

GRS 補強土による河川堤防の耐浸透性向上効果の基礎的検討

東京理科大学大学院理工学研究科土木工学専攻 学生員 ○浅野 友里
 東京理科大学理工学部土木工学科 正会員 二瓶 泰雄
 東京理科大学大学院理工学研究科土木工学専攻 学生員 森田 麻友

1. 序論

河川堤防の決壊は周辺の堤内地において甚大な被害をもたらす。また、大河川のケースでは被害の広域化や長期化が懸念されており、決壊を防ぐための堤防の質的強化や堤防の点検・安全性評価の深化は極めて重要である。堤防設計に考慮する外力は浸透と洗掘、地震であり、今後は、超過洪水対応として越流も項目に加えるべきものと考えられる。これらの単独もしくは複合の外力に対処するべく、著者らは、盛土の優れた耐震技術であるジオシンセティックス (GRS, Geosynthetic-Reinforced Soil) 補強土工法を築堤技術に応用し、堤体表面をカバーする被覆工と堤体に敷設されたジオテキスタイルを結合して耐越流侵食性の高い堤防強化技術を提案し、その有効性を小型模型実験で検証している¹⁾。しかしながら、GRS 河川堤防では堤体内にジオグリッドという異物が入ることにより、「水みち」の形成や耐浸透性の低下が懸念される。そこで本研究では、板倉ら²⁾の研究に引き続いて小型模型を用いた浸透実験を行い、GRS 河川堤防の浸透特性を把握するとともに、その結果に基づいて現行堤防で一般的な土堤の耐浸透性向上策に関する基礎的検討を行う。

2. 研究方法

(1) **実験方法の概要**：土堤と GRS 堤防の浸透特性を把握するために、堤外地側の水位を一定に保つ「定水位浸透実験」と、水位を一定時間固定した後に急上昇させる「パイピング実験」の 2 種類の実験を行った (図 1)。両実験共に、アクリル製水槽 (長さ 120cm×奥行き幅 43.5cm×高さ 45cm) を用い、その中に高さ 20cm、天端幅 10cm、表・裏のり面が 2 割勾配となる模型堤防を設置する。水位条件としては、「定水位浸透実験」では、堤外地側の水位 h を水槽底面から 20cm で一定とし、浸潤面の進行状況がほぼ定常となるまで行った。一部のケースでは、その後、水位を 10 分間で 10cm の速度で上昇させる「パイピング実験」に移行して行った。なお、板倉ら²⁾の実験結果も合わせて解析する。

(2) **模型堤防**：模型堤防は、土堤及び、GRS 堤防としてジオテキスタイルを堤体全体に敷設する全体補強と裏のり面側にのみ敷設する部分補強とする (図 2)。部分補強では、ジオテキスタイルをのり面直角方向に敷設した。堤体条件としては、表 1 に示すように、細粒分含有率 F_c は土堤のみ 0, 10, 20%とし、GRS 堤防では 0%とする。また、GRS 堤防では、ジオテキスタイルとして、目合い小 (1mm 四方, ユニチカ(株)製)・中 (2mm×8mm, 前田工織(株)製)・大 (10mm 四方, ユニチカ(株)製) のジオグリッド及び、ジオグリッドの極端な例として不透水シート (①上記目合い小のジオグリッドの 2 枚重ね, ②合成樹脂製シート) を用いる。堤体材料には珪砂 6 号 ($D_{50}=0.27\text{mm}$) と藤ノ森粘土 (細粒分 70%) を用い、締固め度 D_c を 90%とした。

(3) **計測方法**：本実験では、①堤防側面・上面からのビデオ撮影により浸潤面進行・堤体侵食状況、パイピング発生状況、②裏のり尻部に設置された計量ケースを用いて浸透流量と侵食土砂量、を計測した。

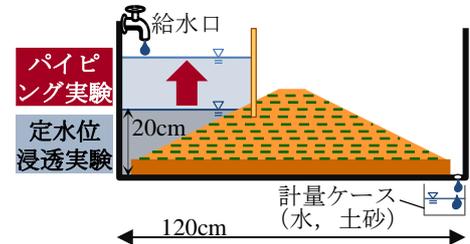


図 1 浸透・パイピング実験概要

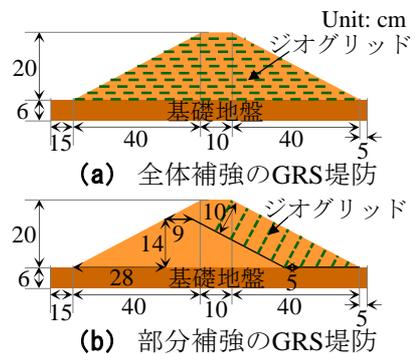


図 2 GRS 堤防の概要

表 1 実験条件

| 分類 | 実験項目 | ジオテキスタイル | | F_c [%] | |
|----------|----------|----------|--------|-----------------|---|
| | | 種類 | 目合い 配置 | | |
| 土堤 | 浸透 | — | — | 0, 10, 20 | |
| GRS 堤防 | 浸透 | ジオグリッド | 大 | 全体 | 0 |
| | 浸透・パイピング | | 中 | | |
| 浸透・パイピング | | 不透水シート | 小 | 部分 | |
| | — | | 全体 | | |

キーワード：堤防, GRS, 浸透, 水みち, パイピング

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) 単位幅流量と堤体侵食率の時間変化：定水位浸透実験時における単位幅流量と堤体侵食率（＝堤体断面中の侵食面積／初期断面積）の時間変化を図3に示す．ここでは，土堤（ $F_c=0\%$ ）と，GRS 堤防として全体補強の目合い大・中・小，不透水シート①，②，部分補強の結果を示し，流量計測時に不具合が生じた不透水シート②と部分補強のケースは侵食率のみ図示する．まず，単位幅流量に着目すると，表のり面側の水位が所定の値（水槽底面から20cm）に固定されてから，堤体内を浸潤面が進行するため，単位幅流量は実験開始直後0であるが，時間と共に増加し，一定値に近づきつつ，大きな変動も見られる（例えば，土堤）．この流量の変動は，裏のり面及び，裏のり面における小規模なすべり破壊による侵食と連動している様子が確認された．また，単位幅流量の大きさを比べると，土堤がGRS 堤防よりも全般的に大きくなっており，板倉ら²⁾と同じ結果となっている．また，GRS 堤防については，全体補強の目合い大>中>小>不透水シート①，の順となり，ジオグリッドの目合いが小さいほど浸透流量も小さい．

一方，侵食面積率を見ると，土堤の侵食面積率は時間と共に増加し，GRS 堤防の全ケースよりも大きく，最終的には大規模なすべり破壊により決壊した．また，GRS 堤防では，侵食面積率は全体補強の目合い大のケースを除いて，ある値に収束し，その後の浸透侵食は抑制されており，GRS 堤防は越流と同じく高い耐浸透侵食性を有している．また，GRS 堤防の中では全体補強の不透水シート①，②や部分補強が低い侵食率となる．これより全体・部分補強のGRS 堤防では裏のり面の浸透侵食を大幅に抑制し，局所動水勾配や浸透流量の減少をもたらす．

(2) 流量に対する浸透侵食の影響：そこで浸透流量に対する侵食状況の影響を調べるために，侵食面積率と単位幅流量の相関図を図4に示す．ここでは，土堤（ $F_c=0\%$ ）とGRS 堤防の全体補強と部分補強（いずれも目合い小）を示す．これより，土堤のケースでは，両者は正の相関が見られ，土堤の流量増加に浸透侵食が大きく寄与する．その上，同一の侵食面積率では，GRS 堤防の単位幅流量は全体・部分補強ともに土堤よりも小さく，GRS 堤防における浸透能低下に侵食量抑制以外の要因が存在することが示唆された．

(3) 水みち発生状況：GRS 堤防の水みち発生状況を確認するために，パイピング実験時における不透水シート②と部分補強の裏のり面の様子を図5に示す．ここでは，実験前と，実験時の水位 $h=40\text{cm}$ の結果である．これより，不透水シート②では，シート上に土砂の侵食・流出が生じ，不透水シートに沿って水みちが形成されているものと推察される．一方，部分補強では，そのような水みちは形成されていない．そのため，GRS 堤防の部分補強タイプは，高い耐浸透侵食性を有し，浸透能や水みち形成を抑制できており，現行堤防の耐浸透性向上策の一つになり得る可能性が示された．

参考文献：1)倉上ら，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提案，ジオシンセティックス論文集，Vol.28，pp.265-272，2013，2)板倉ら，土木学会 第69回年次学術講演概要集，pp.357-358，2014．

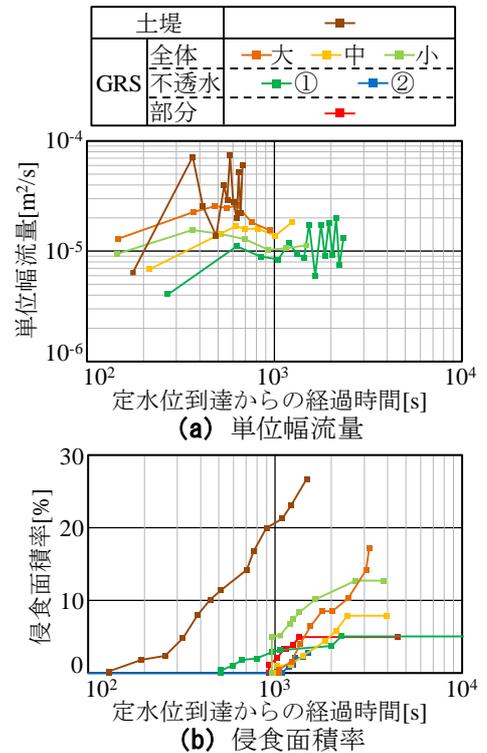


図3 単位幅流量・侵食面積率の時間変化

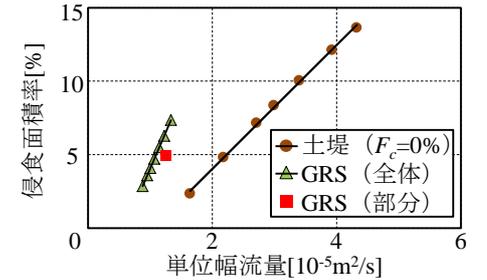


図4 堤体侵食率と単位幅流量の相関図 (土堤及びGRS 堤防の全体補強(目合い小)と部分補強)

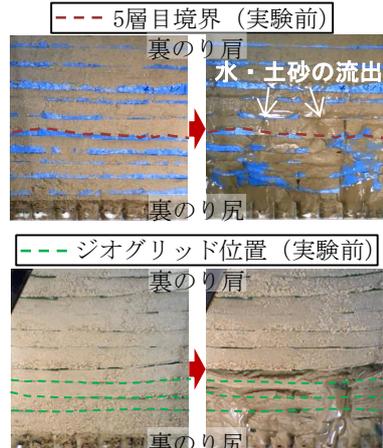


図5 実験前(左)とパイピング実験時(右, $h=40\text{cm}$)の裏のり面(上: 不透水シート②, 下: 部分補強)