

混成防波堤に働く波力と滑動に関する実験的研究

東北工業大学 学生員 ○ 岡添 宏
 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防波堤が主流であり、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。その直立部に働く波力は合田式などによって相当の精度で推定できるようになっている。また、混成防波堤の直立部の安定計算はいくまでも波の圧力による転倒及び滑動に対して行うが、過去の被害事例を調べた所、基礎橋石部が洗掘されて崩壊したような場合以外は、転倒することは非常にまれで、暴風時における混成堤の災害のほとんどが滑動によるものであった。

そこで本研究では、直立部に働く波圧及び揚圧力実験と堤体重量を変えた滑動実験を行い、合田式による計算値と比較しながら、波圧・揚圧力分布、全波力と全揚圧力、滑動量と安全率との関係などについて検討してみた。

2. 実験装置と実験方法

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、一端にプランジャー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 $1/30$ とし、小型圧力変換器を前面に7個、底面に5個取り付け、波圧・揚圧力の測定を行った(図-1)。測定は動歪計を用い、記録をラピコダーに出力させた。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まで変えて行ったが、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にした。滑動量は、堤体にポイントゲージをおろし測定したが、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に示すとおりである。

3. 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から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、それらの平均を取って各測点の波圧・揚圧力とした。図-3.4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、 $T=1.46s$ 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、 H

表-1 波圧、揚圧力に関する実験

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

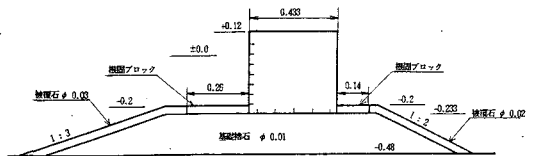


図-1 模型寸法

単位: m

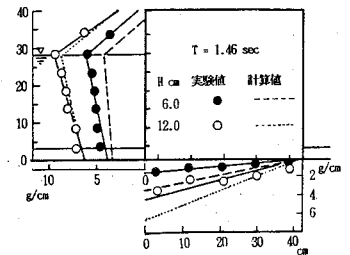


図-2 波圧分布図

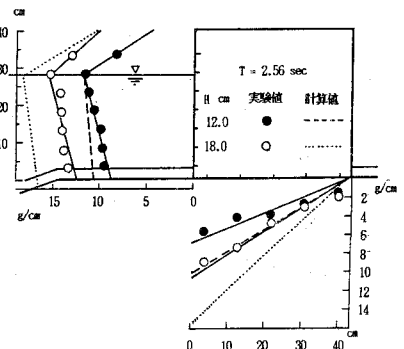


図-3 波圧分布図

=12 cm 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、揚圧力強度は、ほとんどの場合実験値が計算値より小さく、前趾端で $T=2.56$ s の場合 65 から 70 % 程度小さい値となっている。

(2) 波圧合力の場合

実験より得られた波圧合力と合田式より求めた波圧合力の比 P_e/P_c と波形勾配 H/L の関係を示したのが図-4 である。図-4 より H/L が小さい場合、 P_e/P_c は大きな値を示し、 H/L が小さくなるに従って P_e/P_c は小さくなるが、 $T=1.46$ s の場合、 H/L に関係なくすべて実験値より計算値の方が小さくなった。これに対して $T=2.56$ s の場合は、 H/L が 0.02 付近を境にして、実験値と計算値の大小関係が逆転している。

(3) 全揚圧力の場合

実験値より得られた全揚圧力と合田式より求めた全揚圧力の比 U_e/U_c と H/L との関係を示したのが図-5 である。図-4 と同様 H/L の増加に伴って U_e/U_c の値が減少する傾向はみられるものの、その減少率は図-4 に比べて小さく、両周期の実験値がすべて計算値より小さくなる結果が得られた。なお、 $T=1.46$ s の実験の場合、図-4.5 にみられるように、 $H/L=0.05$ 付近で P_e/P_c と U_e/U_c の値がともに大きくなる傾向がみられるが、これは衝撃的な波圧が作用した場合の実験値である。

(4) 安全率

図-6 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-6 より安全率が 2.0 以下では、実験値及び計算値が、ほぼ同じであるが、それ以上では実験値の方がかなり小さくなっている。

(5) 滑動量と安全率

図-7 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、縦軸に安全率を取り、示している。滑動量 0 の点はロッキング現象が起っているが滑動は生じていないことを意味する。実験値・合田式とも同じ傾向を示すが、合田式の方が実験値より幾分小さい安全率で滑動が始まるように思われる。

4. 結論

本実験では、全波力は全般的に合田式による計算値が実験値より小さく、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。なお、滑動が生じるのは、図-5 において U_e/U_c の値が増加傾向を示すときであり、滑動に対しては揚圧力の増加が重要な要因であると考えられる。

最後に本実験は、安保敏明君、相内義輝君、伊藤正人君、斉藤凡一君との共同研究であり、ここに付記し感謝の意を表します。

参考文献 谷本・小島：傾斜堤上部工及びブロック式混成堤に働く波力

蘇・郭：混成防波堤直立部の波圧に関する研究

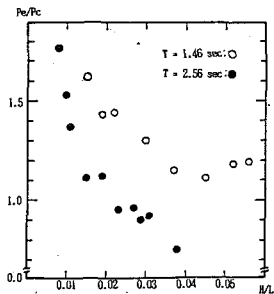


図-4 P_e/P_c と H/L との関係

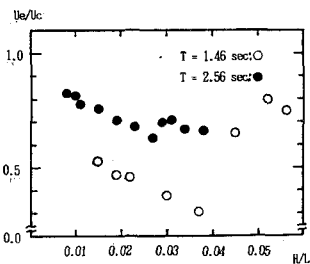


図-5 U_e/U_c と H/L との関係

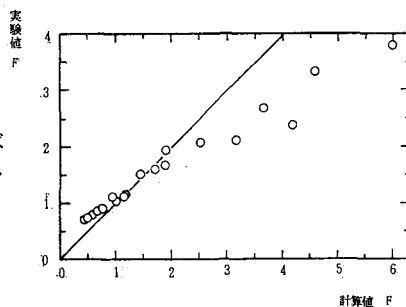


図-6 安全率の計算値と実験値との比較

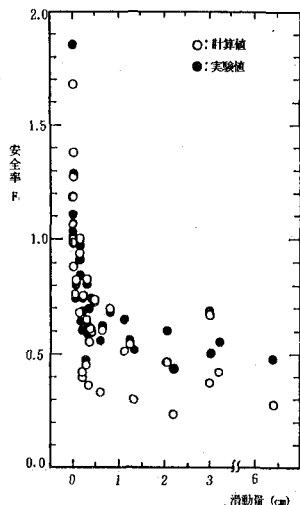


図-7 滑動量と安全率との関係