

三角形体の2次元振動とせん断振動の比較

京都大学防災研究所 工博 石 崎 澄 雄
立命館大学理工学部 昌 山 直 隆
立命館大学理工学部 芹 生 正 巳

アースダムの振動性状を知るために、さきに剛地盤上にある三角形体について2次元振動を取扱い、階差法を用いて若干の数値計算を行つて、変形と主応力を求めた。さらに粘性体による堤体模型破壊実験を行つた。これらの結果から堤体両側表面においては引張り力を生じ、このために亀裂が生起し、この亀裂が次の亀裂を誘起して破壊に至るものであり、この様子は堤体の高さが小になつても変わらないことを明かにした。しかし乍ら従来アースダムは堤底巾に比して高さが小であるからせん断振動をするものとして取扱われてきたので、2次元振動の場合の変形と水平方向剪断力分布と、幅を考えたせん断振動の定常、過渡的の場合について変形とせん断力分布を求めて比較してみることにした。

(i) 2次元振動の場合；既に発表しているので数式は省略する。(第3回地震工学研究発表会講演概要)

(ii) セン断振動の場合；三角形体の頂点を原点にとり、X軸を水平方向に、y軸を鉛直方向にとる。X方向の変位を u 、堤体の高さ H 、堤体材料の剛性率を μ 、密度を ρ 、断面巾は高さに比例して変化するものとし、二等辺三角形断面とする。しかるとき次の運動方程式が成立する。

$$\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = \frac{\mu}{\rho} \cdot \frac{1}{y} \cdot \frac{\partial}{\partial y} \left(y \frac{\partial u}{\partial y} \right) \quad \dots \dots (1)$$

(a) 定常振動の場合；境界条件を $y=0$ において $\frac{\partial u}{\partial y} = 0$ 、 $y=H$ において $u = A \sin \cdot pt$ とすれば

$$u = \frac{A}{J_0 \left(\frac{p}{C} H \right)} \cdot J_0 \left(\frac{p}{C} y \right) \sin pt \quad \dots \dots (2)$$

ただし $C = (\mu / \rho)^{1/2} =$ 横波速度

(b) 過渡的振動の場合；時間を考えた階差法によつて計算することにする。堤体を y 方向に等間隔 h に区分し、ある時刻 t における任意の点 y_j における x 方向変位を u_0 とし、図のように

番号をつける。また $t-\tau, t+\tau$ の時刻における 0 点の変位を u_I, u_{II} とする。
 しかるとき(1)式は次の階差式で表わされる。

$$u_{II}=\frac{\tau^2 c^2}{h^2}\left\{\frac{1}{2i}(u_2-u_1)+u_1+u_2-2u_0\right\}+2u_0-u_I \tag{3}$$

$$\text{堤頂では } u_{II}=\frac{4\tau^2 c^2}{h^2}(u_2-u_0)-u_I+2u_0 \tag{4}$$

(3)・(4)式を用いて堤底から $A \sin p t$ で表わされる横波が入射した場合の各点の変位を微小時間毎に逐次計算することができる。

(iii) 各数値計算；堤高 10 m，間隔 1～2 m に区分し，横波速度 100 m/sec，ポアソン比 $1/3$ として，堤底より最大振幅 1，周期 0.3″ の横波が入射するものとする。1 周期 0.3″ を 40 等分し， $\tau=0.0075″$ とする。図-1 は 2 次元振動の場合の各時間における水平方向せん断力分布を示した。

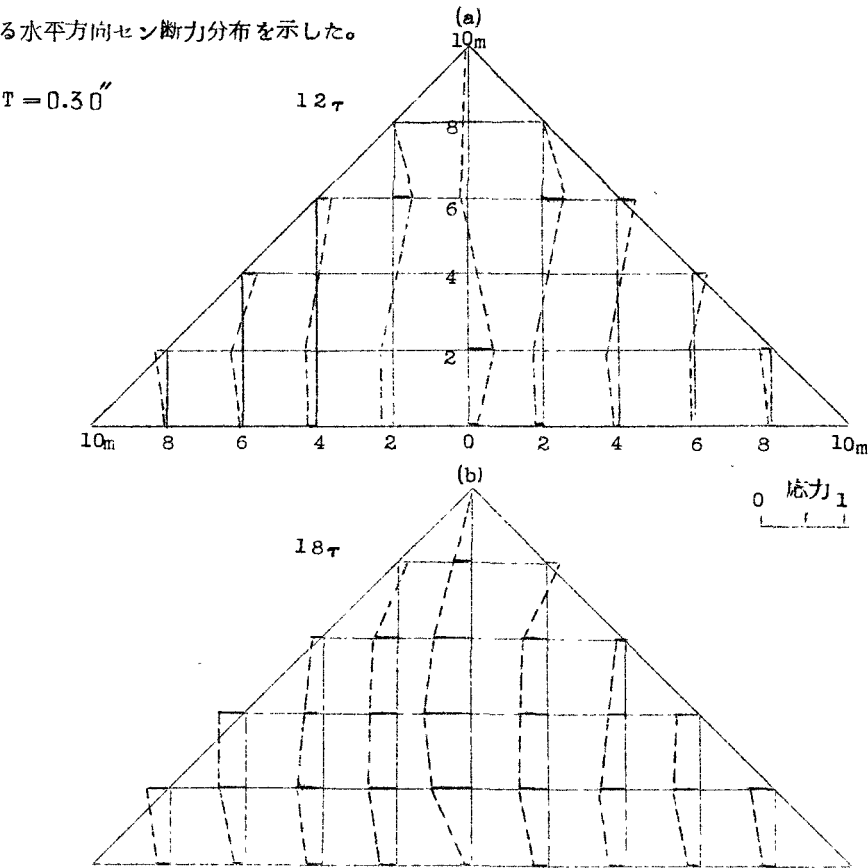
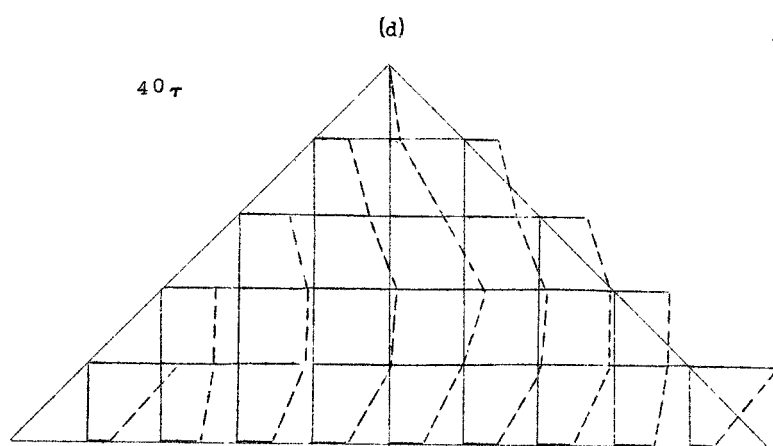
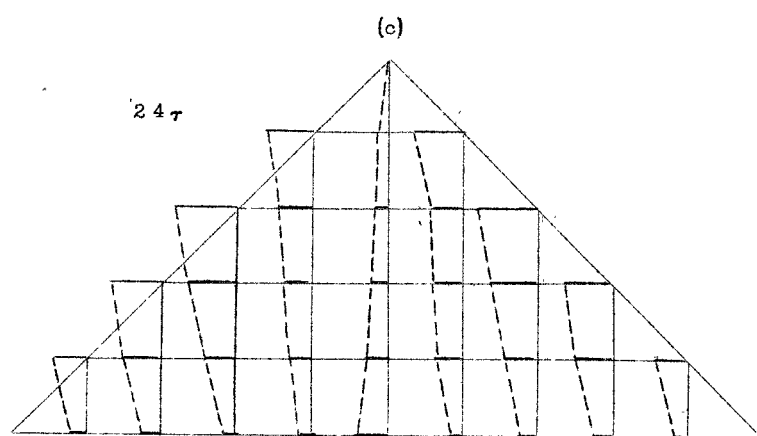
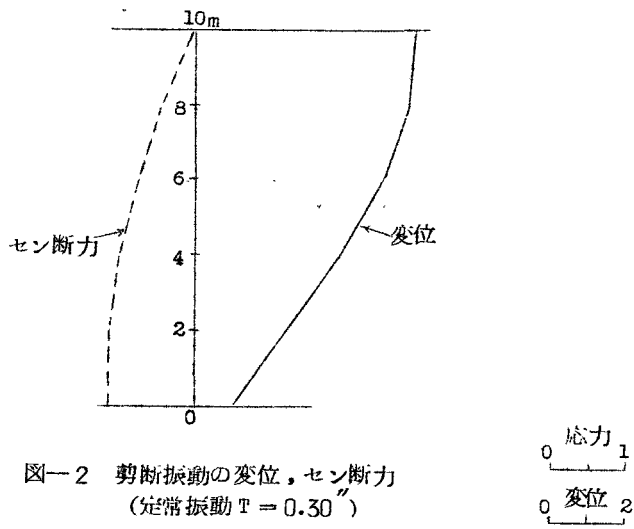


図-1 完全 2 次元水平方向剪断力分布
 (51)

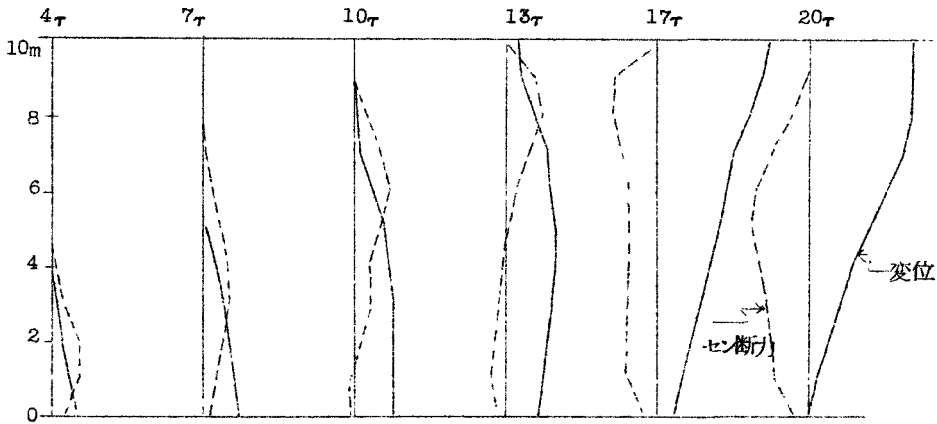


图一1 完全2次元水平方向剪断力分布

図一 2 はせん断定常振動、図一 3 はせん断過渡的振動の場合の変位とせん断力分布を示した。
 この場合の自由振動周期は $0.261''$ である。



図一 2 剪断振動の変位，せん断力
 (定常振動 $T = 0.30''$)



図一 3 剪断振動の変位，せん断力 (過渡振動)
 ($T = 0.30''$)

変形，およびせん断力分布は自由振動周期よりの長短によつて異なるはずであるが，いま加振周期 $0.3''$ の場合について計算結果を考察すると次のようになる。(1) 2 次元振動では初めの約 1 周期において，堤底のせん断力が最大になることは殆んどない。堤体中央と左右のせん断分布形は常に異なっている。 $\frac{1}{2}$ ，1 周期と $\frac{1}{2}$ 周期毎に時間の経過とともに変位，せん

断力は大になる。セン断力最大位置は時間とともに変化する。(2)セン断定常振動ではセン断力は堤底部で最大になる。(3)セン断過渡的振動では約 14τ までは最大セン断力位置が次第に上方に移行し、さらに時間の経過とともに下方に移行し、次第に大きなセン断力を示し、約1周期で定常振動の場合の最大セン断力を越える。

以上の結果から2次元振動とセン断振動とは全くそのセン断力分布が異なっており、実際アースダムがセン断力によつて破壊するとしても従来の考え方では極めて不完全であることが知られる。なお加振周期 $0.24''$ 、 $0.42''$ の場合についても計算を進めている。