

堤防工学ノムコウ —堤防ダイアログ WG 活動報告—

メカニズム 調査 解析 リスク

土木学会 地盤工学委員会
堤防研究小委員会 堤防ダイアログ WG

1. 背景

堤防は長い歴史を持つ長大な土構造物であり、出水や地震に伴う被災の経験に基づきその形状が規定され、徐々に築造されて、現在の形になった。そのため、自ずと経験に重きを置いた技術的枠組みのなかで、その設計、施工、維持管理がなされてきた。

その様な河川堤防の設計に、およそ四半世紀前から地盤調査、数値解析などを組み合わせ、すべりやパイピングに関する安全性を照査する工学的な手法が導入され、いわゆる堤防工学が産声を上げた。この手法は、堤防の状態を把握し、その耐力を高精度に評価することを試みるものであり、欧米の堤防の設計手法と比較しても高い技術力が求められる挑戦的な取組みであった。

一方、気候の極端化による出水頻度・規模の増大やそれに伴う堤防被災の発生を踏まえ、越水に対して「危機管理型ハード対策」の導入や「粘り強い河川堤防」の技術開発、欧米における「リスクに基づいた堤防設計手法の導入」など、近年の堤防に関わる社会的背景や要請が大きく変わってきている。

そうした認識の下、堤防工学として取り組むべき今日的な課題を抽出し、今後の堤防工学の技術的ビジョンを創出することを目的として、土木学会地盤工学委員会堤防研究小委員会において、堤防ダイアログ WG (WG 長：服部敦 (国土技術政策総合研究所)。以下、「WG」とする) が設置された。WG では、「堤防工学とは何か？」をテーマとして委員による話題提供と議論がなされた。各回の話題提供・議論からその主旨が凝縮されたキーワードを選定し蓄積していった。最後にキーワード間の関連図を WG メンバーで共同製作し、議論の全体像を把握するとともに、多様な観点・分野に関連するキーワードを抽出し、そこから堤防工学が取り組むべき課題や技術的検討の方向性を整理した。

本稿では、2020 年から 2022 年にかけて活動した WG の活動状況とその成果について報告するものである。

2. 活動状況

WG のメンバーを表-1 に示す。20 名のメンバーが参加し、そのうち大学関係が 12 名と半数以上を占めた。その他に、国土交通省関係が 5 名、民間会社から 3 名の参加があり、研究と実務の両面からの堤防に関する議論が可能なメンバー構成であった。

WG はすべてオンラインで 2020 年 11 月から 2 ヶ月に 1 回のペースで計 8 回開催し、毎回 2~3 名程度の WG メンバーから自身が堤防工学に関して重要と思われる技術的事項に関する話題提供を行って頂き、それらをもとに参加者で議論を深める形で進めた。なお、参加者が最低一度は発言するというルールを設定し、議論の活性化に努めた。

話題提供のテーマは、堤防工学が水工学と地盤工学の学際的な分野であることから非常に多岐にわたり、WG メンバーの堤防愛が垣間見えるものであった。詳細な話題提供の内容や議論の状況は、紙面の都合上割愛するが、例えば、浸透・侵食・越流に関する堤防の破壊メカニズム、またそれらの解析方法や複合材料を使用した対策工法、河川堤防の調査、観測や維持管理方法、決壊の社会的なインパクトを考慮したリスク評価方法などに関して忌憚のない議論が行われた。

表-1 堤防ダイアログ WG メンバー (五十音順, 所属は WG 時点)

石田 正利 (太陽工業)	大竹 雄 (東北大学)
岡村 未対 (愛媛大学)	奥中 智行 (国土交通省)
音田慎一郎 (京都大学)	川尻 峻三 (北見工業大学)
小高 猛司 (名城大学)	崔 瑛 (横浜国立大学)
坂本 淳一 (中央開発)	佐古 俊介 (国土技術研究センター)
佐々木哲也 (土木研究所)	檀上 裕司 (東京建設コンサルタント)
永松 義敬 (前任: 日黒嗣樹, 国土交通省)	服部 敦 (WG 長: 国土技術政策総合研究所)
肥後 陽介 (京都大学)	藤澤 和謙 (京都大学)
前田 健一 (名古屋工業大学)	松田 達也 (豊橋技術科学大学)
森 啓年 (幹事: 山口大学)	吉川 高広 (名古屋大学)

3. 連関図

本 WG の話題提供や議論のとりまとめとして、各回の話題提供と議論のキーワードを蓄積し、それをもとに堤防工学が取り組むべき課題に関する連関図を作成した。具体的には、ストックしたキーワードを「メカニズム」、「調査」、「解析」、「リスク」にクラスタリング（分類）し、今後の堤防工学における技術的課題の抽出を図った。なお、クラスタリングは、それぞれの分類に詳しい WG メンバーを選定し、キーワードの選定・追加を行い、それらを統合することで、各分類のつながりも明らかにすることを旨とした。

その結果を図-1 に示す。各分類の境界にあるのが、複数の分類から関連があるとされたキーワードである。「メカニズム」、「調査」、「解析」、「リスク」の分類は相互に関連していることが分かる。また、すべての分類から関連があるとされたキーワードは 2 つあり、「不確実性（様々なバラツキ）」と「経験値・知の定量化」であった。長大な堤防を、工学的に議論するためには、その不確実性を経験的な知で把握し、それを定量的に提示することが、今後の堤防工学の発展のために取り組むべき技術的検討の方向性として整理できると考えている。

次に WG において特に議論が白熱したキーワードをいくつか挙げる。一つ目はメカニズムとリスクに関係する「長さ効果」で、長大な土構造物でその弱点箇所が全体の安全性を規定する堤防だからこそのキーワードと言える。被災した際、その原因を堤防形状や土層構造の面から局所的な弱部に起因すると結論づけられる場合も多いが、今後それらの点も含めた堤防の評価手法が確立されることで、将来的なリスク評価などにつながることを期待される。

次に、メカニズムと解析に関係する「壊れ方」である。堤防には、浸透・侵食・越水などの様々な破壊メカニズムが存在するが、未だ決壊に至る条件やその過程など不明である事象が多くある。また、浸透と越水の様に複合的な要因で決壊に至る事例などが報告されているが、その詳細に関する研究も端緒についたばかりである。一方で、近年発展が目覚ましい解析技術を用いて堤防の決壊に至る過程を再現しようとする試みも多くなされ、今後の現地の被災調査を用いた解析結果の検証などが必要である。

最後に、メカニズムと調査に関する「堤防構造・材料の劣化」である。土構造物はこれまで原則として、竣工直後が最も不安定であり、年月が経過するに連れて安定すると考えられてきた。しかし、江の川の噴砂の被災は、前回出水時に発生した被覆土を貫通する砂柱を通じて、再び発生していることが確認されるなどの事例もあり、出水という外力を受けた堤防が果たして、その性能を維持し続けることができるのかという点は議論が残り、今後堤防工学が取り組むべきテーマの一つであることが示唆された。

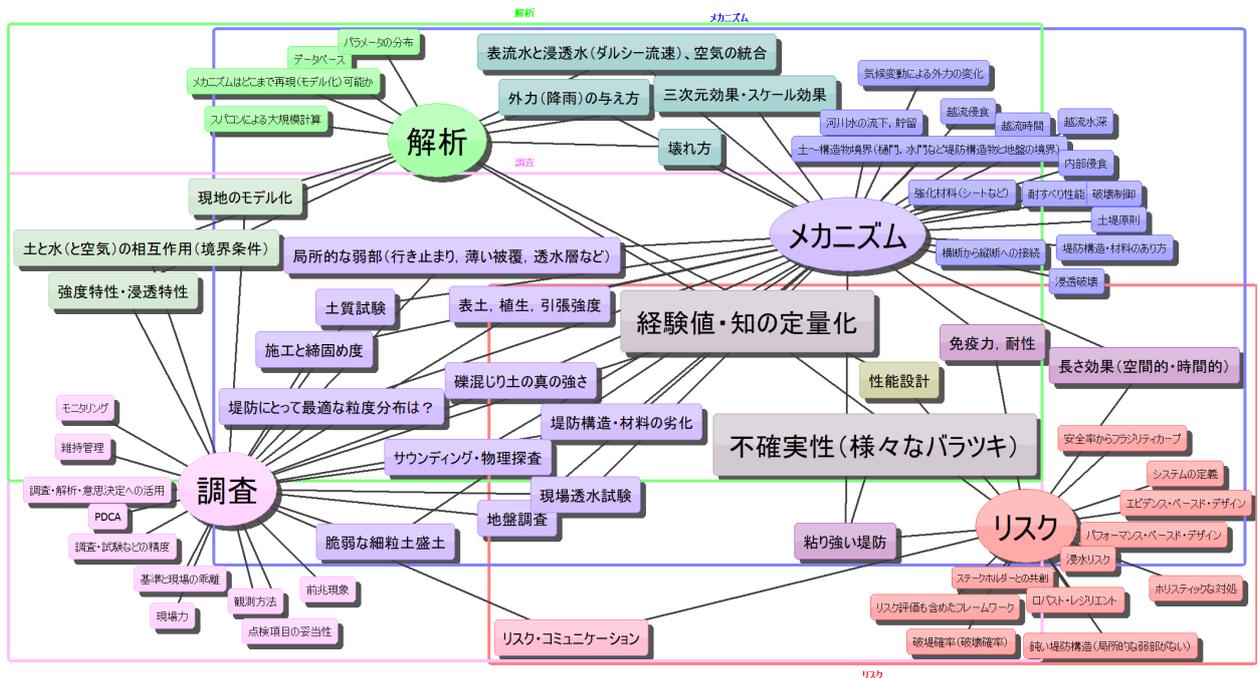


図-1 堤防工学が取り組むべき課題に関する連関図

4. おわりに

堤防工学はその黎明期を過ぎ、現在発展期に入っている。過去の技術や履歴の複雑な堤防構造ではよく分からない、仕方ないと言い訳してきたことにも、我々エンジニアが堤防工学をより信頼できるものにして応えられる「明日が待っている」ことを自覚し、努めていかなければならない。本 WG の活動がそうした「堤防工学ノムコウ」への後押しになれば幸いです。