

宮崎大学工学部 正員 吉高 益男
宮崎大学工学部 正員 島村 栄人
宮崎大学工学部 正員 O 高野 伸利

はじめに 水叩の設計において、下流水位によつて完全跳水がえられればかなり簡単であるが、一般には水叩にシルやその他の構造物を設けて跳水させ、減勢させるようにすることが多い。このとき完全に跳水がえられ減勢されたと判断する実験資料としては、シルに加わる圧力や流速分布などが考えられる。しかしシル圧力などを比較実験ですべてとりえないときは減勢効果は水面振動と観察などによらねばならぬ。よつて水叩実験のための資料として、また完全に跳水しているかどうかの判定資料もえたいと考え、水叩シルの圧力振動と水面振動とどのような関連があるかを実験してみた。

実験設備 実験設備は

図-1 のようであり、水叩長 L が 8.9cm 、 1.0m になるよう直立シルを置き、またシルの高さ D は 12cm 、 14cm 、 16cm の3種とした。流量は 2.74% 、 45.0% で、夫々のバケットカーブ終端の射流水深 h_1 、流速 V_1 、Froude 数 F_1 及び h_1 、 F_1 により計算された実験バケット 2.7m

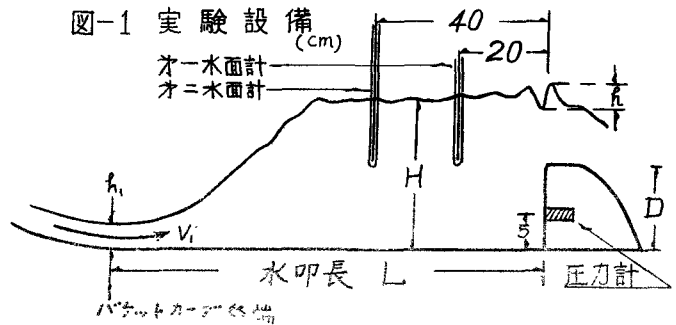
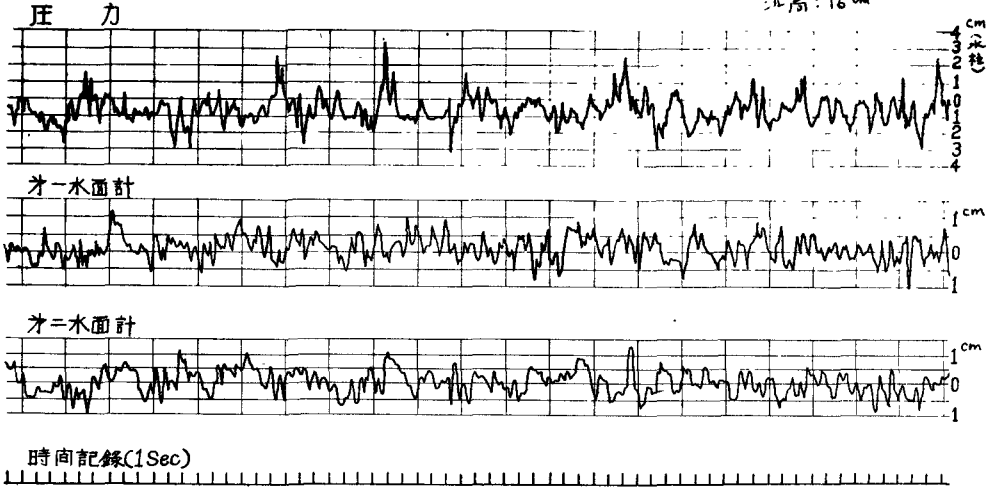


表 - 実験結果

流量 Q/s	計算 h_2/cm	水叩長 L/cm	シル高 D/cm	圧力 (水柱 cm)				オ一水面計 (水深 cm)				オニ水面計 (水深 cm)			
				振動				振動				振動			
				平均 $\bar{P}$	最大 $P_{\max}$	平均 $\bar{p}$	最大 $p_{\max}$	平均 $\bar{H}$	最大 $H_{\max}$	平均 $\bar{h}$	最大 $h_{\max}$	平均 $\bar{H}'$	最大 $H'_{\max}$	平均 $\bar{h}'$	最大 $h'_{\max}$
27.4	16.4	80	12	13.9	1.36	0.79	1.72	19.0	1.02	0.60	1.70	18.0	1.30	0.69	1.88
			14	15.8	1.74	1.00	1.74	21.5	1.32	0.72	1.83	21.5	1.42	0.81	1.75
			16	18.4	2.13	1.15	1.85	23.0	1.05	0.61	1.72	23.0	0.96	0.54	1.77
		100	12	14.4	1.13	0.63	1.80	19.0	1.00	0.56	1.79	19.0	0.91	0.51	1.78
			14	16.5	1.13	0.73	1.55	21.5	0.90	0.61	1.47	21.5	1.01	0.56	1.81
			16	18.5	1.05	0.65	1.61	23.0	0.74	0.47	1.57	23.0	0.82	0.45	1.82
45.0	22.0	80	12	18.5	8.32	4.19	1.99	16.0	2.36	1.24	1.90	13.0	2.98	1.53	1.95
			14	18.4	4.23	2.23	1.90	23.5	1.81	1.08	1.68	20.0	2.58	1.46	1.76
			16	21.6	3.83	2.01	1.90	26.0	3.04	1.61	1.89	21.0	1.84	0.99	1.86
		100	12	16.2	1.98	1.05	1.89	17.0	3.45	1.81	1.91	14.0	3.53	1.85	1.91
			14	18.4	2.15	1.27	1.84	23.0	1.93	1.20	1.61	21.5	1.99	1.13	1.76
			16	20.9	2.18	1.25	1.74	25.0	0.92	0.53	1.67	24.0	1.11	0.59	1.88

図-2 圧力と水位の振動記録例 流量:45.0ℓ/s, 水叩長:100cm
シル高:16cm



2.15 cm; 3.62%, 3.48%; 10.27, 7.59及び16.4 cm, 22.0 cmである。

水位変化はシルより20 cm, 40 cm上流において容量式水面計で測った。はじめは抵抗線式水面計を使用したガ、大振巾が短周期で生ずる水面の追跡性がやゝ失なわれていたのに対し容量式はかなりよかった。圧力は水叩面より5 cm高の奥でストレインゲージ圧力計によつて測り、その周囲にピエゾメーターをうめこみガラス管マンノメーターで平均圧力を検査した。

実験結果 圧力及び水面の振動記録の一例を図-2に示す。振動は不規則であり、平均値の上下に振動するのでなく、海の波に似た振動を示す。よつて明確に認識しうる山と谷によつて振巾を

図-3 圧力水位の振動量(%)

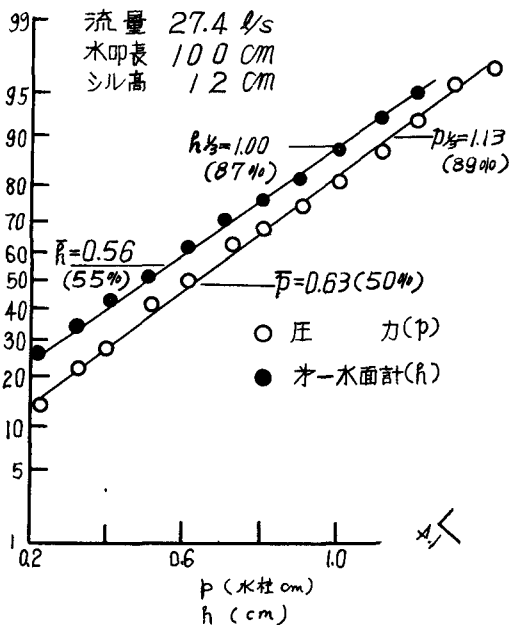
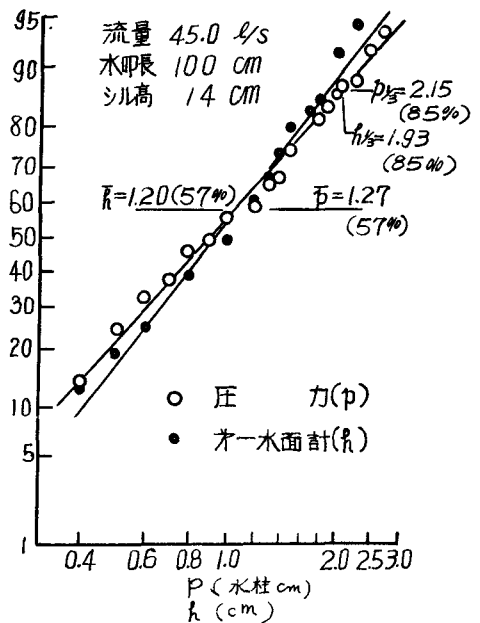


図-4 圧力水位の振動量(%)



150箇読取り、確率紙にプロットすると図-3、-4のようになる。場合によっては正規分布を示すが(図-3)、一般には対数正規分布に近い(図-4)。また圧力と水面とは同じような分布であるが、圧力が水面にくらべて確率紙上で直線になるようである。

M. J. Abou-Seida (Wave Action below Spill Ways; Vol. 89 No. HY3 ASCE, May '63) によると水叩より下流の水面振動は正規分布にあるとしているが、水叩内では必ずしもそのようにはいえないようである。図-3は流量に対し水叩長も長く($L/k_2 = 61$)跳水が完了している状況なので正規分布に近くなり、図-4は $L/k_2 = 45$ と水叩長が設計限界なので対数正規分布に近くなったのであろう。 L/k_2 が小さくなると振動は大きく、分布も複雑である。よって流水の水面振動が正規分布であるとする、水叩内の水面振動が正規分布に近いと完全に跳水しているとみてよいであろう。

海の波はレイリー分布に従うことが認められていて、1/2最大波を有義波と定義している、この実験でもレイリー分布に近い分布もみられるので同じように1/2最大振巾をいずれの分布の場合も振巾の代表値とみなしてよいだろう。よって1/2最大振巾($R_{1/2}$, $R_{1/2}$, $R_{1/2}$), 平均振巾($\bar{R}$, $\bar{R}$, $\bar{R}$)を計算し、圧力、水深の平均値($\bar{P}$, $\bar{H}$, $\bar{H}$)と表示すると表のようになる。表には $R_{1/2}$, $R_{1/2}$, $R_{1/2}$ も示したが、レイリー分布によるとこれらの値は1.60である、大体近い値をえていて1/2最大振巾を利用してよいであろう。

振巾の周期下も確率がスプレッドで整理すべきであるが、ここでは山から山の平均周期を整理してみた。周期の相関関係ははっきりしなかったが、特殊なものものをぞき大体同じよう平均して圧力は0.64sec, オ1水面計は0.51sec, オ2水面計は0.58secであった。

水叩内の水面振動 平均水深に対する振巾の割合, $R_{1/2}/H$, $R_{1/2}/H$ を計算してプロットすると図-5となる。オ1水面計とオ2水面計とでは振動が小さいと大体相関がある。またシルより遠い地奥が近い地奥よりわずかに振動が大きいが、これは跳水をおこなっているため当然である。また周期はオ1水面計がわずかに短い。振巾もやや小さいので、単位時間、単位中当りのエネルギー量は小さくなって減勢されていることがわかる。

これらの振動割合をまた $R_{1/2}/k_2$, $R_{1/2}/k_2$ に対しプロットすると図-6のように相関があること

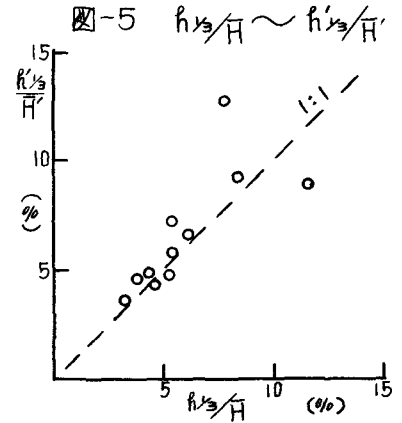
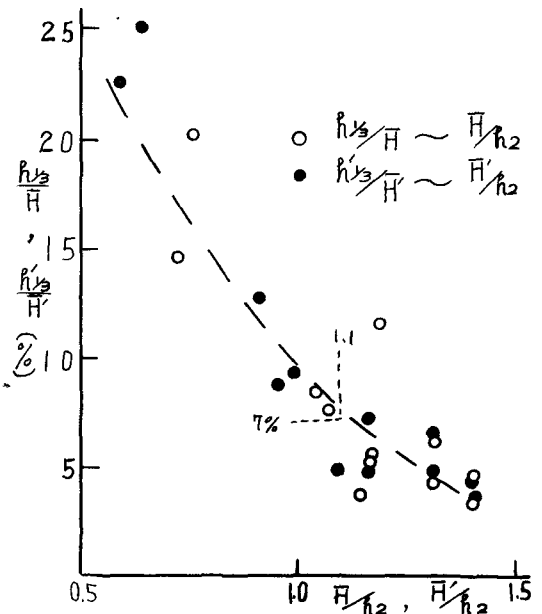
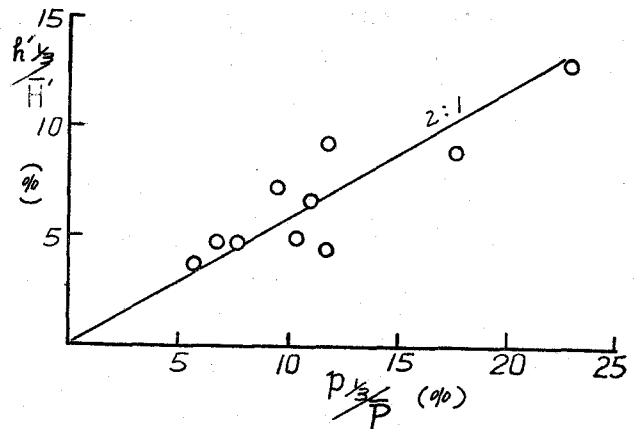


図-6 振巾と平均水深



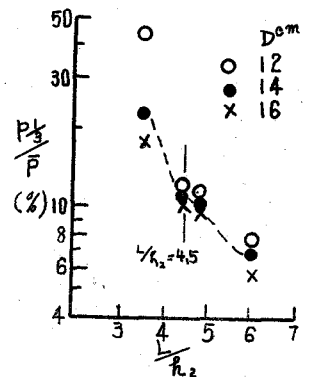
がわかる、すなわち水面振動の割合は平均水深と理論共振水深 h_2 の比によって左右されることがわかる。そして、 $h_2/h > 1.1$ では h_2/h はそれ程変化しないが、 $h_2/h < 1.1$ となると変化量が大きい。これよりニルを設けるときは理論共振水深 h_2 より下流水位をわずかに上げ、それ以上上げても振動量にはあまり関係しないが、 h_2 より低い水深にすると急激に振動量が増加する。その境界は大体 $h_2/h \approx 7\%$ 位である。観察などで跳水による減勢効果を見るとき水面振動の目安は大体7%以下であればよいといえるだろう。

図-7 圧力と水位の振動量



圧力振動と水面振動 圧力と水面の振動の割合 p'/p 、 h'/h の関係は図-7のようになる。これより h'/h に較べて p'/p が大きく大体2倍位になると思われる。すなわち水面は比較的おだやかでもニル圧力の変動は大きいことがわかる。周期は圧力が大体長い。特に水叩長が短く下流水深が浅いと、水面振動は制約もうけて限度があるが、ニル圧力の変動は激しいし周期も短くなる。 $(L=80\text{cm}, D=12\text{cm})$ で $p'/p = 45\%$ 、 $h'/h = 15\%$ 、 $T_p = 0.30\text{sec}$ 、 $T_h = 0.20\text{sec}$ 、これは水叩内におかれるバツフルビヤーなどにもいえることで、水叩内の構造物は減勢効果はあるが変動の激しい圧力をうけるので注意しなければならぬ。

図-8 L, Dによるニル圧振動



水叩長とニル高の影響 水叩長とニル高による影響をみるため p'/p を h_2/h によってプロットすると図-8となる。これより普通設計に用いる $h_2/h = 4.5$ では圧力振動はまだ大きい。が $h_2/h = 6$ 位になると当然おこる振動量の割合7%前後に落ち着いてくる。またニルが低いと水叩水深が浅く振動割合が大きく、高くすれば減少する。ニル高も理論共振水深 h_2 によって設計すべきであり、低くしすぎると圧力が急増する。水叩が長くなりニルが高くなるとニル圧力振動は減少するので図-7の関係により、水面振動も減少していくが、圧力の場合とはではない。水面の流況でニルの位置、高さを比較検討することはかなり難しい問題である。

むすび この実験では①ニル圧力と水面の振動は不規則ではあるが、対数正規分布に近いもので表わしうること②代表値として1/2最大振巾を用いることができ、圧力と水面とは直接の関係はないが、1/2最大振巾では相関があること③理論共振水深 h_2 が重要な量であることなどがわかった。しかし振巾箇数が少なかったこと、水面のしぶき(あわの混入など)がどのように水面記録にあらわされたかはつきりしなかったことから、今後改良して実験にすめたい。あわりにこの実験は山口県柳井川開発事業所の黒杭川ダム模型で行われた、ここに記して感謝の意を表わします。 —以上—