

新材料等を用いた越水に対する 盛土強化工法研究会の設立と活動

鳥居謙一・常田賢一

1. はじめに

平成23年の東日本大震災により巨大災害を体験し、平成30年の西日本豪雨、令和元年の東日本台風（台風19号）による災害など、近年激甚な水災害が頻発している。さらに、IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) 第5次報告書において、気候システムの温暖化は疑う余地がなく、21世紀末までに気候変動に伴う降雨量の増加などにより、水災害が頻発化・激甚化することが指摘されている。この適応策として、流下能力の増強を目指す対策とともに、危機管理のために越流時に決壊する時間を少しでも引き伸ばすための堤防補強が進められている^{1)・2)}。

国土交通省では、令和2年2月に「令和元年度台風第19号の被災を踏まえた河川堤防に関する技術検討会」（以下「本省技術検討会」という。）を設置し、危機管理として河川堤防の強化をするために必要な技術検討が行われ技術開発や産官学が連携した研究・開発の体制の構築の必要性が指摘された³⁾。

このため、（一財）土木研究センター（以下「土研センター」という。）では、民間の技術開発を支援するとともに産官の円滑な連携を目的に「新材料等を用いた越水に対する盛土強化工法研究会」（以下「盛土強化工法研究会」という。）を設置した。

本稿は、研究会の設立に先立ち研究会活動のポイントを抽出するために実施した堤防補強の現地調査について報告するとともに、研究会活動を通じて得られた技術開発のポイント、今後の進め方について報告するものである。

2. 現地調査から見た研究会活動のポイント

土研センターでは、研究会の設立に先立ち、堤防補強の状況について、令和2年3月上旬に那珂

川・久慈川の2河川について現地調査を実施した。

ここでは、現地調査を通じて研究会活動のポイントを述べる。

2.1 かごマットによる裏のり尻補強

裏のり尻補強工法の一つとしてかごマットがあるが、その1例として那珂川において写真-1に示すかご工（延長410m）の現地調査を行った。令和元年の洪水で当該堤防でも越流したが堤防の被災は全く見られなかった。なお、本川の越流時には、既に内水氾濫が発生していたため、補強効果の評価では、ウォーター・クッションの効果も考慮する必要がある。

構造的特徴は、1) かご工は水平長でのり面部は1m、平場部で2.5mであり、控長は0.3m、2) のり先は、側溝（U-450）が隣接する区間と無い区間の両形態、3) 斜め小口対応は、割栗石（50～150mm）による三角形状層を設置、4) 鉄線かごは、表面はひし形金網、下面と縦の仕切りは連結したL型の溶接金網であり（写真-2参照）、5) かご工は覆土されていないなどである。

研究会活動のポイントとしては、のり先の侵食防止効果と施工性、耐久性、維持管理性などが重要な観点となると考えられる。



写真-1 かご工の全景



写真-2 かご工上端部の連結状況



写真-4 連節ブロックにより補強（平場なし、Bタイプ）

2.2 ブロックによる裏のり尻補強

那珂川、久慈川では裏のり尻補強として、ブロックによる裏のり尻補強が標準的に実施され、平場の有無によってAタイプ（写真-3）とBタイプ（写真-4）が現場条件に応じて使い分けられている。

なお、基礎コンクリートや斜め小口のコンクリートなどをプレキャスト化し、施工性を高める工夫がおこなわれている（写真-5）。

また、吸出し防止シートが施工されており、基礎工、小口止めと合わせて複数の部材が組み合わされて機能を発揮している。

研究会を進めるに当たり、施工性の確保が重要である。また、コンクリートブロックやかご工に使用されている石材など従来の素材と化学繊維などの新素材と組み合わせることにより機能性を高めることも重要な観点である。

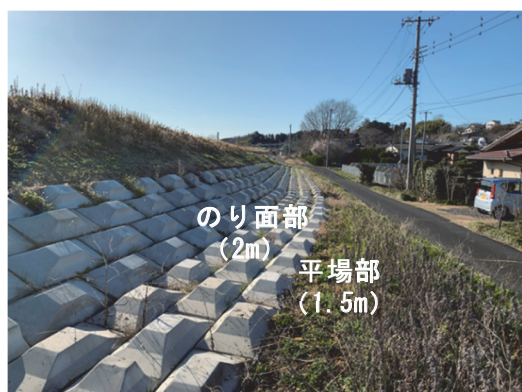


写真-3 連節ブロックにより補強（平場あり、Aタイプ）

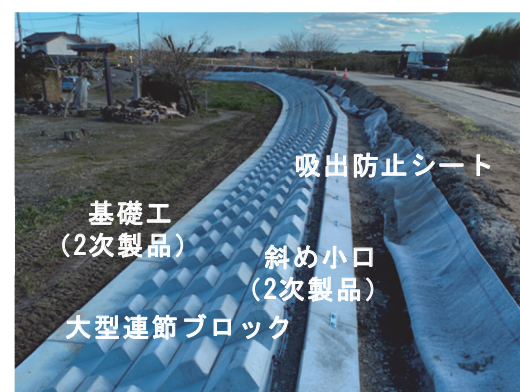


写真-5 プレキャストの基礎工、斜め小口

2.3 のり肩補強

決壊箇所の復旧箇所では、のり肩ブロックの設置（写真-6）で補強されている。のり肩ブロックは、越流水の流向をのり面方向にスムーズに誘導できれば、のり面侵食の抑制に繋がることが期待できる。

研究会活動に当たっては、上記のように天端、のり面、堤脚部の補強対策が複合的に効果を発揮して、堤防全体として機能を発揮することを目指す必要がある。



写真-6 裏のり肩のブロック設置

土研センター

3. 盛土強化工法研究会

3.1 研究会の目的

土研センターでは、河川堤防を越水した場合であっても、決壊しにくく、堤防が決壊するまでの時間を少しでも長くするなどの減災効果を発揮する粘り強い構造の河川堤防の整備に必要な新材料（化学製品（化学繊維、アスファルト、複合製品を含む）、メッキ金網、混合土）や新技術（PCa部材、プラスチック製品など）を用いた盛土強化工法の技術開発を支援し、良質な社会資本の効率的な整備に貢献することを目的とする盛土強化工法研究会の設立を当センターの賛助会員に呼びかけたところ、29社（令和3年10月現在）の賛同を得て、令和3年3月に研究会を設立した。

3.2 盛土強化に活用が期待される工法、材料

本省技術検討会の報告にもあるように、「資材・工法の比較検討を行い、総合的に優位なものを選択」できる環境を整備することが重要である。

研究会では盛土強化に活用が期待される工法、材料を抽出するため、研究会の会員にアンケートを実施した。

なお、これらの工法は、あくまでも研究会会員の提案に基づき活用が期待される工法であり、今後研究会等の活動を通じて、耐侵食性や耐久性など要求性能を満足しているか検討が必要である。

アンケートの結果、天端部の補強に活用が期待される15の技術、のり面部の補強に活用が期待される34の技術、堤脚部の補強に活用することが期待される34の技術が提案された。

工法としては、ブロック系、ブロックマット系、シート系、かご系（金網、化学繊維）、土壌改良系、緑化系、アスファルト系に分類された。

これらの工法等は、工法の概要、特徴、期待される効果、工法の現状、マニュアルの有無など基礎的な情報を整理し、土研センターのHPに掲載する予定である。

3.3 要求性能の設定

提案された技術は、堤防補強以外の現場での施工実績を有するものの堤防の補強、特に越流時に侵食を抑制する効果については未知のことが多い。

本省技術検討会でも「材材・工法には、ある条件下では効果を有するものもあるが、既存堤防が有する機能を毀損しないという点や越水時の効果

表-1 盛土強化対策の自己評価項目

I. 堤防に求められる基本的な性能を毀損しない。あるいは改良できる。	表のりの耐侵食性に影響を与えていないか（耐侵食性） 降雨時、水位上昇・降下時の裏のり面の安定性（浸透） 降雨時、水位上昇・降下時の基礎地盤の安定性（パイピング） 自重の増加が堤体・裏のり面の常時の安定性（自重） 自重の増加が基礎地盤の常時の安定性（基礎地盤） 地震時の安定性に影響を与えていないか（耐震性） 波浪等に対する安全性 巡視、応急復旧、水防活動の障害にならないか
II. 堤防の設計に反映すべき項目	不同沈下に対する確認や修復が容易である 基礎地盤および堤体との一体性及びなじみがよい 嵩上げ及び拡幅等の機能増強の容易性 損傷した場合の復旧の容易性
III. 堤防の設計に当たって配慮すべき事項	環境及び景観との調和 構造物の耐久性 維持管理の容易性 施工性 事業実施による地域への影響 経済性 公衆の利用等
IV. 部位別 (天端)	直接的な流水侵食を阻害し、ひさし効果により堤体崩壊の進行を遅らせる。 越流水により保護工が滑動・転倒が発生しない 負圧によって保護工の安定性が損なわれない 越流水により保護工が剝離・損傷しない 保護工の定着部が損傷しない 保護工同士の間で破壊しない 保護工下に空気が滞留しない
(法肩)	隅角部を損傷から保護する 越流水により保護工が滑動・転倒が発生しない 負圧によって保護工の安定性が損なわれない 越流水により保護工が剝離・損傷しない 保護工の定着部が損傷しない 保護工間の接続部で破壊しない 越流水による堤防の天端工、裏のり工の接続部で不具合が発生しない
(法面)	法面を越流水の洗掘から保護する。植生の流出を防止する。 越流水により保護工が滑動・転倒が発生しない 保護工がせん断力で損傷しない 保護工の定着部で破壊しない（マット、留め具） 保護工間の接続部で破壊しない 接続する堤防の天端工、裏のり工の接続部で不具合が発生しない 保護工の背面の土砂が移動・流出しない 堤体内の水位上昇時に排気性が確保されている 越流時においても排気性が確保されている 接続する堤防の安定性、耐侵食性に影響がない 植生の耐力を低下させていないか 越流水の十分な減衰が可能である
(のり戻・堤脚)	越流水により保護工が滑動・転倒が発生しない 保護工の底部で侵食が発生しない（安定性） 越流水の十分な減衰が可能である（減衰性） 保護工前面で保護工の安定性に影響する洗掘が発生しない（減衰性） 越流水により沿川の住宅等への影響がない（減衰性） 接続する堤防の裏のりの安定性、耐侵食性に影響がない

に幅や不確実性を有しているなど、現段階で設計できる段階には至っていない。また、堤防強化に用いる資材・工法の長期的な機能の継続性や維持管理の容易性についての知見は十分とはいえない」と指摘されている。

このため、今後の技術開発を進めるためには、河川堤防を越水した場合であっても、決壊しにくく、堤防が決壊するまでの時間を少しでも長くするなどの減災効果を発揮する粘り強い構造の河川堤防の整備に求められる要求性能を設定し、性能を照査する必要がある。

そこで、令和元年7月に改訂された河川砂防技術基準（設計編）や本省技術検討会の資料を参考に、技術開発のための堤防強化工法に求められる性能の定義を研究会として行った（表-1）。

今後、設定した要求性能については、行政や研究機関との意見交換を通じて、内容の充実を図っていく必要がある。

3.4 今後の研究会の進め方

研究会で設定した要求性能に対して、会員自ら技術開発のレベルの自己評価（性能を定量的に確認、定性的に確認、未確認、該当しない）を行い技術開発の方向性の確認を現在行っている。

自己評価結果をみると、堤防以外での施工実績や類似の構造により要求性能を満足していることを定性的に確認できる項目が多い一方で、耐侵食性や耐久性など重要な性能については、実験や数値計算など定量的なエビデンスが必要となることが予測される項目がある。これらの項目について各技術の特徴を適切に評価し、有用な技術の普及に資することができるかが、今後の取組みの中でポイントになると考える。特に、植生と一体となって耐力を確保するタイプの工法では、照査方法自体の確立や設計、施工、点検、維持管理、補修に関しては技術資料を整理する必要があると考えられる。

国総研には、越水に対する堤防強化技術に関する「技術相談窓口」が設置されて、関係業界団体からの堤防強化に係わる技術的な相談を随時受け付けている。

今後、会員の自己評価を部位、工法毎に取りまとめ議論の一般化を図ることにより、相談窓口のチャンネルを有効に活用して技術開発を加速していきたい。

一方、定量的な性能評価には実験や数値計算などが必要となり、民間では負担が大きいことが予測され、産官の連携が重要となると考えられる。

4. おわりに

本稿では、現地調査に基づき堤防補強工法の技術開発のための研究会活動のポイントについて検討するとともに、土研センターが設立した研究会の活動について報告した。現場条件に適した工法を選択するためにも、技術開発において民間の技術開発力を活用することにより工法選択の裾野を広げることが重要であり、官民の連携が不可欠である。

このためにも、民間の技術開発課題を一般化しこれを材料に官民の技術的な会話を深化させることが重要であり、研究会での技術開発の課題の整理を通じてその一助になれば幸いである。

参考文献

- 1) 服部敦、森 啓年、笹岡信吾：越水による決壊までの時間を少しでも引き延ばす河川堤防天端・のり尻の構造上の工夫に関する検討、国総研資料、第911号、2016.5
- 2) 諏訪義雄、加藤 史訓、竹下 哲也、鳩貝 聡、姫野一樹：越流に対する海岸堤防の粘り強い構造の要点、国総研資料、第1035号、2018.6
- 3) 国土交通省：第3回令和元年台風第19号の被災を踏まえた河川堤防に関する技術検討会、2021.10.6閲覧
https://www.mlit.go.jp/river/shinngikai_blog/gijutsu_kentoukai/index.html

鳥居謙一



(一財)土木研究センター
常務理事、博士（工学）
Dr. TORII Ken-ichi

常田賢一



(一財)土木研究センター
顧問、博士（工学）
Dr. TOKIDA Ken-ichi