

曲げモーメントを受けるセメント改良砂の引張強度変形特性

芝浦工業大学

学生会員 ○ 鯉沼琢麻

東京大学生産技術研究所 正会員

古関潤一

港湾空港技術研究所 正会員

早野公敏

北詰昌樹

1. 研究の背景と目的

格子状または壁状にセメント改良した地盤に地震時慣性力が作用した場合、曲げモーメントが発生するが、改良地盤の曲げ引張耐力については十分な検討がなされていない。そこで、遠心力载荷による 50G 場での地盤中曲げ試験と、1G 場での気中曲げ試験を行い、曲げモーメントを受けるセメント改良砂の引張側での強度変形特性について検討し、一軸圧縮・引張試験および割裂試験結果と比較した。

2. 50G 場での地盤中曲げ試験

全 3 ケース行ったうちのケース 3 の模式図を図 1 に示す。セメント改良供試体の重量配合比は、豊浦砂(18.5%)、カオリン粘土(9.3%)、早強ポルトランドセメント(31.4%)、蒸留水(40.8%)とし、十分に攪拌混合をしたものを凹型のモールド内に打設後、8 日間密閉養生を行った。これを、土槽に置した後、乾燥豊浦砂を用いて相対密度が 60% となるようにホッパーからの空中落下法により周辺地盤を作成した。ひずみゲージによる局所ひずみ計測と、レーザー変位計による供試体上面の水平変位計測を行った。50G の遠心加速度を作用させた状態で周辺地盤の中央部に鉛直载荷することにより、供試体に曲げモーメントを加えた。载荷速度は 1.5mm/分とした。

载荷板の荷重沈下曲線と供試体の局所ひずみ測定例(位置は図 1 参照)を図 2 に示す。図中に丸印で示したように、载荷板の変位が 3.8mm の時点で荷重の増加傾向がわずかに変化した。これとほぼ同時期に B6 及び D6 で測定した引張ひずみがピークを示しており、供試体が曲げ破壊をしたことが推測される。試験後の観察によれば、図 1 に示した位置で供試体に亀裂が生じていた。前述した B6 及び D6 は、その近傍でのひずみゲージの測定値であることから、曲げ引張破壊時の引張ひずみの大きさは -0.04% 程度か、それ以上であったと考えられる。

3. 1G 場での気中曲げ試験

模式図を図 3 に示す。载荷速度は 0.035mm/分とした。

载荷位置での荷重変位曲線と供試体の局所ひずみ測定例(位置は図 3 参照)を図 4 に示す。引張側の破壊ひずみは -0.05% 以上であった。曲げ試験における全断面のヤング率を一定と仮定して供試体の引張側に作用した応力を次式で推定した。

$$M = \frac{1}{2} \cdot PL \quad \sigma = \frac{MY}{2I} \quad (P: \text{载荷重}$$

L: 支点からの距離 Y: 供試体高さ I: 断面二次モーメント)

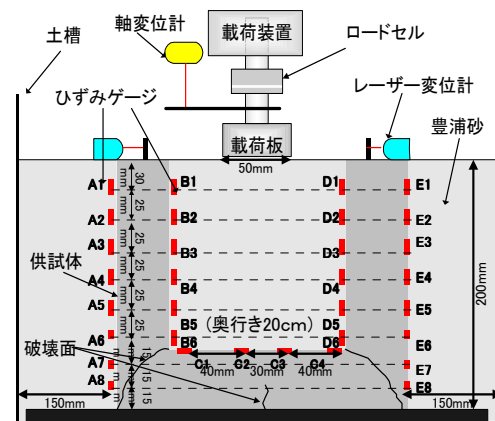


図 1 50G 場での地盤中曲げ試験模式図

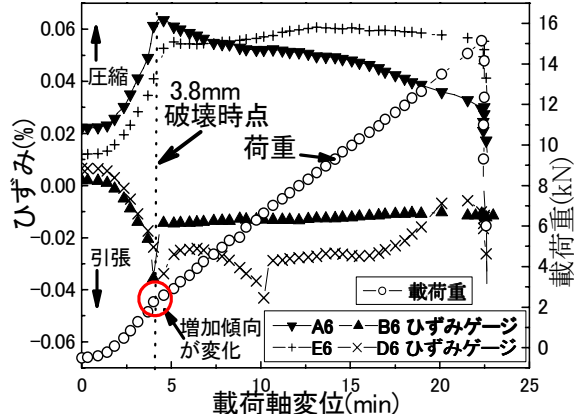


図 2 荷重沈下曲線と供試体の局所ひずみ測定例

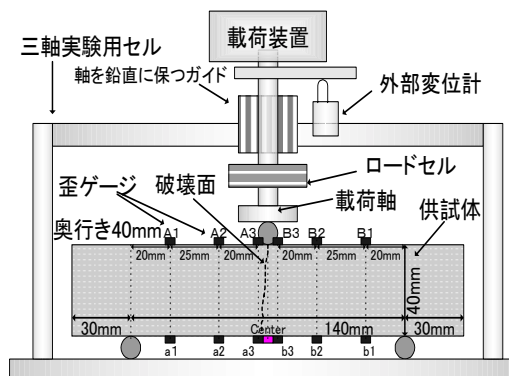


図 3 1G 場での気中曲げ試験の模式図

キーワード: セメント改良砂、曲げ試験、一軸引張試験、局所変位計測、遠心力载荷試験

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: 03-5452-6427 FAX: 03-5452-6423

図5に結果の一例を示すが、この例では曲げ試験の方が一軸引張試験よりも約70%高い引張強度が得られた。破壊時の引張ひずみは-0.05~-0.06%で、前述した50G場での地盤中曲げ試験で得られた破壊時の引張破壊ひずみ(-0.04%程度以上)とほぼ対応していた。図6に配合と養生期間が異なる場合を示すが、この二の例では曲げ試験の途中までと一軸引張試験で得られた応力ひずみ関係がほぼ一致した。

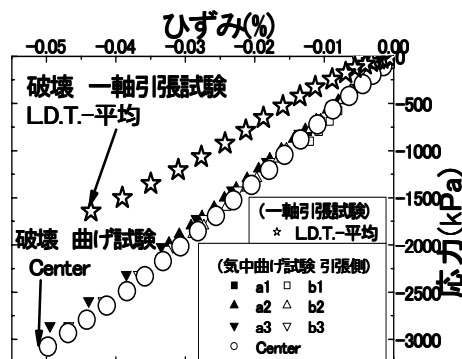


図5 引張応力 - ひずみ関係 CASE3

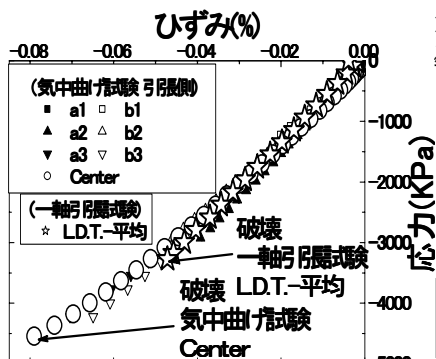


図6 引張応力 - ひずみ関係 CASE2

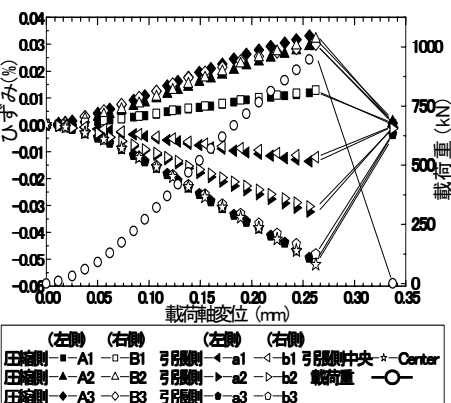


図4 荷重変位曲線と供試体の局所ひずみ測定例

4. 一軸引張試験、一軸圧縮試験、割裂試験

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6に示すように既往の研究¹⁾以上に中央高さの中央付近を絞った形状にして、L.D.T.とひずみゲージによる局所変形計測を行った。載荷速度は一軸圧縮・引張試験は $\pm 0.005\%$ /分とし、割裂試験は $0.025\text{mm}/\text{分}$ とした。

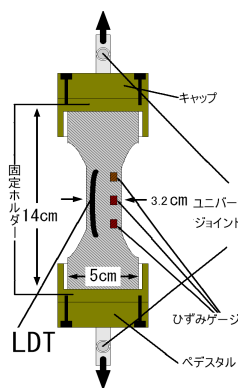
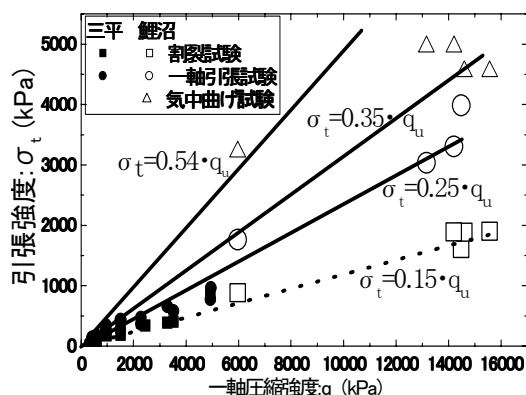


図6 一軸引張試験模式図

図7 引張強 σ_t - 一軸圧縮強度 q_u の関係

引張強度と一軸圧縮強度の関係を図7

に示す。図中には既往の研究結果¹⁾も表示した。これらの引張条件の範囲では割裂引張強度と一軸引張強度は、一軸圧縮強度 q_u のそれぞれ15%、25%程度である。一方、今回実施した1G場での気中曲げ試験による引張強度は q_u の35~54%程度である。曲げ試験で得られた強度が一軸引張試験より強くなった理由として、今回用いた一軸引張試験の供試体形状(図6参照)では供試体内の応力分布が不均一となり進行性破壊が生じた可能性があること、及び、供試体を固定する精度が不十分であったために供試体に曲げモーメントが作用した可能性があることが考えられる。割裂試験の場合でも同様に進行性破壊による影響を大きく受けた可能性がある。以上について今後も検討を継続する必要がある。

5. まとめ

今回実施した試験条件の下では、一軸引張試験と割裂試験で得られた引張強度よりも、1G場での気中曲げ試験で得られた値のほうが著しく高かった。これは、従来の設計で用いられている割裂試験による引張強度を大幅に合理化できる可能性を示している。今回用いた試料は一軸圧縮強度が6~15MPaと比較的高かったため、より低い強度の試料を対象とした同様な検討を今後行う必要がある。

50G場での地盤中曲げ試験で得られた破壊時の引張ひずみの大きさは、1G場での気中曲げ試験と対応していた。これは、セメント改良砂の曲げ引張特性が拘束圧や周辺地盤による拘束の有無の影響を受けにくいことを示唆しているが、詳細な検討を今後も継続する必要がある。

謝辞：ひずみゲージの設置方法について鹿島建設の山田岳峰氏、吉田輝氏のご教示を、また、50G場での地盤中曲げ試験では港湾空港技術研究所の秋元洋胤氏のご指導を受けた。ここに記して深謝の意を表す。

参考文献：1)三平伸吾ら：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