

II-318

六角ケーソン堤の水利特性に関する実験的研究

運輸省第二港湾建設局横浜調査設計事務所 正員 守屋義一, 正員 永井紀彦, 横山健次
株式会社エコー 第一技術部水理課 正員 宮崎和行, 正員 杉浦 淳

1. まえがき 比較的狭い海域に防波堤を設置する場合、防波堤からの反射波が周辺のバース、航路等の稼働率を低下させる原因となることがある。また、防波堤への入射角（法線と波峰線のなす角度）が大きい時に、防波堤壁面に直角方向に延びる波の峯が現われ、防波堤沿いの波高が幾何光学的な分布とは異なったものとなると言われている。¹⁾このような海域に設置する防波堤の構造としては、入射波のエネルギーをできるだけ構造部内部で消散させることが必要となる。

本研究は、これらの要請に対応した構造物として、比較的経済的で設置面積が少なく済むスリットケーソンのうちケーソン単体の平面形状が六角形の防波堤を提案し、斜め入射波に対する水利特性を検討するものである。

2. 六角ケーソン堤 図1に実験に用いた六角ケーソン堤と通常ケーソン堤の平面形状を示す。防波堤は島堤（延長430m）を想定し、ケーソンは砕石マウンド上に設置した。また、六角ケーソン堤は図2に示すような開口率 $\epsilon=30\%$ の縦型と横型透過スリットタイプおよび不透透タイプを検討し、縦型については $\epsilon=20, 40\%$ も検討した。通常ケーソン堤は、比較のために $\epsilon=30\%$ の縦型透過スリットタイプを検討した。

3. 実験概要 模型縮尺は1/35とし、フルードの相似則に従った。実験は縦46m、横35mの平面水槽で行ない、入射角 $\theta=0, 30, 45, 60^\circ$ について検討した。実験波は、反射率、透過率および平面波高分布の測定については不規則波、防波堤沿いの波高分布については規則波とし、周期4.0s～7.0s、波高1.0mの波を作させた。入射波の分離は、2台の波高計から得られた波形によるFFT法を用いた合田ら²⁾の方法によって行なった。式(1)(2)に反射率 K_r 、透過率 K_t の定義を示す。

$$K_r = H_r / H_i \quad (1)$$

$$K_t = H_t / H_i \quad (2)$$

ここに、 H_i は防波堤前面における入射波高、 H_r は同じく反射波高、 H_t は防波堤背面における透過波高を示す。

4. 六角ケーソン堤の反射・透過特性 図3は直角入射時の波形勾配 H_o/L_o と K_r, K_t の関係を示したものである。 K_r はスリットケーソン堤の場合、 $H_o/L_o=0.03$ 付近で極小値もしくは最少値を示し、 $K_r=0.3\sim0.4$ 程度となる。また、 $H_o/L_o>0.02$ では、六角スリットケーソン堤の K_r が通常スリットケーソン堤の K_r に比べて0.1～0.15程度小さくなっており、六角スリットケーソン堤によるエネルギーの消散が大きいものと考えられる。 K_t は H_o/L_o によって大きな変化が見られず、スリットケーソン堤で $K_t=0.5$ 程度となる。六角ケーソン堤の縦型と

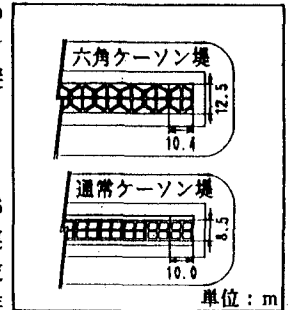


図1 六角ケーソン堤と通常ケーソン堤

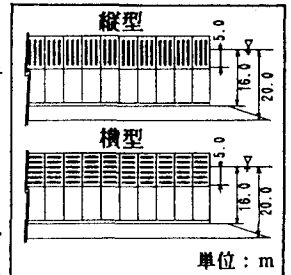


図2 縦型スリットと横型スリット

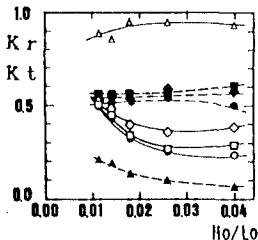


図3 直角入射時の
 H_o/L_o と K_r, K_t

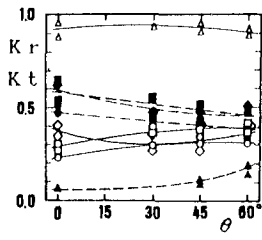


図4 波入射角 θ に対する
 K_r, K_t

凡例	K_r	K_t
六角縦型	□	■
六角横型	○	●
六角不透透	△	▲
通常縦型	◇	◆

H_o/L_o	K_r	K_t	ϵ
0.040	◇	◆	+
0.014	◇	◆	+

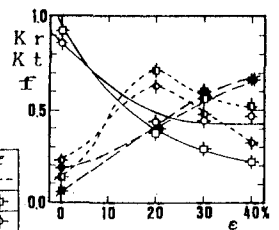


図5 直角入射時の
 ϵ と K_r, K_t, f

横型スリットでは、横型の反射率、透過率が小さくなっており、縦型に比べ横型スリットによるエネルギーの消散が大きいものと考えられる。

図4は波入射角 θ に対する K_r , K_t の関係を示したものである。 K_r は通常スリットケーソン堤が $\theta=30 \sim 45^\circ$ で極小値を示すのに対して、六角スリットケーソン堤は $\theta=0^\circ$ で最小となり、 $\theta>30^\circ$ で一定値に漸近する傾向を示す。 $\theta=60^\circ$ では、 K_r は横型で通常スリットケーソン堤より小さくなる。 K_t は各スリットケーソンとも θ が大きくなるとともに小さくなる。このうち、六角横型スリットの K_t が最も小さくなっているが、 K_t に関してはケーソン形状よりスリット構造による影響が大きく、横型スリットの方が K_t に対する低減効果は大きいものと考えられる。

図5は直角入射時の ε と K_r , K_t , f の関係を示したものである。なお、 f は式(3)に示すエネルギー損失率である。

$$f=1-(K_t^2+K_r^2) \quad (3)$$

ε が大きくなると、 K_r は小さくなり K_t は大きくなる。ただし、 $H_0/L_0=0.014$ では $\varepsilon>20\%$ における K_r の差はほとんど見られない。 f は $\varepsilon=20\%$ 程度で最大値を示し、 $\varepsilon>20\%$ で小さくなる。また、 f は $\varepsilon=0\%$ を除き波形勾配の大きな $H_0/L_0=0.040$ で大きくなる。これは、入射波が遊水部で強制砕波し易いためと考えられる。

5. 六角スリットケーソン堤周辺の波高分布 図6は防波堤前面の波高比 H/H_i の分布を示す（ H_i は防波堤前面の波高）。図中の実線は伊藤³⁾が示す島堤前面の波高比分布の近似解であり、図の横軸は防波堤長 B に対する位置 X を示す X/B 、縦軸は H/H_i に対する H の比 H/H_i を表わす。通常ケーソン堤は計算値によく一致している。これに対して六角ケーソン堤の H/H_i は、 $X/B=0.1$ と 0.9 付近に極大値が見られるが、全体に通常ケーソン堤より小さくなっている。 $X/B>0.3$ の範囲では、 H/H_i は通常ケーソン、六角ケーソン、通常スリット、六角スリットの順に大きい値を示し、六角形状のケーソンが防波堤前面の波高を低減させる効果がよく表われている。この傾向は、 $\theta=60^\circ$ で明らかであった。

図7、8は通常ケーソン堤（不透透）と六角スリットケーソン堤（透過）周辺の波高比分布 H/H_i を示したものである。図の実線は実験値、破線は高山⁴⁾による計算値（回折波領域のみ）を示す。六角スリットケーソン堤背後の計算による H/H_i は、島堤をみかけの開口部と見なした計算値に K_t を掛けた結果と島堤による回折波の結果とをエネルギー合成的に足し合わせたものとした。通常ケーソン堤は計算値とよく一致し、幾何光学的な回折波領域では $H/H_i<0.5$ の分布となっている。幾何光学的な反射波領域では $1.0<H/H_i<1.4$ の高い分布となっている。これに対して、六角スリットケーソン堤は計算値より若干低い分布となり、幾何光学的な回折波領域では $H/H_i<0.7$ の分布となっている。幾何光学的な反射波領域では $H/H_i=1.0$ 前後の分布となり、反射波が低減していることが分かる。

6. あとがき 六角スリットケーソン堤は、通常スリットケーソン堤に比べて直角入射時にエネルギー消散が大きくなる。また、 $\theta>30^\circ$ では K_r は一定値に漸近する傾向を示し、 $\theta=60^\circ$ で防波堤前面の波高分布が小さくなる等、 θ の大きな条件で入射波のエネルギーを消散し易い構造となっていることが分かった。今後は、六角ケーソン堤の波力に対する構造的な安定性の検討を行なうとともに、Wiegel¹⁾が述べている防波堤壁面に直角方向に延びる波の峯（マッハ・システム）の発生に対する抑制効果を検討していくつもりである。

参考文献 1)Wiegel, R. L.: Oceanographical Engineering; Prentice Hall 1964 2)合田良実・鈴木康正: 不規則波実験における入射波の分離推定法; 港研資料NO. 248 1976 3)伊藤喜行・谷本勝利: 混成防波堤の蛇行災害; 港研資料NO. 112 1971 4)高山知司: 波の回折と港内波高分布に関する研究; 港研資料NO. 367 1981

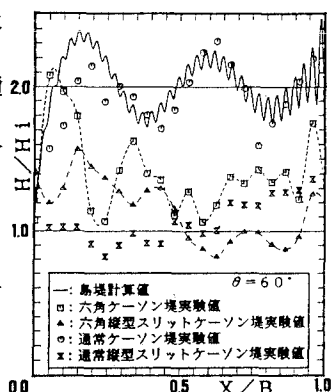


図6 防波堤前面の波高比分布

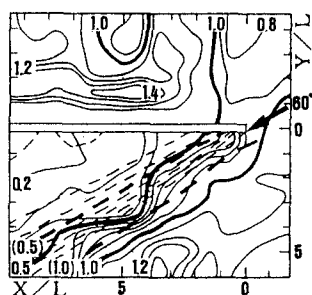


図7 通常ケーソン堤周辺の波高比分布

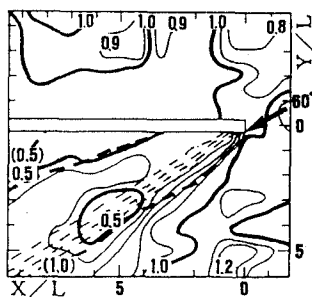


図8 六角スリットケーソン堤周辺の波高比分布