

“浮き防波堤”の開発研究について

農業土木試験場 加藤重一 吉牟田長生 上北征男 板倉敏弘

これは、筆者らのこれまで行ってきた浮体の消波効果に関する基礎研究より、今後における開発研究において問題点を指摘して愚見を提供し、かつ、小規模ながら実施しつつある現地実験の一端を、紹介するものである。もって“浮き防波堤”の開発を一步でも促進するための話題提供としたい。なお、本稿は土木学会誌V o 1.5 9 No. 5 に投稿した拙文の補遺とするものとする。

1. “浮き防波堤”開発研究における問題点

1.1 2つの消波機構

浮体による消波機構は、“浮き防波堤”の実用化に最も大切な消波効果を検討する上で重要な項目である。そして係留や構造材料もまた、この消波の運動機構をふまえて考察しなければ意味がない。この“浮き防波堤”の開発とか実用化ということは、その時点での実情にマッチすることが前提となるので、その意味は深く、種々議論された結果は、その浮体構造はシンプルであることが自ら要請される。

文献5)によれば、浮体によって波のエネルギーを減殺する作用は、巨視的に2つあってこれを一括するとつぎの図表のようである。

表1 浮体の消波特性

項目 浮体の種別	浮体の種類	消波効果	備考
不変形浮体(R型)	1) ボンツーン	■:逆台型ボンツーン ○:二重壁(ブーゲル) ●:二段筏 ▽:二重壁(四角) 曲線:Aフレーム(オフX) 図1-1-a	グラフ(上)は極小または極大点が存在し、消波効率は高い。しかし、浮体の運動はそれぞれ特異で浮体設計上および係留保持の面で必ずしも有利でない。 R型でもグラフ(下)のようにモノトーン的な場合がある。これは位相差反射の効果が小なる場合(波にのる)に観察されることが多い。ゆえに消波効果に有効に働く要素を見出してこれを適用するようにすればよい。
	2) 板または隔壁とその複合型		
	3) トラスまたはフレーム		
	4) 剛結合による複合形		
	5) 特殊なもの たとえば箱形断面等		
		—:二重壁 ---:筏 ...:ボンツーン 図1-1-b	

項目 浮体の類別	浮体の種類	消波効果	備考
変 形 性 浮 体 (F 型)	1) シートまたは膜状 2) マットレス 3) 撓性筏とその複合型 4) 回転ジョイントやワイヤ等によって連結されたもの 5) 水入バッグ	図1 消波効果	F型浮体は、普通左図のように指数函数的に変化するグラフがえられる。しかしこの場合も多少の位相差がみられることに留意すべきであろう。

上表につき註記すればつぎの通りである。

- 1) 好ましくないことではあるが、図1では消波効果を比較し傾向をしるために、折線又は曲線で示した。
- 2) 上の図表は多くの文献より、代表的な実験結果を抜き出し比較のため同一グラフ上に示した。
- 3) この外、特異なあるいは複雑な浮体についてかなり深く時には数理的に考察されているものや、ごく一部分の範囲を取りあつたもの等あり、一般的にいうことが困難であるものが多い。
- 4) したがって、実験規模、浮体材料の差によって必ずしも妥当な比較とはならないが、定性的なことからは十分理解しうるであろう。図中数字は文献番号である。

1. 2 開発の動向

上述のことからより“浮き防波堤”はR型およびF型の、それぞれの単体浮体の消波性能すなわち、位相差反射作用および摩擦作用とを十分よく理解したうえで、適当な形状を工夫することによって、開発研究が進められている。

この際現在の開発動向を概観すると1)、浮体規模を大にすること、2)、消波機能を考慮して、R型またはF型浮体のいずれかに形体を工夫すること、3)、R型とF型との有機的複合型を求めること、の3方向を指摘しうるように思われるが、理想的には3)、のR型とF型の有機的複合型を指向することが合理的であると考ええる。

さて現在における“浮き防波堤”の開発研究は、浮体の消波効果に関してごく概括的な、室内水理実験の研究がようやく、ある段階目標に達した程度といえるにすぎない。そしてつぎにこれをもとに、1)浮体および係留の様式とそれらの強度、2)構造と材料施工の2つの大きい問題について考察検討されなければならない。

これらは、既に理解しうるようにそれぞれ別の学問的体系に属するテーマであって、当然ここに共同研究態勢樹立がのぞまれる。アポロ計画とまで行かずとも何らかの合理的な有機的開発プロジェクトが早急に組まれねばならない。これを確立するにはつぎのような要素が必要である。

- 1) “浮き防波堤”開発研究のProject Leaderの指名
- 2) 科学行政における問題意識の向上
- 3) 各分野、すなわち研究面・行政当局・企業体等における共同精神の再認識
- 4) 各工学部門における手法相連の調整すなわち、学際的協力の必要性

2. “浮き防波堤” 開発研究における現地実験について

2. 1 係留索にかかる強度－R型浮体、筏の場合

“浮き防波堤” 開発の成否を決定する要素の一つとして浮体の係留索にかかる強度が問題となることは、文献 5) において指摘した通りである。

係留索にかかる強度は、浮体の運動つまり浮体の消波効果との関連において検討がなされなければこの際、意味がない。模型実験における場合は実際現地の場合との相似性をも同時にたしかめておかねばならないことからでもある。

ようなことがらをふまえて、S45年度より実験的研究（別枠研究）を実施しているが、以下はこの研究の初期段階目標を一応達成し、これを確認しえた程度のものである。これを要約するとつぎのようである。

模型実験については、当場の2次元波浪水槽（長さ＝32.0 m、幅＝1.5 m、高さ＝1.5 m）を用い、筏模型は、 $\phi 10$ mmの硬質塩ビパイプを格子状に組み製作した。波による筏構成部材応力はヒズミゲージを部材に貼り付けて測定した。張力は円形リングの張力計を作り、アンカーロープと水路底との取付部にこれを取り付けて測定した。

現地実験は、広島湾内大奈佐美島北側の海域に設置した現地実験用筏に模型実験と同様の方法で、部材応力を測定した。特に、この実験は模型と実物の筏の運動の相似関係をCheckすることを当初の目的とした。

図2の8つの区分のグラフは筏の規模に応じて、波に対する係留索の張力を示したものである。（記号は図中に示している。）これを視ればつぎのようなことがらが理解出来るよう。

i) 係留索が水深に等しい時 ($l/d=1$)、 a/L や H/L が大きくなる程張力 F は増大する。

ii) $l/d \geq 8$ の時は a/L はあまり F に関係がないようにみえる。とくに $l/d=5$ の時は殆んど a/L の影響はみとめられず、この場合は単に H/L に対して F が左右されることがわかる。

以上のことがらはカールやビーブの研究結果、文献1)および6)、7))と同様の傾向を示す。

さて以上の実験結果は、本章冒頭にものべたように、浮体の波による運動機構との関連において把握されねばならない。これは期待する消波効果との関連において、係留索の強度を察知し、合理的な浮体設計に直結させる必要があるからである。以上の実験における浮体の運動は、前章浮体の消波機構に徹し、図1-(1)-bに相当する場合とみなすことが出来る。すなわち、浮体型式R型のバリヤーとくに筏の波による運動機構は、単純で俗にいえば“波にのる”状態となる、消波効果はしたがってあまり期待しえず、ここにこの開発研究の初期段階目標というゆえんである。目下、消波効果の著しいバリヤータイプたとえば二重筏浮体等の係留索にかかる張力を検討中であるが、この場合は1章にのべたように独特の運動をなし、したがって張力関係も特異である。文献6)、7)に示されたグラフからもかような事情を伺知しうが、これについては次の課題として興味深い。

相似関係については、つぎのような筏部材応力関係において成立することをたしかめた。

模型筏と、現地筏とのに対する波による部材応力のスペクトル解析を行なうと、縦部材（波の進行方向と平行）の部材応力のスペクトルのピークは波のスペクトルのピークの周波数と一致し、横部材（波の進行方向に直角）のスペクトルは波の卓越周波数のところにスペクトルピークを持つ。すなわち縦材は波と同調した運動をしているが横部材は2倍周波数の振動をしていることが知られた。

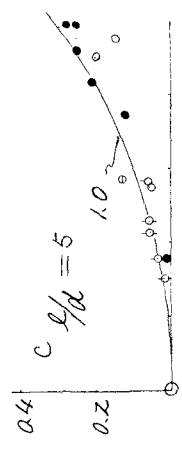
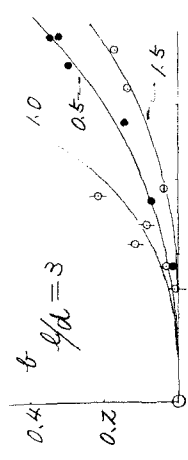
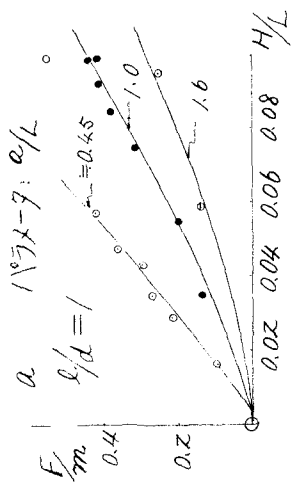


図 2-(1)

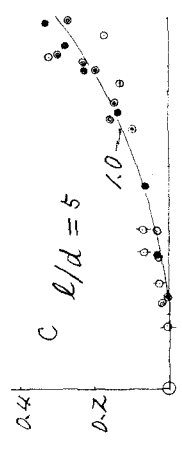
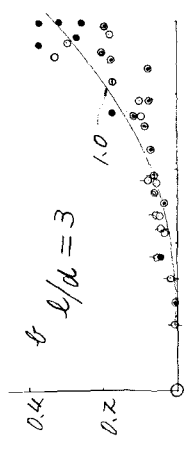
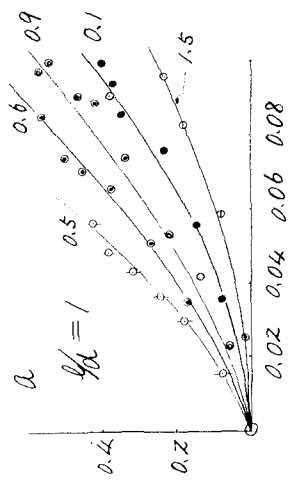
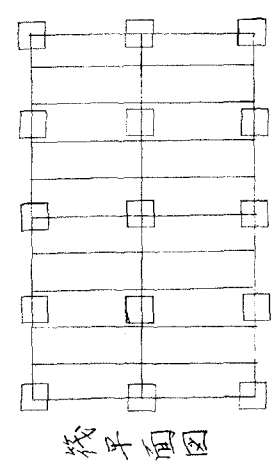


図 2-(2)

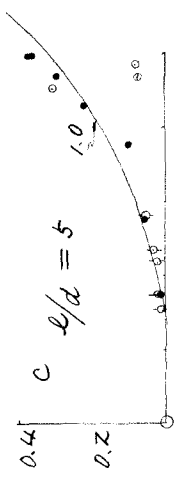
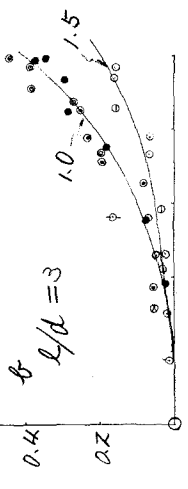
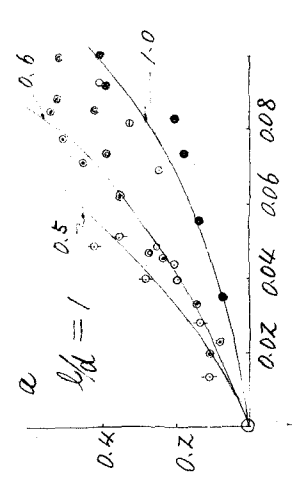
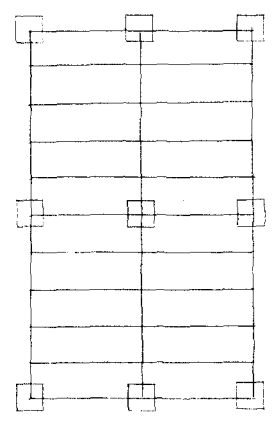


図 2-(3)

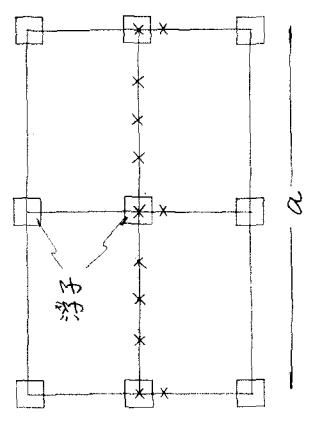


図 2 係留索の張力

2.2 浮体の耐久性について

目下実施している現地実験の課題は、第1章にのべた消波効果に関する基礎研究の裏付けを得ることと浮体の耐久性（対波力強度）についてみる2点である。前者は適当な自然の強風をうけ、必要なデータを探ることであるが、実際問題として種々な面でそう易くない。事実このテーマについては、十分な結果は今後にまたねばならない。そこでおのずから後者保持の問題について考察することになる。これについては、既に文献8）および非公式に数回報告しているが、最終的にまとめるには今少し時間が必要である。そこでここでは、実験方法に限ってその一端を示し、大方のコメントを得て今後に資したいと考える。

つぎの表はごく最近えられたデーターの一部で、種々なる項目について定期的に調査している。

表2 チェックポイント

点検月日	点検者	浮 体								係 留 索				アンカー		備 考	
		流失	変形	損傷	ズレ	沈下	傾斜	付着物	磨耗	損傷	ズレ	沈下	付着物	磨耗	ズレ		沈下
S48.11.30	農工試験 監 修	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		○	○			アンカー点検 は年4回、潜水して行なう
" 12. 8	"	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		○	○			
" 12.19	"	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		○	○	○	○	
S49. 1.17	"	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		○	○			
" 2.19	"	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		○	○			
" 3.28	"	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		○	○			

上表について註記すればつぎのようである。

- i) 浮体は図2-③に示した筏を垂直方向に重ねた様なR型のバリヤーに属する浮体ユニットを適当な簡数、ロープで連結した全体としてF型に属する浮体である。
- ii) 実験現地は天津市琵琶湖および宮城県志津川湾（共に受託研究）である。
- iii) 留意すべき点を列挙するとつぎのようである。
 - a) 生物附着は、設計消波効果に影響をおよぼすので最大の注意が必要である。
 - b) 浮体保持のための浮子（アバ）が案外に逸散する。これは外力としての潮流や波浪に対してもろく、この事は防波を目的とする構造物として最も留意すべきことである。
 - c) 結合部は保持における最も重要な要素であるが、この点は当初より留意し出来るだけその数を減じた設計としたので、あまり支障はなかった。
 - d) ロープの強度に関しても同様である。
 - e) 以上は8ヶ年の比較的静穏な海水面の実績であるが、強風時消波効果については一応さしおくとしても、保持の点で渦や反射波等に対し、事前に十分留意して設計されているとはいえ、未知の要素を確める必要を大いに感ずる。

現在迄に行ってきている現地実験の場所は、琵琶湖、噴火湾、志津川湾、宮古湾および福良湾である。これらは天津市、高分子材料協議会および兵庫県福良漁協等よりの受託試験や日本水産資源保護協会を通じてのコンサルタントとしてタッチしつつある。ここに用いた浮体は上述のことがらに拠って案出されたアブソーバータイプ、バリヤータイプの一種とみなしうるものであることを附記する。

参 考 文 献

- 1) 東京大学工学部土木工学科港湾研究室：浮防波堤に関する研究 1962 pp.1~252
- 2) Wiegel R.L.:Oceanographical Engineering,Prentice Hall Inc.Second printing 1965, pp137-144
- 3) 浅海開発研究委員会監修：水産土木事例と動向(Ⅰ)日本水産資源保護協会，水産増養殖叢書22,1971, pp74-91 または
- 3) 加藤重一：乃方俊文：上北征男：萩野静也：増養殖漁場外郭施設としての消波工の消波効果に関する研究、(Ⅰ)(Ⅱ) および(Ⅲ)，農業土木試験場報告，7号，8号および10号，それぞれ pp173~200, pp259~266 および pp239~256,1969,1970 および 1972
- 4) Harris,R.J.S.:Summary of Present Knowledges of Floating Breakwaters, Univ.of Southampton,Dept,of Civil Eng.,1970,
- 5) 加藤重一：浮き防波堤の開発研究と現状，土木学会誌 59 巻 5 号 1974
- 6) Carr,J.H.:Mobil breakwaters,Proc.2nd Conf.on Coastal Eng.,pp.281-295,1951
- 7) Beebe,K.E.:Mooring cable forces caused by wave action on floating structures. proc.1st Cont.on Ships and Waves,1954
- 8) 吉牟田長生：漁場造成用浮防波堤試験事例について，水産土木 10 巻 No1 pp63~72,1974
- 9) 服部宏：高分子材料による浮き消波施設の実用化研究，昭和48年度科学技術に関する試験研究補助金による試験研究成果集，1974