

淀川大堰への津波遡上について

戌亥 俊介

¹近畿地方整備局 淀川河川事務所 調査課 (〒573-1191大阪府枚方市新町2-2-10)

平成23年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震を受け、河川管理においては、中央防災会議・東北地方太平洋沖地震を教訓とした地震・津波対策に関する専門調査会の「中間とりまとめ」を踏まえ、二つのレベルの津波を想定して対策を図ることとしている。一つは、住民避難を柱とした総合的防災対策を構築する上で設定する「最大クラスの津波」であり、もう一つは、河川管理施設等の整備により被害を防止する「施設画面上の津波」である。

淀川についても、海岸における防御と一体となって河川堤防、堰、水門等により津波災害を防御する必要があり、淀川河川事務所において検討した施設画面上の津波の検討過程やその遡上結果、今後の課題について報告するものである。

キーワード 施設画面上の津波、河川津波、淀川大堰

1. はじめに

平成23年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震は、観測史上最大のM9.0という巨大な地震と津波により、広域にわたって大規模な被害が発生し、未曾有の災害となった。これを受けて「津波防災地域づくりに関する法律」（平成23年法律第123号）の施行、「津波防災地域づくりの推進に関する基本的な指針」（平成23年12月27日）が示され、発生頻度は極めて低いものの、甚大な被害をもたらす最大クラスの津波（以下「最大クラスの津波」という。）への対策を効率的かつ効果的に講じる事が必要とされている。

一方、平成23年9月2日に通知された「河川津波対策について」では、最大クラスの津波に比べて発生頻度は高く（数十年から百数十年に一度程度）、津波高は低いものの大きな被害をもたらす津波（以下「施設画面上の津波」という。）に対して、海岸における防御と一体となって河川堤防、水門等により津波災害を防御することが必要とされている。

淀川河口部は、低平地であり、大阪市をはじめとする我が国有数の人口・資産が集積する地域であることから、当事務所で管理する河川管理施設において、上記通知等に基づき、施設画面上の津波を設定し、淀川における遡上影響を把握し、今後の課題を抽出する。

2. 淀川における施設画面上の津波の設定

(1)施設画面上の津波の設定手順

海岸における設計上の津波は、平成23年7月に通知された「設計津波の水位の設定方法等について」に基づき設定する。本通知では、痕跡高や歴史記録・文献等の調査で判明した過去の津波の実績と、必要に応じて行うシミュレーションに基づくデータを用いて、一定頻度（数十年から百数十年に一度程度）で発生する津波の高さを想定（以下、「設計津波」という。）し、その高さを基準として、海岸管理者が堤防の設計を行うこととなっている。（図-1）

また、河川管理者が設定する施設画面上の津波については、平成23年9月2日に通知された「河川津波対策について」により、設計津波と同一の津波を基本として設定するものとするとして記載されている。

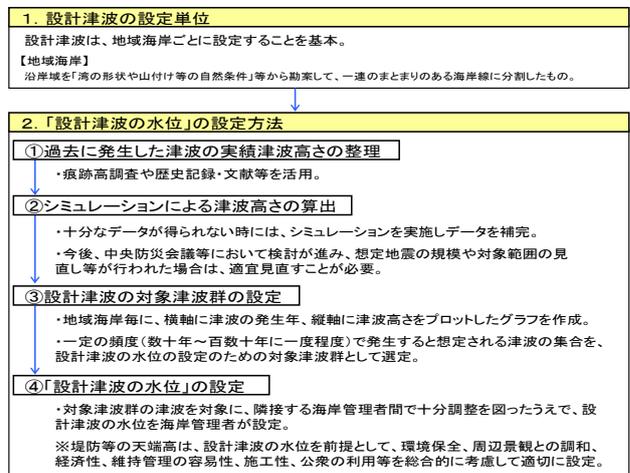


図-1 設計津波の水位の設定方法

(2)淀川河口における過去に発生した津波実績津波高さ

淀川河口において、近年発生した津波地震について津波痕跡データベース（東北大学災害制御研究センター、原子力安全基盤機構（平成22年11月）により抽出すると、慶長（南海）地震津波、宝永地震津波、安政南海地震津波、東南海地震津波、昭和南海地震津波、昭和チリ地震津波の6ケースがあり、淀川河口付近において最も大きな津波をもたらした地震は、安政南海地震津波で、1854年に発生しており、その痕跡高は大阪（中ノ島）地点で0.P+4.3mであった。（図-2）

津波名	年	地点	痕跡高		信頼度
			T.P.m	Q.P.m	
慶長(南海)地震津波 宝永地震津波	1605	なし	なし	なし	—
		堺(大浜)	2.7	4.0	Z
	1707	堺(南瓦町)	2.5	3.8	Z
		大阪(道頓堀)	2.5	3.8	D
安政南海地震津波	1854	堺	3.0	4.3	Z
		大阪港	2.5	3.8	Z
		大阪(中ノ島)	3.0	4.3	Z
東南海地震津波	1944	大阪港(築港)	0.5	1.8	A
昭和南海地震津波	1946	堺(港内)	3.0	4.3	A
		大阪港(築港)	0.6	1.9	C
昭和チリ地震津波	1960	堺(港内)	1.15	2.45	A
		大阪港(築港)	1.38	2.68	A

津波痕跡の信頼度の定義※

A	信頼度大なるもの(痕跡の場所、高さが確認できているもの)
B	信頼度中なるもの(高さの確認が必要なもの)
C	信頼度小なるもの(痕跡の場所ができないもの)
D	参考値にとどまるもの
X	全く信頼できないもの
Z	別の文献の採引き、他のデータと重複、浸水の有無の確認程度

※信頼度の定義、詳細は、津波痕跡データベース(東北大学災害制御研究センター、原子力安全基盤機構(平成22年11月))の情報に基づく

図-2 既往の津波と痕跡高

(3)津波シミュレーションによる津波想定高さ

津波シミュレーションによる計算にあたっては、過去に検討された津波シミュレーション結果をベースにするとともに、津波実績が高い安政南海地震（1854年）、昭和南海地震（1946年）及び平成15年度に内閣府が検討した東南海・南海地震について津波シミュレーションを実施した。（図-3）津波シミュレーションは、海底での摩擦及び移流項を考慮した非線形長波理論により、以下の流れ（図-4）で行う。

【連続式】 $\frac{\partial \eta}{\partial t} + \frac{\partial M}{\partial x} + \frac{\partial N}{\partial y} - \frac{\partial \xi}{\partial t} = 0$

【方程式】 $\frac{\partial M}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{M^2}{D} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{MN}{D} \right) + gD \frac{\partial \eta}{\partial x} + gn^2 \frac{M\sqrt{M^2 + N^2}}{D^{3/2}} = 0$

$\frac{\partial N}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{MN}{D} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{N^2}{D} \right) + gD \frac{\partial \eta}{\partial y} + gn^2 \frac{N\sqrt{M^2 + N^2}}{D^{3/2}} = 0$

- η : 静水面からの水位上昇量
- D : 全水深 ($D = h + \eta - \xi$)
- g : 重力加速度
- n : マニングの粗度係数
- M, N : x, y 方向の全流量フラックスで水底 h から水面 η まで水平流速 u, v を積分して、
 $M = \int_h^\eta u dz = (\eta + h - \xi)u = Du$
 $N = \int_h^\eta v dz = (\eta + h - \xi)v = Dv$ で与えられる。

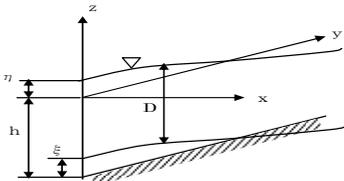


図-3 方程式の座標系

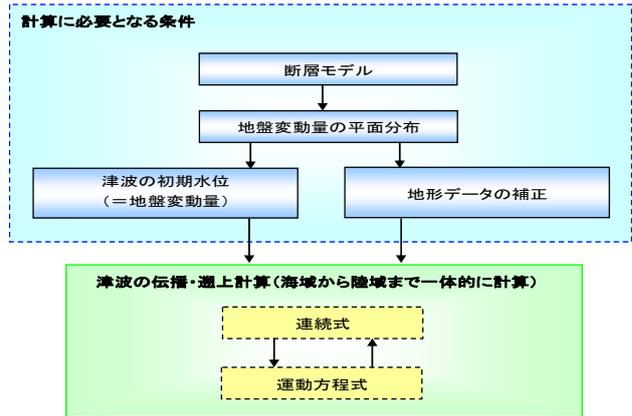


図-4 津波シミュレーションの流れ

また、津波シミュレーションの実施にあたっては、既往地震津波を再現したのち、大阪湾の津波の高さが最大となるように震源の位置を移動させる等して拡張させて実施した。

その結果得られた津波最高分布図（図-5.1～3）を比較すると、大阪湾北部では想定昭和南海地震津波が最も大きくなり、大阪湾の南部では想定安政南海地震津波の方が大きくなる。また、大阪湾の代表地点における津波の高さの計算値の比較図（図-6）の整理により、淀川河口では想定昭和南海地震が最も大きくなるが、堺以南では想定安政南海地震（M8.6）が最も大きくなる結果となった。

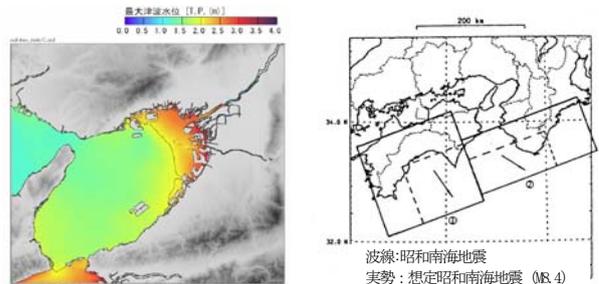


図-5.1 想定昭和南海地震津波 M8.4

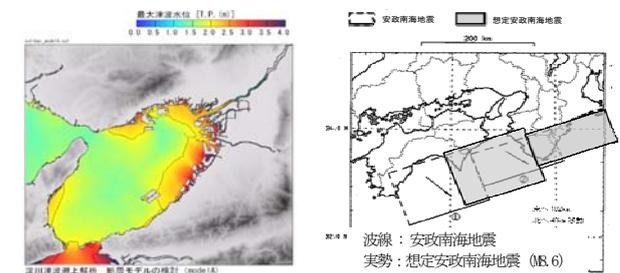


図-5.2 想定安政南海地震津波 M8.6

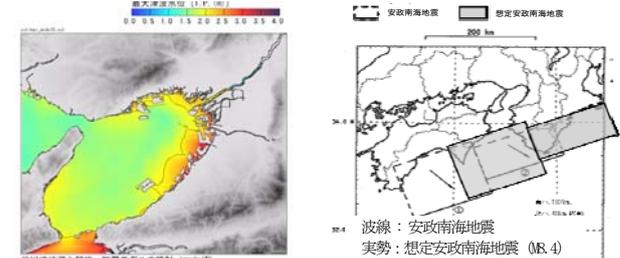


図-5.3 想定東南海・南海地震 M8.6

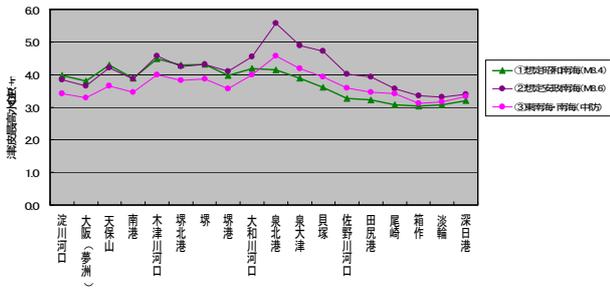


図-6 大阪湾代表地点における津波高さ（計算値）

(4)設計津波の対象津波群の設定

地域海岸の設定は、平成23年7月に通知された「設計津波の水位の設定方法等について」により設定することとあり、施設計画上の津波については、平成23年9月通知において、海岸管理者が設定する地域海岸の設計津波と同一の津波を基本として設定することとされている。

上記通知においては、設計津波の設定に関して、過去に発生した津波の実績津波高さ及びシミュレーションにより求めた津波高さから、横軸に津波の発生前、縦軸に海岸線における津波高さをとり、グラフを作成し、原則として一定の頻度（数十年から百数十年に一定程度）で到達すると想定される津波の集合を、設計津波の水位設定のための対象津波群として選定される。

従って、淀川における施設計画上の津波の選定においても、河口部付近における対象津波群を設定し、最大となる想定昭和南海地震を施設計画上の津波として選定した。(図-7)

なお、設定においては、海岸管理者である大阪府が設定する設計津波における対象津波群と齟齬が出ないように選定した。

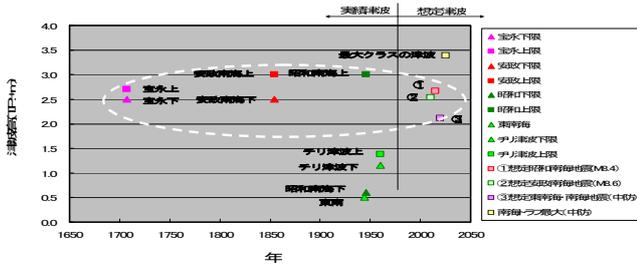


図-7 淀川河口部付近における対象津波群

(4)淀川における施設計画上の設定

(3)で選定した想定昭和南海地震津波、想定安政南海地震及び東南海・南海地震に関して、淀川大堰を全閉状態、河口の出水水位を台風期の朔望平均満潮位であるO.P.+2.2mの条件で遡上させた場合における最高の津波高を縦断的にプロットした縦断図を図-8に示す。

河口～淀川大堰区間のどの範囲においても想定昭和南海津波が高く、図-8からも想定昭和南海を施設計画上の津波として設定することの妥当性が判断できる。

以上から、想定昭和南海地震津波を淀川における施設計画上の津波として対象とした。ただし、設定にあつ

ては、算出した結果が、あくまでシミュレーションによる結果であり、実際に来襲した場合の津波の高さや周期の不確実性、波源特性により変動する可能性等を考慮して、淀川河口0.0k付近で最大となる津波高(O.P.+4.27m)及び反射波の影響により最大となる淀川大堰付近(O.P.+4.37m)を結ぶラインとし(図-9)、堤防高等との比較の為の照査外水位として設定した。

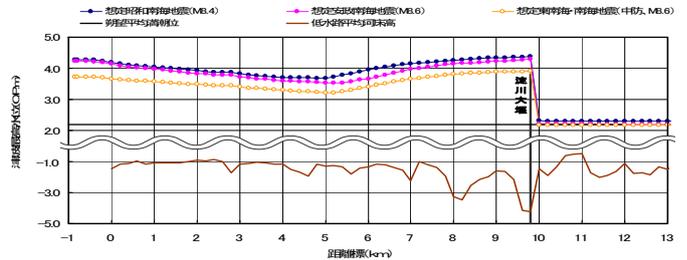


図-8 最高津波水位縦断図

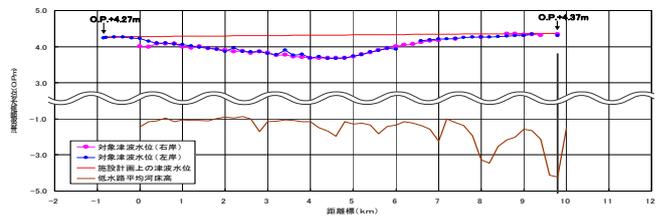


図-9 淀川における施設計画上の津波の設定

3. 淀川大堰への津波遡上

(1)施設計画上の津波における特性

施設計画上の津波として設定した想定昭和南海地震津波の特性について述べる。

淀川大堰を全閉状態とした場合、紀伊半島沖で発生した地震津波の第1波は、およそ120分で淀川河口に到達し、その後25分程度で淀川大堰まで到達する。また、第1波の津波が最も大きく淀川河口においてO.P.+約4.2m、淀川大堰付近においてO.P.+約4.3mとなる。

(図-10、11) また、流速に関しては、河道中央付近が大きく、流速2.5~3.0m/s程度となる。(図-12)

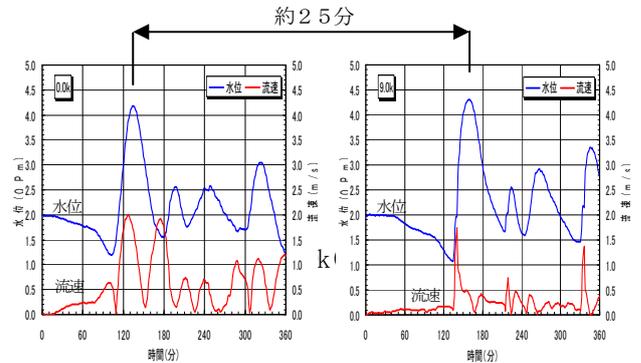


図-10 0.0k(河口)と9.0k(大堰下流)の津波水位



図-11 最高津波水位分布図

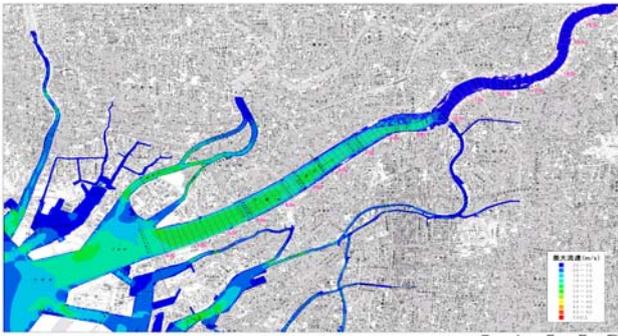


図-12 最大流速分布図

(2) 遡上した津波に対する淀川大堰の効果

淀川大堰は、①塩水の遡上を防止する潮止め機能、②都市用水等の取水や大川、神崎川へ維持用水を流入させるために必要な水位保持機能、③渇水時の都市用水を確保するために必要な調整池機能を目的として設置されたものであり、津波時においてもその目的を果たせることが望ましい。ここでは、津波発生時において、ゲートを全閉にしたケース1と調節ゲートを一部開けて、上流から大堰に到達する平水流量193m³/sをそのまま下流へ流下させたケース2（図-13）とで津波が遡上した場合における影響を比較する。ケース1では、ゲートを全閉にしている為、上流からの流入量によりゲート天端を越流し、淀川大堰の直上流でO.P.+約4.0mの高さとなり約3km上流までの一部の高水敷より高くなる。一方ケース2においては、淀川大堰の直上流でO.P.+約3.5mの高さとなり、ケース1と比較して約50cm低く、浸水する高水敷も少ない。（図-14-1,2）

ケースNo.	模式図	河川流量	淀川大堰条件			水位	
			調節ゲート	制水ゲート	毛馬水門	堰下流 (潮位)	堰上流
1		193m ³ /s	全閉	全閉	全閉	O.P.+2.20m	O.P.+3.80m 淀川大堰全閉時におけるゲート天端高
2		193m ³ /s	開	全閉	全閉	O.P.+2.20m	O.P.+3.15m 平常時の概ねの管理水位

図-13 検討ケースと諸条件

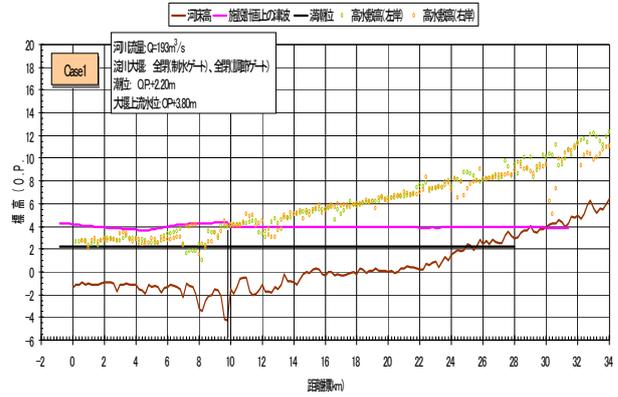


図-14-1 ケース1 最高津波水位縦断面図

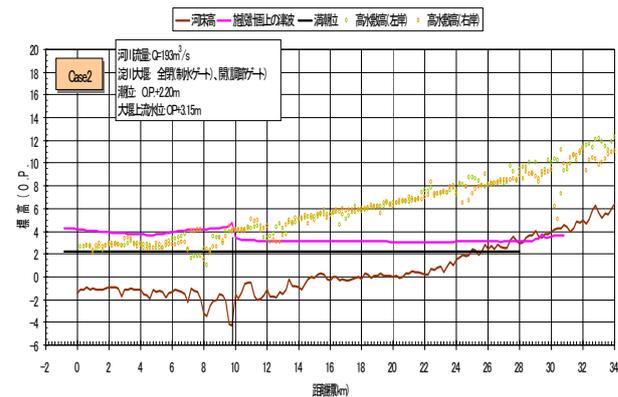


図-14-2 ケース2 最高津波水位縦断面図

4. 今後の課題

今回の検討においては、施設計画上の津波に対して、淀川を遡上させた場合における津波高さを算出し、淀川大堰の効果を検討したが、津波遡上時における最適な待ち受け方法については、塩水に対する遡上影響やゲートに対する応力照査等の構造検討、実際のゲート操作時間を考慮した運用方法を詳細に検討した上で、決定する必要がある。また、大堰を超えて塩水が遡上した場合において、水道用水や工業用水の取水に対して一刻も早くその影響を緩和出来るよう、津波遡上後の効果的なゲート運用方法も関係機関と調整しながら検討をしていく必要がある。

また、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津波、いわゆる「最大クラスの津波」に対しても、津波による災害の防止又は軽減が効果的に図られるようにするため、都道府県知事が設定する津波浸水想定等とともに、淀川における河川管理施設等がその減災の一助となるよう、関係機関と緊密な調整を行いながら、今後の詳細検討と具体的な対応方法の設定が必要となっている。