

アーチダムに働らく動水圧の模型実験

准員 小 坪 清 貞*

MODEL EXPERIMENT OF DYNAMIC WATER PRESSURES ON ARCH DAMS

Seima Kotsubo, C.E. Assoc. Member.

Synopsis :

In this report the author compares the result of the experimental verification with his research of his previously submitted article, "Dynamic Water Pressures on Arch Dams During Earthquakes". Through the experiment he carried out by causing the water-tank filled with water vibrate on the vibrating table both in the direction of river course and in the direction at right angle to river course, and by measuring the dynamic water pressures with tasimeters set up on the upstream face of dam in order to compare them with his theoretical values, he obtained a result of favorable coincidence.

要旨 本文は、著者が先に提出した論文「アーチダムに働らく地震時動水圧」を、実験的に確かめた結果を述べたものである。水槽に水を満たし、これを振動台上で、河流方向及び河流直角方向に振動させ、ダム上流面に設けた微圧計によつて動水圧を測定し、著者の理論値と照合し、よく一致する結果を得た。

1. 実験の目的

アーチダムのような曲面に働らく地震時動水圧の性状は、理論的にも実験的にも明らかにされていなかった。著者は先に「アーチダムに働らく地震時動水圧」¹⁾なる論文で、その理論的解法を示し、それによる計算結果が、Westergaard²⁾氏が求めた二次元動水圧より導びかれた従来の慣用値と、はなはだ異なるものであることを示した。この実験は、その理論値を模型実験によつて確かめたものである。

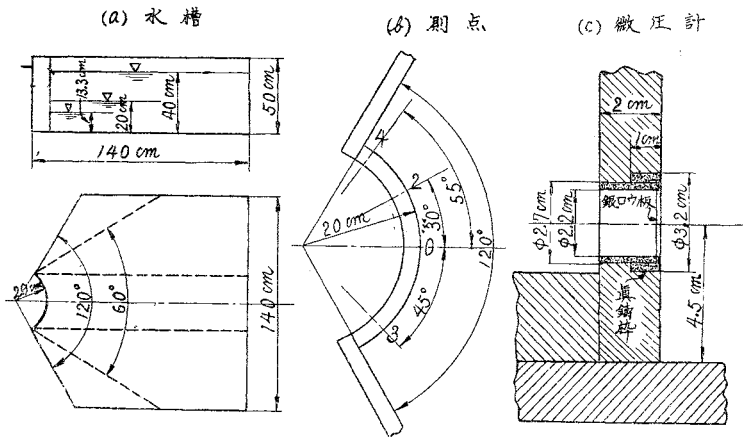
2. 実験装置

水槽は図-1に示すような木製で、長さ及び幅は、いずれも140 cmで、深さは50 cmである。ダム上流面半径は20 cmで、アーチの中心角は120°である。兩岸の交角 $2\theta_a'$ は、図中点線に示すように、120°、60°、及び0°の三通りに変え得るようにした。この水槽に、厚さ0.1 mmのビニールシートを敷き、水密性を保たせた。動水圧は、ダム上流面半径 r_0 と、水深 h との比によつて変わる。しかしながら、水深を一定にしてダム上流面半径を変えることは

不便であるから、本実験では、ダム上流面半径は一定にして、水深を、40 cm, 20 cm, 13.3 cmの三通りに変えて、 r_0/h の値として、0.5, 1.0及び1.5を得た。また、定常波を殺すために、ダムと反対側の壁際には、水面に板を浮かし、ダム上流側兩岸に沿つては、稲の穂先で編んだ密なスダレを下げた。これによつて、ダム上流面から放射状に出る表面波のみを生かし、兩岸から出る表面波を殆んど完全に吸収させることができた。この水槽を

図-1 水槽及び微圧計

Fig. 1 Water-tank and Tasimeter



* 九大大学院研究奨励学生，工学部土木教室

振動台にのせ、河流方向及び河流直角方向の振動を与えた。

微圧計は、図-1(c)に示すように、厚さ 0.05 mm、直径 2.5 cm の銀ロウ板に wire strain gauge をはりつけ、これを内径 2.2 cm の真チウウのワクに固定したものである。この微圧計を、ダム上流面で、底からの高さ 4.5 cm の 4 箇所 (拱頂, 中心角 30°, 45° 及び 55°) に設置した。そして、動水圧を、ビニールシートを通して gauge に加え、gauge の微小電流変化を、ブリッジヘッド、ヒズミ計 (DS 6-L 型)、直流増幅器を通じて、インク書きオツシロメーターに記録した。ビニールシートが膜面の変形に及ぼす影響は、無視される程度のものである。なお、刻時には、0.5 sec おきの電接時計を用いた。また、別に、振動台に取りつけたインク書きペンによつて、同期電動機駆動のドラムに、振動台の振幅を記録した。

さらに、動水圧の正負を確認するために、振動台に電接装置を設け、河流方向振動においては、振動台が下流側に変位した時、すなわち、上流向き加速度が最大の時に、オツシロメーターに信号を送るようにした。河流直角方向振動においては、振動台が左岸側に変位した時、すなわち、右岸方向加速度が最大の時に、オツシロメーターに信号を送るようにした。従つて、信号が送られた瞬間におけるオツシロの振れの正負から、動水圧の正負を判定することができる。

3. 実験結果

河流方向振動並びに河流直角方向振動のおのおのに対し、兩岸の交角を三通り、水深を三通りに変えて、実験を行つたのであるが、振動週期 T は、水深 $h=40$ cm の時には、 $T=0.325$ sec、 $h=20$ cm の時には、 $T=0.285$ sec、 $h=13.3$ cm の時には、 $T=0.275$ sec に一定させた。

較正線は、各水深 h に対し、水槽水位を ± 5 cm 変化した時のオツシロの振れを記録した。写真-1 は、この内、 $h=20$ cm の時、水位変化 ± 5 cm によるオツシロの記録である。

写真-1 較正線 ($h=20$ cm ± 5 cm)

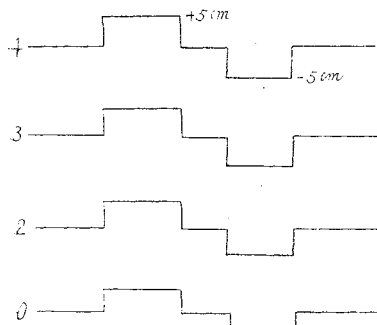


写真-2 オツシロの記録 ($h=20$ cm)

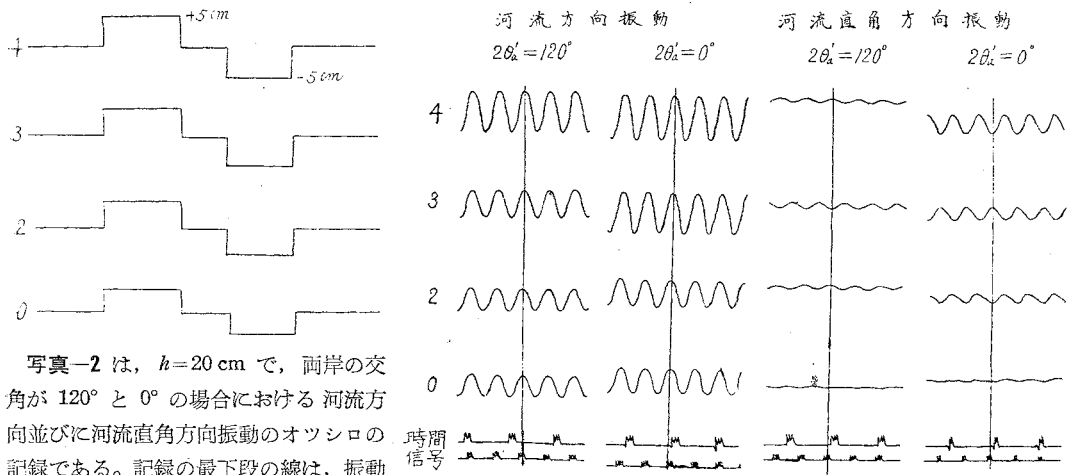


写真-2 は、 $h=20$ cm で、兩岸の交角が 120° と 0° の場合における河流方向並びに河流直角方向振動のオツシロの記録である。記録の最下段の線は、振動台の位置を示す信号で、下から二段目の線は、0.5 sec おきの刻時である。番号 0, 2, 3 及び 4 は、それぞれ、拱頂, 中心角 30°, 45° 及び 55° の 4 測点の動水圧の記録である。

河流方向振動では、信号が送られた瞬間に、動水圧はすべて正である。しかるに、河流直角方向振動では、兩岸の交角が 120° の場合には、信号が送られた瞬間に、動水圧は、No. 3 をのぞき正であるが、兩岸が平行の場合には、No. 3 をのぞき負となつている。No. 3 が、No. 2 及び No. 4 と逆符号となつているのは、その位置が拱頂に対し、No. 2 及び No. 4 と反対側にあるからである。

なお、振動実験は、5~10分の短時間内に行つたので、実験中における温度の変化は殆んどなく、また、供給水温も殆んど一定していたので、温度補正を行う必要はなかつた。

水深を h 、震度を α 、水の単位重量を w 、とすれば、動水圧 σ は次式で表わされる。

$$\sigma = 4\alpha w h Q$$

ここに、 Q は無次元の係数で、水槽の形、水深及び振動週期が一定であれば、振幅が変化しても Q の値は変化しない。従つて、振幅をいろいろ変えて動水圧 σ を測定し、これより Q を求め、この Q の平均値を取つて図示したものが図-2~4 である。図中、黒点は測定値である。なお、この水槽に対し、実験と同じ週期の下に、著者の理論式で計算した Q の値を、点線で示した。

図-2 動水圧の実験値 ($\theta_a=60^\circ$, $h=40$ cm, $r_e=20$ cm, $T=0.325$ sec)
 Fig. 2 Experimental Value of Dynamic Water Pressure

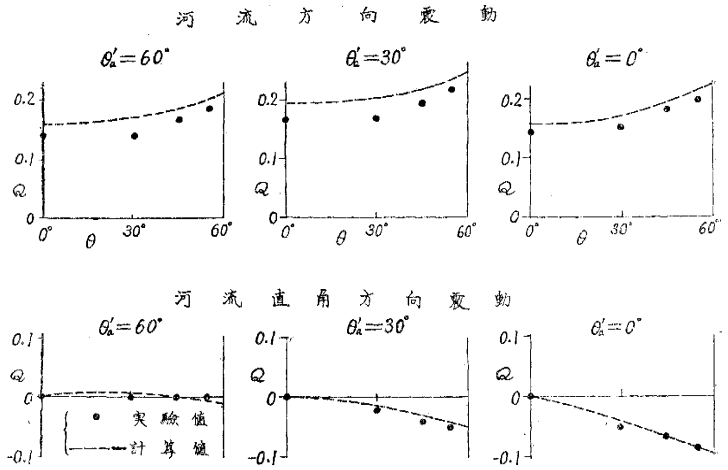


図-3 動水圧の実験値 ($\theta_a=60^\circ$, $h=20$ cm, $r_e=20$ cm, $T=0.285$ sec)
 Fig. 3 Experimental Value of Dynamic Water Pressure

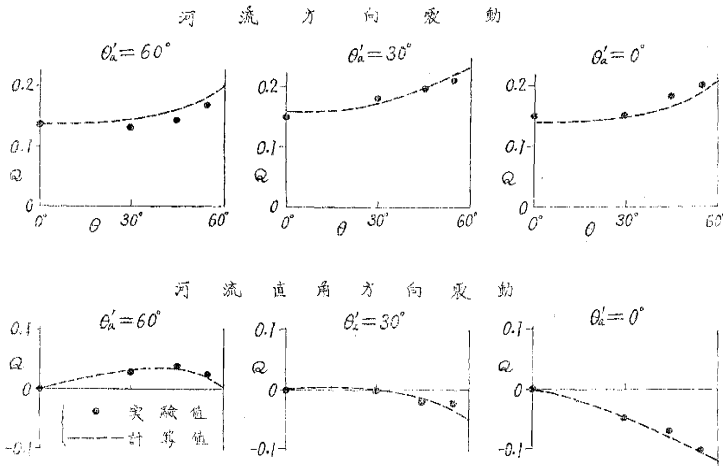


図-4 動水圧の実験値 ($\theta_a=60^\circ$, $h=13.3$ cm, $r_e=20$ cm, $T=0.275$ sec)
 Fig. 4 Experimental Value of Dynamic Water Pressure

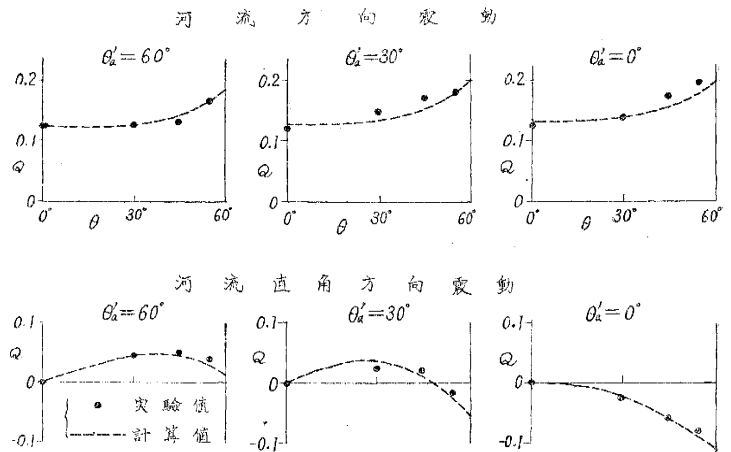


図-2で、測定値が計算値より小さく出ているのは、計算値は貯水池が上流側に無限に広がるものとして求められているのに対し、実験では、水槽の長さが水深 $h=40$ cm に比して不十分なために、上流壁の影響がはいったからであろう。図-3 及び図-4 のように、水深が浅い場合には、水深に対する水槽の長さの割合が十分であり、計算値とよく一致した結果が出ている。

ここで附言しておく。それは、著者の理論式では、ダム上流面から放射状に出る表面波のみを取り扱い、兩岸から出る表面波の取り扱いを省略している。また、実験においても兩岸から出る表面波を殺している。これは、理論的に解くことが困難な表面波を、実験においても取り扱わなかつたものではなく、後者では全く定常波を殺して水面の乱れを防いだに過ぎない。これらの表面波が動水圧に及ぼす影響は、実際のダムでは、もちろん、問題とするに足らないが、本実験の水槽に対してさえも、設置された微圧計の深さでは、記録にほとんど表われない程度のものである³⁾。

なお、表面波高の実測は、畑野博士が二次元の場合について³⁾、既に詳細な研究をされておるので、アーチダムの場合でも、それが放射状に広がる他は、大同小異であるから、本実験では取り扱わなかつた。

4. 結 論

以上の実験によつて、著者の理論の正しいことが証明されたわけである。今回は、兩岸が鉛直な場合のみを取り扱つたが、兩岸の傾斜が緩かな場合についてもさらに実験を進める予定である。

終りに、本研究に対し、御指導をいただいた九大土木工学教室田中吉郎教授、松尾春雄教授に対し、感謝の意を表する次第である。

参 考 文 献

- 1) 小坪清真：「アーチダムに働らく地震時動水圧」土木学会論文集第 44 号
または、九大工学集報 Vol.23, No.2~No.4.
- 2) Westergaard (1933) "Water Pressure on Dams During Earthquakes", Trans. A.S.C.E. Vol.98, p.418.
- 3) 畑野 正：「地震時動水圧の模型実験」土木学会誌第 36 巻第 11 号 p.4.

(昭.31.8.6)