

堤越波後の津波の挙動に関する実験的考察

徳島大学工業短期大学部 正員 ○村上 仁士
同 上 正員 細井 由彦

1. まえがき： 震源域での断層の特性が与えられると、海岸に到達する津波の特性はほとんど予知しうるまでになってきた。残された問題は陸上に氾濫した津波の挙動の把握である。一樣斜面上を遡上する津波のうちあげ高さや津波先端部の流速についてはある程度の検討が加えられている。本研究は、鉛直堤防を越波して堤内地に流入する津波の特性を孤立波を用いた一次元水槽実験により考察したものである。

2. 実験方法： 長さ14m、幅18.5cm、深さ30cmの水槽の一端にアクリル製の貯水槽を設置し、ゲートを瞬時に開けることにより孤立波を発生させた。発生した孤立波は図-1のように、陸岸に進行し、鉛直堤防を越波して勾配1/100の陸上を遡上する。測定は入射波高 H 、堤上で越流水位、越流速、越流量、堤内側25cmの位置での流速、水位変化およびその地点でのサージ・フロントの移動速度を測定した。なお図中の記号はその諸量の最大値である。実験を51種類行った。

3. 実験結果： 図-2は、堤上における最大越流水位 H_1 と静水面からの天端高 H_c との関係を示したもので、パラメータに入射波高・水深比 H/h をとっているが、 H/h に関係なく次式の関係がある。

$$H_1/H = -0.66 H_c/H + 1.32 \quad (1)$$

上式から入射波高 H 、天端高 H_c が与えられれば、堤上の最大越流水位 H_1 が推定しうる。堤上での水位、流速をそれぞれ次式のように表示する。

$u_1 = U_1 \cos 2\pi t/T$ 、 $h_1 = H_1 \cos 2\pi t/T$ 、 $-T/4 < t < T/4$ 、すなわち、 $T_f = T/2$ が越流時間である。そうすれば、平均流速 $\bar{u}_1 = 2U_1/\pi$ 、平均水位 $\bar{h}_1 = 2H_1/\pi$ を得る。

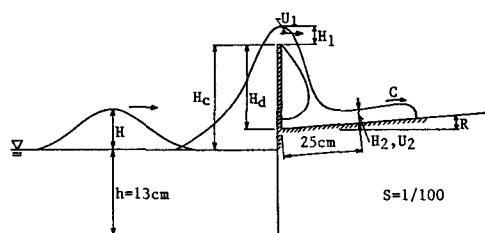


図-1 記号の説明

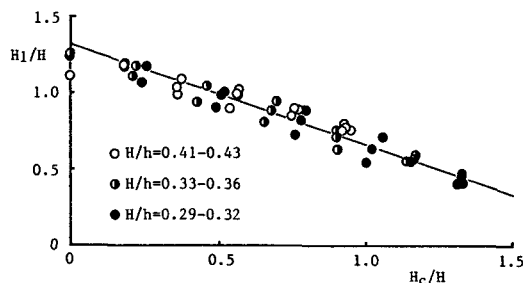


図-2 H_1/H と H_c/H との関係

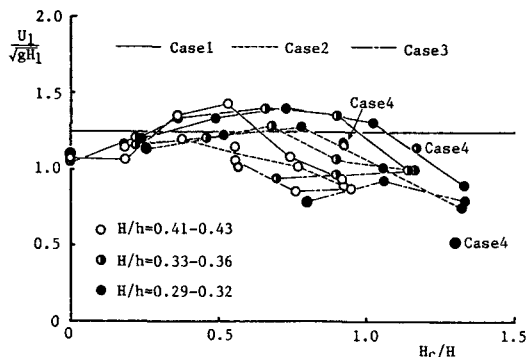


図-3 $U_1/\sqrt{gH_1}$ と H_c/H との関係

いま、 $\bar{u}_1/\sqrt{g\bar{h}_1}$ をとれば、 $\bar{u}_1/\sqrt{g\bar{h}_1} = U_1/1.253\sqrt{gH_1}$ (2) をうる。図-3は、 $U_1/\sqrt{gH_1}$ を各実験値より求めたものである。 $H_c/H > 0.8$ になるとかなり大きくばらついているが、それ以下では $U_1/\sqrt{gH_1} \approx 1.25$ (3) の関係もほぼ成立しそうである。すなわち、この場合 $\bar{u}_1/\sqrt{g\bar{h}_1} = 1$ となり、越流時間内では平均的に堤上で限界水深が生じていることがわかる。 H_c/H が大きくなると越流時間も短くなり、非定常性が強くなる。

つぎに越流量を検討する。単位幅あたりの堤越波量 q は、 $q = \bar{h}_1 \bar{u}_1 = 4U_1H_1/\pi^2$ (4) となる。

これに式(3)を代入して整理すると、 $q=0.36\sqrt{2g}H_1^{3/2}$ (5) を得る。一方、本間定常流における堰上の流量 q を $q=0.36\sqrt{2g}E^{3/2}$ (6) で示している。Eは堰から十分離れた位置でのエネルギーであり、堰上での水深 h_1 の3/2倍にあたる。したがって、これを H_1 で書き直せば、 $q=0.33\sqrt{2g}H_1^{3/2}$ (7) となり、式(5)とほぼ一致する。このことは、孤立波の場合でも堤上で平均水位を与えれば、本間の流量公式が最大水位を使った形で利用できることがわかる。

さて堤内に流入する単位幅あたりの越波水量 q_U は、 $q_U=qT_f=(4/\pi^2)U_1H_1T_f$ (8) で求められる。図-4は、単位幅あたりの越波水量の実験値 q_{UE} と q_U とを比較したものである。 $H/h=0.41\sim 0.43$ の場合、 q_{UE}/q_U の値の変化は天端高 H_c にかかわらず概して大きくなく、 q_{UE}/q_U の値は、0.3~0.5となるが、入射波高 H/h が小さく、 $H_c/H>0.8$ になると q_{UE}/q_U の値は急激に増大するようである。 $H_c/H<0.8$ の場合でも実験値は計算値の1/2~1/3であり、越流時間のとり方に問題があるのかもしれない。とはいえ $H_c/H>0.8$ で大きく q_{UE}/q_U の値が変化するのは、 H_c が高くなって越波の挙動が H_c が低い場合と大きく異なっているためと考えられる。

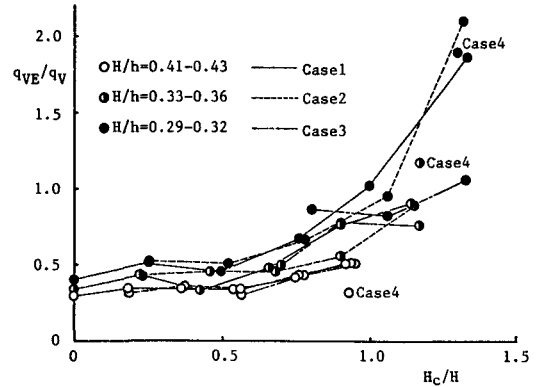


図-4 q_{UE}/q_U と H_c/H との関係

図-5は、堤より25cm離れた地点でのサーズの波速 C_2 と流速 U_2 との比を調べたものである。天端高 H_c が高くなるにともない、 C_2/U_2 は増大する傾向がある。また各ケースを見ると、堤背後の落差 H_d が大きくなるほど C_2/U_2 の値は増大している。 $\bigcirc$ 、 $\bullet$ 印で示した $H_d=0$ の場合でも、いわゆる“先端条件” $C=1/2U$ とならず、むしろ、 $C_2=U_2$ に近い値をとっている。

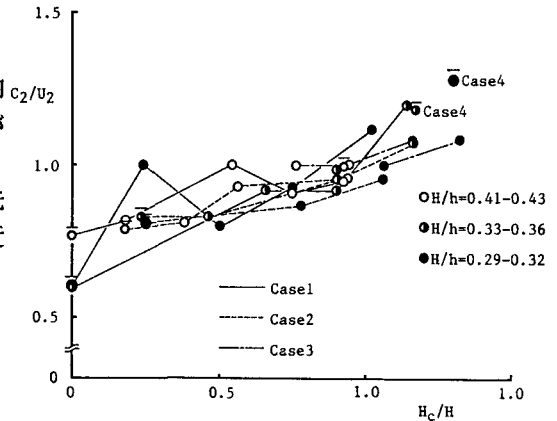


図-5 C_2/U_2 と H_c/H との関係

図-6は、堤越波後、堤内に落下した後の流体塊のうち上げ高さ R を求めたものである。入射波高が一定の場合、うち上げ高さは、当然天端高 H_c が高くなるほど小さくなり、また堤背後の落差 H_d が大きくなるほど R は小さくなることがわかる。

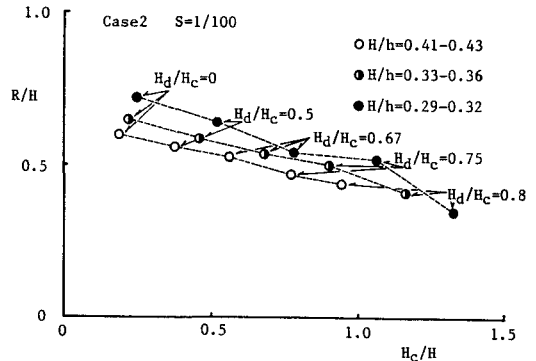


図-6 R/H と H_c/H との関係

4. あとがき： 以上のような結果を得たが、一定の越流時間内に堤上の流速が変動し、その間に堤背後に落下する流体塊は乱れをとともなう複雑な現象を呈する。こうした場での抵抗則の検討および理論的な考察が今後必要である。

本研究にあたり、実験および資料整理に御協力いただいた、元学部学生（現、徳島県庁）の宮本元志君に謝意を表す。