

II-336

天端が低いケーソンの波浪に対する安定性に関する研究(その2)

東洋建設㈱鳴尾研究所 正会員 藤原隆一・川田 勇・倉田克彦・石崎崇志

1. はじめに

著者の一人が天端が低いケーソンの波圧分布を測定した結果の一部を前報(宮原・倉田, 1994a, b)で報告した。ここではその後行った実験結果を加えて, ケーソンの前面, 底面, 天端面および背面に作用する波圧分布とそれより計算される波圧合力, また越波による天端面への打込み圧と背面水位の変動が堤体の安定性に及ぼす影響について検討した結果について述べる。

2. 実験方法

実験は東洋建設㈱鳴尾研究所にある2次元不規則波造波水路(長さ60m×幅1m×高さ2m)を用いて行った。模型の設置水深は40.0cm, 海底勾配は1/50とした。作用させる波は規則波で, 波浪条件は周期 $T=0.9$ s, 1.27 sおよび1.98 sの3種類とし, 入射波高 H を8cm~26cmの間で変化させた。模型ケーソンの天端高 h_c (静水面からの距離)は, 0, 3, 9および12cmと変化させた。また, マウンド厚は9.0cm, マウンド肩幅は14.0cmとした。

3. 実験結果

各面に作用する波圧合力は, 互いに位相差を持って最大値をとる(宮原・倉田, 1994a)ことから, 滑動合成波力 F_E を用いてケーソンの安定性を検討することにした。各面すべての波圧合力を考慮した F_{E1} および通常の F_{E2} はそれぞれ式(1)および式(2)で定義される。

$$F_{E1} = (F_H - F_B) + \mu (F_v - F_T) \quad (1)$$

$$F_{E2} = F_H + \mu F_v \quad (2)$$

ここに F_H , F_B , F_v および F_T はそれぞれ前面, 背面, 底面および天端面に作用する波圧合力であって, μ はケーソン底面とマウンド間の摩擦係数で0.6として計算した。図-1は F_{E1} および F_{E2} の最大値と相対天端高 h_c/H (h_c : 静水面と天端の距離, H : 入射波高)の関係を示したものであって, 合田式による $F_E (= F_H + \mu F_v)$ の算定値との比として表されている。 $h_c/H=0.0$ のときのばらつきは大きい, h_c/H が小さいときには F_{E1} , F_{E2} ともに小さくなる傾向にある。「港湾の施設の技術上の基準・同解説」によると, 通常の防波堤の天端高 h_c はH.W.L.上の高さとして定められ, 多少の越波を許す場合で設計波に対する有義波高 $H_{1/3}$ のおおむね0.6倍, また著しい越波を阻止したい場合には $1.25H_{1/3}$ とされている。規則波実験における入射波高 H は不規則波の最高波高 H_{max} に対応する。便宜的に $H_{max}=1.8H_{1/3}$ の関係をい用れば, 通常の防波堤の天端高の範囲は $0.33 < h_c/H < 0.69$ と考えられる。 $0.33 < h_c/H < 0.69$ における F_{E2} は合田式の算定値の約0.8~0.9倍となっている。高山ほか(1991)によると, 水平波力の実験値は合田式のそれに比べて10%程度小さい事例が多いことや合田式の推定精度を考えると, この程度のばらつきは合田式の推定精度内にあるものと考えられる。一方, $0 < h_c/H < 0.3$ では明らかに合田式による算定値よりも小さくなっている。これより, 天端が低いケーソンの定義のひとつとして, $h_c/H < 0.3$ が考えられる。

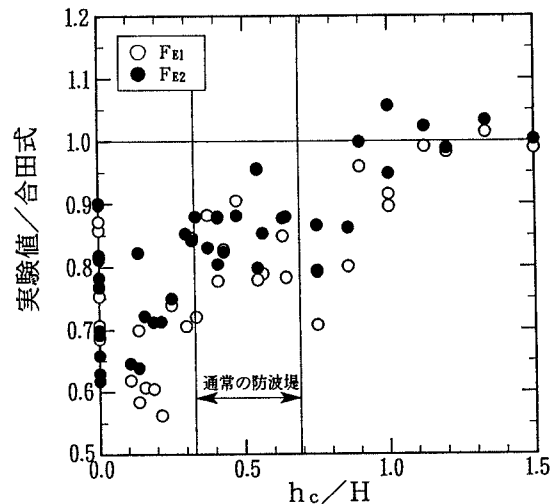


図-1 滑動合成波力の最大値

また、 F_{E1} は F_{E2} に比べると小さい場合が多く、天端面の打込み圧と背面の水位変動が堤体の安定に寄与している。滑動合成波力に対する天端面および背面の影響を調べるために、 F_{E1} と F_{E2} の比をとったところ、 $h_c/H < 0.3$ での平均値は約0.9となり、通常の防波堤と同程度かそれ以上の天端高となる $h_c/H > 0.3$ での平均値は0.96となった。したがって天端面および背面の波圧合力が滑動合成波力を低減する割合は、 $h_c/H < 0.3$ で約10%、また $h_c/H > 0.3$ では約5%となる。

天端が低いと考えられる場合（ $h_c/H = 0.16$ ）の F_E が最大となる時刻の波圧分布の例を図-2に示す。図中には、各面の最大波力時の波圧分布および合田式による波圧の算定値も併せて示した。前面に作用する水平波力は合田式に比べて全体的に小さいが、静水面付近での減少率が大きくなっている。これは底面に近いほど波圧の最大となる位相が早いため、合田によっても指摘されている現象（合田，1973）である。なお、水平波力が最大となるときに F_E もほぼ最大となる。底面に作用する揚圧力は合田式とほぼ同じであって、波力が最大となる位相は水平および F_E とほぼ同じである。天端面および背面の波圧が最大となる位相は F_E の最大時からそれぞれ約0.15Tおよび0.2T～0.5T程度遅くなることから、 F_E の最大時には小さくなっている。

通常の高天端と考えられる場合について同様の波圧分布を示したものが図-3である。水平波力は静水面より上部で合田式より小さくなっているが、静水面以下ではほぼ同じである。揚圧力は合田式とほぼ同じである。天端面および背面の波圧に関しては天端が低い場合と同様である。 F_E が合田式に比べて若干小さかったのは、静水面より上部の波圧が小さくなっているため、このときの前面水位は合田式で仮定された1.5Hよりも低かったことが測定されている。

4. おわりに

天端が低くなると堤体に作用する波力が低減する。波力の低減は、通常の防波堤より天端が低いと考えられる $h_c/H < 0.3$ で生じる。また、越波による天端への打ち込みや背面の水位変化は滑動合成波力を減少させる。その減少割合は、 $h_c/H < 0.3$ で約10%、また $h_c/H > 0.3$ で約5%となった。今後はケーソンに働く波力を直接測定するとともに、マウンドの高さを変えた場合について検討する必要がある。その後、滑動実験を行い、総合的に堤体の安定性を検討する予定である。

参考文献

- 宮原・倉田(1994a)：天端が低いケーソンの波浪に対する安定性の関する研究－その1 位相差－，関西支部年講概要集。
- 宮原・倉田(1994b)：天端が低いケーソンの波浪に対する安定性の関する研究－波圧分布－，年講概要集Ⅱ。
- 合田(1973)：防波堤の設計波圧に関する研究，港湾技術研究所報告，第12巻，第3号，pp. 31-69。
- 高山ほか(1991)：現行設計法による防波堤の滑動安定性，第38回海溝論文集，pp. 641-645。

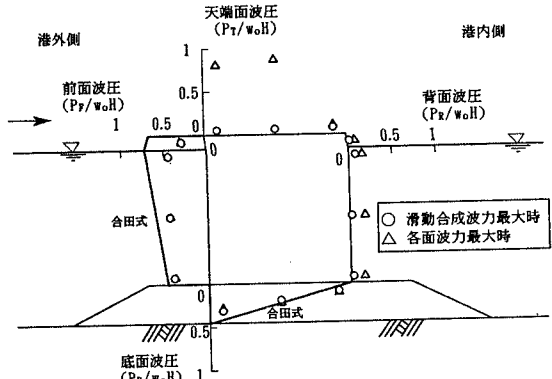


図-2 波圧分布： $h_c/H = 0.16$

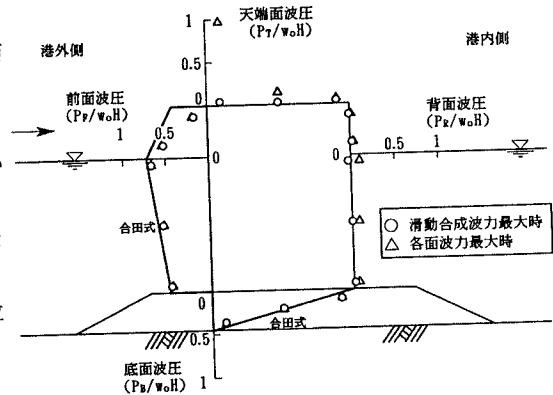


図-3 波圧分布： $h_c/H = 0.63$