

§1. 序言

経験によればエタムは屡々震害をうけてゐる。最近は工機力学と施工法の進歩により非常に高いものを作りうるようになった。このため耐震性の検討は重要な問題となつてきた。エタムの耐震設計の現行方法は震度法によつてゐる。この方法では通常は水平震力係数のみを考慮し、その値は満水時0.12~0.20、空座時0.06~0.10である。地震に対するエタムの安定は円形滑り面法を検討し、その場合の安全率は通常1.2以上にとられてゐる。エタムの地震時安定についてはいまだ多く理論及実験的研究が必要である。最近ではKeythleyは高さ60呎のエタムに起振機による振動を与え、数個のmodeについて減衰常数を定める研究を行つてゐる。

§2. 実在するエタムにおける地震観測

筆者等は地震時のエタムの挙動を明らかにするに、この重要性を認識し、実在するエタムの地震時応答を観測した。観測は山王海エタムで行つた。エタムは高さ37m、天端長140m、天端巾12m、基部巾14mである。2.地質は主としてgreen tuffである。10個の地震計を天端中央、中腹中央、兩岸地盤上、取水塔の地盤におき、水平動、上下動等を観測した。記録の教例を図-1または17スライドを示す。エタムの動的性質を見出すために主部と移向の記録を次の公式を用いてフーリエ解析した。

$$G\left(\frac{2n\pi}{T_0}\right) = \frac{2}{T_0} \sqrt{\left(\int_0^T f(t) \cos \frac{2n\pi t}{T_0} dt\right)^2 + \left(\int_0^T f(t) \sin \frac{2n\pi t}{T_0} dt\right)^2} \dots\dots\dots (1)$$

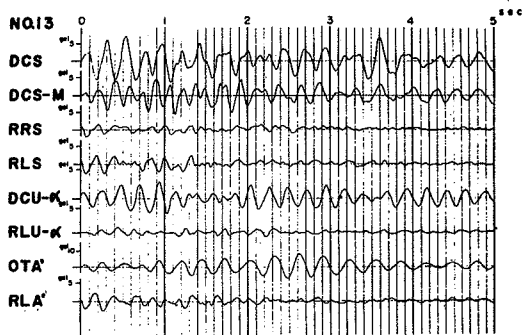


図-1

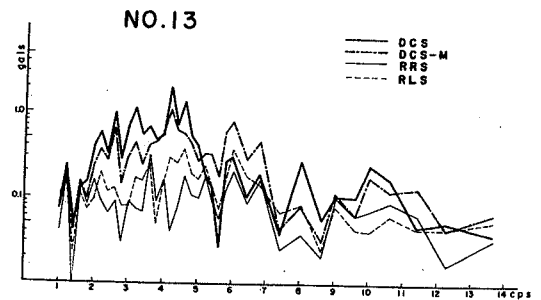


図-2

茲に下: 解析長さ秒, n : 正整数, $f(t)$: 地震加速度である。解析結果を図-2または17スライドを示す。これによつてエタム天端では水平方向には2.8 cpsと4.2 cpsの上下方向には4.2 cpsの振動成分が卓越してゐる。図-3には天端及び中腹における G_t と地盤上の G_g との比が示されてゐる。

表-1 地盤とダム頂に於ける最大加速度の比較

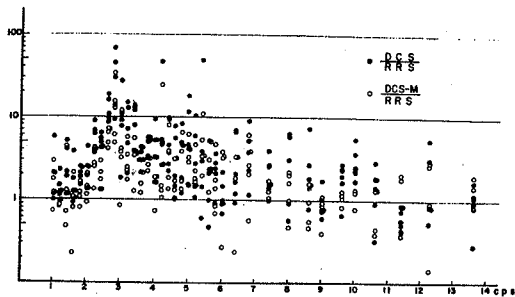


図-3

地震	地盤最大加速度		天端最大加速度	比		
	右岸	左岸		右岸	左岸	平均
No. 4	0.75	—	2.9 ^{0.14}	5.2	—	5.2
No. 5	1.75	—	5.4	3.1	—	3.1
No. 7	0.83	0.67	2.75	4.5	5.6	5.1
No. 12-2	5.4	6.0	19.5	3.6	3.3	3.5
No. 13	1.6	2.6	7.0	4.4	2.7	3.5

§3 考察

(a)卓越周期について

天端の水平振動のスペクトルには2.6~2.8 cps及び4.2~4.7 cpsの卓越が認められる。一方天端の上下振動では4.2~4.7 cpsの振動が層々増強されているとみえ。この結果から天端における2.6~2.8 cpsと4.2~4.7 cpsの卓越振動はダムの固有振動の誘起したものとして解される。2.8 cpsのものは主として水平運動よりなり4.2~4.7 cpsのものは上下運動と水平運動の両方よりなるものらしくある。後者の振動は地盤に大きな上下振動があるときにのみ認められるとみえ。とれた記録のうちにはかなり大きな地震動のものもあるが固有振動の周期は別に変わっていないようである。エダムの固有振動周期は

$$J. \left(\frac{2\pi H}{T} \sqrt{\frac{P}{G}} \right) = 0 \dots \dots (2)$$

と与えられる。いま $P = 2 \times 10^{-6} \text{ kg sec/cm}^2$, $H = 3.7 \times 10^3 \text{ cm}$ とおき、もし2.6~2.8 cpsの振動数の振動がダムの1次振動だと仮定して(2)式より G を求めると 136 kg/cm^2 となる。もし2次振動だと仮定すると G は 26 kg/cm^2 となり後者の方が妥当な値である。このことから地震時に生じている固有振動は2次振動ではないかと推測される。

(b)天端における振動増強について

表-1は右岸地盤上とダム天端上の最大加速度を示している。これとみると天端の最大加速度は地盤のそれの少なくとも3~5倍になっている。また図-3に示した天端と地盤における G の比に注目するとその比は2.8 cpsに於いて約25となり、1 cpsに於いて約1.8となる。よって減衰係数を計算すると

$$\frac{1}{2\lambda} = \frac{2\pi}{1.8} = 1.39 \quad \therefore \lambda = 0.04 \dots \dots (3)$$

となる。Keightleyが振動実験から求めた値は0.1であった。天端における上下振動は約4.5 cpsを増強せしめ増強率は約4である。

(c)固有振動のmodeについて

地盤、ダム中腹、天端等の記録と同時に比べて比較すれば固有振動のmodeを推測できる。2.8 cpsの振動について比較した所ではmodeは1次よりむしろ2次の如く思えるがこのことはなお多くのdataをえたうちに検討したい。