

広島工業大学 正員 鈴木 健夫

1. まえがき

粘土質軟弱地盤の支持力増加にドレーン工法が用いられる。施工計画によりドレーン材及びその設置方法が定められるのであるが、ドレーンの性能を自由に改変できればその適用範囲は広いと思われる。そこで現場土に水率及びセメントを混入することにした。現場で容易に施工するにはソイルミキシングセメントパイルの方式が有利なので、この方式を用い現場の粘性土に水率、セメントを混合し、CO₂ ガスを添加し透水性の良いドレーンパイルを目的として研究を行った。

2. 試料

粘性土に広島市福島の土を420 μ mのフィルを通して図-1のように用いた。この土の圧密試験では、10m盛土に相当する載荷では $e=1.108$, $G_s=1.56 \times 10^{-1} \text{ cm}^3/\text{mm}$, $k=3.23 \times 10^{-6} \text{ cm}^3/\text{mm}$ の値を得た。水率は図-1のような比較的透水性の良い粒度の揃ったものを用いた。

セメントは普通セメント、CO₂はボンベ入りのいづれも市販品を使用した。

3. 実験方法

まずW/c (1/1, 1/2, 1/3, 1/4)と水率に対するセメントミルク量(20%, 40%, 60%, 80%, 100%)を変化させて配合で透水係数を測定する。次に水率に対する粘性土量(50%, 100%), W/c (1/1, 1/2, 1/3, 1/4), 水率+粘性土に対するセメントミルク量(20%, 40%, 60%)を変化させて24種類の供試体を作製した。

作製方法は、規定量の水率、粘性土およびセメントミルクをミキサーの中で混練し、直径10cm、高さ12.8cmの型枠に入れ、ランマを用い各層3回の層で締め固めた。その後、変水位透水試験用の下底、上底をつつけ、ガスもれを防ぐためにベントナイト粘土により外側よりシールし、下底よりCO₂ボンベからのCO₂を流量5g/min、圧力2kgf/cm²で30分間注入した。その後供試体を20℃の恒温室でポリエチレンの袋をかけ1日養生した。養生後、寸法、重量を測定し変水位透水試験により透水係数を測定した。

4. 試験結果及び考察

(1) 粘性土を加えていない場合

表-1のようにセメントミルク量が増加した場合透水係数の非常に低下したW/c=1/2を除いて、配合と透水係数の関係を調べると凹型の変化になっている。これはセメントミルク量が少ない時は水率の透水性の良さに依存し、セメントミルク量の増加と共に透水性は低下し、水率10に対するセメントミルク量が5ないし6になると透水性は増加している。これはCO₂添加による気泡の効果と思われる。

(2) 粘性土を加えた場合

表-2のように供試体の諸要素を測定したので、透水係数との関連について順に考察する。セメントミルク量との関係はセメントミルク量の増加に伴い、透水性は大幅に低下し、粘性土なしの透水性を維持できない。乾燥密度との関係は乾燥密度が増加すれば透水係数が低下している。W/cが低下すると、乾燥密度の変化の幅も少

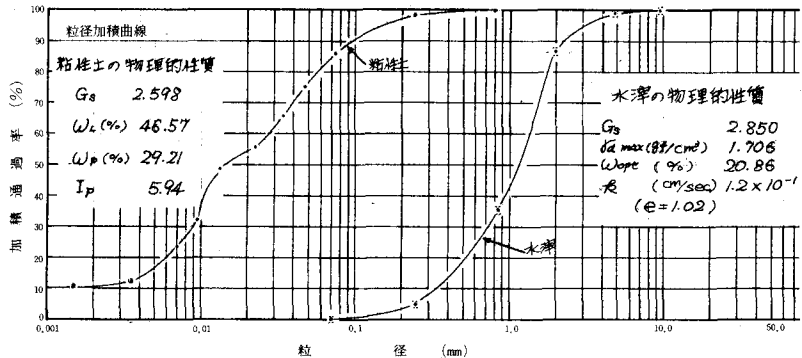


図-1 粘性土及び水率の物理的性質

なくばり、透水係数の変化も少ない。全重量に対する水率の重量百分率では、水率の割合増加と共に透水係数は

増加する。 W/c が少
ない場合は水率
が増加しても透水
係数の変化は少な
い。全重量に対す
る粘性土の重量百
分率では、粘性土
の割合が増加する
と透水係数が増加
する結果を得た。
配合時の含水比で
は、含水比の増加
と共に透水係数は
低下している。間
げき比との関係では間げき比の増加と共に透水
係数は増加している。

表-1 粘性土を加えない場合の試験結果

供試体 番号	W/c	配合(W) (水率)	乾燥密度 (g/cm^3)	透水係数 (cm/sec)
水率	—	—	1.411	1.20×10^{-7}
No. 1	1/2	10:2	1.595	2.55×10^{-7}
2	1/3	10:4	1.837	1.01×10^{-6}
3	1/4	10:5	1.894	1.02×10^{-6}
4	1/5	10:6	2.023	1.92×10^{-6}
5	1/6	10:7	1.617	1.89×10^{-6}
6	1/7	10:8	1.727	1.54×10^{-6}
7	1/8	10:9	1.721	2.63×10^{-6}
8	1/9	10:10	2.071	4.26×10^{-6}
9	1/10	10:11	2.140	2.76×10^{-6}
10	1/11	10:12	2.140	2.02×10^{-6}
11	1/12	10:13	1.586	2.95×10^{-6}
12	1/13	10:14	1.707	2.95×10^{-6}
13	1/14	10:15	1.818	3.21×10^{-6}
14	1/15	10:16	1.734	2.83×10^{-6}
15	1/16	10:17	1.721	2.25×10^{-6}
16	1/17	10:18	1.732	2.46×10^{-6}
17	1/18	10:19	1.620	2.16×10^{-6}
18	1/19	10:20	1.801	2.49×10^{-6}

表-2 粘性土を加える場合の試験結果

供試体 番号	W/c	配合(W) (水率)	乾燥密度 (g/cm^3)	全重量に 対する水率の 重量百分率 (%)	配合時の 含水比(%)	間げき比	透水係数 (cm/sec)
A-1	1/2	10:2	1.739	41.7	32.0	21.88	1.65×10^{-3}
2	1/3	10:4	1.774	35.7	27.5	29.08	1.53×10^{-5}
3	1/4	10:6	1.823	31.3	24.0	35.07	1.31×10^{-6}
4	1/5	10:7	1.663	41.7	32.0	17.85	8.21×10^{-5}
5	1/6	10:8	1.881	35.7	27.5	21.57	3.39×10^{-6}
6	1/7	10:9	1.864	31.3	24.0	24.52	8.78×10^{-7}
7	1/8	10:10	1.458	41.7	32.0	15.98	0.912×10^{-5}
8	1/9	10:11	1.669	35.7	27.5	18.15	1.29×10^{-2}
9	1/10	10:12	1.744	31.3	24.0	19.86	0.641×10^{-4}
10	1/11	10:13	1.483	41.7	32.0	14.84	0.882×10^{-2}
11	1/12	10:14	1.574	35.7	27.5	16.19	0.801×10^{-2}
12	1/13	10:15	1.509	31.3	24.0	17.22	0.901×10^{-2}
B-1	1/2	10:2	1.871	55.6	21.4	17.26	0.501×10^{-7}
2	1/3	10:4	—	47.6	18.3	24.63	—
3	1/4	10:6	—	41.7	16.0	30.79	—
4	1/5	10:7	1.862	55.6	21.4	13.55	9.93×10^{-9}
5	1/6	10:8	2.044	47.6	18.3	17.65	3.395×10^{-6}
6	1/7	10:9	1.941	41.7	16.0	20.91	0.483×10^{-6}
7	1/8	10:10	1.750	55.6	21.4	11.80	0.613×10^{-9}
8	1/9	10:11	1.906	47.6	18.3	14.44	0.499×10^{-4}
9	1/10	10:12	—	41.7	16.0	16.50	—
10	1/11	10:13	1.755	55.6	21.4	10.77	0.610×10^{-9}
11	1/12	10:14	1.798	47.6	18.3	12.60	0.592×10^{-2}
12	1/13	10:15	1.904	41.7	16.0	14.01	0.519×10^{-9}

注) A群 水率:粘性土=1:1, B群 水率:粘性土=2:1

CO₂添加の有無を透水係数のよい例で比較
すると表-3(a)(b)のようにCO₂添加により1日,14日養生
とも透水係数は増加している。その効果もNo.1よりNo.2,
No.3の方が効果が大きい。乾燥密度に差が生じているので
CO₂添加の効果が現われている。材料による透水係数の変
化は少ないが、ドレーン効果はセメントによる構造体形成
している、長期にわたっても差支えないとみられる。

次に透水性の良いNo.3の三軸圧縮試験は、表-4のよう
にCO₂添加により単位体積重量は減クレポーラスになっ
ているが、 C, ϕ はCO₂無添加と同じような値を示している。

供試体の透水の状況を調べるためにローダミンB05%
溶液を上から流し込み、二つ割にして状況を見ると、赤
い液が供試体の中心に上から下まで連続で付着していた
ので透水性は良好であったといえる。

5. おわりに

本研究で得た結論は次の事項である。(粘性土+水率)とセメン
トミルクの割合が10:2の場合が W/c のどの配合においても一番良
い透水性を示している。そして三軸圧縮試験においても相当の強度
を示した。また水率の割合が増加すると透水性が良くなる。CO₂を
添加することによりポーラスな供試体を作ることができ、透水性を
促進させることができる。終りに臨み本研究に協力して戴いた本学
卒業生、立川昌志君(K.K.松本組)、森野俊弘君(関東町役場)及
び水率を載いた三軸圧縮加工K.K.に深く感謝致します。

表-3 CO₂添加による効果について

(a) 1日養生

供試体番号	No. 1	No. 2	No. 3
CO ₂ の有無	CO ₂ 添加	CO ₂ 無	CO ₂ 添加
W/c	1/2	1/2	1/3
水率:粘性土	2:1	2:1	1:1
乾燥密度 (g/cm^3)	1.862	1.785	1.458
乾燥密度 (g/cm^3)	1.899	1.797	1.513
透水係数(cm/sec)	9.93×10^{-3}	1.75×10^{-3}	2.22×10^{-3}

(水率+粘性土):セメントミルク=10:2

(b) 14日養生

供試体番号	No. 1	No. 2	No. 3
CO ₂ の有無	CO ₂ 添加	CO ₂ 無	CO ₂ 添加
W/c	1/2	1/2	1/3
水率:粘性土	2:1	2:1	1:1
乾燥密度 (g/cm^3)	1.528	1.507	1.525
乾燥密度 (g/cm^3)	1.578	1.513	1.564
透水係数(cm/sec)	2.51×10^{-3}	2.41×10^{-3}	2.13×10^{-3}

(水率+粘性土):セメントミルク=10:2

表-4 供試体No.3の三軸試験成績

供試体の 条件	側圧 (kg/cm^2)	単位体積 重量(g/cm^3)	含水比 (%)	粘着力 (kg/cm^2)	内部摩擦角 (度)
1日養生	1	1.850	13.18	—	—
CO ₂ 添加	2	1.685	12.06	1.25	33.1
3	1.654	13.94	—	—	—
1日養生	1	1.722	12.97	—	—
CO ₂ 無添加	2	1.729	14.01	1.12	33.6
3	1.714	13.37	—	—	—
3日養生	1	1.906	28.03	—	—
CO ₂ 添加	2	1.909	28.29	0.87	42.7
3	1.870	27.48	—	—	—
3日養生	1	1.920	27.75	—	—
CO ₂ 無添加	2	1.914	29.22	1.04	42.5
3	1.945	26.63	—	—	—