透水性基礎地盤上の河川堤防の越流決壊挙動

越流 法面被覆工 パイピング

名城大学 国際会員 ○小高 猛司 名城大学大学院 正会員 夏目 将嗣 日本工営∕名城大学 国際会員 李 圭太 名城大学 正会員 岡本 隆明

1. はじめに

越流してからも決壊するまでの時間を少しでも長くする粘り強い河川堤防の検討が活発化しているが,各地の実堤防での実績や経済性 の点などからも,裏法面の被覆工が当面有望な対策と考えられる。本研究グループでは,小型模型実験によって,裏法面被覆工ならび に川裏法尻の堤内地盤に敷設する保護工(以降,法尻保護工と呼ぶ)の効果について検討した結果,決壊を防止するためには,法尻保 護工の存在が重要であることを示した¹⁾。さらに,裏法面被覆工を敷設したにも拘わらず最終的に決壊に至る原因として,裏法面被覆 工と堤体法面に発生する内部侵食から進展するパイピング現象であることも示し,その発生を防止するための法尻保護工の効果につい て考察した¹⁾。本報では,裏法面を被覆した堤防の決壊の原因にパイピングが密接に関係していることに着目し,よりパイピングが発 生しやすい高透水性基礎地盤上の河川堤防における,裏法面被覆工ならびに法尻保護工の越流決壊に対する効果について,2次元小型 模型実験を実施して観察と考察を行う。

2. 実験概要

模型の諸元を図 1,実験 Case の概要を表 1 に示す。Case1~4 においては、領域 I (基礎地盤)、領域 I (被覆土層・堤体)のいず れにも三河珪砂 8 号砂(間隙比 e=1.06,透水係数 $k=3.98 \times 10^{-5} \text{m/s}$)を用い、Case5 と 6 においては、領域 I (基礎地盤)にのみ三河珪 砂 3 号砂(間隙比 e=0.95,透水係数 $k=2.67 \times 10^{-3} \text{m/s}$)を用いた。また、被覆材にはアクリル板を用い、越流水が流入しないようにアク リル板の両側に止水ゴムを張り、実験装置の壁面同士で挟み込むように固定して実験を行った。

実験手順は、Casel~4 においては、別報 ¹⁾を参照されたい。Case5 と 6 においては、まず、領域 I (基礎地盤)を三河珪砂 3 号砂を 含水比 4%になるように調整した後、所定の間隙比になるよう丁寧に締め固めを行い、基礎地盤を作製し、その後の領域 II に以降につ いては、別報 ¹⁾と同様に模型地盤を作製し、アクリル板を天端・裏法面・法尻部に設置した。次に、給水槽の水位を水槽底面から 100mm に保ちながら 90 分間給水を続け、堤体材料を湿潤させた。その後、給水槽の水位を一気に上昇させ、越流水深 10mm になるよ うに水位を保ち、越流に伴う堤体挙動の観察を行った。模型地盤の上面と正面からビデオ撮影を行い、堤体の変状が見られなくなるま で最大で 90 分間越流させ続け実験を行った。堤体法尻部への保護工の設置状況を図 2 に示す。





衣 I 夫帜 Case 帆安				
	表面被覆の条件	模型地盤の土材料	参照	
Case1	天端・裏法面		別報1),本報	(a)法尻保護工なし
Case2	天端・裏法面・法尻(5cm)	領域 I : 珪砂 8 号	別報1)	10cm
Case3	天端・裏法面・法尻(10cm)	領域Ⅱ:珪砂8号	別報1),本報	\rightarrow
Case4	天端・裏法面・法尻(15cm)		別報1)	
Case5	天端・裏法面	領域 I: 珪砂 3 号	本報	(b)法尻保護工10cm
Case6	天端・裏法面・法尻(10cm)	領域Ⅱ:珪砂8号	本報	図2 法尻保護工の設置位置

字聆 C---- 抓 而

Overflow failure behavior of river embankments on permeable foundation ground

T.Kodaka, S.Natume, K.Lee, T.Okamoto (Meijo Univ.)

Case1~3の結果の詳細は別報にて示している。ここでは、本報の本題となる高透水性基礎地盤上の堤防の実験結果 Case5 と6の比較 対象となる Case1 と3の結果の概要のみまず示し、その後に Case5 と6の結果の詳細を示す。

写真1に Casel の実験結果を示す。越流水が法尻部に到達すると、川裏側の基礎地盤が侵食され、堤体法尻への吸出しによって堤体土 砂が川裏側に流出し、裏法面被覆材に沿って川表側への内部侵食(backward erosion)が進行し始める.その後、さらに透水性に大きな ギャップのある堤体と被覆材との境界に沿って川表側への内部侵食が進行し、越流開始から12分53秒で被覆材に沿って生じた水みち が連通することで一気に崩壊が進み決壊へと至った.

写真2に Case3の実験結果を示す。越流水が法尻に到達すると法尻保護工よりも川裏側の基礎地盤が侵食される。その後も川裏側への基礎地盤の侵食が徐々に拡大していくが、Case1のような吸出しによる堤体土砂の流出や川表側への内部侵食は見られず、その後も 堤体の変状は見られなかった。

写真3に Case5の実験結果を示す。Casel では、吸出しによる堤体法尻部への内部侵食をトリガーとして、最終的に堤体が一気に決壊へと至った。法尻部の吸い出しは、川表側から供給されて堤体内を浸透して法尻に到達した浸透水によって土粒子が押し流されて流出する現象であると考えられる。写真3(b)に示すように、高透水性基礎地盤を有する Case5 においては、基礎地盤から潤沢に供給される浸透水によって法尻部の土砂の流出が促進されることにより、被覆材と堤体の間のパイピングが急速に進展し、天端と水みちが連通することによって一気に決壊に至る(写真3(c))。

写真4には法尻保護工(100mm)の Case6の実験結果を示す。堤体と基礎地盤が同じ材料の Case3 では変状は見られなかったが、写 真4の(a)~(c)の順に示すように、基礎地盤からの供給による浸透水によって、法面保護工下の領域Ⅱの被覆土層の土を流出させること により、基礎地盤からの供給水の水みちが徐々に川表側に移動することによってパイピングが進行し、やがて決壊に至る(写真 4(d))。



写真1 Case1(越流開始から12分53秒)



写真2 Case3(越流開始から90分)



(a) 越流開始から 56 秒







(c)越流開始から 96 秒



(a) 越流開始から 75 秒

(b)越流開始から 85 秒

写真 4 Case6 の実験結果

以上の結果より,法尻保護工下の地盤の安定性が,決壊に至るかどうかを含めて,そ の後の堤防の安定性に大きく影響を与えることが示された。越流の有無に拘わらず,基 盤排水工やドレーンを用いて高透水性基礎地盤の河川堤防においては,パイピングの発 生を抑制することが極めて重要である²⁾。

参考文献:1)夏目ら:2次元模型実験による法面被覆型越流対策工の効果の検証,第59 回地盤工学研究発表会(旭川),2024.2)小高ら:高透水性基礎地盤上の河川堤防の浸 透破壊に対する効果的な基盤排水工の検討,地盤工学ジャーナル,17(3),2022.



(d) 越流開始から 275 秒