

III-247

混合体理論による飽和岩盤の動的挙動に関する基礎的研究

山口県 正員 松本守正
名古屋大学 正員 Ömer Aydan
同 上 正員 京谷孝史
同 上 正員 市川康明

1. はじめに

現在、建設中の本州四国連絡橋などの大規模な橋梁の中にはその基礎支持基盤を堆積岩としているものがある。これらの岩盤は地下水面下や海中で完全飽和状態にあり、その応力、変形挙動に間隙水の影響を受けやすいとされる。このような現象は単に水の動きのみによるものではなく、地盤の骨格系と水の複雑な相互作用のもとに生じるものであり、応力と浸透の連成問題として取り扱うことが望ましい。

本研究では、まず水で完全に飽和した岩盤を対象に混合体理論の立場から応力、浸透連成場の支配方程式を導出し、有限要素法による数値解析手法を定式化した。つづいて、岩盤斜面に対して動的ならびに静的解析を行い、岩盤挙動について比較検討を行った。また、パラメトリックスタディーを行い解析手法自体の特徴を調べた。

2. 解析方法

1. 岩盤斜面の動的ならびに静的解析方法

有限要素分割図および境界条件を Fig. 1 に示す。ここで、図中の太線は粘性境界を表している。つぎに、地震波として、粘性境界上 ($L-L'$) より $A = A_0 \sin \omega t$ なる加速度をつぎの3通り入力した。

1) x 方向 2) y 方向 3) x 方向, y 方向

ここで、 $A_0 = -0.48 g$ (x 方向)、 $A_0 = -0.24 g$ (y 方向)、 $\omega = 6\pi$ とする。詳しい入力値は Table. 1 を参照。さらに、これらの各ケースに対して、Fig. 1 に示した節点 (A,B,C,D,E,F)、要素 (G,H) での変位、間隙水圧の時間的変化を求める。

また、同じ領域に対して、震度法により静的解析を行う。ここで、水平震度、鉛直震度を 0.48、0.24 とする。

2. パラメトリックスタディ

まず、用いたモデルの有限要素分割図および境界条件を Fig. 2 に示す。ここでは、上部から $F = F_0 \sin \omega t$ ($F_0 = -200t/m$) なる分布荷重を加える。さらに、間隙率 n_f 、固相粒子と水の圧縮率の比 K_s/K_f 、角振動数 ω の値を変えて各ケースごとの岩盤挙動について調べる。変位を出力する節点は Fig. 2 中の A、B、C の3点であり、詳しい入力値は Table. 2 に示す。

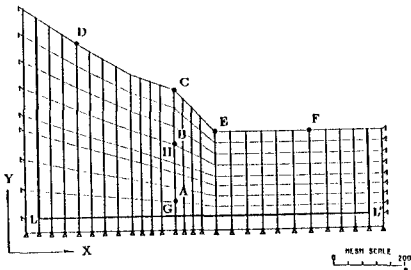


Fig. 1 Finite element mesh of the rock slope used in the dynamic analysis.

Property	Unit	Value
Elastic modulus E	tonf/m ²	1.317×10^6
Poisson's ratio ν		0.18
Unit wt. of solid γ^s	tonf/m ³	2.6
Unit wt. of water γ^f	tonf/m ³	1.0
$\alpha = 1 - K_f/K_s$		0.6098
Fluid compressibility K_f	tonf/m ²	0.2364×10^6
Hyd. resistivity η/k	tonfs/m ²	3456.00
Porosity u		0.236

Table. 1 Material properties used in the dynamic analysis.

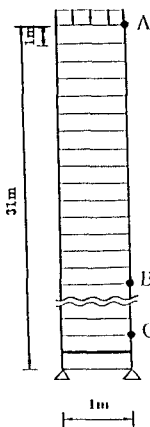


Fig. 2 Finite element mesh used for the purpose of the parametric studies.

Property	Unit	Value
Poisson's ratio ν		0.18
Unit wt. of solid γ^s	tonf/m ³	2.6
Unit wt. of water γ^f	tonf/m ³	1.0
Fluid compressibility K_f	tonf/m ²	0.2364×10^6

	$K_f/K_s = 1$	$K_f/K_s = 5$	$K_f/K_s = 10$
$n=0.1$	CASE 1	CASE 2	CASE 3
$n=0.3$	CASE 4	CASE 5	CASE 6
$n=0.5$	CASE 7	CASE 8	CASE 9

ただし、 $f = 3$

	$f = 1$	$f = 5$	$f = 10$
$n=0.3$	CASE 10	CASE 11	CASE 12

ただし、 $K_f/K_s = 5$

Table. 2 Material properties and variation of certain parameters for different cases used in the parametric studies.

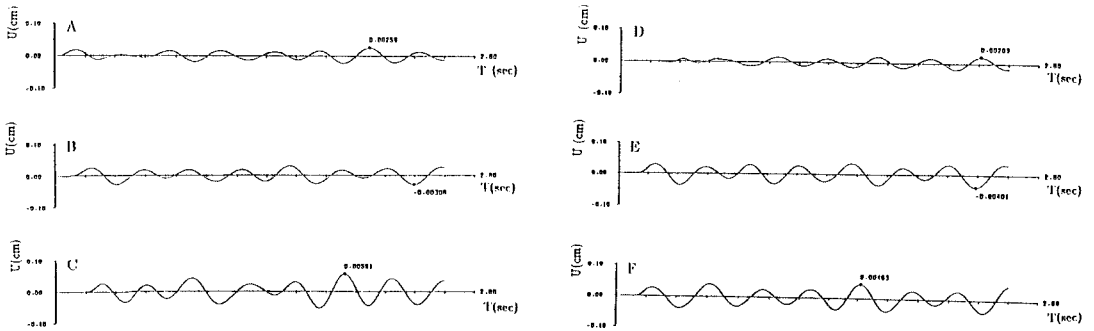


Fig. 3 Displacements in the solid part of the rock mass

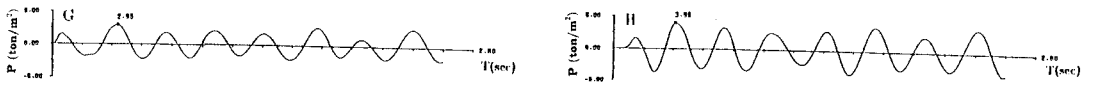


Fig. 4 Pore pressure variation versus time.

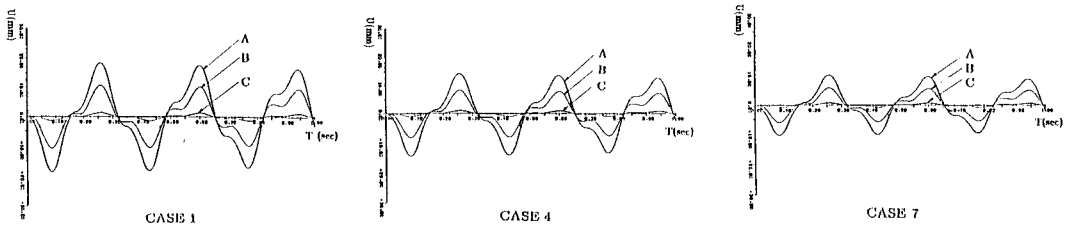


Fig. 5 Displacement response U of saturated rock at points A, B and C for various values of porosity n_f .

3. 解析結果および考察

Fig. 3、Fig. 4 に動的解析 (x, y 両方向から加速度を入力) によって得られた節点 A から F における地山の変位、要素 G および H における過剰間隙水圧の時間変化を示す。Fig. 3 において節点 A、B、C の変位を見ると、基盤から地表部に向かうにつれて振幅が増幅されていく様子が伺える。また、地表面に沿った点 D、E、F の変位を見ると、斜面頂部 C 点の変位が最も大きくなっており、地表面におけるこのような凸部において地震波が増幅されることを示している。要素 G、H における過剰間隙水圧も変位と同様の基盤から地表部に向かうにつれて振幅が増幅されていく傾向が見られる。

Fig. 5 にパラメトリックスタディとして行った 3 ケースの各節点変位の時間的変化を示す。Fig. 5 を見ると、間隙率を増加させると固相骨格の弾性係数が減少するにもかかわらず、骨格変位の振幅は減少している。これは、弾性係数の減少による振幅の増加に比べ、間隙率の増加に伴う水による減衰効果がより大きく影響するためであると考えられる。

4. 結論

1) 誘導した支配方程式を用いて動的解析を行った結果、各節点要素ごとの変位および水圧は、岩盤底部より地表面に向かってその振幅が増幅される傾向がみられた。また、各節点の最大変位は静的震度法解析の結果と比較すると 1 オーダー小さい値となった。

2) パラメトリックスタディを行うことにより、支配方程式に含まれる間隙率や体積弾性係数などのパラメータが解析結果に与える影響を検討した。

参考文献

- 1) Eksioglu, S., Ö. Aydan, Y. Ichikawa & T. Kawamoto: Wave propagation in saturated porous media. 第 3 回計算力学シンポジウム, pp.381-390. 1989.