

京都大学防災研究所 正員 大年 邦雄
 京都大学防災研究所 正員 今本 博健

1. はじめに

橋梁を複数本の橋脚により支持する場合、それらの配置と流水方向に応じた橋脚の相互干渉によって、橋脚周辺の局所洗掘特性および流況特性は単独橋脚の場合とは著しく異なることが予想される。

本報告は、流れを横切るように配置された二円柱橋脚を対象として、種々の橋脚間隔に対する洗掘特性および二円柱近傍の後流渦の特性に及ぼす干渉効果について実験的に検討したものである。

2. 実験的検討

実験に用いた水路は幅100 cmで、図-1に示すように二円柱を横列配置した。洗掘実験で用いた河床材料は $d = 0.077$ cmのほぼ一様砂であり、clear water scour の条件で実験を行っている。また、流況実験は平坦固定床で行い、パンチ屑をトレーサーとした表面流況を35mmスティル写真およびビデオ撮影を併用して可視化した。

図-2は、両円柱洗掘孔の幾何特性量（記号の意味は図中に併示）と円柱間隔との関係を、洗掘速度がかなり小さくなっていることを確認した通水70分後のものについて示したものである。間隔比 s/D が小さな範囲 ($0 \leq s/D \leq 0.5$) では、最大洗掘深 Z_{sm} および洗掘孔外縁の大きさ l_x, l_y は s/D の増大に伴い急激に減少するが、 $0.5 \leq s/D \leq 2.0$ の範囲では漸減傾向にあり、 $s/D \geq 2.0$ では単円柱での値とほぼ一致している。また両円柱間隙中心での洗掘深 Z_{smc} および l_{xc} は $s/D = 4$ で0となり、この間隔比において二円柱の洗掘孔は完全に分離された形となっている。橋脚自体の安全性に係わる最大洗掘深 Z_{sm} に着目すると、本実験で対象とした水理条件においては $s/D \geq 2.0$ でほぼ単円柱のものと一致しており、最大洗掘深に及ぼす二円柱橋脚の相互干渉効果は $s/D \leq 2.0$ において顕著にみられる。

次に、二円柱の相互干渉現象を両円柱より離脱する渦の周波数特性より検討した。図-3は、図中に示した点P ($z/H = 0.8$) においてプロベラ流速計により計測した流速変動の時系列記録より個々の渦離脱の時間間隔 T_i を求め、 $1/T_i$ の平均値を離脱周波数 f_s としてストローハル数 $St = f_s D/U$ を算定し、 s/D に対して示したものである。なお図中の St 値に施した縦線 I は個々の渦離脱の時間間隔より求めた D/UT_i の標準偏差を σ として $St \pm \sigma$ の範囲を示している。 $s/D = 0$ の両円柱を密着させた状態では $St = 0.10$ であるが、 D を $2D$ として St を計算すると $St = 0.20$ となり、離脱周波数でみれば直径が2倍の単円柱とほぼ同等である。両円柱の間隔を拡げていくと St は急激に増大し、 $s/D = 0.25$ では $St = 0.3$ 程度の極大値を示している。また、 $s/D < 1.0$ における個々の渦離脱の時間間隔は両円柱の相互干渉効果により極めて不規則である。一方、 $s/D \geq 1.0 \sim 1.25$ においては $St = 0.2$ であり、かつ個々の渦離脱の時間間

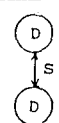
flow →		洗掘実験	流況実験
		$D = 3.8 \text{ cm}$ $H = 3.6 \text{ cm}$ $U = 28.3 \text{ cm/s}$ $Re_D = 10700$	$D = 8.0 \text{ cm}$ $H = 5.1 \text{ cm}$ $U = 20.0 \text{ cm/s}$ $Re_D = 13400$

図-1 橋脚の配置と水理条件

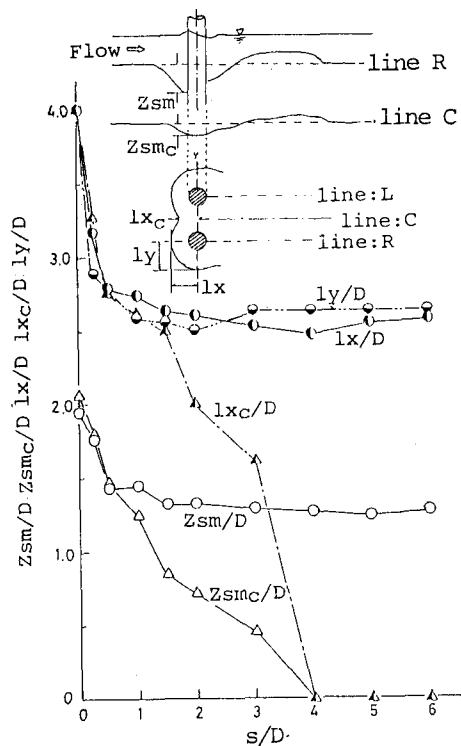


図-2 洗掘孔の幾何特性量と間隔との関係

隔もかなり規則的となって単円柱の場合の離脱特性へと漸近している。横列二円柱においては、その間隔が円柱径よりも小さい時、両円柱の間隙流れが左右に偏流する現象が観察された。ただし、その偏流は不安定で右または左に向う二つの状態の間を時間的に不規則に移行する。この偏流現象が二円柱の相互干渉効果として働き、上述した渦離脱の周波数特性を支配している。そこでこの偏流現象を検討するために、二円柱近傍の後流域における表面流況をパンチ屑をトレーサーとして固定点より可視化し、トレーサーの軌跡（露光時間1/16秒）より流線パターンとして扱った。ここでは $s/D=0.5$ および1.0における数例を示すと図-3および4のようである。本実験で対象とした $ReD=13,400$ 程度の流れで、二円柱間隙流れに偏流が生じている時には、 s/D が非常に小さな範囲を除くと、間隙流れが偏流した方の円柱は活発な渦形成および放出を行うとともに、間隙流れが渦と渦の間へ大きな曲率で連行される現象が共通に観察される。いま $s/D=0.5$ に注目すると、非偏り側円柱からの剥離せん断層は偏り側円柱の後流の中へは連行されず非偏り側円柱の背後に明確な渦の形成を行っている。したがって、非偏り側円柱も自身が放出した渦と渦の間へ間隙流れを連行しようとするため、間隙流れの動向に不安定効果を与える作用を及ぼし、その結果左右に偏流する現象が不規則的に継続するものと考えられる。一方、 $s/D=1.0$ においては二円柱の間隙流れが左右に偏流する現象はみられなくなり、図-5に示すように、両円柱間隙中心線に対してほぼ対称な流線パターンが頻繁にみられるようになり、両円柱の相互干渉効果が渦の離脱特性に及ぼす影響はかなり弱まったものとなっている。

3. おわりに

本報告では、並列二円柱における洗掘特性および渦離脱の特性についての実験結果を示したが、今後は、上述した間隙流れと個々の渦形成および放出と関係性を詳細に検討するとともに、カルマン渦列の相互干渉および洗掘場での流況についても検討してゆく予定である。

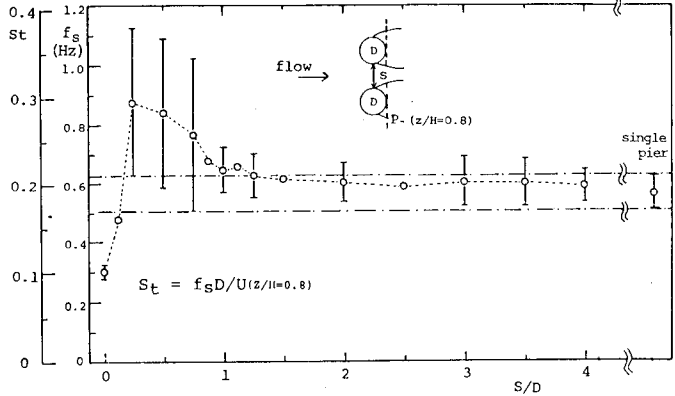


図-3 円柱間隔によるストローハル数の変化

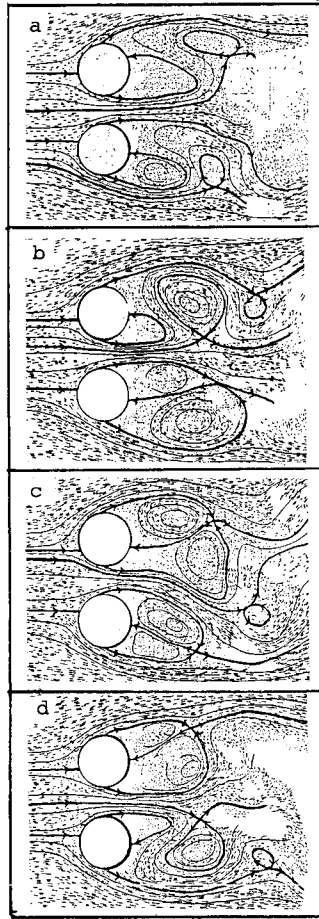


図-4 流線パターン ($s/D=0.5$)

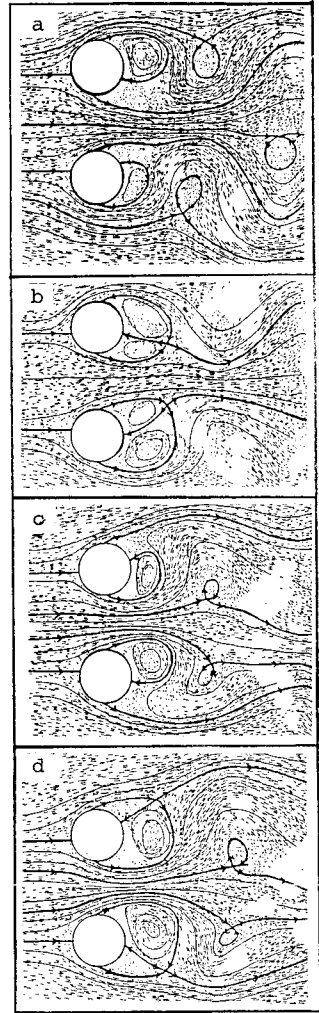


図-5 流線パターン ($s/D=1.0$)