

固化处理土の一軸圧縮強度に与える応力履歴の影響

山口大学大学院 学 ○清水真人

山口大学大学院 正 鈴木素之 山本哲朗

1.はじめに セメント固化处理土の場合、処理後の養生時間によって強度・変形特性が著しく異なることから、せん断履歴を与える時期やその大きさによって、その後の非排水せん断挙動は変化すると考えられる^{1), 2)}。図-1 に模式的に示すように、固化处理土は原位置において異方応力状態に置かれ、段階施工など施工順序によっては養生初期に非排水せん断された後、次の施工時の荷重増分による再圧密の可能性が考えられる²⁾。本研究では、養生時間が所定期間経過した時点でせん断履歴を与えた後、上載圧を再載荷し、それによって圧密沈下および一軸圧縮強さがどのように変化するか検討した結果について述べる。

2. 試験概要 土試料はカオリン($\rho_s=2.662 \text{ g/cm}^3$, $w_L=62.0\%$, $I_p=21.8$, $F_{clay}=98.0\%$)、安定材は一般軟弱土用固化材を用い、安定材添加量は 50 kg/m^3 とした。カオリンの初期含水比は 70% 、湿潤密度は 1.543 g/cm^3 である。土試料と安定材の配合手順は地盤工学会基準「安定処理土の締固めをしない供試体作成方法(JGS0821-2000)」³⁾ に準じた。せん断履歴および圧密履歴の与え方を図-2 に模式図として示す。せん断履歴を与える場合には、処理後、期間 t_{0A} が経過した時点で所定の軸ひずみ(先行圧縮ひずみと呼ぶ) ε_{pre} まで一軸圧縮試験を実施する(先行圧縮と呼ぶ)。また、圧密履歴を与える場合には期間 $t_{B'C'}$ に所定の土上載圧 σ_v を載荷する。ここで、固化处理した後、せん断および圧密履歴の有無に関わらず、本圧縮までの養生時間 t_{0D} を全養生時間として定義する。写真-1 に示すように、先行圧縮後の供試体(直径 5 cm 、高さ 10 cm) から直径 3 cm 、高さ 6 cm の供試体を切り出し再整形して、本圧縮試験に用いる。なお、両供試体に寸法効果がないことは確認している。

3. せん断後に圧密された処理土の強度特性 せん断履歴を与えた供試体に対して土上載圧を再載荷し圧密させた場合の固化处理土の強度特性について検討する。表-1 に試験ケースと試験結果の一覧を示す。先行圧縮過程で軸ひずみ ε_{pre} を 0.5% とした。先行圧縮までの時間 t_{0A} は 360 min 、 14 days (20160 min) の 2 通りとした。 σ_v は $0, 49, 147, 294, 588, 1176 \text{ kPa}$ の 6 通りとした。図-3 (a), (b) にそれぞれ $t_{0A}=360 \text{ min}$ および 14 days の時に $\varepsilon_{pre}=0.5\%$ のせん断履歴を与えた後、 σ_v を再載荷した場合の沈下ひずみ ε_v と経過時間 t の関係を示す。図-3 (a) の $\sigma_v=49 \text{ kPa}$ の場合、 ε_v はほとんど生じないが、 σ_v を増加させると最終的な沈下ひずみ ε_v^* は増加し、 $\sigma_v=588 \text{ kPa}$ の場合には $\varepsilon_v^*=6\%$ になる。図-3 (b) に示す $\sigma_v=49\sim 588 \text{ kPa}$ の場合、いずれの ε_v^* も約 0.6% 以下と小さく、 $\sigma_v=1176 \text{ kPa}$

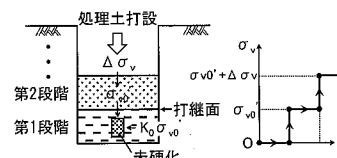


図-1 段階載荷における応力状態の模式図

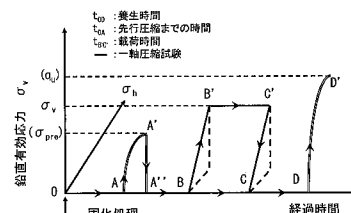


図-2 せん断履歴および圧密履歴の応力経路の模式図

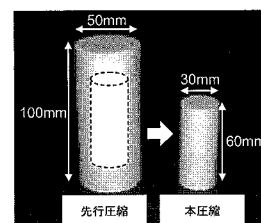


写真-1 先行圧縮時と本圧縮時の供試体の比較

表-1 せん断履歴と圧密履歴を与えたときの試験ケースと試験結果

養生時間 t_{0D} (days)	先行圧縮過程			圧密過程		本圧縮過程				
	先行 圧縮ひずみ ε_{pre} (%)	先行圧縮までの時間 t_{0A} (min)	一軸圧縮強さ q_{pre} (kPa)	土上載圧 σ_v (kPa)	沈下ひずみ ε_v (%)	一軸圧縮強さ q_u (kPa)	湿潤密度 ρ_t (g/cm^3)	破壊ひずみ ε_f (%)	変形係数 (MPa)	
28	-	-	-	0	-	555.6	1.553	1.68	121.3	122.3
				49	3.72	672.3	1.585	1.70	460.9	460.9
				98	7.27	849.8	1.612	1.96	526.7	526.4
				147	9.67	940.9	1.623	1.67	271.1	271.1
				294	11.66	1176.0	1.558	1.53	315.0	267.0
				588	11.66	1176.0	1.569	2.39	221.8	289.6
	0.5	360	51.2	0	-	711.8	1.558	1.53	315.0	267.0
			100.1	49	0.08	699.8	1.569	2.39	221.8	289.6
			156.2	147	0.99	654.1	1.561	1.24	260.8	362.0
			294.2	294	2.14	714.5	1.580	2.23	307.6	383.1
			62.4	588	5.91	851.8	1.618	0.82	482.7	558.5
			116.6	0	-	389.9	1.552	0.39	252.7	247.7
		20160	205.8	49	0.05	381.8	1.553	2.41	306.8	363.7
			330.4	147	0.06	418.5	1.553	2.67	216.3	179.5
			383.2	294	0.44	402.8	1.570	1.31	285.9	698.3
			55.1	588	0.56	431.7	1.563	1.57	246.3	345.4
			291.2	1176	5.88	528.7	1.605	1.71	304.3	372.0

の場合に $\varepsilon_v^* = 6\%$ である。

図-4(a), (b) にそれぞれ図-3(a), (b) に対応する本圧縮時の σ と ε の関係を σ_v ごとに示す。図-4 (a) に示す $t_{0A} = 360 \text{ min}$ の場合、上載圧レベルが $\sigma_v = 294 \text{ kPa}$ までは $\sigma \sim \varepsilon$ 関係に大きな差はみられないが、 $\sigma_v = 588 \text{ kPa}$ になると $\sigma \sim \varepsilon$ 関係は明らかに上方に位置する。

図-4 (b) に示す $t_{0A} = 14 \text{ days}$ の場合は $\sigma_v = 1176 \text{ kPa}$ において $\sigma \sim \varepsilon$ 関係は $\sigma_v = 588 \text{ kPa}$ 以下のそれよりも上位にくる。図-5 に q_u と σ_v の関係を示す。処理直後に σ_v を载荷すると、 q_u は σ_v の増加に対して直線的に増加する。 $t_{0A} = 360 \text{ min}$, 14 days の場合はともに σ_v を増加させても暫く q_u の増加はみられないが、 $t_{0A} = 360 \text{ min}$ の場合には

$\sigma_v = 300 \text{ kPa}$ 程度を超えると、 $t_{0A} = 14 \text{ days}$ の場合には $\sigma_v = 600 \text{ kPa}$ を超えると、 q_u の増加がみられる。しかし、 σ_v の増加に対する q_u の増加の度合いはせん断履歴がないケースよりも小さく、 $t_{0A} = 14 \text{ days}$ の場合には $\sigma_v = 1176 \text{ kPa}$ を与えても、せん断履歴による強度低下分を回復するまでに至っていない。以上のことから、せん断履歴を与えた後の圧密は、 σ_v が比較的小さい場合すなわち圧密による ε_v がほとんど生じない場合、セメンテーションの破壊による強度低下が同時に発生したためと考えられる。

4. 結論 固化処理土に与えるせん断履歴と圧密履歴の影響について検討した結果を以下のように要約する。

(1) 360 min 経過した時点で先行圧縮した後、上載圧を 294 kPa まで再载荷しても、沈下ひずみ ε_v はほとんど生じず、一軸圧縮強さは変化しない。上載圧を 588 kPa まで再载荷すると、沈下ひずみは約 6% になり、一軸圧縮強さの増加がみられた。(2) 14 days 経過した時点で先行圧縮した場合、上載圧を 588 kPa まで再载荷しても、沈下ひずみ ε_v はほとんど生じず、一軸圧縮強さは変化しない。上載圧を 1176 kPa まで再载荷すると、沈下ひずみは約 6% になり、一軸圧縮強さの増加がみられた。(3) 上記(1), (2)において、上載圧の増加に対する一軸圧縮強さの増加の度合いはせん断履歴を与える時期が遅れるほど小さくなる。

参考文献 1) 山本哲朗, 鈴木素之, 岡林茂生, 藤野秀利, 田口岳志, 藤本哲生: 上載圧下で養生したセメント安定処理土の一軸圧縮強度特性, 土木学会論文集, No. 701/III-58, pp. 387-399, 2002. 2) 鈴木素之, 田口岳志, 藤本哲生, 河原陽子, 山本哲朗, 岡林茂生: セメント安定処理土の強度発現における養生時上載圧の载荷条件の影響, 土木学会論文集, No. 792/III-71, pp. 211-216, 2005. 3) 地盤工学会: 土質試験の方法と解説(第一回改訂版), 地盤工学会, pp. 308-316, 2000.

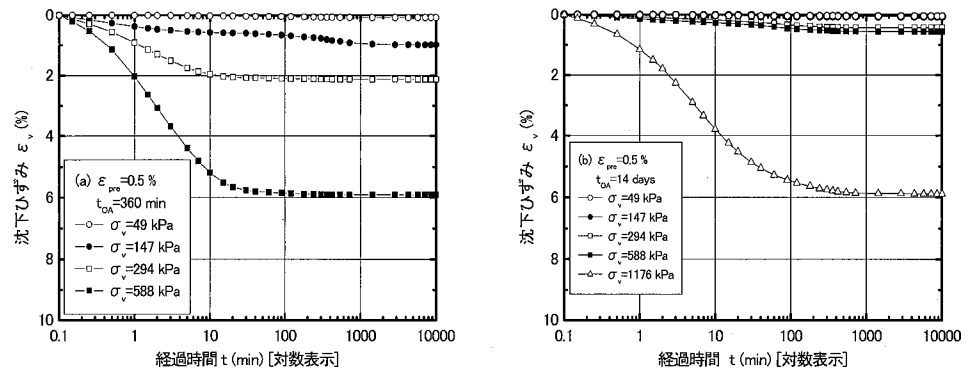


図-3 沈下ひずみと経過時間の関係

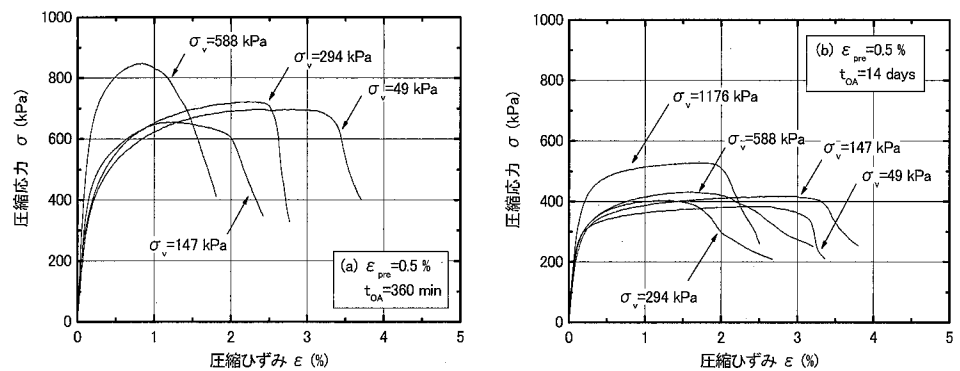


図-4 上載圧の違いによる応力とひずみの関係

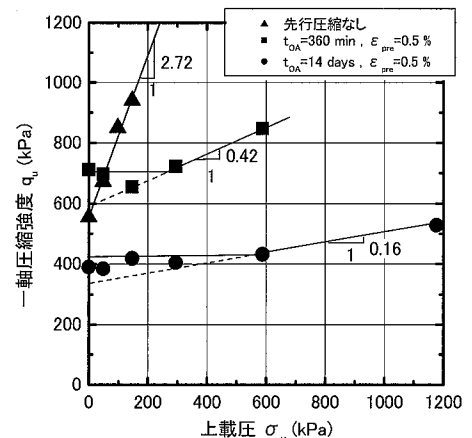


図-5 q_u と σ_v の関係