

階段型多自然型護岸の被災過程に関する考察

岐阜大学工学部 正会員 藤田裕一郎
(株)市川工務店 稲熊 京子
岐阜大学工学部 足立裕之將

1. はしがき

多自然型護岸の代表例の一つである階段型護岸の被災過程について、直線水路における既報^{1, 2)}の実験結果の再検討を行い、乱れ強度と掃流力分布の評価結果から考察を加えた。また、法覆い工と裏込めの流失、詰め杭を用いた法留め工の破壊について、開始している水衝部を模した基礎実験の概要について報告する。

2. 階段型多自然型護岸に関する既直線水路実験の再検討

著者ら^{1, 2)}によって、これまでに直線水路に設定された階段型護岸の水理特性に関する実験が行われている。今回問題のあったプロペラ流速計による測定原データの多量のノイズを除去処理し、流速分布を修正した。また、実験も追加されたので、初めにその結果と特徴について述べる。

実験は、高さ3cm、幅15cmの段を5段にした護岸模型について行われたが、Run 1, 4及び追加実験Run Aは全段が水没、Run 2, 3は2段までが水没状態にあり、Run 1, 2には法覆い工と捨て石工が施されていない。

図-1には、修正された断面流速分布の例をRun 3, 4, Aについて示している。分布の全体形状は、捨て石の効果等、既報^{1, 2)}で指摘したものと大差がないが、各段についての複断面的特徴はデータ処理ソフトの影響もあって少し不明確となっている。また、Run AはRun 4の再現を試みた実験であるが、前者で設定水深がやや小さくなったために流速値が大きい点を考慮すると、流速分布はよく似ていて、実験の再現性が認められる。

各点における約30秒の測定から求めた流速の乱れ強度分布を図-2に例示している。いずれの実験でも、明らかにそれぞれ段の落差部で乱れが強くなっていて、水深変化に伴う水平方向の流速差が乱れを増加させていることが判る。

つぎに、鉛直測線に沿った流速の測定値に対数則を当てはめ、回帰直線から摩擦速度を求めて掃流力を評価した。図-3に示されたその結果から、護岸部では水深に対応して摩擦速度が水路中心に向かって増加していく傾向にあるが、やはり、

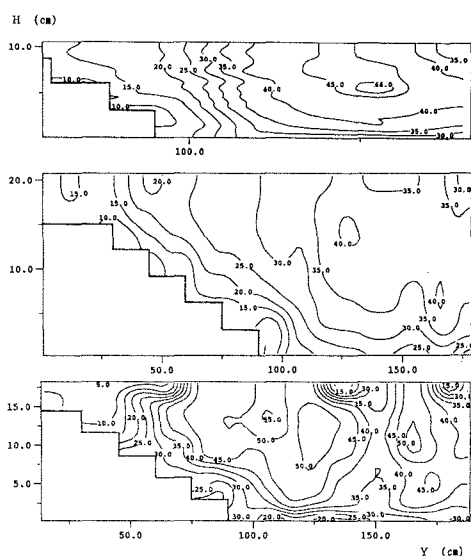


図-1 流速分布(上からRun 3, 4, A)

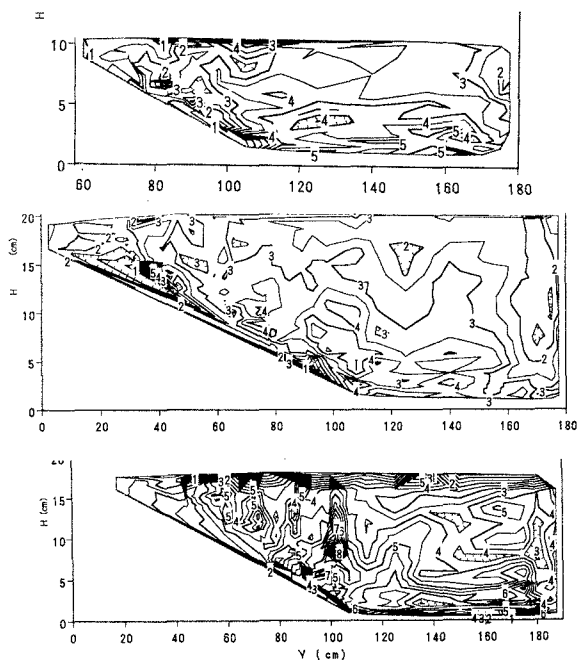


図-2 流速の乱れ強度分布(上からRun 3, 4, A)

各段の落差部付近で急激な変化を示しており、複雑な流体せん断と運動量輸送の状況を示唆している。同様の傾向は捨て石の周辺でも窺われる。

3. 階段型多自然型護岸の被災過程に関する実験

一般に護岸の破壊は一樣な直線区間では生じにくく、多自然型護岸の場合も水衝部や河道変化部で被災しやすいと想像される。そこで、水衝部を模した実験を開始している。すなわち、図-4に示したように、1.4m幅の水路に既実験で用いたものと同じ護岸模型の一部を、上流から護岸にある角度で水流が作用するように、20度の角度で斜めに設置した。護岸の詰め杭は、直径10mmの鋼棒を9.5cm、12.5cm、15.5cm、18.5cm、21.5cmに切りそろへ、それぞれの長さ毎に約100本を並べて下部を30mmの鋼製ア

ングル2本で接着・固定して幅1mのブロックを作成し、それを設定角度に応じて適宜水路に並べていき、末端をベニヤ板の砂止め板に接続した。その中に平均粒径1.42mmの粗砂（限界摩擦速度：2.93cm/sec）を裏込め材料として敷き詰め、河床に当たる水路床にも同じ砂を55mmの厚さに敷均した。その後、法覆

い工として、直径10mmの礫（限界摩擦速度：8.99cm/sec）を護岸部の上面に敷き並べ、最下段の詰め杭の全面に捨て石として直径50mmの丸石（限界摩擦速度：20.11cm/sec）を約3列と並べた。護岸模型設置区間の約1.5m下流には、水位調節のために倒伏堰を設けており、堰上の限界水深と上流の比エネルギーの関係を考慮して所期の流量と実験区間の水位に対応した堰高を設定している。水路の給水系は3相3.7kWのポンプ4台からなっており、1台をインバータで制御して0から最大毎秒75リットルまでの通水が可能となっているが、本実験時にはサクションホースの吸い込み口が水脈の落下点近傍にあったために完全には能力を発揮できなかった。

今回の実験では、全段水没となる条件を設定し、流量は毎秒20、40及び60リットルを予定したが、上述のために法覆い工を移動させるほどの十分な掃流力を得ることができなかった。

4. 階段型多自然型護岸の被災過程に関する考察

既実験からは、落差部周辺の法覆い工や裏込めには、直線区間であってもかなり大きな流体力が作用する可能性が指摘できる。すなわち、実験の平均流速約30cm/secと法覆い工の礫から推定される摩擦速度2.5cm/secに対して、実験では摩擦速度が局所的に2倍以上になっている。しかしながら、この摩擦速度は法覆い工の移動限界よりも低く、それは流失しないと予測され、実際実験でも礫の移動は認められていない。

一方、水衝部を模した実験でも護岸の破壊は観察されなかったが、土砂の抜け出しは生じていた。水衝部では、法覆い工の栗石が直接水流に曝されるために、通常の上流からの移動限界掃流力よりも小さい掃流力で流出し、また、裏込め土に対する流体の乱れ変動の影響も大きくなり、こうした要因によって、詰め杭を支えている下層の土砂が弱体化して護岸の個々の段が不安定となり、崩壊するようになると考えられる。

今後、法覆い工の流失やその間から抜け出す裏込めの挙動を観察し、それらに作用する流体力を単純に評価する方法を明らかにし、流体力と土圧を考慮して護岸全体の安定について考察を加えていくつもりである。

参考文献：1) 藤田裕一郎・村本嘉雄・井澤 寛：京大防災研年報，第37号B-2，pp. 441-458，1994。

2) 藤田裕一郎・澤井健二・神田佳一：水工学論文集，第39巻，pp. 557-564，1995。

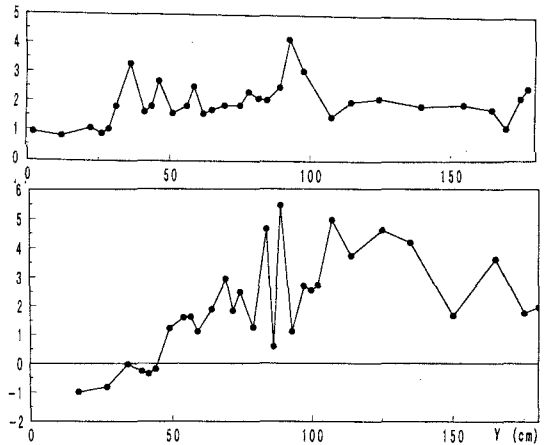


図-3 摩擦速度の分布(上からRun 4, A)

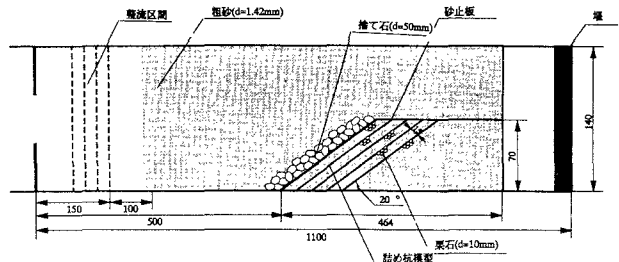


図-4 水衝部を模した多自然型護岸実験の平面模式図