

日本道路公団 試験所

永田 孝夫

(株)建設企画コンサルタント 正会員・黒田 修一

1. はじめに

最近、水中に人工地盤を構築することを目的に砂やセメントなどを用いた混合処理土(砂+粘土+固化材+水)の研究開発が進められている。この様な材料を基礎地盤の一部として適用するにあたっては安定解析上必要となる強度・変形特性を明らかにする必要がある。特にこの種の材料を盛土材として用いる場合には十分に強度が高くない初期材令時に順次盛り立てを行うことになり強度・変形特性は大きな影響を受けると考えられる。そこで、このような条件下にある混合処理土のせん断強度特性を明らかにするため、次の項目について検討を行った。

① 初期材令時に盛り立て厚さ程度の荷重を受けた混合処理土の一軸圧縮強度特性について

② 養生期間中に連続的に荷重を受けた混合処理土の三軸圧縮強度特性について

本文はこれらの検討結果について記述したものである。

2. 使用材料および試験方法

試験に用いた材料を表-1に、試料の配合を表-2に示す。

試料はソイルミキサーに山砂、セメント、スラリー状粘土を投入し2分間の空練り後、海水を投入し8分間の混合を行い、モールド内に3層に分けて試料を作成し、海水中で養生を行った。所定の養生後、図-1、図-2に示す荷重試験を実施し、一軸・三軸圧縮試験を行った。一軸圧縮試験は軸ひずみ速度1%/minで行った。三軸圧縮試験はCU試験とCD試験を軸ひずみ速度0.06%/minで行った。試験時の拘束圧は $\sigma_3' = 0.5, 1.0, 2.0, 4.0 \text{ kgf/cm}^2$ とし、供試体はすべて $\phi 5 \text{ cm}$, $h 10 \text{ cm}$ とした。次に荷重試験方法を以下に示す。

1) 初期材令に荷重を受けた混合処理土の強度試験

図-1に示すように荷重を0.05, 0.1, 0.2, 0.3kgf/cm²、荷重時期を1, 3, 5日の3通りに分けて荷重し、所定の養生日数経過後、一軸圧縮試験を行った。

2) 養生期間中に連続荷重を受けた混合処理土の強度試験

図-2に示すように海水中で1日養生後、0.1kgf/cm²の初期荷重を載荷し、その後、7日毎に0.154kgf/cm²の荷重を所定の荷重に至るまで連続的に載荷し養生を行い、養生後、一軸、三軸圧縮試験を行った。

なお、荷重試験との比較のために無荷重試験も併用して実施した。

3. 試験結果および考察

1) 初期材令に荷重を受けた混合処理土の強度特性

養生初期の荷重が供試体の強度へ与える影響をみるために、図-3は縦軸に無荷重試料の一軸圧縮強度 q_{ui} に対する載荷試料の一軸圧縮強さ q_{ul} の強度比 ($R = q_{ul}/q_{ui}$)、横軸に上載荷重 σ_v の関係として示した。図-3(a)に着目すると載荷重が0.1kgf/cm²以下では強度低下を示すが、載荷重が0.3kgf/cm²は無荷重試料よりも逆に強度増加する傾向にある。また載荷日が早いほど強度の低下が大きい。この現象は載荷重によるセメンテーション構造の破壊による強度低下と構造密化による強度増

表-1 使用材料

材料名	比重	最大粒径 (mm)	均等粒径 U _c	50%粒径 D ₅₀ (mm)	75 μm 以下の 割合 (%)
山砂	2.709	4.75	2.06	0.30	2.0
粘土	2.472	0.425	—	0.013	93.0
セメント	3.15	—	—	—	—
人工海水	1.024	—	—	—	—

表-2 混合処理土の配合表

単位重 (kgf/m³)				湿潤密度 γ (t/m³)	一軸圧縮強さqu		
山砂	粘土	砂	海水		7日	28日	91日
1170	110	80	520	1.840	5.20	9.88	13.0

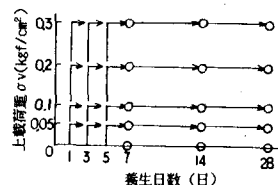


図-1 荷重載荷方法

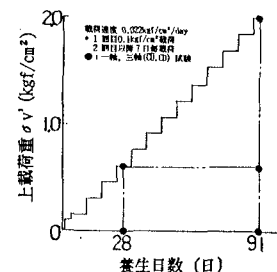


図-2 荷重載荷方法

加が相殺し合った結果である。つまり 0.1 kg/cm^2 以下の荷重では構造密化よりセメンテーション構造破壊の影響が大きかったために全体的には強度低下を示した。逆に荷重が大きくなるとセメンテーション構造破壊より構造密化の影響が大きくなるため、全体として強度増加したものと考えられる。しかし、図-3(b)では養生日数が増加するのに伴いセメントの強度発現の割合が大きくなるため荷重重による強度低下の影響は少なくなる。

すなわち、十分にセメントによる強度発現が示されていない場合は構造密化・セメンテーション構造の破壊効果が全体の強度に影響を及ぼすような値となりうるが、時間の経過とともにセメントの強度発現が促進されると全体の強度に及ぼす構造密化・セメンテーション破壊の影響は小さくなるものと考えられる。

2) 養生期間中に連続荷重を受けた混合処理土の強度特性

図-4は、荷重を受けた供試体と無荷重の供試体の代表的な応力、体積ひずみ、間隙水圧～軸ひずみの関係を示したものである。CU試験の応力～ひずみ曲線は軸ひずみ1～2%の所に降伏応力を持ち、残留状態に至るか残留状態での応力値の低下は小さい。この降伏点で供試体のセメンテーションが壊れ始めるものと思われる。一方、CD試験の応力～ひずみ曲線はピーク強度発現後のひずみ軟化の程度が大きい。

1) で示したように養生初期の荷重は一軸圧縮強度に影響を及ぼすため、養生初期からの連続的な荷重によっても強度に影響を与えられ考えられる。そこでこの影響を見るため、降伏応力と圧密応力の関係を図-5に示した。図より荷重を受けた供試体の降伏応力は、圧密応力に関係なく一定の割合で低下し、また、低下の割合も黒ぬりで示した一軸圧縮強度の低下量にほぼ等しい。すなわち養生初期に受けたセメンテーションの低下がその後の連続的な荷重により残されたものと考えられる。しかし、このような荷重の影響も図-6に示すように残留時の強度へ与える影響は非常に小さなものになることが分かる。

すなわち、混合処理土のせん断強度はピーク状態まではセメントによる粘着成分が卓越するが、残留時の強度は図-7に示すように、材料が持つ摩擦成分（砂+粘土）に支配されることになる。

4. ま と め

養生期間中に荷重を受けた混合処理土に関する一連の実験を行い、主に強度特性について述べた。これらの結果をまとめると次のようになる。

- 1) 養生初期に荷重を受けると構造破壊による強度低下現象を生じ、その程度は荷重時期が早いほど著しい。
- 2) 養生中の荷重はピーク応力、降伏応力に若干の影響を受けるが残留強度には影響を受けない。

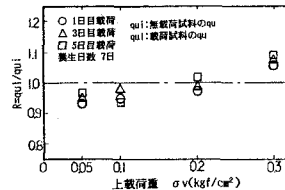


図-3(a) 強度比と上載荷重の関係

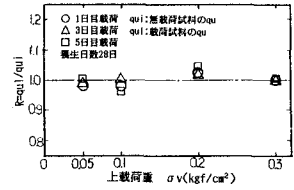


図-3(b) 強度比と上載荷重の関係

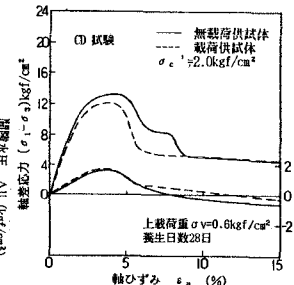
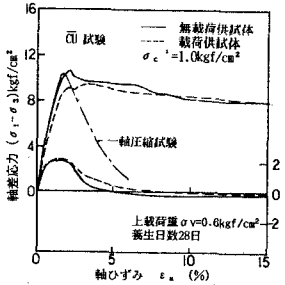


図-4 軸差応力、体積ひずみ、間隙水圧と軸ひずみの関係

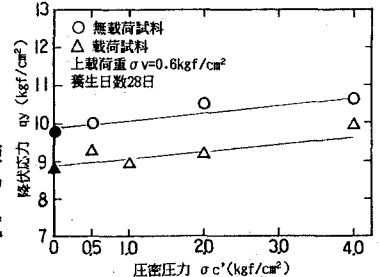


図-5 降伏応力と圧密圧力の関係(CU)

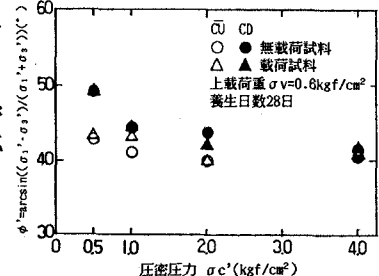


図-6 残留時の内部摩擦角と圧密圧力の関係

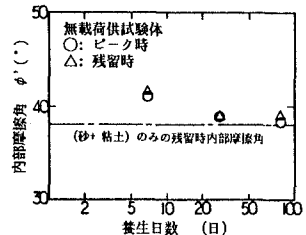


図-7 混合処理土の内部摩擦角