

(株)建設技研研究所 〇五 頼伸吾

建設省土木研究所 佐々木 康

建設省土木研究所 古賀 泰之

1. まえがき

地震による河川堤防の被害を軽減するために過去の被害例や実験結果を合理的に説明できる堤防の地震時安定解析法を確立する必要がある。今回大型振動台による堤防の大型模型実験を実施し、また新しく開発した動的非線形有限要素法解析プログラムを用いて地震時安定解析を行った。

2. 模型振動実験

2.1 実験方法

実験には科学技術庁防災センターに設置されている大型振動台を用いた。振動台は15×15mである。地盤および盛土に用いた材料は千葉県浅間山から採取した細砂である。この砂の粒径加積曲線を図2-1に示す。図2-2に今回の実験に用いた模型及び観測器機配置図を示す。振動実験はそれぞれのタイプについて加振加速度20, 40galの共振実験および加振加速度100, 200galの破壊実験を行った。

2.2 実験結果

図2-3に破壊実験結果の1例を示す。変位～時間曲線と破壊後の形状図からTYPE-Iは全体的すべり、沈下が生じている。沈下量は48cm程度。TYPE-IIは盛土高さを高くすることによる拘束圧の増加及びのり戻付近のせん断力の増加等により表層付近でのりすべり破壊が生じていると考えられる。このことは変位～時間曲線に見られる。つまり、堤体中央部の沈下についてはTYPE-Iの25cmに対してTYPE-IIでは5cm程度である。またのり戻の水平変位量は両者40数cmで若干TYPE-IIが大きくなっている。

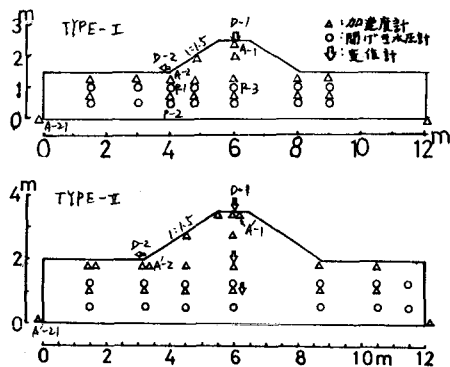


図2-2. 模型図

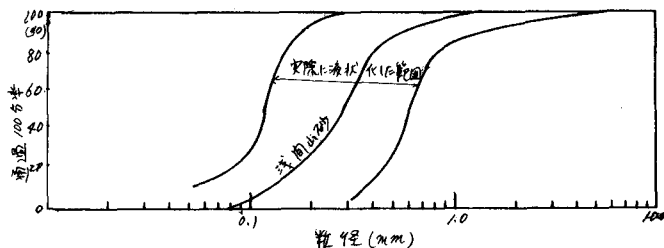
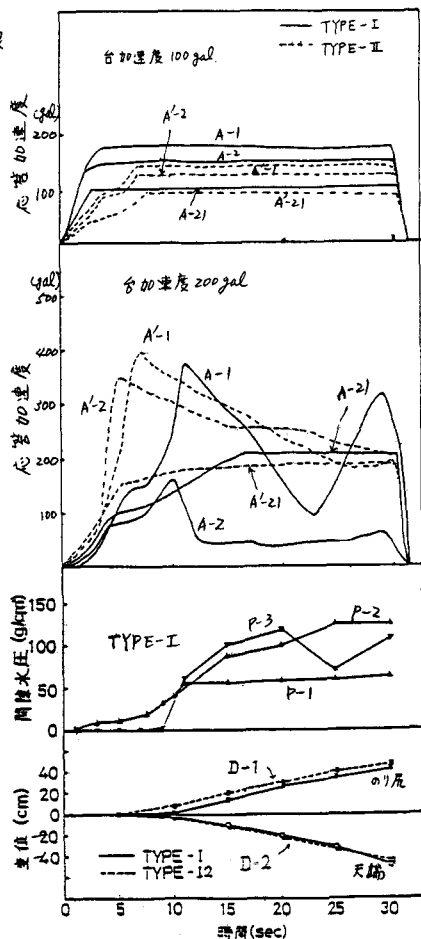


図2-1 粒径加積曲線

図2-3 →
破壊実験結果
の1例。



3. 有限要素法による動的応答解析

3.1 解析方法

堤体の安定解析として有限要素法による動的応答解析を行い、実験結果と比較しその適用性について検討を加えた。本解析に用いたプログラム(名称SADAP)においては土の非線型性を考慮した静的および動的解析が可能である。本解析においては、次式のHardin-Drenovitchモデルを用いて土の応力歪関係を表わす。このモデルを用いて動的荷重を受ける土の応力歪関係を逐次追跡することが出来る。

- ・ 骨格曲線 (skeleton curve),
- ・ 持線せん断弾性係数 G

$$\tau = \frac{G_0 \cdot \gamma}{1 + \alpha \frac{G_0 \cdot \gamma}{T_0}} \quad (1)$$

$$G = \frac{d\tau}{d\gamma} = G_0 \left(1 - \alpha \left| \frac{\tau}{T_0} \right| \right)^2 \quad (2)$$

- ・ 分枝曲線 (branch curve)

$$\frac{\gamma \pm \gamma_0}{z} = f \left(\frac{\tau \pm \tau_0}{z} \right) \quad (3)$$

$$G = G_0 \left(1 - \alpha \left| \frac{\tau \pm \tau_0}{z T_0} \right| \right)^2 \quad (4)$$

ここに、 γ せん断ひずみ、 τ せん断応力、 G_0 初期せん断弾性係数、 T_0 せん断強度、 α は実験より求まるパラメーター。解析に用いる入力定数として、初期せん断弾性係数 G_0 、せん断強度 T_0 は次式で表わす。

$$G_0 = \alpha_1 (\sigma'_v)^{n_1} \quad (5)$$

$$T_0 = C' + \sigma'_v \tan \phi' \quad (6)$$

ここに、 σ'_v は平均有効主応力、 α_1 、 n_1 は実験より得られるパラメーター、 C' は粘着力、 ϕ' は内部摩擦角である。

表3-1に入力定数一覧を示す。またポアソン比は静的な場合 $\mu = 0.33$ 、動的な場合は非水浸部分を $\mu = 0.33$ とし、水浸部分では非排水状態をくり返し荷重を受けるものと $\mu = 0.49$ とした。今回用いた堤体モデルを図3-1に示す。これはTYPE-Iの堤体をモデル化したものであり要素数58、節点数74である。境界条件は地盤部を固定とし、端部及び対称軸上の節点は静的解析では鉛直方向自由、水平方向固定とし、動的解析では水平方向自由、鉛直方向固定とした。なお動的加振時の間隙水圧の上昇は今回の解析では考慮していない。

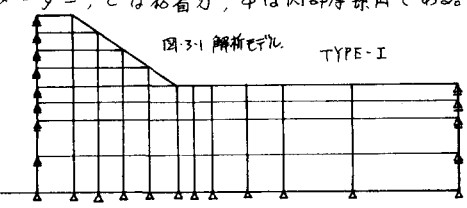


表3-1

	Richartの換算式 $\frac{700(217-C)^2}{1+E}$	n_1	ϕ'
α_1		0.5	35°
C'	0.0		
α	0.85		

3.2 解析結果

応答解析結果の一例を共振実験結果と合せ図3-2に示す。図において共振振動数、加速度応答倍率の計算値は実験値より大きくなっている。また図3-3は堤体各位置における加速度応答倍率の深さ方向分布を示したものである。但し、入力加速度100galの場合には5Hzでの応答値を用いた。この図より20、40galの小加速度では、天端での増幅率は10数倍に達するが、100galの大加速度では1.5~2.0程度の増幅率に減少している。また実験値と計算値は比較的良好に一致している。最後に本プログラムの開発に御協力いただいた(株)エフ・アイ・ピーの藤原嗣哲氏に感謝の意を表します。

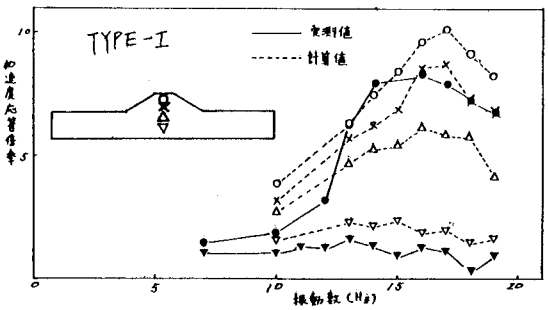


図3-2 共振曲線

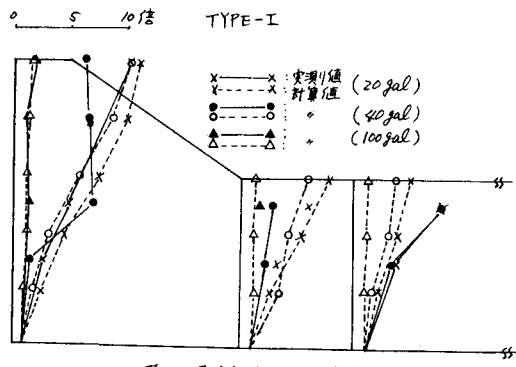


図3-3 深さ方向共振時応答倍率