

GRS 河川堤防の浸透特性に関する基礎的実験

東京理科大学大学院理工学研究科土木工学専攻
(株)日水コン
東京理科大学理工学部土木工学科

学生員○板倉 舞
正会員 倉上 由貴
正会員 二瓶 泰雄

1. 序論

我が国の河川堤防は、土堤主義もしくは土堤の原則に従い、「土」のみを堤体材料とすることが基本原則であり、土以外の材料を堤体内に入れることは一般に行われない。主な理由としては、元々堤防が周辺地域の土で作られている“半自然構造物”であることに加え、施工や維持管理、破堤時の復旧が容易であることや、礫が含まれていても土ならば変形に強いと考えられているためである¹⁾。また、築堤は洗掘（表のり面）、浸透（堤体と基礎地盤）、降雨、越流、地震に対処する総合技術であり、個別技術のみ強化しても不十分と言わざるを得ない。一方、著者らは、近年の異常豪雨増加に伴う超過洪水対策として、越流に対して粘り強く壊れない GRS 河川堤防を提案した。これは、耐震性に優れたジオシンセティックス（GRS, Geosynthetic-Reinforced Soil）補強土を応用して、堤体内に敷設されたジオグリッドと表・裏のり面の被覆工を結合して、越流決壊の主要因である被覆工の流出を堤体全体で抑制するものである、室内実験を通して、GRS 河川堤防の高い耐越流侵食性を明らかにした²⁾。しかしながら、GRS 河川堤防では、堤体内のジオグリッドによる水みちの形成やパイピングの発生など耐浸透性に疑問が残る。本研究では、GRS 河川堤防の浸透特性に関する基礎的実験を行い、土堤及び複数のジオグリッドを用いた GRS 河川堤防の浸透状況を明らかにする。そのため、ここでは、水槽内に小型の堤防模型を作製し、浸透流実験を行う。

2. 研究方法

(1)GRS 河川堤防の概要：GRS 河川堤防とは、図 1 に示すように、堤体内に一定の層厚（ここでは 2cm）毎にジオグリッドを敷設し、そのジオグリッドと堤体表面の被覆工を結合し、被覆工と堤体を一体化させることにより、耐越流侵食性を大幅に向上させるものである。また、表・裏のり面の勾配はここでは 1：2（2 割）としているが、より急勾配（5 分）でも高い耐越流侵食性を有している²⁾。

(2)実験条件：図 2 に示す水槽（120cm×45cm×45cm）内に、図 1 と同じ寸法（高さ 20cm，天端幅 10cm，2 割勾配）の堤体を設置する。堤体条件としては、基礎地盤（厚さ 6cm）の有無，2 種類の堤体材料，3 種類のジオグリッドとし（表 1），堤体表面の被覆工は置かない。堤体材料は珪砂 6 号のみ（ $D_{50}=0.27\text{mm}$ ）と珪砂 6 号と藤の森粘土（細粒分 70%）の混合土とし、透水係数と締固め度は前者では $1.70\times10^{-4}\text{m/s}$ ，90%，後者では $3.14\times10^{-6}\text{m/s}$ ，85 % となる。ジオグリッドは、大（ $1.0\times1.0\text{cm}$ ，ユニチカ(株)製）・中（ $0.8\times0.2\text{cm}$ ）・小（ $0.1\times0.1\text{cm}$ ，ユニチカ(株)製）の 3 つの目合いとする。実験では水槽内に模型堤防を作成し、堤外地の水を墨汁で着色し、その堤外地側の水位を一定値（=14cm）に保って堤防内の浸透挙動を側面と上面からビデオ・カメラ撮影した（図 2）。また裏のり尻下流側に計量ケースを設け、浸透流量や土砂侵食量の横断分布を計測した。本論文では、Case3～6 の結果を掲載する。

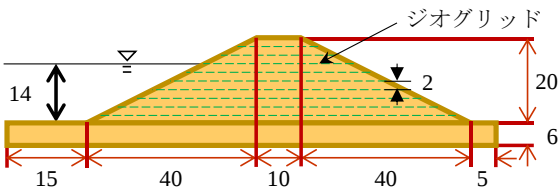


図 1 GRS 河川堤防の概要と本実験の模型寸法（単位：cm）

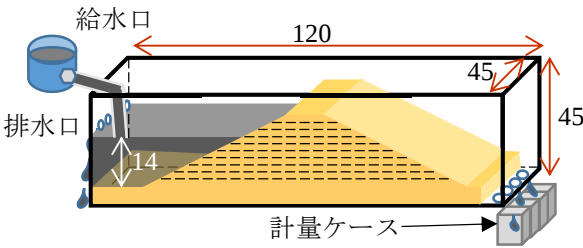


図 2 浸透実験の概要（単位：cm）

表 1 実験条件

Case	基礎地盤	ジオグリッド	細粒分 [%]
1	×	×	0
2	×	中	
3	○	×	
4	○	大	
5	○	中	
6	○	小	
7	○	×	20

キーワード：堤防，GRS，浸透，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. 実験結果と考察

(1) **浸透面の時間変化**：堤体内における浸透特性の基本的状況を把握するために、基礎地盤有のケースにおけるジオグリッド無 (Case3) と有 (Case4-6) における墨汁の浸透面の時間変化を図3に示す。ここでは裏のり側の侵食形状も示す。これより、浸透流は裏のり尻に向かうため、浸透面はいずれのケースも表のり面と平行な初期状態から直立、その逆の傾きへと変化し、底面付近の浸透流速が大きい。詳細には、ジオグリッド有のケースでは底面付近が先行するが、無のケースでは底面よりやや上 (+4cm) 付近が先行する。これは、裏のり面での浸透侵食がジオグリッド無のケースでは有よりも大きいためである。また、全体としてジオグリッド無の方が、有よりも浸透面は速く進行する。さらに、ジオグリッド有の浸透面形状は一部に凹凸が見られジオグリッド面と重なる部分もあるが (Case5)、それらは一部であり、ジオグリッド無のケースでも類似の凹凸が見られるため、ジオグリッドによる水みち形成は顕著になっていない。

(2) **浸透量と土砂侵食量の時間変化**：上記の結果を定量評価するために、堤体側面からのビデオ撮影画像から得られる浸透面積率の時間変化を図4に示す。ここで浸透面積率とは、墨汁の浸透面積を堤体初期断面で除したものであり、ジオグリッド無 (Case3) と小 (Case6) の結果を示す。これより、浸透面積率は全体にジオグリッド無がジオグリッド小を上回る。ただし、 $t=1200s$ では、両者は同程度となっているが、この時間帯直前に Case6 においても裏のり面の侵食が始まっている。またジオグリッド有のケース間では差が見られなかった。これより堤体内のジオグリッド敷設により、浸透量は少なくとも増加していないことが示された。

図5は裏のり尻下端において計測された浸透流量と堤体侵食量の時間変化を示す。これより、ジオグリッド無では、流量・土砂侵食量共に有のケースを上回っている。このように、ジオグリッド敷設により、裏のり面の浸透侵食を抑制しており、越流実験時と類似した結果となった²⁾。また、この侵食抑制効果が、ジオグリッドによる浸透量減少効果の一部として現れているものと推察される。

(3) **水みち形成の有無**：ジオグリッドによる水みち形成状況を確認するため、ジオグリッド無 (Case3) と有 (Case5) による浸透流速の鉛直分布を図6に示す。ここでは、二つの時刻間の浸透面データから高さ 1cm 間隔の水平流速データを算出している (浸透開始 120s 後)。これより、ジオグリッド有のケースでは、ジオグリッドの敷設高さとそのでない高さの流速には大きな差は無く、流速分布の凹凸もジオグリッド無と同程度に小さい。以上より、今回の実験条件では、ジオグリッドの敷設による水みちの形成は明確には確認できないことが示された。

参考文献：1) 中島秀雄：河川堤防技術の変遷，河川，pp.17-28，2004，2) 倉上由貴ら：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.69，No.4，I_1219-I_1224，2013。

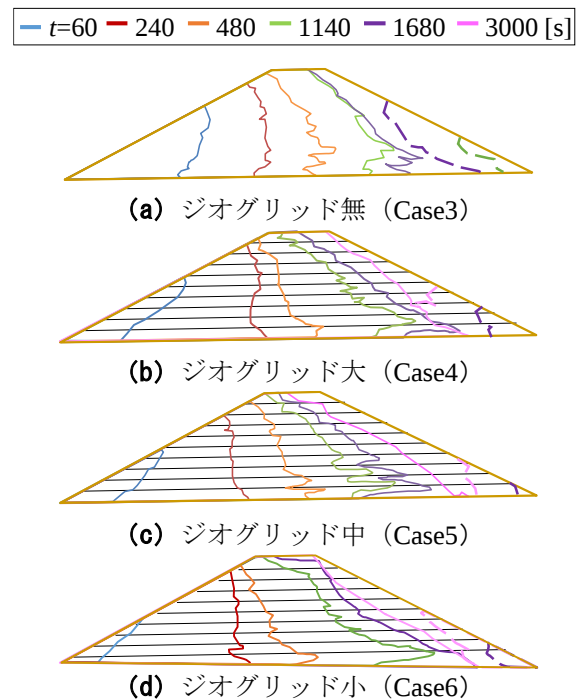


図3 基礎地盤有のケースにおける浸透 (実線)・侵食 (点線) 過程 (t : 実験開始からの時間)

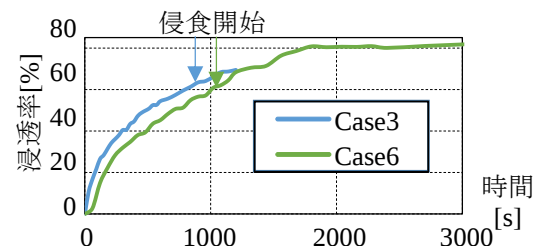


図4 堤体の浸透面積率の時間変化

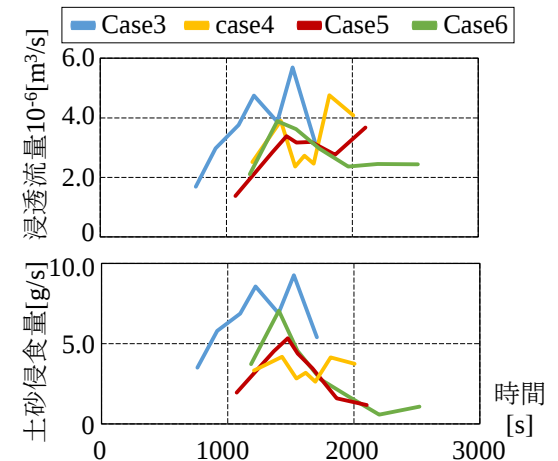


図5 裏のり尻部における浸透流量と土砂侵食量の時間変化

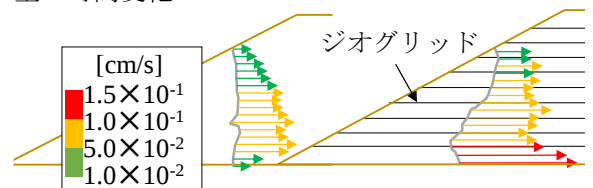


図6 浸透流速ベクトルの鉛直分布 (左: Case3, 右: Case5, $t=120s$)