

京都大学工学部 学生会員 ○直田 梓  
 京都大学防災研究所 正会員 米山 望  
 京都大学防災研究所 正会員 戸田 圭一

1. はじめに

2011年3月11日に発生した東日本大震災では、河川を遡上した津波により橋桁が流出するという被害が多数発生した。このような津波災害時に橋梁の機能を保持するために、作用する津波波力の評価、またその外力によって発生する橋梁被害を予測することは重要である。これまでにVOF法を用いた三次元数値解析手法によって津波遡上現象や構造物に作用する流体力の再現が行われており<sup>[1]</sup>、橋桁のように静水面の上部に構造物がある場合の作用波力の評価にもこの解析手法が適用できると期待される。そこで本研究では、橋桁が固定された条件で行われている既往の水理模型実験の再現計算を行い、解析の再現精度を検証した。

2. 解析手法の概要

VOF法を用いた三次元数値解析手法の基礎方程式は連続式と運動方程式であり、次式に従って流体を移動させる。

$$\frac{\partial(FFa)}{\partial t} + u_i \frac{\partial(FFa)}{\partial x_i} = 0$$

ここで、 $u_i$ は流速の各方向成分、 $F$ は計算セルの流体充填率、 $Fa$ は計算セルの空隙率である。

3. 橋桁に作用する波圧・波力の計算

(1) 長方形断面の橋桁模型

荒木ら<sup>[2]</sup>は橋桁模型として長方形断面の水平板を用いた水理模型実験を行っている。実験装置の概要を図1に示す。水路端の造波機で孤立波状の波を発生させ、橋桁模型に取り付けた波圧計(図2)で作用する波圧を測定した。また、橋桁模型から7.9mと0.1m沖側の地点において容量式波高計により初期水位からの水位変動を測定した。本研究では波高計2で測定された最大水位上昇量8.9cm、桁下高5cmのケースについて再現計算を行った。図3に解析領域の概要を示す。解析領域は波高計1より岸側とし、沖側境界に波高計1の測定値を用いて水位を設定した。

橋桁模型に作用する波圧の解析結果と実験結果との比較を図4と図5に示す。橋桁下面に作用する波圧の時間変化を精度良く再現できていることが分かる。一方、橋桁上面に作用する波圧は実験値の半分程度の値となった。これは津波衝突後の越流が小さく評価されたためと考えられるが、時間変化の傾向はおおむね一致していると言える。

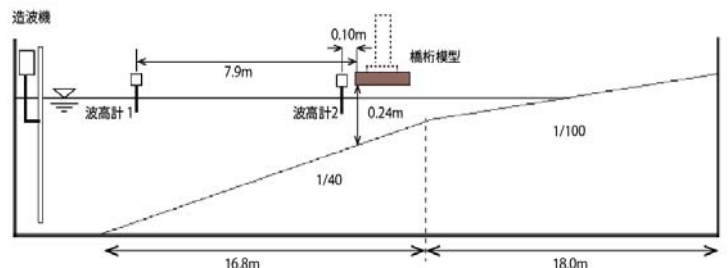


図1 実験装置の概要(長方形断面)

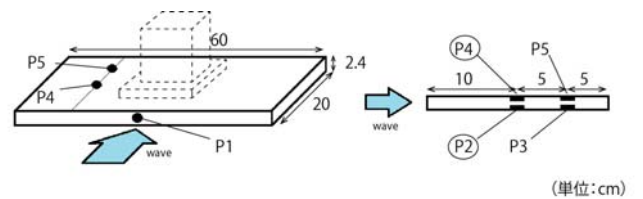


図2 橋桁模型と波圧測定点

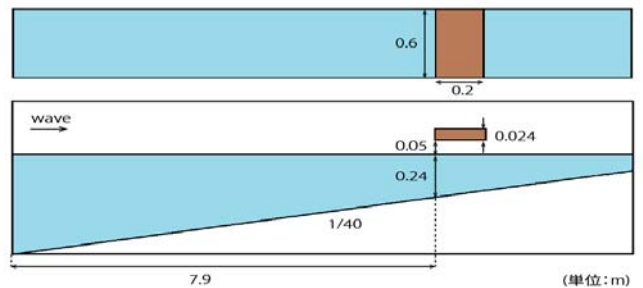


図3 解析領域の概要(長方形断面)

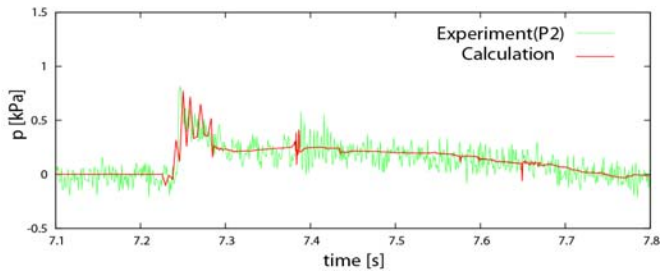


図4 橋桁下面に作用する波圧の比較(長方形断面)

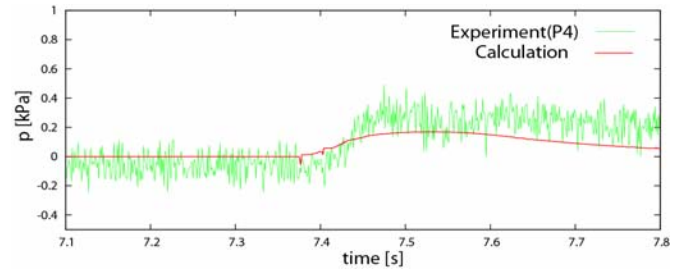


図5 橋桁上面に作用する波圧の比較(長方形断面)

## (2) 溝形断面の橋桁模型

片岡ら<sup>[3]</sup>は溝形断面の橋桁模型を用いて水理模型実験を行っている。実験装置の概要を図6に示す。造波機によって孤立波を発生させ、橋桁模型に作用する水平および鉛直波力を分力計により測定した。波高計で測定された最大水位上昇量71cm、桁下高17.5cmのケースについて再現計算を行った。

図7に解析領域の概要を示す。沖側境界に水位変動を入力し、橋桁模型は薄い鋼製であるため解析では厚さを無視した。図8と図9に水平および鉛直波力の解析結果と実験結果の比較を示す。図8より橋桁の沖側の面および岸側の面に津波が衝突した時刻に大きな水平波力が作用する傾向を良く再現できていることが分かる。図9より鉛直波力の時間変化の傾向をおおむね再現できていると言える。

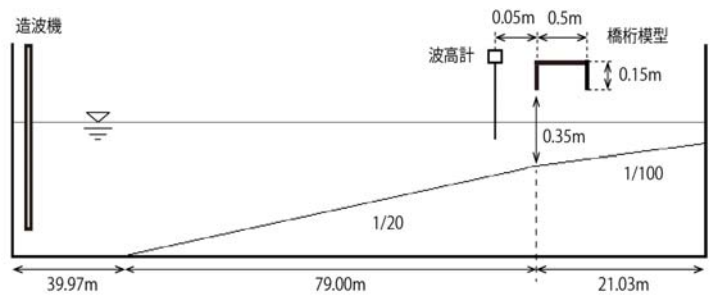


図6 実験装置の概要(溝形断面)

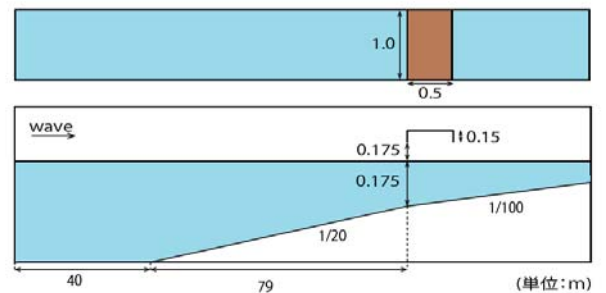


図7 解析領域の概要(溝形断面)

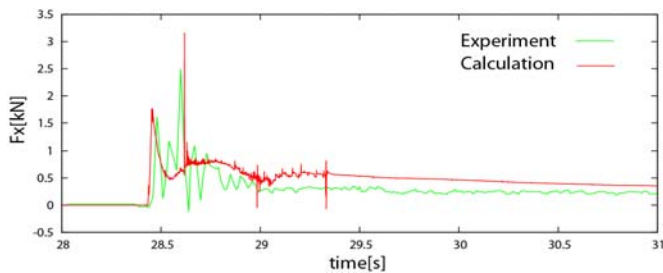


図8 水平波力の比較(溝形断面)

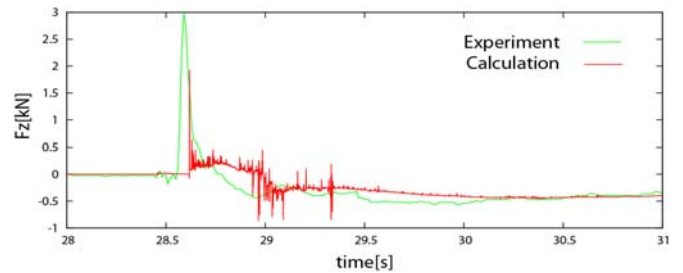


図9 鉛直波力の比較(溝形断面)

## 4. おわりに

本研究で用いた解析手法によって異なる断面形状の橋桁模型に関して、津波により作用する波圧および波力をおおむね再現できるという結果が得られた。今回実験値との差異が大きかった点に関しては今後詳細な分析を行い、橋桁の移動・流出といった被災メカニズムに関する解析も行っていく予定である。

## 参考文献

- [1] 米山 望・松山昌史・田中寛好：1993年北海道南西沖地震津波における局所遡上の数値解析，土木学会論文誌 No.705/II-59, pp.139-150, 2002. [2] 荒木進歩・坂下友里・出口一郎：橋桁に作用する水平および鉛直方向津波波力の特性，海岸工学論文誌，第57巻，pp.796-800, 2010. [3] 片岡正次郎・日下部毅明・長屋和宏：津波衝突時に作用する波力，第12回日本地震工学シンポジウム論文誌，pp.154-157, 2006.