

2.5 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）

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：佐々木哲也、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、短繊維混合補強土による被覆工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。昨年度までの検討により、短繊維混合補強土を用いて堤防のり面を被覆した場合、一定の条件下において流水外力に対して耐侵食機能が確認された。21年度は、短繊維混合補強土による被覆工を実際の堤防に導入する際に課題となる耐侵食機能の持続性、植生に対する適応性について実験的検討を行った。その結果、被覆工は時間の経過とともに凍結・融解等により表層10mm程度がゆるんだものの約1年後については耐侵食性が維持されていたこと、植生については貧配合のセメントの影響は受けなかったものの生育密度が初期の播植条件に依存することなどがわかった。

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侵食破堤があるが、これは、降雨や越水による侵食作用により発生することがある。本研究では、短繊維混合補強土（以下、「短繊維混合土」という）による被覆工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。

昨年度までの検討から、短繊維混合土を用いた堤防裏のり被覆工を用いることにより、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耐侵食機能の向上が確認された。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機能について、植生に対する適応性や維持管理、変形追従性、対策周辺堤防とのなじみ等の課題も抽出された。それらの課題の中から、今年度は、耐侵食機能の持続性、植生に対する適応性について、侵食実験等による検討を行った。

2. 耐侵食機能の持続性の検討

2. 1 検討方法

昨年度の水理模型実験に使用した実物大堤防模型から、短繊維混合土被覆工の土塊を切り出して長さ 3m、幅 0.3m、高さ 0.3m の鋼製土槽に設置し、侵食実験用の供試体を作製した。短繊維混合土被覆工の条件は、土質材料（山砂：碎石＝7:3）に対して重量比 0.2%の短繊維と、重量比 2%のセメントを混合し、締固め度約 90%になるよう転圧したものである。侵食実験に用いた二次元の管流水路を図－1 に示す。水路の通水断面は、0.3m×0.3m の矩形で、平均流速 7m/s ま

での流水を供試体に作用させることができる。実物大堤防模型の水理模型実験では、堤防高さ 3m、のり面勾配 1:3、越流水深 30cm の条件で、流水表面の流速が約 4.5m/s であった。今回の侵食実験では、平均流速 7m/s まで短繊維混合土被覆工の耐侵食機能を確認(ケース1)した上で、茨城県つくば市の屋外の実際の気象条件で曝露し、約1年後に再度耐侵食機能を調査(ケース2)した。

侵食実験は、1 時間毎に平均流速を 2m/s から 7m/s まで段階的に上げて実施した。目視により侵食が確認された場合は、流水をいったん止めて侵食量を測定した。また、侵食実験の前後には、供試体表面の固さを確認するため、土壌硬度の測定を行った。



写真－1 侵食実験の供試体



写真-1 侵食実験の供試体

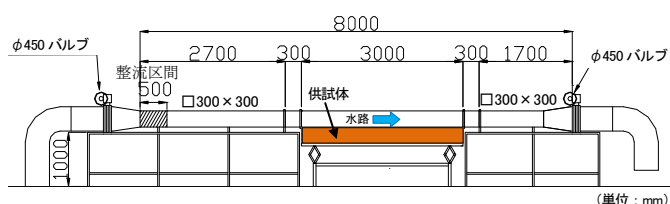
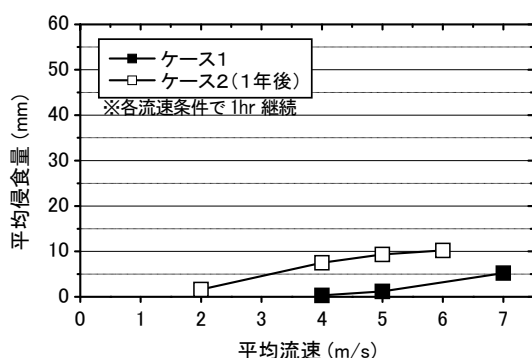


図-1 侵食実験に用いた管流水路

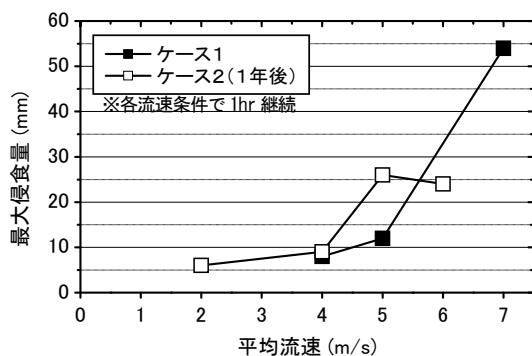
2.2 検討結果

平均流速と供試体の平均侵食量との関係を図－２に、最大侵食量との関係を図－３にそれぞれ示す。また、侵食量のコンターを図－４に示す。ケース２の供試体は、屋外のヤードに埋設して曝露していたため、表層は乾湿繰り返しと冬季の凍結・融解を経験している。供試体表層には、そうした気象の影響と考えられる厚さ 10mm 程度のゆるみ層が形成されていた。ケース２のゆるみ層は流速 2m/s の条件の下、５分程度で流出した。このゆるみ層は、気象に対する余裕しろと見なし、図－２、図－３におけるケース２の侵食量は、ゆるみ層が流出した直後をゼロとして整理した。

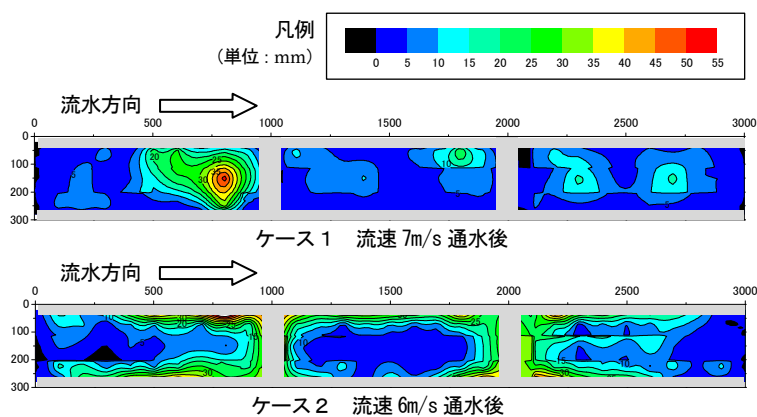
一般的な粘性土の場合、ある流速以上になると侵食量が急激に増大することが知られている¹⁾。図－２よ



図－２ 流速と平均侵食量の関係



図－３ 流速と最大侵食量の関係



図－４ 侵食量コンター

り、ケース１では流速 7m/s まで平均侵食量の急増は見られなかった。一方で、図－３に示すケース１の最大侵食量は流速 5m/s を境に増加しており、実験時の観察と図－４の侵食量コンターによると、流速 6m/s 程度から供試体の上流 1 箇所まで床掘れが発生したことがわかった。流速 7m/s 後の床掘れの深さは、約 55mm であり、被覆工の初期厚さ 300mm に対して 18%程度侵食されたことになる。土のみの供試体と異なり、侵食量の増加時点から短時間で全体流出へと至る現象は見られなかったものの、部分的な床掘れの防止も考慮すると、今回の材料・密度条件の短繊維混合土被覆工では、床掘れが発生する限界の流速は 5～6m/s 程度だった。

図－２より、ケース２ではケース１と同様に、流速条件を上げて平均侵食量の急増は見られなかった。外力条件を 6m/s までとしたのは、実験水路に不具合が生じたためであり、供試体は残存している状況であった。また、最大侵食量は流速 5m/s の段階で増加したものの、その後の流速 6m/s では進行しなかった。流速 6m/s 後の最大侵食量の大きさは、約 25mm であり、被覆工の初期厚さ 300mm に対して 8%程度侵食された。ケース２では、表層の軟下層は流速 2m/s に耐えられなかったものの、その下の層はケース１と同程度の流速 5～6 m/s にまで耐えた。

以上の結果から、今回検討対象としている短繊維混合土被覆工の条件では、時間の経過とともに凍結・融解等により表層 10mm 程度がゆるむものの、約 1 年後については流速 5～6m/s まで床掘れが発生しない程度の耐侵食性が維持された。

3. 植生に対する適応性の検討

3.1 検討方法

短繊維混合土被覆工の植生に対する適応性を調査するため、表－１に示す条件で、約 1 年間にわたり植生の生育状況を観察した。ケース 1-1～1-3 は、昨年度の水力模型実験で使用した堤防模型から切り出した供試体（短繊維混合比 0.2%、セメント混合比 2%の混合土）であり、2.の侵食実験で用いたものと同じ条件である。一方、ケース 2-1～2-3 の供試体は、植生試験の場所に型枠を設置し、短繊維のみを 0.2%混合した土質材料で突き固めて作製した。各供試体の大きさは、長さ 1m、幅 0.5m である。植生の種類について、種子散布および張芝としては河川堤防に一般的に使用される野芝を採用した。種子散布は、ケース 1-2 と 2-2 の計 1m²の面積に 50g の種子を均等に蒔き、風による散乱を防ぐ程度の覆土を施した。

表－１ 植生試験の条件

ケース	短繊維 混合比※	セメント 混合比※	植生条件
1-1	0.2%	2%	裸地
1-2			種子散布
1-3			張芝
2-1		0%	裸地
2-2			種子散布
2-3			張芝
※混合比は、土に対する重量比 ・締固め度は、いずれのケースも 90%			

3. 2 検討結果

各ケースの植生の生育状況を写真－２に示す。観察を始めてから１年後、種子散布と張芝のケースについては、いずれも芝の根付きが確認された。しかしながら、種子散布の１-２と２-２については植生の密度が低い結果となった。裸地のケース１-１と２-１については、芝以外の植生がごくまばらに根付いた状態であった。セメントを混合しているケース１-１～１-３については、pH の測定も行った。初期の供試体上部の pH は 9.1（24℃）であったのに対し、１年後は 8.4（19℃）、であり、依然としてアルカリ性ではあるものの中性（pH=7）に近づいた。

植生前の供試体の土壌硬度指数は、ケース１-１～１-３で平均 31.9mm、ケース２-１～２-３で平均 30.9mm でセメントの有無に関係なくほぼ同じ固さであった。土壌硬度は植生基盤としての適応性の目安を示すもので、道路土工指針²⁾によると硬度指数 30mm 以下であれば植物の根系の伸長は可能とされている。２の侵食実験については、表－２に示すとおり実験前後の土壌硬度を測定した。ケース２では硬度指数が低く、表層のゆるみ層があることで植生が根付きやすい状態にあった。

以上の結果から、今回検討対象としている短繊維混合土被覆工の条件ではセメントの影響は見られず、初

期の播植を適切に行うことで植生に対する適用性は確保された。

表－２ 侵食実験供試体の土壌硬度の測定結果

	ケース１		ケース２	
	実験前	実験後	実験前	実験後
平均硬度 指数(mm)	27.2	25.4	14.7 (※)	26.5

※ゆるみの影響

4. まとめ

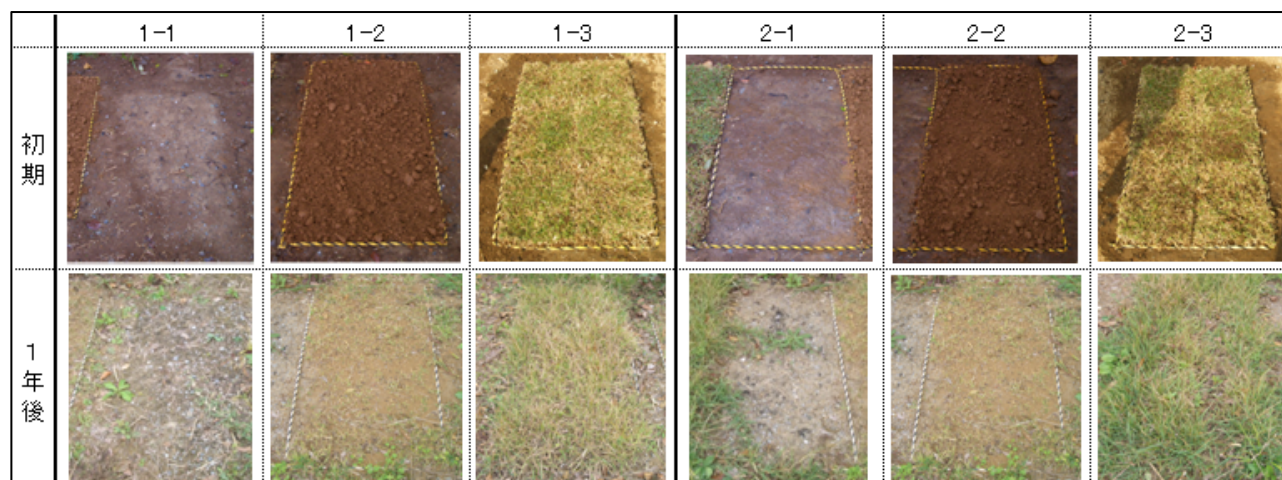
短繊維混合土を用いた堤防裏のり被覆工の耐侵食機能の持続性、植生に対する適応性について調査した。約１年間屋外の気象条件で曝露したところ、被覆工は凍結・融解等により表層から深さ約 10mm ゆるんだものの、ゆるんだ部分より深い層は流速約 5～6m/s まで床掘れが発生しない程度の耐侵食性を保持した。実際の堤防に適用する際には、このような気象の影響を考慮することが必要である。

また、植生については、今回の被覆工の条件ではセメントの影響は見られず、初期の播植の条件に応じて生育した。実際の堤防に適用する場合は、個々の現場に求められる生育速度に応じて、初期の播植を適切に行うことにより植生は確保することができる。

短繊維混合土被覆工を実際の河川堤防に導入する場合には、圧密沈下等に対する変形追随性や、対策周辺堤防とのなじみ等が引き続きの課題として挙げられる。

参考文献

- 建設省土木研究所河川研究室：洪水流を受けた時の多自然型河岸防御工・粘性土・植生の挙動―流水に対する安定性・耐侵食性を判断するために―、土木研究所資料第 3489 号、1997.
- 社団法人日本道路協会：道路土工 一のり面工・斜面安定工指針、1999.



写真－２ 植生の生育状況

RIVER LEVEE REINFORCEMENTS AGAINST EROSION (2)

Budget : Grants for operating expenses
General account

Research Period : FY2006-2010

Research Team : Material and Geotechnical
Engineering Research
Group (Soil Mechanics and
Dynamics)

Author : SASAKI Tetsuya
MORI Hirotoshi
SAITO Yukiko

Abstract : This research focuses on a countermeasure for erosion by using the short-fiber mixed stabilized soil. The short-fiber mixed stabilized soil consists of soil, short-fiber and stabilizing agent. The experiments for durability and vegetation of the soil were carried out in this study. The durability experiment used the specimen under the exposure for a year to the outside in Tsukuba, Japan. The result showed that the specimen maintained the durability against the erosion in the high speed current channel, although the outer layer of the soil for the thickness of 10mm deteriorates mainly by the cycle of dry – wet condition and freezing – thawing. The wild grass was planted on the soil for the vegetation experiment. The growth of the grass on the short-fiber mixed stabilized soil was equivalent to that of the ordinary soil.

Key words : river levee, erosion, countermeasure, short fiber, short-fiber mixed stabilized soil