

大阪大学大学院 学生員 富土川 洋一
大阪工芸学部 正会員 樫 木 亨
大阪工芸学部 正会員 岩田 好一郎

1. 緒言：著者らは、昨年度の年次学術講演会¹⁾で、遊水部を有する鉛直消波護岸を取りあげて、2成分合成波に対する消波特性について報告した。その後さらに、3成分合成波及び不規則波を取りあげて、その消波特性について検討を加えたが、本論文では不規則波を取りあげてその一部を報告し、現地海岸での施行時の基礎資料を与えようとするものである。

2. 理論解析：多成分合成進入波 η_e が、各々の成分波の単純重ね合せで表現できるとすると、式(1)で示される。この多成分合成波が鉛直消波護岸に入射し、遊水部内で反復反射するものとし、そのうち有限回の反復反射を考えると、遊水部不透過壁での水位変動 η_R^* と、護岸前面での水位変動 η_C^* は各々、式(2)、式(3)で表わされる。なお、式(2)においては σ_j が $\sigma_j^2 \cdot H_{Tj}$ 、式(3)においては、 σ_j が $\sigma_j^2 \cdot H_{Tj}$ 以上の項は省略し、また同式において、透過壁と不透過壁との反射、透過の際の位相差は無く、前面壁の壁厚が入射波長に比して無視できるものとして導かれていた。

$$\eta_e^*(x, t) = \sum_{j=1}^N \frac{1}{2} \cdot H_{Tj} \cdot \cos(\sigma_j t + k_j x + \theta_j) \quad (1)$$

$$\eta_R^*(-l, t) = \sum_{j=1}^N \sigma_j \cdot H_{Tj} \left\{ \cos(\sigma_j t - \frac{2\pi l}{L_j} + \theta_j) + \sigma_{Rj} \cdot \cos(\sigma_j t - \frac{6\pi l}{L_j} + \theta_j) \right\} \quad (2)$$

$$\eta_C^*(x, t) = \sum_{j=1}^N \frac{1}{2} \cdot H_{Tj} \sqrt{1 + K_j^2 + 2\sigma_{Rj} \sigma_j \cos(2k_j l - \theta_{Rj}^*)} \cdot \cos(\sigma_j t + \theta_j - \theta_{2j}^*) \quad (3)$$

$$\text{ただし、} K_j = \sigma_{Rj}^2 + \sigma_j^2 + 2\sigma_{Rj} \sigma_j \cos\left(\frac{4\pi l}{L_j}\right), \quad \theta_{2j}^* = \tan^{-1} \left(\frac{-\sigma_{Rj}^2 \sin(\frac{4\pi l}{L_j})}{\sigma_{Rj} + \sigma_j^2 \cos(\frac{4\pi l}{L_j})} \right)$$

$$\theta_{2j}^* = \tan^{-1} \left(\frac{-\sin(k_j x) + \sigma_{Rj} \sin(k_j x) + \sigma_j^2 \sin(k_j x + \frac{4\pi l}{L_j})}{\cos(k_j x) + \sigma_{Rj} \cos(k_j x) + \sigma_j^2 \cos(k_j x + \frac{4\pi l}{L_j})} \right)$$

なお、式(1)、式(3)において、 H_{Tj} =成分入射波高、 $k_j (=2\pi/L_j)$ =成分波の波数、 L_j =成分波の入射波長、 $\sigma_j (=2\pi/T_j)$ =成分波の角周波数、 T_j =成分波の周期、 x =透過壁を原点とし、沖方向を正とする水平距離、 t =時間、 θ_j =成分波の位相、 σ_j 、 σ_{Rj} =透過波の成分波の透過率と反射率(不透過壁での反射は完全反射として求めている。)、 l =遊水部長、 N =成分波の本数、 σ_j 、 σ_{Rj} は成分波の本数を示すものとする。

3. 実験装置と実験方法：本実験は、片面ガラス張りの屋外鋼製造波水槽(長さ30m×幅0.75m×高さ1.0m)で行ない、造波機はフリップ型である。護岸模型は水槽の岸側、水深 $h=22$ cmの一定水深に設置し、前面透過壁は壁厚0.8cm、空け率0.186の多孔壁を用いた。不規則波の発生は、WHITE-NOISEを帯域フィルターに通し、Rayleigh分布するように設計された信号発生装置の電気信号をあらかじめ磁気テープに記録し、発生波として反復使用し生起させた。水位変動の計測には、電気抵抗線式波高計を用いた。護岸前面の水位変動は、護岸前面より沖側120cmまで1.5cm間隔で計測し、遊水部不透過壁前面の水位変動は、不透過壁前面で計測し、記録は磁気テープを用いて行った。1/3, 1/10有義波高は、ゼロアップ・クロソ法により求めた。なお、計測時間は遊波機より発生した波が、造波板による波の再反射を受けない範囲としたため、約40secである。

WAVE HEIGHT OF FOURIER ELEMENTARY WAVE

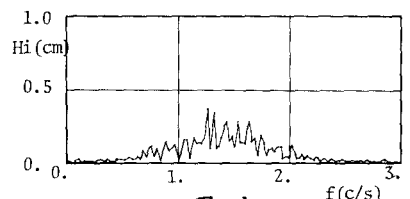
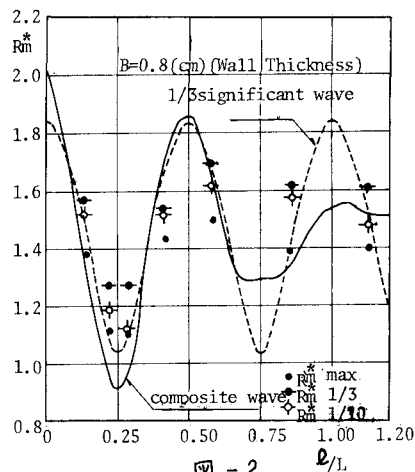


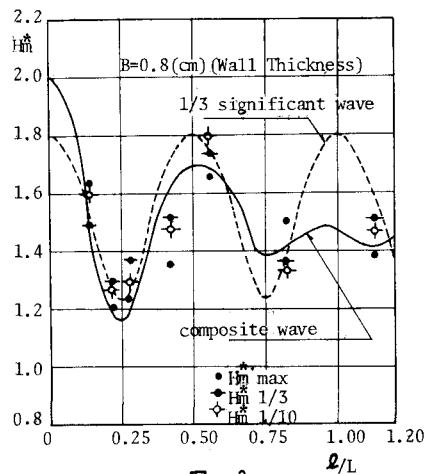
図 - 1

4. 実験結果と考察: 本実験は、図-1で示す各成分波の合成である不規則波を取りあげ、遊水部長を変化させて計8種目の実験を行なったが、以下この波に対する消波特性について述べていく。

4-1. 遊水部内の消波特性について: 遊水部内の無次元打上げ波高は、打上げ最大波高(有義波高)に対する入射最大波高(有義波高)の比 $R_m^*(\max, \eta_0, \eta_s) = (z_{\max}^*/z_{\max}^*, \eta_0, \eta_s / z_{\max}^*, \eta_0, \eta_s)$ で表わし、図-2で示されている。図中●、○、△は、それぞれ最大波高、 η_0, η_s 有義波高に対する実験値を示し、破線は不規則入射波の中から有義波高を求め、これを規則波として求めた理論曲線を示している。また実線は、図-1の調和解析より波高が0.2cm以上の卓越成分波を5個取り出し($f=1.28^{Hz}$, 1.38^{Hz} , 1.45^{Hz} , 1.55^{Hz} , 1.65^{Hz})、式(1),(2)を用いて計算した理論曲線を示したものである。実験値は $\eta/L \leq 0.25$, $\eta/L \leq 0.5$ が極小値、極大値を示す。 $\eta/L < 0.5$ においては実験値と双方の理論曲線とは良く一致しており、理論曲線は良く現象を説明している。 $\eta/L > 0.5$ においては多成分合成波としての理論曲線は、有義波を規則波換算した理論曲線に比べ変動が小さい。実験値と理論曲線を比較して、どちらの計算値と一致するのかわからないが、従来の2,3成分波の実験結果より、実験値の変動は、 $\eta/L < 0.5$ に比べて小さいと思われるので、多成分合成による理論曲線の方が、実験値に対し定性的な傾向をより示すものと判断している。



4-2. 護岸前面の消波特性について: 護岸前面の無次元最大波高(有義波高)の実験値は、遊水部内の無次元水位変動と同様に、 $H_m^*(\max, \eta_0, \eta_s) = (z_{\max}^*/z_{\max}^*, \eta_0, \eta_s / z_{\max}^*, \eta_0, \eta_s)$ の値を用いて、図-3で示されている。 $\eta/L < 0.5$ において実験値は、最大波高、有義波高ともに、 $\eta/L \leq 0.25$, $\eta/L \leq 0.5$ が極小値、極大値を示しており、その変動特性は、有義波換算値と5成分合成波としての計算値のいずれともほぼ一致しており、この点4-1.で述べた遊水部内の消波特性と同じである。なお $\eta/L > 0.5$ の範囲では、4-1と同様、5成分合成波として求めた計算値の方が実験値に対し定性的な傾向を良く再現するものと推察している。



5. 結 語: 現地不規則風浪に対し、この種の消波護岸の消波効果を高める遊水部長とその時の消波特性は、現地の風浪の波高スペクトルより卓越成分波を抽出し、これらの多成分合成波近似として、式(1)~(3)で推算するか、あるいは現地風浪を有義波の規則波に換算することにより、十分精度高く推算できることが判明した。とくに、有義波に換算して現地不規則波に対する消波特性が比較的精度高く推算できることは、現地施行時の重要な基礎資料となるものと著者らに判断している。なお、3成分波と不規則波に対する詳細な論議は参考文献(2)を参照していただくだけで、幸いである。本研究に協力していただいた本学4年生の京谷光高君に謝意を表す次第である。

(参考文献)

- 1) 橋本・岩田・富土川: 鉛直消波岸壁の消波効果について—2成分波の場合— : 第30回年報 p76~p78
- 2) 橋本・岩田・富土川: 不規則波に対する鉛直消波岸壁の消波効果に関する検討 : 論文報告集(投稿中)