

段波による水制周辺の河床変動と変動水圧特性に関する基礎的研究

島根県庁
岡山市役所
岡山大学環境理工学部

正会員
正会員
正会員

○足立 俊明
山縣 正明
前野 詩朗

1. はじめに

水制周辺の局所洗掘の問題は河川計画上重要な問題であり、数多くの研究がなされているが、そのほとんどが一定流量の流れを対象とし、周辺の流れとの関連で説明したものである。しかし、堰などの破壊やダムからの放流に伴う衝撃碎波（段波）を含む流れに対する水制周辺の局所洗掘の問題では、強度の水面変動による変動水圧が周辺地盤に与える影響も考慮する必要がある。そこで本研究は、水制周辺の局所洗掘の問題を、地盤に作用する変動水圧との関連で明らかにする研究の基礎として行った。

2. 実験概要

実験には、長さ 16m、幅 0.6m、深さ 0.4m の可変勾配水路を用いた。中央には 0.6m×1.0m、深さ 0.17m のピットが設けられている。水路勾配は 1/500 とした。河床材料は、平均粒径 1.25mm、比重 2.65 のほぼ様な砂を用い、図-1 に示すようにピット内及び、ピットの上流 1m まで水路床と平行になるように敷き詰めた。

水制模型は水制長 15cm、幅 6cm のアクリル製で、図-2 に示すように水路に設置した。また、間隙水圧は図-3 に示すポイントで計測した。実験ケースに関しては、一定流量で通水する場合を Case1、水制上流側 3m の位置にゲートを設けて、流量 5ℓ/s で越流させ、ゲート下流の水深を 5cm に保ち、その後ゲートを瞬時に引き上げるにより水路内に正の段波を発生させる場合を Case2、また、下流側ゲートの高さを 20cm に調節して、流量 5ℓ/s で越流させ、その後ゲートを一気に下げるにより水路内に負の段波を発生させる場合を Case3 とした。各ケースの詳細な実験条件は表-1 に示す通りである。

3. 実験結果および考察

図-4 に Case1-1、Case2-1、Case3 の通水終了後の洗掘形状を示す。いずれのケースについても水制周辺の洗掘は、上流部は半円錐状となり下流部は崩れた土手状の洗掘及び堆積が生じる。最大洗掘深の位置は水制先端部である。また、洗掘孔内の勾配は、水制上流側ではすべてのケースにおいて約 30°である。一方、水制下流側では、Case1-1 の勾配が約 20°であり、水制上流側の勾配より小さくなるのに対して、Case2、Case3 の水制下流側における勾配は約 30°であり、上流側と同程度となっている。

変動間隙水圧に関しては、一定流量の流れ（Case1）では 3mm 程度の変動しか見られず、洗掘への影響はほとんどないと考えら

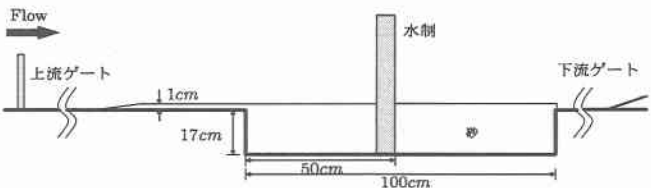


図-1 実験水路

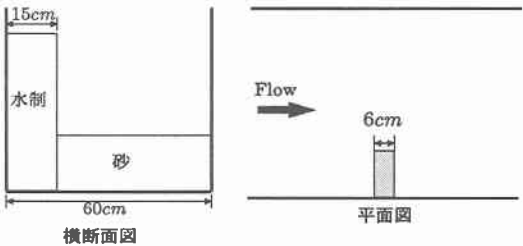


図-2 水制設置状況

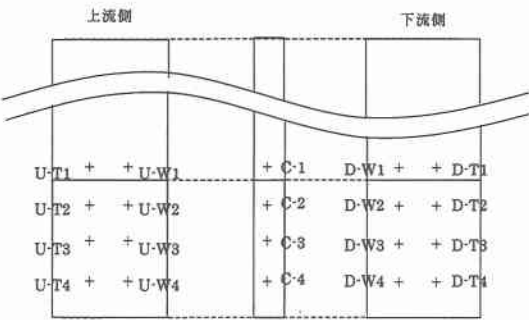


図-3 間隙水圧計測ポイント

表-1 実験条件

Case1	1	2	Case2	1	2	Case3		
流量	20ℓ/s		流量	5ℓ/s		流量	5ℓ/s	
水深	15cm	11cm	上流ゲート高	20cm	30cm	下流ゲート高	20cm	
限界摩擦速度	2.68cm/s		水深	ゲート上流	23.5cm	水深	開始前	19.2cm
摩擦速度	1.29cm/s	1.89cm/s		ゲート下流	5cm		終了後	3.7cm
通水時間	120分		通水時間	90秒		通水時間	90秒	

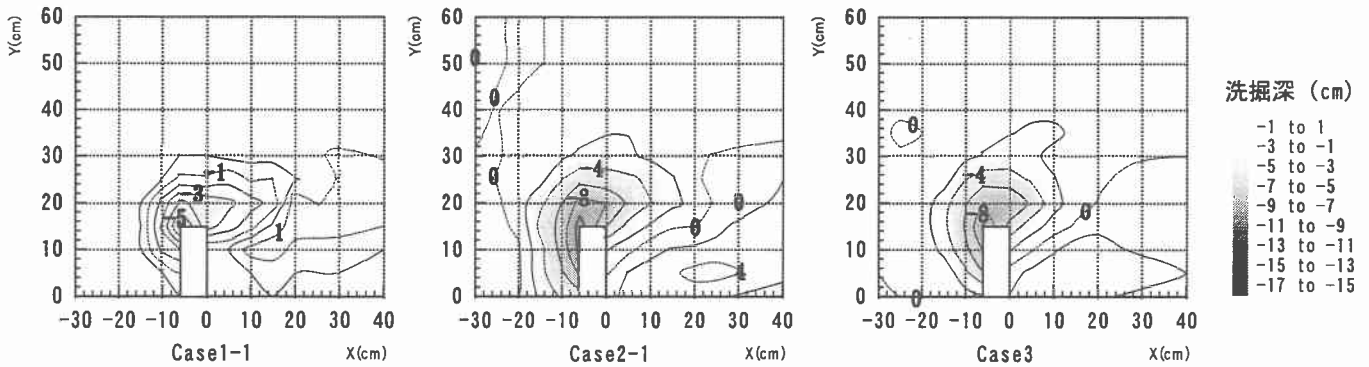


図-4 最終洗掘形状

れる。しかし、衝撃碎波（段波）を含む流れについては、正の段波を含む流れ（Case2）の場合は全ての砂層内のポイントにおいて、負の段波を含む流れ（Case3）の場合は水制側面（C）、水制背面（D-T）の砂層内のポイントにおいて過剰間隙水圧（流れ場と砂層内の圧力差）が発生した。ここで、図-5, 6, 7に Case2-1（正の段波）の水制前面、側面、背面の砂層内のポイントでの過剰間隙水圧と有効応力を示す。この図より、水制周辺地盤内では発生した過剰間隙水圧により有効応力が減少し、砂層内の浅いポイントでは有効応力の値が0となり、液状化が起こることがわかる。特に水制側面（C）においては有効応力の減少が激しく、段波が水制に衝突した直後に砂層内の浅いポイント（C-2）で液状化が起こる。この傾向は Case2-2 でも見られる。また、Case3（負の段波）の場合においても水制側面（C）が段波による変動水圧の影響を最も受ける。

4. おわりに

本研究により、衝撃碎波（段波）を含む流れにおいては、水制周辺の変動水圧により周辺地盤内で過剰間隙水圧が発生し、発生した過剰間隙水圧が周辺地盤の有効応力を減少させ、洗掘を助長していることが明らかとなった。また、この変動水圧による影響は水制側面（C）付近で最も大きくなる。しかし、水制周辺の洗掘には上述の点だけでなく、段波通過時の流れによる影響等様々な要因が複雑かつ相互に影響し合っていると考えられ、今後さらに詳細な検討が必要である。

【参考文献】1) 筒井敬之（2000）：平板乱流境界層に置かれた突起まわりの流れと作用流体力、流体力の評価とその応用に関するシンポジウム講演論文集, pp. 1-6 2) 名合宏之（1982）：変動水圧における砂層の液状化に関する研究, 水理講演会論文集, 第26巻, pp. 589-594

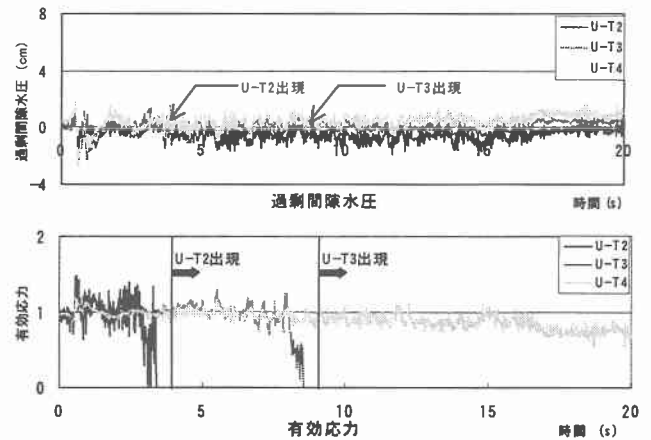


図-5 過剰間隙水圧と有効応力（Case2-1 水制前面）

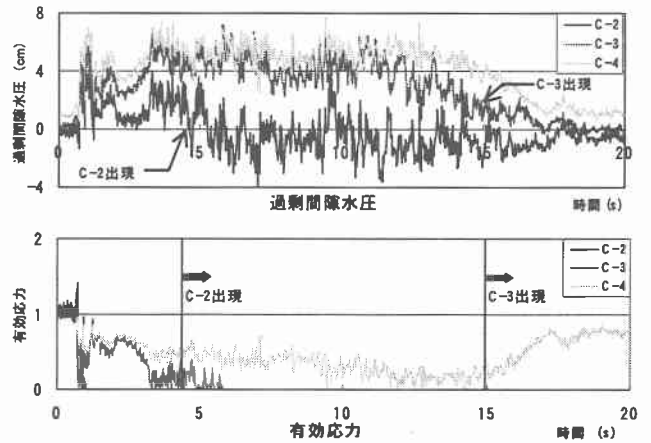


図-6 過剰間隙水圧と有効応力（Case2-1 水制側面）

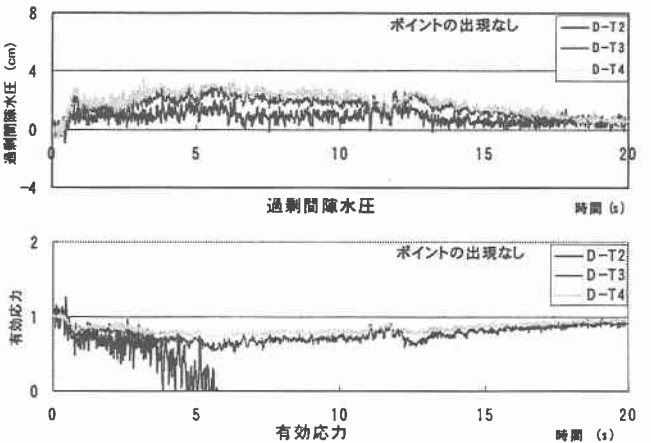


図-7 過剰間隙水圧と有効応力（Case2-1 水制背面）