

Ⅱ-228

弯曲部における多自然型護岸に関する実験的研究

（財）河川環境管理財団 正員 大槻英樹、正員 芦田和男
京都大学 防災研究所 正員 戸田圭一
（株）ニュージェック 大本雄二

1. はじめに： 環境問題への関心が一層高まりを見せ、河川のあるべき姿が見つめ直される中、各河川のもつ個性、瀬や淵などの多様性を重視した多自然型川づくりが進められつつある。護岸においてもコンクリートの使用を極力控え、空石積み、植生等によって通気性、屈撓性に富んだ、緩勾配のものが求められている。しかしこのような多自然型護岸のもつ洪水時の強度、安全性については不明な点が多い。そこで今回、複断面河道の90°単弯曲を対象にした移動床水理模型実験により、多自然型護岸における側岸侵食、弯曲部の洗掘等の土砂水理挙動の把握につとめ、若干の知見を得たのでここに報告する。

なお、本研究は最終的に、多自然護岸の設計指針策定のための基礎資料を提示することを目的とする。

2. 実験方法： 模型（図-1）は無歪みで縮尺1/50程度を想定し、弯曲（中心90°）部の低水路および外側の高水敷を、すべて移動床で再現する。河床材料には寒水石を、法覆工、根固め工には珪砂を用いた（比重はいずれも2.65）。それらの諸元、平均粒径実物換算値は表-1のようである。河床勾配は①低水路満杯流量で河床が活発に移動する1/500と②同移動限界付近となる1/1000を、法面勾配は①1:5、②1:2の2種類を、法面の状態は①法覆工なし、根固め工なし、②法覆工あり、根固め工なし、③法覆工あり、根固め工ありの3状態（図-2）を設定した。実験は整正した初期河床に対して徐々に流量を上げていき側岸の何処かが移動する流量（側岸移動限界流量）を求めるものと、低水路満杯流量を3時間通水する2種類の流量条件で実施し、上流端では河床高が変化しないように給砂を行った。通水中、側岸侵食の状況を観察するとともに、水位（サーボ式水位計）、流速（プロペラ径5mmの微流速計）、河床高（連続式砂面計）を計測した。

表-1 模型諸元

項 目	設定値	縮尺=1/50 とする
河 道 幅	$B=2.5\text{m}$	$B=125\text{m}$
高 水 敷 高	$h=0.1\text{m}$	$h=5\text{m}$
弯曲部中心角	$\delta=90^\circ$	$\delta=90^\circ$
弯曲部曲率半径	$r_c=2.05\text{m}$	$r_c=102.5\text{m}$
上流直線区間長	$l_u=5.0\text{m}$	$l_u=250\text{m}$
下流直線区間長	$l_d=4.0\text{m}$	$l_d=200\text{m}$
流 量	$\sim 5\text{Q/s}$ $\sim 100\text{Q/s}$	$\sim 90\text{m}^3/\text{s}$ $\sim 1770\text{m}^3/\text{s}$
河 床 材 料 (平均粒径)	1.1mm	5.7cm
法 覆 工	大 5.3mm 小 2.9mm	26.7cm 14.3cm
根 固 め 工	大 9.8mm 小 5.3mm	48.8cm 26.7cm

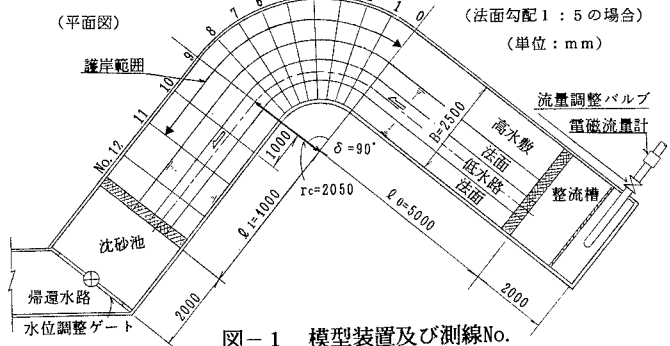


図-1 模型装置及び測線No.

3. 実験結果： 実施した実験ケース、最終的な側岸侵食の状態は表-2に、代表的な水深方向に平均した流速分布 u 、河床変動の結果を図-3、図-4に示す。低水路満杯流量流下時、護岸工を施さなかったケースは、河床勾配、法面勾配に拘らず側岸が侵食され、護岸工を敷設したケースは、法面勾配や法覆の粒径、根固めの有無によりその効果に差異が現れた。例えばケースNo. 10とNo. 13は同粒径の法覆工であるが、緩勾配であるNo. 13のほうが護岸効果が高く、根固めを施したNo. 9は同河床形状、同粒径の法覆で根固めのないNo. 10に比べて側岸の侵食が少なかった。

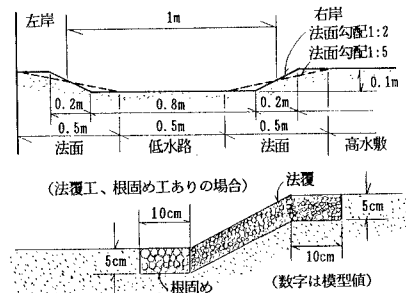


図-2 横断形状及び法面の状態
(数字は模型値)

これらの結果のうち根固めのないケースについて、側岸侵食が中程度以上の場合と、それ以下の場合とに分けて、(直線部斜面上のLaneの式による限界摩擦速度 $u_{*c\theta 0}/$ 直線部の断面平均摩擦速度 u_{*0}) と法面勾配 θ の関係を整理したものを図-5に示す。直線河道側岸部における土砂の移動限界は $u_{*c\theta 0}/u_{*0} = \sqrt{0.5} \approx 0.7$ で現われるとされ、 $u_{*c\theta 0}/u_{*0} > 0.7$ でも黒塗りの結果となっているのは、彎曲部における流れの集中や2次流の影響で、彎曲側岸部の u_{*0} が直線河道側岸部のそれより大きくなっていることを示唆するものである。また、 $u_{*c\theta 0}/u_{*0}$ と (No. 10断面の水深方向に平均した流速の側岸部最大値 $u_{\theta \max}/u_{*0}$) との関係を根固めのない低水路満杯流量のケースについて整理したものを図-6に示す。横軸は彎曲部の流れの抵抗特性を表現していると考えられ、実験ケース数が少なく現時点で確定的なことは言えないが、 $u_{\theta \max}/u_{*0}$ が大きい、すなわち抵抗が小さいときには彎曲部で流れが集中しやすいと解釈すれば、防災機能上の安全(○)・危険(●)の境界線が---のような形で表現できる可能性がある。

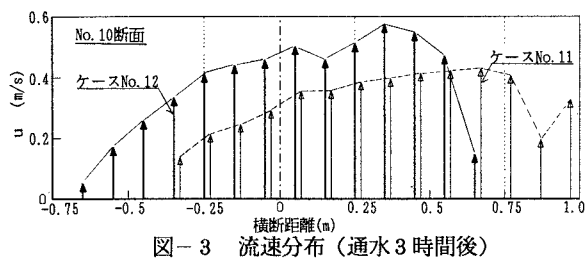


図-3 流速分布(通水3時間後)

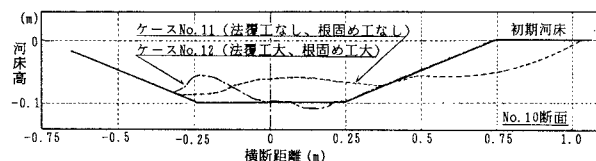
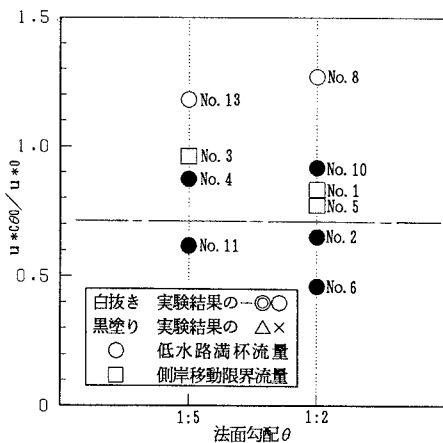
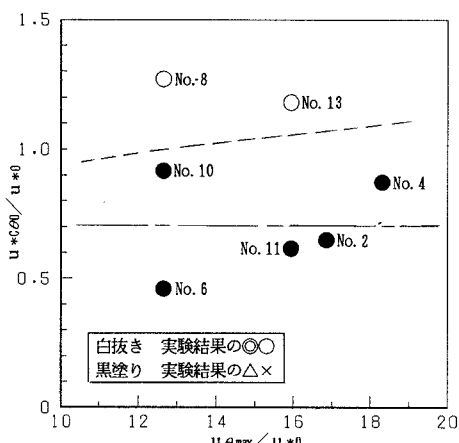


図-4 河床変動結果(通水3時間後)

表-2 実験ケース

No	河床勾配	法面勾配	流	量	法覆	根固め	実験結果
1	1/1000	1:2	側岸移動限界		—	—	—
2			低水路満杯		—	—	×
3		1:5	側岸移動限界		—	—	—
4			低水路満杯		—	—	×
5	1/500	1:2	側岸移動限界		—	—	—
6			低水路満杯		大	大	×
7					大	—	◎
8					小	—	○
9		1:5			小	—	△
10					—	—	×
11					大	大	◎
12					小	—	○
13					—	—	—

[記号] [法覆、根固め]—敷設せず(実験結果)—移動限界流量までは側岸侵食なし ◎側岸侵食なし ○側岸侵食小(法覆がやや崩れるが河床材料部にまで侵食が及ばない) △側岸侵食中(法覆が崩れ、河床材料部にまで侵食が及ぶ) ×側岸侵食大(かなり側岸侵食が進行する)

図-5 $u_{*c\theta 0}/u_{*0} \sim \theta$ ～側岸侵食の関係図-6 $u_{*c\theta 0}/u_{*0} \sim u_{\theta \max}/u_{*0}$ ～側岸侵食の関係

4. 終わりに: 今後、実験を進めるとともに、平面2次元流の数値計算も実施し、成果の一般化を図っていきたい。なお、本研究を遂行するにあたり、貴重なご助言を頂いた立命館大学 江頭教授、ならびに実験を担当された俣ニュー・ジェック水理実験所の諸氏に謝意を表します。

5. 参考文献: 1) 芦田、江頭、加本「山地流域における侵食と流路変動に関する研究(2)」京都大学防災研究所年報、第26号B-2、1983; 2) 藤田ら「多自然型護岸周辺の流れ特性に関する実験」、第39回水工学論文集、1995; 3) 芦田ら「彎曲部における多自然型護岸の実験的研究」、平成7年度 関西支部、1995