

京都大学防災研究所 正員 岩垣 雄一

“ 井上 雅夫

京都大学大学院 学生員 大堀 晃一

1. 緒言

海岸堤防を合理的に設計するには、波の遡上高や越波量を正確に推定することが必要であり、そのためには、法面上の波の遡上や越波の機構を十分に把握しなければならない。従来、波の遡上に関しては多くの実験的研究があるが、最近、理論的研究もかなり進んできた。しかし、従来の実験的研究の成果は波高と遡上高との直接的な関係を与えにくく、また、理論的研究も多くの仮定と複雑な計算を必要とし、決して実用的なものではない。そこで、著者らは、波の遡上機構を解明するため、孤立波と周期波とによる実験を行ない、従来の理論的研究との比較を試みた。

2. 実験装置および実験方法： 実験に用いた水槽は、長さ21.6m、幅0.75m、深さ1.02mの両面ガラス張りのもので、その一端には高圧式造波機があり、他端の1/10勾配の斜面上に、さらに、勾配可変の法面を設置した。孤立波は水槽端を2枚の板で仕切り、その間を貯水し、前方の板を急に開くことによって発生させた。法面を遡上する波の状況は16mmカメラによって1sec当たり24、あるいは32駒で撮影し、法面には2cm間隔でネオンランプに接続した電極をとりつけ、その点滅を合せて、撮影した。それらはフィルムーションアナライザーで解析した。実験波の特性は、孤立波については、水槽水平部分の水深 h_* と22cm、波高 H は2~16cmとし、周期波については、 h_* を42.9cm、周期1.48sec、波高 H は0.6~12cmとした。法面の最先水深は常に0で、法面勾配は、孤立波の場合には、1/10, 1/5, 1/4, 1/3, 1/2, 1/1, 2/1, 3/1および鉛直とし、周期波の場合には、1/10, 1/6, 1/5, 1/4, 1/3, 1/2, 1/1および2/1とした。

3. 実験結果とその考察： 孤立波の場合には、波が汀線近くに来ると、その前面はほぼ鉛直になり、その後波の峰が先に進んで法面上に落下する。一方、周期波の場合には、汀線よりかなり沖側で碎け、その後急激に波高を減少して汀線に来るので、汀線付近での波高と進行速度とを精度よく測定するのは困難である。

図-1は孤立波について、水槽水平部分における波高と水深との比 H/h_* と、波の先端がちょうど汀線に来たときの先端の速度 W_t と $\sqrt{gh_*}$ との比 $W_t/\sqrt{gh_*}$ ($=W_t$) (suffix t は冠差をあらわす) との関係および、波が汀線に来たときの静水面からの峰の高さ u_t と h_* との比の平方根 $\sqrt{u_t/h_*}$ ($=C_{u,t}$) との関係をおめ、さらに、これから、 H/h_* と $W_t+2C_{u,t}$ との関係をおめたものである。波が汀線に近づいたとき、これは一応段波とみなすと、その前面水深は0であるから、 W_t はその点での流速 u_t にほとんど等しく、 u_t の代りに W_t を用いることにする。Freeman-Méhautéによると、段波は汀線で消滅し、稀薄波に変わる。そのとき、法面上での摩擦を無視すると、 $W_t+2C_{u,t}$ はすべて速度成分 $u_{s,t}$ (suffix

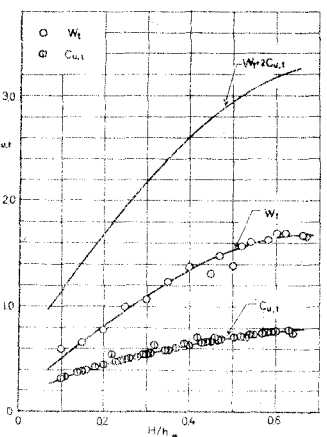


図-1 W_t , $C_{u,t}$ および $W_t+2C_{u,t}$ と H/h_* との関係

S は法面上をあらわす) に変換され、遡上高 R は $R/h_* = U_{s,t}^2/2gh_* = (W_e + 2C_{u,t})^2/2gh_*$ となる。この R/h_* と $(W_e + 2C_{u,t})/\sqrt{gh_*}$ との関係を示したのが図-2 であり、直線の勾配はほぼ 2 であり、 $(W_e + 2C_{u,t})^2$ に比例することがわかる。遡上高は勾配が急なほど増加するが、勾配が鉛直でも、上の関係式で算出される遡上高より若干小さく、摩擦その他の損失の影響は無視できないことがわかる。摩擦を考慮に入れると、稀薄波の先端の形状は放物線形になるが、これを鉛直とし、先端では、 $C_s = a U_s$ (a は 0.5 より小さい定数) とすれば、 $W_e + 2C_{u,t} = U_{s,t} + 2C_{s,t} = (1+2a) U_{s,t}$ となる。 $U_{s,t}$ と $W_e + 2C_{u,t}$ あるいは W との関係を示したのが図-3 であり、 $U_{s,t}$ は W よりかなり大きい。また、こうした図を利用して a の値を推定し、勾配 S と a との関係を図-4 に示した。a の値は、この場合ほぼ一定値であることがわかる。

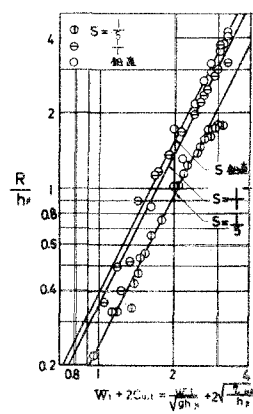


図-2 R/h_* と $W_e + 2C_{u,t}$ との関係

図-5 は R/h_* と $U_{s,t}$ との関係で、周期波についても示したもので、 R/h_* は $U_{s,t}^2/2gh_*$ より大きいことがわかる。Freeman-Méhauté によると、摩擦を考えた場合の先端だけの特性曲線より求めた遡上高は $R/h_* = (U_{s,t}^2/2gh_*) \times (1+2a)(1+a)/(1+f/5a^2)$ (ここで、f は底面の摩擦係数) であり、a が大きいほど、同じ $U_{s,t}$ の値に対して、遡上高が大きくなる。鉛直の場合 ($S=\infty$) には、図-4 から a の値は 0.26 であり、この値を $(1+2a)(1+a)/(1+f/5a^2)$ に代入すると 1.92 となる。また、図-5 から鉛直の場合について、この値を求めると 1.92 となり、まったく一致する。

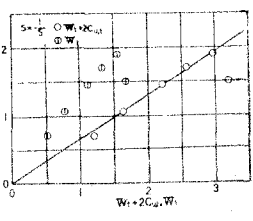


図-3 U_u と $W_e + 2C_{u,t}$ および W_e と R/h_* との関係

このことから、段波から、稀薄波への変換は理論通りにおこなわれると考えられる。図-5 をもとにして、すべての勾配について、 $(1+f/5a^2)/(1+2a)(1+a)$ a 値を求め、この値から、f の値を推定すると、0.005~0.01 の間にある。また、この図には、周期波の場合についても同時にプロットしてある。周期波の実験値は散らしてあるがよくわからぬが、一応、孤立波の場合と同じ傾向がみられる。また求めた $(1+2a)(1+a)/(1+f/5a^2)$ の値と甲い、 $U_{s,t}$ の値を算出し、先端の軌跡を計算して、実験値と比較したのが図-6 である。この図は、理論値と実験値とがかなりよく一致しており、このことは、以上に述べた考え方の妥当性を示すものと思われる。以上、著者らは、波の遡上機構について考察を行ない、孤立波の場合でも、周期波の場合でも、法勾配が急な場合には波の先端の特性曲線のみで遡上機構が説明できることを示した。最後に、本研究の実験や資料整理に助力していただいた学部学生太田隆義君に謝意を表する。なお、この研究は特定研究費による研究の一部であること

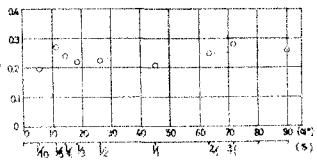


図-4 a と S との関係

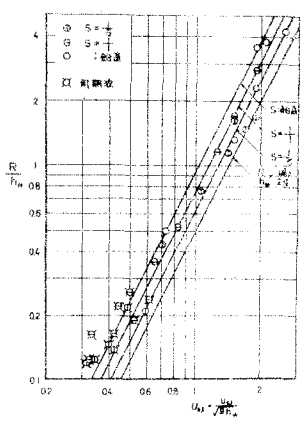


図-5 $U_{s,t}$ と R/h_* との関係

この研究は特定研究費による研究の一部であること 図-6 Xs と T との関係