

波浪による護岸残留水位の上昇について

徳島大学工学部 正員 三井 宏, 同 正員 越智 裕

1. 研究目的

図-1は昭和46年23号台風による高知県種崎地区の海岸堤防の被災状況である。半自立式の表のりは図中の×印の位置に移動し(水平沖方向に約1.4m、鉛直下方に約0.9m)、背後土砂は相当沈下して天端と裏のりは破壊されている。この時に観測された最大潮位T.P. 1.91m、相当深海底高2.44m、周期12.3secでは天量の越波は考えられず、直接的な被災原因は局地的な堤脚部の異常洗掘により堤体土砂が吸い出されたことであった。だが、このように表のりが沖方向に平行移動して沈下するには、堤体内部から沖方向に何らかの力が作用しなければならない。この原因として、堤体土の残留水圧や、波力が加わったときの堤体土の液状化が考えられるが、いずれにしても堤体土が水を含んだとき発生する現象の存在によって堤体土内の残留水位がどの程度上昇するかも模型実験により

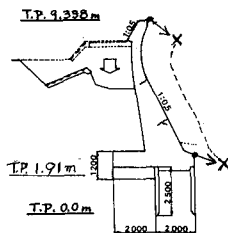


図-1 高知海岸堤防の被災状況

2. 實驗方法

全長14m, 幅0.5m, 水深50cmのユニバーサル型造波水路の一端に, 中央粒径0.8mmの自然砂で1/10勾配の模型海岸を作り, その上に図-2に示す模型護岸を設置した。この表のり護岸の根入れ長は5cmで, 一端には越波り侵入防止のため, 幅10cmの板を打ち付けてある。図のようにならねば埋め込みにある直径5cmの塩ビ管中の水位をサーボ式水位計により測定し残留水位とした。実験に用いる波として新画したのは, 碎波水深がいずれも9cmになるように選んだ深海波形勾配が0.02から0.06までの5種類の波である。模型護岸の堤脚位置は訂線($h=0$), 訂線から碎波点までの水平距離の1/3地点($h=9$ cm), 4/3地点($h=12$ cm)の6地点である。

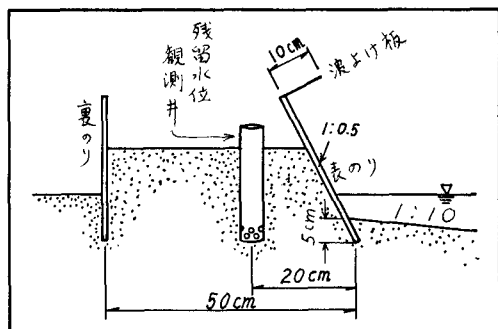


図-2 模型護岸の断面図

造波開始後、残留水位は徐々に上昇し、50分後にほぼ定常状態になることが予備実験で確かめられた。したがって、この時刻に残留水位を測定するとともに、部分重複波状態になっている水路水平部の波形を16mmレネフィルムで撮影したのち造波を停止し、折尺により海底断面形状も測定した。なお、この部分重複波の波形をあとで読み取り Healy の方法により入射波高を決定した。再反射波があるためのやそを得ない処置である。

3. 實驗結果

図-3 に波形勾配 H_0/L_0 とペアメタとして、残留水位上昇量 Δh (堤体土内の水位からその静水時水位を差引いたもの) と堤脚水深 h との関係を示す。この実験結果によれば、相対堤脚水深 h/H_0 が小さいほど相対残留水位上昇量 $\Delta h/H_0$ は大きく、堤脚位置がほぼ砕波点である $h/H_0 = 1.0 \sim 1.5$ までは、 h/H_0 が大きくなるほど $\Delta h/H_0$ は小さくなって 0 に近づく、それより沖ではほぼ一定値または若干上昇する傾向を示している。また、 H_0/L_0 が小さい方が $\Delta h/H_0$ の値は大きいようである。これらの実験事実は wave set-up 現象に類似しているので、一樣勾配海岸における波浪による海岸地下水位上昇量の定数結果と比較してみる。

図中に併記した△および□印は、次式の電験式^(*)より、まず江線での水位上昇量を求め、ついで砕波点での潮水位と

この水位とを直線で結び、これらの中間位置である堤脚地点での水位上昇量を内挿したものである。

$$\frac{\Delta h}{H_0} = 0.23 \left(\frac{h_b}{x_b} \right)^{0.69} \left(\frac{H_0}{L_0} \right)^{-0.56} \quad (1)$$

なお、砕波点よりも沖側に堤脚がある場合には、次の wave set-down 式により求めてある。

$$\frac{\Delta h}{H_0} = -\frac{\pi}{4} \frac{H_0}{L_0} \frac{\coth^2 kh}{2kh + \sinh 2kh} \quad (2)$$

----- (2)

これらの2式による推算値と実験結果とを比較してみると、砕波点 ($h/L_0 = 1.0 \sim 1.5$) 以浅ではどちらも似た傾向であるが、砕波点以深では set-down のため推算値が負の値になっているにもかかわらず、実験値の大部分は0に近いけれど正の値になっている。この原因としては、砕波点より沖側に堤脚が位置するので反射波が大きくなり、進行波に見られる set-down 現象が打ち消されることや、有限振幅重複波の水底波圧の時間平均が残留水位を決定づけることなどが考えられよう。

以上の推算値と実験結果との差をもっと詳細に示すと図-4 のようになる。図中の Δh_1 は残留水位上昇量の実験結果、 Δh_2 は推算値である。この図によれば、砕波点より岸側の $h/H_0 < 1$ の堤脚位置では推算値より実験値の方が小さく、($\Delta h_1 - \Delta h_2$)

$/H_0$ の値は -0.04 のほぼ一定値と見てよからう。砕波点付近の $h/H_0 \approx 1.2$ では実験値と推算値の差はあまりない、すなわち残留水位上昇はほとんど等しいとしてよからう。砕波点より沖側では set-down 値も推算値としているので実験値の方が大きくなっているが、前述のように砕波点および沖側では残留水位上昇量はわずかであるので重要な問題にはならないだろう。次に図-1の海岸堤防にこの実験結果を適用してみよう。堤脚水深はほぼ0なので式(1)をそのまま適用して残留水位を求めると以下ようになる。

$\Delta h_2 = 0.23 \times (1.1/12)^{0.69} \times 0.013^{-0.56} \times 2.44 = 1.15\text{m}$, $\Delta h_1 = 2.44 \times -0.04 + 1.15 = 1.05\text{m}$ したがって、7123号台風時の桂浜での最高潮位は T.P. 1.91m であったが、波浪の存在による潮位上昇 $\Delta h_2 = 1.15\text{m}$ があるので、横崎地区の海岸堤防前面では結局 T.P. 3.06m の最高潮位であったと思われる。一方、堤体内の水面上昇は $\Delta h_1 = 1.05\text{m}$ なので、残留水位は T.P. 2.96m と考えられる。台風最盛時にはこのような状態で堤体に若干の波力が作用し、台風通過後、波が解けるとともに堤脚基礎ケーソンのほぼ最下端である T.P. 0m まで潮位が低下したとすれば、落差約 3.0m の残留水圧が表のり背後から作用することになる。

謝辞：この模型実験の遂行に当り、全面的に協力して頂いた当時学生の大林道隆、藤原徹君に謝意を表すると共に、本研究は文部省科学研究費助成金によるものであることを付記する。

参考文献：

- *) 三井・商中：7123号台風による土佐湾海岸堤防の災害原因，27回年報，pp. 81~92
- **) 三井：波浪による海岸地下水位の上昇(その2)，30回年報，pp. 95~96

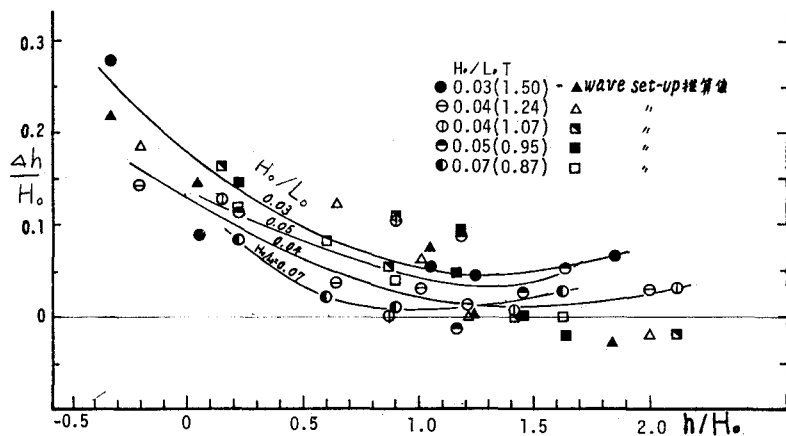


図-3 残留水位上昇量の実験結果および推算値(†)

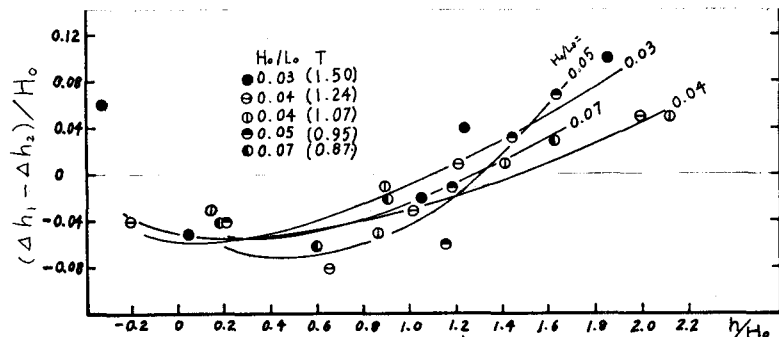


図-4 残留水位上昇量の実験結果と推算値との差