

Ⅲ－B313

流動化処理土の非排水三軸せん断特性

日本鉄道建設公団 正会員 ○奥原祐治・中村 敦・井上好一
(財)鉄道総合技術研究所 正会員 木幡行宏・村田 修・矢崎澄雄

1. まえがき； MM 21 線高島駅建設工事に伴う現場発生土を有効利用する観点から、開削トンネル上床板上部の埋戻し土として、流動化処理土を用いることが計画されている。これまで、流動化処理土に関する研究は、強度特性や透水性、あるいは施工時に発生する問題（埋設管等に作用する浮力やポンプ圧送など）などについては検討されているが¹⁾、通常地盤材料で検討されるような非排水せん断強度やせん断変形特性については未解明な部分が多い。本報告では、3種類の配合による流動化処理土に対して所定の拘束圧で圧密非排水三軸圧縮試験を実施し、その強度・変形特性を把握・検討した。

2. 実験； 実験に用いた現場発生土は、MM21 地区より採取した Ac1 層のシルト質粘性土であり、多数の貝殻等を含んでいるため、泥水を作製する際に 2mm ふるいで調整した。流動化処理土の作製は、所定の条件（フロー値 200mm 以上、ブリージング率 1% 以下、一軸圧縮強度 $q_{28} = 2.0 \sim 5.0 \text{ kgf/cm}^2$ ）による配合試験結果に基づいて²⁾、設計泥水密度を 1.2 g/cm^3 とし、固化材はセメント系固化材一般軟弱土用 (GL10) を用いた。さらに、山砂を添加して流動化処理土の密度を増大させた配合の試料についても検討を加えた。表 1 には、設計配合の一例を示す。試験は、図 1 に示すように円柱供試体（高さ 10cm、直径 5cm）を用いた三軸試験装置によって $0.5, 1.0, 2.0 \text{ kgf/cm}^2$ の拘束圧で、圧密非排水三軸圧縮試験をひずみ速度 $0.01\%/min$ にて実施した。軸変位測定には、上部キャップの変位を測定する非接触変位計、および供試体上下端面での緩み層（ベディングエラー）の影響を含まない正確な軸ひずみを供試体側面において測定する局所変形測定装置 (Local Deformation Transducer) をそれぞれ用いた。

3. 実験結果と考察； 図 2 に、配合 1～3 の拘束圧 $\sigma'_c = 1.0 \text{ kgf/cm}^2$ での軸差応力・軸ひずみ関係を、図 3 にはせん断中の有効拘束圧と軸ひずみの関係をそれぞれ示す。砂の添加量が多いほど、すなわち処理土密度が大きいほど、最大軸差応力 q_{max} が大きい。図 3 を見ると、せん断初期からピーク強度に至るまでの過剰間隙水圧の発生が極めて大きく、ピーク強度時には処理土密度やせん断開始時の有効拘束圧の値に拘わらずほとんどゼロになっている（図 7）。しかし、ピーク強度以降は、有効拘束圧が増加傾向にあり、残留強度がある程度大きくなるため、一軸試験での有効応力状態とは異なってくる。これは、セメント改良土と類似の傾向である³⁾。図 4 には、配合 1～3 における $\sigma'_c = 1.0 \text{ kgf/cm}^2$ の軸差応力・軸ひずみ曲線の接線勾配から得られた接線変形係数 E_{tan} のひずみレベル依存性を示す。配合 1, 2 で線形性が大きく、配合 3 では軸ひずみ 0.01% 程度から E_{tan} が減少傾向を示していることから非線形性が増加している傾向にある。図 5 は、 E_{tan}

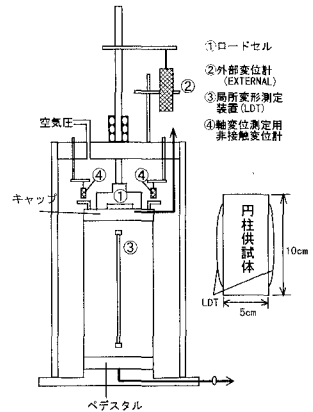


図1 三軸試験機の概略図

表1 設計配合の例

配合	泥水密度 (g/cm^3)	処理土密度 (g/cm^3)	粘性土 (kg)	含水比 (%)	水 (kg)	砂 (kg)	含水比 (%)	固化材 (GL10) (kg)	泥水混合比
配合 1	1.20	1.24	541	71.4	636	0	—	59	—
配合 2		1.30	493	65.9	616	132	9.96		8.40
配合 3		1.40	446	65.9	557	338	9.96		2.97

(流動化処理土 1 m^3 あたりの配合設計：内割り)

Keyword: 流動化処理土、接線変形係数、圧密非排水三軸圧縮試験、変形特性、過剰間隙水圧

〒100-0014 東京都千代田区永田町 2-14-2 山王グランドビル 6F TEL: 03-3506-1861 FAX: 03-3506-1891

のせん断応力レベル依存性の比較である。配合1, 2では、ピーク強度の40%程度まで E_{tan} の減少率が小さいのに対して、配合3の E_{tan} の減少率はピーク強度の20%程度以降で大きくなっている。すなわち、配合3のせん断応力レベル依存性は配合1, 2のそれに比べて大きい。図6は、等方圧密過程で拘束圧0.5, 1.0, 1.5, 2.0 kgf/cm²における軸ひずみ 4×10^{-5} レベルでの微小な繰返し載荷を行って得られた初期ヤング率 E_0 の拘束圧依存性を示している。 $\sigma'_c = 0.5 \sim 2.0$ kgf/cm²の範囲での E_0 を比べると、拘束圧が大きくなるにつれ配合3でわずかに E_0 が大きくなっているが、全体的な傾向としては、配合種類によらず E_0

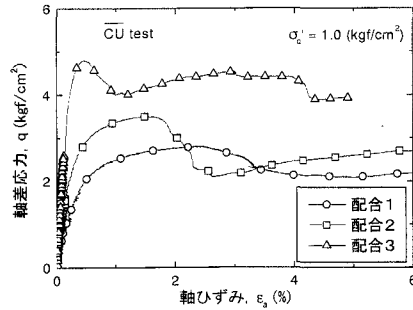


図2 軸差応力・軸ひずみ関係

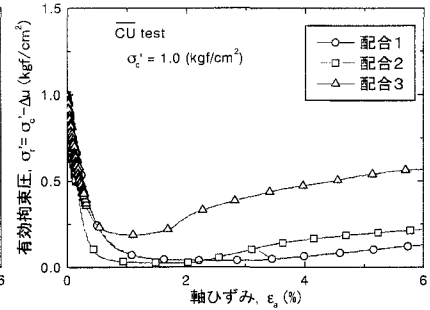


図3 有効拘束圧・軸ひずみ関係

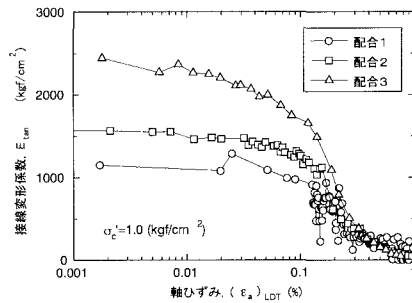


図4 E_{tan} のひずみレベル依存性

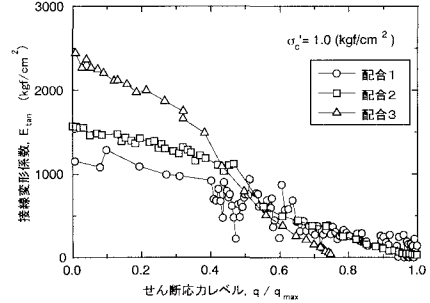


図5 E_{tan} のせん断応力レベル依存性

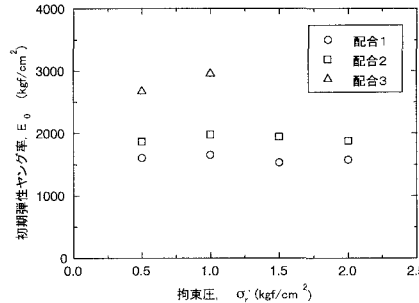


図6 初期弾性ヤング率の拘束圧依存性

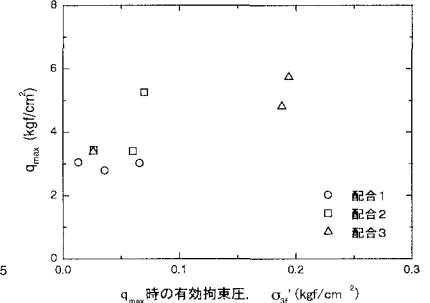


図7 q_{max} と q_{max} 時の有効拘束圧の関係

の拘束圧依存性は見られない。これはセメント改良土と類似の傾向であり⁴⁾、セメントを添加した地盤材料はセメンテーションにより、微小ひずみレベルでの変形特性が弾性的になることを示している。図7は、 q_{max} と q_{max} 時の有効拘束圧の関係である。本配合における設計一軸強度は、2～5 kgf/cm²であるが、非排水三軸圧縮試験で得られた q_{max} を見ると、 q_u にほぼ等しい値を示している。これは、ピーク強度状態において有効拘束圧の値がほぼゼロに近い一軸試験と同様な有効応力状態にあるということに対応している。しかし、前述したようにピーク強度以降は、一軸試験での有効応力状態とは異なってくる。

4. まとめ； 埋戻し材として用いる流動化処理土に対して圧密非排水三軸圧縮試験を実施し、その変形・強度特性を検討した結果、①载荷初期からピークに至るまで大きな過剰間隙水圧が発生し、ピーク時には有効拘束圧がほとんどゼロになるため、非排水状態での q_{max} は一軸圧縮強さと同程度になること、②ピーク後には過剰間隙水圧が減少し有効拘束圧が増加傾向にあるため、残留強度がある程度大きくなり、一軸試験での応力状態とは異なること、③初期弾性ヤング率には拘束圧依存性がみられないこと等が分かった。

参考文献； 1) 例えば、久野悟郎編著：土の流動化処理工法，建設発生土・泥土の再生利用技術，技報堂出版，1997. 2) 中村敦・青木一三・村田修・木幡行宏・矢崎澄雄：掘削発生土を利用した流動化処理土の配合試験，第33回地盤工学研究発表会講演集，1998. 3) 龍岡文夫：土質試験の課題と試験結果の評価－東京湾横断道路計画における土質工学の諸問題と室内土質試験－，昭和61年度最近の土質・基礎に関する講習会講演資料，土質工学会，pp.55-103., 1976. 4) 木幡行宏・前川晴義・矢島寿一・村本勝巳・馬場崎亮一：セメント系安定処理土の強度・変形特性について，セメント系安定処理土に関するシンポジウム発表論文集，地盤工学会，pp.1-19, 1996.