

室内試験における CSG の施工条件を考慮したせん断強度

国土交通省土木研究所 正会員 有銘 伸予 正会員 豊田 光雄

1. はじめに

CSG 構造物はセメントを添加する以外は土質材料と同様にブルドーザでまき出し、振動ローラで転圧して築造するものである。施工時における締固め密度のばらつき、降雨の影響、セメントを添加していることから養生方法などについて検討する必要がある。

本報文では、さきに述べた施工条件の影響について、室内試験により強度面から検討した結果を述べる。

2. 試験概要

試験には、母材が粘板岩である材料（以降 KA 材という）と母材が河床砂礫からなる材料（以降 KU 材という）の 2 種類を用いた。表－1 にそれぞれの材料の物性を示す。KU 材は KA 材に比べ岩質が良好で細粒分を含んでいない。各材料とも最大粒径 $D_{max}=150\text{mm}$ の母材に対して 60kg/m^3 のセメントを添加混合した後、 53mm のふるいによりウェットスクリーニングしている。図－1 にその粒度分布を示す。

図－2 には 1Ec のエネルギーで締固めた各材料の締固め曲線を示す。KA 材は、KU 材に比べて細粒分を多く含んでいるため密度が小さく、最適含水比は湿潤側に位置している。

三軸試験は、直径 $\phi 300\text{mm}$ 、高さ $H=600\text{mm}$ の供試体を用いた圧密排水試験とした。表－2 に試験条件を示す。

3. 試験結果と考察

3.1 密度の影響

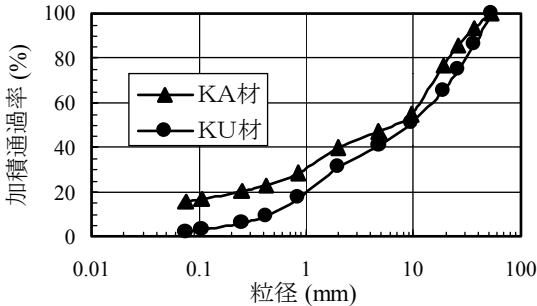
密度の影響については、締固めエネルギーを変えた供試体を用いて試験を行い、KA 材と KU 材の側圧 147kN/m^2 における主応力差の値を比較した。密度と主応力差の関係を図－3 に示す。KA 材では 1Ec を基準にすると、密度の変化が $-4\%\sim+3\%$ の時に対して主応力差の変化は $-17\%\sim+16\%$ 、KU 材は 2.06t/m^3 を基準とし $-5\%\sim+5\%$ の密度変化に対して主応力差には $-28\%\sim+20\%$ の変化が生じた。このように密度の変化する割合がわずかでも、主応力差の値にはかなり大きな変化が現れ、細粒分が少ないもの（KU 材）ほど密度増加による強度増加が大きい結果が得られた。

3.2 降雨の影響

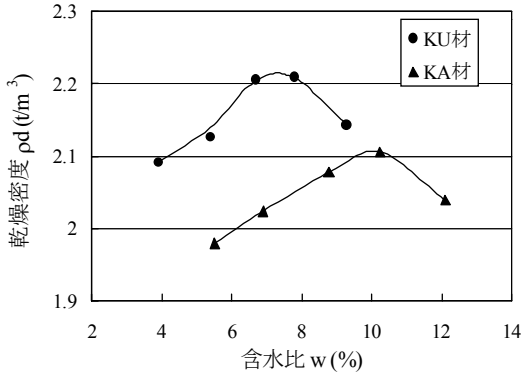
降雨に関する条件では、フィルダムコア材料の施工中止降雨である時間当たり 2mm を想定した。現地での CSG 転圧厚さを 50cm とした場合、供試体断面積 $706\text{cm}^2 \times 2\text{mm} \times 60\text{cm} / 50\text{cm} = 56.5\text{ cm}^3$ であり、これを供試体締固め時の 2 層毎（全 6 層締固め）に全加水量の $1/3$ ずつ加えて供試体を作成している。

表－1 母材の物理特性

材料名	KA 材	KU 材
母材	粘板岩	河床砂礫
表乾比重	2.64～2.69	2.6～2.63
吸水率	1.0～2.3%	1.1～2.7%
細粒分含有率	11～15%	約 1%
均等係数	約 160	約 70



図－1 試験粒度



図－2 締固め曲線

表－2 試験条件

供試体寸法	$\phi 300 \times H600\text{ mm}$
締固めエネルギー	$0.5 \sim 2\text{ Ec}$
材令	28 日
せん断方法	圧密排水・ひずみ制御
せん断速度	供試体高さの $0.5\%/分$
側圧	$48, 98, 147, 196\text{ kN/m}^2$

キーワード：CSG，三軸試験，せん断強度，締固め密度，降雨，養生方法

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

図-4に $p=(\sigma_1+\sigma_3)_f/2$ と $q=(\sigma_1-\sigma_3)_f/2$ の関係を示した。KA 材では加水（降雨）を行った場合の応力値（白ぬき）は加水しないもの（黒色）に比べて低下しているが、ほぼ一直線上を移動している。直線の勾配が内部摩擦角 ϕ を表すパラメータになることを考えると、降雨による影響は粘着力 c に現れ、その値が小さくなると考えられる。KA 材の降雨（ $R=0,2,5,10\text{mm}$ ）の有無による c 、 ϕ の変化は、 $c=360$ （ $R=0$ ） $\rightarrow c=260$ （ $R=10$ ） kN/m^2 、 $\phi=48\sim49$ 度が得られ、内部摩擦角はほぼ一定で粘着力が低下するという上記の結果を裏付けている。図-5には降雨の有る場合（ $R=2$ ）と無い場合（ $R=0$ ）の強度比 $(\sigma_1-\sigma_3)_{R=2}/(\sigma_1-\sigma_3)_{R=0}$ と側圧 σ_3 の関係を示す。降雨を想定した場合の強度は全側圧において低下しており、KA 材では $\sigma_3=49\text{kN/m}^2$ において約 10%強度低下している。なお、KU 材では同一側圧（ 147kN/m^2 ）で3回の繰り返し試験であるので側圧の影響はつかめないが、KA 材と同様に強度低下がみられる。

3.3 養生方法の影響

養生方法の影響は次の2条件で供試体を作製した。

- 1) 気中養生；供試体作成後 28 日間の恒温恒湿状態を保つ。
- 2) 水中養生；供試体作成後 7 日間の気中養生とし、その後 21 日間の水浸状態とする。

図-6,7はそれぞれ図-4,5と同様の整理をしたものである。KA 材では降雨の影響とほぼ同様に、 σ_3 の小さいときに強度低下がみられるが σ_3 が大きくなると影響は小さくなる傾向にある。気中と水中の養生方法の違いによる c 、 ϕ の変化は、 $c=360$ （気中） $\rightarrow c=260$ （水中） kN/m^2 、 $\phi=48$ （気中） $\rightarrow \phi=52$ （水中）度となり、粘着力の低下も認められるが内部摩擦角にも変化があり確たる傾向は把握し難い。このことは KU 材の結果にもみられるようにばらつきが大きく、養生方法の違いがせん断強度に及ぼす影響は降雨の場合ほど明確ではないと推定される。

4. まとめ

施工条件について室内の三軸圧縮試験により検討した結果、次のことが分かった。

- 1) 密度のわずかな違いにより主応力差にはかなり大きな変化を生ずる。細粒分が少ないものほど、密度増加による強度増加は大きい。
- 2) 降雨の影響でせん断強度は小さくなり、粘着力の低下として現れる。この影響は材質に依らず認められ、側圧の小さい領域で顕著となる。
- 3) 養生方法の影響は側圧の小さい時に現れる。側圧の高い領域や材料の違いの影響はばらつきの範囲内にある。

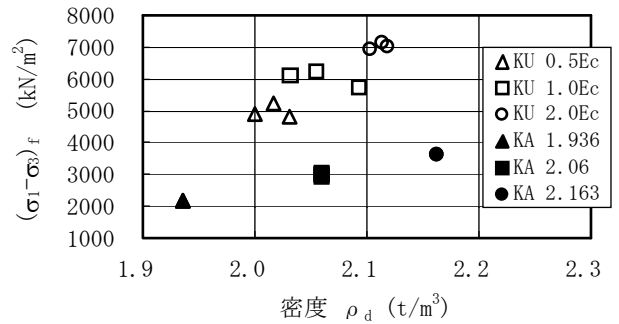


図-3 密度と主応力差の関係（密度）

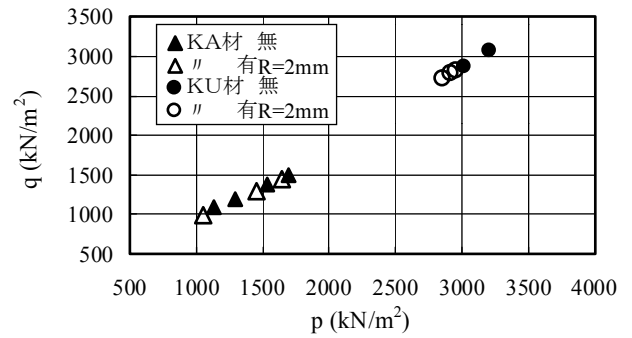


図-4 p - q 関係(降雨の影響)

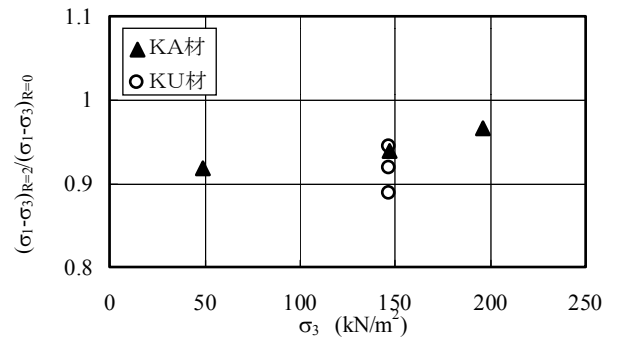


図-5 側圧と主応力差の比(降雨の影響)

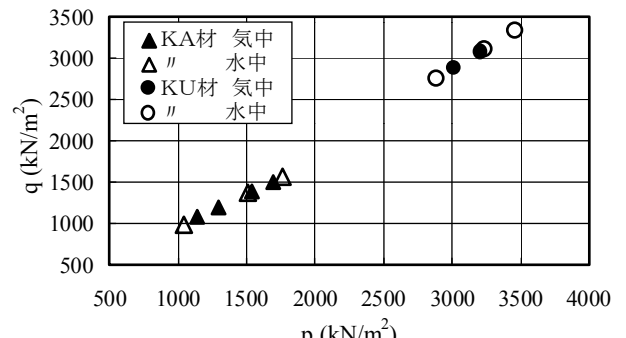


図-6 p - q 関係(養生法の影響)

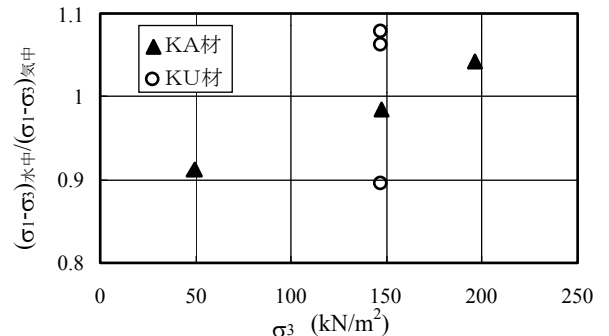


図-7 側圧と主応力差の比（養生法の影響）