

Ⅲ-A 386

硬軟複合岩盤のせん断強度に関する実験的検討

建設省土木研究所 正会員 平山 大輔
同 上 正会員 永山 功
同 上 正会員 宮内 茂行

1. はじめに

コンクリートダム の滑動に対する安全性を検討するには、基礎岩盤のせん断強度を精度良く把握する必要がある。ダム基礎が複数の強度の異なる岩盤から構成されている場合、基礎岩盤のせん断強度は次式で表される面積加重平均値で評価することが多い。

$$\tau_0 = \frac{\sum \tau_{oi} A_i}{\sum A_i} \quad (1-1), \quad f = \frac{\sum f_i A_i}{\sum A_i} \quad (1-2)$$

ここに、 τ_0 ：基礎岩盤全体の純せん断強度、 f ：基礎岩盤全体の内部摩擦係数、 τ_{oi} ：岩盤 i の純せん断強度、 f_i ：岩盤 i の内部摩擦係数、 A_i ：単位幅あたりのせん断面における岩盤 i の分布面積。

この考え方は、各岩盤が同時に極限荷重に達することを仮定している。しかし、一般的に、複数の岩盤材料より構成される複合岩盤の真のせん断強度は、(1-1)、(1-2)式で計算されるせん断強度（以下推定せん断強度と呼ぶ）よりも小さくなることが確認されている¹⁾。本研究では、硬質岩盤と軟質岩盤から構成される硬軟複合岩盤において、推定せん断強度に対する複合岩盤の真のせん断強度の低下割合について模型実験により検討を行った。

2. 実験方法

硬軟複合岩盤のせん断強度を調べるため、石膏と珪藻土を用いて岩盤模型を作製し、一面せん断実験を行った。岩盤模型は硬軟2種類の岩盤材料がせん断面に平面的に分布するものを作製した。図-1に載荷装置、図-2に岩盤模型の形状を示す。載荷装置は、原位置せん断試験と同様の載荷機能を有し、垂直荷重は定荷重制御装置により載荷し、せん断荷重は油圧ジャッキにより載荷した。実験では、初めに初期垂直荷重（0.1, 0.3, 0.5, 0.7 MPa）を載荷し、その後一定速度（想定せん断面におけるせん断応力で 0.24 MPa/分）で破壊に至るまでせん断荷重を増加した。岩盤模型は長さ 500mm、幅 150mm、高さ 275mm、想定せん断面は長さ 120mm、幅 100mm であり、図に示す V_1 、 V_2 の2種類の異なる岩盤材料から構成されている。なお、模型の一体化を図るために模型の底部とせん断荷重を受けるせん断ブロック部に鉄筋を配置している。岩盤材料は、石膏（P）と珪藻土（D）の混合比を変えて3種類作製した。表-1に各材料の物性値を、表-2に実験ケースを示す。以後、材料 A、材料 B を硬質材料、材料 C を軟質材料と呼ぶことにする。

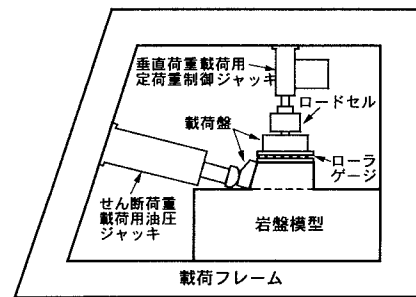


図-1 載荷装置

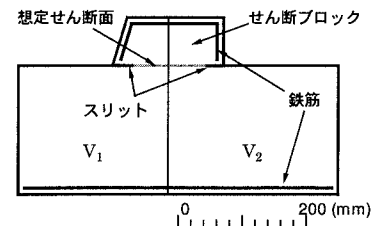


図-2 岩盤模型

表-1 材料物性値（単位：MPa）

材 料	圧縮強度	弾性係数	純せん断強度	内部摩擦係数
材料 A	11.09	6,398	1.45	1.47
材料 B	8.60	5,492	1.66	1.09
材料 C	4.78	2,798	1.13	0.88

キーワード：硬軟複合岩盤、せん断強度、模型実験

連絡先（〒305-0804 つくば市大字旭1番地 建設省土木研究所ダム部ダム構造研究室 Tel. 0298(64)4283）

3. 実験結果の整理

破壊時の荷重をもとに、せん断面における破壊時応力を次式により計算した。

$$\sigma = (V + P \sin \theta) / S, \quad \tau = P \cos \theta / S \quad (2)$$

ここに、 σ, τ : 想定せん断面における垂直、せん断応力 (MPa)、 V, P : 垂直ジャッキ荷重、せん断ジャッキ荷重 (N)、 S : せん断面積、 θ : せん断ジャッキと想定せん断面のなす角度 ($\tan^{-1}(3/10) = 16.7^\circ$)。

実験より求められた硬軟複合岩盤のせん断強度は、均質岩盤のせん断強度を用いて(3)式により整理した。式中の η は、硬軟複合岩盤のせん断強度に対する硬質材料、軟質材料せん断強度の寄与率を表している。表-3 に複合岩盤のせん断強度及びせん断強度寄与率 η を示す。

$$\tau_0^* = \tau_{0H} \eta + \tau_{0S} (1 - \eta), \quad f^* = f_H \eta + f_S (1 - \eta) \quad (3)$$

ここに、 τ_0^*, f^* : 硬軟複合岩盤の純せん断強度、内部摩擦係数、 τ_{0H}, f_H : 硬質材料の純せん断強度、内部摩擦係数、 τ_{0S}, f_S : 軟質材料の純せん断強度、内部摩擦係数。

図-3 は、各ケースにおけるせん断強度寄与率 η とせん断面における硬質材料分布面積割合 S_H の関係を示している。図中の実線は、 η と S_H が1:1の直線であり、前述の(1-1)、(1-2)式の関係を示したものである。実験結果はすべて実線の下側にプロットされており、硬軟複合岩盤のせん断強度が推定せん断強度よりも小さいことを示している。

図-3 において、 η と S_H の関係を(4)式のような2次式で仮定し、実験結果より α を求めたところ、 $\alpha=0.191$ であった。これを図に示したものが、図-3の破線である。

$$\eta = \alpha S_H + (1 - \alpha) S_H^2 \quad (4)$$

4. まとめ

本実験結果をまとめると、以下ようになる。

- ① 硬軟複合岩盤のせん断強度は、推定せん断強度よりも小さいことが確認された。
- ② せん断強度寄与率 η と硬質材料の分布面積割合 S_H の関係を求めることができた。
- ③ ②で求めた回帰曲線から、推定せん断強度に対する硬軟複合岩盤の真のせん断強度の減少割合は、硬質材料分布割合がおおよそ5割 ($S_H=0.5$) となったときに、もっとも大きくなる。

今後、硬質材料と軟質材料の弾性係数比（変形性）や、分布位置の影響について検討を行う予定である。

《参考文献》

- 1) 永山功、太田道男、平山大輔：力学特性の面的分布が岩盤のせん断強度に及ぼす影響、第10回岩の力学シンポジウム講演論文集、pp.329-334, 1998

表-2 実験ケース

実験ケース		構成材料		軟質材料面 積割合(%)
		V ₁	V ₂	
A-C	A75C25	A	C	25
	A50C50			50
	A25C75			75
C-A	C75A25	C	A	75
	C50A50			50
	C25A75			25
B-C	B75C25	B	C	25
	B50C50			50
	B25C75			75
C-B	C75B25	C	B	75
	C50B50			50
	C25B75			25

表-3 実験結果

実験ケース	τ_0	f	η
A75C25	1.26	1.13	0.58
A50C50	1.29	1.17	0.51
A25C75	1.15	0.92	0.94
C75A25	1.16	0.94	0.90
C50A50	1.24	1.09	0.65
C25A75	1.24	1.09	0.65
B75C25	1.49	1.02	0.32
B50C50	1.37	0.97	0.55
B25C75	1.18	0.90	0.90
C75B25	1.20	0.91	0.87
C50B50	1.30	0.95	0.68
C25B75	1.34	0.96	0.61

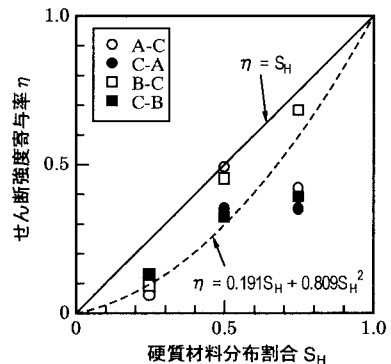


図-3 せん断強度寄与率と硬質材料分布面積割合の関係