

# 移動床水理実験による落差工護床ブロックの安定性評価に関する研究

水圏防災工学研究室  
指導教員

小田島 寛通  
細山田 得三

## 1. 序論

落差工は床止め的一种であり、河床を安定させ、河川の縦断・横断形状を維持することを目的として設置される河川横断構造物である<sup>1)</sup>。落差工の下流部において河床低下が発生すると、落差工上下流の水位差増大による浸透流の影響や、護床工上の流速増大によって生じる強い負圧や土砂の吸出し、掃流力の増加が発生する。この結果、護床ブロックの変位が促進し、護床ブロックのみならず落差工本体が滑動・流出し、崩壊へ至る危険性が高まる。そのため、護床ブロック等の構造物に作用する外力を評価し、崩壊に至るメカニズムを解明することは、安全性の確保の点から重要である。

本研究では、落差工における護床ブロックの安定性評価を目的とし、水叩きを有するコンクリート構造の落差工を対象に分厚い地盤層を有する移動床の水理模型実験を行った。安定性評価の指標として、護床ブロックに河床から作用する圧力に着目し、種々の条件でどのような圧力変化が発生するのか検討を行った。また、地盤内の間隙水圧や、水面形・河床形状の変化についても観測を行い、それらの要素が護床ブ

ロックにもたらす影響や、護床ブロックの変位・流出プロセスについて検討を行った。

## 2. 実験概要

実験は大別して流量規模を変化させた条件、落差工下流側河床を低下させた条件の2種を行った。実験測定項目として、①護床工上の流速②護床ブロックに作用する河床面からの圧力③モデル地盤内部の間隙水圧をそれぞれ時系列的に取得した。また、実験の様子は側面からビデオカメラで撮影し、流況変化や河床形態変化のモニタリングを行った。種々の条件で実験を行うことで、外力変化や流量変化、河床形態・水面形の変化がもたらす護床ブロックへの影響評価と護床ブロックの変位・流出プロセスについて検討を行った。

### 2.1. 実験水路の概要

図-1に実験水路の概略図を示す。実験水路は水路延長10m、水路幅0.37m、水路深さ0.6mである。流水は上流端にあるヘッドタンクから作用させている。水路上流側の5m区間を流水の整流区間とし、下流部の4m区間にはモデル地盤を設置した。

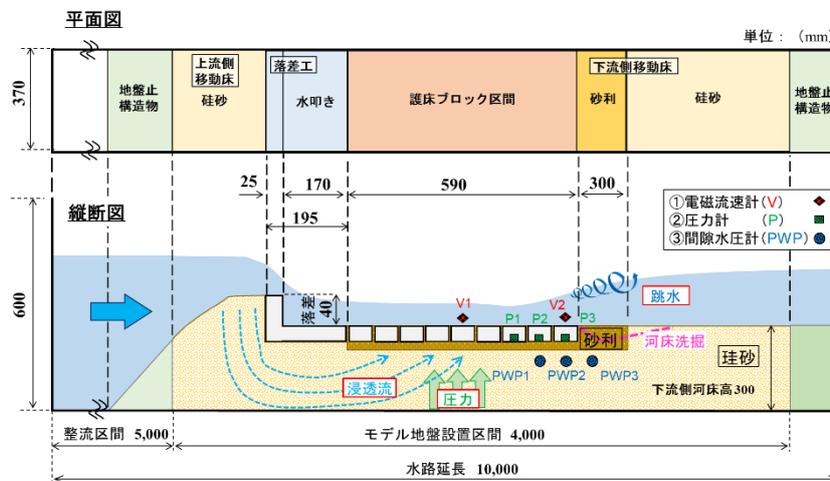


図-1 実験水路の概要

モデル地盤の河床高は 30cm であり、2 種の試料を用いて作成した。河床高 25cm までは「珪砂」を使用し、その上に「砂利」を 5cm 設置することで、河床高 30cm のモデル地盤を作成した。砂利を設置した理由として、珪砂のみでモデル地盤を作成した場合には河床変動が著しく、通水後、構造物が急速に滑動・流出するためである。河床変動を緩慢にし、構造物に作用する外力を観測するために砂利を設置した。

## 2.2. 実験条件

実験はモデル地盤上に落差工と護床ブロックを設置して行った。流水を定常的に作用させ、流速、圧力、間隙水圧の測定を行った。表-1 に実験ケースを示す。

実験ケースIの流量別実験では、水路への流下流量を変化させ、護床ブロックに作用する圧力、護床区間中腹部の流速、護床区間下流部の流速の測定を行った。

実験ケースIIの河床低下実験では、落差工下流側の河床低下量を変化させ、河床低下時の護床工上での流速、護床ブロックに作用する圧力、地盤内の間隙水圧の測定を行った。

## 3. 実験結果

### 3.1. 流量規模別実験

流量規模別実験において、護床工中腹・護床工下流部における流速は流量の増大に応じて増加しており、両者の相関関係が確認できた。また、護床工中腹と下流部では流速の増加具合が異なっており、下流部では流速の増加が緩慢であった。これは、下流部では跳水による減勢により流速の増大が緩慢になったものと推察される。

図-2 はケースI における護床ブロックに作用した各ケースの圧力値の時系列変化を比較したものである。図-2 より、ケース別の圧力値の差異は小さく、流量規模の変化が与える護床ブロックへの影響は小さい事がわかる。

また、ケースI-1, I-3 では通水後、圧力が上昇

表-1 実験ケース

Case No.	実験流量 (L/s)	下流側河床低下量 (cm)	測定項目								
			護床工流速		河床からの圧力			地盤内の間隙水圧			
			V1 中腹	V2 下流部	P1 上流	P2 中流	P3 下流	PWP1 上流	PWP2 中流	PWP3 下流	
I-1	3.15	—	○	○	×	×	○	×	×	×	
I-2	4.47	—	○	○	×	×	○	×	×	×	
I-3	5.63	—	○	○	×	×	○	×	×	×	
II-1	4.47	0	○	×	○	○	○	○	○	○	
II-2	4.47	2	○	×	○	○	○	○	○	○	
II-3	4.47	4	○	×	○	○	○	○	○	○	
II-4	4.47	6	○	×	○	○	○	○	○	○	

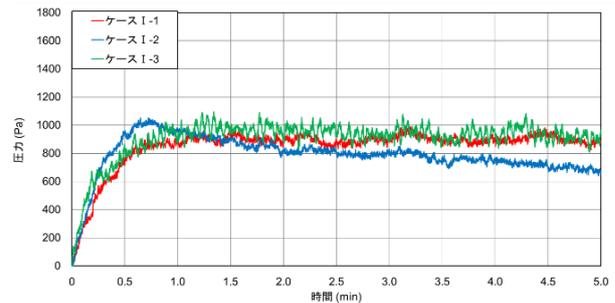


図-2 ケースIの圧力値の時系列変化

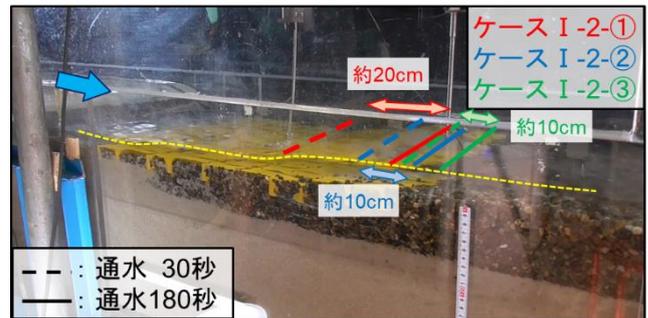


図-3 ケースI-2 繰り返し実験における跳水の遷移距離の比較

し一定範囲内に落ち着くのに対し、ケースI-2では波形に変化が確認できる。各ケースの実験時の流況を比較すると、ケースI-2は他のケースと異なり、跳水位置が下流側へ遷移する距離が大きいことがわかった。そのため、ケースI-2の繰り返し実験を3回行った。その結果、跳水の遷移が大きいケースI-2-①では圧力値の時系列波形に変動が確認でき、他のケースでは顕著な変動が確認できなかった。図-3はケースI-2繰り返し実験における各ケースの跳水の遷移距離を示したものである。図-3より、I-2-①では跳水が大きく遷移していることがわかる。

以上のことから流量規模別実験では、流量変化が護床ブロックに与える影響は小さく、跳水位置の遷移がブロックに影響を与えることが示された。

### 3.2. 河床低下実験

河床低下実験では各ケースにおける顕著な流速変化は確認できなかった。本研究の条件では、実験水路下流端に地盤止構造物が存在するため、河床低下による水位低下が発生しにくい。そのため、河床低下による流積の変動が小さく、顕著な流速変化が発生しなかったのだと推察される。

図-4 は河床低下実験における各ケースの平均圧力・平均間隙水圧の比較である。図-4 より河床低下後のケースにおいて、圧力値・間隙水圧値ともに顕著な増大が確認できる。また、圧力値においては流下方向における縦断的な圧力分布変化が微小であるが、間隙水圧値においては、縦断的な変化が生じており、下流側に向かって高くなる傾向が見られる。

以上のことから、河床低下により圧力値・間隙水圧値は大きく増大し、また、間隙水圧においては縦断的な圧力分布変化があり、下流側に向かって大きくなることが示された。

### 3.3. 護床ブロックの変位・流出過程

護床ブロックの滑動・流出過程について検討を行う。本研究で確認できた滑動・流出発生過程は次のとおりである。

まず、下流側河床が流水によって掃流されることで護床区間と河床の境界部で河床洗掘が発生する。洗掘深が増大すると主流水脈は河床に沿うように潜り込み<sup>2)</sup>、段落ち流れに進展する。この段落ち流れにより、周辺部にあった跳水は洗掘部後端へと遷移し、護床ブロックの基礎地盤が徐々に洗掘されていく(図-5)。この基礎地盤の洗掘が進むことで地盤の崩壊を招き、護床ブロックの変位・流出へとつながる。

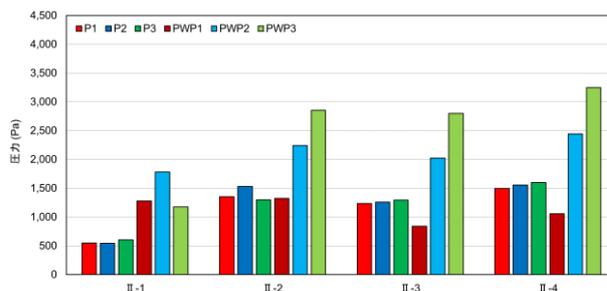


図-4 ケースIIの平均圧力・平均間隙水圧

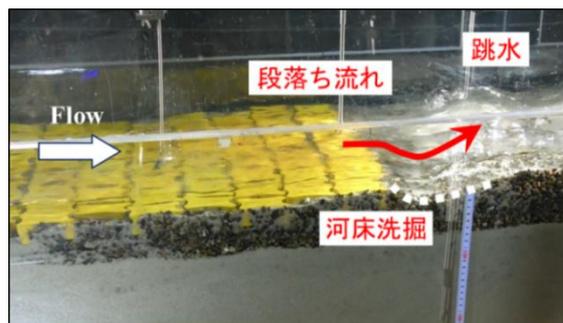


図-5 河床洗掘による段落ち流れの発生と跳水位置の変化

## 4. 結論

本研究では落差工護床ブロックの安定性評価を目的とし、移動床の水理実験を行った。本研究により得られた知見は次の通りである。

- 流量規模の変化が護床ブロックに作用する圧力に与える影響は小さく、跳水位置の遷移は護床ブロックに作用する圧力に影響を与える。
- 河床低下により、護床ブロックに作用する圧力・地盤内の間隙水圧は大きく増大する。また、流下方向における圧力分布変化は、ブロックに作用する圧力値は変化が微小だが、間隙水圧値は下流側に向かって増大する。
- 護床ブロックの滑動・流出過程は、河床洗掘→ブロック支持地盤の崩壊→滑動・流出である。

### 参考文献

- 1) (財)国土開発技術研究センター：床止めの設計手引き，pp.1-4，1998.
- 2) 鈴木幸一，道上正規，川津 幸治：床固め直下流部の流れと局所洗掘について，水理講演会論文集，第26巻，pp.75-80，1982.