

多円柱橋脚周辺の水利特性について (I)

— 局所共掘特性 —

京都大学防災研究所 正員 今本 博健
 京都大学防災研究所 正員 大早 邦雄
 矢作建設工業株式会社 正員 〇竹尾 和彦

1 はじめに 橋梁の設計に関しては橋脚周辺の局所共掘現象を把握することが重要である。そこで本報告は、多円柱橋脚の配置が共掘特性に及ぼす影響を実験的に検討し、共掘防御に有利となるような多円柱橋脚の配置方法について検討を加えた。実験に際しては 図-1 に示すような4種の配列方式を用い、水利条件を一定にし、かつ静的共掘 (clear water scour) の状態を対象として共掘速度がかなり小さくなっていることが確認された通水70分後の共掘形状を計測した。なお、実験条件を表-1 に示している。

2 実験的検討

i) 配列方式と共掘規模との関係 図-2 は縦断配列 (Type: A) の場合における両円柱の共掘孔の幾何特性量と配列間隔との関係を示したものである。前円柱における最大共掘深 z_{sm1} および共掘幅 lx_1 , ly_1 は配列間隔 $S\%$ に無関係にほぼ一定であるのに対して後円柱での共掘深 z_{sm2} , z_{sd2} は配列間隔に対応して顕著な変化を示し $S\% \approx 10$ 付近で極小となっている。すなわち、 $S\%$ の増大とともに前円柱の堆積の影響がしだいに著しくなって z_{sm2} は漸減するが、ある程度以上の $S\%$ の値 (本実験では $S\% \approx 10$) に対しては堆積よりも後円柱の共掘の作用の方が卓越するようになり、 z_{sm2} は前円柱でのそれに漸近する傾向を示しているものの $S\% = 64$ に至っても前円柱のものには一致してゐず、前円柱の影響は相当下流にまで及んでいることが推察される。なお、後円柱での共掘幅 lx_2 , ly_2 は $S\%$ の増大とともに増加傾向を示している。

次に、横断配列 (Type: B) について上述と同様な検討をした結果が 図-3 である。なお、 z_{sm} , lx , ly は両円柱におけるそれぞれの値がほぼ同一であったので右岸側円柱での値を採用した。配列間隔が非常に短い範囲 ($0 \leq S\% \leq 0.5$) では z_{sm} および lx , ly は $S\%$ の増大にともない急激に減少するが、 $0.5 \leq S\% \leq 1.5$ の範囲になると漸減傾向になり、 $S\%$ が 1.5 以後ではほぼ一定値となる。すなわち、配列間隔が短い場合には最大共掘深および共掘孔は単独円柱の場合よりも大きくなるが、ある程度間隔が長くなれば (本実験では $S\% \geq 4$) 両円柱の共掘孔の形状は単独

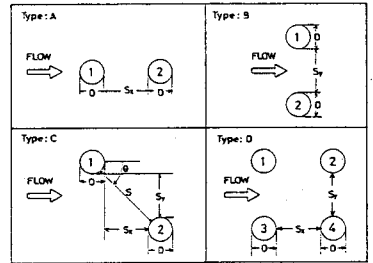


図-1 多円柱橋脚の配置

表-1 実験条件

$q=100 \text{ cm}^3/\text{s} \cdot \text{cm}$	$H=3.55 \text{ cm}$	Type: A $Sx/D=0 \sim 64$
$U_m=28.25 \text{ cm/s}$		Type: B $Sy/D=0 \sim 6$
$D=3.80 \text{ cm}$	$H=4.11 \text{ cm}$	Type: C $S/D=2, 3, 4$ ($\theta=0 \sim 90$)
$d_{50}=0.77 \text{ mm}$	$U_m=24.33 \text{ cm/s}$	Single
		Type: A $Sx/D=2$
		Type: B $Sy/D=0.5, 2$
		Type: C $Sx/D=Sy/D=2$
		Type: D $Sx/D=Sy/D=2$

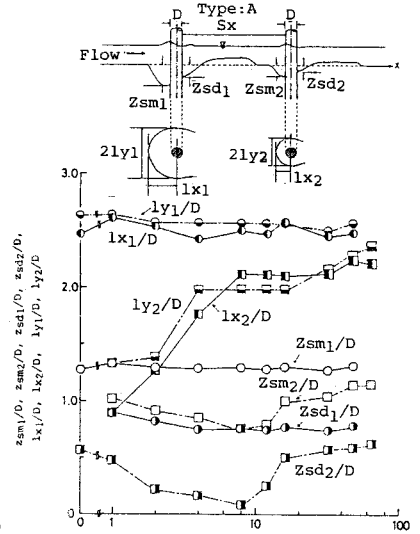


図-2 共掘孔の幾何特性量と配列間隔との関係 (Type: A)

Hirotake IMAMOTO, Kunio OHTOSHI, Kazuhiko TAKEO

円柱のそれに一致するようになる。

次に、斜配列 (Type: C) の場合の配列間隔および配列角度と最大共掘深との関係を示したものが図-4である。まず、いずれの配列間隔 ($S/D = 2, 3, 4$) においても配列角度 θ がある程度以上の値になると後円柱での最大共掘深 Z_{sm2} は前円柱でのもの (Z_{sm1}) を上回っていることが注目される。これは斜配列では前円柱にぶつかり流向を変えた流れが後円柱前面に衝突し、流速の大きな流れとなって後円柱前面の馬蹄渦を強くしたためと考えられる。次に、 S/D を大きくしていく程、配列角度 θ の小さな値で Z_{sm2} が Z_{sm1} と同じ値を示すような傾向がみられる。すなわち、配列間隔が大きく配列角度が小さい場合には、 θ の変化に対し後円柱での最大共掘深が大きく影響されるようである。配列間隔を $S/D = 4$ より大きくしていくと、 θ のより小さな値で Z_{sm2} は Z_{sm1} に一致するであろうが、ある程度以上離れれば Z_{sm2} が Z_{sm1} より大きくなることはなくなり、縦断配列以外では Z_{sm2} と Z_{sm1} はほぼ同じ値となることが予想される。

ii) 経時変化特性 経時変化の実験に際しては上述の場合と水理条件が若干異っており、流量一定で水深をいくぶん上げ、通水後 90 分間を計測した。(表-1) 本実験を対象とした各配列に対しては、上流側の円柱における共掘状況は図-5.1にみられるように単独の円柱でのものと大差なく顕著な差は認められないのに対して、後円柱での共掘特性は図-5.2にみられるように配列に応じてかなり異なっており、i) に述べた検討結果が首肯される。しかし、各配列に対する円柱前面での共掘深には配列方法に対応した差はあるが、いずれの場合にも $U_{mt}/D \geq 10^3$ ($t = 2.5$ 分以後) は共掘深が時間の 0.35 乗に比例して増大する共通の傾向を示しており、その経時変化特性には普遍性のあることが推察される。なお、かなり時間が経過すると平衡状態に漸近する傾向を示しているがあまり明確ではない。

3 おわりに 多円柱橋脚の配置に際しては、その配置形により共掘特性がかなり異なったものになる。特に横断方向で非常に接近して配置する場合や流水方向に対し斜めに配置する場合などでは単独の場合よりも共掘が活発となり、橋脚の配置に際しては慎重な配慮が必要となる。なお、本研究においては水理条件を一定にして多円柱橋脚の配置が共掘特性に及ぼす影響のみを検討したが、水理条件を変化させた場合にどのような状況になるかなどの考察に欠けているものの定性的には多円柱橋脚の共掘特性が把握されていると考える。

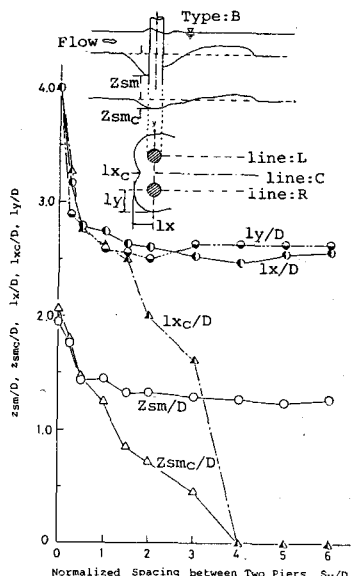


図-3 共掘孔の幾何特性量と配列間隔との関係 (Type: B)

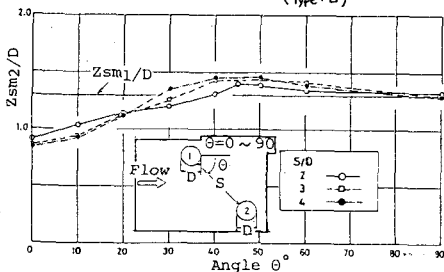


図-4 斜配列 (Type: C) における後円柱での最大共掘深の変化

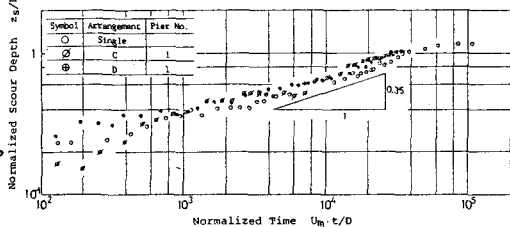


図-5.1 共掘深の経時変化 (上流側)

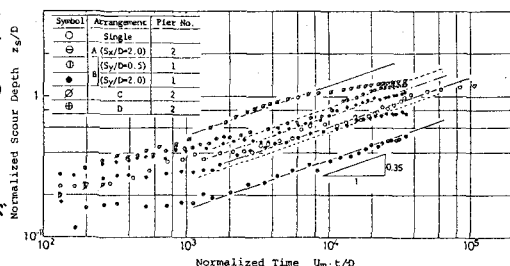


図-5.2 共掘深の経時変化 (下流側)