

高知大学農学部 正史

同上

チェリーコンサルタント

中崎 昭人

・玉井 佐一

木村 好亮

1 まえがき

海岸構造物としては海浜などに於ける傾斜面上の波の挙動は種々の海岸工学的現象に関連して重要な問題である。従来斜面上に於ける波の迎上や形状、波圧、消波ブロックの安定さなどに法先述述べ種々の立場から斜面上の波の挙動に対する説明がなされてきているが現象の複雑さからまだ多くの問題を残している。この研究は斜面こう配の相異による波の挙動と波圧変動さらに壁面に沿うせん断力の變化などについて基礎的な実験を行ったものである。

2 実験設備および方法

実験は長さ20m、幅0.8m、深さ0.6mの2次元波浪水槽を用いて行った。波はフラップ型造波機により起し、この他端16.30mの位置に可傾式斜面を設置し、その中央部に波圧計およびShear plateを取りつけるようにした。斜面板より沖の水深こう配はつけず水深は26.5~37cmとした。なおせん断力に関する実験の場合は測定壁に厚さ2mmの合成樹脂板を貼った滑面壁を用いた。せん断力の測定にはモーメント計を使用し、波の影響をうけないようパイプでカバーしたアームの先端にShear plate(長さ5cm、幅8cm、厚さ0.12cmの合成樹脂板)を傾斜壁面とplate上面が一致するようにとりつけた。実験波は周期 $T=1.0\sim 1.7$ sec、砕波波高 $H_0=4.5\sim 11.0$ cmとし、斜面の傾斜角 $\theta=90^\circ, 80^\circ, 70^\circ, 60^\circ, 50^\circ, 45^\circ, 38^\circ\sim 40^\circ$ ($\cot\theta=1.35$), $33^\circ\sim 40^\circ$ ($\cot\theta=1.5$), $26^\circ\sim 34^\circ$ ($\cot\theta=2.0$)および $18^\circ\sim 26^\circ$ ($\cot\theta=3.0$)と変化させた。しかしせん断力の測定は $\theta<45^\circ$ の場合について行った。斜面上の波の挙動は8mmカメラを用いて撮影した。なお入射波高は造波板から7.25mの位置と斜面法線部で測定した。

3 実験結果の考察

り波圧について 壁面の最大同時波圧の分布を示すと図-1のようである。最大波圧 P_{max} の生ずる位置は重複領域では静水面で、砕波領域では静水面下(wave troughのやや上方)で起る。建設省上研で行った斜面こう配 $\cot\theta=0.5\sim 2.0$ を対象とした実験結果によると静水面下では P_{max} は生じていない。一方ランダに於ける研究によれば静水面下で P_{max} が生じており、筆者らの研究と同じ傾向を示す。上研の実験では水深こう配が $\%0$ であり、これが影響したものであろう。傾斜が急な場合($\theta\geq 45^\circ$)は壁に波の山が来たと正圧、谷が来たと負圧が生じる。傾斜が緩くなる($\theta<45^\circ$)と引波によって斜面上に正圧と負圧が同時に生じようになる。このことは斜面堤防などを設計、施工する場合、揚圧力と吸力と作用の原因ともなるので注意を払う必要がある。なお直壁($\theta=90^\circ$)の場合の波圧分布は浜田による2次元近似解による計算値と比較的よく合う。次に斜面の傾斜角 θ と $P_{max}/\rho g H$ との関係を図-2の

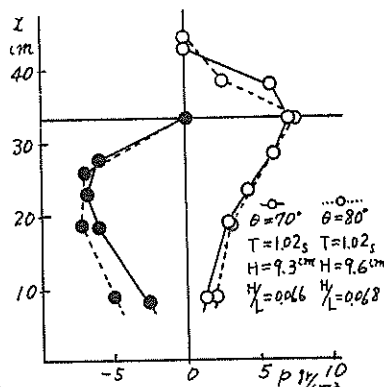


図-1(a)

ようである。斜面上で碎波のない重複波領域においては P_{max}/w_0H の値は $90^\circ \leq \theta \leq 33^\circ \sim 40^\circ$ ではほぼ直線的に増加し $\theta = 45^\circ \sim 33^\circ \sim 40^\circ$ で最大になる。また $\theta = 26^\circ \sim 34^\circ \sim 33^\circ \sim 40^\circ$ で $H_0/L_0 > 0.046$ では碎波と起し、 P_{max}/w_0H の値は急激に増大し $P_{max}/w_0H = 2.5 \sim 4.0$ となる。オーランダにおいては斜面こう配 $\theta = 26^\circ \sim 34^\circ$ ($\cot \theta = 2.0$) の構造物を設計する場合の指標として $P_{max}/w_0H = 3.0$ を与えている。また土研の実験によると $P_{max}/w_0H = 1.0$ となつていて小さい。
 $\theta < 26^\circ \sim 34^\circ$ ($\cot \theta = 2.0$) には P_{max}/w_0H の値は減りの傾向にある。特に碎波による衝撃圧は斜面上の波形が巻波型から縮小波型に移行するようになり、波圧は小さくなる。引き波時の戻り圧については wave trough の位置で最大となり、 $-P_{max}/w_0H$ は θ に関係なく、 $-P_{max}/w_0H = 0.8 \sim 1.0$ である。

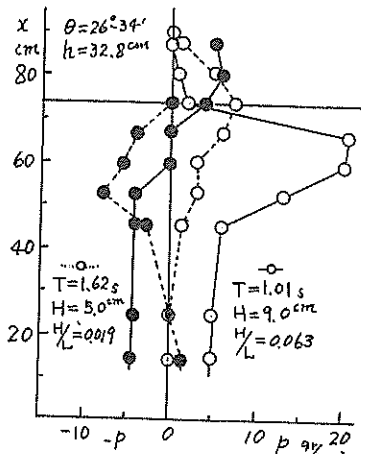


図-1 (b)

2) 斜面上の波の挙動 斜面上に伝わる波圧の時間曲線から碎波および重複波について考察し、 θ と H_0/L_0 との関係を示したものが図-3である。回印は完全碎波、○印は完全重複波であり、これより右、実線が示されるように区別される。この二直線の間は部分的碎波、部分的重複波と考えられるいわゆる中間領域である。図中×印はMicheによる碎波および重複波の限界条件式 $H_0/L_0 = (2.0 \frac{g}{c^2})^{1/3}$ によって求めた値である。さて斜面上のはい上りといはい下りについて見るとはい上りの場合は斜面上の水粒子はかなり乱れた状態に達する。一方はい下りは一様流のような状態で加速度的に流下する。はい上り、はい下り(流り流下)の速度の時間的変化を見ると図-4のようである。様子というのがうかがえる。

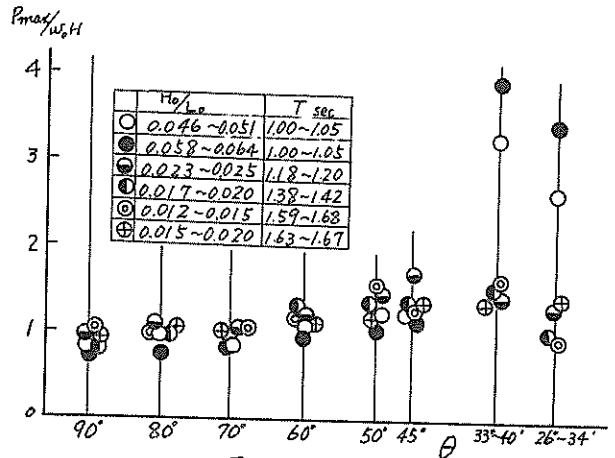


図-2

3) 斜面上のせん断力について 縦断に斜面に沿う長さ (X cm) をとってせん断力分布を示す図-5のようである。図中○印はい上りによって生ずるせん断力 (τ_u)、●印はい下りによるせん断力 (τ_d)。

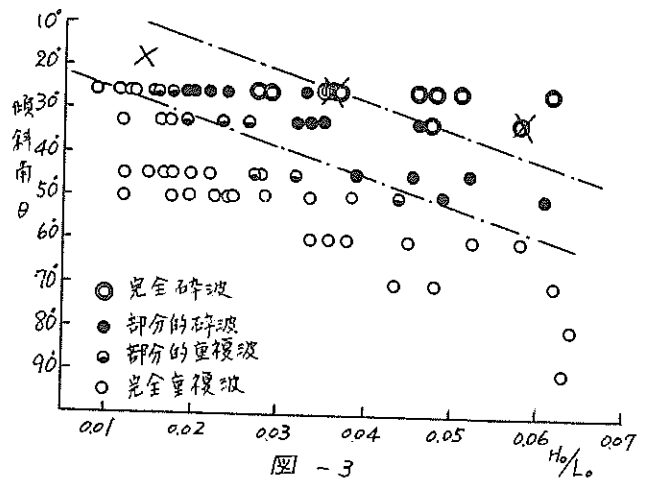


図-3

せん断力(T_d)を表わしている。図に見られるようにともに静水面付近で最大のせん断力が生じ、上、下方に行くにしたがって減少している。波の流下速度 V_d は静水面付近で最大となり、 T_d の変化とよい対応を示す。最大流下速度 V_{dmax} は下りによって生じた最大せん断力 T_{dmax} と上り最大のはいり速度 V_{umax} とはいりの場合の最大せん断力 T_{umax} の関係を示す図-6のようであり、 V_{dmax} と T_{dmax} とは比例関係が見える。

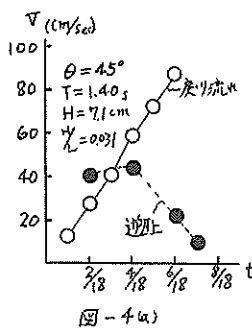


図-4(a)

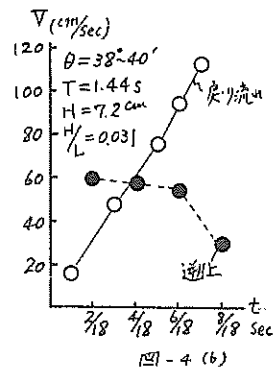


図-4(b)

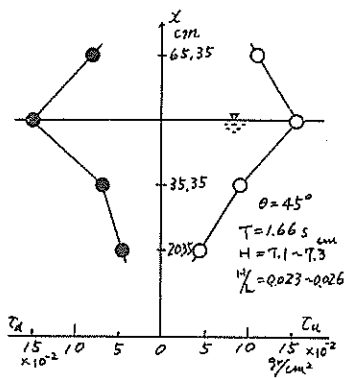


図-5(a)

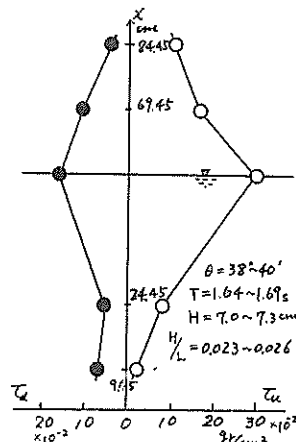


図-5(b)

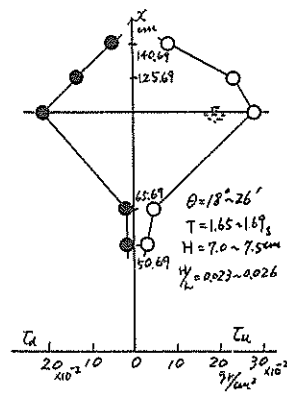


図-5(c)

が、はいりの場合の V_{umax} と T_{umax} とは明確な比例関係は見えない。これは前述のように逆上波はい下りのような一様流の状態でなく逆上速度がせん断力に影響しないことがわかる。

沖波波形二つ配 H_0/L_0 とせん断力 T_{umax}/w_0H との関係を示す図-7のようである。今この図と上記図-3による破波領域、中間領域および重複波領域と対照すると、 $\theta = 33^\circ \sim 40^\circ$ ($\cot \theta = 1.25$) のときは $H_0/L_0 > 0.035$ の中間領域では H_0/L_0 の増加に伴い T_{umax}/w_0H は増大し、 $H_0/L_0 < 0.035$ の重複波領域では減少している。また、 $\theta = 26^\circ \sim 34^\circ$ ($\cot \theta = 2.0$) においても $0.019 < H_0/L_0 < 0.031$ の中間領域では H_0/L_0 の増加に伴い T_{umax}/w_0H の値は増大し、 $H_0/L_0 > 0.031$ の破波領域では減少の傾向にある。さらに $\theta = 18^\circ \sim 26^\circ$ ($\cot \theta = 3.0$) においても $H_0/L_0 > 0.020$ の破波領域では H_0/L_0 が大きくなれば T_{umax}/w_0H の

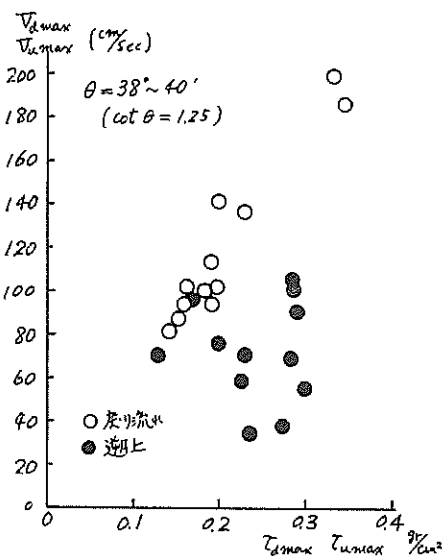


図-6

値は減少している。他のこう配($\theta = 45^\circ$, $33^\circ \sim 40^\circ$)についても同様の傾向が見られ、斜面上の波の挙動とよい対応を示している。以上をまとめるに碎波領域では波形こう配 θ が大きくなるにつれ、 $T_{u\max}/w_{0H}$ の値は減少し、中間領域では増大、重複波領域では減少する。

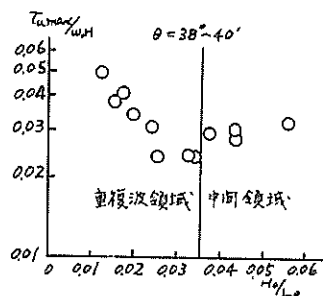


図-7(a)

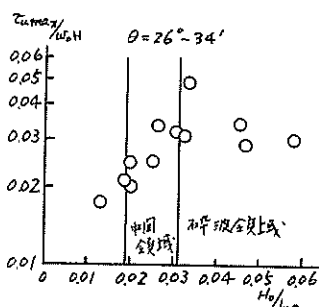


図-7(b)

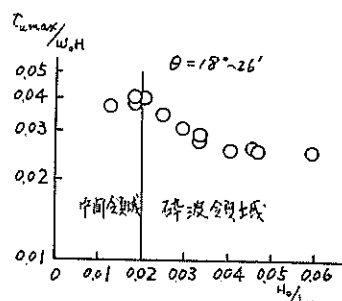


図-7(c)

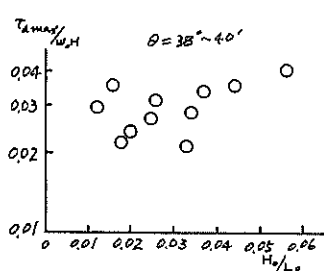


図-8(a)

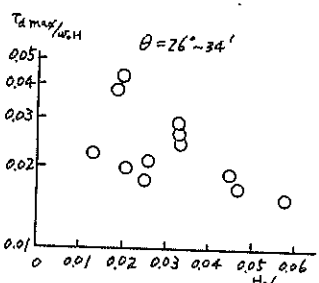


図-8(b)

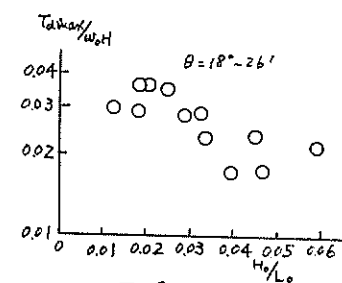


図-8(c)

一方はいり下りについて見るに上記のような明確な判別はできない。(四-8) の実験では $\theta < 45^\circ$ についてであり、はいり下りの場合は波が最終打上げ後に達した後斜面に沿って流下する。したがってせん断力は流下速度の影響を大きく受けるのに対し、はいり上りは流れの影響よりむしろ巨体波特性の影響を受けるものである。上記のようにはいり上りとはいり下りとは斜面に及ぼす作用現象が異なることがわかる。したがって斜面上の構造物の安定や諸現象の解析についてははいり上りとはいり下りとではその取扱いに注意しなければならぬ。

はいり上りとはいり下りによるせん断力の違いは、こう配が緩やかな場合($\cot \theta = 1.5 \sim 3.0$) はいり上りによるせん断力が大きく、 $\cot \theta = 1.0 \sim 1.25$ ではその差は小さくなり、かえってはいり下りの場合が大きくなるものもある。

4. あとがき

さらに多くのこう配による実験も必要と考えられるが、崩上高や斜面上の水粒子速度とせん断力の関係などについても考察を進め、斜面の安定や斜面上の構造物の安定などについても検討して行きたい。現在では粗面壁などについてもせん断力の測定を行い、検討中である。