

II-85

可動斜板堤による波浪制御に関する
3次元不規則波実験

室蘭工業大学大学院 学生員 山 陰 正 博
 室蘭工業大学工学部 正 員 近 藤 俣 郎
 大成建設株式会社 正 員 酒 井 雅 史

1. はじめに

我が国は四方を海に囲まれ、その海岸線も古くから漁業はもちろんのこと、海水浴、ヨット、海洋レクリエーションの場として人々に使用されてきた。近年、人々の生活が豊かになるとともに、憩いの場としてそれらの海洋空間を有効利用しようという要望が年々高まっており、多目的に活用でき、低コストで景観性に優れた消波構造物の開発が唱えられてきた。こうした目的にかなう構造物の1種として考案し、我々が研究を進めてきた可動斜板堤 (BEACH) の水理特性について、現在まで規則波を対象とした研究がなされてきた。本論文はこれに新たに不規則波を加え、これまでに得られた結果を報告するものである。対象となる可動斜板堤 (図-1) は緩い傾斜角 (20° 度) を持つ板の上で入射波を反射、砕波することにより消波効果を高めようとする構造物である。また、これは、基礎部と斜板部とからなり、これらをヒンジで結合して入射波を受けることにより斜板部が可動する特徴がある。本研究は3次元水槽を用いて、この特徴の及ぼす影響を実験的に調べることである。

2. 実験装置及び実験方法

実験に使用した水槽 (図-2) は、本学地域共同研究開発センター内に設置された内側寸法、長さ9m、幅6m、深さ0.48mの平面水槽で、一端に多方向不規則造波装置 (日本テトラポッド (株) 製作、造波機11機、パネル数 0.6@10) を有する。また、水槽壁による反射の影響を軽減するために、他端と側壁には直立金網フィルターとヘチマロンによる消波工を設置した。模型は造波板より3mの地点に設置した。各種データの測定は、波高は容量式波高計、水粒子速度は電磁流速計により取得し、ペンオシロ、A/D 記録装置に記録したあと解析を行った。

3. 目的と実験方法

本実験は、模型を複数個 (7体) 用いてその配置形状の違いが周辺の波浪制御に及ぼす影響を調査し、効果的に周辺波浪を制御する配置方法を決定することを目的としている。実験方法

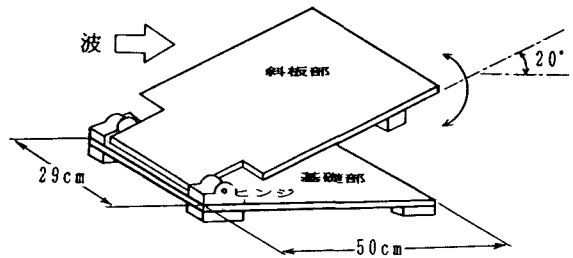


図-1

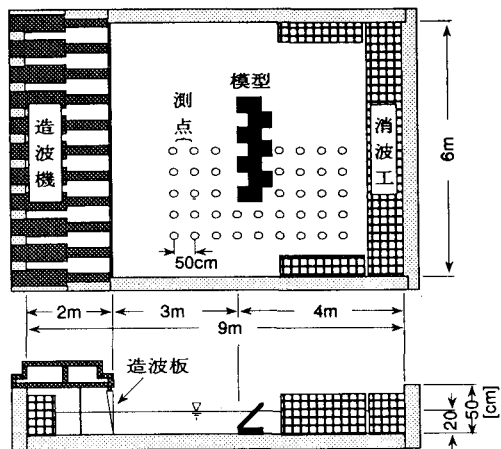


図-2

表－1 実験方法及び測定項目

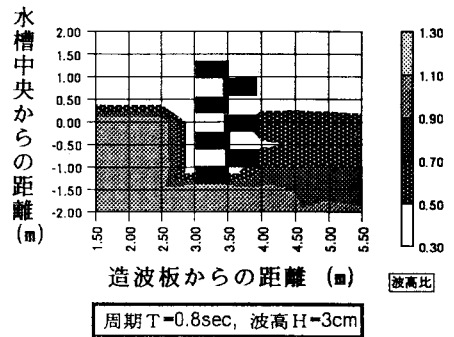
実験条件	対象模型：可動斜板堤（斜板部が可動，M型），固定斜板堤（斜板部が固定，F型）	
	配置形状：一直線型 M0, F0 （隣同士の位相差なし） 千鳥型 { M1, F1 （隣同士の位相差10cm） { M2, F2 （隣同士の位相差20cm） { M3, F3 （隣同士の位相差 1/2波長）	
	有義波高：H = 1.0cm, 2.0cm, 3.0cm	※模型長 X の定義 X = 模型単体の長さ + 位相差 ex) M2がたの模型長は X = 模型単体の長さ + 20cm
	有義周期：T = 0.6, 0.8, 1.0sec	
測定項目	周辺波高（計39点） 反射率 Kr, 伝達率 Kt 水粒子速度（計2点）	

は表－1 に示す実験条件に従い波を起こし、模型周辺に50cm間隔、計39点の測点を設けて波高を測定する。また同時に反射率（入反射分離推定法）及び伝達率を計算する。水粒子速度は模型後方の2点を計測した。

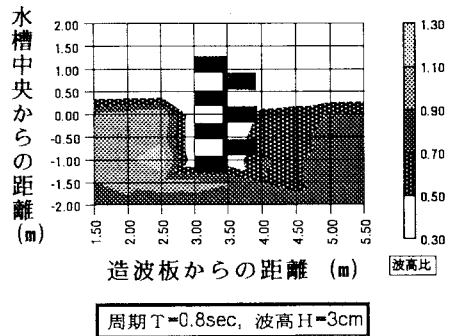
4. 実験結果と考察

〔周辺波高分布実験〕

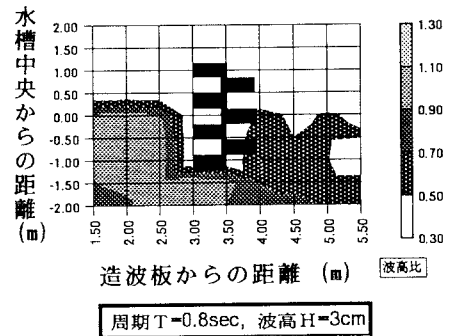
図－3、4 に模型周辺波高比分布の結果を示す。これらは、それぞれ有義周期 $T=0.8\text{sec}$ 、波高 $H=3\text{cm}$ の配置形状F3, M3のものを示している。可動斜板堤は波を受けて斜板が動く構造なので、後方へ波を造ってしまう欠点がある。しかし、M3型のようにとなり同士の模型の位相を $L/2$ ずらす事で、ある程度後方においても波高を抑えられる事が分かり、規則波実験同様、M3型配置は有効な配置形状と思われる。また、可動斜板堤の特徴として、波浪制御の影響を及ぼす範囲が広い事が挙げられる。図－3を見ると、F型（固定）では波高比0.5～0.7の範囲が堤体の陰の部分にまっすぐ後方へ分布しているのに対して、図－4を見ると、M型（可動）では横方向へやや広がって分布しているのが分かる。この理由としては、固定斜板堤では入射波が堤体の隙間から、あるいは回折して堤体後方へ回り込んで伝達するのに対して、M型の伝達波は、そういった波と斜板が動揺して造り出す発散波の相互干渉により形成されるので、堤体を中心として同心円状に発生する発散波の影響により広がったものと思われる。図－5は規則波における波高比分布であるが、不規則波に比べて値が小さく、逆に言えば不規則波においては低周波成分の回折により規則波よりも伝達する割合が多くなるものと思われる。



図－3 周辺波高比分布（F3型、不規則波）



図－4 周辺波高比分布（M3型、不規則波）



図－5 周辺波高比分布（M3型、規則波）

〔反射率と伝達率〕

(1) 模型の配置形状による反射率と伝達率

この実験は、周期と波高を一定にして可動斜板堤の配置形状を変化させたときの反射率と伝達率を調べ、もっとも消波効率の良い配置形状を決定することを目的とする。また、比較のために固定斜板堤についても同条件で実験を行った。結果を図-6に示す。縦軸は伝達率と反射率、横軸には模型長と波長の比 X/L を取って有義周期 $T=0.8\text{sec}$ 、波高 $H=2.0\text{cm}$ の値を示したものである。ここで○は反射率、□は伝達率を示し黒く塗っているものが固定斜板堤を示している。反射率を見ると、可動斜板堤の方が全てのケースに関して、反射率は低くなっていることが分かる。また、固定斜板堤では、隙間を開けるほど反射率が低くなっているのに対して、可動斜板堤では、配置形状を変えてもほとんど反射率に変動が見られないことが分かる。これらの理由として、斜板が動くために後方へ波を伝達することと、堤体の位相をずらすことにより生ずる異なる位相の発散波が、模型前方へ影響を及ぼしているものと思われる。伝達率を見ると、ほとんどのケースに関して可動斜板堤の方が高い値を示しているが、M3型においてはやや低い値を示し、隣同士 $L/2$ 波長堤体をずらすことによって伝達率においても低くできる。

(2) 周期の違いによるM3型配置の効果

本実験は、可動斜板堤におけるM3型配置($T=0.8\text{sec}$, $X=94.4\text{cm}$)を用いて、周期を変化させたときの反射率と伝達率を調べることを目的としている。結果を図-7に示す。これは縦軸に堤体の反射率と伝達率、横軸に模型長と波長の比 X/L を取って、周期 $T=0.6\sim 1.0\text{sec}$ 、波高 $H=2\text{cm}$ と 3cm の値を示したものである。ここでの表示は図-6と同様であるが、黒く塗りつぶしているのは波高 $H=3\text{cm}$ を示す。反射率を見ると、波高 $H=2\text{cm}$ においては低周期ほど低くなり、また、波高 $H=3\text{cm}$ においては周期による変動が見られないことが分かる。これらの理由としては、波高が低い時は斜板の動揺量も小さく斜板を固定したものと同一傾向を示すが、波高が高くなると動揺量も増すため発散波の影響も大きくなり、位相の異なる発散波の相互干渉によって、反射率においては周期による変化が余り見れないものと思われる。次に伝達率を見ると、周期 $T=0.6\text{sec}$ 、波高 $H=2\text{cm}$ において高い値を示している。これは波高が小さく余り動揺していないケースなので、堤体をずらすことにより生ずる異なる位相の発散波の効果が少ないものと思われる。また周期 $T=0.8\text{sec}$ では他の周期よりも小さな値を示している。これは、堤体の配置形状が周期 $T=0.8\text{sec}$ のものを取っているため、発散波の相互干渉の効果が他の周期のものより大きいものと思われる。このことから堤体の配置形状に関しては、周期に合った配置形状を取る必要がある。

(3) 規則波と不規則波による相違

本実験は周期 $T=0.8\text{sec}$ 、波高 $H=3\text{cm}$ における規則波と不規則波について、配置形状M3型の反射率と伝達率を調べることを目的としている。結果を図-8に示す。表示は図-6と同様であるが、黒塗りは規則波を示している。これを見ると伝達率、反

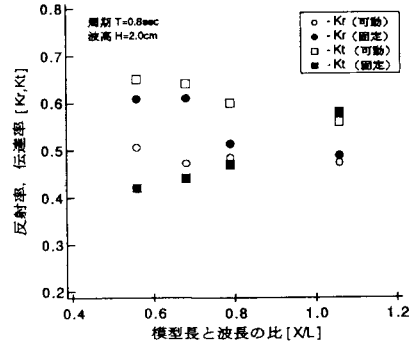


図-6 配置形状による K_r, K_t

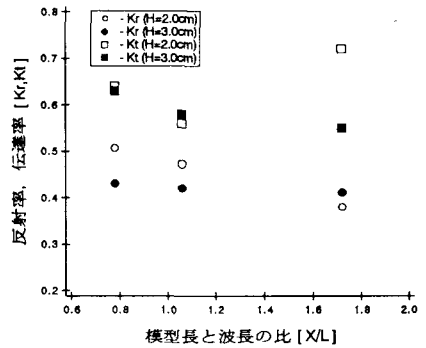


図-7 周期の違いによる K_r, K_t

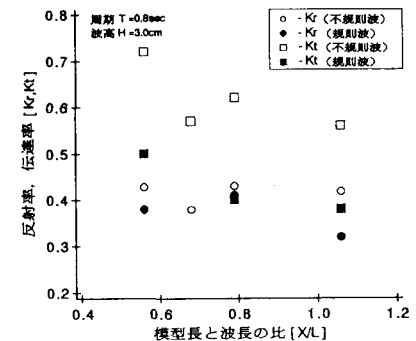


図-8 規則波、不規則波による K_r, K_t

射率ともに不規則波での値が高くなる。この理由として不規則波は、多数の周期の波の合成であることから、特に低周波成分の波の回折により伝達の割合が大きくなるものと思われる。

〔水粒子速度実験〕

本実験は堤体周辺の水粒子速度を測定し、斜板を可動させることによる影響を調べることを目的としている。実験波は、周期 $T=0.8\text{sec}$ 、波高 $H=3.0\text{cm}$ のものとした。結果を図-10に示す。これは縦軸に水粒子速度比 V_x/V_0 を、横軸に模型長と波長の比 X/L を取ってプロットしたものである。○を固定斜板堤、△を可動斜板堤とし、黒く塗りつぶしたものはpoint 2（図-9）の値を示している。ここで水粒子速度比の定義は、固定斜板堤F0型のpoint 2における水粒子速度の最大値を V_0 として、それぞれのタイプの水粒子速度の最大値をこの V_0 で除した値である。この図よりpoint 1よりもpoint 2で負の値を示しており、この点では斜板に向かう方向に水粒子の運動が卓越している。また可動斜板堤の値▲が固定斜板堤の値●よりも小さな値を示していることから、可動することによりその傾向は強くなると思われる。M3型においてはいずれの地点でも負の値を示す。これまでの実験により、この配置形状における波浪制御が最も優れていることから、波浪制御においては、斜板のすぐ後方で負の運動を引き起こすことが影響するものと思われる。

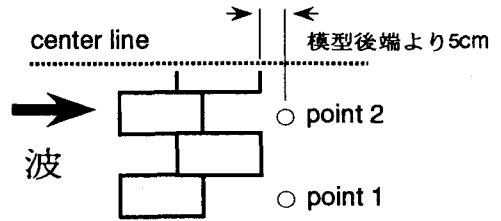


図-9 計測位置

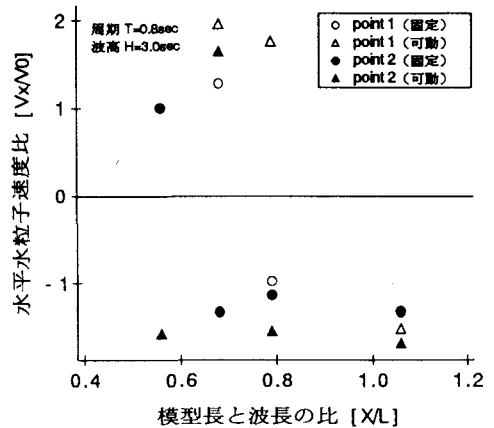


図-10 水粒子速度比

5. まとめ

- 1) 可動斜板堤においては、横方向の発散波によって堤体周辺に及ぼす波浪制御の範囲が広がる。
- 2) 堤体の配置形状を波長の1/2 ずらすことにより伝達率を低くできる。
- 3) 不規則波では多数の異なる周期の波が存在することから、特に低周波成分における回折波によって規則波よりも伝達率が高くなる傾向にある。
- 4) 可動斜板堤では堤体後方の水粒子運動が負の方向（堤体に向かう方向）に卓越しており、最も伝達率の低い配置形状であるM3型においてそれが顕著である。

6. 参考文献

- 1) 田中良弘・酒井雅史・近藤一郎：可動斜板堤 (BEACH) の水理特性について，土木学会第45回年次学術講演会概要集，1990。
- 2) 酒井雅史・吉田敦・近藤一郎：可動斜板堤の消波・波力特性について，土木学会第46回年次学術講演会概要集，1991。
- 3) 吉田敦・酒井雅史・近藤一郎：可動斜板堤 (BEACH) の動揺と消波の特性，土木学会北海道支部論文報告集，1992。
- 4) 山陰正博・近藤一郎・酒井雅史・吉田敦：可動斜板堤による3次元波浪変形特性，土木学会第47回年次学術講演会概要集，1992。