

第三港湾建設局 正員 奥村研一, 中村 勇, (前)第三港湾建設局 正員 富田 勇

1. まえがき 近年、各地の防波堤に孔あき式ケーソン等の透過式構造物が導入されている。これは外海からの波の進入はある程度は許すが、堤内外の海水交換を促進し、港内の汚染の増進に対処しようとするためである。不透過式構造物の場合、多くの研究成果や施工実績にもとづいて、その設計法はほぼ確立された状態にあるといえるが、透過式構造物の場合は、構造タイプが多様なこともあって、いまだ未解決な課題が多く、通常は水理模型実験により安定性等の検討を行っている。従来、波浪に関する水理模型実験は、ほとんどの場合規則波を用いて実施されてきたが、実際の現象にできるだけ近づくため、不規則波を用いることが最近よく行われるようになってきた。この場合、波の不規則性のために実験結果の整理に当っては、規則波の場合とは異なる方法を必要とすることになる。今度、筆者らは透過式構造の防波堤（以下、透過式ブロックという）を採用することの可否を判断する検討の一環として不規則波を用いて滑動に対する安定実験を実施した。この検討手順は不規則波による模型実験手法の一般的方法と考えられるので、以下、その考え方と結果を示すことにする。なお、実験はフルードの至なし相似則に従う1/30模型によったが、以下においては、原則として、現地に換算した値で示すことにする。

2. 実験内容 (1). 実験施設 実験は運輸省第三港湾建設局水理実験所の二次元水路を利用して行った。水路の諸元は、全長65m、幅1.5m、深さ1.5mである。堤体の断面は図-1に示す形状であり、海水交換は許すが、港内への伝達波高はできるだけ小さく抑えるように考案されたものである。なお、堤体重量は平均波圧係数(α)を仮定して決定した。この値については実験により検討することになる。

(2). 測定項目とその方法 基礎マウンドと堤体との間の摩擦係数(μ)は、油圧ジャッキと圧力計(ダイヤルゲージ)を組合わせて測定した。測定回数は実験前140回、実験後100回計240回である。 μ の総平均は0.63であり、これを本実験での摩擦係数とした。波圧作用時の滑動量は、図-2

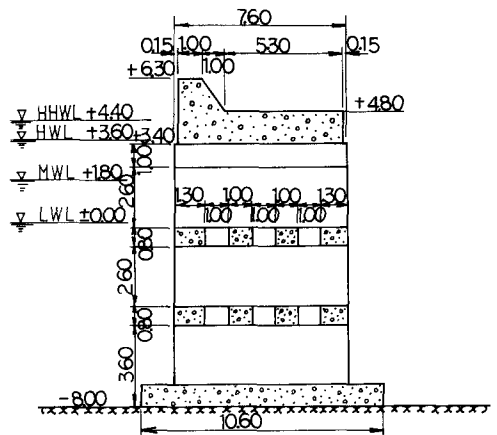


図-1 堤体断面図(現地量)

に示すように変位計2台とペンシログラフを使用し、所定の波が作用してから約9分間の滑動状態を連続的に記録した。波高については、水路内に堤体を設置する前に実験する全てのケースの通過波高を測定した。なお、実験中には入射波高、伝達波高の測定も行った。

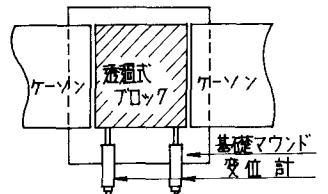


図-2 滑動量の測定

(3). 実験ケース 実験は各潮位について、波高を変化させて滑動状態を観察した。主な実験条件とその結果を表-1に示す。各ケースの測定回数は原則として10回としたが、滑動状態により増減したケースもある。

(4). 実験方法及び整理方法 実験及びその結果の整理方法は、図-3のフローに示すとおりである。まず、不規則波発生装置により所定の波高、周期をもつブレットシュナイダー型の不規則波を発生させ、模型堤体に作用させる。この時の滑動回数を測定し、作用させた波高の出現確率から滑動限界波高(H_c)を求める。滑動限界波高と設計波高との比較を行い、 H_c が H_{max} に對して適当な値と判断されるなら、それを用いて期待滑動量を

算定する。期待滑動量が許容表-1 主な滑動実験結果(現地量)

できる範囲にあれば、その堤体の滑動に対する安定性が確認されたことになる。滑動限界波高あるいは期待滑動量が不適当と考えられる場合は、仮定した平均波圧係数を変えて堤体の設計をやり直すことになる。

3. 実験結果 表-1に主な実験結果とその結果を示す。これより設計潮位はH.W.L, 滑動限界波高は6.6 mとなる。ここで滑動限界波高の推定方法は以下の考え方に基いている。堤体の滑動は実験波群の内の1~2波(滑動回数に対応する波数)の最大波高に近い波によって生じるものと考えられる。実験波の波高分布は堤体設置前に測定した通過波高を整理して得られる(レーリー分布と考えられる)ので、堤体の滑動回数と通過波高との統計的な対応から、滑動限界波高を推定することができる。例えば、H.W.L.時に滑動限界波高を越える波高の出現確率は、 $1/167 = 0.6\%$ であるから、図-4(実線はレーリー分布)より、 $H_c = 6.6$ mとなる。この滑動限界波高は、設計波($H_d = 3.5$ m)に対して1.89倍であり、 H_{max} にはほぼ対応している。この点から、当初仮定した波圧係数はほぼ妥当であったと考えられる。次に、この実験的に得られた滑動限界波高を用いて、伊藤による期待滑動量(S)を算出する。対象とした透過式ブロックには設計波高に相当する高波が約7時間継続して襲来すると考えられるため、暴風時の襲来波数は約1,500波である。 $H_c/H_d = 1.89$, $H_c/d = 0.57$ であるから、 $S_{max} = 0.054$ mとなる。現地の波高分布をレーリー分布とすれば、 $H_{max}/H_d = 1.985$ ($N = 1$, 500波)であり、 $S/S_{max} = 0.23$ となる。これより、期待滑動量 $S = 0.012$ m $= 1.2$ cmである。実験からは滑動量は約5 cmと予想され、両者はほぼ一致しているといえる。この程度の滑動量は十分許容できると考えられるから、本透過式ブロックの滑動に対する安定性は確認されたことになる。

なお、この時の波圧分布を矩形分布と考え、平均波圧係数(α)を求めると、 $\alpha = 0.45$ となる。この場合、揚圧力は考慮していないが、浮力を堤体全体に作用させて計算を行っている。これは通常の直立壁に対する波力 $-0.7w_0 H_c$ (伊藤による)に比べて65%の波力しかかからないことを示しており、本透過式ブロックは低波力型の堤体であるといえる。

4. あとがき 以上述べたように、図-1に示すような複雑な断面を有する透過式ブロックの滑動に対する安定性を確認することができた。今回の実験においては、当初仮定した平均波圧係数が妥当であったため、堤体重量を変えて実験を行う必要はなかったが、通常は何回か実験を繰り返すことになると思われる。この場合、模型堤体を上手に変えることができるように工夫することが大切である。

一般に透過式構造物に作用する波力は明らかではないので、その安定性の検討に当たっては、今回のように試行錯誤的にならざるを得ない。しかし、方法論としては、今回の検討手順は一般性を有していると考えられ、今後、同種の検討に際して、一つの参考になるものと考えられる。

潮位	条件	滑動量		滑動回数	滑動回数/波数	滑動回数/波数	滑動回数/波数
		右	左				
H.W.L	H _d /H ₀	50/4	0.6	0.3	0.5	1	132
	H _c /H ₀	45	3.9	0.9	2.8	2	97
H.W.L	H _d /H ₀	45	14.1	3.9	9.0	3	76
	H _c /H ₀	35	9.0	2.1	5.6	1	167
M.W.L	H _d /H ₀	50	0	0.6	0.3	1	176
	H _c /H ₀	45	1.2	0.9	1.1	1	179
L.W.L	H _d /H ₀	55	0	0	0.3	1	169
	H _c /H ₀	45	0	0	0	—	—
L.W.L	H _d /H ₀	35	0	0	0	—	—
	H _c /H ₀	35	0	0	0	—	—

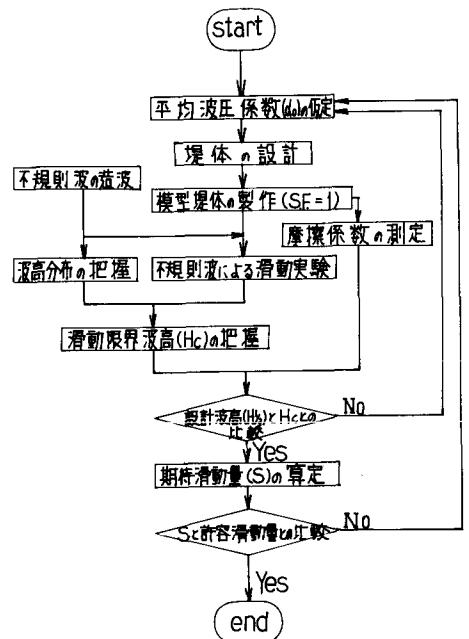


図-3 不規則波による透過式ブロックの滑動実験フロー

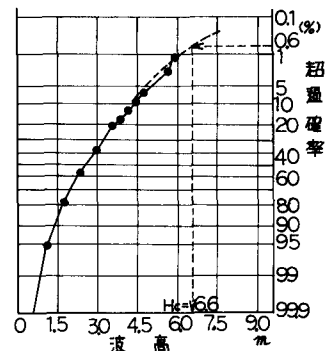


図-4 H.W.L.時通過波高の出現頻度