

II—10 港湾模型実験に関する考察(3)

—歪模型に関する基礎的実験—

北海道工業大学 正員 村木 義男

北海道工業大学 正員 沢地 祐宏

発表者 沢地 祐宏

1. まえがき

昭和 55 年度の本論文集において、実際の港についての歪模型実験例を示したが、その後単純な模型を製作し、歪模型に関し基礎的な実験を行ったのでここに報告する。

海岸、港湾に関する実験の1つに防波堤の遮蔽効果に関する実験があるが、この場合港全体および港外の相当広い範囲を模型の中に入れる必要があるため、水槽の大きさの関係から模型を小さくつくるなければならないことがある。模型があまりに小さくなる時は水平縮尺と鉛直縮尺とを変え、いわゆる歪模型により実験を行うことが一般に許されている。ただし、この場合波の屈折現象や水深変化に伴う波高変化を主として対象とし、反射・回折の影響が非常に少ないことを条件として、歪模型の相似法則にしたがって実験が行われている。筆者らは小型歪波水槽($4\text{m} \times 6\text{m} \times 0.4\text{m}$)を所有しているが、小さいためその利用は極度に制限される。そこでこの有効利用をはかる立場からさきに(55年度)ある小さな漁港を例に、歪なし模型と歪模型について実験を行ない両者の比較を行ったが結果に大きな差が認められた。

そこで、その原因および歪模型実験そのものの相似性を実際の立場からしるため、今回は基本にたがえり一様こう配の水路模型を製作し比較実験を行ったのでここに結果を報告する。

2. 実験方法

図-1に示すように小型歪波水槽($4\text{m} \times 6\text{m} \times 0.4\text{m}$)の中に水平縮尺 $1/200$ 、鉛直縮尺 $1/200$ 、一様こう配 $1/50$ の歪なし水路模型と水平縮尺 $1/200$ 、鉛直縮尺 $1/100$ 、一様こう配 $1/25$ の歪水路模型をつくり実験を行った。実験に用いた周期は現地スケールで7秒・10秒の2種類である。したがって歪なし模型での波の周期は相似法則により0.49秒・0.71秒、歪模型では鉛直縮尺の平方根をとることから0.7秒・1.0秒になる。また実験に用いた波は、沖波の波形こう配 $1/1$ で、歪なし模型において0.027~0.100、歪模型において0.027~0.070である。測点位置は、図-1に示すように1、2、3、4、5、6の6点でありその水深は現地スケールで順に30m、12m、10m、8m、6m、4mである。また測点ごとの間隔は歪なし模型、歪模型共に現地スケールで100m、模型で50cmであり、波高は6点同時に測定した。波高測定には計測技研KK製容量式波高計を用い、その記録は電磁オシログラフにより記録した。一周期・一波高につき2回実験をくり返しその平均値をデーターとした。波高計のキャリブレーションは

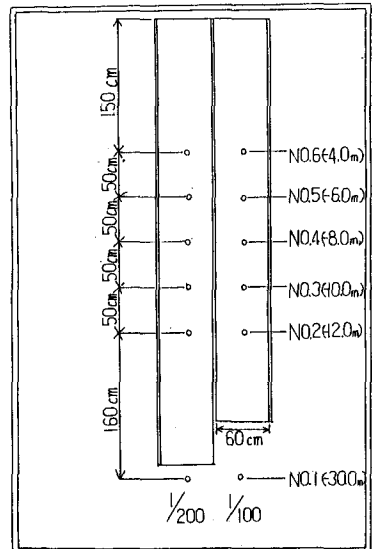


図-1

各周期毎の前後に行ない充分注意を払った。また一定水位を保持し実験間隔については目測で可能な限り水平の動揺がなくなった後、次の実験を開始した。造波機は連続式偏心装置を有するフラップ型である。

3. 実験結果および考察

今回実験に使用した沖波の波形こう配は歪なし模型(1/200模型)において $\epsilon = 0.027 \sim 0.100$ 、歪模型(1/100模型)において $\epsilon = 0.027 \sim 0.070$ であり、沖波高が破波しない波高を使用し歪なし模型(1/200模型)と歪模型(1/100模型)との比較は沖波の波形こう配が対応する範囲($\epsilon = 0.027 \sim 0.070$)とした。

横軸に沖波高(H_1)、縦軸に波高比(H/H_1)をとり相対応する周期別の沖波高に対する波高比の変化を各測点毎に描いた。本報告には、測点2(模型入口)と測点5(模型奥)の2例をそれぞれ図-2、図-3に示した。図-2より測点2においては歪なし模型(1/200模型)で沖波高が約3 cm以上になると、波高比が急に減少している。またこの時の沖波高3.0 cmは、測点2の水深6 cmの1/2になっている。この傾向は測点5においてもあらわれている。歪なし模型(1/200模型)で沖波高が1.8 cm以上(水深3 cm)、歪模型(1/100模型)で沖波高が3.7 cm以上(水深6 cm)になると、波高比が急に減少している。またこれは相対応する周期が違う図-3の測点5においてもあらわれている。すなわち、歪なし模型(1/200模型)で沖波高が2 cm以上(水深3 cm)、歪模型(1/100模型)で4 cm以上(水深6 cm)になると波高比が急に減少している。一般に波が破波する波高は水深の1/2以上といわれているのでこの現象は破波したためと考えられる。そこで、横軸に測点、縦軸に波高比をとり水深の変化による波高比変化をわけてみると、図-4、図-5のようになりこのことが理解される。(各周期について描いたがここでは2例を示した)すなわち、一般に底面が一定こう配の時水深が減少すれば波高比が増大するといわれてい

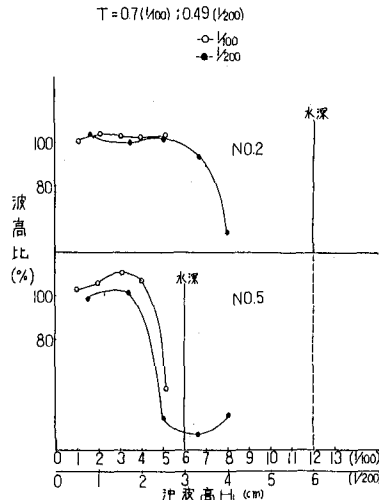


図-2

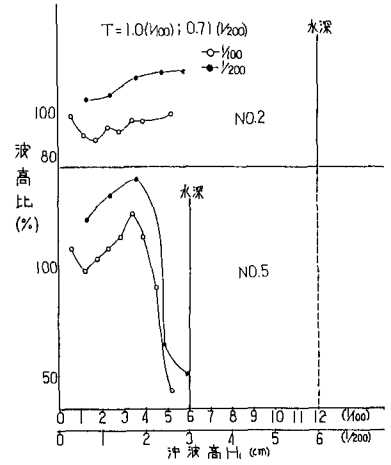


図-3

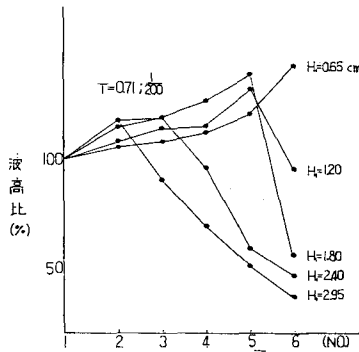


図-4

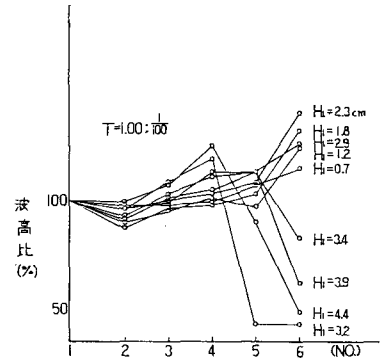


図-5

NO.	砕波限界沖波高 H_1 (cm)
1	$T=0.7(1/100)$ $T=0.49(200)$
2	$H_1 > 5.15$ $2.5 < H_1 < 3.35$
3	$H_1 > 5.15$ $2.5 < H_1 < 3.35$
4	$H_1 > 5.15$ $1.75 < H_1 < 2.50$
5	$4.0 < H_1 < 5.15$ $1.75 < H_1 < 2.50$
6	$2.5 < H_1 < 3.05$ $1.03 < H_1 < 1.75$

表-1

NO.	砕波限界沖波高 H_1 (cm)
1	$T=1.0(1/100)$ $T=0.71(200)$
2	$H_1 > 5.15$ $2.5 < H_1 < 3.35$
3	$H_1 > 5.15$ $2.4 < H_1 < 2.95$
4	$H_1 > 5.15$ $1.8 < H_1 < 2.40$
5	$3.9 < H_1 < 4.4$ $1.8 < H_1 < 2.40$
6	$2.9 < H_1 < 3.4$ $0.7 < H_1 < 1.27$

表-2

るから、波高比が水深の減少にもかかわらず増大せず急に減少するということは碎波現象が起ったためと考えてよいであろう。また図-2の測点2, 5についても図-4・5と同様な図を描き理解することができる。

次に碎波限界沖波高について考えてみる。

前にも述べたように図-4は周期1.0秒の歪模型(1/100模型)の波高比の変化を示した図である。これによると沖波高が0.7, 1.2, 1.8, 2.3cmの時、測点6は測点5より波高比が増大している。沖波高が2.9cmの時、測点6は測点5より波高比が27%増大したのに対し沖波高が3.4cmの時、逆に

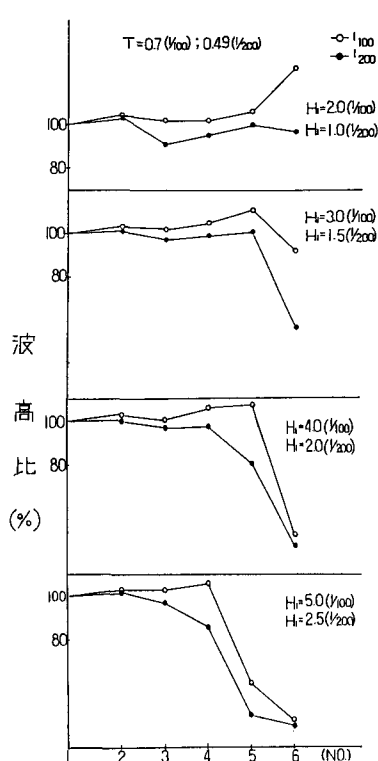


図-4

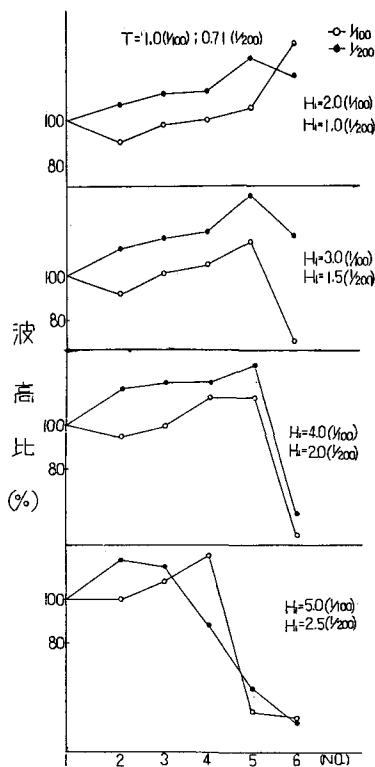


図-5

30%減少している。このことから測点6において碎波限界沖波高(H_L)は、 $2.9 < H_L < 3.4$ cmの範囲にあると思われる。この様にして各周期について、水深変化にともなう波高比の図すなわち、図-4・5のような図を描き、この図より各測点ごとの碎波限界沖波高を求め表にしたのが、表-1、

$T=0.7(1/100); 0.49(1/200)$

ケース	H(cm)	差(%)					
		H_2/H_1	H_3/H_1	H_4/H_1	H_5/H_1	H_6/H_1	H_6/H_5
5	2.0	1.0	1.0	1.0	7.0	6.0	19.0
6	3.0	1.5	2.0	5.0	5.0	0.0	35.0
7	4.0	2.0	2.5	4.5	6.0	24.0	5.0
8	5.0	2.5	1.0	8.0	20.0	15.0	3.0

表-3

$T=1.0(1/100); 0.71(1/200)$

ケース	H(cm)	差(%)					
		H_2/H_1	H_3/H_1	H_4/H_1	H_5/H_1	H_6/H_1	H_6/H_5
1	2.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
2	3.0	1.5	2.0	1.0	1.0	1.0	1.0
3	4.0	2.0	2.0	2.0	7.0	15.0	10.0
4	5.0	2.5	2.0	8.0	32.0	1.0	1.0

表-4

表-2である。表-1より歪模型(1/100模型)周期0.7秒、歪なし模型(1/200模型)周期0.49秒の時の碎波限界沖波高は、測点2において歪模型(1/100模型)で、 $H_L > 5.15$ cmこれを歪なし模型(1/200模型)にすると波高は1/2になるから $H_L > 2.6$ cmとなる。これに対して歪なし模型(1/200模型)における測点2の碎波限界沖波高は、 $2.5 < H_L < 3.35$ cmであるので、測点2における碎波限界沖波高は、歪模型(1/100模型)と歪なし模型(1/200模型)ともに同じ下限をもっている。測点5においては、歪模型(1/100模型)で $4.0 < H_L < 5.15$ これを歪なし模型(1/200模型)に対応させて $2.0 < H_L < 2.58$ cm、歪なし模型(1/200模型)で $1.75 < H_L < 2.5$ cmとなり同じ範囲に碎波限界沖波高をもっている。表-2より歪模型(1/100模型)周期1.0秒、歪なし模型(1/200模型)周期0.71秒の時の碎波限界沖波高は、測点2において歪模型(1/100模型)で $H_L > 5.2$ cm これを歪なし模型(1/200模型)に対応させて $H_L > 2.6$ cm、歪なし模型(1/200模型)で $H_L > 2.95$ である。測点5においては歪模型(1/100模型)で $3.9 < H_L < 4.4$ cm、歪なし模型(1/200模型)に対応させて $1.95 < H_L < 2.2$ cm、歪なし模型(1/200模型)で $1.8 < H_L < 2.4$ cmとなっている。

以上のことから、碎波限界沖波高については、歪なし模型(1/200模型)と歪模型(1/100模型)とはかなり相似がなりたっているように思われる。

図-6と図-7は図-2・3のような表現と、図-4・5のような表現を一緒にした図である。すなわち、波が沖から岸に向うにしたがって、波高がどのように変化していくか(波高比の変化)を波高別に歪模型($1/100$ 模型)と歪なし模型($1/200$ 模型)とを対比し描いたものである。この場合波高比は、図-2・3のようないっしょの図から設定沖波高に対する値を読取ったものである。この波高別区分に用いた設定沖波高は、現地波で $2^m, 3^m, 4^m, 5^m$, これに対応する実験波は歪なし模型($1/200$ 模型)で $1^m, 1.5^m, 2^m, 2.5^m$, 歪模型($1/100$ 模型)では $2^m, 3^m, 4^m, 5^m$, それぞれの組合せて図に示してある。なお、図-6は現地波周期7秒、図-7は現地波周期10秒に対するものである。また表-3・4は、図-6・7の設定沖波高別の各測点における歪模型($1/100$ 模型)と歪なし模型($1/200$ 模型)との波高比の差を読取りあらわした表である。

図-6と表-3より砕波前の歪模型($1/100$ 模型)と歪なし模型($1/200$ 模型)との波高比の差をみてみると、ケース1の場合、測点2で1%, 測点3で11%, 測点4で7%, そして測点5では6%である。ケース2の場合、測点ごとそれぞれ、2%(測点2), 5%(測点3), 5%(測点4), 10%(測点5)、同様にケース3の場合、2.5%(測点2), 4.5%(測点3), 6%(測点4), ケース4では、1%(測点2)となっている。つぎに砕波後の差をみてみると、ケース1では、19%(測点6) ケース2で35%(測点6)、ケース3では、24%(測点5), 5%(測点6)そしてケース4で8%(測点3), 20%(測点4), 15%(測点5) 3%(測点6)となっている。つまり、砕波前の波高比の差は設定沖波高の増加・水深の変化にあまり影響されていない。この差の平均を6%とすると±5%とばらつきが小さいのに対して、砕波後の波高比の差は差の平均を16%とすると±19%とばらつきが大きいことがわかる。

また、図-7と表-4から同様に歪模型($1/100$ 模型)と歪なし模型($1/200$ 模型)との差を見てみると、砕波前においては、ケース5の場合17%(測点2), 14%(測点3), 13%(測点4), 23%(測点5)、ケース6の場合20%(測点2), 16%(測点3), 15%(測点4), 21%(測点5) ケース7では22%(測点2), 20%(測点3), 7%(測点4), 15%(測点5), そしてケース8の場合21%(測点2)となり砕波後の差はケース5で15%(測点6) ケース6で48%(測点6)、ケース7では10%(測点6)、そしてケース8の場合8%(測点3), 32%(測点4), 11%(測点5), 1%(測点6)となっている。よって砕波前の差は差の平均を15%とすると±8%、砕波後の差は差の平均を24.5%とすると±23.5%となっている。

以上の実験結果より、

砕波前の歪模型($1/100$ 模型)と歪なし模型($1/200$ 模型)との波高比の差は最小で1%, 最大で23%, 平均で12%となり、砕波後の差は最小で1%, 最大で48%, 平均24.5%となった。

また前回(55年度)の実験結果に大きな距たりがわられたのは、測定した波高が砕波前の波高ではなく砕波後の波高を測定したためにあらわれた結果と思われる。

4. あとがき

単純な模型でここまでたどるだけに数%以内の相似性を期待していたが、実験結果は予想以上の差を認めた。今後は大型な模型を製作し実験を行なってみたい。

最後に本研究実施にあたり、実験ならびデータ整理に終始協力していただいた本学土木工学科学生、鈴木俊次、関言行、関正裕の諸君に感謝致します。

・参考文献

- 1) 運輸省港湾技術研究所 波浪に関する水理模型実験 昭和46年6月
- 2) 彰国社 わかり易い土木講座17(海岸・港湾) 昭和53年5月