

## 空気防波堤の研究に就いてⅤ：日本鋼管鶴見造船所に於ける現地実験：1：第11号（昭.33）台風来襲時の性能テスト

応用力学研究所水文学研究委員会

<https://doi.org/10.15017/4743366>

---

出版情報：応用力学研究所所報. 12, pp.39-59, 1958. 九州大学応用力学研究所  
バージョン：  
権利関係：

# 空気防波堤の研究に就いて V

日本鋼管鶴見造船所に於ける現地実験 1

第11号(昭.33)台風来襲時の性能テスト<sup>1)</sup>

応用力学研究所水文学研究委員会

## 概 要

昭和31年4月日本鋼管鶴見造船所港内艦装岸壁に空気防波堤を布設し、暴風時の繋留船舶の保護が計画された。こゝは浅海であるため非常に困難を思わせたので、その対策として庇護海面を極度に限定し、他方梯子型多孔管を使用し有効深度の増加を画した。当初消波対象波長も25mとして、空気量 $100\text{ m}^3/\text{min}$ にて波高を30%低減さすことを以て満足することとし、昭和32年8月多孔管を布設しテストの機会を待った。

その後暴風の機会なく昭和33年7月22日になり初めて11号台風の来襲を受け、観察によるばかりでなく、波形記録に依つて性能テストが行われた。

暴風の最盛期の波浪は周期5.2秒(波長42m)であつたが、空気防波堤によつて波高は約20%低減され、そのため船体の動揺を防ぎ岸壁に於ける越波を防ぐことが出来た、この効果は予期以上のものであるが、理論的にも推論されるところである。この報告に於てはこの暴風時のテストの資料整理及び成果が報告されている。

1. 緒言 日本鋼管鶴見造船所艦装岸壁に於て艦装中の船体は、暴風及び春季々節風の波浪に依つて繋留に困難を生じ、時としては甚大な被害を蒙ることがある。これは艦装中の舟足の浅い船体が、風圧の他に、岸壁と船体の間の海面に進入してくる波浪に依つて、周期的な波圧を受けて、ひどく動揺するためである。この防止策として、航行、港内作業に差支えのない空気防波堤設置案が採用され、昭和31年4月、水文学研究委員会にその研究指導が委嘱されたのである。

造船所港内は概して浅く、最低潮位面下4~9mであり、艦装岸壁附近に於ては6.5mである。これでは、空気防波堤を有効に働かすためには余りにも浅過ぎ、当時としては無謀に近い案であつたが、造船所の積極的な要望でもあり、使用可能な空気量が豊富であつたため、空気防波堤の最大の缺陷である浅海対策の絶好の機会と考えられるので、同年9月研究に着手したのである。

艦装岸壁と船体の間の狭い海面に進入してくる波浪が船体を動揺させるのであるから、この海面だけを防護すれば充分である。従つて単位長さの空気使用量も多量になるので、船首の少し前方に比較的短い多孔管を布設することとした。

浅海対策としては、梯子型多孔管を採用し、比較のために、幅の異なるA及びB管の他に標準直管Cの3種類を布設することとした。

1) この稿の責任は栗原道徳にある。

多孔管の設計に際して最も必要とする資料は、消波対象となすべき波浪の平均波長、波高及び船体の繫留を安全ならしめるために必要な減衰率である。これ等に関しては、ただ経験的に繫留に危険を生ずる限界風速は約 20 m/sec なることが知られているに過ぎなかつた。従つて、先づ波高計の設置を計画すると同時に、あらゆる機会に肉眼或は写真法を用いて波浪に就いての数量的な資料を求めることに努力した。

元来が浅海であり、初めより厳しい消波条件をつけることは無理であり、それまでに与えられた資料より推して、取り敢ず周期 4 sec (波長=25m) の波のエネルギーを 50% に減衰させることを目標に定めた。これは波高で 70% への減衰を意味する。

周期 4 秒の波を目標とすることは、暴風時の対策として楽観的に過ぎる危険がある。然しながら、空気防波堤に依つて誘起される、船体と岸壁間の水平流の作用を予測するならば、或程度の期待をかけてよい筈である。

試験用の上記の多孔管が布設されたのは昭和 32 年 8 月であるが、その後約一年間は関東方面へは台風の襲来なく、従つてその性能をテストする機会もなく、昭和 33 年 7 月に至つたのである。

この間にあつては、実験室に於ては実施不能な大規模な気泡噴流によつて誘起される水平流の計測研究を間断なく行い、消波性能を推定する一方に、空気防波堤の理論的研究に重要な資料を供給していたのである。

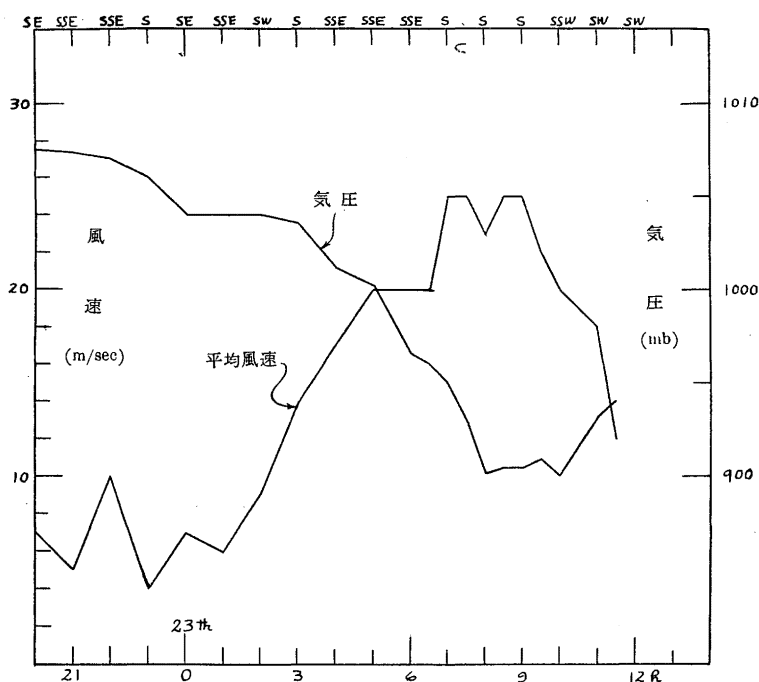
33 年 7 月以降には、台風の関東方面を襲うもの多く、11, 21, 22 号等はその代表的なものであつた。就中 11 号は来襲時の風力最も激しく、風害は最も甚大であつた。この 11 号台風来襲に際して空気防波堤の性能テストを、観察によるばかりでなく、波形記録に依つて行いえたことは、誠に僥幸であつた。その後襲つた 21, 22 号台風は台風の規模としては 11 号よりも強烈なものであつたが、関東方面に於ては風力は却つて弱く、波形記録はとられていないが、その効果は充分に確認されている。

研究報告の順序としては、先づ基礎的な、造船所に於て行はれた大規模な水平流に関する実験報告を行い、次で消波実験の報告を行うべきであるが、空気防波堤の性能に就いて多くの関心もたれている現状に於て、取り敢ず台風時下の性能テストの結果を報告するものである。

**2. 11 号台風の概要** 昭和 33 年 7 月 22 日の午後潮岬南方 300km の海上にあつて、北東に進んでいた 11 号台風は、ここで進路を北西に転じ、紀伊半島に向つたが、後少しく北方に進路を変え、23 日に至つてより東海地区に上陸し、関東地方を襲つた。そのため東京海湾は希有の大暴風となつたのである。

鶴見地区に於ては、23 日の払曉より南風次第に強まり、5 時頃に平均風速 20 m/sec

となり、6時30分より愈々激しく、遂に平均風速 25 m/sec、瞬間最大風速は 40 m/sec を示すにいたつた。この状態は9時頃まで続き、その後は徐々に風力衰え、11時には平均風速は 20m/secを下廻り、12時には遂に 12 m/sec となつて暴風は終つたのである。



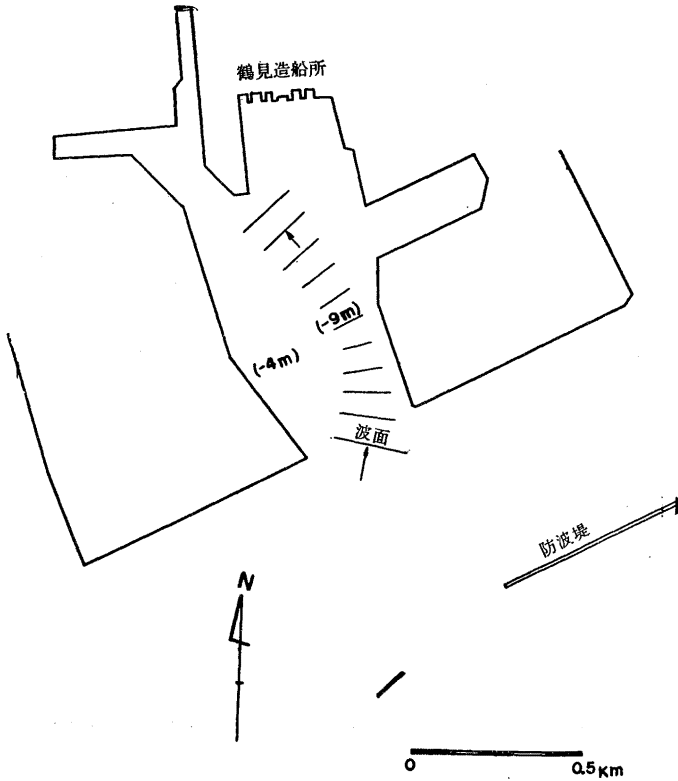
第1図 11号台風時の鶴見造船所に於ける気圧、平均風速の経過

鶴見造船所に於ては、風向、風速及び気圧を艦装岸壁突端船具工場に於て測定している。風速計はその屋上に備えられ、基準海面上約 17 m にある。ここで測られた 11 号台風時の諸量の記録は第 1 図に示されている。平均風速は約 30 分間の平均であつて、普通のものより平坦化されている。このことは風浪との関係をみるためには却つて好都合である。

3. 港内に於ける波浪の概要 造船所の港は略々南に向つて、幅約 300 m あり、奥行は約 1,000 m である。港内の西側は非常に浅く、ために港口より進入する波は、その最初の方に余り関係なく、港の奥に向い、然も艦装岸壁に約 30° の傾を以つて進入する。その模様は第 2 図に略示されている。

この様にして、南寄りの風が吹く場合には、波浪は繫船と岸壁の間の F-域に進入することになる。従つて吾々は、この種の風に依つて起される港口に於ける波浪を検べなければならぬ。

第 3 図に東京海湾に於ける鶴見造船所の関係位置が示されている。造船所は、南寄りの風に対しては、観音崎を東端とする三浦半島及び第 3, 2 第 1 海堡を西端とする房総半島に依つて囲まれている。造船所より観音崎までは 25 km であり、第 1, 2, 3 海堡までは 20 km である。従つて、周囲の地形を考慮して、対岸距離を略々 20 km として差支えないであらう。



第 2 図

扱て、風力と波浪の  
 関係に就いては、現在  
 最も信頼される C. L.  
 Bretschneider<sup>1)</sup> のも  
 のがある。g を重力の  
 加速度、F を対岸距離、  
 U を風速とし、充分に  
 発達した波浪の伝播速  
 度を c、又そのために  
 要する時間を t とする  
 と、 $gF/U^2$  の値が 40~  
 4,000 である範囲では、  
 彼の関係は近似的に

$$c/U = 0.076 \left( \frac{gF}{U^2} \right)^{0.28} \dots\dots\dots (3.1)$$

$$tU/F = 44.8 \left( \frac{gF}{U^2} \right)^{-0.28} \dots\dots\dots (3.2)$$

で表される。

Bretschneider の式が、そのまま成立つ海域の形状と、考えている場合のものとの相違、  
 使用される風速 U の測定位置等の相違に依つて、艦装岸壁に於て測られた風速を用いて上  
 式がそのまま成立つとは考えられない。吾々は造船所の港に於て適合するように、実測に  
 依つて比例常数を補正すべきである。

11 号台風までに得られた信頼し得る資料は、昭和 31 年 9 月 27 日の 15 号台風に関する  
 もののみである。この結果を用いて係数を補正すると次の如くなる<sup>2)</sup>：

1) C. L. Bretschneider. Trans. American Geophysical Union, **33** (1952), 381.

2) 昭和 31 年 9 月 27 日 15 号台風、当日の必要な資料を示すと：

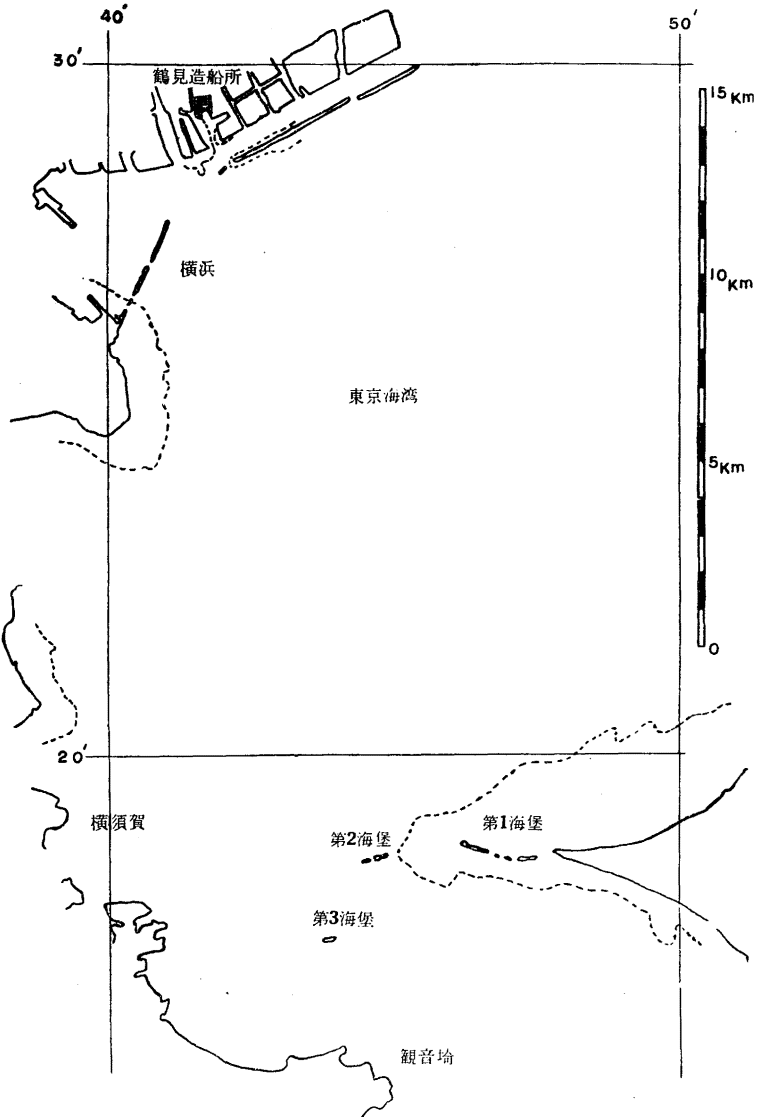
時刻	11.30	12.00	12.30	13.00	13.30	14.00	14.30
風向	SE	SE	SSE	S	S	S	NW
風速 m/sec	10.0	7.0	10.0	16.0	12.0	14.0	10.0

港内に於て、波浪の最も劇しかった 14.00~14.30 の間にとられた写真により、顕著な幾つかの波頂間  
 の距離を計算して平均波長を求めると 17~18 m となる。上表から撮影時刻頃の波浪に対する吹送時間  
 は約 2 時間と考えられる、その間の平均風速は 12.8 m/sec である。これ等の結果が Bretschneider の  
 式と矛盾なく成立つためには、艦装岸壁にて測られた風速を (1.4)<sup>-1</sup> 倍すればよい、従つて U を艦装  
 岸壁にて測られた風速として (3.3), (3.4) が成立する。

$$c/U = 0.065 \left( \frac{gF}{U^2} \right)^{0.25} \dots\dots\dots(3.3)$$

$$tU/F = 51 \left( \frac{gF}{U^2} \right)^{-0.25} \dots\dots\dots(3.4)$$

風が吹き出して、時間が経つて、時間が経つに従つて波浪は次第に激しくなる。然し対岸距離が決つてゐると、或程度以上に吹き続いてもそれ以上に波はひどくならない限界継続時間がある。対岸距離  $F$  が与えられた場合の吹送時間  $t$  がこれに対応している。(3.3), (3.4) を用いて、鶴見造船所港口に於ける南寄の風に対する限界継続時間及び限界波浪の性質を計算すると次表の如くなる。



第 3 図 東京海湾

鶴見造船所港口及び港内（括弧内）に於ける限界波浪<sup>1)</sup>

風速 m/sec	10	15	20	25	30
----------	----	----	----	----	----

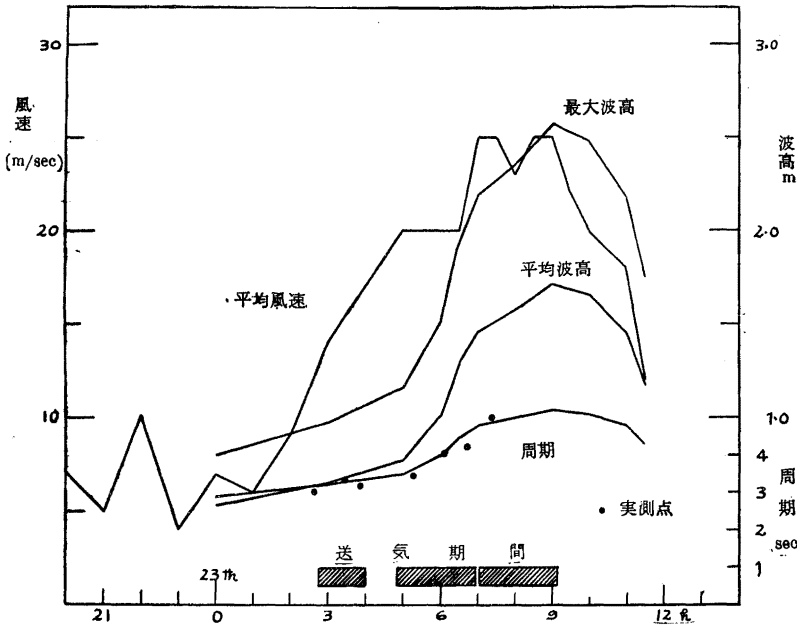
<sup>1)</sup> 波高は平均周期に較べて信頼度は低い。又港内岸壁附近の波高は港口のものより小さい筈である。こゝではこの減衰率を 10% とし計算してある。

限界継続時間 (h.m)	2.50	2.25	2.10	2.00	1.50
平均周期 (1/3) sec	3.5	4.1	4.7	5.2	5.5
平均波長 (1/3) m	19	26	34	42	47
平均波高 (1/3) m	0.86(0.77)	1.17(1.05)	1.53(1.38)	1.89(1.70)	2.11(1.90)
最大波高(1/100) m	1.29(1.16)	1.76(1.58)	2.29(2.06)	2.83(2.55)	3.16(2.84)

茲に、波浪に関する平均値は有意義波に就いての平均値であり、最大波高は平均的に 100 ケの波の中の最大のもを意味している。

風の吹送時間が上表の限界継続時間より短いときには、波も亦上表のものより弱い。

11号台風に際して、波浪がどのような経過を辿つて変化したかは、第1図に示された風力の経過によつて、(3.3)、(3.4)を用いて計算することが出来る<sup>1)</sup>。その結果は第4図に示されている。



第 4 図 11号台風時の鶴見造船所港内に於ける波浪経過

岸壁と船体の間の  $\Gamma$  一域内の波形は、波高計によつて記録されている。波形は岸壁と船体の影響をうけて港内のものと著しく相違しているが、周期は同じである。波形記録から

求めた有意義波に就いての平均値を第4図に印しておいてあるが、風力経過よりの計算結果とよく一致している。

このよい一致からみて、公式 (3.3)、(3.4) は先づ妥当なものであつて、波高計の流出のため記録のとれなかつた 8 時以降に対しては、計算値は実際の波浪経過を示すものと見て差支えないであらう。

<sup>1)</sup> 或時刻に於ける周期を求めるのに、次のような計算を行つた。その時刻よりまえに、時間  $\Delta t$  の間の平均風速  $U$  を求めて、 $U$  に対する限界継続時間が丁度  $\Delta t$  になるようにする。このような  $U$  に対する波浪の平均周期を (3.3) に依つて計算した。

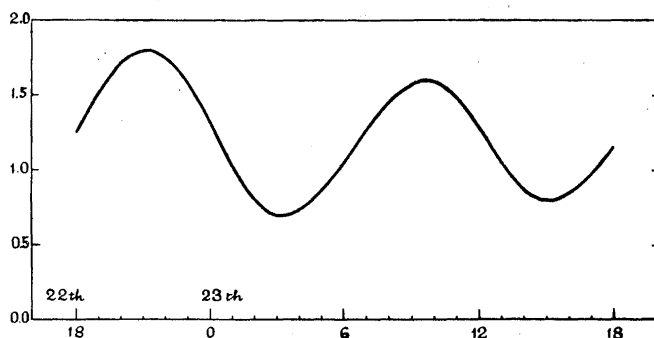
図が示すように、波浪は風力に少しづつ遅れて変化している。風力は7時頃から9時まで最盛期が続いているが、波浪は少々遅れて、9時頃に最高となり、爾後風力の衰えと共に衰え始めている。波浪の最高が9時に起つていることは、最高風力が丁度大体その限界継続時間吹き続いたことに起因する。

空気防波堤が、後に述べるように、この風力及び波浪の最盛期を過ぎた9時10分まで作動して居り、その後全く停止されて仕舞つたことは、誠に偶然であるが、空気防波堤の効果或は性能を推定する上に重要な意味をもつ。

波浪の最盛期に於ける平均周期は5.2 secである。これに対応する平均波高は1.71 mであつて、最高波高2.57 mある。これは9分間に1度の割合で波高が2.57 mであるような大きな波がくることを意味する。

**潮位** 横浜に於ける潮汐表によると、潮位経過は第5図の通りである。暴風の最盛期には殆んど満潮であり、従つて潮位は略々1.6 mであつた。

気圧の低下による水位上昇は気圧差に比例し、最盛期に約20 cmである。



第5図 横浜の潮位 (m)

風の吹寄せによる水位上昇は、有効平均風速の自乗に比例する。東京海湾に関する東京附近の水位上昇の1/2とすれば、最盛期に約50 cmである。<sup>1)</sup>

斯くて、最盛期には、港内の平均海面は基準面より2.3 mの高さにあり、他方岸壁の天端は基準面より4.0 mであるから、海面よりの岸壁の高さは1.7 mである。

波浪の波頂は平均水面より波高の60%の高さにあるとすると、平均波及び最高波の波頂の高さは夫々1.03 m及び1.57 mである。即ち波浪は岸壁にすれすれである。この事は、実際に、艀装岸壁西側の運河に於て観察されたことである。

岸壁と船体の間のF-域に波が進入すると、第5節に述べる様に、波は高くなる。その割合は実測によらねば知るを得ないが、仮りに、長い波に就いては40%程度を仮定するならば、最大波の波頂は海面上2.2 mとなる。従つて、最大波は $2.2 - 1.7 = 0.5$  mの高さを以つて岸壁を越波することになる。これは空気防波堤が最盛期に停止された後に、岸壁に於て観察された越波の様相を説明しているものではなからうか。

脚註<sup>1)</sup> 石原藤次郎, 応用水理学 中II 昭32. 頁582.



4. 艦装岸壁に於ける空気防波堤 既に述べたように、南寄りの強風が吹き続く場合に、港外より進入する波浪は、最も好都合な条件を以つて、船体と岸壁の間の  $F$ -域に進入して船体に波圧を加え、風圧による動揺を一そう著しくする。然も、2種類の圧力が同調する場合に種々の危険を生ずる。

この危険を防止する目的を以つて、空気防波堤により波浪を減衰せしめ、波圧による動揺を防がんとするのである。従つて  $F$ -域の直前に多孔管を布設すれば充分であり、そうすることに依つて圧縮空気を集中的に利用することが出来る。

この空気防波堤の最大の欠陥は岸壁附近の水深が浅く、基準水面下僅かに 6.5m であることである。被害の危険のある様な暴風時には、満潮或は吹寄せ等のため水深は平常より大きいと思われる。そこで仮に 8m を仮定しても、空気防波堤を有効に作働さすことは困難である (11号 台風の最盛期には 8.8m であつた)。

この困難を解消するために、浅海対策を施して、有効的に水深を 10m にすることが出来れば、消波条件を余り厳しくしない限り設計は可能になる。計算例を示すと：

(1) 水深 = 8m, 多孔管の長さ = 23m として、

減衰率	$\lambda$ m	$Q$ m <sup>2</sup> /min	全空気量 m <sup>3</sup> /min	
50 %	20	5	115	} .....(4.1)
60 %	20	4.2	97	

$\lambda = 25$  m に対しては、これ等の約 2.5 倍になる。

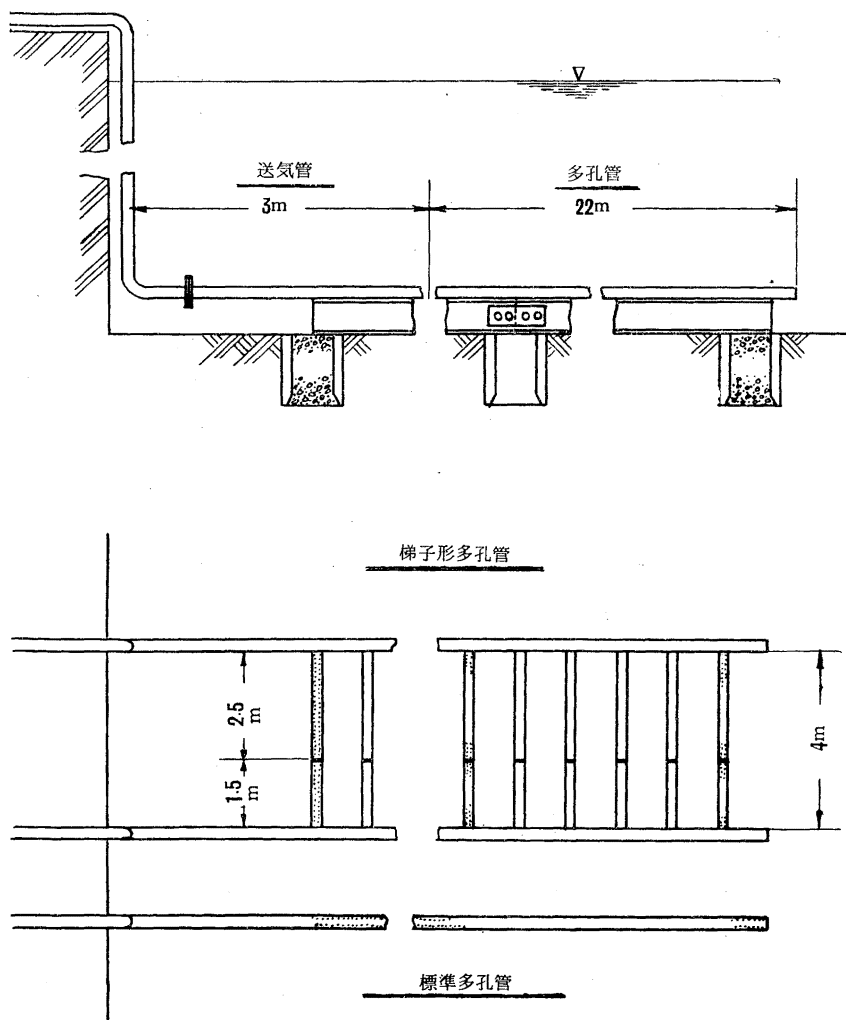
(2) 若し、水深 = 10m, 多孔管の長さ = 23m とすると、

減衰率	$\lambda$ m	$Q$ m <sup>2</sup> /min	全空気量 m <sup>3</sup> /min	
50 %	22	5	115	} .....(4.2)
60 %	24	5.1	117	
70 %	25	4.1	94	

吾々の目的のためには、 $F$ -域内の波高が低下すればよいのあるから、波を真に減衰させるばかりでなく、水平流に依つて波高を低下させることも同じように役に立つ。この事を考慮するならば、(4.2) の 3 段に示される設計にても、暴風時に際して或程度有効であることが予測される。問題は波高を如何程低下させるならば船体繫留の危険を避け得られるかにある。そしてこの事は実地テストに依つてのみ解決されることである。

この様にして、水深を有効的に 20~30 % 増加させるような浅海対策が考案されるならば、略々目的は達せられることになる。

吾々は、試みとして、梯子型多孔管を用うることとした。比較研究のために、幅 2.5m (A管) 及び幅 1.5m (B管) の 2 種類と、基本型の直多孔管 (C管) を併行に布設することにした。その構造は第 6 図に略示されている。

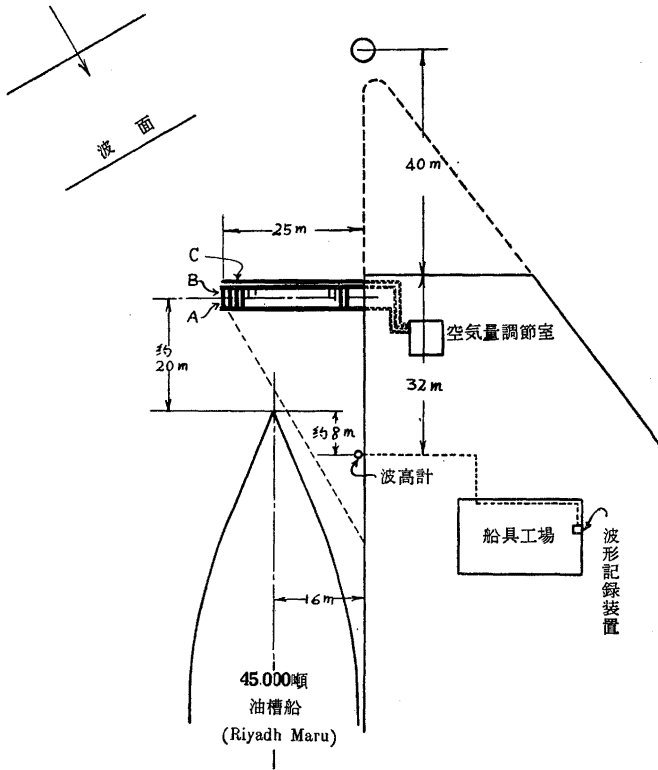


第 6 図 日本鋼管鶴見造船所空氣防波堤

昭和 32 年 9 月 3 日に梯子型多孔管の布設が終り、送気試験が行われたが、今次台風まで強風下の消波テストを行うことが出来なかつた。従つて、この間に数次に亘つて流速分布を測定し、その研究より消波性能を推定することに努力した。その結果として、希望の様に、梯子型多孔管は浅海対策として有効であつて、水深を有効的に約 20~30% 増加させることが出来ることを知つた。

海中部分の防蝕対策としては、単に全装置を亜鉛メッキすることとした。この方法に依つて、1 年を経た今日に於ても多孔管の通気性は何等の異状をも示していない。

5. 台風来襲時に於ける岸壁の状況 艦装岸壁の先端は増築工事中であつて、外廓は略々



第 7 図 岸壁の状況

完成し、内部に土砂埋立工事の準備中であつた。従つて波に対しては、空気防波堤の前方に約40mの岸壁が延長された状態にあつた<sup>1)</sup>。45,000噸の油槽船<sup>2)</sup>は艀装完成直前の状態にて繋留されていゝた。船首は多孔管より約20m後方にあつて、岸壁と船体の間に、入口の幅約16mの奥深いF-型の水域が形作されていた。

設置されている多孔管はA, B, Cの3種類であつた。その中、B, C管の陸上部ゴムホースの部分は既に若干偏平に狭窄されていたが、11号台

風に対する対策作業のため狭窄度は増大し、多量の送気は困難となつた。A管は完全無傷であり、送気条件も良好であつた。

この故障のため、指示流量計は後日各管に就いて検定を行つた。その結果を用い、読取つた流量に補正を行つた。

F-域の岸壁に取り付けられた波高計は、台風を迎えてその取付けを補強されたが、暴風の最盛期に流失して仕舞つた。

**6. 空気防波堤作働状況** 23日2時頃より風速の増加に注目しながら送気を行つた。その模様は第4図に記入されている。

7時前後に約10分間の停電があり、送気は中止されたが、その前は風速割に弱く、その後次第に増大し、船体の動揺も顕著になつた。空気量は指示流動計の読みにて100~120 m<sup>3</sup>/minであつた。

<sup>1)</sup> 23日6時頃までは異状なかつたが、8時頃には破壊されその姿を波浪中に没し去つてゐた。

<sup>2)</sup> Riyadh maru, 日本輸出石油株式会社。

全長216.5m, 型幅29.3m, 型深14.8m, 満載吃水10.9m, 総屯数約26,000T, 載貨重量約40,000Lt。

船体の動揺が劇しくなるに従つて、危険を感じ、空氣防波堤の効果を比較検討するために、送気を1時停止することが出来なかつた。この事は空氣防波堤の性能テストの意味に於ては誠に残念なことであつた。

然るに、風速 25 m/sec の状態が継続され、波浪も愈々劇しく、その最盛期（9時）頃になつて空氣圧縮機の冷却水取入口の波浪による露出、引續いて停電のため運転は遂に中止されるに至つた。

第4図を見れば解るように、波浪は空氣防波堤が休止されたときには既に最盛期を終え、漸次衰え始めていたので、誠に幸なことに、船体はその最も危険な時期を空氣防波堤に依つて護られていたのである。と同時に、吾々は危険を感じて実施する勇氣を持ち得なかつた、空氣防波堤性能試験のための送気中止を、然も船体には何等の被害を与えることなく、実施することが出来たのである。

**7. F-域内の波浪と空氣防波堤の効果の概要** 船体と岸壁の間の F-域内の波浪は、ここに進入する前の性質と可成相違している。波長がこの領域の平均幅の2倍以下の場合には、岸壁及び船体側面に於ける反射のため複雑な重複波となる。従つて波浪は高まり、劇しい波しぶきを上げる。波長が平均幅の2倍以上になると、無節の波となつて次第に波は高まりつつ奥細の領域に進入してゆく。45,000 噸の油槽船の場合には、この限界波長は 25 m（周期 4 sec）程度と考えられる。従つて 23日 6時 40分頃までは重複波であり、その後は無節波となる。この事は実際に觀察されたところである。

船体に大きな動揺を与え、又岸壁を越えて著しい被害を与えたのは後者である。

23日 4時頃には波浪は可成高くなつて、F-域に波しぶきを上げ始めたが、上述の重複波であつて、船体の動揺は多少認められる程度であつた。5時頃には風速も 20 m/sec に達し、波しぶきの他に、時折若干の波の実質部分も越波するようになったが、やはり重複波によるものであつて、空氣防波堤の作働に依つて鎮靜されて仕舞つていた。この模様は波型記録に明瞭に示されている。

その後強風が継続されるに従つて波浪も劇しくなり、船体の動揺も顕著になり、既に述べたように送気を中止することに危険を感じ、比較のための原波の波型記録をとることが出来なかつた。然しながら空氣防波堤の作用を受けた消波の波形は 7時 30分まで記録されている。この頃には F-域の波浪は勿論無節の進行波となつていた。

第4図が示すように、7時 30分頃の波浪は最盛期9時頃のものと同余り相違がない。従つて7時 30分まで消波の波形記録がとれたことは重要な意味をもつている。

(1) 波高計（抵抗型）が有効に働くためには、最大波の波頂は岸壁天端より 50 cm 程度低くなければならない。一方次節に示す様に、この頃の消波の平均波高は 17 m である。従つて第3節の終り、潮位のところで用いた方法を用いて、平均海面の水位は 1.9 m、平均

海面より最大波の波頂までは 1.53 m となる。従つて、基準面よりの岸壁の高さは 4 m であるから、最大波の波頂から岸壁の天端までの高さは 57 cm となる。従つて矛盾を生じない。

(2) 第 4 図に依れば、9 時に於ける波高は 7 時 30 分に於けるものの 111 % である。従つて最盛期の消波の平均波高も亦  $1.7 \times 111 = 1.89$  m 程度である。前同様にして、最盛期の最大波の波頂は平均海面より 1.7 m の高さにある。他方既に第 3 節に述べたように、最盛期には、平均海面よりの岸壁の高さは 1.7 m である。従つて空気防波堤を作動している場合には波の実質部分が岸壁を越えることはない筈である。

実際、風速 25 m/sec が継続して港内の波浪は愈々劇しくなり、更に最盛期に達する頃にも、空気防波堤を作動している間は、F-域内に波しぶきが上り、時折若干の越波がある程度であつた。

扱て、空気圧縮機が停止し、送気が中止されてからは波の実質部分が岸壁を越え始め、甚しいときには、岸壁の上に数十糎の厚みをもつて波の実体が船体と岸壁の間を進行してゆくのが観察された。この越波に依つて岸壁上の諸施設が甚大な被害を受けたのである。

波高計による定量的な記録ではないが、上述の空気防波堤の作動しているときと、これが停止した後とを比較することによつて、空気防波堤の効果を或程度推知することが出来る(送気は最盛期頃に中止されて居り、その前後で、原波の状態は余り変化していない)。このようにして、空気防波堤の効果は、F-域内の最大波の波頂を 30~50 cm 引き下げるに役立つと言えるであろう。或は、減衰波の最大波の波頂の高さは平均海面より 1.7 m であるから、波高の低減率は 15~23 % であつたと言えるであろう。

最盛期に於ける周期は第 4 図により 5.2 sec ( $\lambda = 42.2$  m) であり、且つ、後に示すように、使用空気量は  $74 \text{ m}^3/\text{min}$  であつた。従つてここに示された消波性能は、吾々の計画(4.2)に較べるならば、予期以上の優れたものである。

この僅か 20 % 程度の波高低下に依つても、吾々が計画していたところの暴風時の繫留船舶、或は岸壁施設の保護に役立つことを知つたことは、今後空気防波堤の利用に際して重要な参考資料となるであろう。

**8. 波形記録** 波高計(抵抗線型)は F-域の岸壁防舷材に取り付けられ、抵抗線の端子は岸壁天端より約 40 cm 低くなつている。

空気防波堤の性能を知るためには、先づ原波の波形記録をとり、次いで送気して、水平流が充分に発達するまで待つて、減衰波の波形記録をとる。或はこの手続を繰返して得られる両種の波形記録を比較検討している。波高計の検定は適宜これ等の手続の間に織り込まれる。

11号台風に際しては、波形記録は空気防波堤の作働している期間のうち、2h45m~4h0m、5h0m~7h30m の間にとられた。然しながら、原波と減衰波とを比較し得るものは、僅か

に 3h30m, 5h10m, 6h10m の前後の 3 種類に過ぎず, 更にこの初めのもは波浪の変動著しく, 比較検討するには信頼度が低過ぎるものである. 然しながら, これはその他の減衰波の記録と同じように, 波浪の周期を知るためには充分に役立つ.

11号台風に際しては, 空気防波堤は船体の保護が主な目的であつたため, 初めより多量の空気を使用した. このために, 性能テストとしては余りよいものではなかつた.

**整理方法** 波浪の統計的研究結果がそのまま利用出来るように, 普通のように有意義波を選んでその平均値を計算した.

使用する波の数は多い程よいのであるが, 風速, 波浪の変化が著しいので, 原則的に約 120 ケを選び, その中の波高順に 1/3 を選び出し有意義波とした.

波浪の変化には, 比較的緩慢な平均風速の変化に伴う自然変化と, 局部的或は短期間の風速変動に伴う変動とが考えられる. 波浪は遠方より進行してくるため, その周期は風速の局部的或は瞬間的な変動の影響を受けることは少ないが, その波高は著しく変動を受ける. 特に周期の短いもの程著しい. このことは 2h30m~4h0m の間にとられた記録の信頼度を著しく低下させたのである.

平均風速の変化による波浪の変化は比較的緩慢ではあるが, 相續いてとられた原波と消波の記録を直接比較するには大き過ぎる場合がある. 即ち 2つの記録をとる間に原波の様子は変化するのである. このようなときは, 幾つかの測定結果を用い外挿法により, 同時に於ける原波と消波を推定し, 比較検討することとした.

**記録 A.** 7月23日, 2時30分~4時. 多孔管 B. 空気量 = 87 m<sup>3</sup>/min (目盛流量計の読み = 80 m<sup>3</sup>/min). 水深 = 7.2m.

この記録は, 前述のように風速変動の著しかつたこと等に依つて消波性能のテストのためには余りにも信頼度の低いものである. 周期の測定資料として用いられる. 整理の結果を次表に示す.

時刻 (h, m)		2.38	3.12	3.27	3.35	3.43	3.50	3.58
原波	周期 sec	2.99	3.21			3.16		3.20
	波高 cm	85	63			62		59
消波	周期 sec			3.40	3.38		3.18	
	波高 cm			49	32		48	

2時38分の資料は他のものと時間的に離れ過ぎているので, これを除いて参考のために平均をとると:

	周期 sec	波高 cm		
原 波	3.2	61	減衰率 = 0.71 } .....	(8.1)
消 波	3.3	43		

この結果は次の記録Bばかりでなく、伊王島に於ける現地実験 D. F に較べても甚しく低性能である。前述の理由に依つて、これは性能テストの資料としては用いない。

**記録 B.** 7月23日 5時~5時30分。多孔管 B。空気量 = 115 m<sup>3</sup>/min (目盛流量計の読み 95 m<sup>3</sup>/min), 水深 7.7 m.

風速が 20 m/sec を越すようになって、一時中止していた空気防波堤を作働させることとし、その始めにとつた記録である。

風速計の針は 15~19 m/sec の間を変動していたが、比較的一定で、波浪の変動も余り目立たず、比較的よい記録である。初めに原波を、後に消波を記録した。整理の結果は次の通りである：

	周期 sec	波高 cm		
原 波	3.29	137	減衰率 = 0.54 } .....	(8.2)
消 波	3.55	74		

平均周期 = 3.42 sec ( $\lambda = 18.3$  m).

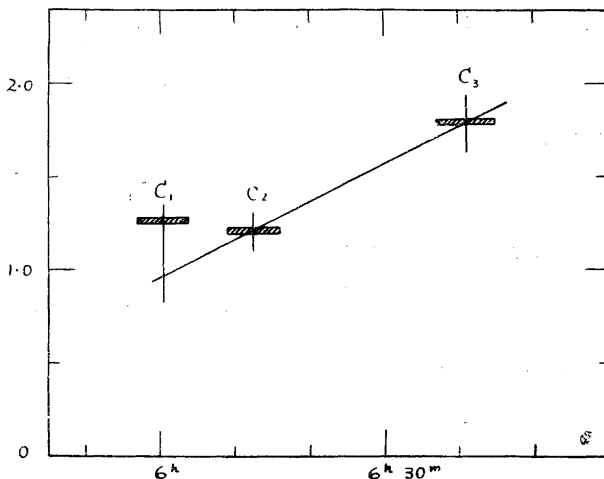
**記録 C.** 7月23日 5時50分~7時30分。多孔管 A。空気量 = 74~89 m<sup>3</sup>/min (目盛流量計の読み 100~120 m<sup>3</sup>/min), 水深 = 7.8 m.

風速、波浪共に急に激しくなつてきた6時頃から7時30分までの記録である。従つて記録をたどつて波浪は著しく増強している。5つの部分に分けられて、その最初のものだけが原波であつて、他の4つは消波の記録である。整理の結果は次表の通りである。

番号		C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>4</sub>	C <sub>5</sub>
時刻 h,m		5.57~6.04	6.09~6.16	6.37~6.45	7.15~7.30	
空気量 m <sup>3</sup> /min		74	74	89	89	89
原 波	周期 sec	3.98				
	波高 cm	126				
消 波	周期 sec		4.07	4.21	4.94	5.04
	波高 cm		121	179	158	171

波高が  $C_3$  と  $C_4$  の間で減少しているのは、 $C_1, C_2, C_3$  では波長は大体 25 m であり、 $F$ -域には重複波を生じているのに反して、 $C_4, C_5$  では平均波長は大体 40 m であるため無節の進行波になつているためであろう。

$C_1, C_2, C_3$  を同一型の波浪と見做して、波高の時間的経過を図示すると第 8 図の如くなる。風力の急激の増加に伴つて、波高も急激に増加している。そのために、 $C_1$  なる原波に対する消波を  $C_2, C_3$  の値より推定して、両者を比較すれば次の結果を得る：



第 8 図 記 録 C

$$\left. \begin{aligned} \text{平均周期} &= 4.0 \text{ sec (波長} = 25 \text{ m),} \\ \text{減衰率} &= 98/126 = 0.78, \text{ 空気量} = 74 \text{ m}^3/\text{min.} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(8.3)$$

9. 波高計を以つて測られた空気防波堤の減衰率  $r$  は真の減衰率  $r_0$  を表はすものではない。波は空気防波堤を乗り越えて順流の流域に入るならば、群速度の増加のために波高は低減する。又空気防波堤が波長に較べて充分には長くはないので、その端からの回折波のために波高は大きくなる。

これ等 2 つの要因に対する補正の方法は報告 IV に既に紹介してあるが、鶴見造船所艦装岸壁の場合には、この方法をそのまま適用することは出来ない。その第 1 の理由は、波長に較べて水深が浅過ぎるため、順流により波高の低減率を計算する場合に、海底の影響を考慮しなければならないことである。第 2 には、空気防波堤が岸壁に直角であるため、回折波に就いても、岸壁での反射を考慮しなければならない。

取り扱いの便宜のために、報告 I に用いたと同様の流速の近似的分布を用いる。表面流速を  $U_0$  とし、流速が直線的に減少して深さ  $d$  に於て零となり、その後は更に直線的に逆方向に増大して行く場合を考える。

流れの方向に波が進むものとし、その方向に  $x$  軸を、表面より鉛直方向に  $y$  軸をとる。波数を  $k$  とする。この波が無限に深い静水中では波数は  $k_0$  であり、水深  $H$  の静止せる浅海では  $k_1$  であるとする。便宜のために、 $H = \frac{1}{m_0 k_0}$ ,  $d = \frac{1}{m k_0}$  とおく、そのとき流速分布は  $U = U_0(1 + m k_0 y)$  にて表はされる。



$T$  を周期として普通のように、 $\sigma = \frac{2\pi}{T}$  とおく。  $c$ 、 $w$  を夫々位相速度及び群速度とする。以下特に断りのない場合には suffix “0”、 “1” は夫々無限に深い静水及び深さ  $H$  の静水に関する量を示すものとする。然るときは次の関係式が成立つ：

$$\left(1 - \frac{\delta}{4} K\right)^2 \coth \frac{K}{m_0} + \frac{\delta}{4} m \left(1 - \frac{\delta}{4} K\right) - K = 0, \quad \dots\dots\dots(9.1)$$

ここに

$$\delta \equiv \frac{4U_0}{c_0}, \quad K \equiv \frac{k}{k_0} \quad \dots\dots\dots(9.2)$$

である。又深海波に対して

$$\sigma/k_0 = c_0, \quad \frac{g}{k_0} = c_0^2 \quad \dots\dots\dots(9.3)$$

なる関係がある。

$w = \left(\frac{dk}{d\sigma}\right)^{-1}$ 、 $w_0 = \left(\frac{dk_0}{d\sigma}\right)^{-1} = \frac{c_0}{2}$  であるから、(9.1) を用いて

$$\begin{aligned} & \frac{\left(1 - \frac{K\delta}{4}\right)^2}{m_0} \cdot \left\{1 - \left(\coth \frac{K}{m_0}\right)^2\right\} - \frac{\delta}{2} \left(1 - \frac{K\delta}{4}\right) \coth \frac{K}{m_0} - \frac{m\delta^2}{16} - 1 \\ & + \left\{\frac{K}{4} \left(1 - \frac{K\delta}{4}\right) \delta \coth \frac{K}{m_0} - \frac{m\delta}{8} \left(1 - \frac{K\delta}{4}\right) + \frac{m\delta^2}{32} K + K\right\} \frac{w}{w_0} = 0 \quad \dots\dots\dots(9.4) \end{aligned}$$

を得る。

(9.1)、(9.4) に於て  $\delta=0$  とおくと

$$\coth \frac{K_1}{m_0} - K_1 = 0, \quad \dots\dots\dots(9.5)$$

$$\frac{w_1}{w_0} = \frac{1}{K_1} \left\{1 + \frac{1}{m_0} (k_1^2 - 1)\right\} \quad \dots\dots\dots(9.6)$$

を得る。

(9.4)、(9.6) より  $w/w_0$ 、 $w_1/w_0$  を求めるならば、 $w/w_1$  を知ることが出来る。従つて  $h$  を波高とすると、 $h_1/h_0 = \sqrt{w_0/w_1}$ 、 $h/h_1 = \sqrt{w_1/w}$  を用いて順流による波高の低減率  $r_1$ <sup>1)</sup> を求めることが出来る。

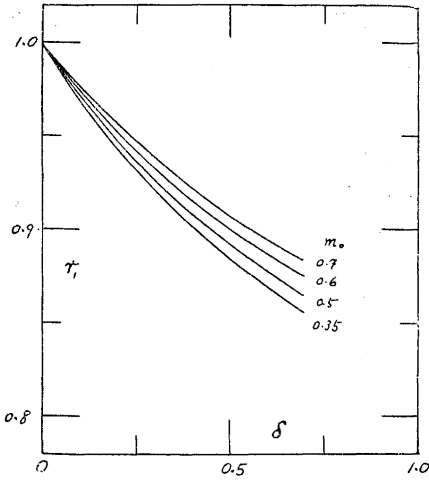
特に深海に対しては  $m_0 \rightarrow 0$  とおいて (9.4) は、(9.1) の助けを藉りて

$$r_1^2 = \frac{2}{\delta} \left\{1 - \frac{1}{\sqrt{\left(1 + \frac{m}{16} \delta^2\right)^2 + \delta}}\right\} \quad \dots\dots\dots(9.7)$$

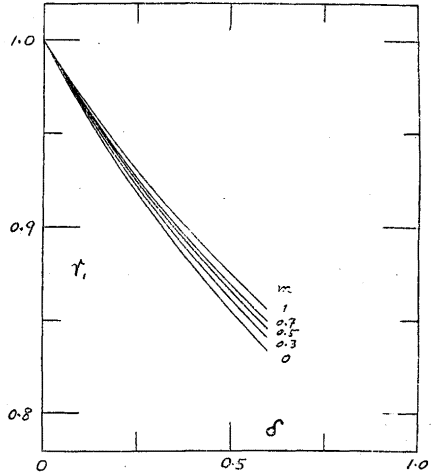
となる。<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>  $r_1$  の suffix 1 は報告 IV 49 頁に従うもので、前述の規約には反している。

<sup>2)</sup> 報告 IV 49 頁の (6.2) 及び 50 頁の第 5 図は誤っている。



第9図 a) 順平行流による波高の低減率, 浅海



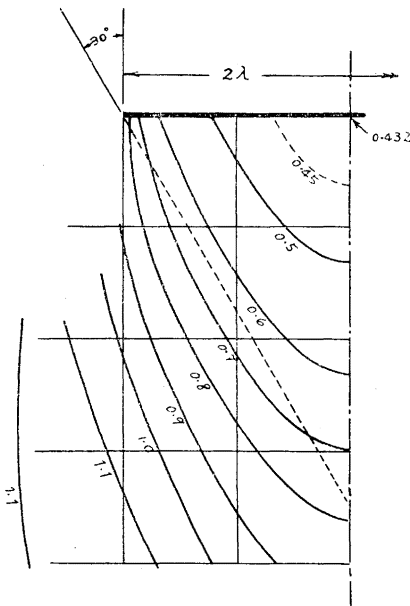
第9図 b) 順平行流による波高の低減率, 深海

計算に際して, 3つの parameters ( $\delta, m, m_0$ ) のあることは非常に面倒である. 深海以外の場合には, 水平流の厚み  $d$  が水深  $H$  の半分である場合 ( $m = 2m_0$ ) に就いて計算を行つた. 計算の結果は第9図に示されている.

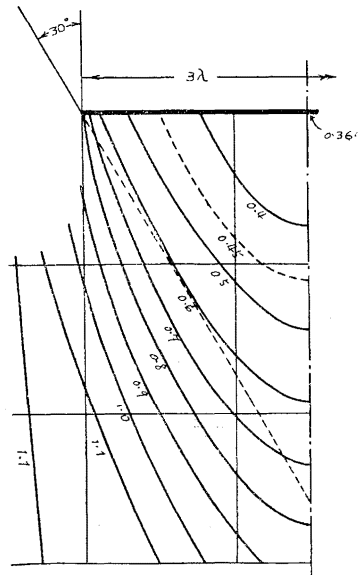
鶴見造船所の艦装岸壁に於ては, 波浪は約  $30^\circ$  の傾きをもつて入射し, ここで反射する.

従つて回折波は空防波堤を長さ2倍のものと考え, その両端より内向きに, 対称に  $30^\circ$  傾いて入射する場合になる.

空防波堤の長さを  $L$  として,  $L = \lambda$ ,  $L = 3/2\lambda$  の場合に就いて計算した結果は第10図に示



第10図 a) 防波堤の一端が岸壁に接している場合の回折波. 進入波が  $30^\circ$  傾いたとき,  $2L/\lambda = 2$



第10図 b) 防波堤の一端が岸壁に接している場合の回折波. 進入波が  $30^\circ$  傾いたとき,  $2L/\lambda = 3$

されている。図中の数字は回折係数（入射波の波高に対する回折波の波高の比） $r_2$ を示すものである。その際波高は総て無秩序な統計的平均波高を意味している。

10. 消波性能 順流による波高低減率  $r_1$  及び回折係数  $r_2$  を知つたので、若し使用空気量と流速の関係を知ることが出来るならば、報告Ⅳ第 8 節に於けると同様にして消波性能即ち真の減衰率  $r_0$  を求めることが出来る。

次号に報告される水平流の流速分布測定の結果を予知して

$$U = 0.72 \sqrt{\frac{Q'}{20}} \quad \dots\dots\dots(10.1)$$

を用うることとする。ここに  $U$  は空気防波堤の中心を下流に向つて、多孔管より 6 m 離れた点に於ける表面流速であり、 $Q'$  は多孔管に送られた全空気量 ( $\text{m}^3/\text{min}$ ) である。

波高計は多孔管より約 28 m 後方の岸壁に取り付けられている。順流の中心線に沿つて  $U(28\text{m})/U(6\text{m}) = 0.645$  であつて、多孔管の端附近での流速は中心の流速の 90 % 程度であるから、波高計附近の流速は (10.1) にて与えられるものの約 58 % である。

記録 B. 多孔管 B. 空気量 =  $115\text{m}^3/\text{min}$ , 単位長さ毎の空気量  $Q = 83.3\text{l}/\text{sec m}$ . 見かけの減衰率  $r = 0.54$ , 平均周期 =  $3.42\text{sec}$  ( $\lambda = 18.3\text{m}$ ,  $c = 5.35\text{m}/\text{sec}$ ),  $H = 7.7\text{m}$ . 水平流の最大流速は(10.1)により,  $U = 1.29\text{m}/\text{sec}$  である。従つて波高計附近の流速は  $1.29 \times 0.58 = 0.75\text{m}/\text{sec}$  であり,  $\delta = \frac{4 \times 0.75}{5.35} = 0.56$  となる。又  $m_0 = \frac{18.3}{2\pi \times 7.7} = 0.379$  であるから, 第 10 図により順流による波高の低減率  $r_1$  を求めると  $r_1 = 0.88$  となる。従つてこの影響を取り除くと減衰率は  $r' = 0.61$  となる。

考えている場合に、波の回折は空気防波堤の先端からのものと空気防波堤と岸壁の間隙からのものがある。実際この間隙は 2 ~ 3 m あつて、小さい波はここより進入してゆることが明かに観察される。然しながら空気量が著しく多いときには、気泡噴流の拡散が活潑に行はれ、間隙は減少するものと考えられる。従つて、性能を過大評価する危険を避けて、ここではこれを無視することにする。

多孔管の先端は岸壁より 25 m の距離にあるが、波の回折現象に対する空気防波堤の長さ  $L$  は、これよりも多孔管 C による噴流の半幅約 2 m だけ長いと見るべきである。従つて  $L \doteq 27\text{m}$  となる。

斯くて  $2L/\lambda \doteq 3$  であるから、第 10 図 b) を用い、波高計の位置に於ける回折係数を求めると  $r_2 \doteq 0.55$  となる。見かけの減衰率  $r'$  よりこの回折波の影響を除き、真の減衰率  $r_0$  を求めると次の如くなる：

$$r_0 = \sqrt{\frac{(r')^2 - r_2^2}{1 - r_2^2}} \doteq 0.32 \quad \dots\dots\dots(10.2)$$

空気防波堤の真の減衰率を知り得たので、理論的に導いた波長深度比と  $\xi$  の関係<sup>1)</sup> を確かめることが出来る。

水平流の流速分布の測定の結果によれば、既に述べたように梯子型多孔管の有効深度  $H_e$  は直多孔管の深度の 120~130% である。従つて  $H_e = 1.25 \times (7.7 - 0.2) = 9.4 \text{ m}^2$  である。

この値を用うると  $\xi = \frac{Q}{g^{2/3} H_e^{3/2}} = 9.15 \times 10^{-4}$  となる。 $r_0$ ,  $\xi$  のこれ等の値に対する波長深度比を上記の関係より推定すると  $\lambda/H_e \doteq 2.0$  を得る。従つて  $\lambda \doteq 18.8 \text{ m}$  となつて、波形記録より求めた値  $\lambda = 18.3 \text{ m}$  とよく一致している。

記録 C. 多孔管 A. 空気量 =  $74 \text{ m}^3/\text{min}$ ,  $Q = 53.7 \text{ l/sec}$  m, 見かけの減衰率  $r = 0.78$ , 平均周期 =  $4.03 \text{ sec}$  ( $\lambda = 25.4 \text{ m}$ ,  $c = 6.30 \text{ m/sec}$ ),  $H = 7.8 \text{ m}$ .

前同様にして、最大流速  $U = 1.11 \text{ m/sec}$ , 波高計附近の流速 =  $0.64 \text{ m/sec}$ ,  $\delta = 0.406$ ,  $m_0 = 0.52$ . 従つて第 9 図より  $r_1 = 0.906$  を得る。従つて順流の影響を取り除いて、 $r' = 0.86$  となる。

$2L/\lambda = 54/25.4 = 2.1$  であるから、第 10 図 a) より  $r_2 = 0.59$  が推定される。従つて真の減衰率は

$$r_0 = \sqrt{\frac{0.86^2 - 0.59^2}{1 - 0.59^2}} = 0.77 \quad \dots\dots\dots(10.3)$$

となる。

前と同様に波長深度比と  $\xi$  の関係を確かめてみる。

多孔管の深度は  $7.8 - 0.2 = 7.6 \text{ m}$  であるから、有効深度  $H_e = 9.5 \text{ m}$ , 従つて  $\xi = 5.8 \times 10^{-4}$  となる。 $r_0$ ,  $\xi$  のこれ等の値に対する波長深度比を上記の関係より求めると、 $\lambda/H_e \doteq 2.6$  である。従つて  $\lambda \doteq 25 \text{ m}$  となる。他方実測値は  $\lambda = 25.4 \text{ m}$  である。前同様に、よく一致している。

記録 B 及び C 何れの場合にも、実測により求めた波長と理論から推定された波長とは美事に一致している。然しながら、この事実を以つて理論の確かさを裏付けるものと見做す前に、吾々は次の事項に目を止めなければならない。即ち i) 記録の整理及びその処理方法に幾つかの難点が含まれている。例えば、回折係数の計算に際し順流に依つて波の進行方向及び進行速度が変化を受けることを全く無視している。ii) ここに用いた波長深度比と  $\xi$  の関係曲線は数種の減衰率に対して与えられているに過ぎないと言う計算上の不備ばかりでなく、この関係自体実験及び研究の進歩と共に改良、訂正さるべきものであること等である。

1) 空気防波堤シンポジウム講演集 (長崎県, 昭 33.4), 22 頁第 11 図.

2) 海底からの多孔管の高さは約 20 cm である.

12. 暴風の最盛期に於ける性能の理論的推定 消波対象の平均周期は  $5.2 \text{ sec} (\lambda = 42 \text{ m}, c = 8.1 \text{ m/sec})$  である。最盛期には A 管を用い、 $89 \text{ m}^3/\text{min}$  の空気を送っていた。従つて  $Q = 64.5 \text{ l/sec m}$  である。水深は  $8.8 \text{ m}$  である。

水平流の最大流速は (10.1) に依つて  $1.18 \text{ m/sec}$  である。F-域内の平均流速を波高計附近のものに等しいと考えると、 $U = 0.68 \text{ m/sec}$  である。従つて  $\delta = \frac{4 \times 0.68}{8.1} = 0.34$  となる。又  $m_0 = \frac{42}{2\pi \times 8.8} = 0.76$  であるから、第 9 図 a) により順流による波高の低下率は  $r_1 = 0.934$  である。

A 管の有効深度は前節に述べたようにして、 $H_e = 1.25 \times (8.8 - 0.2) = 10.7 \text{ m}$  である。従つて、 $\xi = 5.8 \times 10^{-4}$ 、 $\lambda/H_e = 3.9$  を得る。これ等の数値を用いて、“波長深度比と  $\xi$  の関係” 図より推定すれば、減衰率  $= 0.89$  を得る。

他方波長  $42 \text{ m}$  の波に較べて空気防波堤の占める領域は余りにも狭く、波の回折を論ずることは困難である。即ち、この領域が全体として盛り上り、或は低下するのが観察されるだけである。従つて回折現象を無視すれば、波高の見かけ上の減衰率は  $r = 0.89 \times 0.93 = 0.83$  となる。この数字は第 7 節に述べた 11 号 台風の最盛期に於ける空気防波堤の効果を裏付けるものと言えるであろう。

13. 総括及び結語 水深基準面下  $6.5 \text{ m}$  と言う浅海に於て、然も暴風時に数万噸の繫留船を保護する目的に空気防波堤を使用することは、当時の知識を以つてしては、無謀に等しい計画であつた。この対策として：i) 吾々の目的は船体の動揺を防止するにあるのであるから、船体と岸壁の間の狭い海面の波浪を鎮静すれば充分である。従つて長さ  $25 \text{ m}$  の多孔管を船首の前方に布設し、単位長さ当りの使用空気量を増大させた。ii) 浅海対策として、梯子型多孔管を用い有効深度を  $10 \text{ m}$  にすることを企てた。

この空気防波堤の計画の具体化に際して、最も困窮したことは、先づ第 1 に台風時の波浪の性質に就いて無知であること、第 2 には船体の安全を計るためには、波高を如何程低下させればよいか、空気防波堤の性能に対する要求に就いて数量的に全く無知であつたことである。そこで取り敢えず、空気量を  $100 \text{ m}^3/\text{min}$  とし、波長  $25 \text{ m}$  の波の波高を  $70\%$  に減衰させることを以つて満足し、その後機会あるごとに、上述の 2 つの事項を探究し、計画に検討を加えて行くこととした。

計画されてから 2 ヶ年間、多孔管が布設されてから 1 ヶ年間、33 年 7 月 11 号 台風の来襲を受けるまでは、有力な消波テストを行うことは勿論のこと、上記の 2 つの問題を解く機会を与えられなかつた。11 号 台風 に依つて、不充分ではあるが、波形記録をとり得て、これ等の問題の解決に曙光を与え得たことは誠に幸であつた。

得られた結果を列挙すれば次の通りである：

(1) 多孔管布設以来数次に亘つて流速分布を測定し、梯子型多孔管を用うることにより、深度を有効的に 20~30 % 増加させることが出来ることを知つた。

(2) Bretschneider の波浪式は造船所艦装岸壁上にて測られた風速の  $(1.4)^{-1}$  倍を用うれば、港内の波浪に適用される。この式を用いて台風来襲時の風速経過より波浪経過を計算し、波高計流出後の波浪を推定した。

(3) 風速、波浪共に激しくなつてからは、空気防波堤の効果をj知るための原波の波形記録をとり得なかつた。僥幸にも、最盛期に於て停電となり、観察によるものではあるが、効果を検討することが出来た。その結果、空気防波堤は平均風速 25 m/sec が長時間継続した場合の船体と岸壁の間の波浪の波高を略々 20 % だけ減少させることが出来た。

(4) この効果に依つて、船体及び岸壁上の構造物を防護することが出来たのである。

(5) 得られた波形記録を解析して空気防波堤の性能を求め、これを用いて理論的に**波長深度比との関係**により波長を計算すると、これは波形記録から求めた値とよく一致する。

(6) そこで、理論式を用い、最盛期に於ける空気防波堤による波高の低減率を計算すると(3)の結果と略々一致する。

(7) 以上の空気防波堤の効果は、真の波浪の減衰の他に順流による波高の低減も含んでいるものである。然しながら繫留保護のためには、何れの効果も有効である。

(8) 空気防波堤の消波性能に対する海底の影響は余りないようである。

最後に、当初無謀と考えられた計画であるにも拘らず、空気防波堤浅海対策の研究のために、莫大な経費を投じ、幾多の困難を排除して実験を遂行された日本鋼管鶴見造船所所長竹村辰男氏、副所長浅沼弘氏に深甚なる敬意と感謝の意を表すると共に、この研究に際して払われた尽力と賜つた絶大の援助、厚意に対し造船部長尾崎威氏、前企画部長平田胤幸氏、企画課長竹内晃氏に深く感謝の意を表するものである。

(昭和 33 年 10 月 30 日 受理)