

会員の声

## GRS 工法とドレーン工法を組合せた洪水・地震複合災害に対応した堤防強化技術の開発

鉄道総合技術研究所 倉上 由貴

筆者は東京理科大学院時代は水理研究室に所属しており、耐越水性・耐浸透性・耐震性を兼ね備えた堤防強化技術として「耐震性と耐越水性に優れたジオテキスタイル補強土 (GRS)」と「耐浸透性に有用なドレーン工法」の長所を組み合わせた薄層ドレーン強化堤防 (Laminar Drain Reinforced Levee、LDR 堤防) を開発しました (図-1)。本稿では、『大型水路』(高さ 1.8 m、幅 1.0 m、長さ 20 m) を用いた実スケール規模 (模型スケール 1/4) での模型実験<sup>1)</sup> と振動台と洪水用水路を結合した『洪水・地震複合災害用水路』を用いた複合災害実験<sup>2)</sup> により検討した薄層ドレーン強化堤防の耐越水性・耐浸透性・耐震性について紹介いたします。

我が国の河川堤防は土堤主義であります。欧米では、浸透や侵食・地震のみならず越水的作用に対応するために、異なる種類の土や砕石に加え、ジオテキスタイルのような人工材料などの複数の材料を用いた「複合型堤防」が 20 世紀初頭より作られております。複数の材料を用いることで堤体の安全性を強化し、世界の主要な河川では均一型堤防から複合型堤防への転換が進みつつあります。また、イギリス、フランス、ドイツ、オランダ、アイルランド、アメリカの 6ヶ国が関わり、河川堤防の国際的な知見の集積と多くの築堤事例を網羅した International Levee Handbook (ILH) が作成されました<sup>3)</sup>。ILH には耐浸透性・耐越水性を兼ね備えた堤防強化技術として、ジオテキスタイルやアンカー、矢板等を組み合わせた工法が示されております。我が国においても、2015 年の鬼怒川決壊を受けて国土交通省は「水防災意識社会再構築ビジョン」を作成し、これまでのソフト・ハード対策の深化に加え、「危機管理型ハード対策」の導入を打ち出しました。ハード対策として、越水等により決壊までの時間を少しでも引き延ばす築堤技術の開発が求められています。

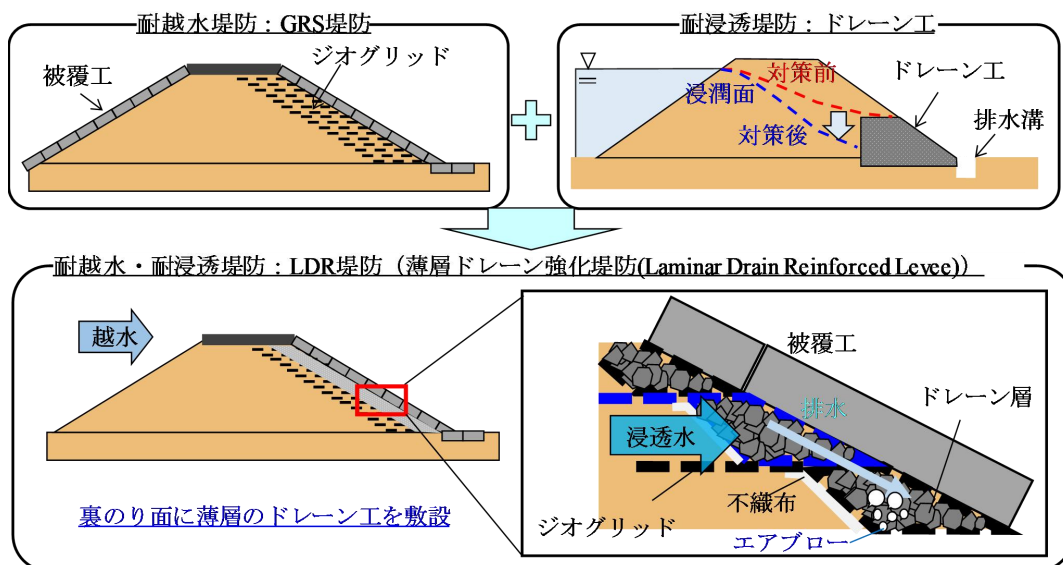


図-1 LDR 堤防の概要

表-1 LDR 堤防の機能

堤体補強工法		材料	外力に対する機能		
			越水	浸透	地震
LDR堤防	GRS堤防	被覆工	堤体侵食抑制	雨水浸透防止	堤体表面土の崩落抑制
		ジオグリッド	被覆工流出抑制	ジオグリッドは浸潤面低下, 排水を抑制する効果	被覆工の安定性向上
	ドレーン工	排水材	・裏のり面不飽和領域を維持し裏のり面の安定性を向上 ・越流水の流入水を排水 ・堤体土侵食抑制	・浸透水排水による浸潤面低下 ・エアブロー対策	液状化対策
		不織布	堤体土の吸出し防止		

LDR 堤防は図-1に示すように、透水性の高い砕石をドレーン材として巻込んでジオグリッドを敷設し、堤体材料とドレーン材の間にフィルターとして不織布を設けております。このようにLDR 堤防は、複数の材料を組合せて構成された複合型堤防であり、各材料の越水、浸透、地震に対する機能について表 1 に示します。まず、堤体表面に被覆工を敷設することにより、越水時の侵食や、地震時の堤体表面土の崩落を抑制する機能や降雨の浸透防止機能が期待されます。さらに被覆工をジオグリッドと連結することにより、越水時の被覆工の流出抑制や地震時の被覆工の安定性向上効果もたらされました。以上は GRS 堤防においても発現される効果です。LDR 堤防では、これに加えて、ドレーン層が堤体内部の浸透水を排水し浸潤面低下の効果をもたらすだけでなく、越水時に越流水が被覆工間から堤体内部へ流入する場合においても、流入水を排水し堤体土の侵食を大幅に抑制します。さらに、ドレーン層を設けることにより、浸潤面が堤体全体に及ばず、裏のり面の不飽和領域が維持されているため、裏のり面の安定性向上にもつながりました<sup>1)</sup>。複合災害実験では、加振・浸透実験の後に越水実験を実施しました。加振・浸透実験の結果より、LDR 堤防や標準型ドレーン工法では、裏のり面が変形したものの間隙水圧比が相対的に低く、天端沈下を抑制し、加振時の過剰間隙水圧上昇も抑制していることが明らかとなりました。LDR 堤防では加振により裏のり面被覆工に不陸や隙間の発生等、変形したものの、加振後の越水による変形は微小であり高さも加振後の堤体高さを維持しました。このように、LDR 堤防は地震・洪水の複合災害に対して極めて高い耐災性を有しています<sup>2)</sup>。複数の材料から構成されたLDR 堤防は、越水・浸透・地震に対して極めて有用な工法であることが示唆されました。このように複数の外力に対して兼ね備えた強化工法を用いることが、結果的に単一的、複合的な外力に対して粘り強く耐え得る構造となることが期待されます。

鉄道総合技術研究所に入社してからは、地盤工学を専門とする研究室に所属しておりますが、『土（地盤工学）』と『水（水工学）』の両分野から検討し、豪雨・地震の複合的な災害に対応した土構造物の強化技術の開発に貢献できるように精進していく所存です。

参考文献

- 1) 倉上由貴, 二瓶泰雄, 森田麻友, 菊池喜昭: 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, ジオシンセティックス論文集, Vol.31, pp.191-198, 2016.
- 2) 安井 智哉, 倉上 由貴, 二瓶 泰雄, 佐藤 佑太: 地震・洪水複合災害に対する LDR 堤防の耐災害性に関する実験的検討, ジオシンセティックス論文集, Vol.33, pp.39-46, 2018.
- 3) Ciria : The International Levee Handbook, pp.1-1332, 2013.