

京都大学工学部 学生会員 ○国領 優
 京都大学防災研究所 正会員 米山 望
 京都大学大学院 学生会員 湯浅 匡康
 京都大学防災研究所 正会員 戸田 圭一

1. はじめに

東南海・南海地震が発生した場合、従来の想定では高さ 2~3mの津波が淀川河口に到達し、その津波が淀川を遡上すると想定されている。一方、2011年の東日本大震災を受けて従来の津波想定を大幅に上回る津波の検討が行われている。また、津波が河川を遡上する際には橋梁が遡上津波の挙動に影響を及ぼす可能性がある。そこで、従来の想定を大幅に上回る 5.0mの津波が大坂湾に襲来した際に、淀川における遡上津波の挙動を三次元解析によって検討することは防災上重要であると言える。本研究では、流体挙動解析手法として米山ら^[1]のVOF法を用いた三次元数値解析手法を適用し、橋梁を考慮した河川での津波解析を行った。

2. 遡上津波の解析概要

本解析での 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^[1]。

図1のように淀川の平面図と本研究で対象とした3本の橋梁を組み込む。その3本の橋梁の橋桁厚さ、橋桁下高さなどを表1にまとめた。解析の際にはメッシュサイズに合うようにそれぞれ修正した。また、河川流量 196 m³/s、水位は T.P.+1.25m とし、図2のような波形を入射波として与え解析を行った。

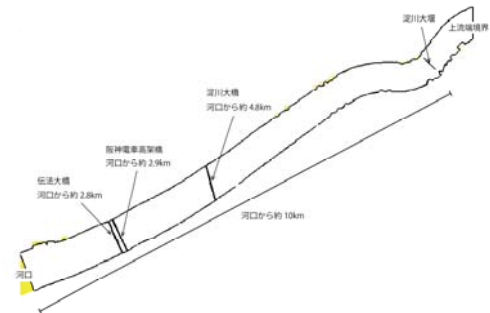


図1 対象領域の淀川の平面図と各橋梁

表1 各橋梁のデータ

橋梁の名前	河口からの距離	橋桁厚さ	橋桁厚さ修正後	橋桁下高さ(右岸法岸)	橋桁下高さ修正後	橋桁天高
伝法大橋	2.8km	2.5m	2.5m	T.P.+2.8m, T.P.+3.0m	T.P.+3.0m	T.P.+5.5m
阪神電車高架橋	2.9km	1.6m	1.5m	T.P.+2.9m, T.P.+3.0m	T.P.+3.0m	T.P.+4.5m
淀川大橋	4.8km	2.3m	2.0m	T.P.+1.6m, T.P.+2.0m	T.P.+2.0m	T.P.+4.0m

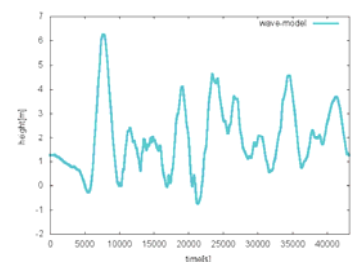


図2 解析で用いた波形モデル

3. 解析結果の分析

解析結果から橋梁を考慮したケースとしていないケースで水位や流速を比較することで橋梁の影響を明らかにする。得られた水位の平面図・縦断図および断面流速分布を図3~図6に示す。

図3より、各橋梁で遡上津波を堰き止めるため橋梁を境に水位の変化が見られる。図4は河川中央線上の河口からの距離に応じた水位を縦断的に示しており、橋梁部での堰上げによる橋梁下流部での水位上昇および橋梁上流部での水位下降が見られる。また、各橋梁部で堰上げが見られ、局所的な水位の上昇が起きている。3本ある橋梁のうち、河口から最も近い伝法大橋では最大堰上げ量は 1.5m となる。

一方、流速に着目してみると図5より、橋梁のないケースに比べて橋梁のあるケースでは橋梁で流れが堰き止められることで領域全般にわたって値が小さくなった。図6は橋脚付近での流速分布を示しており、橋脚の存在によって生じた橋脚直上流部のよどみが上流側へ続くことがわかる。また、橋脚側方では橋脚の存在により流れは加速されそのまま上流側へ続いている。

また、図4、図5より、橋梁の存在で遡上津波が堰き止められることで橋梁上流側での水位および流速は橋梁のないケースに比べて小さくなっており、遡上津波は橋梁の影響で減衰することがわかる。

4. 氾濫の可能性

遡上津波の堤内地への氾濫の可能性について検討してみると、図7のように河川の中央線上の最大水位高を縦断的に取り、同時に堤防天端高および橋桁天端高をプロットすると、堤防を越えることはないが橋桁天端高を越えており、堤内地への浸水が想定される。右岸、左岸それぞれの越流水深を評価したところ、最大越流水深は伝法大橋では0.45m、阪神電車高架橋では0.60m、淀川大橋では0.35mとなる。

5. おわりに

VOF法を用いた三次元数値解析により、遡上津波は橋梁の影響を受け、橋梁のないケースに比べて水位、流速に差異が生じることがわかった。特に橋梁地点では堰上げによって水位の上昇が起きることによって堤防高よりも局所的に低い橋梁の箇所から氾濫を招き、橋梁を考慮していない解析では得られない危険性が考えられる。すなわち、橋梁を考慮した解析を行うことは防災上重要になる。

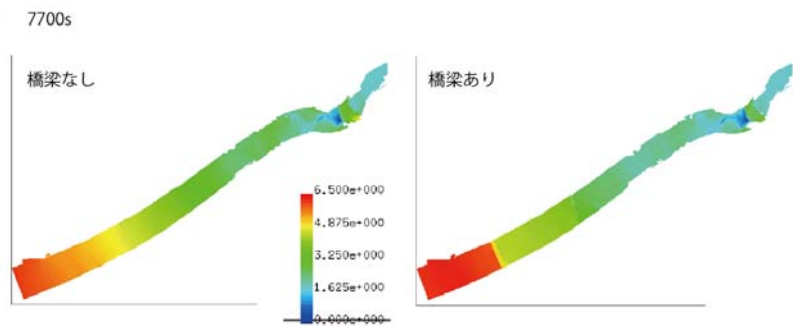


図3 水位の平面図 (7700秒)

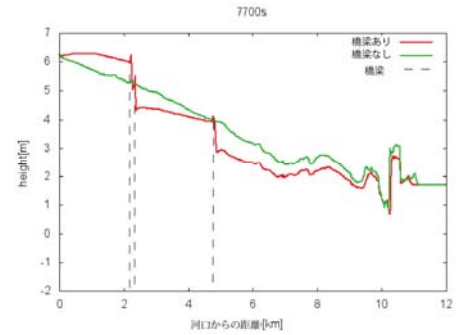


図4 水位の縦断図 (7700秒)

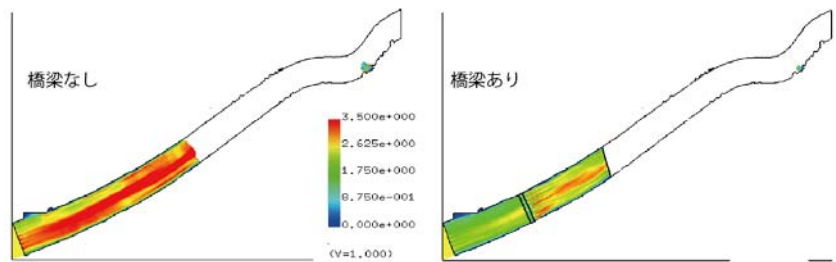


図5 流速分布 (7700秒・T.P.+3.5m~+4.0mの断面)

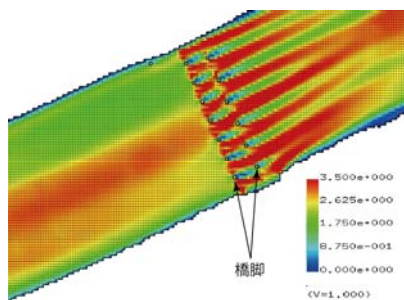


図6 橋脚の存在による流速の影響

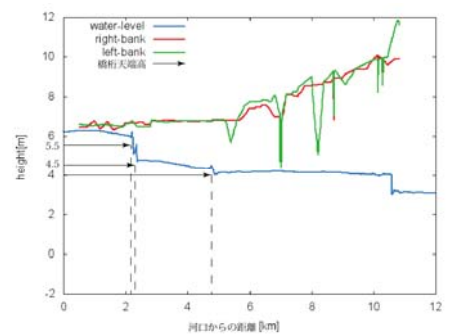


図7 最大水位高と堤防天端高および橋桁天端高