

II-3 断面急変部における水平水粒子速度について

徳島大学工業短期大学部 正員 村上 仁士
 徳島大学工学部 正員 越智 裕
 徳島大学大学院 学生員 ○島田 富美男

1. まえがき: 長周期波の港湾内侵入によって引き起される湾水振動の内部機構を解明する一つのアプローチとして, 防波堤開口部における水平水粒子速度に着目し, 断面急縮部および断面急拡部に長周期波が侵入する場合について防波堤開口幅の変化による水平水粒子速度を理論的および実験的に求めたものである。

2. 理論解析: 図-1に示すような水深一定の断面急縮の場合を考える。入射波の速度ポテンシャルを $\phi_1 = a \cdot \frac{g}{h} \cdot \cosh k(h+z) \sin khx \cdot \sin(\omega t - kx)$ (1) とすると, 水槽IIでの速度ポテンシャル $\phi_2 = a \alpha_1 \frac{g}{h} \cdot \cosh k(h+z) / \sinh kh \cdot \sin(\omega t - kx + \alpha_1)$ (2) で与えられる。ここに, α_1 : 透過率, α_1 : 入射波に対する透過波の位相差を示す。断面急縮部における流速 U , 縮流係数を C_1 とくと, 領域IIと急縮部間の流量の連続性から, $b \int_0^{2\pi} \frac{\partial \phi_2}{\partial x} dz = C_1 D h V$ (3) が得られる。式(2)および式(3)から, $U = b a \omega / (C_1 D h k) \cdot \{\alpha_1 \cos(\omega t + \alpha_1)\}$ (4) が得られる。波が長波であると仮定し, 最大水平水粒子速度 V_{max} を無次元表示して求めれば次式が得られる。 $V_{max}/\sqrt{gh} = b/(2C_1 D) \cdot (H/h) \cdot \alpha_1$ (5) ここで, H は入射波高であり, α_1 は著者等¹⁾による実験式を用いると, $\alpha_1 = (D/b)^{1/4} (B/b)^{1/4}$ (6) で与えられる。断面急拡の場合も同様に考えると, 縮流係数を C_2 として, 断面急拡部における水平水粒子速度 U は, $U = B a \omega / (C_2 D h k) \cdot \{\alpha_2 \cos(\omega t + \alpha_2)\}$ (7) で表わされる。式(7)に著者等による断面急拡の場合の透過率, $\alpha_2 = b/B (D/b)^{1/4} (B/b)^{1/4}$ (8) を代入して, 最大水平水粒子速度を求めると, 式(5)の C_1 と C_2 に変えた式が得られる。

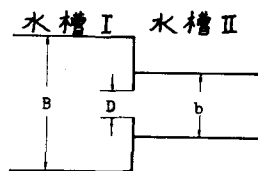


図-1 断面急縮部

3. 実験装置および実験方法: 実験は, 幅1m, 深さ90cm, 長さ30mの2次元造波水槽を用い, 図-1に示すような断面急変部模型を用いて行なった。水槽Iの幅Bは1mであり, 相対水槽幅 b/B を断面急縮および急拡の場合にそれぞれ0.3, 0.7の2種類, および b/B が1の場合, 計5種類について開口比 D/b を0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1.0の5種類変化させた。最大水平水粒子速度は, プロベラ式流速計に特殊な回路を取り付け, ペン書きオシログラフに記録させて測定した。また, 入射波高は造波板から8.5mのところに電気抵抗線式波高計を設置して測定した。なお, 実験に使用した波の周期 T は2.0sec, 水深 h は水槽IおよびIIで一定で15cmであり, プロベラ式流速計は断面急変部中央の静水面下5cmのところに設置した。

4. 実験結果および

考察: 図-2～図-6は入射波の侵入方向を岸向, その反対方向を沖向とした場合の断面急変部における岸向および沖向最大水平水粒子速度をそれぞれ○印および●で表わし, 図中には式(5)の計算結果を併記している。

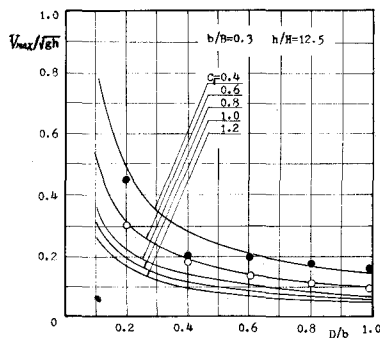


図-2 水平水粒子速度(急縮)

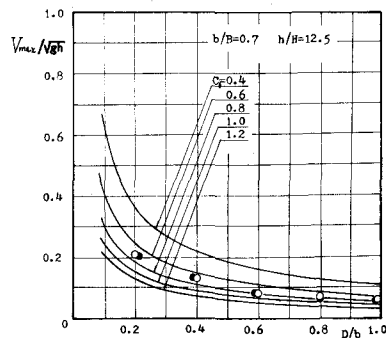


図-3 水平水粒子速度(急拡)

これらの図から、防波堤開口部における最大水平水粒子速度は、 b/b および D/b が小さくなるにつれて、沖向および岸向水平水粒子速度は大きくなる。一方、 b/b および D/b が小さくなるにつれて沖向と岸向の水粒子速度が一致しくなるのは、防波堤開口部に生じる渦および乱れなどの影響であると思われる。また、図中の理論値と比較すると、縮流係数は b/b が小さくなるにつれて小さくなり、また防波堤開口部における渦および乱れが大きくなるにつれて、すなわち b/b および D/b が小さくなるにつれてばらつきを生じる。なお、縮流係数とエネルギー逸散率（入射波のエネルギーに対する開口部で逸散される波のエネルギーとの比）の間には密接な関係があると思われるから、これらの関係を調べるためエネルギー保存則から次式を求め検討した。 $E_1 = 1 - b/b \cdot \alpha^2 - \beta^2$ (9) $E_2 = 1 - b/b \cdot \alpha^2 - \beta^2$ (10) ここで、 α 、 β はそれぞれ透過率、反射率を示し、添字 1、2 はそれぞれ断面急縮、急拡の場合を示す。表-1 は上式に、本実験と同じ実験条件のもとで求めた透過率と反射率を代入して、エネルギー逸散率を求めたものである。表-1 から、エネルギー逸散率は D/b が小さくなると急激に増加し、とくに断面急拡の b/b が小さいときに顕著である。表-1 エネルギー逸散率

そして、このエネルギー逸散率の増加が大きいときほど、図-2 ~ 図-6 より、縮流係数のとり得る範囲が広くなる。つまり、防波堤開口幅を変化して、エネルギー逸散率の変化の割合が大きい場合に

b/b	断面急縮		断面急拡		
D/b	0.3	0.7	0.3	0.7	1.0
0.2	0.477	0.518	0.721	0.471	0.291
0.4	0.353	0.454	0.547	0.390	0.375
0.6	0.298	0.328	0.352	0.313	0.266
0.8	0.258	0.301	0.339	0.198	0.030
1.0	0.195	0.292	0.132	0.160	0.000

縮流係数のとり得る範囲が広がってくる。なお、エネルギー逸散率と縮流係数の間には今後さらに検討の余地がある。

4. あとがき 防波堤開口部を開けるにつれて湾内の波高は小さくなるが、開口部における最大水平水粒子速度は大きくなる。したがって、各港湾に対して、透過率、反射率および水平水粒子速度の特性と比較、検討することにより、最も有利な開口幅を決定する必要がある。最後に、本研究にあたり有益な御助言を賜った、京都大学岩垣雄一教授、徳島大学三井宏教授、流速計の試作にあたり徳島大学工業短期大学部電気工学科沖津泰教授、大西徳生助手、流速計の検定に御協力頂いた岡部健士助手、さらに、実験などに御助力頂いた山中茂氏に深謝の意を表す。

参考文献

- 1) 村上仁士・越智裕：断面急変部における波のエネルギー逸散について、第27回中四学会講演概要、昭49.5土木学会。

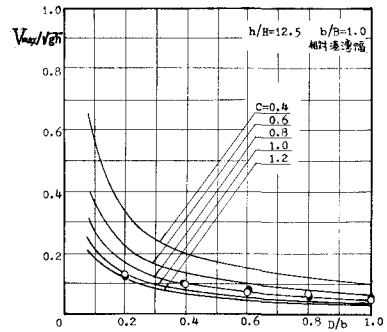


図-4 水平水粒子速度

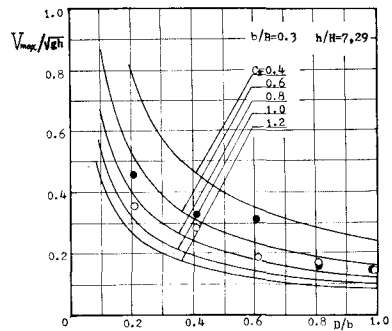


図-5 水平水粒子速度(急拡)

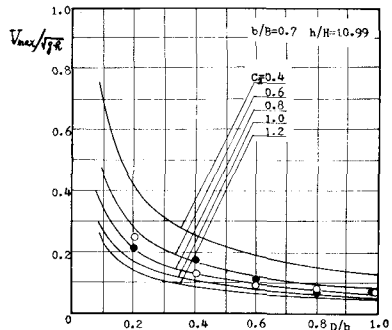


図-6 水平水粒子速度(急拡)