

地震時動水圧に関する模型実験について

京都大学工学部 正員 尾島 勝

1 まえがき

地震時の動水圧が工学上問題となる構造物は、ダム・橋脚・取水塔・大型タンクなど数多い。著者は、重力ダムに作用する地震時の動水圧に関して研究を続けて来たが、今回は貯水池形状および貯水量に注目して行なった模型実験の結果について報告する。なお、理論的考察ならびに模型実験結果の一部はすでに発表した¹⁾。

2 実験装置および実験概要

この実験で使用した模型は、高さ30cm中30cmで、長さ29, 59, 75, 90cmに変えることが可能なアクリライト製の水槽である。この水槽の長手方向の固定壁はゴム面、可動壁はゴム貯水池の対岸を意味する。この固定壁(厚さ3cm)の中央、下から1, 5, 10, 15cmの位置に受圧面直径10mmの圧力計を取付け、また固定壁のほぼ中央に加速度計を接合している。さらに、振動時の表面波の影響を検出するために壁面から3mm離し側壁から11.5cmの位置に液高計を取付けてある。加振装置は松平式振動試験機UBC-10A型を用い、10×10の振動台に模型を固定して、水平単弦振動を模型の長手方向に与える。

測定量は、動水圧、振動数、振幅、加速度および表面液高である。振幅の測定には精度0.01mmのダイヤルゲージを用いた。

実験方法は、振動数600c.p.m ~ 1300c.p.m, 全振幅2mm ~ 0.5mmの範囲で振動数と振幅を変えて加振し、50~250gal程度の加速度に対して有るデータが得られるようにした。動水圧、加速度、液高の記録は、電磁オシログラフによって同時記録された。このような方法で水深と対岸距離を変えることにより20ケースについて実験を行なったが、各実験を表-1に実験系列として示す。

表-1 実験系列

I	h	1	2	3	4	5
		8	12	18	22	25
Ⅰ	29					
Ⅱ	59					
Ⅲ	75					
Ⅳ	90					

h: 水深(cm)

l: 対岸距離(cm)

3 実験結果と考察

1) 動水圧と振動加速度の關係 振動記録の振幅を読み取り、加速度(gal)と動水圧(%)との關係を求めた。このようにしてプロットされた値は、いずれの実験でもほぼ一つの直線上にある。すなわち、動水圧は振動加速度に比例し、加速度が同じであれば、振動数、振幅が変化してもそれに影響されないといえる。その一例を図-1に示す。

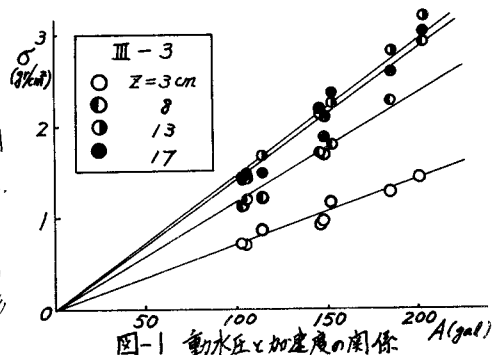


図-1 動水圧と加速度の關係

以後の解析のために、これらの測定値から動水圧と加速度の一次關係を表わす直線を、回帰分析を用いて求めた。すなわち、ある加速度における動水圧の値は、この2つの測定値が2次元母集団からの試料と考えると、加速度(A)の各水準(各測定値)における動水圧(δ)の母分散が等しいと仮定するものである。なお、加速度が0の時は明らかに動水圧も0である。

から、この値(0.0)も測定値の一つであるとした。このようにして求めた直線が図-1中にも示してある。この比例直線より加速度 200gal に対する動水圧の値を各測点において求めた。

2) 鉛直壁に働く動水圧分布 縦軸に深さ(%)、横軸に動水圧の大きさ($\sigma/\rho gh$)をとり、その形状の変化の一例を示したのが図-2である。図-2において、I-3, II-3, …は水深(h)を 18cm に保ち対岸距離(l)を変えた場合、II-1, II-2, …は l を 90cm に保ち h を変えた場合の動水圧分布を表わす。図中の曲線は理論曲線である。パラメータ q の増減のしかたは、実験系列によって異なるが、いずれの場合でも q の値が大きくなるにしたがって、動水圧が増大する傾向がある。このような無次元表示を行えば、個々のディメンジョンに関係ないので、重たぐみに働く動水圧の性状を知る一つの方法と考えられる。しかし、水の圧縮性の影響が考慮されなければならない場合には、動水圧は複雑な分布形状を示すようである¹⁾。

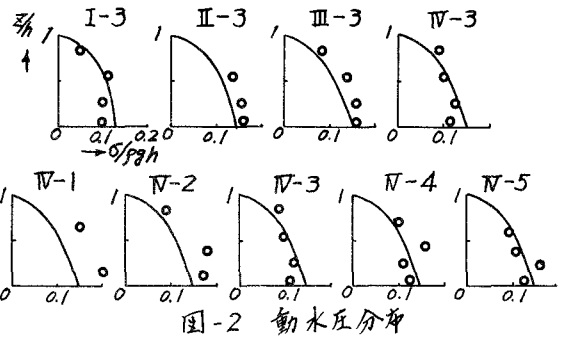


図-2 動水圧分布

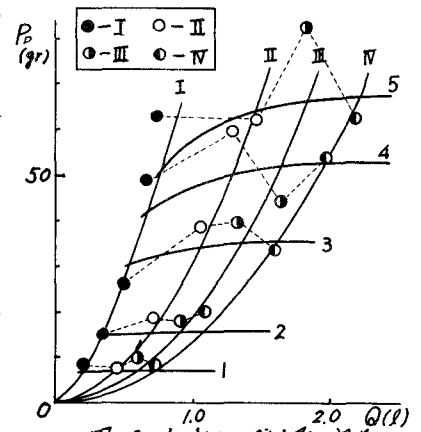


図-3 動水圧と貯水量の関係

3) 動水圧と貯水量・貯水池形状の関係 動水圧は q の増大とともに増大する傾向にあるが、 q が同じ値であっても貯水量・貯水池の形状によって異なってくる。動水圧(P_d)と渠岸単位中当りの貯水量(Q)との関係を図-3に示した。貯水量は水深と対岸距離の積で与えられるから、貯水量の増減のさせ方には2通りある。まず、実験系列I, II, III, IVである。この場合、動水圧は水深の増大とともに二次曲線的に増大する。つぎに、実験系列1, 2, 3, 4, 5の場合、貯水量の増大は貯水域の増大を意味し、動水圧は一定値に近づく。この値はWestergaardが求めた値に相当する。この図から、貯水量は同じであるが貯水池形状が異なる場合には、動水圧は水深が大きくなるほど増大することになる。すなわち、動水圧に及ぼす水深の変化による効果は大きく、水深の増大によって形状パラメータ q (%)が減少し、2)で述べた分布形が減少しても、鉛直壁面に働く動水圧は増大することになる。そこで、動水圧の静水圧に対する比(P_d/P_s)について検討したが、その結果、形状パラメータ q (%)が3~4以上ではほぼ一定値(0.22)になり、それより小さい場合には急激に小さくなることわかった。

したがって、水深の増大とともに動水圧の値が増大しても、 q の値が3~4以上であれば、動水圧は静水圧の約2割強の一定値となり、水深の変化、貯水池形状のちがいによる効果は、実質的にはないといえる。しかも、 q の値が3~4より小さくなる場合は、これらの影響因子による効果は顕著に表われるが、動水圧は、静水圧に比して非常に小さくなる。

参考文献: 1) 尾島勝: '重たぐみに作用する地震時動水圧に関する研究' 土木学会第22回年次学術講演会講演概要