

混合条件および養生期間に伴うセメント安定処理粘土の降伏曲面の拡大状況

金沢工業大学 正会員 宮北 啓
 金沢工業大学 正会員 前川 晴義
 金沢工業大学 学会員 ○堀田 智昭

1. まえがき セメントを混合する安定処理工法は、短期間で強固な地盤に改良が可能なことから広く利用されている。しかし、施工法の開発に対し、安定処理土自体の特性に関して不明点が多い。著者らは、安定処理土の力学特性を土質工学的に評価することを念頭におきながら、硬化に伴い降伏曲面や破壊基準がどのような規則性で拡大するか、また自然土の力学特性との相違点やその適応性などを明らかにすることを目的に研究を進めている。ここでは、弾性変形の境界域を表現する降伏曲面の混合条件および養生期間による移行性について報告するが、今後の研究成果が安定処理土のように、セメンテーション効果が力学特性を支配する硬質粘土や軟岩材料の解明につながることを期待している。

2. 供試体および実験方法 供試体の作成は湿潤状態の九谷焼き用粘土（呼び名：3号）に普通ポルトランドセメントと蒸留水を表-1に示す条件になるように混合し、スラリー状態で縦割りモールド（直径：5 cm、高さ：12.5 cm）に打設した。24 時間恒温恒湿室内に放置した後、脱型した供試体は所定の期間まで円筒容器内で密封状態で保管した。力学試験は、中容量三軸圧縮試験装置を用いて圧密排水せん断試験を実施した。高さ約 10 cm に端面を成形した供試体には格子状のペーパードレーンを巻き、厚さ 0.5 mm のゴムスリーブを装着した。まず、0.5 kgf/cm² の等方圧で予備圧密を行った後、バックプレッシャーを段階的に 5 kgf/cm² まで負荷した（3 kgf/cm² の時点で B 値がほぼ 1 に達した）。せん断試験は、過圧密に相当した圧力条件で 24 時間等方圧密をした後、軸圧縮速度 8.8×10^{-3} mm/min で軸ひずみ $\varepsilon_a = 30\%$ まで載荷した。

ここでの養生期間とは、混合から圧密開始までの期間を指している。表-2 には、各シリーズの成形時の供試体の物理的諸性質（平均値）を一覧しているが、養生期間による相違が認められなかった。

3. 実験結果および考察 一例として、Aシリーズの 10 週間養生の結果を紹介する¹⁾。図-1 には、軸差応力 q と軸ひずみ ε_a の関係を与えている。載荷初期の微小なひずみの段階で降伏挙動が確認でき、この降伏箇所の軸差応力は側圧条件の増大に伴い小さくなっている。その後は、側圧に依存した最大軸差応力 q_{max} にまでひずみ硬化する。図-2 (a) は、図-1 の $\varepsilon_a = 1\%$ までの結果を軸差応力 q と体積ひずみ ε_v の関係で整理、拡大したものである。各応力-ひずみ曲線からは、図中の模式図の方法で降伏応力 q_v （矢印）を決定した。図-2 (

表-1 混合条件

	Aシリーズ	Bシリーズ	Cシリーズ
セメント量 (%)	20	20	20
水 量 (%)	90	105	120
上記の混合割合(%)は乾燥土重量に対する値			

表-2 供試体の物理的諸性質

	Aシリーズ	Bシリーズ	Cシリーズ
含水比 w_o (%)	65.86	78.16	86.95
湿潤密度 ρ_s (g/cm ³)	1.588	1.519	1.471
乾燥密度 ρ_d (g/cm ³)	0.957	0.853	0.787
間隙比 e_o	1.725	2.057	2.332

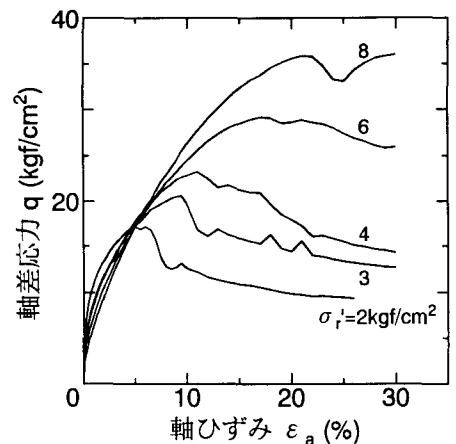


図-1 Aシリーズ（10 週間養生）の軸差応力と軸ひずみ曲線

b) では、各側圧条件の降伏応力を排水条件の有効応力径路上に○印で与えている。図には、最大強度と残留強度線を併せて示しており、本条件で作成した安定処理土の降伏曲面の応力的な位置づけが明確である。図-3 は、10 週間養生の混合条件の異なるケースの降伏応力 q_v を比較しているが、含水状態の高いシリーズほど降伏曲面が小さな形状になっている。降伏曲面が硬化の度合を表現するものと推定すれば、ここでの結果が

容易に理解できる。他の養生期間の供試体においても同様な傾向が認められた。次に、降伏曲面の形状について考えてみよう。Cシリーズの降伏曲面の形状はほぼ直線で近似できる。これに対して、A、Bシリーズのそれは側圧が比較的低い条件において、Cシリーズに類似した形状を示すものの、側圧条件が高い領域の結果は湾曲し、Bシリーズのように圧密降伏応力 p_v' に漸近しない。このような傾向は、Aシリーズの 2、4 週間供試体でも確認できた。しかし、参考データとして示したAシリーズの 25 週間養生の結果は、Cシリーズのように直線的な形状に戻っている。降伏曲面が、このように特異なパターンで拡大する理由は明確ではないが、安定処理土の硬化メカニズムに圧密効果が関与したためであろうと予想している。つまり、圧密降伏応力 p_v' に近い側圧条件では、圧密によってセメンテーション効果が増進し、これに伴い降伏応力は、圧密前のそれに比べて過大になるものと予想される。このような現象は、25 週間のような長期養生の供試体で薄れ、結果的に軸圧 σ_v' が一定で、側圧 σ_h' が減じられる有効応力径路に近似した線で表現できる。このことは、降伏条件が載荷軸に対して独立することを意味しており、事前に将来の降伏曲面を推測することが容易になる。

4. あとがき ここでの実験結果からは、報告例が皆無な安定処理土の降伏曲面を明らかにする一方、混合条件・養生期間の関連性について興味深い内容を得た。しかし、実験個数が少ない上、限られた条件の結果であるため結論付けるまでに至っておらず、今後、混合、載荷条件など変えた場合の実験を行う予定にしている。これまでの安定処理土を対象にした研究は、混合条件・養生期間と強度特性に注目したものが大半を占めている。安定処理土を基礎地盤として利用する限りは、その物性の実態を認識した設計・施工が行われるべきであろう。

参考文献

1) 梅原 悟・宮北 啓・前川晴義 (1991) : セメント安定処理粘土の養生に伴う降伏および強度特性の変化, 第26回土質工学研究発表会講演集, pp. 583-586.

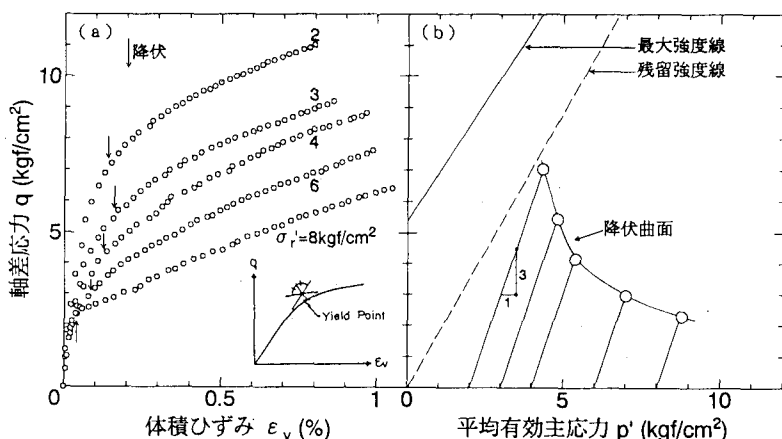


図-2 Aシリーズ (10 週間養生) の降伏応力と降伏曲面

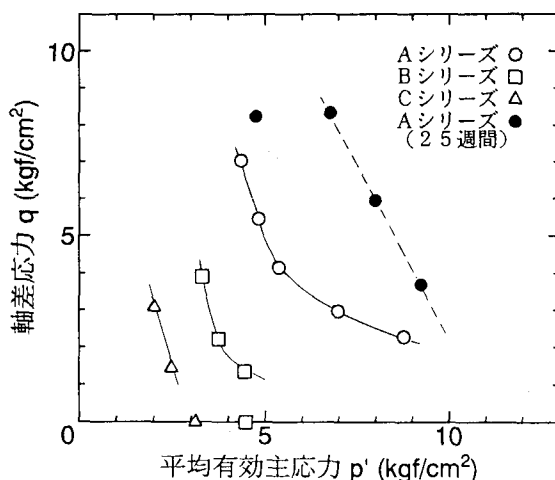


図-3 10 週間養生時における各シリーズの降伏曲面