

2.5 河川堤防の耐侵食機能向上技術の開発(1)

研究予算：運営費交付金（治水勘定）

研究期間：平 18～平 22

担当チーム：水工研究グループ（河川・ダム水理）

研究担当者：箱石憲昭、坂野章

【要旨】

近年、超過洪水による河川堤防の破堤に伴う被害の増加が懸念され、堤防の質的強化に向けた検討の必要性がより高くなっている。昨年度の分析により、実際に大きな被災に結びつく破堤は、単一要因でなくいくつかの要因が複合しているが、過去の破堤事例から“越水”が主要因であることを確認した。本年度は、その越水に伴う堤防侵食の防止策を考えるに当たって、まず越水による破堤のメカニズムとして、越水時の耐侵食の支配的な要素を抽出しその影響度について分析した。また、堤防天端～裏のり尻付近にかけてシート等で覆う（シート上に覆土を施工）ことが耐侵食機能向上の一対策として考えられるが、万一シート等がめくれて土堤表面が剥き出しになると、急速に侵食が助長されて破堤に至るリスクも高まることから、このような条件下でのシート等の越水時の安定性について水理的に検討した。

キーワード：河川堤防、破堤、侵食、強化対策、水理的検討

1. はじめに

平成 16 年の豪雨災害をはじめ、河川堤防の破堤による水害が頻発しており、破堤に対する安全性強化が強く求められている。破堤の原因の一つとして越流による侵食があり、堤防の安全性強化のためには、この侵食に対して抵抗力のある堤防を開発する必要がある。河川堤防は、“長もの”であり、堤内地に多くの人口や資産を有していることから、氾濫域全体を対象とした洪水防御として特に重要な河川構造物であり、長い歴史の下に築き上げられたものである。このような河川堤防の耐侵食機能を評価するには河川堤防の内部構造（形状・質）の把握が必要不可欠である。しかし費用や工期等を考慮すると、長い区間に渡る高精度な調査には限度があることから、堤体の内部構造の影響をあまり受けず、且つ効率的な一工法として、堤防表面をシート状のもので覆うことを考えた。しかし、その設計・施工技術は確立しておらず、個別の実施事例があるにすぎないのが現状である。

本研究は、治水に対する今後の限られる予算の中で、越流による侵食に対する堤防の強化策として、シート等を用いて裏のり面～裏のり尻の侵食を防止する方法を中心に、その設計・施工技術を確認することを最終目的として実施し、もって国土の安全性向上に資するものである。

2. 検討方法

越水による破堤のメカニズムとして、土堤の耐侵食の支配的な要素を抽出しその影響度についてこれまでの水理実験データ等から分析した。さらに、耐侵食機能向上の対策として堤防をシート等で覆う工法を取り上げ、これについて実験的に検討した。ただこの対策工法は、堤体条件によってはシートがめくれて土堤表面が剥き出しになり急速に破堤に至る可能性も考えられるため、堤体に空洞があるような極端な条件下での対策効果を水理実験によって検討した。

3. 検討結果

3.1 土堤の破壊メカニズム

土堤の破壊メカニズムの一環として、種々の堤体条件を有する既往の裸堤（対策無）の越水実験データを収集し（表 1 参照）、土堤の侵食状況の経時変化等を把握した。

表 1 は、実物大の土堤模型（裸堤）を対象とした越水実験の検討ケースであり、このうち 2、11、31 は、昭和 54 年～58 年に実施したケースで、69～92 は平成 15 年～18 年に実施したケースである。堤防模型の大きさや堤体材料は両者で異なっているため、これらから厳密な比較検討は困難であるが、本検討の目的である「裸堤の越水時の支配要素を把握する」という観点からは貴重な比較検討データである。

図 1 と図 2 は、侵食量と堤体材料について表 1 の全

表.1 大型堤防模型実験検討ケース（裸堤）

ケース	堤体条件						水路幅	単位幅流量	通水時間	侵食量(侵食量 / 越流量)					
	材料	湛水有無	締固度	裏のり勾配	天端幅	堤防高		($\text{m}^3/\text{s}\cdot\text{m}$)	(分)						
2	小貝川土砂 (dm 0.014mm)	有	低 (Dc ?)	1 : 2	4m	2.5m	5.0m	0.41(越水深h 35cm)	4	8.6%					
11	江戸崎山砂 (dm 0.2mm)	有	低 (Dc ?)				2.3m	0.21(h 25cm)	5	13.4%					
								0.56(h 45cm)	2	8.7%					
								0.85(h 55cm)	0.5	9.3%					
31	小貝川土砂 (dm 0.15mm)	有	高 (Dc ?)					0.2(h 25cm)	15	3.5%					
								0.4(h 35cm)	12	2.2%					
69	dm 0.2mm	無	高 (Dc 90%以上)	1 : 3	3 m	3.5m	4.8m	0.26(h 30cm)	60	0.5%					
73	dm 10mm	無	高 (Dc 90%以上)					0.48(h 45cm)	15	0.5%					
								0.26(h 30cm)	30	2.1%					
								0.48(h 45cm)	15	1.8%					
81	dm 2mm	無	低 (Dc 80%程度)					0.26(h 30cm)	4	6.6%					
0.48(h 45cm)								7	6.1%						
83								有	(Dc 90%以上)	0.26(h 30cm)	9	4.7%			
											85	無	(Dc 90%以上)	30	0.9%
														92	無
92'								左Dc 85%程度	22.9%						

ケースを比較した結果である。図.1 の縦軸は、単位幅侵食量として、土堤の天端～裏のり尻付近までの総侵食量を水路幅で除した値を示した。横軸は、単位幅累積越流量として越流量の累積値を水路幅で除した値を示した。これより、裸堤と一口に言っても材料（粒径） 締固度、飽和度（湛水有無）によって越水による侵食量に限られたケースだけで見ても数十倍程度の開きがあることがわかる。

図.3 は、先の全ケースの内、ケース 73、 81 とケース 83、 85 について、締固度、飽和度、越水深の侵食に対する影響を比較したものである。縦軸および横軸の定義は図.1 と同一である。これより、堤防の侵食量は同一材料でも締固度及び飽和度によって3倍～4倍程度異なることが分かる。

また、ケース 73、 81 は、実験途中で越水深 $h=0.3\text{m}$ から $h=0.45\text{m}$ に越水深を増大させているが、越水深が変わっても侵食量と越流量の関係に変化は見られなかった。

したがって、堤防天端に不陸（延長方向）がある場合の、凹部では、越水深が大きくなり流れが集中するため、堤防の侵食が助長される可能性が高いと考えられる。

以上のように、裸堤条件（材料、締固度、飽和度、越水深）によって、堤防越水時の侵食量は大きく異なる。したがって、築堤時の施工管理だけでなく通常時の維持管理（天端不陸等の有無）についても適正に実施することが重要である。

3.2 堤防の耐侵食機能向上対策

堤防の耐侵食機能を向上させる一対策として、堤防天端～裏のり尻にかけて吸出し防止シート等で覆うことにより耐侵食機能は、平均的には向上することが確認されている¹⁾。しかし、その耐侵食機能は堤体やシート等の条件により大きく変わるが¹⁾、今回はその一環として、堤体内部の空洞等の存在による堤体内部の空気や水の圧力がシートの安定性にどのように影響を及ぼすか実験により検討した。

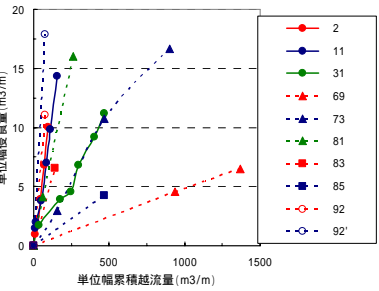


図.1 越流量と侵食量の関係

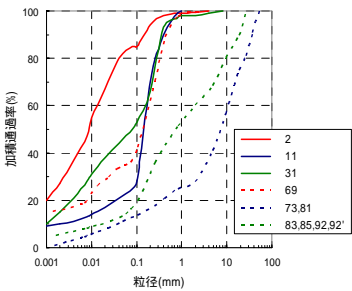


図.2 堤体材料の粒度分布

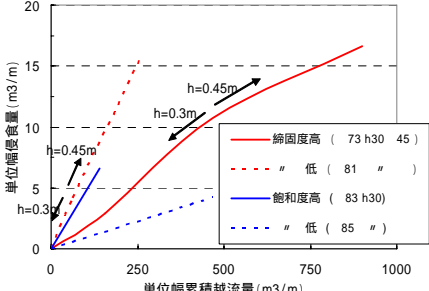


図.3 堤防状態及び越水深の影響

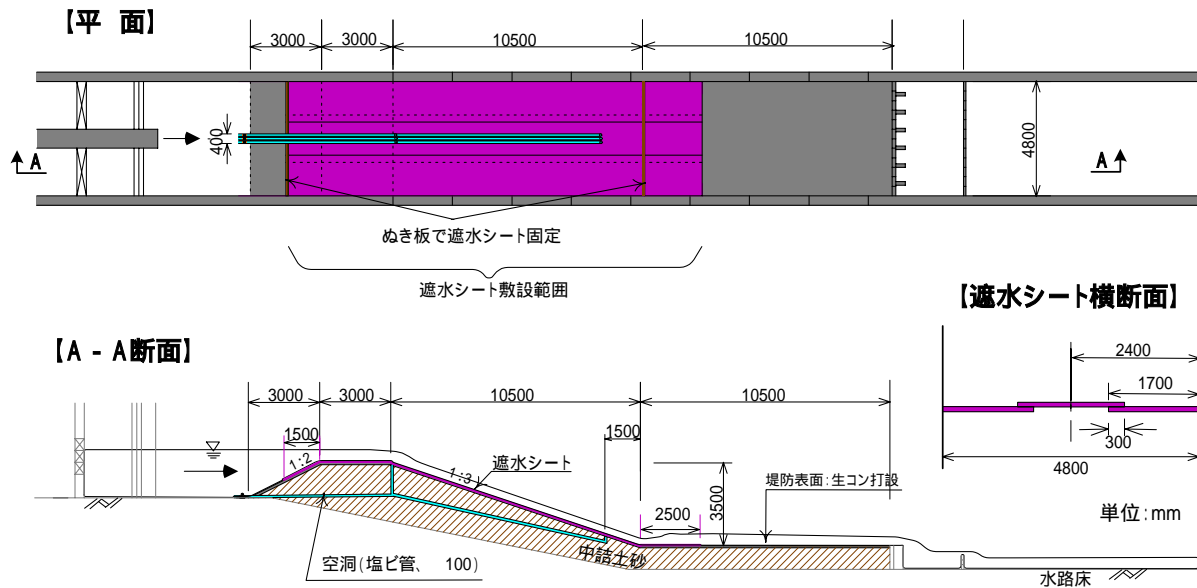


図. 4 実験施設詳細図

本検討に使用した模型は、図.4 に示すように、高さ 3.5m、幅 4.8m、裏のり勾配 1:3 の堤防模型の表面をモルタル固定床とし、その内部に堤体を貫通する空洞を造り、河道内水位の上昇に伴ってシート（遮水シート）に空気圧や水圧が直接働くものとした。空気圧の影響検討の際には河道側から裏のり肩に抜ける空洞、水圧の影響検討の際には河道側から裏のり尻付近に抜ける空洞を、各々塩ビ管でモデル化した。実際には、シートの上に覆土が施工されるが、“堤体内の空気や水の揚圧力によるシートへの影響を確認するため、当実験で危険側の条件を考え覆土無しとし、空洞の抜ける位置も前述の通りとした。

実験結果は以下の通りであった。

- ・ 空気圧の影響については河道側水位の上昇に伴って堤体内空洞の空気が圧縮されるものの、シートの膨れや振動は生じず、越水後もその状況は殆ど変わらない。

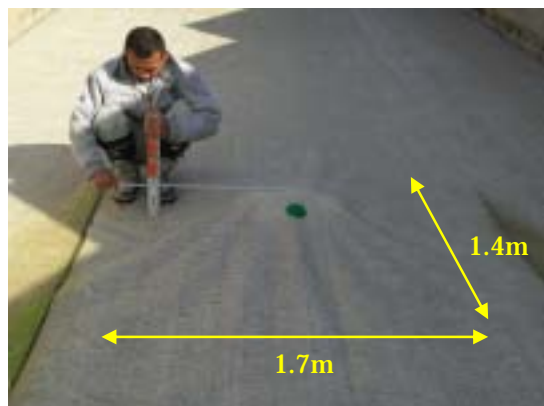


写真. 1 流水によるシートの膨れ状況

- ・ 水圧の影響については、写真. 1 に示すように越水前には河道側と裏のり出口部のエネルギー水頭の上昇に応じてシートにかかる揚圧力が大きくなりシートが膨れも大きくなり、重ね部の重ね代が少なくなったもののシートがめくれるまでには至らない。越水した状態では、裏のり上部からの流れは膨らんだシート部で流れが阻害されるが、流水による下向き圧力がシートに作用することによってシートのめくれは若干小さくなり、膨らんだシートの頂部は水中に没した。越水深（越流量）が大きくなってもこの状況はあまり変わらない。

4. まとめ

本水理実験の結果を纏めると次のようになる。

堤体材料、締固度、飽和度、越水深の違いにより、越水時の耐侵食機能は大きく変わる。

堤体内部の空洞等の空気や水による揚圧力の影響について実験した。水による影響で、シートの膨れは越流直前で最も大きく、越流後は越流水圧によってシートの膨れは小さくなり、シートをめくるような乱した流れにはならない。

参考文献

- 1) 例えば、藤田光一、末次忠司、諏訪義雄、東高德、白土正美、郡司篤、最上谷吉則：透水性（排気性）材料を用いた堤防裏のり越水強化工法の水理的評価と技術的位置づけについて、河川技術論文集、第7巻、2001.6。

TO IMPROVE LEVEE STRENGTHENING MEASURES AGAINST EROSION DUE TO OVERFLOW OF RIVER WATER.

Abstract : In recent years, there are concern that the increasing in the levee break damage by the excess flood and the flood below the plan scale on the maintenance way. It was confirmed that the main factor of levee break was "overtopping of levee " by last year's analysis.

In the current year, extraction and its degree of influence of a dominant factors were examined for the erosion at the time of overtopping, using the hydraulic model test as one of examination of the levee break mechanism of the levee by overtopping. Furthermore, the levee was examined using the hydraulic model test about what the stability of a sheet becomes in the conditions covered with the sheet etc. when overtopping.

Key words :levee, levee break, erosion, strengthening measures, hydraulic study