

橋桁に作用する水平・鉛直津波波力の再現計算

防衛大学校 学生会員 ○松本 隆宏
 防衛大学校 正会員 藤間 功司
 防衛大学校 正会員 嶋原 良典

1. 背景と目的

2011年3月11日に発生した三陸沖を震源とするマグニチュード9.0の東北地方太平洋沖地震に伴う津波により、道路・橋梁・鉄道をはじめとする社会インフラに大きな被害が出た。橋梁に着目すると、橋梁の上部構造である橋桁の損傷・流出といった被害が確認されている¹⁾が、津波の波力が橋桁にどのような影響を与えるかについて不明解な部分が多い。そこで本研究では、水理実験で擬似的に発生させた津波が橋桁に作用する波力を数値波動水路(CADMAS-SURF)で再現し、その妥当性を検討する。

2. 実験の概要及び方法

(1) 実験装置の概要

使用した実験装置を図-1に示す。全長17m、幅0.4m、高さ0.3mの矩形断面水路である。貯水部と一様水深部の水位差を変化させ、ゲート急開流れを発生させることで津波を再現できる。橋桁模型は1種類とし、橋桁の中心部が $X=1.51\text{m}$ の位置にくるように設置した。橋桁に作用する波力の測定には3分力計を用いた。また、 $X=0\text{m}$ 、 1.4m の位置で水位を、 $X=1.4\text{m}$ の位置で流速を測定した。水位には容量式波高計、流速にはプロペラ式流速計を用いた。また、測定時間間隔は 0.005s と設定した。

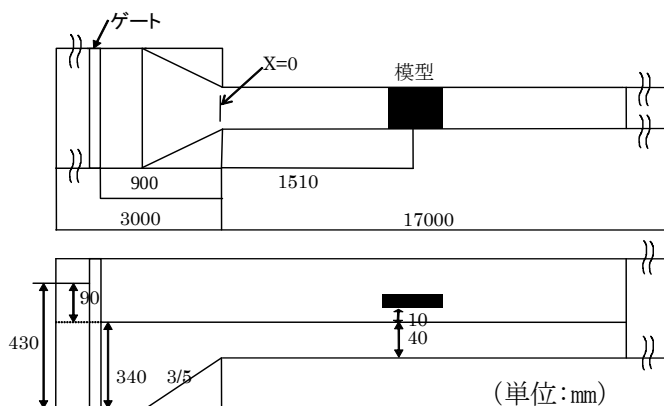


図-1 実験装置の概要

(2) 実験条件

貯水部の水深を430mm、ゲート手前の水深を340mm、橋桁部での水深を40mmとし、水路底面からの桁下高50mmとした。静水深からの水位を H_0 、流速は U_0 とする。なお、3回ずつ測定し再現性を確認した。

(3) 計算方法

本研究ではVOF法及びSMAC法を用いた数値波動水路プログラムであるCADMAS-SURFを用いて、水理実験で使用した装置及び津波を再現し、水位、流速、橋桁に作用する鉛直波力及び水平波力を計算した。津波は、水理実験で測定した $X=0\text{m}$ における水位を入力した。鉛直方向の格子間隔による計算精度の差を確かめるため、計算した鉛直波力及び水平波力を水理実験で測定した値と比較することで再現性を確認した。格子間隔は Δz のみを変更し、 $\Delta z=2\text{mm}$ 、 10mm の2ケースを比較した。ただし、Case1を $\Delta z=2\text{mm}$ 、Case2を $\Delta z=10\text{mm}$ とする。

3. 結果と考察

図-2に水位を、図-3に流速を、図-4に水平波力を、図-5に鉛直波力を示した。図-2の縦軸は静水深を基準とした水位であり、上方を鉛直方向の正、図-1の右方を水平方向の正とする。ただし、 $t=1\text{s}$ でゲートを解放している。

(1) 水位と流速

図-2の3.1秒付近を見ると、計算値と実験値の水位の上昇始点に差が見られ、計算では $X=1.4\text{m}$ の地点に波が到達する時刻が実際より0.1秒ほど差があるものの、水位の再現性は概ね良好である。流速に関しては、実験値と計算値の間に大きな差は見られなかった。なお、格子間隔の違いは値に大きな影響を与えなかった。

(2) 水平波力

図-4より、Case1は圧力計算によるスパイクノイ

キーワード CADMAS-SURF, 津波, 橋梁, 波力

連絡先 〒239-8686 横須賀市走水1-10-20 防衛大学校建設環境工学科 TEL. 046-841-3810 E-mail: shigi@nda.ac.jp

ズが発生するものの、全体的に再現性は良好である。一方、Case2 は、最大値の半分程度であり、特に、3.5 秒以降は、桁背面からの圧力が大きくなるため負の値が生じており、実験値と大きく差が生じた。

(3) 鉛直波力

鉛直波力については Case1, Case2 いずれの場合も再現精度が低かった。図-5 の 3.0 秒付近を見ると、負の値から始まっている実験値とは違い、全ケースの計算値が正の値から始まっている。図-6 は、Case1 での津波が橋桁に衝突した瞬間の様子を示しており、津波が橋桁の下方から当たっているため、上向きの力が作用したものと考えられる。

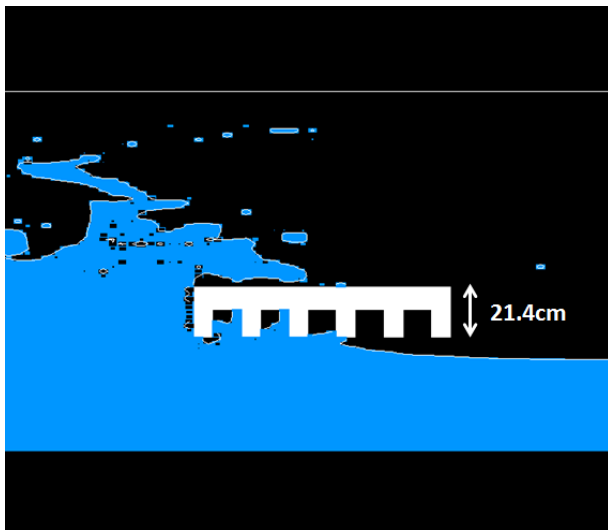


図-6 桁に衝突する瞬間の津波の様子
(Case1, $t=3.2s$)

4. 結論

数値計算による津波波力の再現性を確認するために、 Δz の格子間隔を変化させ、その結果の違いを比較した。鉛直波力の再現性はどちらも低かったが、水平波力の再現性は格子間隔を小さく設定した Case1 が概ね良かった。今後の課題として、鉛直波力の再現性を高めるために、水平方向の格子間隔の感度分析、および津波の高さや静水深をパラメータとして検討する必要がある。

参考文献

- 1) 国土技術政策総合研究所ほか，東北地方太平洋沖地震による橋梁の被災調査概要報告，pp. 36，(2011)

- 2) 磯部雅彦ら：数値波動水路の研究・開発，沿岸開発技術研究センター，pp. 457，(2001)

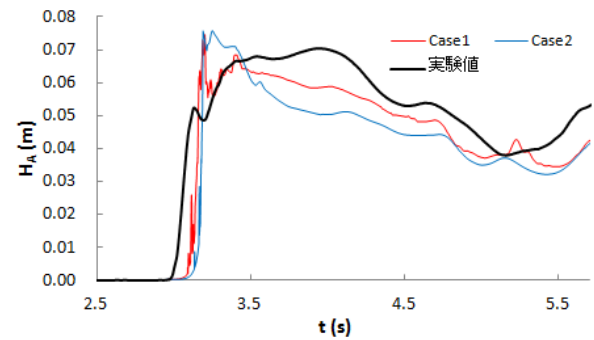


図-2 $X=1.4m$ における水位 H_A

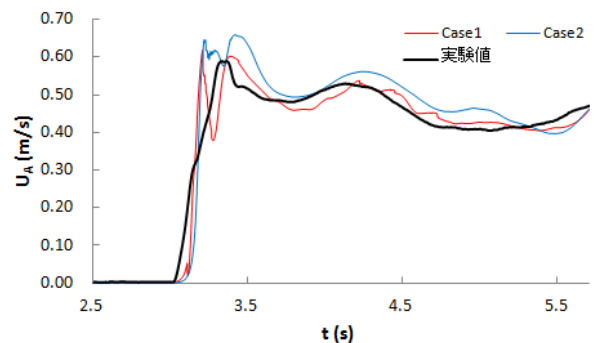


図-3 $X=1.4m$ における流速 U_A

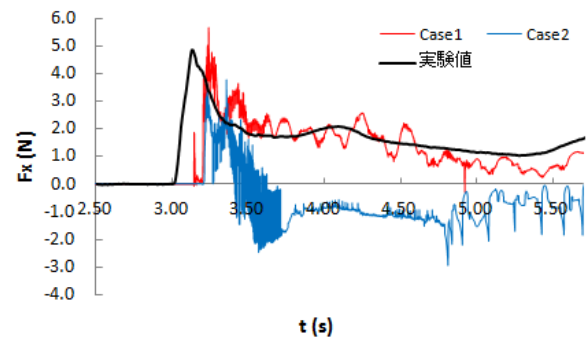


図-4 橋桁に作用する水平波力 F_x

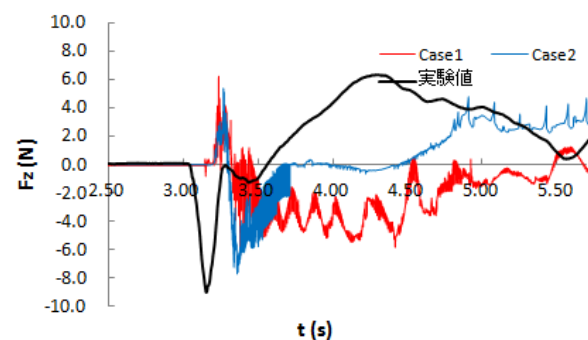


図-5 橋桁に作用する鉛直波力 F_z