

堤防の蛇行が複断面蛇行流路の流れに及ぼす影響

Effect of Levee Alignment on Doubly Meandering Compound Channel Flows

福岡捷二*・大串弘哉**

By Shoji FUKUOKA and Hiroya OHGUSHI

The flow structure of meandering compound channel between straight levees with fixed flat bed have studied recently and at present knowledge about that field is improving. To investigate the effect of levee alignment on the flow, we experimented two cases of flow which had different phase of meandering between levees and main-channel. In the first case, where the meandering of levee goes ahead of that of main-channel, dead water area appeared and the flow became narrow. In the second case, where the meandering of levee goes behind, flow occurred all over the channel.

Keywords: meandering compound channel, levee alignment,
phase difference between the alignment of main channel and levee,
dead water area, channel planform

1. 序論

直線堤防の間を低水路が蛇行する複断面流路の流れに関して、これまで多くの研究によって以下の点が明らかにされている¹⁾²⁾。流況を決定する重要な要素は、第一に低水路内流れと高水敷上流れとの交差角を決める「低水路の蛇行度」、第二に高水敷上の流速を決める「高水敷の粗度と高水敷水深」である。

これまで、高水敷幅が縦断方向に変化することによる高水敷流れと低水路流れの間の出入りが複断面蛇行流れの基本的な機構であるという視点から、流下方向に直線的である堤防間を低水路が蛇行している流路を用いてきた。しかし、堤防は高水敷流れの方向を決め、それにより高水敷流れと低水路流れとの交差角も変わってくる。

堤防法線が複断面流れに及ぼす影響についての研究には、木下³⁾、Naish⁴⁾によるものがある。木下は、洪水流の航空写真の解析と移動床実験によって、堤防法線と低水路法線がある一定の関係にあるとき、低水路に沿って安定した流れが実現する可能性があることを示した。森, 岸⁵⁾は、木下の結果を数値計算によって説明することを試みている。

本研究では、堤防が蛇行した流路の代表例として堤防が低水路に対して $(\pi/2)(1/4)$ 波長)位相が先行する場合と、それとは反対に堤防が低水路に対して $(\pi/2)$ 位相が遅れる場合の2ケースの実験を行い、直線堤防内の蛇行流路の流れと比較することで、複断面蛇行流路の主流・二次流に影響を与える第三の要素としての堤防法線の役割を明らかにする。

* 正会員 工博, Ph. D. 広島大学教授 工学部第四類(建設系)(〒739 広島県東広島市鏡山1-4-1)
** 正会員 工修 広島大学助手 工学部第四類(建設系)

2. 実験方法

幅2.2m, 全長22.5mの鋼製可変勾配水路内に、高水敷を左右岸に配置し複断面蛇行水路を製作した。高水敷は河床勾配が1/600で、粗度付けのための人工芝を張った。低水路は幅50cm, 深さ4.5cmの長方形断面で、片振幅56cm, 波長4.1m, 蛇行度1.17, 最大偏角41°のサイン型の蛇行が5波長繰り返しており、低水路の河床勾配は1/700である。直線の堤防は水路壁をそのまま用い、また、蛇行した堤防は、片振幅25cm, 波長4.1m, 蛇行度1.04, 最大偏角21°となるように水路全長にアクリル板を用いて作成した。水位計測とI型電磁流速計による流速計測は水路中央の1波長区間で行った。

実験は、堤防法線が直線の実験1、堤防法線が低水路法線に($\pi/2$)位相先行する実験2、堤防法線が低水路法線に($\pi/2$)位相が遅れる実験3の3ケースである。流量はすべて23.6l/sであり、高水敷水深は4.0cm(実験1), 4.4cm(実験2), 4.8cm(実験3)である。表-1に低水路と堤防の線形の諸元を示す。

表-1 低水路と堤防の線形の諸元

		実験1	実験2	実験3
低水路	蛇行波長	—	4.10m	—
	蛇行長	—	4.77m	—
	蛇行度	—	1.17	—
	最大偏角	—	40.6°	—
	低水路幅	—	0.50m	—
堤防	蛇行波長	—	4.10m	4.10m
	蛇行長	—	4.25m	4.25m
	蛇行度	1.00	1.04	1.04
	最大偏角	0.0°	21.0°	21.0°
	流路全幅	2.20m	1.70m	1.70m
防	低水路との位相差	なし	$\pi/2$ 早い	$\pi/2$ 遅い

3. 実験結果

3.1 堤防形状と高水敷流れ

図-1は各実験ケースについて水面から2cm下における平面流況を流速ベクトルで表したものである。実験1の図には流速の測定断面を示してある。

高水敷上の流れは、実験1の場合には堤防が直線であるため、ほぼ直進するが、低水路に流入するときに低水路の主流にすりつくように大きく曲げられる。このため高水敷上の流れは、低水路法線と逆位相の弱い蛇行を描いており、低水路流れと少し角度を持って交わっている。

堤防が低水路に先行して蛇行している場合(実験2)、低水路の最大曲率断面の直下流の断面No. 2~4やNo. 8~10で低水路から高水敷に流出する流れが、河道内に張り出した堤防によって低水路側に曲げられるため、堤防の張り出し部分の背後は死水域となる。全体の流れが低水路の蛇行振幅の直線範囲に限定され、流速分布は直線堤防の実験1に近い形となっている。堤防によって低水路側に戻された高水敷流れは、断面No. 4~10の右岸付近や断面No. 10~13の左岸付近で堤防が広がっていく影響を受けて僅かに外向きのベクトルを持つ

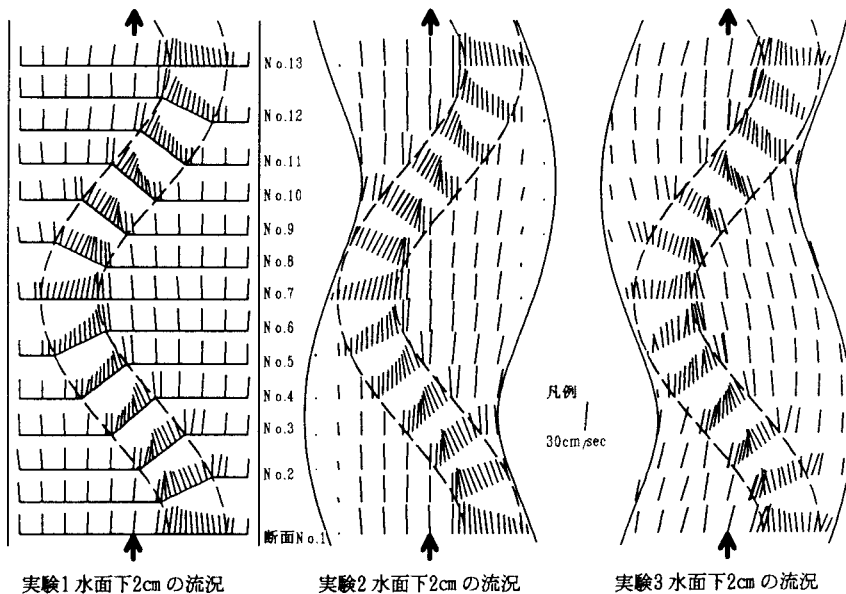


図-1 各実験ケースの水面下2cmの平面流況

が、低水路に再び流入するときに内向きに偏向されるため、低水路へ流入するときの流向はほぼ流路勾配の方向である。この流入の角度は三つの実験中で一番小さい。

堤防が低水路に遅れて蛇行する場合(実験3)、低水路から流出した流れは、堤防によって妨げられることなく高水敷全体にほぼ一樣な流れが生じ、その向きは堤防の法線形とほぼ一致している。そのため、高水敷流れの低水路への流入角度は大きくなる。

3.2 水深と流速

実験1の高水敷水深は4.0cmである。実験2と3では流路幅が狭くなっているため、実験1に比して水位がそれぞれ4~5mm、8~9mm上昇している。実験3の方が水位が高くなるのは、高水敷流れと低水路への流入角度が大きく流れの混合による抵抗が大きいためと考えられる。

また高水敷流速は実験1に比べ2割程度増大している。これに対し低水路流速はあまり変化していない。高水敷との間に入りりがほとんどない低水路の最大曲率断面のNo. 1, No. 13, No. 25では、実験1と実験2はほぼ同じ流速分布形であり、実験3でも低水路河岸付近を除けば同様である。このように実験2と3では、流路幅が狭くなり水位が上昇したことで、低水路より粗度が大きい高水敷において顕著な流速の増大がみられる。

3.3 二次流の形状

図-2は低水路内の横断方向流速ベクトルを測定断面毎に示したもので、ベクトルから読みとった流れの様子を矢印で表している。最大曲率断面(No. 7, No. 13)において複断面蛇行流れに特有の二次流セル²⁾、すなわち、水面近くで内岸向きで河床近くで外岸向きとなる流れが各実験ケースともに見られる。高水敷から低水路へ流入する流れの流速や流入角度が各実験ケース毎に異なるため、二次流の発達の様子やセルの形状、強さには違いがあるが発生・発達の機構は同じである。

4. 他の位相差での流況

図-3は、低水路と堤防の法線が実験と同じ波長、蛇行度、振幅で、異なる位相差を持つ場合について右岸側高水敷の流速ベクトルを推定したものである。各図面の下には、堤防と低水路の位相差($+0\pi$, $+5/4\pi$ など)と堤防幅($B=1700$ など)を示している。点線で囲ってある部分は死水域となる箇所である。

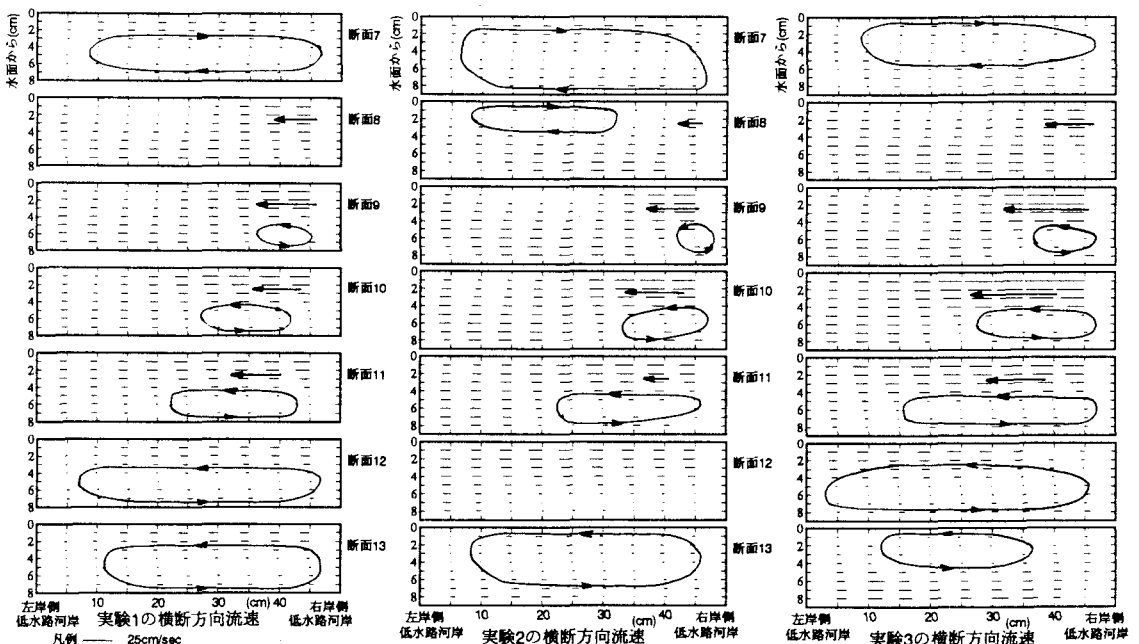


図-2 各実験ケースの低水路内横断方向流速ベクトル図

これらから、位相差が $+0\pi \sim +\pi$ の場合すなわち堤防法線と低水路法線が同位相の場合と逆位相の場合、そして堤防が低水路に先行する場合は死水域が現れて流路がせまくなった流れとなる。位相差が $+5/4\pi$

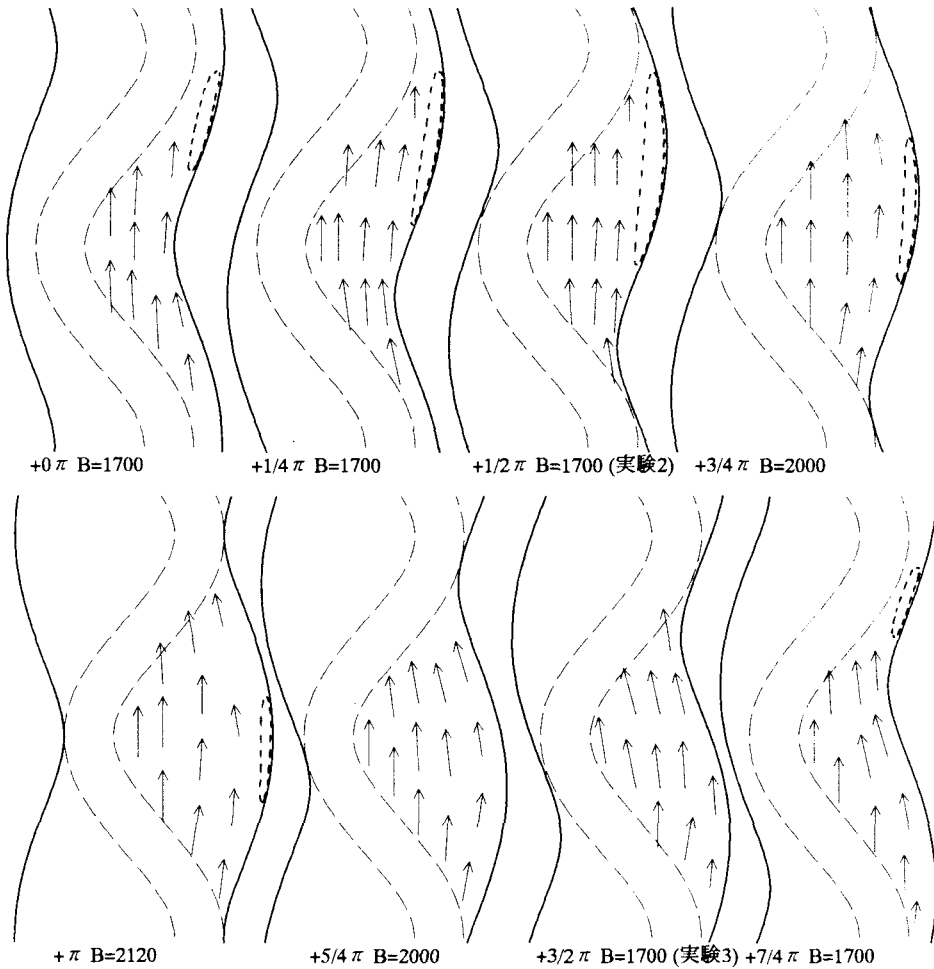


図-3 堤防と低水路の位相差による流況の変化予想図 (点線で囲まれた部分は死水域)

5. 結論

(1)複断面蛇行流路で堤防が直線であれば、高水敷の流れは低水路による偏向を受け低水路の蛇行と弱い逆位相の蛇行を呈する。(2)堤防が蛇行している場合、堤防による偏向と低水路による偏向の両方を受けた流れとなる。その結果、堤防が先行する流路では、高水敷流れは蛇行するのを妨げられ直線的に流れる。堤防の広がり部分は死水域となり、低水路の蛇行振幅に相当する狭い直線部分に流れが集中する。堤防法線が遅れる流路では、高水敷流れも蛇行し流路全体を使ったほぼ様な流れとなる。水深は前者の方が小さくなる。

(3)堤防の形状、低水路との位置関係によって、高水敷流れの低水路への流入角度と流速が変化し、低水路内の二次流の生成・発達に影響を与えるが、そのメカニズムは変わらない。

参考文献 1)福岡捷二,宮崎節夫,大串弘哉,加村大輔:堤防と低水路の法線の間位相差が存在する複断面蛇行流路の流れと河床変動,水工学論文集,第40巻,pp941~946,1996 2)福岡捷二,大串弘哉,加村大輔,平生昭二:複断面蛇行流路における洪水流の水力,土木学会論文集投稿中 3)木下良作:洪水時の沖積作用調査と適正複断面河道に関する実験的研究,文部省科学研究費「沖積河川における洪水流の制御と治水安全度の向上に関する研究(代表 岸力)」,1988 4)Naish,C. and Wilson,C.:The Effect of Berm Inclination on Flow Structure in Doubly Meandering Compound Channel, Hydra2000, IAHR, 1995 5)森明巨,岸力:昭和56年石狩川洪水で観測された弯曲部河床変動の特性,第30回水理講演会論文集,pp.493~498,1986