

パシフィックC. 正 岡○松井 弘  
株式会社 白百 〃 藤田 宏一  
〃 〃 小田 章治  
宇都宮大学部 〃 須賀 亮三

### 1. はじめに

古くに建設された橋脚の中には、橋断する河川の河床低下等の影響により橋脚の基礎(フーチング)が露出して、橋脚が一様断面形状と見なせない場合と見受けられる。このような橋脚の周辺流れ及び洗掘特性は従来より研究がなされている一様断面の橋脚のそれらとは異なる事が予想される。本報では、このような不連続な断面形状を持つ橋脚を対象として次の事項について実験を基に考察を行なった。

①不連続断面形状の橋脚をモデル化した二段円柱を用い橋脚周辺流れの特性を一様円柱と比較を行ない調べる。

②橋脚周辺洗掘の軽減を目的とする杭(洗掘軽減杭)を橋脚前面に数本設置した場合の周辺流れの変化を見る。

### 2. 実験概要

実験は、その目的により次の二方法より成る。

(1)トレーサーを用いた実験 フーチング前面及び橋脚前面に発生する馬蹄型渦に巻き込まれる流れの範囲と巻き込まれる流れの強度とトレーサーを観察より調べる事を目的とする。トレーサーは、*mord-benzen* と *normu-purpan* の混合液を比重1になるように調整着色したものであり、この混合液は、水に不溶の為に水中では直径1mm程度の粒状となる。

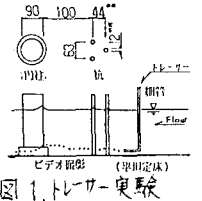


図1. トレーサー実験

(2)糸による実験 水路床面付近馬蹄型渦の範囲及び流向を調べる事を目的とする。薄の透明ビニールに1cmの等間隔で糸をぬいつけこれを水路床面に張りつけ、糸の方向により橋脚周辺の流向を調べる。

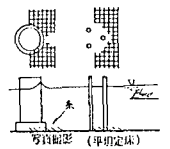


図2. 糸による実験

(3)実験条件 橋脚直径(D): 4.5cm, フーチング直径(F): 6.7cm, 9.0cm, 杭直径(d): 0.6cm  
水深(H): 9.0, 18.0cm  $F_r = 0.2$ ,  $R_e = \frac{U H}{\nu} = 1.7 \times 10^4$

3. 馬蹄型渦の形成 橋脚前面に発生する馬蹄型渦は、接近流の流速分布に起因する流れの渦度度が橋脚前面で集積したものと云われてゐる。従って、二段円柱を流れの中に置いた場合には、

フーチングより水路床からの突出高さにより、それに当る流れの流速分布が異なる為に、橋脚前面とフーチング前面に発生する馬蹄型渦の強さ、範囲が異なる事が予想される。図3に一様円柱の場合の馬蹄型渦に巻き込まれる粒子の割合の分布形状を示す。これによると馬蹄型渦を形成する流れの範囲は、対称軸上よりD/2よりD/4の範囲で、対称軸上付近が卓越している事がわかる。また、杭を設置すると、馬蹄型渦が弱まり渦に巻き込まれる粒子の割合が減少していく。

図4に二段円柱のフーチング前面の馬蹄型渦に巻き込まれる粒子割合の対称軸鉛直方向の分布を示す。これによるとフーチングの高さによらず、水路床面付近の粒子が渦に巻き込まれる率が最も高く、水面に向うに従って率が低くなる。また、トレーサーを流す水路床からの高さ(Z<sub>1</sub>)とフーチングの高さ(Z<sub>2</sub>)との比(Z<sub>1</sub>/Z<sub>2</sub>)と渦に巻き込まれる粒子率を見ると、Z<sub>1</sub>/Z<sub>2</sub>が大きい程、Z<sub>1</sub>/Z<sub>2</sub>(トレーサーを流す相対位置)の大きい所の粒子が渦に巻き込まれる率が高くなる。仮に、橋脚前面に発生する馬蹄型渦(1/2)とフーチング前面のそれ(1/2)とが独立なうば、Z<sub>1</sub>/Z<sub>2</sub> > 1で1/2に巻き込まれる粒子はゼロとなる。

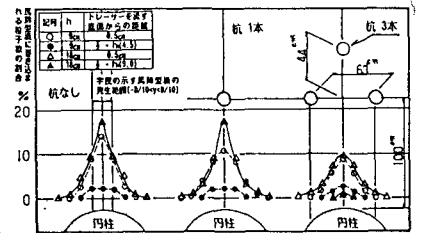


図3. 馬蹄型渦に巻き込まれる流れの範囲及び分布形状

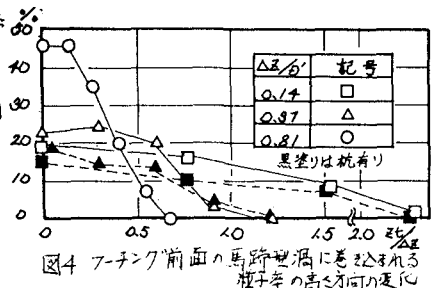


図4. フーチング前面の馬蹄型渦に巻き込まれる粒子率の高さの方向に

$\Delta z/b = 0.14$  を見ると  $z_1/\Delta z \approx 2.0$  ぐらいになる。従って、 $V_F$  と  $V_P$  は互いに独立とはなく、フーチング高さが小さくなる程  $V_F$  (フーチング前面に発生する馬蹄型渦) に  $V_P$  (橋脚前面に発生する馬蹄型渦) が干渉して、 $z_1/\Delta z > 1$  (フーチング高さより高い位置) の粒子まで  $V_F$  に巻き込まれていると考えられる。図5に、橋脚前面の馬蹄型渦に巻き込まれる粒子率の対称軸上鉛直分布を示す。例えば、 $\Delta z/b = 0.14$  (図中 □印) の場合  $V_F$  に巻き込まれる粒子が  $z_1/\Delta z < 2.0$  の広い範囲の為に  $V_P$  (橋脚前面の馬蹄型渦) に巻き込まれる粒子は、少なくなる。また、 $\Delta z/b = 0.37$  の場合 (図中 △印)、 $V_F$  に巻き込まれる粒子が  $z_1/\Delta z < 1$  の範囲で  $V_F$  に巻き込まれているので  $V_P$  には、 $z_1/\Delta z \approx 1$  ぐらいで粒子が巻き込まれている事が図4と図5よりわかる。また、橋脚前面の馬蹄型渦とフーチング前面のそれとは、互いに干渉し、フーチングの高さ及び鉛直距離等々の要因がこれらに関係していると考えられる。また、橋脚前面に図1に示すような洗掘軽減を目的とする杭を設置すると杭の後流拡散により、流速分布が一様化される為、渦に巻き込まれる粒子の割合が減少する事がわかる。またこれにより洗掘軽減効果が期待できる。

**4. 馬蹄型渦の範囲** 本研究では、馬蹄型渦を流れの対称軸より一階層  $b/\Delta z$  (図3参照) の流れの範囲により発生して底面では、主流と逆方向の流れを持つ渦と考え、主流と逆流のつがる点を示を用いた実験によりフーチング前面の渦の方向と基に  $V_F$  の範囲を求めた。図6によると、実験条件の範囲では、フーチングの直径  $b$  によらず、 $r/b$  (  $r$ : フーチングの中心から  $V_F$  の先端までの距離、 $b$ : フーチングの半径  $b/\Delta z$  ) は、ほぼ変わらずフーチングの高さにより  $r/b$  が大きくなり、これらもフーチング高さが高くなると  $V_F$  の範囲 (主流速度が同一の場合は、 $V_F$  の強さ) が大きくなる事がわかる。また、杭の設置により  $V_F$  は縮小する。

**5. 馬蹄型渦の強さ** フーチング側方の流向は、その前面に発生する馬蹄型渦の螺旋状に流れ、円柱側方の主流のベクトルの合力として表わされる。従って、馬蹄型渦の勢力が強いと、フーチング側方においても、糸はフーチングに対し外側 (流れ直前方向) を向き、主流方向から測った糸の角度は大きくなる。また、逆に、渦の勢力が弱いと糸の角度は小さくなる。図7によると、フーチング径が大きい程、糸の振れ角は大きくなり  $V_F$  は、強くなる事がわかる。また、同一フーチング径では、フーチング高さが高い程、 $V_F$  は強くなり糸の振れ角は大きくなる事が図7よりわかる。また、これらも、洗掘軽減杭を設置すると糸の振れ角は小さくなり  $V_F$  が弱まる事がわかる。フーチング高さも高くすると一様円柱のそれに近づいていく。

## 6. まとめ

- (1) フーチング前面に発生する馬蹄型渦を構成する流れは、対称軸上付近が最も多く、また、鉛直方向には、水路床付近が最も多く上面に向うに従って減少する。
  - (2) フーチングの高さが高い程、フーチング前面の馬蹄型渦は強く、その範囲も大きい。
  - (3) 橋脚前面の馬蹄型渦とフーチング前面のそれとは互いに干渉して強さが決まる。
  - (4) 杭を設置するとフーチングの高さにかかわらず、馬蹄型渦が弱まる事がわかる。
- 今後は、洗掘実験により二段円柱に与える洗掘軽減杭の効果と調べる事を課題としていく。
- 参考文献 (1) 松井、須賀：円柱周回流の二層板流れに与える杭の効果、1986年3月 水理講演会