

堤防形状3次元性を考慮した対越水堤防強化

建設省 土木研究所 河川研究室 正員○東高德 正員 藤田光一 正員 諏訪義雄

1. はじめに 堤防の越水は、浸透・侵食とともに破堤の主要な原因であり、堤防の対越水強化は重要な課題である。現在までに、実物大2次元実験に基づき堤防形状の3次元性が問題とならない標準的な堤防に対する越水強化について、設計法や対策工が実用化され始めている^{1), 2)}。しかし、実際の堤防は、形状が一般的な標準的な断面となっている訳ではなく、地理的制約等により3次元的に不連続な形状となっている場合もある。このような部分では、越流水が堤防形状の影響を受けるものと考えられ、この影響を明らかにするためには、3次元実験による検討が必要となる。これまでに、スーパー堤防においては、3次元性を考慮した越流水の検討^{3), 4)}が行われているものの、堤防形状の3次元性を考慮した越流水の挙動に関する検討事例はない。

本研究は、堤防の対越水強化対策を普及させていく

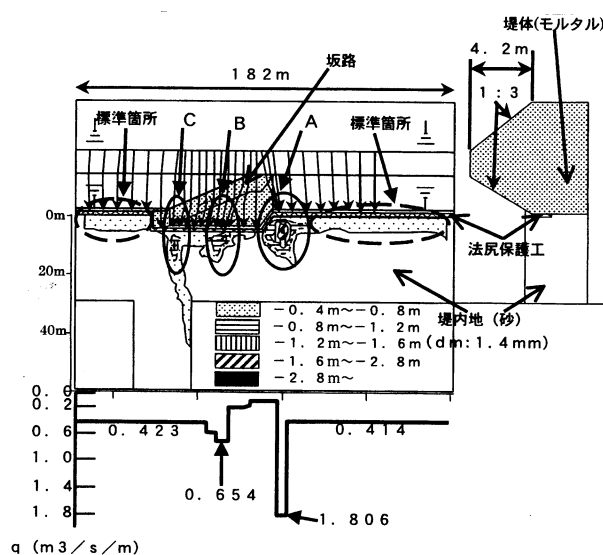
上で必要となる 3 次元的に不規則な形状を有する堤防の越流水の挙動について縮小 3 次元実験を行いこのような場所における対越水強化対策の検討を行うものである。

2. 実験方法 図-1に示すような縮尺1/7の堤防模型をモルタルにより製作した。堤防は、坂路を有しており、堤防法尻には、越流水の減勢を目的とした法尻保護工が設置してある。実験は、坂路勾配を6%、10%とした場合、水理条件として越流水深を21cm、35cm、50cmの場合について行っている。通水は、フルード相似則による現地換算で3時間行った。この実験は、堤防越流に対する強化設計を行う上で重要な外力となる法面を流下する越流水の単位幅流量と、越流水による堤内地の洗掘に着目した。

3. 実験結果 ・ 特異箇所

図一 1 に、坂路勾配 10% の実験の堤防法尻の単位幅流量と堤内地の洗掘状況を示す。図から堤防法尻に大きな洗掘を生じる箇所が数箇所あることが確認できる (A,B,C)。これらの箇所は、越流水深、坂路勾配の全実験ケースで同じように発生する。このように標準箇所と比較し洗掘量が著しく増加する箇所を特異箇所と呼ぶことにする (以下、特異箇所)。この各特異箇所の法尻部における越流水の単位幅流量をみると A,B の 2 箇所では、標準箇所に比べ流量が大きくなっているが、C では、特に越流水の単位幅流量の増加がみられない。A は坂路すりつけ部を流下する越流水と標準箇所を流下する越流水が集中する箇所であり、越流水深が変化しても場所は移動しない。B は、坂路を流下する越流水と坂路に向かって流下してきた越流水が集中して法尻に落ちる場所であり、越流水深が増加すると上流側に移動する。この 2 箇所は、越流水が集中する事により法尻での単位幅流量が大きくなり堤内地に大きな洗掘を起こす特異箇所であり、この特異箇所をタイプ I とする (以下、タイプ I と呼ぶ)。C は、坂路が堤内地水位相当の高さとなっている場所であり、通水時の流況をみると、他の場所に比べてきれいに減勢していない様子が観察される。これは、図一 2 に示すように堤防法面に沿って流下してきた越流水が、坂路上で水平方向に流向を変化させ、浅い水深の堤内地に突っ込んでいくためきれいに減勢しないと推定される。こ

キーワード：堤防形状の3次元性、対越水強化、堤防越流水、特異箇所、越流水の集中、法尻洗掘



図一 越流水の流線集中及び堤防法尻の単位
幅流量、堤内地法尻の洗掘コンター図

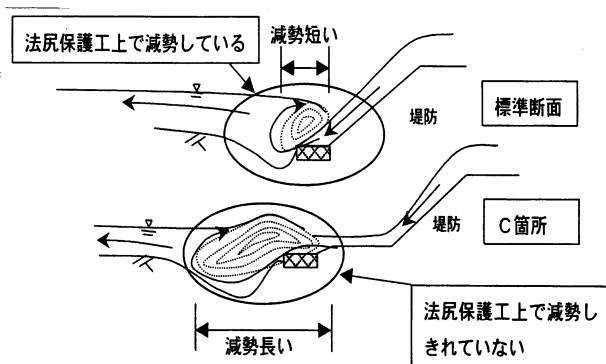


図-2 標準箇所とタイプIIの流況比較図

の場所は、タイプIの特異箇所と異なり、法尻で減勢がうまくいかないため堤内地が大きく洗掘される特異箇所であり、この特異箇所をタイプIIとする（以下、タイプIIと呼ぶ）。

・法尻の単位幅流量、堤内地の洗掘深の推定法

図-3は、特異箇所A,Bの単位幅流量と越流水深の関係を標準箇所と比較したものである。Bの単位幅流量は、越流水深に関わらず標準箇所の1.7倍程度である。一方Aは、標準箇所に比べて越流水深の増加に伴う単位幅流量の増加が大きく、越流水深50cmでは、標準箇所の4倍もの単位幅流量となる。図-4は、A,B,Cの特異箇所と標準箇所について、単位幅流量と堤内地洗掘深の関係を示したものである。A,B,標準箇所は、単位幅流量と堤内地洗掘深の関係が線形となっており、しかも同じ線上にのる。これは、これら3箇所の洗掘が同じメカニズムで起きていることを示唆していると考えられる。図-4に福岡らが行った標準箇所を対象にした実物大2次元実験の結果¹⁾をプロットすると、単位幅流量が小さい範囲では、今回のA,B,標準箇所の結果とよく一致している。単位幅流量が大きくなると合わなくなるのは、福岡らの実験では、実験施設の制約から、堤内地部分の長さを十分とることができず洗掘深が小さめに出了可能性がある。一方、タイプIIの特異箇所Cは、単位幅流量のわりに洗掘深が大きくなっており、標準箇所、A,Bの関係とは合わず今後この洗掘深の予測法の検討が必要である。

4. まとめ

○堤防の3次元形状によっては、同じ越流水深でも越水が集中し、タイプI、IIの様な特異箇所が発生し、堤防の越流水による弱点箇所となる。これは、堤防の安全度を評価する上で非常に重要な現象である。

○越水対策工の重要な設計外力である法尻の単位幅流量と堤内地洗掘深について実験結果から予測図を整理し、法尻での単位幅流量が解れば、その地点の洗掘量の算定が可能となる。

○堤防形状の3次元性を考慮した対越水強化としては、以下のようなことが考えられる。

- ・堤防高を上げることにより、弱点箇所への越流を未然に防ぐ。
- ・裏法面に鋭角的なすりつけ区間を設け無いようにし、越流水の集中量を緩和し洗掘深を抑える。
- ・特異箇所の法尻保護工を深く入れることにより、堤体法尻洗掘による破堤を防ぐ。
- ・実験では、法尻保護工を連結させていたことにより、特異箇所の大きな洗掘に対し法尻保護工の移動を防ぐ働きが観察された。法尻保護工を横断的に連結させることは、特異箇所の法尻洗掘破壊を遅らせる可能性がある。

参考文献 1)福岡捷二、藤田光一、加賀谷均：アーマ・レビー法尻工の水理設計、第31回水理講演会論文集、1987、2)福岡捷二、藤田光一、加賀谷均：アーマ・レビーの設計、その1-越水対策一、土木技術資料30-3、p139~p144、3)福岡捷二、内山雄介：水防と環境に配慮したスーパー堤防上沿川市街地構造の研究、水工論文集、第37巻、1993、p833~p836、4)宇多高明、藤田光一、布村明彦：高規格堤防上の越流水の挙動-高規格堤防の水理設計のために(2)-、土木研究所資料、第3220号、1993

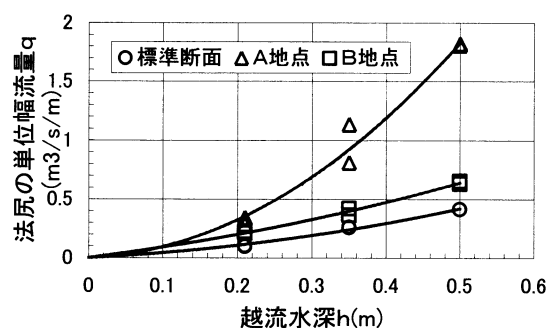


図-3 越流水深と法尻の単位幅流量の関係

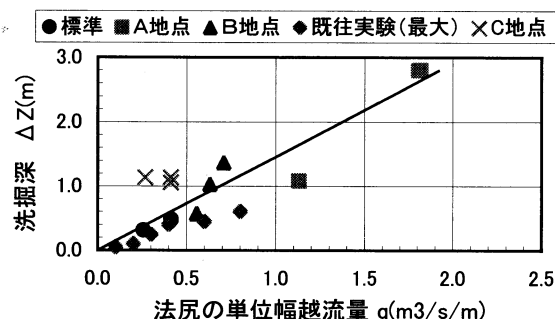


図-4 法尻の単位幅流量と堤内地洗掘深の関係