

栈橋の揚圧力低減策としての前垂れの効果に関する検討

近畿地方整備局	神戸港湾空港技術調査事務所	非会員	三村 正樹
近畿地方整備局	神戸港湾空港技術調査事務所	非会員	北尾 進
前 近畿地方整備局	神戸港湾空港技術調査事務所	非会員	三邊 ふみ
	株式会社 エコー	非会員	鈴山 勝之
	株式会社 エコー	○正会員	久保田 徹
	株式会社 エコー	正会員	長谷川 巖

1. はじめに

我が国の港湾は、貿易量の99.6%を扱う重要な社会インフラであるが、他方、港湾は水際線に存在する特性上、海面水位上昇や台風の強大化など、将来発生しうる気候変動の影響が不可避であり、長期的な視点で対策を講じることが求められる。高波浪時の栈橋の被災については、栈橋下部に進入した波浪が床版へ作用することで発生する揚圧力により、杭の引き抜き等が起こることで発生する。技術基準により、栈橋に作用する揚圧力は栈橋底面と潮位の差が小さい条件で大きくなる ($4\rho gH$: H は栈橋前面の波高値) とされている。地球温暖化により海面上昇を生じると、潮位が栈橋底面と一致する頻度が高まることが予測されており、将来的には栈橋に対してより厳しい海象条件となっていくことは明らかである。このような中、栈橋への対策が求められるが、施工条件や費用対効果等の問題により、可能な限り単純で安価な改良手法を検討しておく必要がある。

本報告では栈橋の前垂れに着目し、前垂れの長さが床版への揚圧力の低減に及ぼす影響を検討することで、対策案の一つとして提案することを目的とする。

2. 計算・解析手法

検討では数値波動水路 CADMAS-SURF/2D を用いた。計算領域は数値波動水路の研究開発²⁾の標準的な設定値に倣い作成した。図-1には計算領域から栈橋周辺の構造物データを拡大して示す。図中の黄色ハッチ部は不透過構造 (OBST)、灰色は透過構造 (POROUS) の設定を表し、赤四角は圧力の時刻歴データの出力地点である。ここで杭に対しても透過構造としている理由は、杭による波浪減衰効果を考慮したためである。

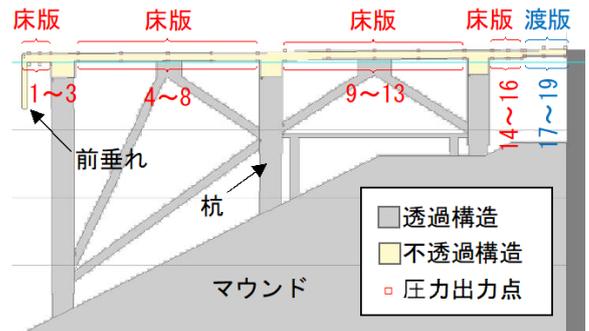


図-1 CADMAS-SURF/2D モデル図

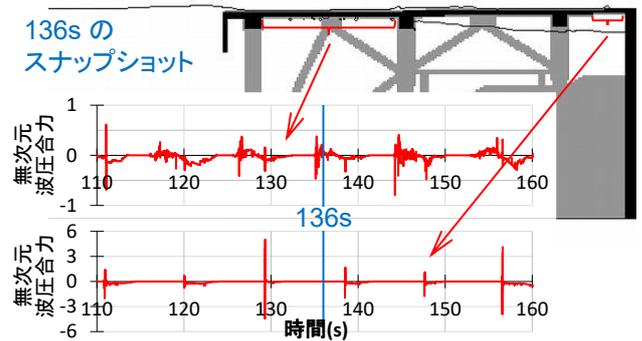


図-2 スナップショットと波圧合力の時間変化

また計算の潮位条件は、栈橋に作用する揚圧力が最も大きくなると考えられる床版海側下面高と同じ潮位 (D.L+3.90m) とし、波浪条件は、事前に実施した構造物なしによる通過波検定より得られる構造物法線位置での不規則波の最高波高と有義波周期に相当する規則波 ($H=1.9\text{m}$, $T=9.2\text{s}$) を沖側境界より造波した。図-2に CADMAS-SURF の計算結果 (代表時刻のスナップショット) と代表的な圧力出力地点の時刻歴データを例示する。圧力の時刻歴データは、計算が安定した後 (造波開始後の数波経過後: 約 110s 後) の 5 波分を使用した。さらに、各圧力出力地点の時刻歴デー

キーワード：数値波動水路, CADMAS-SURF, 栈橋, 揚圧力, 対策工

連絡先 〒651-0082 神戸市中央区小野浜町 7-30 TEL : 078-331-0057

タは、スパイクノイズ等の異常値の有無を確認した。スパイクノイズの判定は数値波動水路の研究開発²⁾に倣い、前後のデータと比べ1データだけ突出して大きい圧力値がある場合はそれを除外した。最終的に検討に用いる波力は、5波の期間内に現れる5つの最大圧力値の中間値（波力の大きい順に並べて上から3番目）を用いた。中間値を用いることで極端に大きな値や小さな値を除外した検討を行うことができる。

3. 前垂れによる揚圧力の低減効果

図-3に、各前垂れ下端高に対する揚圧力分布を示す。図中には、検討対象潮位（D.L.+3.90m）と前垂れの下端高（D.L.+4.0m, +0.5m, -1.0m, -2.5m, -5.5m, -8.5m）の位置関係を併記する。D.L.+4.0mは前垂れなし、D.L.+0.5mは既設構造物の前垂れ下端高である。図より本報告の検討ケースでは、D.L.+4.0mを除き、いずれの前垂れも水没状態となる。

全体的に $1\rho gH$ （ H ：通過波検定時に構造物法線位置で得られる波高）程度の地点が多いが、既設構造物の前垂れ下端高D.L.+0.5mでは、渡版の最奥位置（圧力出力点19）で約 $6\rho gH$ と大きな値を生じる。前垂れなしのD.L.+4.0mは $7.3\rho gH$ を生じているので、既設の前垂れにも若干の揚圧力抑制効果がある。前垂れ下端を低くすると、圧力出力点1~13の揚圧力分布にさほど変化は見られないが、圧力出力点14~19の圧力分布の変化は顕著である。渡版位置にあたる圧力出力点19は前垂れ下端を深い位置にするほど揚圧力が低減しているが、下端高が-2.5mの時は圧力出力点18のように揚圧力が大きくなる場合もあり、一概に下端の深さと揚圧力の低減効果が比例関係あるとは言えない。

上述したように、圧力出力点19で揚圧力が最大となるため、図-4では圧力出力点19に着目し、前垂れ下端高の違いによる揚圧力の変化を比較する。上段図では横軸にD.L.基準の前垂れ下端高をとっている。一方、下段図では潮位面から前垂れ下端までの距離 L （前垂れが水没していれば正の値）を用い、これを H で除することで無次元化している。これにより一般的な特性把握が可能となる。下段図より、 L/H が1.9から2.7では揚圧力の低減が大きい、2.7以上での揚圧力の低減効果は小さい。すなわち、前垂れ下端を低くすることにより栈橋に作用する揚圧力を小さくすることができるが、波高の2.7倍よりも前垂れを深くする必要はない。ここで、前垂れの下端高が十分に深い場合

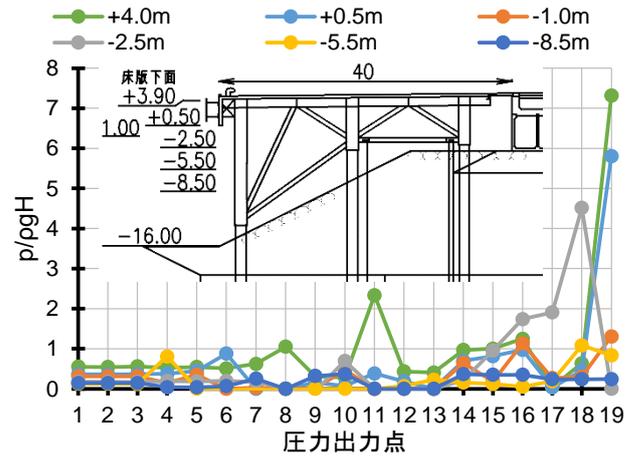


図-3 前垂れ下端高が揚圧力分布に及ぼす影響

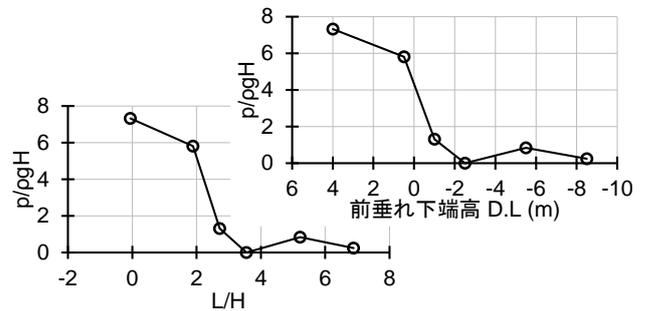


図-4 前垂れ下端高による渡版基部の揚圧力の変化

（D.L.-8.5m, $L/H=6.9$ ）でもある程度の揚圧力が生じる。高波時は海底から海面までの水粒子運動が発生しているため、前垂れ下端が深い場合も前垂れの内側に波動現象が生じることで、床版に波が作用することが理由である。また、図の横軸がD.L.-2.5m, $L/H=3.6$ において揚圧力が0となっている。これは、本報告で実施した計算においてたまたま波面が渡版にあたる回数が少なかったことにより生じた結果であり、この下端高において揚圧力を0にできるというわけではない。

4. おわりに

本報告では、栈橋の揚圧力低減策として前垂れの下端高を下げるのが有効であることが定性的に示された。今後の課題として、水が空気を巻き込んで床版にぶつかるような場合の再現性ほか水理模型実験により精度検証を行うことが望ましい。

参考文献

- 1) 日本港湾協会(2018)：港湾の施設の技術上の基準・同解説，p.236.
- 2) 財団法人沿岸開発技術研究センター(2001)：数値波動水路（CADMAS-SURF）の研究・開発，沿岸開発技術ライブラリーNo.12，457p.