

那覇港安謝新港埠頭の静穏度に関する実験的研究

河野 二夫*・津嘉山正光**・筒井 茂明***

1. 緒 言

沖縄県の那覇港は、1972 年同県の日本復帰を契機に急ピッチで整備がすすめられているが、これまでに外かく施設の外防波堤の一部ができ上り、目下安謝新港埠頭整備・臨港道路関連工事等が行われている。

港湾の建設整備途上にあつては、種々の問題が派生してくるが、那覇港の場合安謝新港埠頭内水域の水面擾乱の問題が起っている。すなわち、同埠頭沖側水域で波高 2 m 程度の波が襲来するとき、以前に比して埠頭水域の静穏度が悪くなり、港内での荷役作業等に支障をきたすようなことが生じている。このような現象の原因としては、港内岸壁等の整備に伴って波の反射条件がかわったり、水域の平面形状の変化によって港内水振動特性がかわって侵入波に呼応した振動が生じ易くなったり、あるいは波の干渉・合成等が考えられるが、現象が複雑で解析的な説明は困難である。

この問題に対する対策の一つとして埠頭水域入口のオネベ瀬付近に防波堤を設けることが計画されている。本研究の目的はこの防波堤の港内静穏度に及ぼす効果について模型実験により検討することにあるが、オネベ瀬付近の波高分布と地形との関係についても若干の考察を試みる。

2. 実 験

2.1 実験施設

実験には琉球大学理工学部石嶺水理実験所の施設を用いた。施設の主要なものは、平面水槽、造波装置、導波装置、消波装置等であるが詳細は上記文献に述べてあるので本文では省略する。

2.2 実験模型

(1) 模型縮尺

模型縮尺は、模型再現域と実験水槽の大きさ等を考慮して幾何縮尺を 1/40 とした。この場合現象は Froude の相似則に従うので時間縮尺・速度縮尺は $1/\sqrt{40}$ 、重量縮

尺は $S_w(1/40)^3$ となる。ここで S_w は原型と模型の材料の単位重量比である。

(2) 模型の再現範囲と製作方法

模型再現範囲は図-1 に示すように安謝新港埠頭水域を中心にオネベ瀬を含む海域で東西約 1 km、南北約 1.1 km である。なお、模型海底の再現範囲は原型の -11 m までとし、それ以深の部分は -11 m の flat とした。

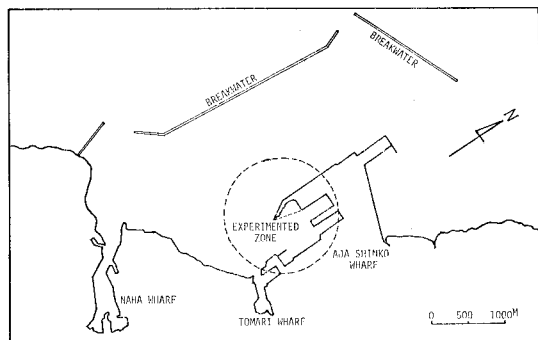


図-1 那覇港平面図と実験対象域

埠頭岸壁模型はセメントブロックによって製作し、前面はモルタル塗装した。本実験では岸壁での打上げ越波等は考慮しないことにして岸壁高は一律に模型海底（水槽底面）上 45 cm とした。

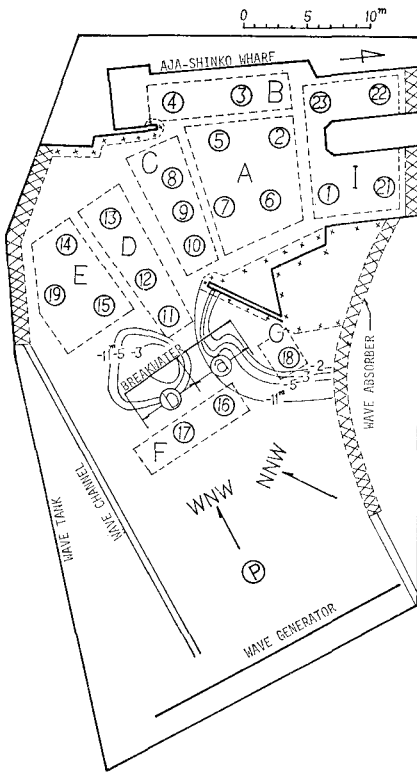
海底模型は、港内は -11 m の flat として模型では水槽底面に対応させ、オネベ瀬付近の海底は実測等深線図にもとづいて原型との現象の相似性を損なわない程度に等深線をなめらかにして模型再現した。製作方法は、等深線図によって水槽底面上にコンターラインを入れ、それに沿って各コンターの海底高に対応する高さの仕切板をとりつけたのち中詰砂によっておおよその海底地形を作り、その上に 4 cm 厚程度の表層モルタルを塗って所定の海底高に仕上げた。海底高の仕上精度は所定高 ± 1 mm 以内とした。

防波堤模型は、不透過堤の場合はモルタルで製作したものを用い、透過堤の場合は原型テトラポッドに対応する重量の栗石を用いた。なお、実験施設および実験模型の平面配置図を図-2 に示してある。

* 正会員 工博 琉球大学教授 理工学部土木工学科

** 正会員 工修 琉球大学助教授 理工学部土木工学科

*** 正会員 工修 琉球大学助手 理工学部土木工学科



図—2 実験模型及び計測点・区域区分図

2.3 実験方法

(1) 実験条件

実験潮位は那覇港の $HWL=DL+2.10\text{ m}$ に対応させた。故に模型での水槽底面（原型の -11 m に対応）上の水深は 32.75 cm となる。

実験波は、安謝新港々口沖側における原型波の波高・周期・波向が与えられ、模型波の諸元と共に示すと表—1 のようになる。

防波堤配置は図—2 に示す計画法線上 ④・⑤ 堤同時設置と ④ または ⑤ 堤のみ設置の 3 種とし、各配置に対して堤が不透過と透過の両方の場合について実験した。

表—1 実験波の諸元

波 向	原 型		模 型		水 深		位 置
	波 高 (m)	周 期 (sec)	波 高 (cm)	周 期 (sec)	原 型	模 型	
NNW	2.0	8.0	5.0	1.26	-11.0	-0.275	オネベ 瀬沖
WNW	2.0	8.0	5.0	1.26	-11.0	-0.275	〃

(2) 実験方法

実験の目的は前述のように各配置タイプの防波堤が安謝新港埠頭内水域の静穏度に対してどのような効果を有するかをみることにあり、実験ケースは入射波の波向、堤配置、堤種によって分けられて表—2 のようになる。

表—2 実験ケース

実験ケース 番 号	実 験 波			堤種別	防波堤配置
	波 向	波 高 (cm)	周 期 (sec)		
I-0-0	NNW	5.0 (2.0 m)	1.26 (8.0)	—	防波堤なし
I-A-1				不透過堤	④+⑤
I-A-2					④
I-A-3					⑤
I-B-1				透過堤	④+⑤
I-B-2					④
I-B-3					⑤
II-0-0	WNW	5.0 (2.0 m)	1.26 (8.0)	—	防波堤なし
II-A-1				不透過堤	④+⑤
II-A-2					④
II-A-3					⑤
II-B-1				透過堤	④+⑤
II-B-2					④
II-B-3					⑤

なお、造波板が固定式なので実験波の波向をかえるときは模型をつくりかえた。

実験方法は、各実験ケースにおいて、まず図—2 の P 点の波の波高と周期を表—1 に示す値に設定したのち、同図の各測点での波高・波向を計測し、港内波の状況等を普通カメラおよび 8 mm カメラで撮影した。

波高計測には電気容量式波高計を用い、ビシグラフによって波形を記録した。1 測回 2～3 点の波高を同時計測し、順次波高計を移動して計測したが、波高計移動時は波送りを中断した。P 点波は各測回とも計測記録し、実験波の check ができるようにした。波向は磁針を利用した簡単な波向計を用いて目視による計測を行なった。

3. 実験結果および考察

3.1 概 説

防波堤の遮蔽効果をみると、全体的に各点の波高分布の状況でみる場合と場所的に平均化したいいわゆる場所的波高分布でみる場合が考えられるが、ここでもこの両方による検討を行うことにした。

実験で得られた波高計測データの整理は次のように行なった。図—2 の P 点波高は造波開始後の 5 波目から数波の波高の平均をとった。P 点以外の各計測点の波高は、波形記録をみるとほとんど周期波・概周期波と判断されたので、入射波条件が一定と見做される波数範囲内の波高の平均値をとることにした。なお、波高の表示には各点波高 H を P 点波高 H_p で除した無次元波高比 H/H_p を用いてある。

3.2 各点波高分布の比較

図—3, 4 に各実験ケースにおける各点波高分布を示し

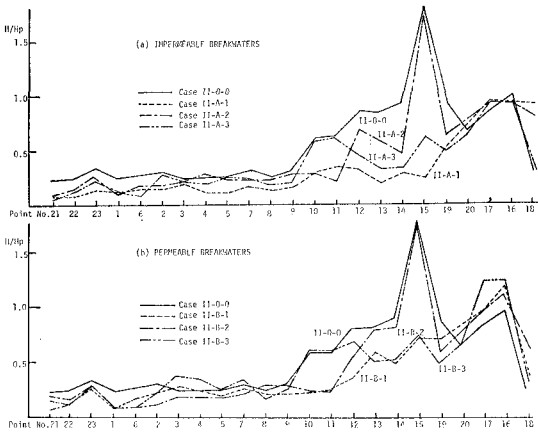


図-3 波高分布図 (波向 WNW)

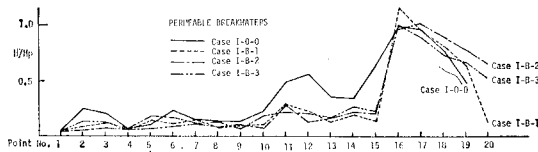


図-4 波高分布図 (波向 NNW)

た。港内域の各点については、 H/H_p の値は波向 WNW のときは各ケースとも 0.3 以下、NNW のときは 0.2 以下で実験ケースによる変動は小さい。

(1) 不透過堤と透過堤による差異比較 (図-3)

全体的な波高分布の状況は、両堤の場合ともほぼ同傾向である。港内域 (No. 21~23, 1~9) では多少の差異を無視すれば H/H_p は両堤のケースとも殆んど一致していると見做されるのに対し、オネベ瀬近傍 (No. 10~19) では両堤の場合にある程度の差がみられ、いずれの点でも透過堤のとき H/H_p は大きくなっている。これは主として堤通過波の影響と思われる。

(2) 波向きによる差異比較 (図-3 (b), 4)

全体的に各点波高は入射波の波向が WNW の場合が大きい。港内域の波は主としてオネベ瀬狭さく部からの侵入回折波に依存し、オネベ瀬背後域の波は同瀬による屈折状態かわるが、いずれも波向が港口の法線方向に近づくほど大きくなると考えられ、上述の結果はこのことと合致する。なお波向 WNW のとき、No. 15 の点はオネベ瀬の両側から屈折してまわりこむ波のぶつかる点に当り、 $H/H_p \approx 1.8$ と極端な値を示している。

3.3 各ブロックで平均化した波高の減衰効果の比較

図-2 に示すブロック区分により場所的に平均化した波高について、堤種および入射波波向による差異比較図を 図-5, 6 に示した。

(1) 不透過堤と透過堤による差異比較 (図-5)

波向 NNW の場合 (図-5 (a)) 各ブロックとも堤種による差異は殆んどないと看做されるが、波向 WNW

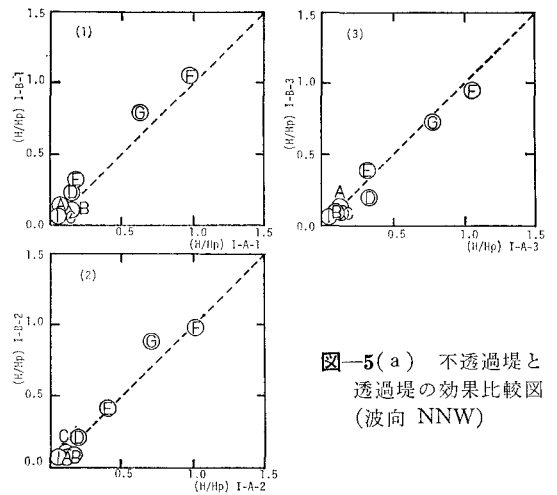


図-5(a) 不透過堤と透過堤の効果比較図 (波向 NNW)

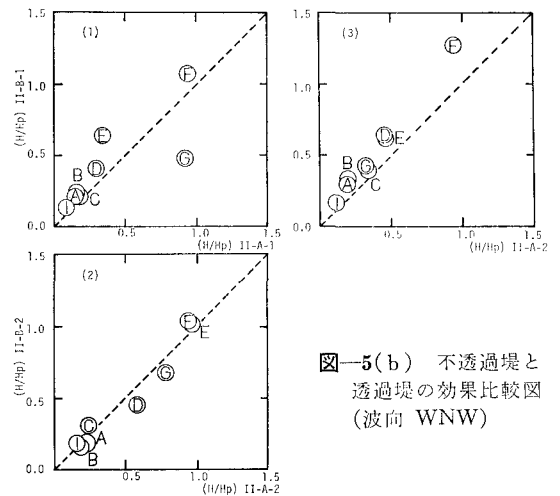


図-5(b) 不透過堤と透過堤の効果比較図 (波向 WNW)

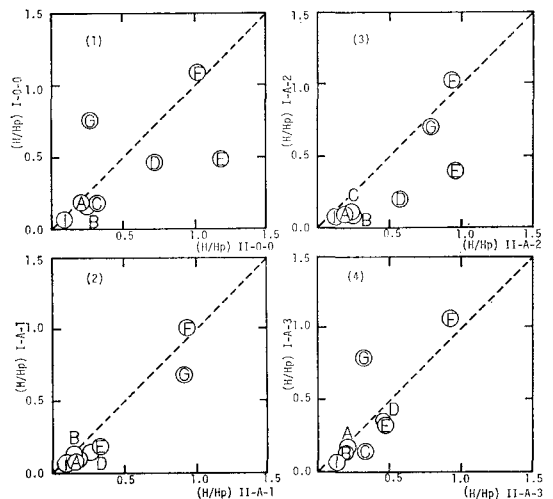


図-6(a) 入射波波向による波高分布の比較図 (不透過堤)

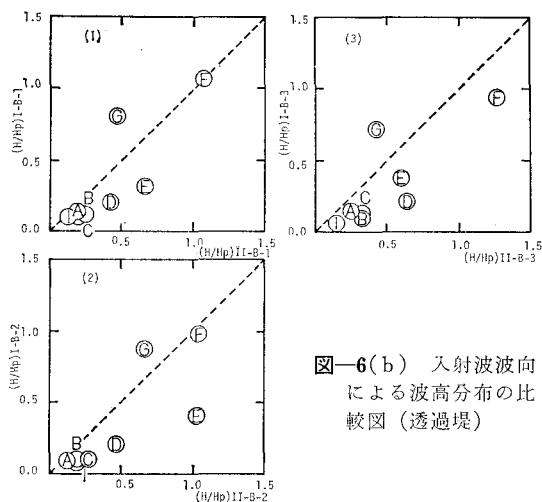


図-6(b) 入射波波向
による波高分布の比
較図(透過堤)

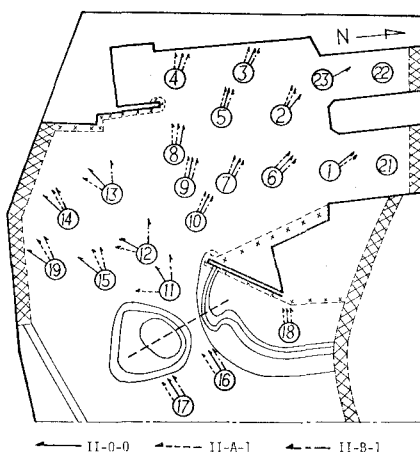


図-7(b) 波向図(入射波波向 WNW)

のとき(図-5(b))は、G域以外はいずれも透過堤の場合に H/H_p が大きいという結果を示している。

(2) 波向による差異比較(図-6)

F・G域を除くいずれのブロックについても入射波の波向が WNW の場合に H/H_p は大きくなっているが、その理由は前項 3.2 (2) で述べた事と同様と思われる。

3.4 各点の波向の比較(図-7)

図-7 は堤のない場合と堤 ④・⑤ を同時に設けた場合の各点の波向を示したものである。入射波の波向が NNW のとき、堤を設けると港口(No. 8~10)とオネベ瀬背後(No. 13~15, 9)では北側(図で右方)に偏向し、狭さく部裏(No. 11, 12)では南側に偏向している。前者は狭さく部よりの波が遮ぎられてこれらの点に対してはオネベ瀬南側からの回折波の影響が主となる為であり、後者は狭さく部側の堤端よりまわりこむ波の影響によるものと思われる。入射波の波向が WNW の場合、オネベ瀬背後(No. 14, 15, 19)では波向 NNW の場合と同様であるが狭さく部背後と港内では堤種により若干

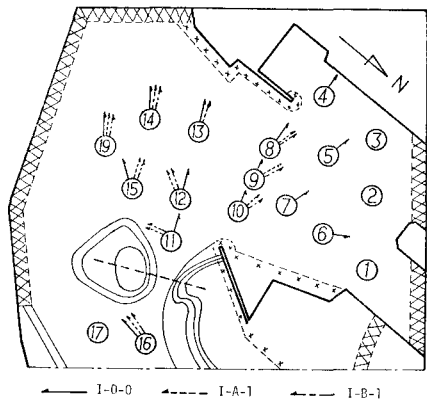


図-7(a) 波向図(入射波波向 NNW)

異なる傾向を示している。これは、この入射波波向のとき狭さく部側堤端からまわりこむ波と透過堤の場合の堤通過波が幾分波向 NNW のときより大きくなるためと考えられる。

4. 結 語

本研究において得られた成果を要約すると次のようになる。

- (1) 港内域の波はオネベ瀬付近からの回折波によるものが主で、無堤のときでも H/H_p は 0.3 以下となる。
- (2) 防波堤の遮蔽効果は図-2 中の堤 ④ と ⑤ を同時設置したとき最も大きい。堤 ④ または ⑤ のみ設けてもある程度の効果がある。
- (3) 不透過堤と透過堤の場合とでは、堤近傍での波高分布に多少の差異がみられるが、全体的にみた遮蔽効果については大きな違いはない。
- (4) 実験波の波向が NNW のときと WNW のときのオネベ瀬背後と港内域の波高については、いずれの堤配置でも波向 WNW の場合が大きくなる。

おわりに、本研究委託によりこのような研究の機会を与えて頂いた沖縄開発庁並びに模型製作を担当された株式会社アジア技研、さらに琉球大学事務局・同理工学部事務室の関係各位に対し深く感謝申し上げる。また、琉球大学土木工学科水工学研究室の昭和52年度の卒業研究生諸君、中でも新城修・津嘉山匡の両君には実験資料整理等で多大の御協力を頂いたことを記し、謝意を表する。

参 考 文 献

- 1) 河野二夫・津嘉山正光・伊良波繁雄：那覇港沖防波堤の遮へい効果に関する実験的研究，第21回海岸工学講演会論文集，pp. 109~110，1974。