

セメント混合により作製した疑似軟岩の強度変形特性

東海大学大学院 学生会員 ○藤原達郎

(株)ヤマコ建設 正会員 小池慶一

東海大学 正会員 杉山太宏

1. まえがき

構造物の大型化や大深度・地下空間の有効利用が進む中、これまでは不動の支持層と考えられてきた土丹（軟岩）や硬質粘土の力学的性質に関する調査・研究が進められている。しかし、性質の異なる軟岩の力学的性質を調べるために必要な試料の入手は容易ではないため、人工軟岩による実験も行われている¹⁻²⁾。

本研究では、軟岩の力学的性質の相異が支持力変形特性に及ぼす影響について調べることを目的としている。一軸圧縮強度(q_u = 1, 1.5, 2, 2.5 MN/m²)の異なる比較の間隙比の大きな疑似軟岩を作製し、強度変形、支持力特性を室内試験により調べている。

2. 試料および実験方法

試料には、市販品の笠岡粘土(S), 早強ポルトランドセメント(C), 水道水(W)を用いた。疑似軟岩の作製は、粘土とセメントを空練りし、水を加えながらミキサーで3分半攪拌した後、円柱型枠(直径5cm, 高さ10cm)に打設して水中養生した。

一軸圧縮強度 q_u が1 MN/m²~2.5 MN/m²となるようにセメント量を試行錯誤で調整し、最終的に表-1の4つの配合(A, B, C, D)を設定した。各配合による7日間水中養生した供試体に対して以下の一軸圧縮試験、一次元圧密試験、支持力試験を行った。

一軸圧縮試験: 直径5cm, 高さ10cmの供試体に対して材齢7日, 28日後の強度を測定した。

一次元圧密試験: 直径6cm, 高さ2cmの供試体で、圧密圧力0.04 MN/m²から5.02 MN/m²まで1日間隔の段階载荷を行った。

支持力試験: 直径D=15cm, 高さ15cmの円柱供試体上に直径B=2.5cmの底面が滑らかな模型基礎を図-1のように設置して貫入した。载荷速度は0.1cm/minである。

3. 実験結果と考察

3.1 一軸圧縮試験

図-2は各配合の応力-ひずみ関係を示している。早強ポルトランドセメントによる早期の強度発現を期待して7日強度を基準としたが、28日後の q_u は1.2~1.5倍まで増加している。図には、天然材料として珪藻質泥岩の結果を併記した。今回の配合はこの試料を参考にしたが、ピーク強度発現時のひずみ量を合わせることはできなかった。

3.2 圧密試験

圧密試験から得られた珪藻質泥岩と疑似軟岩のe-log p曲線を図-3に示した。疑似軟岩の初期間隙比 e_0 は1.7~2.1, 珪藻質泥岩($e_0=2.9$)の60~70%である。珪藻質泥岩は膠結作用(セメンテーション)によって高間隙比ながら大きな強度を有し、圧密降伏応力 p_c を超えると急激な沈下を生じるのが特徴である。疑似軟岩は e_0 が小さい分 p_c 以降の沈下量が少ないが、それでも沈下量が急増する傾向は全ての配合に見られる。

表-1 配合ケース

配合	q_u (MN/m ²)	W/C (%)	C/S (%)	ρ_s (g/cm ³)
A	1.0	277	35	2.77
B	1.5	243	40	2.81
C	2.0	220	45	2.66
D	2.5	200	50	2.75

表-2 試料の物理的性質

	ρ_s (g/cm ³)	W_L (%)	W_P (%)	Grading (%)		
				Clay	Silt	Sand
笠岡粘土	2.674	70.0	23.8	53	42	5

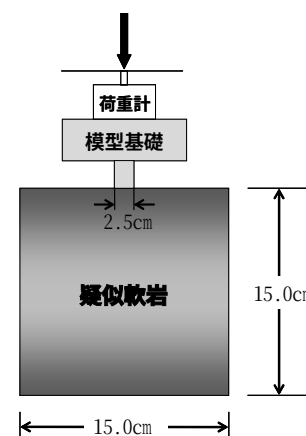


図-1 支持力模型実験

キーワード：セメント固化、一軸圧縮強度、支持力

連絡先：〒259-1292 神奈川県平塚市北金目1117 東海大学工学部 Tel0463-58-1211 FAX0463-50-2045

図-4 は圧密降伏応力 p_c を一軸圧縮強度 q_u で正規化した p_c/q_u と初期間隙比 e_0 の関係で、 q_u と p_c には相関性があると言われている。図-4 より、 p_c/q_u は 1.2 ～1.7 の範囲にあって一定値ではないが、間隙比に比例することがわかる。このような傾向は、宮本らが行った高間隙比セメント改良土の結果でも観察されている³⁾。

3.3 支持力試験

図-5 は荷重強度 q と沈下量 S の関係を示している。図のように q - S 関係には明確なピーク強度は得られずパンチングせん断型の破壊形状を示している。このような支持力の模型実験を行う際、模型基礎の直径 B と供試体の直径 D は 10 倍以上とすることが多い。今回は、この比率が 6 倍であるためか、いずれもクラックが発生して供試体は真っ二つに破壊した(写真-1)。写真-1 では鮮明でないが、载荷試験中には模型基礎周囲に水滴が観察され、この広がり配合によって若干異なった。写真-2 はクラック発生後の破壊断面で、明瞭に楔が形成されていた。写真-3 は乾燥後の楔部分である。楔の高さは 4cm 程度で配合によって高さに若干の違いが見られた。

図-6 は各配合の q_u と降伏荷重 q_y について調べたものである。図-5 から求めた降伏荷重を q_{y1} 、クラック発生時のこの試験における極限荷重を q_{ult} 、Terzaghi の支持力公式で計算した極限荷重を q と表している。なお、図-5 の荷重を片対数軸で求めた降伏荷重を q_{y2} 、両対数軸で求めたものを q_{y3} として比較している。両対数軸の q_{y3} が他 2 つよりもかなり小さな値となったが、これは载荷初期の荷重変動が影響したためである。 q_u が 1 MN/m² のとき極限荷重 q は $q_{y1} \cdot q_{y2}$ と同程度だが、 q_u が大きくなるにつれて q は q_{ult} に近い値となった。極限荷重 q は当然ながら q_u に比例して増加するが、降伏応力 q_y は圧密降伏応力と同じように q_u によって増加率が異なる結果が得られた。

4. まとめ

粘土にセメントを混合して作製した 4 種類の疑似軟岩の力学的性質について調べた結果、圧密降伏応力 p_c は一軸圧縮強度 q_u の 1.2～1.7 倍、支持力試験ではパンチングせん断型破壊形状を示すが、降伏荷重 q_y を求めることが可能で q_y は q_u の 2～3 倍を示した。

参考文献

- 1) 谷 和夫, 吉田保夫: 人工軟岩の作成法, 岩盤力学に関するシンポジウム講演論文集, Vol.24th, pp.251-255, 1992.
- 2) 西村右敏, 三浦均也, 鳴海英樹, 土岐祥介: 物性の異なる軟岩水平地盤上の円形基礎の支持力模型実験, 第 32 回地盤工学研究発表会, pp.1393-1394, 1997.
- 3) 宮本佑樹, 小沢喜治, 竹村次朗: 高間隙比セメント改良土の圧密特性に関する実験的研究, 第 39 回地盤工学研究発表会, pp.703-704, 2004.

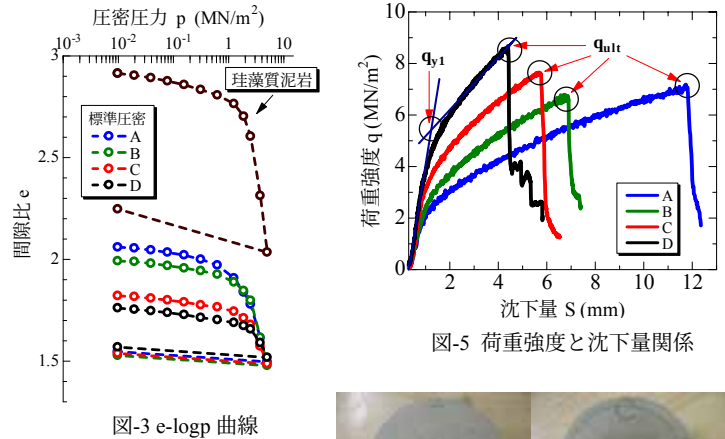
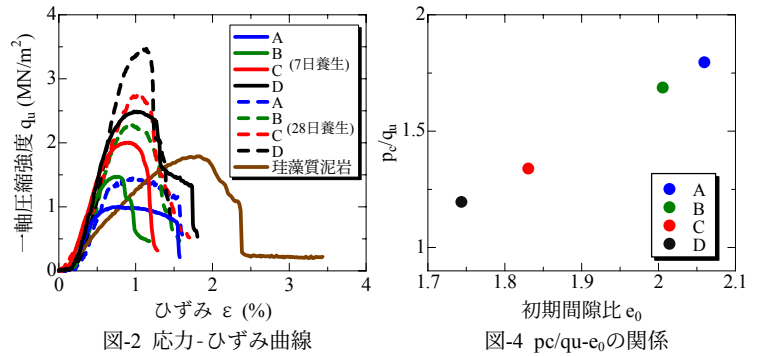


写真-2 試験後の断面(配合 D)



写真-3 乾燥後の楔部分(配合 D)

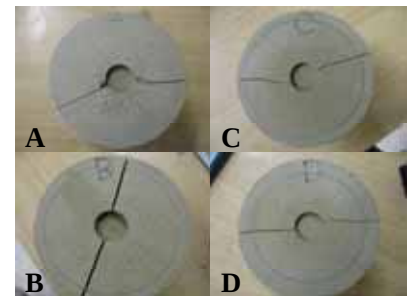


写真-1 破壊後表面

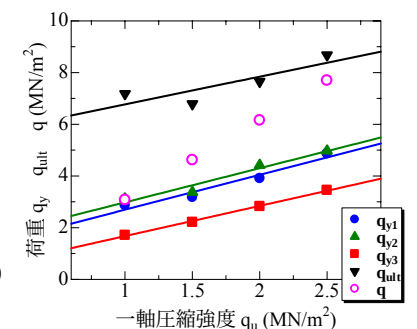


図-6 荷重と一軸強度関係