

津波波力に関する基礎的検討—水路模型実験—

(株)高速道路総合技術研究所 正会員 ○林 秀和 正会員 青木 圭一
 三菱重工鉄構エンジニアリング(株) 正会員 横山 薫
 三菱重工業(株) 正会員 四條 利久磨
 東北大学 正会員 越村 俊一

1. はじめに

2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震に伴う津波により、多数の橋梁が流出した。今後、発生切迫性が高いとされる南海トラフ地震など巨大地震による津波に対して、高速道路の橋梁構造物の被害を適切に評価し、起こり得る被害を最小限に抑え、道路ネットワーク網を保持する必要がある。著者らは、標準的な高速道路の上部構造に作用する津波荷重を把握するため、水路模型実験を行い、汎用の流体解析コードとVOF法を用いた数値解析¹⁾による津波波力評価の適用性を検証した。

本稿では、水路模型実験で計測した津波波力の特性について報告する。

2. 実験概要

実験用水路は、図1に示す長さ20m、断面幅0.7m、断面高さ1.0mの可視化水路を使用した。実験模型は2車線のPC箱桁断面を対象とし、縮尺1/50の部分模型を用いた(表1、写真1)。発生波は波形状が変化しない孤立波とし、スライド式造波板により造波した。

本実験は、最大で津波高10m(実験値20cm)、流

表1 模型の断面諸元

	実橋	模型
幅員	11.64m	23.3cm
構造高	3.18m	6.4cm
重量	212kN/m	0.46N/cm



写真1 実験模型

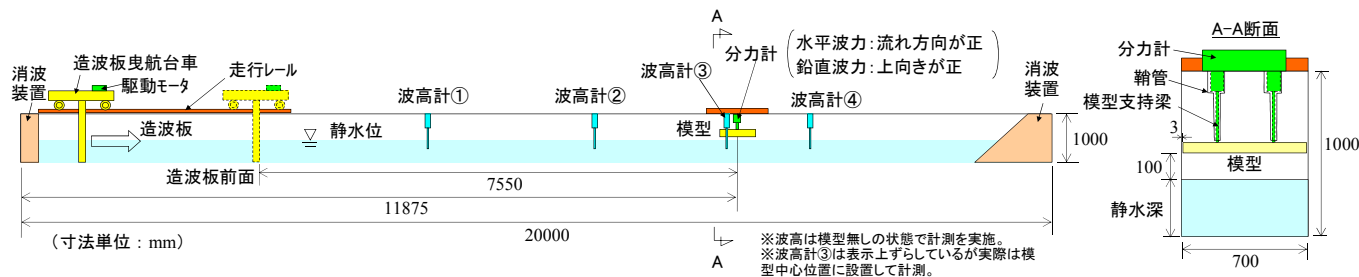


図1 水路実験設備の概要

速6.4m/s(実験値0.91m/s)の津波が橋桁に作用する状況を模擬しており、ここではその実験結果の一例として、最も大きい波力が作用した津波高20cmのケースについて示す。なお、本実験の概要は表2のとおりである。

表2 水路模型実験の概要

実験パラメータ	流速
実験条件	津波高: 20cm(桁全体を超越) 流速: 0.91m/s, 0.83m/s, 0.80m/s
計測項目	水平波力, 鉛直波力
波力の計測	・模型上部に取付けた分力計で計測 ・各ケース3回計測 ・サンプリング周波数: 1000Hz ・模型位置: 静水面から10cm
流速の計測	・PIV※を使用 ・計測位置 流れ方向: 模型位置 高さ方向: 静水面から10cm(模型下端)
相似則	フルード数

※Particle Image Velocimetry: 粒子画像化速度計測法

3. 実験結果

3.1 津波波力の作用状況

流速0.91m/sにおける津波波力の時刻歴を図2に、代表的な断面周りの流況を写真2に示す。なお、力の向きは、水平波力は流れの方向を正、鉛直波力は上向きを正とした。また、グラフの横軸は、造波板の稼

キーワード 津波, 橋梁, 水路模型実験, 津波波力, 津波高, 流速

連絡先 〒194-8508 東京都町田市忠生1-4-1 (株)高速道路総合技術研究所 TEL 042-791-1621

働開始を0秒と定義した時刻である。

水平波力と鉛直波力はピークが2回発生しており、いずれもほぼ同時刻である。最初のピークは、水平波力については、波が前流側高欄およびウェブに衝突し、前流側高欄上端より斜め上方に打ち上げられたことにより発生したものと考えられる（写真2(b)）。鉛直波力については、下フランジ下面および前流側床版張出し下面に波が浸入したことが要因として挙げられる。

また、2番目のピークについては、水平波力は、前流側高欄上端で打ち上げられた越波水塊が後流側高欄に落下することにより発生したと推察される（写真2(d)）。鉛直波力も、この水塊の落下や下フランジ前流側下面および後流側床版張出し下面の剥離による負圧が影響し、下向きに力が作用したものと考えられる。

写真2(c)に示す状態は、前流側高欄およびウェブに作用する波の体積が写真2(b)よりも少なく、水平波力が減少したと考えられる。鉛直波力は、前流側床版張出し下面に波が作用し上向きの力が発生している



(a) 5.8s (衝突前)

(b) 5.9s (第1ピーク)



(c) 6.0s

(d) 6.15s (第2ピーク)

写真2 断面周りの流況（流速 0.91m/s）

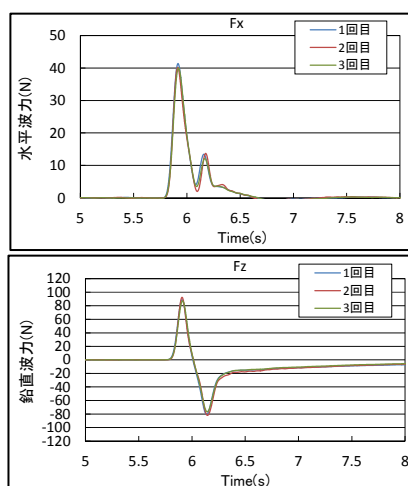


図2 津波波力の時刻歴
（流速 0.91m/s）

ものの、前述の剥離に伴う負圧による下向きの力によりキャンセルされたものと推測される。

3.2 津波波力の特性

本実験で得られた津波波力の特性を把握するため、流速の変化が津波波力に及ぼす影響を表3および図3に整理した。流速の変化は0.80~0.91m/s間の3種である。

最大水平波力は、流速の増加とともに増加する傾向となった。一方、最大鉛直波力は、上向きが流速によらずほぼ一定であったのに対して、下向きの絶対値は流速の増加にしたがい減少した。これは流速の違いにより、波の衝突時に打ち上げられる越波水塊の流れや体積が影響しているものと推察される。

また、上向きの最大鉛直波力については、最大水平波力に対して2~3倍程度であった。

表3 最大波力（津波高=20cm）

流速 (m/s)	0.80	0.83	0.91
水平波力 (N)	32.3	33.8	40.5
鉛直波力 (N)	上向き	91.1	89.6
	下向き	-142.1	-129.7

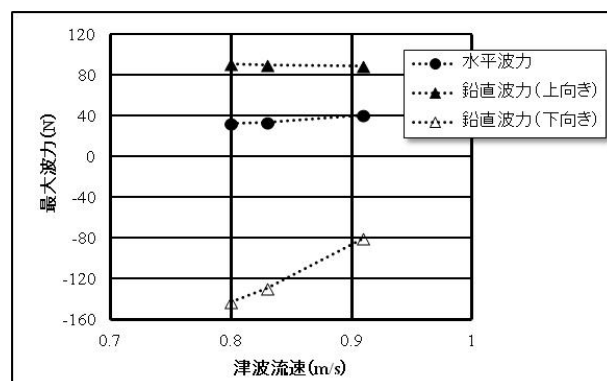


図3 最大波力（津波高 20cm）

4. おわりに

本実験により、2車線の標準的な箱桁断面に作用する津波波力の挙動や、流速の変化に伴う津波波力の特性を確認することができた。

今後は、異なる桁断面形状や作用波の場合についても、検討を進めていく予定である。

参考文献

- 1) 四條ら：津波波力に関する基礎的検討—数値解析—，土木学会第68回年次学術講演会，2013.9（掲載予定）
- 2) 幸左ら：津波による道路構造物の被害予測とその軽減策に関する研究，新道路技術会議，2010.6