

39. 網走港の波浪特性および遮蔽に関する模型実験概要

土木試験所 鴻上雄三
" 佐藤功

I. ま え が き

海岸に來襲する波の性質については多くの理論、研究が行なわれており、とくに砕波点までについては、微小振幅波的取り扱いが近似的に正しいことが認められている。しかし実際の波については観測技術も不確定であり、測定も特定域に限られ、出現する波が均一性をもっていないため、その裏付けはなかなか困難である。

本文は網走港において実測した波の諸性質をまとめて理論値と比較し、平面模型に生ずる現象の検証結果と拡張計画に対する実験結果を述べたものである。

II. 波 浪 特 性

波浪の観測は、海中浮樺の波動による上下運動をトランシットで追跡記録する宇田居式波高計により、図 39-1 に示す港域 4 測点について昭和 33 年 10 月 3 日～12 月 13 日の 72 日間、1 日 3 回 10 分間観測した。1 測点の観測数は平均 150 回であるが、結・流水前の高波の出現期間に入っているため、概ねその特性を表わすものと考えられる。

得られた記録は、海波の第 1 近似として Sverdrup および Munk の提唱した有義波なる概念に従って整理した。

1. 波形勾配 ($\delta = H/\lambda$)

水深 14 m の浮樺 No. 1 の δ について調べると 0.008～0.017 の平たい波が全体の 40% を占め、0.5 以上の碎波的なものは 3% に過ぎない。最多出現勾配の波の周期は 6, 7 sec が卓越する。

水路実験によれば、 δ は水深の減少に従って指数曲線的に増加し砕波点付近で最大になるが、実測による各測点の δ を比較すれば図 39-2 のとおりで、水路実験とは異なり測定位置の特異性 (反射、回折などの影響) を示している。

2. 波 高

浮樺 No. 1 の有義波の波高別出現率を求めると、1.0 m 未満 43%、1.5 m 未満 30%、2.0 m 未満 18%、3.0 m 未満が 9% で、高波として 3.0 m に近いものは 1.3% に過ぎず年間 5 日程度の頻度と考えられる。

各測点の波高変化を調べると図 39-3 に示すとおり、波高が大きくなるに従って減衰比は、指数曲線的に減少し、波高の大なるほど、水深の浅くなるほど減衰の割合が大きい。

次に $H_{1/3}$ と $H_{\max}/H_{1/3}$ 、および $H_{1/10}/H_{1/3}$ の相関を調べると、ともに波高の小さいうちはばらつきが多いが、波高が 3.0 m に近くなると、それぞれ 1.35, 1.20 程度に上限値が収斂し、われわれの観測した北海道の他港の値に近似している。

3. 波 向

4 測点における高波の方向は N 30°～70° E に限られ、後述する最多出現周期の 6, 7, 8 sec の波について、波向の相関を調べると図 39-4 に示すとおり、浮樺 No. 1 に対し No. 2, No. 3 および No. 4 は 7°, 12° 程度港内へ

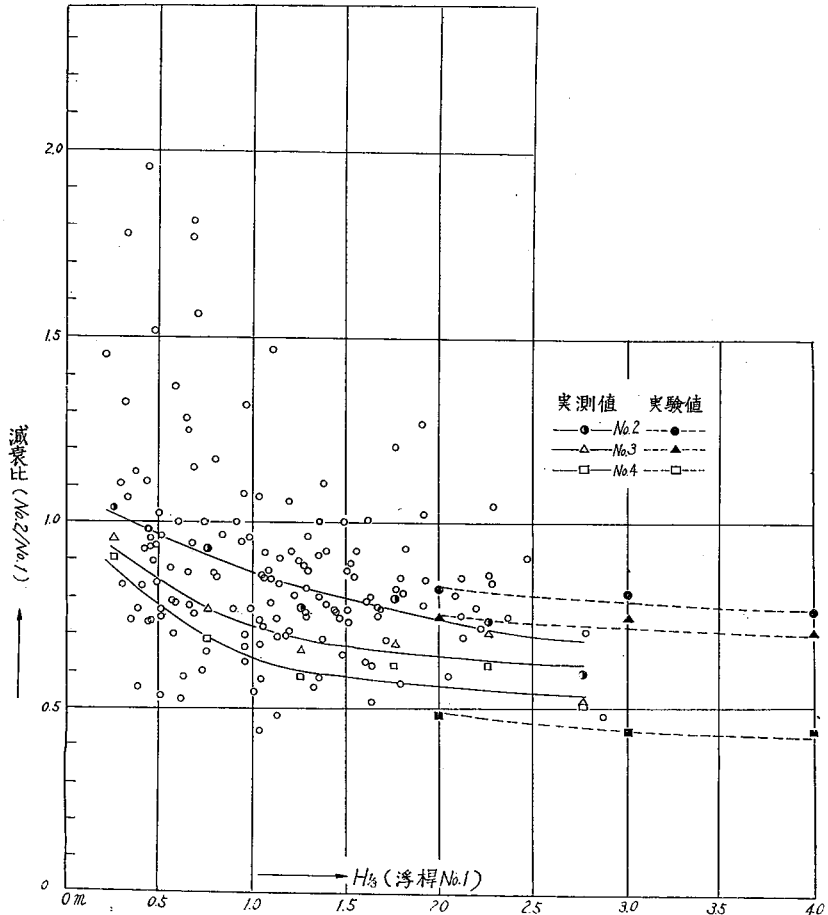


図 39-3 有意義波高の減衰度

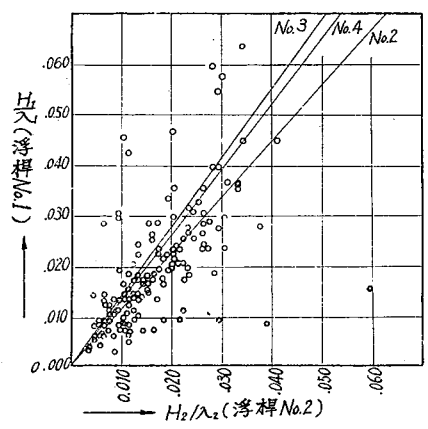


図 39-2 波形勾配の相関

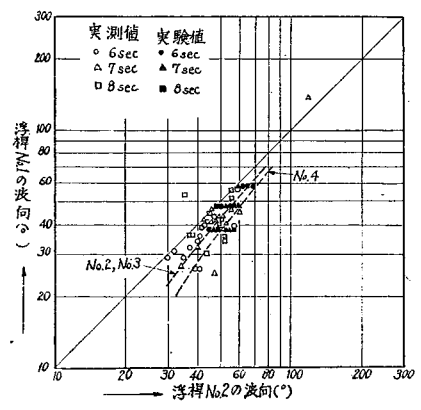


図 39-4 波向の相関

5. 波 速

海上の近距離を伝播する波を stop watch で測れば波動の平均速度が求められる。この値は表 39-1 に示すとおり、測定区間の平均水深に対応する微小振幅理論による波速と大差なく、実測における誤差を考慮すれば、実用上ほとんど変りがない。

表 39-1

進行距離 L (m)	到達時間 D (sec)	実測速度 L/D (m/sec)	周 期 T (sec)	計 算 波 速 (m/sec)			
				$C_{h=10}$	$C_{h=6}$	$(C_{h=10}+C_{h=6})/2$	$C_{h=8}$
400	52.2	7.66	6.2	8.18	6.90	7.58	7.65
	48.9	8.18	8.1	8.89	7.22	8.06	8.12
	53.2	7.52	6.5	8.33	6.96	7.65	7.76
	50.1	7.98	8.4	8.95	7.26	8.11	8.20
	50.0	8.00	6.3	8.25	6.92	7.59	7.70
	55.0	7.27	5.0	7.31	6.45	6.88	6.97
	55.0	7.27	6.0	8.06	6.81	7.44	7.53
	50.2	7.97	5.5	7.73	6.68	7.21	7.30

III. 底質の移動限界

波動による海底の平均流速 (U_m)、および底質の移動限界における平均粒径 (d_m) と流速 (U) との関係は次式で示される。

$$U_m = \pi H / (2 T \sinh 2 \pi h / \lambda) \quad (1)$$

$$U = (d_m / 2.5)^{1/2} \quad (2)$$

(1), (2) 式に実測による波浪の諸元と平均粒径を代入して、底質の移動限界水深を求めると、網走港の静穏時 (7.0 sec, 0.5 m) では水深 2 m, 中波時 (8.0 sec, 1.0 m) では 6 m まで底質が移動し、高波時 (8.0 sec, 3.0 m) には 10 m 以深に及ぶことが判る。

漂砂の量的比較を行なうと、12月9日~13日の海況は $H_{max} = 2.25$ m が 18 時間、 $H_{1/3} = 0.8 \sim 1.8$ m 程度で、この時の補砂量の最大は $10 \text{ g/cm}^2 / \text{day}$ 以下であり、漂砂の顕著な羽幌港、広尾港では $70 \sim 80 \text{ g/cm}^2 / \text{day}$ であることから漂砂に対する懸念は少ないと考えられる。

一方港域の底質を 3 回にわたって比較したが、この期間中、高波がしばしば出現したにもかかわらず、ほぼ類似した粒径を示している。これは波動の淘汰作用により、底質が一定の粒径に安定していて、これを破るような外力、すなわち漂砂の活発な移動がないことを物語っている。

IV. 模型実験概要

波浪現象の模型実験を扱う場合に、模型を歪めさせることは、波形自身を変えることになるので、水槽の大きさから縦横とも 1/250 とし、モルタル固定床とした。

1. 検証実験

1) 波 向

模型床上で波向が現地とどのように変わるかを、最多出現周期 6, 7, 8 sec の波について比較し図 39-4 に重ねて plot した。これにより波向は、現地波の相関曲線上にあり、相似関係にあることが判る。

2) 減衰度

各測点の減衰比は図 39-3 に示すとおり、水深 10 m (模型 4 cm) では 10% 程高く、水深 6 m (模型 2.4 cm) では逆に 10% 低く現われており、模型床の粗度を適度に粗滑にする必要がある。

3) 波速

現地で波速を測定した時の波の方向について、現地に対応する波の諸元を与えて、2 点間を伝播する時間を測り $\sqrt{250}$ 倍して現地波に換算した値と、実測値とを比較すれば図 39-5 のとおりである。図によれば模型では到達時間が遅く現われ、海底粗度の影響を示している。

海底をラッカー吹付けしたときの波速は、実測値に近くなり、模型床を滑らかに修正する必要がある。

2. 遮蔽に関する模型実験

本港の拡張計画は図 39-1 に示すとおりで、埠頭部の配置については変更しないものと考え、次の順序で検討した。1) さし当つて捨石工事を行なう関係から、東防波堤(さし当つて島堤とする)先端をどこにすべきか。2) 島堤を計画どおり設置したときには、北副堤によつて対策する必要があるか。

3) 島堤南端と護岸堤との間を開放しておいてよいか。

1) 模型波の諸元

模型実験は現地調査に先行したので、模型波は昭和 23~32 年、網走港修築事業所における風信記録から推定し、各方向の波について屈折角より屈折係数を求め、浮標 No. 1 (水深 14 m) の値に換算すれば、表 39-2 のとおりである。

模型波の諸元は実験の目的に応じ、1) 東防波堤先端位置の検討には NNE 波 (3.9 m, 7 sec), 2) 北副堤に対する対策には NNE 波, 3) 島堤南端の開放については NNE 波と ENE 波 (3.2 m, 6 sec) を対応させた。

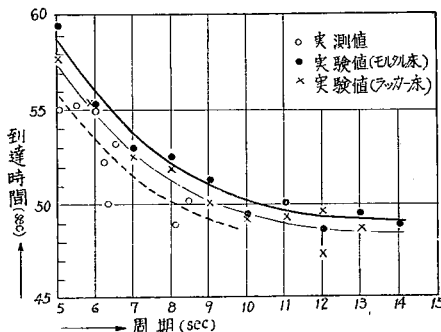


図 39-5 波の到達時間と周期の関係

表 39-2

波 向	NNW	N	NNE	NE	ENE	備 考
推 定 値	5.7 m, 7 sec	5.0 m, 7 sec	5.0 m, 7 sec	3.5 m, 7 sec	3.5 m, 6 sec	
沖 波 向	N 4.0° E	N 12.0° E	N 28.0° E	N 47.0° E	N 67.5° E	
岸 波 向	2.34 m	3.11 m	3.93 m	2.88 m	3.23 m	水深 14 m

2) 東防波堤先端位置に対する検討

島堤先端位置の検討には、両端からの回折があるので、一端を半無限堤とし、港口部からの侵入波だけを対象とした。検討した配置は図 39-1 に示すように、島堤の法線を 20 m ずつ平行移動して A, B, C, D とし、堤端はそれぞれ計画先端を 0 として、25 m ずつ伸縮して行なつた。

島堤の伸縮と静穏度との関係は図 39-6 に示すとおり、A 法線を除けば島堤が港内に近いほど、港口幅員が狭くなるほど、代表点 (a) は (b) よりも静穏であり、限界波高を考慮すれば、現計画では静穏度が不足している。

3) 副堤に対する検討

北副堤の延長をはかることは有効であり、(a) 点を対象すれば少なくとも 75 m の伸長を必要とする。

4) 護岸堤の伸長に対する検討

NNE, ENE 波について、島堤と護岸堤先端の開放の度を検討すれば、NNE 波については護岸堤を 100 m 延長しなければ (a), (b) 点を限界波高内に抑えることができず、ENE 波については開口可能幅が 25 m 程度になつてしまい、将来完全に閉塞したほうがよいことを意味する。

V. むすび

現地調査から波浪特性を求め、現地の代表的な波を選んで Froude の相似律に従つて平面模型床上に再現させる場合に、波向に対しては相似関係にあることが認められる。しかし波高に対しては、縮尺 1/250 程度の模型では比較的深度 (4.0 cm) では大きく、浅い部分 (2.4 cm) では 10% ほど減少して現われることが判り、波の到達時間が模型では大きく現われることと関連して、模型の海底粗度による影響が効いていることが示される。したがつて、この程度の縮尺模型では、とくに浅い部分の海底をなめらかにしなければならない。遮蔽の実験は、現地調査に先行したため、検証された模型材料を用いて行なうことにならなかつたが、上記のことから相応の補正をして現地に適用しなければならない。

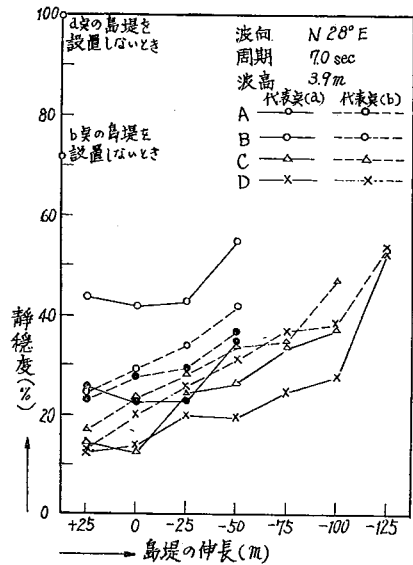


図 39-6 島堤の伸縮と代表点の平均静穏度との関係

40. 石狩河口漂砂について

土木試験所 荒 関 良 夫

1. 概 要

自然状態にある河口は、河口付近の沿岸流あるいは波の原動力とする漂砂量、河川の流勢、地形などの影響力によつて変化するため一定の形を保つことはまれである。

石狩河口も明治初年頃は、北へ移動していたようである。それは春の融雪期に多量の土砂を流し、河口を出るときに速度が落ちるために土砂を河口に沈積させる、また越水は右岸を掘り河口に沈積し、更に左岸に寄せるため左岸の延長となつたものである。その後石狩川本流の水制工設置に伴つて、河口の移動も減少し現在では平衡状態を保っている。

今回の調査は、漂砂の径路、水深と漂砂量、漂砂の方向などを実測するもので河口に導流堤を設置する場合、法線の方向とか先端の位置などを決定する資料の蒐集であつて、調査期間は昭和 33 年 7 月の約 1 カ月である。

2. 石狩河口の対岸距離、風向、風速

石狩河口は日本海に面し、海風は N-W 範囲内でそれぞれの対岸距離を示すと次のとおりである。