

V-21 重力型ダムの耐震設計に関する2, 3の問題

正員 畑中元弘

筆者はさきに重力ダムの設計震度について報告したが、その際重力型ダムの振動は空虚時、満水時ともに最も不利な場合として、少数波の地震動に対し共振現象を生じ、このため過渡振動を論じる必要のあることを述べた。しかしながら過渡振動初期におけるダムの変形、動水圧についての記述が不十分であったと思われるので、ここに補足することにした。

1. 過渡振動初期の変形

高さの高いダムでは、上記のようにダムの空虚時の基本固有周期、動水圧の第1次共振周期、地動の卓越周期の3者がきわめて接近することがあり、このような地動がある程度継続して起ればいわゆる共振現象を惹き、このときのダムの変形は曲げ—せん断振動の規準動型で、また固有周期も同振動でかなりよく説明できる。したがってこのような場合の震度分布はこの規準振動型で表わされるので、現行の一律震度分布にかんがみ三角形の震度分布を提案した。しかし地動が1波あるいは2波のようにきわめて少ない場合のダムの変形は、規準振動型とかなり違ったものと思われる。この実を検証するために、まず3質点系のTorsion pendulumにより、半周期および1周期のsin型地動変位が作用する場合の撓み曲線を調べた。図-1はTorsion pendulumの記録の1例を示したもので図中の T_p/T_0 の値は地動周期とpendulumの第1次固有周期との比を表わす。図-2は図-1の各時刻における撓み曲線を示したものである。表は各種の T_p/T_0 に対する最大振中時刻の撓み曲線を示したものである。このpendulumの規準振動型は1:0.44:0.17であるので、半周期の場合は④⑤、1周期の場合は⑤⑥の地動終了後の最大振中時刻にはかなり規準振動型に近くなり、震度分布を三角形分布とすることは適当であると思われる。なお目下cos型、矩形波地動などについても実験を進めている。

2. 動水圧について

ダムが地動をうけた場合、ダムは並進振動と弾性振動とをやるが、このような場合の動水圧の実用的近似公式はまだないようである。

最も簡単にダムの弾性変形を直線に近似した場合の上記の

動水圧公式をWestergaard

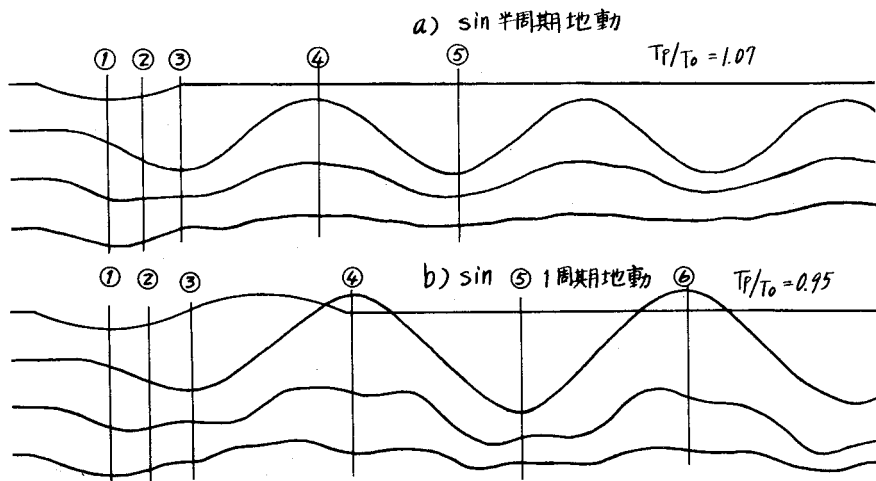


図-1 Torsion pendulumの記録の1例

氏の近似公式にならって導き、これを過渡振動時に拡張した。

なお傾斜壁面上の動水圧には Zanger 氏の係数を用いることにした。この近似式の誘導方針を示せば次のようである。

まず Westergaard 氏の近似公式は原式において、地震の周期を $4/3$ sec. とし、原式を $p = ckw\sqrt{h}y$ で近似し、これより全動水圧、

堤底に対する動水圧のモーメントを求め、

この両者が原式から計算したそれぞれの値と最も等しくなるような係数として $C = 7/8$ をえた。つぎにダムが基礎を中心として回転振動をする場合の Westergaard 氏の原式に対応する式を求め、これより前同様の操作によって係数 C を求めれば、せん断力および

堤底の曲げモーメントを対象とした場合でそれぞれ $2.83/8$ 、 $3.26/8$ となる。Westergaard 氏の近似式の場合には、せん断力と曲げモーメントに対応する係数はほとんど差はないが、回転振動の場合には上記のように前者に較べてその差がかなり大きい。したがってこの場合には、両者の係数の平均値として $C = 3/8$ とすればよい。したがって実際のダムが地震動をうけた場合の近似式として次式

$$p = \frac{1}{8} \cdot w \cdot \sqrt{h} \cdot y (7k + 3kr) \quad \text{----- (1)}$$

がえられる。ただし k は地震震度、 kr はダム天端の震度である。さらに壁面傾斜の影響は、全動水圧について "Westergaard 氏の近似式 = 鉛直壁面の場合の Zanger 氏公式 $\times C'$ " として求めた係数 $C' = 0.9$ と Zanger 氏の壁面傾斜の係数 C_m とを (1) 式に掛ければよい。しかし以上のようにして求めた動水圧は定常振動状態における値であるので、さらに過渡振動に対する係数 α を乗じ、一般的動水圧を表わす新近似公式として次式

$$p_n = \frac{1}{8} \cdot C_m' \cdot w \cdot \sqrt{h} \cdot y (7k + 3\alpha kr) \quad \text{----- (2)}$$

がえられる。ただし C_m' は Zanger 氏の係数 C_m の 0.9 倍の値である。いま 1 例として、鉛直壁面のダムの固有周期と同一周期をもつた $\sin$ 型の地震が突然起り半周期で終る場合を計算すれば、(2) 式の係数は $\alpha \approx 1.5$ となるので p_n は Westergaard 氏の近似動水圧の 1.55 倍となる。

Mechanical analyzer の操作および解析には神戸大学の岩田文壯助氏、同大槻忠良氏の御援助を頂いたことを附記して謝意を表する。

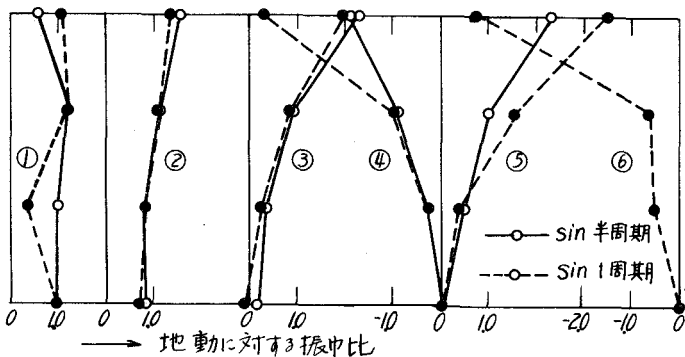


図-2 撓み曲線の1例

表 撓み曲線の形 Y.

T_p/T_0	sin 半周期地震		T_p/T_0	sin 1 周期地震	
	④	⑤		⑤	⑥
1.07	1:0.45:0.17	1:0.43:0.17	0.95	1:0.43:0.12	1:0.16:0.14
1.43	1:0.95:0.20	1:0.50:0.21	1.28	1:0.54:0.24	1:0.49:0.14
2.00	1:0.41:0.18	1:0.47:0.17	1.43	1:0.44:0.16	1:0.46:0.16