

第Ⅱ部門

二相流解析による T 桁橋に作用する津波流体力に関する研究

大阪大学	大学院工学研究科	学生会員	○小林	祐基
大阪大学	大学院工学研究科	学生会員	鈴木	康介
大阪大学	大学院工学研究科	正会員	荒木	進歩
大阪大学	大学院工学研究科	フェロー	青木	伸一

1. 研究の背景と目的

日本は地震多発国であり近年では2011年に東日本大震災が起こった。この地震による津波で多数の構造物の流出も発生しており、橋梁においては1793橋中252橋に被害が生じた¹⁾。今後予想される地震として南海トラフ地震があり、橋梁が流出すると、避難・救命救助などの緊急活動や救援物資の輸送に影響し、復旧活動が遅れてしまう。そのため、津波による橋梁の影響を適切に評価することが急務である²⁾。そこで本研究では、多くの橋梁で用いられている T 桁橋について解析により上揚力による鉛直波力の算定式を提案することを最終的な目標とする。そこでまずは昨年度まで行っていたダムブレイク型造波装置を備えた2次元水槽にて初期水深と水位差を変え、橋桁模型に作用する津波力・水位上昇量・流速を計測した実験により得られた結果が解析により再現できるのかについて研究を進める。また今回、対象とする橋桁は桁下に空気塊が存在する T 桁橋であるので二相流解析が可能な OpenFOAM を用いる。

2. 水理実験と解析の概要

2. 1 実験概要

昨年度までは大阪大学屋外2次元水槽にて模型実験を行った。図-1の水槽はダムブレイク型造波装置を備えた造波水路であり、長さ44m、幅0.7m、高さ1.18mである。海底勾配を1/40、河床勾配を1/100とし、ゲートと海底部の間を1.8mあけ、海底部を15.0m、河床部を19.3mとした。ゲートは貯水タンク部分の長さが7.9mとなる位置に設置した。波高計は貯水タンク内のゲートから2mの位置にH1、橋桁模型から沖側2m、0.2mの位置にH2、H3、岸側0.2mの位置にH4をそれぞれ設置した。また橋桁の位置は水路床から11.2cmで固定し、初期水深と水位差を変えて実験した。橋桁模型はアクリルを用い、寸法を図

-2に示す。

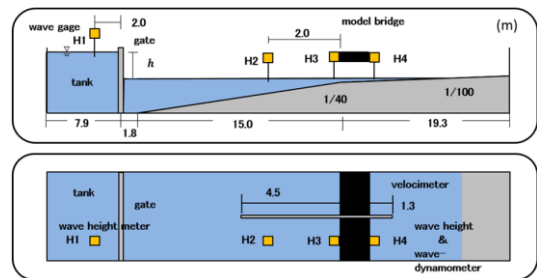


図-1 実験概略図 (m)

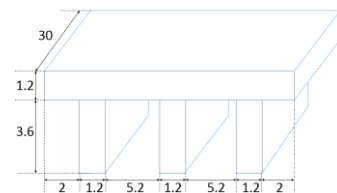


図-2 橋桁模型の寸法 (cm)

2. 2 解析概要

解析は2次元解析と3次元解析を行った。図-3に2次元解析で用いた橋桁模型の寸法を、図-4に3次元解析で用いた橋桁模型の寸法を示す。2次元解析に関しては水槽と橋桁の奥行きを1.0cmにし、メッシュ間隔も1.0cmに設定することで簡易的な2次元にした。3次元解析に関しては実際の橋桁模型の奥行きは30cmだが、計算時間を減らすために水槽の奥行きを25cm、橋桁の奥行きを15cmに設定した。

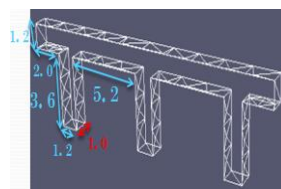


図-3 2次元解析 (cm)

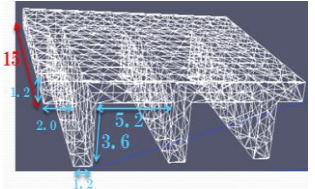


図-4 3次元解析 (cm)

3. 実験結果

3. 1 水位上昇量と流速 (模型なし)

水路床の勾配が1/40から1/100に変わった箇所の初期水深を $h_0=7.6\text{cm}$ とし、水位差 $h=13.3\text{cm}$ にして橋桁模型を置かない状態において図-5は水位上昇量

を、図-6 は流速の時系列を示している。またどちらも左側が実験結果、右側が解析結果で、解析は 2 次元解析を行っている。図-5 から水位上昇量に関しては全体的に過小評価していた。また実験結果では遅れて水位上昇量が最大になるのに対して解析結果では遅れて水位上昇量が最大になるが、一つ目の山の値とあまり違いが現れず再現性は低かった。図-6 から流速に関しても全体的に過小評価していたが、一つ目の山の値に関しては実験結果が 60cm/s に対して解析結果が 78cm/s と過大評価する結果となった。

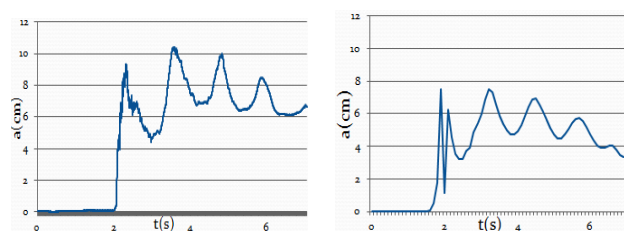


図-5 水位上昇量

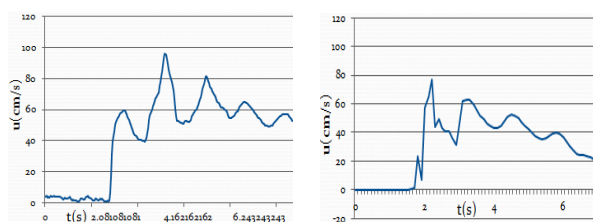


図-6 流速

3. 2 水位上昇量と波力（模型あり）

初期水深 $h_0=8.8\text{cm}$ 、水位差 $h=20\text{cm}$ にして橋桁模型を置いた状態において図-7 は水平波力、図-8 は鉛直波力、図-9 は水位上昇量を示している。これら全てにおいて左側が実験結果、右側が解析結果を示している。また F_x が水平波力、 F_z が鉛直波力であり、岸向き、上向きを正に取り、解析結果においては青色が 2 次元解析、赤色が 3 次元解析を示している。波力に関して図-7、図-8 から実験結果では水平波力の最大値は約 28N、鉛直波力の最大値は約 80N であるのに対して、解析結果での水平波力の最大値は 2 次元解析で約 170N、3 次元解析で約 140N、鉛直波力の最大値は 2 次元解析で約 180N、3 次元解析で約 250N とどちらも非常に大きな値となり再現性が低かった。水位上昇量に関して図-9 から 2 次元解析では一つ目の山の値が約 11cm で実験結果に近く、遅れて水位上昇量が最大になるという波形も再現できていたが、最大値が過小評価していた。3 次元解析

では初期値が少し過大評価していたが 2 次元解析に比べて最大値が大きくなり、全体的にも値が大きくなり再現性が向上した。

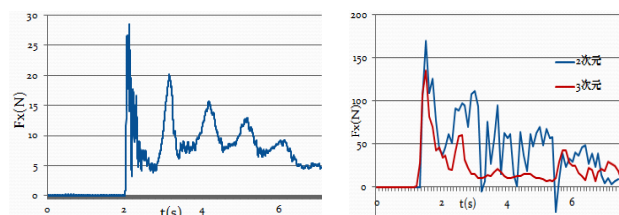


図-7 水平波力

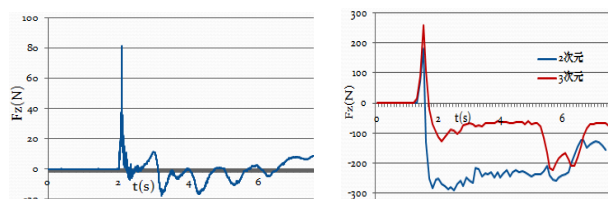


図-8 鉛直波力

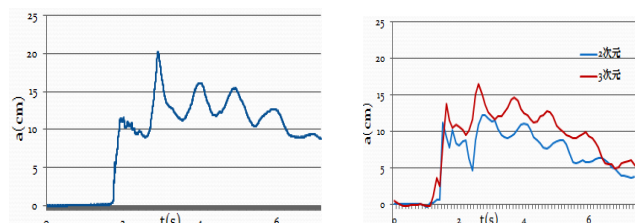


図-9 水位上昇量

4. 結論

津波により橋桁に作用する鉛直波力の算定式を提案するため、まず昨年度の実験結果をどの程度再現できるのかを検証した。水位上昇量に関してはある程度の再現性が確認できた。流速に関しては全体的な値はそれ程違っていないが、一つ目と二つ目の山の値に関しては再現性が低かった。波力に関しては全体的に過大評価となったため各種設定の見直しが必要である

参考文献

- 1) 土木学会 コンクリートライブラリ 140 : 「津波による橋梁構造物に及ぼす波力の評価に関する調査研究委員会報告書」
- 2) 中央防災会議「東南海、南海地震等に関する専門調査会」(第26回)

中部圏・近畿圏の内陸地震の震度分布等について