

締め固めて作製したセメント改良砂の引張強度特性の異方性

芝浦工業大学 学生会員 ○西本亨
東京大学生産技術研究所 正会員 古関潤一 佐藤剛司

1. はじめに

セメント改良固化処理工法において、改良体に弱層が存在する場合には、そこで破壊を生じることが懸念される。このような弱層が存在すると強度特性は異方性を示すが、この点については十分な研究が行われていない。

以上の背景のもとで、本研究では、角度を変えた供試体を用いて強度特性の異方性を調べる方法を新たに開発した。この方法を用いて、セメント改良砂の室内作製試料を対象に一軸引張試験と割裂試験を行った結果を報告する。

2. 供試体作製方法

試料には豊浦砂、普通ポルトランドセメント、ベントナイト、蒸留水をそれぞれ 66.3、10、5、18.7%の質量配合比で攪拌混合したものを用いた。1回の作製で3種類の試験を行えるように、傾斜モールドを新規に製作して使用した。図-1のようにランマーによる突固めを行い、締め固めエネルギーを深さ方向に調整することで均質な供試体作製を試みた。本研究ではこの突固め層の境界面（以下では堆積面と称す）が弱層となる可能性がある。

供試体の軸方向と堆積面のなす角 α が 0° 、 30° 、 45° 、 60° または 90° になるようにモールドの傾斜を変えて作製した試料から、新規製作した高精度の試料成形装置を用いて直径5cmのコア抜きを行った。試料打設後に水中密封養生を3日間行い、脱型後に再び同じ条件で3日間養生し、さらにコア抜き後に真空中水中養生を1日間行った。

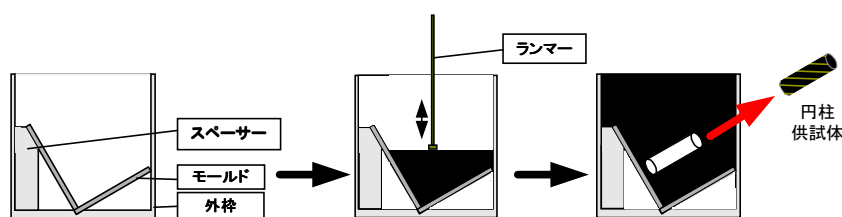


図-1 供試体作製の模式図

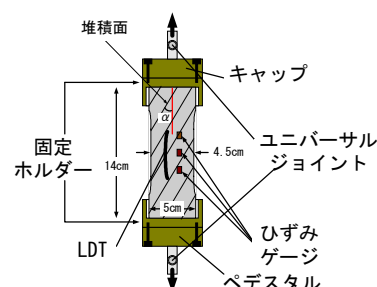


図-2 一軸引張試験の模式図

3. 試験装置および試験方法

一軸引張試験では、供試体の中央付近で引張破壊を起こさせるために、図-2に示すように中央高さ断面付近を絞った形状¹⁾にして、その部分でLDTとひずみゲージによる局所変形計測を行った。キャップとペDESTALに石膏を流し込める凹型ホルダーを使用し、石膏により供試体端面と側面の一部を固定して、引張荷重を加えた。また、載荷軸との接続部分にはユニバーサルジョイントを用いて、供試体に曲げモーメントが作用しないようにした。

割裂試験では、直径5cm、厚さ5cmの円柱形供試体を用いて、図-3に示すように堆積面に対して破壊面が角度 α で交わるようにした異方性測定用試験（異方割裂試験）と、堆積面に対して常に直角に引張破壊を起こさせる等方性確認用試験（等方割裂試験）とを行った。 $\alpha=90^\circ$ の場合には両者は同条件となり、また、このとき

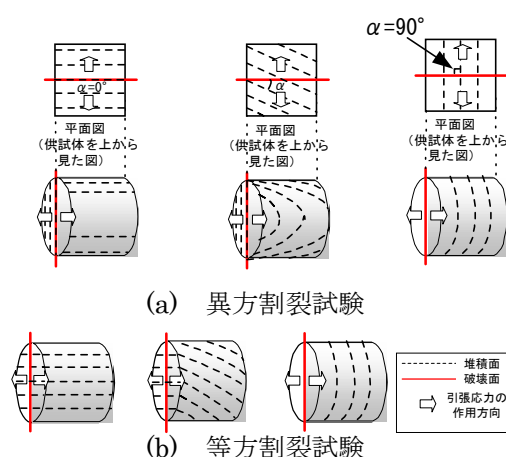


図-3 2種類の割裂試験の供試体模式図

キーワード：セメント改良砂、異方性、一軸引張試験、割裂試験、局所変形計測

連絡先：〒153-8505 東京都目黒区駒場 4-6-1 東京大学生産技術研究所

TEL：03-5452-6421 FAX：03-5452-6423

の堆積面と破壊面の関係は $\alpha = 0^\circ$ の場合の一軸引張試験と対応することになる。載荷速度は、一軸引張試験では 0.005%/min、割裂試験は 0.025mm/min とした。

4. 試験結果

図-4 に各試験による引張強度と角度 α の関係を示す。詳細な応力ひずみ関係については文献 2) を参照されたい。

一軸引張強度には、異方性の影響は明確には見られなかった。この試験では供試体内に気泡等の弱点があると必ずそこで破壊する影響のほうが支配的となり、異方性の影響が現れにくかったことが考えられる。なお、一部の軸引張試験においては、供試体の固定部付近で破壊を起こすなど破壊性状が安定しなかった。 $\alpha = 60^\circ$ の引張試験の強度が著しく低いのはその影響であると考えられる。今後は、気泡が生じないように乾燥密度を高くした試験条件での検討を行う必要がある。

一方、図-4 より異方割裂試験では、角度 α が小さい、つまり堆積面と破壊面の角度差が小さい場合に引張強度が低下する傾向が見られた。等方割裂試験では、 α によらずほぼ同程度の強度が得られた。

上記の比較において、 $\alpha = 90^\circ$ の異方割裂試験に用いた供試体は養生時間が他より 1 日近く長かった。そこで、図-5 に示す等方割裂試験の養生時間と強度の関係から養生時間を 168 時間に統一する補正を行った。その結果、図-6 に示すように、乾燥密度が増加すると補正後の強度が高くなる傾向が見られた。補正強度と対応する角度 α との関係は、図-7 に示すように等方割裂強度をほぼ上限値として、 α の低下とともに異方割裂強度が最大 2 割程度低下した。この傾向は前述した一軸引張試験の傾向とは必ずしも整合しなかった。割裂試験では破壊面が限定されるため、気泡等による弱点の影響が現れにくかったことが考えられる。なお、 $\alpha = 60^\circ$ の試験結果の 1 つで大きな強度が得られたのは、図-6 より他に比べ乾燥密度が高かったことが原因として考えられる。

5. まとめ

本研究で用いた室内作製試料では、異方割裂試験における強度が軸方向の角度 α に依存する傾向が見られた。一方、一軸引張強度には明確な異方性は見られなかった。今後は、より高い乾燥密度の供試体を用いて、気泡の影響が生じにくい条件で同様な検討を実施する必要がある。

参考文献

- 1) 三平ら：セメント改良砂の変形・強度特性に関する三軸圧縮・引張試験, 第 38 回地盤工学研究発表会講演集, 2003.
- 2) 西本ら：セメント改良砂の強度特性の異方性に関する実験的研究, 生産研究 (投稿中), 2004

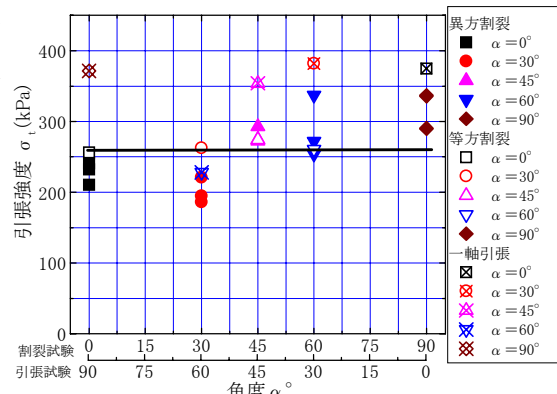


図-4 各試験による引張強度と角度 α の関係

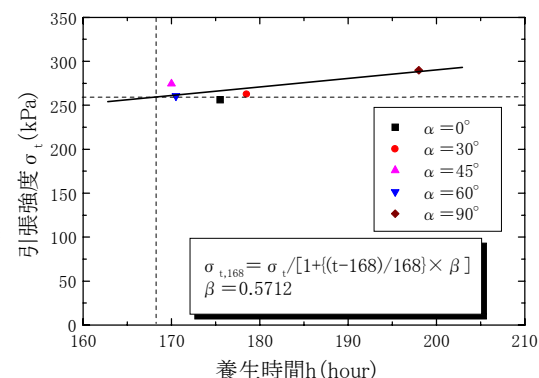


図-5 養生時間と割裂強度の関係

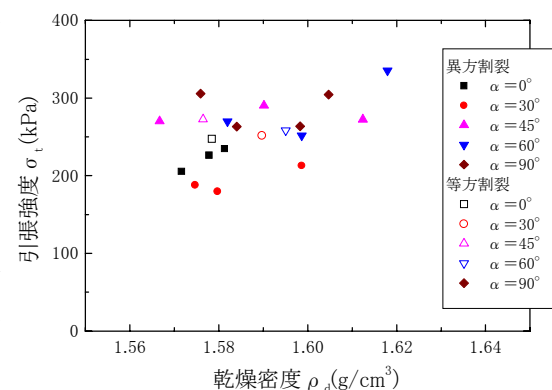


図-6 乾燥密度と割裂強度（養生時間補正後）の関係

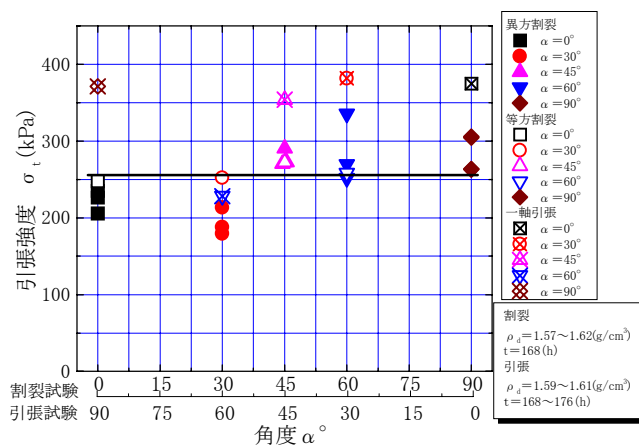


図-7 各試験による引張強度と角度 α の関係（割裂試験の養生時間補正後）