

河川への遡上津波対策に関する緊急提言

平成23年8月

河川津波対策検討会

はじめに

東日本大震災では、沿岸域を襲った津波により未曾有の大災害を生じた。海岸のみならず、河川を遡上し流下した津波(以下、河川津波という)が河川堤防を越えて沿川地域に甚大な被害をもたらした。

現在、沿岸域における津波防災の議論が各方面でなされているが、沿岸域における津波防災を考える上で、海岸での防御と一体となった河川津波への対策が重要であることを認識する必要がある。特に、河川はまちづくりと密接に関連した公共空間であり、津波防御の面からも、まちづくりの面からも、河川は津波防災まちづくりに重要な役割を有している。

本提言は、東日本大震災における津波災害に鑑み、海岸保全に関する検討、津波防災まちづくりに関する検討等と整合を図りつつ、東北地方を中心とした被災河川における早期の復旧・復興対策に資するべく、また全国における河川津波対策が円滑に進むよう、河川津波対策の考え方について緊急的にとりまとめたものである。

1. 河川津波対策の基本

(1) 河川管理における津波の位置付け

河川津波は、洪水、高潮と並んで計画的に防御対策を検討すべき対象と位置づけるべきである。沿岸域の津波の襲来と河川への遡上は一連の現象である。河川津波対策は、これまで個々の河川において検討実施されてきたが、今後、河川管理においても海岸管理と一体として計画的に対応すべきである。

「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中間とりまとめ」においては、津波対策を構築するにあたっての想定津波の考え方として、基本的に次の二つのレベルの津波を想定することを示している。

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津波である。津波堆積物調査や地殻変動の観測等をもとにして設定され、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とされている。今般の東北地方太平洋沖地震津波は、地域によってはこのクラスに相当するとされており、本提言では「最大クラスの津波」と称する。

もう一つは、海岸堤防など構造物によって津波の内陸への侵入を防ぐ海岸保全施設等の整備を行う上で想定する津波であり、最大クラスの津波に比べて発生頻度は高く、津波高は低いものの大きな被害をもたらす津波とされている。本提言では、「施設計画上の津波」と称する。

(2) 河川管理における施設の諸元等を定める津波

河川管理における施設の諸元等を定める津波を「施設計画上の津波」とすべきである。施設計画上の津波に対しては、海岸における防御と一体となって河川堤防、津波水門等により津波災害を防御する必要がある。

「最大クラスの津波」は施設対応を超過する事象として扱い、津波防災まちづくり等と一体となって減災を目指す事象と考えるべきである。

(3) 津波の特性の理解と科学的な知見に基づく対策の立案

突発的に発生する地震に起因する津波は、気象現象に引き続いて発生する洪水・高潮とは異なる防災上の対応を必要とする。一方、今次の津波対策の検討に当たっては、実証的資料の収集と、科学技術に基づく予測を駆使した検討が進められている。今後の河川津波対策に当たっても、津波の特性を十分理解するとともに、科学的な知見に基づいて対策の検討を行うことが重要である。

2. 「施設計画上の津波」に対する河川津波対策

(1) 津波防御の考え方

施設計画上の津波に対する津波防御の方式としては、堤防方式あるいは津波水門方式が一般的である。

津波防御の方式としては、堤防方式と津波水門方式を基本とするが、社会的な影響、経済性、津波水門の維持管理及び操作の確実性、まちづくりの観点を含めて総合的に検討した上で判断するものとし、他の手法等についても必要に応じて検討すべきである。なお、湾口防波堤等が建設される場合は、それを河川津波対策の計画において考慮する必要がある。

(2) 河川管理における津波外力の扱い

河川における水理現象から見て、津波は明らかに洪水や高潮とは異なる外力である。そこで、河川管理における津波外力の扱い方を整理することとし、ここでは高潮との対比で記述する。

高潮対策においては、高潮区間の堤防の高さは、計画高潮位に波浪の影響を考慮して必要と認められる値を加えて設定される。また、その高さを確保することで波浪の越波による破堤を防止する。河川津波対策においても、堤防の高さを確保することにより、施設計画上の津波の遡上・流下に伴う氾濫を防止する機能を確保するとともに、津波の越流による破堤を防止することは高潮対策と同様である。

河川堤防の構造については、河川管理施設等構造令（以下、構造令という）では「計画高潮位以下については流水の通常的作用に対して安全な構造とすること」とされており、「波浪の影響に対しては、必要に応じて表法面に護岸等を設ける、または天端、裏法面をコンクリートで被覆する等の措置を講じること」とされている。構造令の「流水の通常的作用」とは、高潮位による堤体への浸透作用、及び高潮の流水による堤体・堤脚への浸食作用である。また、波浪の影響とは、堤体への浸食作用である。これらの作用について高潮と津波を対比する。

- ・津波による堤体への浸透作用：高潮とは異なり津波の水位上昇の継続時間は短く堤体への浸透作用は有意ではない。
- ・津波による堤体及び堤脚への浸食作用：河川津波は非常に大きな流速と流速の変動を生じ、通常は高潮や波浪の影響よりも浸食作用が大きいと考えられる。

したがって、津波が作用する高さの範囲について、表法面等の浸食対策が必要である。

すなわち、河川津波は、高潮とは異なり浸透を考慮する必要はないことから、構造令にある「流水の通常的作用に対して安全な構造」に位置づけられる外力ではなく、流水及び波浪の浸食作用と同様に、施設画面上の津波が作用する水位以下で堤体の浸食作用に対して護岸等の構造上必要な措置を講じることで、堤防の安全を確保すべき外力である。

(3) 施設画面上の津波

施設画面上の津波は、海岸管理においては地震に伴い発生する津波群から選定された設計津波として、一連の地域海岸において設定される。施設画面上の津波は、河口が位置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べきである。

施設画面上の津波の発生時に洪水が同時生起することは極めてまれであることから、津波と洪水の同時生起は考えなくてよい。また、河川津波を計算するに当たっては河口域での潮位の条件が重要である。これらより、施設画面上の津波が河川を遡上・流下する際の河口部の水位は朔望平均満潮位を、河川の流況は平水を基本として設定すべきである。平水流量が小さい河川では、河川流量を無視することもできる。

河川流量が大きい場合、河川の流水は津波の遡上を抑制する一方で、河口域での津波水位を高くする傾向があるので、融雪等により河川流量が比較的大きい状態が長期間継続する場合には、津波水位の縦断分布の検討に当たって留意する必要がある。

沿岸域までの津波のシミュレーションは、「平成23年東北地方太平洋沖地震による津波の対策のための津波浸水シミュレーションの手引き」等に基づいて実施するとよい。その際に用いる海域の潮位は朔望平均満潮位を基本とすべきである。

施設画面上の津波を生じさせる地震発生に伴い、広域にわたる地盤の沈降が生じることがある。当該地震による河川津波の対策検討に際しては、地盤の沈降が想定される地域にある河川においては、あらかじめ河川縦横断形状や堤防の高さの変化として沈降量を見込む必要がある。広域の沈降量は、当該河川の施設画面上の津波を再現する断層モデルにより算定される値を用いて設定するとよい。

(4) 計画上の河川津波水位

河口より施設画面上の津波の遡上到達範囲を津波遡上区間として設定し、津波防御における河川堤防の高さを定めるための水位として、計画上扱う河川津波水位(以下、計画上の津波水位という)を設定すべきである。

河川の津波水位は、沿岸域から津波遡上区間までを一連の計算として津波シミュレーションにより算定することを基本とすべきである。海岸管理では、海岸堤防前面で当該地域海岸の設計津波の水位を設定するが、河川では計算より求まる津波水位を基にし、地域海岸の設計津波の水位を勘案して計画上の津波水位を設定する必要がある。地域海岸の範囲によっては、海岸沿いの計算上の津波水位が河口周辺で低くなる場合があり、地域海岸の最大値で定めた設計津波の水位と河口の水位に大きな差を生じることが考えられる。そのような場合には、地域海岸の取り方などに

ついて必要に応じて海岸管理者との調整を行うべきである。津波シミュレーションは、一連の地域海岸に河口を有する河川を一括して行うことが一般的であり、複数の河川管理者にまたがる場合には、連携して検討することが望ましい。

河川津波の特徴として、河道の法線等に応じて左右岸で水位に大きな差を生じることがあるため、計画上の津波水位は左右岸別に定めることを可能とすべきである。

河川津波に関する津波シミュレーションには、非線形長波の2次元津波遡上計算を採用して実施するとよい。津波が波状段波として河川を遡上する場合には、津波先端部の水位は部分的には計算よりも高くなる。、高くなる部分の継続時間は一般の波浪と同程度であり、仮にその部分が越波するとしても、波浪による部分的な越波と同様に堤防の構造で対処できるものである。したがって、津波水位の検討に当たっては、波状段波の発達による部分的な水位上昇を通常考慮する必要はない。なお、波状段波の発達が顕著な場合には、津波の遡上距離が増大し、また構造物に衝突する際の波力が大きくなる場合があることに留意すべきである。

(5) 堤防の高さ

「海岸保全施設の技術上の基準を定める省令」では、津波対策としての海岸堤防の天端高は「設計津波の水位」に「当該堤防等の背後地の状況等を考慮して必要と認められる値を加えた値以上とする」と規定されている。河川堤防についても海岸堤防と同様に、津波対策としての堤防の高さは、計画上の津波水位に必要と認められる高さを加えて設定すべきである。計画上の津波水位が左右岸で異なる場合、部分的に左右岸で高さの異なる堤防とすることが合理的な場合も考えられる。そのような場合にあっても、計画を上回る洪水・高潮時の防災上の影響や堤内地の状況等を十分に勘案し、総合的に堤防の高さを検討することが重要である。

河川津波の水位は、河口から上流に向かい低下するのが一般的である。ただし、河口から上流に向かい川幅が縮小する河川では、その効果により水位低下は余り生じない。堤防の高さは、このような計画上の津波水位の縦断分布を踏まえて、合理的に設定する必要がある。

計画上の津波水位に加える「必要と認められる高さ」については、以下を勘案して設定すべきである。

- ア) 隣接する海岸堤防の高さと整合を図る。また、湾曲部等で部分的に計画上の津波水位が高くなる箇所では、洪水、高潮対策との整合を図る。
- イ) 堤防の高さと周辺のまちづくりとの関係、あるいは河川環境への影響に配慮する。
- ウ) 微地形の影響等により生じる津波水位の変動要因を考慮する。
- エ) 津波の遡上に伴う漂流物の発生状況を考慮する。

施設計画上の津波からの災害を防ぐために、現行より著しく高い河川堤防が必要となる場合には、将来のまちづくりや河川環境への影響を十分に勘案して、計画上の津波水位に加える高さを検討するとともに、場合によっては津波防御方式の再検討も必要になると考えられる。また、著しく高い堤防は構造面からも実現性が難しくなることに留意する必要がある。

(6) 河道及び河川構造物

①河道の条件

計画上の津波水位を検討する際の河道は、河口砂州のある区間を除いて将来の河川改修を見込んだ洪水防御計画上の縦横断形を基本として設定すべきである。なお、河口部の河床が低いほど津波は河川に進入しやすいので、河口砂州のある河川では、河口砂州はないものとして検討を行うことを基本とすべきである。

ただし、津波水位は、河床が高いほど高くなることが多い。そのため、津波遡上区間に河床掘削の計画があり現況の河床高が低下する場合などには、現況での津波水位が堤防の高さを上回る可能性もあることから、津波水位の検討に当たっては現況河床での津波水位に留意し、場合によっては河川津波対策のために河床掘削を優先して実施することも検討する必要がある。河口砂州上の津波水位も、河口砂州が残存する場合に高くなることがあるので、検討に当たって留意する必要がある。また、将来にわたる河口部の施設整備の状況や河口域の地形改変など、津波水位が高くなる状況を十分に勘案する必要がある。

今次の津波では、直轄河川における河床変動は河口砂州を除いて大きくはなかった。これは、河口付近の河積が大きく、かつ縦断的な河積の変化が小さいため流砂量の縦断変化が生じにくいことによると考えられる。しかし、河積の縦断変化が大きな河道区間等では津波遡上・流下に伴う河床変動も大きくなると考えられるので、津波を考慮した河道計画に当たって留意する必要がある。護岸や水制などを用いた河岸防護の検討を行う際には、津波の遡上・流下に伴う局所洗掘や流体力による河岸の被災が考えられるため、設計等に当たって配慮する必要がある。

②堤防の構造

河川堤防（土堤）の耐震設計においてはL2地震動による液状化で堤防が沈下しても、堤防の高さが外水位を上回ることが照査基準とされている。仮に、沈下量が大きくなる場合には、地盤改良等の対策により液状化に伴う沈下量を軽減することが必要とされている。

津波遡上区間において計画上の津波水位が定められた河川では、その水位が耐震設計上の照査基準となる。L2地震動に対する河川堤防の耐震対策は全国的に進んでいない現状にある。計画上の津波水位を考慮して、これまで進めている耐震対策を着実に実施することは、河川津波対策としても重要である。

「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中間とりまとめ」では、海岸堤防等の沿岸構造物に対して「設計対象の津波高を超えた場合でも施設の効果が粘り強く発揮できるような構造物の技術開発を進め、整備していくことが必要」としている。河川堤防については接続する海岸堤防の構造を勘案し、接続部分の構造に配慮すべきである。

河川津波対策として高い自立式特殊堤防が必要とされた場合には、短時間ではあっても津波の水位上昇による大きな水圧によりパイピングの発生が懸念されるので、地盤条件によってはこの点に留意する必要がある。

③堤防以外の河川構造物の構造

津波の流体力による被災が懸念されるブロック等による積みあるいは張り形式の構造物では、必要に応じて河川津波に対する安定性について検討すべきである。また、横断工作物である防潮水門、床止め、あるいは湾曲部の水門・樋門などでは津波外力の考慮が必要な場合があり、津波シミュレーションの結果を考慮して個別に補強、漂流物の影響等の検討を行う必要がある。

堰のゲートの引き上げ高、橋梁の桁下高等については、高潮区間においては計画高潮位より高くすること等が構造令に規定されている。河川津波の作用は高潮とは別に評価する必要があり、条件によっては引き上げたゲート等に作用する流体力を考慮すべきことも想定される。そのような流体力は、河道の条件により津波の波形が異なること、構造物の形式が様々であること、河口付近の土地利用（港湾、漁港の有無等）によっては船舶の衝突の可能性があることなど、個々の河川や施設によって検討すべき条件が異なる。このため、現状においては、事案毎に津波シミュレーションの結果等を考慮して個別に必要とされる検討を行うべきである。

④河川構造物の操作

堤内地に津波が氾濫しないように堤防の機能が確保されるためには、堤防に設置されている水門・樋門等の河川構造物が、津波の遡上前に確実に操作されている必要がある。一方、津波警報が発令された際には、津波の来襲が予想される水域に人が近づくことに制約を生じる。そのため、確実な操作と操作員の安全を両立できるよう、施設の操作性の確保、遠隔操作・自動化設備の整備、操作員への適切な情報提供など、水門・樋門等の確実な操作に必要な取り組みを進めることが急務である。

3. 「最大クラスの津波」への対応

社会資本整備審議会・交通政策審議会交通体系分科会計画部会緊急提言「津波防災まちづくりの考え方」においては「大規模な津波災害が発生した場合でも、なんとしても人命を守る」とされている。最大クラスの津波は河川管理における施設対応の超過事象である一方で、河川計画は超過事象への対応も含む計画であり、河川管理者は津波防災まちづくりの一員としてハード・ソフト両面の対策について総合的に検討していくべきである。

河川管理者としては、最大クラスの津波が河川を遡上・流下する際の氾濫予測等に関する情報提供を行う必要がある。施設計画上の津波を上回る津波が来襲した場合に生じる河川からの氾濫、あるいは引き波時における氾濫水の排水など、河川における施設整備は津波防災まちづくりにとっても重要な要素になると考えられる。また、施設計画上の津波に対して検討された河川堤防あるいは津波水門の計画について、津波防災まちづくりにおける被害軽減や日常生活環境等の観点から必要とされる場合には、それらを踏まえた検討を行うべきである。

4. 津波防災まちづくりの推進と河川管理の充実に向けて

(1) 河川津波対策に関する技術開発・調査研究の推進

①河川津波に関する調査研究

海域から河川に進入する津波は、高い水位に加えて大きな流速を有し、短時間に急激に変動する不定流であり、繰り返し来襲する長波の波動性等の特徴を有している。そのような水理現象を理解し、適切に河川管理として対応するために、今後とも調査研究を深めていくことが望まれる。

河川津波及びその氾濫を予測する数値シミュレーションモデルについては、河道の状況、河道からの越流及び河道への戻り流れ、河川流量、堤内地の地形や家屋・道路配置等をモデルに反映させ、解析精度の向上に取り組んでいく必要がある。

②河口域での津波の挙動と河床変動

河川津波は、河口での変形が特に大きいため、河口域における津波の挙動の把握は特に重要な課題である。そのため、津波による河口域での水理現象や河床変動等のデータの収集に努め、調査研究を進めていく必要がある。

③津波に関するデータの蓄積と河川における津波観測の強化

河川津波や堤内地への氾濫に関する研究を今後進める上で、今次津波の種々の観測データや調査記録を適切にアーカイブすることは基本的に重要な課題である。また、今次の津波においては多くの水位観測所が欠測となったが、その原因を明らかにし、河川における津波観測が確実に行われるよう強化していくべきである。

④河川堤防の構造

今次の地震災害では、液状化を中心とした大規模な被害を河川堤防に生じた。被災した堤防は高さを減じ、また強度も低下することから、越流を生じる規模の津波対策にあたっては、耐震対策は重要な課題となる。そのために必要な耐震対策技術についても、津波対策の面から改めて検討が必要となる。堤防の構造強化のような防災施設の質的な改良は、河川津波対策だけの単一目的で整備するのではなく、耐震対策や通常の堤防強化対策などが相いまった複合目的の下で着実かつ持続的に実施していくことが重要である。

(2) 津波防災まちづくりの推進のために

①都市分野との連携の強化

「最大クラスの津波」のように具体の目標の下で津波防災まちづくりを検討するためには、河川・海岸分野と都市分野の研究者・技術者が共通の知見や認識の下で、戦略的に防災まちづくりを議論することが必要である。そのためには、複数の分野にまたがり活動する研究者・技術者を育成する等、河川分野と都市分野の連携強化に努めるべきである。また、河川津波は氾濫による被害のみならず、利水への影響や係留船舶の流失など、地域社会に複合的な被害を及ぼすことを念

頭に置く必要がある。

②津波の氾濫に関するソフト施策の充実

今次の津波においても、人的被害をゼロにするために、避難に関する諸課題が取り上げられている。津波防災まちづくりにおいて避難計画は重要であり、河川管理者が積極的にその検討に参画すべきである。また、長期にわたり継続的に津波防災意識を地域が共有していくことは極めて重要で、かつ容易ではない課題である。その課題への取り組みの一つに防災教育があり、水害に関する防災教育への取り組みと並んで、津波に関する防災教育にも河川管理者が積極的に参画していくことを期待する。さらに、洪水ハザードマップ作成支援の経験を踏まえつつ、津波からの避難に有用であるハザードマップの検討・作成にも努めていくべきである。これらのソフト施策は、水害対策として治水と両輪をなす水防にも深く関わるものであり、河川津波対策においても水防の充実について検討していくべきである。

(3) 河川管理の充実に向けて

本提言では、今後の河川管理には、洪水や高潮と並んで津波を河川における計画的な防御対象に位置づけるべきことや、河川津波は高潮や洪水とは異なる特徴を持つ外力として扱うべきことを示している。これらを踏まえ、河川津波対策に関連した制度や技術基準を検討することは、全国の河川津波対策を着実に進めていく上で必要な措置と考えられ、関係部局において速やかに取り組むことを強く要望する。

河川津波対策検討会委員

佐藤 慎司	東京大学大学院工学系研究科	教授
清水 康行	北海道大学工学研究科	教授
田中 仁	東北大学大学院工学研究科	教授
戸田 圭一	京都大学防災研究所	教授
座長 福岡 捷二	中央大学研究開発機構	教授