

(Ⅲ-27) フィルダムの透水性材料の飽和による強度への影響について

水資源開発公団試験所 正会員 柏 木 順
 正会員 齋 藤 明 朗
 正会員 青 木 美 樹
 向 後 和 広

1. はじめに

フィルダムの透水性材料の強度・変形特性は、通常気乾状態の試料を用いた大型三軸圧縮試験（直径30cm×高さ60cm）により求められている。しかしながら、実ダムの上流側ゾーンにおいては、常時貯留水により飽和状態になっていることが多いし、また下流側ゾーンにおいても雨水等の浸透により水の影響を受けている。このため、フィルダムの透水性材料の強度・変形性を考えるにあたっては、試料の含水状態の変化にも配慮する必要があるものと考えられる。

本研究は、透水性材料の強度・変形特性に影響を与える各種の要因（粒度分布、間隙比、相対密度、試料の最大粒径と供試体寸法との影響、飽和の影響、側圧の影響、せん断時の応力経路等）の一つである飽和による影響について、上記の観点より試料を飽和させた状態での大型三軸圧縮試験を行い、気乾状態における試験結果との比較により、飽和による強度への影響について検討を行ったものである。

2. 飽和三軸圧縮試験

2. 1 比較試験ケース

飽和状態および気乾状態での大型三軸圧縮試験の比較試験を、花崗岩、粘板岩、輝緑凝灰岩、砂岩および濃飛流紋岩の5岩種について表-1に示す12ケースについて実施した。

表-1 飽和三軸・気乾三軸圧縮比較試験ケース一覧

岩 種	均等係数 U_c	初期間隙比 e_b	吸 水 率 Q (%)	岩 種	均等係数 U_c	初期間隙比 e_b	吸 水 率 Q (%)
花 崗 岩	94.1	0.27	0.65	粘 板 岩	15.7	0.30	0.94
"	55.0	0.29	1.06	"	18.3	0.30	1.02
"	38.0	0.20	2.32	輝緑凝灰岩	16.7	0.25	0.86
"	36.0	0.24	1.58	砂 岩	11.9	0.37	0.57
"	29.5	0.26	1.42	"	9.1	0.35	0.57
粘 板 岩	15.7	0.35	0.94	濃飛流紋岩	10.0	0.30	0.80

供試体の寸法は $\phi 300 \text{ mm} \times H 600 \text{ mm}$ 試料の最大粒径 63.5 mm

2. 2 比較試験結果および考察

飽和および気乾三軸圧縮試験における最大主応力差の比較を図-1に示す。すべての試験結果において飽和三軸圧縮試験における最大主応力差は、気乾のものに比べて同等ないし低下している。今回の試験の範囲では、おおむね試験側圧6～8 kgf/cm²に相当する ($\sigma_3 - \sigma_1$) $f = 30 \text{ kgf/cm}^2$ のレベルでは、飽和三軸圧縮の主応力差の低下は最大約5 kgf/cm²程度となっている。

図-2に垂直応力15 kgf/cm²時のせん断応力 τ_{15} の比較を示す。すべての試料で飽和三軸圧縮試験の τ_{15} が低下しており、今回の試験結果では最大2 kgf/cm²程度低下する供試体も見られる。

また、内部摩擦角 ϕ についてみると、上記の最大主応力差の低下に対応して、1点を除いたすべての試料で内部摩擦角 ϕ は低下しており、今回の試験結果では最大5°程度低下する供試体も見られた。内部摩擦角

φと同様に飽和による粘着力成分の低下も見られている。

せん断強度におよぼす水の影響としては、粒子表面の水の付着による粒子同士の摩擦の変化および吸水による岩石の軟弱化等が考えられる。そこで、吸水率と飽和による τ_{15} の低下の関係を図-3に示す。これより、花崗岩の2点を除くと、かなりよい相関がみられ、吸水率の高い材料ほど飽和による強度低下が大きい、吸水率の低い新鮮な材料では強度低下は少なく、飽和による影響は少ないものと思われる。この除外された花崗岩の2点の試料は、間隙比がそれぞれ0.20、0.24と他のものと比べて小さな値で試験が行われたため、吸水率が大きい割には強度低下がそれほど大きくならなかったものと考えられる。

上記のように、試料の飽和により強度特性は変化するが、この要因として粒子破碎の効果が考えられる。

図-4にMarsalの粒子破碎率の比較を示す。飽和により粒子破碎率は増加しており、最大で6程度%増加している。また、気乾三軸圧縮試験の破碎率の大きいものほど飽和による破碎率は大きくなる傾向がある。これは、飽和により粒子内部の潜在クラックや粒子間の接触部での弱部が偏在化し、粒子破碎が進行するものと考えられる。こうした粒子破碎の進行が、強度および変形特性の変化に大きく影響を与えているものと考えられる。

3. おわりに

- 1) 飽和により透水性材料の強度は低下し、吸水率で材料の新鮮度等を評価した場合、新鮮・堅硬な材料ほどその低下幅は小さい。
- 2) 飽和により粒子破碎率は増加し、これが強度特性の変化に深く関与していると考えられる。

以上のように試料の飽和による強度低下は、材料によってはかなり大きくなる場合もあり、透水性材料なかでも上流側透水ゾーン的设计値を決定するにあたっては十分に配慮する必要があるものと思われる。

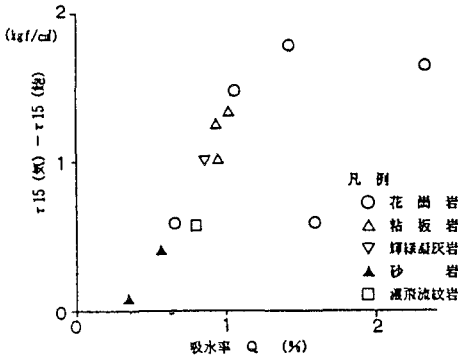


図-3 飽和による τ_{15} の低下と吸水率の関係

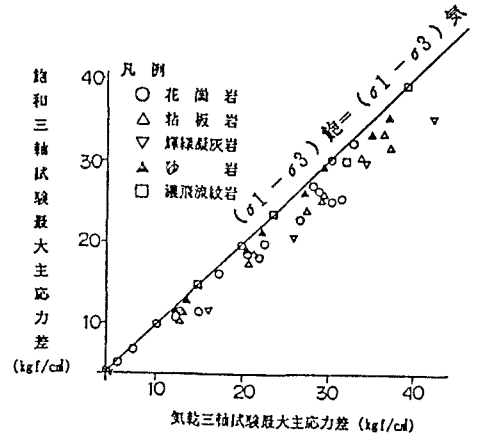


図-1 最大主応力差の比較結果

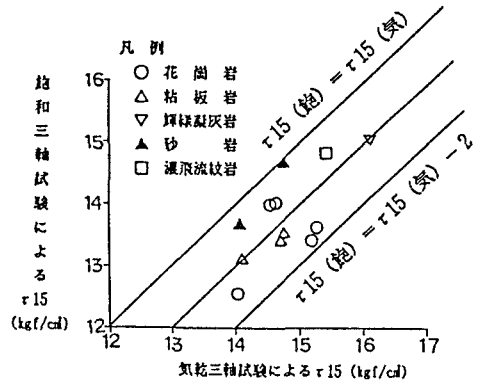


図-2 せん断強度(τ_{15})の比較結果

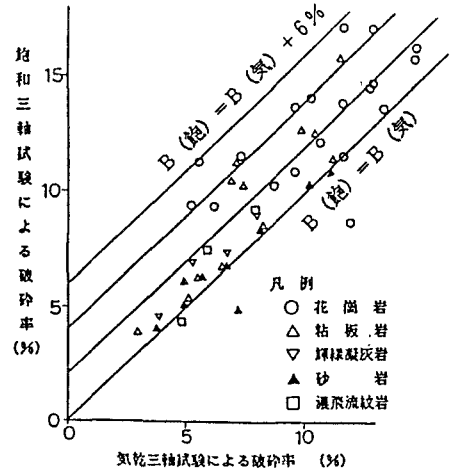


図-4 粒子破碎率の比較