

株式会社鴻池組 正会員 築 頼 宇

関西大学工学部 正会員 井 上 雅 夫

1. ま え が き

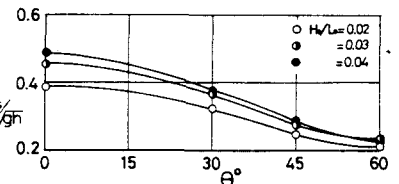
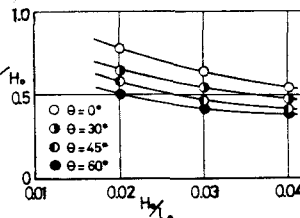
従来、海岸堤防や護岸の設計に関連して、波のうちあげや越波についての研究が多く行われている。斜め入射波のうちあげについても、細井・斎藤らが系統的な実験をすでに行い、その成果は水理公式集などにも示されている。したがって、波のうちあげ高に及ぼす入射角の影響については、それらの図表によって、実用上はあまり問題なく処理されているが、その機構については未知の点が多い。そのため著者は、若垣らが孤立波のうちあげ機構を検討した方法とほぼ同様な手法によって、波高のうちあげ高との関係のほか、汀線での波の進行速度を実験的に測定し、斜め入射波のうちあげ機構を明らかにしようとした。第1報においては、波の入射角を $0^\circ \sim 60^\circ$ に変化させたときの $\%$ 勾配への波のうちあげに関する実験結果を示し、若干の考察を行った。しかしながら、波形勾配によっては、入射角が大きくなると、うちあげ高は減少するのに対し、汀線での流速は逆に大きくなるなどの説明の十分にできない実験結果もあった。この原因は、実験装置の欠陥、たとえば、水槽の底面が完全に水平でないこと、消波装置が不十分であること、によるものと考え、これらの点を改良して再実験を行ったので、ここに改めて報告したい。

2. 実験装置および実験方法

実験には、幅 10m 、長さ 20m 、深さ 45cm の平面水槽を用い、それに勾配が $\%0$ の模型のり面を設置し、汀線には水位測定用の小型スタッフを取付けた。波のうちあげる状況は、ビデオカメラあるいは 16mm カメラで撮影し、うちあげ高や汀線での水位の時間的な変化を測定するとともに、波の先端の走時曲線を描き、それから、汀線での波の進行速度を求めた。実験条件は、水深 h を 2cm 、周期 T は 1.0sec と一定にして、波高 H_0 は $2 \sim 6\text{cm}$ まで5種類、入射角 θ は $0^\circ, 30^\circ, 45^\circ$ および 60° の4種類とした。

3. 実験結果とその考察

図-1は、無次元うちあげ高 R/H_0 と波 R/H_0 の形勾配 H_0/L_0 との関係であり、斜め入射波でも、Savilleの結果と同様に、 H_0/L_0 の増加とともに、 R/H_0 は減少する。図-2は、うちあげ高に及ぼす入射角の影響を示す図-1 R/H_0 と H_0/L_0 との関係

図-3 $U_0/\sqrt{gH_0}$ と θ との関係

したものであり、 K_R はうちあげ高に関する入射方向係数である。これによると、いずれの H_0/L_0 についても、 K_R は θ が大きくなると減少し、 H_0/L_0 の影響は K_R あまり明確でない。 K_R は θ が 45° までは $\cos\theta$ の曲線と一致し、 45° 以上になると、 K_R の減少率は小さくなるようである。しかし、実験値はすべて、オランダの実験公式を上限とし、シドロバの公

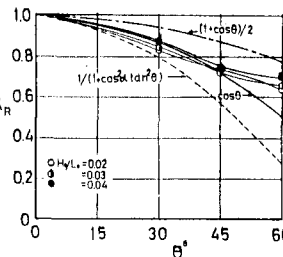


図-2 うちあげ高に及ぼす入射角の影響

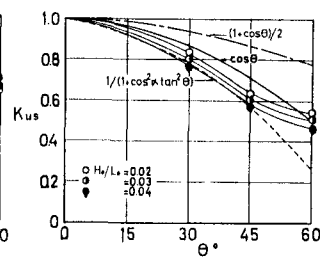


図-4 進行速度に及ぼす入射角の影響

式を下限とする範囲に含まれる。図-3は、汀線における波の進行速度 U_0 の無次元量 $U_0/\sqrt{gH_0}$ と θ との関係であり、 $U_0/\sqrt{gH_0}$ は H_0/L_0 に関係なく、 θ の増加とともに単調に減少する。この傾向をうちあげ高と比較するために、図-2と同様に、 K_R に相当した U_0 に関する入射方向係数 K_{U_0} を求めたものが図-4である。これによると、いずれの H_0/L_0 についても、 K_{U_0} は θ が大きくなると減少し、この傾向は H_0/L_0 が大いほど著しい。 K_{U_0} は、 θ が 45° までは、シドロバの公式にほぼ一致するが、 60° になると $\cos\theta$ 程度となり、減少率が小さくなる。このように、うちあげ

高と進行速度の入射角による変化の仕方は、まわめてよく対応し、斜め入射波のうちあげ高にも汀線での波の進行速度が大きな影響を与えることがわかる。

図-5は、入射角ごとの R/h と $U_s/\sqrt{gh}$ との関係である。各図中には、Freeman-Méhautéの α および β の近似式を記入した。

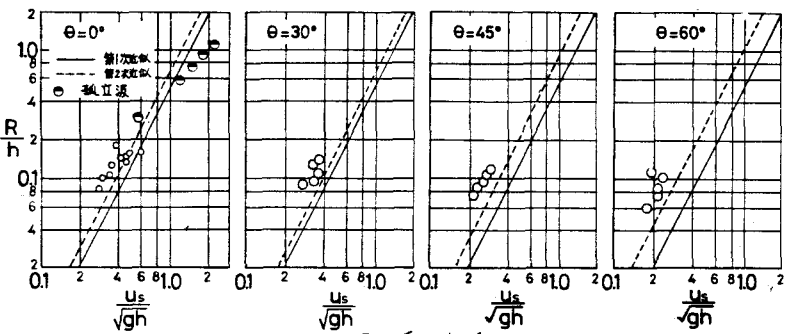


図-5 R/h と $U_s/\sqrt{gh}$ との関係

α の近似式の計算には、摩擦係数 f と汀線での波の先端の水位と流速とを関連づける定数 α が必要である。 f については、岩垣らの孤立波に関する実験結果を参考にして、 0.01 とした。また α は、孤立波の場合と異なり、波の進行速度は流速と考えられず、流速を直接測定しなければ、実験的にも求めることはできない。しかし、流速の測定はまわめて困難であるため、孤立波の場合と同様に進行速度を流速とみなして、 α を求めた。それによれば、 θ が $0^\circ, 30^\circ, 45^\circ$ および 60° のとき、 $0.36, 0.35, 0.43$ および 0.47 となり、 θ が大きくなると α も増大する。F-Mによれば、一般に α は 0.5 以下であり、孤立波で θ が 0° のときは 0.20 であり、周期波ではその約二倍である。

この原因は、周期波ではもどり波の影響が大きく、汀線での波の先端の水位が、孤立波の場合よりもかなり大きいためである。 R/h と $U_s/\sqrt{gh}$ との関係については、いずれの入射角についても、うちあげ高は α の近似式よりも β の近似式によるものの方が大きい。これは、 β の近似式における α の値を前述の理由によって、大きくとったためである。また、実験値が β の近似式よりも大きいことは、汀線での波の運動エネルギーが位置エネルギーに変わった場合よりも大きいことを意味し、汀線でも波の先端においては位置エネルギーをもったためである。さらに、 θ が 0° から 45° までの実験値は、 β の近似式と傾向はよく一致し、特に 0° の場合には、その値もほぼ β の近似式と一致している。しかし、 θ が大きくなるとともに、実験値は β の近似式よりもさらに大きくなる傾向を示し、 θ が 60° のときの実験値は、その傾向も β の近似式とはやや違ってくるようである。なお、図-5の実験値に平均的な曲線をひき、 f を求めたところ、 θ が $0^\circ, 30^\circ, 45^\circ$ および 60° のとき、 $0.01, 0.045, 0.001$ および 0.001 であり、 θ が大きくなると f は減少する。また、 θ が 0° の場合について、 f と H_o/λ との関係を調べると、 H_o/λ が大きくなると、 f も大きくなる傾向がみられた。

図-6は、うちあげ高と進行速度との関係を各入射角ごとに示した図-5の結果をとりまとめたものであり、京大防災研究所による大鰐海岸における観測値($\theta=0^\circ \sim 16^\circ$)も記入したため、無次元化はしていない。これによると、現地観測値をも含めて、斜め入射波のうちあげ高は、図-5に示したように入射角そのものの影響も多少あるが、もっぱら、汀線での波の進行速度によって決まり、特に U_s が 200 cm/sec 程度まではF-Mの β の近似式に近い値をとることがわかった。したがって、斜め入射波の周期波のうちあげ機構も、波高が小さく、さらに入射角が 45° 程度であれば、F-Mの理論によって、ある程度まで説明できるといえる。なお、うちあげ波の先端の軌跡についても、波高が小さく、入射角

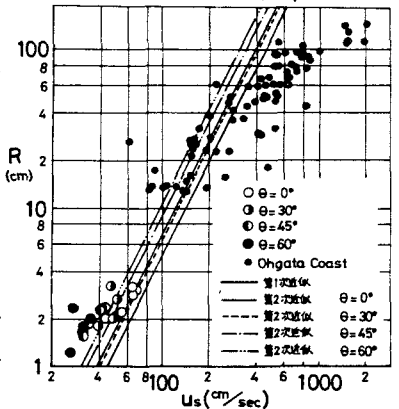


図-6 R と U_s との関係

も小さいときには、F-Mの β の近似式から求めた理論値と実験値とが比較的良好に一致したことを付記しておく。最後に、本研究は文部省科学総合研究費による研究の一部であることを明記するとともに、観測値の使用を許可していただいた京大防災研究所工屋義人教授、実験に大いに助力した前関西大学学生、野村建治、羽路寿広、藤塚豊裕の諸君にも感謝の意を表したい。