

石積み土留壁の維持管理に関する一考察

東海旅客鉄道株式会社 ○ 因田 智博
東海旅客鉄道株式会社 齋藤 伸明

1. はじめに 旧東海道線である御殿場線には築後100年を越える石積み土留壁（以下「石積壁」と呼ぶ）が500以上現存し、これらの適切な維持管理が今後重要となる。石積壁とは図-1に示す間知石と呼ばれる石材を積上げたもので、間知石と裏込栗石（以下裏込石と呼ぶ）とのかみ合わせにより構成された壁体である¹⁾（図-2）。

石積壁の検査では、間知石の目地が開口する目地切れや石積壁の「はらみ出し」といった項目を着眼点としているが、健全度評価は検査員の経験に頼るところが大きいという課題を有している。この原因としては、石積壁の崩壊メカニズムが明確でないことが考えられ、これを明確にできれば、検査時に確認した変状が、崩壊に至るまでのどの段階を示すものなのか明確になり、健全度の定量的な評価が可能となる。そこで本研究では、外部からは見えない裏込石の挙動とそれに伴う間知石の挙動を実験により明らかにし、定量的な健全度評価方法の確立と、対策工法の基礎概念の確立を目的とした。本研究のフローを図-3に示す。

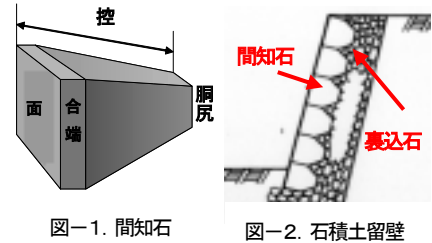


図-1. 間知石 図-2. 石積み土留壁

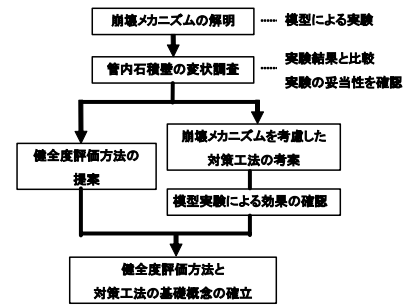


図-3. 研究のフロー

2. 実験方法の検討と外力の検討 本研究では地盤内部の土粒子の挙動を2次元で観察できる積層体模型を用いる手法を参考に保守区で実験器具を作成した。間知石は木材を加工して作製し、裏込石は径の異なる3種類の丸木棒で作製した。壁表面の勾配は1:0.3、背面地山は自立性有とし、スケール1/10の間知石を10段積上げた。なお、相似則等の問題はあが、裏込石の挙動とそれに伴う間知石の挙動を把握するという目的に対して、この方法で目的を満足する結果が得られると考えた。実験の概要を図-4に示す。

石積壁に変状を発生させる外力としては、列車振動と雨水による裏込石の流出を考え、前者は小型ハンマーによる微小な打撃で再現、後者は裏込石に見立てた丸木棒の一部を氷の棒に置き換え、これがなくなることによって裏込石の流出を再現した。



図-4. 実験器具概要

3. 実験結果と崩壊メカニズムの推定 振動の影響による実験結果と裏込石の流出による実験結果を図-5、図-6に示す。実験から崩壊メカニズムを次のように推定した。初期に上部裏込石の沈下が生じそれに伴い間知石の噛み合わせが低下し間知石にずれが発生。裏込石の沈下が進行するとともに、中間部から下部において間知石を外側へ押し出すように挙動し、下部では勾配が立ち、上部では勾配がねる「はらみ出し」が発生。はらみ出しが限界を超えると崩壊に至る。また、各間知石の目地部の開口とずれを、目地切れと見立てて観察したところ、石積み上部から中間部の目地切れは下部よりも先行して大きくなり、下部でも目地切れが大きく発生する場合は変状が進行した段階を示すことがわかった。

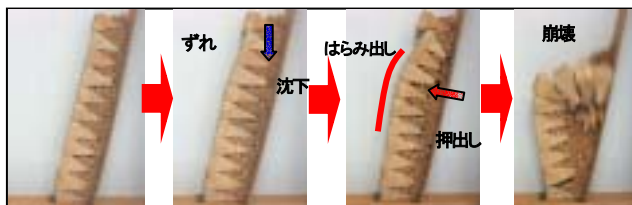


図-5. 振動の影響

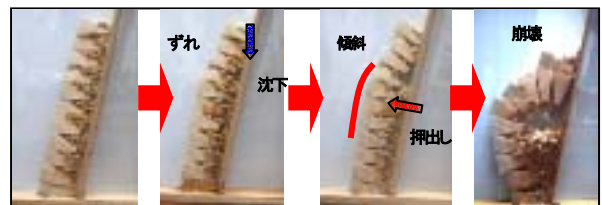


図-6. 裏込石流出の影響

キーワード 石積み土留壁、はらみ出し、維持管理

連絡先 〒412-0043 静岡県御殿場市新橋1898の3番地 JR 東海 静岡支社 御殿場工務区 Tel(0550)82-3137

4. 御殿場線管内の石積壁の変状調査 調査は山北・谷峨間、19k 650m付近の石積壁で実施し、目地切れを有する変状箇所において石積壁の断面図を作成した。測定した4断面のうち2断面を図-7に示す。図から石積壁下部は0.25勾配であることがわかる。また、現地の目視調査から下部に比べ上部の勾配が相対的に緩くなっていることを確認した。

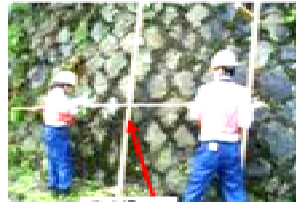


図-7. 現地調査状況と断面図

一方当該箇所は図面によれば0.3勾配で建設されており、変状により下部では勾配の立ち、上部では勾配がねる「はらみ出し」が生じたと推定される。また、目地切れ分布調査では下部に比べ中間部の方が相対的に多く分布しており、これらのことは模型実験とよく一致している。

5. 健全度評価方法の提案 実験で得た崩壊メカニズムをもとに目地切れと「はらみ出し」に着目した健全度評価フローを提案し、(図-8)以下にフローの概念を述べる。

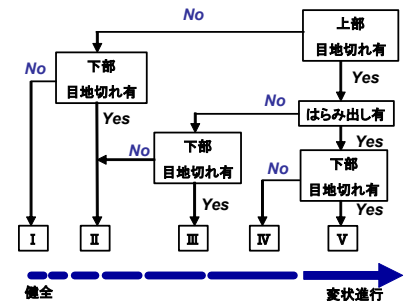


図-8. 健全度評価フロー

裏込石の沈下に起因する目地切れは上部が先行して大きくなり、下部はそれに追従するので、スタートすなわち検査の着眼点は上部目地切れとした。上部目地切れが有りならば、壁体の「はらみ出し」の目視調査をするが、このとき「はらみ出し」なしの場合は、裏込石の沈下に起因したものでなく、目地モルタルの劣化の可能性が高いと考え健全側に評価した。上部目地切れ、「はらみ出し」、下部目地切れ全て有りとなった場合(図中のV)は、石積壁下部の勾配(θ)と、石積壁下部における健全部も含めた目地の全延長に対する、目地切れが発生している延長の割合(α)をパラメータとして図-9に示す表で評価する。これは変状が進行すると石積壁下部の勾配が急峻になることと、目地切れの進行が下部でも増えることが実験でわかったからである。表の閾値は精査が必要であるが、定量的評価を行うひとつの指標として実用的であると考えた。

α	25%	50%	75%
θ			
73° ~ (1:0.3)	A2	A2	A1
78° ~ (1:0.2)	A2	A1	AA
80° ~ (1:0.1)	A1	AA	AA

図-9. 健全度評価表

6. 対策工の考案 実験から 裏込石が沈下し、これに伴い間知石に「ずれ」が生じる。 裏込石の沈

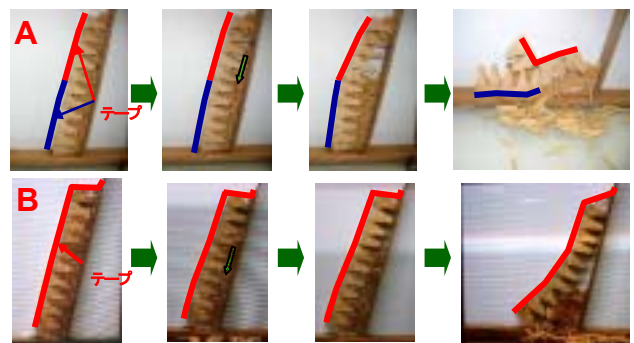


図-10. 対策工法実験結果

下が進行すると、間知石を外へ押す力が発生し「はらみ出し」が生じ最終的に破壊に至る、ことがわかったので間知石同士を拘束し、ずれを抑制できれば変状の進行を抑制できると考え、以下の工法を考案した。A: 間知石を連結し間知石を外へ押す力に抵抗。B: 間知石を連結するとともに背面地山とも連結し、間知石の落下防止と間知石を押出す力へ抵抗。なお、実験では間知石表面をテープでつなぎ連結した。

7. 模型実験による効果の確認 効果の比較は微小な打撃を与えた時の崩壊までの打撃回数で行った。図-10に実験結果を示す。Aについては間知石の連結により「はらみ出し」に対する抵抗力が増えたため崩壊までの打撃回数は、対策なしの場合の290回に対し、700回と多くなった。Bについては地山との連結で間知石の横方向の移動を抑制しているので「はらみ出し」に対してより抵抗力が増え、崩壊形態も裏込石が流れ出す形となり打撃回数も1000回以上となった。以上のことから間知石の表面を連結することで強度を高める効果が有り、地山と連結すればなお高い効果が得られることがわかった。

8. まとめ 2次元模型を用いた実験により、石積壁の崩壊メカニズムを明らかにし、健全度評価方法を提案した。間知石表面を連結するだけで強度を増す対策工法を提案し、2次元模型実験で効果の確認をした。

参考文献

- 1) 高倉 正人、牛島 礼次郎、村田 秀一：わかりやすい土留擁壁・石積の設計、現代理工学出版
- 2) 太田 直之：石積壁の地震時倒壊メカニズム、鉄道総研月例発表会講演、2005.3