

1. まえがき

擁壁に作用する地震時土圧の研究は数多くなされており、大きな成果を収めている。従来の研究を見直したとき次の点が検討課題として残されている。(1) 逆T式擁壁に関する研究が少ない。(2) 入力加速度、土圧、応答加速度・変位の間の関係が明確でない。(3) 地震時土圧の問題は本来、裏込めと擁壁との相互作用問題であるが、従来の研究、特に実験では、振動中に擁壁に外部から強制変位を与えて問題を検討していることが多い。(4) 物部・岡部式の妥当性。

本研究では以上の点に留意しながら、初期から定常状態に至るまでの地震時土圧の特性を解析的に検討する。

2. 解析の方法

2次元動的弾塑性FEM解析を行った。地盤・擁壁系の運動方程式は次のようである。

$$[M]\ddot{\mathbf{u}} + [C]\dot{\mathbf{u}} + [K]\mathbf{u} = \mathbf{F}(t) \quad (1)$$

ここで、 $\mathbf{u}$ は境界に対する相対変位。 $[M]$ 、 $[K]$ は質量、剛性マトリクス。 $[C]$ は粘性係数マトリクスで次のようなレーレー減衰を用いた。

$$[C] = \alpha[M] + \beta[K] \quad (2)$$

α 、 β は定数である。構造系が弾塑性性応答するときには $[K]\mathbf{u}$ の項がそれに応じて変化する。地盤の初期状態は次のようにして解析的に作成した。まず、地盤の強度定数 c_F 、 $\tan\phi_F$ を次のように決める。

$$c_F = c/F, \quad \tan\phi_F = \tan\phi/F \quad (3)$$

最初 F を小さくすると、地盤はほぼ弾性状態である。 F を少しずつ大きくし、1に至らしめる。このような操作により地盤の初期状態を設定した。

3. 解析の対象

図1のような高さ1mの逆T式擁壁（模型をモデル化したもの）を例にして検討する。裏込めと擁壁底版下には砂（ ϕ 材）を用いた。土質定数は図2に示した。砂は弾完全塑性体とした。擁壁はコンクリートから成るとし、弾性体と仮定した。周囲の境界上に水平の正弦振動を入力させた。水平振動の諸元は、振幅200gal、周期0.05秒である。差分時間間隔は0.0005秒とした。

4. 解析結果

図3に節点33に関する共振曲線を示す。他の節点についても同様である。入力加速度200galの場合で、弾性と弾塑性性のケースを示した。共振周波数はほぼ27Hzで3～3.5倍の増幅を示している。弾塑性状態を示す場合の方が増幅率が少

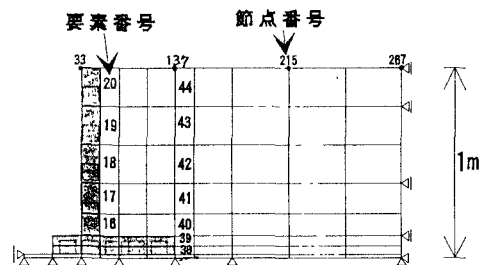


図1 解析対象と要素分割

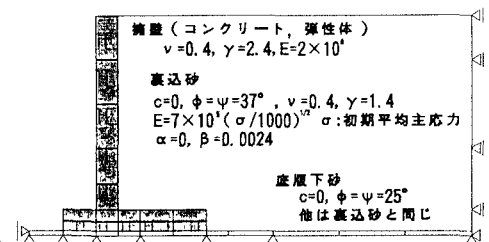


図2 材料定数（単位gf, cm, sec）

し小さい。

図4は入力加速度（200gal, 20Hz）、節点33の応答加速度（節点137でもほぼ同じだった）節点33の応答変位の時間変化と全水平壁面土圧（鉛直壁面部の）極大・極小点を表す。応答加速度は入力加速度より少し位相遅れがある。また全土圧は応答変位と同位相で変化することがわかる。すなわち裏込砂の慣性力が壁を押し出す方向に作用したとき壁は滑り出し、すべり量が極大になったとき（裏込砂の水平変位が最も大きくなったとき）全土圧も極大になる。全土圧の極小値は裏込が壁から離れるように図1で右方に動いた時に生じる。

図5はFEMにより決定された土圧分布を示す。初期土圧と10波目の極大・極小土圧分布が示されている。図4よりわかるように最大全土圧は2波目に生じるが、10波目の土圧分布もそれと大きく変わらない。繰り返しさらに起こり擁壁のすべり変位量が増加すると土圧はより小さくなってゆくであろう。図5には予測土圧として、 $K_0=0.5$ の線と主働土圧 $K_a=0.25$ 線を示したが極大土圧分布からはほど遠い。入力加速度が200galで地表面の応答加速度が約400gal（図4）であるので、2種類の物部・岡部土圧線を図5の中に示した。400galを想定してもまだ極大土圧分布には達していない。そこで、底版より上の土塊重量に震度係数 $K_h=0.2$ をかけ、それに初期土圧を加えたものを丸印で示した。これは、ほぼ極大土圧分布と一致している。本ケースのように地表面の応答倍率が2倍（400gal）程度以下の場合にはこのような予測が成り立つかも知れない。いずれにせよ、主働土圧に着目しても何ら合理的な予測値は得られないことがわかる。

5. まとめ

壁面に作用する地震時土圧の最大値は、初期静止土圧に裏込の一部に作用する慣性力を加えることにより評価することが合理的であり、動的弾塑性FEM計算結果とも合致する。

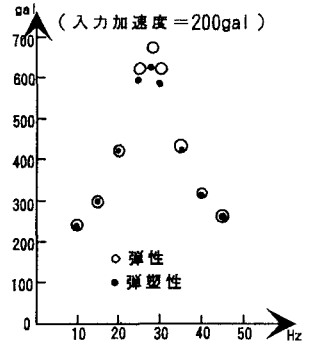


図3 共振曲線（節点33）

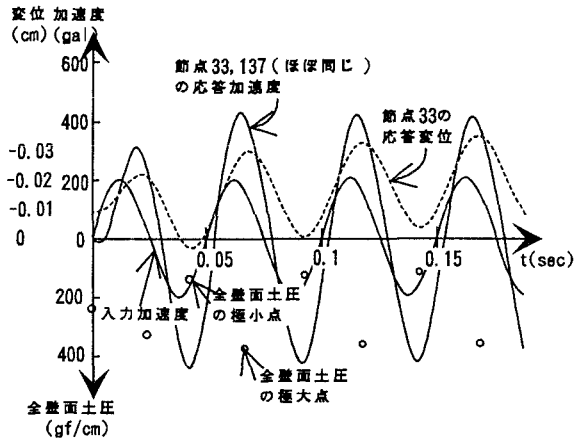


図4 入力加速度，節点33(137)の応答加速度，節点33の応答変位の時間変化及び全土圧の極大・極小点

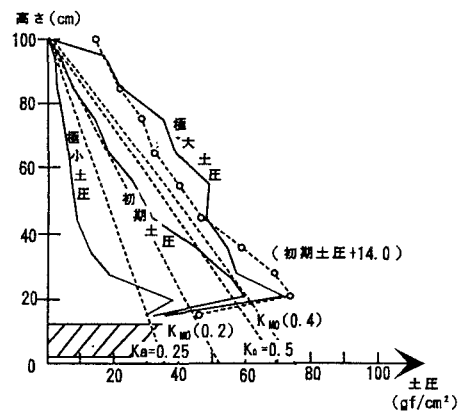


図5 計算された土圧分布と予測土圧