

Ⅲ-745

粉体圧送グラウチング用材料の開発

建設省土木研究所	正会員	松本徳久	○秩父小野田㈱	正会員	小沼栄一
建設省土木研究所		中村 昭	清水建設㈱	正会員	米田吉男
建設省土木研究所	正会員	山口嘉一	戸田建設㈱		栗原哲夫
			秩父小野田㈱		佐々木豊

1. はじめに

ダム基礎岩盤遮水性の改良は、これまで主としてセメントミルクによる湿式グラウチングを用いて実施されてきた。しかし、近年、マサ、未固結砂岩のようなセメントミルクによる遮水性の改良が困難であるダム基礎も増加しており、このような地盤に対する効率的な改良工法の開発が望まれている。本論では、このような工法の一つとして、セメント粉体をマサ等の地盤間隙に空気圧入して遮水層を形成させる粉体圧送グラウチング工法¹⁾に着目し、そのために新たに開発したグラウチング用材料について報告する。

2. 粉体圧送グラウチング用材料として具備すべき条件

粉体圧送グラウチング用材料には、以下の条件が必要とされる。

- ①構成する粒子の大部分が地盤間隙に比し充分な程度に小さいこと。
- ②圧送空気中で粒子が均等に分散し、付着・凝集を起こしにくいこと。
- ③粒子表面の形状・粗さが適度で、地盤中の浸透性に優れていること。
- ④浸透水との化学反応に対して安定であり、有害成分を溶出しにくいこと。
- ⑤水和固結後は所要の強度を発現し、水圧に長期間抵抗しうること。

これらの条件を満足する材料として、市販の湿式グラウチング用超微粒セメントをベースとし、これに粒度調整及び水溶性シリコン樹脂による表面コーチングを行うことにより表面改質超微粒セメントを調製し、その特性を調べた。

3. 高浸透性材料の開発

粉体圧送グラウチング用材料として、表面改質超微粒セメント標準品及びハイグレード品2種（HGⅠ及びHGⅡ品）を調製した。

ここで、標準品は、既公表の方法^{2,3)}に若干の改良を加えることにより製造したものであり、未改質品に比べ、空気中における分散性・凝集性について格段の差異が認められるものの、試験砂層への浸透性についてはさらに一層の改良が要望されていた。ハイグレード品は、これに関して改良を加えたものである。

標準品の浸透性を規制している要因としては、

- ①砂層間隙に対し、充分には小さくない粒径の粒子がなお少量ながら含まれていること。
- ②セメント中の超微粉分（例えば1 μ m以下）の凝集力が強いこと、全体の浸透性を阻害すること。
- ③水溶性シリコン樹脂による表面改質が部分的に不完全であるため、未改質部分が露出し凝集する可能性が考えられた。そこで、これらの要因を除去するため、

- ①セメントの粒径分布の均等化
- ②これに伴うコーチング状況の均質化

について検討を行い、ハイグレード品の製造方式を確立した。

4. 浸透性の比較

表1に、表面改質超微粒セメントの浸透性比較結果を粉体物性値とともに示す。ここで、空気圧送浸透性は、図1の試験装置を用いて、表2の試験条件下で行った測定値であり、また粒径分布は、レーザ回折法（マイクロトラック）によって求めた値である。未改質品から改質セメント標準品、HGⅠ品、HGⅡ品と進むに従い、10.55 μ m～1.01 μ mの粒子群割合は増加し、安息角は低下し、空気圧送浸透性が顕著に改善されていく状況が示されている。

なお、HGⅡ品(D₈₅=8.7 μ m)は、ホワイトピーズNO. 007(D₁₅=6.5 μ m)について浸透可能であり、ホワイトピーズNO. 005(D₁₅=4.0 μ m)についてはほとんど浸透不能である。これからグラウチビリティG.F.（砂のD₁₅/セメントのD₈₅）を求めてみると、G.F.=7.5では浸透可能、G.F.=4.6では浸透不能となり、ミルク注入について一般にいわれている浸透可能領域G.F.>15～25⁴⁾より

りも細粒側に浸透可能領域が広がっていることを示している。

表1 表面改質超微粒セメントの粉体物性と浸透性

物 性		平均粒径	通 過 分 (%)		安息角	空 気 圧 送 浸 透 性 (分)	
材 料		(μm)	10.55 μm	1.01 μm	(度)	豊浦標準砂	7号珪砂
未改質セメント		4.9	89.3	8.9	5.0	不 通	不 通
改質セメント	標準品	5.5	88.5	7.3	3.7	4.1	不 通
	HGⅠ品	5.6	94.3	4.5	2.8	2.3	—
	HGⅡ品	5.3	95.1	5.0	2.6	1.8	3 ~ 7

表2 空気圧送浸透性試験条件

試験条件	供 試 体			注入圧 kgf/cm^2	注入濃度 g/min
	径(mm)	長さ(mm)	充填乾燥密度(g/cm^3)		
注入砂層					
豊浦標準砂	98.5	360	1.63	3.8	3.5
7号珪砂	74.2	150	1.48	2.0	30～50
ホワイト・ス 007	49.4	102	1.48	2.3	2
ホワイト・ス 005	49.7	97	1.54	6.6	2

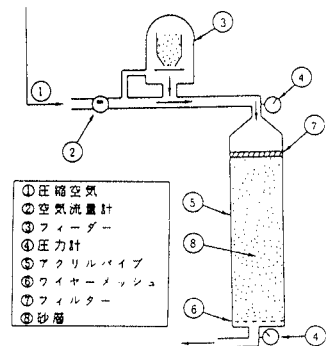


図1 空気圧送浸透性試験装置

5. 注入材料としての物性

表面改質超微粒セメントは、市販の湿式グラウチング用超微粒セメントを水溶性シリコン樹脂により表面改質したものであり、有害物質は含まれていない。

表面改質超微粒セメントは、セメント粒子の表面を改質しており、通常のセメントとは水和反応速度が異なることが予想される。図2は、改質セメント(HGⅡ品)／豊浦標準砂混合硬化体の強度試験結果であるが、未改質品に比して、7d圧縮強度で約50%、28d圧縮強度で約80%の強度発現となり、特に初期水和の遅れは顕著である。しかし、注入硬化後の砂層供試体の透水性は、ミルク注入と同程度であることが判明しており、ダム岩盤の遮水性強化という目的には概ね合致するものである。

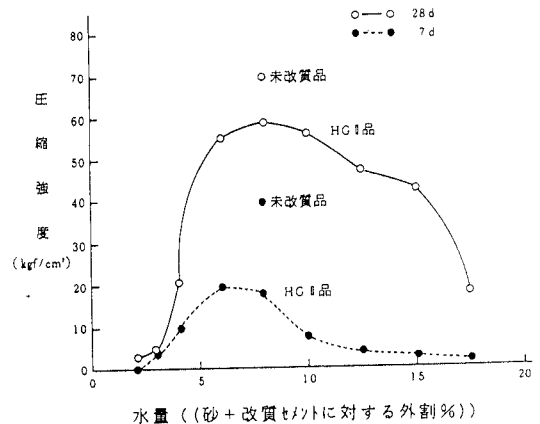


図2 改質セメント／豊浦標準砂混合硬化体の圧縮強度試験結果
(豊浦標準砂に対し改質セメント10%混合(外割))

6. 結論

- 市販の湿式グラウチング用超微粒セメントを用い、これに粒度調整及び水溶性シリコン樹脂による表面コーティングを行うことにより、粉体圧送グラウチング用材料として好適な材料を製造することができた。
- 表面改質超微粒セメントの浸透性を向上させるため、セメントの粒径分布の均等化及びこれに伴うコーティング状況の均質化を行った結果、試験砂層に対する浸透性は顕著に改善された。
- 表面改質超微粒セメントの初期水和は、未改質品に比し相当程度の遅れを示すが、標準砂混合硬化体の28d圧縮強度では未改質品強度の80%の強度を発現している。

〔文献〕

- S.Takebayashi et al. : 17th Int. Congress on Large Dams, C-5, Vienna (1991).
- 特開平4-270784.
- 特公平3-25473.
- 米田俊一、中川浩二：土木学会論文集、NO.462/VI-18, PP.101-110, 1993年3月.