

III-134 岩盤物性のバラツキを考慮した原位置岩盤せん断試験の数値シミュレーション

電力中央研究所 ○正 員 伊藤 洋
同 上 正 員 北原 義浩

1. はじめに 構造物の基礎となる岩盤の種々の材料実験で得られる結果は同一場所で、しかも岩種の同じ岩盤でさえもあるバラツキをもって、個々 表-1 バラツキを考慮した場合の解析条件

の物性値が得られるのが普通である。そのため、重要構造物の基礎岩盤の安定性を検討する際には、岩盤材料のバラツキの影響も考慮して評価する必要がある。

本報告は基礎岩盤などの安定解析で用いられる物性値のバラツキが岩盤の変形挙動、ならびに破壊現象に対してどの程度影響を与えるのか原位置試験を対象とした数値シミュレーションにより検討し、考察を加えたものである。

2. 解析手法とその仮定^{1) 2)} 物性のバラツキの影響を考慮した解析を実施するにあたっては、

	初期変形係数	せん断強度	粘 着 力	備 考
平 均 値	6000	4.0	14.5	単位 kg/cm ²
変 動 係 数	0.34	0.34	0.34	

(変動係数 = $\frac{\text{標準偏差}}{\text{平均値}}$)

- ・ポアソン比、および内部摩擦角はおのおの $\nu_0 = 0.3$ $\phi_0 = 1.3^\circ$ とし、全要素で一定とする。
- ・引張強度に関しては、せん断強度に対する比を与え、正規分布に従ったせん断強度の値にこの比を掛けて求めたものを各要素に与える。
 $\frac{\text{引張強度}}{\text{せん断強度}} = 0.375$
- ・サンプリングにより得られた物性値が、負の値をもつときは、それぞれの正規分布の平均値の $1/100$ の値を用いる。
- ・せん断試験のモルタル部および支圧鋼板、および支持試験の支圧鋼板部は一定の物性値を用いる。

当地点で最も試験個数が多い一軸圧縮強度 (g_u) のバラツキを求め、その値を基準とし、他の物性値もこれに従うものと仮定した。ただし、このバラツキに対する検討は原位置試験のシミュレーションにより行なうこととしたため、試験の行なわれた -40m 盤付近のバラツキを考慮することとし、 g_u と深さの関係から、-40m 盤付近のバラツキを求めると変動係数で約 34% であった。そこで、強度定数と初期変形係数に対して、変動係数 34% の正規分布を仮定した母集団からモンテカルロ法でランダムに各物性値を抽出し、原位置せん断試験のシミュレーションモデルの岩盤部の各要素 (231 個) に順次物性値を与えて初期値とした。なお、正規分布の確率密度関数としては

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \cdot \sigma} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}$$

ここで、 μ ; 平均値、 σ ; 標準偏差、
($-\infty < x < +\infty$)

が用いられている。また、解析方法は FEM による非線形逐次解析であり、解析に用いた物性の平均値としては、最もよ

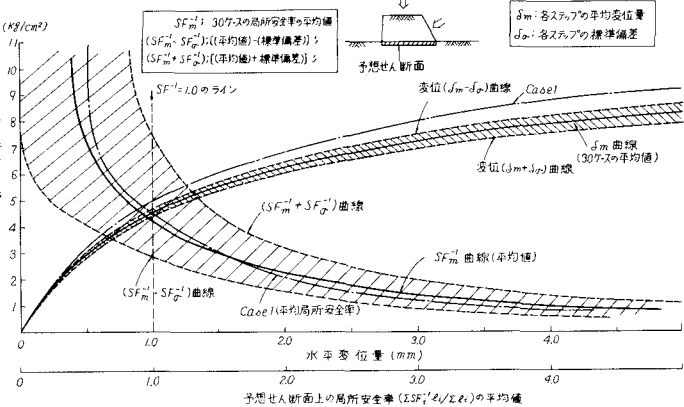


図-1 せん断荷重～水平変位・局所安全率の変化曲線

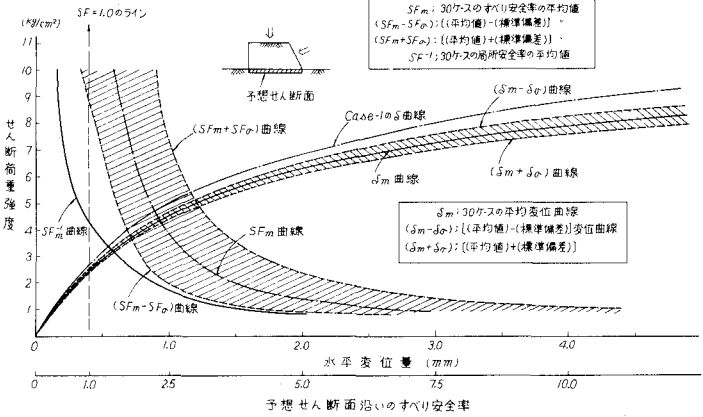


図-2 せん断荷重～水平変位・すべり安全率の変化曲線

く原位置試験をシミュレーションできた値を用いることとした。

表-1は平均値ならびに解析の条件を示したものである。

3. 結果とその考察 無作為に抽出した物性値を各要素にばらつかせ、原位置せん断試験の数値シミュレーションを30ケース行ない、結果のバラツキの程度を求めた。図-1, 2はせん断荷重～水平変位量、予想

せん断面沿いの局所安全率および予想せん断面方向のすべり安全率の関係を示したものである。ここで、局所安全率 SF^{-1} は現時点の応力状態が破壊の包絡線に接するまでの裕度（ゆるみ領域の判定）を意味し、すべり安全率はすべり面沿いのすべり面方向の滑動に対する抵抗力と作用せん断力の比をあらわす。また、図-3は初期の物性を一様に与えた場合とバラツキを考慮した場合のゆるみ領域の拡がりを示したものである。さらに、予想せん断面沿いの変形係数の分布とその変化を図-4, 5に参考のため示した。これらの結果から、各曲線およびゆるみ領域の変化する傾向は物性を一様に与えた場合とバラツキを考慮した場合とではほぼ類似しているが、岩盤ブロックの終局耐荷力の絶対的な評価においては、以下のような特徴が認められる。

①水平変位曲線によれば、物性を一様に与えた場合よりも耐荷力は平均曲線で12%、標準偏差から求めた上限・下限曲線でおおの7%、15%減少している。②予想せん断面上 SF^{-1} によれば $SF^{-1}=1.0$ となる耐荷力は、一様な物性の場合より7%低下するが、実測による耐荷力（平均値 $\tau=7\text{ kg/cm}^2$ ）と比較すると11%低下している。③予想せん断面に沿うすべり安全率は、実測による耐荷力のせん断荷重時で $SF_m=1.80$ （標準偏差を考慮した上・下限値で各々2.55, 1.25）であり、この面に沿うすべり破壊は生じていないことを意味している。ただし、 SF_m^{-1} 曲線で判断すると0.52であり、 SF_m の約28%と非常に小さい値を示している。④予想せん断面沿いの変形係数の分布とその変化は、せん断荷重 7 kg/cm^2 以上では、せん断ブロックの前後で大きな差がなくなる。これは岩盤ブロックの耐荷力、すなわち、破壊現象と関係があるものと思われる。

以上の知見から、物性を一様に与えた場合、岩盤の耐荷力は大きく評価される傾向にある。ただし、このような解析の場合、バラツキによる耐荷力の定量的な評価では判定規準によって上述のようにかなり評価が異なるが、現状の変位による判定基準では物性の変動巾ほど岩盤の耐荷力を低減する必要はないものと考えられる。

最後に、本報告の結果はわずか30ケースの解析例であり、しかも各物性値の変動係数を34%と固定した場合であるが、今後は各物性値ごとにバラツキの変動巾を求め、同様の解析により岩盤基盤の安定性に与えるバラツキの影響も調べたい。

（参考文献） 1）伊藤，他：電研報告，No.377004，1978年3月，2）伊藤，他：第12回岩盤力等に関するシンポジウム

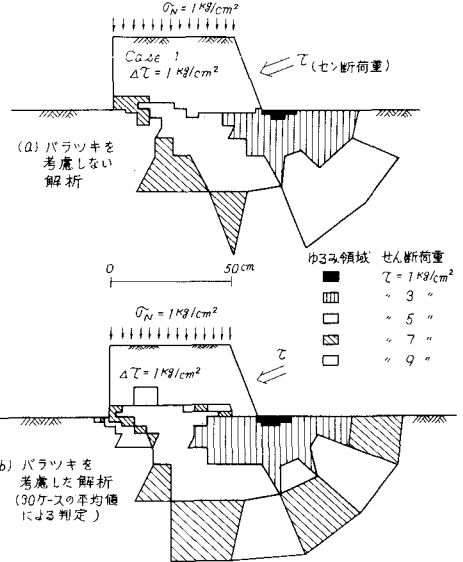


図-3 ゆるみ領域の進展図

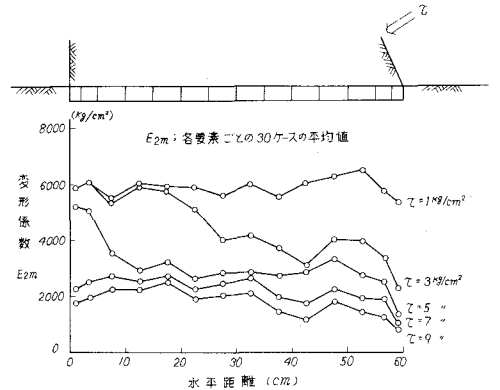


図-4 予想せん断面沿いの変形係数の分布

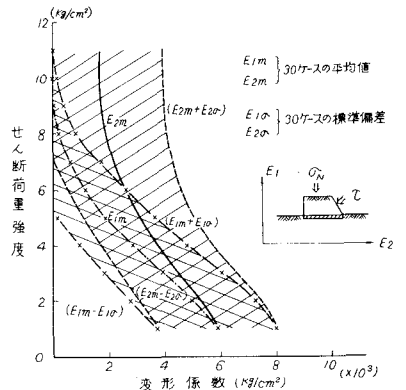


図-5 予想せん断面上の変形係数の変化とせん断荷重の大きさ