

セメント固結砂の微視的構造に及ぼすセメント添加率及び密度の影響

山口大学大学院 学生会員 ○多久和学 香月大輔
山口大学工学部 正会員 中田幸男 兵動正幸 村田秀一

1. まえがき

粒子間に固結力を有する地盤材料として、カルカリアス堆積物や砂岩、地山しらす等が挙げられるが、各材料はそれぞれ堆積環境が異なるために粒子間の固結の形態が異なることが報告されている¹⁾。しかし、微視的構造を評価し、力学特性の解明に結び付けようとする研究はまだ発展途上であり、巨視的な挙動の理解を深めるためにも重要である。また、不攪乱、不均一である材料では、採取点によって性質が異なりその適切な強度評価は困難である。従ってこれら固結土の力学特性を把握する為、本研究において任意に配合設計が可能で力学的再現性に優れている、セメント固結砂を用いることにより、その力学特性を把握することを試みた。本報では、顕微鏡を用いその破壊断面を観察することにより配合設計時のパラメーターであるセメント添加率、相対密度の変化が、固結構造に与える影響を考察した。

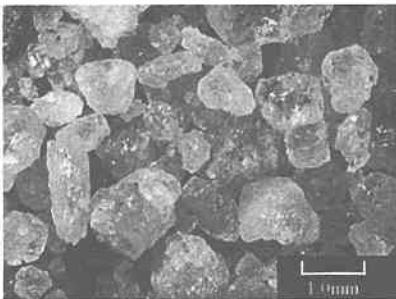


図-1 試料：シリカ砂

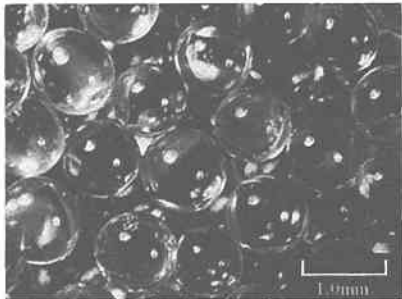


図-2 試料：ガラスビーズ

表-1 配合設計表（割裂試験用）

	粒径(mm)	D_r	Q_c	$M_s(g)$	セメント(g)	ベント(g)	水(g)	M(g)
glass beads	0.85~2.0	45	6	59.10	3.55	0.11	5.32	68.07
silica	0.25~2.0	10	3.4	54.84	1.86	0.06	2.80	59.56
			6.0	54.84	3.29	0.10	4.94	63.16
		45	3.4	58.59	1.99	0.06	2.99	63.63
			6.0	58.59	3.52	0.11	5.27	67.49
		70	3.4	61.61	2.09	0.06	3.14	66.91
			6.0	61.61	3.70	0.11	5.54	70.96

2. 試料及び試験概要

試料は、シリカ砂とガラスビーズを用いた。図-1、図-2にそれぞれの試料の写真、表-1に割裂試験用の配合設計表を、図-3に粒径加積曲線をそれぞれ示した。ガラスビーズは粒子が球形で、粒径が揃っており破壊面の観察に適している。観察には、相対密度 D_{rs} 10%, 45%, 70%でセメント添加率 Q_c 3.4%, 6%、の計 6 パターンを配合設計し、空气中で 14 日間養生させた供試体を用いた。セメント添加率は試料の乾燥質量 M_s に対する固化材の質量の比を百分率で示した値である。割裂試験により供試体を破壊し、その破壊断面を顕微鏡で観察した。

3. 破壊面の観察

図-4 および図-5 はセメント添加率を固定し、相対密度を変化させ比較した時の破壊断面の観察写真である。試料はシリカ砂を用いた。これら両写真の点線で囲まれた部分を見ると、相対密度の増加に伴い粒子数が増えていることが観察される。また粒子間に着目すると 1 粒子当たりの接点数も増加している事がわかる。図-6 及び図-7 はそれぞれセメント添加率 3.4%, 6%の供試体の観察写真である。ここで、両供試体の相対密度は 70%にそ

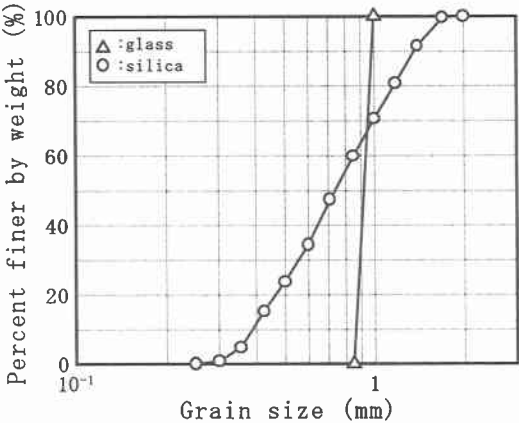


図-3 粒径加積曲線

ろえた。両写真の点線部に着目するとセメント添加率の増加によって粒子間における固化物の体積が増加している事が認められる。また両図から粒子間の固結構造の存在が固結土における結合力の発揮要因で、固結構造は粒子と粒子を接点間で包み込むようにして発達している事が確認できる。接点を包み込む割合が大きい程、すなわち固化物の体積が大きいほど粒子間の結合力は大きくなるといえる。観察をより容易にする為に、粒子形状がほぼ球形で、粒径の揃ったガラスビーズを用いて観察を行いその結果を図-8 に示す。この図の点線部を見ると接点の周囲を覆うように固化材が付着したまま固結している事がわかる。図の矢印は固結構造の破壊部を示しており、その破壊部を拡大して観察したものが図-9 である。矢印で示したように固結構造の破壊は、ガラスビーズと固化物の境界で生じている

ことがわかり、その形状はほぼ円形である。1 接点当たりの付着面積と粒子の接点数²⁾を把握できれば単位量当たりの付着面積を求めることができ、砂の密度やセメント添加率の変化に伴う固結構造の変化を定量的に評価できると考えられる。

4. まとめ

今回得られた結果をまとめると次のようになる。固化材は粒子接点を覆うように付着し、固化体の断面は球形粒子を用いた場合ほぼ円形となる。相対密度の増加により供試体内の粒子数が増加し、1 粒子当たりの接点数が増加する。またセメント添加率の増加により 1 接点における付着面積が増加する。これら配合の変化により単位面積当たりの付着面積が変化する。この単位面積当たりの付着面積は、固結構造を定量的に評価する指標となりうる。

＜参考文献＞

- 1) Barton, M. E. (1993): "Cohesive sands The natural transition from sands to sandstones", Geotechnical Engineering of Hard Soils and Soft Rocks (A. Anagnostopoulos et al eds). Balkema, Vol. 1, pp.367-374
- 2) Field, W. G. (1963): "Towards the statistics definition of a granular material," Proc. 4th A. and N. Z. conf. on Soil Mech., pp. 143-148.

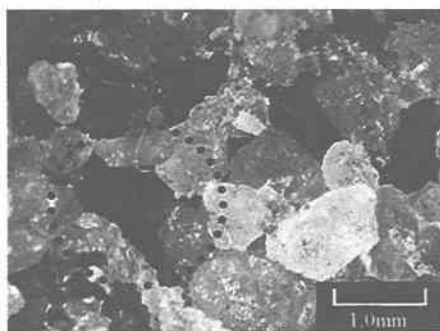


図-4 試料: シリカ砂 $D_{r,s}=10\%$ $Q_c=6\%$

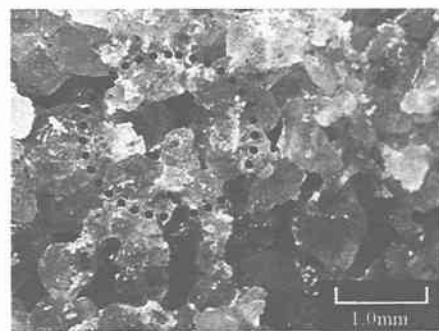


図-5 試料: シリカ砂 $D_{r,s}=70\%$ $Q_c=6\%$

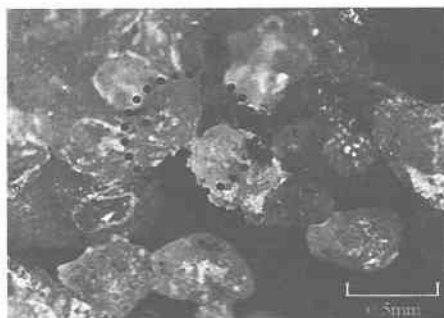


図-6 試料: シリカ砂 $D_{r,s}=70\%$ $Q_c=3.4\%$

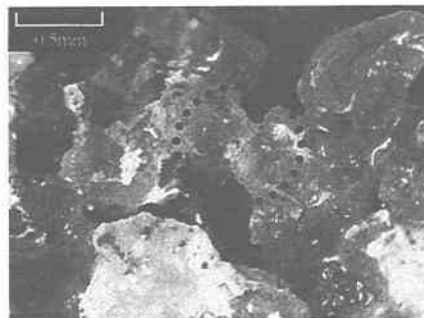


図-7 試料: シリカ砂 $D_{r,s}=70\%$ $Q_c=6\%$

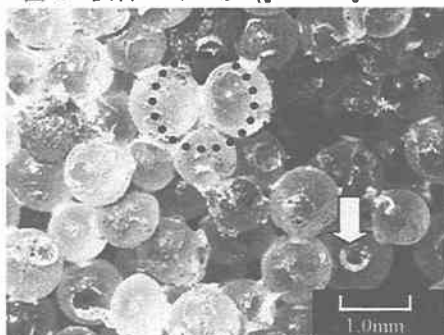


図-8 試料: ガラスビーズ $D_{r,s}=45\%$ $Q_c=6\%$

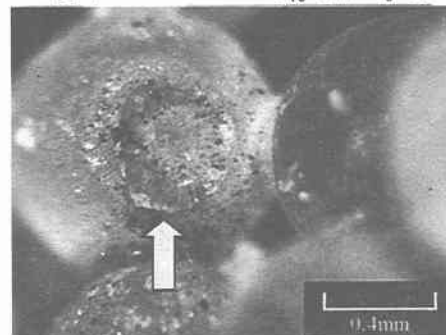


図-9 試料: ガラスビーズ $D_{r,s}=45\%$ $Q_c=6\%$