

## 第3章 実験概要

### 3.1 天端保護工

#### (1) 実験の目的と装置・方法

##### ・実物水路実験

天端保護工の実物を大型実験水路内に設置し、1) ひさし形成による天端欠損の進行を遅らせる効果に関する観察、2) 天端保護工が折損する長さの計測、および 3) 天端が全幅にわたり崩壊し、決壊に至るまでのプロセスと機構について調べることが目的とした実験である。

幅 2m、高さ 1.5m の水路内に、厚さ 0.4m の基礎地盤(珪砂 4 号:  $d_{60}=0.8\text{mm}$ )を敷設し、この上に天端幅 3m、高さ 0.7m の堤体模型(砂質混じりシルト)を盛土した。その天端に、構造検討諸元に準じて天端保護工を設置した。この実験装置に、越流水深を段階的に変えて通水し、上記 1)~3)について観察・測定を行った(写真-1 参照)。

##### ・ひさし保持強度試験

天端保護工の表層(アスファルト)の実物を試験片として、ひさしの折損が生じる長さを測定し、その結果から曲げ強度を把握することを目的とした実験である。曲げ強度を用いて、種々の越流水深の下で形成されるひさしの限界長さを推算する。さらに、ひさし限界長さと決壊に至るプロセス・機構に基づいて、崩壊発生の引き金となる変状が生じる天端幅についても概算する。

幅 0.5m、長さ 2m のアスファルト試験片を作成し、水平な台上からアスファルト試験片端部を 10cm ずつ段階的に空中に押し出して片持ち梁とすることでひさし形成を模擬した。各段階で 10 分間維持した後に押し出すことを繰り返し、折損したアスファルト長さ(以下、限界ひさし長と呼ぶ)の測定を行った。(写真-2 参照)



写真-1 天端保護工の実物水路工



写真-2 ひさし保持強度試験

## (2) 実験ケース

### ・実物水路実験

実験ケースを表-1に示す。ケースⅠは、構造検討諸元に基づく天端保護工の構造である（基本ケース）。ケースⅡは、アスファルト材を再生密粒度から改質Ⅰ型に変更したものである。両ケースはアスファルトの曲げ強度が異なるが、それらに共通するひさし形成による天端欠損の進行を遅らせる効果と決壊に至るプロセス・機構について実験観察等から整理を行った(4.1(1), (3)参照)。さらに決壊に至る引き金となる天端保護工の持ち上がりについて、上述の実験観察結果に保護工の転動に対する安定解析結果を加味して、その発生条件について考察を加えた(4.1(4)参照)。

ケースⅢは、端部でアスファルトを複数層重ねて施工した天端保護工である。このケースは、できるだけ天端保護工の設置幅を大きくすることで、進行を遅らせる効果を高めることを意図したものであり、その有効性について検討した(4.1(5)参照)。

表-1 天端保護工の実物水路実験ケース

ケース名	アスファルト	路盤材	保護工の構造	備考
Ⅰ	再生密粒度	RC-40	図-9a)	構造検討諸元に準ずる
Ⅱ	改質Ⅰ型			
Ⅲ	再生密粒度		図-9b)	多層積みによる幅増加

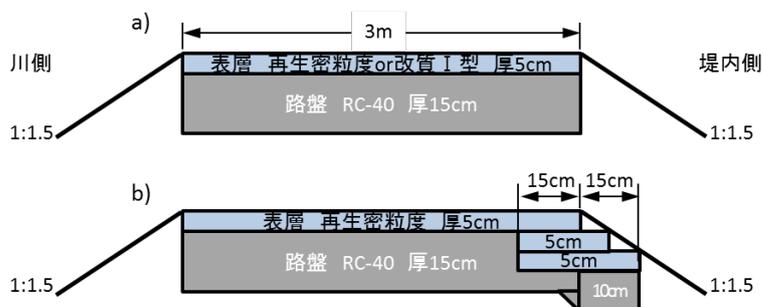


図-9 実物水路実験における天端保護工の構造

### ・ひさし保持強度試験

試験ケースを表-2に示す。ケースⅠは、構造検討諸元に基づく天端保護工表層である。このケースを基本として、ケースⅡはアスファルト材を改質Ⅰ型に変更したものである。これらの比較から材質による曲げ強度および限界ひさし長の差異について検討を加えた(4.1(2)参照)。

なお、アスファルトは常温では粘弾性体に区分され、温度によって強度が変わる性質があることが知られている。この知見を踏まえて、同一ケースに

ついてアスファルトの温度が異なる複数回の試験を行い、上記の検討に加味することとした。

表-2 ひさし保持強度試験ケース

ケース名	アスファルト	層厚	実験時の表面温度
I	再生密粒度	5cm	6.0°C (4.5~7.5)
			9.1°C (8.2~10.1)
			17.1°C (16.5~17.3)
II	改質 I 型	5cm	9.2°C (8.9~9.4)
			13.5°C (13.4~13.5)

## 3.2 のり尻補強工

### (1) 実験の目的と装置・方法

#### ・縮尺模型実験

平場なしののり尻補強工を対象として、基礎工・様々な形状を模擬したのり覆工(コンクリートブロック)の縮尺 1/2 模型を水路に設置し、基礎工の水はねとのり覆工の粗度により洗掘抑制効果(図-5a参照)が発揮されること、その効果に与えるブロックの粗度高さの影響について把握することを目的とした実験である。洗掘抑制効果は、同様に実験を行った対策なしでの洗掘深との比較として評価している。

幅 0.9m, 高さ 1m の水路内に、厚さ 0.35m の基礎地盤(珪砂 4 号:  $d_{60}=0.8\text{mm}$ )を敷設し、この上に天端幅 0.2m, 高さ 0.5m, のり勾配 1:1.5 の堤体模型(のり面はベニヤ板)を作成した。また、基礎工は構造検討諸元に準じてベニヤ板で作成し、その下部まで洗掘が及んでも変位しないように固定した(対策なしでは取り外した)。のり面に様々な形状の粗度要素を配置・固定することで、のり覆工の模型を作成した(写真-3 参照)。この実験装置に、越流水深を段階的に変えて 10 分間通水し、地盤の洗掘形状の測定と流況の観察などを行った。洗掘形状は、水路中央とその左右の 3 測線で測定し、のり尻(基礎工)を基点とした最大洗掘深の縦断分布として表す。

なお、のり勾配 1:1.5 は、のり尻補強工の設置対象候補として挙げられた全国の堤防区間ののり勾配最大値から設定したものである。

#### ・実大水路実験

のり尻補強工の実物を大型実験水路内に設置し、1) 越流を受けたのり覆工(コンクリートブロック)・基礎工・平場覆工の安定性、および縮尺模型実験と同じく 2) 洗掘抑制効果に与えるブロックの粗度高さの影響、3) 堤脚水路の有無による洗掘深の変化について把握することを目的とした実験である(2), 3)は平場なしのみを対象)。

幅 2.3m, 高さ 3m の水路内に厚さ 1m の基礎地盤(珪砂 4 号:  $d_{60}=0.8\text{mm}$ )を敷設し、この上に天端幅 2m, 高さ 2m, のり勾配 1:1.5 の堤体模型を作成した。堤体模型の表面はモルタルで固めた。ただしブロック設置範囲は、現場と同様にブロック下部に碎石層・堤体土を設置できる凹みを設ける模型構造とした。この範囲に、実際の施工を模擬して実物のブロックを設置した。また基礎工は、1)の実験では構造検討諸元で作成したコンクリート製の基礎工を実際の施工を模擬して設置し、2), 3)の実験では縮尺模型実験と同様に設置した(写真-4 参照)。この実験装置に、越流水深を段階的に変えて 10 分間通水\*)し、地盤の洗掘形状の測定と流況観察、のり尻補強工の挙動観察など

を行った。

なお、洗掘形状の測定・整理は、縮尺模型実験と同様な方法で行った。

\*) 予備実験において5分と10分通水での洗掘形状の比較を行い、大きな差がないことを確認している。なお、越流量（越流水深）が大きく水路床が露出するなど洗掘の進行が早い場合には5分通水とした。



写真-3 のり尻補強工の縮尺模型実験



写真-4 のり尻補強工の実大水路実験

## (2) 実験ケース

### ・平場なし

実験ケースを表-3に示す。縮尺模型・実大水理実験ともに、のり覆工（ブロック）（敷設幅 2m）、基礎工（幅・高さ 50cm、上面幅 30cm、根入 30cm）の諸元は、構造検討諸元に準じた設定とした。

実大水路「矩形実物」と「対策なし」の洗掘状況の比較から、のり尻近傍の洗掘を抑制する効果が発揮されることを確認するとともに、補強工上の流況や補強工の破壊状況について実験観察等から整理を行った（4.2.1(1)参照）。

次に、縮尺模型「対策なし」「平板（基礎工あり・なし）」「棒形模型」ケースの比較から、基礎工の水はねとのり覆工の粗度のそれぞれが発揮する洗掘抑制効果を比較し、その特徴について検討を加えた（4.2.1(2)参照）。

この検討をさらに深めるべく、縮尺模型・実大のブロック設置のケースの比較から、粗度配置・高さによる洗掘抑制効果の差異について調べるとともに、ブロック上の流況と基礎工の水はねとの関わりの観点から効果を高める上での粗度の配置・高さの留意事項について考察を加えた（4.2.1(3)、(4)参照）。

さらに実大のブロック設置ケースについては、流水・洗掘に対するのり覆工（ブロック）の安定性について検討するとともに、堤脚水路（外寸高さ 52cm・幅 56cm（上部）、内寸高さ 46cm・幅 44cm（開口部））の設置の有無による洗掘状況の差異と追加的措置の必要性について検討した（4.2.1(5)、(6)参照）。

### ・平場あり

実験ケースを表-4に示す。今回の実験では、基礎工を設けずに接続ブロックをのり面から平場にかけて一体的に敷設する補強構造を対象とした。のり覆工・平場覆工（接続ブロック）の敷設幅の諸元（2m および 1.5m）は、構造検討諸元に準じた設定とした。

「対策なし」「棒形実大」ケースの比較から、平場覆工の水叩き・根固の機能により洗掘抑制効果が発揮されることを確認するとともに、補強工上の流況や平場覆工の変位・流失状況について実験観察等から整理を行った（4.2.2(1)参照）。

さらに、平場ブロックの安定性とその向上のための配慮について検討した（4.2.2(2)参照）。なお、のり覆工の安定性については平場なしと合わせて検討した（4.2.1(5)参照）。

表-3 平場なしの実験ケース（表中の値は実スケール換算値：縮尺模型実験）

実験の種類	ケース名	のり面の粗度状況	粗度要素高さ	基礎工
縮尺模型 (写真-3)	対策なし	植生を模擬した多孔質シート (n=0.05程度)	—	非設置
	平板 (基礎工なし)	ベニヤ板	—	
	平板 (基礎工あり)	ベニヤ板	—	
	菱形模型	菱形粗度の千鳥配置ブロック	80, 120mm	構造検討諸元で作成・固定
	矩形模型	矩形粗度の千鳥配置ブロック	50, 100, 200mm	
	棒形模型	棒形粗度を一定間隔で配置したブロック	50, 100mm	
	階段模型	階段形ブロック	300mm	
実大 (写真-4)	対策なし	植生を模擬した多孔質シート (n=0.05程度)	—	非設置
	菱形実物*	菱形粗度の千鳥配置ブロック (菱形模型より密な配置)	80mm	構造検討諸元で作成・固定
	矩形実物	矩形粗度の千鳥配置ブロック	100mm	構造検討諸元で作成, 実施工を模擬して設置

\* ) のり尻近傍に堤脚水路を設置した実験ケースも実施した ( (5) 参照)

表-4 平場ありの実験ケース

実験の種類	ケース名	のり面の粗度状況	粗度要素高さ	備考
実大	対策なし	表-3 と同一の実験ケース (再掲)		
	棒形実物 (写真-4)	ブロックの中央部を窪ませて周縁が棒形の高まりとなった形状	50mm	のり面と平場を一体的に被覆する接続ブロック (基礎工なし)

### 3.3 斜め小口止め

#### (1) 実験の目的

のり覆工（ブロック）端部を垂直から斜めにする工夫で、2.2(3)で述べたように端部近傍での局所洗掘の進行を抑制する効果（侵食弱点箇所を補強する効果）が得られるか確認することを目的として、ブロック端部を抽出した移動床水路模型実験を実施した（写真-5 参照）。



写真-5 ブロック端部を抽出した移動床水路模型実験

#### (2) 実験装置・ケース

幅 12.5cm, 高さ 30cm の水路内に、厚さ 10cm で砂（珪砂 6 号：粒径 0.2～0.4mm）を敷設し、その砂面下に多孔質シートを埋設した。写真 5 に見られる黒色の多孔質シートは、植物が根・地下茎によって発揮する耐侵食力と同一の機構でのり面を模擬した砂面を保護することができる材料である<sup>5)</sup>。これを植物の模型と見立てて、ブロック端部を通常と同じく垂直に立てた場合（対策なし）と斜め小口止めを模擬して斜めにした場合（対策あり）に同一の流量（単位幅流量  $0.019\text{m}^3/\text{s}\cdot\text{m}$ 、越流水深 5cm 程度に相当）で通水し、端部周辺の洗掘状況について観察した（4.3 参照）。