



土 木 研 究 所 資 料

第 7 4 8 号

太田川高潮対策模型実験報告書

昭和47年3月

建設省土木研究所

太田川高潮対策模型実験報告書

昭和四十七年三月

建設省土木研究所

太田川高潮対策模型実験

海岸研究室 室長 富永正照

九津見 生 哲

目 次

1. 概 要	1
2. 実験条件の検討	2
2-1 地 形	2
2-2 気 象	7
(1) 風	7
(2) 気 圧	11
2-3 水理条件	12
(1) 潮位と水位	12
(2) 波 浪	15
3. 従来研究成果	17
(1) 井島の研究	18
(2) 坂本の研究	20
(3) Carr および Hsing Wang の研究	21
4. 水理模型実験	22
4-1 概 要	22
4-2 実験装置および方法	23
(1) 造波水路	23
(2) 模 型	24
(3) 相 似 則	26
(4) 水理条件	27
(5) 測定方法	31
① 波 浪	31
② 波 力	32

4-3 実験結果	33
(1) 橋梁の桁による波浪減殺効果	33
① 河海床上の波の変形	33
② 波の透過現象	35
③ 橋梁タイプと透過波高	37
④ 橋梁幅員、水没深と透過率	40
⑤ 橋梁の上下流におけるうちあげ高	45
(2) 橋梁各部に作用する波力	48
① 橋梁各部に作用する波力	48
② 橋梁全体に作用する揚圧力と水平力	63
4-4 結 論	63
5. 結 び	68

表 目 次

表2-1 代表台風の最低気圧、最大風速、最高潮位、最大偏差	11
2-2 各台風による最大偏差(計算値)	13
2-3 洪水位と偏差	15
4-1 実験項目別、水理条件一覧表	29
4-2 幅員と透過波高	41
4-3 波高の透過率におよぼす影響	43
4-4 実験値、井島、坂本の理論値	44
4-5 橋梁上下側の堤防のうちあげ高	47

目 次

図 2 -	1	広島湾広域図	2
	2	" 狭域図	3
	3	吹送距離	4
	4	第一橋梁の設置位置	5
	5	天満川縦横断	6
	6	年最大風速の生起確率	7
	7	代表台風の風速～時間変化図	8
	8	代表台風の偏差、気圧、水位の時間変化	13
	9	洪水位と偏差	15
	10	桁の形状模式図	16
図 3 -	1	井島の解を与える模式図	19
	2	井島の解、(透過率、反射率、揚圧力)	19
	3	坂本の解を与える模式図	20
図 4 -	1	実験水路および模型配置図	23
	2	橋梁の桁の形状三種	25
	3	形状抵抗係数	27
	4	河床のこう配変曲点における波高変化	33
	5	入射、重複、透過波形	35
	6	桁の形状と透過波高	37
	7	桁の水没深と透過波高	40
	8	桁の水没、幅員効果と透過率	42
	9	実験値と Carr の計算値（水面上）	43
	10	" 坂本 の計算値（水面下）	45
	11	反射波高	46
	12	桁の形状と波力の現象記録	48
	13	桁の形状と、橋梁の各部に作用する波力	51
	14	橋梁各部 15 カ所の波力測定点	56
	15	橋梁各部 15 カ所に作用する波力	57
	16	桁に挟まれた部分に作用する波力～時間曲線	60
	17	下流端桁に作用する波力の実験値と計算値	61
	18	全水平力および揚圧力	64

1. 概 要

河口部高潮対策としては、河道内への高潮と波の侵入を考慮して、必要な堤防高を確保するのがもつとも一般的な方策である。太田川の各河川は市内河川で、堤防に人家が接しているため、堤防を必要量だけかさ上げするのは困難な状況である。そこで、河口付近に計画されている第一橋梁に消波の役目を受けもたせ、それより上流の堤防高をできるだけ低くすることが計画上の一手段として検討されることになった。

この場合、消波効果は、橋梁の形状、幅員、桁の水没深、波の性質など多くの要素に支配される複雑な現象である。また、桁に作用する波力もかなり大きくなると考えられるので、この点についても検討が必要である。このような現象については、境界条件が簡単な場合には理論的な解析が可能であるが、一般的な取り扱いには困難であり、実用的には模型実験により検討することが必要である。前述のように、消波効果、波力とも多くの要素に支配されるので、広範囲に用いられる資料をうることは、時間的にも経費の面からも困難であつたので、この実験では、第一段階として、条件を比較的狭い範囲に限って、この方策の可能性、問題点を明らかにすることを目標に検討を進めた。

模型実験では、まず、河道の形状、波、潮位などを過去の実測資料にもとずいて検討し、河道の代表として天満川をとり、河口より1.4 kmのところに設けられる第一橋梁の桁の下端高をT. P+4.0 mとし、これにいろいろな潮位、波をあてて、波浪の減殺効果、波力などを測定した。

波浪の減殺効果は、橋梁幅員の効果、桁の水没深の効果、桁の形状の効果などについて検討した。波力は、橋梁の各部15カ所で測定し、これらの測定値にもとずいて、橋梁の各部材の床版、桁などに作用する波力、全水平力、揚圧力などが計算された。

実験は45・46年度の2カ年にわたって実施され、一応初期の目的を達したと考えられるので、以下にその結果をとりまとめて報告する。

2. 実験条件の検討

2-1 地 形

広島湾は西瀬戸に位置し、その湾口は概々南々西に開いている。この湾内には図-2-1

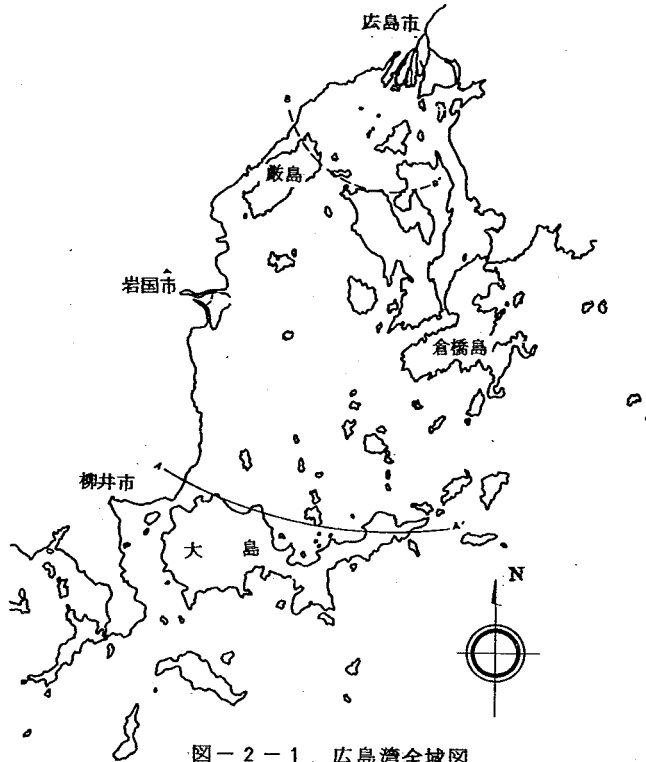


図-2-1 広島湾全域図

に示すように大小さまざまな島が点在しており、これらの島々が湾を二重に横切っている。その一つは柳井市から大島にかけてであり、他の一つは宮島～西能美島～江田島などの一連の諸島によるものである。これらの諸島の高潮や高波に及ぼすえいきようは大きいものと考えられ、特に高波の発生海域をAA'内の海域にとるか、BB'内にとるかは重要な課題である。宮島と西能美島間の海峡は宮島瀬戸・那沙瀬戸と呼ばれて、それぞれ巾1.5および1.0 km、水深50～60 mの海峡である。

この海峡の高潮や高波に及ぼすえいきようを調べることは、実測資料の欠除によつて不可能であるが、波浪に対しては次のようなことが考えられる。湾口が1.0～1.5 kmと湾内に比べてせまく、しかも河口に対して問題になるのは、波向から考えて、宮島瀬戸を通過した波である。しかしながらこの宮島瀬戸の内湾側の瀬戸のほぼ中央部に絵の島が位置しており、瀬戸を通過した波はこの絵の島によるしゃへい現象を受け、しかも瀬戸を通過する波が各成分波の重なりから成り立っていることなどから、速度分散と角分散を受ける。

速度分散というのは、瀬戸を同時に通過した成分波がそれぞれの周期に比例した波速で進行方向に分散することであり、また角分散は各方向を持った成分波がその方向に進んで行くことである。このようにある時間にこの海峡を同時に通過した波は、その進行方向に速度分散を受け、平面方向に角分散を受ける。さらに回折・屈折現象を受けるので、この海峡を通過し、河口に達するまでにはかなりの減衰があるものと考えられる。実測資料がないので明確なことは言えないが、この海峡を通過した波の波高はBB'内の海域で発生した波に比べ非常に小さいものと考えられる。

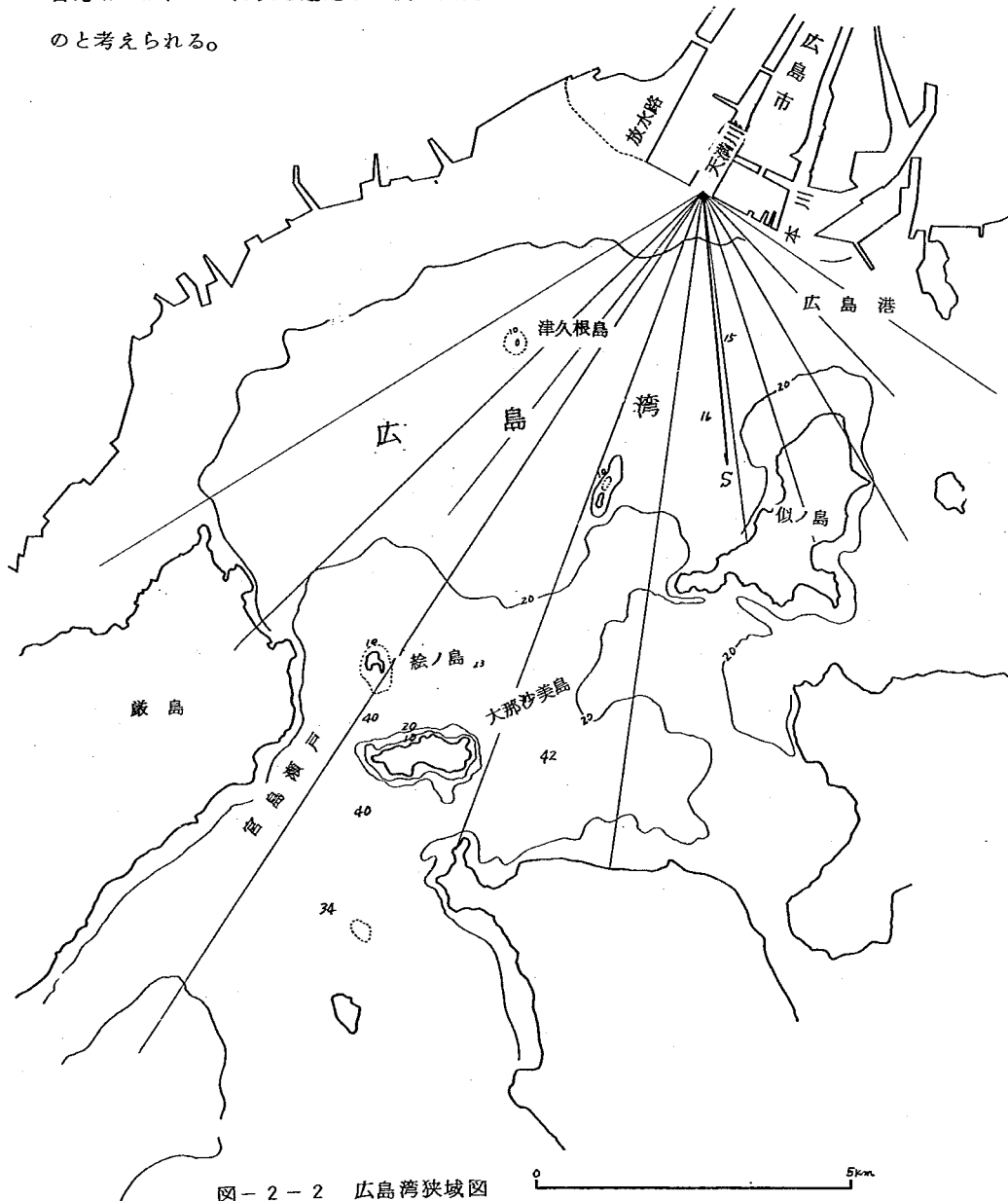


図-2-2はBB'内を拡大した図である。図からこの海域と河口の関係を見ると、最長吹送距離方向に開口しているのは天満川であり、次長は本川と元安川の合流河口である。河口の開口方向と波高の関係をみると、本川の河口方向には島の島が横たわっており、河道沿いに入射する波の波高は小さいものと考えられる。波の来襲方向に開口しているのは、放水路と天満川である。

三菱造船沖を基点にこの海域の各方向の吹送距離を図-2-2にそつてもとめると、図-2-3のようになる。最長吹送距離15.0 km、最短吹送距離4.0 km、平均10 km前後である。

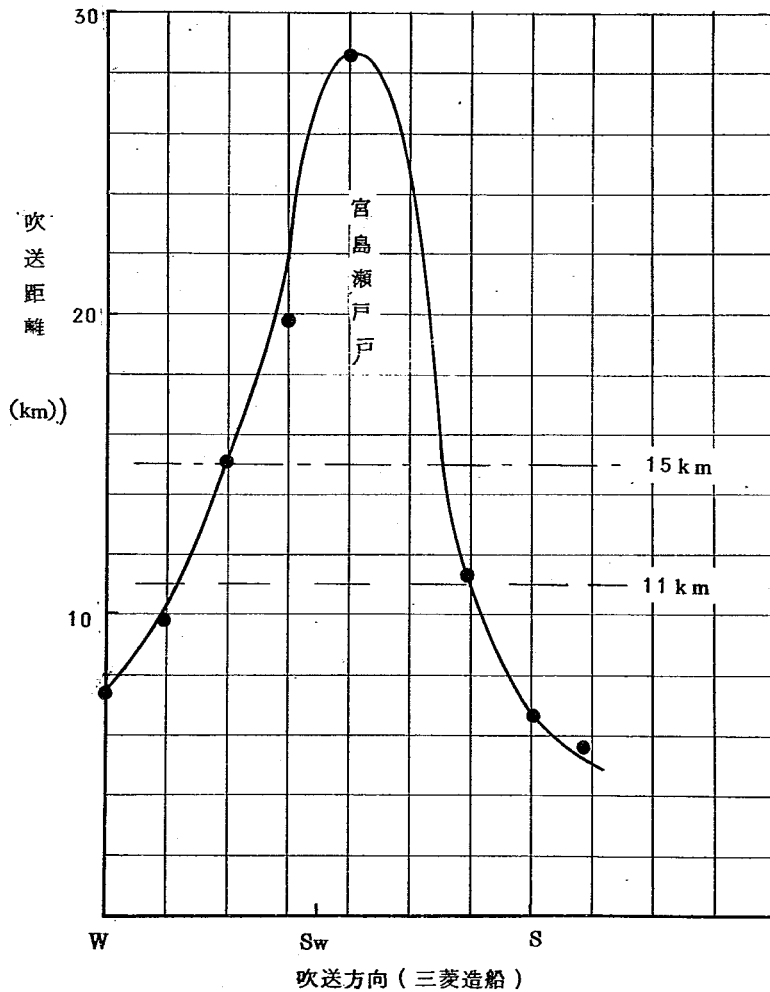


図-2-3 吹送方向別吹送距離

湾内の海床は河口付近でT.P.-10m前後、ほぼ中央より沖合で-20m前後である。

河床の縦断こう配を天満川についてみると図-2-5に示すように、河口から600~700

0 m 上流まではほとんど海床に等しく水平でこれより上流 1400~1500 m ぐらいまでは約 $\frac{1}{7}$ のこう配で徐々に浅くなり、1.5~1.6 km 地点で T.P.-2 m 前後と急激に浅くなり、この高さが上流数 km までつづく。横断面はほとんど矩形で、局部的に深い所があるが、この河床の凹凸は水深の深い場合には波に対してほとんどえいきょうのないものと考えられる。

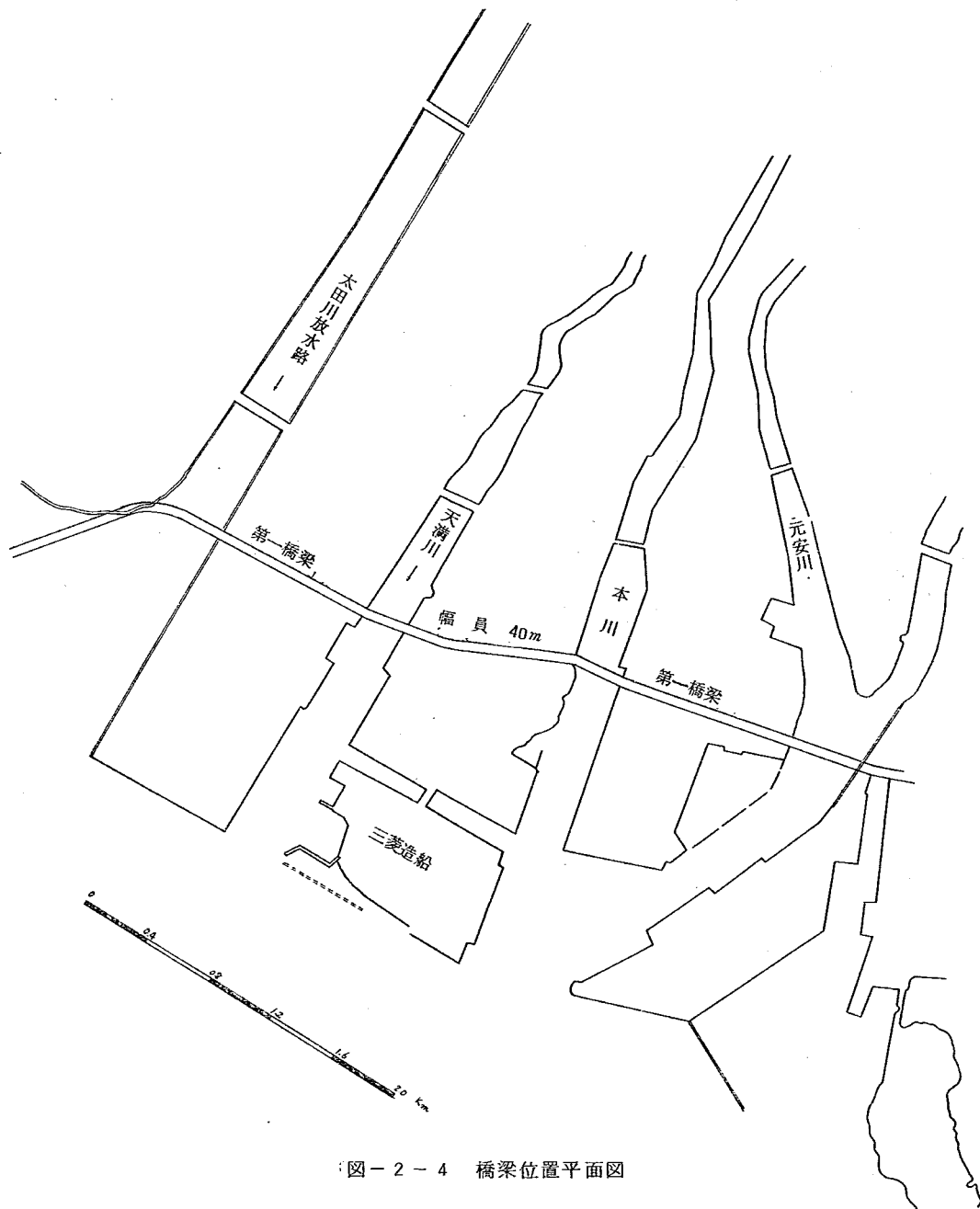


図-2-4 橋梁位置平面図

第一橋梁の設置地点（図-2-4）を天満川について見ると、河口より1400mで川巾は約250m、河床はT.P.-10mから徐々に浅くなった斜面の肩の部分に当たっている。

他の河川についてみると、本川はT.F.-5.0m前後で河口から橋梁設置地点までほぼ同じ高さで続いている。元安川はT.P.-4.0mから-2.5m前後に凹凸を示しながら徐々に浅くなっている。本川河口は似ノ島に向つて開いており吹送距離は5km前後で、天満川の半分程度の長さで波高の大きい波の来襲は考えられない。元安川の河口は、厳島に向つて開いており吹送距離も天満川の場合にほぼ等しいが河床がT.P.-3.0m前後と浅いこと、また、河道が曲つていることなどからみて、波の減衰は天満川より大きいと考えられる。

2-2 気 象

(1) 風

広島湾に高潮や高波を起す風は図-2-3から予想されるように南寄りの風である。この南寄りの風の年最大風速を明治26年から昭和38年につき、確立紙にHazen法で表わすと、図-2-6のようになる。

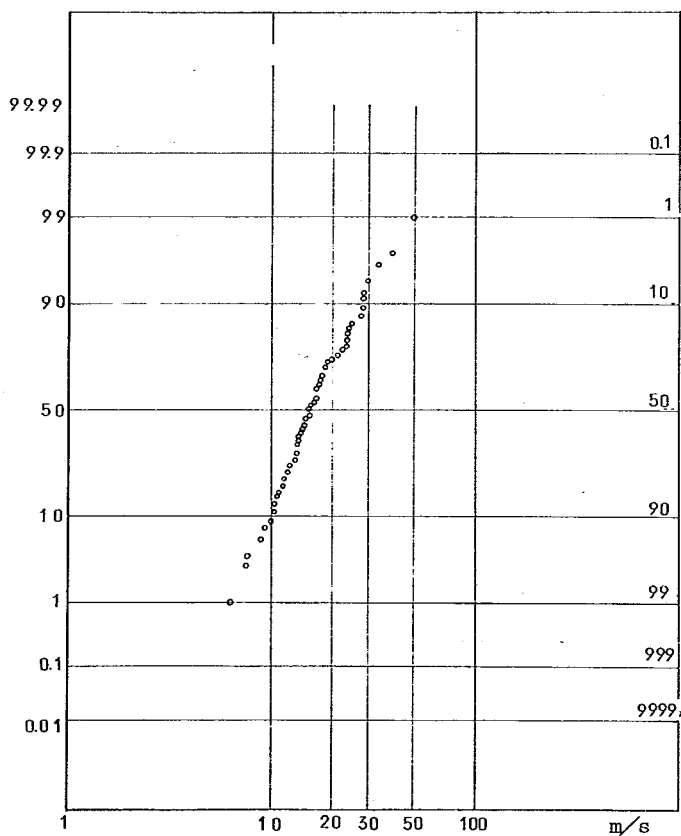


図-2-6 年最大風速生起確率（広島、夏期全）

波の発達には風速とともに吹送時間が重要な要素である。広島湾に吹く南寄りの風で、しかも風速の大きい風は台風によるものと考えられる。この台風による風の吹送時間は図-2-7の各図のようになる。図中の↑印は風向を示す。台風によつて最大風速や最大風速への立ち上がりこう配はまちまちである。44年16号台風は例外的に北寄りの風が吹いているが、他の台風はいずれも風速が最大の時は風向は南寄りで、継続時間は2～3時間となつてゐる。

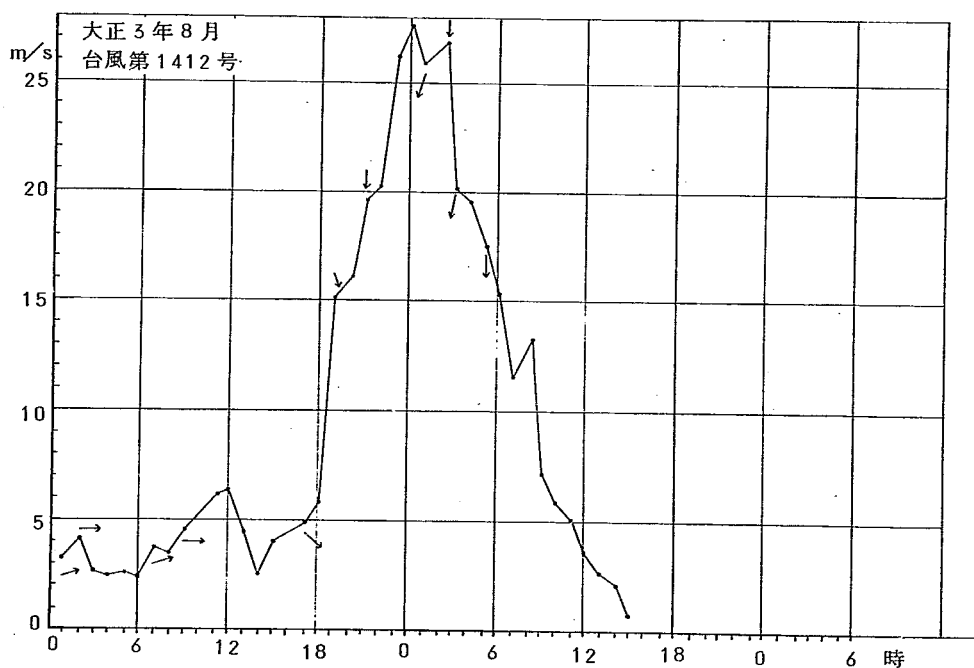


図-2-7 風速～時間曲線(1)

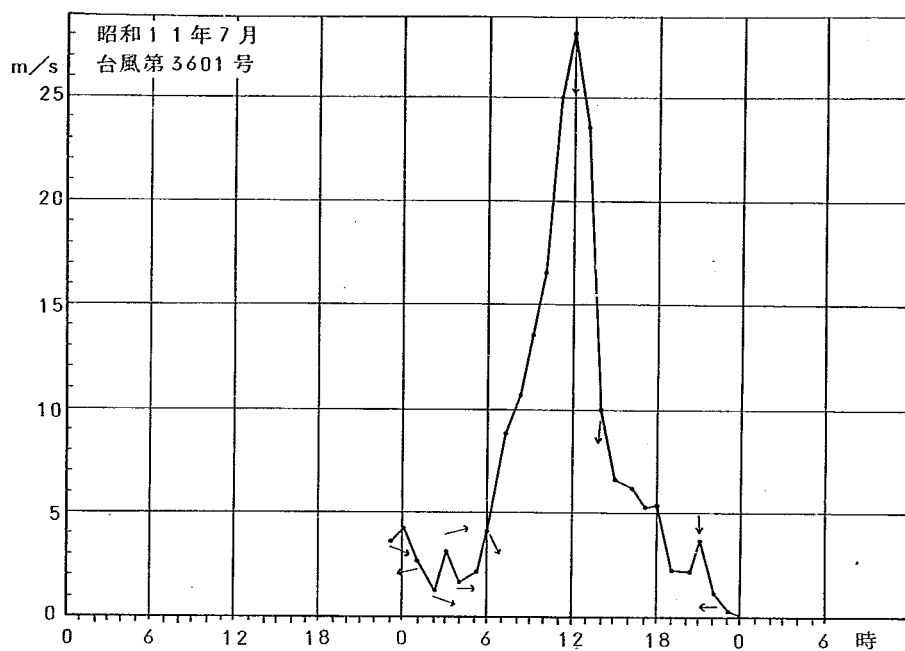


図-2-7 風速～時間曲線(2)

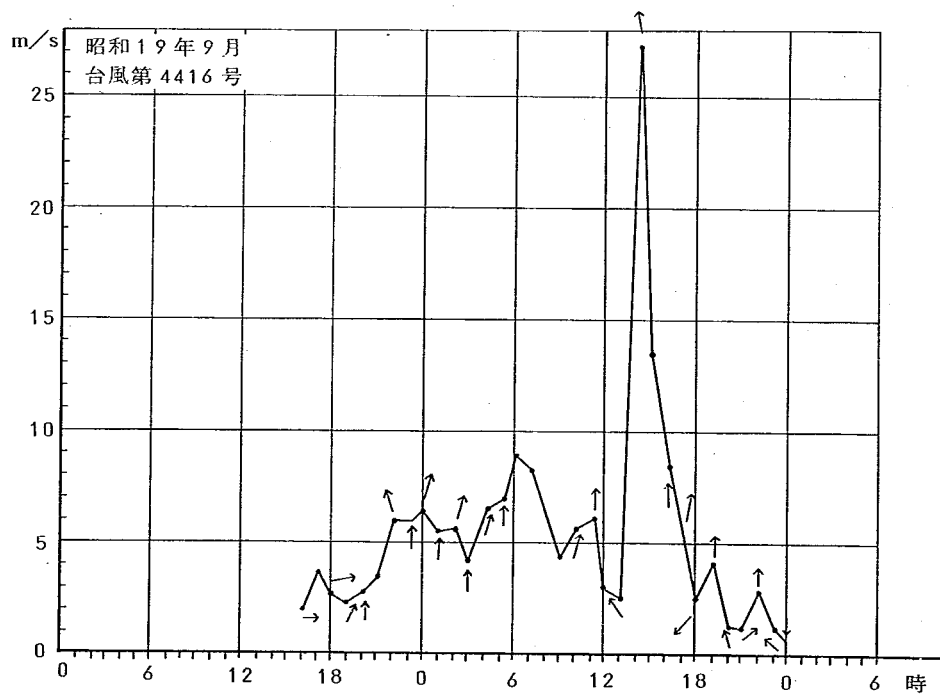


図-2-7 風速～時間曲線(3)

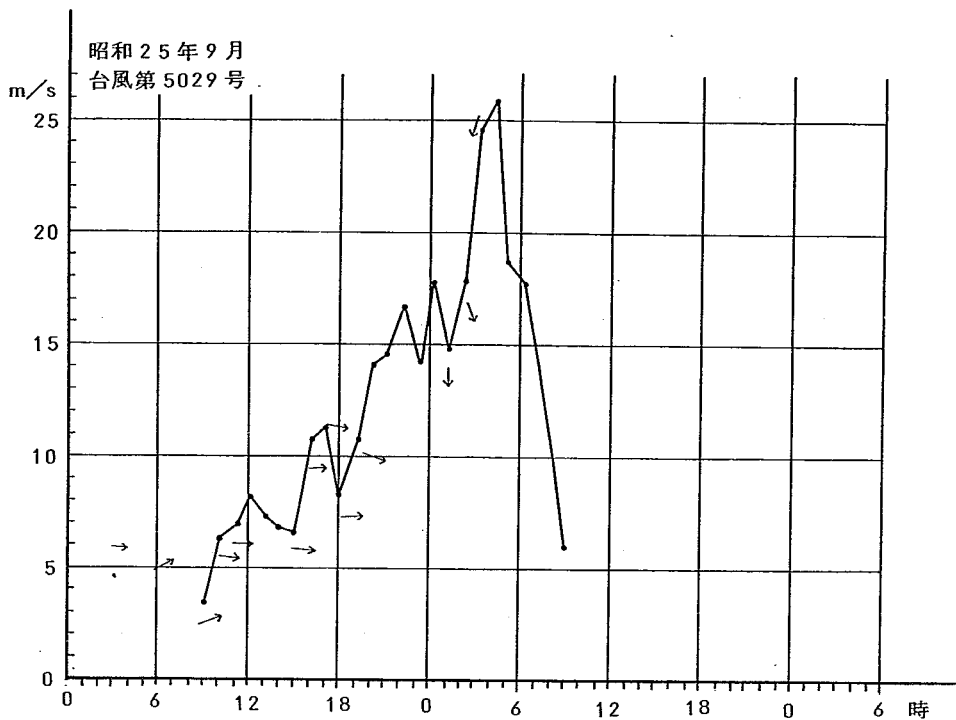


図-2-7 風速～時間曲線(4)

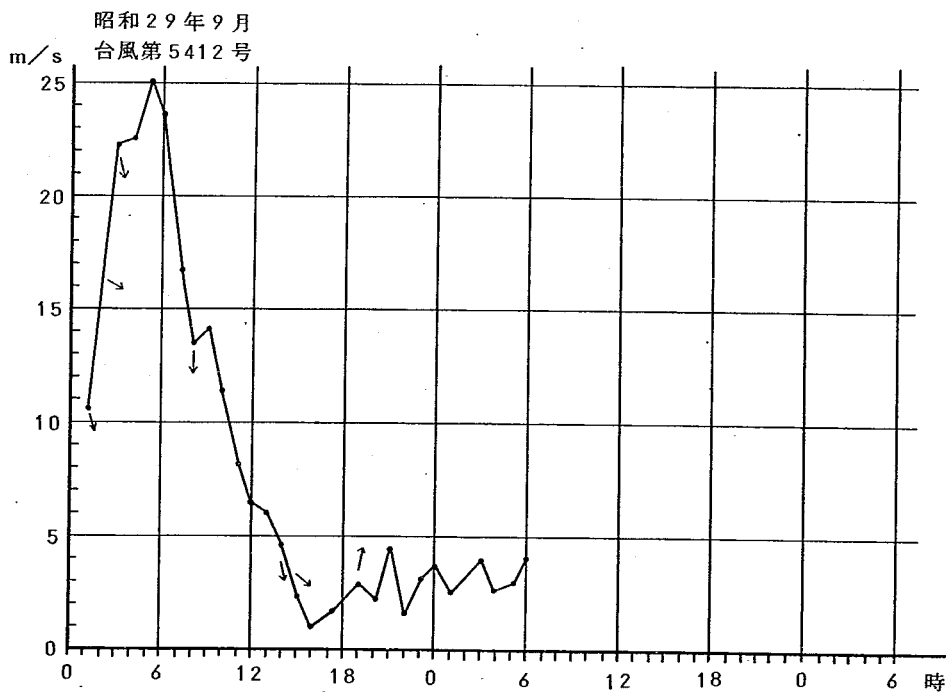


図-2-7 風速～時間曲線(5)

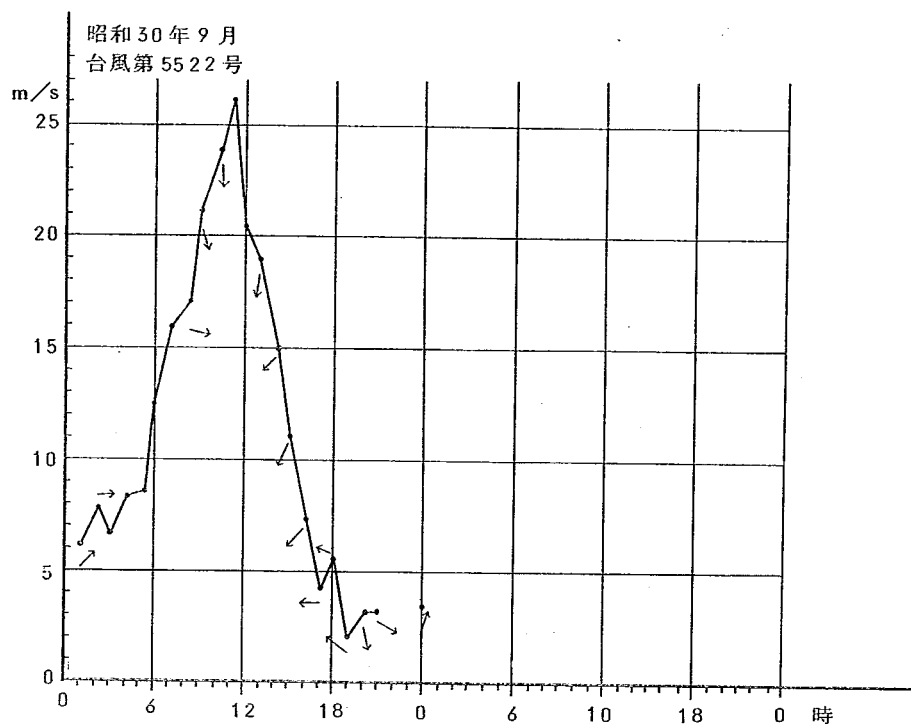


図2-7 風速～時間曲線(6)

吹送距離10 km前後の海域で、風速25～30 m/sの風が吹き波の発達に定常状態になるのは、吹送時間45分ないしは1時間である。したがって、吹送距離10 kmのBB'の海域での波の発達は風速と吹送距離によつて決まると考えてよい。

② 気 圧

広島湾に災害をもたらす台風は、四国山脈を横切つて真南から来襲する台風か、南九州の南岸沿いに豊後水道を上つて来る台風か、中九州を横断した台風のいずれかのコースを通つて来るものである。このいずれのコースを通つて来た台風も、四国および九州に上陸後、陸地や山脈のえいきょうを受けてかなり減衰することは当然予想される。表-2-1は広島湾に来襲した代表的な台風の最低気圧、最大風速、最高潮位、最大偏差を示したものである。

表-2-1 台風時に広島市で観測された海象、気象状況

台風名	年月日	最低気圧	最大風速	最高潮位	最大偏差
キ ジ ヤ	25. 9. 13	990.8 mb	25.0 m/s	2.25 m	0.65 m
ル ー ス	26. 10. 14	966.8	27.1	1.49	2.42
第 5 号	29. 8. 18	977.3	9.4	0.66	2.02
第 12 号	29. 9. 7	970.8	25.1	2.60	1.09
第 13 号	29. 9. 13	997.9	20.5	1.00	0.56
第 15 号	29. 9. 25	970.9	13.2	2.60	1.43

第22号	30. 9. 29	985.9	26.1	2.69	1.22
第9号	31. 8. 16	979.8	27.5	1.36	1.13
第12号	31. 9. 9	991.0	24.7	1.88	0.96
第15号	31. 9. 26	998.9	9.8	1.12	0.08
第5号	32. 6. 27	998.3	3.2	1.44	0.54
第10号	32. 9. 6	992.8	13.0	1.58	0.60
第14号	34. 9. 17	992.4	23.8	2.02	0.53
第15号	34. 9. 26	988.4	21.9	0.88	0.28

こゝに示した気圧・風速は広島地方気象台の資料で、潮位や偏差は宇品の資料である。これによると、台風による気圧降下は960～980mm前後となり、外洋の台風に比べるとかなり小さい。

2-3 水理条件

① 潮位と水位

潮位には天体潮と気象潮があり、前者は月や太陽の引力によつて起される潮位であり、後者は別名偏差とも言われ、気圧降下による吸い上げ効果と、風による吹き寄せ効果によつて生ずる潮位差である。

一般に海岸構造物の計画潮位は、過去のこの気象潮と天体潮の重なり合つた既往最高潮位か、さく望平均満潮位+既往最大偏差か、モデル台風を考え計算地点に対して最悪コースを通つた時の潮位を理論計算によりもとめたものゝうちのいずれかをとつている。当海域の計画潮位は伊勢湾台風を仮想台風として理論計算を行ない、その最大偏差2.42mに台風期のさく望平均満潮位2.00mを加えたT.P.+4.50mをとつている。

気象庁はこの付近一帯の海域の高潮計算を行なつている。計算に用いた台風は、

- ① 昭和17年台風
- ② ルース
- ③ 54年15号(洞爺丸)
- ④ 55年22号

の4つで、これに仮想台風として伊勢湾台風を考え、上記の17年台風とルース、洞爺丸台風のコースを通つた場合の計算を行なつている。これによると広島湾々奥の潮位は表-2-2に示すようになり、伊勢湾台風がルース台風のコースを通つた場合に最も高く、偏差2.3mとなつている。

表-2-2 各台風による最大偏差(計算値)

単位 cm

コース	周防灘台風		ルース台風			洞爺丸台風			55.22号
台風名	周防灘	伊勢湾	ルース	周防灘	伊勢湾	洞爺丸	周防灘	伊勢湾	55.22号
偏差	82	129	151	183	231	104	116	145	151
実測値	242(190)			143(130)			122(100)		

過去の実測潮位は表-2-1に示した通りで、最大偏差はルース台風による2.42mであった。

水位

当実験ではまえがきでも述べたように、橋梁によつて外海の波をしゃへいし、上流へそ上する波の波高を減衰させようとするものである。したがつて橋の桁高は、波の減殺効果から考えると、できるだけ低い方がよいのであるが、一方低すぎると洪水のそ通能力が阻害され、治水上問題になる。桁高はこの高潮と高水位とのかね合いで決まる。

図-2-8は過去の代表的な気圧・偏差・水位の時間変化を示したものである。この図からも明らかなように最大偏差は最低気圧の発生後1~2時間たつて生じ、さらに最高水位は数時間後に生じている。

この資料のみで潮位と水位の関係をうんぬんすることはできないが、まず気圧降下があり、潮位が上昇し、その後に降雨によつて河川水位が上昇するという傾向は、ある程度定性的な現象だといふことができる。また本省治水課の調査によると、大洪水と大偏差が重なることはなく、表-2-3および図-2-9のように洪水と偏差の関係は逆比例的で、大洪水の場合程潮位は低いとされている。

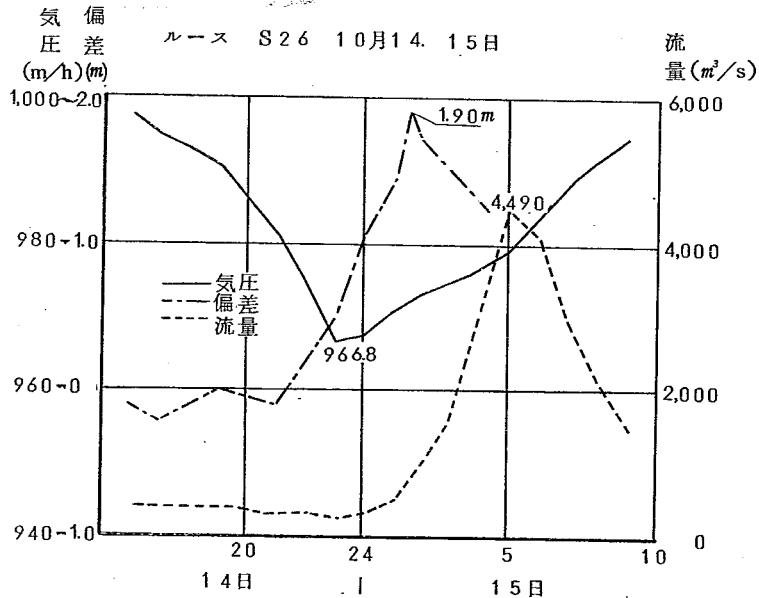
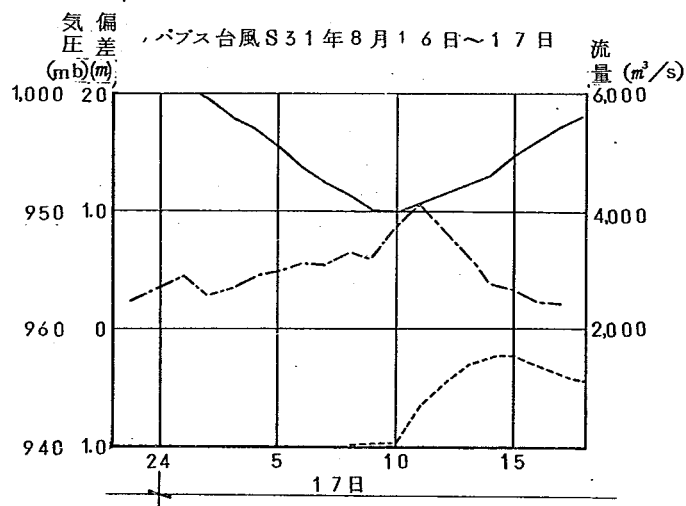
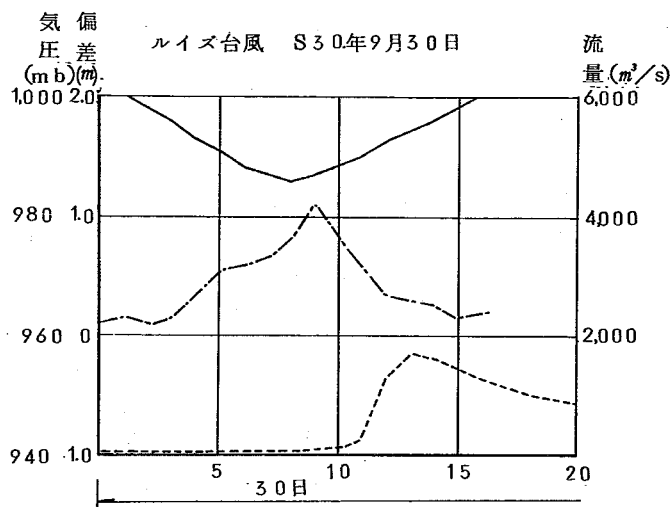
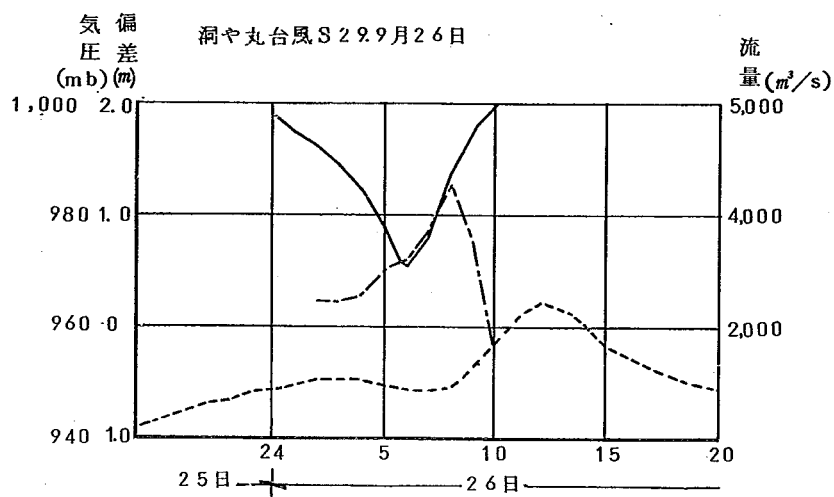


図-2-8 台風による偏差, 流量曲線



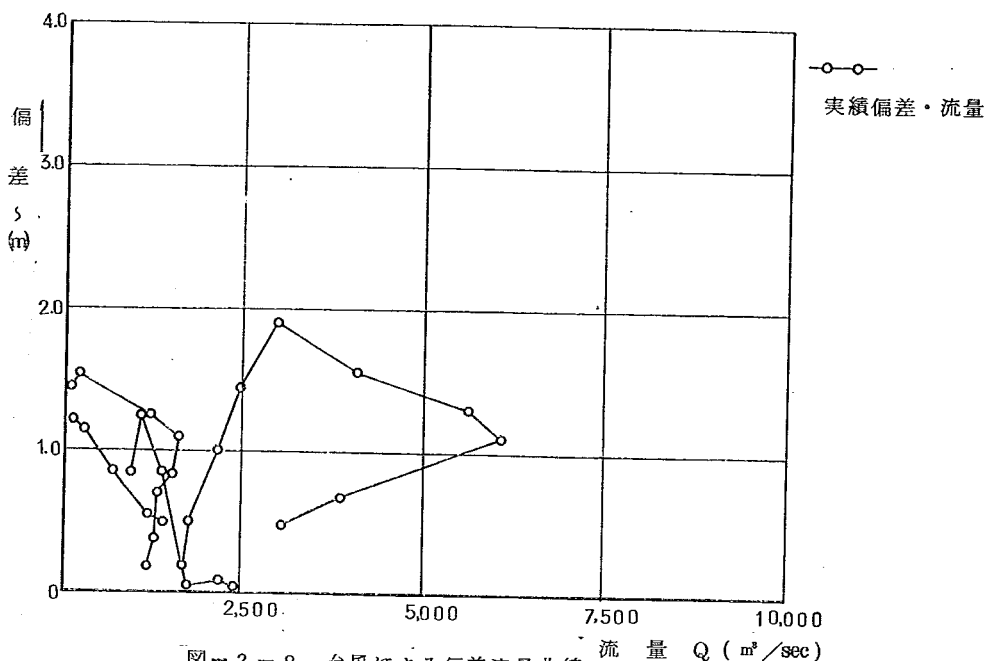


図-2-9 台風による偏差流量曲線

② 波 浪

波は海上で風のエネルギーを受けて発達し、速度分散・角分散などの分散効果によつて分散され、回折・屈折現象や海底摩擦などのえいきょうを受けて減衰する。図-2-1に示したようにBB'内の海域の吹送距離は10km、水深15~20mと吹送距離に比べて水深はかなり深いので、この海域で発達する波に対して上記のうちの海底摩擦による減衰効果は考慮する必要はない。しかしながら、このBB'の海域の中にも似の島、大カクマ島、津久根島などの諸島が点在しているので、これらの諸島によるしゃへい効果は当然考えられる。また吹送距離が短いことから、風が同じ状態で1時間前後吹くと波の発達に定常状態になる。当海域に來襲する台風による最大風速の継続時間は既に述べたように、2~3時間におよぶので、この海域で発達する波は風速と吹送距離によつて決る。

表-2-3 高潮と洪水との同時相関表

洪水流量 (m^3/s)	偏 差
3000	1.9
4000	1.7
5000	1.5
6000	1.1
7000以上	—

前記した風を用いてS.M.B法により河口に來襲する波を簡単な方法(一定風速、一定吹送距離)を用いて計算すると次のようになる。

吹送距離 10 km、風速 $V = 25 \text{ m/s}$ 、 $H_1 = 1.8 \text{ m}$ 、 $T_1 = 4.9 \text{ sec}$

30	$\frac{2.5}{(2.3)}$	5.5
35	$\frac{3.0}{(2.9)}$	6.0
40	$\frac{3.4}{(3.3)}$	6.3

() 内は浅海波の方法による。

この湾内で発達した波高に宮島瀬戸を通過して来た波が重なり、河口へ来襲するのであるが、途中湾内に点在する小さな諸島によつてしゃへい効果を受ける。宮島瀬戸を通過した波のえいきょうやしゃへい効果は、実測資料がなく、推察する以外に方法はないが、宮島瀬戸を通過した波によつて波高が大きくなる割合と島のしゃへい効果によつて減少する割合は同程度のものであろう。

地建の計画波高は、計画潮位の計算に用いたモデル台風を用い、波高推算を行ない 2.50 m としている。

この波が河口に達し、河道をどのようにそ上するかであるが、天満川や放水路の河口は波の来襲方向に真すぐに開口しており、しかも橋梁設置地点の水深は 10 m と波高に比べかなり深いので、波は減衰せずにそのままそ上するものと考えられる。しかしながらこれは水深の効果のみを考えた場合で、河道の形状による影響などあり複雑な要素を含む。このことについては後に述べる。

2-4 橋 梁

橋梁のタイプは Span 割りや幅員から決まるであろうが、橋梁の桁によつて波の上流へのそ上を減殺しようということから、トラスやアーチ橋のように桁高が低く、しかも桁の数の少ないものは考えられない。また洪水の疎通能力から考えて Span の短い橋も考えにくく、となると考えられる橋としては、ある程度の Span 長を持つ PC 桁、合成桁あるいは箱桁等である。これを図に示すと次のようになる。

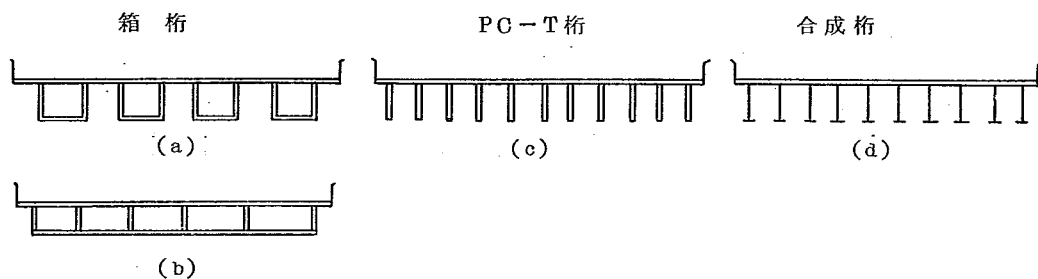


図-2-10 想定される桁の形状

上記に示した桁を大別すると (b) のように幅員全体に箱桁が設けられたものと T 型 I 型の桁が数本設けられたものに分類される。後者については桁の巾が大小いろいろで箱桁 (a) もこの部類に属するものと考えられる。そこで実験は幅員全体に箱桁の設けられた (b)、桁の巾の広いものとして (a)、(c)(d) の代表として I 型橋の (d) を採用し、この 3 タイプについて実験を行なうことにした。ここで問題になるのは桁の本数であるが、合成桁や T 型などは 2~2.5 m 間隔に入れるのが標準的でしかも経済的だと言われているので (a) および (d) の桁の間隔は 2.0 m とした。

3. 過去の研究

静水面付近に構造物を設けて、構造物の背後へ伝達する波高を小さくしようという試みは、浮防波堤ないしはカーテン式防波堤と呼ばれる構造物に利用しようというところからはじまった。その基本的な考えは、波のエネルギーが静水面付近に集中することから、静水面付近に構造物を設け、このエネルギーを吸収するか、沖側へ反射するかすれば構造物背後へ伝達する波の波高は小さくなるであらうというものである。

1947年に Ursell が幅の狭いカーテン式防波堤の透過率を微小振幅波理論にもとずいて解いたのを始めとし、Wiegel が、1960年に有限振幅波領域で半理論解を与えた。これらはいずれも防波堤のうちでも幅が狭くしかも、水底近くは透過性のいわゆるカーテン式防波堤と言われるたぐいの構造物に適用されるものである。この種の構造物は、一般には基礎地盤に抗を打ち、この抗の頂部にプレバクトコンクリートやコンクリート桁などを抱かせ隔壁を設けるものである。防波堤の天端幅は、2~3 m から数 m 程度で波長に比べると極端に狭いためにこの幅は考慮されない。また、隔壁は静水面付近から設置水深の $\frac{1}{2}$ 程度の深さまで設けられるのが普通である。

この種の構造物に対する研究は、日本においても行なわれ 1964 年前後、運輸省港湾技術研究所で清水港の貯木場の防波堤に関して水理模型実験が行なわれたことが報告されている。

その後、このような薄い構造物を水深深く設けることから、水面に幅の広い構造物を浮かべ係留するか、あるいは抗に抱かせることによつて、これを支持し、幅の効果も考慮に入れて伝達波高を小さくしようという試みがクローズアップされるようになってきた。

理論的な取り扱いとしては、Laplace のポテンシャル方程式を、各種の境界条件のもとで種々の方法により数値解するもの、あるいは近似的にエネルギーや運動量の連続から解くものなどがある。

前者に属するものには、井島の水面に固定された水平板に作用する波の透過率や揚圧力をとり扱ったもの、また CHAING、Stoker、坂本等は短形の Box がある程度水没した領域について波の重ね合せを用いてポテンシャル方程式を解いている。これらはいずれも、構造物が常に水面に接

しているか、水没していなければ成り立たないものである。したがって本実験のように構造物が水面上にある場合には、厳密に適用されない。

後者に属するものには、Wang による研究などがある。これは波の運動をポテンシャル方程式をたてて解いたのではなく、実験的にあるいは近似的に波頂付近の水平、鉛直方向の水粒子速度を求め、これから波力を計算したものである。

(1) 井島の研究

領域を図-3-1に示す3区分に分け、それぞれの各領域で各種の境界条件のもとにポテンシャル方程式を解いている。

基礎方程式

$$\frac{\partial^2 \phi_i}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \phi_i}{\partial z^2} = 0 \quad \text{----- (3.1)}$$

境界条件

領域 I, III

領域 II

$$\left. \begin{array}{ll} z = -h \text{ (氷底)} & \frac{\partial \phi_i}{\partial z} = 0 \\ z = 0 & \frac{\partial^2 \phi_i}{\partial t^2} + g \frac{\partial \phi_i}{\partial z} = 0 \end{array} \right\} \quad \begin{array}{ll} z = -h & \frac{\partial \phi_2}{\partial z} = 0 \\ z = 0 & \frac{\partial \phi_2}{\partial z} = 0 \end{array} \quad \text{----- (3.2)}$$

連続条件

$$\left. \begin{array}{l} x = l \quad \phi_1 = \phi_2 \\ x = -l \quad \phi_2 = \phi_3 \end{array} \right\} \quad \text{----- (3.3)}$$

(3-1)を(3-2)式の境界条件のもとに解くと、各領域におけるポテンシャルは、

$$\begin{aligned} \phi_1(x, z; t) &= a e^{i\omega t} \left\{ \left(e^{ik(x-l)} + \frac{l}{a} e^{-ik(x-l)} \right) \frac{\cosh k(z+h)}{\cosh kh} \right. \\ &\quad \left. + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{C_n}{a} e^{-kn(x-l)} \frac{\cosh k_n(z+h)}{\cosh k_n h} \right\} \\ \phi_2(x, z; t) &= a e^{i\omega t} \left\{ \frac{da}{2a} \cdot \frac{x}{l} \sum_{r=1}^{\infty} \left(\frac{dr}{a} \frac{\cosh r H x / l}{\cosh r H} \right. \right. \\ &\quad \left. \left. + \frac{er}{a} \frac{\sinh r H x / l}{\sinh r H} \right) \cos \frac{r \pi z}{h} \right\} \\ \phi_3(x, z; t) &= a e^{i\omega t} \left\{ \frac{f}{a} e^{ik(x+l)} \frac{\cosh k(z+h)}{\cosh kh} \right. \\ &\quad \left. + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{g_n}{a} e^{kn(x+l)} \frac{\cosh k_n(z+h)}{\cosh k_n h} \right\} \quad \text{----- (3.4)} \\ \frac{\sigma^2 h}{g} &= k h \tanh k h \\ &= -k_n h \tanh k_n h \quad (n=1, 2, \dots) \end{aligned}$$

となる。

a, b, f は入射波・反射波・透過波の条件を与えるもので、領域(I)と(II)、(II)と(III)の境界で連続が成り立つとして求めている。a, b, f が求まるとこれから反射率・透過率は次のようになる。

$$\text{反射率 } |R| = |b/a| \quad \text{透過率 } |T| = |f/a|$$

また、ポテンシャルが求まれば水面波形と流体中の圧力は

$$\begin{aligned} \text{波形} \quad \eta &= -\frac{1}{g} \left(\frac{\partial \phi}{\partial t} \right)_{z=0} \quad (3.5) \\ \text{圧力} \quad \left. \begin{aligned} \frac{P_z}{\rho} &= -\frac{\partial \phi}{\partial z} - g z \\ \frac{P_x}{\rho} &= -\frac{\partial \phi}{\partial x} \quad (z=0) \text{ 揚圧力} \end{aligned} \right\} (3.6) \end{aligned}$$

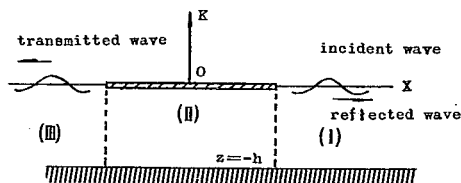


図 3-1 模式図 (井島)

として与えられる。これらの結果は図-3-2の(a)(b)に示す各図のようになる。図(a)は $|R|$ と $|T|$ を示し(b)は揚圧力を示している。図中の ℓ は plate の幅の $\frac{1}{2}$ を h は plate から水底までの深さである。 α は入射波形を $\eta = \alpha \cdot \cos(kx + \sigma t)$ と与えるときのものであり波高の $\frac{1}{2}$ を示している。また、各点の揚圧力を計算する場合には、図(b)を適応すれば良いのであるが計算点における波高を求めることが必要である。

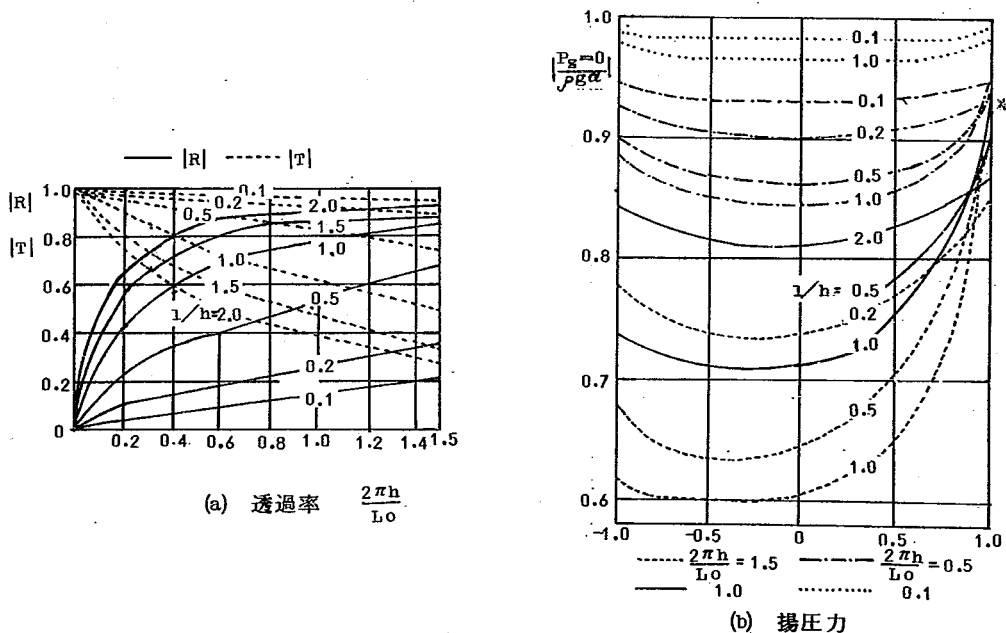
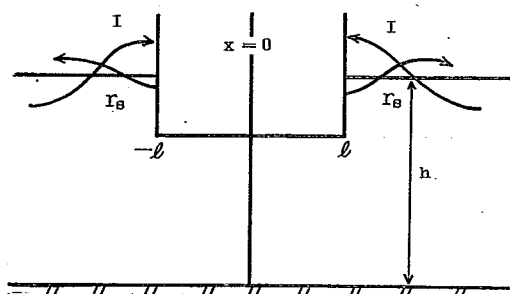


図-3-2 井島による透過率、反射率、揚圧力

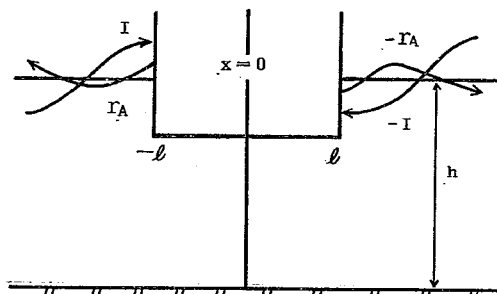
(2) 坂本の研究

坂本は本実験に先立ち CHIANG, C MEI and JARED, BLACK などと同じ考えにたち、波の重ね合せを用いてポテンシャル方程式を解いた。

先ず、波が水面構造物を透過するときの状況を図-3-3に示す2つの現象に代表されるものとし、それぞれの状況のもとでポテンシャルを求め、両者の重ね合せから透過率や揚圧力などを求めている。



(a) 対称波



(b) 逆対称波

図-3-3 模式図

基本的な考え方は、図(a)に示すように両側から $x=0$ 点を対称に $r=1$ なる波が入射したときの反射をそれぞれ r_s とする。このときのポテンシャルは ϕ_s である。次に、(b)に示すように逆対称の波が入射したときのそれぞれの反射を r_A とする。これをそれぞれの側で重ね合せると、

右側においては、

$r=1$ なる波が2回で $2r$ なる波が入射したとき、 $r_s + r_A$ なる反射波が生ずる。

これより

左側においては、

入射波は $r=1$ と $r=-1$ であることからたがいに消し合い、 $r_s - r_A$ の反射波のみが残る。

$$\left. \begin{array}{l} \text{反射率は} \quad |R| = \frac{r_s + r_A}{2r} = \frac{R_s + R_A}{2} \\ \text{透過率は} \quad |T| = \frac{r_s - r_A}{2r} = \frac{R_s - R_A}{2} \end{array} \right\} \dots\dots\dots (3.8)$$

となる。したがって、(a)、(b)に示す状態のもとで、それぞれポテンシャルを求めこれを重ね合わせると、上述のように反射率や透過率は求めることができるとしている。一方波力は、重ね合わせたポテンシャル ($\phi_B + \phi_A$) から、前記の (3-7) 式と同様にもとめることができる。

それぞれの状態におけるポテンシャル・波力等を式で示すと次のようになる。※2

対称波のポテンシャル・反射率

$$\left. \begin{aligned} \phi_A &= b_1 \{ e^{-ik(x+l)} + r_A e^{ik(x+l)} \} f_1 + \sum_{n=2}^{\infty} b_{An} e^{g_n(x+l)} & |x| \geq l \quad 0 \leq z \leq -h \\ &= B_{A1} F_1 \frac{x}{l} + \sum_{n=2}^{\infty} B_{An} F_n \sinh Q_n x & |x| \leq l \quad -h \leq z \leq -H \\ R_A &= r_A e^{ikl} / e^{-ikl} = r_A e^{2ikl} \\ r_A &= \frac{-1}{2b_1} (1 + \frac{i}{kl}) P_{11} B_{A1} - \frac{1}{2b_1} \sum_{n=2}^{\infty} (\sinh Q_n l + i \frac{Q_n}{k} \cosh Q_n l) P_{1n} B_{An} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (3.9)$$

※2 詳しくは文献(1)を参照されたい。

逆対称波のポテンシャル・反射率

$$\left. \begin{aligned} \phi_S &= b_1 \{ e^{-ik(x+l)} + r_S e^{ik(x+l)} \} f_1 + \sum_{n=2}^{\infty} b_{Sn} e^{g_n(x+l)} & |x| \geq l \quad 0 \leq z \leq -h \\ &= \sum_{n=2}^{\infty} B_{Sn} F_n \cosh Q_n x & |x| \leq l \quad -h \leq z \leq -H \\ R_S &= r_S e^{ikl} / e^{-ikl} = r_S e^{2ikl} \\ r_S &= \frac{1}{2b_1} \sum_{n=2}^{\infty} (\cosh Q_n l + i \frac{Q_n}{k} \sinh Q_n l) P_{1n} B_{Sn} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (3.10)$$

これらより、反射率や透過率は、(3-9) (3-10) の R_A, R_S を (3-8) 式に代入することにより、水平力や揚圧力は、 $p = -\rho \frac{\partial \phi}{\partial t}$ より、次のように与えられる。

$$\left. \begin{aligned} \text{水平力 } P(z) &= -i \rho \omega \phi_{Ax=l} \\ \text{揚圧力 } P(x) &= \frac{i}{2} \rho \omega (\phi_S + \phi_A)_{z=-H} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (3.11)$$

井島および坂本は、波の運動をポテンシャル流として解いていることから、波の運動とともに構造物の下に空洞ができる場合や、水面より上にあるような場合には適用されない。また、透過率は、微小振幅波理論によっていることから、水深・波長・構造物の長さが決まれば求まるものであり、波高の相違による影響は考慮されていない。

(3) CARR および HSING WANG の研究

上記2編は構造物が水面に接しているか水没しているような場合には、常に連続の条件が成

り立ちポテンシャル流としての取り扱いが可能であるとして解いたものである。したがって、これらはいずれも構造物が水面に接しているか、水没している場合に適用されるものである。しかしながら、一般には潮位変化などにもとない、構造物と水面との間には間隔ができることもあろう。特に本実験は、橋梁の桁による波浪減殺効果を求めるものであり、桁が完全に水没するような状況は考え難い。

※3

Carr は、水面と構造物との間隔を考慮して次式に示す透過率を得た。

$$|T| = \frac{H}{H_I} = \frac{1}{\left\{1 + \left(\frac{\pi B}{L} \left(1 - \frac{2d}{H_I}\right)\right)^2\right\}^{\frac{1}{2}}} \quad \dots\dots\dots 3.12$$

Wang は、この透過波高から plate の各点に作用する Up Lift を式 (3-13) のように与えた。

基本的な考えは、鉛直方向の速度ないしは加速度と質量から波力を $F = \frac{\partial(Mv)}{\partial t}$ として求めるものである。

こゝで質量のとり方は、Plate への接触面の一边を直径とする半球の体積であるとしている。間隔 d のとき、Plate の各点に作用する Up Lift は

$$\frac{P_i}{w} = \frac{\pi}{2} H \tanh \frac{2\pi h}{L} \left(1 - \frac{4d^2}{H^2}\right)^{\frac{1}{2}} \quad \dots\dots\dots 3.13$$

こゝで H は計算点における波高である。

4. 水理模型実験

4-1 概 要

当実験の主なる目的は、

- (1) 第一橋梁の桁による波の減殺効果
- (2) 橋梁に作用する水平力、揚圧力

などを調べることである。

第(1)点は、河口近くに第1橋梁を設けこの橋梁によつて河道をせり上げる波の波高を減殺し、橋梁より上流側においては、波のうちあげ高に対応する分だけ堤防高を低くしようというものである。波の減殺効果は、幅の広い橋梁をできるだけ水面近くないしは水没するように設ければ、その効果は当然期待できる訳であるが、一方、余り低くすると、洪水のそ通能力がそがいされる。また、桁の波に対する減殺効果を大きくすれば大きくするほど、その反動として桁に作用する波力が大きくなることが当然予想される。

※3 詳しくは文献(3)を参照されたい

り立ちポテンシャル流としての取り扱いが可能であるとして解いたものである。したがって、これらはいずれも構造物が水面に接しているか、水没している場合に適用されるものである。しかしながら、一般には潮位変化などにもとない、構造物と水面との間には間隔ができることもあろう。特に本実験は、橋梁の桁による波浪減殺効果を求めるものであり、桁が完全に水没するような状況は考え難い。

※3

Carr は、水面と構造物との間隔を考慮して次式に示す透過率を得た。

$$|T| = \frac{H}{H_I} = \frac{1}{\left\{1 + \left(\frac{\pi B}{L} \left(1 - \frac{2d}{H_I}\right)\right)^2\right\}^{\frac{1}{2}}} \quad \dots\dots\dots 3.12$$

Wang は、この透過波高から plate の各点に作用する Up Lift を式 (3-13) のように与えた。

基本的な考えは、鉛直方向の速度ないしは加速度と質量から波力を $F = \frac{\partial(Mv)}{\partial t}$ として求めるものである。

こゝで質量のとり方は、Plate への接触面の一边を直径とする半球の体積であるとしている。間隔 d のとき、Plate の各点に作用する Up Lift は

$$\frac{P_i}{w} = \frac{\pi}{2} H \tanh \frac{2\pi h}{L} \left(1 - \frac{4d^2}{H^2}\right)^{\frac{1}{2}} \quad \dots\dots\dots 3.13$$

こゝで H は計算点における波高である。

4. 水理模型実験

4-1 概 要

当実験の主なる目的は、

- (1) 第一橋梁の桁による波の減殺効果
- (2) 橋梁に作用する水平力、揚圧力

などを調べることである。

第(1)点は、河口近くに第1橋梁を設けこの橋梁によつて河道をせり上げる波の波高を減殺し、橋梁より上流側においては、波のうちあげ高に対応する分だけ堤防高を低くしようというものである。波の減殺効果は、幅の広い橋梁をできるだけ水面近くないしは水没するように設ければ、その効果は当然期待できる訳であるが、一方、余り低くすると、洪水のそ通能力がそがいされる。また、桁の波に対する減殺効果を大きくすれば大きくするほど、その反動として桁に作用する波力が大きくなることが当然予想される。

※3 詳しくは文献(3)を参照されたい

波力には、支承構造を決定するような橋梁全体に作用する水平力や揚圧力の合力と、床版や桁の部材厚などを決定するのに必要な極部的な波力とがある。前者の合力は、経費と期間的な制約があつて直接求めることはできなかつた。極部的に測定した15カ所の波力から推定している。

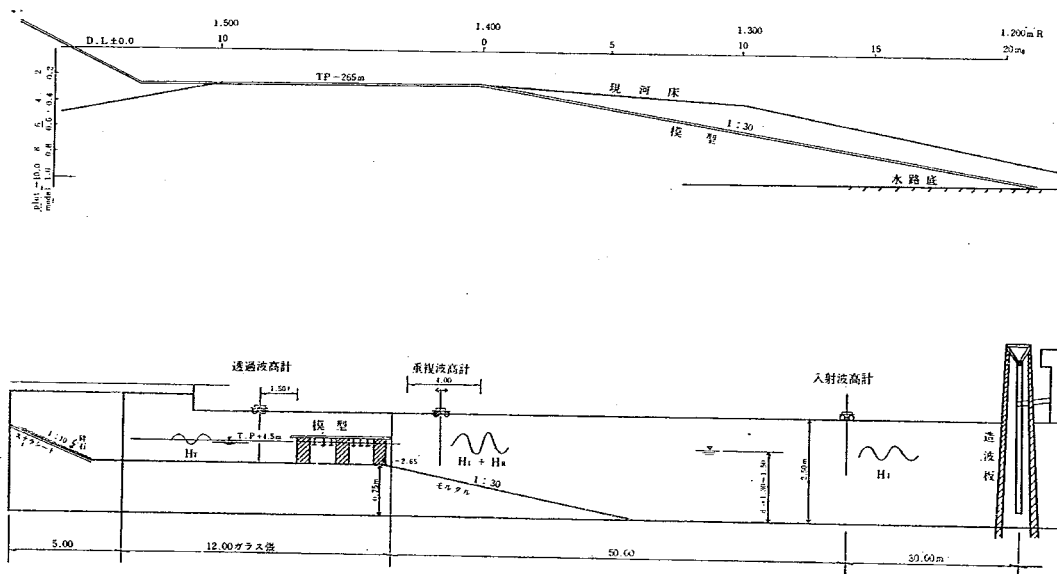
実験は45・46年度の2カ年にわたつて行なわれ、初年度は橋梁の桁の形状による相違と全般的な減殺効果波力の測定などをパイロット的に行ない、次年度は桁の形状を一種に決め、橋梁の幅員および桁の水没深などを変えて、波高の減殺効果とともに波力を15カ所にわたり測定している。

以下にこの2年度にわたる水理模型実験の結果をとりまとめの報告する。

4-2 実験装置および方法

(1) 造波水路

本実験に用いた水路は、建設省土木研究所赤羽支所内にある屋外大型造波水路で、その概要を図-4-1に示す。諸元は次のとおりである。



(a) 水路概要および模型配置

図-4-1 実験水路および模型河床断面

水路 長さ11.5m、巾1.5m、深さ2.5m（水深1.3～1.8m）の鉄筋コンクリート製で一部観測部は約2.0mにわたり片面ガラス張りである。

造波板 造波板は上部ヒンジのベンジラムタイプである。電動機は安川電機製交流可変速モーターで容量は15kwである。波高は造波板の振幅を変えることによつて、周期は電動機の主軸の回転数を変えることによつて任意に得ることができる。

(2) 模 型

上記の水路の一端に縮尺 $\frac{1}{10}$ の模型を配置した。海河床はモルタル製の固定床で、橋梁は木製である。模型の水路内への配置は図-4-1の(b)に示す通りである。橋梁の背後（上流側）は1.2～1.3mにわたり空間を設け、この空間の部分で透過波を測定するとともに、水路端からの反射を出来るだけ避けるように約 $\frac{1}{10}$ の砂床の斜面を設け、その上にステラシートを敷き、更に碎石を並べた消波斜面を設けた。

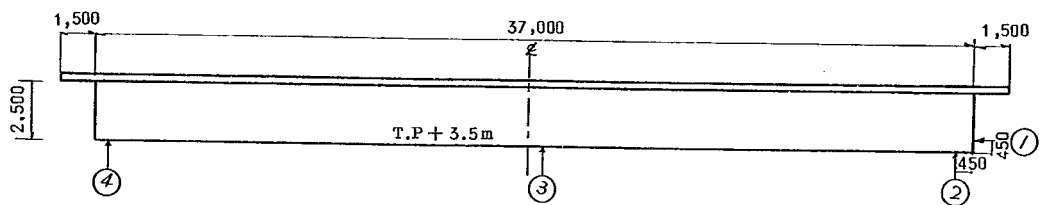
橋梁模型は図-4-2に示す3種で、それぞれ図に示すように橋梁-1、-2、-3とした。橋梁-1は、橋梁の横断方向に桁全体を薄肉板によつて保護されたもので、水理学的には長方形の箱が水面に水没しながら浮いているものを想定すれば良い。橋梁-2は箱桁を考えたもので、桁は高さ2.00m、幅3.0m、桁間隔2.00mである。

橋梁-3はI桁を想定したもので、桁高は箱桁と同様2.0mで桁間は2.00mである。Lowフランジの幅は0.5mとした。橋梁の模型は木製であるがこのI桁は鋼板製で鋼板の厚味は2.00mmである。

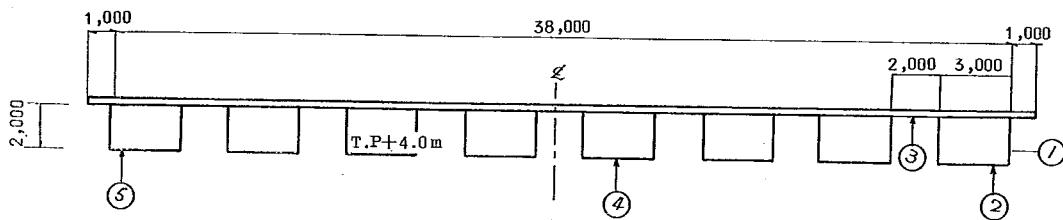
橋梁の設置高は桁のLowフランジの高さで定め、橋梁-1についてはT.P+3.5m他の橋梁-2、-3についてはT.P+4.0mとした。

昭和45年度には上記3種類の橋梁について波の減殺効果と波力を測定し、46年度は橋梁-2のみにつき、橋梁の幅員を2種類（3.80、2.30m）に変え波の減殺効果を、波力は橋梁の幅の広い場合のみにつき、橋梁の各部15カ所で測定している。

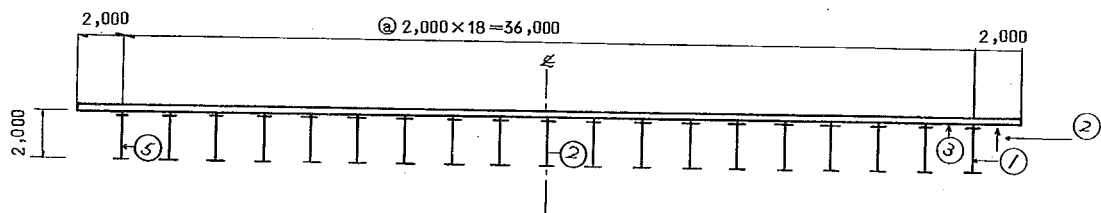
橋 梁 - 1



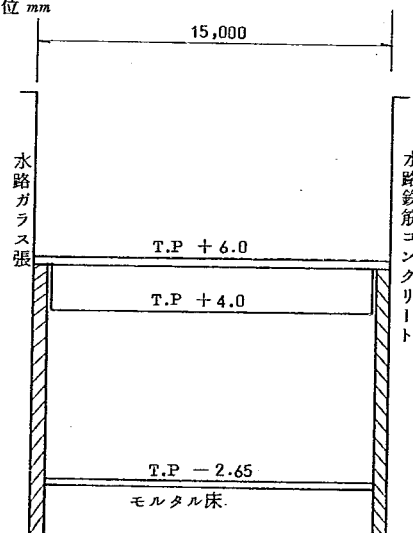
橋 梁 - 2



橋 梁 - 3



単 位 mm



←○印 4 5 年度波力測定位置および番号

図 - 4 - 2 各橋梁模型図

(3) 相似則

一般に水理模型実験で適用される相似則には、Froudeの相似則とReynoldsの相似則がある。Froudeの相似則は慣性力・圧力・重力の場で、Reynoldsの相似則は慣性力・圧力・摩擦力の場で適用され、それぞれ実物と模型のFroude数、Reynolds数が相等しくなければならない。本実験は重力のえいきようが摩擦力よりも大きいものとしてFroudeの相似則を適用した。

$$\text{Froude No. } F_r = \frac{U_p}{\sqrt{gL_p}} = \frac{U_m}{\sqrt{gL_m}}$$

U : 速度

L : 長さ

P, m はそれぞれ実物模型を表わす。

長さの縮尺を $\frac{1}{10}$ とすると、

$$L_m/L_p = 1/10$$

となり速度は、

$$\frac{U_m}{U_p} = \frac{\sqrt{gL_m}}{\sqrt{gL_p}} = \frac{\sqrt{1/10} L_p}{\sqrt{L_p}} = \sqrt{1/10}$$

時間 T は $T = L/U$ より

$$\frac{T_m}{T_p} = \frac{L_m/U_m}{L_p/U_p} = \frac{L_m}{L_p} \times \frac{U_p}{U_m} = \sqrt{1/10} \quad \text{となる。}$$

Intensity of pressure (圧力強度) は $P = wL$ で与えられ、 $w = \text{一定}$ とすると

$$\frac{P_m}{P_p} = \frac{L_m}{L_p} = 1/10 \text{ (cm}^2\text{)}$$

となる。

Froudeの相似則を適用したが、実験中の観測によると波の減衰に関しては、乱流域内における桁の形状抵抗、ないしはLowフランジの表面抵抗による減衰などもかなりあるようにみうけられた。そこで実物と模型のReynolds数をみてみると、

$$\text{実物 } Re = \frac{UL}{\nu}$$

$$\text{模型 } Re_m = \frac{\sqrt{1/10} U \times \frac{1}{10} L}{\nu}$$

となり、Re数は模型の方が約 $\frac{1}{30}$ 小さい。

Re数を比較してみると次のようになる。流速の代表値としては、波の水面の水平流速をと
り、長さの代表値としては、桁の水没深をとった。

$$T = 6.5 \text{ sec} \quad h = 2.65 + 4.5 \text{ m} = 7.15 \text{ m} \quad U_p = 153.5 \text{ cm/sec}$$

$$U_m = 48.4 \text{ cm/sec}$$

$$\text{水没深} \quad 1.0 \text{ m} \quad Re_p = 1520000$$

$$Re_m = 47900$$

$$0.5 \quad Re_p = 760000$$

$$Re_m = 23950$$

実物、模型のRe数は模型で 10^5 order、実物で $10^6 \sim 10^7$ order となる。

当橋梁のような形状で抵抗係数を測定した資料はないが、円柱や円板の抵抗係数などをみると、 $Re = 10^3 \sim 10^6$ の範囲内ではほぼ 1.0 であることが示されている。このことからみて厳密な相似が成り立っているかどうかは良くわからないが、Froude の相似則で許容されるものと思われる。また、縮率 $\frac{1}{10}$ の模型は水理模型実験としてはかなり大きな模型である。

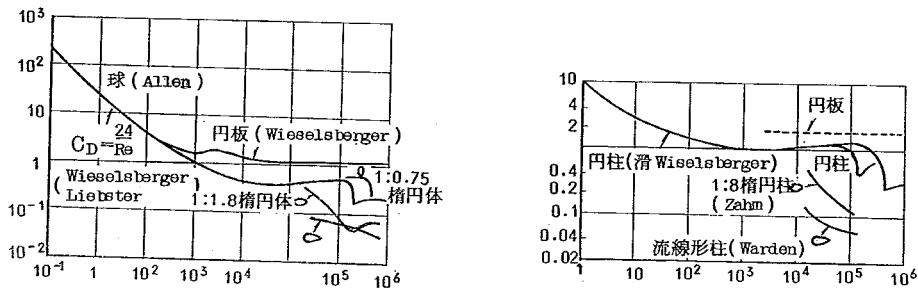


図-4-3 抵抗係数

(4) 水理条件

実験に用いた水理条件は、前章で検討した値を基準として次のように定めた。実物と模型を比較して示すと次のようになる。

$$\circ \text{ 潮位: } T.P. \quad +3.5 \quad +4.0 \quad +4.5 \text{ m}$$

$$\circ \text{ 波浪: 周期 } T_p = 4.0 \quad 5.0 \quad 6.5 \text{ sec}$$

$$T_m = 1.26 \quad 1.58 \quad 2.05 \text{ sec}$$

$$\text{波高 } H_p = 1.5 \quad 2.0 \quad 2.5 \quad 3.0 \text{ m}$$

$$H_m = 15 \quad 20 \quad 25 \quad 30 \text{ cm}$$

潮位 T.P+4.5 m は、さく望平均満潮位に最大偏差を加えた値であり、その生起確率は洪水水位などに比べるとかなり高いものである。

周期の 6.5 sec は最大吹送距離が 11 km 程度からみて、起りうる最大のもので、一般には 4～5 sec 程度と考えられる。波高の 3.0 m も同様であるが、推算波浪が有義波によつていることから、最大波ないし $\frac{1}{10}$ 最大波を想定して定めたものである。

実験に用いた水理量を実際の項目別にとりまとめ示すと表-3-1 のようになる。

表-4-1 実験項目と水理条件組み合わせ一覧表

〔河海床上の波の変形に関する実験〕

潮位 h (m)	周期 T (sec)	波高 H_0 (m)
$T P + 3.0$	6.5	1.0, 1.5, 2.0, 2.5,
+ 4.5	4.0	1.0, 1.5, 2.0, 2.5,
+ 4.5	6.5	1.0, 1.5, 2.0, 2.5,

〔橋梁の桁による波高減殺効果に関する実験〕

橋梁-1	潮位 $h = T P + (m)$	桁の水没深 H_c (m)	周期 T (sec)	波高 H_0 (m)			
$W = 37.0m$	3.5	0.0	4.0	1.5	2.0	2.5	3.0
	"	"	5.0	1.5	2.0	2.5	3.0
	"	"	6.5	1.5	2.0	2.5	3.0
	4.0	-0.5	4.0	1.5	2.0	2.5	3.0
	"	"	5.0	1.5	2.0	2.5	3.0
	"	"	6.5	1.5	2.0	2.5	3.0
	4.5	-1.0	4.0	1.5	2.0	2.5	
	"	"	5.0	1.5	2.0	2.5	
	"	"	6.5		2.2	3.0	
橋梁-2							
$W = 38.0m$	3.0	+1.0	6.5	1.5	2.0	2.5	3.0
	3.5	+0.5	5.0	1.5	2.0	2.5	
	"	"	6.5	1.5	2.0	2.5	3.0
	4.0	0.0	4.0	1.5	2.0	2.5	3.0
	"	"	5.0	1.5	2.0	2.5	3.0
	"	"	6.5	1.5	2.0	2.5	3.0
	4.5	-0.5	5.0	1.5	2.0	2.5	3.0
	"	"	6.5	1.5	2.0	2.5	3.0
$W = 23.0m$	3.0	+1.0	4.0, 6.5, 9.5, 11.1	2.5			
	3.5	0.5	"	1.5		2.5	
	4.0	0.0	"	1.5		2.5	
	4.5	-0.5	"	1.5		2.5	
	5.0	-1.0	"	1.5			
橋梁-3							
$W = 37.0m$	3.5	+0.5	6.5	1.5	2.0	2.5	3.0
	4.0	0.0	4.0	1.5	2.0	2.5	3.0
	"	"	5.0	1.5	2.0	2.5	3.0
	"	"	6.5	1.5	2.0	2.5	3.0
	4.5	-0.5	5.0	1.5	2.0	2.5	3.0
	"	"	6.5	1.5	2.0	2.5	3.0

〔橋梁に作用する波力に関する実験〕

橋梁-1 測定カ所4カ所							
潮位 T P +(m)	桁の水没深 H _C (m)	周期 T (sec)	波 高 H ₀ (m)				
3.5	0.0	4.0	1.5	2.0	2.5	3.0	
"	"	5.0	1.5	2.0	2.5	3.0	
"	"	6.5	1.5	2.0	2.5	3.0	
4.0	-0.5	4.0	1.5	2.0	2.5	3.0	
"	"	5.0	1.5	2.0	2.5	3.0	
"	"	6.5	1.5	2.0	2.5	3.0	
4.5	-1.0	4.0	1.5	2.0	2.5		
"	"	5.0	1.5	2.0	2.5		
"	"	6.5		2.2		3.0	
橋梁-2 測定カ所5カ所							
3.5	+0.5	6.5	1.5	2.0	2.5	3.0	
4.0	0.0	4.0	1.5	2.0	2.5	3.0	
"	"	5.0	1.5	2.0	2.5	3.0	
"	"	6.5	1.5	2.0	2.5	3.0	
4.5	-0.5	5.0	1.5	2.0	2.5	3.0	
"	"	6.5	1.5	2.0	2.5	3.0	
橋梁-2 測定カ所15カ所							
4.0	0.0	5.0	1.0	1.5	2.0	2.5	
"	"	6.5	1.0	1.5	2.0	2.5	
3.0	+1.0	6.5			2.5		
3.5	+0.5	5.0 6.5		1.5		2.5	
3.75	+0.25	5.0 6.5		1.5		2.5	
4.25	-0.25	5.0 6.5		1.5		2.5	
4.50	-0.50	5.0 6.5		1.5		2.5	
床版に空気孔抜き							
3.75	+0.25	6.5			2.5		
4.25	-0.25	6.5			2.5		
4.50	-0.50	6.5			2.5		
橋梁-3 測定カ所5カ所							
3.5	+0.50	6.5	1.5	2.0	2.5	3.0	
4.0	0.0	4.0	1.5	2.0	2.5	3.0	
"	"	5.0	1.5	2.0	2.5	3.0	
"	"	6.5	1.5	2.0	2.5	3.0	
4.5	-0.50	5.0	1.5	2.0	2.5	3.0	
"	"	6.5	1.5	2.0	2.5	3.0	

(5) 測定方法

① 波 浪

波浪は水路水平部の進行波高、橋梁下流部で入射波浪、反射波浪、上流側で透過波浪を測定した。波浪の測定は、Pick-up に抵抗線式波高計を用い、市販の水位増巾器で増巾し、直視電磁オシログラフに記録した。

水平部進行波は、橋梁より前方約60m、造波機より約30mの一樣水深部で測定し、波をおとし始めたはじめの波高の低い数波を除き、しかも橋梁からの反射波の入らない、波高一樣な範囲で10波を読みとり、平均して進行波の波高、周期とした。

橋梁前面(下流)での入射波高および反射波高は、橋梁からの反射波および入射波が一定になり、重複波形の振動が定常状態となつた頃を見計らい、橋梁前方2~7m範囲内を波高計を往復運動させ、重複波形の場所的な変動を記録し、Healyの方法により入射波高、反射波高を分割した。Healyの方法とは次に示される方法である。

$$\left. \begin{array}{l} \text{入射波形 } \eta_I = \frac{H_I}{2} \sin 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x}{L} \right) \\ \text{反射波形 } \eta_R = \frac{H_R}{2} \sin 2\pi \left(\frac{t}{T} + \frac{x}{L} \right) \end{array} \right\} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \eta_I + \eta_R &= \frac{1}{2} (H_I + H_R) \sin \frac{2\pi t}{T} \cos \frac{2\pi x}{L} \\ &\quad - \frac{1}{2} (H_I - H_R) \cos \frac{2\pi t}{T} \sin \frac{2\pi x}{L} \end{aligned} \quad (2)$$

(2)式をxについてみると、

$$\cos \frac{2\pi x}{L} = \pm 1 \quad \text{のとき} \quad \sin \frac{2\pi x}{L} = 0$$

となり、この地点における振巾の最大値は、

$$\eta_I + \eta_R = M_{\max} = \frac{1}{2} (H_I + H_R) = \frac{H_{\max}}{2} \quad (3)$$

$$\text{同様に } \sin \frac{2\pi x}{L} = \pm 1 \quad \text{のとき} \quad \cos \frac{2\pi x}{L} = 0$$

$$\eta_I + \eta_R = M_{\min} = \frac{1}{2} (H_I - H_R) = \frac{H_{\min}}{2} \quad (4)$$

となる。

(3)、(4)式より

$$H_I = \frac{H_{max} + H_{min}}{2}$$

$$H_R = \frac{H_{max} - H_{min}}{2}$$

で与えられる。

橋梁背後（上流側）についても、水路端からの反射波があれば同様の方法により、透過波のみを分割しなければならないのであるが、消波斜面からの反射波が思いのほか小さかつたことゝ、透過波高が予想より小さく、消波斜面からの反射は非常に小さく、無視できる程度なので、波高計を動かすようなことはせず、固定点で測定した。

② 波 圧

波圧は、容量 100 gr/cm² のストレインゲージタイプの波圧計を橋梁の各部（桁床版）にとりつけ、波圧計からの入力を市販の増幅器で増幅し、電磁オシログラフに記録した。波圧計の受圧板の径は 18 mm である。この波圧計を肉厚 5 mm の鋼板にネジ込み、鋼板を橋梁各部にとりつけた。

取り付け個所は、図—4—2に示すように、橋梁—1は4カ所、—3は5個所である。橋梁—2は、初年度に5カ所、次年度に15カ所である。これらの波圧計により水平力と、揚圧力を測定したのである。測定は同一条件のもとで3回行ない、1回の測定で6～7波を記録し、このうちから5波を整理の対象とした。

波圧現象は波の透過現象などと比べると、かなり複雑で上記の方法のみによる測定では問題が残る。その第一は橋梁の各部でそれぞればらばらに測定した水平力や揚圧力からは、橋梁全体に作用する水平力・揚圧力を厳密に求めることは不可能である。各点で測定した波力を各微小時間毎に水平力・揚圧力に分け統一して重ね合せると、（同時波圧と呼ぶ）それぞれ水平力・揚圧力の合力の時間的な変化が求まり、その最大値が水平力・揚圧力の最大値と推定される。しかしながら、これはそれぞれ合力の最大値を求めているものであつて、このようなときに必ずしも橋梁全体に作用する合力が最大になっているとは限らない。また、波力を15カ所で測定し、これを各微小時間毎に重ね合せることは、非常に煩雑であるとともに、これから橋梁全体に作用する合力を求めるには、15カ所で十分だとも言えない。しかしながら、上述の方法により、水平力・揚圧力の分布、合力のおおよその値などは明らかとなるので、一応初期の目的は達せられると考えられる。

4-3 実験結果

(1) 橋梁の桁による波浪の減殺効果

① 河海床上の波の変形

前述したように天満川の河床は、第一橋梁設置地点で縦断こう配が $1/30$ から水平に変わっている。このように河床こう配が急激に変化しているような場合には、この変曲点において波高が、水深の効果や水底の摩擦による波高変化のみではなく、こう配の急変による変化を受けることが知られている。このような波高変化は、比較的水深の浅い場合に生ずるものであり、当天満川の場合、水深が $6 \sim 7 \text{ m}$ あり来襲が予想される波高はせいぜい $1.5 \sim 2.0 \text{ m}$ 程度であることからみて、この河床のこう配の急変にともなう生ずる波高変化は小さいものと考えられるが、これをみてみると、図-4-4の各図のようになる。

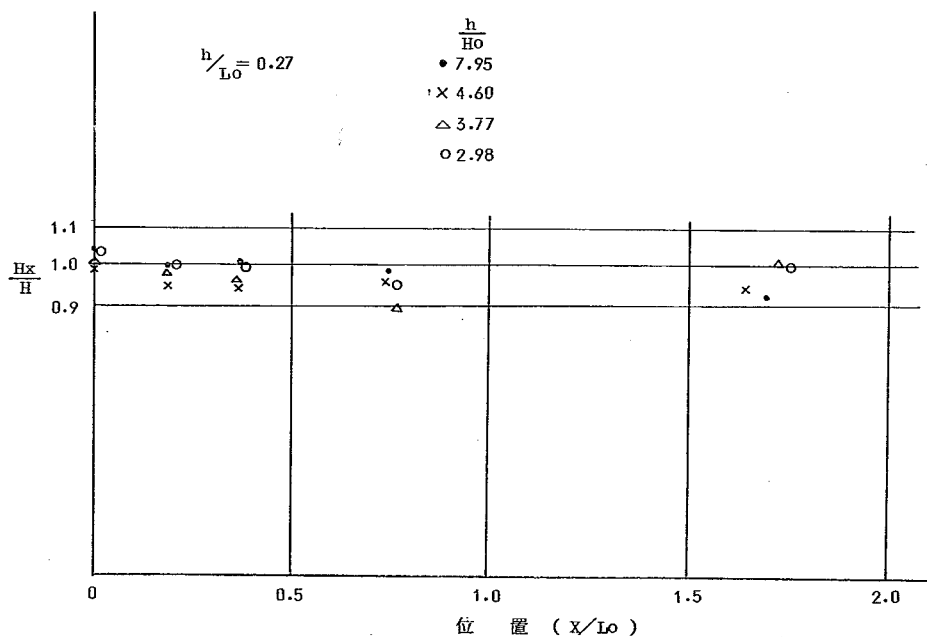


図-4-4(a) 河床こう配の急変による波高変化

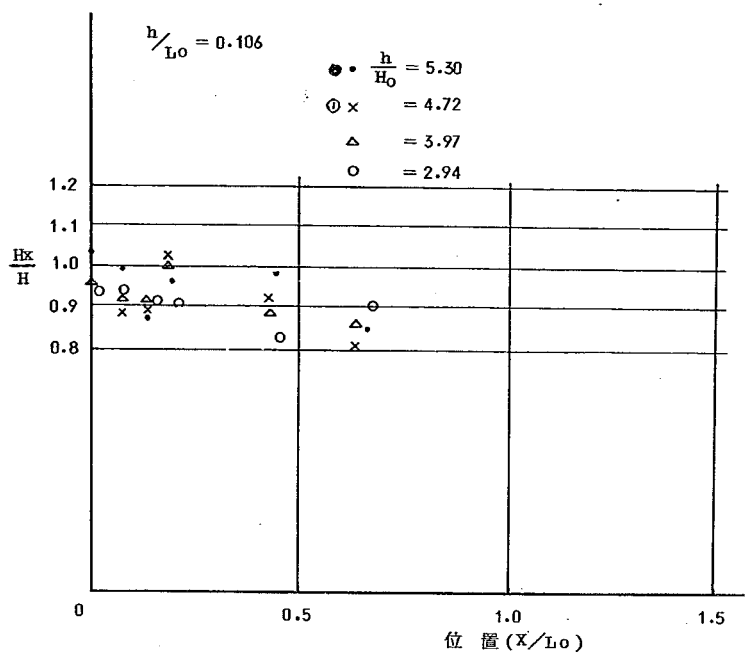


図-4-4(b) 河床こう配の急変による波高変化

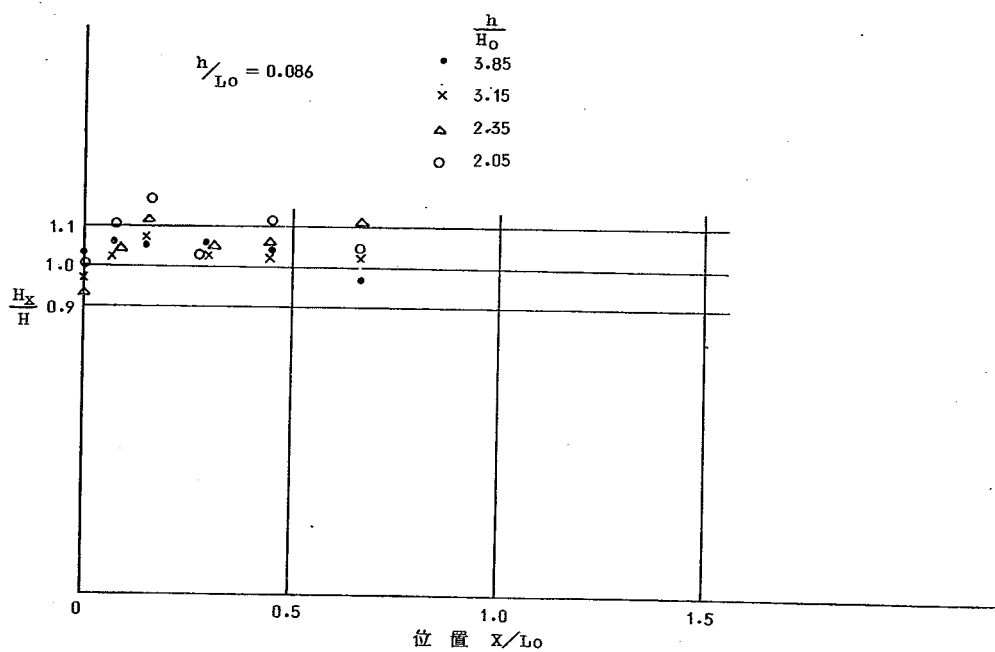


図-4-4(c) 河床こう配の急変による波高変化

縦軸に各測点（変曲点より X の位置）における実測波高を微小振幅波理論にもとずき求めた変曲点上の波高で割った値を、横軸に相対位置とも言すべき変曲点から各測点までのきょりを波長で割った値をとり、パラメーターに水深波高比をとっている。したがって縦軸は、各測点における波高と理論値との相違を示している。図は比水深ごとにとりまとめて示しているが、比水深が小さくなるに従って各測点における波高と理論値との差は大きくなっている。しかしながら大きいと言っても 10% 前後の相違であることからみて、実験誤差、浅水度係数による換算などからみてこの程度の差は許容範囲であろう。

なお、河口から橋梁設置地点まで 1.4 Km 前後あるが、この区間における河道内の波の変形は考慮されていない。河道をそ上する波は、流速、河道幅、河床断面など種々の条件のもとに屈折、回折、反射などを起こすとともに流速や水底摩擦などによって波高の増減が生ずる。この増減の割合を理論的に求めることはできず、平面実験か現地観測によらねば解決されない。幸い、現地に海と河口から数 Km 上流の河道内に波高計が設置されているのでこれから河道内の波浪減衰を調べることは可能である。今後に期待したい。なお実験結果は相当深海波ないしは微小振幅浅海波によって整理されており前述した各種の波の変形分は無視されている。

② 波の透過現象

図-4-5 は、橋梁の桁と静水面の関係を図示するとともに、橋梁下流側における重複波形、上流側の透過波形、それに沖波に相当する水深 1.6 m の所の実測波形を示したものである。

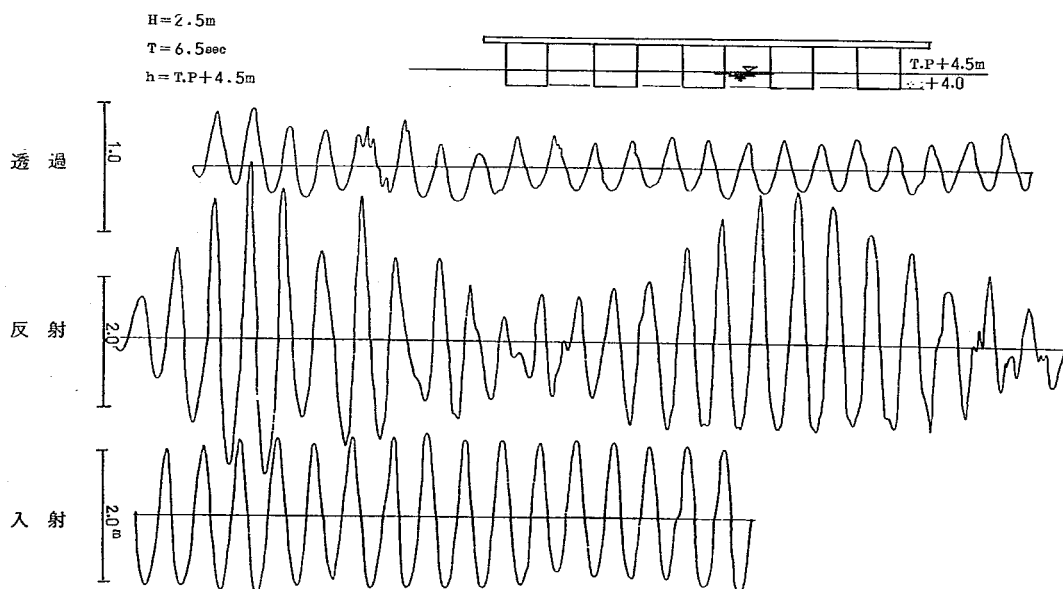


図-4-5(a) 桁の水没と波形

$H = 2.5\text{m}$

$T = 6.5\text{sec}$

$h = T.P + 4.0\text{m}$

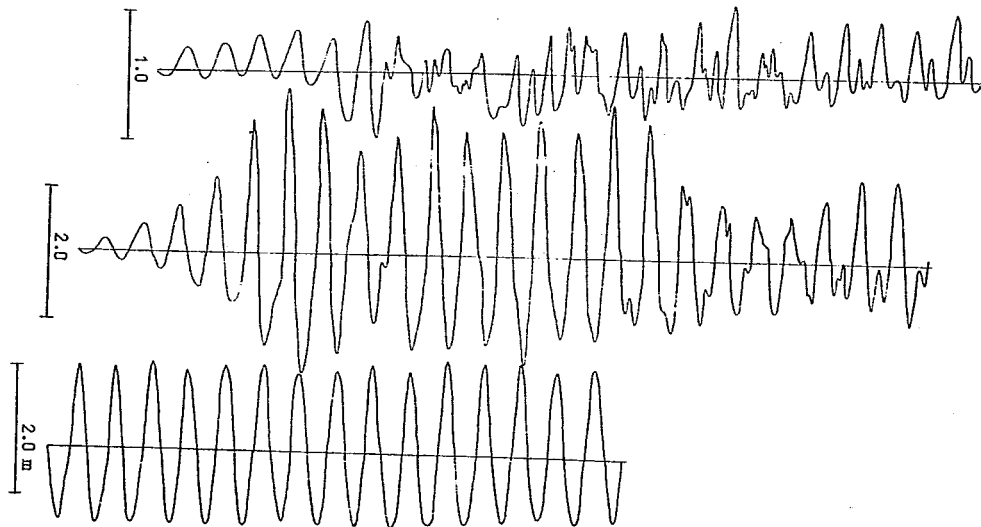
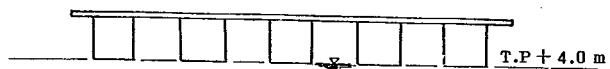


図-4-5(b) 桁の水没と波形

$H = 2.5\text{m}$

$T = 6.5\text{sec}$

$h = T.P + 3.5\text{m}$

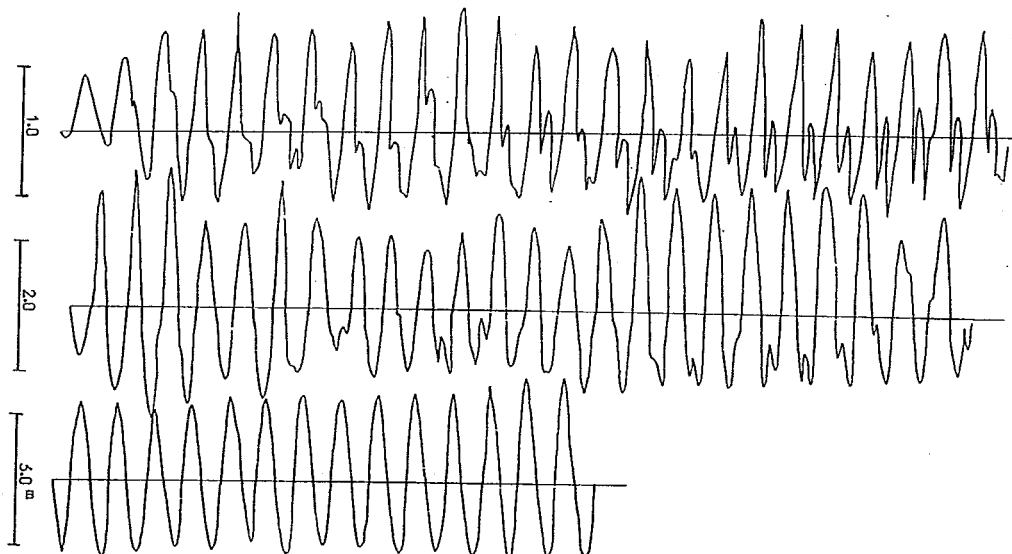
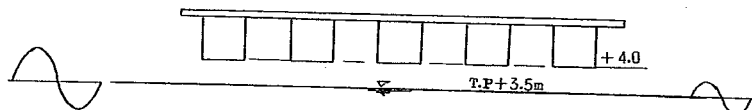


図-4-5(c) 桁の水没と波形

この図からも明らかなように、重複波形や透過波形は、桁と静水面とのかね合いによって著しく異なる。

桁のロウフランジが水面下に没しているような場合には、重複波形も透過波形も規則的に整っている。透過波形は沖波波形に相似した波高の小さい波形がほぼ均一に生じている。下流側（橋の手前側）の波形は、典型的な重複波形を示している。波高計をゆっくり半波長の範囲にわたって移動し各点の波高を測定すると、図にも示すようにビートした重複波形が得られる。

桁が水面に接している場合には、下流側の重複波形は前述した桁の水没の場合とよく類似しているが、透過波はみだされかなり複雑な形状を呈する。入射波と同一周期の波形に、ほぼ倍の周波数の波形が重なっている。この波形を良くみると波の山の部分はかなり明瞭に出ており谷の部分に倍数波の波高の小さい波が重なり波形を複雑にしているようである。桁の下を波の山の部分が通過する際、波頂部は桁にはげしく衝突しその反動で生じた波が谷の部分に重なるためであろう。

桁と静水面との間に間隙がある場合には、橋梁前面の波形や透過波の波形は入射波の波形に類似してくるが、透過波の波の谷の部分には前述と同様、倍周波の波高の小さい波が重なっている。また当然のことながら、透過波高が大きくなるにつれて、橋梁前面の重複波形のビートの度合も小さくなり一様な波形に近づく。

桁が水面に接している場合や、桁と水面との間に間隙がある場合には透過波の谷の部分の波形が複雑になり、どこを波高として読み取るか問題になるところであるが、実験の目的が透過波高の最大値を問題にしていることから、複雑な波形のうちから入射波に対応する周期に見合った部分で山と谷の最大値をとって波高とした。

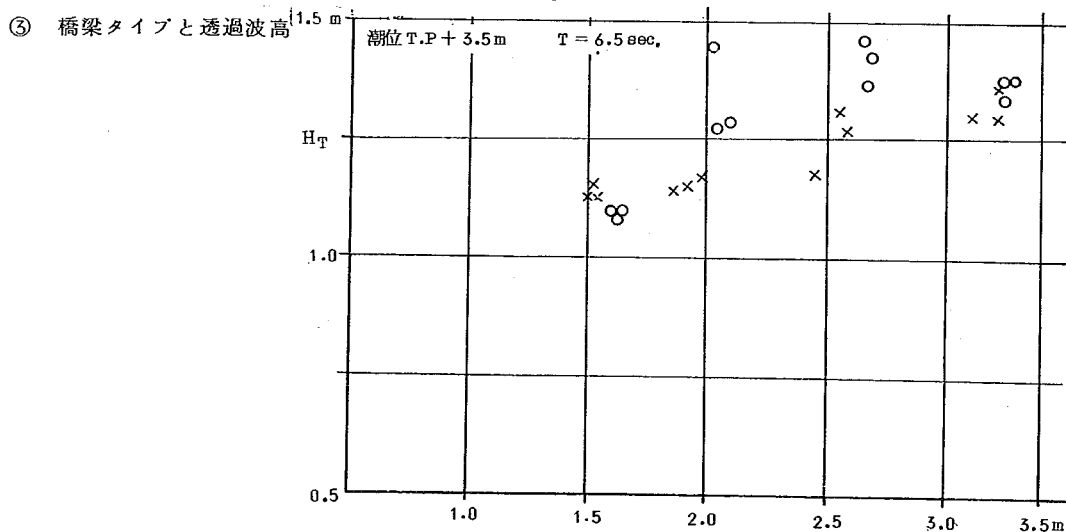


図-4-6(a) 橋の形状と透過波高

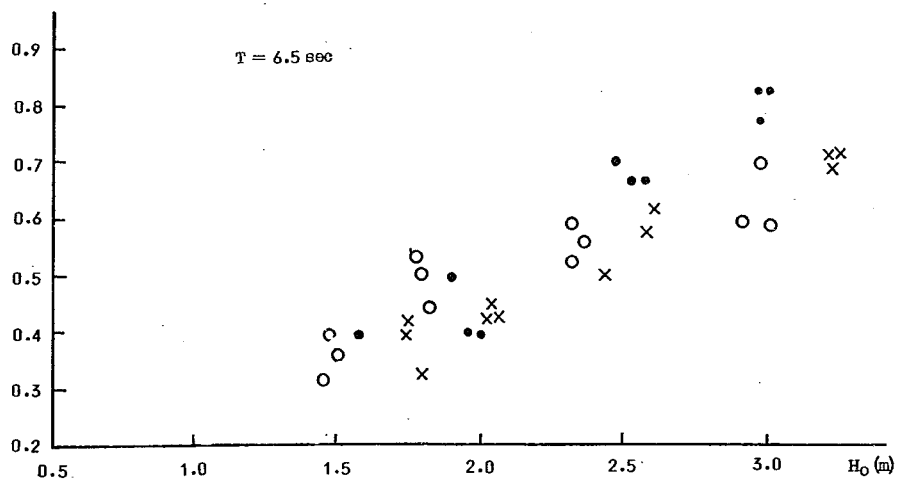
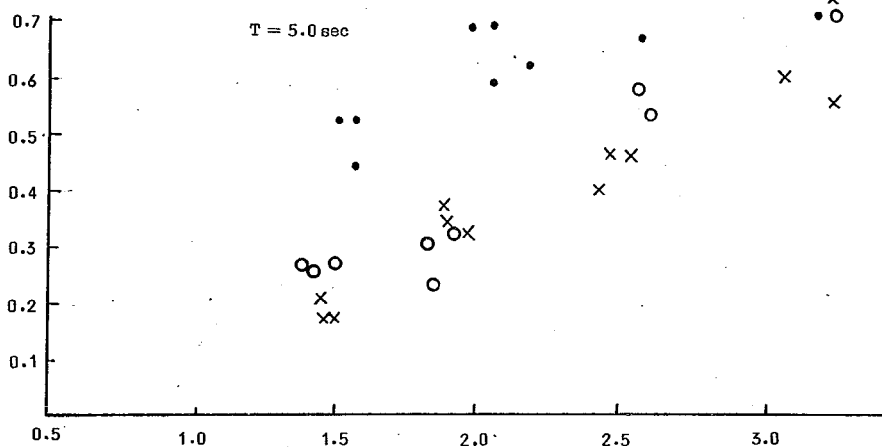
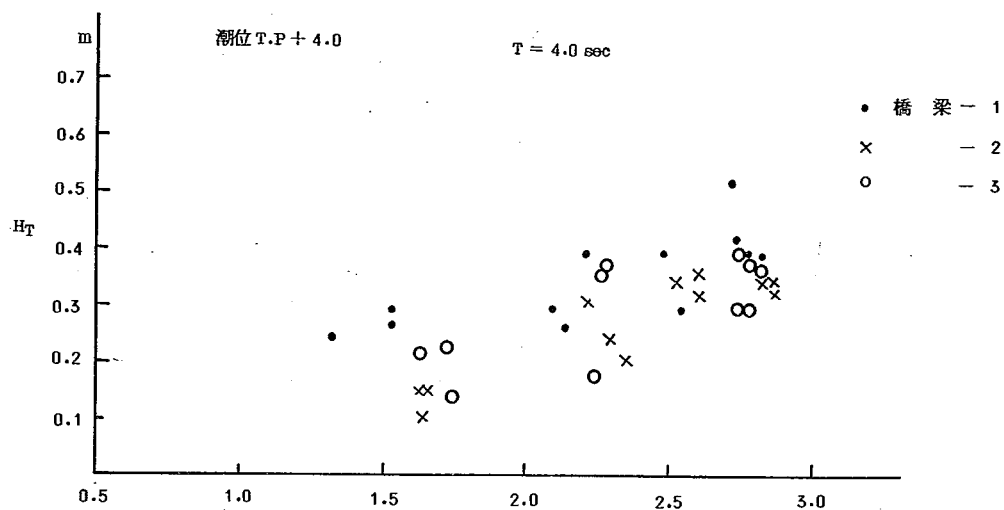


図-4-6(b) 橋梁 T_{type} と透過波高

橋梁の幅員を 40 m の一定とし、橋梁のタイプと潮位を変えて種々の波をあてて透過波高を測定したのが図-4-6に示す各図である。図は潮位と周期ごとにとりまとめている。橋梁タイプをパラメーターとし、縦軸に透過波高を横軸に波高をとり、橋梁のタイプと波高によって透過波高がどう変わるか見たものである。

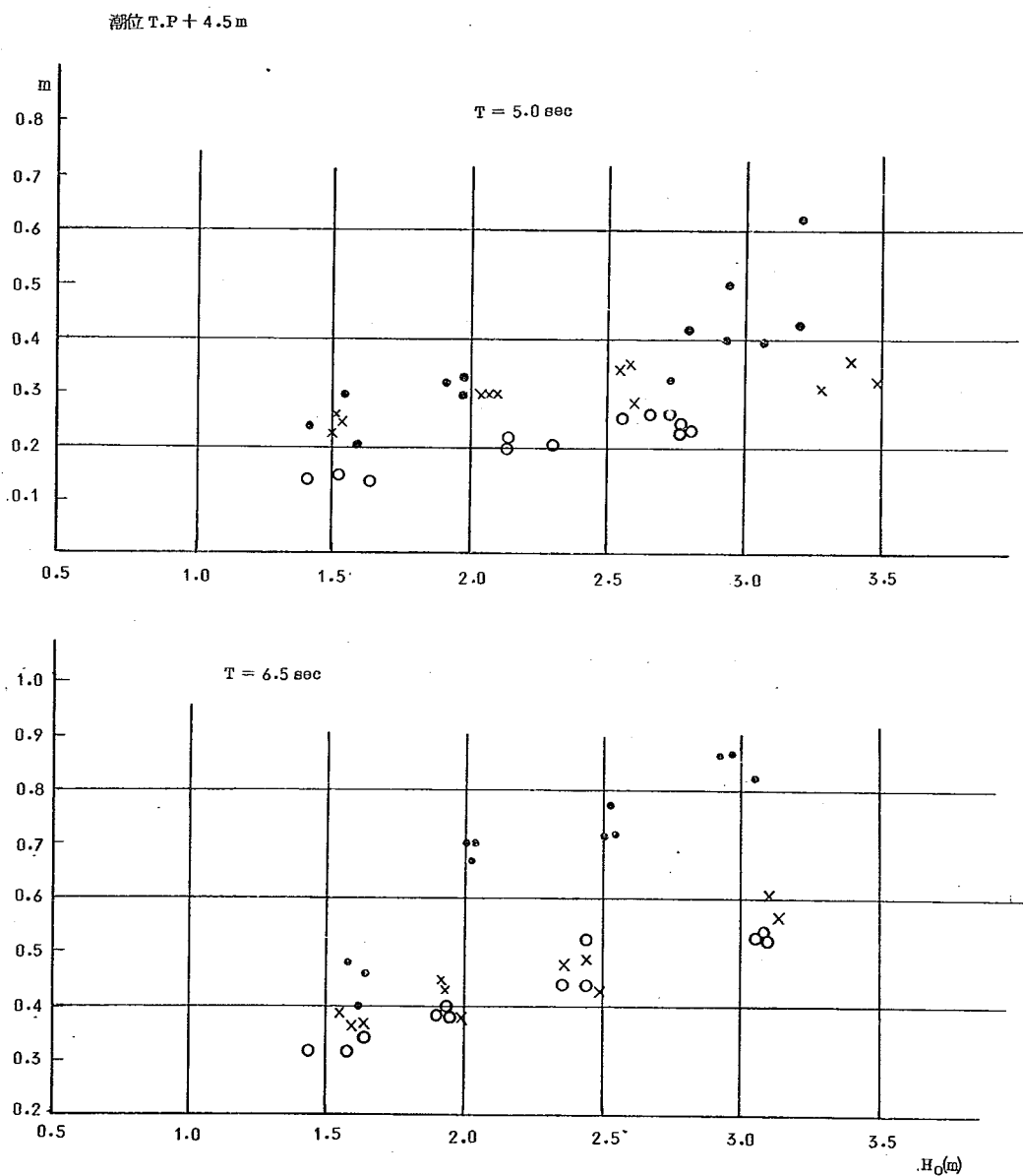


図-4-6(c) 橋梁 Type と透過波高

これから橋梁-2, 3の透過波高はいづれの潮位, 波高においてもほとんど同じであるが, 橋梁-1の場合には若干大きくなる。大きくなる割合は, 周期の長い波程, 潮位の高い程大きくなる傾向にある。

このように同一水量のもとで, 橋梁-1の透過波高が他の場合に比べ若干大きいのは, 形状抵抗による損失が橋梁-2, 3の場合より小さくなるからであろう。橋梁-1は箱が水没したような場合で, 箱の底版は一樣に水平であるのに比べ, 橋梁-2, 3は桁が突起しており橋梁-1に比べて形状抵抗が大きくなるものと予想される。

④ 橋梁の幅員・水没深と透過率

前節では橋梁の形状と透過波高の関係を調べた。本節では主に橋梁-2につき, 桁の水没深や幅員を変えて透過率を測定した結果について述べる。

橋梁-2を選定した理由は, 橋梁-1は実際には架橋しにくい形状のものであり, -2-3は多くの橋に使用されているものであるが, 波の透過率からは, ほとんどこの両者に差は見られない。また, 現在都市における比較的長スパンの橋は合成桁から箱桁橋に移行する傾向にある。しかも実験技術上からも橋梁-2が望ましい。橋梁-3はロウランズの桁幅が狭いため, この部分に波圧計をとり付け揚圧力を測定することはできない。

桁の下端高を $T \cdot P + 4.0 \text{ m}$ とし, 潮位と幅員を変えて透過波高を測定すると図-4-7, 表-4-2, のようになる。図-4-7は, 橋梁幅員 40 m の橋梁につき潮位を変えて透過波高を測定したもので, 縦軸に透過波高を横軸に潮位と桁の水没深をとっている。パラメーターには, 相当沖波々高をとっている。一部水没深が大きい場合に橋梁-1の実験値も合せて示している。

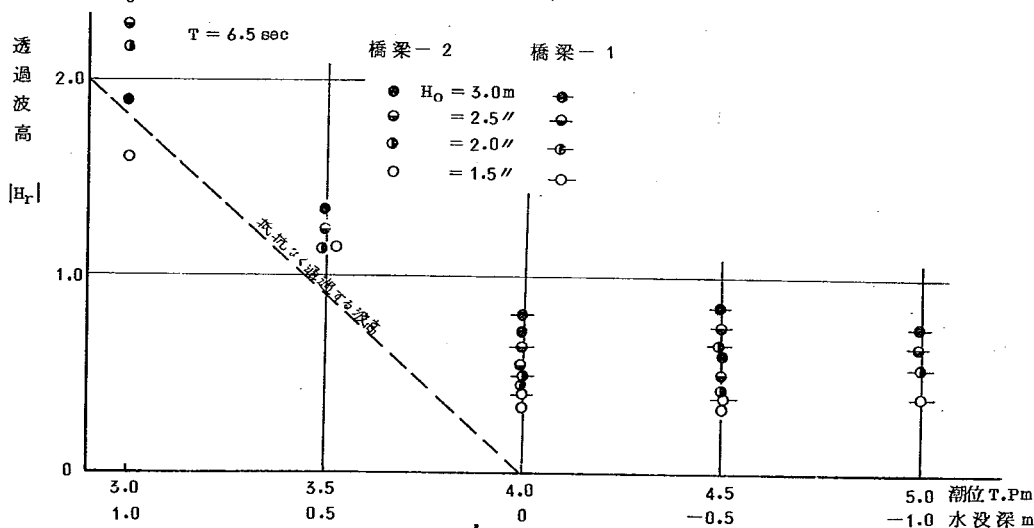


図-4-7 桁の水没深と透過波高

図からも明らかなように、潮位 4.0 m (水没深 0) を境に潮位が高くなると、すなわち桁の水没深が増すと潮位の影響はなくなり透過波高の変化は小さい。一方、桁が静水面上に出るとともに透過波高も大きくなっている。静水面からの波の頂部までの高さと谷の部分等しいとすると、潮位 T・P + 3.5 m の場合 $H = 1.0 \text{ m} + 3.0 \text{ m}$ の場合 $H = 2.0$ までは、桁の抵抗を受けることなく透過できるはずであり、桁が長くなればそれぞれ 1.0, 2.0 m に収斂するはずである。

当実験の場合、潮位 T・P + 3.5 m で $H = 1.2 \sim 1.3 \text{ m} + 3.0$ で 2.2 ~ 2.3 m と桁と水面との間隙の 2 倍より透過波高は 2 ~ 3 割大きい。なお潮位 T・P + 3.0 m の実験値にはかなりのバラツキがみられるが、これは桁の波浪減殺効果とともに水深が浅くなったことによって生ずる波高変化分も含まれているものと思われる。

表-4-2 透過波高の橋梁幅員による相違

周期 $T = 6.5 \text{ sec}$

幅員 $W_0 = 2.3 \text{ m}$ $W_1 = 3.8 \text{ m}$ $W_0/W_1 = 0.61$

波高 $H = 1.5 \sim 1.6 \text{ m}$

潮位 T・P + 3.5	$H_{T0} = 1.45$	$H_{T1} = 1.15$	$\frac{H_{T0}}{H_{T1}} = 1.26$
+ 4.0	0.55	0.35	1.52
+ 4.5	0.70	0.40	1.75

波高 $H = 2.5 \sim 2.6 \text{ m}$

+ 3.0	2.10	1.90	1.10
+ 3.5	1.45	1.30	1.12
+ 4.0	0.70	0.65	1.08
+ 4.5	0.80	0.60	1.33

表-4-2, は同一波高, 同一潮位のもとで幅員が異なると透過波高がどう変わるかを見たものである。幅員が現計画案の 4.0 m からほぼ 6 割の 2.3 m になると, 透過波高は 4.0 m の場合に比べ 1.3 ~ 1.5 倍程大きくなる。

透過率に及ぼす桁の水没効果, 幅員効果などをとりまとめ無次元表示すると図-4-8 のようになる。縦軸に透過率 (H_T/H_I) を横軸に相対幅員とも言うべき幅員/波長 (W/L) をとりパラメーターに相対水没深 (H_C/H_I) をとっている。こゝで入射波高 (H_I) として用いている波高は, 沖波から橋梁設置地点の水深における波高に微小振幅波理論にもとずいて換算した値を採用している。図中の数字は H_C/H_I の値を示し, 実線はこれらの値から挿入したものである。

この図からも明らかなように、桁が水面に接しているか水没しているような場合には、水没深の効果は明瞭には現われず幅員の短い場合に若干透過率が小さくなる程度で他はほとんど桁が水面に接している場合と変わらない。波のエネルギーが静水面付近に集中していることからみて、桁の水没効果はかなり影響あるものと考えられたが、この結果は予想外であった。

桁と水面との間に間隙がある場合には、同一幅員のもとでもこの間隙が変わることによって透過率も変わっている。間隙が広くなるとともに透過率は大きくなり、幅員の増大とともに減少する割合は間隙の広い場合ほど小さい。

図-4-9は、桁と水面との間に間隙がある場合につき、図-4-8に示した実験値と、前記の(3-12)式による計算値を比較し示したものである。

図からも明らかなように、橋梁の幅員とともに透過率が減少している性状は、Carrの計算式は実験値に類似しているが、計算値は全般に実験値より大きめの値を与えている。

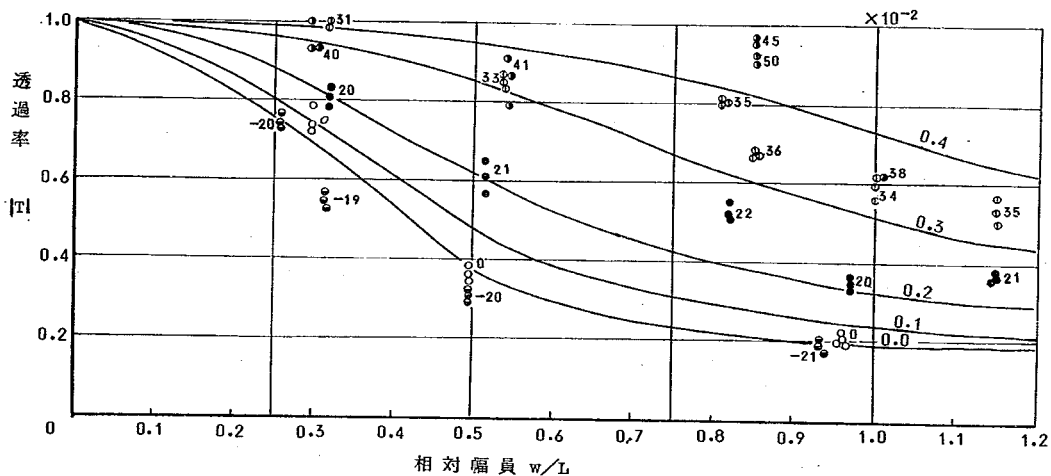


図-4-8 桁の水没、幅員効果と透過率

一方、桁が水没している場合には波高や水没深の透過率におよぼす影響の小さいことを指摘した。また、井島や坂本はポテンシャル理論にもとずいて透過率を求めていることから、波高の影響は無視している。これら波高や水没深の影響をもう少し詳細に調べてみると、表-4-3、および図-4-10のようになる。

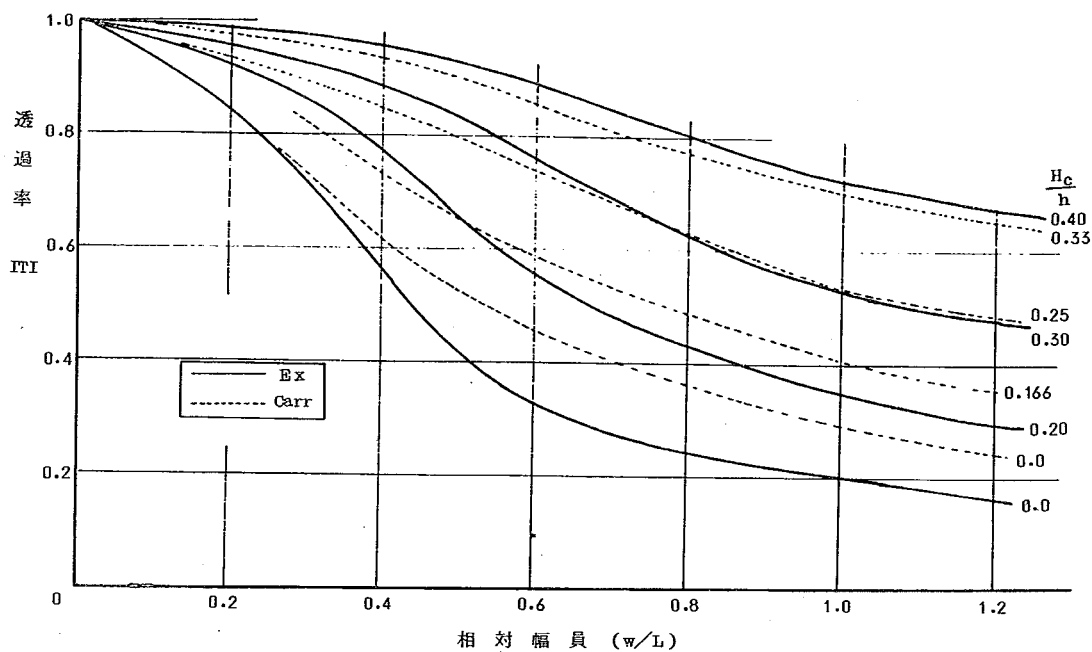


図-4-9 実験値とCarrの計算値(水面上)

表-4-3 波高の透過率におよぼす影響

(W=38.0m)

(橋梁-1)

	H ₀ =0 h=6.65			0.5 7.15			1.0m 7.65m		
L=24.0m T=4.0sec	H _I	H _T	H _T /H _I	H _I	H _T	H _T /H _I	H _I	H _T	H _T /H _I
	1.41	0.29	0.20	1.56	0.26	0.17	1.60	0.26	0.16
	1.98	0.32	0.16	2.25	0.31	0.14	2.09	0.29	0.14
	2.39	0.41	0.17	2.49	0.34	0.14	2.40	0.30	0.13
	2.55	0.41	0.17	2.57	0.35	0.14			
L=33.0m T=5.0sec	H _I	H _T	H _T /H _I	H _I	H _T	H _T /H _I	H _I	H _T	H _T /H _I
	1.41	0.50	0.35	1.38	0.25	0.18	1.58	0.38	0.26
	1.91	0.64	0.34	1.78	0.32	0.18	1.91	0.41	0.21
	2.44	0.75	0.31	2.62	0.38	0.14	2.40	0.46	0.19
	2.91	0.75	0.26	2.87	0.52	0.18			
L=48.0m T=6.5sec	H _I	H _T	H _T /H _I	H _I	H _T	H _T /H _I	H _I	H _T	H _T /H _I
	1.48	0.42	0.29	1.50	0.45	0.30			
	1.85	0.43	0.24	1.88	0.70	0.37	2.12	0.65	0.30
	2.39	0.68	0.28	2.35	0.74	0.32	2.67	0.72	0.27
	2.81	0.81	0.29	2.79	0.86	0.31			

表-4-3は、同一水理量のもとで波高のみが変った場合に透過率がどう変わるかを見たものである。表からも明らかなように、多少のバラツキはあるが波高が変ることによって透過率が変わるようなことはなく、同一周期であれば、波高や水没深が変ってもほぼ同一の透過率を示している。

表-4-4 実験値、井島、坂本の理論値

橋梁-1 $W = 37.0 \text{ m}$

	$\frac{W}{H_c} = 37.0$	64.0	∞
	$\frac{W}{h} = 5.2$ (2.6)	5.6 (2.8)	6.1 (3.05)
$T = 1.25 \text{ sec}$	E_x 0.159	0.145	0.175
$W/L = 1.5$	坂 0.126	0.156	0.181
$\frac{2\pi h}{L_0} = 1.67$	井		0.10
$T = 1.75 \text{ sec}$	E_x 0.235	0.173	0.297
$W/L = 1.1$	坂 0.243	0.276	0.295
$\frac{2\pi h}{L_0} = 1.07$	井		0.20
$T = 2.05$	E_x 0.286	0.333	0.274
$W/L = 0.8$	坂 0.303	0.338	0.355
$\frac{2\pi h}{L_0} = 0.56$	井		0.30

表-4-4は、上記の結果にもとずき、波高の影響を無視し桁の水没深と周期(波長)ごとに実験値をとりまとめ、井島、坂本の理論値と比較している。井島の理論値は前記の図表より外採して求めたものであり、坂本の理論値は実験値と同一条件を与え計算したものである。

井島による計算値は、 $W/H = \infty$ 即ち水面に構造物がある場合に適用されるものであり、水平板が水中に入ったような領域(表中の $W/H = 37.0$ 64.0)では適用されない。それぞれの計算値と実験値を比較すると、多少の相違はあるがかなり良く合っている。図-4-10は桁の水没している領域につき、坂本の理論値と実験値を比較し示したものである。桁の水没深が0.1, 0.5, 1.0 mの領域についてであるが計算値はかなり良く実験値に合っている。

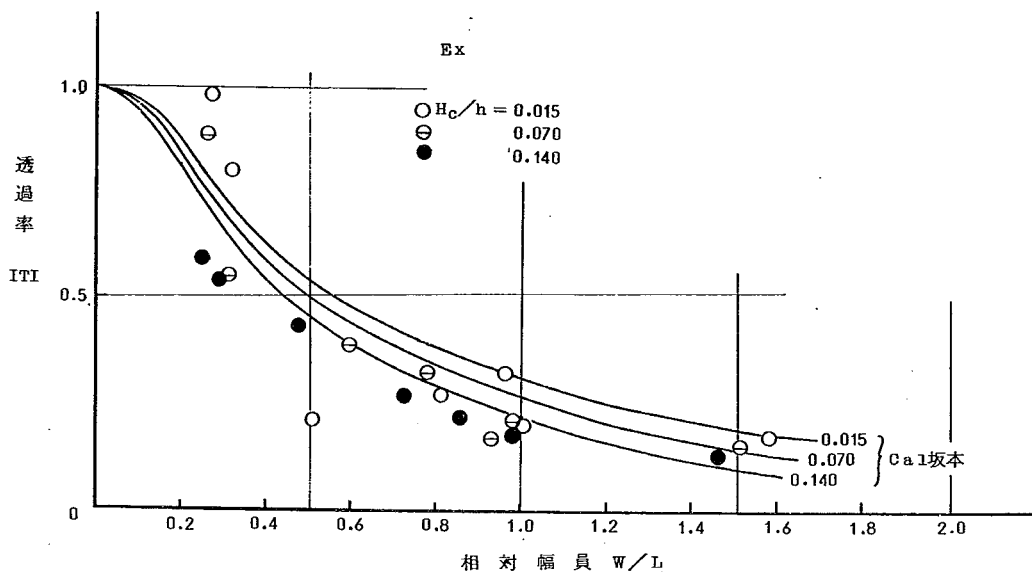


図-4-10 実験値と坂本の計算値（水面上）

⑤ 橋梁の上下流におけるうちあげ高

治水上の立場からは橋梁による波の減殺効果そのものより、どのような条件のときに最も危険な状態が起り、そのときのうちあげ高や越波量はどの程度になるのかということが、最も重要なことである。

橋梁の下流側においては海域で発達した波がどのような形状を保ちながら河道をそ上し、橋梁に衝突し橋梁からの反射波とそ上波とが重複し如何なる高さになるかということであり、上流側においては、潮位と透過波高によって決まるうちあげ高が如何なる条件のときに最も高くなるかということである。

したがって、下流側においては各条件のもとでの反射波高がいくらになるかを知らねばならない。これを示すと図-4-11のようになる。潮位と周期ごとに反射波高を示している。この図から各条件のもとで下流側の重複波の最大振幅はどの程度になるか計算されよう。最も危険な状態は、潮位の高いところへ周期の長い波が入射した場合である。例えば周期 $T=6.5\text{sec}$ $H_I = 2.5\text{m}$ のときには、 $H_R = 1.5\text{m}$ の反射波が生じ最大振幅としては、 $H_R + R = 4.0\text{m}$ となる。

河道中央部の重複被高が 4.0m のとき兩岸の堤防のうちあげ高がいくらになるかはわからないが、進行波のみの場合には、波高の $0.8 \sim 1.2$ 倍程度であると言われている。

上流側においては、波高と潮位のかね合いによって定まるうちあげ高が如何なる条件のときに最大を示すかということであるから、これは各種の条件のもとで計算してみなければ分らない。波は透過後も河道に沿ってそ上して行くであろうから、河筋が真直ぐであれば、波は堤防

に正面から衝突するようなことはなく、堤防ののりこう配の影響を受け若干斜めに衝突するのであろうが、厳密には河床の断面形状によって生ずる屈折、堤防の極所的な凹凸などによって生ずる回折現象などあり、河道中央をそ上する波の波高が定まっても、兩岸の堤防のうちあげ高は一概に決まらない。堤防ののり先水深が深く河床の断面が一様の場合には、河道中央部をそ上する波高の1.0倍前後のうちあげ高が生ずると言われている。

橋梁の上下流の兩岸の堤防のうちあげ高を、河道中央部の波高の1.0倍として計算すると表4-5となる。波高は現計画波の2.5mをとり周期は5.0, 6.5 secの2種類をとった。

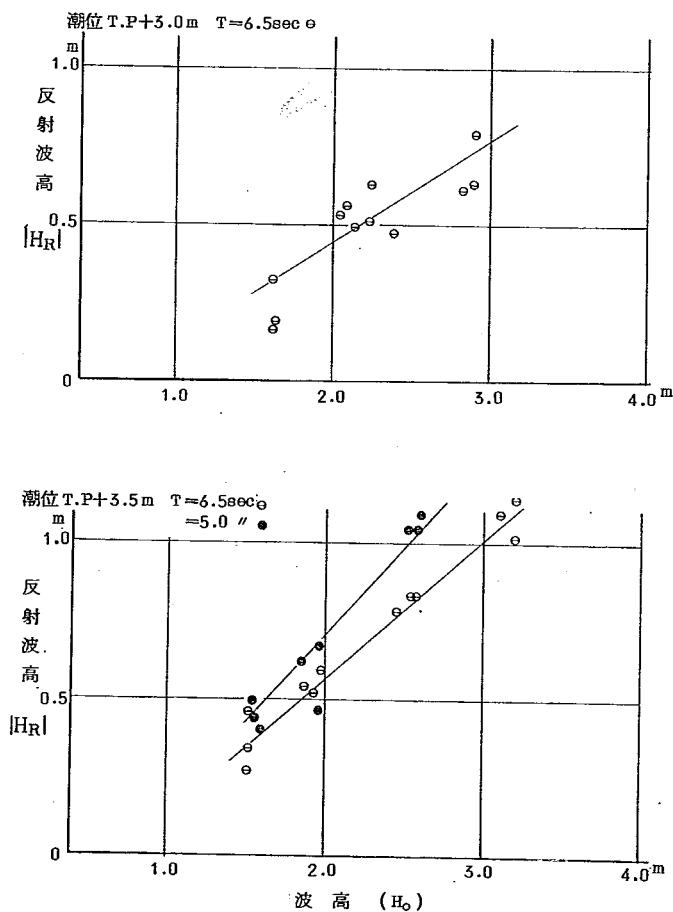


図-4-11 反射波高

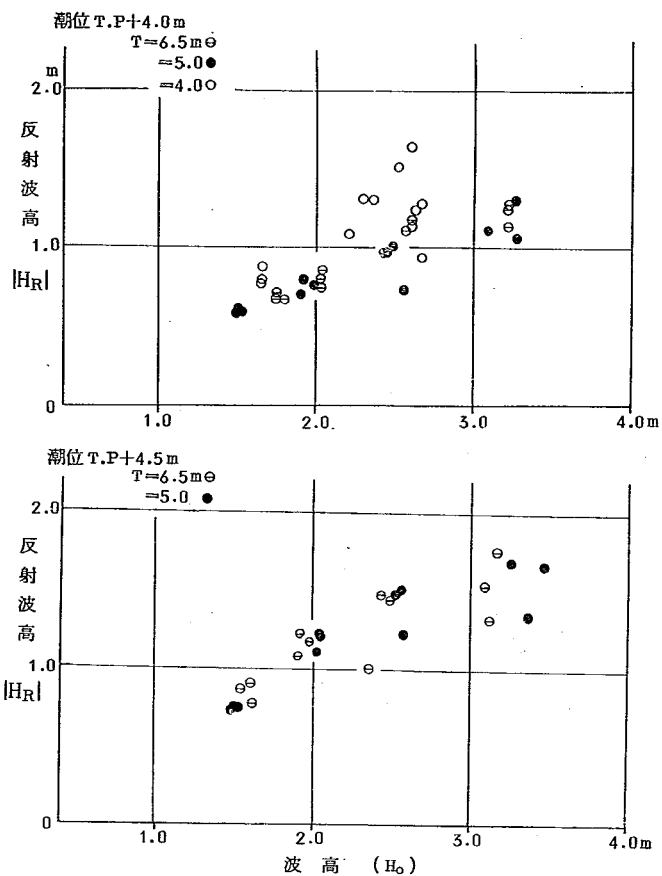


図-4-11 反射波高

表-4-5

橋梁上下流の堤防のうちあげ高

下流側			上流側		
潮位 (T.P.m)	周期 T(sec)	反射波高 (m)	うちあげ高 (T.Pr m)	透過波高 (m)	うちあげ高 (T.Pr m)
3.0	6.5	0.6	6.1	2.0	5.00
3.5	5.0	0.8	6.8	0.9	4.40
	6.5	1.05	7.05	1.3	4.80
4.0	5.0	1.00	7.50	0.45	4.45
	6.5	1.20	7.70	0.60	4.60
4.5	5.0	1.40	8.40	0.35	4.85
	6.5	1.40	8.40	0.50	5.00

表からも明らかなように、上流側のうちあげ高は $T \cdot P + 4.5 \sim 5.5 \text{ m}$ 程度であるが、下流側のうちあげ高は $T \cdot P + 6.0 \sim 8.5 \text{ m}$ 程になる。河道中央部の重複波高と兩岸の堤防のうちあげ高の関係を調査したことはないが進行波のみの場合、前記したように波高の10倍程度になることから予想して、この程度の比率は取っておく方が安全であろう。なお、より詳細な結果が必要ならば平面実験によって検証してみなければならない。

なお、橋梁下流側の反射率は橋梁-2 についてのみ示しているが、他の橋梁については橋梁-1 が全般に高く橋梁-3 は2と同程度である。

(2) 橋梁に作用する波力

① 橋梁各部に作用する波力

波力の検討事項には、支承構造を決定するのに必要な橋梁全体に作用する水平力や揚圧力、床版や桁などの材料厚などを決めるのに必要な極部的な波力、それに桁の種類や横断方向に沿った波力の減少割合などがある。ここでは、橋梁の桁や床版などの各部に作用する波力から、桁の形状によって波力がどう変るか、桁の横断方向に沿った波力の減少割合などはどうなっているかなどを検討する。

桁の形状によって波力がどう変るかを現象的に見ると図-4-12 のようになる。

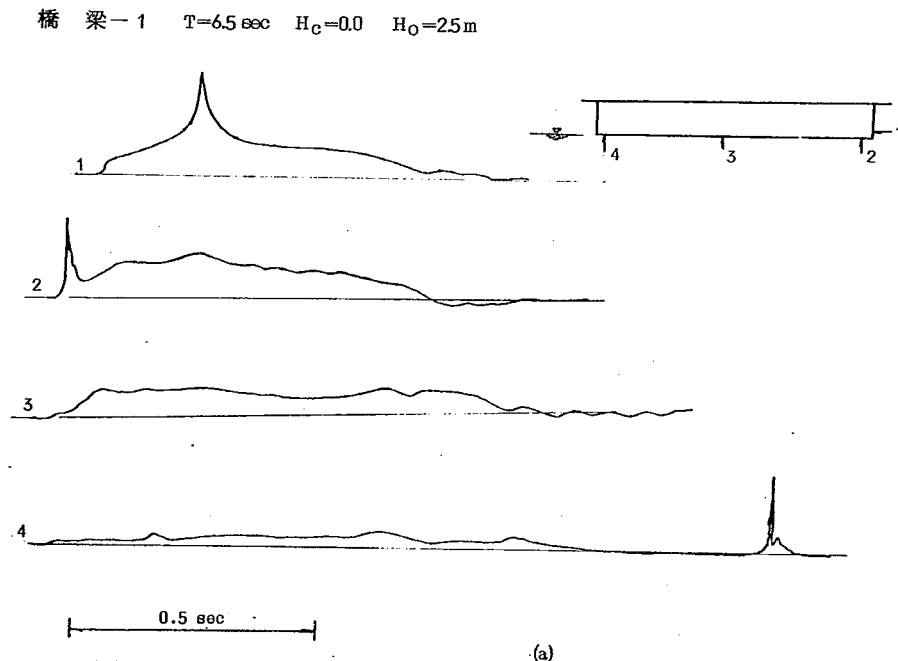
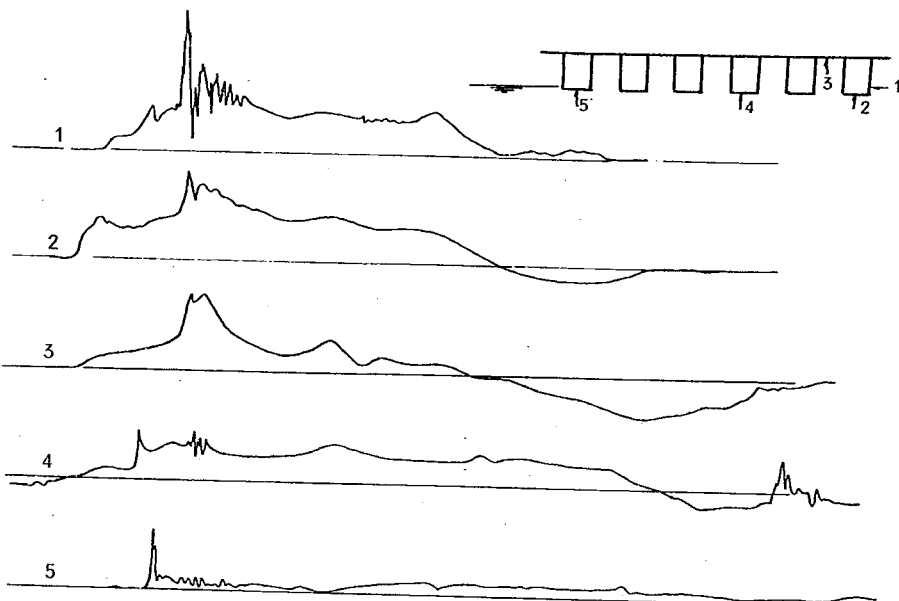


図-4-12 桁の形状と波力の現象記録

橋 梁-2 $H_c=0.0$ $T=6.5 \text{ sec}$ $H_0=2.5 \text{ m}$



橋 梁-3 $H_c=0.0$ $T=6.5 \text{ sec}$ $H_0=2.5 \text{ m}$

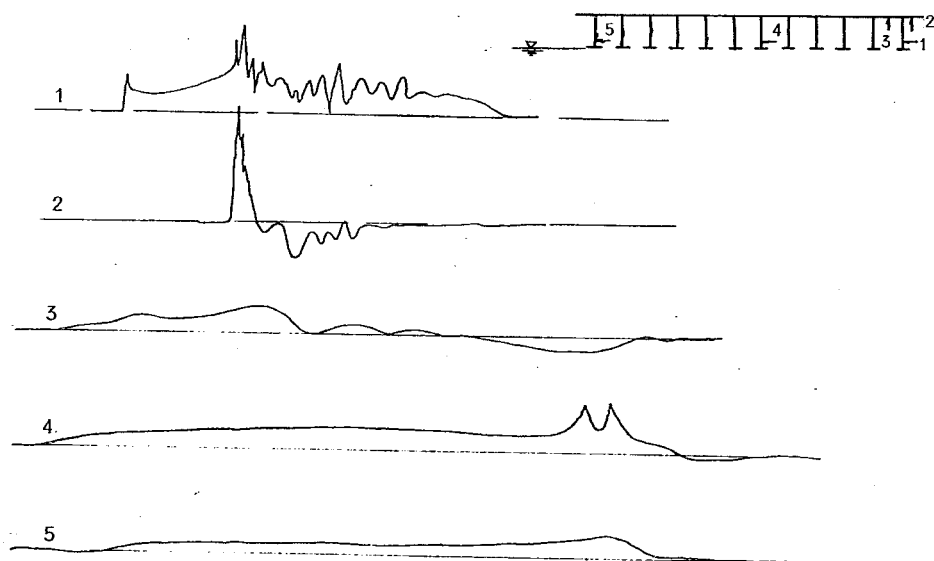


図-4-12 桁の形状と波力の現象記録

図-4-12の各図は、各橋梁の各部に作用する波力の時間曲線を示したものである。図に示したのは桁の下端が静水面に接している場合で、波は現設計波をとっている。又図中に測点を示している。これらの図から各部に作用する波力時間曲線をみると次のようになる。

- ① 下流端の桁に作用する水平力は、桁のTypeにかかわらず、波が衝突しはじめてから徐々に大きくなり、 $t/T=0.1$ ぐらい経過した時最大値を示し、その後はほぼ一樣な圧力となる。
- ② 橋梁-1および橋梁-2の桁の底板に作用する揚圧力は、波の衝突初期に大きくなり、その後はなだらかに減少し、しばらく経過すると負圧になる。この負圧の値はそれ程大きくもなく作用時間も短い。
- ③ 下流端にひさし状に張り出した床版に作用する揚圧力は先端の桁に衝突した波の反動によって生じるもので波の衝突とともに急激に大きくなり、ただちに減衰し負圧になる。この先端部に作用する波力の継続時間は他の場所に比べ極端に短い。
- ④ 桁にはさまれた床版に作用する揚圧力は、下流端の桁に作用する水平力とほぼ同時刻より作用しはじめ、なだらかに上昇し、他の先端付近の水平力や揚圧力が最大値を示すとほとんど同時に最大値を示し、その後は徐々に減少し、負圧になる。この負圧は大きく正圧にほぼ等しく、継続時間も正圧の作用時間に等しい。

以上の結果から一般的に言えることは、水平力は常に正圧で、ほぼ先端から終端に向うに従って小さくなっており、揚圧力は必ず正負があり、特に橋梁-2-3のように桁によってかこまれた床版に作用する揚圧力は、正負の絶対値が等しくしかも作用時間も等しい。このことは橋梁-1と比べて現象的にもっとも異なることである。

これらの波力を各水理量のもとで数量的に示すと、図-4-13および付表のとおりである

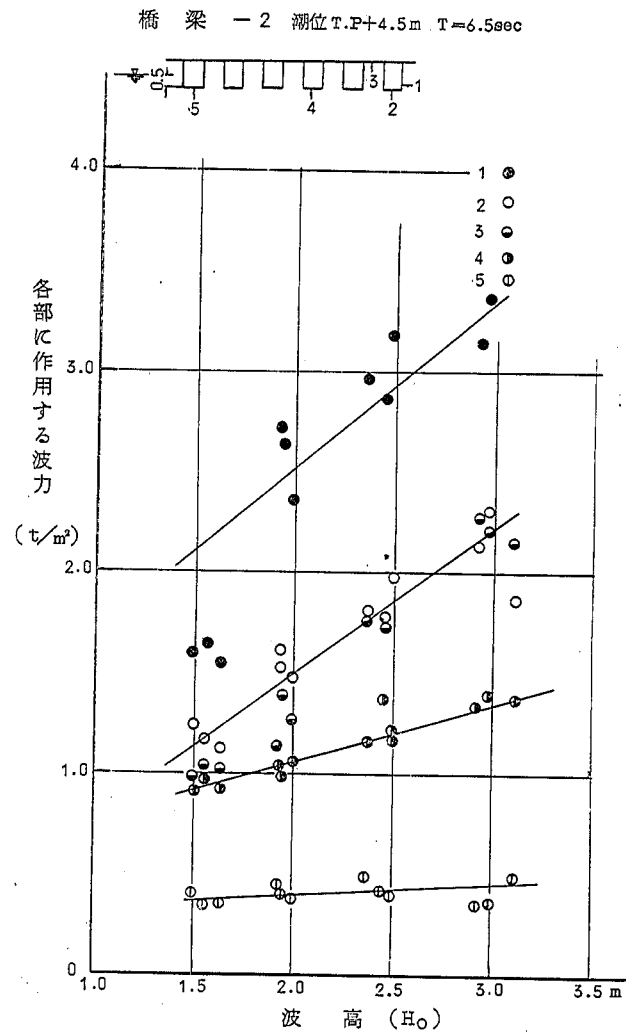
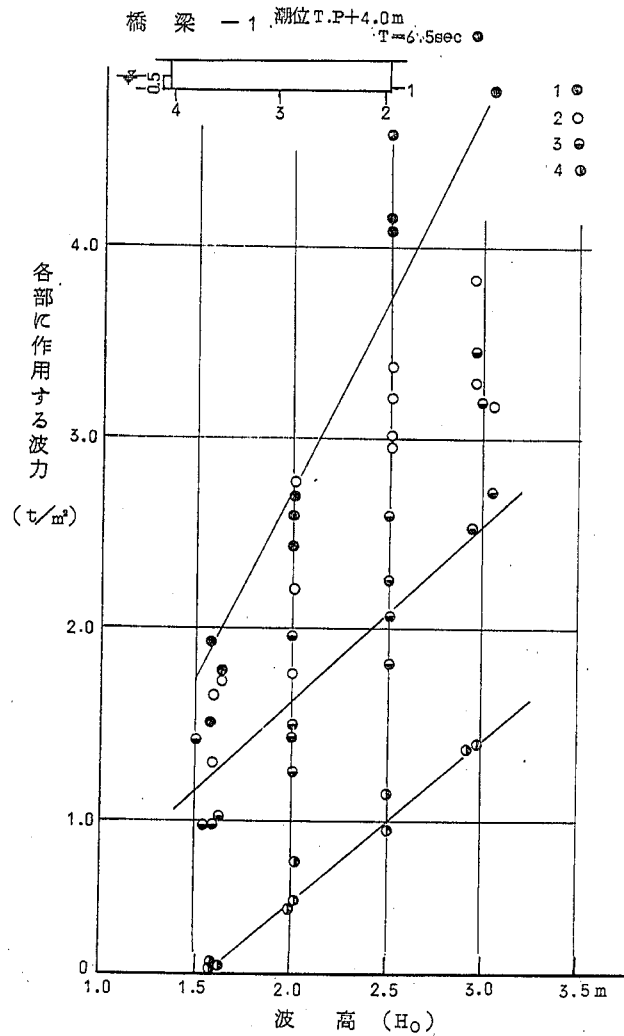


図-4-13 桁の形状と橋梁の各部に作用する波力

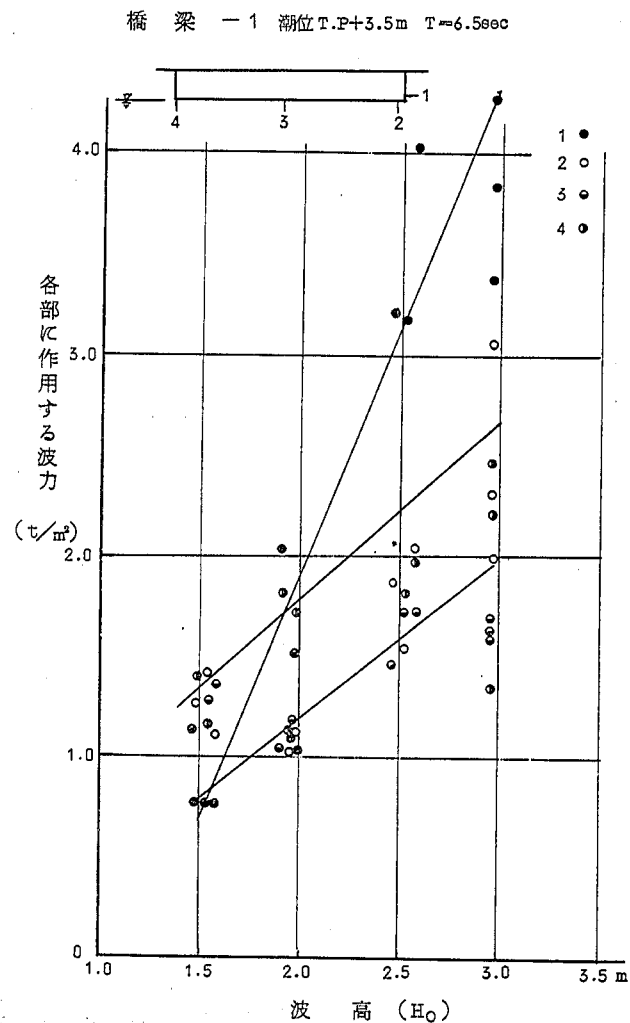
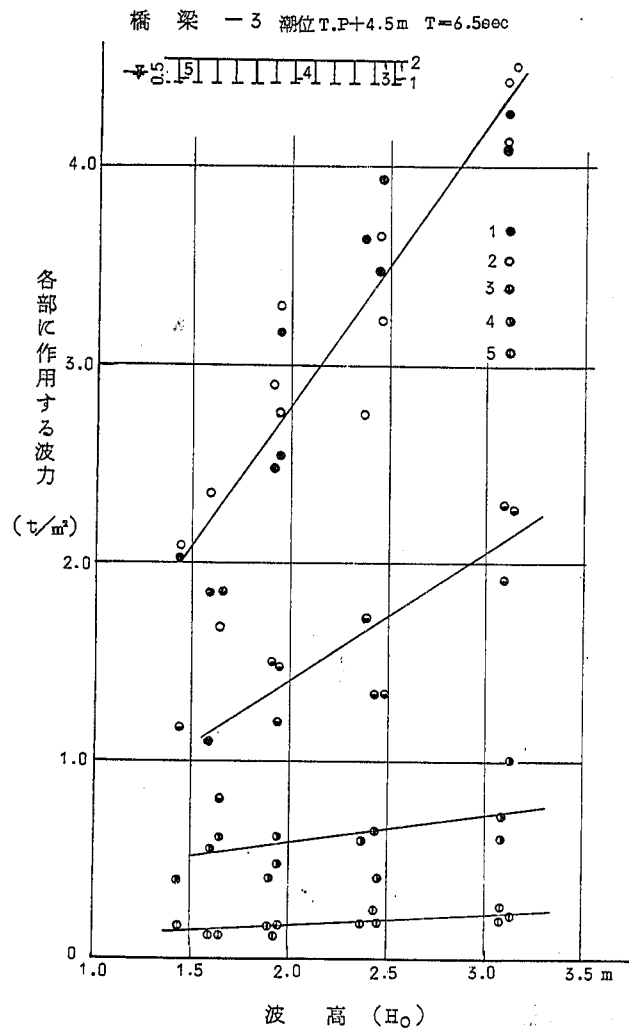


図-4-13 桁の形状と橋梁の各部に作用する波力

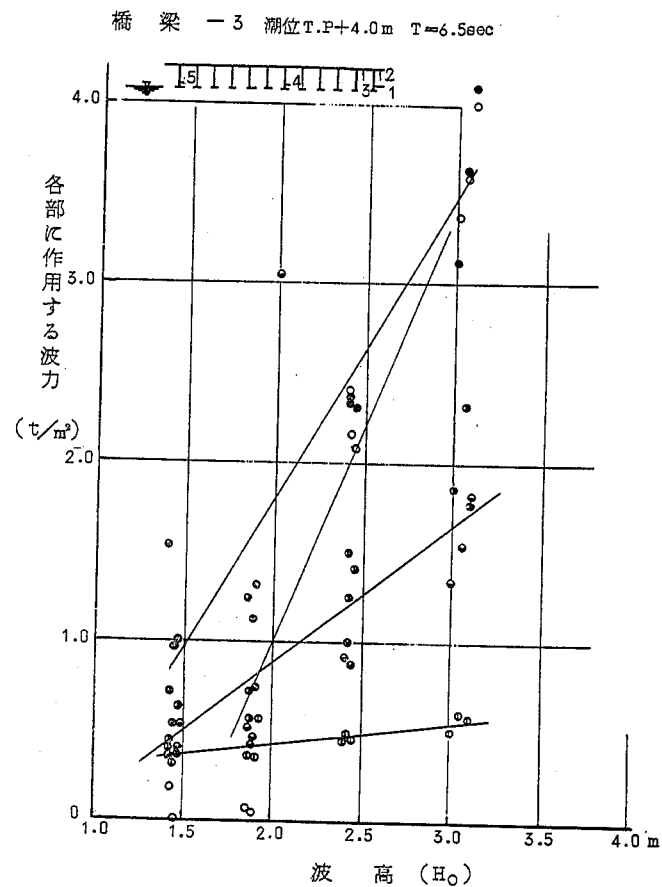
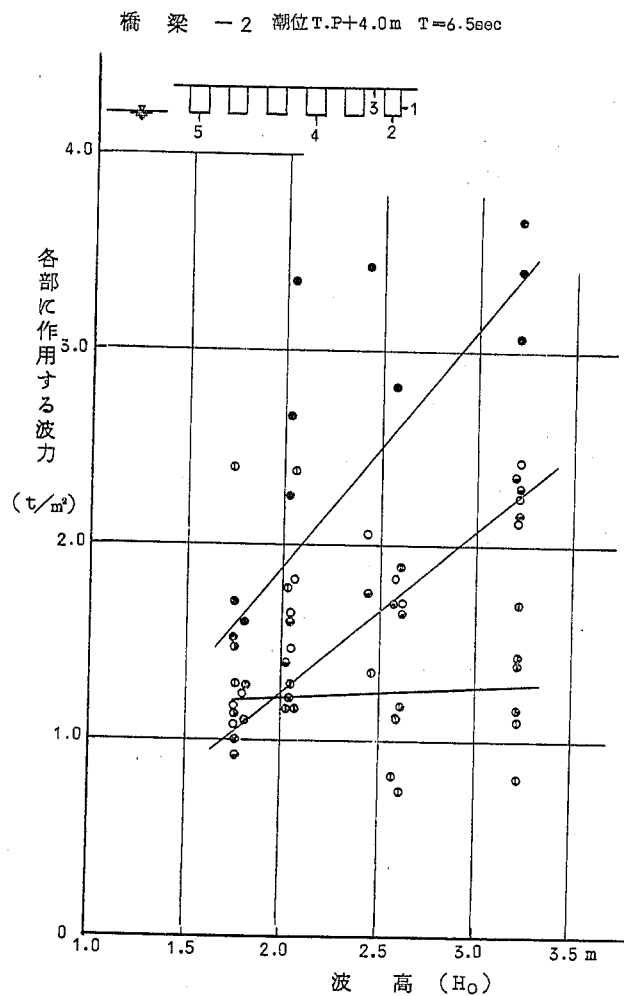
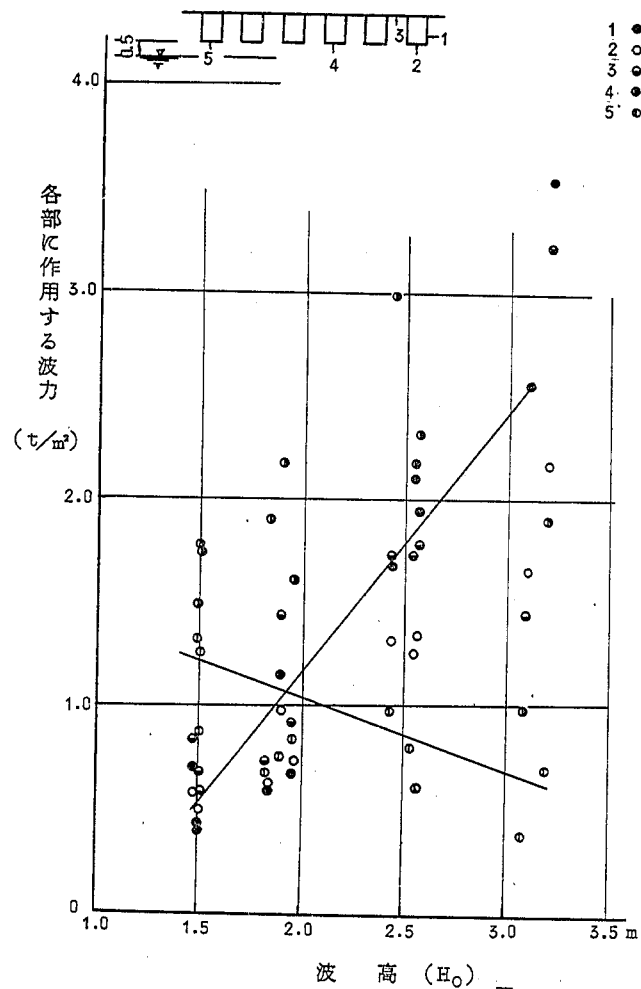


図-4-13 桁の形状と橋梁の各部に作用する波力

橋 梁 - 2 潮位 T.P+3.5m T=6.5sec



橋 梁 - 3 潮位 T.P+3.5m T=6.5sec

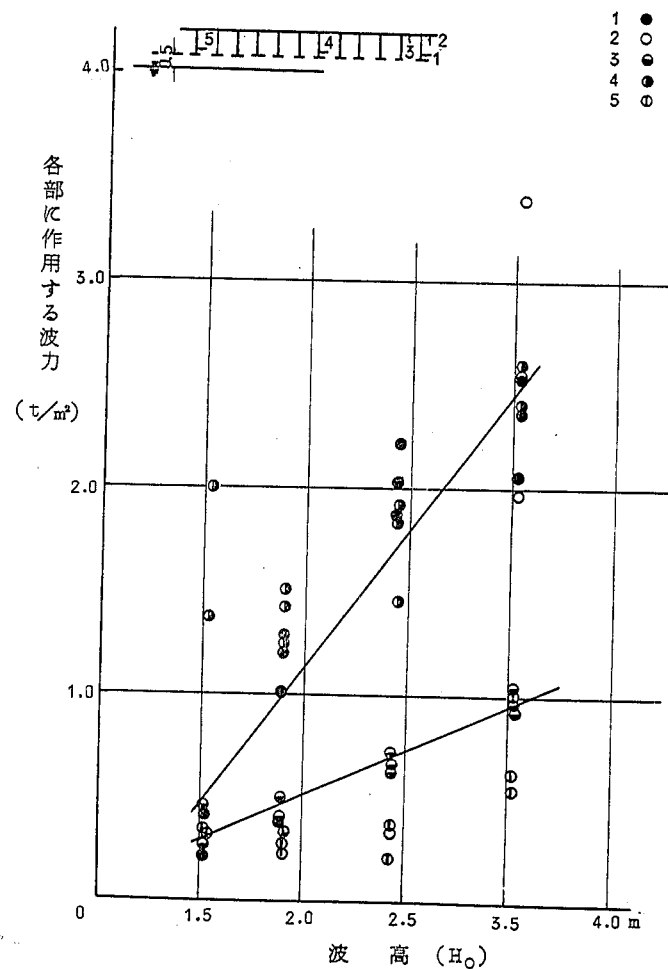


図-4-13

桁の形状と橋梁の各部に作用する波力

図は縦軸に波力をとっているがこの波力は前記した波力時間曲線中の最大値をとったものである。

これらの図から橋梁の各部に作用する波力の大きさやその傾向は概略知ることができるが、代表的な数値や傾向を設置条件ごとくのとべると次のようになる。

〔桁が0.5 m水没している場合 $H_c/h=0.93$ 〕

図-4-13 (a) ~ (c)

- ① 橋梁の下流端の桁に作用する水平力と、ひさし状の張り出した床版に作用する揚圧力はほぼ等しく、周期6.5 sec、波高2.5 mで3.5~3.7 t/m²となる。
- ② 橋梁-2, 3の桁にはさまれた床版(それぞれ位置-3)に作用する揚圧力は等しく、 $H=2.5$ mで1.5~1.7 t/m²となる。
- ③ 桁の底版(それぞれ位置-2)に作用する揚圧力を橋梁-1, 2で比較すると橋梁-1の方が大きい。
- ④ 橋梁-2によると、桁の底版に作用する揚圧力(位置-2)と桁にはさまれた床版に作用する揚圧力(位置-3)はほとんど等しいことが知れる。
- ⑤ 上流端に作用する揚圧力を橋梁-1(位置-4)と橋梁-2(位置-5)で比較すると、波高の小さい場合は橋梁-2が大きく、波高が大きくなると橋梁-1が大きい。 $H=2.5$ mにおいては橋梁-1で1.0 ton/m²、橋梁-2で0.4 ton/m²となる。
- ⑥ 橋梁Typeと波力の関係を見ると、全般に橋梁-1に作用する波力は大きく、橋梁-2, 3はほとんど同じようなものである。また波高が大きくなるにつれて波力が増大する割合は橋梁-1が大きい。

〔桁が水面に接している場合 $H_c/h=1.0$ 〕 (d), (e), (f)

- ① 桁の下端が水面に接している場合の実験値は各橋梁とも水没している場合に比べバラツキが大きい。特に橋梁-2の位置-4-5の揚圧力にその傾向が顕著に表われている。
- ② 橋梁-1-3に作用する各点の波力は波高の増大とともに大きくなっているが、橋梁-2の位置-4-5の揚圧力はバラツキが大きく、しかも波高の増大につれて減少気味である。
- ③ 橋梁-1の位置-2-3-4に作用する圧力の差は水没の場合に見られるように大きくはなく、0.5 ton/m²程度である。
- ④ 各点に作用する波力は、水没の場合より小さくなり、下流端の水平力や揚圧力を除くと、計画波浪において2.0 ton/m²以下になる。

〔桁が静水面上0.5 mにある場合 $H_c/h=1.07$ 〕 (g), (h)

- ① 桁が静水面上にある場合の実験値はよりバラツキが複雑になる。
- ② 特に橋梁中央部に作用する水平力や揚圧力が下流端よりも大きくなることもある。

③ 波力を全体的にながめると、橋梁下流端付近に作用する波力は、確かに桁が水没している場合や接している場合に比べ小さくなるが、他の各部に作用する波力は、場所的な変動はあっても概略 2.0 ton/m 以下に収まっている。

以上、桁と静水面とかね合いごとに桁の形状と波力の関係について述べて来たが、これらを取りまとめて結論的なことを述べると次のようになる。

橋梁の桁の形状と波力の相違を見ると、全般に橋梁-1に作用する波力がもっとも大きく、ついで橋梁-2-3となる。但し、橋梁-2は主に揚圧力を測定しており、橋梁-3は水平力を測定しているので、橋梁全体に作用する合力はいずれが大きくなるか明らかでない。橋梁-2に作用する揚圧力は、桁と水面とかね合いで波高とも大きくなったり小さくなったりし、その傾向は一様でなく複雑である。橋梁-2-3において桁にはさまれた床版に作用する揚圧力は同じであるが、他の位置においては水平力と揚圧力を測定していることから、その性状の相違についてははっきりしないが、対応する測点で比較すると、橋梁-3の水平力の方が若干小さいようである。

桁の形状と波力との関係、桁や床版など橋梁の各部に作用する波力の概略的な数値や傾向は上記の結果より把握することができた。しかしながらこの結果のみで、橋梁の横断方向に沿って波力がどのような減少しているか、桁に挟まれた部分に作用する揚圧力と上流側に向う水平力はほぼ等しいことは解ったが、下流側に向う水平力もありはしないかなどの問題が残る。これらのことを橋梁-2につきもう少し詳細に調べてみると次のようになる。

橋梁-2の床版や桁の15カ所に図-4-14に示すように波圧計を取りつけ波力を測定した。この15カ所で測定した波力の最大値(最大波力)を示すと図-4-15のようになる。

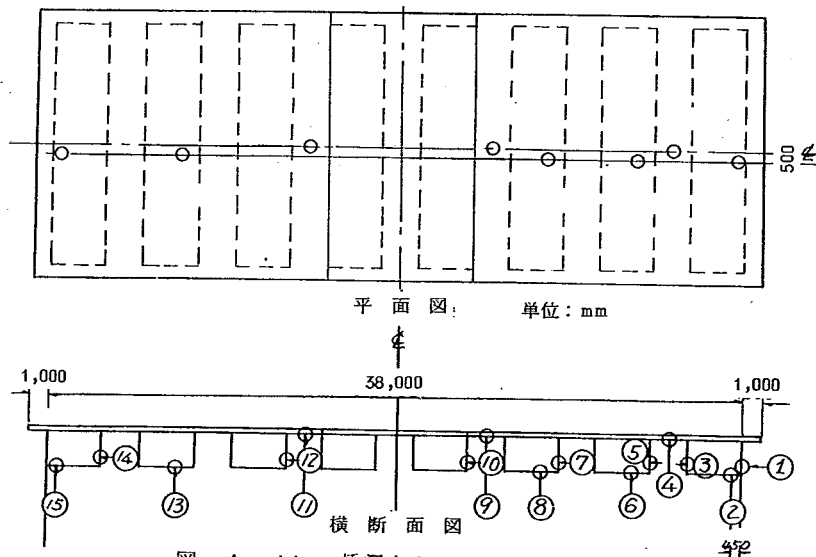


図-4-14 橋梁各部15ヶ所の波力測定点

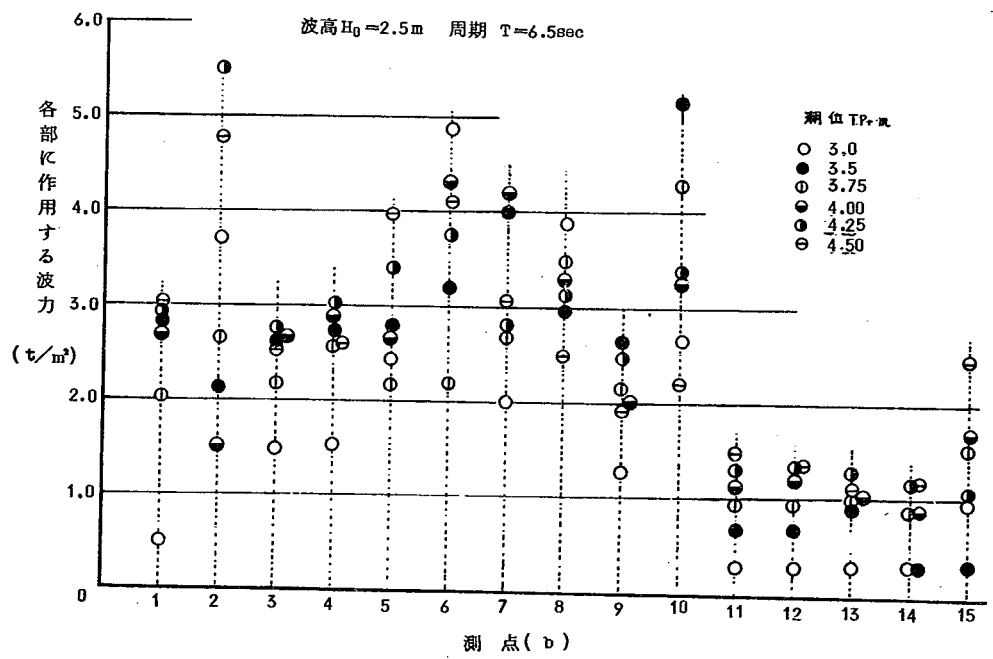
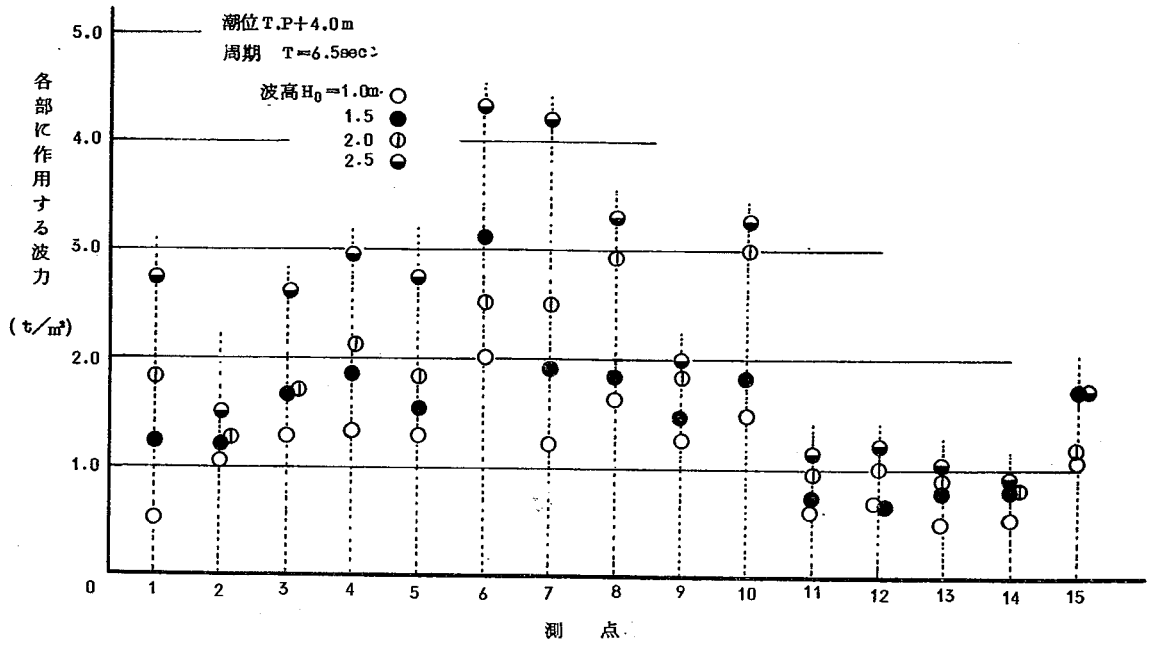


図-4-15 橋梁各部15ヶ所に作用する波力

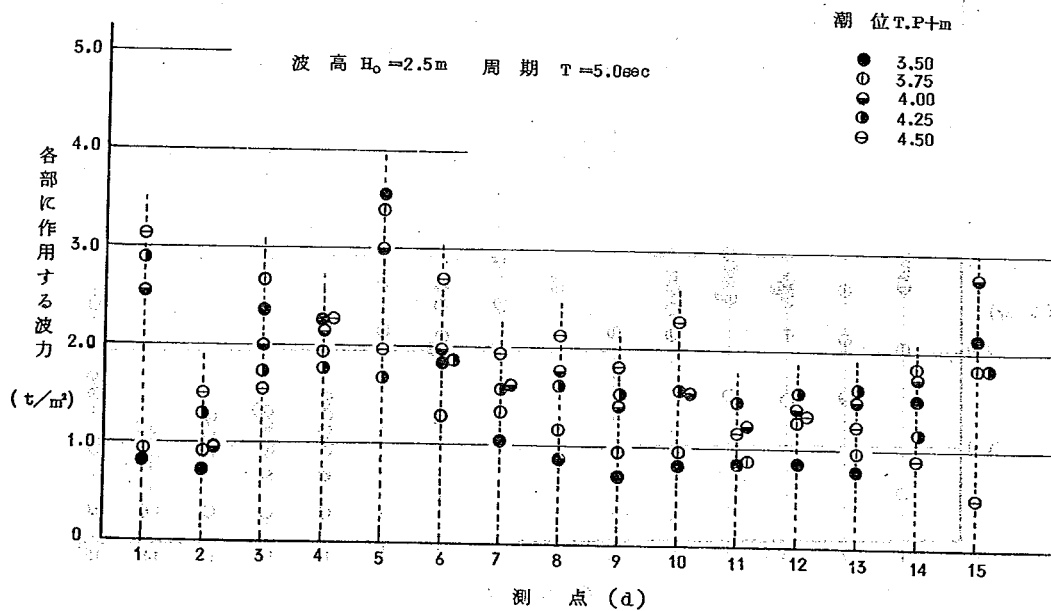
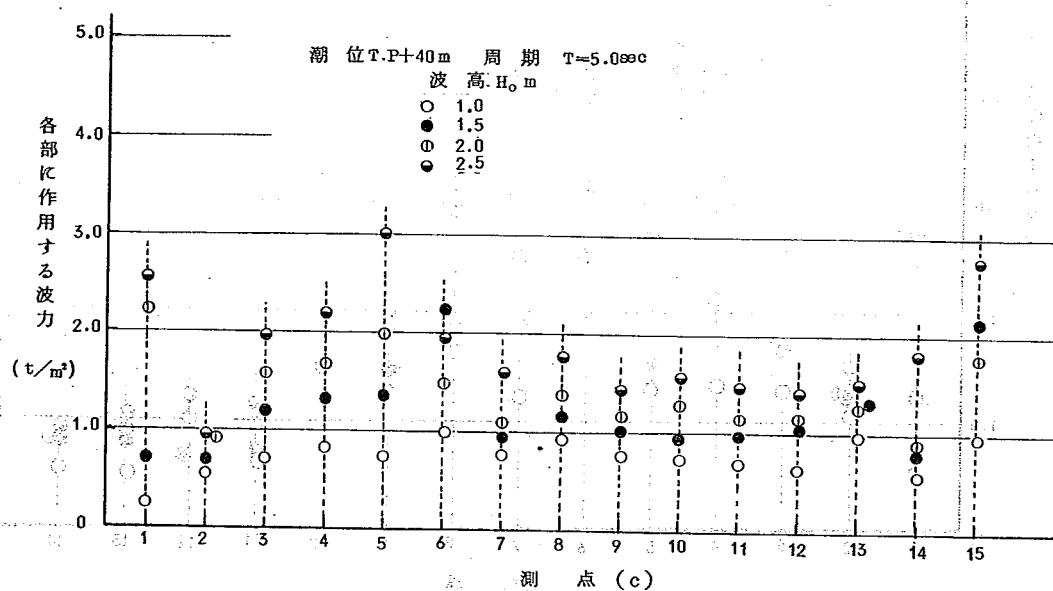


図-4-15 橋梁各部15ヶ所に作用する波力

図(a, c)は、横軸に各位置を測定番号で示し、縦軸に波力を取り、パラメーターに波高をとっている。(d)はパラメーターに潮位をとったものである。

これらの図から、橋梁の横断方向に沿った波力の減少割合を見ると、橋梁の中央部まではほとんど減少のないことが知れる。むしろ、潮位や波高とのかね合いによっても異なるが、下流端よりいくぶん中央によった所 $1/3$ Wの波力がもっとも大きくなるようなことがある。中央部を過ぎると急激に小さくなり、下流側の波力の $1/3$ 程度になる。すべての潮位や波高のもとで 1.0 ton 以下となっている。しかしながら、上流端の桁の底版には特異的な波力が生じ若干大きくなる。この波力は橋梁の下に巻き込まれた空気が、波の伝播につれてはき出されるためと、パイプの出口に似た流水断面の急激な拡大による反動によって生ずるものと考えられる。また図(a)や(b)の一部にも見られるように、潮位が高く桁が水没しているような場合には、桁の底版や床版に作用する揚圧力、桁に作用する水平力(両方向共)は測点が同じであれば、ほぼ同一の値を示している。潮位が低くなれば、当然予想されることではあるが桁の底版に作用する揚圧力が大きくなる。

桁に挟まれた部分の波力時間曲線をみると図-4-16のようになる。図に示したのは、 $H = 2.5 \text{ m}$ を一定とし、桁の水没深ごとに示している。測点-③は波の進行方向とは逆向きの下流方向に向う水平力を測定したものであり、⑤は上流側に向う水平力で④は床版に作用する揚圧力である。この3カ所の波力時間曲線は全く類似した曲線を示し、値もほとんど同じである。密封された器の中の圧力変動とおなじように桁や床版の周辺に同時刻に同値の圧力が作用している。潮位 $T.P + 3.0 \text{ m}$ の場合には、床版と水面との間隙は 3.0 m あり、しかも桁と底版との差も 2.0 m あり、底版に水面が接してもいまだ床版と水面との間隙は 2.0 m あるのに、このように全く類似した波力曲線を示すのは興味あることである。

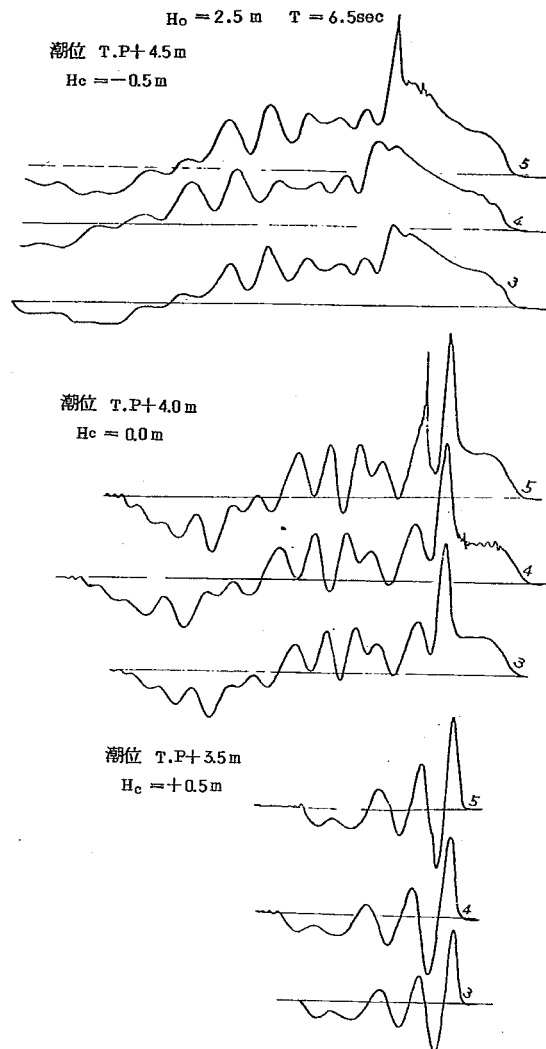


図-4-16 桁に狭まれた部分に作用する波力～時間曲線

以上、橋梁の各部に作用する波力の特性や値について述べてきたが、これらが従来より用いられている *Sainflou* の重複波圧の計算値や、前に与えた *Wang* や井島の式による計算値とどのような関係にあるか見ると図-4-17 のようになる。図(a)は橋梁下流端における水平力と *Sainflou* の式による計算値とを比較し示したものである。*Sainflou* の式は重複波圧に適用されるものであり、当実験のように橋梁の桁下が空洞になっている場合に、厳密に適用することには多少の問題はあるが、現象的には既述に述べたように、桁の水没深が深い場合には橋梁前面において重複現象が見られしかも反射率が $0.6 \sim 0.8$ 程度になるとこの *Sainflou* の式を適用してもそれ程おかしくはないと思われる。

図に示したのは、桁が0.5 m水没している場合である。実験値はちょうど静水面で測定した値を用い、計算も静水面の値である。図からも明らかなように、実験値にはかなりのバラツキがあるが、良く計算値と合っており、このような場合にも、Sainflouの式によって波力の概略値を求めてもよいように思われる。

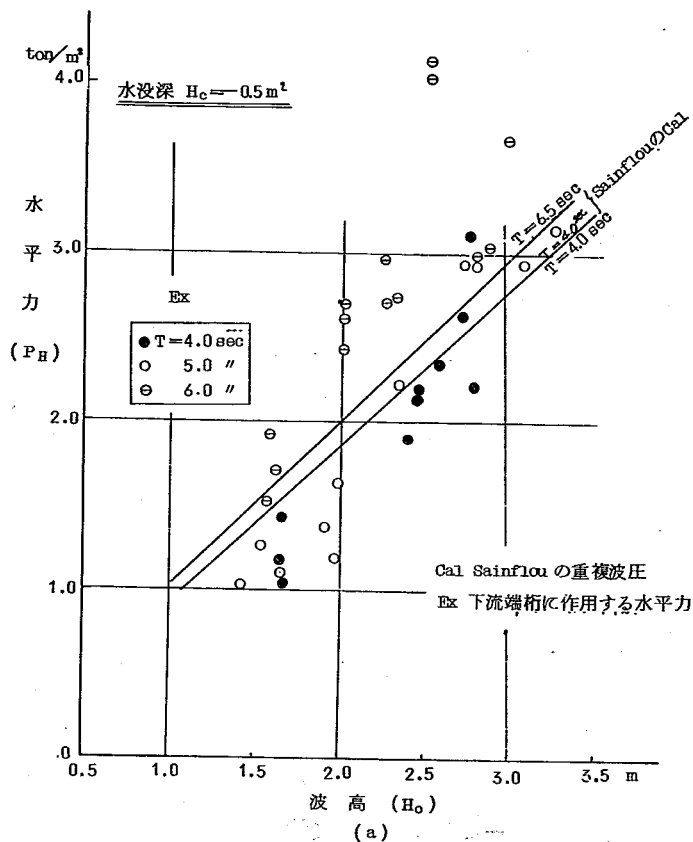


図-4-17 下流端桁に作用する波力の実験値と計算値

図(b)は揚圧力を示したものである。実験値としては水平力と同様、下流端の桁の底版に作用する揚圧力をとっている。桁が水面に接している場合には井島とWangの式により、水面上にある場合にはWangの式によっている。Wangの式は既に述べたように運動量の変化から導いたものであり棧橋に作用する合田の揚圧力の式と同じものである。合田はこの $\frac{\pi}{2}$ を補正係数として用いている。Wangの式で計算した揚圧力は全般に実験値より大きめの値を与えており、図中にも示したように補正係数は $\frac{\pi}{2}$ でなく1で良いようである。

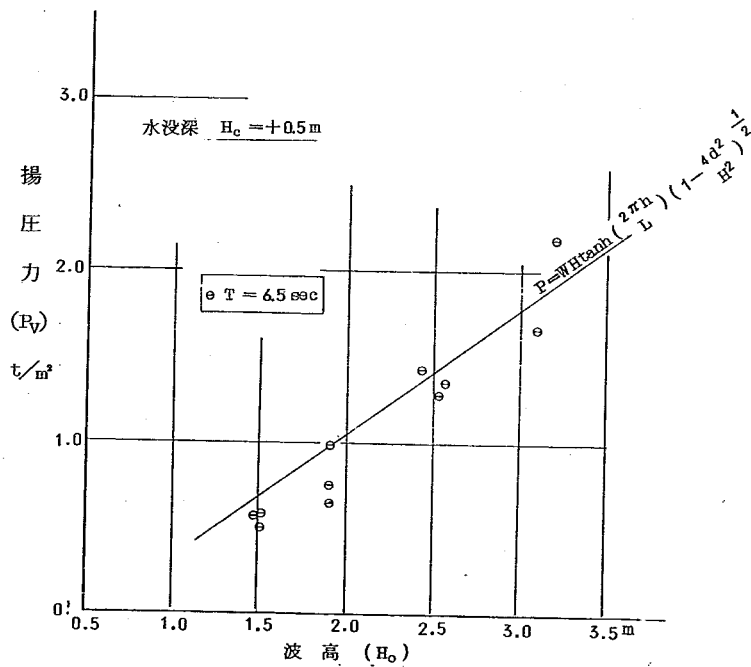
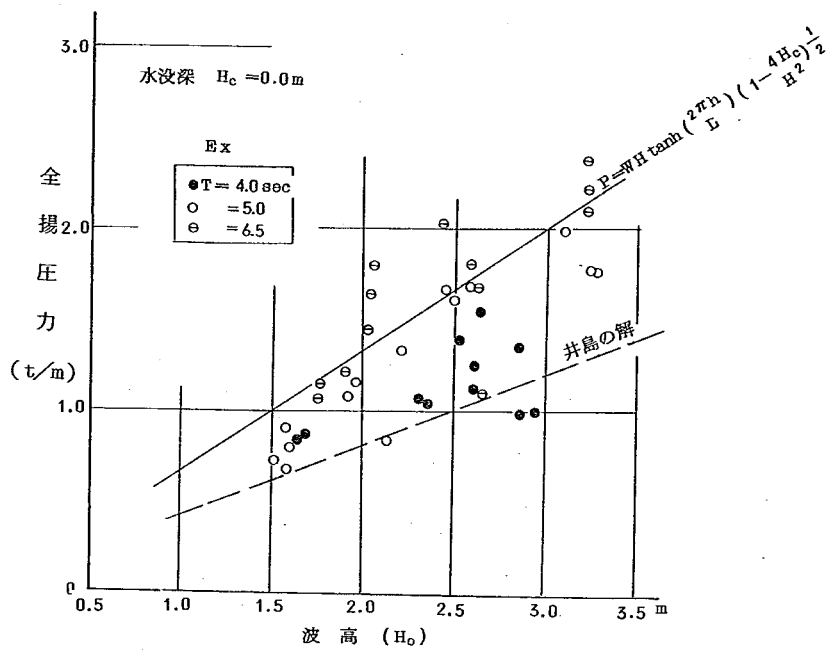


図-4-17 下流端桁に作用する波力の実験値と計算値

(2) 橋梁全体に作用する揚圧力、水平力

橋梁全体に作用する揚圧力や水平力は、桁の形状や支承構造が定まって始めて問題になることであるが、15カ所で測定した測定値から一様の目安として、揚圧力や水平力を計算してみる。

全揚圧力や水平力は次のようにして求めることにした。まず、15カ所のうちから揚圧力と水平力を分割する。全揚圧力の計算には測点2.4.6.8.9.11.13.15.で測定した波力～時間曲線を用いる。この8カ所で測定した波力～時間曲線を微小時間毎に区切り各時間の波力と測点間の距離を用い横断方向の単位幅当りに作用する全波力を計算する。この計算値を同時波力と呼ぶ。各時間毎に同時波力が計算されると、この同時波力から同時波力～時間曲線が求まる。この時間曲線中の最大値を最大同時波力と呼ぶ。即ちこれが橋梁全体に作用する揚圧力となる。水平力も本来ならば同様の計算して求めるべきものであるが、水平力においては、測点一3で測定した逆向きの水平力をどうするかという問題が残る。もちろん測点一3だけではなく、各桁に挟まれた部分については皆同じである。桁に挟まれた部分で3方向の波力を測定したのは、下流側の測点3.4.5.の1カ所のみであるが、上流寄りに向うにしたがって必ずしも三方向の波力が同値になるとは言えない。床版に作用する揚圧力と波の進行方向と同じ向きの水平力（正）から推定して、波の進行方向と逆向きの水平力（負）が波向と同じ方向の水平力より小さくなることが予想される。この波の進行方向と逆向きの水平力をどう取り扱うかによって全水平力は変ってくる。桁に挟まれた部分に作用する三方向の波力を同値とすると、正負の水平力が相殺されるので下流端の桁に作用する水平力が全水平力となる。同値でないとする、その差を考慮しながら合力を求めなければならないのであるが、前にも述べたように差を求めながら合力を求めることは、測点の関係から不可能である。したがって、近似的な方法として、水平力を測定した測点1.5.7.10.12.14.のうちの最大値をとって最大水平合力とした。したがって実際に作用する水平力より大きめの値を与えていると考えられるが、前記したように当実験は一様の目安を与えるものであり、実際に架橋される橋は、数本の桁（箱桁ならば2～3桁）が連結されることが多いので、これらのことが定まらないかぎり、不確定な値を詳細な取り扱いをしても余り意味を持たないであろう。

以上のような方法により求めた揚圧力と水平力を示すと図-4-18のようになる。揚圧力は単位幅当り（橋梁1.0m当）全幅員に作用する合力であり、水平力は桁の単位面積当りに作用する波高をとっている。橋梁1支間当りの揚圧力はこの値に支間長をかけることによって、水平力は桁高と支間長をかけることによって求まる。

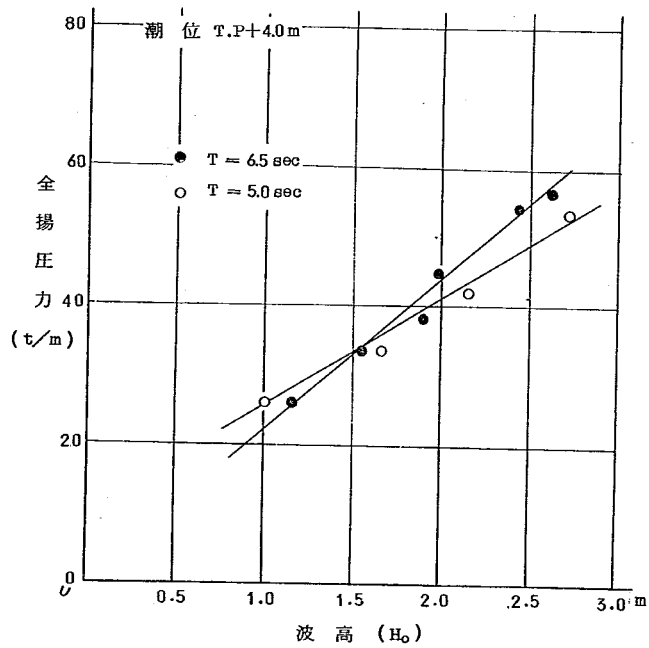
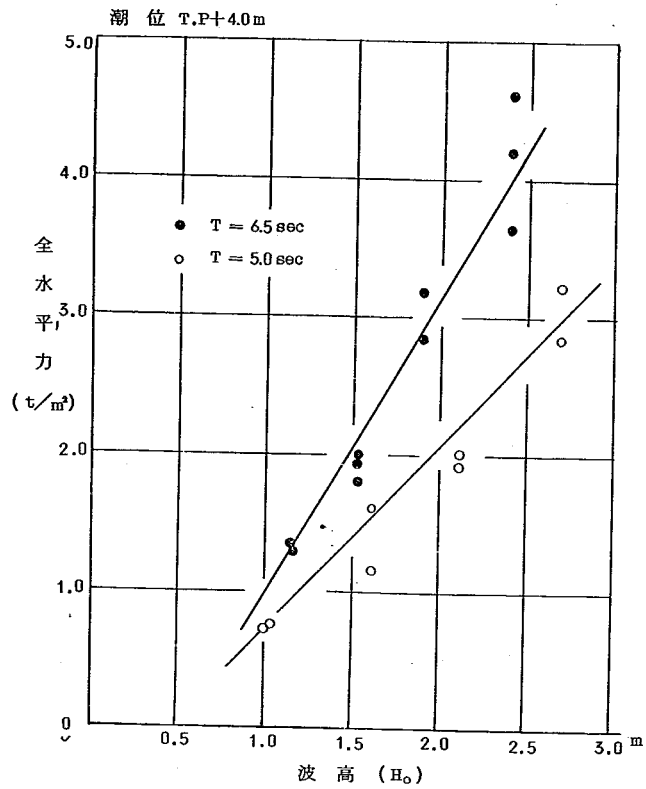


図-4-18 全水平力および揚圧力

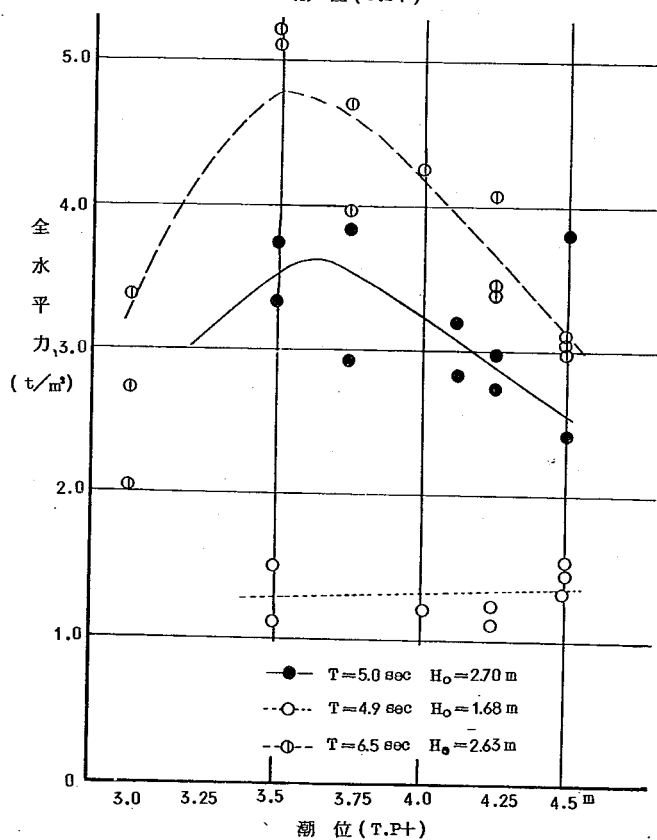
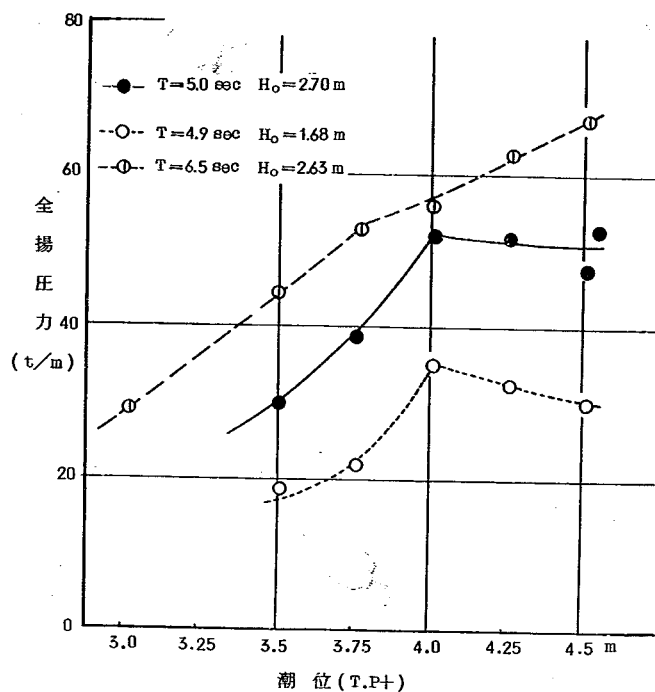


図-4-18 全水平力および揚圧力

幅員40mの橋梁ならば単位長さ当り50 ton/m の揚圧力が作用し、水平力は桁高を1.5 m とすると単位長さ当り6.0 ton/m 程度の値となることが知れる。なお図には、横軸に潮位と波高をとったものがあるが、波高と波力の関係を見ると、波高の増大とともに揚圧力や水平力は直線的に大きくなっているが、潮位の影響をみると、水平力と揚圧力で若干その性質を異にし、水平力は潮位 $T \cdot P + 3.5 \sim 4.0$ m で最大値をとり桁が水没するようになると小さくなる。揚圧力は潮位 $T \cdot P + 4.0$ m までは潮位とともに増大し、+4.0 m が変曲点となって、潮位の増大とともに減少気味になる。

4-4 結 論

(1) 橋梁の桁による波浪減殺効果

- ① 橋梁設置地点より下流側の河床の状況は、放水路、天満川など西寄りの河川が深く $T \cdot P - 1.0$ m 前後、本川は $T \cdot P - 5.0$ m 前後他の東寄りの各河川は $T \cdot P - 2 \sim 3.0$ m と浅くなっている。当実験に用いた河床は天満川の河床であり、橋梁設置地点の河床は $T \cdot P - 1.0$ から $T \cdot P - 2.65$ m と浅くなった肩の部分に当たっている。この河床を伝播する波の河床縦断こう配や、こう配の急変による波高の変形は、微小振幅波理論による計算値の10%前後である。したがって、当実験の実験結果は他の水深の深い放水路および本川などにも適用される。
- ② 波が橋梁の桁下を透過する現象は、桁と水面とのかね合いによって異なり、桁が水中に没している場合には、下流側に侵入する波に相似した波高の小さい透過波高が形成されるのに比べ桁が水面に接しているか水面上にある場合の透過波高は、浸入波の谷の部分に倍周波の波高の小さい波が重なった複雑な現象を呈する。
- ③ 波浪減殺効果におよぼす桁の形状の効果をみると、橋梁-1のように底版に凹凸のない様な箱のような構造物は、橋梁-2-3のような凹凸のあるものに比べ小さくなる。また、反射率は逆に大きくなることからみて、橋梁-1のような構造物は、波を遮閉する効果が大きく、桁の形状による減殺効果の小さいことが推定される。
- ④ 橋梁の幅員、桁の水没深など種々の条件のもとでの透過波々高は図-4-9.10によって与えられる。桁が水没している場合に適用される坂本の理論による計算値はかなり良く実験値に合っている。
- ⑤ 透過波高を1.0 m 以下におさえることは、桁の下端高を $T \cdot P + 4.7 \sim 5.0$ m にすることによって十分達せられる。
- ⑥ 橋梁の上下流の兩岸の堤防のうちあげ高は、波が河道沿いにそ上する場合には表-4-5に示すようになる。上流側のうちあげ高は $T \cdot P + 5.0$ m 前後となり、下流側は潮位が高くなると+8.0 m 前後である。したがって橋はできるだけ河口近くに設けるのが望ましい。

(2) 橋梁に作用する波力

- ① 橋梁の各部に作用する波力は、波高とともに直線的に大きくなる。
- ② 潮位の波力に及ぼす影響みると、桁と水面との間隙が $0.25 \sim 0.50 \text{ m}$ あるときに水平力は最も大きくなるようである。
- ③ 桁が 0.5 m 水没し橋梁の下流側の反射率が $0.6 \sim 0.8$ 程度になり重複波が形成されると、下流端の桁に作用する水平力は Sainflou の重複波圧式で計算された値とほとんど同じである。
- ④ 橋梁各部に作用する波力は図-4-15 に示すようになる。中央部までの波力はかなり大きく $3.5 \sim 4.0 \text{ ton/m}^2$ にもなる。
- ⑤ 桁に挟まれた部分に作用する波力は、床版に作用する揚圧力、波向方向の水平力、これに逆向の水平力はそれぞれ等しく、波力～時間曲線も全く同じである。
- ⑥ 橋梁の中央部より上流側に作用する波力は、水平力、揚圧力とも $1.0 \sim 1.5 \text{ ton/m}^2$ 程度である。
- ⑦ 橋梁全体に作用する揚圧力、水平力は図-4-18 に示すようになる。揚圧力は単位長さ当たり $5.0 \sim 5.5 \text{ ton/m}/40\text{m}$ 水平力は $4.0 \sim 4.5 \text{ ton/m}^2$ となる。

5 結 び

以上のように、水理模型実験により第一橋梁の桁による波浪減殺効果、波力などを検討し明らかにした。この結果、波浪減殺効果については初期の目的を十分達することができ、透過波高を 1.0 m 以下に保つ架橋条件は明らかとなったが、波力については若干の問題が残っている。それは、いまだ具体的な橋の形状が定まっていないので、想定される形状について実験を行なっていること、しかも、支承構造を決定する合力は橋梁の各所 15カ所で測定した水平力、揚圧力から推定している。これらの点については具体的な形状が定まって初めて解決されるもあるから、実際の架橋が具体的になったら検証実験の行なわれることを希望する。

橋梁の桁の下端高を $T.P + 4.0 \text{ m}$ とした場合に、計画水理量が生じると、橋梁より下流側のうちあげ高は $T.P + 8.0 \text{ m}$ を越え現計画堤防高より高くなる。したがって、第一橋梁の具体的な架橋にあたってはこの点に十分留意し、堤防前面に表小段や消波工などを設けるかなど他の方策によりうちあげ高を低くすることが必要となる。

計算に用いたプログラムは、当研究室の坂本忠彦前研究員が作成したものをそのまま使用させていただいた。ここに謝意を表します。

(2) 橋梁に作用する波力

- ① 橋梁の各部に作用する波力は、波高とともに直線的に大きくなる。
- ② 潮位の波力に及ぼす影響みると、桁と水面との間隙が $0.25 \sim 0.50 \text{ m}$ あるときに水平力は最も大きくなるようである。
- ③ 桁が 0.5 m 水没し橋梁の下流側の反射率が $0.6 \sim 0.8$ 程度になり重複波が形成されると、下流端の桁に作用する水平力は Sainflou の重複波圧式で計算された値とほとんど同じである。
- ④ 橋梁各部に作用する波力は図-4-15 に示すようになる。中央部までの波力はかなり大きく $3.5 \sim 4.0 \text{ ton/m}^2$ にもなる。
- ⑤ 桁に挟まれた部分に作用する波力は、床版に作用する揚圧力、波向方向の水平力、これに逆向の水平力はそれぞれ等しく、波力～時間曲線も全く同じである。
- ⑥ 橋梁の中央部より上流側に作用する波力は、水平力、揚圧力とも $1.0 \sim 1.5 \text{ ton/m}^2$ 程度である。
- ⑦ 橋梁全体に作用する揚圧力、水平力は図-4-18 に示すようになる。揚圧力は単位長さ当たり $5.0 \sim 5.5 \text{ ton/m}/40\text{m}$ 水平力は $4.0 \sim 4.5 \text{ ton/m}^2$ となる。

5 結 び

以上のように、水理模型実験により第一橋梁の桁による波浪減殺効果、波力などを検討し明らかにした。この結果、波浪減殺効果については初期の目的を十分達することができ、透過波高を 1.0 m 以下に保つ架橋条件は明らかとなったが、波力については若干の問題が残っている。それは、いまだ具体的な橋の形状が定まっていないので、想定される形状について実験を行なっていること、しかも、支承構造を決定する合力は橋梁の各所 15カ所で測定した水平力、揚圧力から推定している。これらの点については具体的な形状が定まって初めて解決されるもあるから、実際の架橋が具体的にになったら検証実験の行なわれることを希望する。

橋梁の桁の下端高を $T.P + 4.0 \text{ m}$ とした場合に、計画水理量が生じると、橋梁より下流側のうちあげ高は $T.P + 8.0 \text{ m}$ を越え現計画堤防高より高くなる。したがって、第一橋梁の具体的な架橋にあたってはこの点に十分留意し、堤防前面に表小段や消波工などを設けるかなど他の方策によりうちあげ高を低くすることが必要となる。

計算に用いたプログラムは、当研究室の坂本忠彦前研究員が作成したものをそのまま使用させていただいた。ここに謝意を表します。

文 献

- ① 河口堰，橋梁等の構造物による波浪減殺効果の一算定法 土木技術資料 Vol113・No2 坂本忠彦
- ② 水平板による防波堤と岩壁に関する理論的研究(2) 第17回海岸工学講演会論文集1970年
井島武士，尾崎重雄，江口泰彦，小林彰
- ③ WATER WAVE PRESSURE ON HORIZONTAL PLATE ASCE, HY 10, October, 1970,

By Hsiang Wang.

- ④ 構造物に働く波力 67年水工学に関する夏期研修会講義集

1967年 Bコース 合田 良美

附 表

付表-1 波の透過率に関する実験データ一覧表

橋梁-1 W=37.0m

161

実験 No.	実 験 値								計 算 値		実 物 値									
	d _m	H _d _{cm}	T _{sec}	H _{cm}	H _I _{cm}	H _R _{cm}	H _T _{cm}	L _{cm}	H _o _{cm}	H _R / H _I	H _T / H _I	H _o / L _o	W/ L _o	H _o / H _o						
															潮位	水没深	T _{sec}	H _o _m	H _I _m	H _T _m
1	TP+ 3.50 _m 136.5	61.5	1.25	15.0 15.0 12.0	15.0 12.6 12.0	10.0 7.6 6.0	2.7 3.0 2.5	25.7 26.0 26.4	15.0 15.0 12.0	0.69 0.56 0.51	0.18 0.22 0.20	0.06 0.059 0.051			TP+ 3.50	0.0	4.05 4.08 4.11	1.50 1.50 1.30	1.50 1.30 1.20	0.27 0.30 0.25
2				22.0 21.0 20.9	20.0 22.0 29.6	10.0 12.7 12.0	4.0 2.7 3.0	26.0 25.7 26.9	22.1 21.4 21.0	0.51 0.58 0.42	0.20 0.12 0.10	0.025 0.024 0.078					4.08 4.05 4.15	2.21 2.14 2.10	2.00 2.20 2.96	0.40 0.27 0.30
3				27.0 26.7 26.0	25.0 22.0 22.7	13.6 16.0 14.0	5.0 4.0 3.0	26.4 26.4 26.4	27.1 26.8 26.4	0.67 0.80 0.62	0.26 0.20 0.10	0.105 0.094 0.096					4.11 4.11 4.11	2.71 2.48 2.54	2.00 2.00 2.27	0.50 0.40 0.30
4				27.0 27.0 27.0	24.0 27.0 25.0	15.0 28.0 25.7	4.0 4.0 4.0	26.4 26.4 26.4	27.4 27.2 27.4	0.60 0.72 1.00	0.18 0.15 0.16	0.104 0.105 0.104					4.11 4.11 4.11	2.74 2.78 2.74	2.40 2.70 2.50	0.40 0.40 0.40
5	+3.50 136.5	61.5	1.60	14.7 15.0 15.0	14.8 26.0 14.6	2.1 10.6 9.0	5.0 4.5 5.0	4.00 4.00 4.00	15.1 15.7 15.7	0.65 0.41 0.64	0.06 0.17 0.06	0.028 0.039 0.029			TP +3.5 _m	0.0	5.06 5.06 5.06	1.51 1.57 1.57	1.48 2.60 1.46	0.50 0.45 0.50
6				20.0 20.0 20.0	18.7 17.0 24.0	10.0 9.0 12.0	7.0 6.0 6.0	4.00 4.00 3.54	20.5 20.5 21.8	0.50 0.54 0.59	0.07 0.05 0.26	0.051 0.051 0.057					5.06 5.06 4.97	2.05 2.05 2.18	1.87 1.70 2.40	0.70 0.6 0.60
7				22.5 24.7 25.0	21.0 18.0 20.5	14.6 13.0 16.0	5.7 7.0 6.5	3.94 4.20 4.2	22.2 25.0 25.6	0.69 0.70 0.78	0.21 0.08 0.03	0.070 0.060 0.066					5.06 5.19 5.00	2.92 2.53 2.54	2.10 1.80 2.05	0.27 0.70 0.60
8				31.0 31.0 31.0	28.0 28.0 32.0	12.0 15.0 16.7	7.2 7.7 7.7	4.16 4.16 3.95	31.8 31.8 32.1	0.40 0.50 0.52	0.26 0.27 0.24	0.077 0.077 0.081					5.16 5.16 5.03	3.18 3.18 3.21	2.80 2.80 3.20	0.72 0.77 0.77
9				14.7 14.0	16.0 15.7	9.6 9.0	4.0 1.5	7.17 7.17	15.8 15.4	0.69 0.57	0.25 0.10	0.022 0.022					6.96 6.96	1.58 1.54	1.60 1.57	0.40 0.15
10				17.6 18.0 18.0	17.9 17.7 18.4	10.2 9.7 11.7	5.0 4.0 4.0	7.10 7.20 7.25	19.1 19.6 19.9	0.57 0.55 0.64	0.28 0.20 0.22	0.027 0.027 0.027					6.71 6.77 6.80	1.91 1.96 2.99	1.79 1.77 1.84	0.50 0.40 0.40
11				23.0 22.7 23.7	20.0 20.0 29.4	17.0 14.7 17.4	6.7 7.0 6.7	6.85 7.12 6.95	25.0 24.7 25.8	0.58 0.49 0.59	0.22 0.20 0.20	0.027 0.025 0.027					6.61 6.74 6.65	2.53 2.47 2.58	3.00 3.00 2.94	0.67 0.70 0.67

d 水路水深 Hd 桁下水深

実験 No.	実 験 値							計 算 値		HR/ HI	HT/ HI	Ho/ Lo	W/ Lo	Ho/ Ho	実 物 値					
	d _m	Hd _{cm}	T _{sec}	H _{cm}	HI _{cm}	HR _{cm}	HT _{cm}	Lo _m	Ho _{cm}						実 物 値					
															潮位	水深	T _{sec}	Ho _m		HI _m
12	TP+2.5 136.5	61.5	1.60	27.0	27.4	14.4	2.0	7.05	29.7	0.49	0.28	0.042			TP+2.5	0.0	6.71	2.97	2.74	0.24
				27.0	28.0	14.7	2.0	7.20	29.7	0.49	0.28	0.041					6.77	2.97	2.74	0.24
				27.0	25.7	15.4	2.3	7.10	29.7	0.50	0.25	0.042					6.74	2.97	2.67	0.23
13	TP+4.0 141.5	66.5	1.25	16.7	15.0	10.0	2.7	2.40	16.7	0.65	0.18	0.070			TP+4.0	-0.5	3.92	1.47	1.50	0.27
				16.6	15.6	11.6	2.0	2.60	16.6	0.74	0.15	0.064					4.03	1.66	1.56	0.24
				16.7	16.0	12.7	2.8	2.45	16.7	0.79	0.18	0.068					3.96	1.67	1.60	0.28
14				24.0	24.0	12.0	3.0	2.56	24.0	0.64	0.16	0.091					4.05	2.04	2.00	0.30
				24.0	24.0	16.0	3.0	2.52	24.0	0.71	0.10	0.095					4.02	2.40	2.00	0.30
				24.6	20.0	16.7	3.1	2.60	24.6	0.84	0.16	0.095					4.08	2.46	2.00	0.31
15				27.0	24.0	19.0	3.6	2.64	27.4	0.80	0.15	0.104					4.11	2.74	2.03	0.36
				28.1	22.0	14.6	2.7	2.64	28.2	0.61	0.17	0.107					4.11	2.82	2.20	0.37
				26.7	20.0	9.0	4.5	2.56	26.8	0.45	0.18	0.105					4.05	2.65	2.00	0.35
16				27.7	24.8	16.6	3.0	2.70	27.8	0.67	0.13	0.102					4.18	2.78	2.48	0.30
				26.0	26.0	21.0	3.5	2.77	26.1	0.81	0.10	0.094					4.21	2.61	2.80	0.35
				25.6	27.4	21.4	3.0	2.55	25.7	0.78	0.12	0.101					4.05	2.57	2.74	0.33
17	TP+4.0 141.5	66.5	1.60	14.9	14.0	7.0	2.4	2.82	14.2	0.52	0.17	0.007			TP+4.0	-0.5	2.94	1.42	1.40	0.24
				15.1	16.6	10.1	3.0	2.81	15.4	0.61	0.18	0.040					4.94	1.54	1.66	0.30
				15.5	14.0	10.7	2.1	2.70	15.3	0.76	0.15	0.041					5.05	1.58	1.40	0.21
18				18.7	15.7	12.1	3.2	2.76	19.1	0.77	0.20	0.050					4.91	1.91	1.57	0.32
				19.0	16.9	9.9	3.6	2.81	19.7	0.59	0.18	0.052					4.94	1.97	1.69	0.30
				19.0	16.8	12.5	2.2	2.70	19.7	0.84	0.22	0.053					4.87	1.97	1.48	0.33
19				27.0	24.5	12.2	4.2	2.90	27.9	0.50	0.17	0.072					5.00	2.79	2.45	0.32
				26.0	23.4	15.4	4.0	2.95	26.7	0.66	0.17	0.078					5.04	2.07	2.44	0.40
				26.7	22.7	22.0	3.3	2.90	27.0	0.97	0.15	0.070					5.00	2.78	2.27	0.30
20				31.0	31.4	15.4	5.2	4.00	32.0	0.49	0.20	0.080					5.06	3.20	3.14	0.62
				28.7	29.0	15.7	5.0	2.90	29.0	0.54	0.17	0.077					4.94	2.90	2.90	0.50
				31.0	30.4	15.7	4.0	2.76	32.0	0.52	0.14	0.085					4.91	3.20	3.04	0.60
21	TP+4.0 141.5	66.5	2.05	15.2	20.2	14.2	4.6	6.80	16.0	0.70	0.20	0.024			TP+4.0	-0.5	6.58	1.40	2.02	0.46
				14.7	20.0	14.7	4.8	6.85	15.3	0.74	0.24	0.024					6.65	1.58	2.00	1.48
				14.7	21.0	12.6	4.0	6.95	15.8	0.57	0.19	0.024					6.65	1.58	2.30	0.40
22				18.7	24.2	18.5	7.0	6.95	20.1	0.76	0.29	0.029					6.65	2.01	2.42	0.70
				18.7	26.7	16.7	6.7	6.95	20.1	0.60	0.25	0.029					6.65	2.01	2.67	0.67
				18.7	25.7	17.2	9.2	6.95	20.1	0.66	0.26	0.029					6.65	2.01	2.57	0.92

実験 No.	実 験 値								計 算 値		HR/ HI	HT/ HI	Ho/ Lo	W/ Lo	Ho/ Ho	実 物 値						
	d _m	Hd _{cm}	T _{sec}	H _{cm}	HI _{cm}	HR _{cm}	HT _{cm}	Lo _m	Ho _{cm}	実 物 値												
										潮位						水没深	T _{sec}	Ho _m	HI _m	HT _m		
23	TP4.0 141.5	66.5	2.05	22.0 22.2 22.0	26.4 28.0 26.0	17.7 17.0 18.0	7.0 7.0 7.7	7.05 7.05 7.45	25.1 25.1 25.1	0.67 0.62 0.69	0.28 0.26 0.20	0.06 0.06 0.04				TP4.0	-0.5	6.71 6.71 6.90	2.51 2.51 2.51	2.64 2.80 2.60	0.70 0.70 0.77	
24				22.0 27.5 27.0	22.0 20.0 21.0	19.0 16.7 19.7	2.0 2.7 2.7	7.10 7.12 6.75	20.0 29.6 27.4	0.59 0.56 0.64	0.26 0.29 0.28	0.04 0.01 0.02						6.74 6.77 6.65	2.04 2.96 2.94	2.20 2.00 2.10	0.20 0.27 0.27	
25	TP4.5 146.5	71.5	1.25	17.7 16.7 16.7	17.8 21.0 20.5	21.5 12.0 12.8	2.0 2.7 2.7	2.56 2.56 2.56	17.7 16.7 16.7	0.50 0.64 0.62	0.10 0.10 0.10	0.09 0.04 0.04				TP4.5	-1.0	4.05 4.05 4.05	1.77 1.67 1.67	1.77 2.00 2.05	0.20 0.27 0.27	
26				22.7 21.7 22.0	27.5 12.0 21.7	20.8 13.5 14.4	2.6 3.4 2.6	2.60 2.60 2.60	22.7 21.7 22.0	0.76 0.72 0.66	0.14 0.18 0.10	0.07 0.08 0.05						4.08 4.08 4.08	2.27 2.17 2.20	2.75 1.88 2.17	0.26 0.04 0.26	
27				24.7 25.0 26.0	23.4 28.0 24.7	16.4 19.0 17.2	2.9 2.0 2.9	2.64 2.60 2.60	24.7 25.4 26.4	0.70 0.69 0.70	0.12 0.12 0.12	0.09 0.18 0.02						4.11 4.08 4.08	2.47 2.54 2.64	2.04 2.20 2.47	0.29 0.20 0.29	
28	TP4.5 106.5	71.5	1.60	17.0 15.0 17.0	16.7 17.4 16.5	12.0 12.4 11.2	2.7 2.0 6.7	2.34 2.79 2.34	17.0 15.0 17.6	0.72 0.77 0.68	0.22 0.20 0.21	0.04 0.04 0.04				TP4.5	-1.0	4.96 4.96 4.96	1.70 1.53 1.76	1.67 1.74 1.65	0.27 0.40 0.67	
29				19.7 19.7 20.0	21.0 21.0 20.0	12.0 15.7 12.7	2.0 2.0 2.0	2.90 2.75 2.90	20.1 20.1 20.4	0.59 0.75 0.64	0.19 0.19 0.22	0.05 0.05 0.05						5.00 4.90 5.00	2.01 2.01 2.04	2.10 2.10 2.10	0.40 0.40 0.40	
30				25.0 24.7 25.1	26.9 25.9 25.4	14.2 15.2 15.4	2.9 2.9 2.6	2.90 2.90 2.75	25.5 25.2 25.6	0.50 0.59 0.61	0.18 0.18 0.18	0.06 0.06 0.08						5.00 5.00 4.91	2.55 2.52 2.56	2.19 2.59 2.54	0.46 0.46 0.46	
31	TP4.5 146.5	71.5	2.05	21.0 21.2 20.8	22.2 22.4 21.8	14.6 12.0 10.6	6.0 6.2 7.2	6.25 6.80 7.05	22.5 22.7 20.1	0.66 0.54 0.49	0.27 0.27 0.24	0.00 0.00 0.00				TP4.5	-1.0	6.61 6.58 6.70	2.25 2.27 2.01	2.22 2.24 2.18	0.60 0.62 0.72	
32				27.7 26.7 26.0	27.6 28.5 26.9	17.6 12.2 14.9	2.2 6.4 7.0	6.25 7.10 6.05	27.7 28.6 27.9	0.64 0.46 0.55	0.20 0.22 0.26	0.04 0.04 0.04						6.62 6.74 6.52	2.77 2.26 2.79	2.76 2.26 2.69	0.22 0.64 0.70	

実験 No.	実 験 値							計 算 値							実 物 値									
	d cm	HcHd cm	T sec	H cm	H ^I cm	H ^R cm	H ^T cm	L ₀ m	H ₀ cm	L m	H ^I cm	H ^R H ^I	H ^T H ^I	H ₀ L ₀	W L ₀	Hd H ^I	W L	Hc H ^I	潮位 m	水深 m	T sec	H ₀ m	H ^I m	H ^T m
E-1	74.5 136.5	+5.0 61.5	1.25	15.8 15.7 15.6	12.6 12.6 12.3	9.6 5.1 4.4	8.2 8.7 9.0	2.44	15.9 15.8 15.7	2.29	14.8 14.7 14.6	0.29 0.40 0.44	0.65 0.69 0.70				1.00	0.398 0.360 0.342	3.5	+0.5	3.95 3.93 3.95	1.59 1.58 1.57	1.26 1.26 1.28	0.82 0.87 0.90
D-5	74.0 141.5	0 66.5	1.28	15.0 15.0 15.0	15.0 14.8 15.0	7.5 7.6 7.0	8.0 8.1 2.8	2.56	15.4 15.4 15.0	2.40	14.4 14.4 12.0	0.49 0.51 0.58	0.20 0.21 0.18				0.96	0 0 0	4.0	0	4.04 4.04 4.01	1.54 1.54 1.53	1.50 1.48 1.55	0.80 0.81 0.88
D-3	74.5 146.8	-5.0 71.5	1.01	12.0 12.7 12.0	12.0 12.5 12.1	6.0 8.0 8.5	8.0 8.0 2.6	2.68	12.4 12.4 12.1	2.50	12.6 12.0 12.0	0.46 0.66 0.70	0.22 0.26 0.21				0.91	-0.40 0.38 0.41	4.5	-0.5	3.96 3.17 3.11	1.44 1.48 1.51	1.40 1.28 1.21	0.81 0.80 0.86
D-1	75.0 151.5	-10.0 76.5	1.33	12.0 12.0 12.0	12.0 12.0 12.2	8.5 9.1 9.0	2.4 2.8 2.6	2.76	12.0 12.0 12.0	2.58	13.2 10.2 13.2	0.80 0.64 0.85	0.18 0.26 0.18				0.89	-0.76 " 0	5.0	-1.0	4.11 4.20 4.20	1.40 1.40 1.40	1.24 1.20 1.22	0.24 0.28 0.26
E-3	74.0 131.5	+10.0 56.5	1.26	25.0 25.0 25.0	14.9 14.7 15.0	11.0 10.5 10.5	14.0 14.0 14.8	2.48	25.1 25.1 25.6	2.29	23.0 23.0 20.7	0.74 0.71 0.70	0.96 0.97 0.99				1.00	+0.4 " "	3.0	+1.0	3.98 3.95 4.04	2.51 2.51 2.56	1.49 1.47 1.50	1.40 1.40 1.48
E-2	74.5 136.5	+5.0 61.5	1.26	28.0 27.2 28.2	12.2 12.2 17.1	11.6 11.9 11.1	8.5 9.2 8.1	2.48	28.1 27.0 25.0	2.37	26.1 25.0 23.4	0.64 0.64 0.65	0.47 0.49 0.47				0.97	+0.2 " "	3.5	+0.5	3.98 3.98 4.01	2.51 2.70 2.50	1.52 1.58 1.71	0.85 0.92 0.81
D-4	74.0 141.5	0 66.5	1.28	22.4 23.4 24.4	20.7 21.5 19.5	12.8 12.0 12.6	4.1 4.2 3.9	2.56	22.5 22.5 22.5	2.40	21.0 22.0 22.0	0.72 0.67 0.67	0.20 0.20 0.20				0.96	0 0 0	4.0	0	4.01 4.14 4.04	2.25 2.25 2.25	2.07 2.15 1.95	0.41 0.42 0.39
D-2	74.5 146.5	-5.0 71.5	1.29	22.1 22.7 24.7	23.9 25.9 21.8	11.7 16.8 16.0	4.4 4.6 4.2	2.60	22.2 22.4 23.4	2.46	22.8 22.4 23.4	0.60 0.65 0.75	0.18 0.18 0.19				0.94	-0.2 " "	4.5	-0.5	4.08 4.11 4.04	2.42 2.38 2.48	2.09 2.59 2.18	0.44 0.46 0.42
F-2	74.5 136.5	+5.0	2.09	16.0 15.1 14.7	13.5 13.4 12.0	9.2 9.8 9.8	15.0 14.8 14.2	6.80	17.0 16.0 15.9	4.28	16.1 15.2 16.8	0.24 0.24 0.27	1.11 1.10 1.01				0.54	0.31 0.33 0.34	3.5	+0.5	6.64 6.60 6.57	1.70 1.65 1.59	1.50 1.44 1.40	1.50 1.48 1.42
F-4	74.0 141.5	0	2.05	15.6 15.7 14.6	16.2 15.0 17.1	8.1 8.0 11.1	5.0 5.5 5.5	6.60	16.8 16.9 15.8	4.64	15.6 15.7 14.7	0.30 0.34 0.65	0.30 0.35 0.32				0.50	0 0 0	4.0	0	6.45 6.48 6.57	1.68 1.69 1.58	1.62 1.55 1.71	0.53 0.55 0.55
CT-1	74.5 146.5	-5.0	2.03	14.0 15.6 15.0	14.4 15.4 17.0	9.8 10.1 10.1	8.0 7.0 6.5	6.40	15.4 15.4 15.2	4.69	14.2 15.4 15.2	0.68 0.65 0.68	0.59 0.45 0.48				0.49	-0.25 0.32 0.33	4.5	-0.5	6.48 6.45 6.32	1.54 1.67 1.64	1.44 1.54 1.70	0.80 0.70 0.65

実験 No.	実 験 値							計 算 値				H _R	H _T	H ₀	W	H _d	W	H _c	実 物 値					
	d	HcHd	T _{sec}	H _{cm}	H _I _{cm}	H _R _{cm}	H _T _{cm}	L _{0m}	H ₀ _{cm}	L _{1m}	H _I _{cm}	H _I	H _I	L ₀	L ₀	H _I	L	H _I	潮 位 m	水 深 m	T _{sec}	H ₀ _m	H _I _m	H _T _m
CT-2	74.5	-10.0	2.04	15.0	14.4	10.4	7.9	6.49	16.1	4.22	14.2	0.64	0.42				0.48	-0.67			6.45	1.61	1.63	0.79
	151.5	76.5	2.01	15.0	14.4	9.6	7.5	6.31	16.1		14.2	0.52	0.41					0.67	5.0	-1.0	6.35	1.61	1.24	0.75
			2.01	14.6	17.0	9.2	7.5	6.21	15.6		14.2	0.57	0.40					0.70			6.25	1.56	1.74	0.78
F-1	73.0	-1.0	2.00	24.0	21.5	21.0	21.0	6.23	25.9	4.28	24.4	0.15	0.92				0.54	+0.4			6.32	2.59	2.15	2.10
	131.5	46.5	2.02	24.6	21.6	21.6	19.2	6.37	26.6		25.0	0.17	0.72						4.0	+1.0	6.38	2.66	2.16	1.92
			2.02	23.9	21.2	21.5	22.2	6.37	25.3		24.3	0.16	1.02								6.38	2.58	2.18	2.22
F-3	73.5	-1.5	2.03	24.7	21.9	21.5	12.2	6.42	25.7	4.50	24.1	0.14	0.63				0.51	+0.21			6.41	2.57	2.19	1.92
	136.5	61.5	2.08	22.2	22.5	21.7	15.0	6.73	24.7		23.2	0.12	0.66					0.22	3.5	+0.5	6.57	2.47	2.22	1.50
			2.07	23.1	22.2	21.4	14.0	6.68	25.0		23.4	0.15	0.64					0.21			6.54	2.50	2.22	1.44
F-5	74.0	0	1.98	26.1	22.9	12.2	7.1	6.11	28.0	4.59	26.0	0.15	0.30				0.50	0			6.26	2.20	2.10	0.71
	141.5	66.5	1.97	26.7	24.0	11.4	6.9	6.04	28.6		26.6	0.17	0.28						4.0	0	6.23	2.24	2.10	0.67
			2.07	24.9	23.4	11.7	6.3	6.68	26.9		25.0	0.16	0.27								6.54	2.69	2.10	0.60
F-6	74.5	-5	1.98	26.4	26.7	15.9	7.0	6.11	27.1	4.65	25.0	0.16	0.27				0.50	-0.2			6.26	2.71	2.67	0.72
	146.5	71.5	2.00	26.4	26.0	16.4	7.9	6.23	29.0		26.1	0.16	0.30						4.5	-0.5	6.92	2.22	2.60	0.79
			2.01	25.9	24.2	15.2	8.5	6.31	27.2		25.7	0.15	0.30								6.35	2.78	2.42	0.54
I-2	73.5	+5	3.13	12.5	16.9	3.5	15.2	15.22	13.4	7.2	14.2	0.21	1.90				0.32	+0.35			9.89	1.34	1.52	
	136.5	61.5	3.07	14.2	15.2	2.0	16.0	14.68	15.0		16.2	0.21	1.01					0.31	3.5	+0.5	9.70	1.52	1.52	1.60
			3.03	14.7	16.3	4.0	16.3	14.31	15.2		16.7	0.24	1.02					0.30			9.57	1.52	1.65	1.62
I-4	74.0	0	3.04	14.0	16.7	5.6	14.0	14.40	15.1	7.26	15.6	0.24	0.34				0.32	0			9.61	1.51	1.67	1.40
	144.5	66.5	3.05	14.5	16.4	5.2	14.9	14.50	15.6		16.1	0.25	0.35					0	4.0	0	9.64	1.56	1.64	1.09
			3.04	14.5	16.4	5.2	14.4	14.40	15.6		16.1	0.23	0.32					0			9.61	1.56	1.64	1.44
J-1	74.5	-5	3.06	14.6	16.3	7.5	9.7	14.60	15.2	7.55	16.1	0.45	0.59				0.31	-0.31			9.67	1.52	1.65	0.97
	146.5	71.5	2.99	14.5	16.3	7.0	9.2	13.97	15.7		16.0	0.42	0.56					0.31	4.5	-0.5	9.45	1.57	1.65	0.92
			2.02	14.6	16.3	8.2	9.7	14.21	15.2		16.1	0.51	0.60					0.31			9.54	1.52	1.64	0.97
J-3	75.0	-10	2.99	15.2	17.2	2.0	9.2	13.97	16.6	7.81	16.7	0.47	0.55				0.29	-0.60			9.45	1.66	1.72	0.92
	151.5	76.5	3.04	15.2	18.4	9.2	9.2	14.40	15.0		15.1	0.51	0.54					0.66	5.0	-1.0	9.61	1.50	1.84	0.99
			3.02	15.2	17.2	9.7	9.5	14.21	15.0		15.1	0.54	0.53					0.66			9.54	1.60	1.72	0.95
I-1	72.0	+10	2.99	21.2	25.0	2.2	24.6	13.97	22.2	6.75	24.2	0.11	0.92				2.34	+0.41			9.45	2.22	2.50	2.46
	131.5	56.5	3.04	20.7	24.1	2.7	24.1	14.31	22.2		23.6	0.16	1.04					0.42	3.0	+1.0	9.57	2.22	2.10	2.41
			3.04	22.0	26.2	4.9	25.0	14.31	20.6		25.1	0.19	0.95					0.40			9.57	2.36	2.62	2.50
I-3	73.5	+5	3.05	22.6	26.0	11.9	20.7	14.50	24.0	7.15	25.6	0.46	0.20				0.22	0.20			9.62	2.42	2.60	2.07
	136.5	61.5	3.05	22.7	25.2	5.2	21.4	14.50	24.4		25.7	0.20	0.25					0.19	3.5	+0.5	9.64	2.44	2.52	2.14
			3.05	22.7	29.6	7.4	20.2	14.50	24.4		25.7	0.25	0.28					0.19			9.64	2.44	2.96	2.02

№ 6

实 验 No.	实 验 值							计 算 值				H _R H ^I	H _T H ^I	H _o L _o	W L _o	H _d H ^I	W L	H _c H ^I	实 物 值							
	d	H _c H _d cm	T sec	H _{cm}	H _I cm	H _R cm	H _T cm	L _o m	H _o cm	L _m	H ^I cm								潮 位 m	水 深 m	T sec	H _o m	H _I m	H _T m		
I-5	TP+4.0 141.5	0 66.5	3.02 2.99 2.98	22.1 21.9 22.5	22.8 24.5 25.7	9.5 10.2 11.8	19.5 17.5 18.2		22.9 22.7 24.2			0.40 0.42 0.46	0.82 0.71 0.71							TP+4.0	0	9.54 9.45 9.42	2.39 2.37 2.42	2.38 2.45 2.51	1.95 1.75 1.82	
	+4.5 146.5	-5.0 71.5	2.93 2.96 2.92	24.5 22.4 23.2	27.5 26.3 27.0	12.5 14.8 13.0	14.0 13.8 14.0		26.6 24.3 25.2			0.45 0.56 0.48	0.51 0.52 0.52							+4.5	-0.5	9.26 9.35 9.26	2.46 2.43 2.52	2.75 2.63 2.70	1.40 1.38 1.40	
	+2.5 136.5	+4.0 61.5	3.53 3.52 3.52	13.5 13.7 13.4	16.4 17.6 18.5	5.5 5.2 5.5	17.2 17.2 18.1		14.0 14.3 14.0			0.34 0.30 0.30	1.05 0.98 0.98							+2.5	+0.5	11.15 11.12 11.12	1.40 1.43 1.40	1.64 1.76 1.85	1.72 1.72 1.81	
H-4	+4.0 141.5	0 66.5	3.49 3.48 3.51	13.5 14.0 13.5	16.9 16.7 18.5	8.8 8.6 9.5	18.0 17.5 17.0		14.1 14.7 14.1			0.52 0.52 0.51	1.07 1.05 0.92								0	11.03 11.00 11.09	1.41 1.47 1.41	1.69 1.67 1.85	1.80 1.75 1.70	
	+4.5 146.5	-5.0 71.5	3.48 3.49 3.48	14.6 13.8 13.8	20.9 20.2 20.7	13.3 12.6 13.7	13.7 13.5 13.7		15.4 14.5 14.5			0.64 0.62 0.66	0.66 0.67 0.66							+4.5	-0.5	11.00 11.03 11.00	1.51 1.45 1.45	2.09 2.02 2.07	1.37 1.35 1.37	
H-8	+5.0 151.5	-10.0 76.5	3.49 3.50 3.49	14.0 13.2 13.5	19.2 18.8 18.8	12.2 10.7 10.7	10.9 11.2 11.8		14.8 14.0 14.3			0.63 0.57 0.57	0.56 0.60 0.63								+5.0	-1.0	11.03 11.06 11.03	1.48 1.40 1.43	1.93 1.88 1.88	1.09 1.12 1.18
	+3.0 131.5	+10.0 56.5	3.50 3.48 3.46	2.20 2.16 2.19	29.7 30.2 30.0	8.8 8.3 9.1	23.7 24.5 22.8		22.9 22.5 22.8			0.30 0.27 0.30	0.80 0.81 0.76							+3.0	+1.0	11.06 11.00 10.93	2.29 2.25 2.28	2.37 3.02 3.00	2.27 2.25 2.28	
H-3	+3.5 136.5	-5.0 61.5	3.46 3.51 3.53	2.20 2.25 2.15	30.2 28.8 25.9	11.7 10.3 9.7	29.3 28.3 25.3		23.1 23.5 22.4			0.39 0.36 0.37	0.77 0.78 0.78							+3.5	+0.5	10.90 11.09 11.05	2.31 2.35 2.24	3.02 2.88 2.59	2.93 2.83 2.53	
	+4.0 141.5	0 66.5	3.54 3.51 3.52	21.8 22.1 22.6	26.7 26.4 26.6	12.6 13.6 12.8	26.1 26.3 27.0		22.8 23.2 23.7			0.47 0.52 0.48	0.77 1.00 1.02							+4.0	0	11.19 11.09 11.12	2.28 2.32 2.37	2.69 2.84 2.66	2.61 2.63 2.70	
H-7	+4.5 146.5	-5.0 71.5	3.50 3.51 3.52	23.1 22.8 22.3	24.7 24.8 26.6	12.8 14.3 15.2	19.1 19.1 19.2		24.3 24.0 23.4			0.52 0.58 0.57	0.77 0.77 0.72							+4.5	-0.5	11.06 11.09 11.12	2.43 2.40 2.34	2.47 2.48 2.66	1.91 1.91 1.92	

实 验	实 验 值								计 算 值				H ^R / H ^I	H ^T / H ^I	H _o / L _o	W/ L _o	H _d / H ^I	W/ L	H _c / H ^I	实 物 值					
	No	d	H _c H _d cm	T _{sec}	H _{cm}	H ^I cm	H ^R cm	H ^T cm	L _o m	H _o cm	L _m	H ^I cm								潮 位 m	水 深 m	T _{sec}	H _o m	H ^I m	H ^T m
λ-1	TP+30 131.5	+10.0 66.5	2.10	14.2	15.5	1.6	16.7	6.88	16.1			0.10	1.04							TP+30	+1.0	6.64	1.61	1.55	1.67
			2.11	14.2	16.8	1.2	15.2	6.95	16.1			0.22	1.07						6.67			1.61	1.48	1.58	
			2.09	15.5	14.9	1.9	15.2	6.81	16.0			0.14	1.06						6.60			1.60	1.49	1.58	
K-2			2.07	17.6	20.5	4.9	18.0	6.68	21.0			0.29	0.89									6.54	2.10	2.05	2.10
			2.09	18.8	18.0	5.0	20.8	6.81	20.4			0.29	1.14						6.60			2.14	1.90	2.18	
			2.09	19.1	19.5	5.6	20.8	6.81	20.7			0.29	1.07						6.60			2.07	1.95	2.18	
K-3			2.07	20.5	20.6	5.1	21.4	6.68	22.2			0.22	0.91									6.58	2.22	2.06	2.14
			2.08	21.5	20.9	6.2	21.6	6.69	22.0			0.26	0.90						6.57			2.23	2.09	2.16	
			2.03	22.0	22.7	4.7	21.7	6.43	20.5			0.21	0.96						6.41			2.18	2.27	2.17	
K-4			2.10	26.7	20.5	7.9	18.2	6.88	29.0			0.26	1.60									6.64	2.90	2.25	1.82
			2.07	26.0	29.2	6.1	18.2	6.68	28.2			0.21	0.62						6.54			2.82	2.92	1.82	
			2.09	26.5	27.1	6.3	18.0	6.81	28.8			0.23	0.68						6.60			2.58	2.71	1.80	
1	TP+35 136.5	+5.0 61.5	2.05	14.0	14.5	4.6	11.0	6.80	15.1			0.12	0.78							TP+35	+0.5	6.52	1.51	1.45	1.10
				14.0	14.1	4.4	11.5	7.00	15.1			0.24	0.82						6.58			1.51	1.41	1.15	
				13.9	13.9	2.7	11.0		15.6			0.19	0.81						6.68			1.50	1.37	1.13	
2				17.7	18.2	5.2	11.5	6.60	19.1			0.29	0.84									6.48	1.91	1.82	1.15
				17.2	16.7	5.4	11.4	6.95	18.5			1.02	0.68						6.67			1.85	1.67	1.14	
				18.0	19.5	5.9	11.7	6.65	19.7			0.10	0.66						6.48			1.97	1.85	1.17	
3				22.6	22.6	7.8	11.8	7.05	24.4			0.23	1.51									6.71	2.44	2.06	1.18
				20.7	20.6	8.0	13.1	6.80	25.5			0.12	0.51						6.58			2.55	2.56	1.31	
				22.8	25.6	8.0	12.7	6.70	25.7			0.12	0.50						6.55			2.57	2.56	1.37	
4				22.8	22.5	10.9	12.0	6.80	21.0			0.10	0.40									6.60	2.10	2.05	1.10
				29.7	20.7	11.4	13.0	6.65	22.0			0.17	0.42						6.63			2.20	2.07	1.10	
				29.7	20.6	10.1	10.6	6.98	22.0			0.10	0.44						6.63			2.20	2.06	1.16	
L-1	TP+35 136.5	+5.0 61.5	1.59	14.9	12.6	4.9	7.0	3.94	15.4			0.14	0.48							TP+35	+0.5	5.02	1.54	1.46	0.70
			1.58	15.5	14.7	4.0	7.7	3.89	15.9			0.29	0.56						5.00			1.59	1.37	0.77	
			1.57	15.0	14.1	4.4	8.0	3.85	15.4			0.11	0.57						4.96			1.54	1.41	0.80	
L-2			1.53	18.0	19.2	6.2	8.0	3.89	18.5			0.22	0.42									5.00	1.85	1.92	0.80
			1.57	19.0	17.6	4.6	8.1	3.85	19.5			0.26	0.46						4.96			1.85	1.96	0.81	
			1.58	19.0	18.0	6.7	8.0	3.89	19.5			0.17	0.46						5.00			1.85	1.83	0.85	
L-3			1.59	25.0	24.4	10.4	9.0	3.94	25.7			0.44	0.10									5.02	2.57	2.14	0.90
			1.59	25.2	28.0	10.9	8.8	3.94	26.0			0.10	0.11						5.02			2.60	2.20	0.88	
			1.56	24.5	22.9	10.4	8.0	3.81	25.2			0.45	0.16						4.93			2.52	2.29	0.80	

実験 No.	実 験 値							計 算 値				$\frac{H^R}{H^I}$	$\frac{H^T}{H^I}$	$\frac{H^o}{L^o}$	$\frac{W}{L^o}$	$\frac{H^d}{H^I}$	$\frac{W}{L}$	$\frac{H^c}{H^I}$	実 物 値					
	d	HcHd cm	T sec	H cm	H ^I cm	H ^R cm	H ^T cm	L _m	H _{cm}	L _m	H ^I cm								潮 位 m	水 深 m	T sec	H ^o m	H ^I m	H ^T m
13	TP46	0	2.05	16.1	16.6	7.1	46.0	6.27	17.5			0.40	0.24						TP46	0	6.45	1.75	1.66	0.42
	141.5	66.5		16.7	16.0	6.7	43.0	6.60	18.0			0.42	0.21					6.49			1.80	1.60	0.33	
				16.9	16.0	6.8	42	7.10	17.5			0.43	0.26					6.73			1.75	1.60	0.42	
14				19.1	18.5	2.6	40	6.78	22.5			0.46	0.23								6.58	2.05	1.85	0.43
				18.9	18.5	7.6	40	6.85	22.0			0.41	0.23								6.61	2.05	1.85	0.43
				19.0	19.0	8.0	40.5	6.83	22.4			0.41	0.23								6.51	2.04	1.78	0.45
15				22.6	21.6	9.7	35.0	6.86	24.0			0.45	0.23								6.42	2.40	2.16	0.50
				24.0	24.0	11.0	35.8	6.41	25.8			0.45	0.24								6.45	2.58	2.40	0.58
				24.0	25.0	11.7	6.2	6.40	26.1			0.47	0.25								6.40	2.61	2.50	0.62
16				30.0	32.6	12.7	7.0	6.65	32.2			0.38	0.22								6.53	3.22	3.26	0.70
				30.0	29.7	12.3	7.4	6.77	32.2			0.41	0.25								6.57	3.22	2.97	0.74
				30.0	32.6	11.4	7.4	6.72	32.2			0.35	0.25								6.60	3.22	3.26	0.74
9	TP40	0	1.70	14.0	12.6	6.1	1.8	3.20	15.1			0.45	0.14						TP40	0	4.94	1.51	1.26	0.18
	141.5	66.5		13.8	12.8	5.8	2.1	3.75	14.8			0.46	0.16					4.90			1.48	1.28	0.21	
				14.1	12.0	6.0	1.8	3.86	15.2			0.46	0.14					4.97			1.52	1.30	0.18	
10				19.5	17.8	7.6	3.0	3.95	19.4			0.44	0.19								4.93	1.49	1.78	0.13
				18.8	18.4	7.9	3.5	3.87	19.2			0.40	0.19								4.98	1.42	1.84	0.15
				18.7	18.6	7.0	3.2	3.86	19.1			0.38	0.20								4.97	1.41	1.86	0.18
11				25.0	23.9	7.0	4.7	3.81	25.6			0.31	0.20								4.94	2.56	2.39	0.47
				24.0	22.0	10.0	4.7	4	24.8			0.45	0.21								4.95	2.48	2.26	0.47
				24.0	23.7	9.7	4.1	3.70	24.5			0.41	0.17								4.97	2.48	2.37	0.41
12				30.2	29.1	11.1	6.1	3.81	30.9			0.38	0.21								4.96	3.09	2.91	0.61
				32.0	28.7	10.5	5.7	3.74	32.7			0.37	0.20								4.90	3.27	2.87	0.57
				31.9	28.8	12.9	7.5	3.90	32.6			0.45	0.26								4.90	3.26	2.88	0.75
5	TP40	0	2.25	16.6	15.1	8.7	1.5	2.50	16.6			0.35	0.10						TP40	0	4.00	1.66	1.51	0.15
	141.5	66.5		16.5	15.2	7.9	1.1	2.57	16.5			0.32	0.07					4.06			1.65	1.52	0.11	
				16.5	15.1	7.7	1.5	2.52	16.5			0.31	0.10					4.02			1.65	1.51	0.15	
6				23.0	20.6	10.0	2.5	2.50	23.0			0.63	0.12								4.00	2.30	2.06	0.25
				22.1	19.9	10.8	3.1	2.59	22.1			0.54	0.16								4.07	2.21	1.99	0.31
				23.6	20.5	12.9	2.1	2.56	22.6			0.63	0.10								4.05	2.36	2.05	0.21
7				26.0	23.0	11.0	3.7	2.56	26.1			0.49	0.16								4.05	2.61	2.30	0.17
				25.2	25.1	15.1	3.5	2.60	25.3			0.60	0.14								4.08	2.53	2.51	0.15
				26.0	24.0	16.0	3.0	2.57	26.1			0.67	0.14								4.06	2.61	2.40	0.23

突 驗 No.	突 驗 值							計 算 值				H ^R / H ^I		HT/ H ^I	Ho/ Lo	W/ Lo	Hd/ H ^I	W/ L	Hc/ H ^I	突 物 值				
	d	HcHd cm	T sec	H cm	H ^I cm	H ^R cm	HT cm	Lo m	Ho cm	L m	H ^I cm	H ^I	H ^I	Lo	Lo	H ^I	L	H ^I	潮 位 m	水 深 m	T sec	Ho' m	H ^I m	HT m
8	TP40	0	1.25	26.7	26.0	9.0	0.0	2.52	26.8			0.09	0.0								4.02	2.68	2.40	0.03
	1415	665		26.0	26.7	12.0	0.5	2.56	26.4			0.08	0.05								4.05	2.64	2.57	0.05
				26.6	26.0	12.7	0.5	2.57	26.7			0.09	0.05								4.06	2.67	2.60	0.05
21	TP45	-5.0	2.05	15.1	15.0	7.8	0.7	6.72	16.2			0.02	0.25								6.56	1.62	1.50	0.07
	1465	715		14.4	14.6	8.7	0.7	7.02	15.6			0.06	0.27								6.70	1.55	1.45	0.09
				14.9	15.0	9.0	0.7	6.78	16.0			0.09	0.24								6.58	1.60	1.52	0.07
22				18.0	17.8	12.2	0.0	6.86	19.0			0.09	0.24								6.80	1.90	1.78	0.00
				17.9	18.1	10.8	0.5	6.94	19.2			0.06	0.25								6.67	1.92	1.81	0.05
				18.6	20.0	11.7	0.8	6.52	19.9			0.08	0.19								6.05	1.99	2.00	0.08
23				22.6	20.1	10.6	0.8	6.94	20.6			0.00	0.21								6.66	2.06	2.01	0.05
				20.1	20.5	10.5	0.0	6.70	20.8			0.02	0.18								6.50	2.08	2.05	0.00
				22.7	25.0	10.8	0.9	6.68	20.4			0.09	0.19								6.53	2.04	2.00	0.09
24				28.9	28.0	15.0	0.1	6.88	21.0			0.04	0.22								6.65	2.10	2.00	0.01
				29.6	29.0	17.5	0.7	6.86	21.8			0.00	0.20								6.61	2.18	2.90	0.57
				29.2	29.5	19.2	0.7	7.02	21.0			0.05	0.19								6.70	2.10	2.95	0.57
17	TP45	-5.0	1.70	14.7	14.8	7.6	2.6	0.79	15.0			0.01	0.18								4.90	1.50	1.48	0.02
	1465	715		14.6	15.2	7.4	2.0	0.81	14.9			0.02	0.15								4.94	1.49	1.52	0.00
				14.9	15.0	7.5	2.5	0.94	15.2			0.00	0.17								5.00	1.52	1.50	0.05
18				20.1	20.5	12.1	0.0	0.78	20.5			0.09	0.15								4.92	2.05	2.05	0.00
				20.0	19.6	11.0	0.0	0.75	20.4			0.06	0.15								4.90	2.04	1.96	0.00
				20.0	20.0	12.2	0.0	0.75	20.4			0.00	0.15								4.90	2.04	2.00	0.00
19				24.8	24.5	14.8	0.5	0.75	25.0			0.00	0.14								4.90	2.50	2.05	0.05
				25.0	26.2	12.2	2.9	0.66	25.8			0.07	0.11								6.84	2.58	2.62	0.29
				25.1	25.1	15.6	0.6	0.79	25.6			0.02	0.14								4.94	2.56	2.51	0.06
20				04.0	28.8	16.5	0.0	0.87	04.7			0.07	0.11								4.98	0.47	2.08	0.00
				00.0	00.4	10.1	0.7	0.82	00.7			0.04	0.12								4.95	0.37	0.04	0.07
				02.0	00.0	16.8	0.2	0.76	02.7			0.05	0.11								5.00	0.27	0.00	0.02

実験 No.	実 験 値								計 算 値		H _R /H _I H _T /H _I H _o /L _o W/L _o Hd/H _o					実 物 値					
	d _m	Hd _{cm}	T _{sec}	H _{cm}	H _I _{cm}	H _R _{cm}	H _T _{cm}	L _o _m	H _o _{cm}	H _R /H _I	H _T /H _I	H _o /L _o	W/L _o	Hd/H _o	潮位	水没深	T _{sec}	H _o _m	H _I _m	H _T _m	
1	TP+0.5	+0.5	2.05	15.1	16.5	4.5	11.1	7.05	16.5	0.27	0.47	0.023			TP		672	1.64	1.65	1.11	
	136.5	61.5		15.0	15.8	4.5	10.9	7.05	16.2	0.26	0.49	0.023			+35	+0.5	672	1.62	1.58	1.09	
				15.0	16.6	4.9	11.1	7.25	16.2	0.28	0.67	0.022					671	1.62	1.66	1.11	
2				19.0	22.2	6.9	12.9	7.17	20.5	0.21	0.58	0.029					677	2.05	2.22	1.29	
				18.7	22.3	5.7	14.6	7.41	20.6	0.25	0.64	0.027					677	2.02	2.28	1.46	
				19.0	22.5	8.0	14.0	6.78	20.8	0.26	0.56	0.021					657	2.08	2.33	1.30	
3				24.7	27.8	9.0	14.8	7.11	26.6	0.23	0.50	0.027					675	2.66	2.78	1.38	
				24.9	27.7	9.5	14.4	7.05	26.8	0.24	0.56	0.028					672	2.68	2.77	1.44	
				24.5	27.5	7.8	14.8	7.02	26.4	1.26	0.50	0.028					670	2.64	2.85	1.42	
4				30.1	32.7	9.7	14.5	6.71	32.4	0.20	0.41	0.028					665	3.24	3.27	1.35	
				30.0	32.0	11.2	13.9	7.05	32.7	0.25	0.46	0.026					672	3.27	3.30	1.39	
				30.0	34.1	9.8	14.9	6.90	32.7	0.29	0.41	0.027					665	3.27	3.41	1.39	
5	TP+0.0	0	1.25	16.0	17.0	6.6	2.2	2.52	16.0	0.28	0.13	0.065			TP		4.02	1.60	1.70	0.22	
	141.5	66.5		17.4	16.4	6.4	1.4	2.61	17.4	0.29	0.08	0.067			+4.0	+2.0	4.09	1.74	1.64	0.14	
				17.0	15.8	9.1	2.0	2.61	17.0	0.28	0.14	0.066					4.09	1.70	1.58	0.23	
6				23.0	25.7	16.4	1.8	2.61	23.0	0.44	0.07	0.089					4.09	2.23	2.57	0.18	
				23.7	26.7	9.4	3.7	2.61	23.7	0.45	0.18	0.091					4.09	2.27	2.07	0.37	
				23.7	26.7	10.7	3.6	2.47	23.7	0.52	0.17	0.102					3.91	2.27	2.07	0.36	
7				27.3	25.0	12.3	3.0	2.61	27.4	0.49	0.12	0.105					4.09	2.74	2.50	0.30	
				28.0	24.0	12.8	3.7	2.64	28.1	0.53	0.15	0.106					4.11	2.81	2.40	0.47	
				26.3	23.2	14.2	3.4	2.52	26.4	0.81	0.15	0.104					4.02	2.64	2.02	0.14	
8				27.4	21.4	14.9	4.0	2.52	27.6	0.68	0.18	0.109					4.02	2.75	2.19	0.40	
				27.0	19.7	10.7	3.0	2.52	27.4	0.70	0.15	0.109					4.02	2.74	1.97	0.30	
				27.7	21.4	14.4	3.8	2.57	27.0	0.63	0.18	0.108					4.06	2.78	2.14	0.38	
9	TP+0.0	0	1.70	14.7	10.0	4.0	2.7	3.92	15.0	0.21	0.21	0.028			TP		5.01	1.40	1.30	0.27	
	141.5	66.5		13.9	11.9	3.9	2.6	3.31	14.2	0.23	0.22	0.027			+0.0		4.94	1.42	1.19	0.26	
				10.7	11.5	4.5	2.7	3.51	14.0	0.29	0.24	0.027					4.94	1.40	1.15	0.27	
10				18.7	14.9	8.2	3.3	3.55	19.1	0.55	0.22	0.050					4.97	1.91	1.49	0.30	
				17.8	15.9	8.2	3.1	3.51	18.2	0.52	0.20	0.048					4.94	1.82	1.59	0.31	
				18.1	15.1	6.6	2.4	3.62	18.5	0.44	0.14	0.051					4.22	1.85	1.51	0.24	
11				25.0	23.4	10.4	3.9	3.31	25.6	0.44	0.25	0.067					4.94	2.56	2.34	0.59	
				25.5	21.0	11.7	4.9	3.67	26.1	0.56	0.28	0.071					4.85	2.61	2.10	0.49	
				25.1	21.0	10.6	6.7	3.96	25.7	0.50	0.21	0.065					5.04	2.57	2.10	0.67	

实 验 No.	实 验 值								计 算 值		H _R / H _I	H _T / H _I	H ₀ / L ₀	W/ L ₀	H _d / H ₀	实 物 值						
	d _m	H _d _{cm}	T _{sec}	H _{cm}	H _I _{cm}	H _R _{cm}	H _T _{cm}	L ₀ _m	H ₀ _{cm}	潮位						水浸深	T _{sec}	H ₀ _m	H _I _m	H _T _m		
12	TP+4.0 141.5	0.0 66.5	2.05	11.7	25.0	4.4	7.2	3.25	22.4	0.7	0.29	0.024				TP +4.00	0.0	4.97	1.24	2.52	0.72	
				11.0	27.2	11.5	9.4	3.99	11.7	1.42	0.35	0.079						5.06	1.17	2.72	0.94	
				12.5	28.7	11.1	10.0	3.96	11.2	1.29	0.35	0.084						5.04	1.12	2.87	1.00	
13				14.5	18.9	7.8	15.0	2.25	15.6	0.41	0.26	0.022						6.81	1.56	1.89	0.80	
				14.0	18.7	8.4	14.0	7.00	15.4	0.45	0.26	0.022						6.68	1.54	1.87	0.80	
				14.7	18.8	9.5	4.7	6.78	15.2	0.51	0.25	0.023						6.58	1.58	1.88	0.87	
14				17.0	23.5	9.5	6.4	7.15	18.6	0.40	0.27	0.026						6.77	1.86	2.05	0.84	
				17.5	23.3	10.2	6.1	6.77	18.2	0.47	0.26	0.027						6.68	1.88	2.03	0.61	
				17.7	23.2	10.2	5.5	6.90	17.0	0.47	0.26	0.028						6.65	1.90	2.02	0.85	
15				22.7	28.5	12.2	7.2	7.00	24.4	0.45	0.25	0.045						6.68	2.44	2.25	0.72	
				22.4	27.3	14.0	7.5	6.92	24.1	0.51	0.25	0.045						6.65	2.41	2.70	0.78	
				22.4	27.5	14.2	6.9	6.92	24.1	0.51	0.25	0.045						6.65	2.41	2.75	0.89	
16				27.9	33.7	15.7	8.1	7.17	30.0	0.47	0.28	0.042						6.77	3.00	3.37	0.81	
				28.4	33.9	15.9	9.1	7.10	30.5	0.47	0.27	0.042						6.80	3.05	3.39	0.91	
				28.7	33.3	15.0	8.0	7.05	30.9	0.45	0.24	0.044						6.72	3.09	3.33	1.20	
17	TP+4.5 146.5	-0.5 71.5	1.75	14.7	14.7	5.4	1.5	3.92	15.2	0.37	0.10	0.021				TP +4.50	-0.5	5.01	1.52	1.47	0.15	
				16.0	15.0	6.0	1.4	3.99	16.0	0.34	0.09	0.041						5.06	1.50	1.50	0.14	
				15.7	15.0	6.0	1.4	3.76	14.0	0.45	0.10	0.027						4.91	1.40	1.30	0.14	
18				22.5	19.4	7.9	2.1	3.99	23.0	0.41	0.11	0.058						5.06	2.40	1.94	0.21	
				20.9	17.5	9.4	2.1	3.42	21.0	0.54	0.12	0.054						5.01	2.10	1.75	0.21	
				20.9	17.7	9.0	2.2	3.99	21.0	0.50	0.10	0.054						5.06	2.10	1.77	0.22	
19				25.0	22.0	11.0	2.6	3.99	25.5	0.58	0.12	0.064						5.06	2.55	2.20	0.24	
				26.0	21.7	10.4	2.7	3.76	26.5	0.48	0.12	0.071						4.91	2.65	2.17	0.27	
				27.0	22.2	12.2	2.5	3.99	27.6	0.55	0.12	0.069						5.06	2.71	2.22	0.25	
20				27.0	22.2	12.7	2.4	3.99	27.9	0.57	0.11	0.070						5.06	2.79	2.22	0.24	
				26.7	22.2	12.7	2.7	3.76	27.2	0.57	0.12	0.072						4.91	2.72	2.22	0.27	
				27.0	22.4	13.7	2.4	3.81	27.6	0.61	0.11	0.072						4.94	2.76	2.24	0.24	
21	TP+4.5 146.5	-0.5 71.5	2.05	13.0	18.0	11.0	3.2	7.25	14.0	0.60	0.17	0.020				TP +4.50	-0.5	6.81	1.40	1.20	0.22	
				14.7	20.7	10.0	3.2	6.78	15.8	0.48	0.15	0.020						6.58	1.55	2.07	0.22	
				15.0	19.0	9.7	3.5	7.18	16.4	0.51	0.19	0.020						6.77	1.64	1.90	0.25	
22				18.0	22.7	10.4	3.9	7.25	19.0	0.59	0.17	0.027						6.81	1.90	2.07	0.29	
				17.7	23.0	12.0	3.9	6.90	19.0	0.50	0.17	0.027						6.65	1.90	2.10	0.29	
				18.0	24.0	12.7	4.0	6.90	19.0	0.50	0.17	0.028						6.65	1.90	2.10	0.40	

橋梁-3 $W = 37.0 \text{ m}$ 16 12

[illegible]

付表-2 波力に関する実験データ一覧表

161

設 置 条 件	橋 梁 - 1 Pは模型値 (gr/cm ²)							橋 梁 - 2 Pは模型値 (gr/cm ²)							橋 梁 - 3 Pは模型値 (gr/cm ²)						
	T	H	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₅	T _{sec}	H ₀ m	P ₁	P ₂	P ₃ -P ₅	P ₄ -P ₃	P ₅ -P ₄	T	H	P ₁ -P ₂	P ₂ -P ₁	P ₃	P ₄	P ₅
潮位: h=17.35m H _c =+0.5								6.68	1.51	4.04	5.23	8.43	5.95	17.36	6.5	1.5	0.00	2.89	2.35	12.67	2.41
								6.58	1.51	4.24	5.00	12.56	7.14	18.71			0.00	8.62	4.12	22.00	2.23
								6.68	1.50	7.12	5.80	13.36	8.67	15.02							
										5.12	5.05	11.58	7.25	17.03			0.00	2.76	2.24	16.84	2.22
								6.48	1.91	11.55	9.84	7.68	14.46	21.91	6.5	2.0	0.00	5.00	12.96	15.17	2.89
								6.67	1.85	6.16	6.50	6.87	9.52	19.21			0.00	2.51	4.91	12.24	2.55
								6.48	1.97	6.90	7.50	8.64	9.35	16.12			0.00	4.08	10.01	12.57	2.04
										8.21	7.95	7.72	11.10	19.08			0.00	2.85	9.29	13.36	2.49
								6.71	2.44	16.96	14.33	9.82	17.81	20.04	6.5	2.5	2.61	6.74	22.21	14.17	2.74
								6.58	2.85	21.18	12.67	8.24	17.51	21.91			0.00	6.55	18.85	19.24	2.21
								6.55	2.57	19.64	13.50	6.28	18.02	23.66			0.00	7.32	20.42	18.67	2.76
										19.25	13.50	8.11	17.68	25.20			1.20	6.87	20.49	17.56	2.23
								6.60	2.10	25.80	16.67	4.12	16.66	10.09	6.5	2.0	26.14	10.01	25.91	29.67	6.46
								6.53	2.20	25.61	21.98	7.20	22.53	19.29			19.99	9.42	20.81	24.00	10.46
										20.71	19.31	5.66	24.62	14.69			25.96	10.59	24.95	26.00	8.61
																	26.70	18.14	22.56	26.56	7.61

設 置 条 件	橋 梁 - 1 Pは模型値 (gr/cm ²)							橋 梁 - 2 Pは模型値 (gr/cm ²)							橋 梁 - 3 Pは模型値 (gr/cm ²)						
	T	H	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₅	T _{sec}	H _{o m}	P ₁	P ₂	P ₃ -P ₅	P ₄ -P ₃	P ₅ -P ₄	T	H	P ₁ -P ₂	P ₂ -P ₁	P ₃	P ₄	P ₅
測定 h=14.5 H _c =0.0	4.05	1.53	7.13	10.17	2.05	7.76		4.00	1.66	7.89	8.50	2.35	6.97	5.54	4.02	1.63	6.94	4.03	17.91	2.50	0.00
	4.05	1.53	6.74	8.01	2.21	8.28		4.06	1.65	5.78	6.84	2.35	5.61	6.80	4.09	1.74	6.11	5.20	15.81	3.00	0.37
	4.11	1.33	5.97	16.50	3.06	9.11		4.02	1.65	8.86	8.67	2.74	5.27	5.66	4.09	1.73	0.00	8.01	11.97	2.50	1.34
			6.68	11.60	2.4	8.27				7.51	8.00	2.48	8.95	5.33			6.05	8.85	15.13	2.67	8.24
	3.99	2.07	16.86	32.94	5.44	11.03		4.00	2.10	9.05	10.84	4.90	7.31	7.76	4.09	2.33	14.16	11.94	24.22	3.34	2.44
	4.08	2.21	12.02	37.04	4.02	12.68		4.07	2.21	23.97	13.50	3.33	10.20	7.88	4.09	2.27	19.03	10.59	21.01	3.50	0.85
	4.05	2.14	12.70	22.00	4.20	11.82		4.05	2.06	11.36	10.50	8.05	6.80	5.17	3.91	2.37	27.88	10.78	21.98	4.03	2.38
			13.70	26.17	6.5	12.6				14.76	11.61	5.43	8.10	6.94			20.49	01.04	21.07	3.37	1.76
	4.11	2.71	23.07	17.54	5.27	11.02		4.05	2.61	20.60	12.67	5.49	8.50	6.40	4.09	2.74	43.17	15.78	32.39	5.00	2.65
	4.11	2.08	15.02	17.34	5.10	15.28		4.08	2.03	21.18	10.17	7.46	7.99	6.70	4.11	2.81	40.25	18.09	37.43	6.50	0.85
	4.11	2.54	16.08	26.01	7.65	16.13		4.06	2.60	18.07	11.34	4.12	7.99	6.53	4.02	2.75	19.03	12.22	28.52	3.67	2.21
			17.5	30.0	6.0	14.2		4.02	2.63	14.63	15.67	7.46	8.01	8.99			34.28	15.32	31.87	4.60	1.87
	4.11	2.74	15.79	39.34	9.01	15.75		4.02	2.87	18.48	10.07	5.30	10.54	7.89	4.02	2.75	30.20	12.90	30.11	4.17	2.72
	4.11	2.78	17.71	22.50	6.63	23.02		4.08	2.83	13.48	10.00	7.85	7.05	5.16	4.02	2.74	20.82	10.78	20.36	4.50	2.21
	4.11	2.74	10.67	16.84	11.90	13.17		4.06	2.86	22.16	13.67	7.46	10.54	8.86	4.06	2.78	24.15	12.51	27.91	12.00	0.81
			15.7	26.22	9.20	17.3				18.15	11.25	6.87	9.43	7.14			25.72	12.06	26.85	6.89	1.81
	5.06	1.51	4.01	16.34	12.68	9.36		4.94	1.51	9.05	7.97	12.95	9.01	12.07	5.01	1.50	0.00	3.05	5.89	2.50	1.30
	5.06	1.67	5.01	13.67	13.26	15.88		4.90	1.63	6.16	6.67	10.20	6.12	6.05	4.94	1.62	0.00	3.08	6.28	2.33	1.70
	5.06	1.67	5.39	11.57	13.26	13.85		4.97	1.62	6.93	7.34	12.56	5.44	5.66	4.94	1.60	0.00	9.05	20.81	3.50	4.76
			5.1	13.9	12.0	12.8				7.38	7.33	11.90	6.86	7.59			0.00	5.23	10.79	4.78	2.59
	5.06	2.05	5.78	13.67	9.18	12.43		5.03	1.95	13.67	11.17	29.05	10.03	8.11	4.97	1.91	2.26	9.05	13.74	4.50	2.72
	5.06	2.08	6.90	16.84	9.35	14.94		4.97	1.91	13.29	11.00	26.10	9.01	7.14	4.94	1.82	0.00	5.39	11.88	3.50	3.06
	4.97	2.08	11.17	18.17	14.28	19.28									4.82	1.85	0.00	5.01	9.82	4.00	3.23
			8.0	15.6	10.9	14.5				13.48	11.09	27.09	9.52	7.63			0.79	6.48	11.91	4.05	2.70
	5.06	2.92	7.63	18.34	8.86	17.45		4.94	2.66	20.01	17.17	21.20	15.30	8.86	4.94	2.56	16.52	7.24	20.22	5.33	5.27
	5.19	2.63	16.83	16.67	8.16	12.80		4.96	2.48	32.15	16.80	27.49	14.94	7.88	4.05	2.61	21.61	11.06	24.73	6.83	3.72
	5.00	2.86	9.63	12.01	9.01	17.85		4.87	2.45	24.44	13.67	28.07	13.43	6.65	5.08	2.87	22.25	0.06	17.24	6.33	5.61
			11.3	15.7	7.01	16.7				28.37	15.78	33.59	16.56	7.80			23.16	7.22	21.00	6.16	4.93
	5.16	3.18	25.01	17.17	14.28	18.07		4.96	3.09	28.20	20.17	35.53	18.99	8.99	4.97	3.24	58.30	10.06	42.78	8.67	7.14
	5.16	3.18	26.95	35.68	12.88	19.21		4.90	3.27	28.16	18.00	32.98	17.17	11.20	5.06	3.12	46.23	18.87	36.91	11.00	6.60
	5.00	3.21	27.26	06.68	14.28	23.26		5.00	3.26	41.72	18.02	33.76	17.04	9.02	5.04	3.22	46.91	12.71	44.17	3.34	7.31
			27.2	35.2	10.7	23.3				31.03	18.78	34.09	16.83	8.89			47.65	15.21	41.62	7.00	7.03
	6.96	1.88	7.89	12.60	10.86	5.66		6.64	1.75	15.21	12.86	12.78	9.18	15.02	5.0	3.0	52.19	15.39	35.13	7.00	5.78
	6.96	1.84	7.70	11.17	10.60	5.86		6.63	1.80	15.78	12.36	8.25	10.88	12.80			44.14	17.71	36.40	8.33	6.12
			7.20	10.17	12.75	10.70		6.73	1.75	17.14	11.67	22.98	9.86	11.03			39.41	15.60	36.84	8.33	6.12
			7.8	12.6	14.8	7.6				16.41	11.62	16.99	8.97	12.05			48.25	16.23	35.82	7.99	6.01

設 置 条 件	橋 梁 - 1 Pは模型値 (gr/cm ²)							橋 梁 - 2 Pは模型値 (gr/cm ²)							橋 梁 - 3 Pは模型値 (gr/cm ²)						
	T	H	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₅	T _{sec}	Ho _m	P ₁	P ₂	P ₃ -P ₅	P ₄ -P ₃	P ₅ -P ₄	T	H	P ₁ -P ₂	P ₂ -P ₁	P ₃	P ₄	P ₅
満位 h=14.6 Hc=0.0	6.67	1.48	7.70	12.67	44.39	13.06		6.85	2.05	33.50	18.17	23.78	16.15	14.40	6.81	1.45	0.00	4.04	9.81	5.50	3.20
	6.71	1.91	20.41	34.51	10.07	18.22		6.61	2.03	22.52	14.67	17.67	13.76	11.70	6.68	1.43	18.0	3.65	7.26	4.50	3.91
	6.77	1.96	10.97	10.24	11.90	11.05		6.61	2.04	26.57	16.50	12.76	12.24	11.97	6.58	1.47	6.74	6.40	10.41	6.50	3.74
	6.80	1.99	10.00	13.0	11.0	11.2				27.53	16.45	18.06	14.11	12.86			2.91	4.07	9.16	5.50	3.65
	6.61	2.03	31.93	15.36	17.24	18.34		6.63	2.03	34.26	20.50	13.54	17.51	13.84	6.77	1.86	0.69	5.39	12.57	7.31	3.57
	6.74	2.47	32.38	18.34	14.62	18.89		6.85	2.88	28.11	18.04	8.24	17.00	11.08	6.68	1.88	0.38	4.23	11.39	5.84	3.57
	6.68	2.38	42.43	20.50	17.17	19.82		6.40	2.61	18.37	17.00	7.26	16.66	11.09	6.65	1.90	6.86	6.90	13.35	7.50	5.78
			38.8	18.2	16.4	18.9				27.08	18.61	9.68	17.06	12.10			3.74	4.81	12.04	6.38	4.31
	6.71	2.97	02.30	02.67	18.98	24.82		6.53	3.22	30.56	21.36	8.05	21.42	14.18	6.68	2.44	20.77	8.86	23.36	14.07	4.78
	6.77	2.97	38.50	23.07	17.17	13.54		6.67	3.22	36.58	22.50	11.05	23.12	11.57	6.65	2.41	21.79	10.01	23.66	15.00	4.83
	6.74	2.97	34.08	20.34	16.66	22.16		6.60	3.22	34.07	24.17	16.85	24.82	13.91	6.65	2.41	24.01	9.05	23.75	12.67	4.08
			38.4	24.7	16.6	20.2				33.74	22.67	11.98	23.12	14.21			22.26	7.81	33.86	13.95	4.89
															6.77	3.00	23.87	13.85	31.41	18.67	5.90
															6.83	3.05	36.09	15.89	36.32	23.34	6.12
															6.72	3.09	00.95	18.29	41.22	18.00	5.95
																	36.97	15.81	36.32	20.00	5.72

設 置 条 件	橋 梁 - 1 Pは模型値 (gr/cm ²)							橋 梁 - 2 Pは模型値 (gr/cm ²)							橋 梁 - 3 Pは模型値 (gr/cm ²)						
	T	H	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₅	T	H ₀	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₅	T	H	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₅
満位 h=74.0 ⁰ H _c =0.0	4.05	1.77	26.45	8.84	5.95	7.79															
	4.05	1.67	28.22	10.67	6.80	8.59															
	4.05	1.67	18.27	8.17	4.25	8.70															
		1.71	24.1	7.06	5.70	8.36															
	4.08	2.27	26.76	25.84		8.70															
	4.08	2.07	21.81	27.14		10.45															
	4.08	1.08	19.07	24.51		10.46															
	4.08	1.20	20.62	26.01		11.21															
	4.08	2.18	41.97	25.84		4.02															
		2.17	31.29	25.71		10.57															
	4.08	2.54	28.68	22.67	6.80	8.36															
	4.08	2.44	40.62	22.67	7.86	7.02															
	4.08	2.64	42.84	21.01	10.94	10.24															
		2.54	27.8	22.6	10.20	7.2															
	5.06	1.70	18.10	6.33		7.41															
	4.70	1.53	22.16	6.30		7.79															
	4.87	1.57	22.83	6.34		7.41															
		1.61	20.7	6.06		7.54															
	4.76	1.77	21.86	6.17		8.36															
	5.00	2.01	24.64	24.01		8.16															
	4.70	2.01	28.11	23.01		8.51															
	5.00	2.04	28.07	22.84		8.74															
	4.78	2.10	25.18	21.17		8.70															
		2.06	26.72	25.26		8.58															
	5.00	2.55	25.80	24.17		10.45															
	5.00	2.52	28.49	28.01		7.21															
	4.91	2.56	22.14	26.04		8.90															
		2.55	25.5	27.5		7.6															
	6.61	2.25	27.65	25.51		7.50															
	6.58	2.27	26.75	26.41		7.51															
	6.70	2.31	27.30	26.01		9.12															
		2.27	28.0	25.3		7.51															
	6.62	2.97	28.49	22.17		8.70															
	6.74	2.86	26.62	20.51		10.07															
	6.52	2.79	27.07	27.01		8.70															
	6.69	2.31	21.20	28.24		8.47															
		2.86	27.75	20.0		7.10															

設 置 条 件	橋 梁 - 1 Pは模型値 (gr/cm ²)							橋 梁 - 2 Pは模型値 (gr/cm ²)							橋 梁 - 3 Pは模型値 (gr/cm ²)						
	T	H	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₅	T _{sec}	Ho _m	P ₁	P ₂	P ₃ -P ₅	P ₄ -P ₃	P ₅ -P ₄	T	H	P ₁ -P ₂	P ₂ -P ₁	P ₃	P ₄	P ₅
荷位 h=17.45 H ₀ =0.5 T ₀ =0.5	4.94	1.62	10.20	10.17	8.16	1.14		4.83	1.50	9.82	6.24	2.84	6.93	5.62	5.0	1.8	2.22	5.39	10.80	1.67	0.08
	4.94	1.62	12.02	10.67	10.27	1.66		4.76	1.47	9.63	9.36	2.84	8.47	5.70			2.22	6.74	15.11	2.33	0.08
	5.00	1.62	10.27	10.28	8.16	1.77		5.03	1.52	11.67	6.25	3.15	7.02	5.62			6.66	5.39	16.69	2.33	0.24
		1.67	11.20	11.21	8.7	1.62				10.07	7.52	2.74	7.02	5.53			5.37	5.84	16.20	2.11	0.11
	4.71	1.71	12.67	22.26	11.56	1.77		4.92	2.05	10.15	13.85	2.05	12.74	8.00	5.0	2.0	21.77	11.55	27.84	3.67	2.20
	4.94	1.77	11.78	10.17	10.20	1.68		4.90	2.04	17.13	10.27	3.14	11.29	7.02			20.40	8.28	20.21	1.83	1.26
	4.97	1.77	16.19	13.24	10.20	1.95		4.90	2.04	21.27	9.08	3.14	11.22	6.78			26.64	2.90	26.39	2.67	1.17
		1.75	12.9	15.0	10.7	1.7				22.85	11.08	2.88	12.18	7.10			26.28	2.24	25.65	2.72	1.93
	5.00	2.79	23.26	26.16	15.98	6.61		4.90	2.63	22.27	17.84	2.05	15.98	7.24	5.0	2.5	20.21	15.21	20.82	2.43	1.70
	5.00	2.07	23.26	21.51	17.00	5.59		4.84	2.08	12.87	16.50	3.34	12.41	8.27			21.26	17.23	28.68	4.17	1.63
	5.00	2.79	23.26	25.84	17.00	10.26		4.93	2.56	17.64	17.56	2.16	14.62	8.27			21.79	12.23	22.01	3.66	1.26
		2.76	23.2	26.5	16.7	7.49				20.10	17.29	2.62	14.32	8.66			20.22	16.27	22.77	3.77	1.20
	4.71	2.20	21.28	20.75	16.25	9.20		4.98	3.47	22.33	20.24	1.76	16.17	10.27	5.0	2.0	20.28	16.74	22.29	3.66	1.70
								4.74	3.37	19.44	19.50	2.16	14.96	7.99			22.76	16.74	21.21	6.00	1.70
								5.04	2.27	21.76	26.17	3.92	16.32	10.69			27.20	16.80	27.25	3.83	1.70
										24.83	32.17	2.61	15.32	7.68			26.78	16.26	24.48	4.50	1.70
	6.68	1.60	17.62	17.17	10.20	2.51		6.56	1.62	15.00	11.17	0.53	10.02	8.89	6.81	1.60	20.90	11.17	20.01	4.00	1.83
	6.65	1.88	15.21	16.50	9.86	2.66		6.70	1.83	16.26	11.67	0.23	10.02	9.73	6.58	1.58	22.60	10.97	18.06	5.50	1.02
	6.65	1.88	17.25	16.00	9.86	2.59		6.58	1.69	15.98	12.27	0.92	9.69	9.11	6.77	1.66	16.54	8.09	18.06	6.17	1.02
		1.60	17.26	16.6	9.77	2.89				15.91	11.67	0.66	9.72	9.28			22.04	10.08	18.98	5.20	1.19
	6.65	2.01	26.95	17.67	12.58	0.63		6.60	1.93	26.37	15.17	4.12	12.09	9.85	6.81	1.93	27.62	11.94	25.52	6.07	1.70
	6.65	2.01	25.99	27.67	15.10	7.79		6.47	1.92	27.14	16.00	4.02	11.29	10.34			29.01	15.02	26.73	4.17	1.70
	6.65	2.01	28.25	22.01	16.45	6.84		6.45	1.99	21.09	14.67	3.96	12.75	10.69			22.00	14.82	21.20	4.83	1.26
		2.01	25.7	22.5	16.1	6.09				15.23	12.41	4.12	12.41	10.22			27.89	13.93	27.62	5.06	1.69
	6.71	2.51	41.82	29.86	18.16	3.03		6.66	2.36	27.65	18.00	4.70	17.68	11.58	6.34	2.46	46.64	13.28	36.75	5.67	2.04
	6.71	2.51	41.47	29.01	22.61	9.72		6.84	2.48	31.76	18.47	3.92	11.70	12.07	6.75	2.48	27.24	13.68	39.66	4.00	1.87
	6.90	2.51	30.31	32.25	20.74	11.65		6.50	2.46	28.68	17.83	4.12	17.24	12.67	6.45	2.26	27.62	17.30	36.57	6.00	3.77
		2.57	32.7	32.6	20.5	17.2				30.33	18.20	4.31	15.64	12.44			22.20	18.76	26.91	5.22	1.93
	6.77	2.81	52.36	30.86	26.69	17.75		6.66	3.10	22.72	18.47	4.91	21.89	12.67	6.81	3.12	45.25	22.91	42.69	10.24	2.21
	6.76	2.06	40.10	31.67	27.20	20.04		6.61	2.76	24.68	22.01	4.72	22.10	12.91	6.72	3.08	46.14	22.10	41.22	7.17	2.72
	6.77	2.96	26.69	22.01	26.68	13.71		6.70	2.92	21.38	21.02	3.53	22.78	12.02	6.65	3.08	41.66	19.25	40.99	6.17	2.44
	6.68	2.96	40.42	28.84	26.23	12.71				27.26	21.01	4.05	22.16	12.67			45.68	21.75	42.24	7.89	2.23

付表-3 橋梁-2の各部に作用する波力

最大水平力・最大揚圧力は最大同時波圧時

161

No.	潮位 h=TP	周期 T _{sec}	波高 H _m	水深 T _{sec}	最大水平力 (gr/cm ²)										最大揚圧力 (gr/cm ²)										最大波力								(gr/cm ²)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
					P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₅	P ₆	P ₇	P ₈	P ₉	P ₁₀	P ₁₁	P ₁₂	P ₁₃	P ₁₄	P ₁₅	P ₁₆	P ₁₇	P ₁₈	P ₁₉	P ₂₀	P ₂₁	P ₂₂	P ₂₃	P ₂₄	P ₂₅	P ₂₆	P ₂₇	P ₂₈	P ₂₉	P ₃₀	P ₃₁	P ₃₂	P ₃₃	P ₃₄	P ₃₅																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
N-4 1 2 3	4.0	0	5.0	1.0	8.6	7.7	7.6	6.4	7.1	3.2	4.7	5.5	9.6	10.0	7.8	6.9	9.4	7.8	7.9	3.04																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								

値は模倣値である。

[illegible]

No.	潮位 h=TP	周期 H _{cm}	波高 T _{sec}	水深 H _m	最大水平力 (gr/cm ²)										最大揚圧力 (gr/cm ²)										最大波力								(gr/cm ²)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
					P ₁	P ₅	P ₇	P ₁₀	P ₁₂	P ₁₄	ΣP	P ₃	P ₂	P ₄	P ₆	P ₈	P ₉	P ₁₁	P ₁₃	P ₁₅	ΣP	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₅	P ₆	P ₇	P ₈	P ₉	P ₁₀	P ₁₁	P ₁₂	P ₁₃	P ₁₄	P ₁₅																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
0-4					66	257	24	42	35	0	48.1		5.5	9.0	9.1	7.0	0	12.7	7.3	6.8	2.59																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										