

ロック材料の強度に関する既往データの拘束圧依存性と密度依存性および設計への適用に関する若干の考察

電力中央研究所 岡本敏郎

1.はじめに

我国のロックフィルダムの斜面勾配は海外のダムに比較して緩く、設計震度が大きいことがその理由の1つである。実際の設計では、震度法や修正震度法を用いた円弧すべり法により斜面勾配を決定しており、入力値として重要であるのはロック材料の強度である。この場合、ロック材料の強度はいわゆる c 零法により安全側に設定されることが多い。一方、動的応答解析が行われることがあるが、このときの安定性評価はすべり安全率や残留変形量により行われる。この場合、使用されるロック材料の強度は、上記円弧すべり法で用いた強度（いわゆる設計強度）を採用していることもあり、一方試験値を採用していることも多い。

このように設計法や安定性評価法によりロック材料の強度は使い分けがされているともいえるが、設計と実際の動的挙動を含めた全体の枠組みを構築していく必要がある。ロック材料の強度に関しては、c 零法の妥当性が、強度データも多く蓄積されているにも拘わらず未だに検討すべき要因である。ここでは、そのために特に必要と思われる、拘束圧依存性と密度依存性に関して、既往の強度データから考察する。

2.収集したデータと整理法

表 1 に収集したデータのダム名と出典を示した。国内のデータでは、電力会社所有のダムのデータが多いため、国内でも電力会社関係とそれ以外の国内のダムに分類してある。また、今回調査できた海外のデータは海外と記した。一面せん断試験のデータはばらつきが大きいため、試験方法としては三軸圧縮試験のみについてである。

供試体作成方法が振動と突固めの2種類によるので、密度としては相対密度と突固めエネルギーを指標として評価する。具体的には Meyerhof の分類を参考（土質調査法：1982）に表 2 のように考えた。なお盛立てでは撒出し作業を考慮すると非常に緩い場合は想定できないので、除外した。強度整理法としては、供試体 1ヶ毎に図 1 に示す内部摩擦角を求めた。

3.拘束圧依存性と密度依存性の分布

図 2~4 には、 ϕ_0 と σ_n の関係について、電力関係・その他の国内・海外に区分し、さらに密度区分毎に示した。拘束圧力依存性が強いことは明瞭である。また、電力関係およびその他の国内のデータでは内部摩擦角 ϕ_0 が 40 度を下回ることはほとんどないが、海外では内部摩擦角 ϕ_0 が 40 度を下回るデータが多い。海外のデータに関しては、非常に密な場合は電力のデータの分布よりやや小さい強度となっているが、密な場合や中密な場合には拘束圧の大きさを考慮するとほぼ同じ分布といえる。しかしながら一部強度が低い場合があり、電力関係および電力以外のデータでは頁岩だけの場合であり、海外では粘板岩や片岩を含む場合である。これらを我国の頁岩の分布と比較すると調和的である。ただし、Mica ダムの花崗岩についてのみ強度が低い理由は明確でない。

以上のことから、電力関係および電力以外のデータの分布は、頁岩だけが特に強度が低く、これを除いたデータの分布は、電力関係と電力以外のデータは整合がとれている。また海外のデータと比較すると、粘板岩のような頁岩と似通った岩質の場合にはやはり強度が低く、その他比較的強度が低い片岩や花崗岩では理由は明確でない。ここで、注意すべきは、密度による強度への影響はもちろんであるが、緩い場合でも、垂直応力が約 5kgf/cm^2 以下では通常使用される設計内部摩擦角以上となっていることである。

4.結論

試験装置などの影響でばらつきがあったとしても残留強度に与える影響は小さいと考えられる（地盤工学会：1986）ので、今回収集したデータのうち緩い状態にある場合は強度としてばらつきが少ない最小限の強度を示していると考えられ、垂直応力が通常の設計応力範囲では通常使用される設計内部摩擦角以上で十分大きい。

ロック材料、三軸強度、拘束圧依存性、密度依存性、設計強度、

連絡先（我孫子市我孫子 1646、Tel：04-7182-1181、Fax：07-7184-2941）

表 2 密度の状態と相対密度および突固めエネルギーの目安

密度の状態	相対密度の目安 (%)	突固めエネルギーの目安 (Ec(JIS))
緩い	40以下	0もしくは0近く
中密	40 ~ 60	0.5以下 (0.3 ~ 0.5)
密	60 ~ 80	1 ~ 1.5
非常に密	80以上	2以上

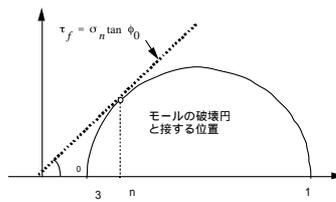


図 1 強度の整理法

表 1 収集したデータのダム名

ダム名	出典
喜撰山	工事誌
下小島	工事誌
高瀬	工事誌、ダム日本No.399
七倉	工事誌
瀬戸	工事誌、近藤学位論文
天山	工事誌
高見	工事誌
大河内	工事誌
上大須	工事誌
小丸川	設計資料
京極	設計資料
奈良保	20回ダム技術講演討論会
大柿	粗粒材料の変形・強度シブシブ
日中	粗粒材料の変形・強度シブシブ
沖繩北部	粗粒材料の変形・強度シブシブ
Mダム	粗粒材料の変形と強度
寺内	ロックフィル材料の試験設計強度 ダム日本No.386
大雪	ダム日本No.367
広瀬	発電水力No.139
有間	ダム日本No.399
El Infernillo	Marsal,1973
Pinzandan	
Malpaso	
San Francisco	
Mica	
El Granero	
Goshenalp	Zeller & Wullimann1957
Shimen台湾	Lowe,1964

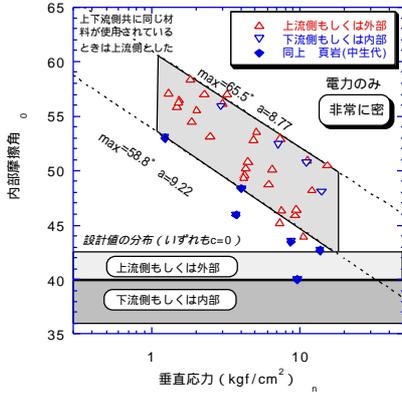


図 1 (a)電力関係のデータ（非常に密）

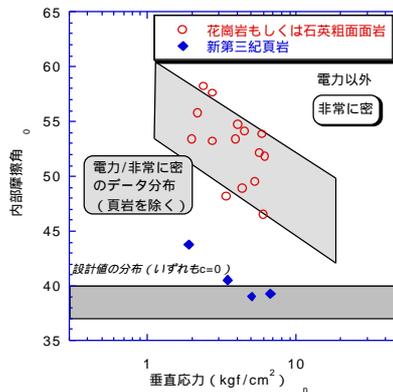


図 2(a)電力以外のデータ（非常に密）

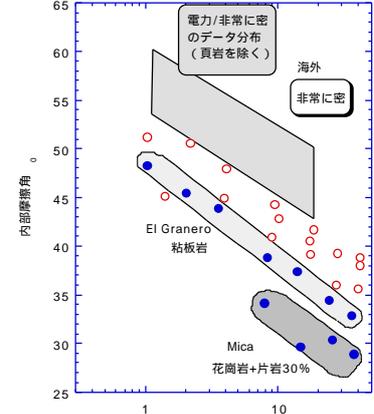


図 3(a)海外のデータ（非常に密）

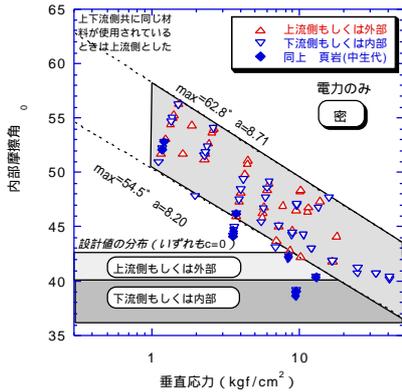


図 1 (b)電力関係のデータ（密）

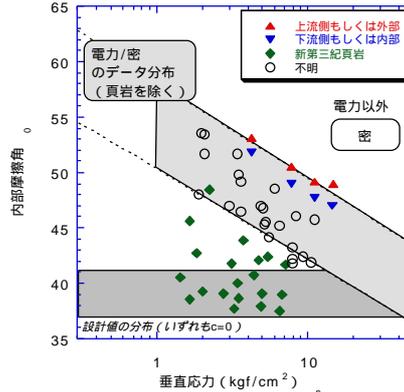


図 2(b)電力以外のデータ（密）

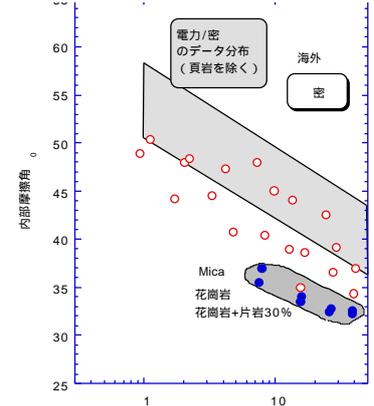


図 3(b)海外のデータ（密）

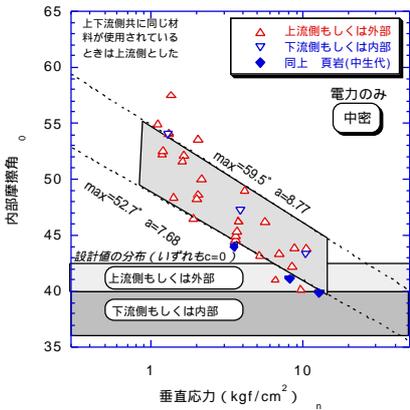


図 1 (c)電力関係のデータ（中密）

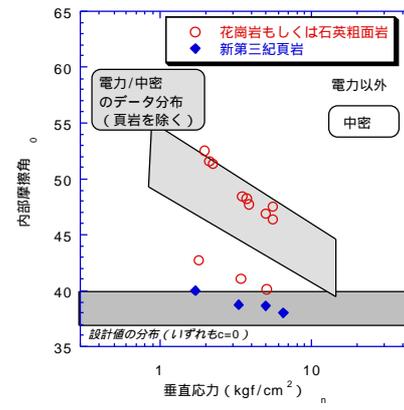


図 2(c)電力以外のデータ（中密）

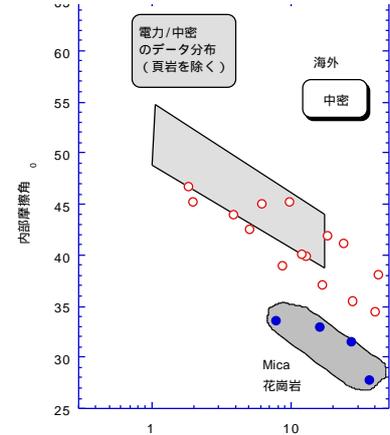


図 3(c)海外のデータ（中密）

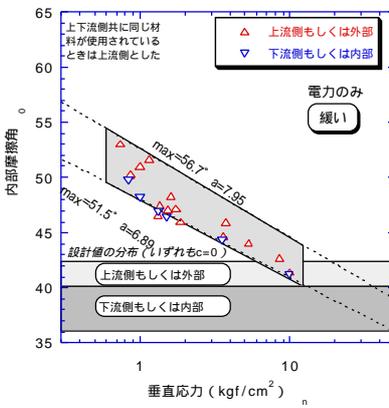


図 1 (d)電力関係のデータ（緩い）

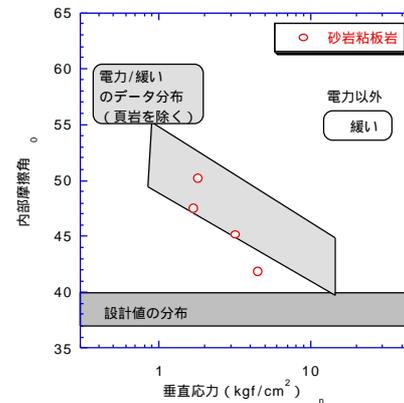


図 2(d)電力以外のデータ（緩い）

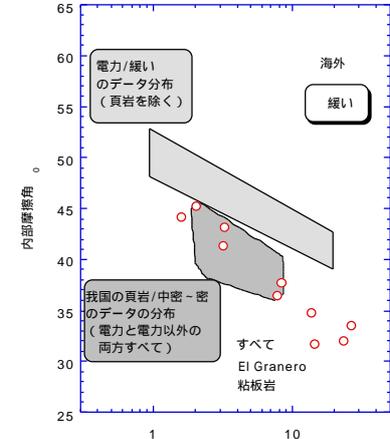


図 3(d)海外のデータ（緩い）