

1. 気候変化等により激甚化する水災害を防止、軽減するための技術開発

研究期間：平成 23 年度～27 年度

プロジェクトリーダー：技術推進本部長 渡辺和弘

研究担当グループ：地質・地盤研究グループ（物理探査技術担当、地質、土質・振動）、土工研究グループ（水理）、水災害研究グループ

1. 研究の必要性

近年、局地的豪雨等により国内外において水災害が頻繁に発生しており、その原因として地球温暖化の影響が懸念されている。気候変動に関する政府間パネル第 4 次報告書によれば、水災害を引き起こす強い雨が降る頻度の上昇、台風の凶暴化およびそれに伴う高潮の激甚化等が予測されている。そのため、地球温暖化による気候変化が水災害に及ぼす影響について把握するとともに、Flash Flood に対応できる洪水予測技術の開発が求められている。

また、洪水災害を防御するためには、河川堤防の治水安全性を確保することが重要である。長大な構造物である河川堤防について迅速かつ効率的に対策を進めるには、河川堤防を堤体と地盤から成る複合的なシステムとして捉え、浸透安全性、耐震性を総合的に評価する技術の開発、および、より低コストで効果的な対策についての技術開発が必要とされている。

先の東日本大震災では、基礎地盤の液状化のみならず、新たに堤体自体の液状化が多く確認され、その対策が必要とされている。さらに、今後の河川管理においては、洪水や高潮だけでなく津波を計画的防御の対象として新たに位置づける必要性が高く、地震発生時の河川津波による流れ等に起因する災害の対策を行うことも重要である。

さらに計画規模や施設能力を超える大規模な洪水災害が発生した場合、その被害をできるだけ軽減することが極めて重要であり、洪水氾濫時の被害を軽減するための対策技術、水災害からの迅速な復興支援のための技術など河道・氾濫原の減災技術の研究が求められている。

2. 研究の範囲と達成目標

本プロジェクト研究では、地球温暖化に伴う気候変化の水災害への影響評価、短時間急激増水に対応できる洪水予測技術、堤防の浸透安全性および液状化を含む耐震性の評価技術および対策技術に関する研究を実施し、地球温暖化に伴う気象変化の影響に対する合理的な治水対策の策定や激甚化する水災害の被害の軽減に貢献することを目的として、以下の達成目標を設定した。

- (1) 地球温暖化が洪水・濁水流出特性に与える影響の予測手法を提案し、短時間急激増水に対応できる洪水予測技術を開発する。
- (2) 堤防の浸透安全性および液状化を含む耐震性を評価する技術を提案し、効果的効率的な堤防強化対策技術を開発する。
- (3) 途上国における水災害リスクの軽減を支援する手法を提案する。（平成 25 年度以降に実施の予定）。

3. 個別課題の構成

本プロジェクト研究では、上記の目標を達成するため、以下に示す研究課題を設定した。なお、課題(5) 河川津波に対する河川堤防等の被災軽減に関する研究 については、平成 24 年度に新たに追加したものである。

- (1) 不確実性を考慮した地球温暖化が洪水・濁水流出特性に与える影響に関する研究（平成 23～27 年度）
- (2) 短時間急激増水に対応できる洪水予測に関する研究（平成 23～27 年度）

- (3) 堤防システムの浸透安全性・耐震性評価技術に関する研究（平成 23～27 年度）
- (4) 河川堤防の浸透・地震複合対策技術の開発（平成 23～27 年度）
- (5) 河川津波に対する河川堤防等の被災軽減に関する研究（平成 24～27 年度）
- (6) 水災害からの復興までを考慮したリスク軽減手法に関する研究（平成 25 年度以降実施の予定）

このうち、平成 24 年度は(1)、(2)、(3)、(4)、(5)の 5 課題を実施している。

4. 研究の成果

本プロジェクト研究の個別課題の成果は、以下の個別論文に示すとおりである。なお、「2. 研究の範囲と達成目標」に示した達成目標に関して、平成 24 年度に実施してきた研究について要約すると以下のとおりである。

(1) 不確実性を考慮した地球温暖化が洪水・濁水流出特性に与える影響に関する研究

本研究では、著しく再現性の低い全球気候モデルを除外するために、観測と全球気候モデルの現在気候実験で降水量の 10 年規模の変化傾向を比較した。また、空間補間手法を双線形補間法に変えることで、統計的ダウンスケーリングの結果を改善した。MRI-AGCM3.2H のアンサンブル気候実験を用いて統計的ダウンスケーリングを行って、不確実性を考慮した降水量変化について議論を始めた。力学的ダウンスケーリング手法については、フィリピンのパンパンガ川流域を対象としモデルを構築した。まず、NCEP 客観解析を用いて台風とともに豪雨の再現を試み、地上雨量観測と良く一致する雨量を再現することを確認した。さらに、MIROC5 による現在気候実験データを用いた力学的ダウンスケーリング実験を行うため、必要なデータ変換手法を開発し、実験に着手した。

(2) 短時間急激増水に対応できる洪水予測に関する研究

本研究では 発展途上国における短時間急激増水に対する洪水予測を実現するため、全球数値気象予報モデルの物理的ダウンスケーリングを実施することで降雨の時空間分布を把握し、その情報をもとに降雨流出氾濫モデル(以下、RRI モデル)を用いて河川の流出や氾濫形態までを一体的に予測する検討を進めている。本年度は、観測データを同化することで予測精度を向上させると同時に、アンサンブルで予測の信頼性を評価するアンサンブルカルマンフィルターの領域気象モデルへの導入について研究を開始した。また、RRI モデルの開発については、蒸発散の影響を考慮しながら RRI モデルを長期連続的に実行するためのモデル改良とその計算精度を検証した。

(3) 堤防システムの浸透安全性・耐震性評価技術に関する研究 ①

本研究では、まず、浸透安全評価に関する検討として、内部侵食に関する模型実験と樋管周辺堤防の被災事例分析及び数値解析を実施した。内部侵食に関する模型実験からは、内部侵食の発生条件は単に細粒分の多寡だけでなく粒度分布の影響を受けていることが明らかとなった。また、樋管周辺堤防の被災事例分析からは、函体自体の止水性と函体周辺の空洞及びゆるみが同時に生じると致命的な漏水に繋がる可能性があることを開削調査の結果及び数値解析から明らかにした。次いで、耐震性評価に関する検討として、東北地方太平洋沖地震による被災事例分析、動的遠心模型実験により堤体の液状化による被災メカニズムの検討、堤体の液状化に関する静的地盤変形解析の検討を実施した。

(4) 堤防システムの浸透安全性・耐震性評価技術に関する研究 ②

本研究は基礎地盤の浸透安全性の評価のため、河川堤防基礎地盤を効率的かつ詳細に調査する手法を検討している。平成 24 年度は天竜川下流域を対象に河川周辺の微地形と基礎地盤の地質との関係を分析し、その結果を用いて地質推定の高精度化を試みた。また、土層強度検査棒による高密度サウンディング調査をある河川の地盤漏水箇所周辺に適用したところ、同一地形区分域において堆積物の帯状構造が明らかになり、漏水原因の推定に有効であった。

(5) 堤防システムの浸透安全性・耐震性評価技術に関する研究 ③

本研究では、堤防システムの縦断方向の2次元断面構造をイメージングする統合物理探査に加えて、堤防横断方向の2次元断面構造を把握することが可能なトモグラフィ探査手法について検討を加えた。また道路通行振動雑音レベルが大きな区間でも適用可能な受動式表面波探査について現地適用探査を実施した。その結果、トモグラフィ探査とコーン貫入試験に代表されるサウンディングを組み合わせることで、横断方向の不均質構造を1 m程度以下の解像度でイメージングすることが可能であること、受動式表面波探査によって、高い作業効率で従来のランドストリーマー表面波探査と同程度の精度で解析断面を得ることができること、とくに堤防高10 m以上の大規模堤においては、従来基礎地盤までのS波速度構造を得るには2本の測線を設定する必要があったのに対し、天端測線のみで基礎地盤部の構造も把握できることがわかった。また、従来の表面波探査取得データに対して、異なる波形解析処理を施すことで、基礎地盤構造を明瞭にイメージングできることが明らかになった。

(6) 河川堤防の浸透・地震複合対策技術の開発

本研究では、昨年度に引き続き、浸透対策の現地モニタリングと、洪水時の揚圧力対策と堤体の液状化対策について模型実験を実施した。その結果、始良川における現地モニタリングからドレーン工と川表遮水シートの併用した対策実施箇所及びドレーン工の対策実施箇所において、堤体内水位低下効果が確認できた。また、河川堤防の揚圧力対策に関する遠心模型実験により、対策工の種類によって、水圧低減効果と、効果を発揮しうる外水位の高さが異なることを定量的に把握することができた。さらに堤体の液状化対策工法に関する動的遠心実験を実施し、対策工の種類と規模、組合せに応じた効果を天端沈下量とのり面に生じたクラックに着目し整理した。

(7) 河川津波に対する河川堤防等の被災軽減に関する研究

本研究では、先ず東日本大震災における河川被害に関する情報の収集・分析を行い、河川津波に関する文献調査等を行った。これらの結果を受けて予備実験を行い、河川津波の水理実験における実現象の再現性として重要な要素や、そのための適切な実験装置の諸元や実験条件等について検討した。被害調査結果から、湾曲部の津波の挙動については、水位のみでなく構造物の安定性に関わる流体力の観点からの検討の必要性が指摘された。また、「押し波流れ」だけでなく「引き波流れ」の流体力の検討の必要性が確認された。水理実験では、津波段波～分裂（波状段波）～砕波までの部分を対象に再現する必要性があり、「ゲート急開方式」によって津波段波を発生させ、その波状段波への遷移状況を把握することとした。水深の浅い河川等に津波が侵入し遡上した場合、分散した波は伝播距離に伴ってさらに発達する可能性が高いため、砕波衝撃圧等によって構造物被災の危険性がさらに高まることが推測された。堰や水門等の門扉にかかる在来の津波算定式について概略比較検討した結果、今後、種々の条件下において波高や波圧等の時間空間分布を把握する水理実験の必要性が高いと考えられた。

Technological development on prevention and mitigation of intensifying water disasters due to climate change

Research Period : FY2011-2015

Project Leader : Director of Construction Technology Research Department
KAZUHIRO Watanabe

Research Group : Geology and Geotechnical Research Group (Geophysical Exploration,
geology ,and Soil Mechanics and Dynamics),
Water-related Hazard Research Group,

Abstract : Frequent local heavy rains have occurred recently in and outside of Japan. Therefore, development of technology for forecasting the effects of global warming with consideration for the uncertainties of flood and drought, as well as development of flood forecasting technology that can respond to short-term rapid swollen water (flash floods) in developing countries are desired.

In order to protect against flood disasters, it is important to ensure the safety of river levees. Rapid and efficient implementation of countermeasures for gigantic river levees requires the development of levee reinforcing technologies. This includes the development of techniques that closely examine penetration safety and seismic adequacy with full consideration for levees, peripheral levees around structures and foundation ground, as well as low-cost penetration countermeasures and effective earthquake countermeasures.

The importance is that damage from flood disasters is minimized as much as possible, therefore research and development of supporting technologies for mitigating the risks of water disasters in developing countries are necessary.

This priority project research is aimed at contributing to the planning, by implementing these studies, of adaptive flood control measures for countering the effects of climate change associated with global warming, and to the mitigation of damage from intensifying water disasters.

Key words : climate change, flood runoff analysis, probable discharge, flood prediction, downscaling, Chao Phraya River, levee, liquefaction inside embankment, seepage, boring database, landform classification map, Integrated geophysical investigation, vulnerability assessment, countermeasure for liquefaction, countermeasure for underseepage, the 2011 Great East Japan Earthquake,