

セメント混合粘性土の圧縮特性について

京都大学工学部 正会員 足立紀尚、吉田信之
 安田信託銀行 正会員 ○前田 敦

1. まえがき

本研究は、自然堆積軟岩と同等な人工試料を作製し、その力学特性を検討することにより自然堆積軟岩の力学特性把握のための基礎資料を得ることを目的としている。そこで、今回、固結度の低い堆積軟岩を念頭に、圧密を行わずセメント添加により人工的に固結効果を与えた粘土試料を作製し、一軸圧縮試験および等方圧密試験を行うことによって、その圧縮特性を調べるとともに自然軟岩との同等性を検討した。

2. 実験方法

供試体作製は、まず、420 μ ふるいで裏漉した深草粘土（液性限界48%、塑性限界29%）に蒸留水を加えて練り返した粘土スラリーに、所定の添加率で水・セメント比が1になるように調整したセメントスラリーを加え、初期含水比が60%になるように調整し、混合試料を作製した。そして、この混合試料を縦割りモールド（50mm $\times$ 100mm）に打設し、サランラップとパラフィンで密封した後、所定期間（1,2,3,4週間）水中養生を行った。このようにして、セメント添加率、塩化カルシウム（硬化促進剤）の有無により表-1に示すような5種類の供試体を作製した。

一軸圧縮試験は、三軸圧縮試験装置を利用して実施した。また、等方圧密試験は、三軸セルを用いて周面排水条件で、荷重増加率は1/2とし、一次圧密終了後に次の荷重段階に移行する方法をとった。

3. 実験結果と考察

（1）一軸圧縮試験 試験結果の要約を表-2に、また、一例としてセメント4%と8%添加7日養生供試体から得られた応力-ひずみ曲線を図-1に示す。得られた応力-ひずみ曲線は、程度の差はあるがすべてひずみ軟化挙動を示している。表より、セメント4%添加で0.1~0.2MPa、8%添加で0.4~1MPaの一軸圧縮強度が発現している。また、強度増加にもかかわらず間隙比はほぼ同じであることがわかる。さらに、セメント添加量の増大により、強度増加とともにひずみ軟化度が大きく破壊時のひずみ量が小さくなっており、より脆性的挙動を呈するようになることがわかる。図-2は、変形係数と一軸圧縮強度の関係を示したものである。同図より、実験結果は、変形係数/一軸圧縮強度比が100あたりにあることがわかる。図中には、赤井ら¹⁾の自然堆積軟岩の実験結果もプロットしてあるが、我が国における自然軟岩では、変形係数/一軸圧縮強度比はおよそ100であると言われており、今回の実験試料もこの相関関係を保持している。また、紙面の制約上ここでは示していないが、間隙比と一軸圧縮強度の関係からも、セメント添加量を調整することにより堆積軟岩に相当する試料を作製できるものと考えられる。

（2）等方圧密試験 図-3に、得られた間隙比と圧密圧力の関係（以後、 e - $\log \sigma_m$ 曲線と称す）を示す。図中、湿乾処理と付記した結果は、試験前に1日炉乾燥1日水浸させた供試体から得られたものである。図より、 e - $\log \sigma_m$ 曲線は、圧密降伏点を有し、圧縮性は過圧密領域では小さいが降伏応力付近以降増大している。また、湿乾処理供試体の e - $\log \sigma_m$ 曲線は、未処理のものよりもかなり下方へ移行し圧縮性もかなり低下していることが認められる。これは、セメント添加により形成された構造が湿乾処理により破壊されたためである。しかしながら、除再載荷部分は、湿乾の影響を受けていないようである。図-4は、圧縮指数と圧密圧力の関係を示したものであるが、年代効果を受けた自然堆積土で観察され

るような降伏応力付近での明瞭なピークが見られず、固結効果をもたらしている構造に起因していると考えられ、さらに検討していく必要がある。

4. あとがき

本研究では、圧密を行わずセメントを粘性土に混合することにより試料を作製し、一軸圧縮試験および等方圧密試験によりその圧縮特性について検討した。その結果、セメント添加量を調整することにより、自然軟岩と類似の人工試料が作製可能であることがわかったが、 e - $\log \sigma_m$ 曲線には自然堆積土に見られるような逆S字型形状を得ることはできず今後さらに検討して行く必要がある。

<参考文献> 1) 赤井浩一, 足立紀尚, 新城俊也 (1973). 島尻層泥岩の力学特性. 京大防災研究所年報, 第16号.

表-1 実験試料

供試体の 呼び名	硬化材		促進剤 添加率	液性限界 w_L (%)	塑性限界 w_p (%)
	種類	添加率			
F・N4・0・7~28	普通	4%	—	55.15	40.63
F・N4・2・7~28	普通	4%	2%	55.67	36.33
F・R4・0・7~28	早強	4%	—	54.90	35.11
F・N8・0・7~28	普通	8%	—	59.63	39.41
F・N8・2・7~28	普通	8%	2%	58.55	41.45

注) 普通=普通ポルトランドセメント、早強=早強ポルトランドセメント、
硬化材添加率=試料乾燥質量に対する百分率、
促進剤添加率=硬化材質量に対する百分率、

F・N4・2・14 (1): 深草粘土、(2): 硬化材の種類 (N: 普通、R: 早強)
(1) (2) (3) (4) と添加率、(3): 促進剤の添加率、(4): 養生日数

表-2 一軸圧縮試験結果

供試体	含水比 w (%)	間隙比 e	一軸圧縮強度 q_u (MPa)	破壊ひずみ ϵ_f (%)	変形係数 E_u (MPa)
F・N4・0・7	56.45	—	0.07	2.66	7.37
14	56.18	—	0.12	3.67	18.63
21	57.66	—	0.10	3.88	6.99
28	57.59	1.63	0.14	4.83	8.90
F・N4・2・7	55.34	—	0.12	4.50	18.04
14	57.11	—	0.16	3.59	25.13
21	56.39	—	0.12	4.29	7.68
28	56.52	1.60	0.17	3.40	16.97
F・R4・0・7	56.83	—	0.14	1.70	22.36
14	57.86	—	0.14	2.58	13.82
21	58.86	—	0.20	1.56	30.58
28	57.94	1.64	0.17	2.56	18.42
F・N8・0・7	56.63	—	0.54	1.42	64.76
14	55.37	—	0.71	1.44	93.55
21	55.46	1.59	0.58	0.74	96.76
28	57.30	—	0.94	1.39	107.01
F・N8・2・7	57.87	—	0.49	1.43	76.27
14	57.99	—	0.76	0.70	111.95
21	56.64	1.62	0.67	1.26	93.05
28	57.68	—	0.66	1.08	102.70

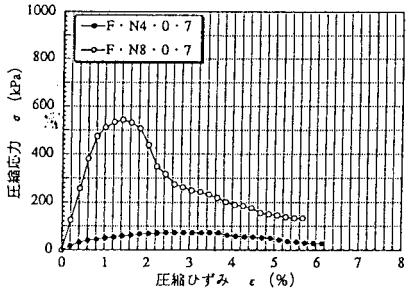


図-1 応力-ひずみ曲線

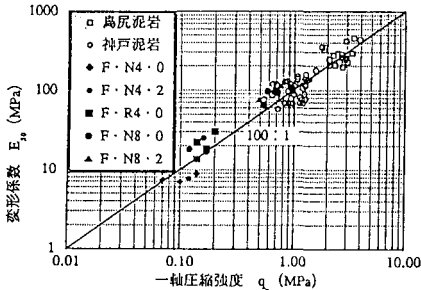


図-2 変形係数と一軸圧縮強度の関係

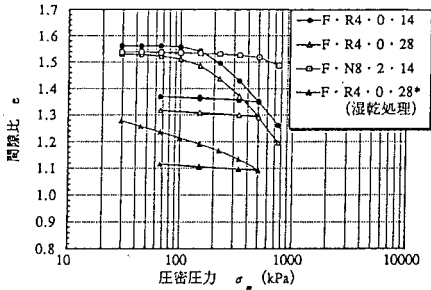


図-3 間隙比と圧密応力の関係

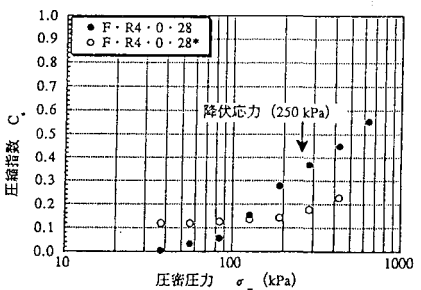


図-4 圧縮指数と圧密応力の関係