

1. 序論

河道湾曲部および蛇行部では外岸側に流れが集中するため治水面上において河岸保護が重要である。特に、近年、台風などによる大雨が頻繁に起こっていることから、河川の増水による災害がよりいっそう危険視されており、その重要性は大きくなっているといえる。これに対処する方策として河岸の自由度をある程度認めた水制の利用が注目されている。河道湾曲部における透過型および不透過型水制の配置が流れ構造や河床変動に及ぼす影響についてはすでに検討がなされている。本研究は、水制の硫化方向配置は固定し、水制軸の流れ方向に対する設置角の変化が流れ構造および河床変動に与える影響について実験的に検討したものである。河道湾曲部における不透過型水制が流れ構造および河床変動に与える影響は大きいという過去の研究結果を考慮し、本研究では透過性の大きい杭型水制に着目し、杭が水面よりも出る非水没型および水制高が水深の約1/2となる水没型の2パターンについてそれぞれ設置角を変化させて固定床および移動床実験を行った。

2. 実験条件

実験水路は曲率半径R=2.7m、水路幅B=0.9mで、R/B=3.0とし、湾曲偏角 $\theta=60^\circ$ として実験を行った。実験条件を表2-1に示す。流量は最上流計測断面において電磁流速計によって計測した流速より求めた。水深hは上流90cmにおける水深の平均値である。水深平均流速Umは最上流断面の断面水深平均流速の平均値である。また、座標系は水路中心軸に沿ってx軸、これに直角な横断方向の湾曲外岸向きにy軸、鉛直上向きにz軸をとることとする。杭型水制群は直径5mmの木材の棒を用い、側壁に対し直角に配置したモデルでは2.5cm間隔で流下方向に5本、横断方向に9本、水制幅10cm×水制長22.5cmとした。上向き型、下向き型においては図2-1に示したとおりである。設置角は流下方向に向かって側壁に対し上向き型で

表2-1 実験条件

(a)固定床

配置	Case	杭高さ(cm)	h(cm)	Q(l/s)	Um(cm/s)	Fr
直角型	D-10	18	15.7	44.1	33.4	0.269
上向き型	Du-10	18	15.4	38.7	29.3	0.239
下向き型	Dd-10	18	15.4	39.3	29.8	0.242
直角型	Ds-10	7.5	14.6	41.1	31.1	0.260
上向き型	Dsu-10	7.5	15.3	40.2	30.5	0.249
下向き型	Dsd-10	7.5	15.3	38.5	29.2	0.238

(b)移動床

配置	Case	杭高さ(cm)	h(cm)	Q(l/s)	Um(cm/s)	Fr
直角型	S-10	18	15.0	39.7	31.5	0.260
上向き型	Su-10	18	15.1	37.9	29.9	0.246
下向き型	Sd-10	18	15.1	40.3	31.7	0.260
直角型	Ss-10	7.5	14.9	40.8	31.9	0.264
上向き型	Ssu-10	7.5	15.5	39.3	31.8	0.258
下向き型	Ssd-10	7.5	15.3	38.2	31.6	0.258

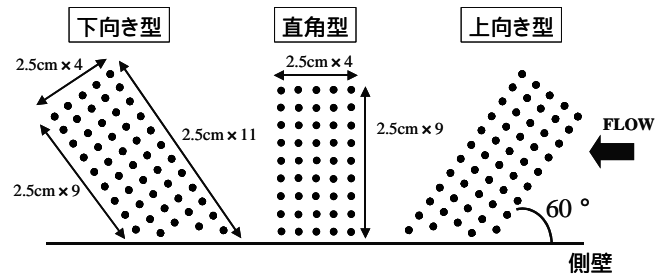


図2-1 水制設置平面図

は $\theta=60^\circ$ 、直角型では $\theta=90^\circ$ 、下向き型では $\theta=120^\circ$ とした。設置断面は湾曲角 $\theta=0^\circ, 15^\circ, 30^\circ, 45^\circ, 60^\circ$ の計5ヶ所の湾曲部外岸側に設置した。固定床実験は河床変動の初期状態における流れ構造を検討する目的で、水制模型を長方形断面水路の平坦床に直接瞬間接着剤で設置し実験を行った。移動床実験は河床変動後の流れ構造や河床変動を調べるため、平均粒径0.05cmの珪砂を湾曲上流180cmから湾曲下流200cmまで厚さ12cmで敷き詰めた。対象は静的洗掘のみであり、上流からの給砂は行っていない。通水5時間後の河床形状を計測し、河床表面をセメントで固めた後流速を計測した。断面流速は電磁流速計を用い計測し、底面流速は超音波ドップラー流速計を用い計測し、底面から3mmにおける流速から(2-1)式を用い底面せん断応力を算定した。摩擦抵抗係数 C_f は0.0090である。

$$\tau_b = \frac{\rho C_f}{2} U_b \sqrt{U_b^2 + V_b^2} \quad (2-1)$$

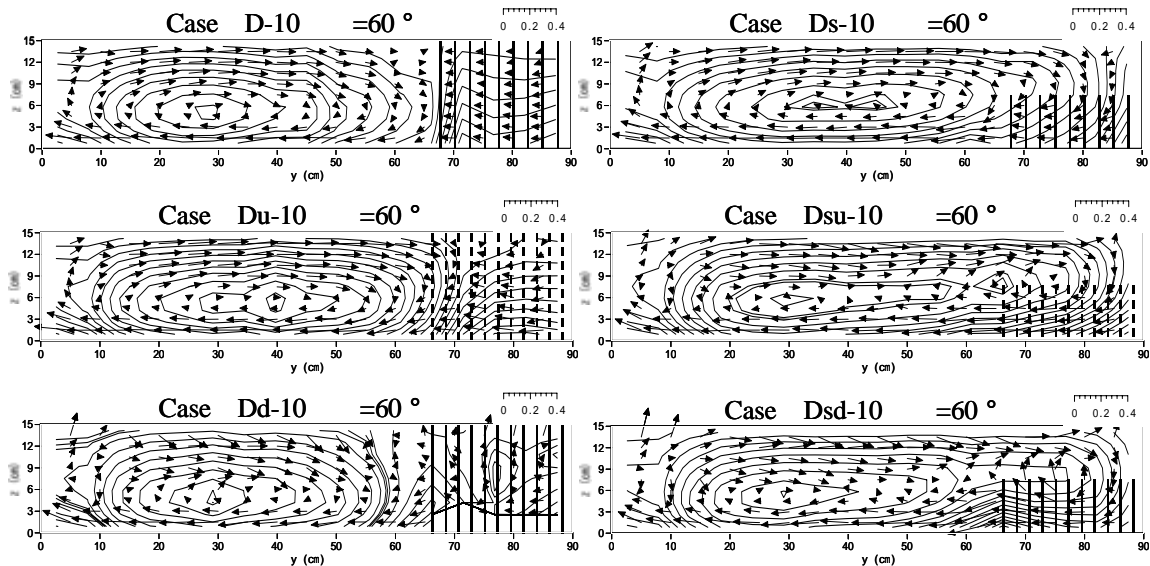


図3 - 1 2次流ベクトル(固定床)

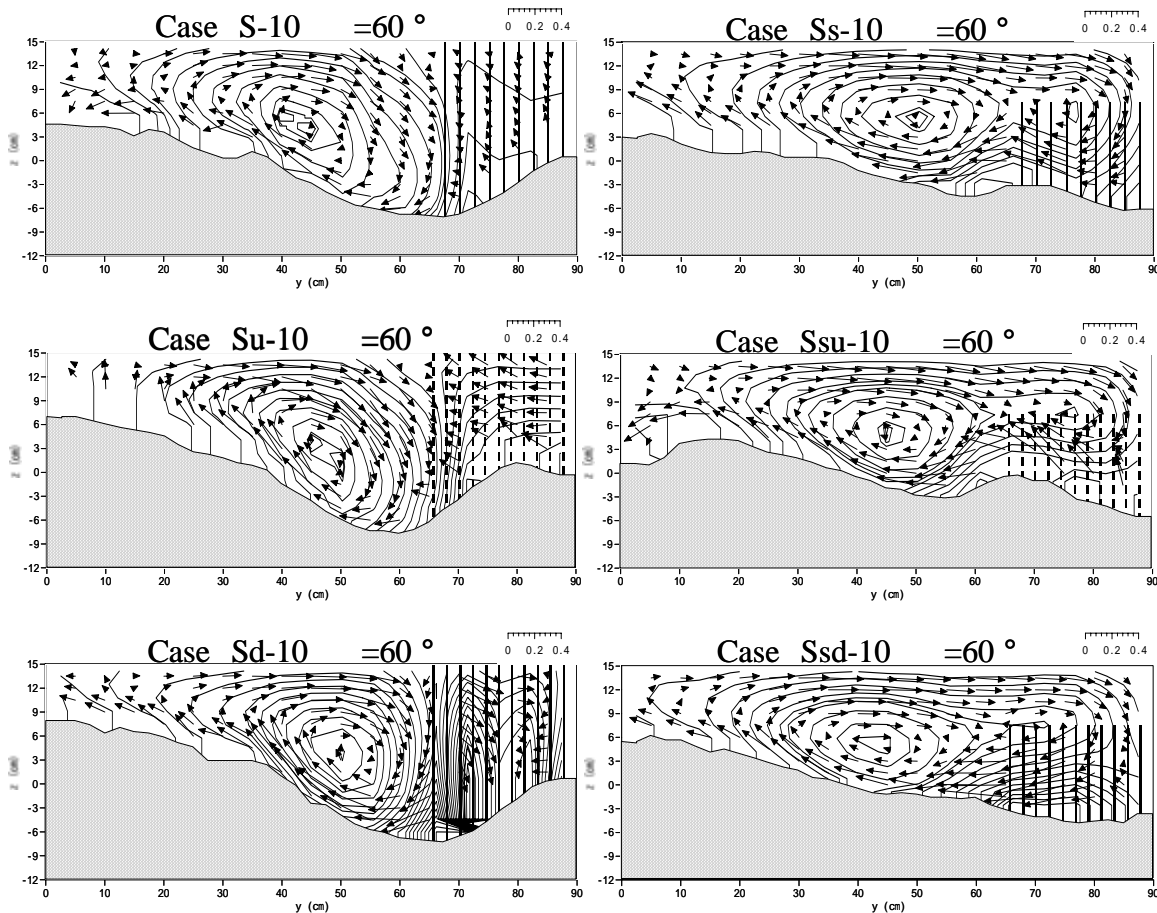
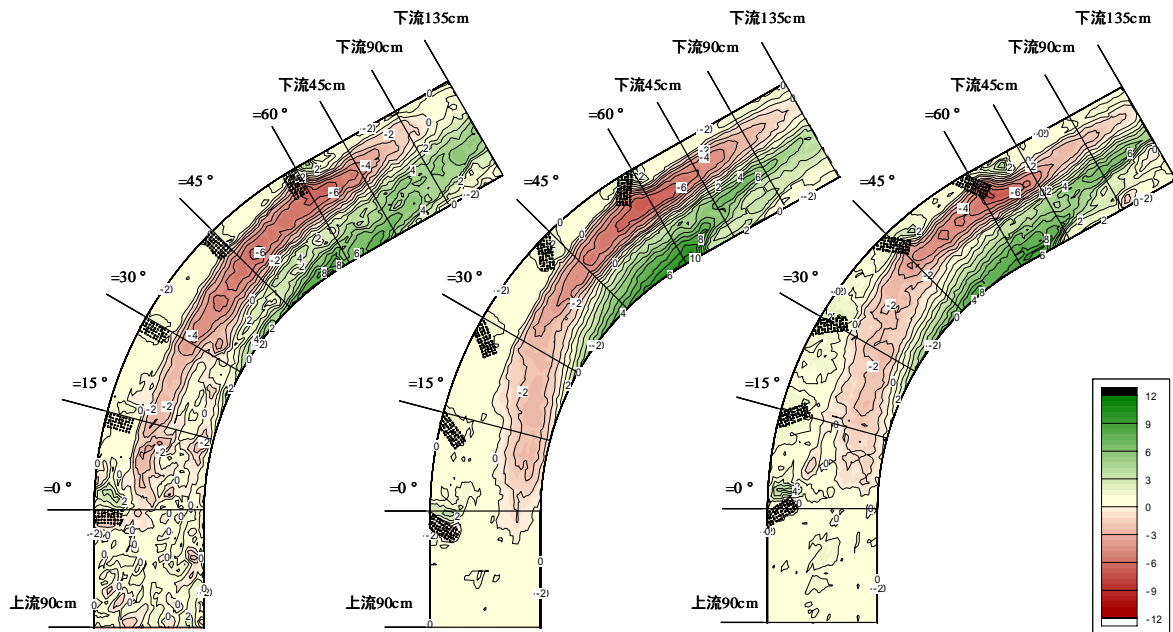


図3 - 2 2次流ベクトル(移動床)

3. 実験結果

主流速分布から高速域の位置に多少差異が見られるものの、設置角の違いによる影響を検討する上で2次流構造を中心に論じる。図3 - 1は固定床の湾曲角 $=60^\circ$ における2次流ベクトルである。非水没型の場合、3ケースとも主流域において一つの2次流を形成しており

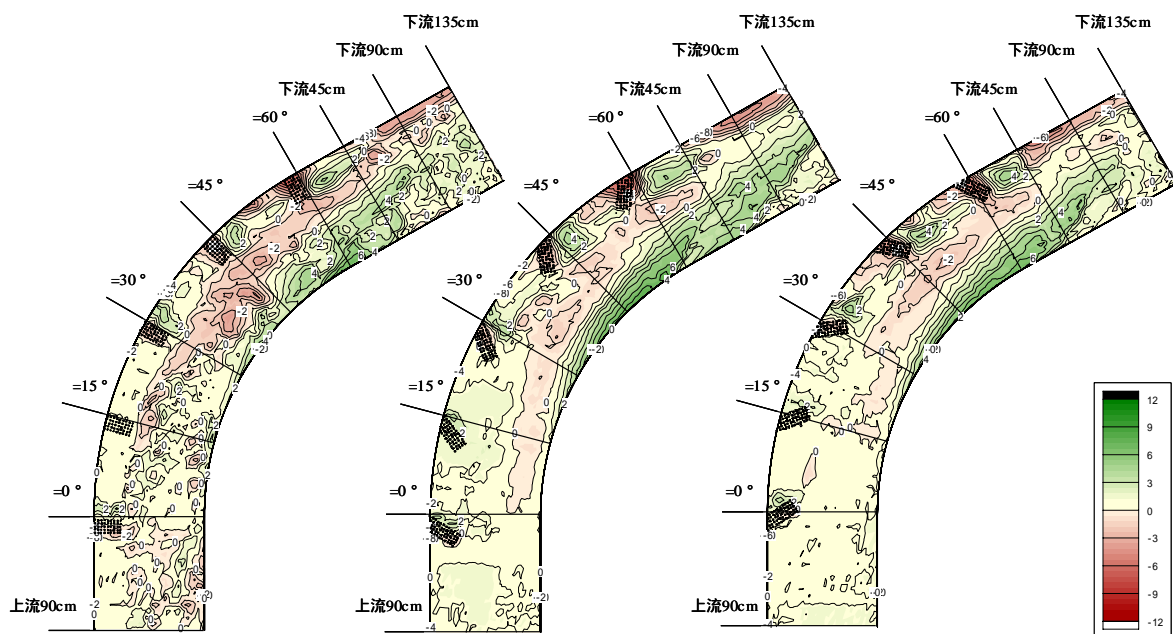
2次流の中心は上向き Du-10 が最も中央寄りである。また、直角 D-10 および上向き Du-10 では外岸側の流れは主流域に向かう流れとなっているのに対し、下向き Dd-10 では外岸側で主流域とは異なる中心を持つ別の2次流が発生しており、2重渦構造となっている。水没型の場合、3ケースとも断面全体に渡る大きな2次流を形成しており、上向き Dsu-10 および下向き Dsd-10 では水制上方において



ケース S-10

ケース Su-10

ケース Sd-10



ケース Ss-10

ケース Ssu-10

ケース Ssd-10

図3 - 3 河床高コンター

2重渦構造となっている。図3 - 2は移動床の湾曲角 $=60^\circ$ における2次流ベクトルである。非水没型の場合、3ケースとも水制境界で下降流が生じており主流域で2次流を形成している。上向き Su-10が最も2次流が傾いており、下向きのベクトルが多い。また、下向き Sd-10では水制境界から内岸側に向かう底面に沿った上昇流は若干強いものになっている。水没型の場合、断面全体で2次流が形成されているのは固定床同様であるが、3ケースとも2重渦構造となっている点が異なる。しかし、下向き Ssd-

10では水制境界前後における底面の内岸側に向かう流れが強く、はっきりとした2重渦は確認できない。直角 Ss-10および上向き Ssu-10では外岸側水制上方においてははっきりとした2重渦を形成しており、特に上向き Ssu-10では水制内底面において強い上昇流が生じている。また、ここでは示していないが2重渦自体は直角 Ss-10の方が強い。

図3 - 3は通水5時間後における河床高コンターである。非水没型において、上向き Su-10および下向き Sd-10

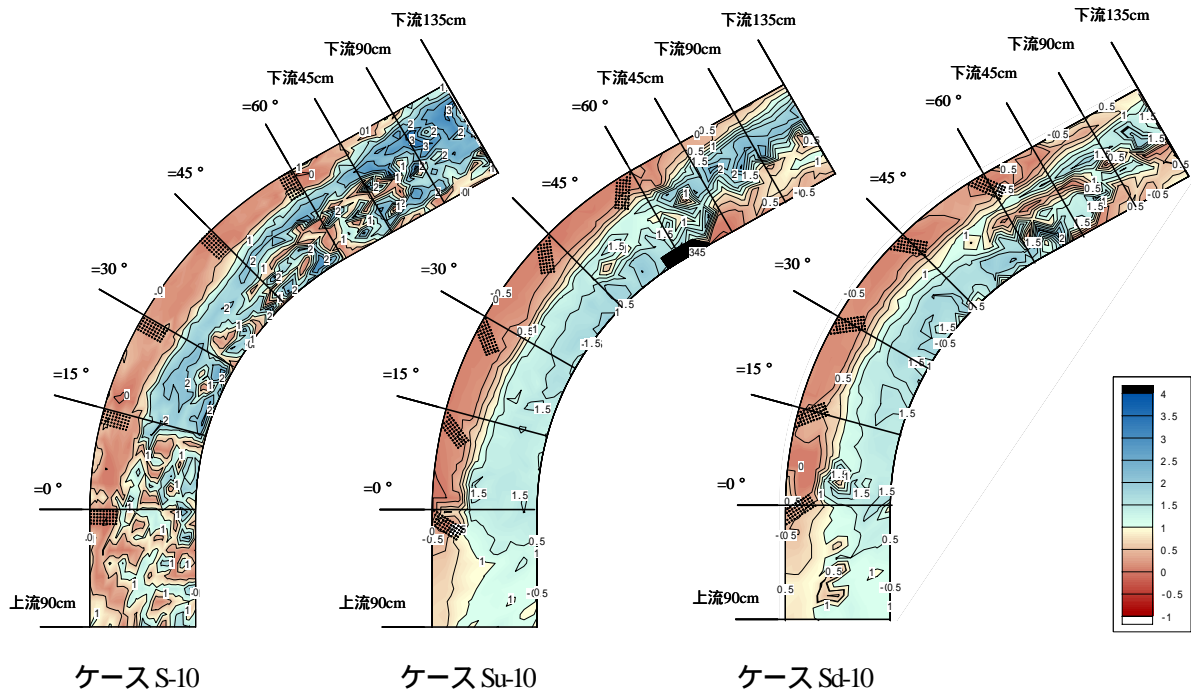


図3 - 4 底面せん断応力コンター

では湾曲角 $=0^\circ$ 内岸側から洗掘が生じ始めており、流下するにつれ洗掘域は外岸側へ寄っているのに対し、直角 S-10 では水制境界付近で洗掘が生じ始め水制境界に沿うように洗掘域が発達している。これは水制先端の水跳ねの影響による局所洗掘が先行するためと思われる。最大洗掘域は 3 ケースとも湾曲角 $=60^\circ$ 前後で生じており、水制内にまで洗掘域が進入している。また、湾曲角 $=30^\circ$ 以降内岸側において堆積が生じており、上向き Su-10 が最も堆積高が大きく、逆に直角 S-10 が最も低い。直角 S-10 では他の 2 ケースに比べ下流域における洗掘域が外岸側へと寄っているのがわかる。水没型において、3 ケースとも洗掘、堆積傾向は非水没型と類似しているものの、どちらも非水没型に比べ抑制されているのがわかる。また、非水没型と異なり水制内で洗掘が生じており、特に湾曲角 $=60^\circ$ 水制内で最も洗掘している。直角 Ss-10 および上向き Ssu-10 では外岸側水制根元で洗掘しており、これは外岸側における 2 重渦の影響と思われる。下向き Ssd-10 では他の 2 ケースより洗掘は若干抑制されているものの水制に沿うように洗掘が生じている。3 ケースとも下流域外岸側で洗掘が生じており、直角 Ss-10 では主流域の洗掘域が外岸側に寄っており、今後さらに外岸側が洗掘されると予想される。

図3 - 4 は通水 5 時間後における非水没型の底面せん断応力コンターである。下向き Sd-10 では湾曲角 $=60^\circ$

以降、他の 2 ケースに比べ値は小さくなっており、洗掘は安定するものと考えられるが、直角 S-10 では下流域まで値の大きな領域が続いていることから、今後さらに洗掘が進行すると考えられる。ここでは示していないが、水没型においても直角型の場合この傾向は変わらない。下向き型の場合、非水没型ほどではないが比較的值は小さくなっており洗掘は安定に向かうと思われる。

4 . 結論

本研究では河道湾曲部において杭型水制の設置角を変化させることで河床変動および流れ構造に与える影響について検討した。ここでは示さなかったがどのケースにおいても外岸側での減速効果は機能しており、非水没型ではその効果は大きい。しかし、透過性が高いことから 2 次流の抑制までは至らなかった。特に水没型の場合、直角型および上向き型で 2 重渦の影響による局所洗掘が水制根元で生じることから河岸保護上、問題のある結果となった。また、直角型の場合、下流域において洗掘域が外岸側にまで到達することが予想されることから本実験条件中では最も危険であるといえる。下向き型の場合、洗掘は生じるものの他の 2 ケースに比べ比較的抑制されていることと、下流域においても洗掘が生じる危険性が少ないことから本実験の範囲では河床変動制御という点で適当であると考えられる。

指導教官 富永晃宏 教授