

栈橋に作用する揚圧力に対する数値波動水路の適用性に関する検討

パシフィックコンサルタンツ株式会社	正会員	○大久保陽介
パシフィックコンサルタンツ株式会社		鈴木 信夫
パシフィックコンサルタンツ株式会社		山口 達治
国土交通省関東地方整備局東京空港整備事務所		吉見 昌宏
国土交通省関東地方整備局横浜港湾空港技術調査事務所		遠藤 敏雄
国土交通省関東地方整備局横浜港湾空港技術調査事務所		五月女 誠

1. はじめに

栈橋に作用する揚圧力は、設計において、伊藤・竹田ら(1967)の提案式 ($p_k = 4\rho gH$) が用いられることが多い。この提案式は、波高により揚圧力が算定されるものであり、栈橋の幅と波長の関係が考慮されていない。実現現象としては、栈橋海側付近の波面が衝突している箇所に大きな揚圧力が発生し、陸側は揚圧力が小さくなる傾向にある。このため、波長に対して幅の長い栈橋の場合、提案式の揚圧力を栈橋全域に作用させると、実際に作用する揚圧力よりも大きな揚圧力を算定することとなる。このような条件下において、適切な揚圧力を算定するためには数値解析が有用な手段となり得ると考えられる。

そこで、本検討では、栈橋に作用する揚圧力を算定するための数値解析の適用性検討を目的として、波長に対して幅の長い栈橋を対象とし、断面2次元数値波動水路 CADMAS-SURF/2D を用いて、栈橋に作用する揚圧力を算定し、実験結果との比較により、解析モデルの適用性について検証を行う。

2. 検討条件

本検討では図-1 に示す揚圧力実験が行われたモデル栈橋を対象とした。栈橋の延長は約 100m、地盤高は±0.0m、潮位は+3.0m～+4.0m であり、波長 ($L \approx 50\text{m}$) の2倍程度の長さを有した栈橋である。

解析条件は表-1 に示すとおりである。解析では栈橋沖側 200m 地点から造波ソースにより波を入射させるものとし、実験に合わせて不規則波条件で解析を実施した。揚圧力の計測位置は実験と同様とし、図-1 に示す 10 地点とした。解析結果から得られる揚圧力に関して、有川・山野(2009)によると、CADMAS-SURF では液相のみ取り扱う解析モデルであるため、空気を取り込まれるような場所に対して計算を行うと、数値的なノイズが発生し、波圧を精度良く計算できないという問題が指摘されている。このため、本検討では、解析で生じる圧力ノイズ除去のため、有川ら(2001)による圧力計算について繰り返し計算を行うサブグループ (2 回) を用いて解析を行った。さらに、サブグループで除去しきれなかった圧力ノイズに対して、ローパスフィルターをかけるものとした。検討ケースは、栈橋の床版高を+6.5m、桁下高を+3.8m とし、

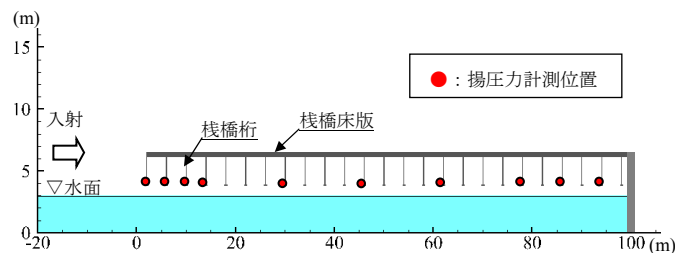


図-1 解析モデル図

表-1 解析条件

項目		設定値
時間制御	時間ステップ Δt (s)	AUTO (1.0 ⁻⁶ ～0.01 s)
	計算時間(s)	770
計算格子	Δx (m)	0.2,0.4,1.0
	Δz (m)	0.1,0.2
モデル等	造波モデル	造波ソース
	開境界	造波側放射境界
	減衰領域	造波側に設定
入射条件	造波モデル	造波ソース
	有義波高(m)	1.1
	有義波周期(s)	7.7
	地盤高(m)	±0.0m
	潮位(m)	+3,+3.5,+4
数値解法	VP-DONOR	0.2
	サブグループ	2 回
境界条件	流速・圧力	SLIP
	VOF	FREE

キーワード 栈橋, 揚圧力, 数値解析, 数値波動水路

連絡先 〒101-8462 パシフィックコンサルタンツ株式会社 港湾部 Tel 03-6777-1591

潮位を+3m, +3.5m, +4.0m と変えた 3 ケースを対象とした。

3. 検討結果および考察

図-3 に潮位+3.5m のケースに対して、各地点で計測した最大揚圧力について、実験結果と解析結果の比較を示す。また、伊藤・竹田らの提案式により算定した揚圧力も合わせて示す。同図より、解析結果の揚圧力は実験と同様、栈橋前面から 10m 付近において最大値を示しており、最大揚圧力の発生位置や分布形状については、実験と良く整合している。しかし、最大揚圧力の値は実験結果と比較して小さい値となっている。

また、提案式と比較すると、栈橋前面付近においては、解析結果及び実験結果とも最大揚圧力は算定式よりも大きな値を示している。一方、栈橋前面から 20m 以降については算定式の方が大きな揚圧力となっている。これは、栈橋前面から 20m 程度の範囲で、栈橋桁下に波が作用し砕波するため、20m 程度以降では大きな揚圧力が発生しなかったものと推察される。よって、波長と比較して幅が長い栈橋の場合は、算定式との乖離が大きいと考えられる。

図-4 及び図-5 にそれぞれ潮位+4.0m, +3.0m の場合の解析結果と実験結果の比較を示す。両結果とも、潮位+3.5m の場合と同様、解析結果から得られる最大揚圧力は実験結果よりも過小評価傾向となっているものの、最大揚圧力の分布形状については実験との整合性が認められる。

図-6 に各ケースの最大揚圧力について、実験と解析の比較を示す。同図より、解析で得られる最大揚圧力は実験の 0.5～0.7 倍程度となっていることがわかる。この要因として、実験では空気圧縮による揚圧力が含まれた値であるが、本解析モデルでは液相のみ取り扱うため、その空気圧縮が表現できていないことが挙げられる。この問題に対しては、有川・山野ら(2009)が提案しているように、気液 2 層モデルによる解析を行う必要があると考えられる。また、実験結果及び解析結果とも潮位+3.5m の場合の揚圧力が最大となっていることから、揚圧力に関しては桁下から水面までのクリアランスが関係していることが示唆された。

4. おわりに

本検討では、栈橋に作用する揚圧力に対する数値波動水路 CADMAS-SURF/2D の適用性について検討を行った。その結果、今回対象とした栈橋では、解析において、実験で得られた最大揚圧力の発生位置や平面分布形状を概ね再現できる結果が得られた。一方、解析結果の揚圧力値は実験結果の 0.5～0.7 倍程度であり、この要因として、空気圧縮による影響等が考えられる。

参考文献： [1] 栈橋に作用する波の揚圧力(1967)：港湾技術研究所報告 Vol.6, No.4, pp.37-68. [2] 有川太郎, 磯部雅彦, 高橋重雄 (2001): VOF 法を用いた衝撃砕波圧の計算と適用性, 海岸工学論文集, 第 48 巻, pp.831-835. [3] 有川太郎, 山野貴司(2009): スパイクノイズ処理を有する数値波動水槽による衝撃砕波圧の計算, 港湾技研資料 No.1175.

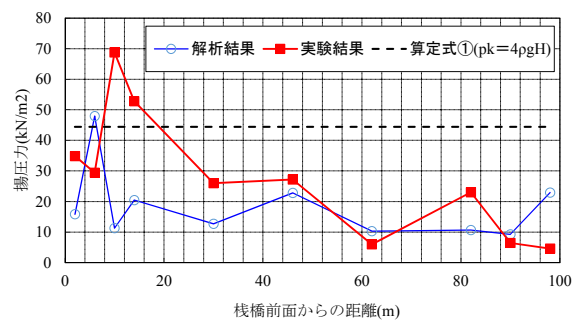


図-3 揚圧力算定結果 (潮位+3.5m)

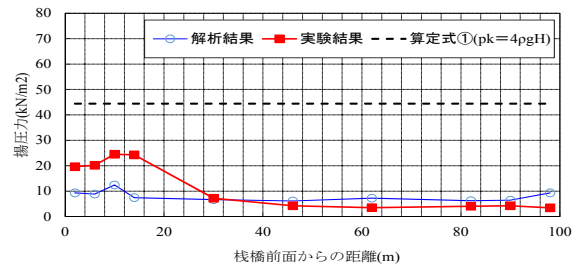


図-4 揚圧力算定結果 (潮位+4.0m)

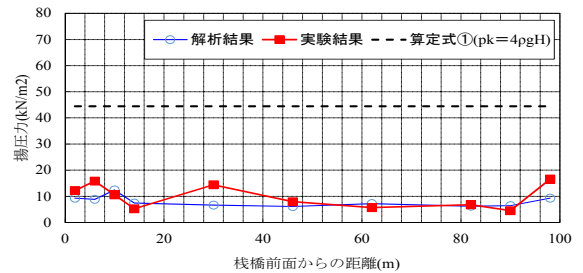


図-5 揚圧力算定結果 (潮位+3.0m)

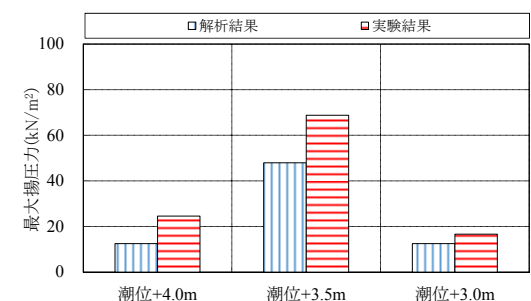


図-6 最大揚圧力の比較結果