

橋脚周辺の局所洗掘防止法について

京大防災研究所 正員 宇民 正

1 はじめに

橋脚周辺の局所流のため、水路床近傍には主流に匹敵する大きな流速がみられるから、それが局所洗掘の主要な原因になっていると考えられる(表-1)。したがって局所洗掘を防止するにはこれらの局所流を防止・軽減すればよいとへえよう。ところで、局所洗掘防止法については従来からいろいろの工法が提案され研究されているが、上記のよう

洗掘の原因となる局所流	馬蹄型渦	下降流	主流	後流はく渦
橋脚の前方	○	○		
斜前方	○	○	○	
側方	○	○	○	○
後方				○

表-1

に局所流を軽減するという防止工の水理学的な機能面と、防止工の維持・管理および施工面とからみても、橋脚の前頭部形状を工夫する方法と橋脚の上流側に洗掘防止杭を設ける方法とくに優れているようである。本報告はこれらのうちとくに後者の方法について検討し、その適正な配置法について指針を得ようとしたものである。

2 層流実験に基づく杭型洗掘防止工の水理学的機能に関する検討

乱流状態における橋脚および杭周辺の局所流の水理学的な特性を、流体としてグリセリンと水との混合液を用いた層流状態での実験から類推する。同一流量、同一水深の下で橋脚と杭の配置を変えたとき(表-2)、流れる対称面内の流線形状および流速分布をそのおの図-1および図-2に示す。これらの図からつぎのことが指摘される。

	杭直径 2 ϕ (cm)	橋脚直径 2 ϕ (cm)	橋脚と杭の中心間隔 L(cm)	接近流
(a)	なし	304	—	水深 275 cm
(b)	0.6	なし	—	平均流速 10.7 cm
(c)	〃	304	2.5	〃
(d)	〃	〃	40	〃

表-2

(1) 杭を橋脚の前方に設置することにより、杭と橋脚の間の流速は大幅に軽減される。これは、杭の後流のために橋脚直前方における渦度の集中が妨げられたためと考えられる。(2) (c)と(d)における杭の前方の流況は(b)におけるそれと類似しており、とくに(d)と(b)との類似性が高い。このことは、杭と橋脚との中心間隔がある程度大きくなると、杭前方の局所流は橋脚の影響をほとんど受けないことを示している。

3 乱流固定床水路での実験による洗掘防止杭の配置法に関する検討

(1) 杭の大きさについて — 橋脚前方の馬蹄型渦を構成する流体は橋脚の上流側の主流

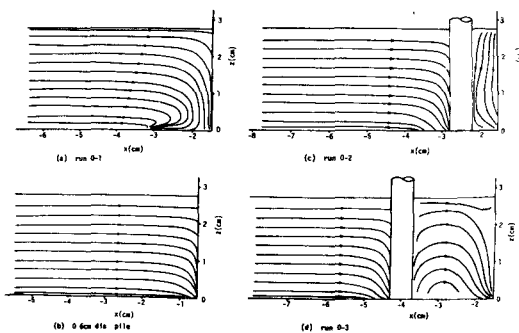


図-1

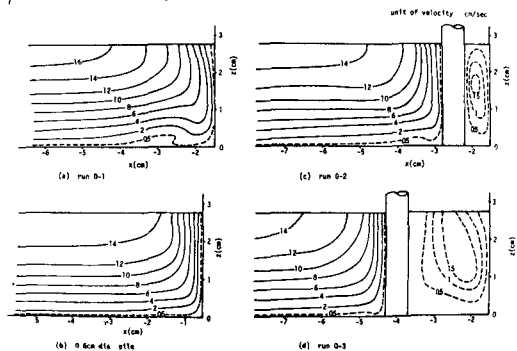


図-2

のうう流れの対称面のごく近傍の部分(橋脚の直径のせいせい¹⁾の幅の範囲内)から供給されていることが実験的に明らかにされている¹²⁾。したがって、前項(1)の考察に基づく、この馬蹄型渦に導入されるべき主流部分が橋脚前方に設置された杭の後流はくり域内に導入されるとよいといえよう。ところで図-3は乱流状態における円柱後流域の水路床近傍の流線形状の1実測例を示したものであるが、この図から、円柱の中心を通る横断面内において円柱の中心から円柱の直径にほぼ等しい距離の範囲の中にある流線は円柱の後流域に導入されていることがわかる。したがって図3の円柱を杭とみなすと、上記の諸事実から、杭の直径としては橋脚のそれの約 $1/10$ でよいことがわかる。

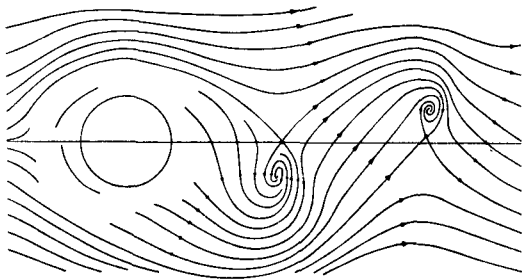


図-3

(2) 杭の位置について——橋脚前方に杭を立てた場合、当然杭の周辺にも局所洗掘が生じるはずだから、杭の周辺の局所流も軽減する必要がある。水路床面に細かい砂を一様に敷くと、杭と橋脚の周辺では局所流により砂が排除される領域(図-4の実線で示されている)が生じる。その大きさ $\bar{r}_0$ は局所流の大きさを代表していると考えられるので、同一橋脚の直径と接近流況の下で杭の位置と大きさをいろいろ変えたときの $\bar{r}_0$ の変化の模様を実測し図-5に示した。図-4で破線は杭を設置しない場合の橋脚だけによる排除範囲を示しているが、その大きさ $\bar{r}_0 = 7.95 \text{ cm}$ よりしか大きいときは $\bar{r}_0$ と L の関係は直線的でそのこう配はほぼ 45° であり、一方しか $\bar{r}_0$ より小さくなるとそのこう配はゆるやかになることが図-5からわかる。このことは、 $L > \bar{r}_0$ では L が変化しても $\bar{r}_0 - L$ は一定であるが、 $L < \bar{r}_0$ では L が小さくなるにつれて $\bar{r}_0 - L$ は大きくなることを意味している。この事実と前項(2)の考察とから、杭の前方の局所流が橋脚の影響を受けない限界は $L = \bar{r}_0$ であるといえる。一方、杭による橋脚周辺の局所流軽減効果は L があまり大きくなると減少することの当然予想される。以上の考察から $L = \bar{r}_0$ が杭の設置位置に関する1つの基準となるということかてきよう。

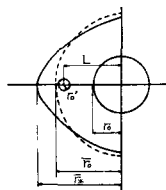


図-4

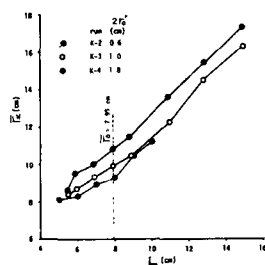


図-5

$L < \bar{r}_0$ では L が小さくなるにつれて $\bar{r}_0 - L$ は大きくなることを意味している。この事実と前項(2)の考察とから、杭の前方の局所流が橋脚の影響を受けない限界は $L = \bar{r}_0$ であるといえる。一方、杭による橋脚周辺の局所流軽減効果は L があまり大きくなると減少することの当然予想される。以上の考察から $L = \bar{r}_0$ が杭の設置位置に関する1つの基準となるということかてきよう。

4. おわりに

平滑な固定床水路における層流状態および乱流状態での実験結果から、杭型洗掘防止工の最適な直径は橋脚の直径の約 $1/10$ であり、その設置位置としては橋脚の上流側で橋脚だけによる排除範囲の外側境界線上が基準となることを示した。一方Chang²⁾らは、杭の後流はくり域内に橋脚が含まれるということを基準に、杭の直径は橋脚のそれの $1/4$ で、杭の位置は $L = (2 \sim 3)r_0$ (r_0 橋脚の半径)が最適という結論をえている。これらの諸結論に関する実験的検討は講演時に述べる。

参考文献 1) 宇民, 京大防災研年報, No. 14B, 1969.

2) Chang, F.M. et al.: South Dakota Dep. Highways, 1952.