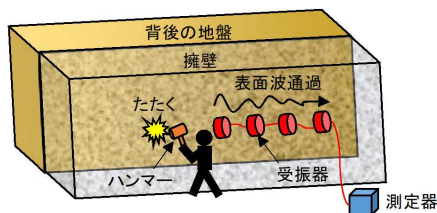
こちらがおすすめ。

令和3年度 土木学会地盤工学セミナー「斜面災害と法・訴訟等の社会システム」

13

擁壁の表面波探査の説明

2013年、国土技術政策総合研究所が考案した表面波探査手法である。



擁壁の表面波探査模式図



擁壁の表面波探査状況

1. 受振器4個を0.5～1.0mの間隔で一直線に配置する。
2. 受信器の端部で、ハンマーを用いて1回起振する。
3. 測定器により表面波が受信器を通過する時間を測定し、周波数ごとの表面波の位相速度を解析する。
4. 3分の1波長経路より、S波速度構造図を作成する。
5. 練石積擁壁厚に相当する深度0.4m付近のS波速度を読み取る。
6. S波速度が、コンクリート相当の1000m/sに満たない場合は、空石積擁壁と判定。
7. 下図のように危険度を判定する。

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

表面波探査による擁壁の危険度判定基準

(出典：「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 V.宅地技術部門（国総研プロジェクト研究報告第42号）」）

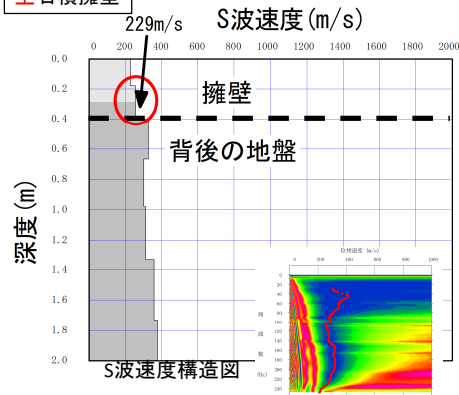
国土交通省が示す危険度「大」とは、変状等の程度が特に顕著で、危険な宅地擁壁である。早急に所有者等に対しての勧告・改善命令の発令を検討する必要があり、防災工事を行うとともに、周辺に被害を及ぼさないよう指導する。

令和3年度 土木学会地盤工学セミナー「斜面災害と法・訴訟等の社会システム」

14

擁壁の表面波探査結果例

空石積擁壁

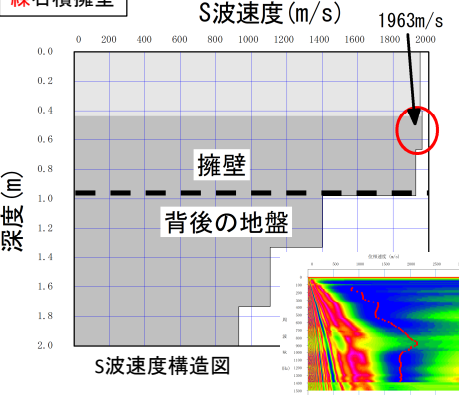


空石積擁壁の探査結果事例
S波速度 $V_s=229\text{m/s}$

コンクリート相当の
1000m/sに満たないため

石材背後にコンクリートは無いと
判断し、空石積擁壁と判定。

練石積擁壁



練石積擁壁の探査結果事例
S波速度 $V_s=1963\text{m/s}$

コンクリート相当の
1000m/s以上であるため

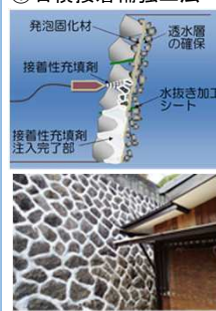
石材背後にコンクリートはありと
判断し、練石積擁壁と判定。

令和3年度 土木学会地盤工学セミナー「斜面災害と法・訴訟等の社会システム」

15

6. 空石積擁壁の補強工法

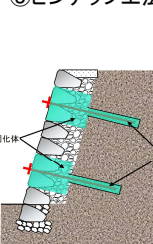
①石積接着補強工法



②排水アンカー工法



③ピンナップ工法



④覆式落石防止網



写真提供: (有)ビームスコンストラクション

工法	①石積擁壁接着工法	②排水アンカー工法	③ピンナップ工法	④覆式落石防止網
工法概要	空石積を練石積構造に近づける。石材背面の空洞を埋める。	擁壁・裏込め土が鋼管の打設により補強できる。ただし、空洞化が進行した擁壁への適用は要検討。	モルタル注入により擁壁・裏込め土を部分的に改良し、鉄筋挿入により地山の補強ができる。	擁壁の石材が剥離し、隣地に落下しないよう網で防護する。
耐震性	○	◎	◎	— 耐震効果ほぼ無し
地下水排除効果	—	◎	—	—
施工スペース	◎ 1m程度のスペース可	○ 2m程度のスペース要	◎ 1m程度のスペース要	○ 2m程度のスペース要
景観性	◎ 染料を用いれば、現状の景観への影響は小さい。	◎ 現状の景観への影響は小さい。	◎ 現状の景観への影響は小さい。	△ 景観を大きく変える。
工事費用	○	○	△	◎

16

①石積接着補強工法



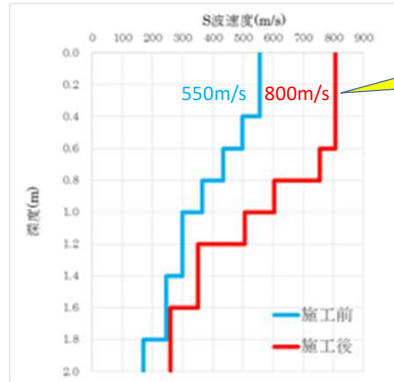
施工前



施工後



接着性充填剤の注入状況



表面波探査結果



表面波探査状況

令和3年度 土木学会地盤工学セミナー「斜面災害と法・訴訟等の社会システム」

17

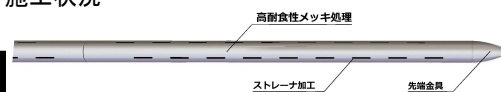
②排水アンカー工法



施工状況



施工状況の動画

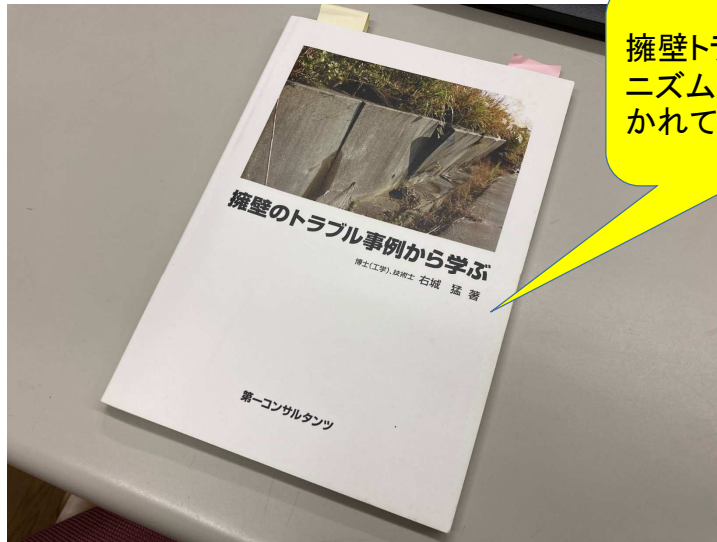


鋼管の構造

削孔は行わず、鋼管をブレイカーで押し込むだけのため、施工が早い。

18

7. 練積擁壁の崩壊事例



擁壁トラブルのメカニズムがたくさん書かれている。

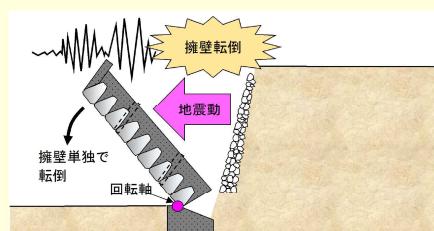
右城: 擁壁のトラブル事例から学ぶ, 2020.

令和3年度 土木学会地盤工学セミナー「斜面災害と法・訴訟等の社会システム」

19

7. 練積擁壁の倒壊事例

大規模地震時

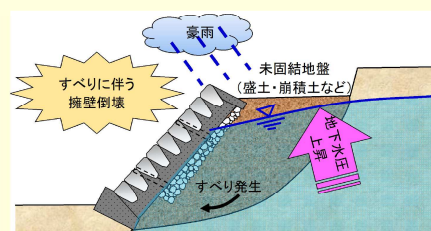


大規模地震時の擁壁倒壊メカニズム

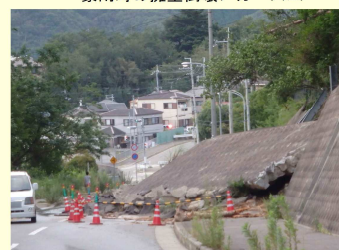


大規模地震時に擁壁が被災した状況写真

豪雨時



豪雨時の擁壁倒壊メカニズム

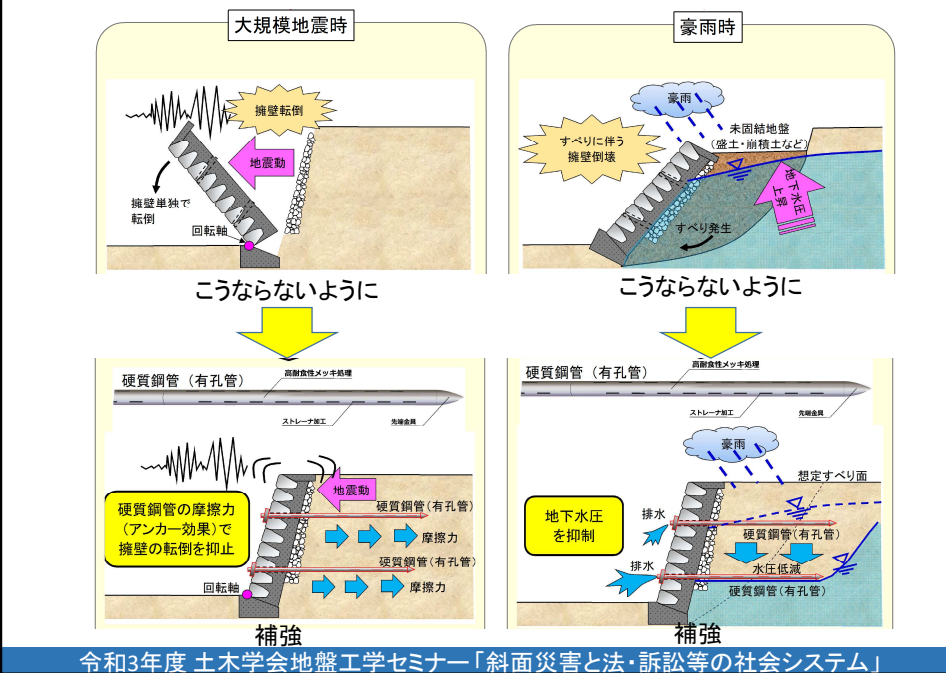


豪雨時に擁壁が被災した状況写真

令和3年度 土木学会地盤工学セミナー「斜面災害と法・訴訟等の社会システム」

20

排水アンカー工法による練積擁壁の補強



21

ご清聴ありがとうございました。

22