

ジオテキスタイル補強土を用いた耐越流侵食河川堤防の実験的検討

東京理科大学大学院理工学研究科土木工学専攻
東京理科大学理工学部土木工学科

学生会員 ○倉上 由貴
正会員 二瓶 泰雄, 菊池 喜昭, 龍岡 文夫

1. 序論

近年, 地球温暖化の一因として, 局所的な短時間以上豪雨が多発している. そもそも, 河川堤防は, 計画高水位を上回り, 長時間越水するような超過洪水に耐えることを前提として堤防設計はなされていない. 今後予想される豪雨・台風災害の激化に備えた防災・減災先進社会を実現するためには, 「想定外」の超過洪水対策の重要性が指摘されており, 堤防の越流侵食対策が求められている. 上述したように, 一般的な河川堤防では超過洪水に対応していないが, 既存の耐越水用の堤防としては, 高規格堤防(スーパー堤防)とアーマ・レビーが挙げられる. しかしながら, 高規格堤防は堤体断面が増えコスト面に問題が生じ, アーマ・レビーにおいても耐越流侵食性は不十分である. そのため, 既存技術とは異なる新しい堤防強化技術の開発が急務である. 著者らは, 耐震性に極めて優れている盛土・橋梁補強技術であるジオテキスタイル補強土(GRS, Geosynthetic-Reinforced Soil)を河川堤防に導入した「GRS河川堤防」を提案し, 効果検証している¹⁾. この工法は堤体表面のコンクリート製被覆工と堤体内に敷設したジオグリッド等の面上補強材を一体化した技術である. 本研究ではアーマ・レビー及びGRS河川堤防の越流実験を行い, GRS補強土を用いた適切な耐越流侵食強化技術を検討する. ここでは, 1) 決壊要因となる裏のり尻部での洗掘防止工の効果及び, 2) 省スペース化の可能性を調べるため, 裏のり面勾配の影響(2割(標準)と5分(急勾配))及び既設堤防適用のため部分補強の効果を検討する.

2. 実験の概要

本実験では, 長さ5.0m, 幅0.2m, 高さ0.35mの水平開水路に各種の模型堤防を設置し, 堤防越流実験を行う. 図1に示すように, 厚さ5cmの基礎地盤を作製し, その上に高さ20cm(実スケール5m), 天端幅10cmの堤防模型(模型縮尺 λ を1/25)を作製した. また, 堤体のり面の勾配については, 表裏のり面ともに一般的な2割のケースと, 表のり面を2割勾配, 裏のり面を5分勾配とするケースを設定した. 本実験における流況としては, 流量 Q を $5.61 \times 10^{-3} \text{m}^3/\text{s}$, 越流水深を6.0cm(実スケール1.5m)とした. 既存の堤防決壊資料によると²⁾実スケールの越流水深1.5mでは, 決壊にかかる越流時間は約50分となっている. フルードの相似則より時間的縮尺 $\lambda^{1/2}$ (=1/5)となるため, 本模型実験では約10分の越流時間を設定した. 堤防条件としては, 表1に示すように, 「土堤(無補強)」(Case A), ジオグリッドのみを敷設する「補強材のみ」(Case B), 「アーマ・レビー」(Case C-1, 2), GRS堤防のうちジオグリッドを全面に敷く「全体補強」(Case D-1, 2, 3), 一部のみに敷く「部分補強」(Case D-4)とし, 各条件にて洗掘防止工の有無や締固め度 D_c を変化させた全8ケースを行った. 表中の締固め度 D_c は, JIS A 1210の標準プロクターに基づき, 85%もしくは90%とした. ジオグリッドは, ポリエチレン製の補強拘束ネット(引張強度16kN/m, 前田工織(株)製)であり, 厚さ2cm間隔で敷設した. 被覆工として, 元々の堤防サイズを考慮して, コンクリートと比重がほぼ同じで, 厚さ0.5cmのアルミニウム板を使用し, 堤体材料に最適含水比16%の湿潤豊浦砂を用いた.

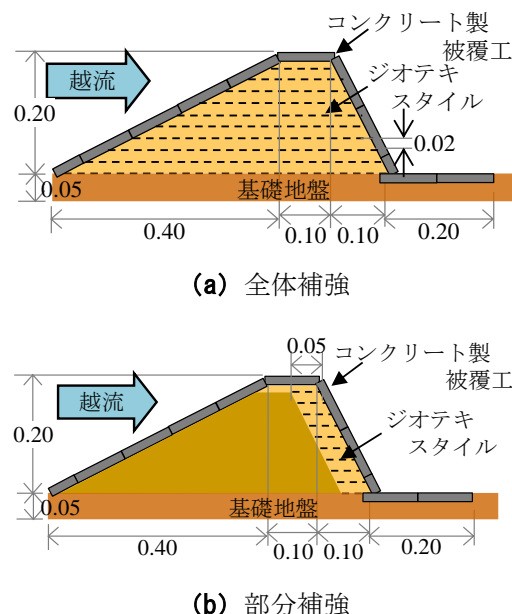


図1 GRS堤防の概念図[m]

表1 実験条件

Case	堤防	裏のり面勾配	D_c (%)	洗掘防止工
A	土堤	2割	85	無
B	補強材のみ	2割	85	無
C-1	アーマ・レビー	2割	85	無
C-2		5分	90	有
D-1	GRS (全体)	2割	85	無
D-2		2割	85	有
D-3		5分	90	有
D-4	GRS (部分)	5分	90	有

キーワード: 堤防, 越流, 侵食, 模型実験, GRS

連絡先 : 〒278-8510 千葉県野田市山崎 2641 TEL : 04-7124-1501 (内線 4069) FAX : 04-7123-9766

3. 実験結果と考察

(1) 洗掘防止工の効果: アーマ・レビーと GRS 堤防の堤体侵食状況及び被覆工の流出状況の時間変化を **図 2** (Case C-1, C-2, D-1) 及び **図 3 (a)** (Case D-2) に示す。まず、アーマ・レビーに着目すると、Case C-1 では、初期に裏のり尻部が局所洗掘に伴い、パネル下部の土砂が流送された。これにより、パネルが不安定化し裏のり尻側のパネルから流失し、再び、残されたパネル下部の侵食が進行した。これらを繰り返す、天端付近まで侵食面が到達すると、天端から一気に崩壊し、堤体の大部分が侵食された ($t=73s$)。また、裏のり面勾配が 5 分で洗掘防止工を有する Case C-2 では、洗掘防止工の効果により初期の裏のり尻部での洗掘は抑制されるものの越流開始から 5 分程経過すると洗掘防止工が流出し、その後 Case C-1 と同様に急激な破堤に至り、設定した 10 分間維持することはできなかった。一方、GRS 堤防においては、洗掘工が無い Case D-1 をみると、初期に裏のり尻部の局所洗掘やそれに伴う被覆工下部の侵食が生じ、被覆工自体は流出しなかった ($t=60s$) が、被覆工の位置が変化することにより、堤体内部から砂の吸出しが生じた。この砂の吸出しが次第に天端まで到達し、設定した 10 分後には堤体高さが初期の 1/3 程度となっていた。この GRS 堤防に洗掘防止工を設置した場合 (Case D-2), 設定した 10 分後においても、初期状態を維持していた。これより、洗掘防止工の設置により、耐越流侵食性が大幅に向上することが示された。

(2) 裏のり面勾配及び部分補強の影響: 裏のり面が 5 分勾配の場合では、アーマ・レビーでは洗掘防止工の流出とそれに伴う裏のり面側の被覆工流出が見られたが (Case C-2), GRS 堤防ではその現象は生じなかった (**図 2, 3**)。これは、堤体内に敷設されたジオグリッドによる洗掘防止工流出抑制と裏のり面の被覆工流出抑制、急勾配盛土の安定化、という 3 つの効果が発揮されたためである。今回は、全体補強でなくジオグリッド長 5cm の部分補強でも十分に効果が発現された。

(3) 堤体高さ残存率の時間変化: 各補強条件下における堤体の侵食状況を比較・検討するために、全 8 ケースにおける堤体の高さ残存率と面積残存率の時間変化を **図 4** に示す。アーマ・レビーでは洗掘防止工設置 (Case C-2) により、堤体高さを維持する時間が飛躍的に長くなるが 5 分を超えると、Case C-1 と同様に急激に破堤した。一方、GRS 堤防に関しては、洗掘防止工が無い Case D-1 では、 $t=180s$ までは堤体初期高さを維持しているが、その後大きく減少した。しかしながら、その減少の様子はアーマ・レビーと比べると緩やかであり、最終的には完全には破堤しなかった。また、洗掘防止工が有る Case D-2, 3, 4 では、越流開始から 10 分間にわたり堤体高さ残存率は 100% を維持し、全く越流侵食が生じなかった。以上のことから、GRS 堤防は、耐越流侵食性が極めて高く、特に、洗掘防止工の導入により、その効果がより顕著になることが検証された。

参考文献: 1) 倉上ら, 土木学会論文集B1(水工学), Vol.57, 2013. 2) 吉川勝秀 (編著), 技法堂出版, 2008.

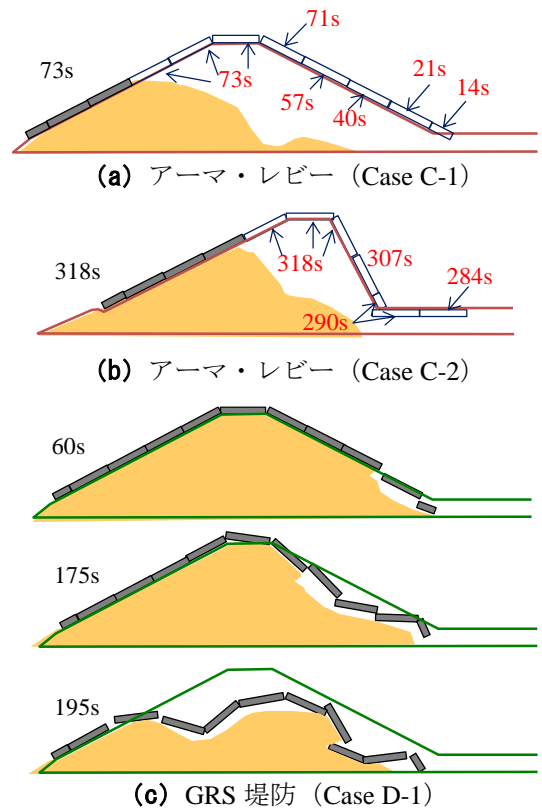


図 2 堤体の侵食状況の時間変化 (黒字: 越流開始からの時間 t , 赤字: 被覆工が流出した時間, (c) ではジオグリッドを省略)

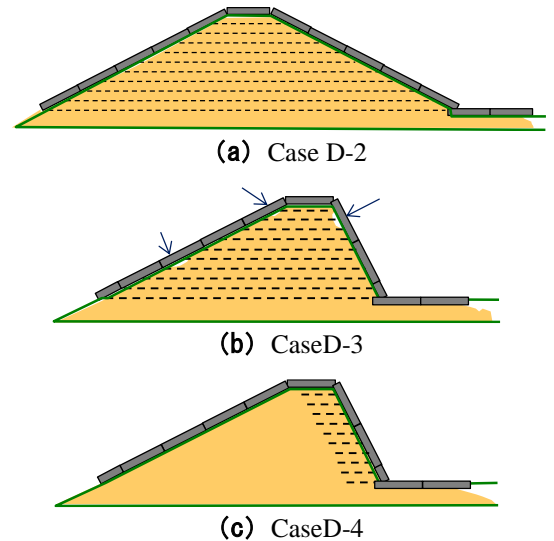


図 3 越流開始 10 分後における堤体状況 (GRS 堤防, 洗掘防止工有)

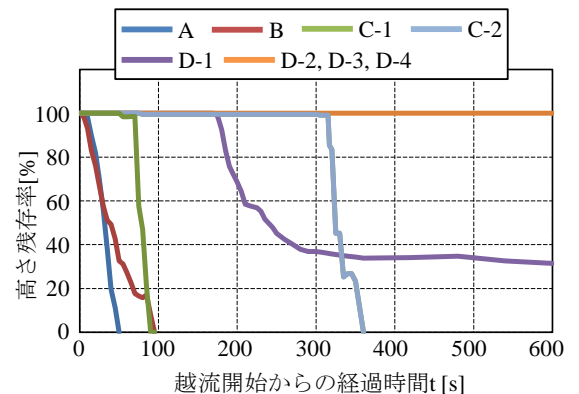


図 4 堤体の高さ残存率の時間変化