

河川環境管理財団 正員 芦田和男 正員 ○戸田圭一
ニュージェック 大本雄二 日本工業試験所 谷美智成

1. はじめに：近年の川づくりは、社会的要望等から環境面の比重がより大きくなってきている。すなわち、画一的な断面形状や法線形を有する河道整備から、低水路幅等に変化をつけ河床にも瀬や淵を保全および創造する等の多様な形状を有する生態系や景観等へ配慮した、いわゆる多自然型川づくりへと移行している。この流れをくんで護岸の設計においても、できるだけ天然の素材を用い、多孔性、屈撓性に富んだ構造で、極力、勾配を緩くしたものが望まれてきている。しかしながら、このような多自然型の護岸の防災機能、安全性の評価については現状では未知な点が多く、水理特性の基礎的な研究が進められつつある段階である¹⁾。このような観点から今回、複断面河道の弯曲部（弯曲中心角 90°）を対象とした移動床水理模型実験を実施し、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を明らかにすることを試みた。なお、本研究は最終的に、多自然型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ものである。

2. 実験方法：実験に用いた模型装置を図-1に示す。模型は無歪みで縮尺1/50程度を想定しており、弯曲部の低水路および外側の高水敷を再現した。低水路の河床材料として平均粒径1.1mmの寒水石を敷設し、実物で玉石に相当する法覆工、ならびに大きな自然石に相当する根固めは大小2種類の珪砂で再現した。模型諸元ならびに縮尺1/50とした時の実物換算値は表-1にまとめている。河床勾配は、低水路満杯流量で河床が活発に移動する勾配として1/500、低水路満杯流量で河床が移動限界付近となる勾配として

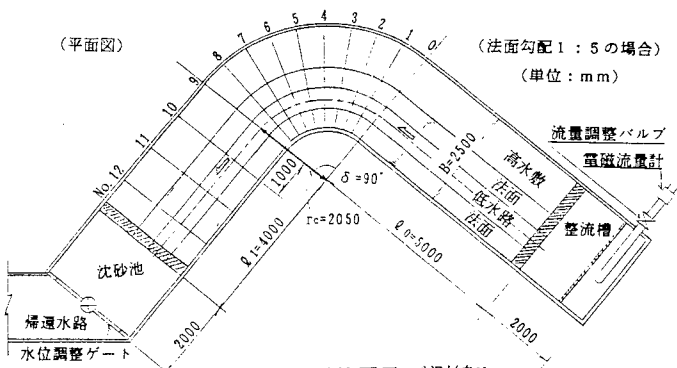


図-1 模型装置及び測線No.

1/1000の2通りを設定した。法面勾配は、1:5、1:2の2種類を考え、法面の状態として、①法覆工なし、根固めなし②法覆工あり、根固めなし③法覆工あり、根固めあり、の3状態を設定した(図-2参照)。実験は、整正した初期河床に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時間通水するものとの、2種類の流量条件で実施した。通水期間中、側

表-1 模型諸元

表-1 模型諸元

項 目		設定値	縮尺=1/50 とすると
河 道 幅		$B = 2.5\text{m}$	$B = 125\text{m}$
高 水 数 高		$h = 0.1\text{m}$	$h = 5\text{m}$
彎曲部中心角		$\delta = 90^\circ$	$\delta = 90^\circ$
彎曲部曲率半径		$r_c = 2.05\text{m}$	$r_c = 102.5\text{m}$
上流直線区間長		$\ell_a = 5.0\text{m}$	$\ell_a = 250\text{m}$
下流直線区間長		$\ell_b = 4.0\text{m}$	$\ell_b = 200\text{m}$
流 量		$5\ell/\text{s}$ $\sim 100\ell/\text{s}$	$90\text{m}^3/\text{s}$ $\sim 1770\text{m}^3/\text{s}$
河床材料		1.1mm	5.7cm
法 覆 工	大	5.3mm	26.7cm
	小	2.9mm	14.3cm
根 固 め 工	大	9.8mm	48.8cm
	小	5.3mm	26.7cm

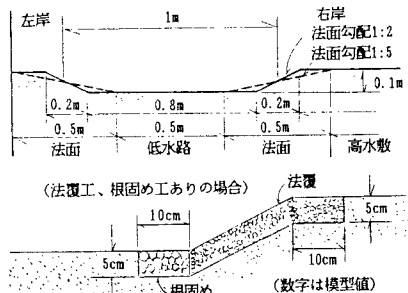


図-2 横断形状及び法面の状態

3. 実験結果：実施した実験ケースは一括して表-2に示してある。代表的な河床変動結果は図-3のとおりである。低水路満杯流量流下時、護岸工を施さなかった場合には、河床勾配、法面勾配に拘わらず側岸侵食を受けた。護岸工を敷設した場合、法覆工の粒径や根固めの有無によりその効果に差異が生じた。各ケース毎の最終的な側岸侵食の状態は、表-2の中の実験結果の欄に記号で示してある。この結果より、側岸侵食の程度が中程度以上のものとそれ以下のものとは場合分けし、法面勾配と断面平均流速の関係で整理したものが図-4である。また、より一般的な表現として、根固めなしのケースを対象として、法面勾配と（斜面上の限界摩擦速度 $u_{*c\theta}$ /断面平均摩擦速度 u_{*0} ）について実験結果を大局的にまとめたものが図-5である。実際に $u_{*c\theta}$ は弯曲部の2次流の影響を受けるが、ここではその影響を無視してLaneの式より算出している。実験ケース数が少なく確定的なことは言えないが、防災機能上の安全・危険の限界線が表現できる可能性が示唆される。

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			—	—	—	×
7			低水路満杯	大	大	◎
8				大	—	◎
9				小	小	○
10				小	—	△
11		1:5	低水路満杯	—	—	×
12				大	大	◎

[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) × (かなり側岸侵食が進行する)

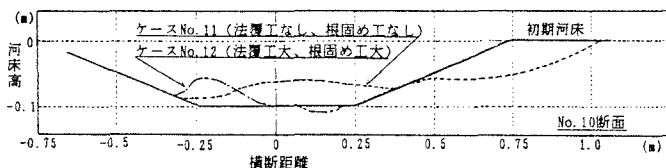


図-3 河床変動実験結果 (ケースNo. 11と12の3時間後の河床)

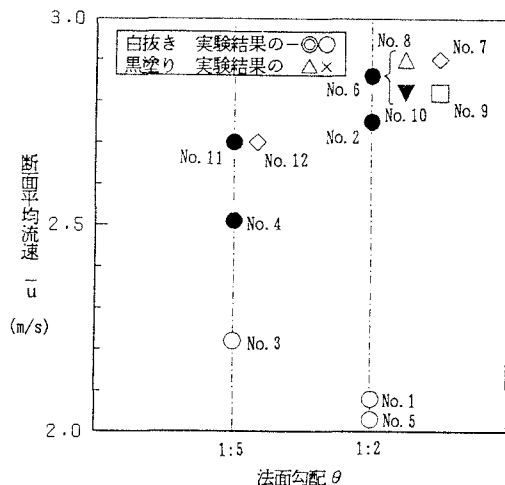


図-4 $\bar{u} \sim \theta \sim$ 側岸侵食の関係

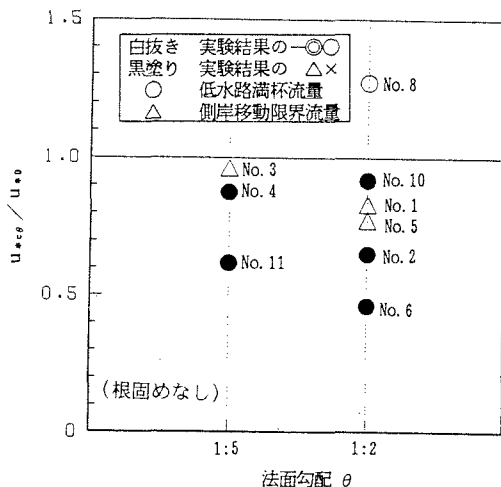


図-5 $u_{*c\theta} / u_{*0} \sim \theta \sim$ 側岸侵食の関係

4. おわりに：今後、実験を進めていくとともに、平面2次元流の数値解析もあわせて実施して、図-5の一般化を図っていきたい。

5. 参考文献：(1)藤田・澤井・神田，「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。