

1. ま え が き

海岸堤防の越波量には、波の特性、潮位、堤防の設置位置および風などが影響し、これらの要素の影響についてはかなり明らかになってきた。しかし、海底勾配の影響についての研究はあまり行なわれていないようであり、これまで Saville, 永井および富永らによって若干の検討が行なわれている程度である。たとえば、富永らは海底勾配 $1/0$ と $1/30$ の場合の鉛直堤の越波量を比較して、一般には $1/0$ 勾配の越波量が大きく、多い場合には $1/0$ 勾配の 20 倍にも達し、その原因が砕波形式の相違によって、越波の仕方が異なるためであると説明している。また、著者は富永らの結果に $1/5$ 勾配の実験結果を追加して、海底勾配による越波量の変化の仕方を検討した。その結果、海底勾配がゆるやかになるにつれて越波量は減少し、その減少比は波形勾配が一定であっても水深波長比によって変化し、その値が小さいほど海底勾配の影響は大きく、越波量は大幅に減少することを明らかにした。しかし、これまでの実験はいずれも各種類の海底勾配に対するものであり、越波量におよぼす海底勾配の影響を系統的に論じることはできない。このため本研究においては、鉛直堤前面の海底勾配を $1/0 \sim 1/30$ の5種類に変化させ、その越波量におよぼす影響を、特に砕波水深との関連において実験的に明らかにしようとするものである。

2. 実験装置および実験方法

実験水槽は、長さ 24.0 m、幅 45 m、深さ 46 mの片面一部ガラス張りのもので、その一端には multi-purpose型造波機があり、他端に勾配 $1/5$ 、 $1/0$ 、 $1/20$ および $1/30$ の模型海浜を設け、その上に高さ 10 cmの鉛直堤を設置した。実験波は周期 $T=1.2$ sec、波高 $H_0=5 \sim 13$ cmとし、かり先水深 $h=0$ cm、 2 cmおよび 4 cmの3種類とした。波高は水槽一様水深部に抵抗線式波高計を置き、自動平衡型記録計に記録させ、越波量は堤防背後の小容器に入る水量をメスシリンダーで直接測定した。実験はまず堤防をとり除き入射波を測定したのち、堤防を設置して、波高が一樣な造波機始動後の $4 \sim 9$ 波までの越波量を測定した。

3. 実験結果とその考察

図-1は、縦軸に波長だけをを用いた無次元越波量、横軸に波形勾配をとり、海底勾配をパラメータとして越波量におよぼす波高の影響を示した。図-1(a)および(b)は、水深波長比がそれぞれ 0.009 および 0.018 の場合である。なお、のり先水深が 0 cmの場合には、 $1/0$ よりゆるやかな勾配では越波しなかったため、ここでは示さなかった。これらによると、水深波長比が 0.009 の場合には $1/0$ 勾配を除いて、波高の増大とともに越波量も増大している。これは、勾配が $1/5$ や $1/30$ で急な場合には、入射波高が大きくてもあまり沖側で砕波しないためであり、 $1/20$ や $1/0$ 勾配の場合には、逆に入射波高が小さくても砕波点の位置が堤防からかなり離れるためと考えられる。 $1/0$ 勾配の場合には、波形勾配が約 0.03 で極大値、約 0.04 で極小値をそれぞれ示す複雑な変化の仕方をしている。その原因は明らかでないが、岩崎らが指摘したように、緩勾配の場合には一度砕けた波が浅海波として再生され、ふたたび堤防前面で砕ける現象の影響かもしれない。また水深波長比が 0.018 で勾配が $1/0$ および $1/5$ の場合については、さきの場合とまったく同じであるが、勾配が $1/0$ よりゆるやかな場合には、越波量におよぼす波高の影響はあまり顕著でない。図-2は、図-1から縦軸に無次元越波量、横軸に海底勾配 $\cot \theta$ をとり、波形勾配をパラメータとして、越波量におよぼす海底勾配の影響を示した。これによると、いずれの場合も砕波後の波が堤防に衝

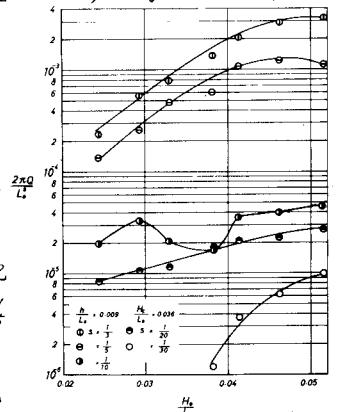


図-1(a) 無次元越波量と波形勾配との関係

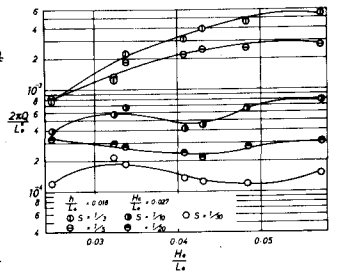


図-1(b) 無次元越波量と波形勾配との関係

突して越波するため、越波量におよぼす海底勾配の影響は大きい。また、当然のことながら水深が小さいほどその影響は顕著であり、また水深波長比が0.007の場合には、 $\cot \theta$ が3~5および20~30、0.018の場合には、5~10の部分での越波量の減少が著しい。図-3は、波形勾配に関係なく各勾配の越波量と $\%$ 勾配の越波量の比 $\frac{Q_0}{a_{10}}$ と海底勾配との関係と水深波長比ごとに示した。これによると、図-2で述べた傾向がより明らかになるとともに、 $\%$ および $\%$ 勾配の越波量は、 $\%$ 勾配のそれぞれ1.0~0.3、0.4~0.1倍に減少する。図-4は、前述の $\frac{Q_0}{a_{10}}$ と波形勾配との関係を示した。これによると、ほとんどの場合、波形勾配が約0.04までは波形勾配の増加とともに $\frac{Q_0}{a_{10}}$ も増加するが、0.04以上になるとほぼ一定値があるいは若干減少する。すなわち、ある波高以下では海底勾配による越波量の変化率が波高によって異なることを示している。以上、越波量と海底勾配との関係と直接調べたが、越波には碎波の影響が非常に大きいため、越波量と碎波水深との関係を調べたものが図-5である。図-5は、縦軸に無次元越波量、横軸に堤防から碎波突までの距離 X_b 以下、碎波距離という)と波長との比をとり、波形勾配をパラメーターとして越波量におよぼす碎波距離の影響を示した。なお、碎波距離は合田

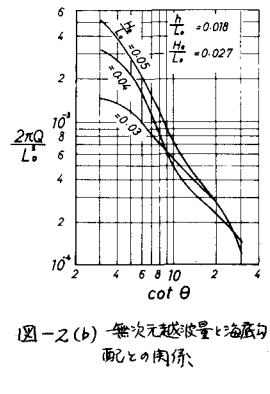
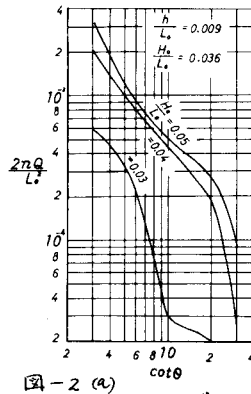


図-2 (a)

図-2 (b) 無次元越波量と海底勾配との関係

図-5は、縦軸に無次元越波量、横軸に堤防から碎波突までの距離 X_b 以下、碎波距離という)と波長との比をとり、波形勾配をパラメーターとして越波量におよぼす碎波距離の影響を示した。なお、碎波距離は合田

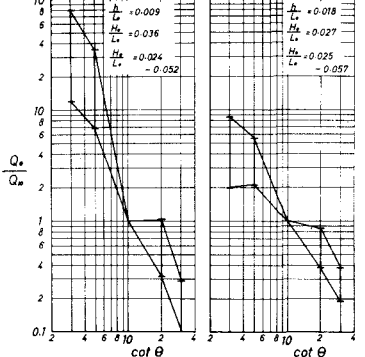
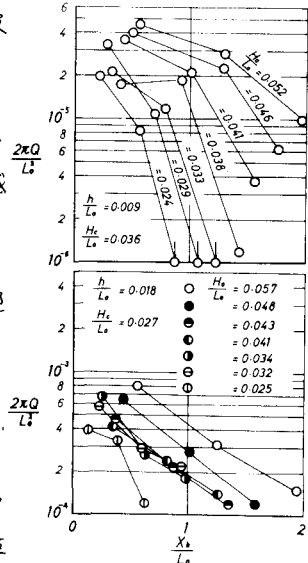


図-3 $\frac{Q_0}{a_{10}}$ と海底勾配との関係

図-5 無次元越波量と碎波距離の関係の碎波水深の図表から、 $\%$ 、 $\%$ および $\%$ 勾配の場合について計算で求めたものである。これによると、勾配がゆるいほど碎波水深は大きく、したがって碎波距離は長くなり、その間でのエネルギー損失が大きくなるために、いずれの場合も越波量は減少することになる。すなわち、海底勾配がゆるやかになると越波量の減少する原因の一つは、碎波長の位置が沖側に移動するためであろう。図-6は、縦軸に $\frac{Q_0}{a_{10}}$ 、横軸に $\%$ 勾配と各勾配の碎波距離との比 $\frac{(X_b)_0}{(X_b)_0}$ をとり、越波量と碎波距離の減少比の関係を示した。これによると、碎波距離の減少率が大きくなると、越波量の減少率も増加している。図中の実線の曲線は実験値の平均曲線、破線はその上下限を示している。 $\frac{Q_0}{a_{10}}$ と $\frac{(X_b)_0}{(X_b)_0}$ の値は、一部の実験値を除いて、若干のばらつきはあるがほぼ一致し、少なくとも図中の一実線線、すなわち、 $\left[\frac{Q_0}{a_{10}} \right] = \left[\frac{(X_b)_0}{(X_b)_0} \right] \pm 0.2$ で示される二直線の間の実験値は含まれるようである。したがって、この実験範囲内では、上式によって海底勾配の変化による越波量の変化量が推算できよう。最後に実験に大いに助力した前関西大学学生、伊沢真昭、浜口洋介および山野裕の諸君に謝意を表す。

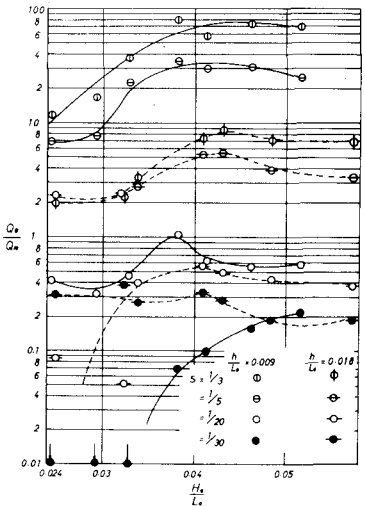


図-4 $\frac{Q_0}{a_{10}}$ と波形勾配との関係

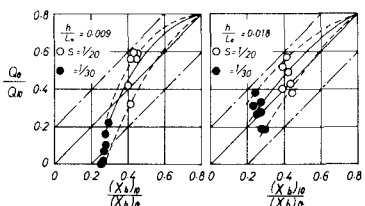


図-6 越波量と碎波距離の減少比の関係