

橋桁に作用する津波波力評価手法

(株)IHI 正会員 ○山内邦博
九州工業大学 正会員 幸左賢二

1. 緒言

東日本大震災では多くの橋梁構造物が津波による被害を受けた。特に上部構造の被害は甚大であったが、現行の設計基準では橋桁に津波が作用する事態が想定されていないことが一因であり、津波荷重の指針作りが喫緊の課題となっている。津波のような周期(波長)が大きな現象を再現して荷重を評価するためには、長周期の造波実験を実施する必要があるが、既往の実施例は少ない¹⁾。

著者らは、周期の長い津波の現象を再現する手法として、曳航装置を用いた水槽実験手法を提案し、橋桁に作用する揚力が下向きであることや、対策構造により抗力を低減可能であることを示した²⁾が、その妥当性は十分に検証されていない。本研究では、ポンプ造波装置を用いた長周期津波の再現実験を実施し、既往実験の妥当性を確認した。

2. 水槽実験

2.1 曳航試験

既往実験²⁾と同じ 1/50 縮尺模型(総幅員 0.2m, 模型長 1.24m)及び曳航装置を用いて計測を行なった。ただし、既往実験では浮力の影響をキャンセルする目的で、模型を水中に沈めて桁内の空気を抜いた状態を初期値としたが、今回は浮力の影響を考慮するために、模型を水中に沈める前の状態を初期値とした。静水深は 100mm, 模型下端から床までの距離は 40mm とし、模型の端部には流れの 2 次元性を保つ目的で端板を設置した。

2.2 ポンプ造波試験

装置の概要を図-1 に示す。幅 2.5m, 全長 44m の長水路を、①貯水部(17m)、②計測部(21m)、③排水部(6m)に分割し、水中ポンプのモータ回転数を正弦波インバータで制御して貯水部の水を汲み上げ、整流区間を通じて計測部に供給した。造波周期は 150 秒(正弦波の 1/2 波長で、実橋に換算するとおよそ 18 分)程度である。計測部には傾斜部(1/10 × 6m 区間及び 1/100 × 8m 区間)及び平坦部(2.4m 区間)を有する仮床を設置し、模型設置位置の床面高さは 0.84m, 傾斜及び初期水深はゼロとした。水流は模型に作用した後に、模型背後で反射することなく排水され、図示しないサージタンクを介して貯水部に還流される。計測には曳航試験に用いたものと同じ縮尺模型を用い、模型下端から床までの距離は 40mm とし、模型の端部には端板を設置した。

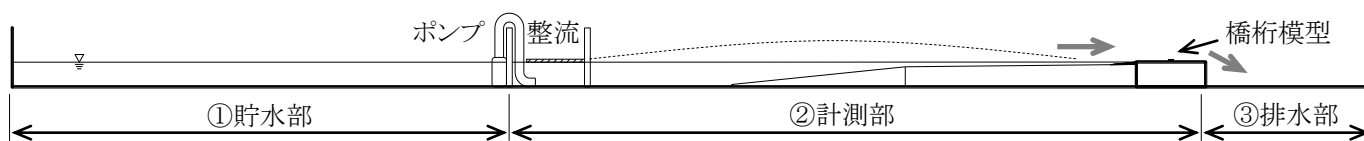


図-1 ポンプ造波装置

2.3 実験結果

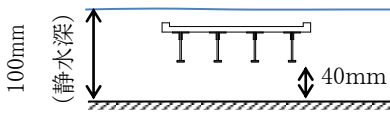
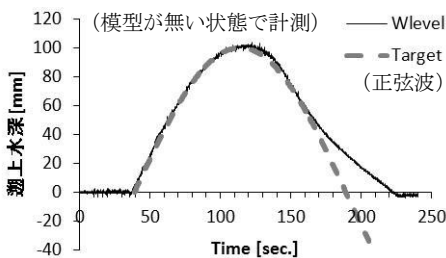
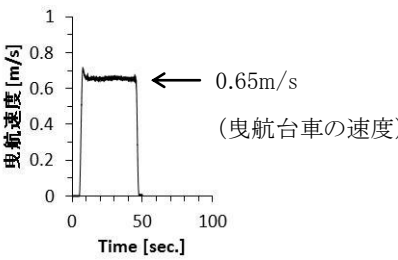
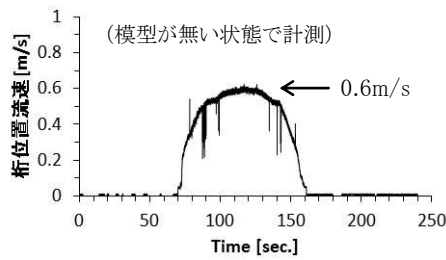
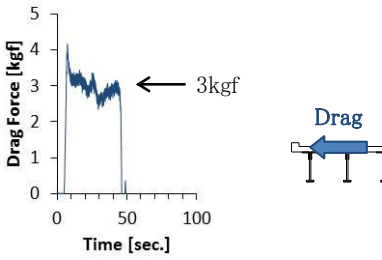
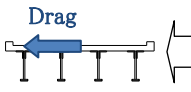
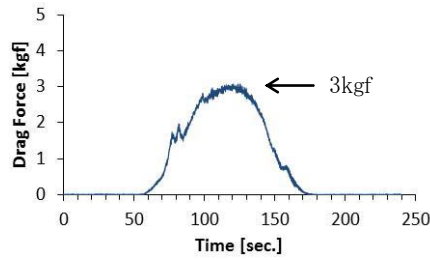
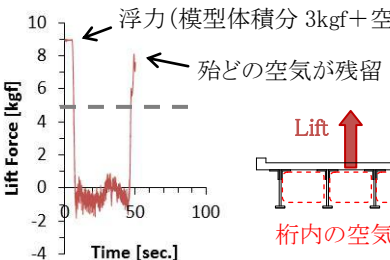
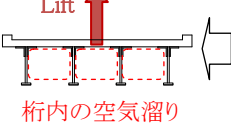
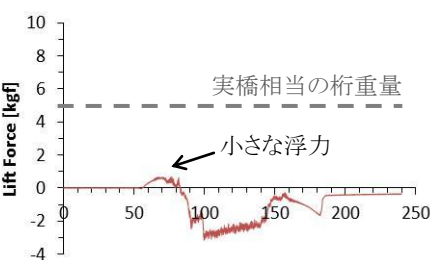
水深(静水深と遡上水深)及び流速(曳航速度と模型位置の流速)が同程度となる条件で曳航試験及びポンプ造波試験を実施し、両者を比較した結果を表-1 に示す。

ポンプ造波試験において、水平方向の荷重(抗力)は水深とともに増加し、最大水深付近で最大となり、曳航試験の定常値と同程度の値を示した。

水流が作用した初期には、浮力と思われる小さな鉛直上向きの荷重が作用した。結果は割愛するが、模型位置の流速が 0.9m/s の条件では、この上向き荷重は生じなかった。一方で、下向きの揚力は水深とともに増加し、曳航試験よりも大きな値を示した。鉛直方向の荷重は上向きの浮力と下向きの揚力との合算値で評価されるが、曳航試験の場合、模型を水中に沈めた時点で桁内に空気がほぼ全量残っており、模型には大きな浮力(模型体積分の 3kgf+桁内空気量分の

6kgf=9kgf)が作用している。試験完了後には1kgの浮力に相当する空気量が失われた程度で、桁内には大部分の空気が残留しており、桁内に溜まる空気量を過大に評価した結果、鉛直下向きの荷重が過小に評価されたものと考えられる。

表-1 水槽実験結果

	曳航試験	ポンプ造波試験
水深		
流速		
水平荷重 (抗力)	 	
鉛直荷重 (浮力+ 下向き 揚力)	 	

3. まとめ

- ・橋桁に作用する、周期の長い津波の水平方向の荷重(抗力)は、曳航試験で概ね評価することができる。
- ・流速が小さい場合には、津波が作用した初期に鉛直上向きの荷重(浮力)が作用する。
- ・津波の鉛直荷重を評価する際には、桁内に溜まる空気量(浮力)を正しく評価する必要がある。曳航試験では浮力を過大に評価し、鉛直下向きの荷重を過小評価してしまう可能性がある。

[参考文献]

- 1) 岩瀬, 朝倉ら: “ポンプ式津波造波装置の開発”, 土木学会年次学術講演会, vol.56, pp.564-565, 2001
- 2) 山内, 上島, 幸左: “橋桁に作用する津波波力評価及び波力低減手法に関する検討”, 土木学会年次学術講演会, vol.67, pp.949-950, 2012