

中予海岸における波浪変形の観測

柿沼忠男*・伊福誠**

1. 緒 言

海岸構造物を計画し、設計・施工する場合には、一般に計画潮位とともに計画波浪が必要になる。海岸災害の原因は、地震津波を除けば、台風や冬期季節風時による波浪や高潮が主なもので、こうした海岸災害を防止軽減するためには、原因である波浪、高潮の特性を十分に把握し、それに対処する各種の施策を考察することが重要となる。

また、近年、船舶の大型化の傾向および輸送量の増大に伴う港湾の能力不足により、停泊地の拡張などの計画がなされ、埋立式港湾および掘込式港湾の建設が進められている。この形式の港湾は、波を防波堤でしゃへいし、防波堤で囲まれた水域内に船舶を停泊させている。この防波堤および各種構造物を波浪から防御するためには、深海領域から海岸構造物を築造する浅海領域までの波の屈折、回折、海底摩擦、浸透効果、水深変化および砕波などによる変形を把握することが重要となってくる。著者らは、これまで大湊海岸における観測記録から浅海における波浪変形を調べた結果、有義波高の減衰には波形の上下非対称性が大きく関係することなどを見出した。

この論文では、中予海岸を対象領域とし、現地観測に基づいて浅海における海岸波浪の変形についての基礎的資料を得ようとしたものである。

2. 観 測 方 法

愛媛大学の直結型水圧式波高計（協和商工（株）製）を伊予市大字森の建設省伊予波浪観測所（北緯 $33^{\circ}43'$ 、東経 $132^{\circ}40'$ ）のケーブル型水圧式波高計より陸側約 324 m、汀線から沖合約 300 m、T.P. 下 7.0 m の地点に設置した。図-1 は、観測対象とした中予海岸付近図を示すもので、沖側の黒丸および岸側の白丸は、それぞれ、建設省の波高計および愛媛大学の波高計である。図-2 は、直結型波高計の海底での設置状況を示したもので、波高計は 15 kg のアンカー 3 個で固定し、ライトブイを 20 kg のアンカーで繫留した。観測は、昭和 52 年 12 月 5

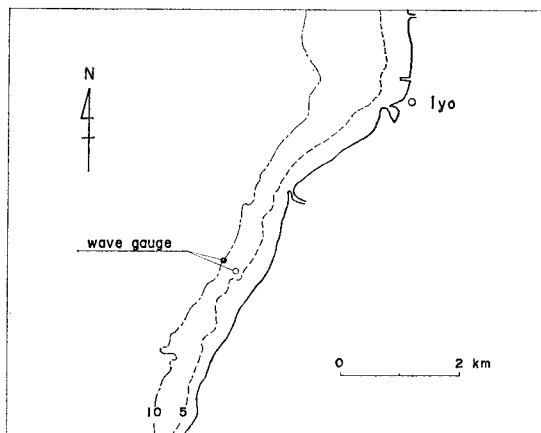


図-1 中予海岸付近図

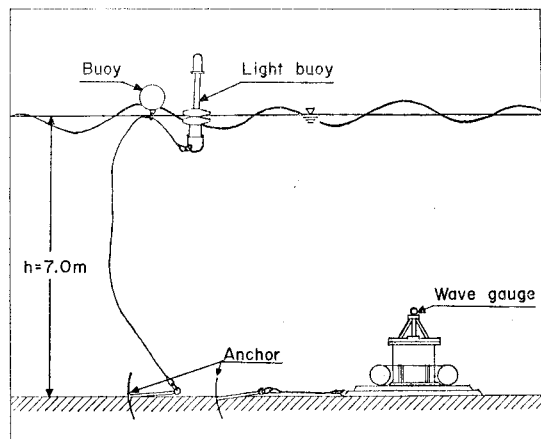


図-2 波高計の設置状況

日 11 時～12 月 19 日 9 時、昭和 53 年 1 月 18 日 11 時～2 月 6 日 11 時および 2 月 6 日 15 時～2 月 21 日 11 時までの 3 回行なった。

3. 波浪資料の解析

建設省の伊予波浪観測所および愛媛大学の水圧式波高計での、昭和 53 年 1 月 21 日 9 時～27 日 7 時までの 2 時間ごとの波浪資料を解析し、各種平均波の波高、周期、有義波の波形勾配、分散およびパワースペクトルと

* 正会員 工博 愛媛大学教授 工学部海洋工学教室

** 正会員 工修 愛媛大学助手 工学部海洋工学教室

圧力波の skewness, kurtosis, パワースペクトルおよびバ
イスペクトルを求めた。なお、ここで得た分散, skewness,
kurtosis および両スペクトルは, 読み取り間隔 0.48 sec,
読み取り個数 1 024 個で, 愛媛大学のデジタル・トレ
ーサ OT-60 によって読み取り, 九州大学の大型計算機
および愛媛大学の計算機によって求めたものである。

4. 波浪資料の解析結果

得た有義波高および有義波周期は, 沖側と岸側で, そ
れぞれ, 0.63~1.54 m および 5.4~6.3 sec, 0.40~1.07 m
および 4.9~6.6 sec である。表-1 は, 解析に用いた
波浪資料と諸条件を示したもので, 風の資料は, 観測地
点から約 4.5 km 離れた塩屋風向風速観測所のものでは
る。

表-1 波浪資料と諸条件

資料番号	水 深 (m)	有義波高 (m)	有義波 周 期 (sec)	水 深 波長比	塩屋における風	
					風 向	風 速 (m/sec)
M-78012109 E-78012109	10.32 7.32	1.65 1.10	5.8 5.5	0.240 0.176	WNW	12.5
M-78012117 E-78012117	9.56 6.56	0.90 0.77	6.0 5.5	0.200 0.173	WNW	12.0
M-78012119 E-78012119	10.02 7.02	0.63 0.59	5.6 5.5	0.229 0.181	WNW	9.5
M-78012121 E-78012121	9.84 6.84	0.81 0.92	6.3 5.2	0.191 0.192	WNW	11.0
M-78012123 E-78012123	8.92 5.92	1.27 0.82	5.8 5.5	0.200 0.162	WNW	10.0
M-78012203 E-78012203	8.20 5.20	1.54 1.01	6.5 6.6	0.163 0.120	WNW	10.0
M-78012205 E-78012205	9.06 6.06	1.52 0.87	5.8 6.3	0.202 0.140	WNW	10.0
M-78012207 E-78012207	10.04 7.04	0.92 0.40	5.7 6.6	0.226 0.143	WNW	9.0
M-78012209 E-78012209	10.38 7.38	1.05 0.71	6.1 5.5	0.207 0.191	WNW	5.0
M-78012701 E-78012701	9.60 6.60	1.62 1.16	5.5 5.4	0.227 0.179	W	12.0
M-78012703 E-78012703	8.20 5.20	1.37 0.88	5.7 5.9	0.193 0.137	WNW	11.0
M-78012705 E-78012705	8.60 5.60	0.86 0.63	5.5 5.8	0.196 0.148	WNW	10.0
M-78012707 E-78012707	8.64 5.64	0.67 0.76	5.9 5.2	0.190 0.169	WNW	9.5
M-78012719 E-78012719	8.96 5.96	0.98 0.59	5.6 4.9	0.210 0.194	WNW	8.5

有義波高に対する平均波高, 1/10 最大波高および最大
波高の関係では, 沖側および岸側とも, ばらついては
いるが Longuet-Higgins の理論値とほぼ合っている。有義
波の波形勾配と skewness の関係では, かなりのばらつ
きはあるが, 有義波の波形勾配が大きいほど skewness は
大きいようであり, こうした傾向は Longuet-Higgins が
理論的に得た結果¹⁾ および著者らが観測記録から得た結
果と似ている。

(1) 波浪変形

観測期間中, 観測地点における卓越波向は WNW で
あった。図-3 は, 2 台の波高計と方位との位置関係
を示したものである。この図をみると, 2 台の波高計は
WNW の卓越波向線上にないため, 減衰距離として, 便
宜上, 図中の $L'=290$ m を使うことにした。

沖側の地点での有義波高, 有義波の波形勾配に対する
有義波の波高減衰率は, 有義波高および有義波の波形勾
配が大きくなるほど, 波高減衰率は大きい。こうした傾
向は, 著者らが犬吠海岸で得た観測結果²⁾ と似ている。
図-4 は, 沖側の有義波の波高水深比に対する有義波の
波高減衰率の関係をj示したものである。この図をみると
沖側の有義波の波高水深比が大きいほど, 波高減衰率は

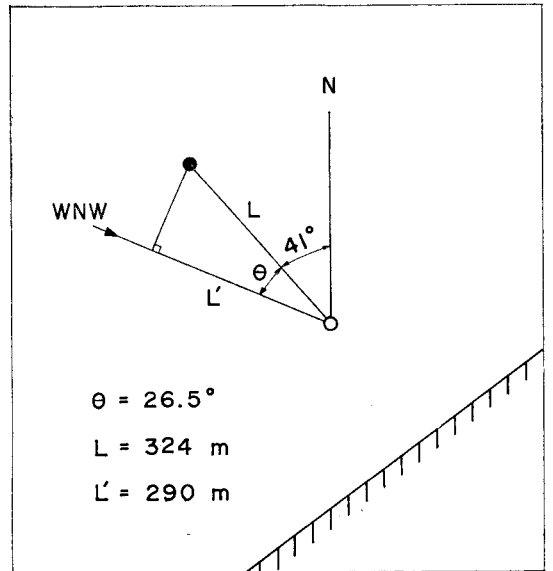


図-3 方位と2台の波高計との関係

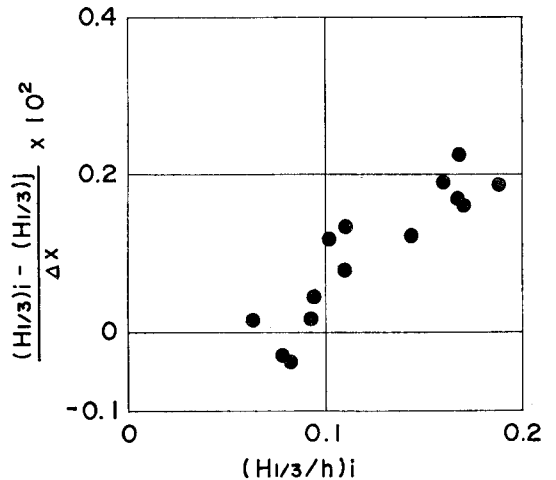
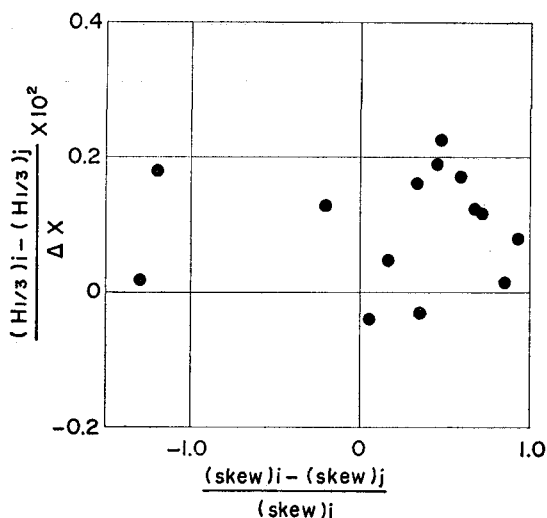


図-4 波高減衰率と有義波の波高水深比との関係

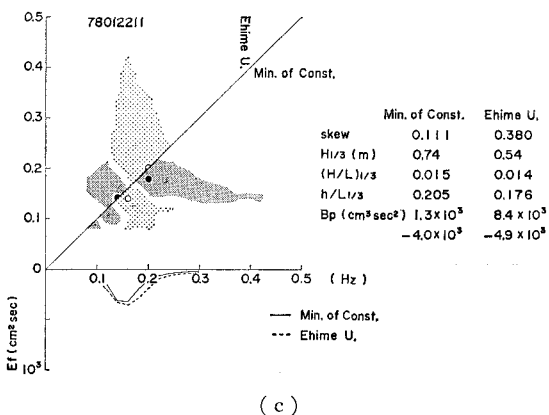
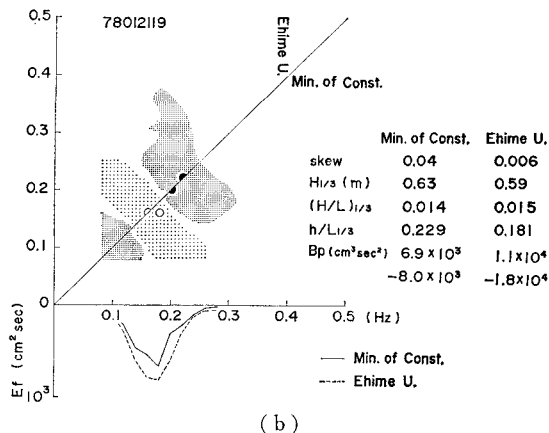
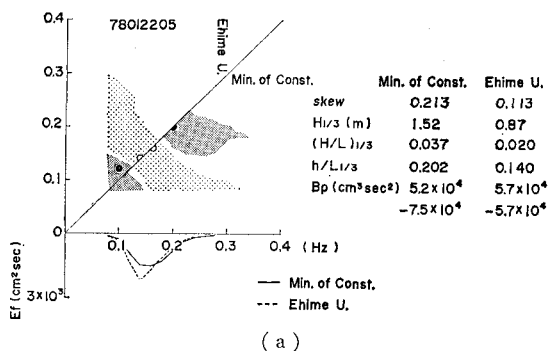


図—5 波高減衰率と skewness の減衰比との関係

大きくなることわかる。図—5は、skewness の減衰比と有義波の波高減衰率の関係を示したものである。この図をみると、skewness の減衰比が正のものについては、減衰比、減衰率ともに 0 に近い値をもつ点を除けば、skewness の減衰比が大きくなると有義波高の減衰率は小さくなっていることがわかる。

(2) バイスペクトルの変形

沖側の観測地点から岸側の観測地点にいたるまでの圧力波のバイスペクトルの変形について検討した。図—6 (a)~(c) は、代表的な 3 例を示す。なお、これらは有義波高が減衰している資料に対応したものであるが、図中には、沖側および岸側の観測地点の圧力波のパワースペクトルも、それぞれ、実線および破線によって示してある。密な影をつけた部分は、バイスペクトル密度が正で、かつバイスペクトルピーク値の 20% より大きい領域を示し、粗い影をつけた部分は、バイスペクトル密度が負で、その絶対値が負のバイスペクトルピークの絶対値の 20% より大きい領域を示している。● および ○ は、それぞれ、正および負のバイスペクトルピークの位置を示している。図—6 (a) および (b) は、それぞれ、図—4 中、有義波高の減衰が最大および最小の資料について、(c) は、岸側の skewness が沖側のそれよりも大きい資料についてである。(a) は、沖側での有義波高 1.52 m、有義波周期 5.8 sec、風速 10.0 m/sec の海風下に対するもので、有義波高は約 40% 減衰し、skewness は約 1/2 になっている。沖側および岸側のパワースペクトルは、それぞれ、0.16 Hz および 0.14 Hz にピークが生じ、岸側の方が大きい、ピーク周波数の低周波側の裾および高周波側の裾ではほぼ等しい。正のバイスペクトルピーク値は約 10% 大きくなり、負のバイスペクトルピークの絶対値は約 20% 小さくなっている。両方ともパワ



図—6 (a)~(c) バイスペクトルの変形例

ースペクトルピーク周波数の自己相互の干渉の位置に負のバイスペクトルピークが生じ、沖側および岸側では、それぞれ、パワースペクトルピークの高周波側および低周波側に正のバイスペクトルピークが生じている。沖側では低周波側から正、負、正のバイスペクトル密度の分布をしているが、岸側では高周波側の正の領域が消滅している。(b) は、沖側での有義波高 0.63 m、有義波周期 5.6 sec、風速 9.5 m/sec の海風下に対するもので、有義波高は約 6% しか減衰していない。skewness は沖側および岸側とも (a) に比べるとときわめて小さい。パワースペクトルの第 1 ピークは両方とも 0.18 Hz に生じている

が、岸側の方が僅かに大きい。正のバイスペクトルピーク値および負のバイスペクトルピークの絶対値は、それぞれ、約 50% および 120% 大きくなっている。正および負の領域は、岸側でパワースペクトルのピークより高周波側の正の領域が僅かに大きいことを除けば、きわめて良く似ている。(c) は、沖側での有義波高 0.74 m, 有義波周期 6.1 sec, 風速 5.0 m/sec の海風下に対するもので、有義波高は約 30% 減衰し, skewness は約 250% 増大している。パワースペクトルは両方とも 0.18 Hz に第 1 ピークが生じ, 岸側が僅かに大きい。正のバイスペクトルピーク値および負のバイスペクトルピークの絶対値は、それぞれ、約 500% および 20% 増大している。沖側では、パワースペクトルのピークを境にして、低周波側に負および正の領域、高周波側に正の領域が生じているが、岸側では、パワースペクトルのピークを境にして、低周波側が正、高周波側に負の領域が生じ、正および負の領域の分布が異なっている。

(3) バイスペクトルのピーク値と波浪特性との関係

(2) では、バイスペクトル密度の変形について調べてきたが、ここではさらにバイスペクトルのピーク値と波浪特性とがどのような関係にあるかを調べる。

図-7 は、沖側の正のバイスペクトルピーク値および

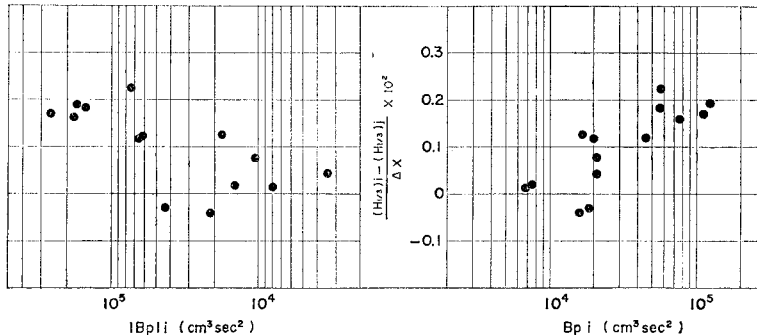


図-7 波高減衰率と B_{pi} および $|B_{pi}|$ との関係

負のバイスペクトルピークの絶対値と有義波の波高減衰率の関係を示したものである。この図をみると、正のバイスペクトルピークおよび負のバイスペクトルピークの絶対値が大きいほど有義波高の減衰率は大きいことがわかる。

図-8 は、正のバイスペクトルピーク値の減衰比と有義波高の減衰比との関係を示したものである。この図をみると、かなりばらついてはいるが、沖側のバイスペクトルピーク値が岸側のそれよりも大きい場合は、バイスペクトルピーク値の減衰比が大きくなるほど有義波の波高減衰比は小さく、沖側のバイスペクトルピーク値が岸側のそれよりも小さい場合、バイスペクトルピークの減衰比が小さくなるにつれて有義波の波高減衰比は小さくなることがわかる。

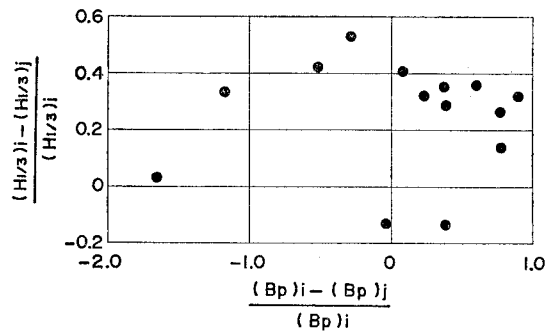


図-8 波高減衰比と正のバイスペクトルピーク値の減衰比との関係

5. 結 語

以上、著者らは、中予海岸で観測して得た波浪資料に基づいて、浅海における海岸波浪の変形を調べた結果、波高減衰は、有義波の波高、波形勾配や波高水深比あるいは正のバイスペクトルピーク値および負のバイスペクトルピークの絶対値が大きくなるにつれその割合が増大すること、skewness の減衰比が大きくなるにつれて有義波の波高減衰率は小さくなること、沖側の正のバイスペクトルピーク値が岸側のそれに比べて大きい場合、バイスペクトルピーク値の減衰比が大きくなるほど有義波の波高減衰比は小さく、沖側のバイスペクトルピーク値が岸側のそれよりも小さい場合、バイスペクトルピーク値の減衰比が小さくなるにつれて有義波の波高減衰比は小さくなること、有義波高の減衰が大きい場合、バイスペクトル密度の分布がかなり異なること、などを得た。

今後、こうした成果に基づいて、さらに多くの資料を解析して浅海

における海岸波浪の変形について調べていきたいと思う。

最後に、快く資料を提供して下さい建設省四国建設局松山工事事務所の方々、資料の整理や図面の作成に大いに助力をいただいた白井 孝技官に謝意を表する。なお、この研究が文部省科学研究費による研究の一部であることを付記する。

参 考 文 献

- 1) Longuet-Higgins, M. S.: The effect of nonlinearities on the statistical distribution in the theory of sea waves, J. Fluid Mech., Vol. 17, pp. 459~480, 1963.
- 2) 柿沼忠男・伊福 誠: 大湊海岸における波浪の変形について (3), 第 23 回海岸工学講演会論文集, pp. 302~307, 1976.