

水深変化にともなう波の変形に関する研究

京都大学防災研究所 正員 岩垣 雄一
 京都大学大学院 学生員 ○酒井 哲郎

1. まえがき 著者らは先の研究において、クノイド波の初等関数表示である *hyperbolic waves* の理論式を用いて、水深・波長比の小さい領域での水深変化にともなう波高と静水面からの波の峯高および波長の変化の理論曲線を求め、さらに沖波波形勾配と碎波高の関係をも導いて従来の実験結果と比較検討した。本研究は、以上の理論結果の妥当性を検討するために、一様勾配の斜面上での波の進行にともなう波高と波速の変化について実験し、理論結果と比較検討したものである。

2. 実験装置および方法 実験は京都大学防災研究所宇治川水理実験所の波浪実験水槽において行なつた。この水槽は、長さ 63 m、幅 50 cm、高さ 65 cm の鋼製水槽で、図-1 に示すように、その一端にピストン型波起し機が取り付けられており、水槽のほぼ中央に 8 m にわたって鋼板斜面を設置した。勾配は $1/20$ であつて、斜面の最上端は水槽の底面から 40 cm の高さにある。波高および波速の変化の実験とも、一様水深部の水深はつねにほぼ 40 cm とし、波の周期は 1, 1.2, 1.5, 2 sec、一様水深部の波高は 1.5 ~ 12.0 cm の範囲のものを用了。記録は、一様水深部および斜面上に設置された 6 台の電気抵抗線式波高計によつて得た。沖波波高は、一様水深部の波高と水深から、Méhauté-Webb が求めた Stokes 波の 3 次近似解による波高変化の理論曲線を用いて求め、沖波波長は波の周期 T から近似的に $gT^2/2\pi$ で与えた。波速は、隣り合う 2 台の波高計間を波が通過するのに要する時間から 2 台の波高計間の二等分点での波速として求めた。また沖波波速は波の周期 T から近似的に $gT/2\pi$ で与えた。なお、採用した波は、各記録のうち波形が安定したのちのもので、斜面上で反射した波が波起し機の往復板によつてふたたび反射して帰つてくるまでの数波である。

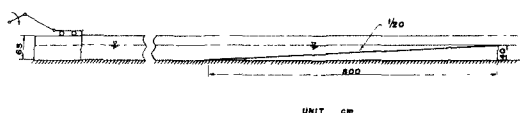


図-1 実験装置

3. 実験結果 (1) 波高の変化 最初予備的実験として、斜面ののり先から 1 m にわたつて鋼板を取り除いた場合について、一様水深部の水深を 40.5 cm、波の周期を 2 sec とし、一様水深部の波高を適当に変えて実験を行なつた。パラメーターを沖波波形勾配 H_0/L_0 とし、波高比 H/H_0 と水深・沖波波長比 h/L_0 との関係をも、微小振幅波理論、Stokes 波の 3 次近似解および *hyperbolic waves* の理論式にもとづく理論曲線とともに図示したのが図-2 である。ここで添字 0 は深海波であることを示す。つぎに斜面全体にわたつて鋼板を張つた場合について、一様水深部の水深を 40.5 cm、波の周期を 1, 1.2, 1.5, 2 sec とし、一様水

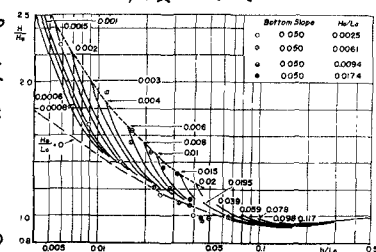


図-2 波高変化の予備実験結果

深部の波高を適当に変えて行なった実験結果を同様に図示したのが図-3 および図-4 である。

(2) 波速の変化 波速の変化の実験においても、一様水深部の水深を 40.5 cm、波の周期を 1.5 および 2 sec とし、一様水深部の波高を変えて実験を行なった。その結果をパラメーターに H_0/L_0 をとり、波速比 C/C_0 と h/L_0 の関係として、各理論式にもとづく理論曲線とともに図示したのが図-5 および図-6 である。

(3) 考察 波高の測定誤差は、記録波形の読み取り誤差から約 4%、底面摩擦による波高減衰は約 1% である。図-2 を見てわかるように、斜面ののり先から 1 m にわたって鋼板を取り除いて行なった実験では、波が一様水深部から斜面上に進入すると、波高は一度微小振幅波理論の示す波高より小さくなった後ふたたび増加している。その原因の一つとして、鋼板と水槽底面の間の約 5 cm のすき間を通して水が出入りすることが考えられ、実験に際しては水の出入りがないよう留意する必要がある。図-3 および図-4 からわかるように、水の出入りをなくした場合は、上述の誤差を考えると十分理論曲線と一致しており、hyperbolic waves の理論式にもとづく波高変化の理論曲線は、水深波長比の小さい領域での水深減少にともなう波高増大の割合は、微小振幅波理論によるよりもはるかに大きいという実験的事実を十分説明することができた。ただし、各実験結果の点描された点のうち最小の水深の点は、視察によつて求めた砕波点であり、図-3 および図-4 を見てわかるように、Laitone の最高波の式から求めた砕波点よりも浅く、砕波高は大きい。理論的に求められた砕波限界は勾配の影響が導入されないので、斜面上の砕波については実験的に明らかにする必要がある。一方、波速の測定誤差は、記録波形の読み取り誤差から約 1%、また測定された波速を 2 台の波高計間の二等分点での波速としたことによる誤差は約 0.5% と推定される。図-5 および図-6 を見てわかるように、上述の誤差を考慮しても、実験値は水深の減少とともに微小振幅波理論の示す割合よりやや小さい割合で減少し、その傾向は沖波波形勾配が大きいほど顕著であり、hyperbolic waves の理論式にもとづく理論曲線と同じ傾向を示しているといえるが、今後さらに詳細な実験によって検証する必要がある。

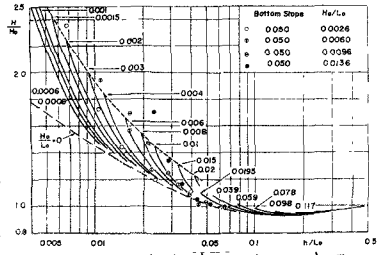


図-3 波高変化の実験結果(1)

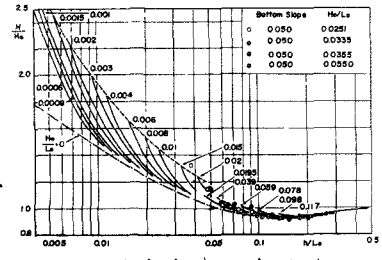


図-4 波高変化の実験結果(2)

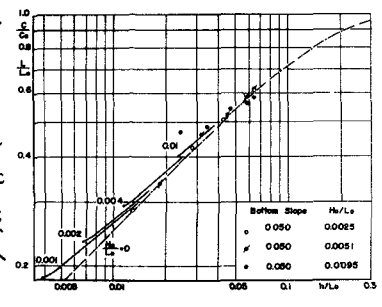


図-5 波速変化の実験結果(1)

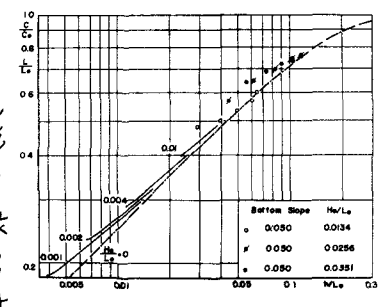


図-6 波速変化の実験結果(2)