

防波堤開口部の水理特性と捨石重量について

東北大学大学院 学生員 ○日比谷 穰
東北大学工学部 正員 岩崎 敏夫
東北大学工学部 学生員 堀越 伸幸

1. はじめに 津波に対する有効な防災施設である湾口防波堤の建設が、釜石湾において始められた。防波堤は、最深部D.L.-63m、湾巾2100mの位置に造られ、中央部にD.L.-19m、巾50mの開口部が設置される。開口部は、潜堤構造となっており、マウントと捨石をつくり、金網セルで補強する構造をとるが、津波来襲時に、著しい流速を主じ、マウント、被覆材の安定性が問題となる。そこで、本研究では、開口部模型を用いて、開口部付近の流れを調べ、マウント捨石の安定性について、検討を行った。

2. 実験方法 * (模型Ⅰ) 東北大学大型平面水槽に製作してある釜石湾模型(水平縮尺1/600、鉛直縮尺1/20)(図-1)において、湾口防波堤(図-2)を設置し、現地で観測10, 15, 16, 20分に相当する正弦波E10波造波し、図-2に示す位置で、抵抗線式波高計、プロベラ流速計(φ3mm)を用いて、波高及び流速変動を測定した。沖波波高は、明治29年津波の釜石での最大痕跡高T.P.7.9mに合うような周期16分の沖波波高を求め、あべくの周群についても、これを適用した。* (模型Ⅱ) 平面水槽側壁側に、縮尺1/600の釜石湾海底勾配を模擬した、直線水路(図-3)を造り、開口部断面(図-4)を、2種の砕石で製作し、模型Ⅰで計測された開口位置の流速が、実現できるように沖波波高で、模型Ⅰと同様に、7

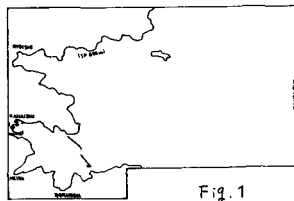


Fig. 1

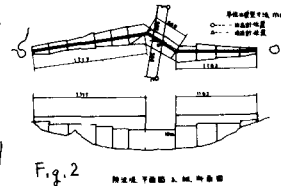


Fig. 2

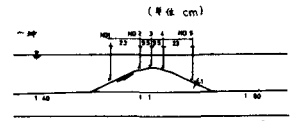
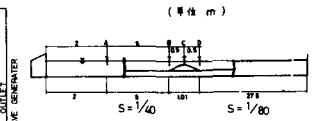


Fig. 3

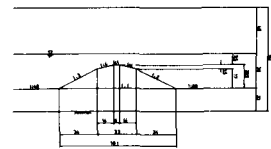


Fig. 4

ルード相似を求めた周期の波を、4波造波して、(図-2)に示す位置で、波高及び流速を測定した。また、一浪ごとに、押波引波終了時に、写真撮影と目視によって、砕石の移動状況を観察した。

3. 実験結果 及び 考察 開口部では、流れが強いことから、非線形長波の運動式の非定常項を無視して、両辺を積分すれば

$$u = \pm C \sqrt{2g(h_1 - h_2)} \quad (1)$$

を得る。ここに、 u ：水平流速、 h_1, h_2 ：堤外、堤内の水位、 C ：流量係数である。

* (模型Ⅰ) 周期20分の堤内外水位差 $ah = h_1 - h_2$ 、流量係数 C 、開口部先端水深で定義したフルード数 Fr の経時変化を(図-5)に示す。 C は、比較的一定の値をとっており、開口部で近似的に定常流の取り扱いができると思われる。現象が比較的定常となる6~9波の、押波引波時の、 C と Fr の関係を示したのが、(図-6)である。周期20分は、釜石の共振周期に近い値であり、漏損失のために、開口部からの流入量が抑制されて、 Fr が小さくなる、と考えられる。(図-7)は、周期16分の 開口部臨直断面の最大流速分布であり、押波、引波で、最大流速の位置が変わっており、波向きによる影響が大きい。(表-1)に、各周期において、計測された、断面中央水深での最大流速値を示す。

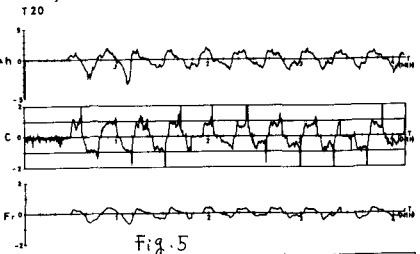


Fig. 5

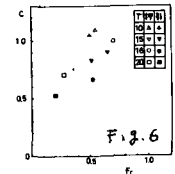


Fig. 6

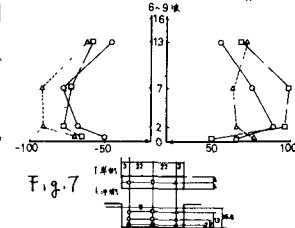


Fig. 7

* (模型Ⅱ) 模型Ⅰと同様にして求めた、φ2.5
~5.0mm 碎石堤、周期20分の場合の u_{max} , C , F_r の経
時変化を(図-8)に示す。流量係数 C は、模型Ⅰに比

u_{max}	10	15	16	20
押波(南向)	64.7	90.8	89.0	59.6
引波(北向)	66.9	76.5	81.8	62.5

Table. 1

cm/s

べて、一定の値をとる時間が長く、横流入のなり効果が表われていると考えられる。φ2.5~5.0mm 碎石堤、周期10分の堤上1cmでの、流速変動を(図-9)に示す。天端上で最大となっており、No.1, No.5の位置では、流れの上流側にある時のみ流速が出ている。この時、下流側では、目視によれば、1:2斜面上で、鉛直方向の後流が見られた。フロベリ流速計の感度は、2.5 cm/sec以上であるため、No.1, No.5で、この逆流を計測できなかったと考えられる。

* (碎石の安定について) Hudson は、被覆ブロックの実用的な安定重量を与える式を示しているが、本実験のような場合、流速で安定重量を、評価する必要がありと考える。一方、潮流による洗掘に対して、 C, E, R, C が、重量算定式として、

$$W = \frac{\pi w u^6}{4.8 \gamma^6 (\frac{u}{w_0} - 1)^3 (\cos \theta - \sin \theta)^3} \quad (2)$$

を示している。ここに、 g :重力加速度、 u :捨石上面流速、 θ :斜面勾配、 w_0 :海水の単位体積重量、 w :捨石の単位体積重量、 W :捨石の安定重量である。よはイスバツシ数で、埋め込まれた石に対して、1.2、露出した石に対して、0.86と示している。

(表-2)に示す諸量の碎石堤体で、逆波して行った結果、碎石の移動は、天端近くに限定されており、引波時のみ、移動が見られた。(図-10)のように、被害領域を3つに分け、その時の被害率(移動した被覆碎石/総数)と、堤体上1cmで、計測した最大流速との関係(図-11, 12)に示す。番号は、何波目であることを示している。

φ2.5~5.0mm 碎石の場合、 $\gamma = 0.86$ の時、式(2)

より求めた移動限界流速(表-2)以下では、移動は見られず、式(2)が安定重量を与えていると考えられる。しかし、どちらの碎石の場合も、流速と被害率に、明確な相関は見られなかった。これは、移動碎石の撮影を、連続して

逆波した1波ごとにを行ったために、一浪ごとの堤体天端付近の表面形状が、変化していった影響によるものと考えられる。また、4浪の累積被害率(表-3)を見ると、周期が長いほど、被害総量は増える傾向を示しており、流速の継続時間の効果が表われていると考えられる。

4. あとがき 実験ケースが少なく、明確な結論を得ることができなかったが、φ2.5~5.0mm 碎石の場合、(2)式の適用ができると考えられる。しかし、イスバツシ数は、6乗となっており、この値の評価については、今後の検討を要する。

<参考文献>

- 1) 岩崎敏夫・真野明・菅原隆生: 釜石・両石湾を含む水域における津波の挙動に関する研究, 23回海防展, PP448~453, 1976
- 2) U.S. Army Coastal Engineering Research Center: SHORE PROTECTION MANUAL Vol II, PP213~217, 1977

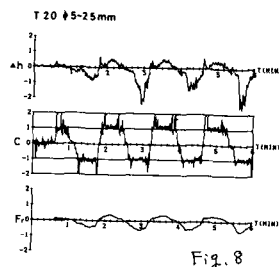


Fig. 8

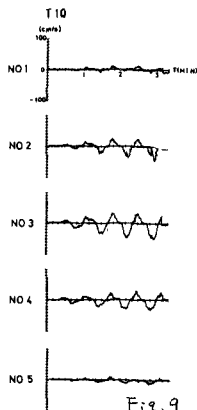


Fig. 9

浪高	周期	流速	流速	流速	流速	流速	流速
1	2	3	4	5	6	7	8
1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2

Table. 2

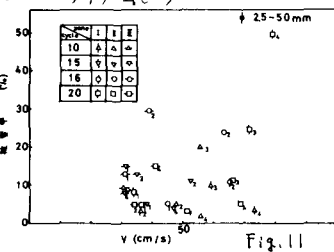


Fig. 11

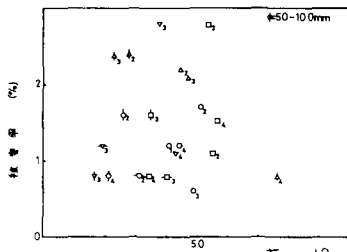


Fig. 12

浪高	周期	累積被害率 (%)
1	2	3
1.2	1.2	1.2
1.2	1.2	1.2
1.2	1.2	1.2
1.2	1.2	1.2
1.2	1.2	1.2
1.2	1.2	1.2
1.2	1.2	1.2
1.2	1.2	1.2

Table. 3