

カーテンウォール式防波堤近傍における波変形と流況に関する実験的研究

長崎大学工学部 学 福谷伸二郎・安在敬祐
長崎大 正 古本勝弘

1. はじめに

カーテンウォール式防波堤は、杭基礎の海側に設けるカーテンウォールで波の侵入を防止する形式で、その下端が海底に届いていないために、喫水により波エネルギーの減衰効果に差が生ずる。また、波の透過の際、カーテンウォール下部に流れが生ずるため、海底砂泥を洗掘する可能性がある。本研究は、室内実験により、カーテンウォール前後に見られる波高と下部における流速に着目して、喫水による波エネルギーの減衰効果と下端に生ずる流れの関係を明らかにしようとするものである。

2. 実験概要

2.1 実験装置

実験に使用する造波水槽は幅 1.5m、高さ 1.5m、長さ 26mの長方形水槽で、端部には八二カム式消波装置を備え、造波機はサーボ油圧式フラップ型造波機である(図

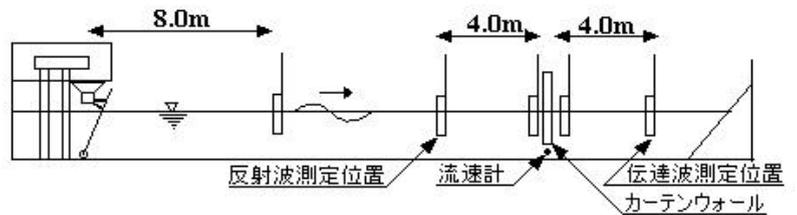


図-1 実験造波水槽

-1)。外海からの波がカーテンウォールにぶつかり、反射または透過していく水理現象を再現するため、造波板から 17m の位置に木製カーテンウォールの模型を設置した。水槽水深 h は 1.0m とし、カーテンウォール模型の各緒元は、幅 150cm、高さ、110cm、厚さ 1.5cm のベニヤ板を用い、水没水深が 4 段階(0.79m、0.60m、0.41m、0.24m) に変化できるようにした。(図-2)

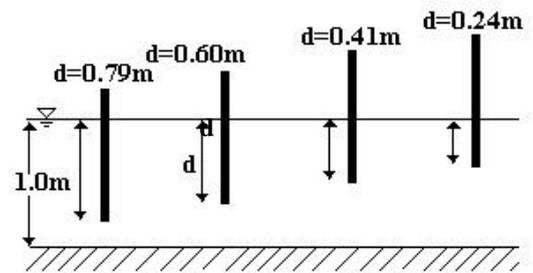


図-2 カーテンウォール

流速計は 2 方向電磁流速計を用い、センサー部を水平に固定し、水平・鉛直方向が計れるようにした。その際、流速計をカーテンウォール直下に潜らせ、高さが変化できるようにした。

波高計は動的水位計測機器として現在幅広く使用されている容量式水位計を使用した。

2.2 実験方法

測定項目は入射波、反射波、透過波、及びカーテンウォール下端流速である。実験に用いた波は規則波である。まず、造波性能を調べるためカーテンウォールを入れていない状態で波高 $H = 5\text{cm}$ 、 10cm 周期 $T = 1.0\text{s}$ 、 1.2s 、 1.5s 、 2.0s 、 2.2s の波を起こし、波高、流速を測定し波長を求めた。波高計はカーテンウォールを入れる位置の前後 2 ヲ所ずつ、合計 4 箇所に、また流速計を波高計に並べて 1 箇所に設置。その際、流速計の位置は実際にカーテンウォールを入れる位置とし、鉛直方向 7 点 (0.76m、0.59m、0.40m、0.38m、0.29m、0.20m、0.15m) に移動させ計測した。計測では初めの 2~3 波を無視し、その後、定常となった波を 0.1s インターバルで収録した。波速、波長等は微小振幅波の諸式にほぼ近似した値を得ている。その後、カーテンウォールの模型を入れ所定の波を起こし、カーテンウォール下部の流速及び前後の波高を計測した。波高計・流速計の位置を図-1 に示している。その際カーテンウォール前面の波は部分重複波となるため、反射波測定用の波高計は、1 波長程度離れた前面を少しずつ移動させ、最大波高 H_{\max} と最小波高 H_{\min} を計測した。反射率 K_R はヒーリー (Healy) の方法により式(1)で透過率 K_T は式(2)を用いて求めた。ここに、 $H_1 =$ 入射波高、 $H_2 =$ 反射波高、 $H_T =$ 透過波高である。

$$K_R = \frac{H_2}{H_1} = \frac{H_{\max} - H_{\min}}{H_{\max} + H_{\min}} \dots \dots \dots (1)$$

$$K_T = \frac{H_T}{H_1} \dots \dots \dots (2)$$

3. 実験結果と考察

図-3 に、入射波高 $H=5\text{cm}$ 周期 $T=1.5\text{s}$ 喫水 $d=0.60\text{m}$ の場合の前・背面の波高、水位差およびウォール直下の水平流速の時系列変化を示している。前面波高は反射のために入射波高よりかなり大きく、背面波高は前面に比べて波高を減じるとともに位相が遅れる。また直下流速は前背面水位差が 0 になる時に入退流速とも最大となっており、非定常性の強い現象であることがわかる。

図-4 に前・背面における波の位相差と d/h の関係を h/L をパラメータとして示した。 L 一定の波に対しては d/h の増加とともに位相が遅れ d 一定に対しては L の減少とともに位相遅れが増加する。

図-5、6 は波高 $H=5\text{cm}$ の波における透過率 K_T および反射率 K_R と d/h の関係を h/L をパラメータとして示したものである。 d 、 L の値に着目すると、 d が大きいほど透過し難く L が短いほど透過し難いことが分かる。

次に波のエネルギーについて考える。カーテンウォールに入射する波は、反射するとともに、下部開口部に波に同期する入退流れを伴って透過する。この際、ウォール前背面近傍に形成される渦によりエネルギー逸散が生じる。波のエネルギーは波高 H の 2 乗に比例するので、入射波のエネルギーに対するエネルギー逸散率を $e=1-(K_R^2+K_T^2)$ で定義して、図-7 に h/L との関係を示した。 h/L が 0.2 付近で逸散率は高い値を示すことは共通するが、 d/h による系統的な傾向は見えず、 h/L の広い範囲で 0.2~0.4 にある。これはウォール直下の流速と関係すると考えられるが、現在のところ明瞭な関係は見出されていない。

図-8 に開口部における最大水平流速の鉛直分布の一例を示している。ウォール下端に近接して大きな流速の部分があり、エネルギーの渦損失に寄与する流速の測定法に問題があると考えられる。

4. まとめ

今回の実験において、入射波の波長が長ければ反射が減少して透過し易くなり、直下流速が増加した。直下の流速の最大は前背面の水位差が大きいときに表れるわけではない。前・背面の波の位相遅れは、 L が短いほど、 d が大きいほど大きくなる。入射波に対するエネルギー逸散率を支配する要素については見出し得なかった。

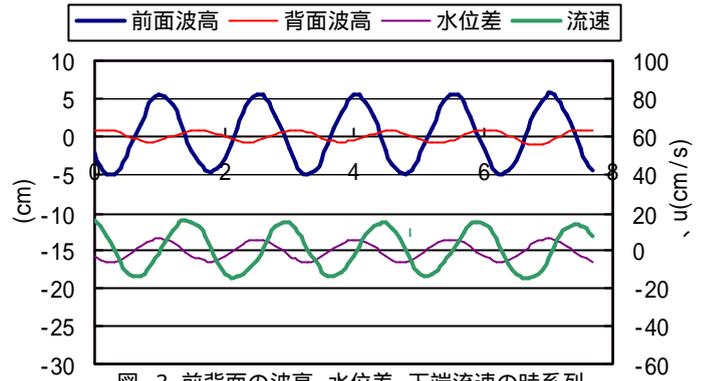


図-3 前背面の波高、水位差、下端流速の時系列

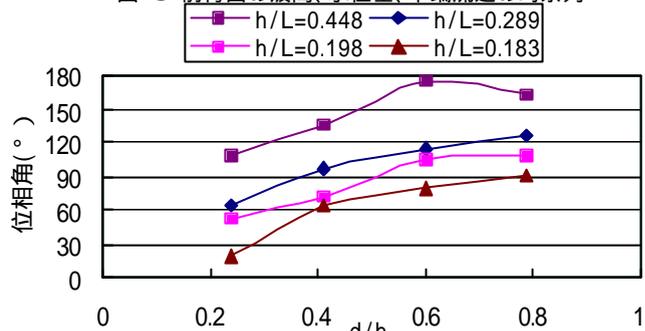


図-4 前背面における波の位相差

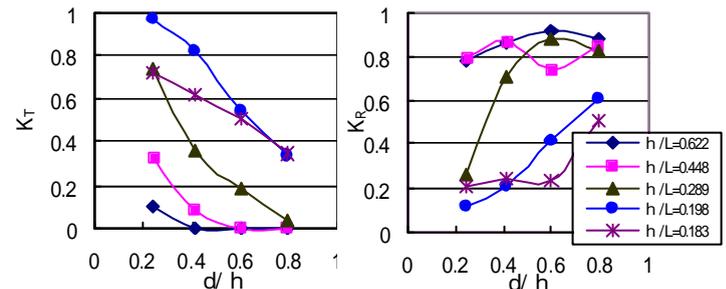


図-5 透過率 ($H=5\text{cm}$)

図-6 反射率 ($H=5\text{cm}$)

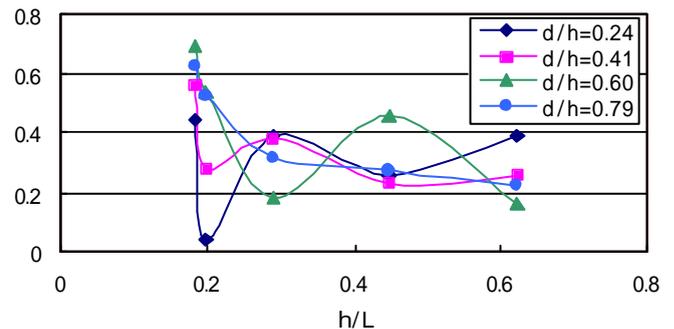


図-7 エネルギー逸散率 ($H=5\text{cm}$)

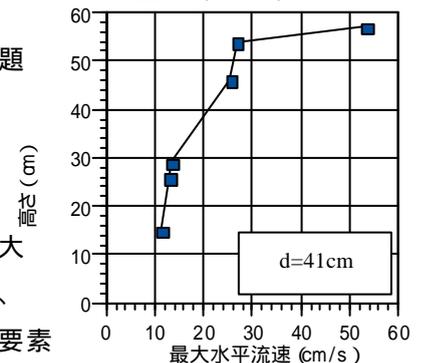


図-8 カーテンウォール下部流速分布