

### コンクリート底板を有する鋼製栈橋の最適形状に関する実験的検討

室蘭工業大学大学院 学生員 ○内山 太公  
 室蘭工業大学大学院 教授 フェロー 木村 克俊  
 (国研)土木研究所寒地土木研究所 正会員 上久保 勝美

#### 1. はじめに

離島においては環境面や施工上の理由から、現場打ちコンクリートや杭の打設が制限されていることが少なくない。こうした場所において係留施設を設置するためには、コンクリート製の底板上に鋼製栈橋を一体化させた構造が有効となる。本研究では、当該構造形式について、底板の厚さや幅を変化させた滑動実験を行い、その最適形状について検討するものである。

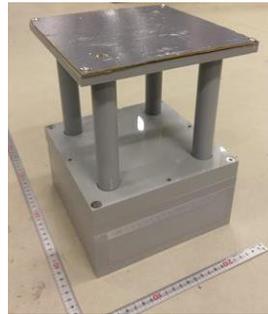


写真-1 実験模型

#### 2. 実験方法

2次元造波水路(長さ 24.0m, 高さ 1.0m, 幅 0.6m)内に、勾配 1/30 の海底地形を作製し、砕石マウンド上に写真-1 に示す鋼製栈橋の模型を設置した。模型縮尺は 1/30 とし、水深  $h=8.4\text{m}$  の地点で検討した。実験で使用した模型は、底板、支柱および上部工で構成され、底板厚  $D$  を 3 種類 (2.55, 3.30, 4.05m)、堤体幅  $B$  を 3 種類 (6.0, 9.0, 11.4m) に変化させた。図-1 に、 $D=3.30\text{m}$ ,  $B=6.0\text{m}$  のときの堤体形状を示す。

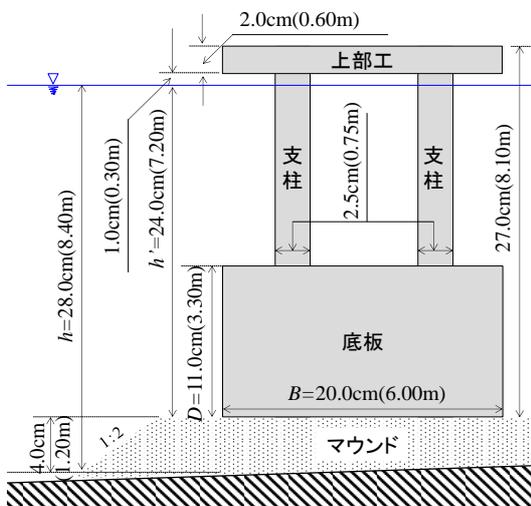


図-1 堤体形状

使用砕石の平均的な諸元は現地量で直径 0.45m, 質量 350kg で、堤体との摩擦係数  $\mu$  は静的引張試験より 0.5 とした。実験波は、周期  $T$  を 3 種類 (10.0, 12.0, 14.0s), 換算沖波波高  $H_0'=1.0\sim 6.0\text{m}$  の 6 種類に変化させた不規則波を用いた。

底板内部は空洞になっており、鉛球(直径約 2mm)を入れることによって堤体質量を調節した。模型背後に設置した変位計により、変位量が 1mm(現地量 3cm)を超えたときを滑動とみなし、滑動限界質量  $M_L$  を得た。

#### 3. 滑動限界質量

##### 3.1 底板厚の影響

内山ら<sup>1)</sup>は、CADMAS - SURF/2D による数値解析結果より、図-2 に示す合田式に基づく波圧分布を提案している。水面から底板下部までに働く水平波圧をそれぞれ  $p_1, p_2, p_3$ , 上部工の上部および下部に働く水平波圧を  $p_4, p_5$ , 揚圧力を  $p_u$  とした。さらに、底板厚が波圧に及ぼす影響を表す係数  $\beta$  を、以下のように定式化した。

$$\beta = 1 - \frac{1}{5.694(D/h')} \quad (1)$$

ここに、 $h'$  は底板基面を基準にした水深であり、 $D/h'$  が小さくなるほど、作用波圧が小さくなることを表している。

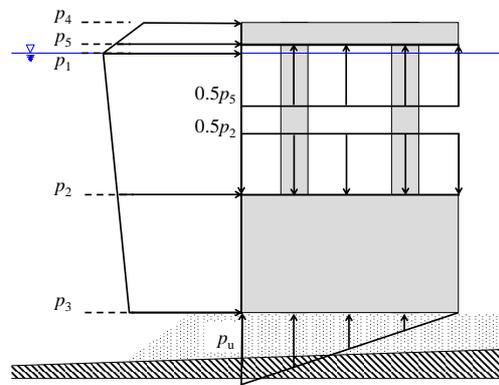


図-2 設計に用いる波圧分布

キーワード 鋼製栈橋, 耐波安定性, 設計波圧, 最適形状, 水理模型実験

連絡先 〒050-8585 北海道室蘭市水元町 27-1 室蘭工業大学建築社会基盤系学科 TEL0143-46-5269

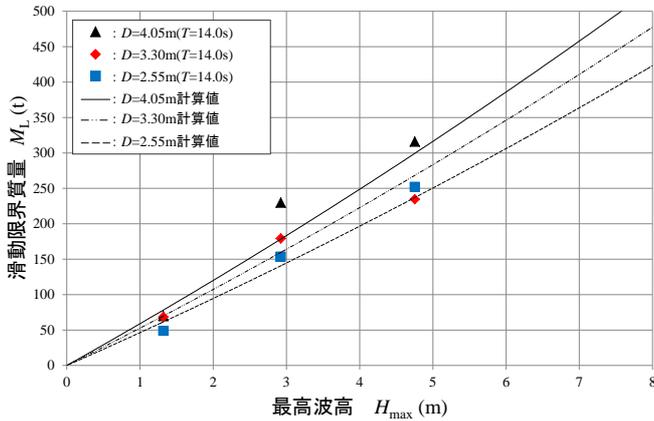


図-3 底板厚の影響

図-3は、 $T=14.0s$ に対して、堤体幅 $B$ を $6.0m$ で一定とし、底板厚 $D$ を3種類( $2.55, 3.30, 4.05m$ )に変化させたときの最高波高 $H_{max}$ と滑動限界質量 $M_L$ の関係を示している。底板が厚くなるほど受圧面積が大きくなるため、滑動限界質量が大きくなる。図中に示す計算曲線は、どの底板厚に対しても実験値とほぼ一致している。なお、他の周期に対しても同様の結果が得られており、すべての周期条件に対して式(1)の適合性が確認できた。

3. 2 堤体幅の影響

図-4は、 $T=14.0s$ に対して、底板厚 $D$ を $3.30m$ で一定とし、堤体幅 $B$ を3種類( $6.0, 9.0, 11.4m$ )に変化させたときの最高波高 $H_{max}$ と滑動限界質量 $M_L$ の関係を示している。同一の $H_{max}$ に対しては、堤体幅が広いほど滑動限界質量が大きくなる。これは波長に対する堤体幅の比が大きくなるほど上部工に作用する揚圧力が卓越するためと考えられる。図中の曲線は、実験値の平均的な傾向を表しており、これを式(1)による計算値と合致させるために、上部工に働く揚圧力 $p_s$ を補正するために以下の係数を導入した。

$$\tau = \exp\left[\left(4.5B/L\right)^2\right] \quad (2)$$

ここに、 $L$ は波長(m)であり、 $B/L$ が大きくなるほど、揚圧力が大きくなることを表している。なお、他の周期に対しても式(2)の適合性が確認できた。

4. 最適底板厚

図-5は、波高条件を $H_{max}=4.0m$ に限定して、横軸に波高で無次元化した底板上のクリアランス $(h'-D)/H_{max}$ をとり、縦軸に波長で無次元化した必要堤体幅 $B/L$ を示している。いずれの周期条件に対しても $B/L$ が最小となる条件が存在する。この条件よ

りも底板厚 $D$ が薄くなると、安定質量を確保するため堤体幅 $B$ を広げる必要が生ずる。また底板厚 $D$ が厚くなると、作用波圧が増大するため堤体幅 $B$ を広げる必要が生ずる。ここでは、 $B/L$ が最小となるのは $(h'-D)/H_{max}$ が $0.9\sim 1.0$ の条件であり、設計波高が $H_{max}=4.0m$ の場合に、底板厚 $D$ が $3.2\sim 3.6m$ の条件が最も経済的な断面となることがわかった。

5. まとめ

本研究の結論を以下にまとめる。

- (1)底板が厚くなるほど滑動限界質量が大きくなることを示し、その影響を表す補正式の適合性を確認した。
- (2)堤体幅が広くなると、上部工に作用する揚圧力が卓越し、滑動限界質量が増大する。その影響を補正するための係数を定式化した。
- (3)波高条件を限定した場合に、堤体幅が最小となる底板厚が得られることを示した。

参考文献

1) 内山太公, 木村克俊: コンクリート底板を有する鋼製栈橋の耐波安定性に関する検討, 土木学会北海道支部論文報告集 Vol.73, B-56, 2016

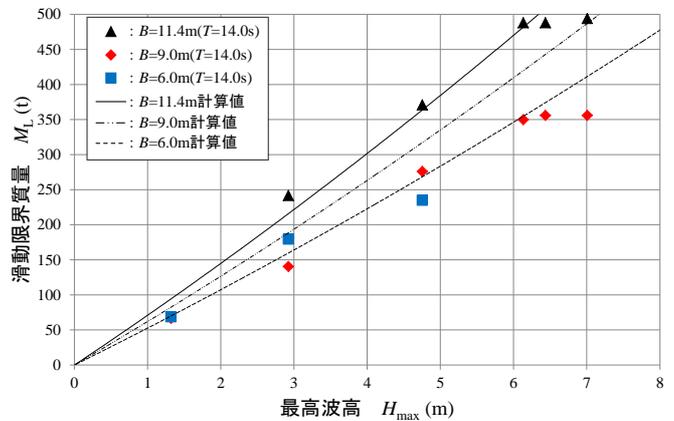


図-4 堤体幅の影響

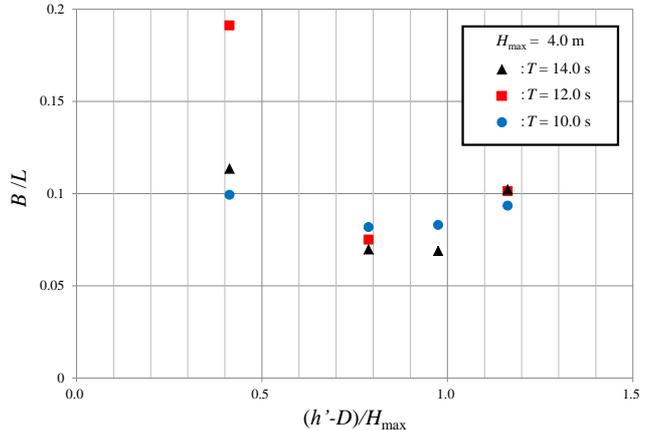


図-5 底板厚と堤体幅の関係