

# GRS 河川堤防の耐越流侵食性向上に対する堤体材料・ジオグリッドの効果

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  
 横浜市

学生員○森田 麻友  
 学生員 倉上 由貴  
 正会員 二瓶 泰雄  
 非会員 二見 捷

## 1. 序論

2013年は、50年に一度の大雨に対する特別大雨洪水警報やそれ相当の豪雨が全国各地で5回も発生し、大きな水害に見舞われた。特に、同年7月28日に発生した山口・島根豪雨災害では、山口県内の阿武川や田万川、須佐川等において超過洪水が発生し、土堤のみならず三面コンクリート張りの堤防も越流決壊した。そもそも河川堤防の設計では、計画高水位を上回る超過洪水の越流侵食は設計外力に反映されていない<sup>1)</sup>。このことから、上記の決壊は生じるため、超過洪水に対する堤防の補強技術の確立が課題となっている。現在までに提案されている堤防補強技術としては、高規格堤防（スーパー堤防）や堤体の表面を被覆工で覆うアーマ・レビーが挙げられる。しかしながら、高規格堤防は築堤の際に莫大な土地や費用を要し、アーマ・レビーは被覆工の流出により著しい堤体侵食が生じるというデメリットが各々存在している。その現状を踏するものとして、著者らは鉄道盛土等で使用されるジオシンセティック補強土（GRS, Geosynthetic-Reinforced Soil）を被覆工と結合したGRS河川堤防を提案し、検証実験を行っている<sup>2)</sup>。しかしながら、GRS河川堤防を用いて様々な条件下での検証実験を行うことが課題である。本研究ではGRS河川堤防の堤体材料、及び堤体内に敷設されているジオグリッドに着目して水平小型開水路にて室内検証実験を行い、GRS河川堤防の耐越流侵食性に対する評価を行った。

## 2. 研究方法

本学所有の水平小型開水路（全長5.0m、幅0.2m）中に堤防模型を作製し、水路上流より一定流量を流し堤防模型に対して越流させて実験を行った。その際に水路側方からDVカメラを用いて撮影を行い、時々刻々と越流によって侵食される堤防模型の様子を捉えた。模型堤防の補強条件としては図1に示すように無補強の土堤、土堤を被覆工（厚さ5mm）でカバーしたアーマ・レビー（従来形式堤防）、GRS河川堤防（新形式堤防）の3種類とした。堤体高さは20cm、天端幅は10cm、基礎地盤の厚さを5cm、基礎地盤長さ150cmと統一し、裏のり尻部には洗掘防止工として上記と同じ被覆工を設置した。のり面勾配は基本的に2割とし、新形式の一部のみ5分勾配とした。堤防模型は実堤防に対して縮尺を1/25している。実験条件は表1に示すとおりであり、堤体材料として0.075mm以下の細粒分含有率 $Fc0\sim30\%$ まで変化させた。この堤体材料には、珪砂6号と細粒分として藤の森粘土を用いた。基礎地盤にも同一の材料を用いた。さらに、新形式堤防における $Fc=0\%$ のケースでは、ジオグリッドの目合いを大（10mm×10mm）と中（2mm×8mm）、小（1mm×1mm）の3種類を用いた。また締固め度 $Dc$ はJIS A 1210の標準プロクターに基づき85%～90%の範囲とした。

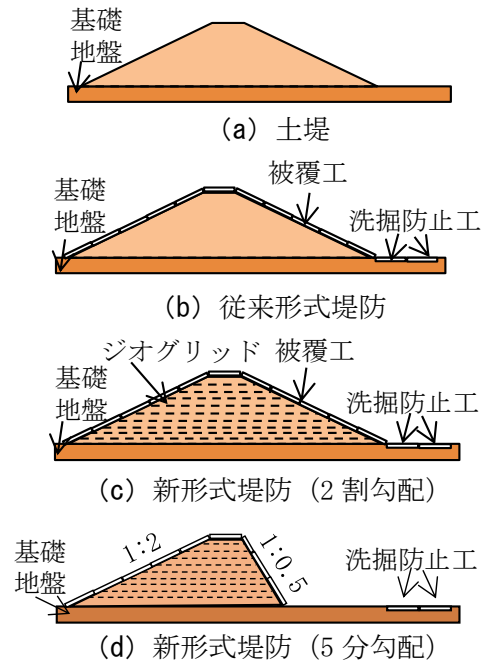


図1 河川堤防の模式図

表1 越流実験の条件

分類	$Fc$ [%]	勾配	補強	目合い	$Dc$ [%]
土堤	0	2割	無し	-	85
	10				87
	20				
	30				
従来形式	0	2割	被覆工のみ	-	85
	10	5分			
	20	2割			
新形式	0	2割	被覆工+ジオグリッド	中	90
	10	5分		大中小	
	20	2割		中	

キーワード：堤防，越流，細粒分，模型実験，ジオグリッド

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. 結果と考察

#### (1) 細粒分の効果

河川堤防の耐越流侵食性に対する細粒分条件や補強条件の影響を定量的に検討するために、 $F_c$ 及び補強条件を変えた際の面積残存率の時間変化を図2に示す。この面積残存率とは、初期の堤体面積を時々刻々の堤体面積で除したものである。ここでは、従来・新形式堤防における $F_c=0, 10, 20\%$ の結果を表示している。これより、細粒分含有率 $F_c$ を大きくすると、従来・新形式堤防共に高い面積残存率を維持できる時間が長くなっており、耐越流侵食性が向上していることが分かる。それに加えて、本模型条件における想定決壊時間である600秒を基準とすると、 $F_c=10, 20\%$ のケースでは、従来・新形式堤防共に、600sを越えても破堤には至っていない。さらに、同じ $F_c$ における従来・新形式堤防の結果を比べると、新形式堤防の面積残存率の方が従来形式堤防よりも全体的に大きく、新形式堤防において著しい耐越流侵食性向上効果を示していることが分かる。

2割勾配における全ての実験ケースにおける堤防の決壊時間を図3に示す。ここで、欠損時間とは、堤体の面積残存率が85%を下回る時間と定義する。これより、土堤では細粒分と共に欠損時間が漸増している一方、従来形式堤防では $F_c=10, 20\%$ の結果は $F_c=0\%$ よりも1オーダー増えている。さらに新形式堤防では、 $F_c=10\%$ の欠損時間は $F_c=0\%$ よりも1オーダー増え、 $F_c=20\%$ のときには越流開始から2時間半を越えてもほとんど侵食されず、破堤に至らなかったため図中には $\infty$ と図示している。このように堤体材料に細粒分を増やすと、従来・新形式堤防の耐越流侵食性が飛躍的に向上すると共に、その効果は新形式堤防の方が顕著であることが示唆された。

この要因としては、両形式共通のものとしては、①細粒分混合による移動限界掃流力と粘着力の増加、②堤体内の浸透能低下と裏のり面被覆工の安定化、③堤体材料の吸出し防止、④被覆工と堤体材料間の粘着力の増加が挙げられる。さらに、新形式堤防独自には、⑤ジオグリッドによる被覆工の流出抑制、⑥堤体表面侵食の抑制、により新形式堤防の耐越流侵食性が大幅に向上したものと考えられる。

#### (2) ジオグリッドの目合いの影響

ジオグリッドの目合いの違いが新形式堤防の耐越流侵食性に及ぼす影響を見るために、5分勾配のケースにおける堤体面積残存率の時間変化を図4に示す。ここでは、新形式堤防における目合い大・中・小のケースと従来形式の結果を示す。これより、新形式堤防の結果は、いずれの目合いでも従来形式よりも高い面積残存率を示している。また、新形式間の面積残存率を比較すると、面積残存率は目合い小>中 $\approx$ 大となり、目合い小のみ耐越流侵食性に差異が見られる。これは、 $F_c=0\%$ の場合、ジオグリッドの目合い大・中よりも目合い小の方が浸潤面進行抑制及び被覆工流出抑制の効果は顕著であり、その結果、高い耐越流侵食性を発揮しているものと考えられる。

**参考文献**：1) (社)日本河川協会編：改訂新版建設省河川砂防技術基準(案)同解説 設計編 [I]，pp.3-30，1997。  
2) 倉上ら：耐越流侵食-性向上のための河川堤防補強技術の提案，土木学会論文集B1(水工学)，Vol.57，No.4，pp.I\_1219-I\_1224，2013。

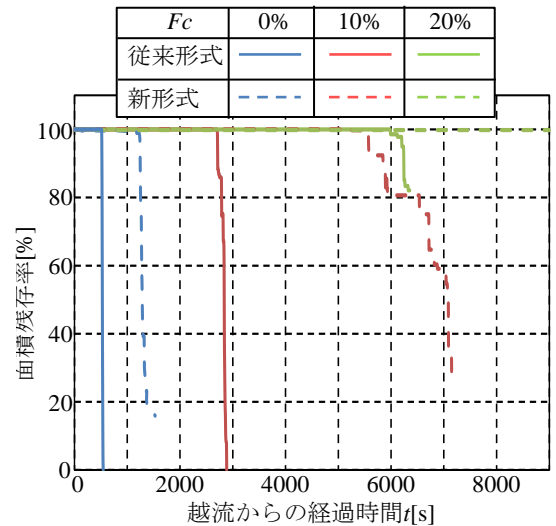


図2 従来・新形式堤防における面積残存率の時間変化

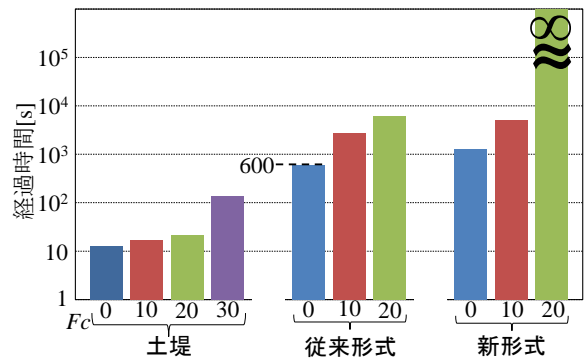


図3 2割勾配の全ケースの堤防欠損時間

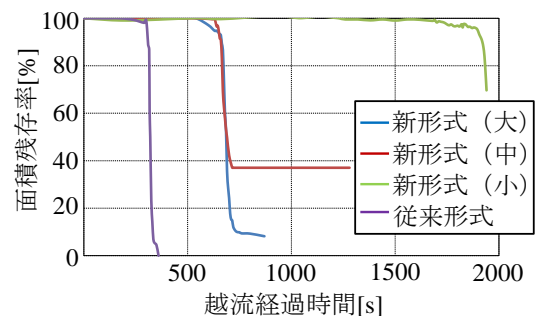


図4 堤体面積残存率の時間変化 (新形式・5分勾配のケース)