

## 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（治水勘定）

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）

研究担当者：小橋秀俊、古本一司、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破堤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。越水による破堤現象は、浸透作用や越水作用等により発生することがあるが、本研究では、現在質的整備として実施されている裏のりの浸透対策の耐侵食機能への影響を把握することを目的として検討を行っている。19年度は、短繊維混合補強土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。

キーワード：河川堤防、破堤、侵食、浸透対策、模型実験

### 1. はじめに

河川堤防の破堤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ところであり、本研究では、裏のりの浸透対策の耐侵食機能への影響を把握することを目的とする。

19年度は、短繊維混合補強土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。

### 2. 検討方法

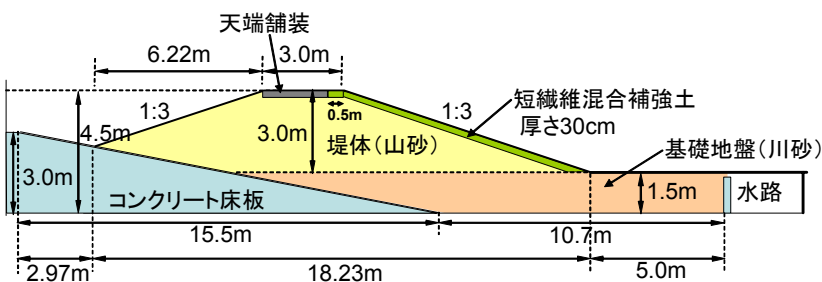
#### 2. 1 堤防裏のり面被覆材に必要とされる性能の検討

堤防裏のり面被覆は、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、短繊維混合補強土の耐侵食機能向上効果を検討する前提として、堤防裏のり面被覆に求められる性能を整理した。

#### 2. 2 短繊維混合補強土を用いた対策の検討

短繊維混合補強土は、土にポリエステル等の繊維を混ぜて土の強度増加を図るものである。短繊維混合補強土を裏のり面に被覆することにより、耐浸透機能が

向上（せん断力の増加）<sup>1)</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>2)</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、**3. 1**で整理した性能の確認ならびに堤防裏のり面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。基礎地盤には川砂を、堤体には茨城県内で採取した山砂を使用した。基礎地盤と堤体は、締固め層厚 30cm で作製し、天端には碎石とアスファルトで舗装を敷設した。つづいて、裏のり肩、裏のり面の順に、写真－1のとおり吹きつけ工法により、短繊維混合補強土を施工した。短繊維混合補強土は、堤体と同じ土と、土に対する重量比 0.1%の短繊維、5%のセメント、水等を混合したものである。



図－1 実験模型断面



写真－1 堤防裏のり面被覆の施工状況

実験では、堤防天端－20cm の湛水位を与えて、耐浸透機能を確認した後、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。

3. 検討結果

3.1 堤防裏のり面被覆材に必要とされる性能の検討

河川土工マニュアル（案）等を参考に、堤体材料として堤防裏のり面被覆に求められる性能と、今回実施した検討項目を表－1 に整理した。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>3)</sup> を目標値に設定した。透水性については、堤体と裏のり面被覆の透水係数の大きさを比較し、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。また通常、堤防ののり面には芝等の植生を施すことから、のり面は植物の根の伸長を妨げない程度の土壌硬度であることが望ましい。ここでは、道路土工指針<sup>4)</sup> を参考に、硬度指数 30mm 以下を目標に定めた。また、今回の短繊維混合土は、堤体土とのなじみや堤体の変形に追随する屈とう性が求められる。これらは、浸透実験や水理模型実験の際に、目視で確認した。さらに、堤防ののり面は、降雨によるガリ侵食に強いことが必要である。今回は、水理模型実験で越流作用による流水の抵抗性を調査するため、その検討をもって耐侵食性を評価することとした。その際、裏のり面被覆下に越流作用による流水が浸透し、堤体との境界を侵食する吸い出し現象の有無も確認することとした。

表－1 堤防裏のり面被覆材に求められる性能

| 求められる性能                     | 実施項目           |
|-----------------------------|----------------|
| 1) せん断強度が大で、すべりに対する安定性があること | 一軸圧縮試験         |
| 2) 既設堤体より透水性のやや大きい材料であること   | 透水試験<br>浸透実験   |
| 3) 植生が可能な硬さであること            | 土壌硬度測定         |
| 4) 堤体とのなじみが良く、変形追随性があること    | 浸透実験<br>水理模型実験 |
| 5) 降雨に対して耐侵食性があること          | 水理模型実験         |

3.2 短繊維混合補強土を用いた対策の検討

3.2.1 せん断強度に関する検討

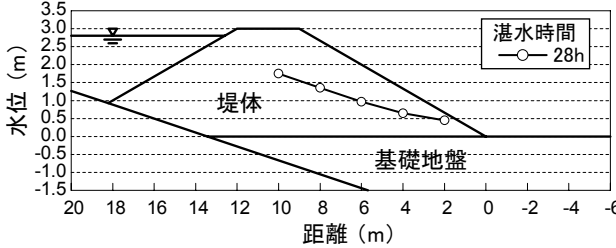
実験堤防の裏のり面に短繊維混合補強土を施工した後 28 日経過時点で、供試体を採取し、一軸圧縮試験を実施した。一軸圧縮強度は、3 供試体の平均で 647 kN/m<sup>2</sup> であり、目標としていた 100～300kN/m<sup>2</sup> の 2

倍程度の大きさであった。短繊維混合補強土を裏のり面に施工することにより、覆土のせん断強度が向上し水の浸透によるすべり破壊に対する耐力が向上した。

3.2.2 透水性に関する検討

堤防天端－20cm の湛水位を与えて実施した浸透実験の結果、図－2 の堤体内水位が得られた。湛水開始後 28 時間程度で、堤体内水位は定常に達し、裏のり面が湿潤している様子が目視で確認された。今回の実験条件では、堤防裏のりがはらみ出す様子は見られなかったことから、堤体内の空気や浸透水の排出を短繊維混合補強土が阻害する現象は生じなかったと考えられる。

水理模型実験後に、模型堤防の裏のり面に被覆していた短繊維混合補強土を採取し、吹きつけ施工から 60 日後に透水試験を行った。その結果、透水係数は 2.3E-5cm/s であり、堤体土の透水係数 8.1E-4cm/s (ただし、D=90%) より、1 オーダー低い値となった。堤体の土質条件や外力条件によっては、排水を阻害し、堤体内水位が上昇する可能性が考えられる。今後、セメント等の混合条件を改善するか、もしくはドレーン工法等の他の浸透対策と併用することを検討する必要がある。



図－2 堤体内水位の測定結果

3.2.3 植生に対する適用性の検討

実験堤防の裏のり面に短繊維混合土を施工した後、のり面の 9 箇所において、土壌硬度を測定した。その結果を表－2 に示す。施工後に徐々にのり面の硬さが増しているが、概ね目標としていた硬度指数 30mm 程度以下を満足した。したがって、今回の混合条件では、植生に対する適用性は確保できたものと考えられる。

表－2 土壌硬度の測定結果

| 施工後の経過日数 | 平均硬度指数 (mm) | 平均支持力強度* (kN/m <sup>2</sup> ) |
|----------|-------------|-------------------------------|
| 1 日後     | 20.8        | 831                           |
| 3 日後     | 24.2        | 1489                          |
| 7 日後     | 26.2        | 1919                          |
| 8 日後     | 28.3        | 2887                          |
| 14 日後    | 26.7        | 2415                          |

※支持力強度は、硬度指数から推定

### 3.2.4 変形追随性に関する検討

水理模型実験時に堤防裏のり面の短繊維混合土の下  
の堤体土が吸い出され、空洞が形成されている様子が  
確認された（写真－2）。短繊維混合土が硬く自立して  
しまったため、堤体の変形に追随することができなかつ  
たと考えられる。このように、今回の実験条件では、  
強度がやや大きかったこともあり、裏のり面被覆の屈  
とう性に課題があることが明らかになったため、今後、  
セメント等の混合条件をさらに検討する必要があると  
考えられる。



写真－2 堤防裏のり面被覆下の空洞

### 3.2.5 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。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。越流時間  
と侵食量の一覧を表－3に、実験ステップ1，4，5  
後における裏のり面の状況を、写真－3にそれぞれ示  
す。越流水深は、いずれも30cmである。

表－3 侵食量の時間変化

| 実験<br>ステップ | 越流時間<br>(min) | 累積越流時間<br>(min) | 侵食量 (m³) |      |
|------------|---------------|-----------------|----------|------|
|            |               |                 | 裏のり面     | 基礎地盤 |
| 1          | 30            | 30              | 0.8      | 5.5  |
| 2          | 30            | 60              | 観察のみ     |      |
| 3          | 30            | 90              | 観察のみ     |      |
| 4※         | 30            | 120             | 4.2      | 4.4  |
| 5          | 10            | 130             | 観察のみ     |      |
| 6          | 3             | 133             | 破堤       |      |

※ステップ4の後に、裏のり尻をセメント混合土で補修



ステップ1 (30min)



ステップ4 (120min)



ステップ5 (130min)

写真－3 水理模型実験における侵食状況

侵食は、裏のり尻付近の基礎地盤から徐々に進行し、  
短繊維混合補強土の下  
の堤体土が十分流出した段階で、  
短繊維混合補強土がいくつかの土塊となって崩落し、  
結果として破堤に至った。実験直後に土塊を割って観  
察したところ、内部は不飽和状態であったことから、  
短繊維混合補強土内を流水が通過し、下の堤体土を吸  
い出す現象は生じなかったと考えられる。また、破堤  
に至るまでの総越流量は、約2,500m³（単位幅あたり）  
であり、過去の土堤の実験（堤防高さ2.5m、2割勾  
配、粘性土）では総越流量468 m³に達すると破堤し  
た<sup>5)</sup>ことから、短繊維混合補強土を被覆した裏のり面  
の耐侵食機能は土堤に比べ大きいと考えられる。

## 4. まとめ

短繊維混合補強土を用いた浸透対策の耐侵食機能向  
上効果について調査した結果、つぎのことが明らかにな  
った。

- ・堤防裏のり面被覆に求められる性能として、透水性、  
変形追随性、耐侵食性等が挙げられる。
- ・今回用いた短繊維混合補強土は、透水性と変形追随  
性が不足していることが明らかになった。
- ・今回の実験条件で、堤防裏のり面を短繊維混合土で  
被覆した場合、過去の土堤の実験よりは、越流作用  
に対する耐侵食性が大きいことが確認された。

今後の課題としては、透水性等の不足している性能  
の向上や、他の浸透対策との併用の検討、短繊維混合  
土の長期耐久性の確認等が挙げられる。

## 参考文献

- 1) 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.
- 2) 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
- 3) （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.
- 4) （社）日本道路協会：道路土工 ーのり面工・斜面安定工  
指針，1999.
- 5) 須賀ら：越水堤防調査最終報告書ー解説編ー，土木研究所  
資料，第2074号，1984. など

## TO IMPROVE LEVEE STRENGTHENING MEASURES AGAINST EROSION DUE TO OVERFLOW OF RIVER WATER (2)

**Abstract** : In recent years, there are concern that the increasing in the levee break damage by the excess flood and the flood below the plan scale on the maintenance way. And the improvement in the degree of flood control safe by qualitative strengthening of a levee serves as pressing need. In this research we investigated the effect of the short-fiber reinforced soil method.

**Key words** : levee, levee break, erosion, strengthening measures, model test