

セメント固結砂の圧縮強度に与える粒径・粒度分布及び密度の影響

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

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。本報では仕事量を用いることにより、セメントを添加することによる強度増加分が減少していく過程について粒径の違いによる影響を考察する。

2. 試料・供試体および試験概要

試料には低応力域での粒子破碎が強度に与える影響を避けるため、粒子の堅いシリカ砂を用いた。また粒径の差異がセメント添加による強度増分に与える影響を調べるために、粒径の異なる2種類の試料a,bを用いた。供試体の配合割合を表1に示す。なお、砂の相対密度(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。

表1 試料・供試体配合割合

	粒径 (mm)	e_{max}	e_{min}	U_c	D_{30} (mm)	Q_c (%)	D_{rs} (%)	珪砂 (g)	セメント (g)	ベント (g)	水 (g)
a	0.85~ 2.0	0.883	0.635	1.607	1.420	7	30	287.43	20.12	0.604	30.18
						4			11.50	0.345	17.25
						0			0.00	0.000	0.00
b	0.11~ 0.4	1.052	0.672	2.077	0.270	7	30	270.07	18.90	0.567	28.36
						4			10.80	0.324	16.20
						0			0.00	0.000	0.00

3. 試験結果

図1-1に試料aのセメント添加量 $Q_c=0,7$ (%)の両供試体におけるせん断応力 q -軸ひずみ ε_a -体積ひずみ ε_v 関係を示す。同図から拘束圧の増加に伴い、各供試体のピーク強度が増加していることがわかる。また各拘束圧でのピーク強度はセメント添加供試体の方が大きいことがわかる。次の図

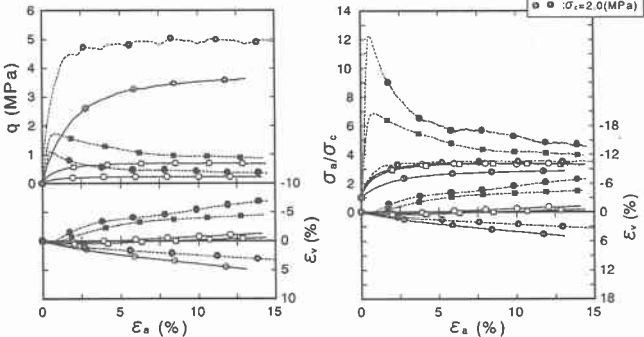


図1-1 $q-\varepsilon_a-\varepsilon_v$ 関係

図1-2 $\sigma_a/\sigma_c-\varepsilon_a-\varepsilon_v$ 関係

1-2は図1-1に示したものと同一の供試体において、主応力比 σ_a/σ_c -軸ひずみ ε_a -体積ひずみ ε_v 関係を示したものである。同図より低圧域においてより高い主応力比の値が得られている。また $Q_c=0$ (%)と7(%)の供試体の同一拘束圧下でのピーク時主応力比の差をセメント添加による強度増加成分として考えると、その成分は低圧域で大きく、拘束圧の増加に伴い減少することがわかる。加えて拘束圧が増加すると同時に、 $Q_c=7$ (%)の供試体で明確なピーク強度が認められなくなり、より延性的挙動を示すことがわかる。図2は全ての供試体の

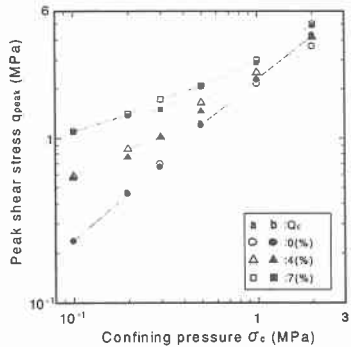


図2 $q_{peak}-\sigma_c$ 関係

ピーク時せん断応力 q_{peak} と拘束圧 σ_c の関係をまとめたものである。この図から拘束圧の

増加に伴いセメント添加供試体のピーク時せん断応力は、同一の相対密度を持つ砂の供試体のものに近づくことがわかる。このような挙動は、拘束圧の増加に伴いセメント添加による効果が失われるために、供試体の発揮する応力成分が砂の摩擦抵抗成分に遷移していることが原因として考えられている。しかし図 1-1 の $\sigma_c=2.0$ (MPa) の応力・軸ひずみの

関係から、せん断初期においてせん断応力は高い割合で増加しており、セメント添加による強度増加成分の減少は圧密の時だけでなく、せん断の過程においても認められる。図 3 は等方圧密とせん断の両過程において生じると考えられるセメント添加による強度増加成分の消失を考慮し、試料 a の各セメント添加量の供試体における主応力比 σ_a/σ_c と全仕事量 W の関係について示したものである。セメント添加供試体の各拘束圧下でのピーク後の主応力比と仕事量の関係は、ある一つの曲線に沿っていることがわかる。この関係からセメント添加による強度増加成分が損傷していく過程には、圧密とせん断の両過程を考慮した仕事量との関連性があると推察される。さらに仕事量と強度増加成分の関係について調べるために、試料 a, b の各供試体のピーク時主応力比 $(\sigma_a/\sigma_c)_{peak}$ とそのときの仕事量 W_{peak} の関係について示したものが図 4-1 である。同図から粒径の違いにより、ピーク時の仕事量に違いが認められることから、セメント添加による強度増加成分が損傷を受け始める仕事量に違いが認められる。また図 4-2 に示すように、圧密の過程で生じる仕事量 ΔW_c と拘束圧の関係を見ると、各拘束圧での ΔW_c は粒径の小さな試料 b を用いた供試体の方が小さいことから、図 4-1 のピーク時の仕事量は圧密時の等方的な仕事とせん断による異方的な仕事の占める割合が試料 a, b の各供試体で異なっている。

4. まとめ

セメント添加供試体の三軸圧縮強度は砂の摩擦抵抗とセメント添加による強度増加成分の合力であると考え、その後者の成分が減少する過程において、圧密の過程も含めた仕事量との関係が認められた。また、粒径の異なる試料で作成した同一添加量のセメント固化供試体で、強度増加成分が減少し始める仕事量に差が生じ、粒径を含めた試料の特性の差異による影響が確認された。

<参考文献> 1) 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)

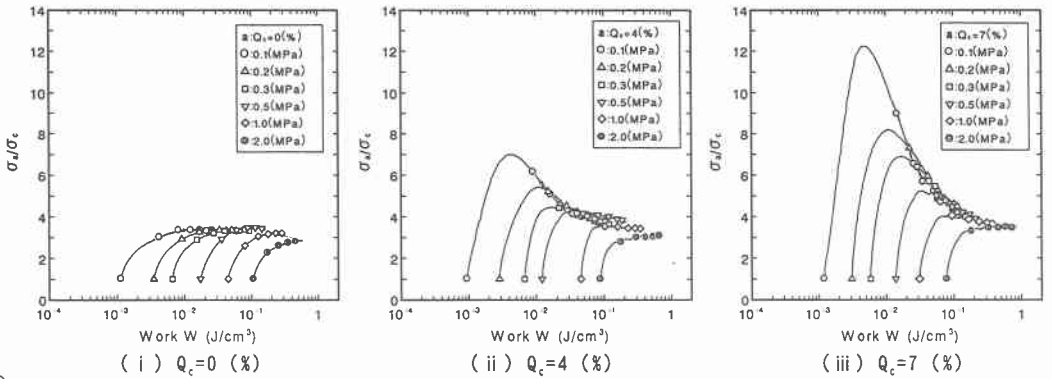


図 3 σ_a/σ_c - W 関係

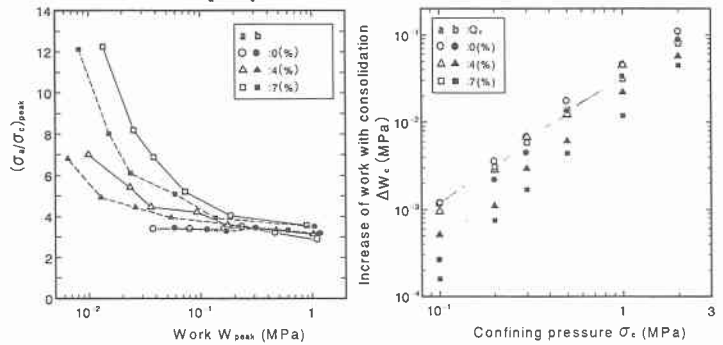


図 4-1 $(\sigma_a/\sigma_c)_{peak}$ - W_{peak} 関係

図 4-2 ΔW_c - σ_c 関係