

鉄道における空積み石積壁の耐震補強対策について

東鉄工業株式会社	正会員	○清水	和希
東鉄工業株式会社	正会員	庄司	勝則
東日本旅客鉄道株式会社	正会員	前田	剛志
日本基礎技術株式会社	正会員	岡田	和成

1. はじめに

鉄道における盛土・切土構造物の中で耐震補強の対象となる土留め擁壁は、石積壁である箇所が多く存在する。これらの石積壁では、調査の段階で、背面の栗石層（以下、栗石層という）と壁面に一体性がない空積みと判定される箇所が確認された。この空積み石積壁（以下、空積み壁という）の欠点を補完する目的で、充填補強する材料選定の各種試験を実施したので報告する。

2. 空積み壁の間隙充填

地震により空積み壁は、背面地盤から作用する土圧や壁体の慣性力により、石積が前面にはらみ出すことで栗石層が沈下し、崩壊することが知られている。この栗石層の間隙を埋め、壁面の一体化を図ることで、空積み壁の欠点が補えると考えられた。過去には大掛かりな薬液注入工を実施した例もあるが、施工性やコストの面で課題があった。このため本報告では、注入材の発現強度に着目するのではなく、栗石の移動を拘束できる、安価で施工性の良い空隙充填方法を選定するものとした。

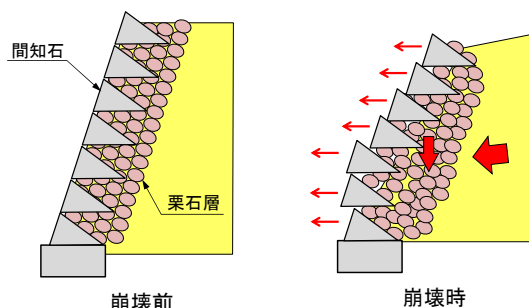


図-1 石積壁の崩壊モデル図

3. 注入材料の検討（円柱モールド注入試験）

(1) 材料の選定

コストと施工性を重視して、検討する材料は下記の4種類とした。

- ① セメントベントナイト液（CB 液）
- ② セメントベントナイト液＋水ガラス（急結 CB 液）
- ③ J Pac Grout（可塑性グラウト材）標準配合
- ④ J Pac Grout（可塑性グラウト材）特殊配合

これらの候補から栗石層への充填性と漏出度合を、模型注入試験を実施して比較検討することとした。

使用した円柱モールドは、アクリルパイプ（φ300mm）の側

面に石積の目地部を模したスリットを設け、形状は幅 1.0mm、3.0mm、5.0mm の3種類、高さは 150mm とした（それぞれスリット A・B・C という）（図-2）。円柱モールド内部は、材料①～③では、φ60～110mm の玉石を詰め、材料④については、栗石層の間隙率が低い場合を想定し、玉石 φ20～25mm と φ60～110mm を 1:1 で混合したものを用意した（写真-1）。



図-2 模型注入試験（円柱モールド注入試験）模式図



写真-1 模型注入試験（円柱モールド注入試験）施工状況

試験手順は、はじめにスリット A（1.0mm）のみを開放した後、漏出状況に応じて順次、スリット B（3.0mm）、スリット C（5.0mm）を開放し漏出状態を確認した。

(2) 円柱モールド注入試験結果（表-1）

材料①：CB 液ではスリット A（1.0mm）、B（3.0mm）を順次開放した。漏出量が多く、材料が円柱モールド内を上昇（充填）出来ないことを確認した（充填率 13.2%）。

材料②：急結 CB は材料①と同様、漏出がはじまると材料が上昇（充填）しないことを確認した（充填率 16.4%）。これは、ゲルタイムに達する前に漏出してしまふことが原因と考えられる。ただし、一旦注入を止めると瞬時に固結し、再充填が困難となった。

材料③：可塑性グラウト材（標準配合）はスリット A（1.0mm）での漏出を確認したが、他の材料①・②と比較し少量であった（充填率 89.5%）。

キーワード 耐震補強、石積、栗石、充填、可塑性、鉄道

連絡先 〒170-0003 東京都豊島区駒込 1-8-11 東鉄工業(株) 東京土木支店 TEL03-5978-2813

材料④：可塑性グラウト（特殊配合）は、材料③とほぼ同じように充填ができた（充填率 95.5%）。性状的にも材料③の性状と大差がないことから、以降の試験は、標準配合の結果を準用するものとした。

4. 注入模擬試験（角柱モールド注入試験）

(1) 試験概要

円柱モールド注入試験の結果により、材料③（可塑性グラウト標準配合）について、石積背面を模した角柱モールド試験を行った（図-3、写真-2）。試験ではまず、スリット A（1mm）のみを開放し、最小限の漏れを確認した。その後、漏出性を確認するため、漏出状況に応じてスリット B（3mm）、C（5mm）を開放した。

表-1 円柱モールド注入試験結果

材料名	①セメントベントナイト液+水ガラス (CB液)	②セメントベントナイト液+水ガラス (急結CB液)	③ J Pack Grout 標準配合	④ J Pack Grout 特殊配合
モールド容積 (L)	70.65	70.65	70.65	70.65
間隙率 (%)	43	43	43	31.4
品質管理試験				
ゲルタイム (秒)	-	62	-	-
フロー値 (mm) (JHS313)	625	-	119	158.5
一軸圧縮強度 (N/mm2)	0.401	1.57	2.49	4.48
充填性確認				
注入量 (L)	34	60	31	23
注入率 (%)	111.8	197.4	102	103.6
漏出量 (L)	12	55	1.2	1.8
有効注入量① (L)	22	5	29.8	21.2
充填率① (%)	72.4	16.4	98	95.5
注入速度 (L/min)	8	A=4 B=4 8	A=4 B=4 8	A=4 B=4 8
圧力上昇 (MPa)	0	0	0	0
漏出性確認				
漏出量 (L)	18	-	2.6	0
有効注入量② (L)	4	5	27.2	21.2
充填率② (%)	13.2	16.4	89.5	95.5

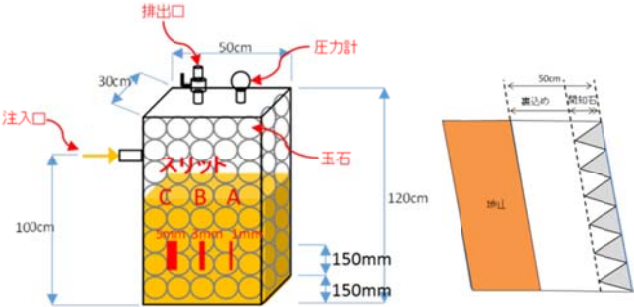


図-3 模型注入試験（角柱モールド注入試験）模式図



写真-2 模型注入試験（角柱モールド注入試験）施工状況

(2) 角柱モールド注入試験結果（表-2）

可塑性グラウト（標準配合）はスリット A（1.0mm）での漏出を確認したが、充填に影響する漏出量ではなかった。また、注入を中断すると漏出が止まったことから、注入材が自然流下しないことが確認できた。充填率は 82.0%と良好な充填性を有していた。

養生期間を経て、角柱モールドを解体し、内部の充填状況を確認した結果（写真-3）、大きな未充填箇所はなく、玉石は可塑性グラウト材で満たされていた。

表-2 角柱モールド注入試験結果

材料名	J Pack Grout 標準配合 (可塑性グラウト)
モールド容積 (L)	180
間隙率 (%)	42.6
品質管理試験	
フロー値 (mm) (JHS313)	130
一軸圧縮強度 (N/mm2)	3.84
充填性確認	
注入量 (L)	63
注入率 (%)	82.2
漏出量 (L)	0.15
有効注入量① (L)	62.9
充填率① (%)	82
注入速度 (L/min)	A=4 B=4 8
圧力上昇 (MPa)	0
漏出性確認	
漏出量 (L)	0
有効注入量② (L)	62.9
充填率② (%)	82.0



写真-3 可塑性グラウト充填状況

5. まとめ

今回注入試験によって可塑性グラウト材の充填性や各種性能が良好であることがわかった。可塑性グラウト材を充填した空積み壁の補強の有効性については、更に破壊実験や現場試験などで検討していきたい。

参考文献 太田直之, 杉山友康, 岡田勝也, 布川修, 鳥井原誠, 山本彰, 山田祐樹：間知石を用いた石積壁を対象とした耐震補強工の開発, 土木学会論文集 F Vol.63No.212-224,2007.6