

II-124

階段状多自然型護岸の被災機構に関する一実験

岐阜大学工学部 正会員 藤田裕一郎
 太陽建設コンサルタンツ 足立裕之将
 (株)市川工務店 稲熊 京子

1. はしがき

多自然型護岸の代表例の一つである階段状護岸の被災機構を明らかにするために、水衝部を模した基礎実験を昨年から行っている。ここでは、実験の概要を述べ、観察された護岸の被災状況について考察を加える。

2. 被災過程に関する実験の概要

護岸は、一般に様な直線区間では被災しにくく、当然多自然型護岸も水衝部や河道変化部で損傷を被りやすい。そこで、図-1に示したように、護岸に対してある角度で水流が接近する水衝部を模した実験を開始している。今回の実験では、既実験^{1, 2)}と同じ護岸模型に対して水流が20度の角度で接近するように、幅1.4mの水路内の上流端からの距離 x が $x=4.9m$ の位置から護岸模型の一部を側壁

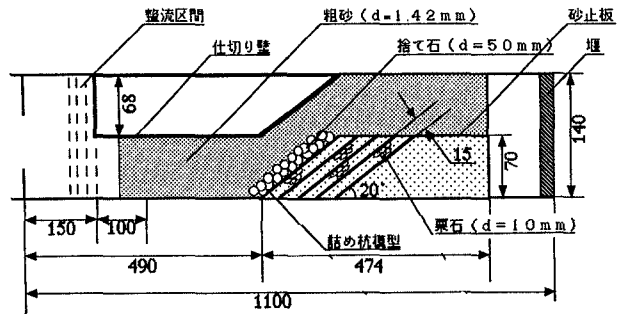


図-1 水衝部を模した多自然型護岸実験の平面模式図

との角度を20度として、終端が水路中央に達するように設置し、終端を階段形状を合わせたベニヤ板の砂止め板に接続した。ついで、その中に平均粒径1.42mmの粗砂(限界摩擦速度 $u_{*c}=2.93cm/s$)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、法覆い工として、直径10mmの礫($u_{*c}=8.99cm/s$)を護岸部上面に敷き並べ、最下段の詰め杭の前面に捨て石として直径50mmの丸石($u_{*c}=20.1cm/s$)を約3列並べた。護岸模型区間の1.5m下流には実験区間の水位を天端上2cmに調節するために倒伏堰を設けており、一方、模型区間の上流側は、全幅で行った予備実験から、1.4m幅では最大流量の通水でも十分な掃流力が得られないと判断し、模型区間の下流側と同じ0.7m幅にベニヤ板で仕切った。水路勾配は1/160に固定されているが、堰上げと断面変化の影響で水面勾配は一様とならず、勾配の値に大きな意味はない。

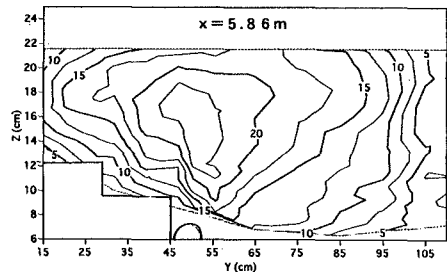
今回の実験では、通水流量30リットル/sのRun 1と最大流量86リットル/sのRun 2の2実験を行った。

3. 被災過程に関する実験の結果

Run 1では、通水開始直後及び停水直前の水位測定とともに、6断面で流速分布を測定したために全通水時間は13.4時間となり、流砂は僅かであったが、流水断面積の増大する護岸模型区間に砂堆状の河床波を形成しながら徐々に堆積し、停水時にはかなり路床が上昇していた。しかし、護岸模型と周辺の路床には、段上の砂の抜け出しもなく、捨て石が近傍の侵食によってややずれた以外目立った変化はなかった。

一方、Run 2では、上流からの強い水勢によって押し流された砂が舌状砂州のように護岸模型の最下段と根固め捨て石を厚く覆っていた。覆い被さった砂を丁寧に取り除くと、護岸最上流部では捨て石が原位置から離れて広がっており、護岸最下段の栗石模型も没われていたことが判ったが、その下流区間では捨て石にも法覆い工にもほとんど変化が認められなかった。

図-2には断面流速分布の測定例を示している。護岸斜面区間に入ったこの $x=5.86m$ では、最大流速点は図のやや左寄りの中央から護岸模型側に少しずれた位置に現れている。この位置は、護岸模型に沿った流れ



と上流から直進してきた流れが集中して、底面摩擦速度や乱れ強度がともに高くなる部分と考えられる。

以上のような測定結果を鉛直平均した流速の平面的な変化を図-3に示した。直線区間から真直ぐに護岸模型に向かって流れ込む高流速域と、左側壁に沿った低流速の剥離域が明瞭であり、右側壁側の護岸最上面にも低流速域が形成されている。このような速度分布からは護岸の最上流部が最も危険であると推定され、実際Run 2ではここに位置していた捨て石と法覆い工が損傷を受けている。

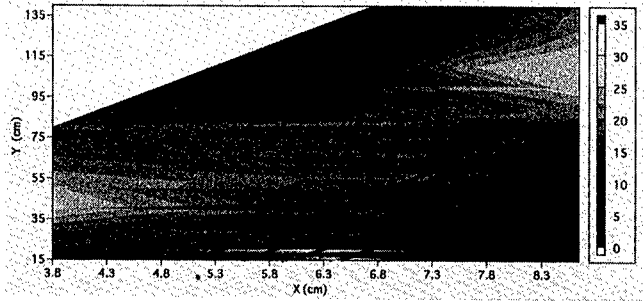


図-3 Run 1の鉛直平均流速の平面分布 (unit: cm/s)

図-4の例示した $x=5.86\text{m}$ の乱れ強度分布の図では、護岸段差と捨て石の前面に顕著な乱れのピークがあり、その左側の段差上にも弱いピークが存在し、同時に剥離域の広い範囲で強い乱れが見られる。このような個所では、横断方向の運動量輸送を無視して境界摩擦速度を評価することはできないが、取りあえず対数則の適用して摩擦速度 u_* を求めた。

その一例が図-5である。 u_* には断面内にいくつかの極値が存在し、その点を中心に河床砂の u_{*c} を上回るかそれに近い値が算定されている。最大値の位置は最大流速の位置と近く、河床の流砂はこれらの位置を縫うようにして流送された可能性があり、その流下方向変化は、護岸模型の区間での土砂堆積状況と一致した傾向を示している。

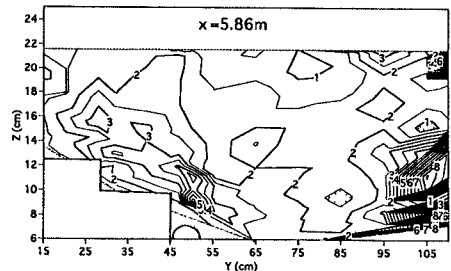


図-4 乱れ強度の横断面分布(Run 1)

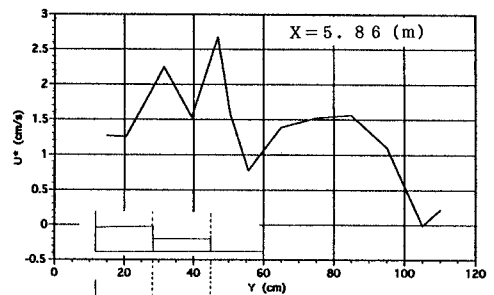


図-5 摩擦速度の横断面分布(Run 1)

4. 階段状多自然型護岸の被災機構に関する考察

本実験の結果によれば、根固めの損傷や法覆い工の流失は、やはり、流速や乱れ強度の高い部分を中心に生じ、捨て石は周辺土砂の洗掘に伴い自重によって移動するケースが多いと思われる。一方、護岸の埋塞は流水断面の拡大等によって流速が減少した区間に顕著であって、高流速・高掃流力で直線的に運ばれてきた土砂がそれ自身と流水の慣性力によって、局所的に大量に堆積する。

さて、護岸に対して流れがある角度で作用する場合には、限界掃流力の誘導時に考慮されている上流側の砂粒・石礫による遮蔽効果が同じようには期待できず、通常の評価式による u_{*c} よりも低い値で石礫が移動する可能性が指摘される。例えば、岩垣の理論では、遮蔽効果による流体力の減少を約6割と見込んでおり、これによれば、完全に露出した石礫の場合は、 u_{*c} では通常の値の63%の値で移動することになる。

今回の実験のRun 1とRun 2では流水断面積に大きな差がないので、単純に流速比が流量比に等しいとみなし、抵抗係数にも差がないとすると、Run 2の u_* はRun 1の u_* の2.7倍になる。いま、図-5からRun 1における u_* のピーク値を約3.5cm/sとすると、Run 2では9.5cm/sとなって、法覆い栗石の u_{*c} に近い値となり、上記の遮蔽効果の低減を考慮すると、Run 2の護岸区間上流部における被災状況が説明できる。

5. あとがき

今後、さらに水衝り角度を変化させ、流向等の測定を含んだ詳細な実験を重ねて法覆い工と背後土砂の抜け出しを検討するとともに、捨て石の転動過程や詰め杭の倒壊条件についても考察を進めていきたい。

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。