

宮崎大学 工学部 正員 吉高 益男
正員 高野 重利
甲斐 伊智雄

はじめに ガム水叩の設計において、一般には水叩面に構造物を設けて強制跳水させ減衰させようとする
ことが多く、水叩下流端に設置されるシル（エンドシル）の必要の高さを求めた場合、運動量理論によるが、
このときシルの動圧を知る必要がある。しかし、シル動圧がいくらかは、初めから知ることができない。ま
た、シルの適当な位置を決定する理論もない。よって水理模型実験で検討することが多い。この水叩は今まで
数ヶ年ガム実験を実施してきたが、そのうちガムシルを設置する場合は必ずしも、このときは、水叩水面
振動とシル圧力振動と測り減衰効果を判
定してきた。その方法論は前に発表した。
今回はデジタル型振動計（TEAC製：
C-120, F-120）により振動解析を行い、
正確なシル動圧や振動量を求めた。それ
によりシルの効果と角検討したので、こ
こに報告する。

実験方法 田代八重ダム模型の
水叩を巾18cmに仕切り、高さ2.5, 4.0,
6.0cm（厚さ2.5cm）のシルを設け、下流
水位を調整して、シル圧力とシル地裏水
位の変化を同時にデータコーダーに記
録し、後にC-120, F-120で解析した。
圧力はシルの中央裏にストレーンゲージ
圧力計を設け、水位（静圧）は容量式水
面計にて測定した。なお、ガラス管マ
ノメーターでも平均値を検査した。

解析方法
跳水状況 シルによる強制跳水は
定常跳水に較べ図-1のように逆流域が
広くなると、下流水深 h_3 は定常水
深 h_2 より浅くなる。また、シルの近くまで高速流があり、それゆ
えシル動圧 P に変化する。 L は定常跳水長さであり、 h_2 とした。
射流断面（ h_1 ）と下流断面（ h_3 ）に検査面を考え運動量理論よりシル
動圧 P が次式より求められる。 B ：水叩中、 h_c ：限界水深
$$\frac{P}{\rho g} + \omega \frac{h_1}{2} = 1 + 2 \left(\frac{h_1}{h_c} \right)^3 - \left(\frac{h_1}{h_c} \right)^2 \left[2 \frac{h_1}{h_c} + \left(\frac{h_1}{h_c} \right)^2 \right]$$

振動量の解析 振動量が自己相関関数とパワースペクトルは
図-2、確率密度関数と分布関数は図-3に例示される。自己相
関関数の ρ_1 値は振動の自乗平均でその平方根 $\sqrt{\rho_1}$ は振動の強度である。

図-1 跳水状況（流量5.0ℓ/s）

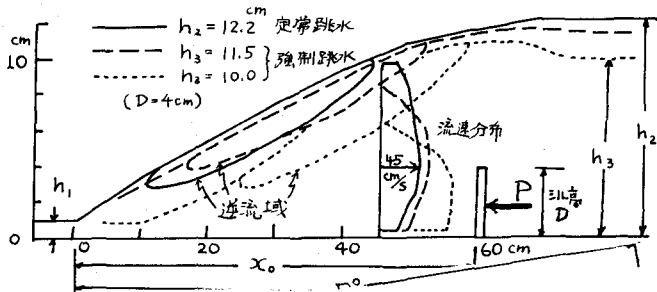


図-2 自己相関関数とパワースペクトル（シル圧力）

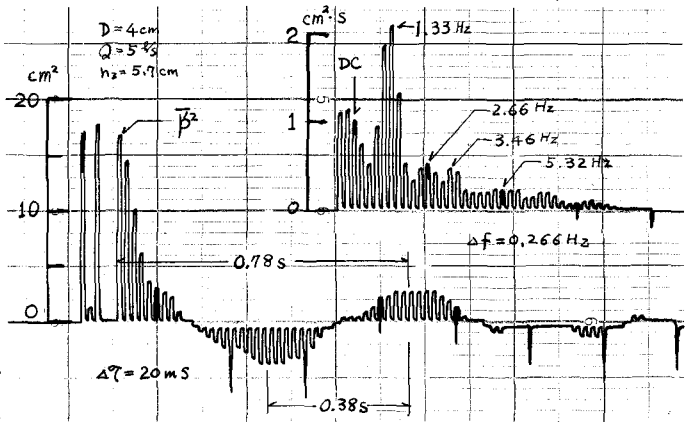
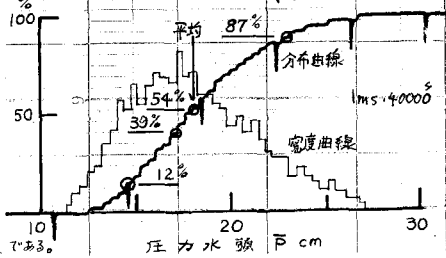


図-3 確率密度関数と確率分布関数（図-2の同一記録）



100%スペクトルで求めた。

主周波数は1.33 Hz ($1/4 = 0.755$) で倍振数もみられる。ニル圧力振動の

分布曲線が87, 39, 12%値(夫々Rayleigh分布の29.9, 9.9%値)と検査してみると、87/39, 39/12の値はほぼ2にある。よって振動はRayleigh分布を呈していると考え、平均は54%値を求めた。連流分も入力してよくと圧力水深 P や水位 H の絶対値も求められる。そして $(P-H)$ を動圧 P とすることで行われる。確率曲線の分散 $\sigma^2 = (\frac{P-H}{\sqrt{2}})^2$ の平方根は標準偏差値であるが、振動の強度 $\sqrt{P^2}(\sqrt{H^2})$ とほぼ同じ値となる。また、マノメーター値は確率曲線から求めた値よりやや大きくなるが、振動による押し上げが原因とされているからである。

実験結果とその考察

下流水深とニル圧力

ニル圧力の無次元値 $\frac{P}{B} / \omega \frac{h^2}{2}$ と下流水深 h と限界水深 h_c との比をみると図-4に示す。 h/h_c の範囲は2.0-3.0でその理論値も併載した。 $D=2.5\text{cm}$ は理論値に近いが、 D が高くなり h が減少すると理論値より離れてくる。なお流況が跳ね上げる散散型には非定常理論式は適用できない。ニル高がある高さ以上の場合、下流検査面を下流の定常流断面にとっても意味がない。そして、ニルが低い場合はそれよりも ωh は流体力学的なものであるが、高い場合は ωh と考えることは処理できず、単なる仕様の状態にあるのであろう。その境界を知るため、測定値 P_m と計算値 P_c との比(承流量での平均で h の差はあり)と D/h_c の関係を整理すると図-5に示す。 P_m/P_c が100%から離れると理論式が適用できるわけであり、また少ない実験値であるが $D/h_c = 1.0$ が境界でありそうである。

振動比の変化

ニル圧力と水面の振動量とニル全圧 P 、水深 H との比は図-6のように X_0/L_0 の減少によって増加する。水叩が短くなる水は振動が激しくなるのは当然であるが、長くなる場合でも圧力で10%は跳ねている。 $\sqrt{P}/P$ は $\sqrt{H}/H$ のほぼ2倍で、前図の検討と同じであった。また大きな振動比のときマノメーターの誤差も大きい。

パワースペクトル

ニル圧力のパワースペクトルは図-7のようになっている。同じ流量では h が増加するほど高周波分は消えて、主周期は長くなっていく。すなわち振動はゆるやかになる。これらの主周期は跳水始発の上下変動の周期に近く、跳水全行程の変動を示すものである。

おわりに

運動量理論が適用できるのはエントニルの高さで限界水深より低い場合であるが、低い場合、どのように修正するか今後の課題である。また、全く高い場合は、せきとみなす岩崎公式で充分である。

なお、この実験には三原 茂臣も参加していることを付記する。

図-4 下流水深 h とニル圧力 P

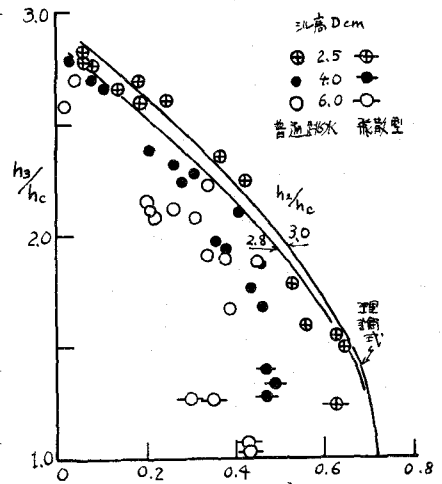


図-6 $\sqrt{P}/P \sim X_0/L_0$
($\sqrt{H}/H$)

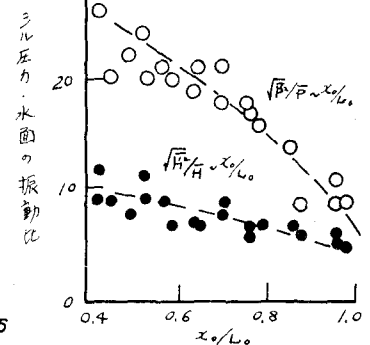
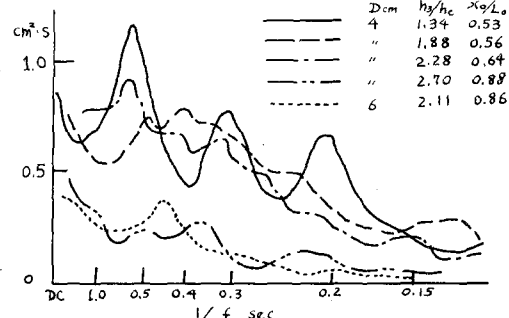


図-7 ニル圧力のパワースペクトル (5.0%)



文献) 1) 吉澤昌男・奥田英夫・高野重利: 水叩ニルの圧力と水面振動との関連について、西沢物産誌 昭43.2