

火砕流堆積物へのカーテングラウチングの課題

(株)熊谷組 正会員 ○行實 涼
日特建設(株) 非会員 西岡 正浩

1. 概要

火砕流堆積物が基礎となる洪水吐部（リム）においてカーテングラウチングを実施した。グラウチングの注入材料はセメントと水を基本とするが、全体的に高透水で少注入となり透水性の改良が難しかった。本検討ではこれらの地盤におけるグラウチングの課題を明らかにし、検討を加えた。

2. 地質とゾーニング

地質断面図を図-1 に示す。改良対象地盤は高透水の火砕流堆積物である強風化凝灰角礫岩（以下、wTb.）と風化凝灰角礫岩（以下、Tb1.）で、土質区分上は礫混じり砂質土、玉石混じり砂質土、礫混じり粘性土に分類され、粒子間の間隙が高透水部の要因となっていた。これらの深部にある軽石凝灰岩（以下、Aso-4.）は不透水層である。施工範囲の中央から右岸側は極端に多注入のため多注入ゾーンとし、これを除く範囲は全体的に少注入のため少注入ゾーンとして、全 619 ステージ（以下、St.）について分析した。

3. グ라우チング孔配置

グラウチング孔配置平面図を図-2 に示す。列間隔 1m の複列とし上流側を a 列，下流側を b 列とした。左右岸方向の改良範囲は 64m でパイロット孔（以下、P 孔.）を a 列に 16m 間隔で配置し、列状の中央内挿法¹⁾として規定孔の最終次数孔¹⁾を 3 次孔とした。複列のため表-1 に示すグループ順とし、最終的には a 列は 4 次孔（孔間隔は 1m.），b 列は 5 次孔（孔間隔は 0.5m.）まで実施した。

4. グ라우チング仕様の少注入対応

当初は限界圧力¹⁾²⁾（以下、Pc.）による多注入やリークを想定してグラウチングの注入圧力¹⁾を低く設定した。このためグループ A では高炉セメント B 種（以下、BB.）平均粒径 13.9μm を用い、グラウトの注入開始時の初期配合¹⁾（以下、初期配合.）のうち 5<Lu≤20 の範囲については W/C=6 から W/C=8 へ変更した。グループ B では低透水 St に超微粒子セメント（以下、SF.）平均粒径 4μm を用い、SF の初期配合を一律に W/C=10 とした。これらの結果少注入が改善せず、最終的な数値であるがリークは 34St で発生し全体の 5%と少なく、Pc は 59St で発生し全体の 10%と少ないためグループ C 以降は SF を取り止めリーク状況を鑑み注入圧力を表-2 のとおり高圧化した。

5. 次数逡減状況

図-3 に次数逡減図¹⁾を示す。P 孔のルジオン値¹⁾²⁾（以下、Lu.）が突出したがこれは P 孔のルジオンテストに孔内圧力センサー¹⁾²⁾を用いたため³⁾であり、他の孔と同様の従来法³⁾

（口元圧力管理¹⁾）の場合は a 列 1 次孔と同程度の可能性が考えられる。これらより Lu の逡減状況は不明瞭

キーワード ダムグラウチング，土質，多孔質，火砕流堆積物，ルジオン値，グラウタビリティ

連絡先 〒861-2402 熊本県阿蘇郡西原村大字小森 2 0 5 7 番 2 3 TEL096-234-8631

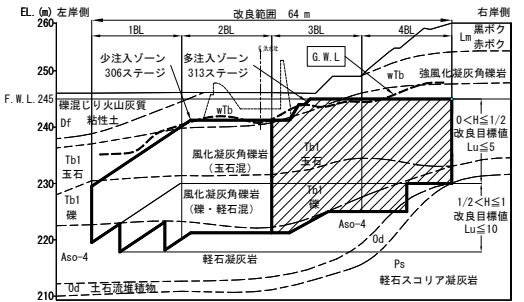


図-1 地質断面図

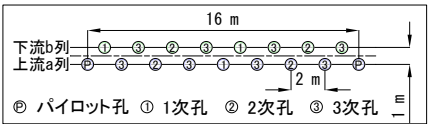


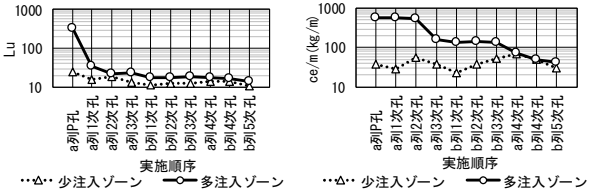
図-2 グ라우チング孔配置平面図

グループ	列および次数	対応
A	a列 P孔から3次孔	1次孔から高炉セメントB種を管配合化。
B	b列 1次孔から3次孔	少注入ゾーンで超微粒子セメントを使用。Pc発生後も規定注入圧力を維持。
C	a列 4次孔	超微粒子セメントを取り止め。
D	b列 4次孔から5次孔	規定注入圧力を高圧化。

表-1 グ라우チング実施順序

規定注入圧力		単位(MPa)			
ステージ	当初	注入圧力変更			
		0 ≤ BL ≤ 2		3BL 4 ≤ BL ≤ 5	
1	0.2	0.5	0.2	0.5	
2	0.3	0.7	0.3	0.7	
3	0.4	0.8	0.7	0.8	
4以降	0.4		0.8		

表-2 注入圧力



(a) ルジオン値 (b) 単位注入セメント量

図-3 次数逡減図

である。単位注入セメント量¹⁾(以下、ce/m.)の通減状況は、少注入ゾーンは不明瞭で、多注入ゾーンは通減したがa列4次孔以降は少注入ゾーンとほぼ等しくなった。

6. 土質における限界圧力について

岩盤と土質における P_c の模式図を図-4に示す。岩盤において P_c が発生した場合は、注入圧力が岩盤の広い範囲に作用し割れ目押し広げて多注入になる。断層等を除く土質においては、流路を塞いでいた土塊がその先の空隙へ流される際に P_c が発生するが、地盤に作用する力は岩盤より小さく多注入になりにくい可能性が考えられる。

P_c が発生した注入のうち明らかに多注入と考えられる $100\text{kg/m} \leq \text{ce/m}$ の範囲には 11St 分布しており全体の 2%であった。

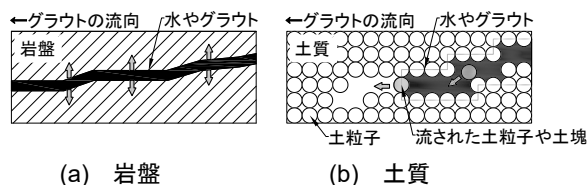


図-4 岩盤と土質における限界圧力 (P_c) の模式図

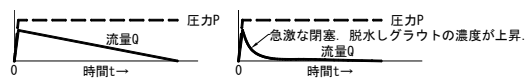


図-5 グラウチングの経時データの模式図

7. 土質や多孔質な地盤への注入について

図-5にグラウチングの経時データの模式図を示す。少注入となった注入では、ほぼ全てにおいて図-5(b)の注入開始直後に急激な閉塞が発生した。図-6に土質や多孔質な地盤へのグラウチング模式図を示す。注入中のグラウトは手前側から脱水し粘性が上昇し、急激に閉塞する可能性が考えられる。改良後の透水性は概ね 10Lu であるが、明らかに少注入と考えられる $\text{ce/m} \leq 20\text{kg/m}$ の範囲には 291St が分布しており全体の 47%が集中していた。

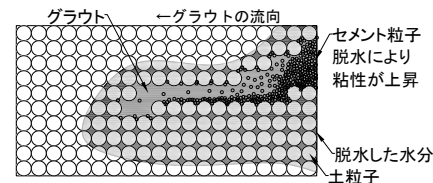


図-6 土質や多孔質な地盤へのグラウチング模式図

8. グラウタビリティ

改良対象土とグラウト材の粒度特性に関するグラウタビリティ⁵⁾の算出には経験式 $D_{15}/G_{85} \geq 15$, $D_{10}/G_{95} \geq 8$ を用いた。 D_{10} , D_{15} は改良対象土の通過質量百分率 10%と 15%粒径 (μm), G_{85} , G_{95} はグラウト材の通過質量百分率 85%と 95%粒径 (μm) である。図-7に wTb の粒径加積曲線と各種材料の浸透可能な土粒子径を示す。Tb1 はサンプリングの位置により粒度がばらつく可能性が考えられたため、これより強風化で細粒分が多いと考えられる wTb について検討した。wTb へは BB と SF は浸透不能であるが、極超微粒子セメント (以下、HNP1500, 平均粒径 $1.5\mu\text{m}$.) は $D_{15}/G_{85} = 12.5$, $D_{10}/G_{95} = 5.5$ となり浸透可能な条件に近づいた。

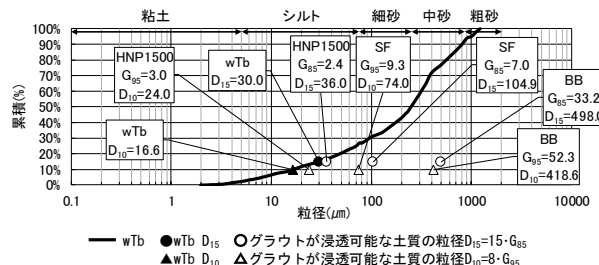


図-7 wTb 粒径加積曲線と注入材料の浸透可能粒径

9. まとめ

火砕流堆積物においてグラウチングを実施した結果下述の課題が明らかになった。土質における P_c は岩盤における P_c のように多注入になりにくいと考えられ、グラウチングの注入圧力を条件が許す限り高く設定するのが有利である。土質や多孔質な地盤では、注入開始直後からグラウトが脱水し急激な閉塞が発生しやすい。wTb より細粒分が少ない可能性が考えられる Tb1 には、HNP1500 が玉石や礫の隙間に浸透する可能性が考えられる。今後は土質や多孔質な地盤を対象としたダム基礎グラウチングについて更に検討を進めたい。

参考文献

- 1) (財) 国土技術研究センター：グラウチング技術指針・同解説，pp.17-70，大成出版社，2003
- 2) (財) 国土技術研究センター：ルジオンテスト技術指針・同解説，pp.20-25，2006.7
- 3) 寺戸康隆：孔内静水圧試験法（多段階孔内定水位試験法）を用いたルジオンテストの適用性について，応用地質，33 巻，5 号，pp. 5-7，1992.
- 4) 山口嘉一，佐藤弘行，西岡正浩：ダム基礎グラウチングのグラウト閉塞過程を考慮した配合制御の検討，ダム工学，18 巻 1 号，pp. 21-35，2008
- 5) 大野陸雄，トラン デュク フィ オアン，鈴木敦巳：低透水性地盤のグラウチングに関する実験的研究，土木学会論文集，2002 巻 715 号，pp. 45-53，2002.9