

近接する橋脚に作用する流体力と河床変動

広島大学大学院 学生会員 ○名尾耕司
広島大学工学部 フェロー 福岡捷二
(株)建設技術研究所 正会員 宮川朝浩

1. 序論

近年、橋梁が近接して建設されることが多くなり、近接橋脚についてそれぞれの流体力、最大洗掘深等を見積もることが安全性、経済性との関わりで重要である。本研究では、移動床直線水路の中央に2本の円柱橋脚模型を円柱直径の4倍の間隔で縦断配置し、同実験条件における単円柱¹⁾に関する流体力、最大洗掘深等の実測結果と比較検討するとともに近接橋設計のための基礎資料を得ることを目的としている。

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大型直線水路を用いる。水路内に円柱橋脚模型を2本設置して通水し、円柱周辺の流速、水位、河床変動及び円柱に作用する圧力について詳細に測定する。円柱の圧力は壁面に鉛直方向1cmの間隔で穿たれた直径1mmの小孔群を有する円柱橋脚模型とマノメータを用いて測定する。円柱を回転させることにより円柱全表面の圧力分布を測定し、抗力、揚力を算定する。この橋脚模型と同一サイズのもう1つの模型を用いて上流側、下流側に位置するそれぞれの近接円柱に作用する流体力を求める。実験条件を表-1 に示す。単円柱実験での結果では円柱背面80cmでの河床砂の堆積が顕著であったため円柱間の距離を80cm ($L/D=4$) とした。

3. 実験結果及び考察

3-1 円柱周辺の局所洗掘状況

図-2 に円柱周辺における初期河床からの変動量コンターを示す。上流、下流両円柱とも前面で大きな洗掘が生じており、最大洗掘深となっている。その洗掘深は下流円柱の方が上流円柱より小さいものとなっている。円柱間の河床形状は単円柱背面の状況と類似している。下流円柱背面で堆積が見られ、80cm 下流において最も顕著である。表-2 に近接円柱それぞれの最大洗掘深を単円柱の場合と併せて示す。上流円柱の最大洗掘深は単円柱とほぼ同様となっている。下流円柱は上流円柱の影響を受け最大洗掘深は小さくなっている。

表-1 水路諸元および実験条件

水路幅	1.5m
水路長	27.5m
円柱直径 D	20cm
円柱中心間距離 L	80cm ($L/D=4$)
流量	90 l/sec
平均水深	13.3cm
平均流速	45.2cm/sec
フルード数	0.40
レイノルズ数	9.4×10^4
砂の平均粒径	0.8mm
砂の比重	2.59
水深粒径比 h_w/d_m	166
給砂量	50.4 l/hour
初期河床勾配	1/600

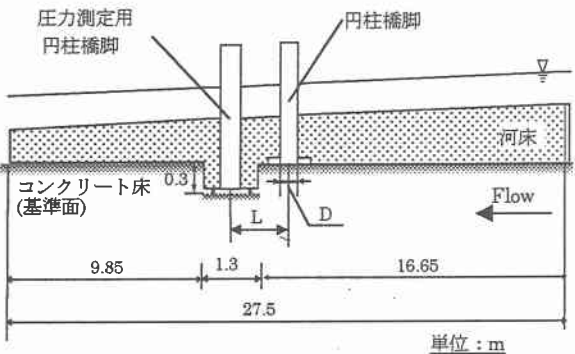
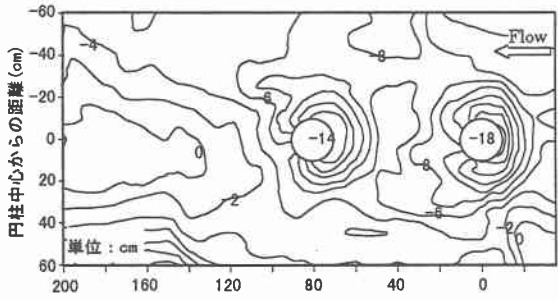


図-1 実験水路



上流円柱中心からの距離 (cm)
図-2 河床変動コンター

表-2 最大洗掘深

	Z_{max}/D (最大洗掘深/円柱直径)	
	上流円柱 (単円柱)	下流円柱
単円柱実験 ¹⁾	0.90	
近接円柱実験	0.87	0.74

3-2 流れ場と流体力の関係

図-3 に水路中央部縦断面での流速ベクトル図を示す。上流円柱の影響で、下流円柱の接近流速は水面付近で小さくなっており接近流速の分布形が上流円柱と異なる。図-4 に円柱周辺の基準面からの水位コンターを示す。下流円柱前面の水位上昇が上流円柱背面の水位をせきあげ上流円柱前面、背面の水位差が単円柱より小さくなる。

本実験では Re 数が大きい円柱に働く表面抵抗は無視でき、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で流体力を算定した(表-3)。単円柱、上流円柱、下流円柱について円柱の各高さ毎での局所抗力の分布を図-5 に示す。縦軸が高さ、横軸は各高さ毎の円柱表面に作用する正味の圧力(抗力)である。円柱下部ではいずれも剥離が小さくなることにより局所抗力が減少している。上流円柱の上部では、下流円柱の影響による水位差の減少のため、局所抗力が単円柱より小さくなる。下流円柱上部では、上流円柱により水面付近で接近流速が減少するため、局所抗力は上流円柱よりも減少している。

3-3 単円柱の研究結果との比較

本研究で得られた近接円柱の抗力と単円柱実験で得られた抗力を、抗力係数を用いて比較する。抗力係数は実測圧力より算出した抗力と、上流円柱より上流での断面平均流速を用いて算出した(表-3)。単円柱、近接円柱の場合、上流円柱の抗力係数は、単円柱の結果とほぼ等しい。下流円柱の抗力には測定値の平均値を用いているが、抗力係数は単円柱より小さい。

3-4 下流円柱の抗力の変動とその要因

下流円柱周辺の河床は上流円柱の存在のため河床高が変動しやすくなる。これは上流円柱の影響で相対的に円柱間の流れが弱まることにより上流円柱背後の土砂輸送量の変化、及び河床波の移動の影響を受けやすくなるためである。このため下流円柱は上流円柱に比べ抗力の変動が大きくなる。表-4 は同一の水理条件で異なる時間に測定した下流円柱の抗力の平均とその変動を標準偏差で表わしたものを示す。抗力の変動は平均値の約 30% にも達する大きさとなる事が分かる。

4. 結論

上流円柱は下流円柱の存在により抗力係数が単円柱の場合より小さくなるがその差は小さく $C_D=0.81$ となり単円柱とほぼ同様である。最大洗掘深も単円柱とほぼ同様で $Z_{max}/D=0.87$ となる。

下流円柱は上流円柱の影響で抗力係数、最大洗掘深は単円柱より小さく平均値で $C_D=0.55$, $Z_{max}/D=0.74$ となる。また平均抗力の 30% の変動が確認された。

参考文献

1) 福岡捷二・宮川朝浩・飛石勝：円柱橋脚まわりの流れ、河床変動と流体力、水工学論文集第 41 巻, pp729~734, 1997

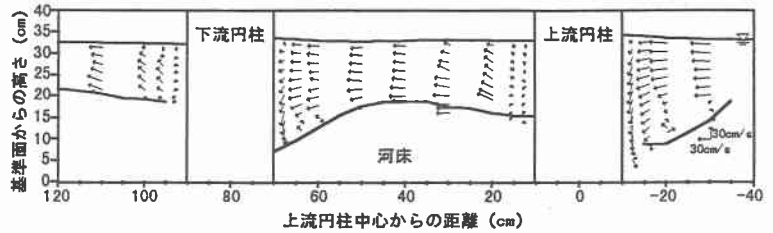


図-3 流速ベクトル (水路中央縦断面)

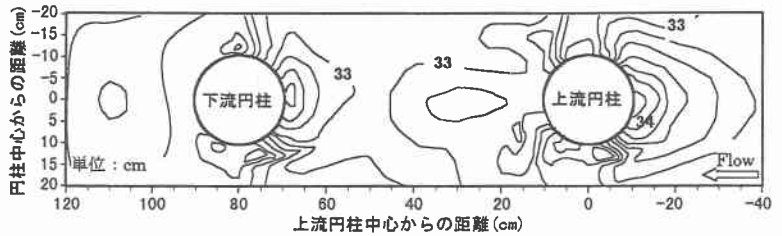


図-4 水位コンター

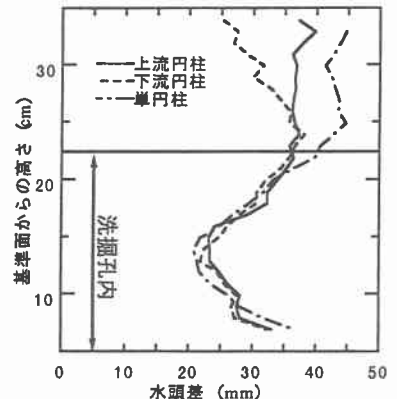


図-5 局所的抗力分布

表-3 抗力と抗力係数

	抗力 (gf)		抗力係数 C_D	
	上流円柱 (単円柱)	下流円柱	上流円柱 (単円柱)	下流円柱
単円柱 ¹⁾	493		0.89	
近接円柱	472	318	0.81	0.55

表-4 下流円柱の抗力の変動

通水時間 (hour)	抗力 (gf)
15.5	209
27.5	436
30.5	310
平均	318
標準偏差	93