ベントナイト系難透水性材料の透水・圧密試験時間短縮の試み

鹿島建設株式会社　土木設計本部　正会員○畔柳　幹雄　　技術研究所　正会員　岡本　道孝
技術研究所　正会員　小林　一三　　技術研究所　正会員　笹倉　剛

１．はじめに

締固めベントナイトのような難透水性材料の水理・力学特性を把握する場合,試験時間が長期に亘るため,試験時間の短縮が望まれる.透水係数が 10^{-11}～10^{-10}(cm/sec)オーダーの締固めベントナイトでは,従来の加圧法透水試験を実施した場合,供試体作製・飽和時間を含めて少なくとも２ヵ月程度の試験期間が必要である.また,圧密試験を実施した場合は,供試体の初期間隙比によるが最大５ヵ月程度の試験期間が必要である.筆者らはこれらの試験の試験時間短縮策として,フローポンプ法による透水試験,及び定ひずみ圧密試験の難透水性材料への適用性を検討している[1].本報文では,試験装置の改良を含めた,新たな試験結果から得られた知見について報告する.

２．試験概要

(1)透水試験:フローポンプ法は,Olsenが提唱した方法[2]で,供試体の一端から一定流量の流体を注入した時の供試体両端の非定常状態での水頭差の測定結果から,定常状態での透水係数を求めるものである.ここでは,フローポンプ法透水試験に加えて,この比較対象として,0.7～0.8MPa で加圧通水した従来用いられている加圧法による透水試験を併せて実施した.

(2)圧密試験:昨年は定ひずみ圧密試験【JGS0412-2000】（以下改良前試験),及びこの比較用として,標準圧密試験【JGS0411-2000】を実施した[1].その結果を踏まえ,今年は極低速でも安定したひずみ速度が得られるよう,定ひずみ圧密試験機内部のモーター及びギア等を改良した試験機を作製し,10MN/m^2 程度まで載荷する高圧定ひずみ圧密試験を実施した（以下改良後試験）.ひずみ速度は 0.0014 %/min (Na 型),及び 0.0025%/min(Ca 型化)とした.また,高圧定ひずみ圧密試験の比較として高圧圧密試験を実施した.

(3)供試体の諸元:供試体の諸元を表-1 に示す.透水試験では,Na 型及びこれを Ca^{2+}イオンでイオン交換した Ca 型化ベントナイトを用い,膨潤状態を模擬した密度の異なる締固め供試体を５種類作製した.また,圧密試験は同じく Na 型及び Ca 型化ベントナイトを用い,それぞれ１種類の密度の締固め供試体を作製した.両試験とも,

表-1 供試体の緒元

適用			種類	供試体 No.	湿潤密度 (Mg/m^3)	初期含水比(%)	乾燥密度 (Mg/m^3)	直径 (cm)	高さ (cm)	質量 (g)
透水試験	加圧法・フローポンプ法（同一供試体で実施）		Na 型	1	1.715	7.00	1.603	4.0	2.0	43.1
				2	1.431	7.00	1.337			36.0
				3	1.220	7.00	1.140			30.7
			Ca 型化	4	1.639	7.98	1.518			41.1
				5	1.566	7.98	1.450			39.4
圧密試験	改良前	標準圧密	Na 型	6	1.220	7.00	1.141	6.0	2.0	69.0
			Ca 型化	7	1.549	9.00	1.143			70.8
		定ひずみ圧密	Na 型	8	1.251	9.45	1.421			87.6
			Ca 型化	9	1.579	9.10	1.448			89.7
	改良後	高圧圧密	Na 型	10	1.245	9.04	1.142			69.1
			Ca 型化	11	1.575	9.07	1.444			87.4
		高圧定ひずみ圧密	Na 型	12	1.243	9.04	1.140		1.8	62.4
			Ca 型化	13	1.591	9.07	1.459			79.0

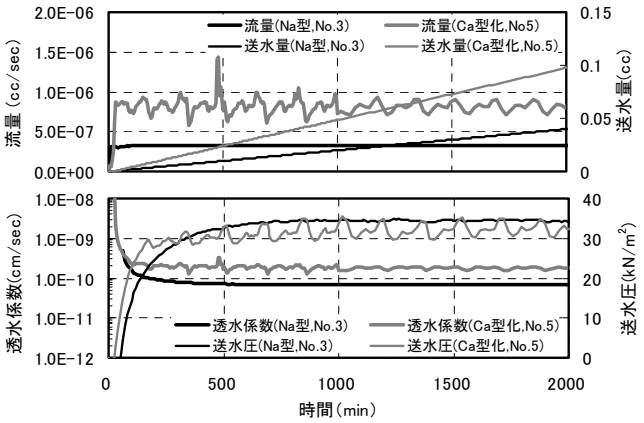

図-1 試験結果例(Na 型,Ca 型化)

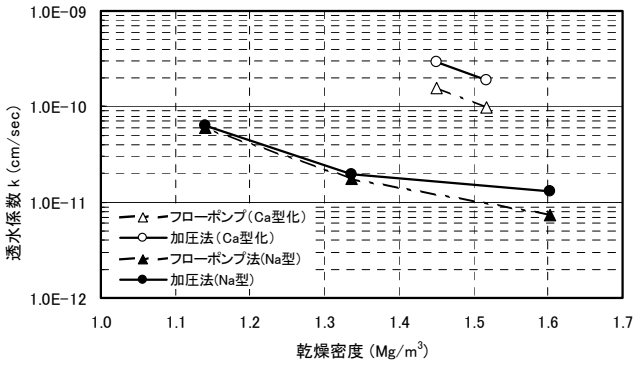

図-2 両試験から得られた透水係数の比較

キーワード　透水試験, 圧密試験, ベントナイト, 試験法
連絡先　　*〒107-8502　東京都港区赤坂 6-5-30　Tel.03-5561-2169 Fax.03-5561-2153
**〒182-0036　東京都調布市飛田給 2-19-1　Tel.0424-89-7067 Fax.0424-89-7034

供試体の膨潤を拘束しながら飽和させた後,試験に供した.

３．試験結果

(1)透水試験:フローポンプ法透水試験の代表的な計測データ例を図-1 に示す.Na 型と比較して Ca 型化の測定結果に変動が見られるが,これは検討初期に実施した試験であったため通水量の制御が不十分であったことが原因と考えられる.定常状態の透水係数を得るために必要な時間は,図-1 のケースでは,約 500～1 000min 程度であったが,全試験ケースでは 500～3 000min（約２日）程度であった.また,図-2 に示すフローポンプ法及び加圧法透水試験により得られた透水係数の比較結果から,透水係数は 10^{-11}～10^{-9}(cm/sec)の範囲に分布し,両試験の結果はほぼ一致していることが確認できた.

以上から,従来法（加圧法透水試験）では,排水量を１日間隔で目視計測し透水係数を算出するため,透水係数の信頼性を確保するため約 30 日程度の計測を行う必要があったのに対し,フローポンプ法透水試験では約 2 日で試験が終了し,試験精度を落とすことなく試験時間を短縮できることが確認できた.

(2)圧密試験:改良前試験及び改良後試験により得られた e-logp, c_v-p’, m_v-p’関係の比較結果を図-3,4 に示す.図-3 より従来法（標準圧密試験）と改良前試験での定ひずみ圧密試験の e-logp 曲線は,初期間隙比及び Pc に若干違いは見られるもののほぼ同様な結果が得られた [1)]が,改良後の高圧定ひずみ圧密試験結果の方が従来法（高圧圧密試験）とより一致する傾向が認められた.また,図-4 より改良前試験における Na 型での定ひずみ圧密試験結果(c_v, m_v-p’)は,圧密応力 500kN/m^{2}以上でばらつきが顕著であったが,改良後試験での高圧定ひずみ圧密試験ではほぼ解消され,さらに,改良後試験では従来法の結果とより整合した結果を得ることができた.これらは試験機内部のモーターやギアを改良したことで,ひずみ速度が安定して与えられることの効果であると考えられる.なお,試験結果を得るために要した時間は,改良試験機を用いた定ひずみ圧密試験で４日程度であり,従来法に比べて大幅な時間短縮が可能であることが確認できた.

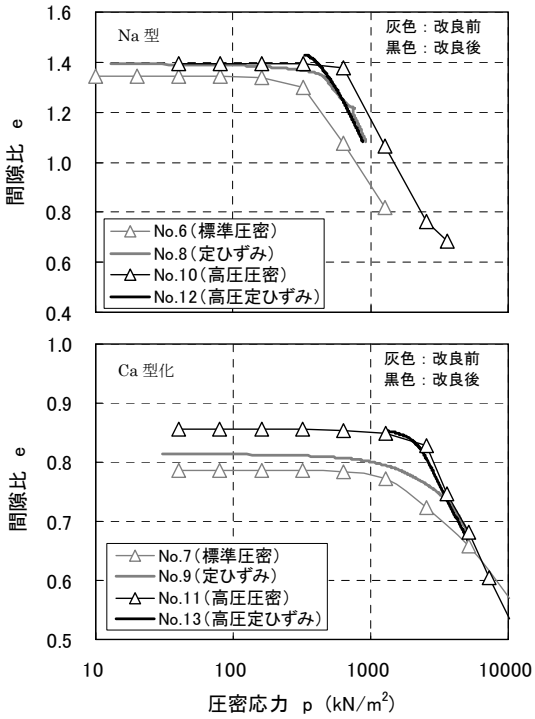

図-3 e-logp 曲線

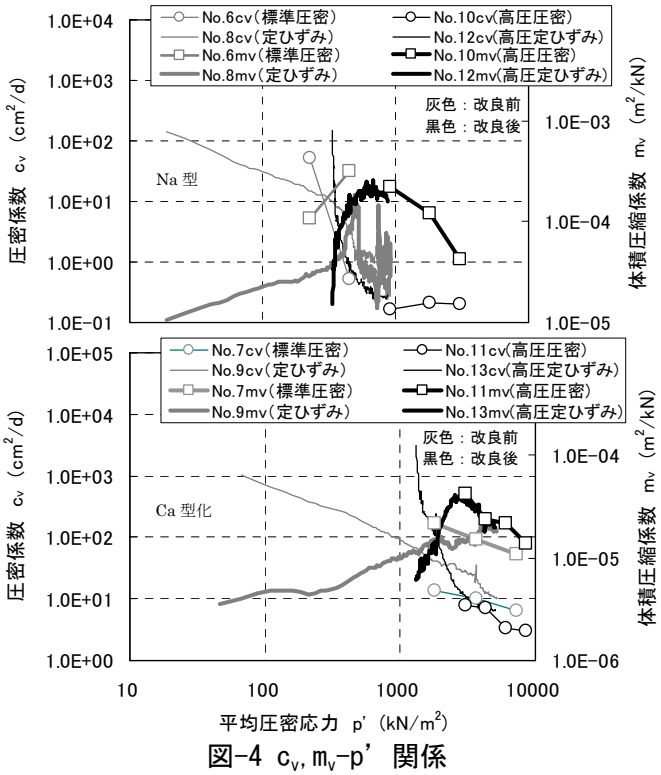

図-4 c_v, m_v-p’ 関係

４．あとがき

締固めベントナイトに対して,フローポンプ法透水試験,及び定ひずみ圧密試験を行った.これまで主に用いてきた加圧法透水試験,標準及び高圧圧密試験と比較して,試験時間の短縮が行えることが確認できた.今後は,これらの試験により難透水性材料に対する透水・圧密試験の効率化を図ってゆく予定である.

<参考文献>1)畔柳幹雄,岡本道孝,笹倉剛：ベントナイト系難透水性材料に対する透水･圧密試験時間短縮の試み, 第 57 回土木学会年次学術講演会,共通セッション CS10-035,pp451-452,平成 14 年 9 月.

2) Olsen,H.W(1965):Daviations from Darcy’s law in saturated clays, Soil Science Society of American Proceedings, Vol.29, No.2, pp.135-140.