

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 山元弘

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 等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。

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(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については、平成 26 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 26～27 年度）

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 26 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・渇水流出特性に与える影響に関する研究

本研究は、国内外の河川流域を対象として、地球温暖化が洪水・渇水流出特性に与える影響について不確実性を含めて評価する手法を開発することを目的として実施している。平成 26 年度は、アジア地域が将来気候の変化が洪水・渇水に与える影響を把握するため、アジア主要 5 河川（パンパンガ川、ソロ川、インダス川、チャオプラヤ川、メコン川）流域を対象にして将来気候と現在気候の年降水量、月別降水量を比較した。その結果、パンパンガ川流域では大きな差はみられなかったが、他の流域では年降雨量の増加がみられた。特に半乾燥地域のインダス川流域では、高い増加率がみられた。また、個別河川流域の洪水・渇水流出特性変化を検討するため、チャオプラヤ川流域を代表河川流域の 1 事例として、現在気候と将来気候とを比較した。その結果、チャオプラヤ川流域では、将来に洪水の頻度が増加する傾向がみられた。

(2) 短時間急激増水に対応できる洪水予測に関する研究

本研究は、発展途上国における降雨の時空間分布を予測・把握し、その情報をもとに降雨流出から洪水氾濫までを流域一体で予測することを目標としている。H26 年度は、領域気象モデル(WRF モデル)に局所アンサンブル変換カルマンフィルターと呼ばれるデータ同化手法を導入し、地上海上航空機観測や GPS 可降水量などの気象情報を数値予測に同化した実験結果を示す。予測実験の対象洪水は、2012 年の熊本県白川流域における洪水とし、予測のリードタイムは最長 33 時間に設定した。アンサンブルの降雨予測結果を、降雨流出氾濫(RRI)モデルに入力し河川流量・洪水氾濫の予測計算を行った結果、アンサンブル平均では今回の洪水を過小評価する一方、降水分布の位置を補正することによって、洪水の可能性を予測することが可能になることが分かった。

(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

本研究は、堤防を構成する土堤、構造物周辺堤防、基礎地盤について、一連のシステムとして、浸透安全性・耐震性を評価する技術を提案することを目的としている。平成 26 年度は、まず、浸透安全評価に関する検討として、のり尻からの進行性破壊に関する小型模型実験を行い、堤体材料や基礎地盤の材料の影響を確認した。また、浸透流解析によって実験で計測できないのり尻付近の水圧分布を詳細計算したところ、最初に崩壊が確認される狭い範囲に大きな動水勾配が作用するとの結果が得られ、浸透力が崩壊に大きな影響を及ぼしているものと考えられた。そこで、浸透力を考慮した円弧すべり計算も実施し、考慮しない場合に比べ改善されることが確認できた。次に、堤体の液状化によって顕著な被害が発生するには、堤体が基礎地盤にめり込むなどの結果広い範囲が飽和状態にあるだけでなく、堤体下部の密度が低下し液状化抵抗が下がることも条件であると考えられる。そこで、今年度は、原位置で RI コーン貫入試験によりの堤体内の密度分布の把握が可能であることが確認した。このような方法の実用化により、堤体液状化の被災危険箇所抽出の高精度化につながると考えられる。最後に、樋門周辺堤防の 3 次元浸透流解析を実施し、函体周辺に形成される空洞や止水のために設置される矢板の浸透安全性に及ぼす影響について検討した。空洞の大きさや矢板の設置状況に応じた点検・診断手法の提案につなげる予定である。

(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。26 年度は基礎地盤に起因する浸透安全性に関し、地形と計画高水位時の平均動水勾配を用いた概略評価指標を検討した。3 河川で検証を行ったところ、平均動水勾配だけで評価する場合より、より詳細評価の検討が必要な箇所を絞り込めることが分かった。

(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、堤防システムの浸透ないし地震に対する安全性を評価する場合、透水係数などの浸透特性示標に変換し、その分布構造をモデル化して数値解析することが求められており、その技術開発の第一段階として、堤防開削面において稠密な統合物理探査を実施し、開削面から採取した堤体材料の土質特性との関連性について検討した。また時空間的に高い分解能を得るための稠密統合物理探査技術について、実堤防での調査実験を通じて探査装置の開発を含めた測定技術の開発・確立を推進した。それらの結果、統合物理探査によって求められる物性値が土質特性とよい相関性を有していること、また1m程度以下の不均質異常構造を稠密統合物理探査によって把握できること、さらに高速比抵抗探査装置を用いた経時変化モニタリングによって、堤体表層不飽和帯内での空間的な降雨浸透過程を現地においてリアルタイムでモニタリングできること、を明らかにすることができた。

(6) 河川堤防の浸透・地震複合対策技術の開発

本研究は、堤防の質的向上に迅速かつ効率的に対応するため、浸透対策のコストダウンや効果的な地震対策、洪水と地震の対策を両立させる複合対策について提案することを目的としている。平成 26 年度は、平成 25 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を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、短時間集中豪雨に対する対策効果を確認することができた。また、河川堤防の揚圧力対策に関する模型実験により、対策工の規模や仕上がりによっては、対策工周辺から噴砂が生じ、さらに噴砂によって対策工の目詰まりが生じることが明らかとなった。これより、設計する際には十分な安全余裕を持ち、土砂が移動しないよう透水層の流速を抑える必要があることが分かった。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整理した上で、再現解析を実施し堤体液状化対策工を施した堤防の沈下量を評価できることを確認した。

(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

本研究は、河川津波を設計外力とした場合の河川堤防等の効果的・効率的な対応策について水理的に検討することを目的とし平成 24 年度から開始した。

平成 26 年度は、河川津波の引き波時の水理現象、河道平面形状による河川津波の波圧や波高への影響について、非定常次元計算および水理模型実験で検討した。その結果、河川津波の引き波時の水理現象として、河床勾配によりせきあげ量と影響範囲が異なること、緩勾配では、ソリトン分裂を考慮すると計算値よりも大きくなる可能性があることを確認した。また、河川湾曲部の遡上する津波の波高、波圧への影響について、湾曲部中央断面に設置したゲートの開度により依存することを確認した。

(8) 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

本研究は、途上国の洪水脆弱地域において、気候変化等の影響も考え、現在の計画規模以上の洪水が発生した場合に、時間経過に即した避難、緊急復旧等が適切に実施されるよう、大規模洪水危機管理計画（案）をまとめることを目的として、平成 26 年度から開始した。

平成 26 年度は、アジアの洪水常襲地帯の一つであるフィリピン国パンパンガ川流域のブラカン州カルンピット市をモデル地域として選び、RRI モデルを用いた洪水氾濫シミュレーションに基づき、時系列での対応をまとめたシナリオの作成を行った。また、現地にて、災害対応担当者を招いたワークショップを開催し、研究成果についての報告を行うとともに、成果に対する意見徴収を行った。

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
Hiroshi YAMAMOTO

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,