

関西大学工学部 学生員 ○永橋 俊二 東亜建設工業(株) 正会員 幸正 一伯
京都大学防災研究所 正会員 間瀬 肇 京都大学防災研究所 フェロー 高山 知司
関西大学工学部 正会員 井上 雅夫

1. まえがき

中小規模の橋梁建設の際、来襲した波が円柱橋脚へ打上がり、交通などに支障をきたすといった問題が生じている。本研究では、それらの問題に対し、波の打上げ高を支配する要因および波の打上げ特性を実験的に明らかにする。

2. 実験装置および方法

実験には2次元不規則波造波水槽を用い、図-1に示すような3種類の一様勾配を設置した。これらの海底勾配に対し、円柱模型を図-2に示すように水深が異なる5地点に設置した。実験波はBretschneider-光易型スペクトルを有するもので、そのピーク周波数を1.0~2.4sまでの8種類とした。また、それぞれのピーク周波数に対して、波高を3種類に変化させた。これらの条件に対し、円柱前面での波の打上げ高を500波程度を目安に測定した。なお、海底勾配が1/40の場合については、打上げが顕著であった設置水深(15cm, 10cm および5cm)に対して、規則波による実験を行った。この場合、周期は8種類、波高は4種類にそれぞれ変化させ、打上げ高を測定した。

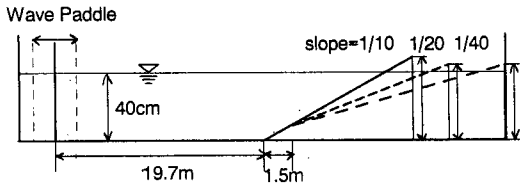


図-1 実験水槽

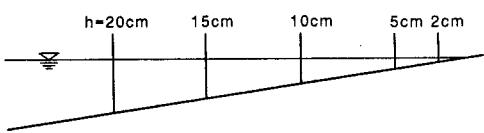


図-2 円柱の設置位置および通過波高の測定位置

3. 実験結果および考察

図-3には、勾配が1/20の海底地形における円柱への波の打上げ高と波高との関係を、沖波波形勾配ごとに示した。打上げ高の代表量としては、 $R_{2\%}$ および $R_{1/3}$ を用い、それらを沖波有義波高 H_0 で無次元化した $R_{2\%}/H_0$ および $R_{1/3}/H_0$ をプロットした。波高としては有義波高 $H_{1/3}$ を用いた。横軸は、無次元水深 h/H_0 である。また図中の実線は、波高変化の理論曲線を示したものである。これによると、沖波波形勾配が小さいほど、無次元打上げ高は大きい。また、波高のピーク付近でも $R_{2\%}/H_0$ がピークになる様子がみられる。このことから、打上げ高は波高と相関のあることがわかる。

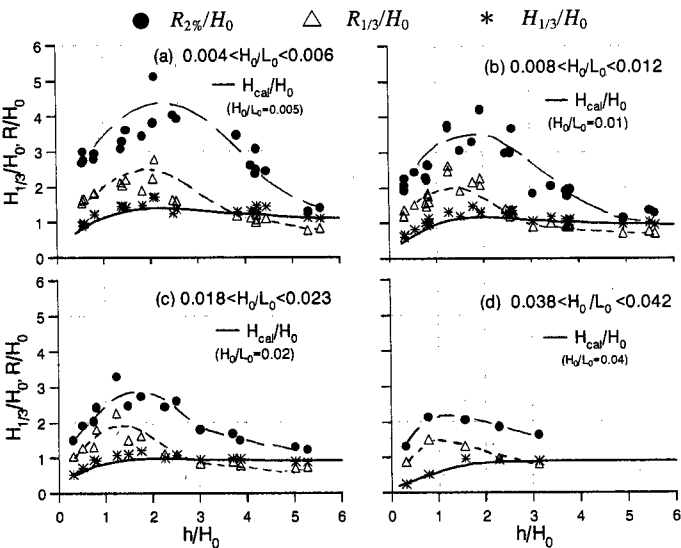


図-3 海底勾配 1/20 における R/H_0 と h/H_0 との関係

一般に、波が浅水域に進むと、浅水変形により波高は増大し碎波する。その後、波高減衰が顕著となる。打上げ高もそれに対応しており、碎波点付近でピークを示し、その後は減衰する。また、波高の変化率に比べ、打上げ高の変化率が大きいことがわかる。これは円柱前面での波の状況が打上げ高に影響を及ぼすためである。沖波波形勾配ごとの浅水効果による影響は、沖波波形勾配が小さいほど、浅水域への伝播にともない非線形の浅水変形により波高が増大する。すなわち、波高が増大し前傾化した波は、沖波波形勾配が小さいほど、波高が大きくなる。したがって、それとともなって打上げ高も増加する。この傾向は沖波波形勾配が0.02程度までみられ、海底勾配が1/10および1/40の場合についても同様であった。

図-4は、海底勾配が1/10および1/40の場合について、打上げ高と波高との関係を示したもので、 $0.018 < H_0/L_0 < 0.023$ のケースである。図-3(c)および図-4から海底勾配の影響がわかる。すなわち、海底勾配が緩やかになるにつれて打上げ高は小さくなるのがわかる。また、打上げ高のピークの出現位置が緩勾配ほど沖側に現れる。これらの原因も海底勾配の違いによる浅水効果の影響と考えられる。すなわち、緩勾配になるほど碎波点が沖側に移動し、波高の増大はみられない。そのため、打上げ高も小さく、そのピークの出現位置は沖側に移行する。打上げ状況を観察すると、碎波帯では打上げ高への碎波形態の影響が大きいようである。海底勾配が1/10の急勾配の場合には巻き波型碎波が顕著であるため、橋脚への波の衝突が激しく、大きな打上げが生じ、緩勾配になると、崩れ波型碎波が顕著になり、大きな打上げ高が生じることは少なくなる様子がみられた。

規則波実験により、一波ごとの特性を調べ、不規則波実験との比較を行う。図-5には海底勾配が1/40の場合における打上げ高と波高の関係を示した。規則波の結果では、打上げ高の変化は波高の変化と対応し、碎波点付近で著しい。図-6に示した沖波波形勾配ごとの比較では、沖波波形勾配が小さいほど打上げ高は大きくなる。これらの傾向は不規則波の特性と一致している。また、図-5の不規則波の変化傾向は緩やかであるが、規則波ではピーク付近での変化率が大きい。これは、不規則波の打上げ高の変化は規則波の実験結果を平滑化したものであることを示している。

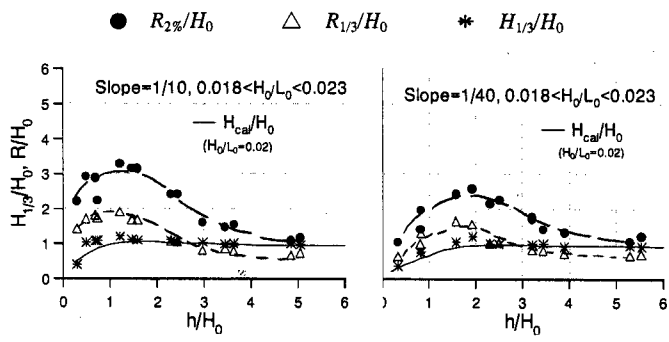


図-4 海底勾配 1/10 および 1/40 における R/H_0 と h/H_0 との関係

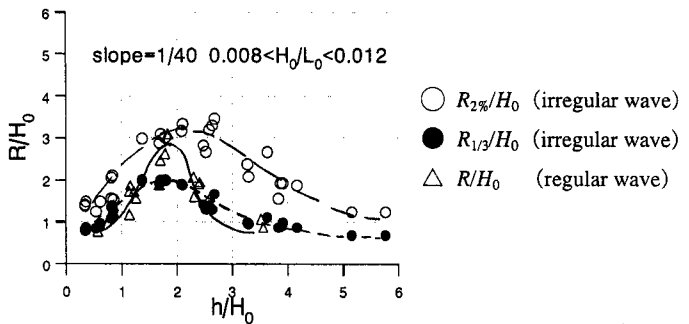


図-5 海底勾配 1/40 における不規則波と規則波の比較

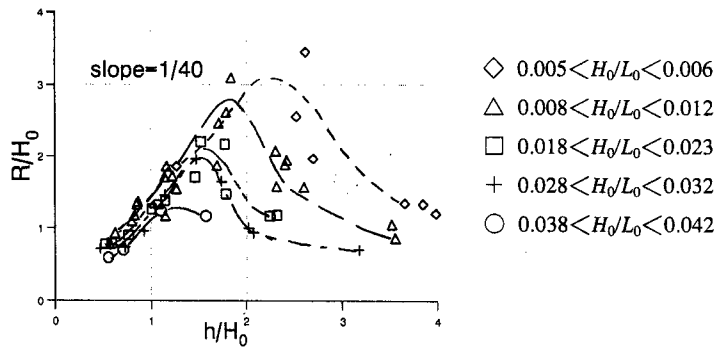


図-6 海底勾配 1/40 における波形勾配ごとの R/H_0 と h/H_0 の関係