

大潟海岸における波浪の変形について (2)

柿 沼 忠 男*・ニ ツ 谷 敏 雄**・川 合 茂***

1. 緒 言

かつて第一の著者が勤務していた京都大学防災研究所では、昭和41年11月に、新潟県大潟町にある帝国石油KK所有の長大桟橋（海上の長さ：250m、先端における水深：6～7m）に6台のリレー型階段抵抗式波高計を設置した。図-1は、そうした桟橋における波高計の配置図（W-1～6）を示す。

この論文は、新潟県大潟海岸の桟橋に設置した6台の波高計の記録のうち、観測地点 W-2 と W-5 の2地点での波浪記録を解析して、前報¹⁾に引続いて、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。

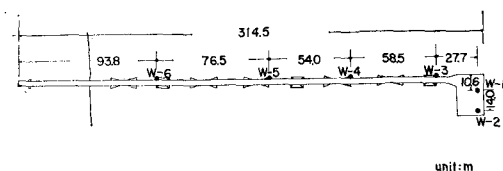


図-1 波高計配置図 (W-1～6)

2. 大潟海岸における波浪資料の解析

昭和41年12月26日14時～28日10時および昭和42年2月23日8時～25日0時の2時間ごとの W-2 と W-5 で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、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、10分間の波浪記録を1sec間隔でデジタル・トレーサ OT-50 によって読みとり、京都大学の大型計算機によって求めたものである。skewness は、上のようにして読みとった値の3乗平均値を分散値の3/2乗で割り、kurtosis は4乗平均値を分散値の2乗で割ることによって得た。風の資料は、波浪観測地点から約15km離れた直江津港において得たものである。

3. 波浪の変形の解析結果

図-2は、有義波の W-2 と W-5 の間の単位距離当

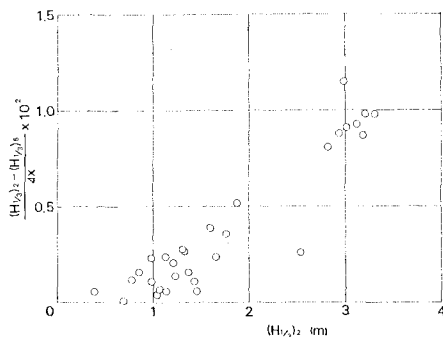


図-2 W-2～5 間の波高減衰（有義波）

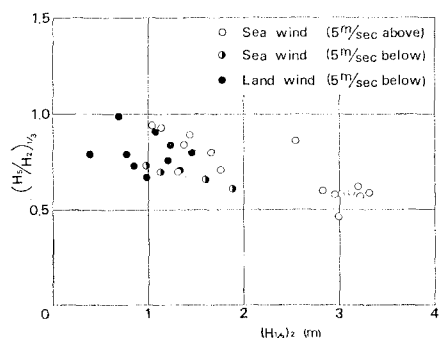


図-3 沖側の波高と波高比の関係（有義波）

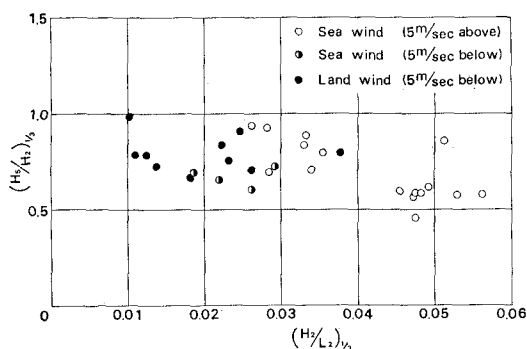


図-4 沖側の波形勾配と波高比の関係（有義波）

りの波高減衰を示す。この図をみると、減衰の割合は、有義波高が2mのとき約0.5cm/m、3mのとき約1cm/mといった値を示しているが、こうした値は、従来わが国沿岸で観測して得た海底摩擦係数の値より大きな値を算定させることになる¹⁾。図-3および図-4は、それぞ

*正会員 理修 愛媛大学助教授 工学部

**学生会員 立命館大学大学院 理工学研究科

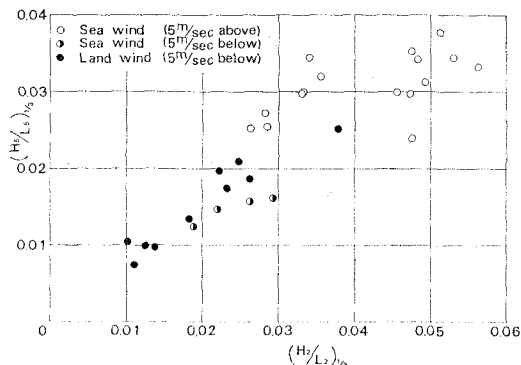


図-5 W-2 と W-5 における波形勾配の比較

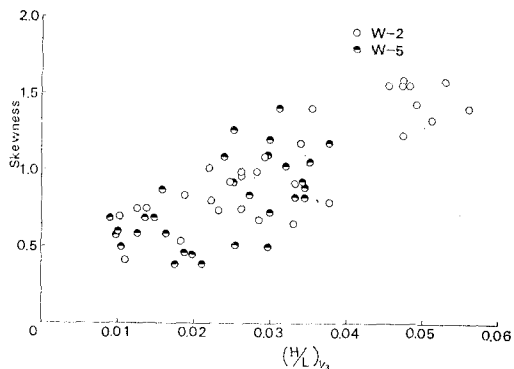


図-6 波形勾配と skewness の関係

れ、W-2 と W-5 における有義波高の波高比を W-2 における有義波高および有義波の波形勾配に対して、海風・陸風を区別して示したものである。これらの図をみると、海風・陸風の区別は明確ではないが、有義波高および有義波の波形勾配が大きくなるにつれて減衰も大きくなっている。図-5 は、W-2 と W-5 における有義波の波形勾配を微小振幅波理論に基づいて求めて、比較したものである。この図をみると、沖側の波形勾配の方が、全般的に大きいように見えるが、特に、海風 (5m/sec 以上) の場合には、沖側の波形勾配の値が 0.03 付近ではほぼ同一の値を示しているのに対して、0.05 付近になるとそうした傾向が顕著である。

図-6 および 図-7 は、それぞれ、有義波の波形勾配と skewness および kurtosis の関係を示したものである。波形勾配と skewness および kurtosis の間には、一定の関係、すなわち、波形勾配が大きくなるにつれて skewness も kurtosis もともに大きくなるという関係があることが理論的に示されており²⁾、図-6 および 7 をみると、点がかなりばらついてはいるが、そうした傾向がある。観測地点 W-2 と W-5 はほぼ同一水深で約 140m ほど離れたところにあるが、そうした 2 地点間での区別はつきにくいことがわかる。図-8 は、有義波の W-2 と W-5 の間の単位距離当り

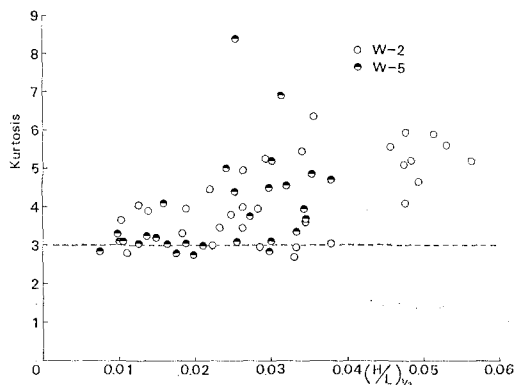


図-7 波形勾配と kurtosis の関係

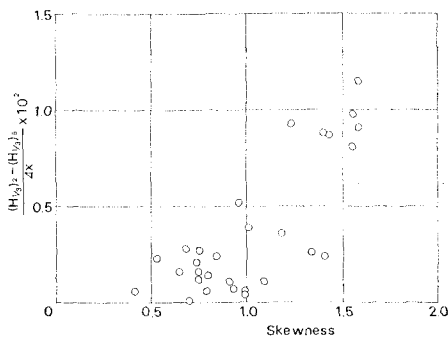


図-8 沖側の skewness と波高減衰の関係

の波高減衰を W-2 における skewness に対して示したものである。この図をみると、W-2 での skewness が大きいほど有義波高の減衰が大きいことがわかる。

以上の解析結果と参考文献 3) で水位の頻度分布に対して得た W-1 および 2 における観測事実、すなわち、表面波は上下対称的でなく、相対的に平坦な谷と鋭く上がった峰をもっており、有義波高が大きいほどそうした傾向が強いということから、W-2~5 間の有義波高の減衰に波形の上下非対称性が関係していることがわかる。

図-9(a)~(h) は、W-2 と W-5 におけるパワースペクトルを示したもので、有義波高の小さい順に並べてある。なお、これらは、すべて、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、W-2 および W-5 のパワースペクトルも、それぞれ、実線と点線によって示してある。図-9(a) は、W-2 での有義波高 0.39m、有義波周期 5.2sec、風速 4m/sec 程度の陸風下での波浪に対応するもので、W-5 の skewness の値は W-2 の約 2 倍にもなっており、パワースペクトルは W-2 における第 2 ピークが急激に減衰している。この図をみると、W-2 においては、パワースペクトルの第 1 ピークを示す成分波 (0.35 Nyquist) の自己相互の干渉および 0.1 Nyquist との他己相互の干渉 (0.35+0.1=0.45 Nyquist)：第 2 ピークを示す成分波) が最も強いのが特徴的である。図-9(b) は、W-2 における有義波高 0.98m、

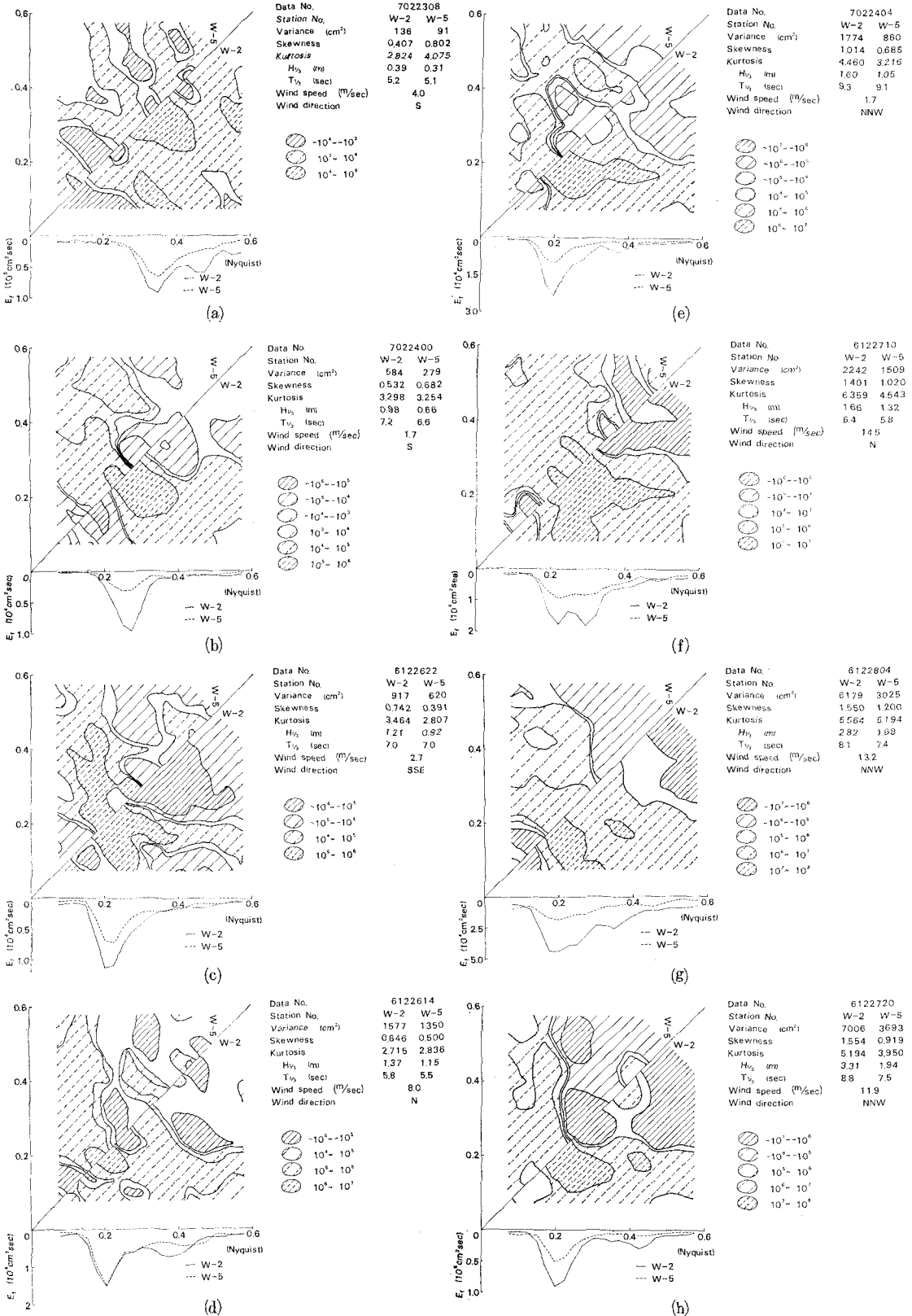


図-9 バイスpekトルの変形例 (1 Nyquist=0.5Hz)

有義波周期 7.2sec のほとんど無風下での波浪に対応するもので、kurtosis の値はほぼ同一であるが、skewness の値は若干増大しており、パワースペクトルは第2ピークがなく、ピークでの減衰が急激である。この図をみると、両者のパイスペクトルはよく似た形を示し、ピークを示す成分波の自己相互の干渉、ピークの低周波側のすその付近の自己干渉が最も強く、ついで、ピークを示す成分波の他己相互の干渉、およびピークの高周波側のすその付近の自己相互の干渉が強いのが特徴的であるが、そうした領域は W-2 の方が広い。図-9(e) は、W-2 での有義波高 1.21m, 有義波周期 7.0sec のやはりほとんど無風下での波浪に対応するもので、skewness の値はほぼ半分に激減し、パワースペクトルは全般的に減衰している。この図をみると、両者のパイスペクトルは、W-5 の 0.4 Nyquist 付近 (W-5 のパワースペクトルの第2ピーク)を除けば、比較的好く似ている。図-9(d) は、W-2 での有義波高 1.37m, 有義波周期 5.8sec, 風速 8m/sec の海風下での波浪に対応するもので、パワースペクトルは第2ピーク付近に若干の増減があるが、非常によく似ている。この図をみると、両者のパイスペクトルはきわめてよく似ていることがわかる。図-9(e) は、W-2 での有義波高 1.60m, 有義波周期 9.3 sec のほとんど無風下での波浪に対応するもので、skewness の値はほぼ 0.7 倍に減少し、パワースペクトルは激減して、若干ではあるが W-2 にあった第2ピークがなくなっている。この図をみると、両者のパイスペクトルは全般的に比較的似た形を示し、W-5 の値が低くなっている。図-9(f) は、W-2 での有義波高 1.66m, 有義波周期 6.4 sec, 風速 14.5m/sec の海風下での波浪に対応するもので、skewness の値はほぼ 0.7 倍に減少し、パワースペクトルはほぼ 0.2 および 0.3 Nyquist といった比較的近い周波数のところに2つのピークが存在し、両ピークとも減少している。この図をみると、W-2 においては、第1ピークの成分波 (0.2 Nyquist) は自己相互および高周波側との他己相互の干渉が強く、第2ピークの成分波 (0.3 Nyquist) は自己相互および低周波側との他己相互の干渉が強いが、W-5 では、そうした両ピークの自己相互の干渉を除いて弱くなっている。図-9(g) は、有義波高 2.82m, 有義波周期 8.1 sec, 風速 13.2m/sec の海風下での波浪に

対応するもので、パワースペクトルはごく低周波側を除いて全般的に減衰している。この図をみると、両者のパイスペクトルは非常に広い領域にわたった干渉状態を示しており、W-5 の値が全般的に低い、特に、W-2 では、第1ピークの成分波は自己相互の干渉および低周波側および第2ピークとの他己相互の干渉が強い。図-9(h) は、有義波高 3.31m, 有義波周期 8.8sec, 風速 11.9m/sec の海風下での波浪に対応するもので、(g) とよく似ている。

4. 結 語

以上、著者らは、大湊海岸の棧橋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、岸に非常に近い領域では、従来の海底摩擦係数と波の Reynolds 数との関係が満足されず、比較的大きな海底摩擦係数の値を算出することになること、このことから、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が見出された。また、パイスペクトルの変形例に基づいて W-2 と W-5 における波浪の非線型性を比較した。

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を調べていきたいと思います。

最後に、この研究を進めるにあたり、終始、ご激励、ご指導を賜った岩垣雄一教授に深く感謝の意を表するとともに、この研究が文部省科学研究費自然災害特別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) 岩垣雄一・柿沼忠男・門司剛至：大湊海岸における波浪の変形について、第16回海岸工学講演会講演集、昭 44. 12, pp. 69~73.
- 2) Longuet-Higgins, M. S.: The Effect of Non-Linearities on the Statistical Distributions in the Theory of Sea Waves, J. Fluid Mech., Vol. 17, 1963, pp. 459~480.
- 3) 柿沼忠男・石田昭・門司剛至：記録にもとづく海岸波浪の非線型性の解析、第15回海岸工学講演会講演集、昭 43. 12, pp. 73~79.