

# 官民連携した 越水に対して粘り強い 河川堤防構造の開発

(研究期間：令和5年度～令和7年度)

河川研究部 河川研究室

主任研究官

三好 朋宏

研究員

福岡 千陽

交流研究員

河野 努

交流研究員

松尾 峰樹

室長

瀬崎 智之



(キーワード) 粘り強い河川堤防、越水、信頼性

## 1. はじめに

堤防は、歴史的な経緯の中で、工事の費用が比較的低廉であること、材料の取得が容易であり構造物としての劣化現象が起きにくいこと等の理由により多くが土で造られてきた。しかし、土で造られた堤防は、越水に対して脆弱である。

このため、国土交通省では、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等の減災効果を発揮する粘り強い構造の河川堤防（以下「粘り強い河川堤防」という。）の開発を進めている。越水しても決壊しない堤防とすることは現状では技術的に困難である（平成20年土木学会報告書）ことを踏まえ、越流水深30cmで3時間越水した場合でも決壊までの時間を少しでも長くすることを技術開発上の評価の目安として設定している。

本稿では、これまでの技術開発の経緯と国総研で現在取り組んでいる粘り強い河川堤防の信頼性向上を効率的に図ろうとする手法の研究の概要について紹介する。

## 2. 越水に対して粘り強い構造の河川堤防の開発

### (1) 国総研による粘り強い河川堤防の開発

これまで、越水に対する堤防の補強としては、天端の舗装や裏法尻にブロックを設置する「危機管理型ハード対策」を、全国の河川弱部において実施している。これは、越水開始から堤防決壊に至るプロセスを加速させることが多い法尻の洗掘や、天端の崩落を遅らせることを狙ったもので、比較的lowコスト

で既設堤防を強化できる対策であった。写真-1に危機管理型ハード対策を実施した箇所での越水後の様子を示す。法尻の洗掘が生じておらず、天端舗装が底のように作用して堤体の侵食を抑制していることが確認できる。一方で、当然ながら、植生だけで被覆されている裏法面は、越流水深が大きくなり、高流速が作用すると侵食されてしまい越水が長時間継続した場合には決壊まで至る可能性が高まる。

これを踏まえ、堤防裏法面を吸出し防止材と表法護岸で活用されているコンクリートブロックで被覆する構造の粘り強い河川堤防（写真-2）（以下「ブロック構造」という。）を考案し、水路実験等を重ね、構造の詳細を決定していった。これらの研究開発の成果は、技術資料（案）<sup>1)</sup>として整理され、公表されている。この構造については、既に、全国の約14箇所でパイロット施工を行っており、施工後の変状等についてモニタリングを行っている。

### (2) 公募による粘り強い河川堤防の技術開発

国土交通省は、国総研が研究開発を行ったブロック構造以外についても、技術開発を促進するため、令和5年3月から令和5年9月にかけて、越水に対して



写真-1 危機管理型ハード対策箇所での裏法面侵食

「粘り強い河川堤防に関する技術」の公募を行った。応募された中には、これまで堤防の技術にあまり関わりのなかった企業等からの応募もあり、堤防技術の裾野の広がりを感じられた。応募技術(全16件)の評価は、分類Bが4件、分類Cが1件、分類Dが11件となった(表-1参照。分類B以上の応募技術については、現場で使用される可能性がある)。この中には、国総研が公表した技術資料(案)<sup>1)</sup>を参考にした技術が多く見られた他、国総研の保有する大型実験水路を借りて実験を行った技術もあり、国総研の成果や施設が活用されていた。なお、希望者には評価委員会委員等との面談により評価に関する対話を行う等、応募者の技術開発を促進する取り組みも行われた。

### 3. 信頼性向上手法に関する研究について

粘り強い河川堤防の構造の開発では、公募においても実大スケールの模型実験等による検証を義務づけており、評価を得た技術は、理想的な状況下では機能を発揮する、いわば‘実験室レベルでの信頼性’を有していると言える。評価を得た技術は、次の段階として、現地でのパイロット施工に採用され、現地での不確実性を有する中で十分に機能を発揮する



写真-2 粘り強い河川堤防の例

表-1 評価階層

評価階層	①既存の堤防の性能を毀損しないこと 計画高水位以下の安全性		②越水に対する性能を有していること
	設計に反映・考慮すべき事項		
分類A	土堤と同等以上	土堤と同等以上	有している
分類B	土堤と同等以上	土堤と同等とはいえないが、改善の余地があり、技術開発の継続が望まれる	実験結果等で確認(現地での不確実性等が残る)
分類C	土堤と同等とはいえないが、改善の余地があり、技術開発の継続が望まれる	土堤と同等とはいえないが、改善の余地があり、技術開発の継続が望まれる	実験結果等で確認(現地での不確実性等が残る)
分類D	技術に課題あり	技術に課題あり	技術に課題あり

か、いわば、‘現場レベルでの信頼性’を有するか等が検証されていくことになる。ここで言う現地での不確実性とは、軽微な施工不良、施工時の不注意に起因した材料の経年劣化、堤体の土質等の不均一性、地盤沈下や風雨等の作用による経年的な変化等が考えられる。しかしながら、現地でのパイロット施工は、例えば表法護岸等では現地で繰り返し受けた洪水の経験を踏まえて構造を改善していくことが効率的に行えると考えられるが、生起確率が低い堤防の越水機能の検証には時間を要し、効率的ではない。

そこで、現地での不確実性と堤防の破壊との因果関係を体系的に図に整理した上で、この中から決壊に至りうると考えられる現地での不確実性を選定し、水理実験により検証を行っている。例えば、ブロック構造においては、長期的な降雨によるガリ侵食等を想定した不陸をブロック下に設けた状態を実験の初期状態として、実験を行うなど、様々な現地での不確実性に起因した破壊モードの‘発掘’を行っている(写真-3参照)。これによって、考案した粘り強い河川堤防が、どのような不確実性に弱い構造であるのか、その際の被災メカニズム、弱点を克服するための構造や維持管理上の留意点等を把握できる。これらの検討は、前述した公募で高評価を受けた技術についても、応募者の協力を得て実施している。研究成果から、理想的な状況下では発見しにくいリスクを明らかにし、対策を講じる信頼性向上プロセスを例として、広く提示していきたいと考えている。



写真-3 土羽にガリ侵食等を設けた実験の様子

☞ 詳細情報はこちら

1) 粘り強い河川堤防の構造検討に係る技術資料(案)  
<https://www.nilim.go.jp/lab/fbg/download/gijutsusiryo.pdf>

2) 粘り強い河川堤防の技術開発について 地盤工学会誌 2025年3月号