

(Ⅲ-8) 原位置岩盤せん断試験の数値シミュレーション

東京電力(株) 正会員 酒井俊朗

東電設計(株) 正会員 宇野晴彦

1. 目的

軟岩を対象とした既往調査結果によると、原位置岩盤せん断試験と室内岩石試験では得られる強度に差があり、原位置岩盤の物性を的確に評価するためには、その強度差の要因を解明する必要がある。そこで、室内岩石試験結果を用いた原位置岩盤せん断試験の数値シミュレーションを実施し、原位置岩盤せん断試験における破壊メカニズムを検証するとともに、室内岩石試験による強度と原位置岩盤試験による強度との関係について検討した。

2. 原位置岩盤せん断試験の数値シミュレーション

(1) 解析手法及び解析モデル

解析では、ピーク強度に達した後は残留強度まで低下する“ひずみ軟化特性”、引張破壊した要素の引張応力及びせん断破壊した要素の残留強度を越える応力についてはまわりの要素が負担する“応力再配分”を考慮した。

解析モデルは図-1示すとおりである。

(2) 解析用物性値

原位置岩盤せん断試験実施位置近傍から採取した試料を用いて、原位置岩盤と同様な載荷速度で室内岩石試験(三軸圧縮試験)を実施した。これによると、

- ・原位置岩盤せん断試験での応力範囲では、ピーク強度、残留強度とも拘束圧に依存せず、ほぼ一定値を示し残留強度はピーク強度の70%程度である。
- ・破壊に至るまでの応力～ひずみ曲線はほぼ直線で近似され、拘束圧依存性もみられない。

上記の結果を踏まえて、解析に用いる強度・変形特性、応力～ひずみ関係はそれぞれ表-1、図-2に示すとおり設定した。

(3) 解析ケース

解析ケースとしては、基本ケースとして原位置岩盤せん断試験の上載圧(0.5, 1, 3, 6 kg/cm²)に合わせて実施し、さらに比較ケースとして6 kg/cm²のケースについて非線形性を考慮したケースについても実施した。

(4) 解析結果

原位置岩盤せん断試験から得られた強度と解析結果から得られた強度との比較を図-3に示す。室内岩石試験から定めた破壊規準は拘束圧に関係なく一定値としていたのに対して、シミュレーション結果による最大せん断強度は上載圧が小さい範囲ではシミュ

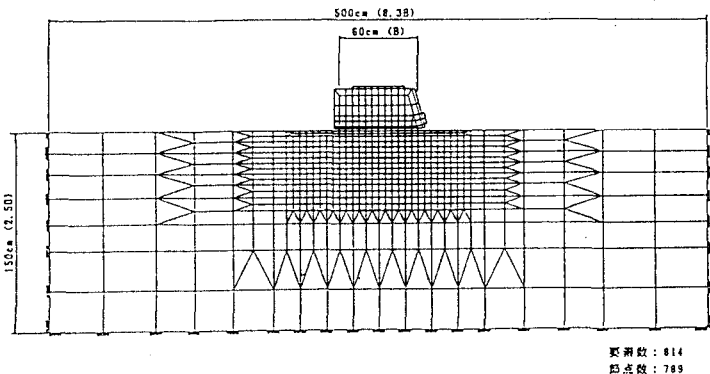


図-1 解析モデル

表-1 解析に用いる強度・変形特性

強度特性	σ_p	15.14	(kg/cm ²)
	σ_R	10.24	(kg/cm ²)
	ϕ	0	(°)
変形特性	σ_e	5.23	(kg/cm ²)
	E_0	5580	(kg/cm ²)
	E_1	4090	(kg/cm ²)
特性	E_2	-4160	(kg/cm ²)
	$E/E_0 \sim R$ 関係 ^{*)}	1.12R ^{0.48}	(0.0 ≤ R ≤ 0.79)
		1.0	(0.79 ≤ R ≤ 1.0)
	ν	0.47	

レーション結果が若干大きくなるものの原位置岩盤せん断試験とほぼよい対応を示している。

一方、荷重～変位関係については、図-4に示すように応力～ひずみ曲線での破壊に至る部分を線形としている基本ケースでは解析結果の方が変位はやや大きめ、非線形性を考慮した場合には解析結果と試験結果とがよい対応を示している。

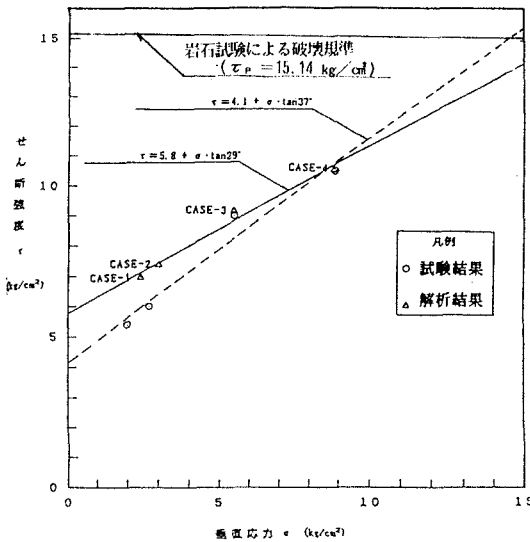


図-3 垂直応力～せん断強度関係

*) 非線形解析モデルに適用

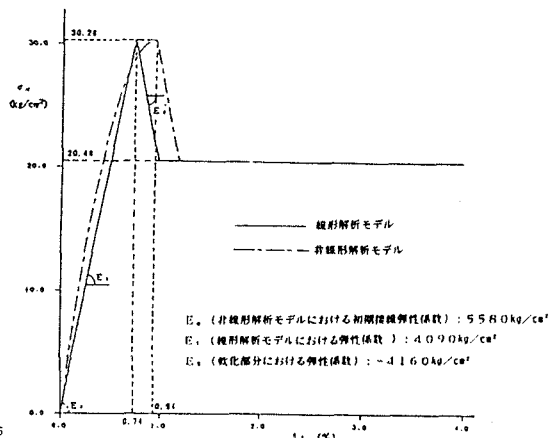


図-2 解析に用いる応力～ひずみ関係

3. 結論

FEMモデル各要素の強度、変形特性として岩石試験結果を用いて岩盤せん断試験シミュレーションを実施した。

その結果、岩盤せん断強度とほぼ等しい強度が得られるとともに、岩盤せん断試験では、低拘束圧下では引張破壊となっていること、進行性破壊が生じていることが強度差の要因であることが判明した。

これらのことから、クラックの影響が硬岩と比較して少ない軟岩の場合、物性値の評価に際しては室内岩石試験を基にすることが妥当であることが判明した。

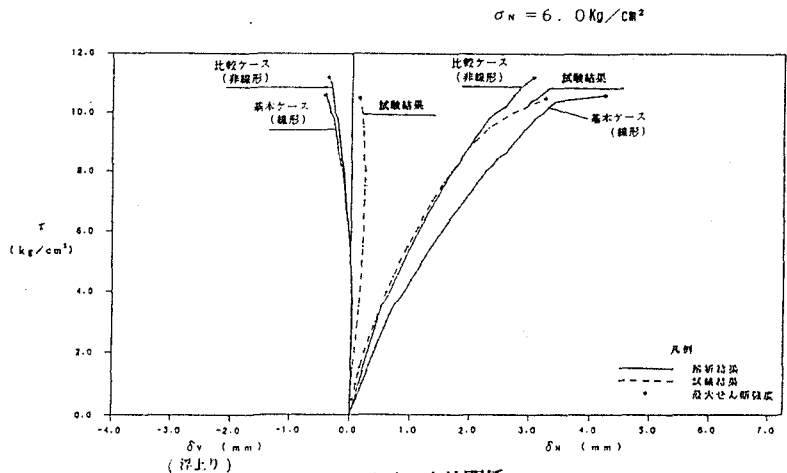


図-4 荷重～変位関係