

淀川遡上津波に及ぼす橋梁影響に関する数値解析的検討

国領 優*・米山 望**

Numerical Study on the Effects of Bridges on Tsunami Run-up in Yodo River

Yu KOKURYO * and Nozomu YONEYAMA **

Abstract

If Tokai-Tonankai-Nankai earthquake occurs, the associated tsunami will strike Osaka and ascend Yodo river in Japan. When tsunami runs up a river, bridges on the river can obstruct the flow. This study aims to estimate the effects of bridges on tsunami run-up in Yodo river by applying a three dimensional numerical model to simulate the water behavior. As a result, it is found that the effect of bridges causes water level rise and associated velocity decrease of the tsunami in the bridge vicinity. In addition, this study gives the result that the energy of tsunami decays at the upper reaches of bridges because of the obstruction to the flow. In the case where the tsunami water level is five meters high, tsunami does not overflow the river banks but may overflow around bridges and flood the landside area.

キーワード：津波，河川遡上，東海・東南海・南海地震，橋梁，越流

Key words：tsunami, river-runup, Tokai-Tonankai-Nankai earthquake, bridges, overflow

1. はじめに

1.1 研究背景

近い将来、南海トラフで巨大地震が発生することが懸念されている。地震による津波は沿岸部に被害をもたらすだけでなく、河口から上流まで河

川を遡上することがある。2003年9月26日の十勝沖地震では津波が波状段波を形成しながら十勝川を遡上する様子が自衛隊により撮影されている。この時の津波は河口から少なくとも11 km 上流まで遡上したことが確認されている。

* 京都大学大学院工学研究科都市社会工学専攻
Department of Urban Management, Graduate School of Engineering, Kyoto University

** 京都大学防災研究所
Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University

本報告に対する討論は平成26年2月末日まで受け付ける。

東海・東南海・南海地震の場合には、地震による津波が大阪湾に到達し、さらに淀川を遡上することが想定される。また、2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震では巨大津波が河川を遡上するだけでなく、橋梁の破壊や流失といった被害が各地で見られた。このように、地震による津波が河川を遡上する際には、橋梁等の構造物が津波の障害物となる。

東北地方太平洋沖地震では、従来までの想定を大幅に上回る規模の津波が沿岸部を襲った。そのため、従来の想定に加え、従来の想定を上回る津波の可能性も考慮に入れる必要がある。

1.2 過去に行われた研究

過去には、2003年の中央防災会議の津波断層モデルを基に、大阪府・和歌山県・大阪市が開催した「東南海・南海地震津波対策検討委員会」(2003年)¹⁾の平面二次元津波シミュレーション結果を用いて津波挙動解析が行われている。

米山ら²⁾、松宮ら³⁾は淀川遡上津波発生時の三次元塩水挙動解析を、大塚ら⁴⁾、湯浅ら⁵⁾が淀川遡上津波の三次元数値解析を行い、遡上津波は淀川大堰下流側の高水敷を浸水させること、淀川大堰上流に存在する柴島浄水場の取水口付近で塩分濃度の上昇が見られること、淀川大堰を越流した津波は河口から約34km上流まで遡上することなどがわかっている。しかし、これらの研究では、橋梁の存在を考慮した解析は行われておらず、橋梁の堰上げ効果を評価していない点、津波の最大波高を2.5mとして計算を行っており東北地方太平洋地震以前(従来)の想定より規模の大きな津波を検討していない点が課題として挙げられる。

1.3 本研究の目的

本研究では過去に行われた淀川における三次元数値解析をもとに、橋梁を考慮した地形において遡上津波の挙動を解析する。過去の研究から、淀川の複雑な地形を考慮した解析および橋梁を含めた津波の詳細な挙動解析は三次元シミュレーションが有効であると言える。

本解析では、従来想定されていた東海・東南海・

南海地震による津波に加えて、2012年に公表された中央防災会議の結果で得られた最大規模の津波についての解析も行う。それぞれの津波規模において、橋梁の堰上げによる影響について詳細に検証する。これにより、従来まで考慮されてこなかった淀川遡上津波における橋梁の影響を明らかにすることを本研究の目的とする。

2. 東海・東南海・南海地震における津波想定

2.1 従来の想定⁶⁾

東北地方太平洋沖地震以前までの想定は、2003年に中央防災会議が発表したもので、その津波断層モデルは、プレートの深さ10~30kmに断層すべりがあるモデルである。1707年宝永地震以降の5地震(1707年宝永地震、1854年安政東海地震、1854年安政南海地震、1944年昭和東南海地震、1946年昭和南海地震)の津波高資料を基に、それぞれの場所における最大の津波高の再現モデルを作成した。モデルでは、1707年宝永地震、1854年安政東海地震、1854年安政南海地震の津波高を包絡した津波を再現できるように津波断層のすべり量を設定した。このモデルの平均すべり量は6.3m、断層のすべり量から求めたMwは8.8、最大すべり量は高知県沖の15mであった。

大阪では、地震発生から2時間後に大阪湾に津波が到達し、その時の津波の高さは2~3m(満潮位の場合)と想定されている。この想定をもとに大阪府・和歌山県・大阪市でも「東南海・南海地震津波対策検討委員会」を設置し、防災対策を行っている。

2.2 現在(2012年)の想定⁶⁾

2011年3月の東北地方太平洋沖地震を受け、中央防災会議では、今後、地震・津波の想定を行うに当たっては、「あらゆる可能性を考慮した最大クラスの巨大な地震・津波を検討していく」ことを指針とした。2012年3月における検討会では、東北地方太平洋沖地震をベースに、南海トラフで発生しうる巨大地震の津波断層モデルの検討を行った。ここでの特徴は、南海トラフ沿いにおいて次

に発生する可能性の高い津波断層モデルを検討したのではなく、発生頻度は極めて低いものの、発生すれば甚大な被害をもたらす最大クラスの津波に相当するものである点、そしてその時期の予測をすることは不可能に近いという点が挙げられる。

検討ケースとして、大きくすべる地点（大すべり域）とその数（1ヶ所または2ヶ所）、分岐断層の有無によって計11ケースに分類し、地震・津波想定を行った。これら11ケースのうち各地点で最大となる津波高を包絡的に抽出したものを各地点での最大クラスの津波高（満潮位の場合）として定義している。今回の想定ではMw9.0、平均すべり量10m、津波地震として設定したトラフ沿いの津波断層モデルも含めると、Mw9.1、平均すべり量約10m、大すべり域及び超大すべり域のすべり量は、それぞれ約20m、約40mとなる。

大阪では、従来の想定同様に地震発生から約2時間後に大阪湾に到達すると想定されているが、津波高さについては3～5mと従来の想定より大きな規模の津波となっている。震源域に近い地域に比べ、到達までに時間的猶予があるとされているものの、津波による被害が懸念される。

3. 淀川大堰と河川流量について

3.1 淀川大堰の概要⁷⁾

淀川大堰は淀川河口から約10km上流に存在する構造物であり、塩水の河川への侵入を防いで水道用水および工業用水を確保するとともに、淀川の流れの一部を毛馬水門から大川に供給する役割を担っている。

大堰の全幅は330mであり、幅55mの主ゲート4門とその両端に位置する幅40mの調節ゲート2門により構成されている。淀川大堰は上流からの流量に応じてゲート操作を行うことで、上流側の水位をT.P.+1.7m（T.P.は東京湾平均海面）に保つとともに、大川への放流量を120m³/s以下に抑えるように調節している。図1に大堰ゲートおよび毛馬水門の模式図を示す。

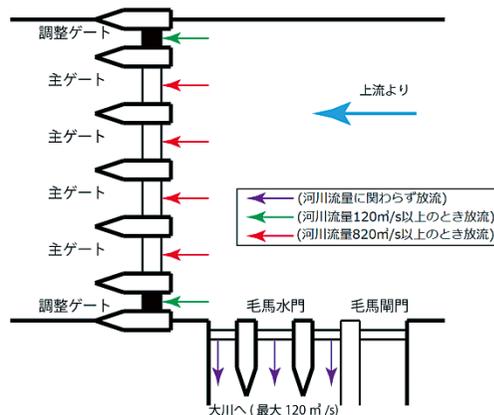


図1 淀川大堰と毛馬水門の模式図

3.2 検討に用いた淀川の河川流量

淀川大堰のゲート操作は、次のように行われている（図1参照⁷⁾。淀川の河川流量が120m³/s以下のときは、淀川大堰の全ゲートが閉鎖され、毛馬水門から大川への放流のみとなる。また、河川流量が820m³/sまでは、河道両端にある調節ゲートの操作のみによって流量の調節が行われる。さらに、820m³/sを超えると、調節ゲートだけでは調節できなくなり、主ゲートも開けることで調節し、3000m³/sを超えると、全ゲートを開放する。

本研究では、河川流量は196m³/sに設定し検討を行った。196m³/sは渇水時から洪水時までの様々な流量のうち平水時に最も頻度の高い流量である。この際、毛馬水門より大川へ120m³/s放流し、両端の2つの調節ゲートから38m³/sずつの計76m³/s淀川に放流するように大堰のゲートを調節する。この時、主ゲートは全閉し、主ゲートの高さはT.P.+2.5m、調節ゲートの高さはT.P.+1.0mである（図2）。

4. 淀川遡上津波の三次元数値解析手法

4.1 流体挙動解析手法

本解析法では、質量保存則およびニュートンの運動の法則から導かれる連続方程式および運動方程式を基礎方程式として、自由水面をもつ多次元流れを解析する。

流体密度一定条件での基礎方程式は、流速と圧

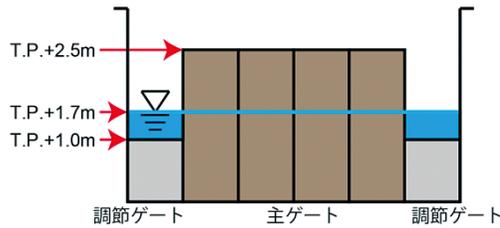


図2 淀川大堰天端高（河川流量196m³/s）

力の瞬時値を用いて以下のように表される。（本論文では、等式にアインシュタインの総和規約を適用するとともに、 δ_{ij} をクロネッカーのデルタとする）

●連続方程式

$$\frac{\partial u_i}{\partial x_i} = 0$$

●運動（Navier-Stokes）方程式（ $i=1, 2, 3$ ）

$$\frac{\partial u_i}{\partial t} + \frac{\partial u_i u_j}{\partial x_j} = G_i - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x_i} + \frac{\partial}{\partial x_j} \left(\nu \frac{\partial u_i}{\partial x_j} \right)$$

ここで、 u_i ：流速の各方向成分、 ρ ：流体密度、 p ：圧力、 G_i ：単位質量あたり外力の各方向成分、 ν ：動粘性係数である。

基礎方程式を直交座標系上で離散化して解析する。各物理量の定義点は、流速のみを計算セルの境界面中央、その他の物理量を計算セルの中央で定義するスタッガード配置とし、離散化は時間について前進差分、移流項は三次精度風上差分、その他は中央差分とする。

また、水面の取り扱いに関してはVOF法を用いる。特に、本研究では米山ら⁸⁾によるVOF法を用いた三次元数値解析を行っている。米山らはこの解析手法を用いて、日本海中部地震津波および北海道南西沖地震津波を対象とした津波遡上現象の再現を行っている。この解析手法には、計算が安定で長時間の継続計算が可能であり、なおかつアルゴリズムが単純で独自の工夫が容易であるという特徴がある。

4.2 対象領域および解析地形の概要

本研究における解析領域は、淀川河口から上流

約12kmの区間を対象とした（図3）。ここでの距離とは河口からの直線距離ではなく、河道の中心線に沿った距離である。

計算格子間隔は東西方向（X方向）、南北方向（Y方向）ともに12.5mとし、鉛直方向（Z方向）は2.0m、1.0m、0.5mの3つを採用している。ここで、3種類の格子サイズを用いたのは橋梁の形状を適切に表現するためである。

また、本研究では橋梁による遡上津波の影響に焦点を絞って考察するため、堤内地における氾濫水の挙動については扱わない。そのため堤内地は解析領域から除外した。大川との接続部については、大川への放流量が淀川大堰のゲート操作によって決定される点、および大川の河道幅が狭いため本研究で用いる格子サイズでは大川の流況を十分に表現することが難しい点を考慮し、図4に示す断面を接続部とした。

橋梁に関しては、淀川に架かる多数の橋梁のうち以下の3本の橋梁を解析に採用した（図3参照）。

●伝法大橋（国道43号線）

河口から約2.1km上流の橋梁

橋桁下高さ：右岸T.P.+2.8m 左岸T.P.+3.0m

橋桁厚さ：2.5m

●阪神電鉄なんば線橋梁

河口から約2.2km上流の橋梁

橋桁下高さ：右岸T.P.+2.9m 左岸T.P.+2.6m

橋桁厚さ：1.6m

●淀川大橋（国道2号線）

河口から約4.8km上流の橋梁

橋桁下高さ：右岸T.P.+1.6m 左岸T.P.+2.0m

橋桁厚さ：2.3m

通常、河川に架かる橋梁は堤防天端高より高い位置に存在する。その場合、遡上津波が堤防天端高付近まで到達しない限り橋桁に衝突することはない。一方、上記の3本の橋梁は堤防天端高よりも低い位置に架かる橋梁であり、その他の橋梁よりも遡上津波の影響を受けやすいと考えられるため、本研究では採用した。



図3 対象領域と解析で用いた橋梁の位置

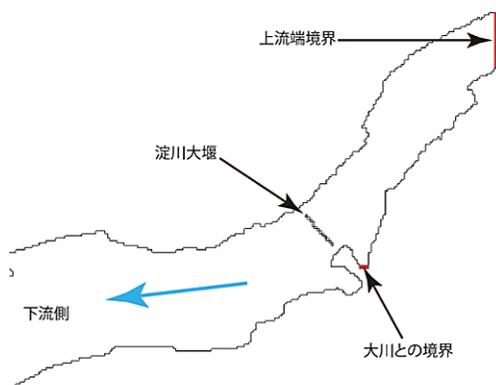


図4 大川との境界断面

5. 津波遡上時の解析

5.1 解析方法

本研究では、4.2で述べた対象領域において2種類の津波高さ、橋梁の有無による計4ケースで解析を行う。全ケースにおいて河川流量は $196\text{m}^3/\text{s}$ 、潮位は最高潮位 T.P. +1.25m に設定し、下流端境界における地震発生前の水位として使用する。

ここで、最高潮位とは、気象庁による過去5カ

年 (H17~H21) の大阪湾 (築港) における観測値のうち最大の値である。また、津波高さとは津波波形において振幅が最大のときの高さのことを指し、以後、本論文では最大振幅の大きさを津波高さと呼ぶ。

上述した対象領域において、河川流量 $196\text{m}^3/\text{s}$ 、水位 T.P. +1.25m という条件のもと、各ケースの解析を行う。以下に各ケースの計算条件を示す。

- Case 1: 橋梁なし 津波高さ2.5m
- Case 2: 橋梁あり 津波高さ2.5m
- Case 3: 橋梁なし 津波高さ5.0m
- Case 4: 橋梁あり 津波高さ5.0m

地震発生後の解析に先立ち、まず河川の平常時の流れ場 (以後、本論文では定常状態と呼ぶ) を作成する。具体的には各境界の流入流出量と河川の水位が安定している状態を定常状態として用いる。さらに地震発生後については、下流端境界条件に第1章で述べた平面二次元津波解析 (「東南海・南海地震津波対策検討委員会」で採用された計算法) で得られた淀川河口付近の津波波形 (図5) を用いた。この津波波形 (図5) から津波第一波が最大水位となり、第一波到達時が最も危険

な状態と考えられる。その点を考慮し、津波第一波が上流端境界に到達する地震発生から約2.5時間後まで解析を行う。

定常状態において、上流端および大川との接続部の境界では、水位一定で流速が存在しない場(初期条件)に設定流量を用いて断面平均流速を与える。具体的には以下の通りである。

境界面に接する解析領域内の任意の流体セルにおいて、流体境界に接している流体部分の面積を計算し集計したものを W とする。そして、設定流量 Q を用いて断面平均流速 U を計算する。

$$U = Q/W$$

以上のようにして求められた U を、流体セルが接する境界面に X 軸方向の流速として一様に与えた。また、大川との接続部においては、設定流量 Q を用いるのではなく、淀川大堰上流部の水位が T.P. + 1.7 m を保つように流量を調節する。その流量を用いて、上流境界と同様に断面平均流速を求める。

下流端境界には、境界面に接する全ての水表面セルに潮位 (T.P. + 1.25 m) を水位として設定する。流速は、境界セルで流速変化がないと仮定し、隣接セルと等しい流速に設定する。

地震発生後の計算については、上流端および大川への接続部の境界には定常状態と同様にする。また、下流端境界については以下のように設定する。津波遡上時の津波波形に関して、平面二次元解析で得られた水位変動をもとに、津波周期を変

えることなく、津波高さを各計算ケースの津波高さ (2.5 m と 5.0 m) と合致するように補正する。その補正した津波波形に計算潮位 (T.P. + 1.25 m) を加算した水位を下流端境界水位として設定する (図 6 参照)。

5.2 解析結果

(1) 橋梁の有無による比較

遡上津波が淀川大堰に到達した直後(地震発生から7800秒)の各ケースにおける水位の縦断図を図 7 に示す。ここで、縦断図における水位は河川の中央線上の水位データを採用したものである。図 7 から水位に関して橋梁の有無による比較を行うと、河口から最も近い伝法大橋で遡上津波が堰き止められることによって下流側では水位の上昇が、上流側では水位の低下が見られる。伝法大橋と阪神なんば線の存在によって水位が低下した遡上津波は、淀川大橋で再び堰き止められることで橋梁のない場合に比べ水位の減少が小さい。また、淀川大橋で堰き止められた津波は、橋梁の直上流で大きく水位が低下し、そのまま上流側へ遡上していくことがわかる。すなわち、各橋梁の上流側と下流側で津波の水位が異なり、橋梁から離れた地点でも水位差があることから橋梁の影響が見られる。

図 8 ~ 10 は各橋梁直下流の水位の時系列変化を示したもので、これらの図より、各橋梁で堰上げによる水位の上昇が見られる。河口から最も近い

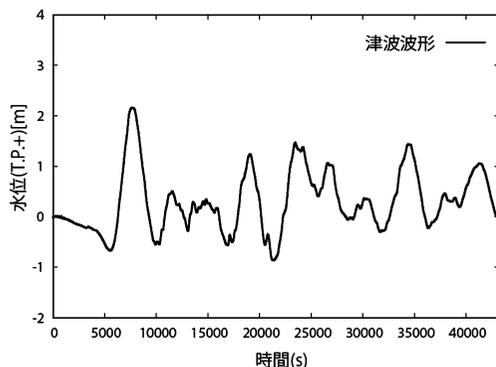


図 5 平面二次元解析から得られた津波波形

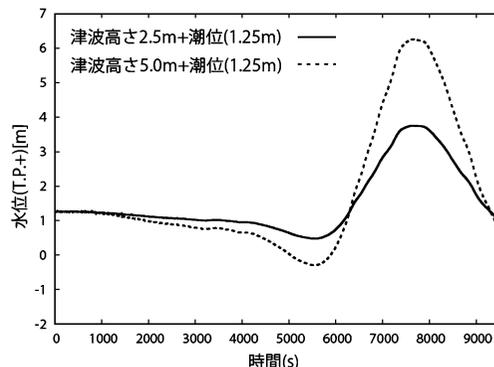


図 6 下流端境界で与える津波波形

伝法大橋では最大水位の差が津波高さ2.5 mの場合0.26 m, 津波高さ5.0 mの場合0.60 mとなった。一方, 阪神なんば線橋梁および淀川大橋では, 伝法大橋で見られた水位差ほどの堰上げ量は見られなかった。これは各橋梁の水面からの高さ

や橋桁の厚さの違い, または遡上してきた津波が伝法大橋で堰き止められることで勢いが弱められ水位が抑制されたためと考えられる。

また, 橋梁のある場合 (Case 2, Case 4) の水位のピークは早く現れるものの, ピーク後の水位

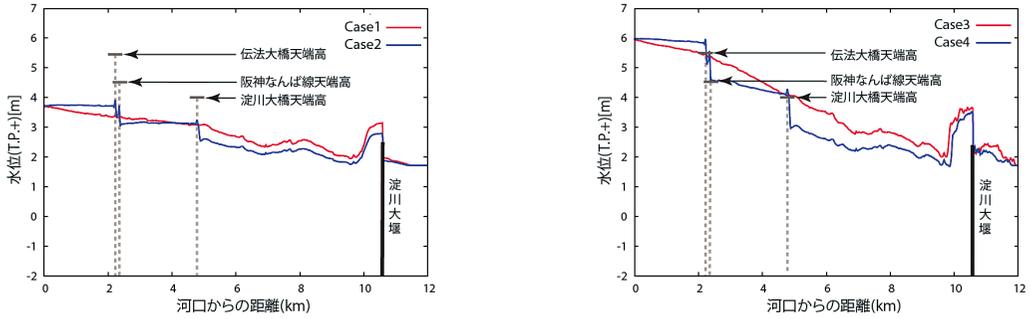


図7 地震発生から7800秒後の水位縦断面図 (左: 津波高さ2.5 m, 右: 津波高さ5.0 m)

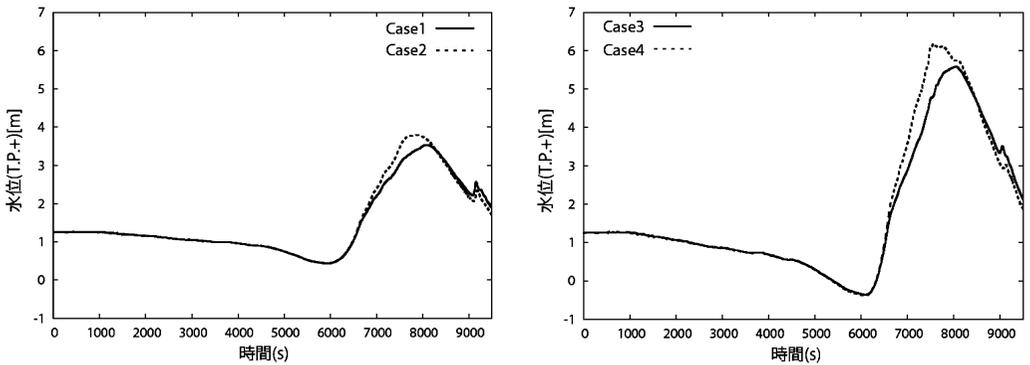


図8 伝法大橋直下流の水位の時系列変化 (左: 津波高さ2.5 m, 右: 津波高さ5.0 m)

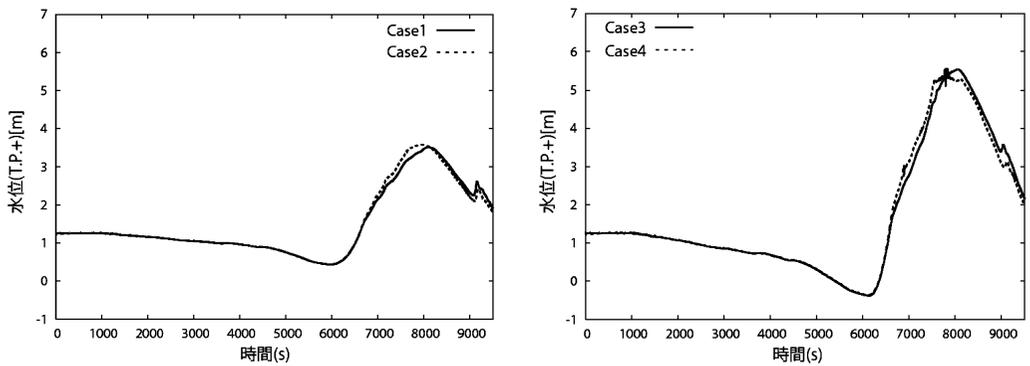


図9 阪神なんば線直下流の水位の時系列変化 (左: 津波高さ2.5 m, 右: 津波高さ5.0 m)

の変化に橋梁の影響はそれほど見られず、橋梁は津波が衝突する際には影響が出るがその影響はそれほど持続しないことがわかる(図8~10)。橋梁の影響を受けている際には、橋梁によって遡上津波が堰き止められるために、橋梁より下流側では水位は高くなるが上流側では水位は低くなる。(図7参照)

図11は遡上津波が淀川大堰に到達する直前(地震発生から7600秒)における断面平均流速の縦断分布を示したものである。ここでの断面平均流速とは淀川の南北断面(y-z断面)を通過する東西方向(x方向)の流速値を採用した。これは淀川において遡上津波の東西方向(x方向)が最も支配的な流速となるため採用した。図11から領域全般で橋梁の有無による比較を行うと、橋梁がある場合(Case 2, Case 4)のほうが流速値は小さい

ことがわかる。これは橋梁によって遡上津波の流れが堰き止められるためである。図12ではCase 4(津波高さ5.0m)の地震発生から7600秒における橋梁近傍でのT.P.+2.5m~3.0mの断面流速を示したもので、この図より橋梁近傍では橋梁の影響を受けた流速分布となっていることがわかる。特に、橋脚の存在によって生じた直上流部のよどみや側方部での加速した流れは上流側へ続いていく様子が見られる。

(2) 橋梁による津波の減衰効果

次に、橋梁周辺部ではなく、橋梁から距離のある地点での水位や流速、また淀川大堰に作用する力に着目する。図7において、橋梁より上流側の地点での水位を見ると、橋梁のある場合(Case 2, Case 4)の水位は、橋梁のない場合(Case 1,

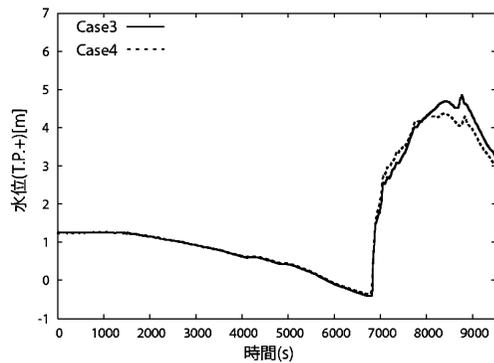
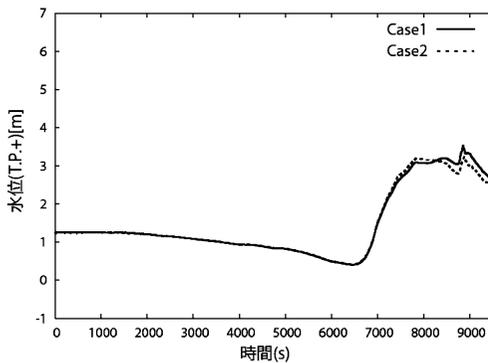


図10 淀川大橋直下流の水位の時系列変化 (左：津波高さ2.5 m, 右：津波高さ5.0 m)

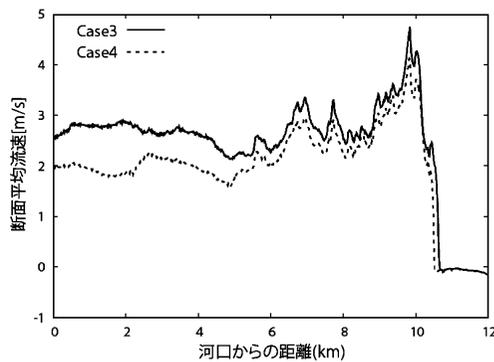
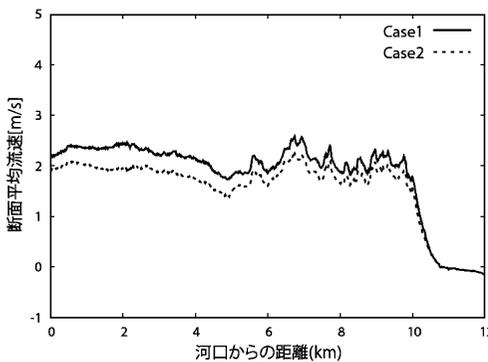


図11 地震発生から7600秒後の流速縦断図 (左：津波高さ2.5 m, 右：津波高さ5.0 m)

Case 3) に比べて低くなっていることがわかり、一方、河口付近では伝法大橋で遡上津波が堰上がることで河口から伝法大橋にかけて水位は橋梁のない場合 (Case 1, Case 3) に比べ高くなっていることがわかる。また、図13のように、流速に関して阪神なんば線と淀川大橋の区間 (地点 A) と、淀川大橋と淀川大堰の区間 (地点 B) において、各地点での平均流速の時系列変化を示したものが図14・15である。これらの図より橋梁の有無で比較すると、橋梁のある場合 (Case 2, Case 4) のほうが流速は小さくなり、最大流速値は約15~20%小さくなった。以上から遡上津波は橋梁の影響で減衰したと言える。

淀川大堰直下流での最大水位と淀川大堰に作用する力の最大値は以下のようになる。この時、大

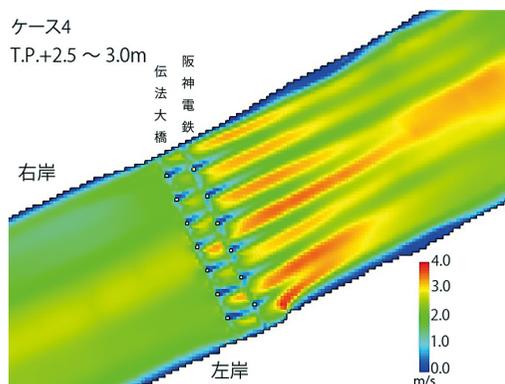


図12 地震発生から7600秒後の橋梁付近における流速分布

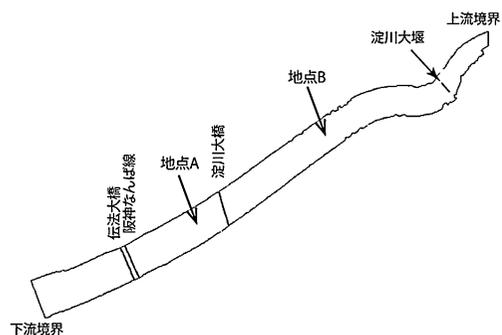


図13 地点 A と地点 B の位置

堰に作用する動圧を測定したところその値は非常に小さいことがわかり、大堰に作用する力は静水圧分布に従う。また、最大力の算定の際には、最も厳しい条件となるよう大堰上流側の水位は平常時の水位高の T.P. +1.7m で計算を行っている。

- Case 1 : 3.9m 2720kN
- Case 2 : 3.6m 2390kN
- Case 3 : 5.0m 3820kN
- Case 4 : 4.3m 3000kN

水位、大堰に作用する力ともに橋梁の有無による差が見られ、橋梁のある場合 (Case 2, Case 4) のほうが値は小さくなる。

(3) 津波高さでの比較 (Case 2, Case 4) に関して)

津波高さで比較すると、津波の高さが2倍になったことで各橋梁の最大水位は表1のようになり、伝法大橋では津波高さの増加分とほぼ同じだけ水位が増加しているが、その他の橋梁では津波高さの増加分より小さくなっている。

また、橋梁での堰上げ量に関して、伝法大橋では最大水位の差が26.3cm (津波高さ2.5m) と59.7cm (津波高さ5.0m) でその差は33.4cmとなる。一方、伝法大橋から100m 上流の阪神なんば線では6.80cm (津波高さ2.5m) と7.85cm (津波高さ5.0m) でその差は0.75cmとなる。このことから、伝法大橋で存在した水位差はその上流側では小さくなることがわかる。

流速に関しては、伝法大橋直下流の衝突直前の流速は津波高さ2.5mの場合2.88m/s、5.0mの場合3.80m/sとなる。また、淀川大橋ではそれぞれ2.12m/s、2.87m/sとなる。

以上より、下流境界で2.5mと5.0mの水位差があった遡上津波は橋梁を通過するに従って、すなわち上流に遡上していくにつれて水位差は小さくなること、また流速の低下量は増大することがわかる。

5.3 遡上津波の氾濫の可能性

次に、遡上津波の堤内地への氾濫の可能性について検討する。まず、淀川河川事務所が公表して

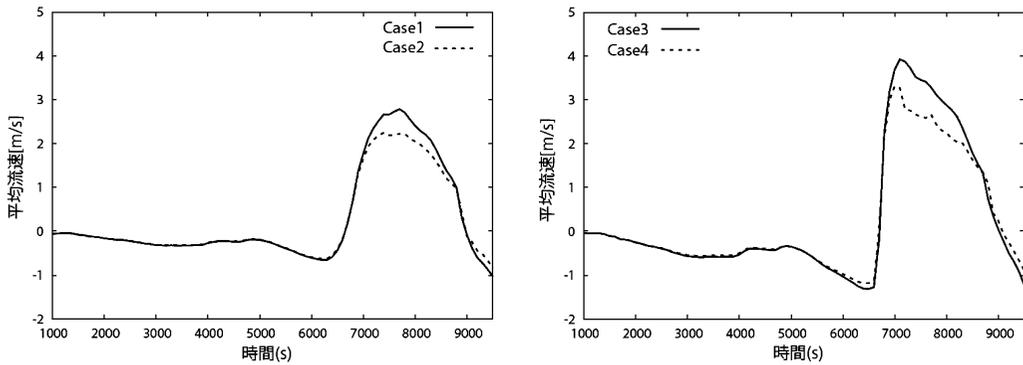


図14 地点A断面平均流速の時系列変化 (左：津波高さ2.5m, 右：津波高さ5.0m)

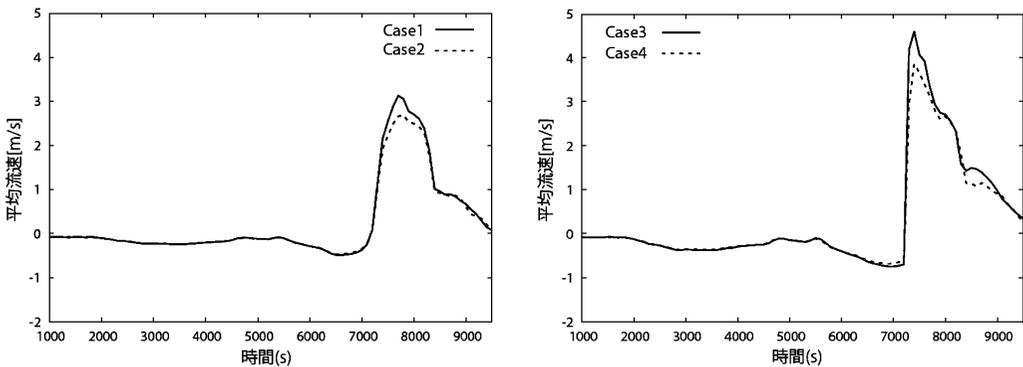


図15 地点B断面平均流速の時系列変化 (左：津波高さ2.5m, 右：津波高さ5.0m)

表1 各橋梁での最大水位

	津波高さ 2.5m	橋梁の有無による 最大水位の差 (Case2 - Case1)	津波高さ 5.0m	橋梁の有無による 最大水位の差 (Case4 - Case3)
伝法大橋	3.80m	26.3cm	6.18m	59.7cm
阪神なんば線	3.58m	6.80cm	5.61m	7.85cm
淀川大橋	3.24m	-2.89cm	4.38m	-4.80cm

いる堤防天端高のデータをもとに、津波高さ2.5m, 5.0mのときにそれぞれ堤防からの越流の有無に関して検討を行う。また、堤防高さを超えない場合でも各橋梁の橋桁を越流すれば氾濫の可能性はあると判断する。これは遡上津波が橋桁を越流した場合、橋梁の存在による堤防の切れ目が氾濫口となり、そこから堤内地へと溢れていくことが考えられるためである (図16参照)。また、

各橋梁には防潮扉が設置されている可能性があるが、ここでは地震の影響で防潮扉が閉門できないという状況を想定している。そこで、津波高さ2.5m, 5.0mにおいて、水位の縦断面に堤防天端高をプロットしたものを図17に示す。このとき縦断面図は上記と同様、河川の中央線上の水位を採用しており、また縦断面図の水位は各ケースにおける各地点での最大水位高を包絡的に抽出したもの



図16 橋桁を越流した津波の氾濫口

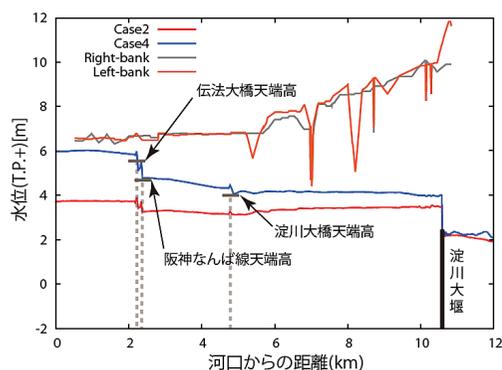


図17 最大津波水位と堤防天端高 (縦断面図)

である。図17より、津波高さが2.5mのときには堤防、橋桁ともに越流することはない。津波高さが5.0mについては、堤防は越流しないが、橋桁は越流しており堤内地への浸水が想定される。そこで、堤防の最近傍格子の越流水深を測定したところ Case 4 (津波高さ5.0m・橋梁あり) では堰上げによって伝法大橋では越流水深が最大0.28m、阪神なんば線では0.60m、淀川大橋では0.33mとなる。すなわち、津波高さが5.0mの場合には、橋梁を越流することで堤内地への氾濫を引き起こす可能性が考えられる。ただし、各橋梁での津波第一波の越流時間は、伝法大橋で約15分、阪神なんば線で約22分、淀川大橋で約24分となり、越流は長時間にわたって継続することはない。

6. まとめ

本研究では、南海トラフでの巨大地震発生時の淀川遡上津波を対象に、従来 (東北地方太平洋沖地震以前) の想定津波規模 (2.5m) および、2012年に中央防災会議で公表された最大規模 (5.0m) の津波において、橋梁が遡上津波に及ぼす影響に関する評価を行った。その結果、以下のことがわかった。

- ・水位に関して、各橋梁を境に橋梁の上流部と下流部にそれぞれ水位の変化があり、堰上げ効果による水位変動が確認された。河口から最も近い伝法大橋では、最大堰上げ量は津波高さ2.5mでは0.26m、津波高さ5.0mでは0.60mとなった。伝法大橋より上流側にある阪神なんば線と淀川大橋では伝法大橋ほどの堰上げ量は見られないものの、各橋梁付近で局所的な水位上昇が確認された。しかし、最大水位を迎えた後は橋梁の影響は長時間持続しなかった。

- ・流速に関して、遡上津波が橋梁で堰き止められることにより、領域全般で流速は橋梁のない場合に比べて小さくなった。

- ・遡上津波の減衰効果について分析したところ、橋梁の存在で遡上津波が堰き止められたことで、橋梁上流側での水位や流速は橋梁のない場合に比べて小さくなった。その影響は河口から10km上流の淀川大堰の水位や大堰に作用する力でも見られる。

さらに、遡上津波の氾濫の可能性について検討したところ、新たに以下のことがわかった。遡上津波は堤防天端高を越流する以外にも、橋梁の存在によって堤防の切れ目となっている箇所が氾濫口となり、堤内地への浸水が起こりうる。解析結果によると、津波高さが2.5mの場合には堤防も橋梁も越流することはないものの、5.0mの津波では堤防を越流することはないが、橋桁を越流することによる堤内地への氾濫の可能性が考えられる。その最大越流水深は最大でも0.60m、越流時間は30分を超えることはなく、越流による堤内地への甚大な氾濫被害は見込まれない。

今後、取り組むべき課題としては以下のことが挙げられる。

・本研究では、格子サイズを12.5mとしており、今後、橋脚付近の流速等に関して詳細な検討を行うためには格子サイズを変更するなど修正の余地があると言える。

・本研究での津波波形は2003年の平面二次元津波解析（「東南海・南海地震対策検討委員会」で採用された計算法）で得られた結果を用いており、津波波形が異なればその影響も異なるため、今後、2012年に公表された中央防災会議の結果を踏まえ、津波波形を見直す必要がある。

参考文献

- 1) 東南海・南海地震津波対策検討委員会事務局：平成15年度東南海・南海地震津波等対策検討委員会報告，2004.3.
- 2) 米山 望・松宮弘信・鮫島竜一：淀川における河川遡上津波発生時の三次元塩水挙動解析，河川技術論文集，第16巻，pp265-270，2010.
- 3) 松宮弘信・米山 望・田中 尚・鮫島竜一・佐藤広章：河川遡上津波発生時の淀川大堰上流部における塩水挙動解析，自然災害科学，28-2，125-135，2009.
- 4) 大塚健太・米山 望・中島健輔・戸田圭一：東南海・南海地震津波来襲時における淀川の三次元数値解析，土木学会第64回年次学術講演会概要集，第2部門，pp123-124，2009.9.
- 5) 湯浅匡康・松宮弘信・米山 望・戸田圭一：淀川大堰を越流する津波の三次元数値解析，土木学会第65回年次学術講演会概要集，第2部門，pp13-14，2010.9.
- 6) 南海トラフの巨大地震モデル検討会：南海トラフの巨大地震による震度分布・津波高について（第一次報告），2012.4
- 7) 大阪市水道局：淀川の津波遡上に伴う取水影響調査最終報告会資料，2006.8.
- 8) 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，土木学会論文集，No.705，pp2-59，2002

（投稿受理：平成25年3月1日
訂正稿受理：平成25年4月23日）