

粒子法による河川堤防のパイピング現象の解析

Numerical analysis of river levee failure with piping by the SPH method

(研究期間 平成 26～28 年度)

河川研究部 河川研究室
River Department
River Division

室長
Head
主任研究官
Senior Researcher
研究官
Researcher
研究員
Research Engineer
交流研究員
Guest Research Engineer

諏訪 義雄
Yoshio SUWA
福島 雅紀
Masaki Fukushima
笹岡 信吾
Shingo SASAOKA
中村 賢人
Kento NAKAMURA
上野 俊幸
Toshiyuki UENO

A river levee of the Yabe River was breached in July 2012, and it is assumed to be due to piping in a foundation of the embankment. The piping often occurs at the time of flooding, though the mechanisms and the occurrence conditions which lead to failure of a river levee and cause extensive damage are still unknown. This study aims to simulate behavior of progressive failure induced by the piping in an embankment.

[研究目的及び経緯]

平成 24 年 7 月に発生した矢部川の堤防決壊は、基礎地盤のパイピングにより発生したものと考えられる。パイピングは堤内地のガマのように出水時にしばしば発生するものであるにも関わらず、堤防決壊という大規模な被災に至る詳細なメカニズムや発生条件はいまだ不明な点が多い。

本研究は、堤防のパイピングによる進行性破壊時における挙動を、シミュレーション可能な解析プログラムの開発を行うものである。具体的には、粒子法の一つである SPH 法を利用し、従来の解析手法では困難な堤防の進行性破壊による大規模な被災を、土-水連成理論を考慮した上で再現することを目標とする。

[研究内容]

進行的なパイピングが観測された実験結果及び平成 25 年 7 月に発生した子吉川の堤防被災の再現解析を SPH 法により実施した。

[研究成果]

(1) 実験の再現解析及び適用性検討

解析モデルは実験に使用された堤防模型（図-1）の図中の赤線の範囲を、平面ひずみ条件で作成した。なお、SPH 粒子の平滑長さや配置、初期粒子間隔等、SPH 粒子に関する計算に用いる諸条件や土の構成則の設定に関しては既往の論文¹⁾を参照されたい。土の物性値は試験値及び河川堤防の一般値から、表-1 に示す通り利用した。

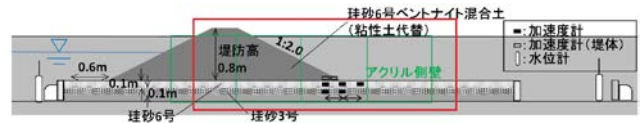


図-1 実験模型とモデル化範

表-1 材料物性

材料番号-色	密度 kg/m ³	透水係数 m/s	粘着力 kPa	内部摩擦角度
1-赤 ベントナイト混合土 (不飽和)	1,700	1.6×10^{-11}	1.0×10^2	0.0
2-青 ベントナイト混合土 (飽和)	1,850	1.6×10^{-11}	1.0×10^2	0.0
3-黄 珪砂 6号	1,910	2.9×10^{-4}	0.0	30.0
4-水色 (上層) 珪砂 3号	1,910	3.3×10^{-3}	0.0	35.0
5-水色 (下層) 関東ローム	1,800	2.2×10^{-10}	1.0×10^3	0.0

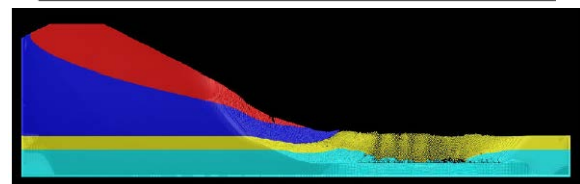


図-2 CASE1 解析結果 (2.82s)

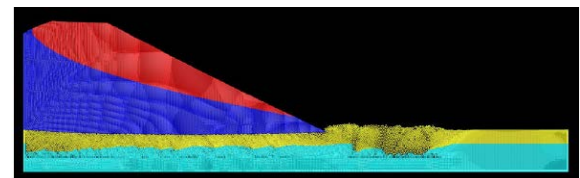


図-3 CASE2 解析結果 (2.82s)

せん断ひずみが一定以上 ($g=0.02$) 発生した基礎地盤の透水層を構成する SPH 粒子について、内部摩擦角 ϕ を 3/10 に低下させ、強度低下した SPH 粒子が限界流速（珪砂 6号：0.001m/s、珪砂 3号：0.01m/s と仮

定)を超えた速度で堤内側へ移動する場合、その SPH 粒子は流出したと仮定して除くことで土粒子流出の再現を試みた (CASE1)。その結果、図-2 に示す様に川裏法尻部に発生した噴砂のような乱れは、時間の経過とともに天端下へと発達し、川表側に達した。あわせて、流出した土粒子分だけ堤体が沈下する現象が再現できた。

また、堤体が砂質土 ($\phi=35.0$ 度, $c=1.0\text{kPa}$) と仮定した場合、パイピングの発達がどの様に変化するかの検討した (CASE2)。その結果、CASE1 と同様に図-3 に示す川裏法尻部に噴砂のような乱れが発生するが、不安定化した堤体はその部分に崩落していくことでパイピングの発達が遅れる様子がみられた。この結果は、堤体が崩壊する場合、パイピングが発達しにくいという実験結果とよく対応する。

(2) 被災の再現解析及び基礎地盤に粘性被覆土層が存在する場合の適用性検討

平成 25 年 7 月の子吉川における堤防被災では、裏法肩に至るすべりと多数の噴砂が発生した (図-4)。被災後の開削調査では、被覆土層を破って基礎地盤の砂質土が噴出し、その上に堤体の法すべりによって移動した砂質土が覆っている様子が観察された (図-5)。

解析モデルは被災箇所の堤防を、平面ひずみ条件で幅 25m、高さ 8m の範囲で天端と裏のり面、堤内地盤を作成した。SPH 粒子に関するその他諸条件に関しては(1)と同様である。ただし、初期状態では 51,208 個の SPH 粒子を均一に 0.05m の初期粒子間隔で配置した。物性値は被災後の調査結果を用い、表-2 に示す通り設定した。

当初計算では、変形の形状が被災状況とは大きく異なったため、被覆土層の強度低下を想定し、堤内地及び材料番号 1,2 に接する被覆土層部 (材料番号 4 の一部) の粘着力 c を 1/5 の 4.0kPa、噴砂がみられた基礎地盤の砂質土層 (材料番号 5) の粘着力 c を 0.0kPa に低下させた。あわせて、崩壊がみられなかった堤体内部の砂質土層 (材料番号 3) の粘着力 c を 5 倍の 30.0kPa に増加させた。また、Bui らの手法を参考に、せん断ひずみ g が一定以上 (0.3) 発生した SPH 粒子について、粘着力 c 及び内部摩擦角 ϕ を 3/10 に低下させることで、図-6 に示す様に大変形が再現できた。堤体すべりにより被覆土層が押し出される進行過程や、崩壊した堤防形状等、開削調査結果とよく対応していた。

(3) まとめ

進行的なパイピングが観測された基礎地盤が粘着力の無い透水層となっている実験に関して、本モデルが噴砂や進行的なパイピング及びそれに伴う堤体の沈下を再現可能であることが示された。

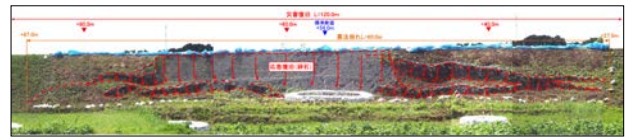


図-4 子吉川被災状況

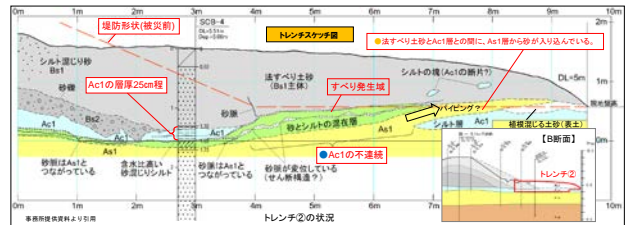


図-5 開削調査結果

表-2 材料物性

材料番号-色	湿潤密度 kg/m^3	飽和密度 kg/m^3	粘着力 kPa	内部摩擦角 度
1-青 Bc	1,680	1,720	21.0	0.0
2-紫 Bs1	1,830	1,930	0.0	36.0
3-水 Bs2	1,850	2,000	6.0	33.7
4-黄 Ac1	1,600	1,700	20.0	0.0
5-赤 As1	1,800	1,900	5.1	31.7

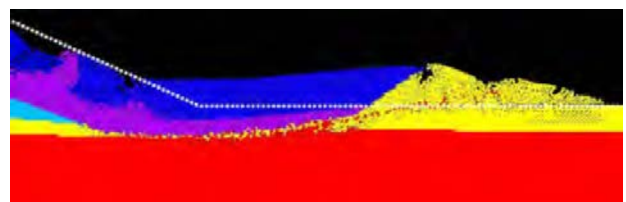


図-6 解析結果 (10.19s)

しかし、被災した河川堤防への適用においては、基礎地盤に粘性土による被覆土層が存在する場合再現ができなかった。そこで開削調査結果をもとに相当程度強度を変更することで再現ができたが、SPH 法を河川堤防に適用する際の現段階の限界を示しているとも言える。今後、パイピングの発生とそれに伴う堤体変形の予測の実現のためには、飽和に伴う粘性土の強度低下や大変形時の強度特性等についてさらに検討する必要がある。

【成果の活用】

適用範囲は限られるが、浸透による堤体変形を照査する浸透流解析や円弧すべり解析では表現できなかった進行的なパイピングやそれに伴う堤体の沈下を再現でき、被災発生メカニズムの解明やパイピング現象の進行度合いの把握に活用可能であることが示された。

しかし、被覆土層が粘性土の場合、変形形状が異なるなど、適用範囲における課題が明らかになった。今後、学会等と意見交換しながらモデルの課題抽出や改良について検討していく。

【参考文献】

1) 森啓年：粒子法によるすべりと噴砂を伴う河川堤防被災の再現解析，第 52 回地盤工学研究発表会，2017。

気候変動下の都市における戦略的災害リスク低減手法の開発

Study on framework for strategic flood disaster reduction in urban area under climate change

		(研究期間 平成 27～29 年度)	
河川研究部		部 長	天野 邦彦
		水防災システム研究官	深見 和彦
下水道研究部		下水道研究官	岡本 誠一郎
社会資本マネジメント研究センター		国土防災研究官	榎村 康史
下水道研究部 下水道研究室		室 長	横田 敏宏
河川研究部 河川研究室		室 長	諏訪 義雄
河川研究部 水循環研究室		室 長	川崎 将生
河川研究部 水害研究室		室 長	伊藤 弘之
都市研究部 都市計画研究室		室 長	木内 望
都市研究部 都市防災研究室		室 長	竹谷 修一

[研究目的及び経緯]

気候変動によって豪雨の可能性が増大する予測の下、今後、河川や下水道の施設整備だけでは水害リスク低減に限界がある。そのため、企業、住民等による浸水被害軽減策を推進する必要がある。

本研究は、気候変動適応研究本部で実施しており、気候変動、人口減少、高齢化等の予測を踏まえ、低リスク社会の構築により対策規模を超える災害が生じた場合の被害の軽減を目的とし、都市における水害について①「統合的浸水リスク評価手法」、②「低リスク社会構築フレーム」及び③「対策の具体的展開手順」を提示することを目標とする。

平成 28 年度は、①内水・外水による統合確率による浸水深の確率分布算出を試行した。また、②浸水被害・対策効果の分析モデルを改善し、浸水確率を与えた場合の費用対効果の試算を実施した。さらに、③水害保険や都市計画制度等に関する勉強会を通じて、住民、企業が対策を実施するインセンティブを確保する観点から浸水被害軽減策の推進方策について検討した。

河川堤防の対策に関わる実験検討業務

Research on countermeasures against the progressive failure of river levees

		(研究期間 平成 27～29 年度)	
河川研究部 河川研究室		室 長	諏訪 義雄
		主任研究官	福島 雅紀
		研 究 官	笹岡 信吾
		研 究 員	中村 賢人
		交流研究員	上野 俊幸

[研究目的及び経緯]

河川堤防における浸透破壊の照査は、破壊のきっかけとなる現象（堤防川裏法尻における噴砂、盤ぶくれ）に着目して設定している。このきっかけとなる現象から堤防決壊まで至る場合もあれば、その現象が途中で止まり決壊に至らない場合もある。基礎地盤の漏水に対して要対策箇所を重点化するため、こうした現象によって生じる変状が途中で止まるものか、それとも連鎖的に進行し決壊に至るのかを判断するための照査手法の開発が求められている。本研究では、透水性基礎地盤の漏水に起因する変状連鎖の過程を把握するとともに、変状連鎖の各現象について照査手法を開発する。

本年度は、小型模型実験により、透水性が比較的低い層の下に、透水性が比較的高い層が存在する基礎地盤（複層）において、堤防が決壊まで至ることを確認した。

この小型模型実験の結果を踏まえ、大型模型実験を実施し、その結果、変状が連鎖的に進む現象を再現でき、堤防破壊に至る過程について仮説を立てることができた。

幅広・小水深区間における合理的な河道設計に関する調査

Research on rational river design in section of wide width and low depth

河川研究部 河川研究室

(研究期間 平成 27 年度～)

室 長	諏訪 義雄
主任研究官	福島 雅紀
主任研究官	山本 陽子
研 究 官	西村 雄喬
交流研究員	江尻 雄三郎

[研究目的及び経緯]

河川整備基本方針の河道断面を目指して、さらなる河道掘削が必要である。また、整備水準を上回る出水により災害を受けた後では、河道の拡幅や掘削が実施される場合が多い。一方で、掘削後の河道には土砂が堆積することがよく見られる。そのため、サステイナブルな河道を計画・設計することが求められており、本研究では、その手法について検討する。具体的には、堆積や流下能力低下が生じにくい河道掘削方法の提案、持続性のある土砂堆積対策や植生管理手法を提案する。

本年度は、全国直轄河川を対象として、川幅の拡大が実施された区間を抽出し、拡幅後の縮小事例の実態を整理した。中州を掘削する際に川幅を広げすぎないことが、中州の再堆積を抑制する上で重要であることが確認された。

また、河道管理研究会（九州、東北）を通じて、現地での掘削事例等を対象とし、再堆積や樹木の再繁茂が生じにくい河道の設計手法を試行した。

河川堤防の縦断方向の性能評価法に関する検討

The Performance Evaluation Methods of a River Levee in a Longitudinal Direction

河川研究部 河川研究室

(研究期間 平成 28～29 年度)

室 長	諏訪 義雄
主任研究官	福島 雅紀
研 究 官	笹岡 信吾
研 究 員	中村 賢人
交流研究員	上野 俊幸

[研究目的及び経緯]

河川堤防は長大な土構造物であり、局所的な弱点部が一連区間の性能を規定している。また、河川堤防の性能に大きな影響を与える地盤条件は、縦断方向のバラツキが大きく、ボーリング等の点で把握する調査により弱点をすべて把握するのは困難である。また、物理探査等の新しい調査技術も精度などの課題があり、技術的裏付けを持った弱点箇所抽出手法の確立が求められている。本研究は、被災履歴、ボーリング調査結果などの点で把握したデータに加え、経験水位、洪水継続時間、新技術（航空レーザ測量、ドローンによる写真測量等）により取得した堤防の縦断方向に連続的なデータを活用し、河川堤防の弱点箇所を抽出する手法を確立するものである。

本年度は、4 河川の直轄管理堤防を対象として、経験水位と被災履歴、3 次元的な堤防形状を整理し、縦断図にとりまとめた。洪水継続時間を考慮した指標（堤防脆弱性指標）なども合わせて、縦断図に整理し、変状種別ごとに相関の高い指標の設定を検討した。新技術（航空レーザ測量、ドローンによる写真測量等）を活用した縦断連続的に堤防の形状を把握する技術や、簡易に高密度の地盤条件を把握する技術について、その適用を検討した。

戦略的な河川の環境管理のための調査

Research on The strategized management of river environment

河川研究部 河川研究室

(研究期間 平成 28～29 年度)
室 長 諏訪 義雄
主任研究官 福島 雅紀
研 究 官 鈴木 淳史

[研究目的及び経緯]

激甚な災害の頻発に伴い、河川環境の整備・保全への資金・人的資源の投入が減少している。河川生態学術研究会では、約 20 年にわたる研究により、多くの知見が蓄積され、次への展開を模索する段階に来ている。河川事業においては、流下能力向上等河川整備に併せて河川環境の保全・再生・整備を図るルーティーンの定着が必要である。本研究では、河川生態学術研究会等がこれまで培ってきた知見を他の現場に展開できるように、これらの成果の活用策を検討する。

平成 28 年度は、河川水辺の国勢調査や航空写真等の既存データを用いた環境改善戦略検討を支援する河川環境管理シート（案）を提案し、環境目標の暫定設定において有効であることが確認した。今後は、全国河川での適用性を含めて、環境の特徴を表現する 1 2 指標の追加や見直しを図り、「実践的な河川環境の評価・改善の手引き（案）」、「河川環境管理シート作成マニュアル（案）」等に反映し、現場における環境管理を推進する予定である。

河川護岸等の災害発生予測の高度化に関する調査

Research on The sophistication of prediction on damage in rivetment

河川研究部 河川研究室

(研究期間 平成 28～30 年度)
室 長 諏訪 義雄
主任研究官 福島 雅紀
主任研究官 山本 陽子
研 究 官 鈴木 淳史

[研究目的及び経緯]

今後ますます厳しくなる財政制約の下、整備水準が高くない中小河川や大河川支川においては、必ずしも現況復旧だけでなく、復旧時に再被災時の被害を軽減する構造を工夫し、再度災害のリスクを軽減する必要がある。国総研では、中小河川において被災の多い河川護岸を対象に、短期間に連続して被災した事例箇所を抽出し、研究者が現地に赴いて現場の河川の特徴から、被災原因を分析し、再被災しにくい復旧方法を検討している。

平成 28 年度は、過去 10 年間で再被災が発生している箇所を抽出し、そのうち 4 河川について、現地調査を実施したところ、再被災につながる特徴的なパターンがいくつか見出された。今後は、引き続き連年被災箇所等の現地調査を実施した上で、得られた知見を「美しい山河を守る災害復旧基本方針」「多自然川づくりポイントブック」「再度災害事例集（仮題）」の災害復旧時の留意点として反映する予定である。

河川技術に関する研究開発

Development of research for river technology

			(研究期間	一)
河川研究部	河川研究室	室	長	諏訪 義雄
河川研究部	海岸研究室	室	長	加藤 史訓
河川研究部	水循環研究室	室	長	川崎 将生

[研究目的及び経緯]

河川行政における技術政策課題を解決するため「河川砂防技術開発制度」(平成 21 年より本省水管理・国土保全局設置)を実施している。国総研は、事務局として本制度を円滑に運営するとともに、随時制度を見直し、より施策に役立つ成果を出すよう努めている。平成 28 年度は、本委員会 3 回、分科会 4 回に加え、各テーマ別に研究グループ、河川技術開発制度委員、本省、国総研による意見交換会を実施した。今後も引き続き研究過程の意見交換会や、研究終了後のフォローアップ等を通じて、研究成果の施策への実装を目指す。

流域との連携対策による災害リスク低減に関する調査

Research on flood risk reduction by measures in river basin

			(研究期間	平成 28~30 年度)
河川研究部	河川研究室	室	長	諏訪 義雄
		主任研究官		山本 陽子
		研究官		柳川 一博

[研究目的及び経緯]

超過外力を含めたあらゆる規模の外力による水害リスクをできるだけ低減するため、河川整備計画にリスク評価の視点を反映する必要がある。国総研は、現場の河川整備計画検討に反映するため、リスク評価手法を提案してきたが、超過外力を含めたシームレスな流域全体のリスクをよりの確に表現し、さらにソフト対策を含めた減災対策を整備計画に盛り込むためには、今後さらなる手法の改善が必要である。

平成 28 年度は、リスク評価手法の改善点として、流域特性情報の活用や河川整備前後の被害分布の確認等を追加した。さらに、本省等とともにこの内容を踏まえたリスク評価マニュアル(案)を検討中である。

水害リスク対策のための管理手法の構築

Development of The management method of flood disaster risk

河川研究部 河川研究室

(研究期間 平成 26～28 年度)

室 長 諏訪 義雄
主任研究官 福島 雅紀
研 究 官 鈴木 淳史

[研究目的及び経緯]

樹林化の進行に伴う水害リスクの変化や環境管理上の課題と調整するための基礎データが整備されていない。こうした環境に関するデータを蓄積することが求められている。国総研では気候変動等に伴う水害リスクとなる樹林化の状況を把握するとともに、河道内樹木を含む環境管理の調整を容易にするためのシステムを開発する。

平成 28 年度は、河川環境データベースのシステムの更新を図るとともに、型式が古くなり動作速度が低下したハードウェアを更新した。今後は、引き続き維持管理を行うとともに、機能の充実、水害リスクとなる樹林化を適切に管理するためのデータを分析するシステム（河川環境管理データベースシステム）との連携を図る予定である。

総合的土砂管理計画策定指針に関する検討

On guideline for integrated sediment management planning

河川研究部 河川研究室

(研究期間 平成 27 年度～)

室 長 諏訪 義雄
主任研究官 福島 雅紀
研 究 官 西村 雄喬
交流研究員 江尻 雄三郎

[研究目的及び経緯]

ダム貯水池の長寿命化のためには堆砂対策が必要である。また、河道のダイナミズムを回復するためには出水による攪乱頻度の増加ばかりでなく土砂還元が有効である。耳川、天竜川、矢作川、那賀川等では土砂還元の取り組みが進行中であり、土砂還元による効果、影響を技術的に評価する支援が必要である。本研究では、土砂還元の効果や影響を評価するため、下流河道への影響が小さく、効果が大きい土砂還元の方法を提案することを目的とする。また、サステイナブルな土砂還元の仕組みを検討する。

本年度は、土砂還元により一時的に埋没する礫の再表出に必要な流況（ダムからの放流量）について水路実験結果を用いて試算した。その結果、河床表層の礫を砂に埋没させないための土砂還元量の限界値を示した。ただし、粒径が異なる場合の適用に課題があることが今年度の実験で確認され、粒径の効果を取り込んだ評価式に改善している。

また、全国一級水系の粒径集団別の土砂収支図を作成し、水系間の土砂動態比較により土砂還元による下流河川の改善が期待される河川を抽出した。さらに、天竜川、矢作川等の各河川の総合土砂関係委員会の技術的支援を行った。

漂砂における砂と礫の堆積モードと外力の関連性に関する研究

Study for Relation between Mode of Sand and Gravel Accretion and Wave Condition on the Sediment Transportation

(研究期間 平成 28～30 年度)

河川研究部 海岸研究室

室 長 加藤 史訓
主任研究官 野口 賢二

[研究目的及び経緯]

従来の養浜は、元の海岸底質よりも大きな粒径による多量な材料を投入することで高い効果が得られるとされてきたが、コスト高や元の海岸環境と様相が変化してしまう問題がある。今後の養浜は、天然の海岸をより良く再現し、より高効率な砂浜再生手法とする必要がある。本研究では、天然の状態に近い砂浜が再現できる養浜技術を確立する。具体的には、細砂分の重要性を示すとともに、養浜材料の選定、侵食の進行状態に応じた微地形の回復順序、復元段階に応じた養浜材料の選定を確立することを目的とする。本研究は、砂浜の侵食状況に応じた養浜材料の選択、効果的な投入方法、養浜後の海岸地形変化の予測手法を提案し、養浜計画マニュアルとして国総研資料等にまとめ、海岸管理者に情報提供することを目指している。

平成 28 年度は、粒度が異なる材料を用いて砂浜の遡上帯での侵食・堆積状況に関する水理模型実験を行った結果、遡上帯の地形変化は従来の砂浜全体の地形変化指標では評価できないこと、それぞれの粒度の砂礫が分級して存在することが砂浜の形成において重要であることがわかった。

体験型旅行を活用した継続可能な海岸調査に関する実践的研究

Practical Study for Sustainable Coast Survey using Experience-oriented Travel

(研究期間 平成 28～30 年度)

河川研究部 海岸研究室

室 長 加藤 史訓
主任研究官 野口 賢二

[研究目的及び経緯]

海岸協力団体が海岸法で位置付けられる中で、利用者や地域の取り組みと海岸調査を結び付ける仕組みを成り立たせて、行政と地域・利用者が連携した効率的な海岸保全が求められている。本研究は、一般市民が楽しみながら海岸調査の一部に参画できるプログラムを提案することを目的としている。このプログラムを実施することで、調査の継続性、事業への理解と効率的な実施を実現する。本研究の成果として、一般市民が楽しみながら海岸調査等に参画できるプログラムを国総研資料等にまとめ、海岸管理者に情報提供することを目指している。

平成 28 年度は、海岸におけるイベントへの市民の参加状況について情報収集を行うとともに、新潟海岸及び下新川海岸の海岸協力団体に対しヒアリングを実施した。現状では海岸協力団体の活動が閉じた組織であることから、広く一般市民が参画する別の枠組みも必要であることが明らかになった。

津波防災地域づくりにおける自然・地域インフラの活用に関する研究

Creation of tsunami disaster prevention regions using natural and regional infrastructures

(研究期間 平成 26～28 年度)

河川研究部 海岸研究室

River Department
Coastal Division

室長
Head
主任研究官
Senior Researcher
研究官
Researcher

加藤 史訓
Fuminori KATO
原野 崇
Takashi HARANO
濱口 耕平
Kohei HAMAGUCHI

In order to establish a method to evaluate erosion resistance and the critical resistance to erosion of vegetation such as trees on coastal dunes, hydraulic experiments were carried out. The results suggested the relation between the critical resistance to erosion and the vertical profile of the quantity of roots. Using this the relation, numerical experiments on sediment transport and tsunami inundation were performed to estimate the mitigation effect of coastal dunes and vegetation on tsunami disaster.

〔研究目的及び経緯〕

東日本大震災では、津波高が比較的低い場所において砂丘や海岸林によって背後地の被害が軽減される事例が見られた。一方、砂丘の掘削や海岸林の伐採により津波に対する減災効果が損なわれた可能性がある。津波に対して減災効果を有する自然地形や歴史的地物（自然・地域インフラ）を保全するためには、減災効果を定量的に評価するとともに、その保全を津波防災地域づくり法の制度の中で位置づけることが必要である。

本研究では、自然・地域インフラが有する減災効果とその発揮限界の評価方法及び津波防災地域づくりにおける活用方法についての検討を行った。

〔研究内容〕

(1) 現地調査

津波による侵食に地盤が抵抗する性能(耐津波性能)には植生が関与すると考え、全国 9 海岸を対象に、海岸周辺における植生状況や根量密度の深度分布及び粒度分布を 52 点で計測した。一般的にみて、根量密度は地表から深さ 25cm 程度までの範囲で高く、その下では低下する傾向が見られた (図-1: 石狩浜の例)。

(2) 現地地盤を用いた水理実験

(1)で現地調査を行った 9 海岸のうち 5 海岸で、調査地点の近傍において、現地地盤を乱さないように供試体 (幅 1.2m, 長さ 1.5m, 深さ 0.6m) を採取し (各供試体の特性を表-1 に示す)、これを実験水路に設置し、津波越流を模した水理実験を行った (写真-1)。

水路内の供試体上に設定流量を通水し、通水前後の供試体表面の高さを格子状に 10cm 間隔で測定した。設

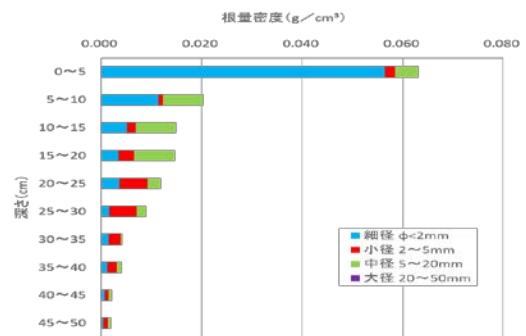


図-1 根量密度の深度分布 (石狩浜・草地)

表-1 各供試体の特性

供試体	植生概況	植物種	D_{50} (mm)
出雲 2	植林内	シイ・カシ類ナワシログミ、サザン	0.36
出雲 3	植林、樹林内	ウメバカシ、クヌギ	0.38
出雲 4	植林、樹林内	スジダイ、シラカシ、ヒサカキ	0.38
岩沼H27	人工盛土・裸地 (草)	ハマユシドウ	1.30
岩沼H28-1	人工盛土・裸地	-	1.10
岩沼H28-2	人工盛土・植栽	シラカシ、ヒメカシヨモギ	1.56
白子 1	クロマツ植林	クロマツ、イタチハギ、ヒメヤブ	0.27
白子 2	クロマツ植林	クロマツ、ススキ、ヒメヤブラン	0.26
袋井H27-1	クロマツ植林 (伐採)	クロマツ、ヤマアワ、ヨモギ	0.31
袋井H27-2	クロマツ植林 (伐採)	シャリンバイ、テリノイバラ	0.26
袋井H28-1	砂浜・草地	ハマヒルガオ、ケカモノハシ	0.32
袋井H28-2	樹林 (クロマツ植林)	マンリョウ、テイカカズラ	0.30
石狩浜 1	砂丘草地	カモガヤ、ハマナス	0.30
石狩浜 2	砂丘草地	ススキ、イネ科	0.30
石狩浜 3	チマキザサ群落	チマキザサ、コマユミ	0.26



写真-1 実験水路と通水後の供試体 (手前上流側からの撮影)

定流量と供試体上の水位から供試体上の断面平均流速を求めた。実験は流速 1m/s から開始し、通水中断後の測定で侵食がほぼ進まなくなったことが確認されれば流速を上げて再度通水する操作を繰り返した。なお、侵食により低下した供試体表面高さは通水の都度、水路床の高さに合わせる高さ調節を行った。

図-2 のように、供試体表面の高さは根量が比較的多い一定の深さまで比較的緩やかに低下した後、急激に低下する傾向が見られた。

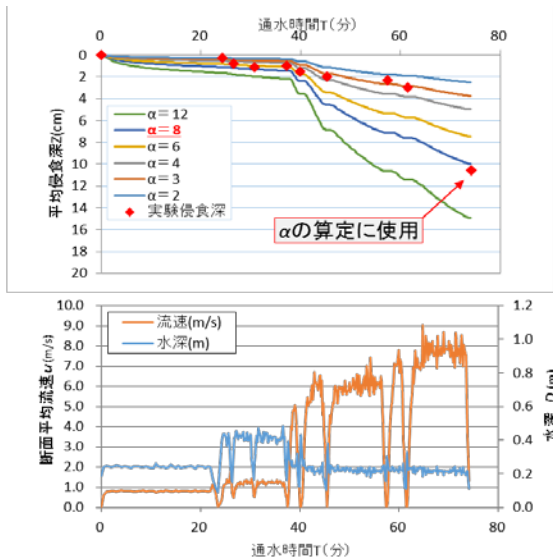


図-2 水深、流速、供試体表面の平均侵食深の時間変化（石狩浜2）

(3) 地盤の耐侵食性の評価

摩擦速度の時間的変化を考慮できる宇多ら（1997）の式を用いて、地盤の耐侵食性の指標である α を同定した。その際、(2) で得られたデータのうち、根量密度が著しく小さい岩沼①及び岩沼②は除外した上で、根量密度の深度分布と対比しながら侵食深が急激に増大する点を抽出して α を求めた（図-3）。

(4) 地盤の耐侵食性を考慮した減災効果の評価

(3) で得られた α を用いた侵食計算と津波浸水計算を同時に行うことで、砂丘等の減災効果を評価する。その一例を図-4 に示す。樹木等の効果を考慮せず津波が越流した時点で砂丘がなくなる場合（左）と、樹木等の効果により砂丘が残る場合（右）の比較により浸水深の低減効果を定量的に評価した。浸水面積の減少効果なども同様に評価することができる。

(5) 津波防災地域づくりにおける自然・地域インフラの活用方法

津波防災地域づくりにおいて自然・地域インフラを活用するには、①基礎調査、②自然・地域インフラの抽出、③災害時の背後地への減災効果の検討、④自然・

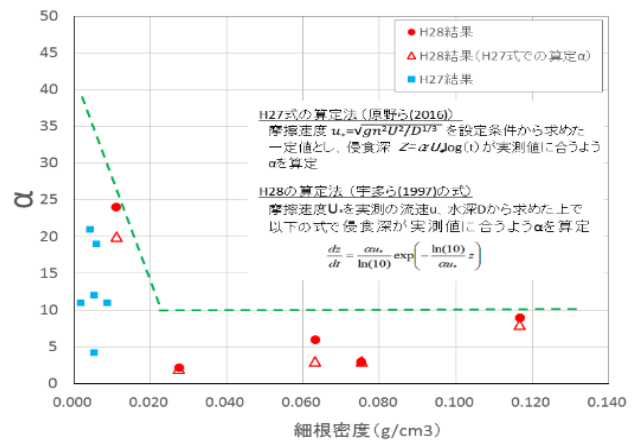


図-3 根量密度と α との関係

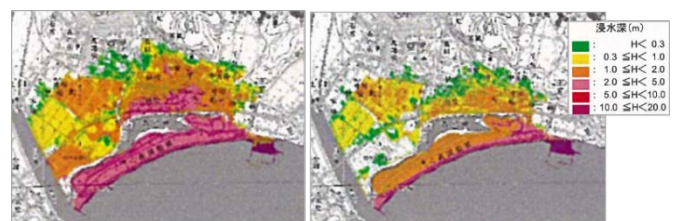


図-4 樹木等の効果を考慮しない場合(左)と、考慮した場合(右)の浸水深

地域インフラの保全・改良方法の検討、の手順で検討し、津波防災地域づくりに関する法に基づき市町村が作成できる推進計画に位置付けることが望ましい。①基礎調査では、周辺地域の津波浸水想定の内容（浸水の範囲や深さなど）、都市計画や防災計画など既存の地域計画、周辺状況を整理、把握する。その上で②自然・地域インフラを活用する必要性と活用可能な自然・地域インフラの有無について検討し、災害時に発揮する効果（津波の減勢、避難場所等）や、効果発揮のために追加が必要な設備（避難のための階段やスロープなど）、平常時の役割（対象地物の本来の役割や機能、例えば保安林なら防潮や飛砂防止など）や管理方法を整理する。③自然・地域インフラの減災効果の確認のため、津波浸水シミュレーションを実施する。自然・地域インフラの改良方法を検討する際には、自然・地域インフラの形状等を変えて計算を実施し、背後地への減災効果の比較を行う。④自然・地域インフラの保全・改良方法については、対象地物の整備に関する法制度や予算も考慮した具体策を立案する。

【成果の活用】

津波防災地域づくりを進める自治体が参考資料として活用できるように、津波に対する砂丘等の耐侵食性の評価手法、耐侵食性を考慮した砂丘等の減災効果の評価手法、自然・地域インフラの活用方法などの成果を国総研資料としてまとめる。

粘り強い海岸堤防の照査手法に関する調査

Research on evaluation methods of the resilient structure against wave overtopping for coastal dikes
(研究期間 平成 27～28 年度)

河川研究部 海岸研究室

River Department
Coast Division

室長
Head
主任研究官
Senior Researcher

加藤 史訓
Fuminori KATO
竹下 哲也
Tetsuya TAKESHITA

There are growing concerns that the effects of climate change will cause high waves that exceed design conditions of coastal dikes. For this reason, it is necessary to establish resilient structure of coastal dikes and the setting method of evacuation zone against wave overtopping. This study has shown two results. The first was that devising the shape of foot protection and embedment were effective for reducing damage from wave overtopping. The second was that the numerical analysis model to estimate wave pressures on a house wall was useful for assuming evacuation zone.

〔研究目的及び経緯〕

2014 年の海岸法改正で計画規模を超える津波・高潮・波浪に対しても海岸堤防の損傷を軽減する機能(粘り強い構造)が位置づけられた。津波越流に対する海岸堤防の粘り強い構造については東日本大震災の復旧工事等で活用され、高潮越流の場合も津波と類似の現象と考えられる。しかし、波浪については、津波・高潮ほどの海水侵入はないため、津波越流に対する粘り強い構造ではオーバースペックとなる可能性がある。

また、2013 年の災害対策基本法改正により市町村長は立退き避難に加えて屋内待避の指示が可能となり、洪水では河川管理者が堤防決壊によって家屋倒壊の危険性のある範囲(屋内待避に適さない範囲)の公表をはじめ、津波では津波防災地域づくり法に基づく構造の基準(水深係数 $\alpha = 3$)が避難施設に適用されている。波浪についても、2004 年台風 23 号(高知県菜生海岸(室戸市))、2016 年台風 10 号(北海道胆振海岸(白老町))で家屋被害が発生しているが、洪水や津波と同様の知見が適用できるか不明である。

上記の背景に加え、今後、地球温暖化に伴い、海岸堤防の設計条件を上回る潮位や波浪の発生が想定されることから、これらの超過外力による越波や越流に対して、海岸堤防を粘り強く強化する方法や、堤防背後の住民避難のための家屋倒壊危険範囲の設定が求められる。しかし、海岸堤防の設計条件を上回る波浪等は既存の照査手法の適用範囲外であることから、実験や解析により照査手法を確立する必要がある。

このため、本研究では高潮時における波浪に対して粘り強い海岸堤防の構造や、家屋倒壊危険範囲の設定方法を提案するものである。

〔研究内容〕

(1) 波浪に対して粘り強い海岸堤防に関する実験

波浪による海岸堤防の被災原因としては、海側の洗掘があるが、既に堤防表法先の根固工や消波工等の対策工法が存在する。このため、本研究では、計画規模を超える波浪で生じる越波によって、陸側の地盤が洗掘されることで堤防裏法尻の根留工や裏法被覆工が被災する事象に焦点をあて、写真に示す不規則波水路による縮尺 1/30 の模型実験(写真 1)を実施した。

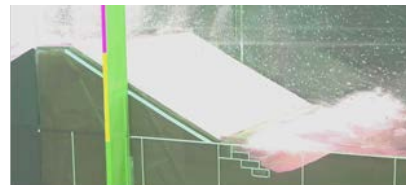


写真 1 模型実験(根留工+段積ブロックケース)

(2) 越波により堤防背後の家屋に作用する波圧計算

図 1 のような縮尺 1/60 の数値波動水路を作成し、不規則波による越波によって堤防背後のモデル家屋にかかる波圧を測定した。なお、計算結果の一部は、実際に模型実験で測定した波圧と比較し、概ね波圧が再現されていることを確認した。

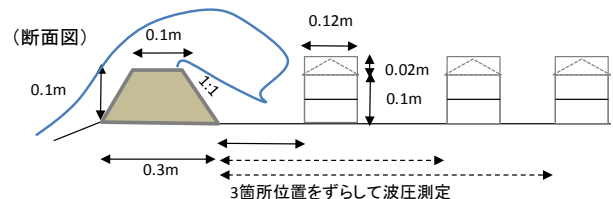


図 1 堤防背後家屋に作用する波圧計算断面図

〔研究成果〕

(1) 波浪に対して粘り強い海岸堤防の実験結果

図2に示す8ケースの構造で実験した結果、ケース①の根留工は越波流量 $0.01 \text{ m}^3/\text{m}/\text{s}$ までは被災しなかったが、それ以上の越波流量では根留工や裏法被覆工が移動した。ケース②、③、④についても一定の減災効果は見られたが、越波流量 $0.01 \sim 0.05 \text{ m}^3/\text{m}/\text{s}$ の間で破壊した。

ケース①～④の破壊状況（洗掘や部材の移動）から構造を工夫し実験した結果、ケース⑤については越波流量 $0.05 \text{ m}^3/\text{m}/\text{s}$ まで、ケース⑥、⑦、⑧は越波流量 $0.1 \text{ m}^3/\text{m}/\text{s}$ まで破壊しなかった。

(2) 堤防背後の家屋に作用する波圧計算結果

模型実験で測定した表1の不規則波を入力条件として、図1の数値波動水路を用いて、モデル家屋無しの条件での越波計算を行った。この越波計算から最大流速の大きい箇所を抽出するとともに、2013年住宅・土地統計調査の1住宅当たりの平均敷地面積や街路幅を参考に宅地1区画が約 $0.3 \sim 0.4 \text{ m}$ （現地換算約 $18 \sim 24 \text{ m}$ ）の間隔であると想定し、モデル家屋位置を図3のとおり3ケース設定し、それぞれの位置でモデル家屋に作用する波圧測定を行った。その結果、図4のように津波の波圧分布で用いられる朝倉(2000)の式と比較すると、モデル家屋の2列目、3列目は朝倉の式に近づく一方、モデル家屋の1列目は朝倉の式の津波波圧を大きく上回る波圧が計測された。このことから、堤防に近い家屋は、津波避難施設の基準に準拠した家屋であっても越波によって倒壊の危険性があることが分かった。

以上より、越波による堤防の裏法尻での洗掘に対して、根留工の形状の工夫や根継ぎにより損傷を軽減できることがわかった。また、堤内地での越波の波力を求める数値モデルを開発し、家屋倒壊の範囲を判断できるようにした。

表1 波圧計算における外力条件

ケース	水面からの天端高 hc(m)	実験値(沖地点)		波形勾配
		有義波高 H(m)	周期 T(s)	
A	0	0.11	2.06	0.017
B	0.05	0.10	1.98	0.016
C	0	0.21	2.95	0.016
D	0.05	0.23	3.00	0.017
E	0.1	0.24	3.21	0.015

〔成果の活用〕

本研究で得られた粘り強い構造や、堤防背後家屋に作用する波圧の知見については、海岸堤防等の減災対策に活用できるよう、成果を「海岸保全施設の技術上の基準・同解説」に反映する予定である。

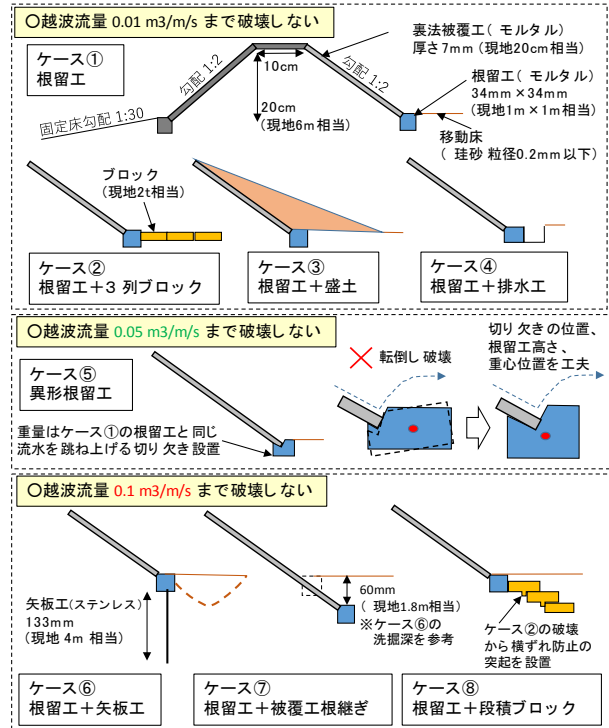


図2 実験ケースと被災越波流量

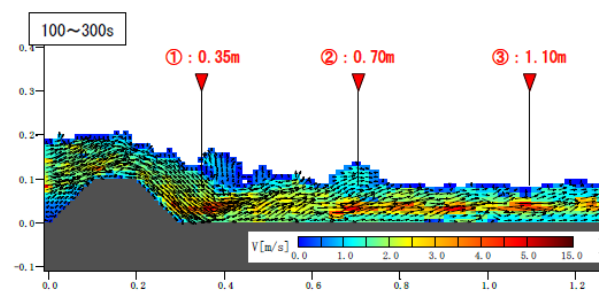


図3 最大流速分布図とモデル家屋位置（ケースA）

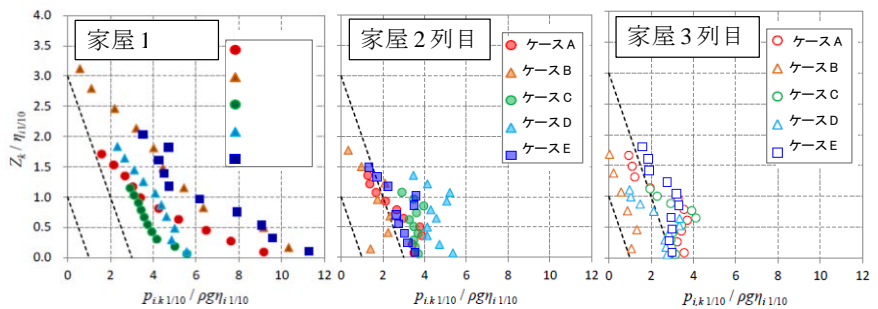


図4 無次元波圧分布（上位1/10平均の波圧，点線は静水圧と朝倉(2000)の式）

海岸保全施設耐震照査に関する研究

Research on seismic performance evaluation of coastal facilities

(研究期間 平成 27～28 年度)

河川研究部 海岸研究室

River Department
Coast Division

室長

Head

主任研究官

Senior Researcher

加藤 史訓

Fuminori KATO

竹下 哲也

Tetsuya TAKESHITA

The technical standard of coastal facilities was revised in 2015 and it was necessary to create procedures of seismic performance evaluation for the earthquake motion that causes the design tsunami in addition to level 1 and 2 motions. In this study, we summarized the matrix of levels of earthquake motions and levels of acceptable damage, applicability of analysis methods, and input earthquake motions for coastal dikes mainly made of soils.

【研究目的及び経緯】

2015 年の海岸保全施設の技術上の基準（以下、「技術上の基準」という。）の改定に伴い、設計津波を生じさせる地震の地震動による耐震照査が位置づけられた。また、2015 年の海岸省庁事務連絡「海岸堤防の設計にあたって準用する技術書の基本的な考え方について」では、コンクリートを主要材料とする構造は漁港施設、港湾施設に用いる技術書の準用を基本とし、盛土を含む構造は河川堤防の設計に用いる技術書の準用を基本とすることが示された。なお、海岸と河川では地盤等の現場条件が異なることもあり、海岸管理者が現場条件にあった適切な対策を選定できるように、耐震性能照査に関するガイドライン類の整備が必要である。

本研究では、上記を踏まえ、レベル 1 地震動、レベル 2 地震動及び設計津波を生じさせる地震の地震動を対象に、海岸堤防（盛土を含む構造）の耐震性能の照査手順を整備するものである。

表 1 海岸堤防等の地震被災事例と微地形区分

年	地震	場所	被災状況	微地形区分
1964 年	青森県西方沖地震	秋田県 八郎潟	堤防の沈下	干拓地
1978 年	宮城県沖地震	寒風沢海岸	堤防の沈下	砂州
		東名海岸	堤防の沈下 被覆工破損	埋立地
1995 年	兵庫県南部地震	淀川 西島地区	堤防の沈下	埋立地 干拓地
		布屋海岸	堤防の沈下	埋立地 干拓地
2007 年	新潟県中越沖地震	稚谷海岸	護岸の変状	砂州
		宮川海岸	護岸の変状 波返工の倒壊	砂州
2011 年	東北地方 太平洋沖地震	千葉県 浦安海岸	護岸の変状	埋立地

※注：海岸堤防以外の事例も含む

【研究内容】

過去の海岸堤防等の地震被災事例を収集し、被災状況や微地形区分を整理（表 1）した。また、学識者等による勉強会（表 2）を設置し、技術的助言を得ながら海岸堤防（盛土を含む構造）の耐震性能や各種照査法の適用条件、照査法に応じた入力地震動の設定方法、必要な地盤調査等について整理を行った上で、耐震性能の照査手順をまとめた。

表 2 海岸堤防（盛土を含む構造）の耐震性能照査技術資料に関する勉強会 委員

井合 進	京都大学防災研究所教授
一井 康二	広島大学大学院工学研究院 社会環境空間部門准教授
安田 進	東京電機大学 副学長、理工学部教授
片岡 正次郎	国土技術政策総合研究所 道路地震防災研究室長
佐々木 哲也	国立研究開発法人土木研究所 土質振動チーム首席研究員

※順不同（敬称略、2017 年 3 月時点）
海岸研究室除く

【研究成果】

(1)地震力の作用に対する海岸堤防の限界状態の整理

技術上の基準では、設計津波を生じさせる地震の地震動に対する耐震性能として「被害が軽微であり、かつ、地震後に来襲する津波に対して所要の構造の安全を確保するとともに海岸保全施設の機能を損なわない」と規定されているが、レベル 1 地震動、レベル 2

地震動の耐震性能との関係性が明確ではなかった。

このため、「土木・建築にかかる設計の基本」(2002年 国土交通省)や既往の論文、道路土工盛土工指針(2010年 日本道路協会)等を参考に、海岸堤防(盛土を含む構造)における地震動に対する限界状態を整理(図1)した上で、地震動レベル毎の耐震性能を「安全性能」、「目的達成性能」に分け、それぞれについて、要求性能と照査規準を整理(表3)した。

(2)各種照査法の適用条件、入力条件等の整理

耐震性能照査に用いる照査法について、地震動レベル毎に整理するとともに、適用条件や外力の入力条件を整理(表4)した。設計津波を生じさせる地震の地震動及びレベル2地震動については、地震後の沈下量を算出することができる静的照査法や動的照査法を示すとともに、慣性力の考慮の有無等の適用性や、それぞれの照査法に必要な外力の入力条件を整理した。

また、静的・動的照査法を照査対象の海岸堤防全てに適用するのは計算労力がかかることから、計算労力の低減の観点から、簡易照査法(例:「チャート式耐震診断システム(近畿地方整備局)」、「液化化による堤防の沈下量簡易推定法(土木研究所)」)による照査箇所のスクリーニングについても記載した。

この他、耐震性能照査に役立つ情報として、表1の被災事例と微地形との関係や、河川や宅地に係る耐震関係のマニュアルを参考に、海岸堤防で耐震上注意すべき微地形(埋立地、盛土地、干拓地、人工海浜、砂丘間低地、湿地、砂州、三角州等)を整理するとともに、静的・動的照査法のパラメータ設定に必要な地盤調査の留意点(調査の位置、調査項目等)についても整理した。

以上より、海岸堤防(盛土を含む構造)を対象に、レベル1地震動、レベル2地震動、設計津波を生じさせる地震の地震動に対する所要性能、各照査法の適用性、入力地震動の与え方を整理し、統一的な考え方で耐震性能照査ができるようになった。

[成果の活用]

本研究の成果は、海岸堤防等の設計に活用できるよう、成果を国土技術政策総合研究所資料としてとりまとめ、海岸管理者に対して情報提供を行う予定である。また、2017年度に改定予定である「海岸保全施設の技術上の基準・同解説」についても、本研究の成果を反映する予定である。

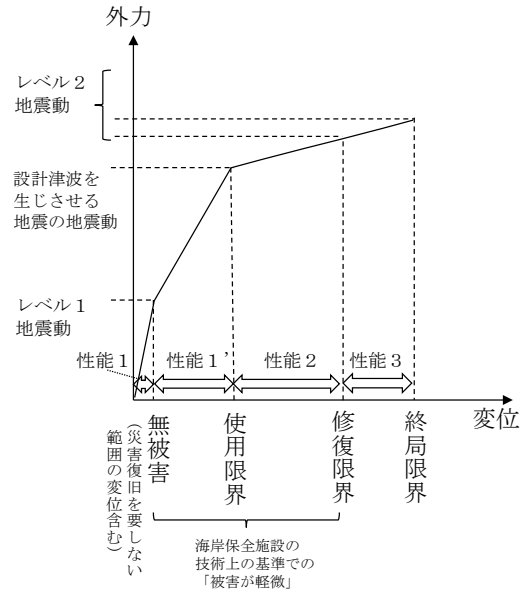


図1 海岸堤防(盛土を含む構造)の限界状態

地震動	安全性能	目的達成性能
レベル1地震動	所要の構造の安全を確保 →地震力の作用に対して無被害 【照査規準】 震度法に係る安全率	海岸堤防の機能を損なわない ・海水侵入防止機能(高潮・津波) ・越波減少機能(波浪) ・侵食防止機能 【照査規準】 震度法に係る安全率
設計津波を生じさせる地震の地震動	地震後に来襲する津波(設計津波)に対して所要の安全を確保 →津波の作用に対して海岸堤防の安定性が損なわれない →被害が軽微 【照査規準】 天端高が設計津波の水位以上 波返工(及び連続する被覆工等)が津波の作用に対抗できる構造	地震後に来襲する津波(設計津波)に対して海岸堤防の機能を損なわない →海水侵入防止機能(津波に限定) 【照査規準】 天端高が設計津波の水位以上 地震後の波返工の変位が、波返工の厚さ等から設定される許容値以内
レベル2地震動	(より高い耐震性能が必要と判断されるもののみ) →被害が軽微 (右記の速やかな機能の回復が可能な範囲の変位) 【照査規準】同右	(より高い耐震性能が必要と判断されるもののみ) 地震後の速やかな機能の回復が可能 【照査規準】「朔望平均満潮位+1/10確率波」等、個別に設定

表3 耐震性能と照査規準

地震動	照査法	概要(適用条件等)	入力条件
レベル1地震動	震度法	安全率(慣性力、液化化)を満たすことをもって無被害とみなす(現行基準に同じ)	設計震度(地盤面)
設計津波を生じさせる地震の地震動	簡易照査法	簡易に沈下量を算出する手法で、静的・動的照査法を優先的に行うべき海岸堤防のスクリーニングに使用	震度(地盤面)又は加速度波形(工学的基盤面)(※手法による)
	静的照査法	地震の影響を静力学的に解析する手法で、慣性力による破壊は未考慮	震度(地盤面)又は加速度波形(工学的基盤面)から液化化抵抗率を設定
レベル2地震動	動的照査法	地震時挙動を動力学的に解析するもので、慣性力、液化化の解析可能	加速度波形(工学的基盤面)

表4 各種照査法と適用条件、入力条件

衛星画像を活用した海岸線モニタリングに関する技術研究開発

Technology development on satellite-based coastline monitoring

(研究期間 平成 28～29 年度)

河川研究部 海岸研究室

室 長 加藤 史訓
主任研究官 原野 崇
研 究 官 浜口 耕平

[研究目的及び経緯]

海岸侵食を早期に検知するには、全国の海岸線を継続的に監視できる体制が必要であり、衛星画像を用いた海岸線モニタリング技術の確立が求められている。SAR（合成開口レーダー）衛星のデータは、光学衛星と比べて、安価に入手でき、天候に左右されずに観測できる利点がある。しかし、技術的に海岸線の判読が難しいため、実用化に向けての技術開発を要する。そこで、SAR 衛星データの適用可能性の評価、海岸線位置の自動抽出技術、長期的・短期的変動成分の抽出技術の開発等を行うために、河川砂防技術研究開発制度により採択された研究課題の研究代表者である東京大学へ研究を委託した。

本年度は、衛星の観測方向や海岸の特性による海岸線判読の精度の違い、学習アルゴリズムの構築、変動成分抽出の試行等を実施した。粒径の大きな海岸では、観測の条件によらず、海岸線の抽出が可能であった。また、海岸線を抽出するためには、観測方向が、海から前浜に向かう方向となる条件が最適であることがわかった。

減災のための背後地との連携方策の検討

Multiple protection in cooperation with coastal dikes, land use and evacuation for disaster reduction against tsunamis and storm surges

(研究期間 平成 28～29 年度)

河川研究部 海岸研究室

室 長 加藤 史訓
主任研究官 竹下 哲也

[研究目的及び経緯]

施設の計画規模を超える津波・高潮に対して、「海岸堤防」、「土地利用（津波防護施設等）」、「避難」にはそれぞれ役割と限界があり、どれか一つだけで対応するのではなく、これらを組み合わせて多重防護を図る計画論が求められる。本研究では、多重防護の一環として、津波減災対策として津波防護施設等（二線堤、嵩上げ等）の計画検討の考え方や、高潮減災対策として計画規模を超える高波に対する堤防海側の洗掘等に対する粘り強い構造を提案することを目指す。

平成 28 年度は、津波浸水シミュレーションを通じて二線堤等による氾濫流や浸水深の変化を確認し、「二線堤：氾濫流を止める」、「交差堤（二線堤と交差する堤防）：氾濫流の向きを変える」、「宅地嵩上げ：浸水深を減らす」といった特徴や、二線堤等で囲まれることによる浸水範囲の固定化、宅地嵩上げで浸水範囲が現況よりも周辺に広がる等の知見が得られた。また、平野が広がる地域と山地が海岸線近くに迫っている地域とでは氾濫流の流れが異なり、上記施設を組み合わせなければ減災効果が得られない場合も見られた。これらの知見を踏まえ、①現況の浸水計算で氾濫流の広がり方を把握、②①と現地踏査による施設配置案の検討、③複数ケースの施設配置案での浸水計算による減災効果の比較を行うことで津波防護施設を計画できることを明らかにした。

気候変動による河川計画対象降雨量の変化に関する検討

The study about the change of precipitation for river planning by climate change

河川研究部 水循環研究室

(研究期間 平成 28～29 年度)
室 長 川崎 将生
主任研究官 猪股 広典
研 究 官 山地 秀幸

[研究目的及び経緯]

気候変動により外力が増大し、将来、施設の改造等が必要になった場合でも、できる限り容易に対応できるよう、外力の増大に柔軟に追従できる、できるだけ手戻りのない設計に努めるべきとされている。気候変動に対する手戻りのない施設の設計を行うにあたり、将来の河川計画対象降雨量を適確に想定し、気候変動による外力の増大の幅を想定する必要があるため、d4PDF の現在気候データと将来気候データを用いて、全国 1 級水系の計画対象降雨量の将来変化率及びその不確実性を算出する。

本年度は、d4PDF のデータを使用し、全国 1 級水系毎に、現在及び将来の計画降雨継続時間の年最大雨量について統計解析を行い、現在気候に対する将来の変化率を試算した。その結果、今回流域単位で算出した変化率を地域ブロックで平均すると、これまで地域ブロック単位で算出していた変化率と概ね整合することがわかった。

新予測システムを用いた既設ダムを最大限活用する操作等の検討

Enhancement of dam operation based on meso-ensemble rainfall information

河川研究部 水循環研究室

(研究期間 平成 28～30 年度)
室 長 川崎 将生
主任研究官 猪股 広典

[研究目的及び経緯]

国土交通省における 20 の生産性向上につながる先進的な取組「生産性革命プロジェクト」の一つに「ダム再生」が選定されたところである。「ダム再生」の柱である降雨予測技術の進展を踏まえた”賢く柔軟な運用”の早期実現が熱望されている。ここでは、新しい予測情報である「メソアンサンブル予測雨量」から得られる予測雨量の発生確率分布を用いてダム操作に関わるリスク（貯水位が回復しない確率、ただし書き操作に入る確率等）を定量化し、予測の不確実性を考慮して合理的に意思決定を行う手法を開発する。

本年度は、メソアンサンブル予測雨量を用いて事前放流操作に関わるリスク（貯水位が回復しない確率およびただし書き操作に入る確率等）を定量化し、両者のリスクを最小にする放流量を決定・操作するシミュレーションを実施した。その結果、事前放流においてアンサンブル予測雨量を用いることの有効性が確認された。

ダム管理に係わる諸基準に関する調査検討

Survey on the rules concerning dam management

(研究期間 平成 27~28 年度)

河川研究部 水循環研究室
Water Cycle Division, River Department

室長
Head
主任研究官
Senior Researcher

川崎 将生
Masaki KAWASAKI
猪股 広典
Hironori INOMATA

Enhancement of the dam operation rule for flood control is required. In this theme, we proposed the procedure to examine the possibility of preliminary flow operation, excess flow operation and special operation.

[研究目的及び経緯]

気候変動による洪水のさらなる激甚化が懸念される中、平成 27 年 8 月に取りまとめられた「水災害分野における気候変動適応策のあり方について 答申（社会資本整備審議会）」において、『既存施設の機能を最大限活用する運用』が挙げられた。また平成 27 年 12 月に取りまとめられた「大規模氾濫に対する減災のための治水対策のあり方について 答申（社会資本整備審議会）」においても『既設ダムにおける危機管理型運用方法の確立』が挙げられており、洪水時のダム操作について従来の操作よりも貯水池の機能を活用する操作の導入が求められている。

現在の一般的な操作規則において規定されている操作よりもダムの機能をより活用する操作としては、事前放流、異常洪水時防災操作、特別防災操作が挙げられる。近年、上記 3 つそれぞれの操作を実施するために必要な個別技術について開発・提案されているが（例えば、事前放流に用いる予測雨量の精度向上や新しい異常洪水時防災操作の方式など）、各管理ダムにおいてそれらの技術について具体的にどのような手順で導入検討するのかについては示されてこなかった。そこで本検討では、最新の知見等について情報収集・整理を行い、事前放流、異常洪水時防災操作、特別防災操作それぞれについて導入可能性を検討する手順についてとりまとめた。

[検討実施内容]

事前放流、異常洪水時防災操作、特別防災操作それぞれについて、導入可能性の検討手順を下記の通り整理した。

(1) 事前放流

事前放流については、事前放流ガイドライン¹⁾において「降雨解析などにより確実に容量回復が見込める容量」を事前放流の対象の容量として設定することとされている。具体的には、事前放流を実施しても洪水

後に洪水貯留準備水位まで回復する水位を回復可能水位として定義し、累積雨量毎及び予測雨量毎に回復可能水位を設定し、表-1 に示される回復可能水位テーブルと呼ばれるテーブルとしてまとめることとしている。しかし事前放流ガイドラインに基づいて事前放流の導入検討が実施された平成 17 年当時、予測雨量の精度が低く満足な検討結果が得られなかった。今回の事前放流に関する導入可能性検討においては、近年の予測雨量の精度向上を鑑み、現在の気象庁が運用している MSM を用いて改めて事前放流ガイドラインに準じて回復可能水位テーブルを作成することとした。表-1 は事例ダムにおいて現在運用されている気象庁 MSM を用いて作成された回復可能水位テーブルである。このテーブルを用いて過去に異常洪水時防災操作を実施したイベントにおいて事前放流シミュレーションを行った結果が図-1 である。この出水については事前放流により異常洪水時防災操作を回避することはできなかったものの、本則操作と比較して異常洪水時防災操作の開始時刻を大幅に遅らせる効果が得られることが確認された。

(2) 異常洪水時防災操作

異常洪水時防災操作における検討は、現行の異常洪水時防災操作（一般的に、洪水調節容量の 8 割に相当する水位から貯水位に応じてゲートを開けていく操作）よりも洪水調節容量を多く使う事で洪水調節機能を高めることを目的としたものである。最初に現行の異常洪水時防災操作の開始水位を再設定（例えば洪水調節容量の 9 割に相当する水位から異常洪水時防災操作を開始するなど）の可能性について検討する。そこで満足な結果が得られない場合には、現行の異常洪水時防災操作以外の操作方式について検討する。現行の異常洪水時防災操作以外の操作方式としては、必要最小放流量方式、VR 方式、放流量曲線逐次見直し方式及び

表-1 回復可能水位テーブル

累積雨量ランク (mm)	予測可能ランク (33時間予測精度 100% 23h)	0-48	50-99	100-149	150-199	200-249	250-299	300-349	350-399	400-449	450-499	500-549	550-600
0	事前放流	しない											
1-19													
20-39													
40-59													
60-79													
80-99													
100-119													
120-139													
140-159													
160-179													
180-199													
200													

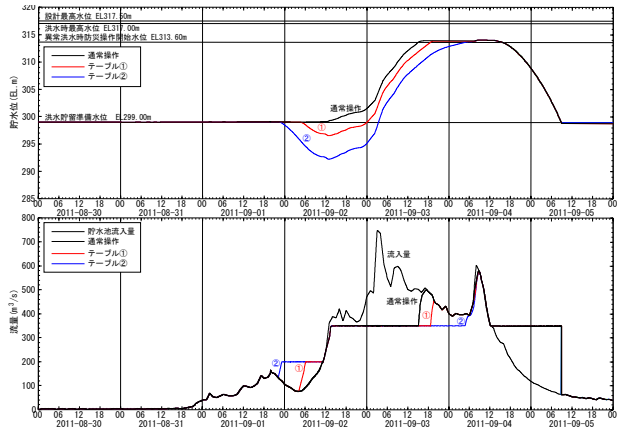


図-1 事前放流シミュレーション（テーブル②が表-1の回復可能水位テーブルによるシミュレーション結果）

限界操作方式の4方式について検討することとした。

図-2は上記の異常洪水時防災操作手法を適用した場合の計算結果である。全ての方式で現行要領に基づく操作よりも多くの洪水調節容量を使った効果的な操作になることが分かる。

(3) 特別防災操作

特別防災操作については、これまでに実施されてきたいくつかの特別防災操作の事例を参考にして図-3に示す特別防災操作の実施フローを作成した。具体的には、下記の順序で特別防災操作の実施可否を判断できるかについて、過去の出水を事例として気象庁の予報、予測雨量、貯水池状況を基に検討する。

- ① 下流河川で洪水被害が発生または発生するおそれがあるか
- ② 次期洪水のおそれがないか
- ③ 洪水の終了が見通せるか
- ④ 残貯水容量に余裕があるか

上記順序で判断を行い、実施可能であれば特別防災操作を開始し、その後は上記と同じ手順により特別防災操作の継続について判断を行う。

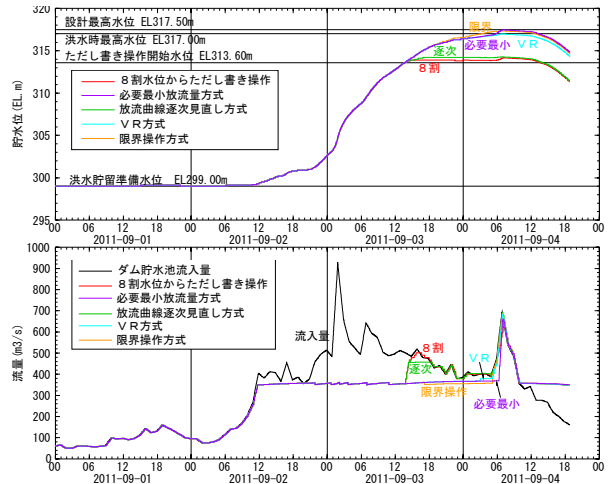


図-2 各種の異常洪水時防災操作手法の計算事例

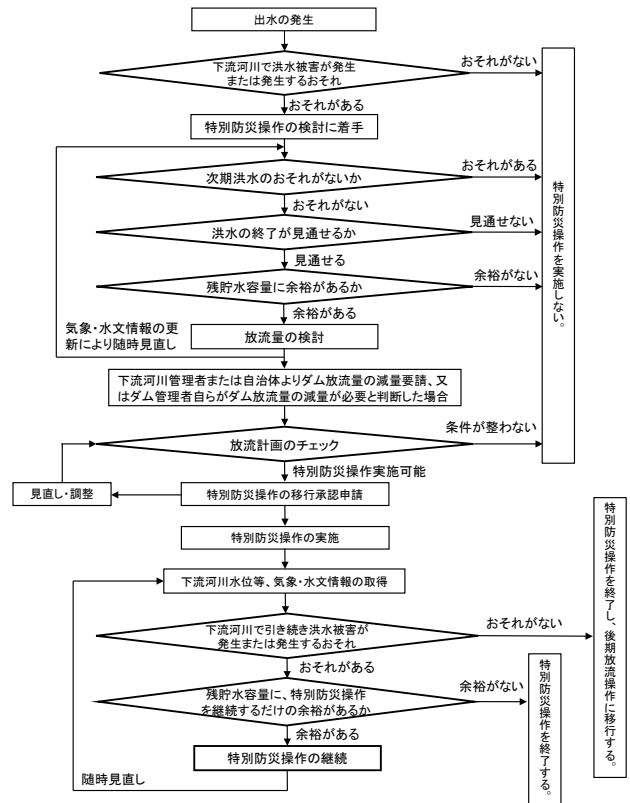


図-3 特別防災操作の実施フロー

[成果の活用]

上記検討手順や、導入にあたって考慮すべき事項をとりまとめた手引きを今後作成し、実運用への導入を図る。

[参考文献]

- 1) 国土交通省所管ダムにおける事前放流の実施について：国土交通省河川局長通達、平成17年3月30日 国河流第20号

Cバンドレーダ初期調整業務

Initial adjustment of C-band radar raingauge

(研究期間 平成 28 年度)

河川研究部 水循環研究室

室 長 川崎 将生
研 究 官 山地 秀幸

[研究目的及び経緯]

国土交通省では、XバンドMPレーダ雨量計及びCバンドMPレーダ雨量計で観測されるレーダ雨量を組み合わせたX及びCバンドMPレーダ合成雨量の一般配信を行うことを予定しており、CバンドMPレーダ雨量計が一般配信に必要な所定の精度を確保することが必要である。CバンドMPレーダ雨量計が所定の精度を確保するため、パラメータのチューニング等の初期調整を行う。

本年度は、試験運用中の9基のCバンドMPレーダ雨量計について、過年度に発生した降雨イベントだけでなく、本年度の出水期に発生した降雨イベントを加えて、パラメータのチューニング等の初期調整を行った。その結果、9基いずれも観測精度が向上し、「川の防災情報」で一般配信しているCバンドレーダ雨量計の雨量観測結果と比べて、同等程度以上の観測精度であることが確認された。また、CバンドMPレーダ雨量計の初期調整後のX及びCバンドMPレーダ合成雨量についても、Cバンドレーダ雨量計と同等程度以上の観測精度であることが確認され、来年度からのX及びCバンドMPレーダ合成雨量の一般配信に供することが可能となった。

水災害に対する観測・分析・予測技術の開発及び導入等

Development and implementation of observation, analysis and prediction technology for water-related disasters

(研究期間 平成 26～30 年度)

河川研究部 水循環研究室

室 長 川崎 将生
主任研究官 土屋 修一
主任研究官 猪股 広典
研 究 官 山地 秀幸

河川研究部 水害研究室

室 長 伊藤 弘之
主任研究官 大沼 克弘
室 長 野呂 智之
主任研究官 神山 嬢子

土砂災害研究部 土砂災害研究室

[研究目的及び経緯]

近年、集中豪雨や局所的な大雨（いわゆるゲリラ豪雨）による水災害や土砂災害が増加する傾向にある。その一方で、様々な水災害・土砂災害に対し確実な防災・減災を図るための災害・予測情報の共有や活用が十分でない。そこで、本研究では、次世代レーダによる雨量情報や降雨予測情報を、実用的な河川水位予測、浸水予測情報、土砂災害予測情報に翻訳し、リアルタイムで提供するための研究開発及びシステム構築を行う。

浸水予測については、神田川流域全体モデル及び重点地区詳細モデル、石神井川流域モデルを浸水予測システムに組み込み、1時間先の浸水を、10分以内で予測・配信できる浸水予測システムのプロトタイプシステムを作成した。河川水位予測については、河川水位予測モデルの精度検証を実施し、現業システムの3時間先予測より6時間先でも高精度な予測が可能であることを確認した。また、河川事務所等との意見交換を通じて、上下流連続的に河川水位と堤防高等を表示し、いつ、どこで氾濫が発生するかを把握できるようにすることで、早期の避難判断に役立つ見通しが立った。土砂災害予測については、6時間前までに集中豪雨（線状降水帯）の発生場を評価する技術を開発、2時間先予測に用いる現行の危険降雨量設定方法の改良、および降雨履歴を指標に用いることで、土砂災害発生予測の精度向上を確認した。また、時空間分解能が異なる気象データに応じて段階的に同時多発的な土砂災害の発生を予測することで、早期の防災体制構築や避難判断に役立つ見通しが立った。

実測水位データを活用した洪水予測手法の検討

Study on flood forecasting method utilizing water gage data

河川研究部 水循環研究室

(研究期間 平成 28～30 年度)

室 長 川崎 将生
主任研究官 土屋 修一

〔研究目的及び経緯〕

洪水予測システムが各事務所等で導入され運用されているが、種々の課題の一つとして、洪水毎に精度のばらつきが大きいという課題があり、安定した精度での洪水予測が求められている。安定した精度で予測が可能な洪水予測技術の確立を目的に、河川特性や流域特性に応じた適切な洪水予測モデルについて検討する。また、洪水予測モデルへの実測水位データの効果的な反映方法を提案する。

今年度は、全河川の洪水予測システムについて、採用されているモデル構成の整理、洪水予測計算結果の検証、誤差の主要因の抽出を行った。また、モデル構成や予測計算結果を河川、流域特性との関係で分類した。

洪水危険度情報プラットフォームの構築

Construction of the platform for sharing flood risk information

河川研究部 水循環研究室

(研究期間 平成 28～30 年度)

室 長 川崎 将生
研 究 官 土屋 修一

〔研究目的及び経緯〕

市町村や住民等に対して、水位観測所の水位だけでなく、自分が住んでいる土地の近傍の水位と堤防高の関係を把握できるようにするなど、氾濫の切迫度をリアルタイムで伝えることができる水位情報提供システム等の開発を進めることが求められている。そこで、洪水危険度に関する種々の情報を一元化し、これを縦断的、平面的にリアリティをもって表現し、洪水危険度を地先単位でリアルタイムに把握することを可能とする洪水危険度情報プラットフォームのプロトタイプシステムを構築する。

今年度は、河川縦断水位と堤防高の関係から溢水による氾濫の危険性の把握に資する表現方法を検討し、これを表示する「見える化システムプロトタイプ版」を構築した。時々刻々変化する水位と堤防高の関係をリアルタイムに把握し、溢水の危険性の高い箇所を俯瞰的に把握することを可能とした。

CommonMP を用いた河川・流域管理の高度化・効率化

Development and efficiency of river basin management utilizing the Common Modeling Platform for water-material circulation analysis (CommonMP)

河川研究部 水循環研究室

(研究期間 平成 28～30 年度)
室 長 川崎 将生
主任研究官 多田 智和
研 究 員 小沢嘉奈子

[研究目的及び経緯]

CommonMP は、雨量、水位等の水文データを用いて河川・流域内の水の動態を計算することができる解析モデルのプラットフォームである。これまでに河道・高水計画に必要な要素モデル等を概成させ、河川管理の実務に利用できる環境が整ったところであり、今後はこれらを実務に定着させて河川管理の効率化を図るとともに、河川管理の高度化に取り組む必要がある。そこで本研究では、CommonMP を用いて洪水時の河川の状況をリアルタイムで把握し、氾濫を予測するための演算プロジェクトを整備し、河川・流域管理の高度化を推進するとともに、河川事務所の河川管理実務の業務フローへの定着・維持更新を促進し、河川管理の効率化を図ることを目的とする。

今年度は、国土交通省水文水質データベースのリアルタイムデータを用いて、リアルタイムの河川縦断水位を CommonMP で計算するための一次元不定流計算要素モデルを用いたサンプル演算プロジェクトを作成した。また、地方整備局等職員を対象に CommonMP 講習会を開催し、サンプル演算プロジェクトの操作・活用方法についての講習を実施した。

ダム堤体の振動モニタリングによる健全度診断に関する研究

Research on Soundness Diagnosis of Dams Structures by Vibration Monitoring

河川研究部 大規模河川構造物研究室

(研究期間 平成 28～30 年度)
室 長 金銅 将史
主任研究官 佐藤 弘行
研 究 官 小堀 俊秀
研 究 官 田中 幸志

[研究目的及び経緯]

ダムの安全管理は、管理者により日常の巡視や漏水・変位等の計測と、各種点検・検査を基本に入念に行われている。しかし、長期供用ダムが増加する中、ダムの安全管理や状態監視をより効率的に行うとともに、ダムの長寿命化を図る観点から、構造物としての健全性を効率的にモニタリングする技術の開発・普及が求められている。そこで、ダムで観測される地震動波形データや常時微動の計測から同定される固有振動数などダム堤体の振動特性を表す指標に着目し、その変化からダムの構造物としての健全性の経年変化や大規模地震による変化をモニタリングできる技術の開発を行っている。

平成 28 年度は、常時微動や地震動の伝達関数をランニングスペクトルとして可視化し時系列変化の分析を行った。その結果、ダム堤体の振動特性を固有振動数の変化の有無より把握することができ、ダムの健全性への影響を評価する上で有効な情報の 1 つとなることがわかった。また、貯水位変化や堤体温度に影響を及ぼす外気温のほか、放流による振動も固有振動数に影響を及ぼし、モニタリング指標としての利用上注意を要することがわかった。

来年度は、ダムの健全度診断のための振動モニタリングの手引き作成に向け、合理的な振動特性の分析手法や診断指標の検討などを進めていく予定である。

衛星 SAR による地盤および構造物の変状を広域かつ早期に検知する変位モニタリング手法の

開発

Research on The Wide and Rapid Displacement Monitoring System for Land and Infrastructure by Synthetic Aperture Radar

河川研究部 大規模河川構造物研究室

(研究期間 平成 26～30 年度)

室 長	金銅 将史
主任研究官	佐藤 弘行
研 究 官	小野寺 葵

[研究目的及び経緯]

本研究は、地殻変動の分析等に活用が進みつつある衛星 SAR の利用を中心に、従来の測量や GPS 等とも組合せ、ダム等の構造物や周辺地盤の変位を面的・広域・迅速に把握できる効率的な変位モニタリング技術を開発することを目的としている。

平成 28 年度は、全国の種々の条件のダムを対象に ALOS-2 (だいち 2 号) のデータ (L バンド: 波長 23.6cm、空間解像度: 3m) を用いて干渉 SAR 解析等を実施した結果、ロックフィルダムの堤体変位は数 mm 程度の精度 (従来の測量や GPS との比較) で計測可能なことを確認した。なお、コンクリートダムでは、堤体表面勾配が相対的に大きいことなどにより衛星 SAR による変位計測には課題があることがわかった。

来年度は、更なる精度向上のため誤差処理方法等の検討を行うとともに、実用化に向けた SAR データの活用システムの検討を行う。

ダムの補強手法に関する研究

Research on Reinforcement Method of Dams

(研究期間 平成 26~28 年度)

河川研究部 大規模河川構造物研究室
River Department
Large-scale Hydraulic Structure Division

室長
Head
主任研究官
Senior Researcher
研究官
Researcher

金銅 将史
Masafumi KONDO
佐藤 弘行
Hiroyuki SATO
田中 幸志
Koushi TANAKA

In this research, we show the fundamental reinforcement methods of dams to improve seismic performance against large scale earthquake and evaluate the effects of these reinforcements. We also suggest fundamental reinforcement flow charts for three dam types.

[研究目的及び経緯]

大規模地震に対するダムの耐震性能照査手法については、「大規模地震に対するダム耐震性能照査指針(案)」の試行を通じて一定の知見が蓄積されてきているが、必要に応じ既設ダムの耐震性能を合理的に向上させる方法やその効果の評価方法についてはこれまで十分検討されていない。

本研究では、レベル2地震動(各地点で考えられる最大級の地震動)への対応など大規模地震に対する耐震性能を向上させるためのダム堤体の構造的補強方法等を示すことを目的とする。

[研究内容]

1. 重力式コンクリートダムの補強方法の検討

重力式コンクリートダムのモデルダムを対象に、二次元および三次元非線形動的解析を行い、堤体に発生するクラックの範囲から耐震補強対策の有無による耐震特性を評価し、入力地震動レベルに応じた耐震補強対策の基礎的な検討フロー(案)を提案した。

2. アーチ式コンクリートダムの補強方法の検討

アーチ式コンクリートのモデルダムを対象に、三次元非線形動的解析を行い、堤体に発生するクラックの範囲から耐震補強対策の有無による耐震特性を評価し、入力地震動レベルに応じた耐震補強対策の基礎的な検討フロー(案)を提案した。

3. ロックフィルダムの補強方法の検討

ロックフィルダムのモデルダムを対象に、二次元等価線形化法による動的解析を行い、すべり変形量をもとに耐震補強対策の有無による耐震特性を評価し、入力地震動レベルに応じた耐震補強対策の基礎的な検討フロー(案)を提案した。

[研究成果]

(1) 重力式コンクリートダムの補強方法の検討

提案した基本的な補強検討フローの試行例を図-1に示す。今回検討に使用したモデルダムについては、入力最大加速度が中程度(500gal)までは堤体に発生するクラックの領域が少ないために、無補強でも耐震性能は高いと考えられた。入力最大加速度が大きい場合(700gal程度)には、堤体に発生するクラックの領域が大きくなり、その場合には、堤体下流への腹付工や堤体天端から基礎岩盤へのアンカー工の単独補強対策あるいはそれらの補強対策の組合せによりダムの耐震性能を向上させる効果が高いことを明らかにした。図-2に入力最大加速度900galの時に、補強対策工がない場合と、下流腹付工と天端から基礎岩盤へのアンカー工の組み合わせによる補強対策工を実施した場合の動的解析の結果を示すが、補強対策工により堤体に発生するクラックの範囲が大幅に少なくなり、補強対策工による耐震性能向上効果を確認することができた。

(2) アーチ式コンクリートダムの補強方法の検討

今回検討に使用したモデルダムについては、入力最大加速度が小さく(300gal程度)、堤体に発生するクラックの範囲が少ない場合には、堤体下流への腹付工や天端から基礎岩盤へのアンカー工の単独対策でも耐震性能を向上させることが可能である。一方、入力最大加速度が中程度(500gal程度)あるいは大きい場合(700gal程度)においては、堤体に発生するクラックの領域が大きくなり、アンカー工単独では耐震性能を向上させる効果は低く、複数の補強対策工を組み合わせることにより耐震性能を向上させる効果が高いことを明らかにした。

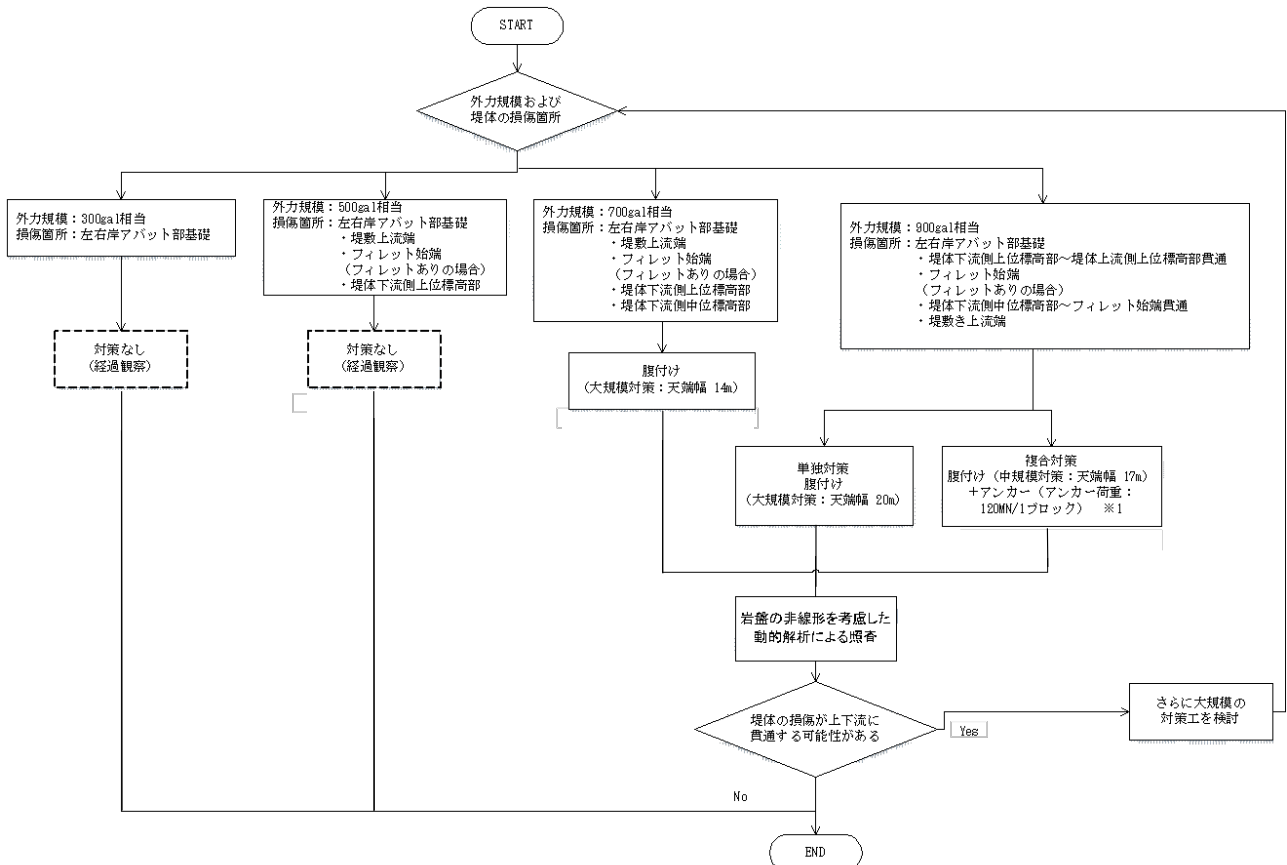


図-1 重力式コンクリートダムの耐震補強対策試行検討の一例

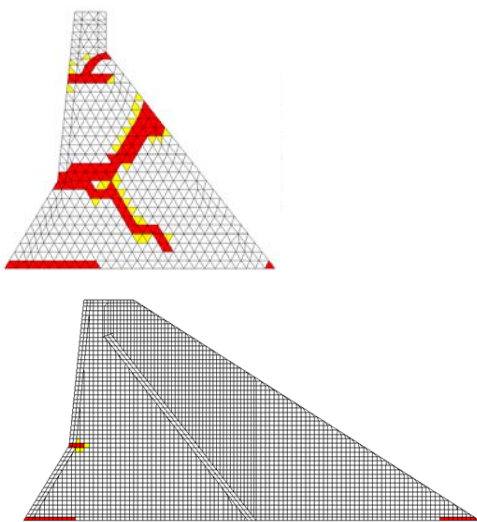


図-2 重力式コンクリートダムの耐震補強対策工によるクラック発生範囲の例 (入力最大加速度 900gal)
(上: 補強対策工なし、下: 下流腹付け+天端から基礎岩盤へアンカー工による補強対策工)

すべり変形量は1m以内となり、無補強でも耐震性能は高いと考えられた。入力最大加速度が非常に大きい場合 (900gal 程度) には、発生するすべり変形量が1mよりも大きくなることから、堤体下流あるいは堤体上下流への腹付け工による補強対策によりダムの耐震性能を向上させる効果が高いことを明らかにした。

以上のように、3つのダム型式について、ダム堤体に損傷が予想される極めて強い地震動を考慮した動的解析により構造的補強の効果について検討し、地震動レベルが大きくなると大規模な対策を要すること、コンクリートダムについては下流腹付け工とアンカー工との組合せが有効であること等を明らかにした。

[成果の活用]

本研究の成果は、本研究室が実施している地方整備局や都道府県への技術相談を通して、今後想定される既設ダムの堤体改造など大規模地震に対するダムの耐震性能向上を図る際の構造設計に活用される。

(3) ロックフィルダムの補強方法の検討

今回使用したモデルダムについては、入力最大加速度が比較的大きい場合においても (700gal)、発生する

大規模地震動の設定精度向上に関する検討

Research on Improvement of Accuracy for Designing Large Earthquakes

河川研究部 大規模河川構造物研究室

(研究期間 平成 26～28 年度)

室 長	金銅 将史
主任研究官	佐藤 弘行
研 究 官	小堀 俊秀
研 究 官	田中 幸志
研 究 官	小野寺 葵

[研究目的及び経緯]

大規模地震に対するダムの耐震性能照査の試行を通じ、ダム基礎における照査用レベル 2 地震動（各ダム地点で考えられる最大級の地震動）の設定に多用される経験的手法（ダム距離減衰式）は、その適用条件によっては地震動推定結果の精度が異なること等の課題が明らかになってきている。

本研究は、ダムの耐震性能照査用レベル 2 地震動の設定における経験的手法（ダム距離減衰式）の適用上の留意点や他の手法（経験的グリーン関数法等の半経験的方法等）の適用条件など照査用地震動を適切に設定するために両手法の適用性に関する検討を行い、設定外力の精度向上に資することを目的とする。

平成 28 年度は、経験的手法（ダム距離減衰式）については、ダム基礎で観測された地震動データとそのバラツキの特性等の分析から断層タイプや断層との位置関係の違いによる影響の有無等に注目して検討した。その結果、現状のダム距離減衰式の修正が必要と考えられるほどの明瞭な影響は認められなかったが、震源近傍での観測データが十分でなく、継続的なデータ収集・分析が重要と考えられる。また、半経験的手法については、内陸型地殻内地震を対象に実測地震動データと経験的グリーン関数法等を用いて試算した推定地震動と比較し、断層モデルの設定方法等の影響の有無等に注目して検討した。その結果、使用する小地震記録の選定や断層モデルの相違が推定結果に影響を及ぼすことに留意する必要があることがわかった。

ダムの機能維持対応策に向けたリスク分析手法の検討

Risk Analysis Methods for Maintenance of Dam Structures

河川研究部 大規模河川構造物研究室

(研究期間 平成 26～28 年度)

室 長	金銅 将史
研 究 官	大越 盛幸
研 究 官	小堀 俊秀
研 究 官	田中 幸志

[研究目的及び経緯]

ダムの構造性能に影響を及ぼす各種リスク要因として、近年の大規模地震や大規模洪水、経年等に伴い生じる可能性のある構造物としての健全性の変化などがある。しかし、これらを考慮してダムの安全性に対する実質的な余裕を分析・評価する方法は整備されておらず、計画的な維持管理や合理的な危機管理への投資のため、想定外力やダムの状態を考慮したリスク分析・評価手法の確立が求められている。

このため、本研究では、個々のダムで想定される大規模外力や点検で得られる健全度診断結果などにに基づき、ダムが有する安全性に対する現状・将来のリスクを分析・評価できる手法（ダムのストックマネジメントに活用できるリスク分析・評価手法）の提示を目的としている。

平成 28 年度は、国内の点検・検査資料等からダムの経年に伴う各種変状等の発生傾向等を明らかにした。その上で、海外ダムでの重大事象例等も参考に、各種リスク要因と外力作用等により重大事象に至るまでに想定しうる事象の連鎖をイベントツリーとして可視化することを試みた。この検討を通じ、総合的な安全性評価を目的としたダムでのリスク評価の基礎となるリスクの構造を明らかにする上でイベントツリー分析が有効なことがわかった。

これらの結果は、今後イベントツリー分析を用いたリスク分析の実行に必要な事象の発生・進展可能性を合理的に設定するため、点検等の結果に基づき、現状の構造性能（変状等により設計条件と同等とは限らない）を適切に考慮して、ダムの安全性（とその余裕）を可能な限り定量的に評価する手法についての研究に活かしていく予定である。

ダム・堰管理データベース更新・分析

Update and Analysis of Dam and Weir Management Database

河川研究部 大規模河川構造物研究室

(研究期間 平成 28 年度～)

室 長	金銅 将史
研 究 官	大越 盛幸
研 究 官	小堀 俊秀
研 究 官	小野寺 葵

[研究目的及び経緯]

国内では、完成後数十年以上を経過したダムが増加するなど、今後経年に伴う補修等の保全対策や状態監視の強化等を要するダムが増加するものと予想される。このため、ダムの安全性及び機能に対する信頼性を保持しつつ、計画的で効果的・効率的な維持管理を実現していくことが急務となっている。そのため、既設ダムにおける計測等データ、点検・検査の記録等ダム管理情報を蓄積するデータベースの構築を進めている。

平成 28 年度は、既設ダムでの点検・検査記録や各種計測データ、洪水操作実績等のデータベース登録を進めつつ、データ登録機能の改善などシステムの改良を図るとともに、登録データをもとに経年等による変状の発生傾向について分析を行った。

今後は、ダム構造物の各種維持管理情報の蓄積及びその傾向分析等を通じ、効果的・効率的な維持管理への活用を図っていく予定である。

大規模地震動に対するダムの耐震性能照査手法の更なる検討

Further Research on Seismic Performance Evaluation Method of Dams against Large Earthquake Motions

河川研究部 大規模河川構造物研究室

(研究期間 平成 27～29 年度)

室 長	金銅 将史
主任研究官	佐藤 弘行
研 究 官	田中 幸志

[研究目的及び経緯]

本研究では、大規模地震に対するダムの耐震性能照査に有効な標準的手法を提示するとともに、標準的手法では耐震性能の確認が困難な場合に適用可能なより詳細な検討に有効な解析手法等を明らかにすることを目的としている。

平成 28 年度は、標準的手法での照査が困難な場合のより詳細な検討手法として、コンクリートダムに継目部の相対挙動や堤体材料の損傷過程を考慮した非線形動的解析を適用し、地震動レベルのほか継目部構成則や減衰定数等が発生応力等に影響を及ぼすことを明らかにした。また繰返し荷重による堤体材料の強度低下を考慮したフィルダムの塑性変形解析により、繰返し荷重による強度低下がすべり変位量（沈下量）に影響を及ぼすことを確認した。

来年度は、アーチダムの応答特性とその影響要因について詳細な検討を行う予定である。

気候変動に係る大規模施設の影響調査

Investigation on Influence of Climate Change on Large-Scale Facilities

河川研究部 大規模河川構造物研究室

(研究期間 平成 27～29 年度)

室 長	金銅 将史
研 究 官	大越 盛幸
研 究 官	小堀 俊秀
研 究 官	田中 幸志

[研究目的及び経緯]

近年の気候変動により大雨の発生頻度の増加が指摘され、それを原因として設計外力を上回る洪水の発生にも備える上で、ダム施設への影響について把握する必要がある。そこで本研究では、将来的な気候変動に伴って設計外力が増加した場合のダムの構造安定性への影響について調べることを目的としている。

平成 28 年度は、主に重力式コンクリートダム堤体を対象として、水位条件の変化によりダム堤体に発生する応力や転倒・滑動に対する安定性などダム堤体の構造安定性への影響試算手法を検討し、同手法を適用してダムの構造安定性への影響を試算した。

来年度は、他の構造形式のダムについても検討を行う予定である。

SAR を活用した浸水域等の把握手法の検討

Reserch on the grasp technique of flooded areas by SAR

河川研究部 水害研究室

(研究期間 平成 28 年度)

室 長 伊藤 弘之
主任研究官 武内 慶了
研 究 官 湯浅 直美

[研究目的及び経緯]

水害発生時に浸水が生じた範囲を速やかに特定することは災害対応の基本であるが、夜間や悪天候時等においては浸水域が把握できない場合も多い。その一方で、SAR や UAV 等新たな観測技術も普及・活用が進んでいる。これら種々の技術を適宜選択又は組み合わせて浸水域を効率的に把握するため、氾濫発生時の状況に応じて最適な観測方法を選定し、速やかに浸水域、浸水ボリュームを把握する仕組みが必要である。

このため、本研究では浸水域の把握を目的として場合の、ヘリコプターからの空撮や人工衛星による SAR 画像等の種々の観測技術の特性を踏まえた観測方法の整理をした上で、観測、観測結果から浸水域を識別するためのデータ加工、浸水域の推定・把握を行うための手順書の作成、及び把握された浸水域から浸水ボリュームの推計を行うツールを作成した。

水害被害実態調査の手法に関する調査

Reserch on the technique of investigation into the actual conditions of the flood damage

河川研究部 水害研究室

(研究期間 平成 26～28 年度)

室 長 伊藤 弘之
主任研究官 武内 慶了
研 究 官 湯浅 直美

[研究目的及び経緯]

水害が発生すると、様々な機関によってその被害の実態に関する調査が行われるが、従来行われてきた調査の多くは、応急復旧が完了する時期までの直接的な影響を対象範囲としたものが多い。しかし水害の影響はそのような短期的な範囲に留まらず、産業活動や住民の日常生活、市町村の財政等への間接的な影響など、時間経過とともに顕在化する中長期的な影響も存在する。効果的な水害被害軽減の施策立案等には、水害の中長期的影響の把握が必要となる。

本研究では、中長期的影響を表現しうる指標として、人口、納税額、水稻、大豆・麦、雇用、住宅建設の6つの指標を抽出した上で、それらの挙動の特徴から、中長期的影響が顕在化する過程をシナリオとして整理した。さらに、中長期的に影響を与える要因（洪水インパクト、社会経済の脆弱性、復旧の困難性、外部支援）と、それら要因の相互関連や大小関係によって中長期的影響が発生する構造の仮説を提示した。

迅速かつ適確な水防活動に資する新技術に関する検討

・ Study on the new technology that is useful for quick and right flood fighting works

河川研究部 水害研究室

(研究期間 平成 26～28 年度)

室 長 伊藤 弘之

主任研究官 大沼 克弘

研 究 官 小林 正和

[研究目的及び経緯]

近年、豪雨に伴う水害が頻発化しており、市町村による水防活動や避難誘導等の危機管理の重要性が増している。本研究は、水防活動、避難誘導、災害対応能力の向上のため、危機管理能力の向上に資する新技術や行動計画（体制・システム）について調査・検討を行うものである。

平成 28 年度は、3 河川を対象に、氾濫シミュレーションに基づき、線状盛土構造物による氾濫の拡散抑制・貯留・流向制御、排水施設や排水ポンプ車等による氾濫流の誘導・吸収による減災効果を定量的に試算した。例えば河川 A については、ある霞堤を対象に試算した。現況では、L1 規模の洪水に対してはその控堤の切欠部から越水しないが、L2 規模の洪水では越水する計算となっている。この控堤の切欠部付近の 100m 区間を 1m 嵩上げした場合、L2 でも越水を防ぐことができ、被災人口は約 1400 人、浸水戸数は約 450 戸、被害額は約 19 億円減少させることができることがわかった。ただし、破堤から 6 時間以内に氾濫水が到達するため、破堤発生からの対応では間に合わないと考えられた。さらに、排水機場の耐水化による効果や、当該地方整備局の全排水ポンプ車が破堤後 24 時間までに参集して排水を行うことによる効果についても定量的に試算した。

さらに、氾濫水の排水過程を含めた氾濫シミュレーションを行っている事例を 10 河川収集し、氾濫計算における線状盛土構造物のモデル化方法等氾濫シミュレーションの計算条件について整理した。