

大型橋脚周辺の洗掘特性について

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 石垣 泰 輔
大 阪 府 正員 ○美馬 一 浩
鹿 島 建 設 岡 田 浩 司

1. はじめに：近年、橋梁の大型化が進み、それに伴い、橋脚も大型化してきている。しかし、従来、橋脚長が非常に大きい橋脚周辺の洗掘特性についてはあまり研究されていない。本報告では、橋脚長、迎え角を変化させた実験を行ない、その橋脚周辺の洗掘特性について若干の考察を加えたものである。

2. 実験方法：実験は、長さ20m、幅2m、深さ50cmの長方形断面を有する路床勾配1/800の循環式直線水路を用いた。水路床の一部を10cm掘り下げた部分に橋脚を設置し、河床材料を敷き詰めて十分に締め固めて平坦になるようにし、移動床とした。河床材料には比重 $\rho=1.7$ 、 $D_{50}=0.095\text{cm}$ のスラジライトを用い、河床の計測には超音波河床計を用いた。実験では、最大洗掘深の経時変化および、洗掘孔形状の計測を行なった。

3. 実験結果：図-1は、迎え角がそれぞれ $\theta=0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 15^\circ$ のときの橋脚長と橋脚先端での最大洗掘深の関係を示したものであり、縦軸は最大洗掘深／橋脚幅比 Z_s/d 、横軸は橋脚長／橋脚幅比 l/d を取っている。また、 $l/d=3$ では $\theta=0^\circ, 5^\circ, 10^\circ$ では、ほぼ同じ洗掘深であり、3点が重なっている。図より、 $\theta=0^\circ$ では、橋脚長が大きくなると最大洗掘深が若干小さくなるのに対し、迎え角があるときには、橋脚長が大きくなるにつれて最大洗掘深が大きくなるという結果が得られた。

最大洗掘深を橋脚幅を用いて予測する式は従来から数多く提案されてきているが、そのうち、Hanco¹⁾, Jain²⁾, Shen³⁾の導いた式を順に (1), (2), (3) 式に示す。

$$Z_s/d'=3.3(D/d')^{0.2}(h/d')^{0.13} \quad (1)$$

$$Z_s/d'=1.41(h/d')^{0.3}Fr^{0.25} \quad (2)$$

$$Z_s=0.00022Re^{0.619} \quad (\text{m 単位}) \quad (3)$$

ここに、 Z_s ：最大洗掘深、 d' ：投影幅、
 D ：砂粒径、 h ：水深 Fr ：フルード数、
 Re ：レイノルズ数である。

図-2では、上記の式による計算値と実験値の比較を行なったものであり、縦軸を最大洗掘深／投影幅比 Z_s/d' 、横軸を投影幅 d' としている。図より、いずれの式においても、投影幅が大きいときには過大評価となっている。これは、これらの式が、橋脚幅を用いており、本研究のように、投影幅を考慮したものでないことが原因だと思わ

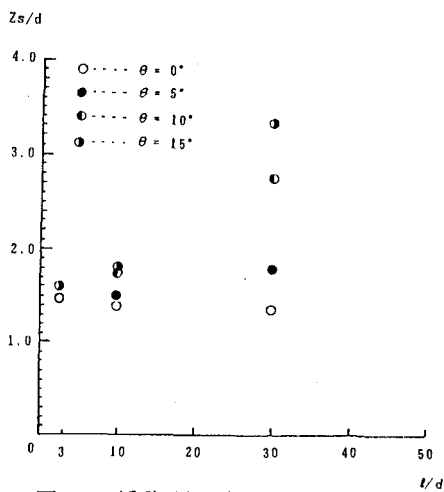


図-1 橋脚長と洗掘深の関係

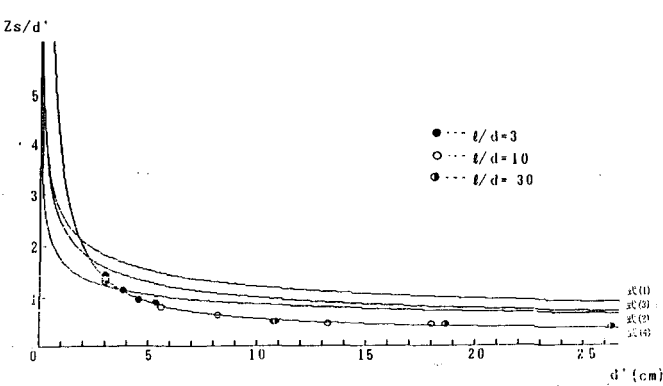


図-2 投影幅と橋脚先端での最大洗掘深の関係

れる。本研究で得られた実験値は、次式で表わされる。

$$Z_s/d' = 0.2156 + 3.5086/d' \quad (4)$$

(4) 式の適合性は非常に良く、この結果は、橋脚長、迎え角に関わらず、橋脚の流下方向への投影幅で橋脚先端の最大洗掘深を予測出来る可能性を示唆している。しかし、(4) 式には水理量の影響が考慮されていないため、今後、この点が課題として残されている。

図-3は、 $l/d = 10$ の洗掘深の経時変化を、縦軸に洗掘深/投影幅比 Z_s/d' 、横軸に時間 t を対数目盛りで整理したものである。図中の曲線は (5) 式の計算値である。

$$Z_s/d' = Z_{se}/d' \cdot \exp\{-(t^*/t_o^*)^{-0.5}\} \quad (5)$$

ここに、 $t_o: Z_s/Z_{se}=1/e$ となる時間、 U : 接近流速

$t^*: Ut/d'$ 、 $t_o^*: Ut_o/d'$ 、 Z_{se} : 最終洗掘深である。

迎え角 $\theta = 0^\circ$ のときの橋脚先端での最大洗掘深の経時変化を見ると、(5) 式の曲線に適合性が良い。一方、迎え角 $\theta = 30^\circ$ のときの橋脚先端での最大洗掘深の経時変化では、(5) 式の曲線からのずれが大きくなっている。また、迎え角 $\theta = 30^\circ$ のときの橋脚後端での最大洗掘深は単調増加する傾向を示しており、かなり時間が経過しても、洗掘深の増加速度があまり小さくならない傾向が認められた。

図-4は、洗掘孔形状の一例である。

この図では、橋脚先端を X 軸、 Y 軸の原点とし、実線は 1cm ピッチの等高線、破線は 0.5cm ピッチの等高線である。また、洗掘前の河床高を 0cm とし、太い実線で示した。図を見ると、橋脚先端での最大洗掘深が発生する位置は橋脚先端よりやや後方に見られる。これは、橋脚長が大きいと橋脚に沿う流れが出来るために、その側面での掃流力が大きくなるためだと考えられる。

4. おわりに：以上の検討より、得られた結果を列挙し結論とする。

- 1) 迎え角がない場合には、橋脚長が大きくなると橋脚先端での最大洗掘深は小さくなる傾向がある。
- 2) 橋脚の流下方向への投影幅で洗掘深を予測できる可能性を示した。
- 3) 迎え角が非常に大きくなると、橋脚後端での洗掘が問題となり、特に、その洗掘深の増加速度の減少が小さいことが問題である。
- 4) 橋脚長が大きいと、迎え角が大きい場合、最大洗掘深は、橋脚先端より少し後方に発生する。

参考文献 1) Hanco, S.: Sur le calcul des affouillements locaux dans la zone des piles de ponts, Proc. 14th IAHR Congress, Paris, 3, pp. 299-313, 1971.

2) Jain, S. C.: Maximum Clear-Water scour around circular piers, Proc. ASCE, Vol. 107, No. HY5, pp. 611-626, 1981.

3) Shen, H. W., Schneider, V. R. and Karaki, S.: Local scour around bridge piers, Proc. ASCE, Vol. 95, HY6, pp. 1919-1940, 1969.

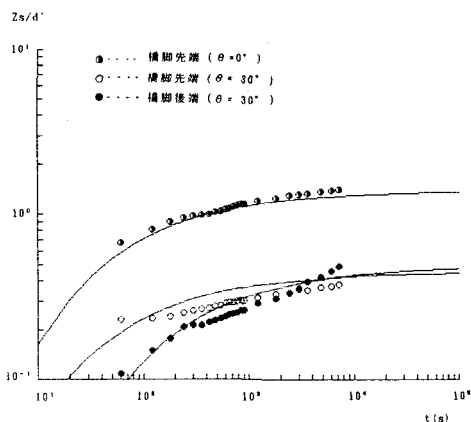


図-3 最大洗掘深の経時変化

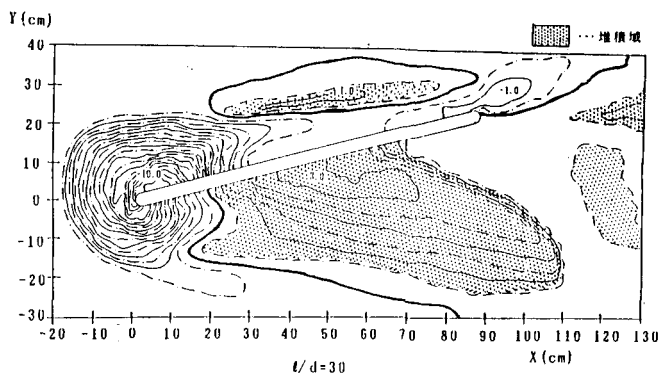


図-4 洗掘孔形状