

Ⅱ－103

斜面における波浪変形に関する検討

東北工業大学 学生員 ○高田 洋平 米内山 周大
東北工業大学 正 員 高橋 敏彦 新井 信一

1. はじめに

近年、自然エネルギーの利用として洋上風力発電が注目されている。モノポールに風車を搭載する型がすでに欧州で実用化されているが、日本でこれを利用する場合、斜面上のモノポールに働く波力に注意する必要がある。柱体に働く波力については合田式¹⁾があるが、一方磯部らが提供した「数値波動水路 CADMAS-SURF」²⁾を用いる方法が有効であるとの報告例³⁾もある。そこでは 1/20 勾配の斜面で調査されているが、本研究では更に急な 1/10 の斜面で第一段階として数値波動水路と実験の波の空間波形について比較検討することを目的とした。

2. 計算方法及び実験方法

2-1. 実験方法 実験水路は、長さ 20.0m、幅 0.6m、高さ 0.7m の両面ガラス張りの造波水路を二分し、片側 0.3m の水路を使用した。水路の一端にはピストン型反射波吸収制御付き造波装置、他端には合板で 1/10 の勾配を作成した。図-1 に実験装置概略図を示す。実験は、一様部水深 $h=0.2\text{m}$ 、0.3m 目標周期 $T=1.0\text{sec}$ 、1.5sec、2.0sec の 3 種類、目標波高 $H=3.0\text{cm}$ と 5.0cm である。入射波高、反射波高は合田の入反射波分離法を用いた。表-1 に実験条件を示す。

2-2. 計算方法 11ch を原点とし、水路長方向を X とし、 X 方向に 400 メッシュ ($1\text{メッシュ}=0.0421\text{m}$)、鉛直方向を Z とし、 Z 方向に 35 メッシュ ($1\text{メッシュ}=0.02\text{m}$) の長さ 16.84m、高さ 0.7m の水路を作成し、実験と同じ地点に 1/10 の勾配を作成した。波の空間波形を比較するため、周期と波高は実験値の波形から読み取った値を入力し、一様部水深 $h=0.2\text{m}$ 、0.3m、周期 $T=0.98\sim 2.06\text{s}$ 、波高 $H=2.18\sim 5.62\text{cm}$ として計算を行った。

3. 実験・計算結果及び考察

3-1. 実験結果 図-2 は A-1 の条件、水深 $h=0.2\text{m}$ 、周期 $T=0.98\text{s}$ 、波高 $H=5.00\text{cm}$ の実験値の空間波形を示した一例である。空間波形は図-2 の上段より 11ch、12ch、1ch、9ch、2ch、3ch の順であり、造波機からの距離に比例し波の伝播が時間の経過とともに表れている。この時の、碎波位置は目視により 3ch より岸側なので碎波以深の空間波形である。

3-2. 計算結果 図-3 は、図-2 で示した実験波の 11ch で計測された波形より比較的安定している 6～9 波目の周期と波高を読み取り、その値を入力した場合の各測点の空間波形を示している。図-3 の上段より $x=0\text{m}$ 、8.54m、8.84m、10.84m、11.14m、11.44m で実験の 11ch を $x=0\text{m}$ とした場合の各 ch に対応する距離の空間波形である。 $x=0\text{m}$ の時系列は周期、波高ともきれいな規則波であるが、他の測点では第 1 波～4 波目までは実験波と同様徐々に波高が大きくなる傾向が同じである。しかし、5 波目以降の波高が安定していないようである。この波の碎波位置は、実験波と同様 3ch の位置 $x=11.44\text{m}$ で浅で発生している。

3-3. 実験と計算の空間波形の比較 実験条件の周期と波高はそれぞれの目標値であり、実際に発生した波形

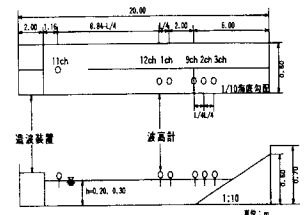


図-1 実験装置概略図

表-1 実験条件

実験名	h(m)	T(sec)	H(cm)	L/4(cm)
A-1	0.2	1.0	5.0	30.3
A-2			3.0	
A-3			5.0	
A-4		1.5	3.0	49.4
A-5			5.0	
A-6			3.0	
B-1	0.3	1.0	5.0	34.3
B-2			3.0	
B-3			5.0	
B-4		1.5	3.0	58.5
B-5			5.0	
B-6			3.0	

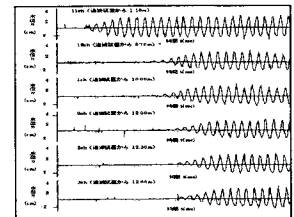


図-2 実験波の空間波形

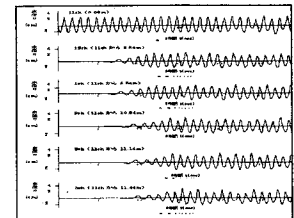


図-3 計算波の空間波形

より読み取った値を実験値とし、その値を計算の波浪条件として入力した。ここでは、周期毎に空間波形を比較してみた。

(1) $T=1.0s$ の場合

(a) 水深が深く、波高が小さい時 図-4 は $h=0.3m$, $T=1.0s$, $H=2.18cm$ で斜面の最岸地点に設置した波高計 3ch($x=11.52m$)地点の実験値と計算値の空間波形を重ねて示したものである。図より、計算値の先端部の周期は、実験値より大きくなる傾向が見られた。また、計算値の 1~4 波目程度まで実験値の波高よりも小さい値を示している。しかし、5~6 波目以降は、波高、周期共実験値と計算値はほぼ一致している。

(b) 水深が浅く、波高が大きい時 図-5 は、 $h=0.2m$, $T=0.98s$, $H=5.00cm$ で斜面の法先地点に設置した波高計 9ch($x=10.84m$)地点の両者の空間波形を重ねた図である。上述の(a)と同様、計算値の先端部の周期は、実験値よりも大きくなる傾向が見られた。図-5 も含めて他の地点においても計算値の振幅が安定していない結果となっている。

(2) $T=2.0s$ の場合

(a) 水深が深く、波高が小さい時 図-6 は $h=0.3m$, $T=1.98s$, $H=2.75cm$ で斜面法先前面に設置した波高計 1ch($x=8.84m$)地点の両者の空間波形を重ねて示した図である。水平床地点ではあるが、計算値の 1~2 波目の波高が実験値に比べ大きくなっている。3 波目以降の両者は概ね一致しているようだがここでは示していないが、斜面に入ると計算値の波高が大きくなる傾向がみられた。

(b) 水深が浅く、波高が大きい時 図-7, 8 は $h=0.2m$, $T=2.06s$, $H=5.62cm$ でそれぞれ 11ch と 3ch($x=0m, 12.20m$)地点の両者の空間波形を重ねて示した図である。図-7 では水平床で両者とも非線形性が表れており、計算値の方が幾分強く表れている。一方、図-8 の斜面上での空間波形は、先端部で計算波高は大きく表れている。また、3 波目以降の谷の部分で幾分違いが認められるが全体的によく対応していると思われる。

4. おわりに

$T=1.0s$ と $T=2.0s$ の場合で水深が深く波高が小さい時と、水深が浅く波高が大きい場合の実験値と計算値の空間波形を比較検討した。その結果以下のことがわかった。

- (1) 空間波形の先端部の計算値は、 $T=1.0s$, $h=0.3m$ の時には実験値より小さい波高になり、 $T=2.0s$ の時には、水深に関わらず実験値より大きくなる。計算値の周期は実験値の周期と同程度または幾分長くなったりする傾向にあるようだ。
- (2) $h=0.2m$, $T=2.0s$ で波高が大きい場合、すでに水平床で波形の非線形性が計算及び実験結果とも認められるが、その様な波でも図-8 のように斜面での空間波形がよく対応している。
- (3) 波高の小さい場合は、周期、水深に関わらず実験値と計算値は先端部を除きほぼ対応する。

〈参考文献〉1) Goda, Y.: Wave force on a vertical circular cylinder, Experiments and proposed method of wave force computation, *Rept. of Port and Harbour Res. Inst.*, No. 8, p. 74, 1964 2) (財) 沿岸開発技術研究センター: CADMAS-SURF 数値波動水路の研究・開発, 平成 13 年 3) 岡山・新井・長尾・上岡: 「数値波動水路」を用いた風力発電塔に作用する波力の評価, 海洋開発論文集, 第 20 巻, pp1199~1204, 2004,

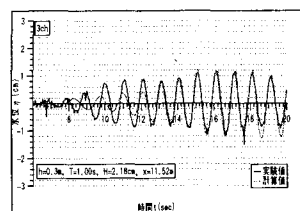


図-4 実験と計算の空間波形の比較

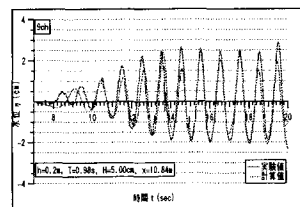


図-5 実験と計算の空間波形の比較

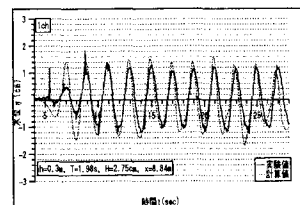


図-6 実験と計算の空間波形の比較

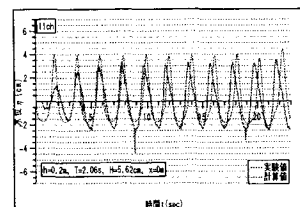


図-7 実験と計算の空間波形の比較

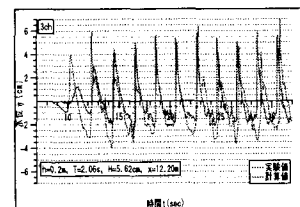


図-8 実験と計算の空間波形の比較