

複合断面における波の打上げに関する研究

中 村 充*・佐々木泰雄**・山田 譲二***

1. ま え が き

波の打上げ、越波に関する研究は数多くなされている。しかしこの現象は沖波の性質、海底地形、堤防形状とその設置位置が相互に関連し、これらを普遍的、統一的に表現することは困難である。したがって各種のケース、たとえば各単一海底勾配上の単一堤防への打上げなどとして整理された。他方現実には複雑な海底地形の上に建設され、このような場合にも適用可能な推算方法として Saville の仮想勾配法がある。

仮想勾配法による打上げ高の推算について著者の一人は静岡県富士海岸堤防模型実験、宮城県亙理海岸現地観測、愛媛県長浜八幡浜海岸現地実験によって Saville の値が過小な値、特に仮想勾配の小さい場合に著しく少ない値となることを示した。

海岸保全における堤防あるいは護岸は、ほとんどの場合砕波帯の岸側で堤脚水深は沖波波高に比べて非常に小さいか0である。このような場合 Saville の仮想勾配法では観測点が著しくばらつく。その原因は地形および堤防の幾何学的断面特性が砕波点の位置と打上げ点の位置によって定まり、中間の地形形状の条件が入っていないためと思われる。筆者らはこの点に着目し Saville の仮想勾配法を中間地形形状を考慮して修正した。この結果を報告する。

2. 実験装置と実験方法

図-1 にここで対象とした種々の海岸断面形状を示してあるが、図-1 の ①～⑦ までは模型実験であり、⑧は現地観測時の断面形状である。⑦は、John B. Herbich が打上げにおよぼす berm の効果の実験結果を整理しなおしたものである。このような断面形状を想定した理由としては、一般的には前浜の勾配は比較的急で、後浜は比較的ゆるやかである場合が多く、通常は前浜と後浜の接合部分がほぼ汀線近傍に位置することが多く、それが荒天時、高潮時には、いろいろな原因で潮位が高まり、後浜にも水深が存在し、打上げが堤防に達することになるものと考えられる。したがって、水位の変化

は、ほぼ、後浜の先端から堤脚水深が沖波の波高程度までとし、いわゆる汀線近傍における海岸堤防を想定したものである。

⑧の現地観測は、愛媛県長浜海岸に実験堤を設けて、波の観測と同時に打上高を測定したものである。

実験における波高は H_0 が最大 20 cm、波の周期は 1.0～2.5 sec である。また現地観測における波の観測は、水深 12 m の位置に目盛を付けたポールを

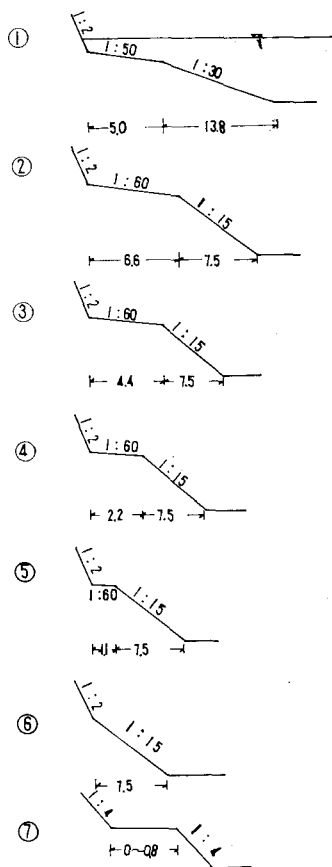


図-1 実験を行なった海浜断面

立て、岸からスタジア式波高計で追跡したもので、岸に到達するまでその波を追跡してそのときの打上げ高を測定した。波高は 12 m 水深でほぼ 1.0～2.0 m のものを採用した。波の周期は 5 sec 程度から大きいものは 12 sec 程度で、7～8 sec 程度のものが比較的多い。

3. 実験結果と考察

波の打上げに関係するパラメータとして式 (1) のようなものが一般に考えられる。

$$R=f(H_0, L_0, h_b, h_a, \alpha) \dots\dots\dots (1)$$

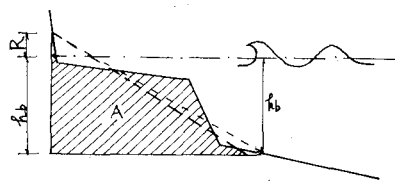
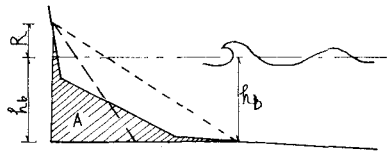
この式で R は静水面から堤防打上げ点までの鉛直高さ、 H_0 は沖波波高、 L_0 は沖波の波長、 h_b は砕波水深、 h_a は堤脚水深、 α は斜面の水平となす角度である。

* 正 会 員 農林省農業土木試験場
 ** 農林省農地局
 *** 学生会員 東海大学

式(1)から次のように無次元量を構成することができる。

$$R/H_0 = f(H_0/L_0, h_a/H_0, \cot \alpha) \dots \dots \dots (2)$$

式(2)の $\cot \alpha$ として式(3)を用いることにすれば碎波条件としての h_a とともに地形条件も包含した取扱いができるので合理的である。



----- Saville の仮想コウ配
 ----- 改良仮想コウ配

図-2 波の打上げの仮想勾配

すなわち、図-2 にみるように斜線部分の面積と等しくなるような $R+h_b$ を高さとする仮想三角形を考え、このときの三角形の斜辺の勾配をもって仮想勾配とすることにした。したがって $\cot \alpha$ は式(3)となる。

$$\cot \alpha = \frac{2A}{(h_b + R)^2} \dots \dots \dots (3)$$

式(1)で A は斜線部分の面積、 h_b は碎波水深、 R は静水面から打上げ点までの鉛直高さである。

図-3~図-10 は、縦軸に R/H_0 をとって、横軸に $\cot \alpha$ をとり、パラメータは図-1 に示した各実験ケースを示してある。これらの図は H_0/L_0 のある範囲について示したものである。これらの図で測点の散乱が気にかかるが、その原因として、打上げの現象そのものが散乱の大きい現象である。特に十分沖測で碎波して、段波状に碎波後の波が進行してくる過程において、波は複雑な機構

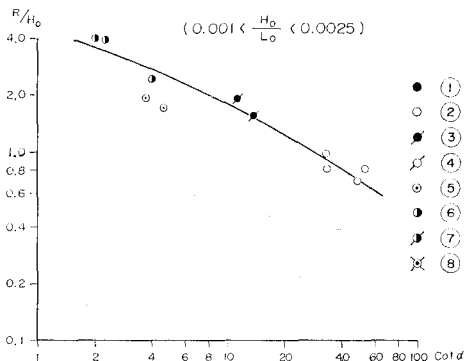


図-3 R/H_0 と改良仮想勾配との関係 (その 1)
 (記号番号は 図-1 に示す海浜断面区分)

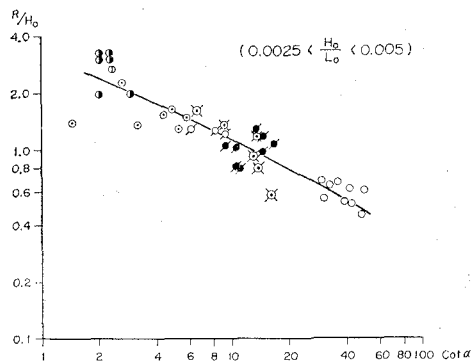


図-4 R/H_0 と改良仮想勾配との関係 (その 2)

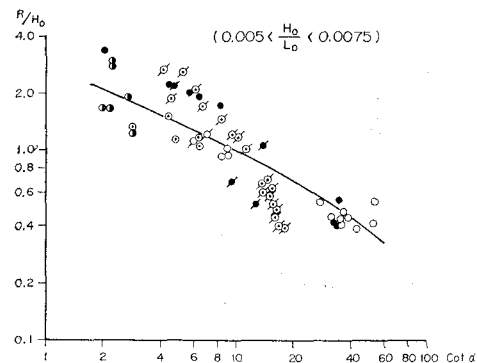


図-5 R/H_0 と改良仮想勾配との関係 (その 3)

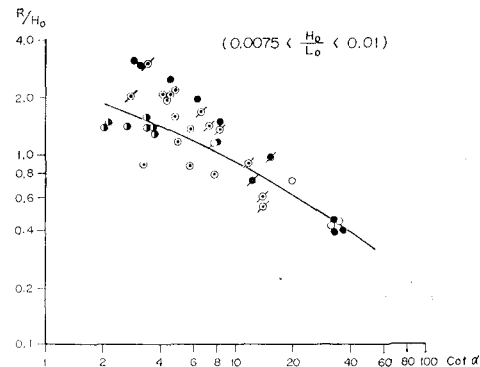


図-6 R/H_0 と改良仮想勾配との関係 (その 4)

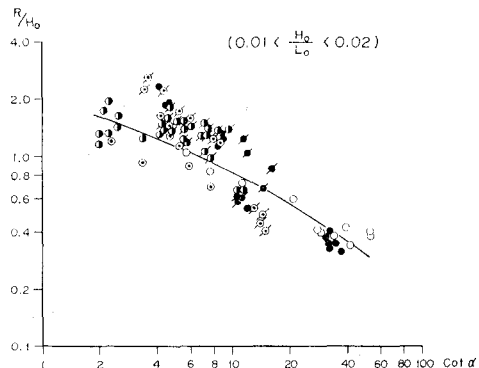
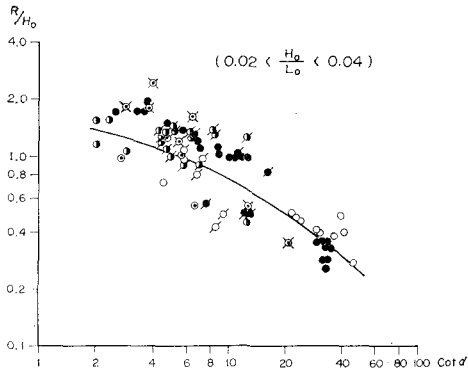
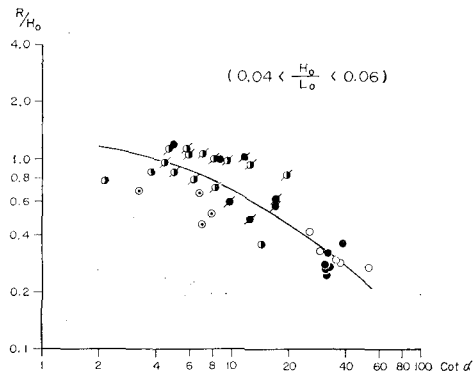
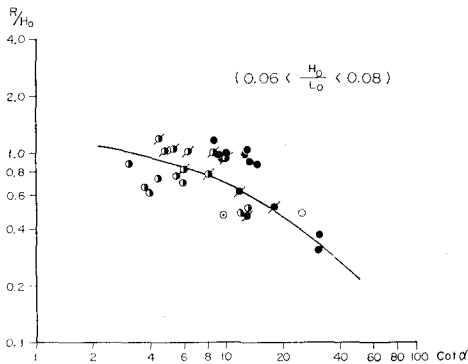
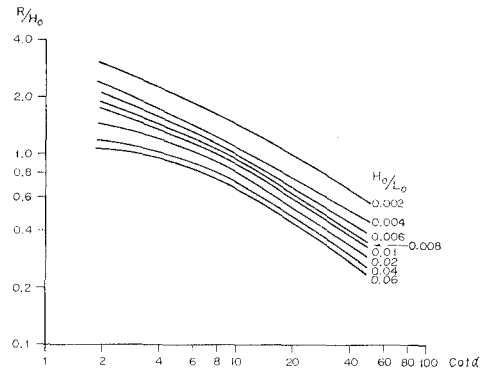


図-7 R/H_0 と改良仮想勾配との関係 (その 5)

図—8 R/H_0 と改良仮想勾配との関係 (その 6)図—9 R/H_0 と改良仮想勾配との関係 (その 7)図—10 R/H_0 と改良仮想勾配との関係 (その 8)図—11 R/H_0 と改良仮想勾配との関係 (その 9)

して一枚の図表としてまとめたものである。

4. 浜における波の這い上り

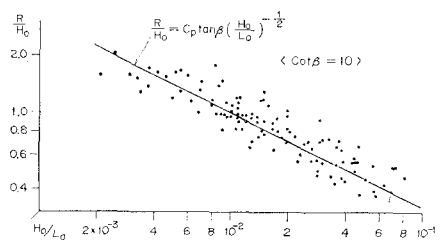
海岸に堤防が存在しない場合、すなわち、比較的勾配の大きい前浜から緩い傾斜の後浜に接続し、波の打上げが後浜上に止まる場合には、波の打上げはむしろ這い上りとなる。波の這い上りについては Caplan をはじめ多くの研究がある。

単一勾配の斜面における重力波の這い上りの式として Hunt は次の式を提案している。

$$\frac{R}{H_0} = C_p \tan \beta \left(\frac{H_0}{L_0} \right)^{-1/2} \quad \dots\dots\dots (4)$$

式 (4) で β は斜面と水平となす角、 C_p は斜面の透水性に関する係数で、一般に 1.0 より小さい値をとっている。しかし現実の浜は単一勾配をなしていることはほとんどの場合ないので、ここでも地形条件をなんらかの形で加味して整理する必要がある。

図—12 は斜面勾配が 1/10 の場合の波い上り高を示したものであり、Hunt の示した式 (4) で $C_p=1.0$ としてよく一致する。図—13 は斜面勾配 1/20 の場合について同様に示した。図—14 は斜面勾配が 1/30 の場合で、図中には Saville による 1/30 の場合の現地観測も同時に示した。図—15 は A.J. Bowen が 1/12 斜面において実験したもので、これらから Hunt の式は 1/20 斜面まではよく合っている。図—16 は複合勾配の浜における

図—12 単一勾配斜面における這い上り高さ ($\cot \beta = 10$)

を伴って変形するため、どうしてもこのような単純な表現をする限り、ある程度の散乱はさけることができない。また、この実験結果は、いろいろな実験ケースが一つの傾向をもっていることと、その散乱の範囲も一定の領域内にあることは、きわめて興味あることである。すなわち、われわれが最初に着目したように、断面形状の効果を $\cot \alpha$ の中に包含され、この図のパラメータを消去して考えられる程度であるため、この図の平均的な曲線を H_0/L_0 の大小関係を考慮して入れた。図—11 は 図—3 ~ 図—10 の曲線をもとに、 H_0/L_0 の値を順序よく整理

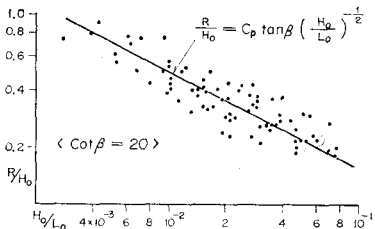


図-13 単一勾配斜面における這い上り高さ (cot β=20)

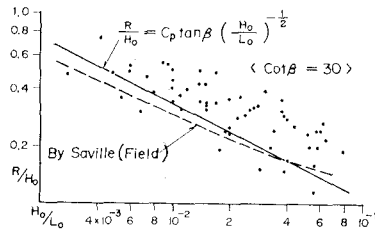


図-14 単一勾配斜面における這い上り高さ (cot β=30)

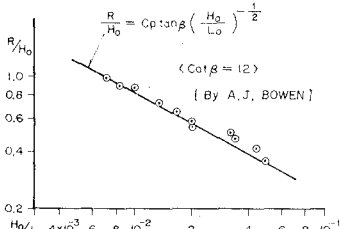


図-15 単一勾配斜面における這い上り高さ (cot β=12)

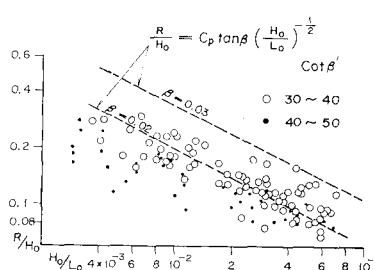


図-16 複合断面における這い上り高さ

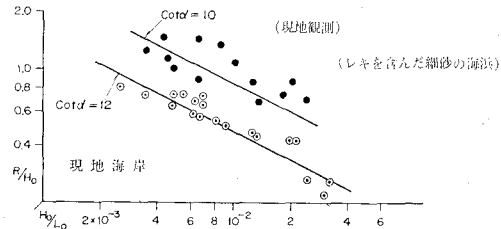


図-17 愛媛県八幡浜現地複合断面における 這い上り高さ

這い上りの実験結果である。この実験は、図-1 の①のケースで、這い上りが堤防に達しない場合のデータを整理したもので、這い上りは 1/50 斜面のみで観測されたものである。この図で cot β' は改良仮想勾配をとっているため、単一勾配と区別するため、ダッシュを付けて示した。この図でわかるように、複合勾配の場合、改良仮想勾配を用いて地形の影響を考慮したが、この修正値以上に這い上り高が小さい。この理由として、Set-up の効果等が考えられる。図-17 は先に述べた愛媛県長浜海岸における現地観測結果であり、改良仮想勾配を用いることによって Hunt の式によく一致する。以上を要約すると波の這い上りについて改良仮想勾配を用い勾配 1/20 以上の場合 Hunt の式で計算されるが、これより緩勾配のときは計算値は若干過大な値となる。

5. あとがき

波の打上げ、這い上りについて、複雑な断面形状の海浜における一般的推算方法を検討するため、Saville の仮想勾配法を海底地形の影響を考慮して改良仮想勾配を定義した。この勾配を用いることによって若干修正することができたが、まだ測定値の散らばりが多く、勾配のゆるい場合には地形の影響のみでなく、引き波と打上げ波の干渉の有無が大きな因子となっている。今後この点について検討を進める必要がある。