

固結したフィルダム基礎地盤の地震時安定について

愛知工業大学工学部 (学) ○吉川冬木
同 (正) 奥村哲夫・成田国朝・大根義男

1. はじめに

最近、フィルダムの基礎地盤として、第三紀や第四紀洪積世の砂地盤が多く用いられるようになった。これらの砂地盤は砂粒子間に介在する微粒子が地質年代を経て固結化し、粒子骨格に一定の構造強さを有しているが、地震時には骨格の破壊によって基礎の急激な沈下や、すべり破壊を誘発することが考えられる。筆者ら¹⁾は先に、この種の砂地盤の地震時安定性に関して1つの評価方法を提案したが、この中で地盤内の応力状態の算定には弾性応力解を用い、これを静的に重ね合わせる簡便手法をとった。

本研究は、応力状態の算定にFEM動的応答解析を導入した結果を示し、弾性応力解と比較しながら基礎地盤の地震時安定性を論じるものである。

2. 解析方法

本解析で必要となる評価手順を図-1に示す。

- ①初期応力を求める。
- ②繰り返しせん断応力比 $L (= \tau_d / \sigma_v')$ を求める。動的応答解析では τ_d は、各微小時間毎に求められた τ_{xy} とする。
- ③動的強度試験の結果²⁾を踏まえ、初期せん断応力 τ_s と繰り返しせん断応力 τ_d の比 (τ_s / τ_d) が1.0以上では破壊しないと判断する。
- ④正規圧密状態と過圧密状態で動的強度の推定式が異なるため、初期平均主応力 σ_m' と先行圧縮応力 p_o とを比較して正規圧密か否かを識別する。
- ⑤地盤のN-値から一軸圧縮強度 q_u 値を推定し、動的強度 R_d を算出する。
- ⑥動的強度 R_d から動的強度比 R を定める。
- ⑦②で求めた繰り返しせん断応力比 L と⑥で求めた動的強度比 R との比をとり、動的破壊に対する安全率 F_L を求める。

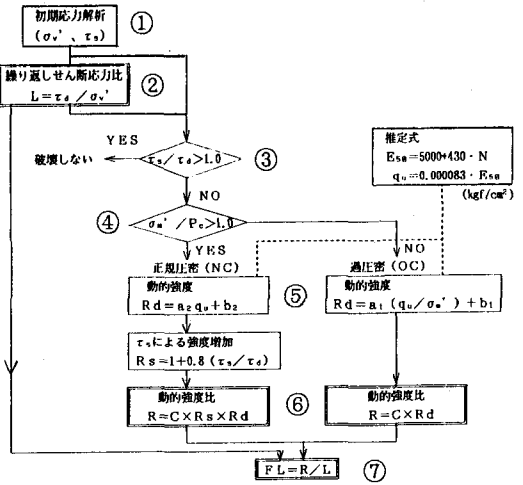


図-1 評価手順

3. 解析条件

図-2は計算に用いた断面であり、実在のアースフィルダム(堤高52m)の断面をモデル化したものである。なお、今回のFEM計算は等価線形化法を用いているため、土の非線形性を表すモデルが必要となってくる。そこで、力学モデルとしてHardin-Drnevichモデルを用い、その際必要とされるパラメータを表-1に示した。

4. 解析結果と考察

図-3は、地盤のN-値を50一定とし、基礎で

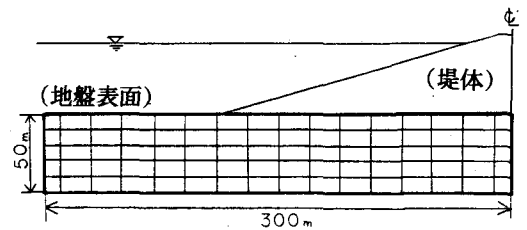


図-2 解析断面(ダム軸上流側のみ表示)

表-1 H-Dモデルにおけるパラメータ

	G _k	m	γ _k	n	h ₀
堤体	460	0.55	6.4 × 10 ⁻⁴	0.138	0.14
基礎地盤	2100	0.52	3.05 × 10 ⁻⁴	0.340	0.17

$G_0 = G_k \cdot (\sigma_m')^m$ (G_k: kgf/cm²)

$\gamma_r = \gamma_k \cdot (\sigma_m')^n$

の入力加速度 α を 260gal、振動数 f を 2Hz (正弦波) として求めた動的応答解析による F_L 値分布と、 $\alpha = 260\text{gal}$ を地盤表面に与え弾性応力解によって求めた F_L 値分布を示している。なお、図中各要素内に点を付したものは、この部分が正規圧密状態 (NC) であることを示している。動的応答解析による (a) 図の結果をみると、 $F_L < 1.5$ の領域は斜面先下方近くに現れている。この理由として、 $F_L < 1.5$ の領域では繰り返しせん断応力比 L が大きいことや逆に、動的強度が低いことなどが考えられる。

まず、地盤内の L 値 ($=\tau_d/\sigma_v'$) を調べてみると、図-4 (a) のようになる (動的応答解析)。繰り返しせん断応力比 L は斜面先下方あたりが最も大きな値を示し、深部に向かうほど小さく、しかも左右に広がっており、 $F_L < 1.5$ の分布形状に近いものとなっている。

同様の傾向が弾性応力解においても認められる。図-3 (b) と図-4 (b) を見ると、繰り返しせん断応力比 L の等値線は円弧状の緩やかな曲線で L 値も斜面先下方に近いほど大きく、 $F_L < 1.5$ の分布形と似かよっていることが分かる。

次に、動的強度の影響を動的応答解析の結果に着目して調べてみると以下のようなになる。図-3 (a) で、 $F_L < 1.5$ の領域は全て正規圧密状態となっている。正規圧密状態下では初期せん断応力 τ_s の作用によって強度が増大し、増大の程度 R_s は τ_s/τ_d の大きさに支配される²⁾。図-5 および図-6 は τ_s および τ_d の等値線を示している。両図から、斜面先下方近くの τ_s/τ_d 値は相対的にダム軸および池敷下方よりも小さくなっていることが分かる。すなわち、この領域の強度は他と比較して小さく F_L 値が低くなる。

5. まとめ

固結したフィルダム基礎地盤の地震時安定を動的応答解析と弾性応力解を用いて比較検討したところ、両者共に繰り返しせん断応力比 L が斜面先下方付近で大きな値を示す傾向にあることが分かった。今後の課題として、先行圧縮応力 p_c の違いによる F_L 値の分布を調べる必要がある。

《参考文献》

- 1) 奥村他(1991) : 第17回ICOLD, (投稿中)
- 2) 奥村他(1989) : 土質論集, Vol. 29, No. 2, pp. 169~180

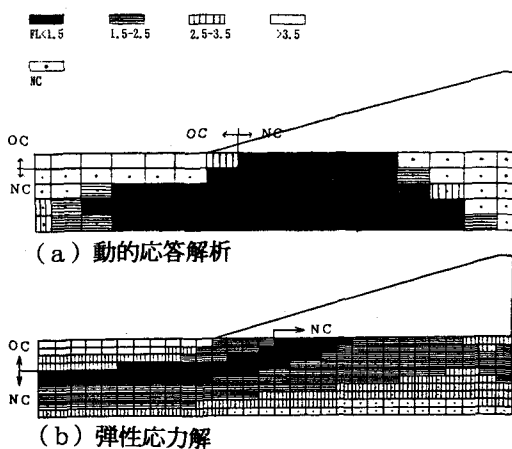


図-3 F_L 値分布 ($P_c=1.0\text{kgf/cm}^2$)

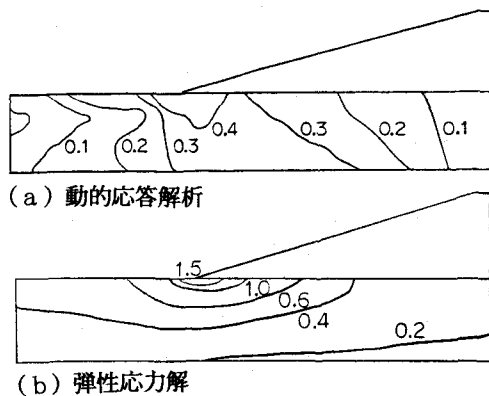


図-4 繰り返しせん断応力比 L の等値線

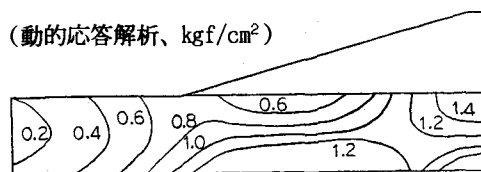


図-5 初期せん断応力 τ_s の等値線

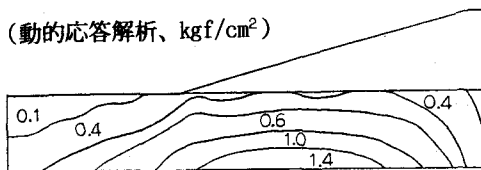


図-6 繰り返しせん断応力 τ_d の等値線