

円柱橋脚に作用する抗力と揚力

広島大学工学部 正員 ○福岡捷二
(株) 建設技術研究所 正員 宮川朝浩
(株) 熊谷組 正員 飛石 勝

1. 序論

河道内に設置された橋脚周辺に生じる著しい局所洗掘は、橋梁の安全性を確保する上で重要な問題となっている。そのため橋脚周辺及び洗掘孔内の流れ場、河床変動、そして橋脚に作用する流体力を把握することは橋脚の設計上特に重要である。本研究では移動床直線水路内に円柱橋脚模型を設置し、その周辺の流れ、圧力分布、河床変動を詳細に測定し各々の現象について考察を行う。さらに洗掘孔を有する円柱に作用する流体力の算定を行い、その特性を河床形状及び流れ場と関連付けて検討する。

2. 実験方法

実験には図-1 に示すような一様砂を敷き詰めた移動床直線水路を用いる。その水路内に円柱橋脚模型を設置して通水し、局所洗掘を伴う円柱の周辺における流速、水位、河床変動及び円柱に作用する圧力を詳細に測定する。圧力は円柱壁面に鉛直方向 1cm の間隔で設置された直径 1mm の小孔群によりマノメータを用いて測定する。円柱を 360° 回転させることにより円柱全表面の圧力を測定し、抗力・揚力を算定する。実験は表-1 に示すように平均水深の異なる 2 ケースについて行っている。

表-1 水路諸元及び実験条件		
	case 1	case 2
水路幅	1.5m	
水路長	27.5m	
円柱直径	20cm	
流量	66 l/sec	90 l/sec
平均水深	11.6 cm	13.8cm
平均流速	40.7 cm/s	44.2 cm/s
Fr 数	0.38	0.38
Re 数	9.0×10^4	9.6×10^4
砂の平均粒径	0.8 mm	
水深/橋脚幅	0.58	0.69
水深/粒径	145	173
給砂量	31.7 l/hour	50.4 l/hour
初期河床勾配	1/600	
通水時間	65 時間	61 時間
水温	11 ℃	24 ℃

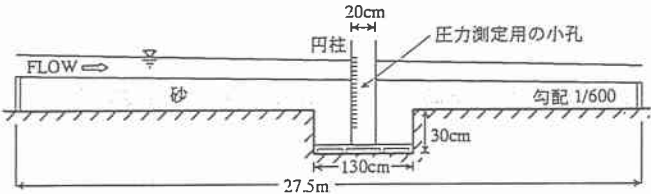


図-1 実験水路全体図

3. 実験結果及び考察

3-1 局所洗掘孔とその発生要因

図-2 に円柱周辺における初期河床高からの変動量コンター図を示す。円柱周辺には大きな洗掘が生じ、円柱後方には堆積がみられる。図-3 に円柱の前面と背面の流速ベクトル図を示す。円柱の前面では壁面に沿って潜り込む下降流が卓越し、洗掘を引き起こしている。一方円柱後方では上昇流とそれに伴う左右対称の渦が存在する。

3-2 流れ場と流体力の関係

図-4 に円柱周りの流れについて(a)円柱上部(水面付近)と(b)円柱下部(洗掘孔内)についての平面流速ベクトル図を示す。(a)は流れが大きく剥離しているが、(b)では剥離が小さいスムーズな流れになっている。

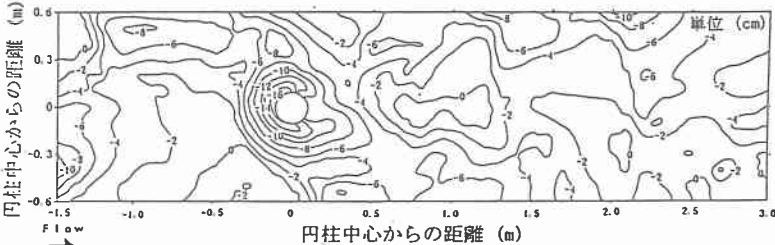
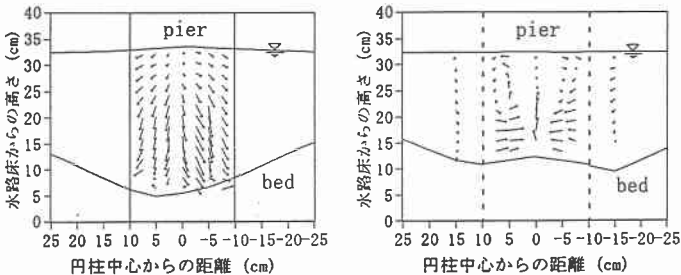


図-2 河床変動コンター図



(a) 円柱の前面 (b) 円柱の背面

図-3 流速ベクトル図(水路横断面)

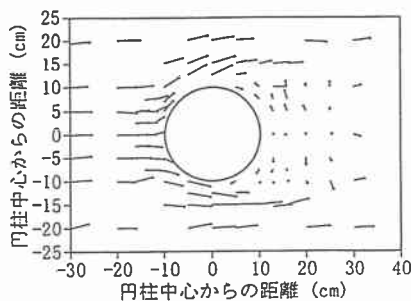
本実験では Re 数が大きい形
状抵抗のみを考え、円柱表面に作用
する圧力を積分することにより流体
力を算定した(表-2)。また、円柱の
各高さ毎の局所的抗力・揚力分布を
算定し図-5にその鉛直分布を示す。
縦軸が高さ、横軸は各高さ毎の円柱
表面に作用する圧力の流下・左岸方
向成分の積分値(即ち抗力・揚力)
の大きさである。円柱上部では剥離
に起因する大きな抗力が生じてい
るが、下部では剥離が小さいため抗
力が小さい。

3-3 既往の研究結果との比較

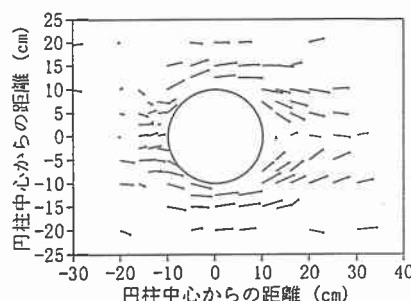
表-2に算出した流体力及び抗力
係数・揚力係数を示す。本実験で得
られた円柱の抗力係数は、一般的に
用いられる2次元円柱の抗力係数
の値($=1.2$)よりも小さい。これは洗
掘孔の影響により、円柱の上部と下
部でその周りの流れ場が異なるた
めである。そこで洗掘孔の影響が少
ない円柱上部(水面から5cmの範
囲)の抗力を用いて局所的な抗力係
数を算定した。その結果はcase1で
0.90、case2で1.13であり、大き

な剥離を伴う円柱上部では2次元円柱周りの流れに近い流れが発生している。このことより洗掘孔による河床付
近の剥離の小さな流れが、流れ場全体にどれほどの影響を及ぼすかによって抗力係数の値は変化するとと言える。

一方揚力については、case1で特に大きく発生している。これは図-6の水位コンター図が示すように、case1
の水深がcase2よりも小さいために河床波の影響が水面に現れ、円柱まわりの流れ場が左右対称とならず円柱側
面に大きな水位差が生じているためである。



(a) 円柱上部(水面付近)



(b) 円柱下部(洗掘孔内)

図-4 流速ベクトル図(水路平面)

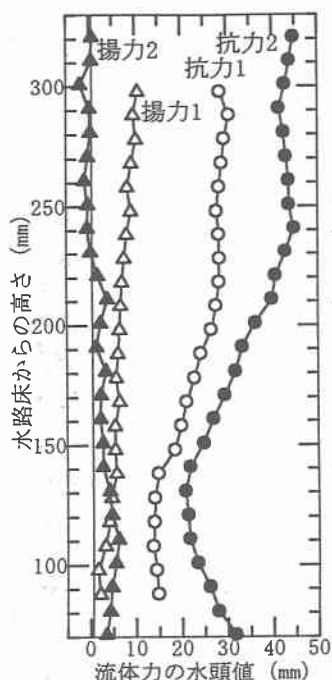


図-5 抗力・揚力鉛直方向分布図

表-2 抗力・揚力及び抗力係数・揚力係数

	抗力D (kgf)	抗力係数 C_D	揚力L (kgf)	揚力係数 C_L
case 1	0.274	0.71	0.079	0.20
case 2	0.493	0.89	0.028	0.05

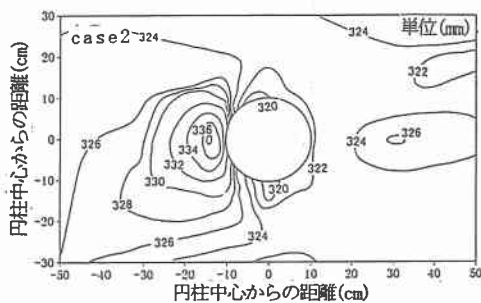
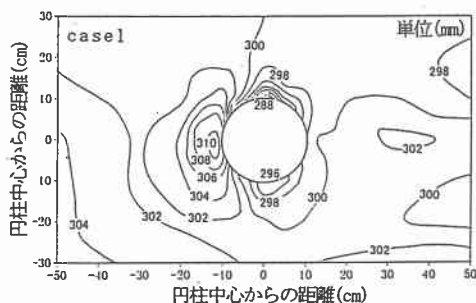


図-6 水位コンター図

4. 結論

- 1) 円柱上部では剥離のため局所的抗力は大きく、下部では洗掘孔により剥離が小さくなり局所的抗力も小さい。
- 2) 全体の水深 h に占める洗掘深 z の割合 (z/h) が大きいときの円柱の抗力係数は、既往の値($=1.2$)よりも小さい。
- 3) 一般的に揚力は小さいが、水深が小さくすると河床波の影響が現れ、揚力が無視できなくなる。