

## 様々なジオグリッド敷設条件における 薄層ドレーン強化 (LDR) 堤防の耐越水性の実験的検討

東京理科大学大学院 学生会員 ○井上 隆  
東京理科大学 正会員 二瓶 泰雄  
東京理科大学大学院 学生会員 佐藤 佑太

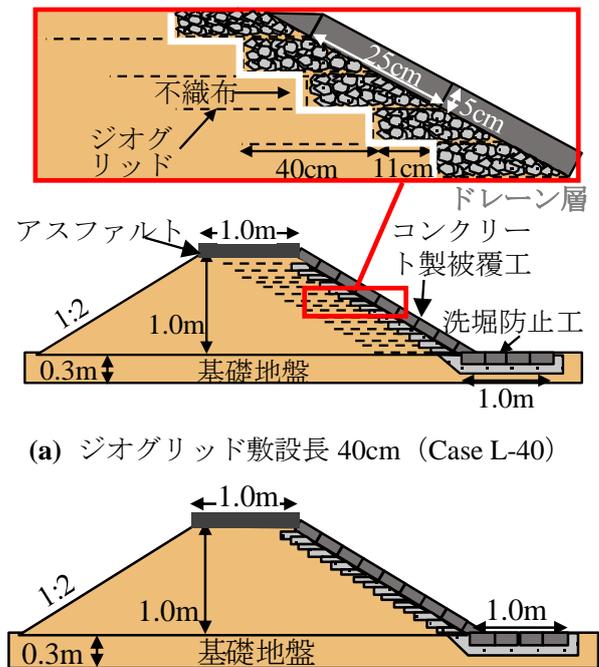
### 1. はじめに

近年、堤防決壊に伴う洪水氾濫による甚大な被害が発生している。H27年関東・東北豪雨時の鬼怒川における堤防決壊とそれによる大規模洪水氾濫を契機に、国土交通省は危機管理型ハード対策として現行河川堤防への堤防天端及び裏のり尻の補強を掲げている<sup>1)</sup>。これは、堤防を粘り強い構造にし、避難のための時間を稼いで減災を図る目的である。しかしながら、H30年西日本豪雨時の高梁川水系小田川では、越水を主要因として堤防決壊したが、決壊箇所は天端舗装が施されていたことに加えて、避難の時間が十分あったにもかかわらず住民の避難の遅れが顕著であった。一方、著者らは、既存堤防の裏のり面に拡幅という形で補強が可能な薄層ドレーン強化堤防 (Laminar Drain Reinforced (LDR)堤防) を提案し、その耐越水性向上効果を検証した<sup>2)</sup>。LDR堤防は裏のり面沿いに被覆工、ドレーン層、ジオグリッド、不織布という様々な材料を用いた複合型堤防であるが、今後、各材料の役割や施工簡易化が大きな課題である。本研究では、ジオグリッドの敷設長  $\delta$  が LDR 堤防の耐越水性に及ぼす影響を把握する。そのため、大型堤防模型を用いた実験を実施する。

### 2. 実験概要・条件

LDR 堤防は、**図-1(a)**に示すように、堤防裏のり面にコンクリート製被覆工とドレーン層 (碎石) をジオグリッドを介して堤体土と一体化させ、吸い出し防止材として不織布を用い、被覆工の流失抑制と安定化向上を通して、堤防の耐越水性を強化するものである。本研究では、倉上ら<sup>2)</sup>と同じく、本学所有の大型開水路 (長さ 20m, 高さ 1.8m, 幅 1.0m) に、堤体高さ 1.0m, 基礎地盤厚さ 0.30m, 天端幅 1.0m, 2 割ののり面勾配を有する模型堤防を設置した。倉上ら<sup>2)</sup>に続いて、ジオグリッド敷設長 40cm と 0cm (ジオグリッド無) の 2 ケースを実施した (**図-1**)。実験ケースは、**表-1**に示すように、ジオグリッドの敷設長を変えた LDR 堤防 ( $\delta=10, 20\text{cm}$ ) とドレーン層無しの場合 (GRS 堤防) の 5 ケースとする。堤体土は鉾田砂 ( $D_{50}=0.17\text{mm}$ , 細粒分含有率  $F_c=11.0\%$ ) であり、締固め度  $D_c=90\%$ 、層厚 5.6cm で締固めて、堤防を作製した。堤体作製後の実験手順としては、①定水位浸透実験を行い (水位は基礎地盤上端から 0.70m)、定常となるまで実施する (CaseL-10 以外)、②越水実験として、越流水深  $h$  を 2cm から段階的に増やし、120 分以降は  $h=25\text{cm}$  と一定とする越水条件を与える、③②で決壊しないケースのみ、洗堀防止工を除去し  $h=25\text{cm}$  の越水実験を再開し、のり面補強効果を検証した。堤体内の浸潤面計測用に水位計 (最大 28 台)、間隙水圧計を 2 台設置した (CaseL-0, 10 以外)。堤体侵食状況を確認するために、デジタルビデオカメラを 7 台使用した。

### 3. 実験結果と考察



(a) ジオグリッド敷設長 40cm (Case L-40)

(b) ジオグリッド敷設長 0cm (Case L-0)

図-1 LDR 堤防の概要と模型堤防条件

表-1 対象とする LDR・GRS 堤防実験の概要

Case	堤体条件	ジオグリッド敷設長	浸透実験	洗堀防止工除去	ドレーン層
L-0	LDR 堤防	無	有	有	有
L-10		10cm	無	有	有
L-20		20cm	有	有	有
L-40		40cm	有	有	有
G	GRS 堤防	20cm	有	無	無

キーワード LDR 堤防 ジオグリッド 耐越水性 ドレーン層 決壊

連絡先 〒278-0022 千葉県野田市山崎 2641 東京理科大学 TEL04-7124-1501(内線 4069)

(1) 浸透実験時の浸潤面分布

ドレーン層やジオグリッドが堤体内の浸潤面低下効果を調べるために、浸透実験時の浸潤面横断分布を図-2に示す。ここでは、LDR 堤防のジオグリッド敷設長 0cm (Case L-0) と 40 cm (Case L-40) 及びドレーン層無の GRS 堤防 (Case G) の3ケースを対象とし、各ケースで定常状態の結果を表示する。図中には Case L-40 のジオグリッドとドレーン層、被覆工も図示する。これより、裏のり尻付近の浸潤面高さは、Case G>L-0>L-40 となり、ドレーン層のみならず、ジオグリッドによる浸潤面低下効果が見られた。同様のことは越水時にも確認され(図省略)、LDR 堤防のドレーン層やジオグリッドにより、堤体ののりすべり抑制及び被覆工の安定性向上効果が発揮されている。

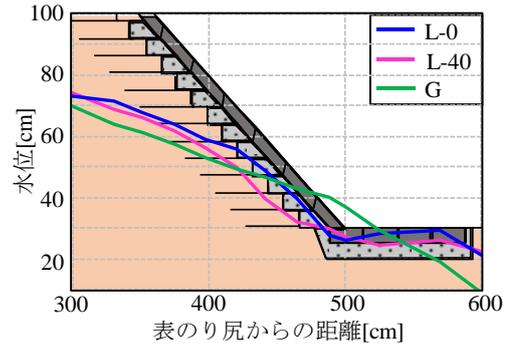


図-2 浸透実験時の浸潤面横断分布 (定常)

(2) ジオグリッド敷設長と耐越水性の関係

LDR 堤防におけるジオグリッド敷設長の違いが耐越水性に及ぼす影響を明らかにするために、LDR 堤防の4ケースにおける面積残存率 (=時々刻々の堤体横断面積 / 初期横断面積) の時間変化を図-3に示す。全4ケース共に、越流開始 150分において堤体侵食が発生しなかったため、洗堀工除去後の結果を表示する。また、裏・表のり尻が侵食され始めた時間も図示している。これより、敷設長 0cm (Case L-0) や 10 cm (Case L-10) では、 $t'$  = 約 30分後 ( $t'$ : 洗堀工除去後の越流時間) に面積残存率は急激に低下したが、敷設長 20cm (Case L-20) では  $t'$  = 78分に急減し、決壊に至った。一方、敷設長 40cm では面積残存率はほとんど低下せず、 $t'$  = 180分後でも決壊しておらず、高い面積残存率を維持した準定常状態となった。これより、ジオグリッドが十分長いと(本実験では 40cm)、極めて高い耐越水性を発揮することが示された。

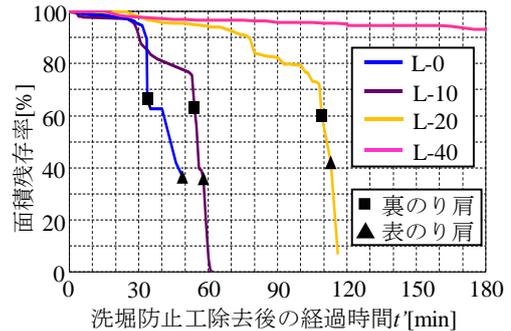


図-3 LDR 堤防における面積残存率の時間変化

(3) 被覆工流失抑制メカニズム

Case L-40 における耐越水性がどのように向上したかを把握するために、同ケースにおける被覆工流失状況を模式的に取りまとめたものを図-4に示す。ここでは、 $t'$  = 16, 70分後の結果を対象に、点線と実線はそれぞれ初期と  $t'$  における被覆工・ジオグリッドの位置を図示する。これより、 $t'$  = 16分では、被覆工の変位は始まるが、被覆工直下の堤体土の侵食面に沿ってドレーン層や被覆工は変位している。同様な傾向は  $t'$  = 70分でも見られる。このように、ジオグリッドが十分長いと、堤体土の侵食面に沿うように被覆工やドレーン層が変位し、結果として、被覆工が侵食面をカバーする形となり、堤体土の侵食を大幅に抑制する。そのため、侵食面をカバーできる程度のジオグリッド敷設長があれば、耐越水性は十分高くなることを示唆された。

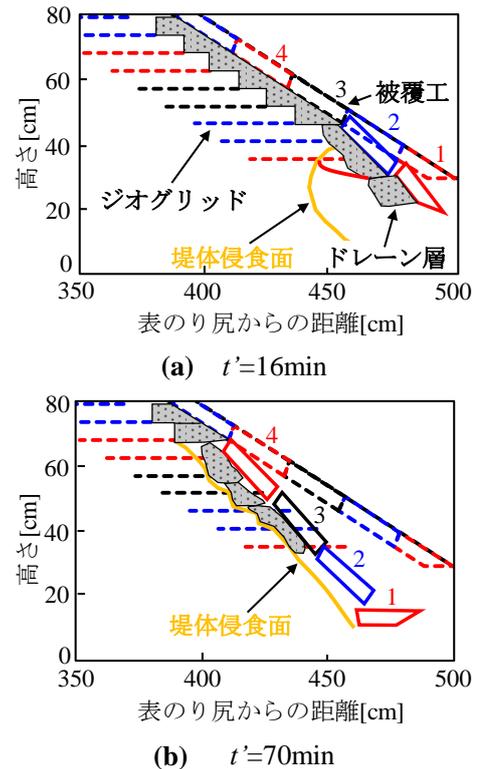


図-4 Case L-40 における被覆工流失抑制状況

4. まとめ

ジオグリッド敷設長  $\delta$  を変えて実験したところ、本実験では  $\delta$  = 40cm の LDR 堤防が、高い耐越水性を有することが分かった。その要因としては、ジオグリッド敷設長が十分に長いと、堤体侵食面に沿って被覆工とドレーン層が変位するので、堤体土侵食抑制としての効果が発揮されると示唆された。

参考文献：1)国土交通省 水管理・国土保全局：「水防災意識社会 再構築ビジョン」, 2015。  
 2)倉上・二瓶・森田・菊池：耐越水性・耐浸透性を兼ね備えた薄層ドレーン強化堤防の提案, ジオシンセティクス論文集, Vol.31, pp.191-198, 2016。