

直立透過構造物における波の変形と構造物内の波圧

大阪工業大学 正員○井田康夫・高田 巖

1. はじめに : 異型ブロック等を用いた透過性の防波堤や離岸堤については従来から安定性、透過性等に関し数多くの研究がなされている。しかしこれらの基本となる問題で未解明の点も多数見受けられる。そこで筆者らは非越波の直立構造物を対象として構造物内外の広範な波形の変形過程、代表的な位置・深さでの水粒子軌道および構造物内の波圧分布を明らかにし、透過性構造物を透る波の挙動を解明しようとするものである。

2. 実験方法 : 高さ0.9 m, 幅0.8 m, 長さ3.0 mの水槽に図-1のテトラポッド模型(高さ7.2 cm)を用いた幅員2.5 cmの直立構造物(乱積)を設けた。水深は50 cmで入射波は波高15.9 cm, 周期1.80 sec, 波長35.7 cmである。波形は水槽側面からビデオカメラで撮影し、20 cm間隔のスケール上の水位を読み取った。構造物内はストレーナーで保護した容量式波高計を用いた。水粒子軌道は所定の位置に直径約2 cmの塩水入りゴム球を静止させ波動時の動態をビデオで記録した。また構造物内の波圧は脚部に貫通孔を設けたテトラポッドを所定の位置に水平に埋設し、チューブ(内径6 mm)で外部の圧力変換器に連結して測定した。なおチューブ内に空気が混入する箇所ではその位置に直接圧力変換器を設置した。

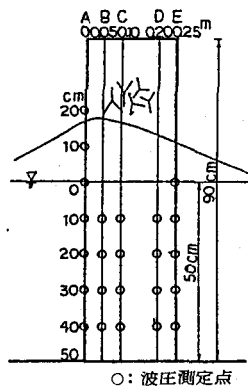


図-1 実験断面

3. 実験結果と考察 : (1)波形の時間的変化 図-2は構造物前面の水位が次の状態にある時の全体の波形である。(a)前面水位が波峰の場合、(b)前面水位が下降時の静水面の場合、(c)前面水位が波の谷の場合、(d)前面水位が上昇時の静水面の場合、(e)前面水位が再び波峰の場合。同図より次のことが判明した。①反射側(距離の数字に-を付した領域)では構造物前面およびこれより $\frac{1}{2}$ 波長ならびに1波長前方では波の峰、谷の極大を示し、増減しながら進行する。②構造物内部でも波形は滑らかであるが構造物の奥部は前面の大きな水位変動に追従せず波高は小さい。③透過側は極めて安定な進行波の波形を示す。また構造物直後でも比較的短区間で進行波の性状を呈する。④波長は、波峰間ではいずれの場所・時刻でもほぼ入射波長と等しいが波の谷の間では構造物を挟む位置で極めて長くなる場合(t_2 において4.20 m)と短くなる場合(t_4 において3.00 m)がある。

(2)水粒子軌道 反射側の4地点と透過側の2地点で得られた軌道を図-3に示す。同図より次のことが認められる。①部分重複波の腹の位置(-3.55 m, -1.85 m)では軌道は縦長のだ円を示し、水底に近づくほど縦横の長さが小さくかつ等しくなり、水底近くではほぼ水平往復運動となる。②節の位置(-2.90 m, -0.90 m)では横長の軌道を示し、水底に近いほど水平長さ、鉛直長さとも減少する。③透過側ではいずれの軌道も長、短径の比が余り変らないだ円を示し、水底に近づくほど扁平になる。

(3)構造物内の波圧 構造物前面(断面A)とこれより0.05 m(断面B), 0.10 m(断面C),

ー3に示す。同図より $B=20\text{cm}$ では13%, $B=30\sim 60\text{cm}$ では8~11%といずれも水深が大きいほど透過率は大きく、波高・波長が等しく水深が異なる場合、水深が大きくなるほど透過率も大きくなるようである。

(3) Case 3—水深・波高が等しく波長が異なる場合

水深・波高が同じ大きさを波長のみが異なる Case である ($h_1=h_2, H_1=H_2, L_1<L_2$)。この場合、 $\frac{H_1}{L_1}>\frac{H_2}{L_2}, \frac{h_1}{L_1}>\frac{h_2}{L_2}$ ——(3)

式(3)の条件に適合する波の実験結果を図-4に示す。これより、波3-1より波長が143cmも大きい波3-2の場合でも透過率はあまり差がなく、 $B=20\text{cm}$ で2%, 他の幅員ではほとんど一致し、水深・波高が等しい場合、波長が異なっても透過率はあまり変わらないようである。

(4) Case 4—水深が等しく波形勾配が同じで波高・波長の大きさが異なる場合

水深が同じで波高・波長のそれぞれの比が等しい Case である ($h_1=h_2, \frac{H_1}{L_1}=\frac{H_2}{L_2}, \frac{h_1}{L_1}>\frac{h_2}{L_2}$)。この場合、 $\frac{H_1}{L_1}=\frac{H_2}{L_2}, \frac{h_1}{L_1}>\frac{h_2}{L_2}$ ——(4)

式(4)の条件に適合する波の実験結果を図-5に示す。同図より波形勾配が同じでも波の規模が大きくなれば(この場合では $\frac{h}{L}$ が小さくなれば)透過率は小さくなり、 $B=20\text{cm}$ では12%, $B=30\sim 60\text{cm}$ でも7%以上減少することが分る。したがって水深が等しく波形勾配が同じで波高・波長が異なる場合、波高・波長が大きくなるほど透過率は小さくなるようである。

(5) Case 5—水深・波長が等しく波高が異なる場合

水深・波長が同じ大きさを波高のみが異なる Case である ($h_1=h_2, L_1=L_2, H_1<H_2$)。この場合、 $\frac{H_1}{L_1}<\frac{H_2}{L_2}, \frac{h_1}{L_1}=\frac{h_2}{L_2}$ ——(5)

式(5)の条件に適合する波の実験結果を図-6に示す。同図より各幅員において波高が大きくなれば透過率は約15%減少する。したがって水深・波長が等しく波高が異なる場合、波高が大きくなるほど透過率は小さくなるようである。

4. あとがき：以上のように入射波の特性と透過率の関係を5つのCaseに分け、透過率の動向を把握しようと試みた。その結果、透過率を考える場合、波形勾配だけでなく水深も考慮することが重要と思われる。また用いられる材料の形状や大きさの異なる場合についても若干の資料を得ているので機会を得て発表したい。

最後に、この研究にあたり本学 久保弘一先生にご支援をいただいた。ここに感謝の意を表する。

波	3-1	3-2
h (cm)	50	50
H (cm)	13.8	13.9
L (cm)	357	50.0
T (sec)	1.80	2.40
H/L	0.039	0.028
h/L	0.140	0.100

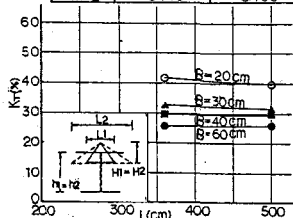


図-4 水深・波高が等しく波長が異なる場合 (Case 3)

波	4-2	4-1
h (cm)	50	50
H (cm)	11.0	7.0
L (cm)	54.7	35.7
T (sec)	2.60	1.80
H/L	0.020	0.020
h/L	0.091	0.140

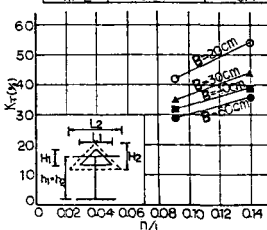


図-5 水深が等しく波形勾配が同じで波高・波長の大きさが異なる場合 (Case 4)

波	5-1	5-2
h (cm)	4.5	4.5
H (cm)	5.6	15.4
L (cm)	52.2	52.2
T (sec)	2.60	2.60
H/L	0.011	0.030
h/L	0.086	0.086

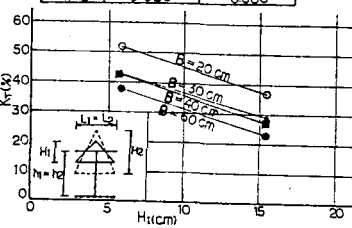


図-6 水深・波長が等しく波高が異なる場合 (Case 5)