

越流に対する堤防の粘り強さの向上に関する検討

堤防, 越流, 粘り強さ, 導流舗装工, かご工

大阪大学大学院 常田賢一 植田裕也 跡治志由大
共和ハーモテック (株) 小柿裕治 藤木孝則

1. はじめに

平成 27 年 9 月関東・東北豪雨により、鬼怒川の常総市三坂地区では、堤防が約 200m に渡り決壊し、甚大な被害が発生した。これを受けて、関東地方整備局の鬼怒川堤防調査委員会¹⁾は、破堤原因を明らかにするとともに、堤防技術小委員会²⁾ (以下、小委員会) は、越流破堤に対する対策の基本的な考え方を提示した。筆者の一人の常田は、調査委員会および落堀などに関する現地調査に基づいて、浸水条件、越流・侵食過程、落堀の形成、舗装の効果などに関する知見を報告している³⁾。

本文は、上記の報告を基に、越流破堤に対する堤防の粘り強さの向上を目的として、越流、破堤から得られる追加的な知見を示す。さらに、越流対策の考え方を提起し、導流舗装工および流水緩衝法尻保護工としてのかご工の 2 方策を対象とした室内越流模型実験を実施し、両方策の実験的検証を行い、技術的可能性を提示する。

2. 越流, 破堤状況からの追加的考察

越流, 破堤, 浸水の基本的状況に関しては報告済み³⁾、⁴⁾であるが、粘り強さに関する以下の 3 点を追加する。

2.1 破堤拡大の速度

調査委員会によると、12:50 頃に 20m が決壊、13:36 に 80m に拡大、最終的 (16:19 頃) に 200m に拡大したとされる。一方、調査委員会による空撮写真から 15:18 の破堤幅は 140m 程度と推定できる。従って、破堤は幅 20m から 80m が約 45 分、80m から 140m が約 1 時間 45 分、140m から 201m が約 60 分で拡大しており、破堤拡大の速度はそれぞれ 1.3m/分、0.57m/分、1m/分で推移したと推察できる。従って、破堤拡大速度は 1m/分程度であるが、注目点は破堤幅 80m から 140m までの破堤速度が遅い (粘り強い) ことであり、対策のヒントがある⁵⁾。

なお、平成 24 年 7 月九州北部豪雨による矢部川右岸 7.3k 地点のパイピング破堤⁶⁾では、最大破堤幅は 50m、破堤の進行継続時間は 2 時間 10 分であり、破堤拡大の速度は、1.0m/分 (破堤幅 10m)、0.67m/分 (同 30m)、0.33m/分 (同 40m)、0.17m/分 (同 50m) と推移している。この破堤は水位下降過程にあるのに対して、鬼怒川ではピーク直後にあるため、浸水規模が大きいと推察される。

2.2 破堤しないための耐越流時間

堤防調査委員会によると、越流初期の越流深は 20cm 程度であるが、その後の水位上昇を考慮すると破堤地点のピーク水位時の越流深は、最大で 0.31 程度と推測され

れる^{3),4)}。ここで、越流開始を 11:11、河川水位のピークを 12:23 (推定) とし、ピーク付近の水位の上昇・下降の速度が同程度とすると、越流破堤に至らないための耐越流時間は 2 時間 30 分程度と推察できる。この時間は目標とする粘り強さの目標値の定量化と言える。

ここで、例えば、天端に 0.2m の止水構造 (土のうなど) があつた場合、越流に必要な水位は 0.11m であり、水位の上昇・下降速度 0.0048m/分から、越流継続時間は 52 分になり、今回の破堤までの越流継続時間 (1 時間 40 分) より短縮でき、破堤に至らないと想定できる。これは、洪水時の水防活動の土のうなどによる天端高の一時的な嵩上げによる越流深、越流時間の低減を示唆する⁵⁾。

2.3 浸水規模に関わる破堤拡大

2.1 の通り、11:11 に越流が開始し、12:50 の破堤から破堤幅は 20m, 80m, 200m に拡大したが、破堤の進行継続時間は 3 時間 30 分程度であり、破堤の進行終了後の堤内地への浸水時間は、16:19 から 22:00 までの 5 時間 40 分程度であることから、堤内地への浸水継続時間は 11:11 から 22:00 までの 10 時間 50 分程度と推測される^{3), 4)}。

ここで、堤内地への浸水時間は変わらずとも、破堤幅は浸水量に比例的に関係するので、破堤のみならず、破堤拡大に対する堤防の粘り強さが必須である⁷⁾。

3. 粘り強さの向上

越流に対する堤防の粘り強さの向上のための視点および対策の具体を考察し、後述の実験的研究に展開する。

3.1 堤防技術検討小委員会による対策の方向性

洪水時の破堤は浸透破堤と越流破堤があり、従来は前者の対策が主であったが、鬼怒川の越流破堤を受けて、後者の対策の必要性が小委員会²⁾で謳われ、決壊までの時間を少しでも延ばし、被害軽減を図る堤防構造として、堤防天端の保護や堤防裏法尻の補強が提示されている。そして、天端の保護はアスファルト舗装、裏法尻補強はブロックの敷設が示され、詳細な構造は早急に技術的な検討を進めるとされ、国土技術政策総合研究所⁸⁾が具体を提起している。なお、“決壊までの時間を少しでも延ばし”とは、“粘り強さの向上”と言い換えられる。

3.2 越流対策の視点

洪水時の越流に対する対策は、1) 堤体の不飽和化、2) 天端構造の裏法侵食の抑制、3) 裏法面の難侵食化、4) 裏法尻・法先地盤の難侵食化、5) 落堀形成の抑制、6) 破堤拡大の抑制、7) 水防活動の越水抑制、8) 住宅 (地) の浸