

淀川大堰を越流する津波の三次元数値解析

京都大学工学部地球工学科 学生員 ○湯浅 匡康  
 京都大学工学部地球工学科 学生員 松宮 弘信  
 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

東南海・南海地震が発生した場合、高さ 2m 以上の津波が淀川を遡上し、河口から上流約 10km 地点に設置されている淀川大堰に到達すると想定されている。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、上流側の水位を一定に保つとともに、遡上塩分をせき止め、流域の飲料水を確保する機能を有している。淀川大堰は津波波圧に対する安全性を考慮して設計されており構造物の被害は発生しないと考えられる。しかし、淀川大堰を越流した津波により高水敷の浸水、淀川大堰上流部の浄水場施設に影響を与えることが懸念されている。そこで本研究では、VOF 法を用いた三次元数値解析手法を使用し、複雑地形の影響を考慮した津波挙動解析を行うことにより、津波発生時の流況を正確に把握するとともに、淀川大堰における越流量の評価を試みた。



図1 対象領域

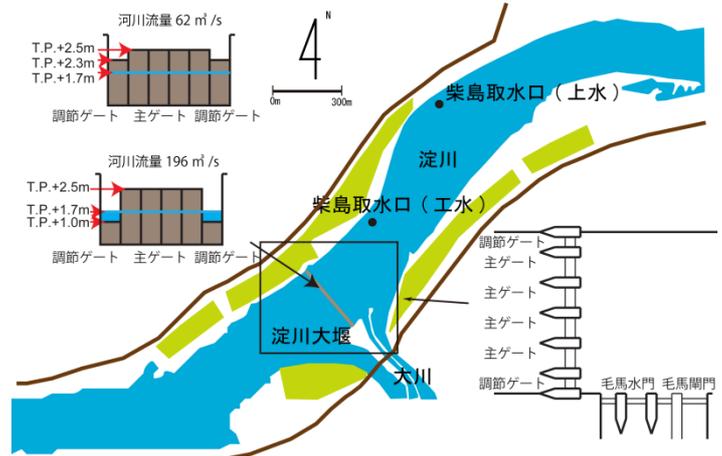


図2 淀川大堰近傍拡大図

2. 解析手法

解析で用いた基礎方程式のうち、連続方程式、運動方程式および流体体積の移流方程式を示す。

$$\frac{\partial \bar{u}_i}{\partial x_i} = 0, \quad \frac{\partial \bar{u}_i}{\partial t} + \frac{\partial \bar{u}_i \bar{u}_j}{\partial x_j} = G_i - \frac{1}{\rho} \frac{\partial \bar{p}}{\partial x_j} \left( \nu \frac{\partial \bar{u}_i}{\partial x_j} - \overline{u_i u_j} \right) \frac{\partial F}{\partial t} + u_j \frac{\partial F}{\partial x_j} = 0, \quad F = \frac{\text{計算セル中の流体体積}}{\text{計算セルの体積}}$$

ここで、 $u_i$ : 流速の各方向成分、 $\rho$ : 流体密度、 $P$ : 圧力、 $G_i$ : 単位質量あたり外力の各方向成分、 $\nu$ : 動粘性係数、 $\bar{\quad}$ : レイノルズ平均量、 $\overline{\quad}$ : レイノルズ平均量からの変動量、 $F$ : 流体充填率である。また、乱流の評価式には k-ε モデルを用いた。

3. 津波挙動の評価

解析手順は地形データ作成、平常時の流れ作成、津波挙動解析である。対象領域は淀川河口から

表1 津波解析検討ケース

ケース	計算領域	河川流量	主ゲート高	調節ゲート高	大川流量
1	基本領域	62 m³/s	T.P.2.5m	T.P.2.3m	62 m³/s
2	基本領域	196 m³/s		T.P.1.0m	120 m³/s
3	拡大領域	62 m³/s	T.P.2.5m	T.P.2.3m	62 m³/s
4	拡大領域	196 m³/s		T.P.1.0m	120 m³/s

キーワード 東南海・南海地震, 津波, 淀川, 三次元数値解析, VOF 法

連絡先 〒611-0011 京都府宇治市五ヶ庄 京都大学防災研究所流域災害研究センター都市耐水研究領域 TEL0774-38-4137

上流約 23km まで(基本領域)と上流約 36km まで (拡大領域)の 2つの領域(図 1)である。対象領域外に河道が接続しているため、淀川本川の上流端、下流端および大川との接続部を流体境界断面とした。上流端からの河川流量は 62 m<sup>3</sup>/s, 196 m<sup>3</sup>/s の 2種類である。これらの流量は過去 10年間の発生頻度が年間 240.9日であり、淀川の代表的な流量である。また、淀川大堰は主ゲートと調節ゲートの 2種類のゲート高を変化させることで大堰上流の水位を一定に保っている(図 2)。大堰下流は朔望平均満潮位 (T.P.+0.8m) とし、計算時間は地震発生後 4時間(津波第一波)までとする。計算ケースを表 1 に示す。ケース 4 の平常時の水位を図 3 に示す。津波は下流端に水位の時系列変化として与える(図 5)。

全ケースにおいて約 8,000秒で津波が大堰を越流した。さらに大堰直下流では津波の先端が到達後、大堰に反射することで大堰下流側の水位上昇がみられる(図 6)。この水位上昇に伴い、大堰下流側の高水敷への浸水が発生した。ケース 1, 2では上流端境界で津波が反射した。つまり基本領域では十分な領域を確保していないといえる。反射の原因は、上流端境界条件を下流側への一定の河川流量で固定して継続して与えているため、津波が上流に到達した際に上流端境界を透過することができず反射する。これらの問題を解決する方法として拡大領域で解析を行うと津波は約 34km 地点まで遡上した。また約 25km より上流では河床が急激に上昇するため地形の影響で津波が反射すると考えていたが、津波挙動に変化は見られず津波反射も起こらなかった。流況については基本領域において上流端境界での反射が起こるまでは同じだが、その後の流況は大きく異なった。これは、河口の津波高さよりも 1m 以上高いものであり、その影響で大堰上流部への越流が大きく発生することがわかった。

**4. 淀川大堰における越流量の評価**

越流量の総量を表 2 に示す。基本領域、拡大領域での結果はほぼ一致しており、越流量に関して第一波までは基本領域でも十分妥当な値が得られると考えられる。河川流量 62 m<sup>3</sup>/s より 196 m<sup>3</sup>/s が越流量は大きい。この原因として調節ゲートが低いことがあげられる。さらに先に述べた大堰での反射波により水位上昇したため、調節ゲートからの流入が大きくなり、上流への越流が増すことが考えられる。

**5. おわりに**

解析結果より、第一波までの越流量の評価という観点では基本領域で十分な値が得られることがわかった。しかし基本領域では上流端境界に津波が到達することによりそれ以後の流況に影響を与えてしまう。そのため、より正確な津波挙動や流況を知るためには、拡大領域での解析が望ましいと考えられる。今後は河川流量や潮位の異なる様々なケースで解析を行う。

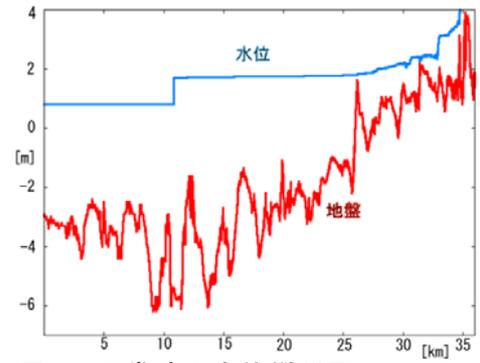


図 3 平常時の水位縦断面図(ケース 4)

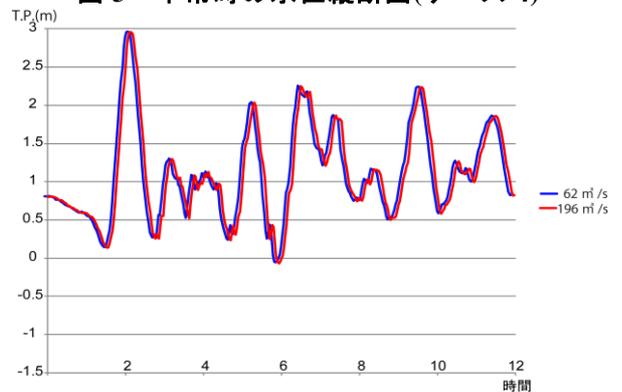


図 5 下流端境界水位

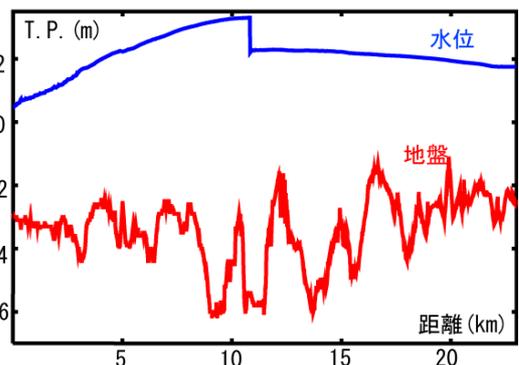


図 6 水位縦断面図(地震発生 9,600 秒後, ケース 2)

ケース 1	ケース 2	ケース 3	ケース 4
81 万 m <sup>3</sup>	145 万 m <sup>3</sup>	80 万 m <sup>3</sup>	142 万 m <sup>3</sup>

表 2 総越流量