

セメント改良砂の一軸・三軸引張試験

日本大学大学院生産工学研究科
東京大学生産技術研究所

学生会員　○三平　伸吾
正会員　古関　潤一

1.はじめに

近年、緩い砂地盤の液状化対策としてセメント系固化工法を適用する事例が増加している。杭状あるいは壁状に固化改良した場合には、地震時に引張応力が作用する可能性がある。

このようなセメント改良砂の引張強度は、比較的簡便な割裂試験によって評価されてきた。割裂試験では供試体を等方線型弾性体と仮定して引張強度を求めるが、実際の供試体内での応力分布は、必ずしも仮定した応力分布とは一致しない。セメント改良した粘性土については、割裂試験によって求められた引張強度が直接引張強度よりも小さいことが報告されている^{1) 2)}が、セメント改良した砂質土については十分に検討されていない。さらに、割裂試験では供試体の排水条件を制御することができない。

以上の背景のもとで、本研究ではセメント改良砂の一軸・三軸引張試験を行った。ここでは、割裂試験により求めた引張強度との比較と排水条件の影響に関する検討結果を報告する。

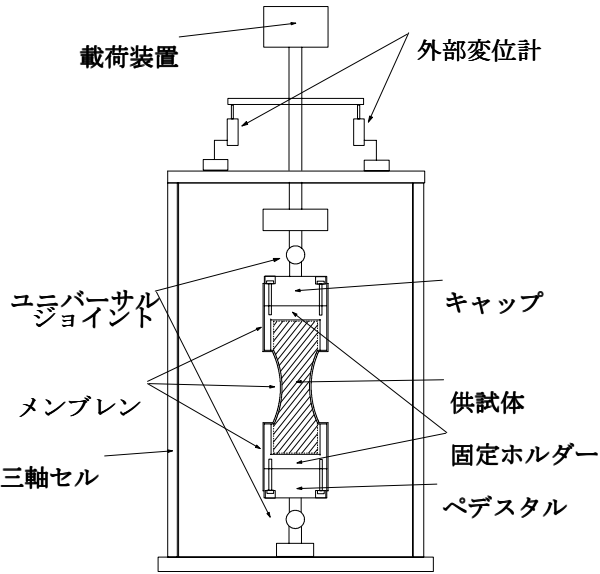
2.試料および実験方法

気乾状態の豊浦砂に、安定材として普通ポルトランドセメント、材料分離を防ぐための混和材としてベントナイト、および水を配合した試料を用いた。配合比と物性値を表－1に示す。供試体作製には内径5cm、高さ10cmのプラスチックモールドを使用し、よく混合した試料を5層に分けて入れ、各層の湿潤密度がほぼ等しくなるようにあらかじめ検定した回数の締固めを行った。1回のバッチで4～5個の供試体を作成した。水中密封養生を3日間行って脱型し、その後再度密封して計7日間養生した後に試験を行った。

試験に用いた三軸引張試験装置を図－1に示す。供試体はトリマーを用いて整形し、直径を4cmにしぼった中央高さ部分で引張破壊を起こすようにした。凹型の固定ホルダーの中に石膏を流し込み、その中に供試体を入れて端面と側面の一部を固定した。固定ホルダーはキャップとペDESTALにボルト締めし、三軸試験ではメンブレンをこれらの外側に被せてシールしてから等方圧密した。また、キャップとペDESTALが载荷軸と接続する部分にユニバーサルジョイントを用いることで、供試体に曲げモーメントが作用しないようにした。一軸・三軸試験と割裂試験の軸ひずみ速度はそれぞれ0.01, 0.1%/minとした。

表－1 試料の質量配合比と物性値（代表値）

豊浦砂 (%)	66.3	湿潤密度 (g/cm³)	1.94
セメント (%)	10.0	含水比 (%)	19.6
ベントナイト (%)	5.0	一軸圧縮強さ q_u (7 日) (MPa)	22.3
水 (%)	18.7		



図－1 三軸引張試験装置

Key words：セメント改良砂，引張強度，割裂試験，三軸試験，排水条件

〒275-8575 千葉県習志野市泉町 1-2-1 日本大学生産工学部 Tel,047-474-2427

3. 結果および考察

図-2 に 4 種類の異なるバッチからなる供試体の一軸引張強度と養生時間の関係を示す。これまでばらつきが少なく再現性のある引張強度を直接的に求めることが難しいとされてきた¹⁾が、本研究では最大で 13% の引張強度のばらつきにおさえることができた。このばらつきは、供試体の整形精度や若干の偏心量の違いに起因すると考えられる。養生時間の影響は、10 時間程度の違いの範囲内では明確には見られなかった。

同じバッチで作製した供試体の一軸引張試験と割裂試験より得られた引張強度の比較を図-3 に示す。全体的に一軸引張強度の方が大きい値を示した。前述したように、割裂引張強度の算定式は等方線型弾性体仮定に基づいているのに対し、実際の試験では載荷点付近に応力集中し、かつ応力レベルが高くなると剛性が増加して応力集中の程度が増すために、割裂試験で求められた引張強度は過少評価されたと考えられる。

図-4 に排水・非排水三軸引張試験より求めた引張強度の比較を示す。これらの試験では供試体に通水してできるだけ飽和度を高めた (B 値 0.91~0.92)。拘束圧の大きさに関わらず、非排水条件の試験より得られた引張強度の方が大きい値を示した。この理由として図-5 に示すような有効応力経路の違いが (圧密応力 $\sigma_c' = 0.1 \text{ MPa}$ の場合) 挙げられる。しかし、これらの結果は供試体の形状と固定方法に起因する応力分布の非一様性の影響を受けていると考えられるので、今後より詳細に検討したい。この点が明らかになれば、原位置において地震時にほぼ非排水条件下で引張応力が作用する場合、対応する非排水三軸引張強度を用いることにより、セメント固化処理工法の耐震設計を合理化できると考えられる。

4. まとめ

一軸・三軸引張試験は供試体全体に一樣な引張応力を作用させることが難しいなどの問題もあり、精度よく行なうことが難しいとされてきたが、本研究で用いた試験装置と試験方法により、引張強度のばらつきを最大 13% におさえることができた。しかし、供試体内の応力分布の一樣性は十分とは言えず、供試体寸法と形状を変えた検討を今後も継続する必要がある。

参考文献 1) 川崎ら (1978): セメント系改良土の工学的特性に関する研究, 竹中技術研究所報告第 19 号 2) 斎藤 (1985): 深層混合処理工法による改良土の調査と工学的性質, 基礎工 Vol. 13

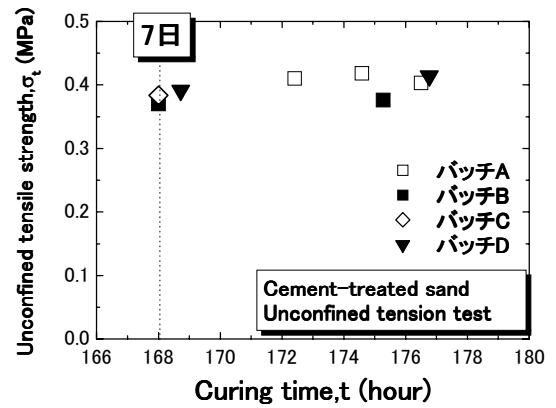


図-2 異なる一軸引張強度の比較

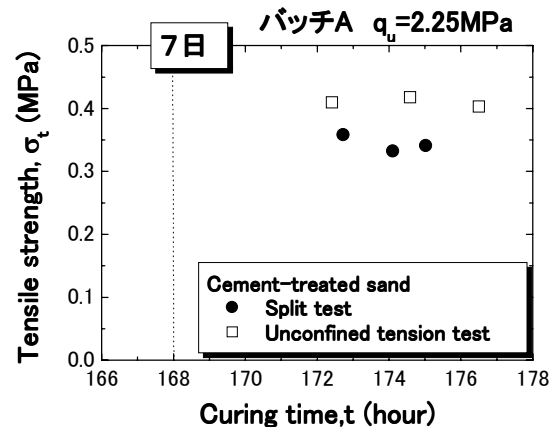


図-3 一軸引張強度と割裂引張強度の比較

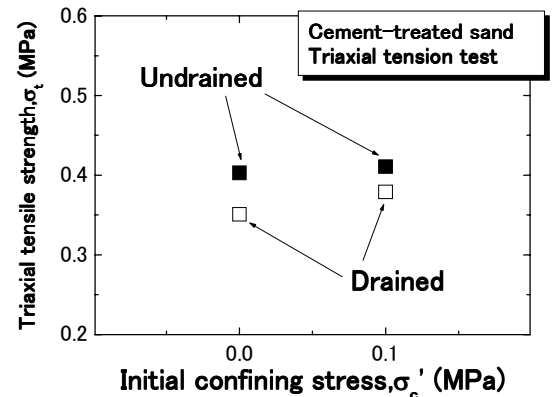


図-4 排水条件が三軸引張強度に及ぼす影響

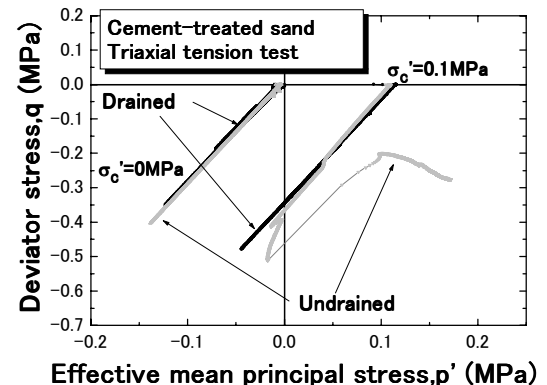


図-5 三軸引張試験時の有効応力経路