

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 吉田正

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）、水工研究グループ（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 26 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 年度以降実施の予定）

このうち、平成 25 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 25 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 25 年度は、CMIP5 として世界各国の研究機関から公開されている大気と海洋を結合した全球気候モデルの実験データに対して統計的ダウンスケーリングの解析方法（従来の補正手法）の課題を抽出し、新たな補正手法について検討を行った。降雨量の多い年、通常の年、少ない年の 3 種類に分類し、降雨量に応じて補正係数を使い分ける、簡易な統計的バイアス補正手法を考案し検討した結果、その手法の適用可能性が確認された。

比較的規模の小さい流域を対象にした降水量の力学的ダウンスケーリング手法については、パンパンガ川流域における降水現象の再現性の高い客観解析データの検証、および客観解析データと MRI-AGCM3.2S のダウンスケーリングを開始した。また、台風の経路別に力学的ダウンスケーリング結果について分析し、台風が流域の直近を通る時に、ダウンスケーリングの雨量が地上雨量計に比べて過大となり、台風が現れない大雨イベントでは、ダウンスケーリングの結果が過小となることがわかった。

(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。H25 年度は、領域モデル WRF とアンサンブルカルマンフィルタ LEKTF を用いて領域アンサンブル予報を行い、2011 年台風第 12 号および第 15 号による関西地域の降水予報を行った。得られた予報雨量を RRI モデルに与え、京都府日吉ダム流域を対象に流出計算を行った。6 時間毎に更新される 6 時間先の流出予測は、両事例ともにアンサンブル予報が決定論的予測を上回る精度となった。さらに、33 時間先までの予測については、台風第 15 号の場合は予測時刻によらず安定した高精度の予測が得られ、決定論的予測を改善することができた。一方、台風第 12 号の場合は精度が悪く、予測流量カーブも安定しなかった。今回のアンサンブル洪水予測システムは、条件次第では未来の流量を知る上で有用な情報を提供できると考えられる。また RRI モデルの開発・応用研究として、タイ・チャオプラヤ川流域を対象に長期連続の流出氾濫解析を行い、その結果を水収支の観点から解析することによって、降雨量と洪水氾濫量との関係を分析した。

(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 25 年度は、まず、一般堤防の浸透安全性評価に関する検討として、内部侵食に関する小型模型実験を実施した。その結果、堤体の土質材料は様々であるが、のり尻近傍の水圧が一定値以上となるのり尻の変位が生じ、その後の変位の進行も水圧の上昇と関連性が高いことを明らかにした。次に、耐震性の評価に関する検討として、密度の異なる堤体を用いた堤体液状化に関する動的遠心模型実験を行い、密度（締固め）の重要性を明らかにした。また、同じく遠心模型実験により基礎地盤の圧密沈下に伴う堤体の緩みの程度と範囲を定量的に調べ、堤体の緩みが被災程度に大きく影響することを明らかにした。さらに、亀裂の入った堤防と健全な堤防に外水位を与えることによって、亀裂の影響についても検討した。また、耐震点検で広く使われている自重変形解析の精度向上に向けた改良も実施した。最後に、樋管周辺堤

防の浸透に係る模型実験を実施した。止水板の破断や函体底面の空洞の発生は止水板前後の水圧差を増大させ、止水板を迂回するような水みちが新たに形成される可能性があることを示唆する結果が得られた。

(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。25年度は天竜川下流域を対象にボーリング地点の地形種と表層地質との関係を深度方向の地質の変化を踏まえて検討したところ、中州性微高地はほぼ砂礫層で構成され、自然堤防については砂、シルトを主体としつつも下流側に向かって、また河川から遠ざかるほど細粒物で構成されるなど、地形と表層地質との関係が明らかになった。また、地形種毎、区間毎に地形との関係が認められる深度が異なることがわかった。以上の結果を踏まえ、天竜川下流域において、地形による地質推定を行う場合の作業基準(案)を作成した。

(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、堤防システムの縦横断方向の2次元断面構造をイメージングする統合物理探査の要素技術として、新たにハイブリッド表面波探査技術、高速比抵抗探査技術を考案開発するとともに、地中レーダ(GPR)を加え、それらの適用性を現地で検証した。また、これまでに実施した開削面調査計測結果を再解析し、計測調査手法の確立化を図るとともに堤防システムの不均質構造の規模や物性のばらつきの程度について検討を加えた。その結果、ハイブリッド表面波探査によって深さ50m程度までの物性断面を得られること、GPRによって堤体上部の粗粒材料分布域、護岸ブロック背面あるいは樋管函体背面の空洞の有無をイメージング可能であること、高速比抵抗探査によって堤体内部への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25年度は、平成24年度に引き続き、浸透対策の現地モニタリングと、洪水時に発生する盤膨れやパイピングに対して低コストで対策可能な堤内基盤排水工法に関する模型実験を実施した。その結果、健全な対策工であれば、実際に作用する圧力を大きく上回るような高い圧力が基礎地盤に作用した場合でも対策工やその周辺での変状は確認されず、効果を発揮することが確認できた。また、基礎地盤の液状化対策として堤防直下の地盤改良の動的遠心模型実験を実施した。その結果、対策工を薄くした場合でも液状化層を全層改良した場合とほぼ同じ沈下抑制効果を発揮することが確認できた。さらに、現状において安定解析などを用いている液状化対策工の設計に変形量を取り入れることを目指し、液状化対策として実施例の多いのり尻直下地盤に対する締固め工法や固結工法、矢板工法の既往の動的遠心模型実験の再現解析を行い、解析手法の課題を抽出した。

(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。

H25年度は、文献や現地データの収集及び分析、さらに水理実験により、河川津波の構造物にかかる力学的な基本的特性(ソリトン分裂による波高増大や波の屈折による局所流に起因する護岸被災、津波による堰ゲートの揚力増加 波圧算定式検討の必要性 等々)を明らかにし、被害軽減策の検討の方向性を明らかにした。また、被害軽減対策に向けてさらに水理実験を行い、堰や水門のゲートを開けることによってゲートに作用する波圧や河道全体の波高を低減させる効果を有すること、河川護岸ブロックの端部被災の原因はブロックにかかる揚力が支配的であること等がわかった。

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
TADASHI Yoshida

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,