

防波堤の安定に関する一考察(1)

—— 直立部の振動性状に関する実験的考察 ——

久保 弘一*・玉井 佐一**・井田 保夫***

1. 概 説

混成防波堤直立部は一般に弾性基盤上に置かれた角柱と考えられるから、これに波圧が作用すれば、ロッキング現象の存在を認めることができる。しかし最大同時波圧の合力が直立部の摩擦抵抗より大きくなった時でも、常にロッキング現象を生ずるとは限らず、スライディングのみ生ずる場合、またはスライディングとロッキングが同時に生ずる場合など、個々の条件によって生ずる現象も異なる。

波の圧力、特に砕波によって堤体がロッキングを起こす場合には、その際の堤体の移動にともなう慣性抵抗によって当然作用した圧力の一部が吸収され、その分だけ波圧は減少すると考えられるから、波圧、特に砕波圧の計算には堤体の移動をも考慮に入れるべきであると考え。この点についてはすでに林博士が提唱され、理論的考察を発表しておられるが、筆者らはやや異なった観点から、堤体の動揺現象を実験的に検討し、さらに理論的な裏付をも与えて防波堤設計の基礎的資料を得んとする目的で検討を進めている。すなわち、

- (a) 波の特性と堤体振動特性との関係
- (b) 堤体の移動をともなう場合の波圧の大きさ、およびそれと移動量の関係
- (c) 波圧による転倒モーメントと移動量との関係
- (d) 波圧およびモーメントと移動量の時間的なずれ

波圧およびモーメントは一般に波形に似た時間的な変化をするが、重量構造物である堤体の移動は、これらとはやや異なった周期で、あるいは同一周期でもやや異なった位相で振動すると考えられる。すなわち、一般に両者のピークにはずれのある場合が考えられる。このような場合にはもちろん静力学的な安定条件では不十分である。

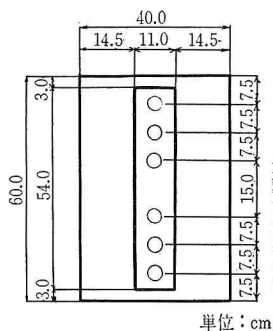
以上の諸点を考慮しつつ実験を行なった。なお堤体の振動が問題になるのは砕波のみではなく、重複波も大いに関係があるので、重複波、砕波を含めたできるだけ広い領域について検討を加えることにした。現在までに実験を行なったのはほとんど重複波領域で、引き続き砕波領域に拡張していくつもりである。

2. 実験および測定方法

実験には、幅 0.8 m、深さ 0.9 m、長さ 30 m で、一端にフラッター型造波機を取付けた二次元水槽を用いた。

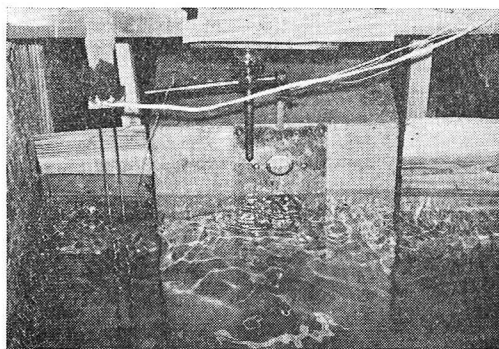
直立壁模型は 40 cm×40 cm×60 cm のモルタルブロック(重量 161.3 kg)を用い、この幅の中央に、波圧計を取付けるため 54 cm×11 cm×39.7 cm の凹部を作った。

図-1 波圧計取付位置図



単位: cm

図-2



圧計を取付けて、波圧を記録することにした。また直立壁模型の両側は木造固定壁でしゃへいした。波圧による堤体移動の測定は図-2に示すように、ブロック長の中央部の堤頂より 1 cm の位置 2 か所(港内側および港外側)および底部より 1.5 cm (港内側のみ)の計 3 か所に設置した移動計に

よって、波圧と同時に記録させた。

縮尺は 1/20 とし、波の諸元、水深

表-1 波の諸元

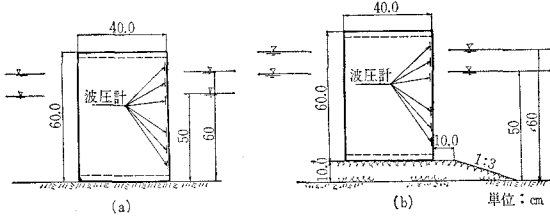
水深 h_0	50 cm, 60 cm
周期 T_m	1.12~2.68 sec
波長 L_m	1.86~6.14 m
波高 H_m	16.1~6.9 cm
波形勾配 H/L	0.012~0.086

* 正会員 大阪工業大学助教授 土木工学教室

** 正会員 大阪工業大学講師 土木工学教室

*** 正会員 大阪工業大学助手 土木工学教室

図-3 実験に用いた堤体断面図



その他を決定した。現在までの実験に使用した波の諸元は表-1に示すとおりである。

なお、波高は沖波のほか、直立壁前面でも同時に測定した。

つぎに実験を行なった堤体断面は、

(a) 直立壁のみの場合

(b) マウンド上に直立壁を設置した場合

の二種で 図-3 に示すとおりである。

3. 実験結果およびその検討

波高、波圧、モーメント、変位量等の測定結果は 1/10 秒ごとの値をグラフにプロットし、周期的変化を示した(図-4~12)。

(1) 波圧合力

1/10 秒ごとの同時波圧から波圧合力を求めた。符号は港外側より働く場合を(+), 逆の場合を(-)とした。なおこの結果の二,三について微小振幅波の重複波式

$$P = \frac{1}{2} w_0 (h^2 \eta_0^2) + w_0 \frac{m H^2 \cdot \sin^2 nt}{\sinh 2mh} \left[(\eta_0 + h) \operatorname{chsh}^2 m(h + \eta_0) - \frac{1}{2m} \left\{ \frac{1}{2} \sinh 2m(h + \eta_0) - m(h + \eta_0) \right\} \right] + w_0 \eta_0 \left\{ h + \eta_0 + \frac{\sinh m(h + \eta_0)}{m \cosh mh} - (h_0 + \eta_0) \frac{\cosh m(h + \eta_0)}{\cosh mh} \right\} \dots\dots\dots (1)$$

ここで、 $m = \frac{2\pi}{L}$, $n = \frac{2\pi}{T}$

図-6

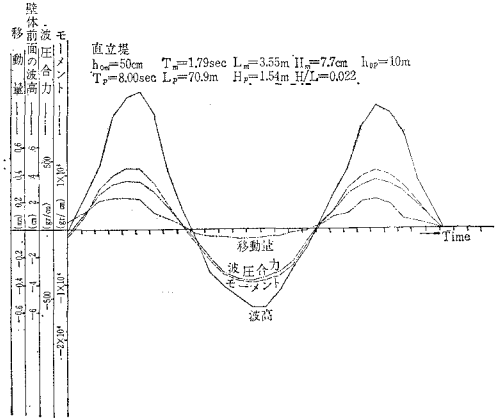


図-7

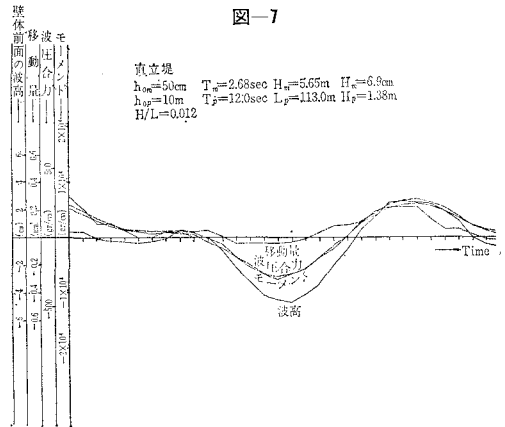


図-8

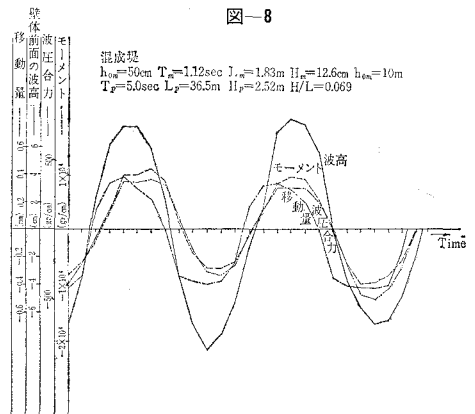


図-4

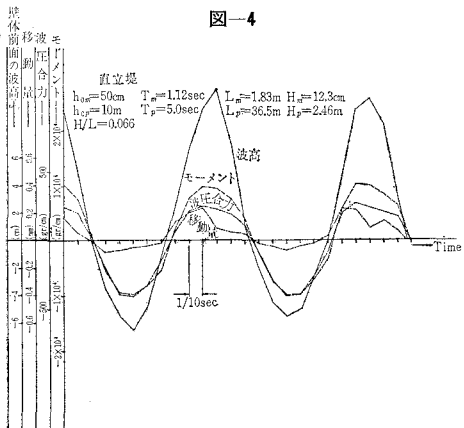


図-5

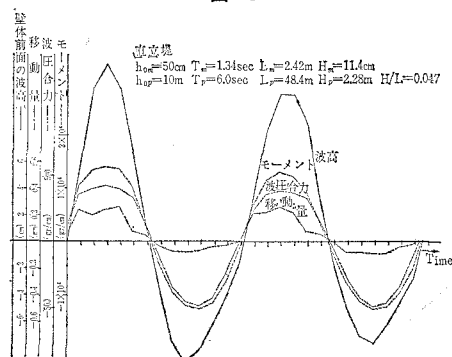


図-9

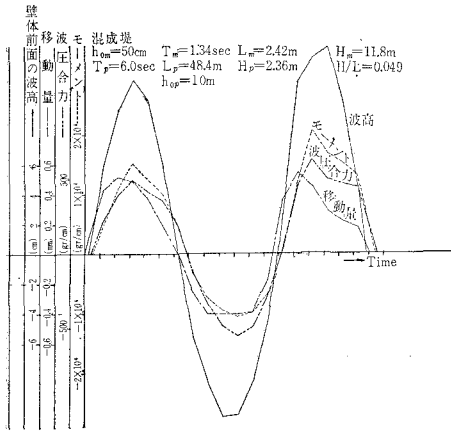


図-12

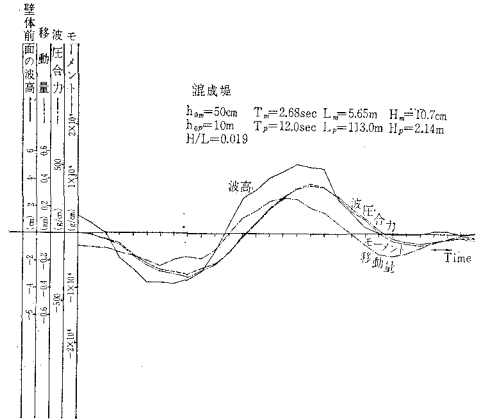


図-10

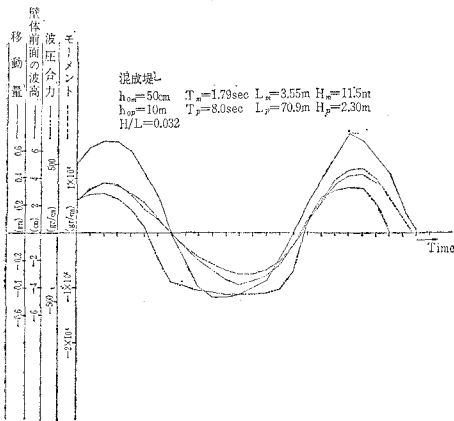


図-13

$h_{om}=50\text{ cm}$, $T_m=1.79\text{ sec}$, $L_m=3.55\text{ m}$
 $H_m=7.7\text{ cm}$, $h_{op}=10\text{ m}$, $T_p=8.00\text{ sec}$
 $L_p=70.9\text{ m}$, $H_p=1.54\text{ m}$, $H/L=0.022$

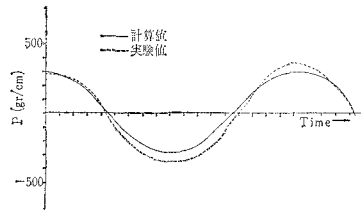


図-14

$h_{om}=50\text{ cm}$, $T_m=1.34\text{ sec}$, $L_m=242\text{ cm}$
 $H_m=11.4\text{ cm}$, $h_{op}=10\text{ m}$, $T_p=6.0\text{ sec}$
 $L_p=48.4\text{ m}$, $H_p=2.28\text{ m}$, $H/L=0.047$

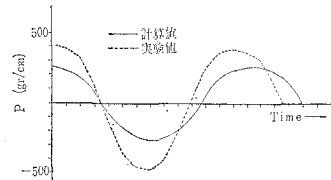
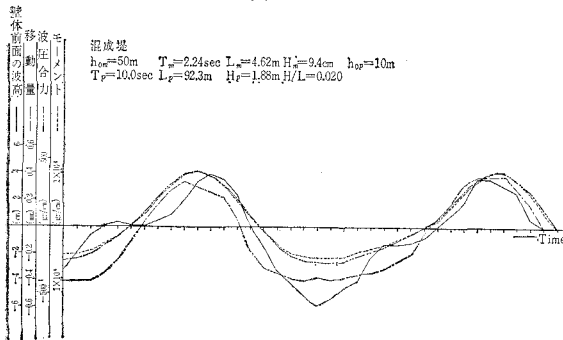


図-11



と比較すると 図-13~14 のとおりで、周期 1.79 秒の長周期の場合は計算結果と比較的良好一致するが、1.34 秒の短周期の steep な波についてはかなり異なった値を示している。しかし、これは微小振幅波の特性上当然であると考えられる。

(2) モーメント

1/10 秒ごとの波圧合力の作用位置(直立壁下端からの距離)を求め、これにそれぞれの合力を乗じて転倒モーメントを求めた。モーメントの符号は波圧合力と同じ

である。図-4~12 から明らかなように、波圧合力と周期的に良く一致している。

(3) 移動量

図-4~12 の移動量は、港内側上端の移動計の記録を図示したもので、港内側への移動を(+), 逆を(-)とした。

実験結果より得られた注目すべき点を要約すると、

(a) 直立堤、混成堤の場合とも、一般に波圧合力、モーメントのピークより、変位のピークの方が早く現われている。すなわち、波圧により堤体の変位が始める場合、モーメントが最大にならないうちに、変位が最大になる。これは周期が短くなるほど顕著であるが、非常に危険な傾向であると考えられる。

(b) モーメントのピークが過ぎると変位は急激に減少する傾向にある。この傾向は周期の短い steep な波になるほどいちじるしい。

(c) 混成堤の方が直立堤にくらべて変位量が大きく、1.7~5.1倍である。これは捨石部に弾性変形を生じたためであると考ええる。

(d) 負の変位が正の変位にくらべて大きい場合がかなり多い。このような場合には堤体が港外側へ転倒または移動する傾向を生ずる。

(e) 波圧合力の作用点が非常に高い位置にある場合には、一見モーメントが大きく、非常に不安定になるように考えられるが、このような場合は越波をも含めて、波圧が小さくなるからあまり問題にはならない。

4. 今後の指針

以上行なった実験はほとんど重複波領域の波で変位量も小さく、直接堤体に危険をおよぼすような大きな値ではなく、はたしてロッキングといえるかどうか疑問で、ここで述べたのと同じような傾向が、大きな波、あるいは砕波の場合にも生ずるかどうかは疑問で、今後さらに広範囲な波を対象として、より大きな変位量あるいは滑動の段階まで実験を行ない、さらに若干の理論づけをも行なっていきたいと考えている。