

## 2.6 河川堤防の耐侵食機能向上技術の開発（2）

研究予算：運営費交付金（一般勘定（治））

研究期間：平 18～平 22

担当チーム：材料地盤研究グループ（土質・振動）

研究担当者：杉田秀樹、森 啓年、齋藤由紀子

### 【要旨】

近年、集中豪雨の発生頻度の増大等による計画規模を超えるような洪水の発生により、河川堤防の決壊に伴う被害の増加が懸念され、河川堤防の質的強化に向けた検討が必要となっている。本研究では、現在質的整備として実施されている堤防裏のり浸透対策の、耐侵食機能向上効果を把握することを目的として検討を行っている。20年度は、主に短繊維混合補強土を用いた堤防のり面被覆工の耐侵食機能向上効果について実験的検討を行った。その結果、一定の条件下では、流水外力に対して短繊維混合補強土の耐侵食性能が確認されるとともに、実際の河川堤防に導入する際の課題を抽出した。

キーワード：河川堤防、堤防決壊、侵食、浸透対策、模型実験

### 1. はじめに

河川堤防の決壊形態の一つに越水破堤があるが、これは、浸透作用と越水作用の複合的要因により発生することがある。一方で、河川堤防の質的整備（堤防強化）として、浸透対策が現在実施されていることから、本研究では、裏のり浸透対策の耐侵食機能向上効果を把握することを目的としている。

20年度は、昨年度に引き続き、短繊維混合補強土（以下、「短繊維混合土」という）を用いた浸透対策の耐侵食機能向上効果について実験的検討を行った。昨年度の実験では、裏のり面に施工した短繊維混合土被覆工の変形追従性が不足し、被覆工の下から堤体土が吸い出されたことから、今年度は、施工範囲を見直した。

### 2. 検討方法

#### 2.1 堤防のり面被覆材に必要とされる性能の整理

堤防のり面被覆材は、堤体材料としての条件（せん断強度等）を満たす必要がある。したがって、短繊維混合土の耐侵食機能向上効果を検討する前提として、既設堤防にのり面被覆を実施する場合、被覆材料に求められる性能を基準類等<sup>1), 2), 3), 4)</sup>を参考に整理した。

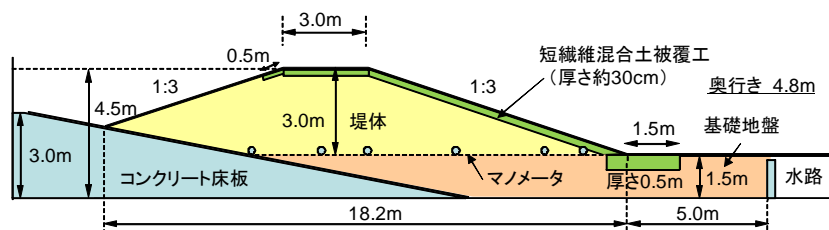


図-1 実験模型断面

#### 2.2 短繊維混合土を用いた被覆材の検討

短繊維混合土は、土にポリエステル等の繊維を混ぜて土の機能向上を図るものである。短繊維混合土を裏のり面に被覆することにより、耐浸透機能が向上（せん断抵抗の増加）<sup>5)</sup>するとともに、降雨によるガリ侵食の発生防止（エロージョン防止）にも寄与する<sup>6)</sup>。こうした特性から、越水作用による侵食に対しても一定の効果が期待できると考えられるため、堤防裏のり面に短繊維混合土を用いた被覆工を施工した場合の耐侵食機能の向上効果について、大型水理模型実験により検討した。実験模型断面を図-1に示す。基礎地盤には川砂（S-G：礫まじり砂）を、堤体には茨城県内



写真-1 短繊維と短繊維混合土



写真-2 堤防裏のり面被覆の転圧状況

で採取した山砂（S-F：細粒分まじり砂）を使用し、締め層厚 30cm で作製した。基礎地盤の平均締め度は 97%（乾燥密度 1.60g/cm<sup>3</sup>）、堤体の平均締め度は 89%（乾燥密度 1.45g/cm<sup>3</sup>）である。短繊維混合土は、堤体と同じ土に、土に対する重量比 0.2%の短繊維（写真－1）、2%のセメント等を混合した。施工は、写真－2のとおり、機械転圧により行った。転圧回数は、予め実施した転圧試験を基に 1層 10cm あたり 6回とした。被覆厚は通常の覆土と同じ 30cm、平均締め度は 88%（乾燥密度 1.70g/cm<sup>3</sup>）である。

実験では、堤防天端－20cm の外水位を与え、10日間かけて堤体内浸潤線を定常状態にした後、堤防天端＋30cm の越流水深を与えて、裏のり面被覆の耐侵食機能向上効果を調査した。侵食状況の変化を把握するため、段階的に流水を停止し、侵食量の計測と観察を行った。

### 3. 検討結果

#### 3.1 堤防のり面被覆材に必要とされる性能

既設堤防にのり面被覆を実施する場合、被覆材に求められる性能を表－1に示す。

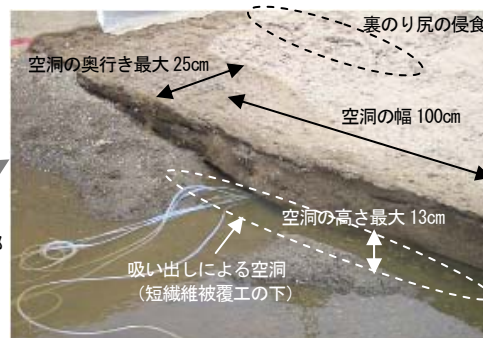
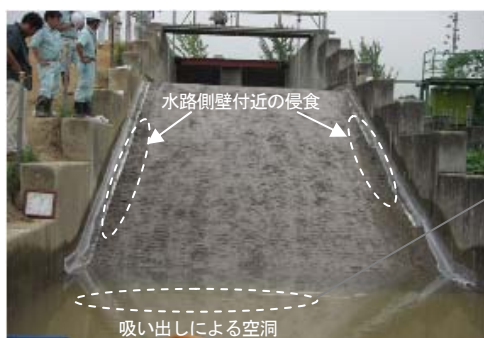
表－1 堤防のり面被覆材に求められる性能

求められる性能	表のり	裏のり
1) 耐侵食性	降雨、河川の流水に対する耐侵食性	降雨、越流水に対する耐侵食性
2) せん断強度	洪水水位低下時の残留水圧に対するすべり安定性	洪水時の堤体内水位ピーク時におけるすべり安定性
3) 透水性	既設堤防より低い透水性（遮水性）	既設堤防より高い透水性（排水性）
4) 透気性	堤体内の空気排出を妨げない透気性	
5) 植生に対する適応性	植物の根の伸長を妨げない柔らかさ	
6) 変形追随性	流水の作用による吸い出し、圧密沈下・地震による変形に対する追随性	
7) 維持管理	長期的な上記性能の保持、補修の容易性	

表－1をふまえ、裏のりの耐侵食性は、平均流速 5m/s 程度で約 3 時間、堤体高さを保持することを目標とした。

せん断強度は、一軸圧縮試験で確認し、一般的な盛土材料としてのセメント改良強度 100 ～ 300kN/m<sup>2</sup> 程度<sup>7)</sup>を目標値に設定した。

透水性については、



写真－3 水理模型実験後の堤防裏のりの状況

堤体と同程度か裏のり面被覆材の方がやや大きくなることを目指した。

植生に対する適応性については、道路土工指針<sup>8)</sup>を参考に、土壌硬度指数 30mm 以下を目標に定めた。

変形追随性のうち、流水の作用による吸い出しについては、2.2の水理模型実験の際に目視確認を行った。

吸い出し以外の変形追随性と、透気性、維持管理については、照査方法も確立されていないことから、今後の課題とした。

#### 3.2 短繊維混合土を用いた対策の検討

##### 3.2.1 耐侵食性に関する検討

水理模型実験により、裏のり面被覆の耐侵食性を調査した。実験時の流水表面の流速を簡易に測定したところ、のり肩からのり尻までの平均流速は 4.5m/s であった。越流時間と侵食量の一覧を表－2に、実験時の裏のり面の状況を、写真－3にそれぞれ示す。裏のり尻や水路側壁付近において、局所的に深さ 2～3cm 程度の侵食が生じた。また、被覆工下端には吸い出しによる空洞が発生したが、今回の実験条件では、吸い出し領域が堤体まで達することはなく、昨年度見られたような一連の崩壊現象（堤体土の吸い出し→短繊維混合土被覆工の崩落→破堤）は生じなかった。その理由として、裏のり面の短繊維混合土被覆工を堤内地側へ 1.5m 延長した点が挙げられる。過去の実験において、今回延長した部分と同範囲で流水による床掘れが顕著だったことから、この範囲を短繊維混合土被覆工で保護することにより、床掘れに伴う流水の乱れと

表－2 侵食量の時間変化

実験ステップ	越流時間 (min)	累積越流時間 (min)	累積侵食量 (m <sup>3</sup> )	
			裏のり面	基礎地盤
1	60	60	0	0.07
2	60	120	0.08	0.17
3	60	180	0.21	0.23

堤体土の吸い出しを防止できたものと考えられる。

### 3.2.2 せん断強度に関する検討

短繊維混合土被覆工の施工時に供試体を作製し、実験水路と同じ環境下で養生した後、一軸圧縮試験を行った。養生日数と一軸圧縮強度の関係を、図-2に示す。3.1で述べたとおり、目標とする一軸圧縮強度は100~300 kN/m<sup>2</sup>であり、養生7日後にはその強度を超える状況にあったことがわかる。被覆工のせん断強度が向上することにより、水の浸透によるすべり破壊に対する耐力は向上すると考えられるが、一方で変形追随性は落ちることから、適度な強度が発現するようにさらなる材料の改良が必要と考えられる。

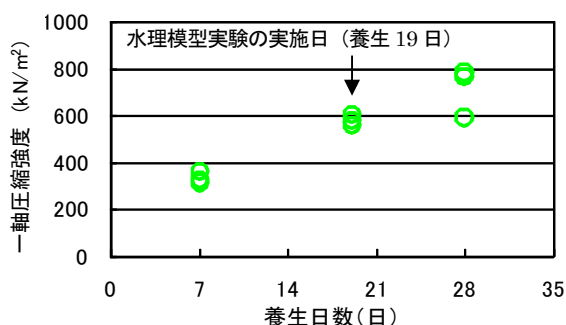


図-2 短繊維混合土の一軸圧縮強度

### 3.2.3 透水性に対する検討

堤防天端-20cm の外水位を与えて実施した浸透実験の結果、図-3の堤体内水位が得られた。湛水開始後6日の段階で、堤体内水位は定常に達しており、裏のり尻が湿潤している様子が目視で確認された。

室内透水試験を実施したところ、透水係数は、基礎地盤 9.0E-5 m/s、堤体 8.7E-6 m/s、短繊維混合土被覆工 5.8E-6 m/s (材令 28 日) であり、短繊維混合土被覆工は堤体と同等の透水性を確保した。

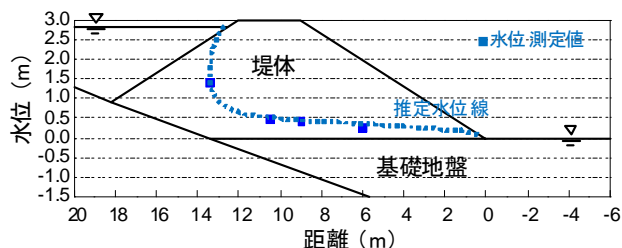


図-3 堤体内水位の状況 (浸透開始9日後)

### 3.2.4 植生に対する適応性の検討

短繊維混合土被覆工を施工した後、裏のり面の9箇所において、土壌硬度指数を測定した。その結果を表-3に示す。施工後徐々にのり面の硬さが増しており、施工7日後には目標としていた硬度指数30mm程度を超過した。しかしながら、今回の混合土はセメント混

合比が小さいことから、長期的な性状については、引き続き検討していく予定である。なお、水理模型実験後、被覆工を切り出して pH の測定を行ったところ、9.1 (24℃) という結果であった。

表-3 土壌硬度の測定結果

施工後の経過日数	施工日	7日後	19日後 (実験前)	19日後 (実験後)
平均硬度指数 (mm)	28.0	33.0	33.0	33.6

### 3.2.5 今後の検討課題

耐侵食機能向上技術として開発中の短繊維混合土被覆工について、実際の河川堤防に導入することを想定し、堤防のり面被覆材に求められる性能を確認した。しかしながら、表-1に示す、植生に対する適応性や吸い出し以外の変形追随性、透気性、維持管理については、長期的な検討が必要なこと、照査方法が確立されていないことなどから、引き続きの検討課題とした。

## 4. まとめ

短繊維混合土を用いた堤防裏のり面被覆工の耐侵食機能について調査した結果、堤防高さ 3m、のり面勾配 1:3、越流水深 30cm という一定の条件下では機能向上効果が確認された。一方で、既設堤防ののり面被覆材として使用する場合に必要な基本的性能のうち、植生に対する適応性や、吸い出し以外の変形追随性、透気性、維持管理については、長期的な検討が必要なこと、照査方法が確立されていないことなどから、引き続きの課題として取り組む予定である。

## 参考文献

- 1)建設省河川局監修：建設省河川砂防技術基準（案）、（社）日本河川協会、1998.
- 2)（財）国土技術研究センター：河川土工マニュアル参考資料、2007.
- 3)（財）国土技術研究センター：河川堤防の構造検討の手引き、2002.
- 4)（社）土木学会：「耐越水堤防整備の技術的な実現性の見解」について、耐越水堤防整備の技術的な実現性検討委員会報告書、2008.
- 5)古本ら：短繊維混合補強土を用いた覆土工法による堤防の補強効果について、第35回地盤工学研究発表会発表講演集、pp.1593-1594、2000.
- 6)建設省大臣官房技術調査室監修：発生土利用促進のための改良工法マニュアル、（財）土木研究センター、p130、1997
- 7)（社）セメント協会：セメント系固化材による地盤改良マニュアル（第3版）、2003.
- 8)（社）日本道路協会：道路土工 のり面工・斜面安定工指針、1999.

## RIVER LEVEE REINFORCEMENTS AGAINST EROSION (2)

**Abstract** : This research focuses on a river levee reinforcement using the short-fiber mixed stabilized soil using as covered soil against erosion. The soil consists of soil, short-fiber and cement stabilized agent, and has durability against erosion. A large scale experiment has been carried out to examine its performance against erosion. The result shows that the soil has applicability to use as the reinforcement. However, it still has several issues to solve, such as vegetation, flexibility against the settlement of river levees, air permeability and maintenance work.

**Key words** : river levee, erosion, seepage, model test