

III-202 粗粒材料の中実・中空試験結果の比較

建設省土木研究所 正会員 大久保雅彦 木下靖 松本徳久

1. はじめに

ロックフィルダムの築堤材料である粗粒材料の強度・変形特性は、比較的試験が簡便であることから、一般に大型の三軸圧縮試験によって求められている。しかしながら、安定計算に用いるすべり線を考えた場合、図-1に示すように、すべり線上には三軸圧縮せん断状態と単純せん断状態の両方の応力状態が存在する。また、地震時の堤体内は、この単純せん断変形が繰り返されている状態と考えられ、実際の応力状態を再現する意味では、試験は動的な単純せん断試験によるのが望ましい。そこで、同一の粗粒材料を用いて、静的および動的な三軸圧縮せん断試験とねじり単純せん断試験を実施し、両者の結果を比較したのでここに報告する。

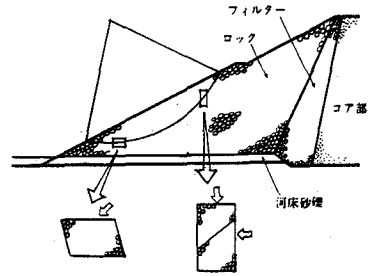


図-1 すべり線上の応力状態

2. 試験方法

本試験に用いた試験装置は、アタッチメントを交換することにより、直径40cm高さ80cmの中実供試体による三軸圧縮せん断試験と外径80cm内径40cm高さ80cmの中実供試体によるねじり単純せん断試験（以下、それぞれ中実試験、中空試験という）の両方の静的試験が行えると同時に、中実試験では供試体の軸方向に中空試験ではねじり方向にそれぞれ繰り返し応力を与えることによって動的試験も行える。

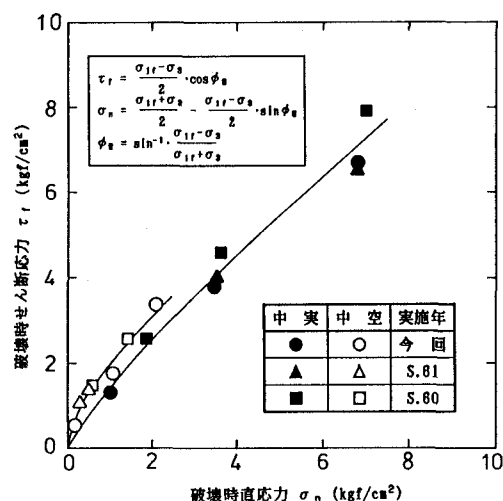
表-1 試験ケース

		e_g	σ_c (kgf/cm ²)
静的	中実	0.42	0.56, 2, 4
	中空		2, 4, 7.58
動的	中実		1, 2, 3, 4
	中空		1, 2, 3, 4

試験に用いた粗粒材料は、比重2.55含水比2.55%の石英安山岩であり、試験粒度は、最大粒径38.1mm、均等係数7(最大間隙比0.722最小間隙比0.296)とした。試験ケースをまとめて表-1に示す。

3. 試験結果

3. 1 静的試験結果 図-2に破壊時のせん断面に働くせん断応力 τ_f と直応力 σ_n の関係を示す。同図には当材料の過去の試験結果¹⁾も同時にプロットしている。今回の結果はそれらに比べてやや強度が落ちているが、これは材料の劣化(比重が減少し吸水率が増加した)によるものである。また、図中にはこれらの結果を中実・中空試験別に近似した曲線(破壊包絡線)も示している。一般に、粗粒材料の破壊包絡線は、粒子破碎の影響により上に凸な曲線を呈するが、当材料においてもその傾向が窺える。さて、両試験結果を比較すると、 $\sigma_n=0\sim 2\text{kgf/cm}^2$ の範囲で平均 $\tau_f=0.5\text{kgf/cm}^2$ 程度中空試験の方が強度が大きくなっている。このような差が生じた原因は、中間主応力と異方性の影響と考えられる。図-3は、今回の結果を内部摩擦角 ϕ_g と破壊時平均主応力 $\sigma_m=(\sigma_1+\sigma_2+\sigma_3)/3$ の関係について整理したものである。図中の δ 、 b は、それぞれ異方性ならびに中間主応力の大きさを表わすパラメータである。一般に、強度(ϕ_g)は δ が30°の時に最小となり90°で最大となる。また、 b が0あるいは1の時に最小となり0< b <1の範囲で最大となる。龍岡は、福島らや小田らの行った豊浦標準砂の三軸圧縮試験(TC)、平面ひずみ圧縮試験(PSC)、ねじり単純せん断試験(TSS)の各々の結果を比較検討している²⁾が、それによれば、異方性(δ)の面ではTCの方が強度が大きくなる要因があるにもかかわらず、中間主応力(b)の影響がそれにも増して大きいためにTSSの方が強度が大きくなっている。今回の筆者らのロック材料の結果では、定性的には上述の標準砂と同様の傾向にあることから、両者の強度差はこの中間主応力の影響によるものではないかと考えられる。ただし、 ϕ_g のTSSとTCの差(b の影響)は砂に比し大きく、TCにおける ϕ_g の拘束圧依存性は砂よりも大きい。


図-2 $\tau \sim \sigma_n$

3. 2動的試験結果 図-4にせん断弾性係数Gとせん断ひずみ γ の関係を示す。いずれの拘束圧においても中空試験で求めたGの方が大きく両者の差は拘束圧が大きいほど大きくなっている。比率にすると、全拘束圧、全ひずみに亘って(中実のG)/(中空のG)は約0.9である。なお、別の間隙比についても両試験を実施しているが、同様の傾向であった。

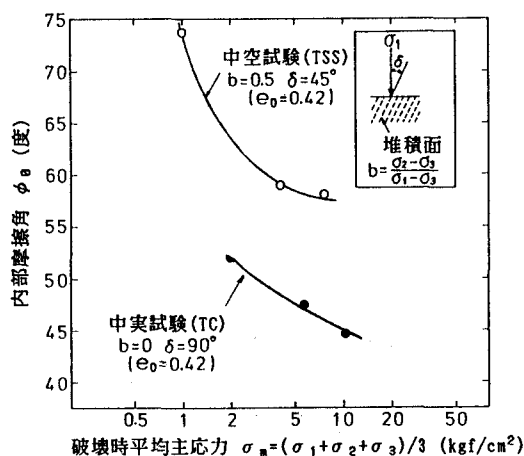
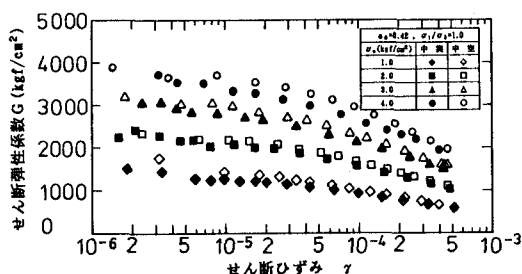
これら両試験間の動的変形性の差も、強度と変形性という違いはあるが両者の間に正の相関関係があることを考え合わせれば、前述の静的強度の差と同じく中間主応力がその原因となっているものと考えられる。

4. まとめ

以上、従来法である中実試験と原位置の応力状態を再現できる中空試験の両試験結果を比較したところ、異方性と中間主応力の双方の影響により、静的試験では中実試験で求まるせん断強度が、動的試験でも中実試験によるせん断弾性係数がともに小さかった。これらの結果は、中実試験の結果を用いておけば、設計上、安全サイドとなることを意味することから、実用上は、現時点では粗粒材料の強度・変形特性試験は、試験が簡便である中実試験で十分といえよう。

参考文献

- 1) 松本徳久, 安田成夫, 大久保雅彦(1987);「粗粒材料のせん断変形の相違による静的強度・変形への影響」第22 回土質工学研究発表会, PP. 499~500
- 2) 土質工学会(1982);「ロックフィル材料の試験と設計強度」P. 66


図-3 $\phi_0 \sim \sigma_m$

図-4 $G \sim \log \gamma$