

セメント改良土における透水係数の経時変化と粒度組成の影響

東洋建設(株) 正会員 ○山崎 智弘

東洋建設(株) 近藤 久雄

東洋建設(株) 山本 祐二

東邦地水(株) 鈴木 弘剛

(株)地質技研 中川 誠

(株)地質技研 澤田 昌史

(株)地質技研 松村 政広

1. 目的

管理型海面処分場の築造においては遮水性が品質要求項目のひとつとして挙げられるため、地盤改良には深層混合処理工法が採用されることがある。砂質土地盤をセメント改良する場合、砂の含有率によって透水係数は $10^{-4} \sim 10^{-7}$ (cm/s) の範囲となり¹⁾、セメント改良土における透水係数は数ヶ月の範囲で経時変化²⁾する。また透水係数に対する対象地盤の粒度組成の影響については知見が少ない。本稿では砂質土地盤を対象としたセメント改良土の三軸透水試験を実施したので結果を報告する。

2. 方法

供試体作成に使用した土砂（表-1 参照）および混練水（塩分 31‰, pH 8.3, SS 3mg/L, COD 3.9mg/L）は海城より採取した。セメント（高炉セメント B 種）は土砂 1m³に対して 150～300kg (W/C=0.6) の割合にて配合し、混和剤はフローリック RG（セメント質量×0.5%）を用いた。また試料 No. 4 については、土粒子質量比 2, 5, 10%のベントナイト（クニゲル-V1, クミニネ工業(株)）を添加した。

三軸透水試験の試験装置および試験時の圧力設定を図-1 に、試験手順を図-2 に示す。

表-1 土質試験結果

試料No.	1	2	3	4
自然含水比 % (JIS A1203-2000)	15.0	19.9	15.9	16.4
粒度組成 (JIS A1204-2000)				
礫分 (2～75mm) %	17.9	17.2	26.1	17.8
砂分 (0.075～2mm) %	78.4	81.1	70.5	78.1
シルト分 (0.005～0.075mm) %				
粘土分 (0.05mm未満) %	3.7	1.7	3.4	4.2
最大粒径mm	9.50	9.50	19.0	9.5
湿潤密度 g/cm ³ (JGS 0191-2000)	1.886	1.904	1.844	1.884
pH (JGS 0211-2000)	7.5	7.5	7.4	7.5
強熱減量 % (JIS A0221-2000)	4.48	5.65	2.21	4.72

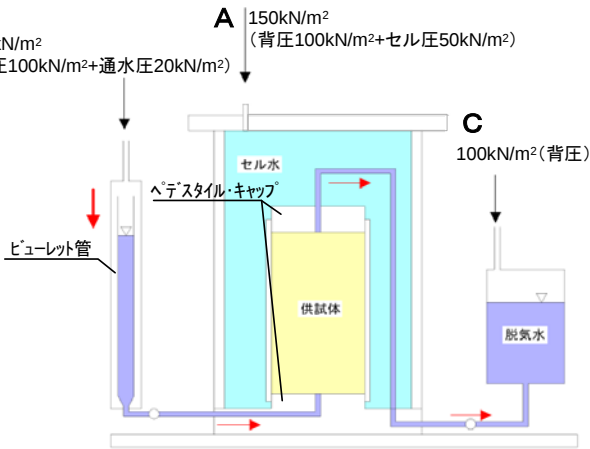


図-1 三軸透水試験の圧力設定

<組立>

- ① 供試体側面にベントナイトペーストを塗布し、ゴムスリーブを被せる
- ↓
- ② 供試体上下にベドスタイル・キャップを設置
- ↓
- ③ 三軸セルを組み立て、セルに水を注水

<脱気>

- ④ 供試体上・下、セル上部を脱気水槽経由で真空レギュレーターに接続
- ↓
- ⑤ 供試体内に20kN/m²の負圧をかけ、セル水に10kN/m²の負圧をかける
- ↓
- ⑥ 以後、供試体内およびセル水に10kN/m²のピッチで負圧を上昇させ、脱気水槽内から気泡が出なくなれば逆の操作により通常圧に戻し、しばらく放置

<試験>

- ⑦ セル上部Aおよび供試体下部B、上部Cを加圧装置に接続する
- ↓
- ⑧ Aに20kN/m²の圧力を加え、B、Cに10kN/m²の圧力を加える
- ↓
- ⑨ 上記の動作を10kN/m²ピッチで加え、B、Cが100kN/m²になるまで繰り返す
- ↓
- ⑩ 数時間放置した後、Aを150kN/m²にし、一晩放置
- ↓
- ⑪ Bに通水圧20kN/m²を加え測定を開始
- ↓
- ⑫ ビュレット管から供試体内に入った量と測定時間により透水係数を算出

図-2 三軸透水試験手順

キーワード 地盤改良, 遮水性, 事前配合試験, 透水試験, 透水係数

連絡先 〒460-0003 愛知県名古屋市中区錦 1-17-13 東洋建設(株)名古屋支店土木部 TEL 052-221-7303

3. 結果

土質試験の結果、試料 No. 1～4 は細粒分（シルトおよび粘土）が 5%未満の同様の砂質土であった。

経過日数に伴う各セメント配合量別の透水係数を図-3 に示す。セメント配合量が大きいくほど透水係数 k は小さくなった³⁾。また供試体作成 1～2 週間では $k=10^{-6}$ (cm/s) のオーダーであったが、6 週間では $k=10^{-7}$ (cm/s) のオーダーとなり約 1 オーダー低下した。3 ヶ月後にはさらに若干低下する傾向が見られた。

試料 No. 4 にベントナイトを添加し、細粒分（シルト・粘土分）を増やした供試体での透水試験結果を図-4 に示す。ベントナイトの添加量が大きいくほど透水係数 k が小さくなった。セメント配合量 200kg/m^3 および 250kg/m^3 におけるベントナイト 5%添加の k は同程度であった。一方、セメント配合量 200kg/m^3 における試料 No. 4 と経過日数が同程度の試料 No. 1～3 を比較すると、細粒分を 5%以上とすることで k は 1 オーダー以上低下した。

4. 考察

透水係数はセメント改良体中に存在する細粒分の割合に影響を受ける。時間経過とともにセメント改良体の強度増加が促進され粒子間が結合されるため、透水係数が低下する。その効果はセメント配合量 $150\sim 300\text{kg/m}^3$ では 1 オーダー程度が期待でき、初期の 1 ヶ月間の低下率が著しい。

一方、セメント粒子およびベントナイトとも細粒分としてみなせるため、セメント配合量およびベントナイト添加

量が大きいくほど透水係数は小さくなる傾向が確認された（単位体積あたりのベントナイト量は 5%添加においてセメント配合量約 100kg/m^3 分に相当）。特に細粒分が 5%以上で透水係数が小さくなった。

なお供試体作成時にブリージングが発生すると比重の重い粒子が供試体底部に分離・沈降し目詰まりすることにより、透水係数がみかけ上、小さくなることが懸念されるため、セメント配合量が比較的大きい場合はブリージング抑制に対する配慮が必要である。

5. まとめ

深層混合処理工法にて砂質土地盤をセメント改良する際の遮水性についての知見を深めるために三軸透水試験を実施した結果、透水係数を 10^{-7} (cm/s) 以下にするためには細粒分を 5%以上にすることが効果的であることが確認できた。また初期の 1 ヶ月間において時間経過とともに透水係数が低下することが確認できた。

透水係数が品質管理項目となる場合の今後の課題としては、室内透水試験結果を現場に適用する際の換算係数（現場でのバラツキを考慮した安全率）の設定方法を明らかにすることが挙げられる。

参考文献

- 1) CDM 研究会：セメント系深層混合処理工法 CDM Q&A 集，平成 17 年 2 月，pp. 35-36.
- 2) 大竹勉，三浦仁，徳永幸彦，北詰昌樹：セメント固化にともなう土質材料の遮水性改良試験報告，第 21 回土木学会関東支部新潟会研究調査発表会論文集，平成 15 年 11 月，pp. 115-118.
- 3) (財)沿岸開発技術センター：海上工事における深層混合処理工法技術マニュアル，平成 11 年 4 月，pp. 131.

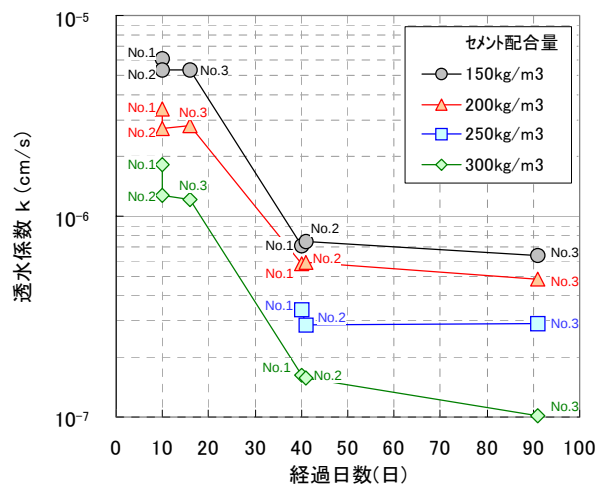


図-3 試験結果（経過日数の影響）

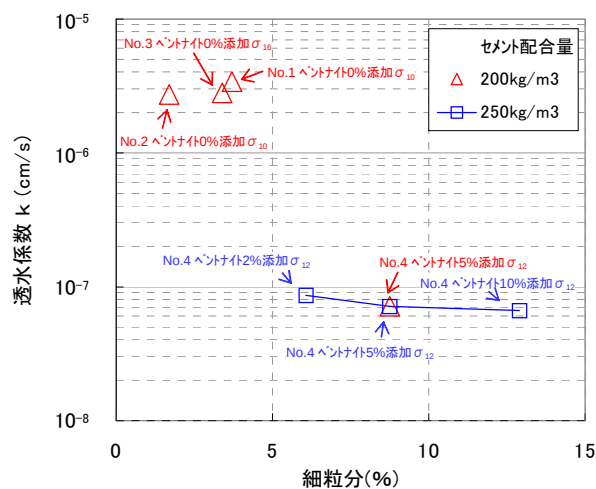


図-4 試験結果（細粒分の影響）