

建設省土木研究所 正員○松尾 修

〃 〃 佐々木康

〃 〃 唐沢安秋

1. まえがき

筆者らは前に、地震による盛土の沈下量を計算する手法を堤防の模型振動実験に対して適用し、実験値と計算値が比較的良い一致を示すことを報告した¹⁾。今回、新たに堤防の模型振動実験を行い、地震による盛土の沈下量に関するデータを得たので、本手法を適用して実験値との比較検討を行った。

2. 変形量計算法の説明

変形量計算法は前報¹⁾に説明しているもので、ここでは要点のみを説明する。この方法の基本的な考え方は、たとえば図-1に示すような土の繰返しせん断によるひずみの累積現象を、変形係数の低下(図中、 G^* により示す。)という形で表わし、この係数を用いて盛土の静的解析を行うことにより最終的な変形量を見出そうとするものである。ここに、盛土の地震時応答とその間の土要素の変形係数の低下は切り離して取り扱われる。具体的には、はじめに2次元有限要素法を用いて非線形の静的・動的解析を行って初期応力および地震時応力を算定する。そして、土の累積変形特性については、いくつかの拘束応力、初期せん断応力、および繰返しせん断応力の組合せの下で繰返しせん断試験を別途実施して求めておく。つぎに、これら2つの結果を用いて各有限要素の地震後の変形係数を $G^* = (\tau_s + \tau_d) / \gamma_d$ (おは無視する。)により求め、これを用いて再び静的線形解析を行うことにより変形解を得ようとするものである。

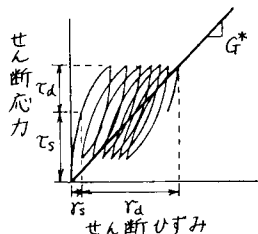


図-1 応力-ひずみ関係

3. 模型振動実験の概要²⁾

本手法の適用対象とした堤防の模型振動実験の概要について、ここで簡単に述べておく。模型は、振動台の上に据え付けた、長さ8m、高さ2m、奥行1mの鋼製土槽の中に、図-2に示す形状寸法の模型を作成した。試料はしらす($G_s = 2.288$, $D_{50} = 0.25\text{mm}$, $U_c = 4.3$, $\rho_{dmax} = 1.09\text{g/cm}^3$, $\rho_{dmin} = 0.798\text{g/cm}^3$)であり、模型の密度は平均値で堤体部が $\rho_d = 0.84\text{g/cm}^3$ ($w = 22.5\%$)、地盤部が $\rho_d = 0.941\text{g/cm}^3$ であった。地盤部は模型築造後に水浸させた。この模型を長手方向に正弦波加速度で水平加振した。

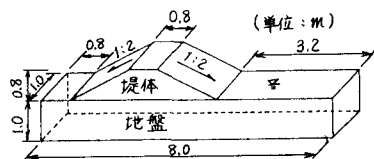


図-2 実験模型形状

加振周波数は5Hz、継続時間は20secである。この条件で、各加振の間に30分以上の時間を置いて、110, 150, 190, 210, および250galで加振した。実験結果については次節で述べている。

4. 結果と考察 — 実験値と計算値の比較検討 —

図-3に解析モデルを示す。境界拘束条件としては、左右側面の鉛直方向のみ自由としている。つぎに、図-4には初期応力解析および動的応力解析により得られた、初期せん断応力比 τ_s/σ'_0 、動的せん断応力比 τ_d/σ'_0 の分布を示す。ここに、 τ_s , τ_d ともに水平面上のせん断応力を与え、 τ_d については平均振幅をとっている。また、 σ'_0 は初期有効鉛直応力である。この図より、初期せん断応力比はのり面からのり尻地盤にかけて集中して大きくなっており、また、動的せん断応力比はのり尻部からのり先地盤上部で大きく発生していることがわかる。つぎに、いくつかの含水条

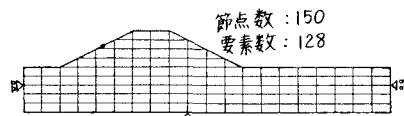


図-3 解析モデル

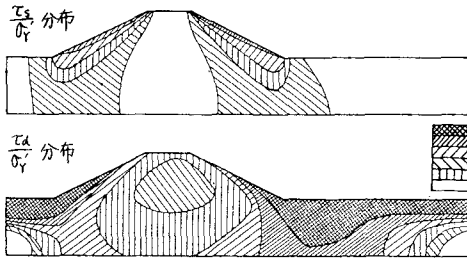


図-4 応力比の分布 (210 gal加振時)

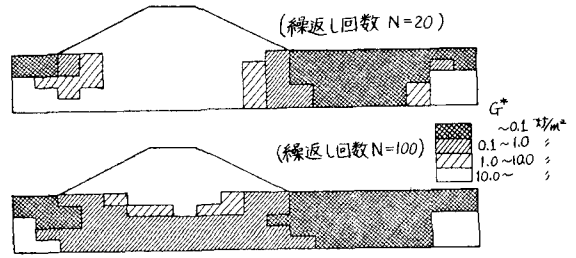


図-5 G^* の分布 (210 gal加振時)

件、密度、応力条件の組合せの下に実施した繰返しせん断試験の結果をもとに、図-3の各要素について、図-4で与えられた応力解に基づいて、加振中あるいは加振後の G^* を求めたのが図-5である。この図より、のり尻からのり先に至る地盤の剛性低下がきわめて著しく、繰返し回数が多くなると剛性低下の範囲が広がっていることがわかる。これは主に繰返しせん断による液状化に起因するものであり、図-6に示した過剰間隙水圧比の分布形状(実験結果)と良い対応を示していることがわかる。また、堤体には顕著な剛性低下が表われていないが、これは堤体が不飽和であり、繰返しせん断によるひずみの累積が小さいためである。図-6に示した G^* を用いて最終的な変形解を求めてみたのが図-7である。これに対応する変形の実験結果を図-8に示すが、これらを比較すると、いずれも右側の斜面からのり先に至る地盤の深い所まで側方変位を生じていることがわかる。図-9には210 gal加振時の天端沈下量と繰返し回数の関係を実験値とともに示した。この図で、計算値、実験値のいずれも繰返し回数とともに沈下量は増加しているが、繰返し回数の少いところで特に大きな差が見られる。すなわち、実験では加振開始早々に沈下が始まっているのに対し、計算では繰返し回数が20回あたりまではほとんど沈下を生じていない。この差の原因としては、計算モデルが連続体であるため、クラックなどによる不連続な変形が十分追いつけないこと、逐時解析でないこと、および模型内土要素の応力-ひずみ関係を繰返しせん断試験結果でよく表わされていないことなどが考えられる。最後に、加振加速度と天端沈下量の関係を求めて図-10に示した。この図で、沈下が急増し始める加速度の大きさにやや差があるが、沈下がある加速度を境に急増する傾向およびその増加の勾配など近似しており、前に指適したいくつかの事項に検討・改良を加えていくことにより、本手法の精度はより良くなっていくものと考えられる。

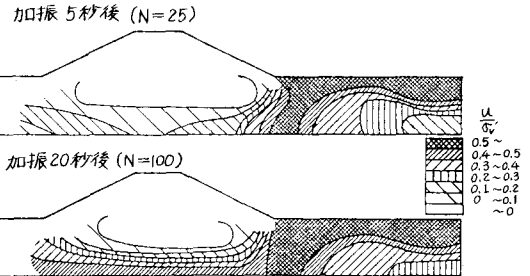


図-6 過剰間隙水圧比の分布 (210 gal加振時)

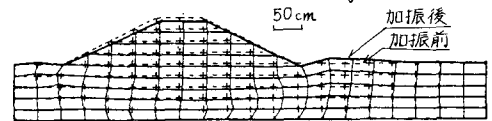


図-7 変形解 (210 gal, N=100)

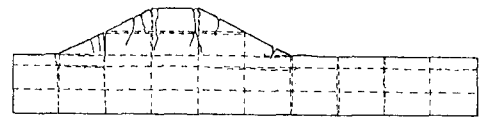


図-8 実験結果 (同上)

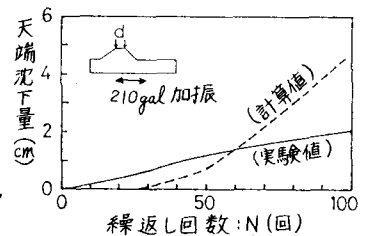


図-9 天端沈下量と繰返し回数

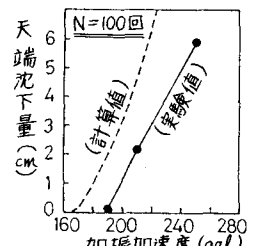


図-10 天端沈下量と加振加速度の関係

(参考文献) 1) 佐々木, 松尾, 館山 (1982): 盛土の地震による変形量の解析手法, 第17回土工学研究発表会講演集, pp.1893~1896. 2) 佐々木, 松尾, 館山 (1983): 堤防の耐震補強対策の効果に関する模型振動実験, 第18回同1) (投稿中). 3) 佐々木, 松尾, 館山 (1982): 繰返しせん断によるラスの累積変形特性, 同1), pp.1613~1616.