

水路実験による堰上流護床工の損壊現象についての検討

岩手大学 正会員 ○三輪 式
(株) アルファ技研 高井 和彦

1. はじめに

取水堰において、堰下流の河床局所洗堀に対処するため、護床工が設置されることが多い¹⁾が、堰の上流側洗堀を防ぐため、上流側に設置されている堰もある。多摩川の宿河原堰では、平成19年9月の9号台風による出水²⁾で、Fig.1 にみられる通り、多量の上流護床工が流亡した。上流護床工で、これだけの大きな災害が起きた事例はあまり知られていないので、水路実験によって現象を再現し、発生要因とメカニズムを解析した。



Fig.1 多摩川宿河原堰上流護床工の被災
(H.19年9月台風9号による。同年10月三輪撮影)

2. 実験水路の諸元と実験方法

実験は、Fig.2 にあるような蛇行水路を用い、流量0.4L/s, 0.6L/s, 0.8L/s の3通りで通水した。堰は、水路全長の上流から 2/3 付近の半波長区間で4個所に順次移動させて配置した。護床工模型は Table 1 に記した5種類とし、それぞれを堰の上流側に堰に並行において通水し、護床工模型の流亡状況を調べた。

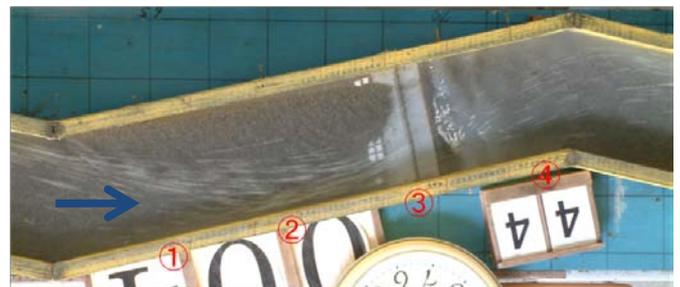


Fig.2 上流護床工の被災再現実験
(水路幅:20cm, 全長:8m, 蛇行半波長:86cm, 蛇行角:24°, 水路谷勾配:1/70, 流量:0.6L/s, 砂:0.8mm平均粒径, 1.49水中比重)

3. 実験経過

堰通水前、堰の上流側砂床は堰の天端高に合わせ、堰下流は6mm下がり平坦に敷き均して通水を開始する。通水後、蛇行水路の凸岸側下流部に堆砂が発達し、凹岸側下流河岸に沿って洗堀が始まり、交互砂洲形状が形成される。堰のない状態で発達した当該蛇行半波長区間の砂床形状は、Fig.3 のようになり、横断測線13, 14付近の最も深い淵になり、広がりながら浅くなっていく。

堰③においては、砂洲形状が発達すると、護床工上流砂床が掘れて上流端が浮き上がり、淵部から上方に向かう流れによって、めくれ上がるように護床工が流亡する。流亡個所は、Fig.2 にみられるように、淵部で洪水主流が通過する右岸側に限られ、左岸の寄洲側では護床工は埋もれてしまう。

4. 実験結果

護床工の種類と堰位置によって、Table 2 のように護床工の流亡状況は異なる。堰の上流に沿って2列に敷き並べた小タイトルの結果をみると、堰①

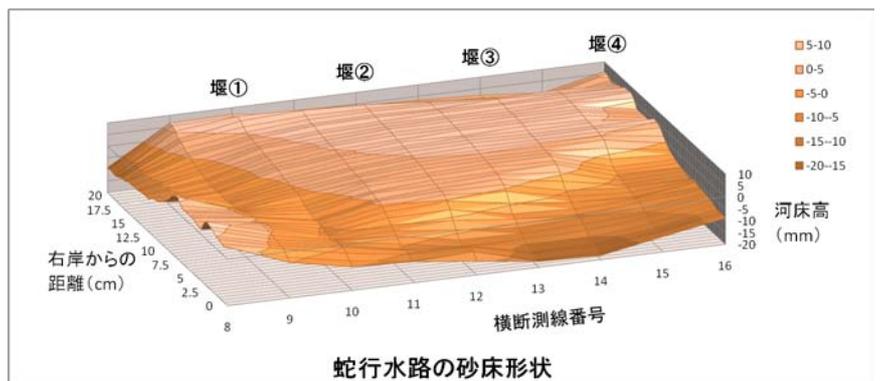


Fig.3 実験に用いた蛇行水路における砂床形状と堰の設置位置
(Fig.2 と同じ水路。ただし流量は0.8L/s)

では3流量とも流亡しないのに対し、堰③では、全流量で流亡し、0.8L/sの場合には9個が流亡した。堰②、堰④は、その半分以下であり、堰と砂州形状との位置関係が結果に大きく影響している。

他の護床工模型の実験結果も考慮すると、(1)直上流が滞りになる堰③で流亡しやすい。(2)流量が大きくなると流亡しやすい。(3)護床工が大きく、重くなると流亡しにくい。(4) ナットのよう、重さと厚みのある護床工が最も流亡しにくい。といえる。

5. 結果の考察

堰③0.8L/sで右岸側壁寄りを中心に9個の小タイルが流亡した状況が Fig. 4 である。流亡は、Fig. 5 のようにタイルの上流側砂床が掘れ、下方からの流体力 F が働くことによって浮き上がるか、上方へ回転するかによって下流へ流れ去る。 F の大きさは流速の2乗に比例するので、流速が大きくなる右岸側で流亡する。上向きと下向きの力とモーメントの大小関係を概算してみると、小タイルでは多数流亡するのに、4コ連結タイルやブリキ板で流亡数が少なくなり、ナットでは流亡しないことが説明できる。

6. 宿河原堰における被災との対応関係

宿河原堰は、Fig. 1 のように上流側で左岸側に寄洲/右岸側に深掘れという河床形状であり、堰③にあたる位置関係である。小タイルを配置した実験での流亡状況が、現地での被災の様子とよく対応しているといえよう。

7. まとめと今後の課題

水路幅 20cm という小型水路の実験であったが、堰上流護床工の流亡メカニズムをうまく再現できた。今後は、実験蛇行水路における流速分布測定を試みて、さらに定量的な検討を進めるとともに、使用した護床工模型と現場ブロックとの力学的な相似関係についても考察を深めていきたい。

[謝辞]京浜河川事務所の担当者の方々から貴重な資料と情報を提供いただいた。H.21 年度三輪研究室専攻生には水路実験にあたってご尽力いただいた。研究費用の一部は、科研費基盤研究(C)と奨学寄付金(日本工営)によった。以上、記して心よりお礼申し上げる。

[参考文献] 1)高井・三輪(2010)堰下流河床洗堀の発生メカニズムと深掘れ軽減対策, 水土の知(農業農村工学会誌)78-1, pp. 49-52
2)国土交通省関東地方整備局京浜河川事務所(2007~2009):多摩川「過去の水害記録」, 京浜河川事務所ホームページ, <http://www.ktr.mlit.go.jp/keihin/disaster/record/index.htm>

Table 1 上流護床工模型の諸元一覧

護床工諸元	小タイル	4コ連結タイル	ブリキ板	画鋸	ナット
縦横 (mm)	10×10	20×20	10.4×10.4	直径 10	10×10
厚み (mm)	4.3	4.3	0.1	1.0	2.5
比重	2.31	2.31	8.11	8.05	7.84
備考	2列配置	1列配置	1列配置	2列配置	中央に直径6mmの円穴 2列配置

Table 2 上流護床工のタイプ別流亡状況一覧

堰位置	護床工タイプ 流量	小タイル	4コ連結 タイル	ブリキ板	金属 画鋸	ナット
①	0.4 L/s	0	—	—	—	—
	0.6	0	—	—	—	—
	0.8	0	—	—	—	—
②	0.4	0	—	—	—	—
	0.6	2	(1)	—	—	—
	0.8	4	1(1)	—	—	—
③	0.4	2	0	—	—	—
	0.6	6	1	—	—	—
	0.8	9	2	—	7	0
④	0.4	0	0	0	0	—
	0.6	1	0	1	0	—
	0.8	4	2	3	4	—

①から順次 22cm 間隔で下流へ移して設置

注) — : 実施せず, (1) : 位置が少しずれたもの



Fig. 4 上流護床工の流亡状況 (小タイルを配置した堰③, 0.8L/sの実験)

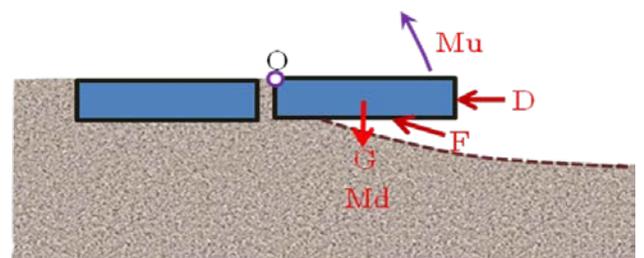


Fig. 5 上流護床工に働く力とモーメントの概略
G: 護床工模型重力, F: 下面流体力, D: 上流面流体力
Md: O軸回り下向きモーメント, Mu: O軸回り上向きモーメント