

地震と洪水の複合災害回避のための 復旧支援計算プログラムの開発

林 典宏・板垣 修

1. はじめに

これまでに経験したことのないような豪雨・洪水災害が各地で頻発する一方、南海トラフ地震や首都直下地震といった大規模地震発生への切迫性が指摘されている。また、平成30年9月5日に台風21号が北海道を通過しその翌日未明に平成30年北海道胆振東部地震が発生した事例や、平成16年新潟県中越地震のように、地震発生前後1ヶ月以内に洪水が発生した事例は過去110年の間に22回発生している（平成27年国土技術政策総合研究所（以下「国総研」という。）調べ）。

複数の災害が相互に影響しうる複合災害のうち、地震被災後の復旧期間中に洪水が発生する場合、通常氾濫が発生しない降雨でも氾濫が発生する恐れがあり、水害リスク分布が変化する（図-1）。これは洪水被災後の復旧期間中の洪水災害でも同様である。広範囲にわたる河川管理施設の甚大な被災があった場合、復旧資機材・人員に限りがある中で、復旧の優先順位等を判断するために必要な水害リスク情報の作成・活用手法は確立されていない。このため、複合災害対策研究の手始めとして、地震被災からの復旧期間中に発生しうる洪水を対象とした複合災害対策について研究した。なお、発生頻度が相対的に低い複合災害対策を目的とした施設整備・設計基準見直しは現実的ではないため、危機管理対応を対象に研究を行った。

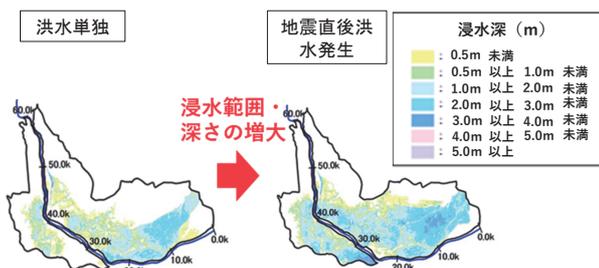


図-1 洪水単独災害と地震と洪水の複合災害の氾濫シミュレーション比較¹⁾

本研究では首都直下地震のような大規模地震を対象として、一級河川国土交通大臣管理区間のモデル5河川（延長約250km）において地震により被災した河川管理施設の復旧期間中に発生しうる洪水時の被害想定を行った。さらに河川管理施設の緊急復旧により見込まれる氾濫被害軽減量を試算することで、緊急復旧区間の優先順位検討を支援する計算プログラム（以下「計算プログラム」という。）を開発した。

2. 復旧支援計算プログラムの概要

2.1 計算プログラムに必要な機能

緊急復旧の優先順位検討にあたっては、緊急復旧箇所ごとの水害リスク低減効果を考慮することが重要である。そこで、本計算プログラムでは以下に示す4つの目標を設定した。

- (1)地震からの復旧期間中の洪水発生を念頭に、地震発生による河川管理施設等の被災状況に基づく水害リスク分布の迅速な把握
- (2)上記水害リスク分布に基づく河川管理施設の復旧優先順位の迅速な検討
- (3)復旧期間中の避難所の検討等に必要なりスク情報の関係機関での共有
- (4)緊急復旧用備蓄資機材の配置計画検討時に参考となる水害リスク分布の提示

(1)～(3)は、地震と洪水の複合災害回避のための政策判断を支援するため、地震発生時の危機管理担当者による利用を想定し、(4)は、平常時の復旧用備蓄資機材配置計画担当者等による利用を想定している。

2.2 計算プログラムの概要

本計算プログラムは、国総研プロジェクト研究「超過外力と複合的自然災害に対する危機管理に関する研究」¹⁾（平成24～26年度）の一部研究成果及び既存の手法、デジタルデータを組合せ、平成30～令和元年度に開発した。地震発生時に堤防等の河川管理施設等並びに堤内地の家屋が被災した状況下において洪水が発生した場合の被害想定（氾濫シミュレーション）及び被災した堤防の

緊急復旧による水害リスク低減量の評価を行い、被災した河川管理施設の緊急復旧箇所の優先順位検討を支援する。また、想定地震の震度分布を入力することにより、地震によって変化する水害リスク分布の把握が可能となるため、復旧用備蓄資機材の配置計画検討や、防災担当職員の研修教材としての活用が見込まれる。以下、図-2に示す本計算プログラムの計算フローに沿って、各機能について紹介する。

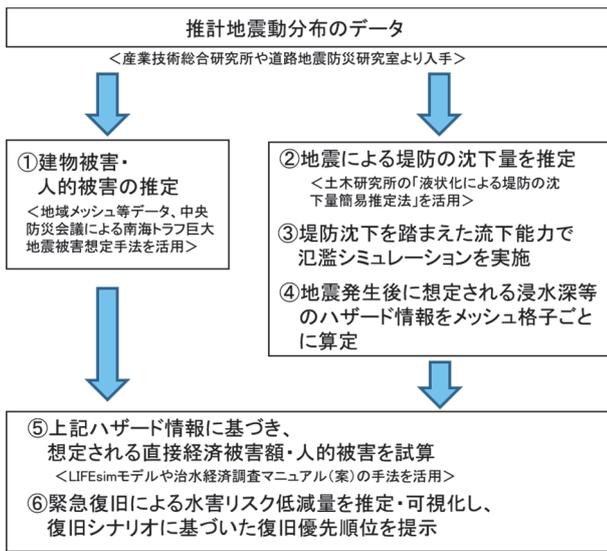


図-2 本計算プログラムの計算フロー

2.3 地震発生による建物被害・人的被害の推定

地震発生による建物被害・人的被害の推定にあたっては、総務省統計局による住宅・土地統計調査及び国勢調査等から整理した各メッシュの構造別・建築年代別建物棟数及び年齢階層別人口を用いて、中央防災会議の手法²⁾に基づき、250mメッシュごとの木造・非木造建築物の全壊棟数を推定し、建物内死者数及び自力脱出困難者数を算出する。推計地震動分布のデータについては、国立研究開発法人産業技術総合研究所の「QuakeMap」³⁾や国総研道路地震防災研究室⁴⁾より入手する。なお、被害が最大となる場合を推定するため、全住民が屋内に留まっている夜間を想定している。

2.4 地震による河川管理施設被害の推定

地震による河川管理施設被害の推定にあたっては、250mメッシュ上に堤防位置を対応させ、推計地震動分布と重ね合わせることで堤防箇所の地震動を推定する。地震による堤防の沈下量に

ついては、堤防耐震照査における三次点検で評価された沈下量を基本とし、三次点検が実施されていない箇所では、国立研究開発法人土木研究所の液状化による堤防の沈下量簡易推定法⁵⁾により、堤防の形状や震度に応じた沈下量を概略推定する(図-3)。なお、沈下量は手入力することも可能であり、現場点検による堤防沈下量の実測値や、緊急復旧の進捗に応じた値を入力する機能も備えている。また、耐震対策が未実施または不明な樋門・樋管のうち震度5弱以上の揺れに見舞われたもの、想定洪水時に氾濫危険水位が8時間以上継続するものについては、機能不全である可能性を参考表示する機能を有している。

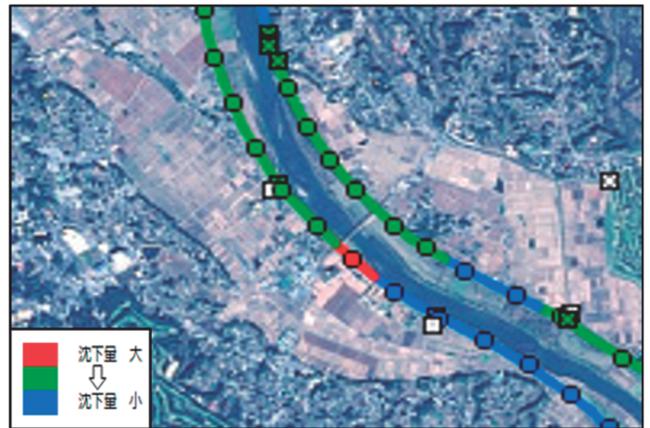


図-3 地震による堤防沈下状況の表示例 (背景出典：国土地理院 地理院地図)

2.5 氾濫流量・水量と洪水被害の関係整理

図-2の③～⑤を実施するにあたり、地震による堤防沈下後の洪水被害の大きさの推定を迅速に行うため、ピーク氾濫流量・氾濫水量と被害の大きさとの関係式を事前に導出し、洪水規模別被害の大きさを推定することとした。同式は、一連の浸水想定区域のうち、地形や構造物等により区分されるひとまとまりの区域(以下「氾濫ブロック」という。)ごとに、破堤点を氾濫ブロック内の被害が最大となる1地点に設定(固定)し、5つの降雨規模の洪水氾濫シミュレーションを実施し(図-4)、非貯留型氾濫域(流下域)の合計被害とピーク氾濫流量、並びに貯留型氾濫域(湛水域)の合計被害と氾濫水量との関係式として導出した(図-5)。なお、メッシュ別最大浸水深に基づく直接経済被害額・死者数の想定は、国土交通省水管理・国土保全局の治水経済調査マニュアル(案)及び水害の被害指標分析の手引に拠った。

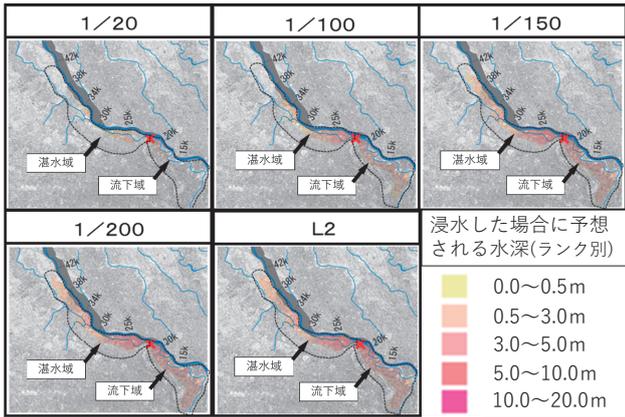


図-4 事前の洪水氾濫シミュレーションの例
(背景出典：国土地理院 地理院地図)

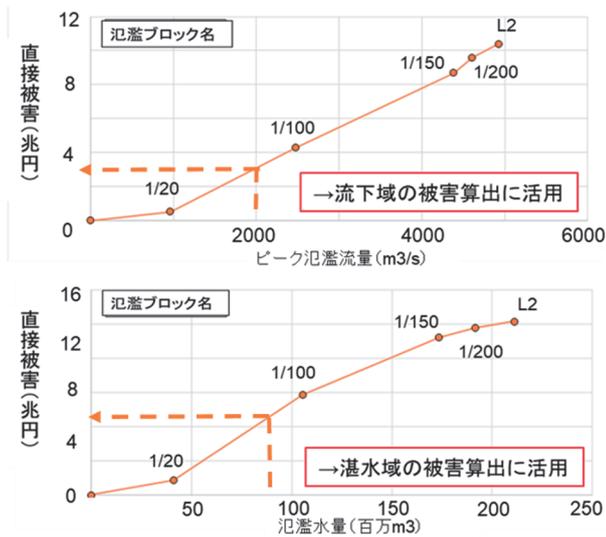


図-5 ピーク氾濫流量・氾濫水量と被害の大きさの関係例

2.6 洪水規模別被害の大きさの推定

地震による沈下後の堤防高さに基づいて氾濫ブロックごとの最小流下能力地点を抽出し、当該地点の破堤敷高等から洪水規模別ピーク氾濫流量及び氾濫水量を算定し、これらの値と2.5で導出した関係式より氾濫ブロックごとの洪水規模別被害の大きさを推定する。氾濫ブロックごとのピーク氾濫流量は河道内の一次元不定流計算及び本間の越流公式に基づき、氾濫水量はポンドモデルに基づき算定した。

2.7 復旧優先順位の検討

緊急復旧による水害リスク低減量を推定・可視化し、モデル5河川の合計26氾濫ブロックにおいて、以下に例示する復旧シナリオに基づく復旧優先順位の迅速な検討を可能とする機能を開発した。(復旧シナリオ設定例)

- (a) 人的被害の低減効果の高い順に復旧
- (b) 直接経済被害額の低減効果の高い順に復旧
- (c) 流下能力が低い順に復旧
- (d) 人的被害ポテンシャルの高い順に復旧
- (e) 直接経済被害ポテンシャルの高い順に復旧

緊急復旧は計画高水位 (HWL) までとした。地震後堤防高での被害想定と緊急復旧の段階ごとの被害想定之差から被害低減効果を算定することにより、より重視する被害低減効果を早期に発現しうる復旧順序を見極めることが可能となる。

3. 試算例と今後の展開

3.1 復旧シナリオ別被害軽減効果の比較

地震規模マグニチュード7.3、最大計測震度6.6程度の想定地震に基づき本計算プログラムによる試算を行い、復旧シナリオ別被害軽減効果を比較した。復旧土量ごとの直接経済被害額低減効果(年平均期待値)を比較したところ、流下能力の低い箇所から復旧するシナリオは、被害額低減効果の高い箇所から復旧するシナリオに比べて、効果が小さくなった(図-6)。最終的な被害軽減効果はどのシナリオでも同じとなるが、複合災害リスクを迅速に低減するには、リスク分布を踏まえた優先順位に基づく復旧が重要であり、本計算プログラム導入が有効と考えられる。なお、全区間最低限HWLまで緊急復旧することとしたため、上流の堤防復旧による氾濫防止が下流の洪水流量増大につながることもあり、復旧土量の増加にもかかわらず効果が一部減少している。

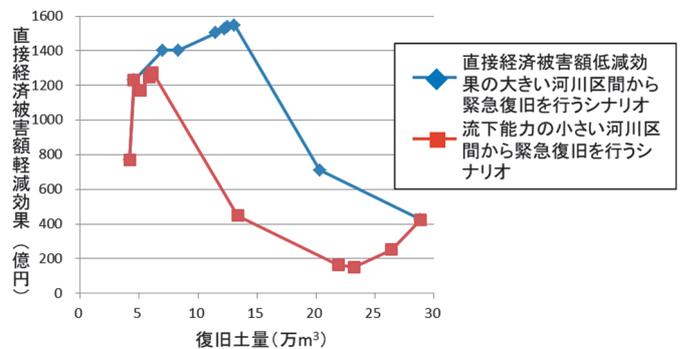


図-6 直接経済被害額軽減効果と復旧土量の関係例

3.2 計算プログラムの改良と今後の展開

3.2.1 活用しやすさの向上

本計算プログラムが提供する水害リスク情報の河川管理者、自治体の防災担当者等による活用しやすさについて引き続き聞き取り調査などにより確認するとともに、必要に応じて改良を行うことが考えられる。また、使用者のフィードバックを通じた計算プログラムの操作性改善を図るとともに、研修等の機会を活用し、本計算プログラムを用いて複合災害時の状況を事前把握することで防災担当職員や若手現場職員等の危機管理能力向上を図る方法について検討することが考えられる。

3.2.2 堤防沈下量の推定精度の検証

震度5弱以上の地震が発生した場合の現地調査結果について地方整備局に提供いただき、本計算プログラムによる推定結果と比較することで、堤防沈下量推定精度の検証等を継続的に行っていく必要がある。

3.2.3 津波を考慮した手法の検討

本計算プログラムにおいて津波は考慮されていないものの、事前に津波規模を設定し、河川津波の遡上距離及び遡上高を計算、河川水位に上乗せすることで、河川津波を考慮した水害リスクを推定する手法が考えられる。ただし、実際の津波発生時には推定震度分布作成前に津波が到達する可能性が高いため、想定地震による水害リスクの事前把握に留める等の注意が必要である。

3.2.4 地震発生時の危機管理対応への本計算プログラムの組み込み

堤防沈下により治水安全度が著しく低下している氾濫ブロックの提示や、当該氾濫ブロックの各降雨規模における直接経済被害額、人的被害の試算結果等を必要に応じて関係部局へ提供可能とするため、本計算プログラムを国総研内で試験運用しているが、大規模地震発生時に行政・国総研間の通信回線が途絶する可能性等を踏まえ、行政現場における本計算プログラムの活用体制の確立について引き続き意見交換・調整を行っていく必要がある。

4. まとめ

平成30～令和元年度に開発した地震と洪水の複合災害回避のための復旧支援計算プログラムの

概要及び各機能について述べた。また、活用事例とプログラムの改良方針及び今後の展開について述べた。

本計算プログラムの精度向上・運用体制の確立に向けた調整を引き続き進めるとともに、複合災害対策の検討にあたって、本計算プログラムの更なる活用方法について研究してまいりたい。

謝 辞

本計算プログラムの開発にあたり、関東地方整備局河川部、土木研究所土質・振動チーム並びに国総研道路地震防災研究室より資料を提供いただきとともに意見交換をさせていただいた。ここに謝意を表す。

参考文献

- 1) 国土技術政策総合研究所：国土技術政策総合研究所プロジェクト研究報告No.64、超過外力と複合的自然災害に対する危機管理に関する研究、p.282、2020.2
- 2) 中央防災会議：南海トラフの巨大地震による津波高・浸水域等（第二次報告）及び被害想定（第一次報告）について、2012.8
- 3) 国立研究開発法人産業技術総合研究所：QuakeMap-地震動マップ即時推定システム-<https://gbank.gsj.jp/Quake/QuickMap/index.html>
- 4) 長屋和宏、片岡正次郎、日下部毅明、松本幸司：震後対応における意思決定を支援する即時震害推測システムの開発、土木学会論文集A1（構造・地震工学）、Vol.72、No. 4（地震工学論文集第35巻）、pp. I_966～I_974、2016.5
- 5) 国立研究開発法人土木研究所地質・地盤研究グループ土質・振動チーム：液状化による堤防の沈下量簡易推定法
<https://www.pwri.go.jp/team/smd/topics-chinkaryo.html>

林 典宏



国土交通省国土技術政策
総合研究所河川研究部水
害研究室 研究官
HAYASHI Norihiro

板垣 修



国土交通省国土技術政策
総合研究所河川研究部水
害研究室長
ITAGAKI Osamu