

愛知工業大学 正会員 大根義男 愛知工業大学 正会員 田俵正俊
日本技研(株) 正会員 村瀬祐司 愛知工業大学 学生員 小嶋寿磨

1.はじめに 土質力学の発展は近年における大型で、しかも複雑な構造のフィルダムの建設を可能ならしめた。フィルダムの大きな利点として基礎地盤の制約をあまりうけない事が挙げられるが、このことは反面、特に軟弱地盤やルーズな砂地盤上に建設された場合には、地震時における安全性の確保に十分な配慮がなされなければならないことを意味する。本報告では、砂地盤について剛性ならびに減衰比のみずみ依存性を取り入れた非線型振動解析を行ない、この時、振動中の発生間げき水圧を考慮して、逐次破壊的現象としての液状化の追跡を試みたので、ここに解析結果の一部を紹介する。

2.解析方法 本解析においては、有限要素法を用いて非線型性の逐次積分計算を行なうものであり、運動方程式は、式(1)である。

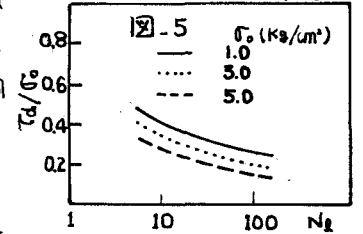
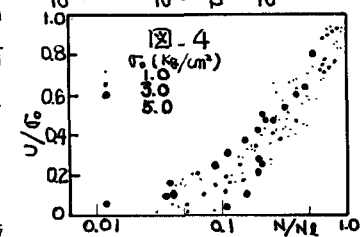
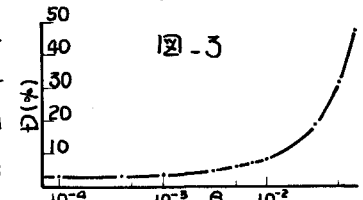
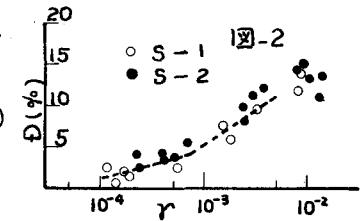
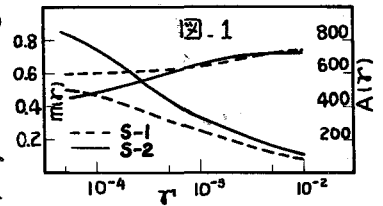
$$[M]\ddot{x} + [C]\dot{x} + [K]x = f \quad \dots (1)$$

ここで[C]は $\alpha[M] + \beta[K]$ の形で与え、[C]および[K]は時間毎に作り直す。

2.1 非線型性の導入 土の動弾性係数(E_d)減衰比(D)はせん断みずみ(γ)によって大きく変化することが知られている。そこで E_d 、 D および γ の関係を、動的三軸試験の結果を基に整理すると、図1,2のように示すことができる。図1は剛性率(G)が一般に、 $G = A(\gamma)\sigma_v^{m(\gamma)}$...(2)で近似できることから、 γ と $A(\gamma)$ 、 $m(\gamma)$ の関係を示したものである。

計算においては、ポアソン比 ν を0.49として、動弾性係数を求めて[K]を時間毎に作り直した。 σ_v は有効拘束圧、 $A(\gamma)$ 、 $m(\gamma)$ は実験結果を G と G について各みずみで整理したときの切片傾き。次に減衰比については、図2に示すごとく減衰比がせん断みずみに依存しているので、各要素についてのせん断みずみに対応する減衰比を各要素に入れ、全体の[C]を構成する。計算では $\alpha[M] + \beta[K]$ を各要素について作り、重ね合わせる。 α 、 β については、解析モデルに対しせん断みずみが弾性、弾塑性領域各々で減衰比と α 、 β の関係を数値実験より求めた。その結果、図3の減衰比と β の関係を得た。 α については、減衰比に影響しなかったので、 $\alpha = 1.0$ とした。

2.2 液状化判定の導入 砂地盤の動的応答解析を行なうとき、液状化の影響は無視できないものである。地震時の液状化は、一般にせん断応力 τ_d の繰返し載荷によって生ずることが知られている。同時にこのことは振動三軸試験によると、 τ_d の繰返し回数に依り、また、その度合は、せん断応力振巾 τ_d の大きさによるなどが知られていることから、実験結果を不規則波への適用性を考慮し間げき水圧 u を



求めた。そこで間げき水圧 u が発生した要素については、式(2)の σ_0 の代わりに $(\sigma_0 - u)$ を用い、式(3)から動弾性係数 E_d を求めた。 $G = E_d / 2(1 + \nu) \dots (3)$ 。図4.5は、本研究室で得られた実験結果である。ここで u は液状化により発生した間げき水圧、 σ_0 は初期有効拘束圧、 N は繰返し回数、 N_L は N_d に対して決まる完全液状化までの回数である。また限界せん断応力振巾 τ_{li} を考え、 $\tau_k < \tau_{li}$ では $N_L = \infty$ とした。

3. 解析結果 解析モデルは図6に示す堤体、余水吐を含む砂質地山について、地下水位を図の位置に考えて振動解析を行なった。堤体、基礎及び地下水面より上では液状化が起こらないものとしている。外力としては、1968年の十勝沖地震NS成分の水平加速度記録を用い、モデルの固定辺に強制外力として与えた。図7は、モデル地山内の剛性変化を E_d/E_0 (E_0 は初期動弾性係数、 E_d はその時刻でのせん断ひずみに相当する動弾性係数) で表わしたものであり、(A)は地下水位を考慮しない場合、(B)は液状化を考えた場合である。両者比較すると、(B)の方が間げき水圧発生の影響から剛性の低下の幾分早いのがわかる。図8は、間げき水圧発生の様子 u/σ_0 の百分率分布で示したもので、間げき水圧の発生は、 u/σ_0 において最高25%程度を表わした。モデルの余水吐付近での間げき水圧発生の進行の早いのがわかる。図9は、モデル内の応力状態を、間げき水圧の発生を考えたもの(A)と、発生を考慮しない(B)について、モールローロン破壊規準から、破壊包絡線にどのくらい近づいたかを、図中に示した。C.R.F.なる値を定義して、ある時刻での破壊領域の分布を示したものである。

《参考文献》 1) 大根・村瀬 フィルガムの地震時安定解析、第3回土木工学研究発表会(1978) 2) 大根・奥村 愛知工業大学研究報告 No.13 (1978) 3) 大根・田後・建部 動的間隙水圧を考慮したアースダムの振動解析、第33回土木学会講演集(1978) 4) 石原研而 工質動力学の基礎。

