

橋脚後方における流れ場の構造に関する研究

中央大学大学院
国土交通省

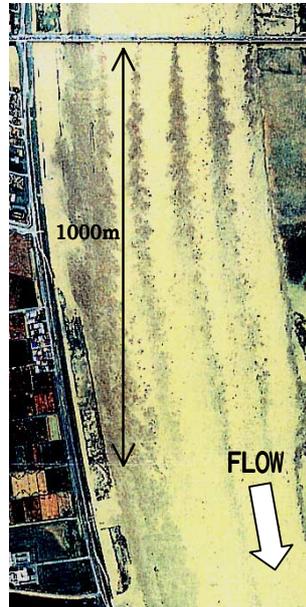
学生員 本永 良樹
正会員 海野 修司

中央大学大学院
中央大学理工学部

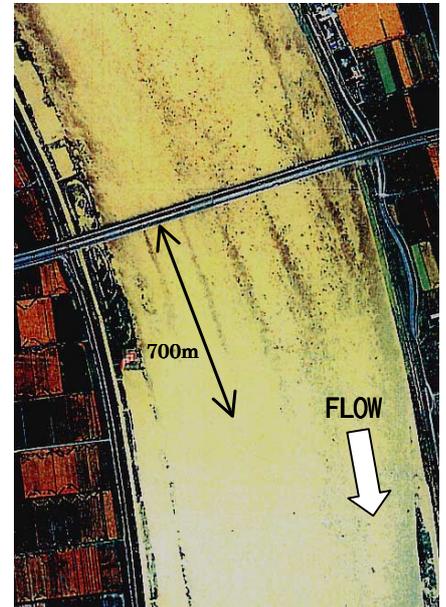
学生員 武内 慶了
正会員 山田 正

1.はじめに: 橋脚後方に発生する後流(wake)の水利的構造についてこれまでに数多くの研究がなされてきた。しかしながらそれらの研究は、現象が物体に及ぼす流体力や、橋脚直後における流れの構造に関するものが多く、発生した後流が流下方向へどのように発達していくかについて調べた研究は少ないのが現状である。本研究では、洪水時における橋脚後方に発生した後流の航空写真の解析と2次元数値計算により、後流の流下方向への発達過程の解明を試みる。

2.航空写真解析: 図-1(a), (b)は1998年9月17日、利根川における洪水発生時において(a)小見川大橋(利根川河口より27km上流)及び(b)利根川橋(利根川河口より34km上流)の橋脚後方に発生した後流の航空写真である。後流部分が周囲より黒く濁っているのは、河床



(a)小見川大橋(河口から28km)で発生している後流



(b)利根川橋(河口から34km)で発生している後流

図-1 利根川にかかる橋脚後流の航空写真(撮影日1998/9/17)

橋脚後流域では、河床あるいはその近傍を流れる土砂が巻き上げられ、長く続く後流域が可視化されている。

あるいはその近傍を流れる土砂が巻き上げられ、長く続く後流域が可視化されているためであると考えられる。後流は流下方向へ小見川大橋後方では約1000m、利根川大橋後方では700m伸びていた。図-2は利根川にお

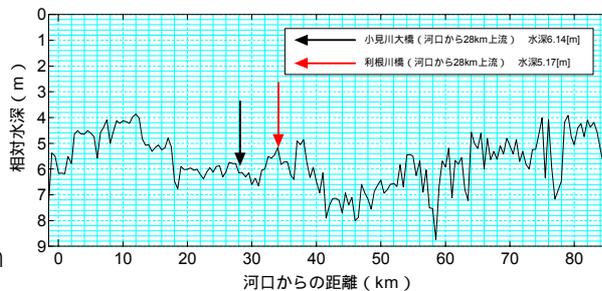


図-2 利根川における縦断方向相対水深分布

利根川橋付近では小見川大橋付近より水深が1mほど浅い。

ける縦断方向相対水深分布図である。後流の発生距離が短い利根

川橋付近の方が水深が約1.0m浅くなっている。このことから後流の流下方向への発生距離の差は水深差に起因しているものと考えられる。図-3は図-1(a)の小見川大橋後ろに発生した後流の航空写真を拡大した図である。交互に渦状の模様を形成していることより洪水時において橋脚後方にカルマン渦列が発生しているのがわかる。このように洪水時の航空写真から橋脚後流には2次元的な構造と3次元的な構造の両方を有することがわかる。また後流が発達する距離は水深に影響を受けると考えられる。

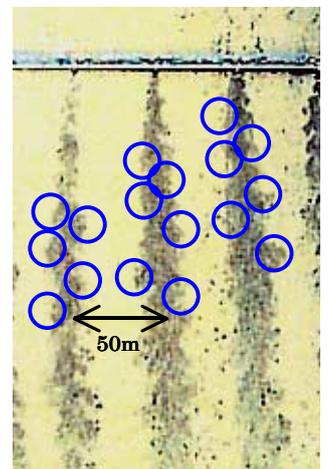


図-3 小見川大橋後方で発生した後流(拡大図)

青丸で囲まれた部分がカルマン渦と考えられる。

3.数値解析:

3-1.計算条件と基礎式: 橋脚後方に発生するカルマン渦列を2次元数値計算²⁾により再現することを試みた。

キーワード: 橋脚、後流、航空写真、2次元数値計算、カルマン渦

連絡先: 〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27 中央大学理工学部 TEL:03-3817-1805 FAX 03-3817-1803

数値計算に用いた基礎式は、2次元不定流の基本式である運動方程式(1)、(2)式と連続式である(3)式である。基礎式の離散化には Leap Frog 法を用いた。

$$\frac{\partial M}{\partial t} + \frac{\partial(uM)}{\partial x} + \frac{\partial(vM)}{\partial y} = -gh \frac{\partial \eta}{\partial x} - \frac{gn^2 |M| \sqrt{M^2 + N^2}}{h^{1/3}} + \epsilon \left(\frac{\partial^2 M}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 M}{\partial y^2} \right) \dots (1)$$

$$\frac{\partial N}{\partial t} + \frac{\partial(uN)}{\partial x} + \frac{\partial(vN)}{\partial y} = -gh \frac{\partial \eta}{\partial y} - \frac{gn^2 |N| \sqrt{M^2 + N^2}}{h^{1/3}} + \epsilon \left(\frac{\partial^2 N}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 N}{\partial y^2} \right) \dots (2)$$

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial M}{\partial x} + \frac{\partial N}{\partial y} = 0 \dots (3)$$

t :時間(sec), x :流下方向(m), y :横断方向(m), M, N : x, y 方向の線流量フラックス(m^2/s), u, v : x, y 方向流速(m/s), g : 重力加速度(m/s^2), h :水深(m), η :水位(m), n :Manning の粗度係数($s \cdot m^{-1/3}$), ($= u_*h/6$):水平方向渦動粘性係数(m^2/s), ϵ :カルマン定数($=0.4$), u_* :摩擦速度(m/s)である。

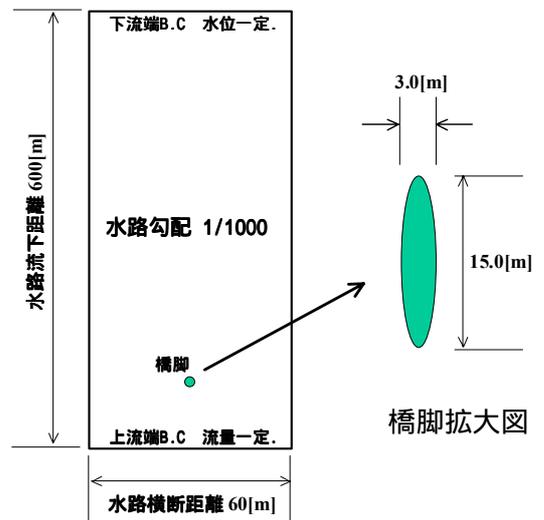


図-4 開水路説明図

3-2. 計算結果とその考察: 図-5 は数値計算により得られた橋脚（橋脚前端は上流端から 135m 流下した地点にある。）

後端から流下方向へ 150m 流下した区間における水位コンター図である。橋脚後端直後から渦が交互に発生しているのが確認できる。このことから橋脚後流の2次元構造はカルマン渦列であることがわかる。目視では後流は橋脚後端から 150m 流下した区間において消滅することはなく、その幅は流下方向へほぼ一様であることがわかる。後流幅を代表長さとし、渦動粘性係数を用いて流れ場の Re 数を求めると約 400 である。

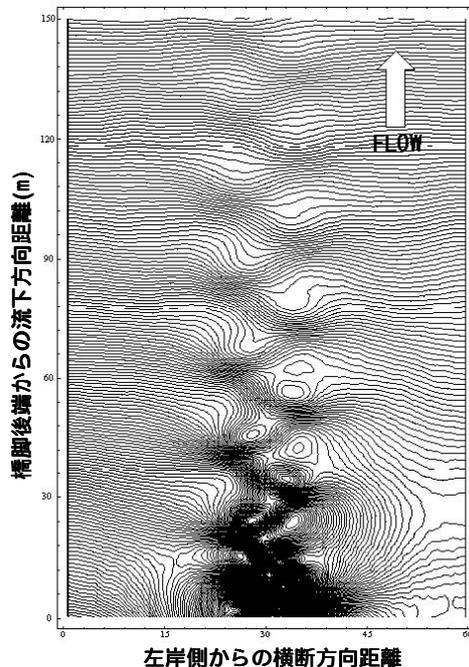


図-5 橋脚後方における水位コンター図（橋脚後端から流下方向へ 150m の範囲）

（目視による後流幅は約 28m で橋脚後端直後から流下方向へほぼ一様であるように見える。）

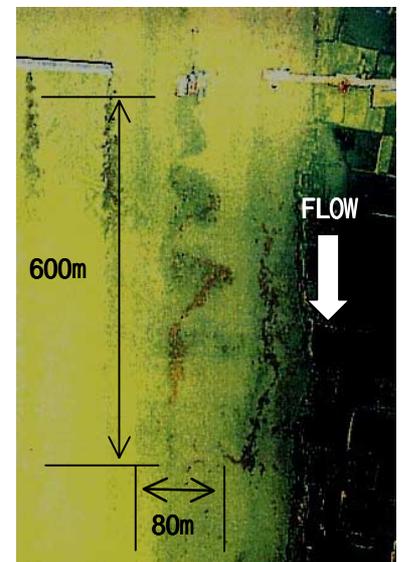


図-6 新銚子大橋（河口から 10km）で発生している後流の拡大図

（数値計算の結果とは異なり、橋脚後端から流下するに伴い後流幅が発達していくのが確認できる。）

である。この形状の後流は橋脚後方へ約 600m まで発生が確認でき、この距離を流下する間に後流幅は約 50m まで発達しているのが確認できた。

4. まとめ: 本研究により得られた知見を以下に示す。(1)実河川において橋脚後方に生じる後流は2次元な構造と3次元な構造の両方を有する。(2)後流長さは水深が深いほど長くなると考えられる。(3)2次元数値計算により橋脚後流の2次元な構造はカルマン渦列であることが確認できた。(4)実河川における後流は流下に従い発達しているが、数値計算により再現した後流は、その幅が流下方向へ一様であった。**謝辞:** 本研究を行うに当たり、国土交通省利根川上・下流事務所には貴重なデータを提供していただいた。記してここに謝意を表す。**参考文献:** 1)佐賀考徳・今本雅恵・渡辺勝利:せん断流中における円柱後流の3次元構造に関する研究,水工学論文集,第46巻,pp.541-546,2002.2)武内慶了・本永良樹・海野修司・山田正:複断面水路内に発生する水平渦の特性,第29回関東支部技術研究発表会,pp.146-147,2002.