

複断面蛇行河道の低水路内岸寄り砂州上における洪水時の河床変動高

広島大学大学院 学生員 ○岡田将治 広島大学 フェロー会員 福岡捷二
国土交通省河川局 正会員 小俣 篤

1. 序論

洪水時の最大洗掘深や河床変動量は、構造物の設計や河道の維持管理を行う上で重要な情報となるが、これらの測定は技術的に難しいため、洪水前後の測量結果(図-1の①)から評価せざるを得なかった。福岡、平生ら¹⁾は、複断面蛇行流路の移動床実験において、相対水深がある程度大きくなると低水路の内岸寄りに最大流速が現れるという結果から、江の川において蛇行部内岸の砂州上にボーリング孔を多数掘削して着色土を埋め戻すことによって洪水時の低水路内岸の河床変動高(図-1の②、③)を測定した。その結果、低水路内岸部においても相対水深が大きく継続時間の長い大規模な洪水が発生する場合には河床洗掘が生じ得ることを示した。本研究では、江の川を含めた全国11河川における洪水時の河床変動量調査結果から、河道特性(河道平面形、横断面形、河床材料)と洪水特性(相対水深、洪水継続時間)の違いが洪水時の低水路内岸寄りの河床変動高に及ぼす影響を検討した。

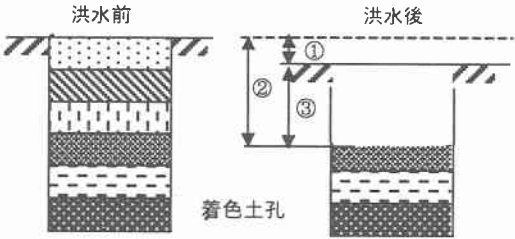


図-1 着色土孔による洪水前後の河床変動高①と最大洗掘深②および堆積高③の定義

表-1 調査河川の河道特性と対象洪水および河床変動量調査の結果

河川		蛇行度	河床勾配	河床粒径 d_{50} (mm)	対象洪水	最大流量 (m^3/sec)	ピーク相対水深	河床変動高(m)		
								洪水前後①	最大洗掘②	堆積③
東北	雄物川 8.8km	1.108	1/3000	0.7	H9.9.3	2358(椿川)	0	0~+0.2	0.1~0.4	0.1~0.5
	赤川 7.8km	1.13	1/2000	0.45	H10.6.26	1020(押切)	0	-0.1~+0.2	0.2~0.4	0.1~0.6
北陸	阿賀野川 19.6km	1.055	1/1250	0.6	H10.7.7	5220(満願寺)	In-bank	-0.6~0	0.5~1.7	0.4~1.1
関東	利根川 124.0km	1.02	1/900	0.35	H10.8.27	10200(栗橋)	0.52	-0.3~+0.1	0.5~0.7	0.4~0.8
	多摩川 31.0km	1.033	1/500	25	H11.8.14	1730(石原)	In-bank	-0.7~+0.3	0.4~1.0	0.1~0.4
	越辺川 7.8km	1.05	1/450	0.3	H10.9.16	1240(高坂橋)	0.40	0~0.6	0~0.4	0~0.9
中部	矢作川 17.0km	1.01	1/1100	1.8	H10.9.22	1230(木戸)	In-bank	-0.3~+0.4	0.5~1.4	0.3~1.1
近畿	木津川 15.0km	1.055	1/600	5.0	H10.9.22	1647(飯岡)	In-bank	-0.3~+0.1	0.1~0.7	0~0.4
中国	H9	1.029	1/1000	20	H9.7.9	3630(川本)	0.19	-0.1~0.3	0~0.2	0.1~0.4
	江の川	1.03		20			0	-0.05~+0.1	0.1~0.5	0.1~0.6
	21.2~27km	1.093		0.4			In-bank	-0.2~+0.1	0.1~0.2	0.1~0.2
	H10	1.029	1/1000	20	H10.10.18	5742(川本)	0.43	-0.3~0.05	0.2~0.7	0.2~0.7
	江の川	1.03		20			0.3	-0.2~0.1	0.4~0.8	0.3~0.6
	21.2~27km	1.093		0.4			0	+0.2~+0.7	0~0.3	0.2~1.0
四国	仁淀川 5.2km	1.01	1/1000	30	H10.9.16	8900(中島)	0.30	+0.05~+0.1	0.2~0.9	0.3~0.9
	那賀川 9.0km	1.017	1/750	50	H10.9.16	6097(古庄)	0.29	-0.2~0.2	0.2~0.5	0.2~0.6

2. 調査河川および調査方法

表-1に調査河川の河道特性と対象洪水および河床変動量調査の結果を示す。本調査に用いた主なデータは、河床変動量調査の結果、河道特性として洪水前後の調査地点付近の河道平面図、横断面図、ボーリング孔を掘削した際の河床材料の粒度分布である。洪水特性のピーク時の相対水深および洪水継続時間は、調査地点に最も近い水位・流量観測所のハイドログラフおよび洪水後の痕跡調査の結果から把握した。

3. 調査結果及び考察

各河川で測定された河床変動がどのような機構で生じたかを河道特性および洪水特性から推定し、それぞれの場合について考察を行った。図-2は岸・黒木の中規模河床形態の領域区分図²⁾に調査河川の諸元と対象洪水から求めたピーク時の無次元掃流力の関係をプロットしたものである。 τ_c が0.8より大きくなると土砂は浮遊状態となることがわかっているため、矢作川よりも大きな τ_c を示す河川(雄物川、赤川、阿賀野川、利根川、越辺川、江の川(渦巻))では洪水時に浮遊砂となり、水位の下降期に掃流力の減少および二次流的作用によって内岸部に堆積して河床変動が生じたものと考えられる。これらの河川の特徴は、河床材料粒径が小さく、河床変動量が大きい。特に阿賀野川では、洪水前後の河床高の差は0.6m程度であるのに対し、最大洗掘深は約3倍の1.7mを記録した。これらの河川の最大洗掘深は、小さい河床材料粒径を持つ表層の厚さにほぼ対応しており、阿賀野川では厚さ約2mの小さい粒径の表層があった。 τ_c *

が0.8より小さい洪水が生じた河川にあっては、図-2の領域区分に従えば洪水中に砂堆(江の川)あるいは砂州(多摩川、那賀川、仁淀川、木津川)が形成されていたと推定される。しかし、本調査地点が蛇行頂部内岸の固定砂州上に位置するため、砂州の形成領域に区分された河川において、河床変動が砂州の移動によるものとは確定し難い。実際に仁淀川の洪水後の現地踏査では、固定砂州上に波高30cm程度の砂堆が確認され、この砂堆の移動が河床変動高の主要因であると考えられる。したがって、図-2において砂州領域に分類される河川についても砂堆としての波高の計算も行った。表-2に調査結果と砂堆および砂州の波高の推定値を比較した結果を示す。調査結果の河床変動高は、洪水中の最大変動幅として考え、表-1の②と③の大きい方としている。砂堆の波形勾配 H/λ は、Yalin の τ_0/τ_c との関係式³⁾から算定した。砂堆の波長 λ と水深 h との関係は、 $\lambda=5h$ を用いた。また、砂州の波高の計算には、藤田・村本らが提案した無次元波

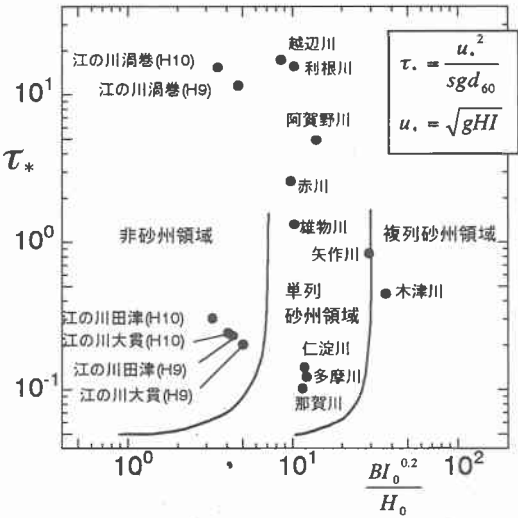


図-2 中規模河床形態の領域区分¹⁾

表-2 河床変動高の調査結果と砂堆および砂州の波高(推定値)との比較

領域 区分	河川		ピーク 水深(m)	河床変 動高(m)	波高の推定値(m)	
					砂堆	砂州
非砂州 領域	江の川	田津	7.5	0.1~0.4	1.28	—
		大貫	6.5	0.1~0.6	0.98	—
	江の川	田津	10.0	0.2~0.7	2.1	—
		大貫	8.0	0.4~0.8	1.44	—
砂州 領域	矢作川		2.7	0.5~1.4	(0.77)	3.44
	木津川		2.2	0.1~0.7	(0.57)	4.50
	多摩川(右岸)		2.6	0.4~1.0	(0.18)	1.49
	仁淀川		7.0	0.2~0.9	(0.67)	3.57
	那賀川		6.0	0.2~0.6	(0.33)	3.31

高 H/B の推定式⁴⁾ $H/B=0.0051(B/h)^{2/3}(h/d)^{-1/3}$ を用いた。これらの推定式の波高は定常流れにおけるものであるため、洪水中のどの水深を代表値とするのがよいのかは不明であるが、ピーク時の水深で最大波高が現れると考え、計算を行った。その結果、非砂州領域、砂州領域ともに各河川の実測河床変動量と砂堆が移動したと考えた場合の波高の推定値はほぼ同じ程度の大きさになり、砂堆の波高を計算することによって内岸側河床の変動量を概ね把握できることがわかる。ただし、調査結果の変動高が推定値よりも小さいのは、推定式の水深に洪水のピーク水深を用いていることと各調査地点が蛇行部の内岸に位置するため、水深が大きくなっても流れの集中度が小さく、掃流力が大きくならないためである。そのため山型でピークが大きい江の川(H10)の洪水では大きく評価される。一方、砂州が移動したと考えた場合の波高の推定値は、実測値に比して1オーダー大きく推定される⁴⁾。以上のことから、蛇行頂部内岸の固定砂州上の河床変動高は、その上の砂堆の移動が河床変動の主要因と考えて、砂堆の波高を推定式から概ね把握できることがわかった。

4. 結論
- (1) 各河川で生じた河床変動を河道特性(平面形、横断面形、河床勾配、河床粒径)と洪水特性(相対水深、洪水継続時間)から考察した。その結果、阿賀野川、利根川のように土砂の浮遊、堆積によって生じる場合と仁淀川に代表されるように砂堆を形成し、それが移動することによって生じる場合があることがわかった。特に洪水中に浮遊砂が卓越する阿賀野川では、河床変動量が1.5mを超える結果が得られた。
 - (2) 実測河床変動高について砂堆および砂州の波高の推定値と比較した結果、本調査地点のように蛇行頂部内岸の固定砂州上では、その上の砂堆の移動が河床変動の主要因と考えられる。図-2の非砂州、砂州領域に入る河床形態の河川においても砂堆の波高を計算することによって実測河床変動高を概ね推定できることがわかった。

謝辞
本調査をまとめるにあたり、国土交通省各地方整備局河川計画課より貴重な観測データの提供を頂いた。ここに記して感謝の意を表します。

参考文献
1) 福岡捷二, 道中貢, 平生昭二: 複断面蛇行河川における洪水時の低水路内岸側河床の最大洗掘深調査, 水工学論文集 第42巻, pp.973-978, 1998. 2) 黒木幹男, 岸力: 中規模河床形態の領域区分に関する理論的研究, 土木学会論文報告集, No.342, pp.87-96, 1984. 3) Yalin, M.S. and Karahan, E.: Steepness of sedimentary dunes, Proc. ASCE, Vol.105, No.HY4, pp.381-392, 1978. 4) 藤田裕一郎, 村本嘉雄: 交互砂州の発達機構, 水工学論文集 第26巻, pp.25-30, 1982.