

セメント固結砂の固結力の損傷過程と仕事量の関係

山口大学 学生会員 ○香月大輔
山口大学 正会員 中田幸男
山口大学 正会員 兵動正幸
山口大学 正会員 村田秀一

1. はじめに

自然地盤には様々な要因により、それ自身が固結力を持つようになった材料が存在する。このような材料にはカーボネイト砂や地山シラスなどが挙げられ、その分布範囲は広範である。しかしその強度の適切な評価は、不攪乱供試体の持つ不均一性により困難である場合が多い。本研究ではこのような固結力を有する粒状体を対象とした研究の準備段階として、人工的に固結力を持たせたシリカ砂の強度特性の把握を目的としている。セメント固結砂の強度特性に関する研究は幾つかの研究機関¹⁾⁻³⁾でも行われているが、低圧域での試験にとどまっている。本報ではセメントの添加によって発揮される固結力が、比較的広範な拘束圧下でのせん断の進行に伴って減少していく過程について、仕事量を用いることにより考察する。

2. 試料・供試体配合割合および試験概要

表1 試料・供試体配合割合

試料には低応力域における粒子破碎の影響を避けるために、粒子の硬いシリカ砂を用いている。また、供試体の骨格をなす砂の相対密度(D_{rs})を一定にしている。試料の物性値および供試体配合割合を表1に示す。なお、砂の相対

粒径 (mm)	e_{max}	e_{min}	U_c	D_{50} (mm)	Q_c (%)	D_{rs} (%)	珪砂 (g)	セメン ト(g)	ベント (g)	水 (g)
0.11~0.4	1.052	0.672	2.077	0.270	7	30	270.1	18.90	0.567	28.36
					4			10.80	0.324	16.20
					0			0.00	0.000	0.00

密度(D_{rs})を30(%)、セメント添加量(Q_c)を試料との乾燥質量比(百分率)で4,7(%)、水セメント比(W/C)を150(%)、ベントナイト水比(B/W)を2(%)とし、養生日数は空气中養生で14日とした。試験は三軸圧縮試験(CD試験)をひずみ制御で行い、拘束圧(σ_c)を0.1,0.2,0.3,0.5,1.0,2.0(MPa)とした。

3. 試験結果

図-1はセメント添加量0,4,7(%)の供試体のせん断応力 q -軸ひずみ ε_a -体積ひずみ ε_v の関係を示したものである。この図から拘束圧が増加するごとに、セメント添加供試体では明確なピーク強度が生じなくなる。またそれと同時に砂の供試体の応力ひずみ関係に近づいていることが

○ $\sigma_c=0.1$ (MPa)
△ $\sigma_c=0.2$ (MPa)
□ $\sigma_c=0.3$ (MPa)
▽ $\sigma_c=0.5$ (MPa)
◇ $\sigma_c=1.0$ (MPa)
● $\sigma_c=2.0$ (MPa)

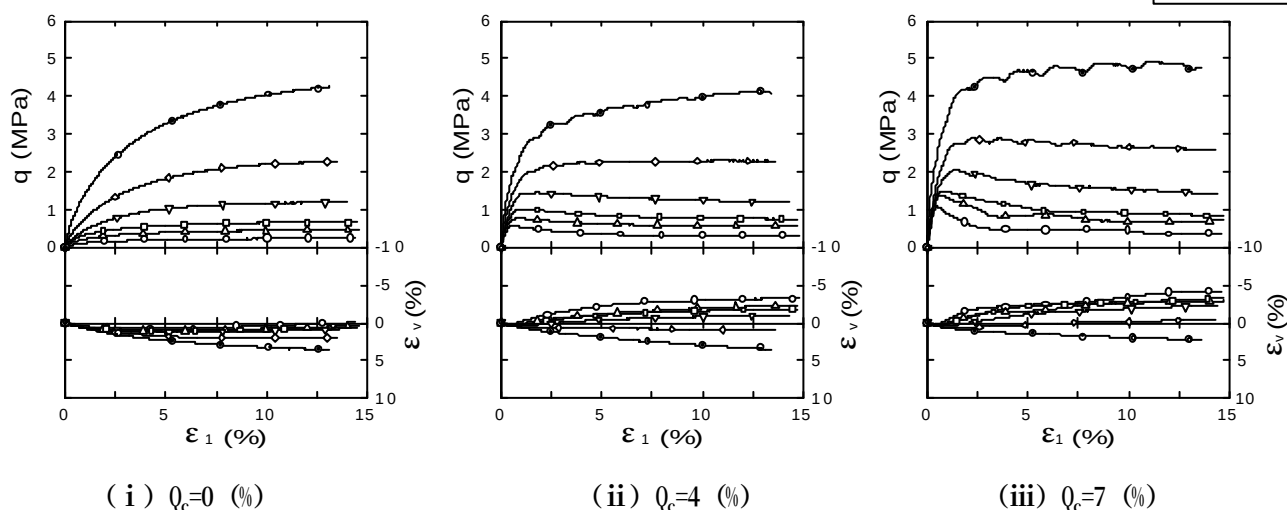


図1 q - ε_a - ε_v 関係

キーワード：セメント、固結力、仕事量、三軸圧縮試験、

連絡先：〒755-8611 山口県宇部市常盤台 2557 山口大学工学部社会建設工学科 TEL:0836-22-9724

わかる。このような応力-ひずみ関係の遷移は、破壊に至る過程においてセメント添加による固結力の損傷が起こることが要因として考えられている。セメントを添加した供試体とセメント無添加供試体を比較すると、前者ではせん断初期において応力の増加割合がより高くなっていることがわかる。このことから、セメント添加による応力増加成分は圧密時よりも、せん断の進行にともなう損傷が大きいことを示唆している。図 2 はセメント添加供試体および砂の供試体のピーク時のせん断応力 q_{peak} -平均主応力 p_{peak} の関係についてまとめたものである。ここで、ある同一のせん断応力を発揮するときのセメント添加供試体と砂供試体の平均主応力をそれぞれ、 $p_{(固結砂)}$ と $p_{(砂)}$ とすると、セメント添加による固結応力は Δp として次の式 (1) で表される。

$$\Delta p = \{ p_{(固結砂)} - p_{(砂)} \}_{q = const} \dots (1)$$

セメントの固結成分の損傷度合いが主に弾性係数の変化によって表されるとする一連の研究¹⁾⁻³⁾もある。ここでは弾塑性構成式への展開を念頭に置き、セメント添加によって発揮される供試体内の固結応力を p の成分としてとらえた。あわせて固結応力は、式 (2) に示すように仕事量によって減少すると考え検討する。

$$\Delta p = f(W) \dots (2)$$

図 2 にピーク時の平均主応力と仕事量の関係について、破線で示している。図のセメントを添加した供試体の仕事量と平均主応力の関係から、低応力域の破壊までの仕事量がセメントを添加することにより小さくなることわかる。セメント添加供試体を個別にみると、セメント添加量 4 (%) の供試体の Δp は平均主応力が 2.0 (MPa) の付近でほぼ認められなくなる。それと同時に仕事量 W_{peak} が大きく増加して、砂の供試体と同程度の仕事量が発生していることが認められる。一方、セメント添加量 7 (%) の供試体の Δp は、同じ応力域においても明確な減少を示していない。これは、セメント添加量 7 (%) の供試体は 4 (%) の供試体と比較して、仕事量が低いことによるものと考えられる。しかしセメント添加量 7 (%) の供試体の仕事量は、平均主応力 2.0 (MPa) 付近からセメント添加量 4 (%) の供試体と同様に増加しており、今回試験を行ったものより高い拘束圧で実験を行った場合に、 Δp の減少が始まることが予想される。

4. まとめ

セメント添加による固結応力は、同一の砂の相対密度を持つセメント添加および砂供試体が、同じせん断応力を発揮するときの平均有効主応力の両者の差であると考えて検討を行った。その結果、固結応力は応力域の増加に伴い減少していくことが確認された。また固結の損傷は、固結応力が大きく減少する応力域で、同時に仕事量に大幅な増加がみられることから、仕事量との密接な関係を持つことが推察された。

<参考文献>

- 1) 渋谷啓, 龍岡文夫, 小高猛司: 地盤材料の小ひずみでの非線形性と地盤変形問題への適用 3. 地盤材料の変形特性 (その 1), 土と基礎 (pp.59~64, 1997 年 4 月号)
- 2) 小澤裕, 関村昌義, 渋谷啓, 三田池利之: モデル軟岩のセメンテーション損傷過程における変形・強度特性, 第 31 回地盤工学研究発表会, (pp.1411~1412, 1996)
- 3) 伊藤晋, 三田池利之, 渋谷啓, 松永卓也: 中圧三軸圧縮試験装置を用いたセメント改良砂質土の強度特性の評価, 第 32 回地盤工学研究発表会, (pp.1199~1200, 1997)

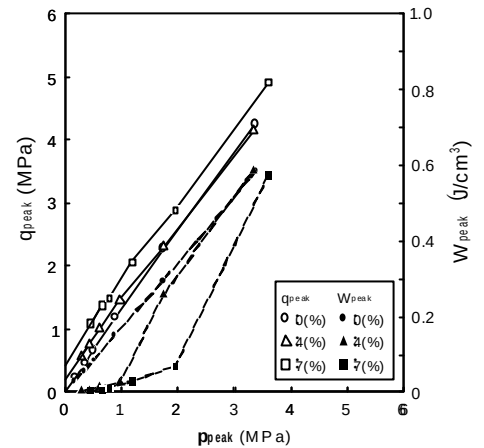


図-2 q_{peak} - W_{peak} - p_{peak} 関係