

# “浮き防波堤”の開発と研究の現況

加 藤 重 一\*

## はじめに

“浮き防波堤”といえば、直感的に、防波構造物としてある浮体をあたかも既存の構造物のように想起するが、さてそれが“実際、どんなものか”ということになると、その形状、消波効果、保持、耐久性等いろいろな問題に遭遇し、結局“浮き防波堤”とは何か、その概念は容易に定まらない。

この報告は、筆者の一連の基礎研究<sup>8), 14), 32), 35), 38), 47)~50)</sup>(とくにその消波効果)を集大成し、既往の文献をも総合検討してその概念を提供し、もって、その開発方向を示唆しようとする。広く熱意あるご叱正を期待する。

\* 正会員 農博 農林省農業土木試験場 佐賀支場長

a) 係留について付言する。本文では水深を 30m 前後、しいて 50m 程度を“浮き防波堤”設計の限度としているが、これは、経済上、理論上および実際上の3つの要因より、ひとまず、この程度を目標に開発しようということにすぎない。すなわち、経済上とは、例え理論上に設計可能でも、深くなると係留やアンカー等の費用について採算がとれない場合等を行い、理論上とは、経済的・实际的に施工可能でも、例えば図-2(b)のグラフは微小振幅波理論を用いているので、その理論によると、水深 30~50m 以深では相似律が見出せないといったような理屈からの事柄である。また、実際上というのは、開発目的により、それ以上の水深においては考えることは不必要ということもありうるなどの事情を考える。しかしながら、実際において、深海域に“浮き防波堤”を必要とする場合が起り得ないとはいえない。そこで、経済的な束縛がないようときは、考え方をかえる必要がある(微小振幅波理論が唯一の規制要因では決してない)。すなわち、深くなると何よりも係留についての項目が重要度を増すことになる。この場合は、もはやアンカー等は考慮の外におかれるべき問題ともなりうる。このような場合、浮体係留の問題において、例えば、海底を考慮する必要なく、むしろ係留索の長さ、したがって、その重量を考慮し、浅海における一般係留と同等の係留効果をあげうる考察が必要となる。また、このような限界水深が決定しうるかも知れない。もちろん、浮体は完全に海上に固定し得ず波浪流によって多少移動するが、波高は十分低下せしめらると思われ、これは今後の興味ある課題である。

図注) ① 图中番号は文献番号を示す。  
 ② 矢印は波の入射方向を示す。  
 ③ 図は原則として入射方向に平行な断面を示す。  
 ④ 浮体は材質(コンクリート、鋼、木材その他の植物、高分子材料等、規模(長さ、間隔、高さ等)浮遊状態(水面に平行か斜めか、きつ水の大小等)や係留索取付位置(上・下端、中央端、下面沖側寄り、沖側の水面中央等)により千差万別、文字どおり枚挙にいとまがないので、その代表とみなされるもののみ掲げた。

## 1. 従来の研究

ここにいう従来の研究とは“浮体の形状と消波効果”に限る。係留、構造材料については、文献の少ないこともあるが、その方法や強度いかんは“浮体形状による消波効果”に密接な関係があり<sup>15)</sup>、浮き防波堤開発研究の重要な一つの中課題であるのでこれらは他日にゆずる。ここでは、また、自由係留<sup>2), 3)</sup>のものに限る(また、これが最も実用化に対して有効でもある)<sup>4)</sup>。

さて、従来の文献は少ないながらも、かなり古く<sup>12)</sup>から多種多様な形状の浮体が“浮き防波堤”の実用化を目ざして、報告されている。しかし、これらはまだ十分に体系化されていないようである<sup>6), 7)</sup>(図-1 参照)。そこ

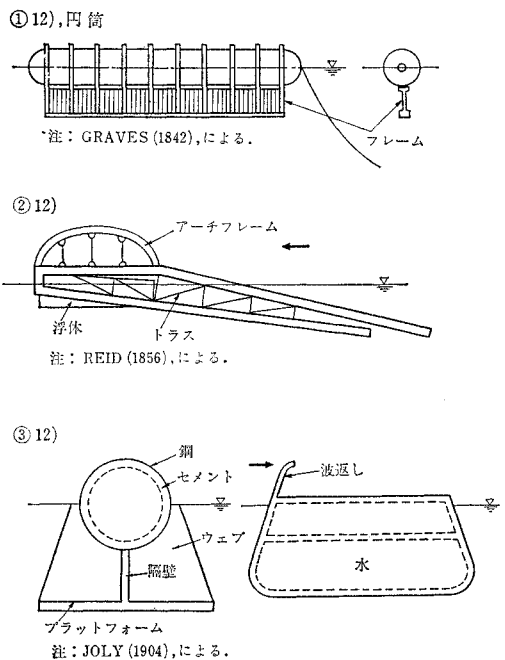


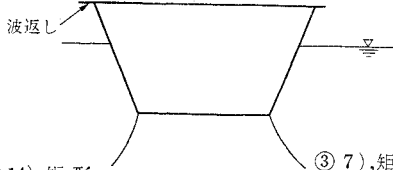
図-1 (a) 1945 年以前に報告されたもの

で、以下のような順序分類に従って一試案を提供する。

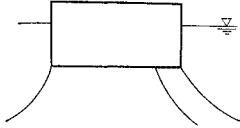
(1) 不変形性浮体 (R型)

入射波により著しく変形しない浮体を総称し、これを

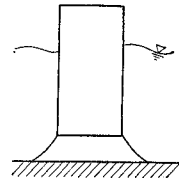
① 14), 逆台形



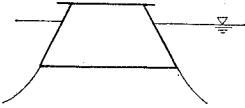
② 14), 矩形



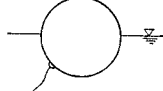
③ 7), 矩形



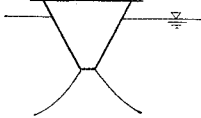
④ 14), 台形



⑤ 48), 球または円筒



⑥ 14), 三角形



⑦ 15)

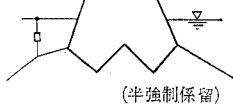
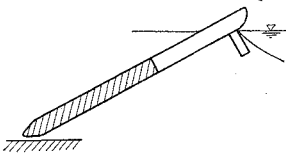
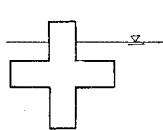


図-1 (b) ポンツーンタイプ

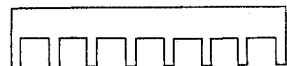
① 18), バラスト・シャロードラフトポンツーン



② 1), ポンバードン (水を入れる)

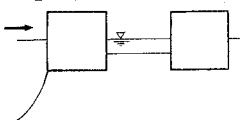


③ 18)

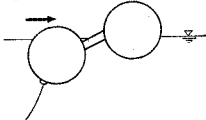


注：以上はあまり薄くなればバリヤタイプとなる。

④ 10)

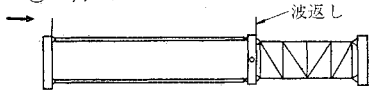


⑤ 10), 19)



注：以上はワイヤーなどで連結すればF型となる。

⑥ 21), 三重壁



注：○印がフレキシブルジョイントで結合されるとF型となる。

図-1 (c) ポンツーン, バリヤ, フレキシブルタイプのいずれのタイプにもなりうるもの

④ ポンツーン, ② 板または隔壁, ③ その複合型<sup>5)</sup>, ④ トラスまたはフレーム, ⑤ 剛結合による複合形<sup>11)</sup>, ⑥ 箱形断面をもつもの<sup>10), 28)</sup>に分ける。これは一応の目安であって、図-1 (b) に示すように「ポンツーン」と称しても、幅員に対して高さが小なるとき<つまり薄いもの>は、「板」の性質となる<sup>18)~20), 26)</sup> (図-1 (a)~(d) 参照)。

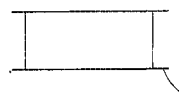
文献 14), および 32) によれば, R型の消波機構は次のようにいえる。

① 浮体でもって入射波を反射し消波効果を期待することは, “浮き防波堤” の一つの機構であるが, 入射波が大きいと浮体は振動して, 十分な消波効果をあげ得ない。これが従来の経験において最初に遭遇する難関であった。そこで, 浮体の運動機構を利用した位相差反射による浮体について, その消波機構の優れたことを提示しよう<sup>14)</sup>。

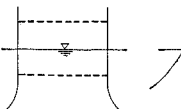
② 消波効果 (通過波高/入射波高) とその浮体の形状や浮遊状態を示す量との関係は, 適当な範囲内において, 最大 (または最小) 点を示す箇所がある。その典型例を図-2 (a) に示す。

この2点が R型全般の共通した特徴であるが, 理論的に説明 (計算) しようものはポンツーンである。すなわち, 消波効果を最も支配する要因の一つは浮体形状 (これは逆台形でポンツーンの基本形とする) で, これが決

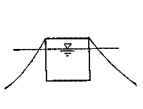
① 25), 二段複



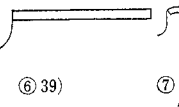
② 32), 二重壁



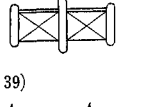
③ 39)



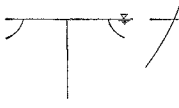
④ 33), 板またはスレート



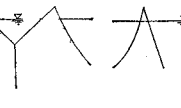
⑤ 20), 海王星



⑥ 39)



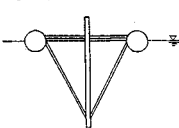
⑦ 39)



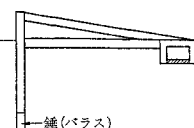
⑧ 39)



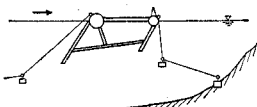
⑨ 10), Aフレーム



⑩ 10)



⑪ 30)



⑫ 28), 穴あきケーソン

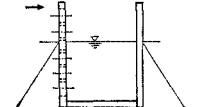


図-1 (d-1) バリヤタイプ

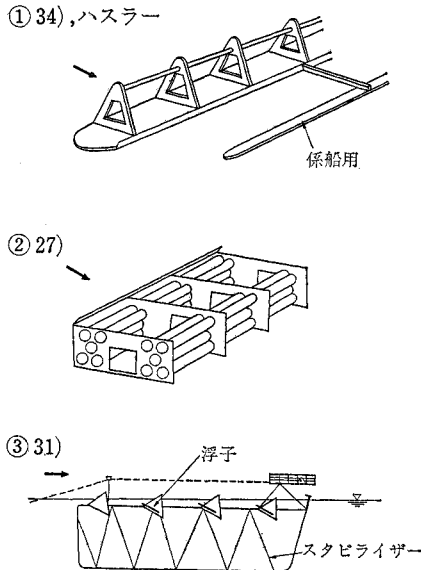


図-1 (d-2) 種々のバリアータイプ

定されると、浮遊状態（きつ水→メタセンターなど）が規定され、そのための浮体の構造や材料まで、おのずからきまってくる<sup>13)</sup>。この場合の消波効果は、実験室では100%に近い。しかし、実用化に際して浮体の耐波強度および係留索にかかる張力が強大で、特殊な事情がないかぎり、純ポンツーン浮体は“浮き防波堤”として不可能であろう。

そこで次に、バリアー (barrier) が考えられる。文献15), 27) および 32) などによれば、入射波によるバリアー各種の浮体の運動はそれぞれ特異であって<sup>32)</sup>、これがひいては、前者の難点をカバーしうる。例えば、二重隔壁または二段いかだ（バリアーの基本型とする）の張力強度は、係留索にかかる張力の方向がポンツーンの場合のように接続方向でないので、かなり緩和される。しかしこの場合は、浮体構造内部に自由水面があり、その運動機構は複雑で、十分理論的に解析し得ない。ゆえに試行錯誤法による設計を余儀なくされる<sup>21)~24)</sup>。

“浮き防波堤”は海洋構造物であって、その開発に際

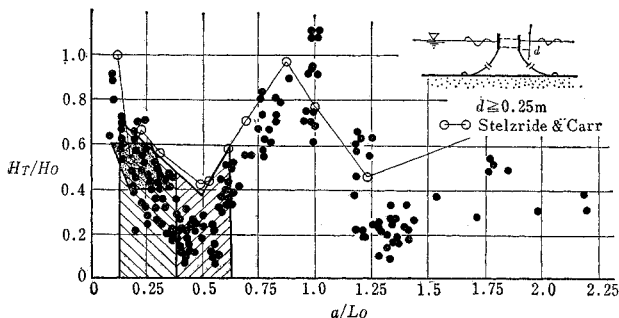


図-2 (a) R型浮体の消波効果

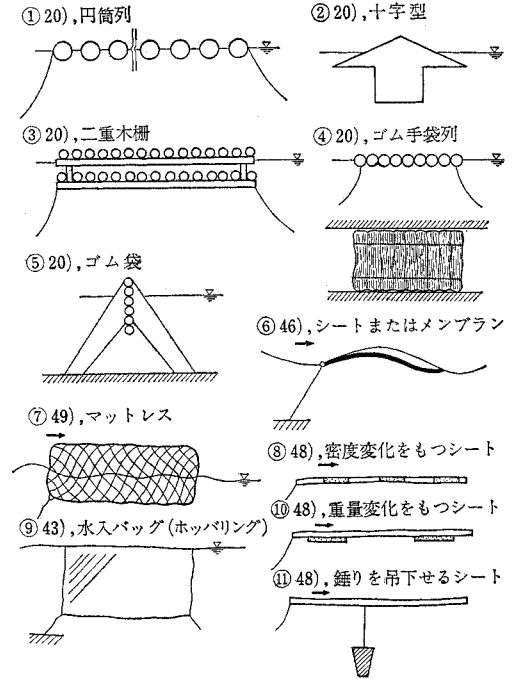


図-1 (e) フレキシブルタイプ

し、次節も含め、最も重要なことからは、その形状、および構造機構等をできるだけシンプルなものとするということである。この点、板やスレートは今後さらに研究する余地があるかもしれない<sup>29), 33)</sup>。反対に図-1 (a), (d) に示すように優れた消波機能をもつ浮体も多数報告されているが<sup>30), 31), 34)</sup>、この点を無視すると、実際において案外もろく欠点をさらすものである。

上にR型の基本型を二、三示したが、これにより合理的に設計すべきであるが、このR型には文献35)に示すように、浮体の固有周期の相似性に、開発上の最大の難点のあることが指摘される。すなわち、R型は浮体の復元力が大であるため、排水量の移動モーメントが大であり、かつ排水量に対し、水線面モーメントが大きい特性がある。

例えば、二重隔壁浮体の横揺れ周期は浮体長や重心位置の実用上の範囲に対して、その値のいかんにかかわらずおよそ2.0 sec強と計算され<sup>35)</sup>、この値は実際現地での設計波条件を満足させるには、あまりにもかけ離れている。すなわち、実用化における常軌程度の規模の浮体では、十分な消波効果はほとんど期待し得ないことになる。これは現場テストに徴しても明らかでありこの種のいろいろな浮体形状についていえるのである。

ゆえに、ここに周期を大ならしめるためのくふうが必要となる。

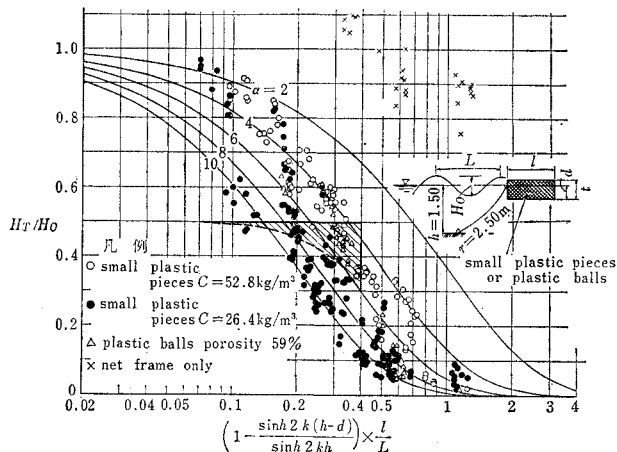


図-2 (b) F型浮体の消波効果

この節を終るにあたり、既往文献における一、三の事柄について述べる。

ポンツーンには水を入れる試みがある。この意味は、例えば歴史的なコンクリート製の Bombardon<sup>1), 16), 17)</sup> がそうであるが、これはきつ水を大ならしめるためであり、また、文献 14) はアンチローリングタンクの作用をねらったものである。しかし、これらの試みは浮体の規模と固有周期との関係を巧みに応用しないかぎり、消波効果はあまり期待されない。

浮体の下面が海底近傍位置まで設置されたり、箱型構造の底面または側面に多くの穴を施工する試み<sup>9), 10), 28)</sup> がある。これらはもちろん現地条件によるが、図-1 (b) の文献 7) は意味深く、将来の開発に参考となるであろう。

なお、波返しの効果をねらう付加突起の施工が試みられるが、その運動機構を十分理解しないかぎり施工すべきではない。図-1 の文献 14) は効果的であり、図-1 の 12), 21) 等はあまり用をなさない。

## (2) 変形性浮体 (F型)

ここに総括する浮体を形態上、① シートまたは膜状、② マットレス、③ 撓性いかだとその複合型、④ 回転ジョイント<sup>39)</sup> などなどによって結合されたもの、⑤ ワイヤなどによって連結されたもの<sup>36)~38)</sup>、⑥ 水入バッグ、などに分ける (図-1 (e) 参照)。

“浮き防波堤”として消波効果を期待する機構のもう一つの作用は、摩擦である。この消波効果に関する特性は、浮体形状等を示す量に対して指数関数的であるといえる。その典型は、シート状浮体にみられる<sup>40)~42), 45), 47)</sup> (図-2 (b) 参照)。

しかしながら、摩擦のみで実用上の消波効果をうるには長大な浮堤幅を要する<sup>41)</sup>。

そこで、この摩擦作用をより積極的に利用するために

次にマットレスが考えられる。筆者らの研究<sup>49)</sup>によれば、期待どおりの消波効果が得られた。また、最初懸念された相似関係も、ある範囲内では密度に関する因子を導入することによって成立することが確認され、かつ波力も小で、そのために係留も容易で、実用化に一步を進めたかにみえた。もっとも消波効果の値としては、同一条件において、前述の R 型のものほどではないが、十分実用に供しうる成果を実験室で得ている。

しかしながら、この場合においても、実用化に際しては、かなり重要な隘路に逢着するのである。すなわち、材料の選択、ひいてはその構造構成のいかん、さらにこれがコストにもかなり

影響を及ぼすことである。つまり、実験室内のマットレスは、そのまま規模を拡大するのみでは耐波強度や防災上 (破壊したときの公害等) の点から設計不可能となる。

この F 型には、木材その他の植物、高分子材料等あらゆる種類の材質が用いられ、これらはそれぞれの特質をもっている<sup>20), 46)</sup>。なお、その他既往の文献における一、二の事柄を指摘する。すなわち

シートは摩擦によって消波効果を期待するものであるが、多少の位相差反射がみられる<sup>47)</sup>。そこで、これを積極的に利用するため、図-1 (e) のようにシート材質の各部分において、単位重量 (密度) を変化させるか重を付加したり、あるいは吊り下ろさせたりすることがみられた<sup>48)</sup>。これは実験室ではある程度効果があるが、実用段階までにはなお問題が残る。

また、F 型の一つのタイプに袋に水を満たしたものが国の内外で試みられている<sup>43), 44)</sup>。Wiegel はこれを Hovering Breakwater と呼んでいるが、最大の欠点は耐波強度の小なることであろう。

以上、単体浮体の特徴を“浮き防波堤”開発の可能性という観点から論じたが、それぞれの基本形は、そのままでは必ずしも有望ではないことがわかる。そこで、次に、当然複合型の中にその可能性を探らなければならない。そうして、この場合その方法手段として、上述単体浮体の性質適用こそが必要で、これを無視すれば、いままでの努力は水泡に帰するであろうことを強調したい。本文で紹介した多くの研究においては、このような認識にけるきらいがないであろうか。

## “浮き防波堤”の概念

—開発の可能性について—

### (1) “浮き防波堤”として妥当な期待消波能力

“浮き防波堤”には、どの程度の消波効果を期待すれば適当であろうか。この問題は、これまで案外議論され

ていない。いままで種々の浮体の消波効果が報告されているが、すでに理解できるように、これがそのまま実用上期待すべき値とはならない。

そこで、筆者は、文献 35) および 50) において、ごく常識的な範囲を示した。その要点は、① 期待消波効果を最低 50% とする（これ以下では、防波堤という名にふさわしくない）、② 設計波高 2~3m の範囲で、波形勾配 0.02~0.06（例えば R 型では >0.06、F 型で >0.04 など）の入射波に対応する。③ このような設計条件に対して、実用上の浮体の規模を代表長さによって条件づけると、浮体の幅員長（入射方向）を入射波長のおおよそ 1/2 程度とし、きつ水深 2m、水面上の浮体高さを 1m 近傍におさえるものとする。このような程度は、どの範囲を示すものであるかを 図-2(a) および 図-2(b) に斜線でもって示した。

## (2) “浮き防波堤” の概念

——将来開発されるべき“浮き防波堤”——

1. の終わりの辺で、将来開発されるべき“浮き防波堤”は R 型と F 型の複合型浮体が指向されると述べた。この意味は、単に浮体の形態的な複合型を示唆するものでは決してない。例えば一見バリアーまたは F 型とみえても、その消波機構が、摩擦を伴った位相差反射がともに有効に働くようなものであれば、このバリアーは複合型である。

そこで、今後どのような研究方向がとられうるか、その二、三の考え方を列挙しよう。

① 単純な形状について、その規模を諸情勢にあわせて可及的に大きくすることに努力すること。

これは水産開発、一般海洋開発および特殊な場合等とそれぞれの目的背景の事情に応じて、浮体規模を大にするよう経費的に努力すればよい。

② 基本浮体形状を、消波機構を考慮して、いま少し形態的にくふうすること。

③ 消波機構として、位相差反射と摩擦とが同時に作用するような、機構的に複合した浮体形態を考案すること。

① の方法は、従来の“浮き防波堤”開発に関する多くの報告の根底にある思想である。すなわち、浮体は波によって振動するから、できるだけ規模の大きい構造物を作ろうと一般に考える”。この考えは、R 型浮体の欠点である固有周期を大にすることの意味に一致する。しかし、これには限度がある。

② したがって、消波機構を考慮に入れて、R 型もしくは F 型を基礎として合理的形状をくふうすることである。これについては、目下筆者が現地実験を併用して検討しつつある。例えば、FRP 材料を用い、ポンツ

ンを剛結した一種のバリアータイプのもの（現地実験では、消波効果において固有周期を 3.6 sec まで高めうる）や、また、高分子材料を用いた一種の Absorber とみなしうる構造のもの（相似関係については、図-2(b) のグラフが適用しうるという）などである。

これらの例は、将来の理想像としての“浮き防波堤”にあと一步の靚がないでもない。たしかに、前者にあっては形態をいま少しくふうし、後者の場合は規模をより大にすれば（連結数を多くする）、消波効果を向上させることはたやすく理解されるが、採算の問題、あるいは係留、取扱いその他わずかな不慮の要因等に決定的な難点の生じうる可能性を包蔵する。

未開発の、しかも、海洋構造物という二重の困難性を克服しなければならない“浮き防波堤”の開発研究は、このような漸定形態のものを数多く試行し改良することによらなければ、真に辞書に掲載しうる術語として世に出ることができないと考える。既存の構造物にあってさえも、なお現在において完成への努力が払われていることを思えば、しかも“浮き防波堤”の将来の利用範囲の広大なることを考えれば、“浮き防波堤”工学ということも、そうおかしくないと思われる。

このように真に“浮き防波堤”として、生れ出ずる前夜においては、厳密な意味では何人も明確にそれを知ることができない。筆者は本文で一つの学問的体系樹立の方向を示したが、従来の諸研究の結果を加味して考察することにおいて、その時点時点において“浮き防波堤”の概念が徐々に形成されるであろうと思われる。

## 3. む す び

——今後の諸問題——

本文は、現在“浮き防波堤”は未開発な構造物であるが、ここで示したような開発計画の基本に徹するならば将来有望であると主張するものである。そのためには、本文ではふれなかった浮き防波堤開発研究のうちの他の種々な学問的分野の共同研究なくしては、完成され得ない。例えば、浮体材料や係留に関する構造工法があげられる。さらに、これらは材料について考えれば、材質、強度や耐用性等の小項目に細分化されよう。わが国は、鋼、高分子材料および、それらの加工面での豊富な知識をもっている。また、研究の方法についても基礎、応用および開発等段階的な目標が併行し、あるいは逐次に設定されたプロジェクトであることが必要である。すでに 1971 年、ASCE に小港湾委員会が設立され、そのうち“浮き防波堤”の国際グループ研究の必要性が呼びかけられている。

海洋開発の進展にそって、その要求に応えるべく“浮

き防波堤' 研究態勢の着実な発展が望まれる。

本文を草するにあたり、本間東洋大学教授のご校閲および会誌編集委員会より有益なコメントをいただいた。付記して感謝の意を表します。

## 文 献

### 1. 総括的なもの

- 1) Lochner, R., Faber, O. and Penney, W.G.: The "Bombardon" Floating Breakwater, The Civil Engineer in War, Vol. 2, 1948, pp. 256-290.
  - 2) Minikin, R.R.C.: Floating and Foundationless Breakwaters, Engineering Vol. 166, 1948, pp. 577-579 and 604-605.
  - 3)-1 Carr, J.H.: Mobile Breakwater Studies, Report No. N-64.2, Hydrodynamics Lab., Hydraulic Structures Div., California Inst. of Tech., Pasadena, Calif., 1950.
  - 3)-2 Carr, J.H.: Mobile Breakwaters, Proc. Second Conf. Coastal Eng., Berkeley, Calif., The Engineering Foundation Council on Wave Research, 1952, pp. 281-295.
  - 4) Shen, H.V.: Floating Breakwater Survey, Summer and Fall, 1960 Tech. Report Series 140, Issue 4, Hyd. Eng. Lab. Water Research Projects, Univ. of California, Berkeley, 1961.
  - 5)-1 東大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.
  - 5)-2 東大工学部土木工学科港湾研究室: 浮防波堤に関する研究報告書, 1965, pp. 1-11'.
  - 6) Wiegel, R.L.: Oceanographical Engineering, Prentice Hall Inc., Second Printing 1965, pp. 137-144.
  - 7)-1 Bulson, P.S.: Transportable Breakwater-A Feasibility Study, Report Res. 42/4, Military Engineering Experimental Establishment, Christchurch, Hampshire, England, 1964.
  - 7)-2 Bulson, P.S.: Transportable Breakwaters, Dock and Harbour Authority, Vol. 48, No. 560, June 1967, pp. 41-46.
  - 8)-1 加藤重一: 増養殖場または漁場計画における防災について, 農業土木学会水産土木研究部会, 第5回研究集会講演予定要旨 1966, pp. 31-59.
  - 8)-2 加藤重一: 増養殖場または漁場計画における防災とくに消波施設について, 水士誌, Vol. 3, No. 1, 1966, pp. 33-38.
  - 9) Hay, D.: Considerations for the Design of a Floating Breakwater, Dept. of Public Works of Canada, Harbours and Rivers Engineering Branch, 1966, (Unpublished).
  - 10) Ofuya, A.O.: On Floating Breakwaters, C.E. Report No. 60, Dept of Civil Eng., Queen's Univ., Kingston, Ontario, 1968.
  - 11) Djoukovski, N. N. & Bojotih, P.K.: La Houle et son Action sur les Côtes et les Ouvrages Cotiers, 1968.
  - 12) Harris, R.J.S.: Summary of Present Knowledges of Floating Breakwaters, Univ. of Southampton, Dept. of Civil Eng., 1970, pp. 1-82.
  - 13) 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, pp. 74-91.
- ### 2. ポンツーン
- 14)-1 Kato, J., Hagino, S., and Uekita, Y.: Damping Effect of Floating Breakwater to Which Anti-rolling

System is Applied, Proc. 10th Conf. Coast. Eng. Tokyo, Japan, 1966, pp. 1068-1078.

- 14)-2 Kato, J. et al: Damping Effect of Floating Breakwater, Proc. ASCE, Vol. 95, WW 3 6733.
  - 15)-1 久宝雅史・大橋一彦・牧野勝典: 浮防波堤の模型実験について, 土木学会第23回年次学術講演会, 1968, pp. 39-42.
  - 15)-2 久宝雅史・大橋一彦・牧野勝典: 浮防波堤の模型実験について, 土木学会第15回海岸工学講演会講演集, 1968, pp. 288-291.
- ### 3. ポンツーンまたはバリヤー
- 16) Lochner, R.: Discussion on Mulberry Breakwater, The Civil Engineer in War, Vol. 2, Docks and Harbours, Inst. Civil Eng., 1948, pp. 327-332.
  - 17) Lee, Donovan H.: Discussion on Mulberry Breakwaters, The Civil Engineer in War, Vol. 2, Docks and Harbours, Inst. Civil Eng., 1948, pp. 321-325.
  - 18) Patrick, D.A.: Model Study of Amphibious Breakwaters, Office of Naval Research, U.S. Navy, Report Series 3, Issue 332, Univ. of Calif., Berkeley, California, 1951.
  - 19) 永井狂七郎・久保弘一: 浮防波に関する研究, 第17回土木学会年次学術講演会 1962, pp. 139-140.
- ### 4. バリヤー
- 20) 余廣明・王永鈞: 水面票風浮結構消浪作用試験報告, 研究試験報告彙編, 中華人民共和國水利部南京水利実験処, 1955.
  - 21) Ross, Culbertson W.: Model Tests on a Triple-bulk-Head Type of Floating Structure, U.S. Army, Corps of Engineers, Beach Erosion Board, Tech. Memo, No. 99, September, 1957.
  - 22)-1 Stelzried, Marshall: Mobile Breakwater Study, Interim Report, 1951, Calif. Inst. Tech., Hydro. Lab., Contract NOy-12561, 1951 (Unpublished).
  - 22)-2 Stelzried and Carr, J. H.: Mobile breakwater Study, Interim Report, 1951, Calif. Inst. Tech., Hydro. Lab. Contract NOy-12561, 1951 (Unpublished).
  - 23) Stoker, J.J.: Water Waves, Pub. by Interscience Publishers Inc., Yew York, 1957.
  - 24) Wiegel, R.L.: Transmission of Waves Past a Vertical Thin Barrier, Journal of the Waterways and Harbours Division, Proc. of ASCE, Vol. 86, No. WW 1, 1960, pp. 1-12.
  - 25)-1 本間仁・堀川清司・望月博正: 浮防波堤に関する研究, 第10回海岸工学講演会講演集, 1963, pp. 144-147.
  - 25)-2 岡山県: 笠岡市高島の簡易二段式浮防波堤, 1963, pp. 1-19.
  - 26) Vinjé, J.J.: Increase of Effective Working-time During Operations at Sea by Means of Movable Structures, Publication No. 42, Series 2, Group 26, Section 26, 19, Delft Hyd. Lab, 1966.
  - 27) Sogreah, Brevet: Brise-lames Flottants, Brevet, No. 1, 514, 216 du 23, 12, 1966.
  - 28) Marks, W.: A Perforated Mobile Breakwater for Fixed or Floating Application, Proc. of the 10th Conf. on Coastal Engineering, Vol. 2, Japan, 1966, pp. 1079-1129.
  - 29)-1 Bury, M.R.C. and Cla J.L.: Floating Breakwater-Large Scale Mod Investigation at N.P.L., Taylor Woodrow Report No. 147/67/1275, 1967 (Unpublished).
  - 29)-2 Bury, M.R.C.: A Model Investigation of Straked Floating Breakwaters, Report No. 014 H/69/1372, Taylor Woodrow Constrecton Ltd., 1969 (Unpub-

lished).

30) Deltil, L. : Digue Flottantes a Plans Paralleles, La Houille Blanche, No. 8, 1968, pp. 707-710.

31) Engineering development in USSR, Civil Engineering and Public Works Review, Vol. 63, 1968, pp. 639.

32) 加藤重一・上北征男 : 浮防波堤の消波効果について, 農工論集 30号, 1969, pp. 77-82.

33) Harris, A.J. and Webber, N.B. : A Floating Breakwater, Coastal Engineering Conference, London, Chapt. 67, 1968, pp. 1 049-1 054.

34)-1 Hasler, Col. H.G. : Hasler Floating Breakwater, NRDC Information Sheet, 1969.

34)-2 Hasler, Col. H.G. : A Successful Floating Breakwater Design, The Dock and Harbour Authority, 1969, pp. 208.

34)-3 Hasler, Col H.G. : Hasler Floating Breakwater-Measurements of Wave Attenuation Caused by a Model Floating Breakwater in a Random Sea, Report by Hydraulics Research Station, Wallingford, Report No. 434, 1969 (Unpublished).

35) 加藤重一・上北征男 : 浮防波堤の開発研究, 昭和 48 年度農業土木学会大会講演集, 1973, pp. 404-405.

5. バリヤーまたは F 型

36) Kamel, A.M. and Davidson, D.D. : Hydraulic Characteristics of Mobile Breakwater Composed of Tyres or Spheres, Tech. Rept. H-68-2, U.S. Army Engineer Waterways Experimental Station, Vicksburg, U.S.A.

37)-1 Bourodimos, E.L. and Ippen, A.T. : Characteristics of an Open Tube Wave Attenuation System, Journal of the Waterways and Harbours Division, Proc. of the American Society of Civil Engineers, 1968.

37)-2 Kamel, A.M. : Discussion Paper on Characteristics of an Open Tube Wave Attenuation System, Proc. of the American Society of Civil Engineers, Journal of the Waterways and Harbours Division, No. 95, 1969, pp. 588-595.

38) 加藤重一・乃万俊文 : 球形浮消波工の消波効果に関する実験的研究, 昭和 45 年度農工学会大会講演会講演要旨.

39) 佐藤修 : 養殖用消波施設の開発に関する研究 <プリント> (未刊).

6. F 型

40) Stoker, J.J., Floishman, B. and Welicyker, L. : Floating Breakwaters in Shallow Water, Report IMM-NYU 192, New York University, Institute for Mathematics and Mechanics, 1953.

41) Wiegel, R.L. and Friend, R.A. : Model Study of Wind Wave Abatement, Univ. of Calif., Inst. Eng. Res., WRL Field Rept, No. 49, Contract with Shell Oil Co., 1958 (Unpublished).

42) Straub, L.G., Frederiksen, D. and Wetzel, J.M. : An Exploratory Investigation of Mobile Breakwaters, Project Report No. 60, St. Anthony Falls Hyd. Lab., Univ. of Minnesota, 1959.

43)-1 Wiegel, R.L. : Floating Breakwater Survey to August 1959, Tech. Report Series 140, Issue 2, Hyd. Eng. Lab., Wave Research Projects, Univ. of Calif., Berkeley, 1960.

43)-2 Wiegel, R.L., Shen, H.W. and Wright, O.C. : Floating Breakwater Survey, 15th August, 1959 to 30th June, 1960, Tech. Report 140, Issue 3, Hydraulic Eng. Lab., Wave Research Projects, Univ. of California, Berkeley, 1961.

43)-3 Wiegel, R.L., Shen, H.W. and Cumming, J.D. :

Final, Report on Hovering Breakwater, Tech. Report Series 140, Issue 5, Hyd. Eng. Lab. Wave Research Projects, Univ. of Calif., Berkeley, 1961.

43)-4 Wiegel, R.L., Shen, H.W. and Cumming, J.D. : Hovering Breakwater, Journal of the Waterways and Harbour Division, Proc. of the ASCE, Vol. 88, No. WW 2, 1962, pp. 23-50.

44) Ripken, J.F. : An Experimental Study of Flexible Floating Breakwaters, Tech. Paper No. 31, Series B, St. Anthony Falls Hydraulics Lab., Univ. of Minnesota, Minneapolis, Minnesota, 1960.

45) Ofuya, A.O. and Reynolds, A.J. : Laboratory Simulation of Waves in an Ice Floe, Journal of Geophysical Research, Vol. 72, No. 14, 15th. 1967, pp. 3 567-3 583.

46) Kennedy, R.J. and Marsalek, J. : Flexible Porous Floating Breakwater, Chapter 69, 11th Coastal Engineering Conference 1968, Vol. 2, pp. 1 095-1 105.

47) 加藤重一・乃万俊文・萩野静也 : シート型浮防波堤の消波効果について, 第 16 回海岸工学講演会講演集, 1969, pp.297-299.

48) 加藤重一・乃万俊文・萩野静也 : シート型浮防波堤の消波効果について (II), 第 17 回海岸工学講演会論文集, 1970, pp. 141-144.

49) 加藤重一・乃万俊文 : 吸収型浮消波工-マットレス-の消波効果, 第 18 回海岸工学講演会論文集, 1971, pp. 193-198.

50) 加藤重一 : 漁場用防波堤 (=消波堤) について, 第 40 回農業土木学会九州支部講演集, 1972, pp. 21-24.

以上は、項目別年代順とした。“浮き防波堤”としての浮体運動理論、係留索やアンカー等にかかる力、浮体材料等に関する文献は非常に少ないが、これらは省略した。将来、開発研究がすすむにつれて、これら各課題別の文献もふえ、体系的に論じられることが望まれる。

## 7. 特許等

次に、参考のため、特許公告されたものの番号と名称のみを以下に掲げる。

① 特許出願公告	47-44 945	水中風船防波堤の水
S 39-12 996	防波囲堰	中風船の多重重ね風
39-23 495	気袋防波堤	船補強装置
39-28 170	水上浮遊物の構造	48- 12 61 浮防波堤
42-14 029	浮堤	② 実用新案公告
43-18 28	浮堤	40- 577 海上簡易防波, 防
42-14 369	浮防波装置	塵, 防油装置
44-11 476	水中浮力体利用の消	41-18 997 単一点繫留ブイにお
	波装置帯	ける消波装置
44-11 864	水中風船防波堤	44- 8 618 浮防波堤
45-27 267	浮遊支持台	46- 3 723 防波シャッター
45-28 872	浮遊消波堤	46-23 244 浮防波堤の浮体
46-18 667	消波フロート	46-30 671 制波浮遊体
46-27 978	滑車を用いた同心円	46-28 352 浮防波堤
	筒よりなる感潮浮防	47-17 575 浮防波堤
	波堤	47-17 576 消波ブイを兼用する
46-35 909	簡易避難港装置	確体
46-36 983	消波装置	47-17 579 制波浮遊堤
47-32 614	浮消波堤	47-17 582 水中構造物
47-32 618	消波装置	47-17 583 消波装置
47-35 134	浮防波堤を兼ねた海	47- 2 629 消波装置
	上プラットフォーム	9 5772 懸垂式防波壁

## 8. パンフレット等

なお、企業で公表されたパンフレットもかなり多いが、その社名のみを羅列する。(ABC順)

旭化成, 備前地区浮き防波堤, B.S., デベロ工業, 芙蓉海洋開発, 日立化成工業, 古和浦漁協, 三井東庄, 三菱油化, 日本水上工業, 新東化工, 志津川湾漁協, 東レ, ユニチカ。

(1974.3.29・受付)