

3.3.3 河川分野

国総研では、発災の翌日から現地調査を実施し、地震動・津波の作用による河川堤防など河川管理施設の被災状況についてとりまとめた¹⁾。さらに、津波の作用による河川堤防の被災については、被災の形態・程度の分類とその空間的分布、それらと痕跡水位縦断分布との対応、越水による堤体侵食の程度と越水の水深・継続時間の関係などについて整理し、被災の特徴について分析した。これらの結果は、随時、本省・東北地整に提供し、後述する各種委員会などの資料としても活用された。その概要を(1)に示す。

今次津波を受けて、河川管理施設に関連する委員会などとして、「河川津波遡上対策検討会」、「河川堤防耐震対策緊急検討委員会」、「東北地方太平洋沖地震を踏まえた河口堰・水門等技術検討委員会」、「北上川等堤防復旧技術検討会」、及び「関東地方堤防復旧技術等検討会」が設置された。これら委員会などの概要と主たる提言・報告等について(2)～(6)に示す。

(1) 河川堤防の被災の特徴

東北地方管内の直轄河川管理施設の地震及び津波による被災箇所数は1195箇所を上り、北は馬淵川、南は阿武隈川上流まで広い範囲で被災した。堤防被災箇所773箇所のうち、堤防決壊・崩落等の大規模な被災は北上川、鳴瀬川、阿武隈川に集中しており、「決壊・崩落」、「陥没・沈下、亀裂」の被災は、堤防被災箇所全体の約6割を占め、その延長は約66kmであった²⁾。なお、堤防が決壊した箇所は、新北上川左岸2.8kp付近（月浜第二水門取付け部）及び右岸4.2kp付近、鳴瀬川右岸0.2kp付近の特殊堤、阿武隈川河口左右岸の海岸堤防との接続部と限定的であった。破堤に次いで大きな被災は、越流に伴う堤防裏のり及び背後の堤内地盤であり、津波遡上に伴う高流速によるのり面の被災は軽微であった。

本項では、破堤に次いで大きな被災であった越流に伴う堤防裏のり及び背後の堤内地盤の侵食について、阿武隈川を対象として、津波による被災の程度と津波遡上時に作用した外力との関係を整理する。

写真-3.3.3.1は、被災直後に撮影された阿武隈川河口付近の航空写真に、痕跡水位と堤防天端高との関係、河川堤防裏のりの被災状況について、以下に従ってそれぞれの区間を示す。痕跡水位と堤防天端高との関係については、現地踏査や津波痕跡調査結果を参考

にして、水没区間、越流区間、堤防高以下遡上区間の3区間に分けた（図-3.2.2.5参照）。被災状況については、表-3.3.3.1の通り4つの被災レベルに分類した。被災レベルが記入されていない区間は特筆すべき被災が生じていない。なお、裏のり面はコンクリート等で覆われておらず、草本植物が繁茂していた。

水没区間は河口部周辺に限られ、上流に向かうに従って、越流区間、堤防高以下遡上区間が現れることから、遡上に伴い津波水位が減衰したことを確認できる。ただし、越流区間の延長は左右岸で大きく異なり、左岸では0.5km程度の延長であるのに対して、右岸では2km程度と長い。河口部右岸を除くと、亘理大橋右岸で堤防高を5m近く超える津波痕跡水位が確認されており、津波の遡上に対して湾曲部外岸側となった右岸側で津波水位が高かったことを推定できる。

河口部付近の水没区間では、河川堤防と海岸堤防との接続部において左右岸とも堤防が決壊している。その地点を除くと、左岸では0.55km地点の水門周辺で被災レベルⅢとなったが、大半が被災レベルⅠであるのに対して、右岸ではⅢ～Ⅳと被災レベルが高くなっていた。越流区間でも同様に、左右岸の被災の程度が大きく異なり、左岸側では被災レベルⅠであるのに対して、右岸側では約2kmにわたる広い範囲で被災レベルⅡやⅢとなっていた。さらに、越流区間の右岸では、被災レベルⅠであった0.8～1.2km区間の上流で被災レベルⅡやⅢの区間が生じている。



写真-3.3.3.1 津波痕跡水位と堤防高との関係及び被災状況（航空写真は国土地理院による撮影データ）

表-3.3.3.1 被災状況の分類

被災レベル	裏のり面
I	草本植物が流れの作用で倒伏しているが、剥離はほとんど見られない。
II	ガリ状の部分的な裏のり面植生の剥離・堤体の侵食が生じた状態。落堀の形成はない、または軽微。
III	全面的にのり面が侵食・崩壊し、鉛直に切り立った状態。落堀の形成を伴う場合がある。
IV	のり面が流失し、さらに天端まで侵食・崩壊が及んだ状態。落堀の形成を伴う場合がある。

亘理大橋右岸側において、その下流に比較して高い痕跡水位が確認されていたことを踏まえると、被災レベルは越流水深とある程度対応していると推察されるが、そのみで左右岸での被災レベルの差異を全て説明できるとは考えにくい。この点については、堤内地が河川側からの越流に先じて湛水することで、もしくは越流後短時間で堤内地が湛水することで、ウォータークッションの効果が働き（図-3.3.3.1）、裏のり面及び法尻の侵食が抑制されたと考えた。以下では、今次津波を対象とした津波遡上シミュレーション結果³⁾（以下、再現計算）から、被災の程度を分けた要因を定量的に検討する。

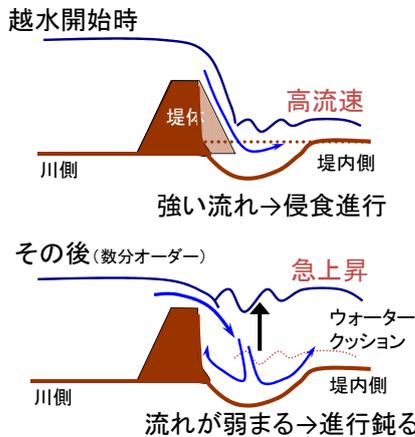


図-3.3.3.1 堤内側の水位急上昇による侵食進行の抑制イメージ

再現計算から得た津波の伝播状況を図-3.3.3.2に示す。海岸堤防を越えた津波は、左右岸とも同程度の伝播速度で遡上し、海岸堤防越流3分後には左岸側河川堤防によって津波の遡上が止まり、右岸側ではさらに遡上を続けている。左岸側堤防際では、津波が河川を遡上するのとほぼ同時に、水位が6m程度（凡例の緑系）まで上昇している。一方、右岸側堤防際では、津波が河川を遡上した後に水位3m以下（凡例が青系）の低水位領域が確認される。この堤防法線が津波遡上に対して離れていく配置となっていた右岸側では、

区間によって継続時間に差があるものの、堤内地の湛水深が小さい状態で越流が生じていたこととなる。その顕著な例が、海岸堤防越流3分後の状況であり、赤い点線で囲んだ箇所では、堤内地を遡上する津波が堤防際に到達する数分前に越流が生じている。

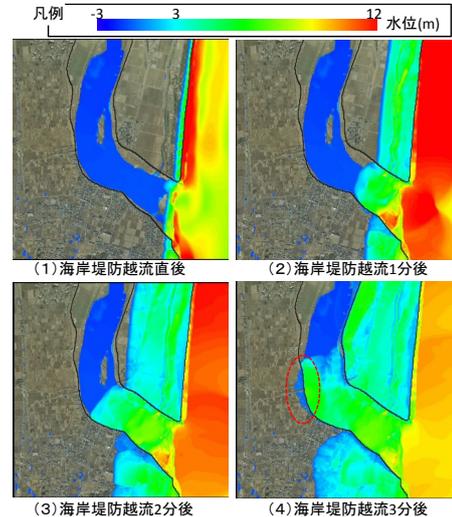


図-3.3.3.2 津波の伝播状況（背景の航空写真は国土地理院による撮影データ）

この状況を詳細に確認するため、写真-3.3.3.1の地点A～Fで河川側水位と堤内側水位の時間変化を再現計算から抽出し、越流時間や被災レベルと合わせて図-3.3.3.3に示した。越流時間等に付した括弧内の数字は、単位を秒とする越流時間及び初期越流時間である。ここで、越流時間は河川側水位が堤防高を超えている時間であり、地点Eのように堤内側水位が河川側水位を上回った場合には、その時間までを越流時間とした。初期越流時間は、河川側水位が堤防高を超えた時点から、越流水が法尻付近で跳水する程度に、堤防際が湛水までの時間とした。なお、これをウォータークッションの効果が働く湛水位と考えた。

水没区間の地点Aと地点Eでは、越流時間は同程度であり、最大の越流水深が地点Aでは約6m、地点Eでは約3mと異なるものの、河川堤防の越流に対する脆弱性を考えると、ともに大きな値である。初期越流時間を見ると、地点Aでは6分程度であるのに対して、地点Eではゼロと越流開始時点でウォータークッションの効果が働いていたことを確認できる。したがって、地点Eの被災の程度はウォータークッションによって低減されたと考えられる。

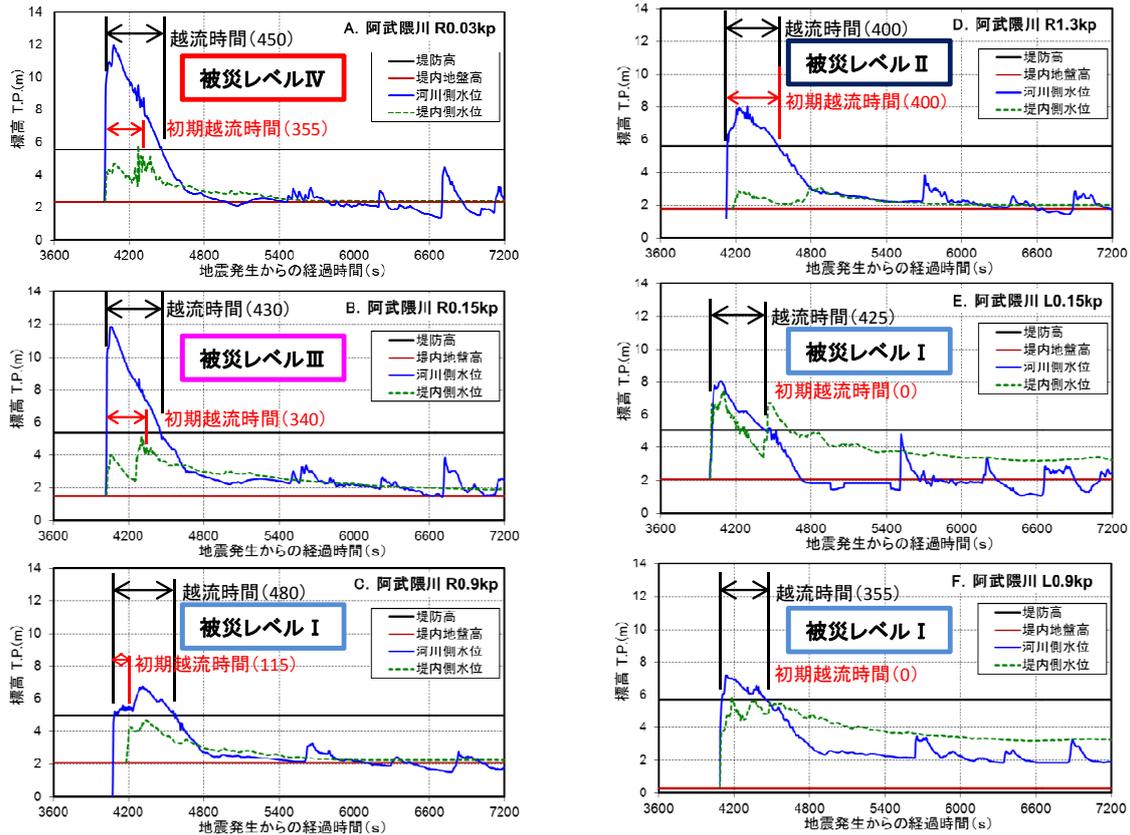


図-3.3.3.3 堤防のり尻における河川側水位及び堤内側水位の時間変化

越流区間の左右岸で比較すると、右岸側の地点 B、C、D では最大の越流水深が左岸側の地点 F に比べ大きめであるが、越流時間は 6～8 分程度と左右岸で大きな差はない。初期越流時間で比較すると、地点 F でゼロであるのに対して、地点 B、C、D では 2～7 分程度と差がある。これらの越流区間の 4 断面の結果を見ると、初期越流時間が長いほど、またその間の越流水深が大きいほど、被災レベルが大きくなる。右岸で見られた区間ごとの被災レベルの違いは、地点 B、C、D の 3 断面で見たように、堤内地の湛水状況によって説明できるようである。

上記で 6 断面について確認した結果を水没区間及び越流区間の全断面で比較し、堤防の被災の程度を分けた要因として初期越流時間が重要であることを示す。

被災の程度を評価するにあたって、現地調査から大まかに分けた区間設定でなく、より客観的な指標で堤防の被災の程度を表現することを考える。堤防を堤内地盤も含めて 10m 間隔で輪切りにした断面を作成し、裏のり面及び堤内地盤について侵食された面積を欠損面積とする。欠損面積を、図-3.3.3.4 の中央付近に示す裏のり基準断面積で割り、欠損割合とする。堤防の欠損割合を算定するにあたり、地震の影響で生じた地盤の水平・鉛直変位を補正した、地震発生前後の航

空測量データ及び定期横断測量成果を用いた。堤防欠損量を踏査結果に代えて用いるにあたり、両者の関係を比較した (図-3.3.3.4 参照)。被災レベル I のほとんどが欠損割合 0-2% であり、被災レベル IV は全て欠損割合 100% 以上となっている。被災レベル II と III は異なる欠損割合に分散しているが、II は小さい欠損割合に多く、III は大きい欠損割合に多くっており、欠損割合は被災の程度と整合する。このことから、被災レベルに代えて、欠損割合を用いることができると考える。

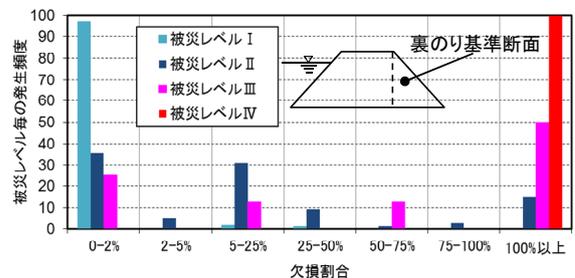


図-3.3.3.4 堤防の欠損割合と被災レベルの関係

図-3.3.3.5 は、越流時間を横軸に、平均越流水深を縦軸とし、欠損割合ごとにプロットの形状を変え、越流条件に応じてプロットした結果である。また、プ

ロットの色を分けている。ここで、平均越流水深は越流時間で生じた越流水深の平均値である。図では右上に行くほど越流条件が激しくなり堤防の欠損割合も大きくなると考えられるが、欠損割合ごとのプロットの境界が曖昧である。図-3.3.3.6は、図-3.3.3.5の縦軸を初期越流時間における越流水深の平均値とし、横軸も初期越流時間で整理し直した結果である。赤い点線で囲んだ一部の範囲を除き、欠損割合ごとの境界が明確となる。

以上の結果から、同程度の越流条件でありながら被災の程度が異なった理由は堤内地の湛水状況であり、湛水せずに越流を受けていた時間が長い断面ほど、大きな侵食を受けたと考えられた。

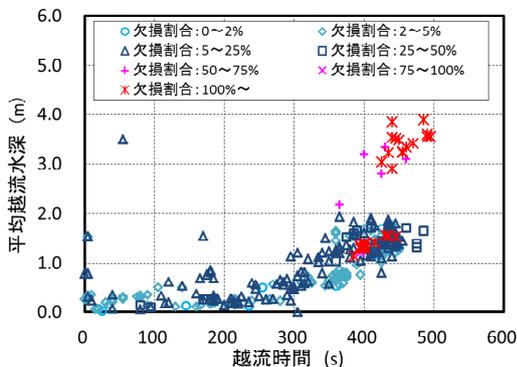


図-3.3.3.5 越流状況と堤防欠損割合との関係

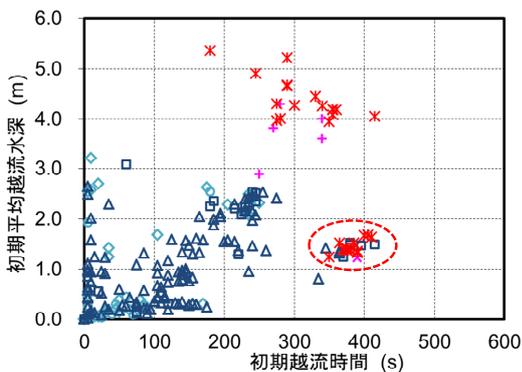


図-3.3.3.6 越流状況と堤防欠損割合との関係
(堤内地の湛水状況を考慮)

(2) 河川津波対策検討会

本検討会（座長：福岡捷二 中央大学教授）は、「河川津波に対する防災は、海岸での防御と一体として行うことが重要であり、かつ津波防災まちづくりにおいても重要な役割を有している」との基本認識に基づいて、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、河川管理における津波外力の扱い、施設計画における堤防高の考え方、津波防災まちづくり推進方策等について、緊急的に提言を行っている（平成23年8月）。国総研は、資料作成や提言とりまとめに参画している。

提言の要点は下記のとおりである。

●河川津波対策の基本

- ・河川津波は、洪水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。

- ・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」、また「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た減災の対象と考えるべきである。

●「施設計画上の津波」に対する河川津波対策

- ・河口より施設計画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、計画上の津波水位を設定すべきである。

- ・津波対策としての河川堤防の高さは、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。

●「最大クラスの津波」への対応

- ・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。

●津波防災まちづくりの推進と河川管理の充実に向けて

- ・河川津波対策に関する技術開発・調査研究の推進。例えば、河川津波の水理現象を理解し対応していくための調査研究、河川津波及びその氾濫の予測する数値シミュレーションモデルについて解析精度の向上、津波による河口域での水理現象や河道の河床変動等のデータ収集と調査研究

- ・津波防災まちづくりの推進。例えば、都市分野との連携の強化、津波の氾濫に関する避難計画の検討、防災教育への取組、ハザードマップの作成、水防の充実といったソフト施策の充実

(3) 河川堤防耐震対策緊急検討委員会

本委員会（委員長：東畑郁生 東京大学教授）は、今次地震による河川堤防の被災が、耐震性確保の必要性やそのあり方を見直す重要な機会との認識の下、今回の被災に関する知見を整理し、今後の耐震対策手法の改善等について検討を行い、今後さらに検討を深め

るべき課題も多くあるものの、河川堤防の耐震対策として取り組むべき事項を具体的にとりまとめて報告している。

国総研は、当委員会に委員であり、また資料作成や報告書とりまとめに参画している。

最終報告書の要点は下記のとおりである。

●堤防被災の特徴

・堤防被災として、基礎地盤の液状化を原因とするものが多数発生した他、これまで主眼が置かれていなかった堤体の液状化を原因とするものが多数発生した。

●被災プロセスの分析

・堤体の液状化の被災プロセスは、1)軟弱粘性土上に築堤した場合、堤体下部の軟弱地盤層の上面が圧密沈下により凹状となり、その過程で堤体の下部にゆるみが生じ、2)凹部の堤体材料が砂質土の場合には降雨等の浸透水が滞留し、堤体内に飽和した領域が形成され、3)この領域が地震動によって液状化し、剛性・強度が低下することで、堤体のすべりや天端の亀裂・陥没等の変状が生じる、と推定される。

●耐震性能照査手法の検討

・基礎地盤の液状化に加え、堤体の液状化による沈下、変形も照査の対象事象に含める必要がある。

・基礎地盤の液状化に対する照査は、従来の照査手法は実用上妥当と判断でき、直ちに手法を改める必要はないと考えられる。

・堤体の液状化に対する照査は、当面、堤体材料、堤体内水位、圧密沈下による堤体のめり込み量、基礎地盤の条件より沈下・変形の発生の有無を検討する必要がある。

●耐震対策工の検討

・基礎地盤の液状化に対する対策として、これまでに施工実績のある対策工を当面の主要な手段とし、レベル2地震動に対する具体的な設計法を確立する必要がある。

・堤体の液状化に対する対策としては、「堤体内の水位を低下させる対策」、「堤体の強度を向上させる対策」、「液状化の発生は許容するが堤体の変形を抑制する対策」が挙げられる。

・堤体内の水位を下げる対策等として、当面、ドレーン工が主な対策になると考える。ドレーン工は、沈下変形抑制効果も期待できる。

・ドレーン工の適用が困難と判断される場合には、押え盛土等、「液状化の発生は許容するが堤体の変形を抑制する対策」により堤体の沈下、変形を抑制する対策を検討する必要がある。

●耐震対策の推進

・現在まで照査及び対策が進捗していないことから、今後早急に照査を実施し、その結果に基づいて対策を行うことが必要である。

・対策工の完了までには時間を要するため、災害対応シミュレーションの実施等を踏まえて、危機管理対応を準備しておくことも重要である。

・大規模もしくは複合的な災害は、施設だけで防御することは不可能な場合も考えられるため、例えば、地震と洪水が同時に生起する災害を想定する等、施設での対応が不可能になると考えられるような災害時の対応を検討しておく必要がある。

(4) 東北地方太平洋沖地震を踏まえた河口堰・水門等技術検討委員会

本委員会（委員長：山田正 中央大学教授）は、今次地震・津波で被災した堰・水門等の調査分析結果を踏まえ、大規模地震やそれに伴う津波に対応した堰・水門等の設計や操作のあり方等を提示すべく、速やかに対応すべき事項及び技術的に確立されていないために今後、検討や研究・開発が必要な事項についてとりまとめて報告している（平成23年9月）。また、出水期を迎えるに先だって、被災した河口堰・水門等について留意すべき事項等について緊急提言がなされている（平成23年5月）。

国総研は、当委員会の委員として、資料作成や報告書とりまとめに参画している。

報告書の要点は下記のとおりである。

●堰・水門等の今後の設計・構造の考え方について

・今回の経験を踏まえて、施設設計上の津波に対して堰・水門等が保持すべき性能を規定し、施設設計の手法等を見直していく必要がある。

・最大クラスの津波来襲時にあっても、堰についてはゲートを開閉し定められた状態にできるように、水門等については扉体を閉鎖できるように、危機管理上の対応が可能な構造とすることが求められる。

・施設設計上の津波に対しての設計・構造は、堤内地の被害を最小限に抑えることを目指して、操作と併せ、一体的に検討する必要がある。

・河川津波に対する操作を行う必要がある施設では、操作員の安全確保や迅速・確実な操作のため、遠隔化、自動化、無動力化のための設備を可能な限り採用する必要がある。

●堰・水門等の今後の操作の考え方について

・堤防の機能を有している水門等は、河川津波の際に

は、ゲートを閉めることが基本となる。

・堰は多目的施設であるため、堰上流への塩水の混入による利水障害が頻繁に生じないよう、津波の規模が小さいと予想される場合には、平常時の状態のまま操作を行わず、津波の規模が大きいと予想される場合には、必要に応じてゲートを全開することを基本とするが、個別施設の操作については、想定される状況に応じて総合的に評価して判断することとする。

・予測した規模の津波が予測通り来襲する場合のみならず、予測に反して大きな津波が来襲する場合（見逃し）や、予測に反して津波が来襲しない場合（空振り）も念頭において検討することが必要である。

・操作については、ゲートの動作特性や通常時の状態、想定される津波の規模、発令される警報の種別（津波注意報、津波警報、大津波警報）、到達予想時間等を総合的に勘案し、できる限り事前に操作規則等に反映しておく必要がある。

・操作員の安全確保のため、機側操作を行うことが不適切な場合は遠隔操作を原則とし、その旨を操作規則等に記載する必要がある。

(5) 北上川等堤防復旧技術検討会

本検討会（委員長：佐々木康 広島大学名誉教授）は、今次地震及び津波の作用状況、堤防（基礎地盤を含む）の形状（地形）・土層構成・土質・護岸など構造物の設置状況など、さらに堤防の崩壊・変形・侵食などの被災状況に関する調査結果をとりまとめ、被災実態の把握に基づく堤防の被災機構及び被災機構を踏まえた堤防復旧の基本方針をとりまとめて報告している（平成23年12月）。また、迅速・的確な災害復旧工事を推進する一助として復旧方法についての方針案を提示するとともに、被災した区間・箇所の復旧が完成するまでの間の河川堤防の管理・河川管理の方針について中間報告がなされている（平成23年5月）。

国総研は、当委員会の委員として、資料作成や報告書とりまとめに参画している。

最終報告書の要点は下記のとおりである。

●本復旧の基本方針

・今次地震による堤防被災の主要因は、「閉封飽和域」、「基礎地盤」のいずれか、または両方で生じた液状化であり、これら液状化による堤防の変形抑制を基本として再度災害の防止を図る。

・液状化の発生抑制（被災の主要因の除去）

液状化の主要因となった液状化層の地下水位を低下させること、あるいは緩い砂質土層の密度を増加さ

せること、または固化することである。

・閉封飽和域の液状化が被災の主要因の箇所では、現場の条件（施工性、堤体内地下水の排水の確実性等）に応じていずれかを満足する工法、または両者を組み合わせる工法を選択する。堤体内の水位を低下させる場合には、裏法尻部にドレーン工を設置することが有効である。

・基礎地盤の液状化が被災の主要因の箇所では、地下水位を低下させることは現実的でないことから、緩い砂質土層の密度を増加させること、または固化することを優先する。

・河川毎の状況から津波による堤防の被災過程を整理すると以下のとおりと考えられる。

・津波被災区間においては、地震における堤防崩壊等の大規模な被災は受けていなかったと推定される。ただし、液状化による基礎地盤及び堤防の弱体化が、その後の津波による被災の程度に影響を与えた可能性は否定できない。

・「土堤」あるいは「特殊堤」の川裏側に盛土した部分の被災過程は、越流した津波の流れ（堤防横断方向）または堤防法尻に沿った縦断方向の流れによってのり面及びのり尻近傍（法尻に近いのり面やのり尻に接する基礎地盤表面）が洗掘され、法面部分の土が自立できなくなって局所崩壊が起こり、さらに洗掘され崩壊が進行する進行性の崩壊を起こし、最終的に土を用いた部分が流失するに至ったと推定される。

・津波対策として表面被覆（護岸等）または浸食、洗掘されてもある程度の断面形状を保持することが可能な堤防断面の確保が考えられるが、周辺への影響等から大幅な断面の拡大は困難である。したがって、表面被覆と可能な範囲での断面確保（拡大）を対策の基本的な考え方とする。

(6) 関東地方河川堤防復旧技術等検討会

本検討会（座長：東畑郁生 東京大学教授）は、出水期に向けた確実な対応及び今後の震災対策の円滑な実施のため、堤防の被災状況調査、復旧工事に向けたメカニズム検討、今後の河川堤防等の地震対策に向けた知見、出水期に向けた河川管理及び効果的な水防のあり方等についてとりまとめて報告している（平成23年9月）。

国総研は、当委員会の委員として、資料作成や報告書とりまとめに参画している。

報告書の要点は下記のとおりである。

●復旧工事について

・大規模被災箇所の本復旧の基本方針は、「同等の地震を受けたとしても中規模被災以下に止まる」ことを目的として、液状化対策を行う。

・堤体の液状化対策は、ドレーン工を基本対策工とするが、液状化層の位置・範囲、地下水位（堤体内水位）、経済性等に考慮し、ドレーン工以外に地盤改良工の適用も検討する。

・基盤の液状化及び堤体・基盤の複合型の液状化対策は、鋼矢板工をそれぞれ基本対策工としているが、基盤の地質状況や堤防の切返しの有無、経済性等に考慮し、地盤改良工の適用も検討する。

・構造物周辺の液状化対策は、基礎地盤の状況や経済性等に配慮し、鋼矢板工及び地盤改良工を比較し選定する。

●出水期の対応について

・地震による見えない亀裂・ゆるみも考えられ、そこから浸透による堤防決壊の恐れもあることから、巡視等により堤防の異変を早期に発見し、水防工法など適切かつ臨機の対策を速やかに実施することが極めて重要である。

・例年行っている出水期の対応に加えて、水防団待機水位等の基準水位や重要水防箇所の見直しによる水防団等の早期出動対応や河川巡視の強化、堤防被災と暫定対策状況を踏まえた水防工法の想定及び必要な資機材の配置を行うとともに、現地への看板設置や自治体の公報等を通じた住民への情報提供及び情報収集体制の強化を行っている。

・過去に例がない状況で出来る限りの対応をとってきているが、今後の出水状況や監視の結果を踏まえ、必要に応じた対応を臨機に実施していくべきである。

●今後の地震対策に向けて

（当面実施すべき対策）

・出水期後の本復旧にあたっては、本検討における被災メカニズムの分析等を踏まえた適切な対策工法の迅速かつ確実な実施

・堤防の耐震性の照査が未実施の区間について、早急な照査の実施及び対策が必要な区間において本検討を踏まえた適切な耐震対策の実施

（今後検討すべき課題）

・早期復旧を行うため、備蓄箇所の整備も含めた平時からの資機材備蓄計画の検討

・迅速な復旧及び本復旧までの間の河川巡視のマニュアル作成等を含めた体制の検討

・被災メカニズム等を踏まえた周辺市街地への影響や広範な地域における被災及び出水期直前の被災を想

定した被害規模抑制対策の検討

参考文献

- 1) 服部敦、福島雅紀：津波による堤防等河川管理施設の被害、土木技術資料、第53巻、第8号、pp. 22-27、2011
- 2) 国土交通省東北地方整備局北上川等堤防復旧技術検討会：北上川等堤防復旧技術検討会報告書、pp. 19-30、2011
- 3) 河川津波対策検討会：河川遡上津波のシミュレーション結果、第2回配布資料、http://www.mlit.go.jp/river/shinngikai_blog/kasentsunamitaisaku/index.html、2011.

参考になるホームページアドレス

- 1) 河川津波対策検討会：「河川への遡上津波対策に関する緊急提言」について
http://www.mlit.go.jp/report/press/mizukokudo03_hh_000376.html
- 2) 河川堤防耐震対策緊急検討委員会
<http://www.jice.or.jp/sonota/t1/201110240.html>
- 3) 東北地方太平洋沖地震を踏まえた河口堰・水門等技术検討委員会
<http://www.jice.or.jp/sonota/t1/201106150.html>
- 4) 北上川等堤防復旧技術検討会
<http://www.thr.mlit.go.jp/Bumon/B00097/K00360/taiheiyuokijishinn/kenntoukai/index.htm>
- 5) 関東地方河川堤防復旧技術等検討会
<http://www.ktr.mlit.go.jp/bousai/bousai00000057.html>