

東北大学工学部 正員 工博 岩崎 敏夫

全 上 " " 沼田 淳

全 上 " " 長谷 直樹

要 旨 本実験は既存の防波堤の沖合に、新たに島堤方式の沖防波堤を設置した場合の泊地の遮蔽効果を、平面模型実験によつて確かめたものであり、島堤両側からの回折波と曲折した岸側防波堤によつて生じる反射波とが交錯する泊地の静穏度が、回折波理論による回折図と簡単な幾何学的反射図を組合せて解析した波高分布状況と比較的良好一致を得ることができた。実験は周期が0.85 Sec (現地12 Sec) の一種類の波についてのものであり、水深による屈折の影響又は砕波その他の波の変形による詳しい現象についてはなお問題を残しているが、全般的な静穏度に関しては理論的方法による解析によつてその模様を推定することが可能なことが立証されたものと思われる。

実験条件. 実験水槽は幅36.5 m, 長さ31.6 m, 最深部の水深1.0 mのもので、泊地部の水深18~25 mが充分確保できるような緩傾斜の模型床上で、縦・横の縮尺が $1/200$ の模型によつて実験をおこなった。沖防波堤は図-1に示す種類の配置のもので、波向 $N120^\circ$ と $N170^\circ$ の二方向の波が対象とされており、固定された造波機に対して模型の防波堤配置を図のように移設して実験をおこなっている。したがつて屈折現象については良い相似が得られないうが、泊地部の水深は現地より1~2 cm深くとつてあるのでその影響は少いと考えられる。実験波は $H_0 \div 1.5$ cm (現地3 m) である。

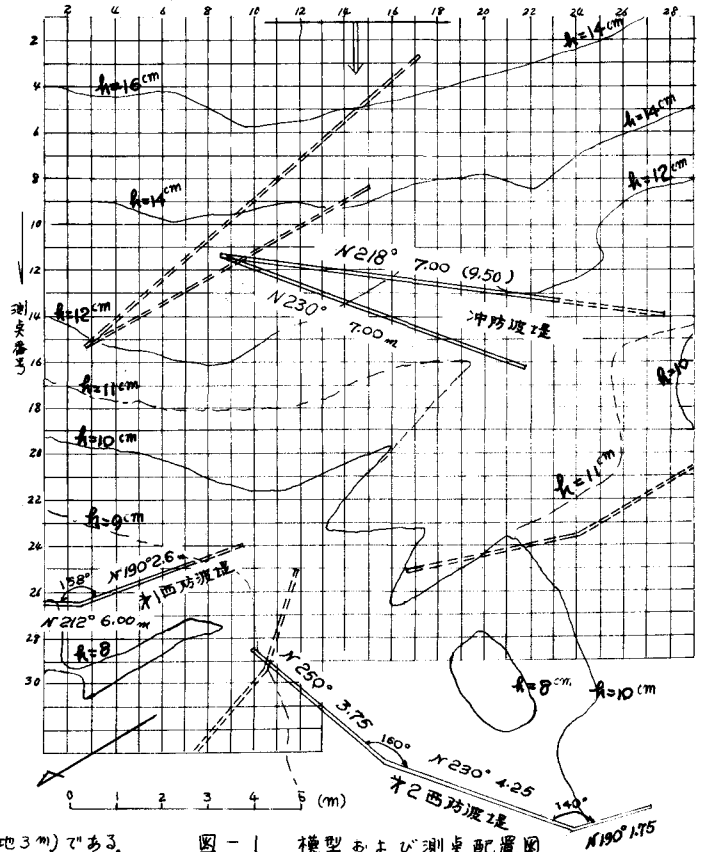


図-1 模型および測点配置図

実験結果 実験は図に示す50 cm方眼の各測点について、階段抵抗式波高計を用いて連続する100~150波の波高を測定し、そのうち高い波が続いている部分を取り出してその平均値を求め、沖波波高に対する比として整理した。斯くして得られた波高分布図に等波高比線を記入したものが図-2, 3である。一方これらと同じ防波堤配置について、島式沖防波堤両端からの回折と岸防波堤による反射波を組合せて作った波高分布図が図-2', 3' である。同図は次の規準にもとづいて作成したものである。

1) 沖防波堤両端からの回折は、半無限堤のPutnam, Arthurの示した回折波理論によるものとして図

折図を作る。この場合、回折波の周期は一定であり、堤端 O, O' を中心とする同心円形の波高分布を示して波向線はそれぞれの点からの放射線上に進行する。

2) 両側からの回折波が泊地中央で重合する場合、両波の重ね合せにより波高が形成される。

3) 岸防波堤からの反射波は入射角の相違による波向線の収斂・発散と考慮して $H_1 = \sqrt{b/b_0} \cdot H$ (但し b : 波高直交線の間隔) の波高比計算を行い、かつ反射率は1.0と假定した。

4) 岸防波堤開口部からの侵入波は、港口部の波高比が港内回折係数の割合で減衰するとした。

図-2', 3' の回折条件は左表に示す値のもので、沖防波堤の回折波は $L_{h=12cm} = 82\text{ cm}$ 、港内回折波には $L_{h=10cm} = 76\text{ cm}$ を用いた。

ケース	沖防波堤		沖防波堤の入射角		回折図の入射角		中央港口の入射角 θ	開口幅	
	方位	延長	西側	東側	西側	東側	現地	回折波	反射波
(1)	N 218°	7.00 ^m	132°	48°	135°	45°	85°	90°	110°
(2)	N 218°	7.00 ^m	82°	98°	90°	90°	35°	30°	—

〔実験:(1)〕 波向 N170° に対する沖防波堤配置 B の遮蔽効果を示したもので、沖防波堤西端を (+X) 側を回る波向線が中央港口に入射する形をとる。したがって港口には回折係数の大きい波が直進する。さらにオニ西防波堤中央部からの反射波は、沖防波堤で再反射して入射角 110° で港内に侵入する。この二方向からの波で港内は波高比 1.0 以上の合成波が形成され、等波高比線の X 方向への広がりも理論値より大きくなっている。沖側泊地の静穏度はオニ西防波堤からの反射波で悪くなり、波高比 1.0 以下の領域は沖防波堤の中央部より東側に縮小される。測定した等波高比線の分布図からは、このことが明らかに認められる。中央港口の沖合航路筋線上には、沖・岸両防波堤からの反射によって波高比 3.0 ~ 4.0 の分布があらわれており、図-2' の解析の結果と一致する。

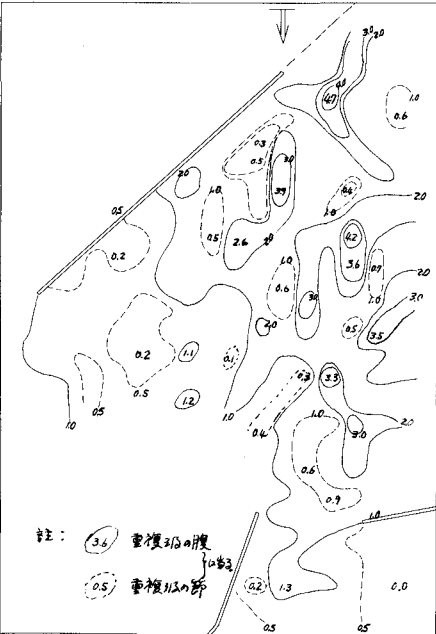


図-2 実験1の波高比分布図

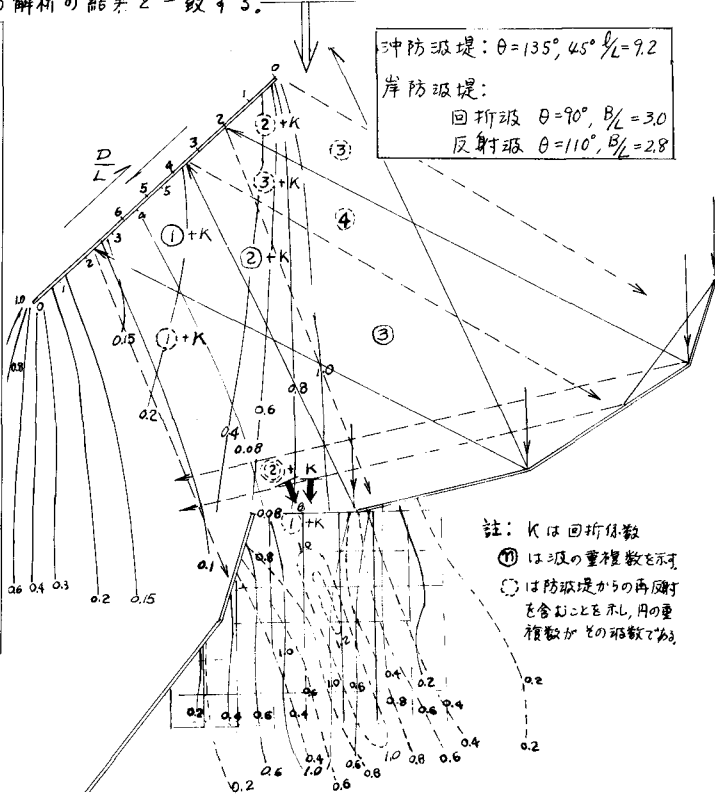


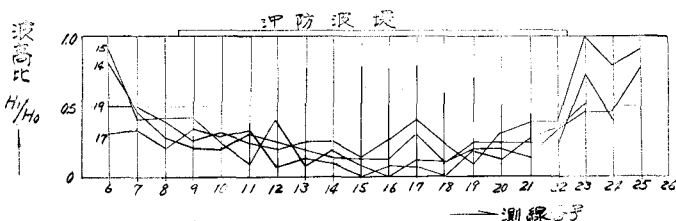
図-2' 実験1の回折、反射図

波の影響も少く、ほぼ理想的状態のもとで実施している。したがって境界条件が適正であるとき、入射波と障外物とによって生じる波高の変化状況は、その波についての回折・反射および屈折現象を適宜に組合せることによって、充分な正確さで波の状況を推定することができるものと思われる。

さらにこの場合、沖波入射波のそれぞれの経路上における位相の関係を解析することによって、重複波が生じる場所での腹・節の分布状況をも識別することが可能であり、図-2にあらわれた港口航路筋上の相隣る波高のピークと低い所(赤線で括弧されている)は、反射波の集中によって生じた重複波の腹・節に相当するものであることがわかる。以下に実験による資料と解析資料との相互間の特性についてとりまとめる。

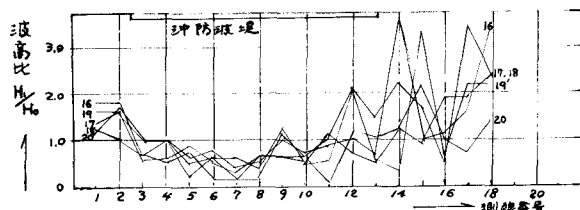
1). 模型実験においては一般に長時間波を起して測定することが多く、対象構造物が反射率の大きいときはこの波の処理が実験精度に大きく影響する。今回の現状実験では、充分な水面の余裕と入射波両側での消波装置を設けて行っているが、岸防波堤からの反射波で横方向の二次波が発生し、港内への回折は入射角 40° の港口方向への侵入が強調される結果を与えた。これは全このシリーズについても考慮すべき事項であり、境界の影響を充分考慮して測定値の判断をすべきものと思われる。

2) 沖波 $N120^\circ$ の実験では、沖防波堤と造波板との間の定常波運動が卓越して泊地への回折波が減少した傾向がある。しかし嶋堤両側からの回折波の分布および岸防波堤からの反射波は解析の結果と良い一致を示した。



(a) $N120^\circ$ Case B 測線(14, 16, 17, 19)

3) $N170^\circ$ 波に対する防波堤配置は、反射・回折波によって複雑な波高分布を示した。にもかかわらず解析図の示す特性は実験結果と全般的に同傾向であることが認められた。沖防波堤の岸側の波向に直交な方向の波高変化状況は図-4のとおりである。



(b) $N170^\circ$ Case B 測線(16~26)

図 4 防波堤岸側のX方向の波高比変化図

4) 上記の他では、一般的に実験では計測を詳細に行うことによって現象の精確な解析が可能であり、上述した現象以外の例えば碎波・長周期の水位変動或は流れ等についても検討することができるが、現地との相似性については模型の規模・境界の条件を考慮して考察することが必要である。一方図上解析による法方は全般的な傾向の検討に役立つ、単純な遮蔽効果の検討等では充分実用性があることがわかった。しかし波運動の詳細な現象の解析においては自から限界が数えられる。したがって兩者を効果的に併用して目的とする事項の検討を行うことが重要であると思われる。本実験は福島県小名浜港のSea Berth計画に関連して県から提起された問題の検討を行ったもの、一部であり、本実験に直接参画された県港湾課・小名浜港建設事務所の方々に厚く謝意を表する。

参考文献: 1. 港湾構造物設計基準 日本港湾協会 1967年。

2. 海の波の回折計算法と回折図 森平倫生 奥山育英: 港湾技研資料 No.21。

3. 防波堤開口部に斜めに入射する波の回折図 高井俊郎: 港湾技研資料 No.66。