

II-53 ケーソン式混成堤の被災事例と波圧、滑動実験

東北工業大学 正員 高橋 敏彦
 東北工業大学 正員 沼田 淳

1. はじめに

わが国の防波堤は、混成堤が主流であり直立部のほとんどがコンクリートケーソン式を用いている。本研究では、直立部ケーソンの被災傾向や被災時の波高と設計波高との関係などについて港研資料を用いて検討する一方、模型実験を行なって合田式による波圧の計算値と実験値を比較検討した。

2. 被災事例の解析

本解析に使用した防波堤の被災事例は、昭和40年~昭和59年の間に被災した78港117例である。これらの被災事例は、復旧金額が約3,000万円以上のもので比較的資料の整っているもののみである。

図-1は、波高(H_{1/3})の資料が整っている被災事例41件中堤体完成後の被災20例と施工中の被災21例(少なくとも蓋コンクリートまで施工した段階)に分けて被災時の波高と設計波高の相関を示したものである。実線は堤体施工中、破線は堤体完成後の回帰直線である。施工中と完成後の被災波高の違いが明らかに表われており、施工中は設計波高の約0.9倍でまた、完成後は設計波高の約1.2倍で被災が発生している。バラツキが大きくデータ数も少ないが、被災波高の1つの目安に在るのではないかと思われる。

図-2は、被災状況が明確なケーソン266函について、被災状況別に被災ケーソン数と被災率を示したものである。棒グラフが被災ケーソン数で、破線が被災率を示している。被災率は、総被災ケーソン266函に対する値で被災状況が重複しているケースもある。滑動の中にはケーソンが堤体幅以上転動したものの17函と、転倒か滑動のいずれかの原因でマウンドから転落したケーソン2函が含まれている。また、直立部の傾斜もほとんど滑動により起こっているが、沈下のみでケーソンが10函含まれている。このように、ケーソンの転落による被害はほとんどなく、沈下のみ3.8%、破損(亀裂や欠損など)27.1%、滑動78.6%であり、ケーソン式混成堤の被害を防止するうえで、滑動に対する安定計算が重要な要因と在ることがわかる。

3. 実験方法及び実験条件

実験水路は、長さ18.0m、幅1.0m、高さ0.8mの二次元造波水槽で、一端にプランジヤ型の造波装置が取り付けられている。堤体は、造波板より12.13mの所に設置した。

模型堤体は、小名浜港防波堤の縮尺 $\frac{1}{30}$ とし、小型圧力変換器を前面に7個、座面に5個取り付け、波圧、揚圧力の測定を行なった(図-3)。

滑動実験は、模型堤体の中詰め重量を80kgから2kgずつ減らし、60kgまで変えて行なったが、

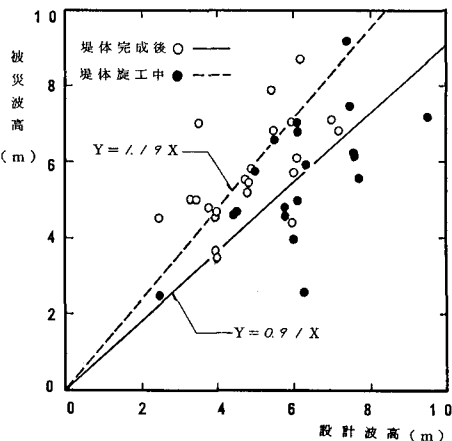


図-1 ケーソン直立部被災波高と設計波高

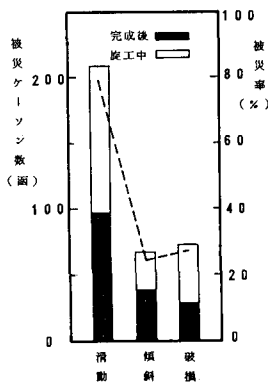


図-2 ケーソン直立部被災状況

表-1 波圧揚圧に関する実験

水深 h (cm)	48	
周期 T (sec)	1.46	2.56
波高 H (cm)	4.0	4.0
	5.0	5.0
	6.0	6.0
	8.0	8.0
	10.0	10.0
	12.0	12.0
	14.0	14.0
	15.0	15.0
	16.0	16.0
	18.0	18.0
	20.0	20.0

表-2 滑動に関する実験

水深 h (cm)	48	
周期 T (sec)	1.46	2.56
波高 H (cm)	5.0	5.0
	10.0	10.0
	15.0	15.0
	20.0	20.0

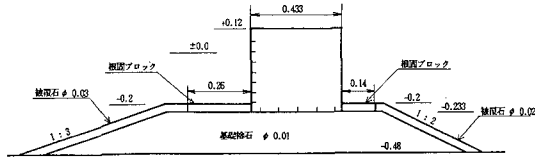


図-3 模型堤体

堤体がマウンド上より転倒した時点でその実験を終了することとした。滑動量は、堤体にポイントゲージをおき測定したが、さらに目視により滑動状態を記録した。波圧・滑動量の測定は、模型からの反射波の影響を受けない有効測定時間内に終了させた。実験波は表-1・2に示す。

4. 実験結果と考察

(1) 波力・揚圧力分布

波圧・揚圧力は、起波後5~7波目の波について読み取ったが、同じ実験を3回繰り返してそれらの平均を取って各測定の波圧・揚圧力とした。図-4は、このような方法で求めた波圧・揚圧力分布の一例である。図中、波圧の静水面上の実線は静水面を含む2測点の実験値を結んだものであり、静水面下は静水面での実験値を原点とした回帰直線で示したものである。また、揚圧力に対する実線は後端を0とする回帰直線であり、破線は合田式による計算値である。

波圧強度の実験値は、 $T=4.46s$ の場合一般に小さい値となるケースが多く $H=12cm$ の時だけほぼ同じ値を示した。 $T=2.56s$ の場合は、 $H=12cm$ 以上になると逆に計算値の方が大きい値を示している。一方、揚圧強度は、ほとんどの場合実験値が計算値より小さく、前趾端で $T=2.56s$ の場合計算値の65~90%程度の値となっている。

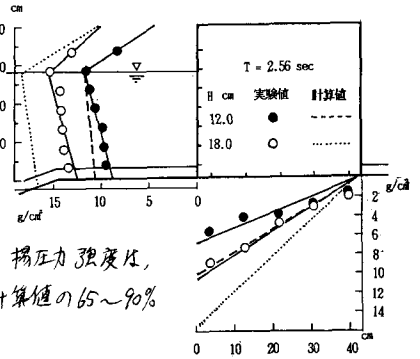


図-4 波圧分布

(2) 安全率

図-5は、全波圧及び全揚圧力の実験値と計算値を用いて滑動に対する安全率を求め、両者を比較したものである。図-5より安全率が2.0以下では、実験値と計算値がほぼ同じか若干実験値の方が大きく、それ以上では実験値の方がかなり小さくなっている。

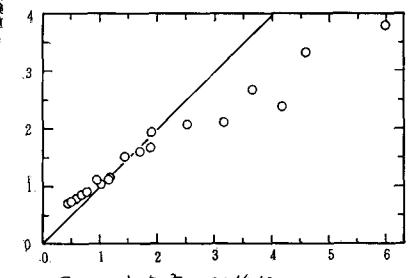


図-5 安全率の計算値と実験値との比較

(3) 滑動量と安全率

図-6は、滑動実験で測定した滑動量とその滑動が生じた時の全波圧・全揚圧力の実験値と合田式による計算値から求めた安全率を比較したもので、横軸に滑動量、縦軸に安全率を示している。実線、破線は、実験値、計算値に対する回帰曲線でそれぞれ $Y=0.66X^{(-0.11)}$ 、 $Y=0.52X^{(-0.14)}$ となっている。滑動量0の点は、ロッキング現象が起こっているが滑動は生じていないことを意味する。実験値、計算値とも同じ傾向を示すが、計算値の方が実験値より若干小さい安全率で滑動が始まるように思われる。

5. あとがき

蓋コンクリートまで施工済のケーソンは設計波高の約0.9倍、完成後のケーソンは設計波高の約1.2倍の波高で被災しているが、その大部分は滑動による被害である。また、本実験では全波力は概して合田式による計算値が実験値より若干小さく、全揚圧力は逆に合田式による計算値の方が大きくなったが、安全率で比較すると合田式は設計上では安全側になる結果が得られた。

<参考文献> 1) 武山・中山：港湾技術資料 No. 200, 運輸省港湾技術研究所, 1975年, 2) 服部・柴田・大堀：港湾技術資料 No. 485, 運輸省港湾技術研究所, 1974年, 3) 運輸省港湾局監修：港湾の施設の技術上の基準・同解説, 日本港湾協会, 1979年, 4) 合田良史：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, 1973年, pp. 31-69

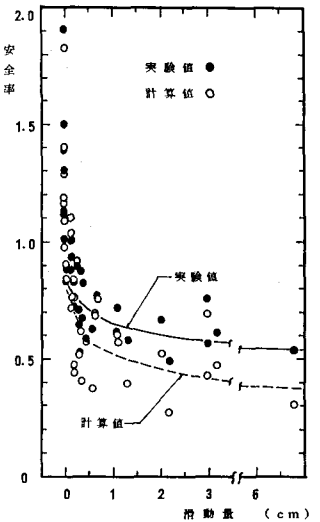


図-6 滑動量と安全率の関係