

7 仙台港における波浪特性

運輸省塩釜港工事事務所 佐藤 勝

1 はじめに

海岸構造物を設計・施工する場合、その条件として大きな要因となるのは波浪である。この波浪は方向・大きさ(波高)・周期などの要素が相互に関連し合いながら、構造物に働く外力となっている。とりわけ波高は構造断面の規模を決定するに際して最も大きな要素となっていることは周知のとおりである。

設計条件に外力の最大をとることは経済性からみて過剰となり、最小をとることも構造物の安全性や築港効果を低下させることになってしまう。波高の場合、安全性と経済性をともに満足させるものとして考えられたのが、有義波高 $H_{1/2}$ である。この考え方はアメリカで提案されたもので、現在海岸構造物の設計の基本として用いられている。

波浪は発生する原因やこれが発達して伝達される過程に種々の複雑な要素がかうみ合い、不規則性をもって海岸に打ちよせる事が多い。しかし波の不規則性に関する研究はまだ十分であるとは思われない。ここでは仙台港における波浪観測のデータから、このことについての検討をいまだ述べた有義波 $H_{1/2}$ と最大波 H_{max} を比較しながら行なってみることにしたい。

2. 有義波と最大波の比率に関する一般的見解と批判

現在、海岸構造物の設計に用いられている「港湾構造物設計基準」では $H_{max}/H_{1/2}$ の関係を理論値として、 $H_{max}/H_{1/2} = 0.707\sqrt{\log_e N}$ (N は波数) で求められ表-1の様な定数関係をもつとしている。

表-1. $H_{max}/H_{1/2}$ の換算係数

N	100	200	300	500	1000	2000	5000	10000
$H_{max}/H_{1/2}$	1.53	1.64	1.69	1.77	1.86	1.95	2.06	2.15

一方、才二港湾建設局の委託で日本気象協会が行なった「仙台港の気象海象観測整理・解析」の報告書では $H_{max}/H_{1/2} = 1.43$ と報告している。

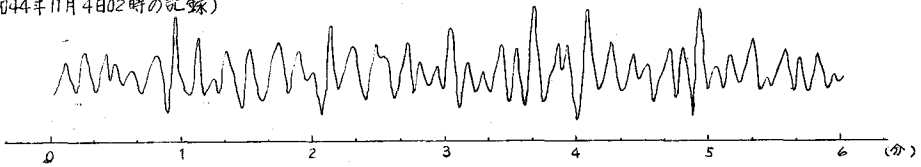
この整理・解析は仙台港の南防波堤の南側、汀線から900^m沖合(水深-15.2^m)に設置したステップ式波高計で得た記録によって行なったものである。記録は波高計を設置した昭和44年10月から45年2月までの5か月間のもので、仙台港の秋期と冬期の波浪をとらえている。

ここで問題としないのは「設計基準」でも「仙台港の報告書」でも、いずれも設計波として用いられている有義波と最大波の関係を一つの定数で表わしていることである。仙台港の5か月間にわたる観測記録のウェーブを良く観察してみると、必ずしもこの関係が一定の定数関係をもつものではないのではないかという疑問である。すなわち記録紙のウェーブでは自然なカーブが描かれているなかで、急に高い波が1〜2波不規則に生じていることである。(図-1参照)

この疑問について仙台港の観測データをもととして種々の検討を加えてみた。

図-2 仙台港の波高観測記録 — 不規則波の発生状況

(昭和44年11月4日02時の記録)



3. 仙台港における波浪観測にみられる H_{max}/H_s の実態

さらに観測データの分析から有義波と最大波の関係を月単位に図示すれば、図-2-1~3の様になる。図を見る限り、どの月においても H_{max}/H_s がかなりのばらつきをもって現われていることがわかる。しかもばらつきは最大波が大きくなるに従って多くなり、おおむね両者の比が10~20の範囲までばらついている。

設計基準に述べられている100~120波値における $H_{max}/H_s = 1.53$ という値はこのばらつきのほぼ平均値となっているが、10月の図で明らかな様に H_{max} が 1.0^m 以上になるに従い、むしろ 1.53 より大きくなっていく傾向にある。この様な傾向にあることは、ばらつきの大きさと合わせて、構造物の設計に際して十分な危険性を感ずるものである。

図-2-1 仙台港における H_{max}/H_s の関係
('69年10月)

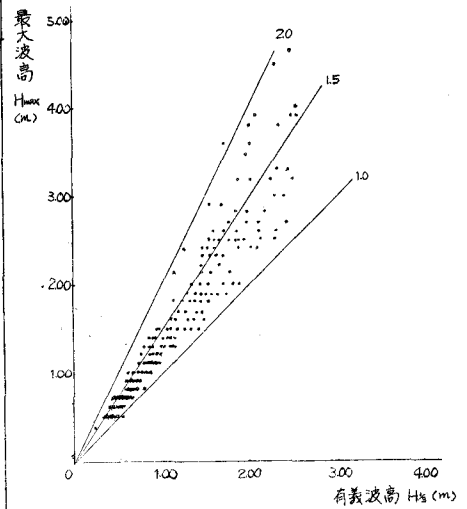


図-2-2 仙台港における H_{max}/H_s の関係
('69年12月)

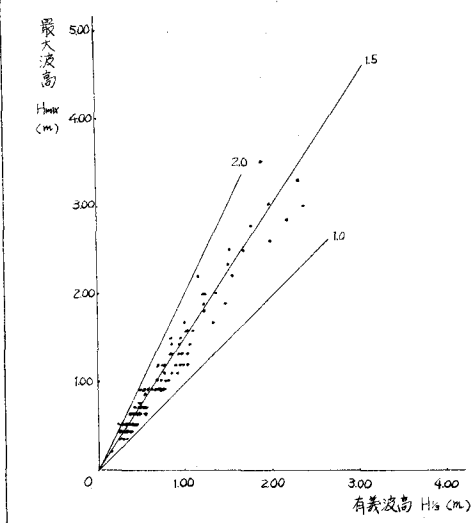
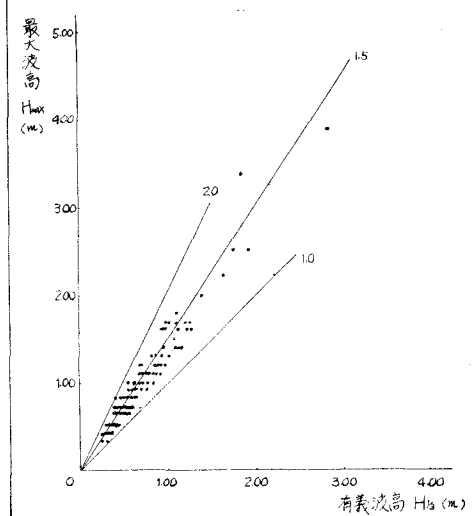


図-2-3 仙台港における H_{max}/H_s の関係
('70年2月)



4. H_{max}/H_g が非定数となる理由

4-1 波高

H_{max}/H_g の値が理論値よりも大きくなり、しかもばらつく原因、すなわち非定数となる傾向はどのような理由によるものかを調べてみた。オシロ波高との関係である。図-3-1は H_{max} の変化と H_{max}/H_g 値の関係を表わしたものである。この関係では波高が大きくなるに伴い、 H_{max}/H_g がやや大きくなる傾向が見られるが、ばらつきは一定の関係をもっていない。つまり非定数となる理由として波高の大小のみでは説明できないこととなった。

4-2 周期

同様に波浪の周期との関係を示したのが図-3-2である。同図では短周期の波になるほど H_{max}/H_g 値が大きくなり、かつばらつきが多くなることが知れる。短周期の波は風波が大部分であり、うねりと重複し合って不規則な波が出現しやすいことから、同値のばらつきが多くなると共に理論値1.53より大きくなるものと思われる。

4-3 潮位

波浪来襲時の潮位と H_{max}/H_g との関係はどうだろうか。一般に上げ潮の時は高い波を記録するが、 H_{max}/H_g の値を左右する要因とはなっていないようである。それは潮位も極めて長い周期をもつうねりと考えられ、4-2で示した様に長周期の波は同値のばらつきが少ないことから知れる。

5. 発達領域における H_{max}/H_g

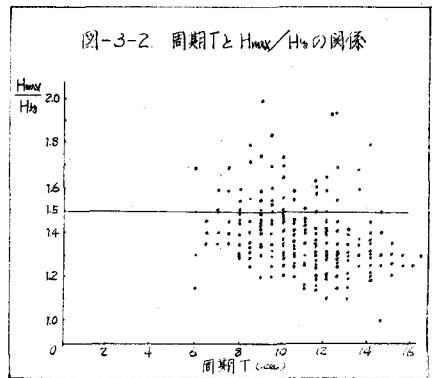
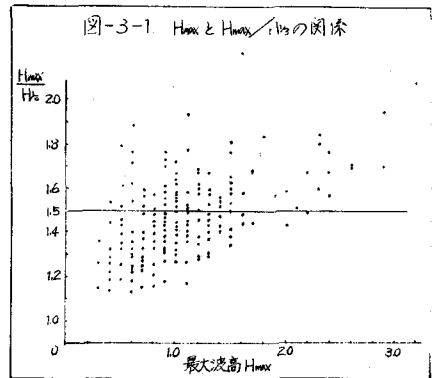
別図から、波高が高くなる前ぶれが明確に H_{max}/H_g が大きくなっている傾向がしばしば見られる。この時の仙台湾の風は総じて東よりの強い風である。つまり仙台湾の地形から東の風は風波を起す風であり、外洋からのうねりが再び波前面付近で発達した波となった場合、 H_{max}/H_g が増大するものと考えられる。

また、 H_{max}/H_g が1.5以上となった割合と、仙台湾付近で風波を生じさせる風向(E方向)の出現率を月別に比較すると表-2の様になる。表からは12月に波高の欠測が多かったことと、1月に異常気象(台風接近)があったことを考慮すれば、両者の関係がほぼ比例しているといえる。

これらの事から波浪の発達領域においては H_{max}/H_g が増大するものと考えられる。

表-2 $H_{max}/H_g > 1.5$ と風向(E方向)の出現率

月	10月	11月	12月	1月	2月
風向(E方向)の出現率	19%	26	38	18	17
$H_{max}/H_g > 1.5$ の出現率	22.7%	36.1	26.6	31.5	14.2
波高欠測数	46回	49	162	57	17



6. 減衰領域における H_{max}/H_b

一方、西よりの風では仙台港における波浪は減衰される。仙台湾が減衰領域となった場合、 H_{max}/H_b の値はほとんど1.5以下である。(別図)

一般に外洋で発生した波は、次の様な原因によって減衰されつつ、海岸に達するものとされている。

- ① 水の表面、水底などにおける分子粘性によるエネルギー損失。
- ② 砕波その他未知の機構による波軌運動によりエネルギーの逆散
- ③ 大気との干渉によるエネルギーの損失
- ④ 表面張力によるエネルギーの損失

エネルギーの弱まった波はうねりとなって、安定した波高・周期を記録する。このような事から、減衰領域においては H_{max}/H_b が小さく、しかも定数関係に近くなってくるものと思われる。

毎日の波高観測に不ずさめって生じた疑問について、検討してみたが、いま、述べた理由により、 H_{max}/H_b の値を一定の定数としてとらえることは問題がある感をもつのである。

しかし、論じた問題は余りにも大きく、重要な事であり、今回用いたデータ量も十分といえなかったりで、今後観測データが豊富になるのをまって、検討を続けていきたい。