

締固めエネルギーを一定としたCSGのせん断強度

建設省土木研究所 ○正会員 有銘伸予 正会員 豊田光雄

1. はじめに

CSG (Cemented Sand and Gravel) は、現地発生材に少量のセメントを添加混合して強度増加を図り、改良盛立材として用いるものである。筆者らは、最大粒径の異なる材料を用いて同一密度の供試体を作製しせん断強度を求めた場合、最大粒径が小さくなるとせん断強度が増加する結果を得た¹⁾。しかしながら、同一密度の供試体を作製することは最大粒径が小さいものほど密づめの状態になりこの点についても検討する必要がある。

本報文では、この同一締固めエネルギーを与えた場合において最大粒径が異なる材料のCSGのせん断強度について比較検討を行った結果を述べる。

2. 試験概要

試験に用いたCSGの母材は、扁平状の粘板岩（絶乾比重 2.5～2.65、吸水率 1～3%）である。図-1 に最大粒径 53, 37.5, 26.5, 19, 9.5 mmの5種類の試験粒度を示す。最大粒径が小さくなる供試体では、細粒分含有量が多くなる粒度である。ここで用いたCSGの単位セメント量は 60 kg/m^3 である。

図-2 に、直径 30 cm、高さ 38 cmの供試体の突固め試験結果を示す。突固めエネルギーは $1 E_c (54.9 \text{ N} \cdot \text{m/m}^3)$ である。同一エネルギーで締固めると、最大粒径が大きくなる供試体ほど最適含水比は小さくなり、最大乾燥密度は大きくなる。ただし、37.5 mmと 53 mmではほぼ同じ値を示した。表-1 に、 $1 E_c$ で締固めた三軸供試体の作製条件を示す。最大粒径が大きくなると締固め密度は大きくなり、含水比は減少する。なお、各供試体の単位セメント量は、150 mmアンダーのCSGに 60 kg/m^3 の単位セメント量を投入し、各粒度の最大粒径でウェットスクリーニングしたものである。最大粒径の小さい供試体ほど単位セメント量は多くなっており、最大粒径 9.5 mmの供試体の単位セメント量は最大粒径 53 mmのそれより約 1.5 倍を示している。試験は、供試体寸法の影響を検討した後に最大粒径の異なる材料の検討を行った。

3. 試験結果および考察

3. 1 供試体寸法の比較

CSGの内部摩擦角 ϕ は、これまでの試験によれば ϕ は約 $45 \sim 50$ 度が得られており粗粒材料の ϕ に比べかなり大きい。例えば三軸試験における供試体せん断面と水平面のなす角 α は、 $\phi = 50$ 度とすれば $\alpha = 45^\circ + \phi / 2 = 70^\circ$ となり、供試体内にせん断面が収まる供試体の直径 d と高さ H の比は $1 : \tan 70^\circ = 1 : 2.7$ が必要となる。

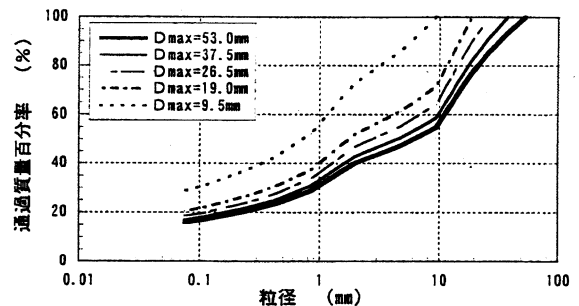


図-1 試験粒度

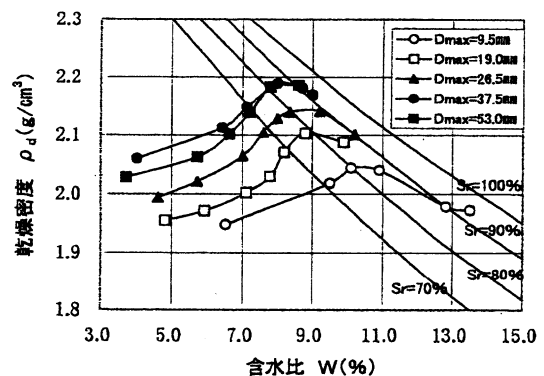


図-2 含水比と乾燥密度の関係

表-1 供試体の作製条件

粒度呼び名	最大粒径	乾燥密度	含水比	単位セメント量
	mm	t/m^3	%	t/m^3
53	53	2.135	7.0	62.6 (1.7)
37.5	37.5	2.165	7.7	68.0 (1.7)
26.5	26.5	2.127	8.4	73.2 (0.9)
19.0	19.0	2.068	10.3	78.1 (2.1)
9.5	9.5	1.970	12.3	95.8 (2.0)

単位セメント量は平均値と（ ）内は標準偏差を示す。

キーワード：CSG、せん断強度、最大粒径、三軸試験

連絡先：〒305-0804 つくば市旭一番地、TEL(0298)64-2211, FAX(0298)64-0164

これまでCSGの三軸試験は一般の粗粒材料と同様に $d=30$ cm、 $H=60$ cmで1:2で行われている。従って、せん断面が供試体内に収まっていないために端面摩擦により試験結果が実際の値よりも大きくなることも考えられる。ここでは、従来より供試体高さが大きい $H=75$ cmの場合と比較した。

試験後のせん断面の位置は供試体高さによらずほぼ一定で、応力ひずみ関係もほぼ同様であった。図-3は $H=60$ cmと $H=75$ cmの側圧毎の最大主応力の値を比較したものである。 $H=60$ cmの方がその値は大きく、 $H=75$ cmの場合と最大約7%の違いがある。しかし、粘着力および内部摩擦角を求めると、供試体高さによらずほぼ同じ値 ($H=60: \phi=55.2^\circ, c=327\text{kN/m}^2$: $H=75: \phi=54.5^\circ, c=320\text{kN/m}^2$) が得られ、供試体寸法の影響はないと考えられる。

3. 2 最大粒径とせん断強度の関係

図-4に同一締固めエネルギーにおける応力ひずみ関係を示す。最大粒径によらずほぼ同じ応力ひずみ関係となっている。ただし $D_{\max}=53$ mmでは主応力差の最大の値がその他の粒径に比べやや低い値となっている。拘束圧が大きくなってもこの傾向はあまり変わらない。

図-5に最大粒径53mmと9.5mmの $p=(\sigma_1+\sigma_3)/2$, $q=(\sigma_1-\sigma_3)/2$ の関係を示す。53mmの方がせん断強度は小さく、9.5mmの方が大きい結果を示した。ただし、この直線式の勾配はほぼ同じであることから粘着力の差がでていると考えられる。

図-6は最大粒径と粘着力 c の関係、図-7は最大粒径と内部摩擦角 ϕ の関係を示したものである。なお、それぞれの図中には、同一材料を用いて同一密度 (2.06 t/m^3) で試験した結果と対比して示す¹⁾。なお、同一材料であるが材質がやや異なっている。図からわかるように c は、最大粒径9.5~37.5mmの範囲内ではほとんど同じ値で、最大粒径53mmの場合が小さくなっており、この結果は同一密度で締固めた場合と異なる。一方、 ϕ においても約53~56度の範囲にあり、最大粒径の影響があまりみられない。ただし、同一密度の場合では最大粒径が大きいほどやや ϕ が大きくなる傾向がみられた。図-6、図-7から、同一の締固めエネルギーを与えたCSGのせん断強度は、最大粒径53mmを除くと同一応力においてほぼ同じ値であると言える。

4. まとめ

締固めエネルギーを同一にしたCSGのせん断強度の三軸試験より、供試体密度が異なるにかかわらず最大粒径37.5~9.5mmの範囲内では粘着力および内部摩擦角はほぼ同じである。すなわち、材料の最大粒径や単位セメント量の影響は少ないと言える。

参考文献 1) 山本重樹, 豊田光雄: 最大粒径の異なるCSGのせん断強度に関する実験的検討, 平成10年度研究発表会講演集(中部支部) pp347~348, 1999.3

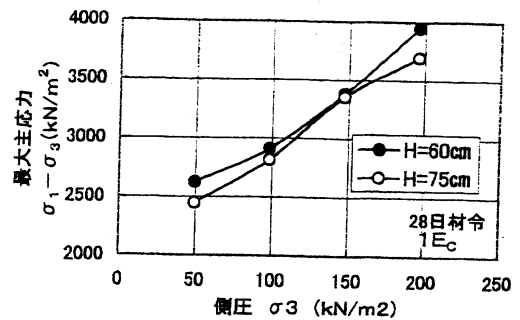


図-3 側圧と主応力差の関係

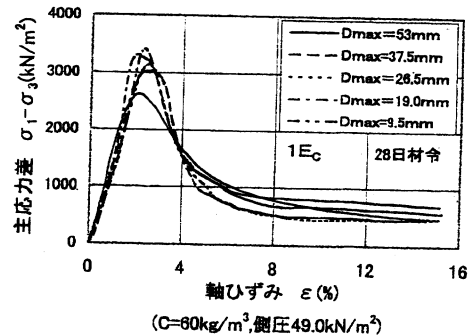


図-4 ひずみと主応力差の関係

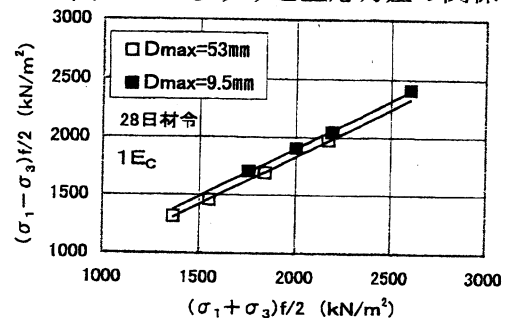


図-5 p, q 関係

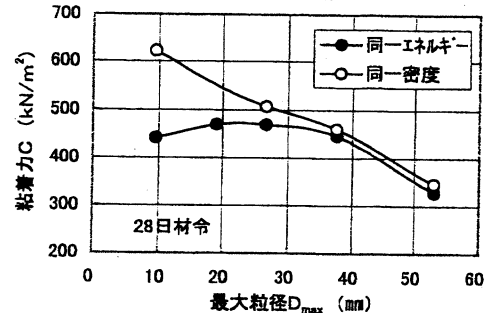


図-6 最大粒径と粘着力の関係

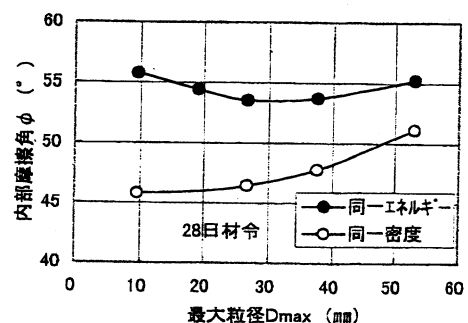


図-7 最大粒径と内部摩擦角の関係