

28 橋脚周囲の洗掘と被覆範囲について —— 掃流力および橋脚形状の影響 ——

中部工業大学 土木工学科 正員 高田 彰

1 緒言 梅雨期あるいは台風期に交通不能、補修、改造を余儀なくされる橋梁の災害が非常に多い。その最も多い原因は橋脚周囲の洗掘による橋脚の傾斜、転倒あるいは根入れが洗われ危険な状態になるためである。このような橋脚周囲の洗掘を早期に気付かないと思われ、惨事を引き起こす事になり非常に危険である。橋脚の洗掘に関する研究は Davand-Clay (1785) に始まり、Rehbock (1918), Tison (1937, 1939), 石原藤次郎博士 (1938, 1942), 杉本一穂田 (1950, 1951), 加茂野 (1957), Laurson (1950, 1951, 1960) および椿一斉藤 (1961), 石崎 (1967) らの研究があり、定性的にはかなり洗掘の現象が明らかにされている。しかし、まだ未解決の問題が数多く残されており

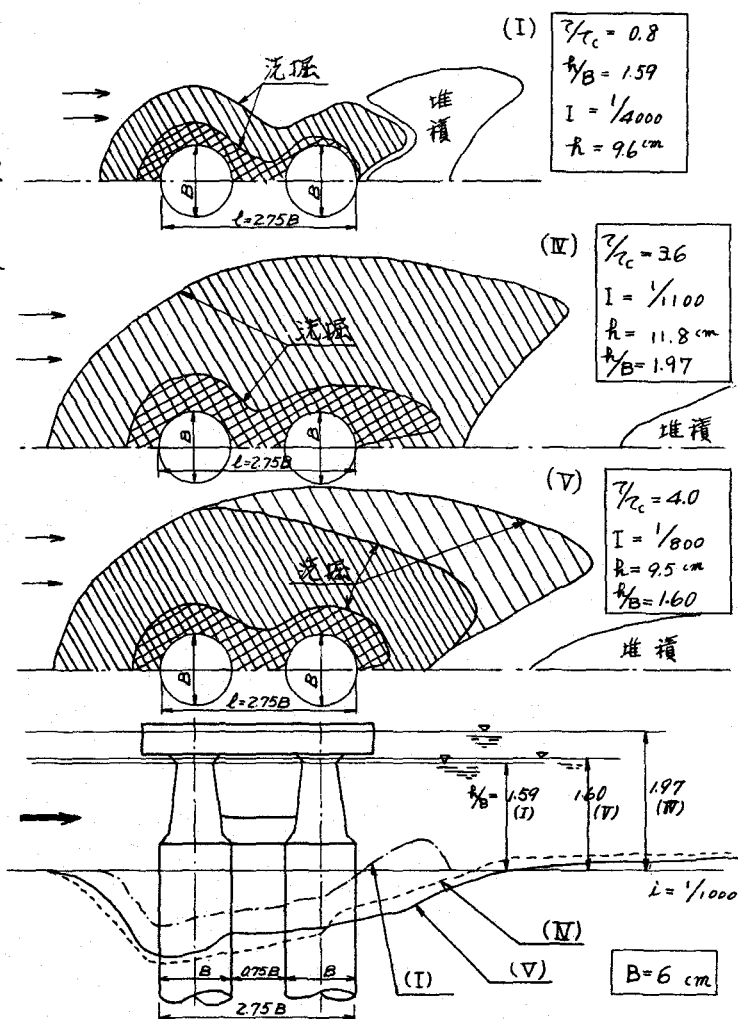
洗掘の防止工法および被覆範囲の決定方法が確立していない現状である。本研究は掃流力および橋脚形状が橋脚の洗掘にどのような影響を及ぼすかを調べ更に洗掘を防止するための合理的な被覆範囲を提案したものである。なお対象とする橋脚形状は二円柱、円柱および半円型直方柱 ($L=2B \sim 5B$) についてである。

2 洗掘に及ぼす影響因子
洗掘の程度は洗掘深、洗掘幅、洗掘量と表示できるが洗掘に影響を及ぼす主な因子は次の通りである。(1) 掃流状況の影響 (掃流力、限界掃流力、掃流時間) (2) 橋脚の形状及び位置 (橋脚幅、橋脚長さ、間隔など) (3) 河床状況の影響 (河床勾配、砂礫の粒径、河床の凹凸、湾曲)

3 実験設備と方法

実験水路は幅1.5m×長さ27.5m×高さ0.5m、水路勾配 $1/1000$ 、モルタル製開水路で、最大流量は

図-2 掃流力の影響



30%流し得る。実験に用いた路床材料は比重の小さい鉾炉水滓(比重1.8, 50%粒径 $d_{50}=0.75\text{mm}$, グレーの均等係数 $M=0.7$)を用い粒径加積曲線は図-1に示される。また限界掃流力 $\tau_c=308\text{g}$ 程度であった。実験の順序は次の通りである。(1) 掃流力の影響を調べるため限界掃流力の実験をばきして小さい場合を2種類、大きい場合を2種類、計5種類($\tau_c=0.8\sim4.0$)について洗掘実験を行う。(2) (1)の実験で最大の洗掘を生ずる掃流力の流水状態で二円柱及び円柱橋脚の被覆範囲と洗掘程度を調べ、洗掘量が80%程度減少するに必要な被覆範囲及び95%程度防止するに必要な被覆範囲を提案する。

4 実験結果と考察

4-1 洗掘に及ぼす掃流力の影響

表-1に示すように掃流力を5種類($\tau_c=0.8\sim4.0$)変化させて掃流力が洗掘に及ぼす影響を調べた。

Run	Q	h	V	I	τ_c	B/h	t
I	22%	9.6cm	13.9%	$1/4000$	0.8	1.59	30min
II	18.2	4.7	25.8	$1/1000$	1.0	0.79	30
III	30	7.6	26.3	$1/1000$	2.5	1.27	60
IV	52	11.8	29.4	$1/100$	3.6	1.97	120
V	60	9.5	42.1	$1/800$	4.0	1.60	60

表-1 掃流力の影響

実験の結果、洗掘深及び洗掘範囲

は図-2(前頁)に示される。ただし紙面の都合でII, IIIの結果は省略した。なお実験は水路下流において砂は補給せず一様低下のままで行い、実験終了時の橋脚の影響のない河床面を基準面として、これより洗掘深及び堆積高を測定した。測定値は橋脚幅($B=\phi=6\text{cm}$)で割った無次元量

で示した。図-2より明らかなのは限界掃流力以下でも橋脚周囲はかなり洗掘され洗掘深は前端で最大となり $(h_s)_{\max}=0.78B$ 、洗掘幅は前円柱の側端で最大となり $(l_s)_{\max}=0.83B$ である。また掃流力が大きい程洗掘深及び洗掘範囲は大きくなるが、ある値以上になると逆に前端の洗掘部分が掃流砂で埋めもじまれる傾向にある。本実験の $\tau_c=0.8\sim4.0$ の範囲では $\tau_c=3.6$ において洗掘深及び洗掘幅が最大になり洗掘深は前端で $(h_s)_{\max}=1.33B$ 、洗掘幅は前円柱の側端で

図-1 鉾炉水滓の粒径加積曲線

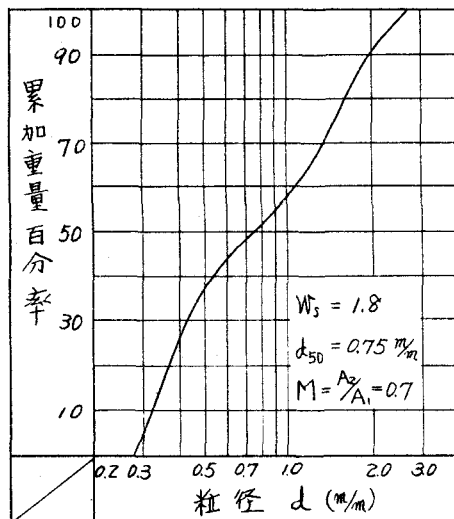


図-3 二円柱橋脚($l=2.75B$)の被覆実験

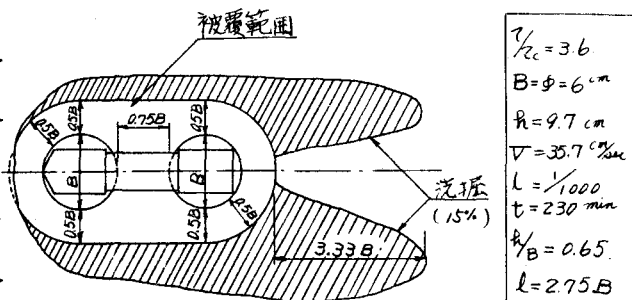
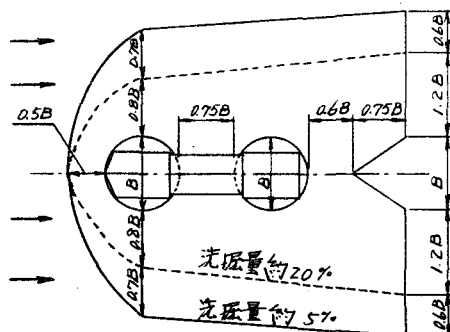


図-4 二円柱橋脚($l=2.75B$)の被覆範囲



$q_0 = 1.53B$, 後円柱の側端で
 $(q_0)_{\max} = 2.17B$ 洗掘される。

以上より局部洗掘を最大にする相対掃流力 τ/c_0 の存在が予想されるが更に広範囲の実験より明らかにしたい。

4.2 橋脚周囲の被覆範囲 (1) 二円柱の被覆範囲

表-1の実験で最も洗掘の大きい(四)の流れについて被覆範囲と洗掘の相互関係を調べた。実験の結果は図-3に示される。この場合の被覆範囲は橋脚幅 B の $1/2$ の大きさで周囲を $5\% < d < 10\%$ の掃流されない粒径の小砂

利を用いたもので図のような洗掘が被覆範囲の外側では洗掘量は被覆しない場合の30%程度である。しかし図-1に見られるような円柱先端の異様な洗掘は全然なくむしろ先端の洗掘がないためエネルギーが消散されずに背後へ伝達されるため円柱の側面および背

後があまり洗掘されると考えられる。したがって円柱の前端り被覆幅は $0.5B$ で充分であるが側面及び背後の被覆範囲を拡大する必要がある。図4は以上の結果を検討して二円柱橋脚の被覆範囲を決めたものである。点線の被覆範囲では洗掘量が約20%, 実線の範囲の被覆では約5%程度と推定されるが定量的な検討は現在実験中であるので次回に報告する予定である。

(2) 円柱の被覆範囲

直径 $\phi = B = 15\text{cm}$ の円柱橋脚について二円柱の場合と同様表-1(四)の流れを作用させて洗掘状態を調べた結果図5(a)(b)(c)に示されるような洗掘を生じた。この

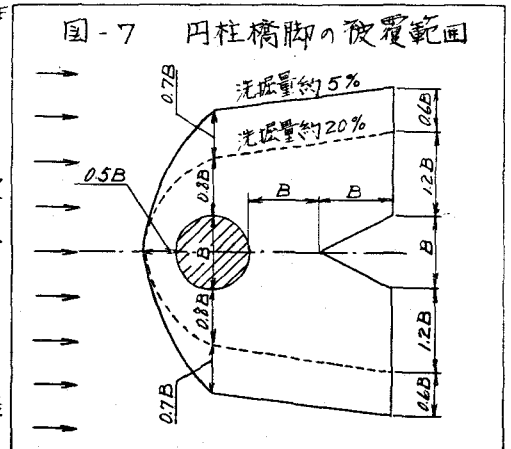
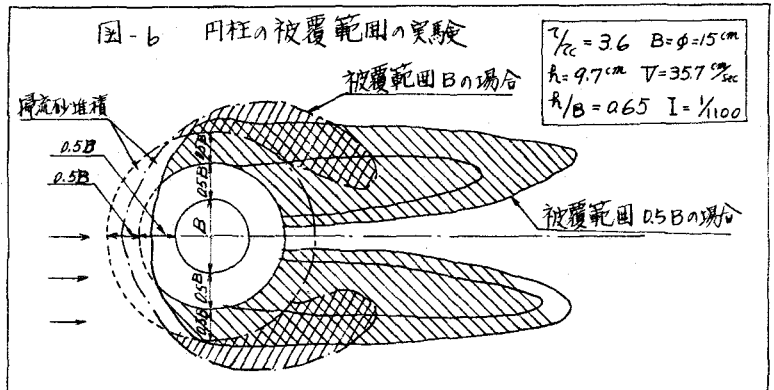
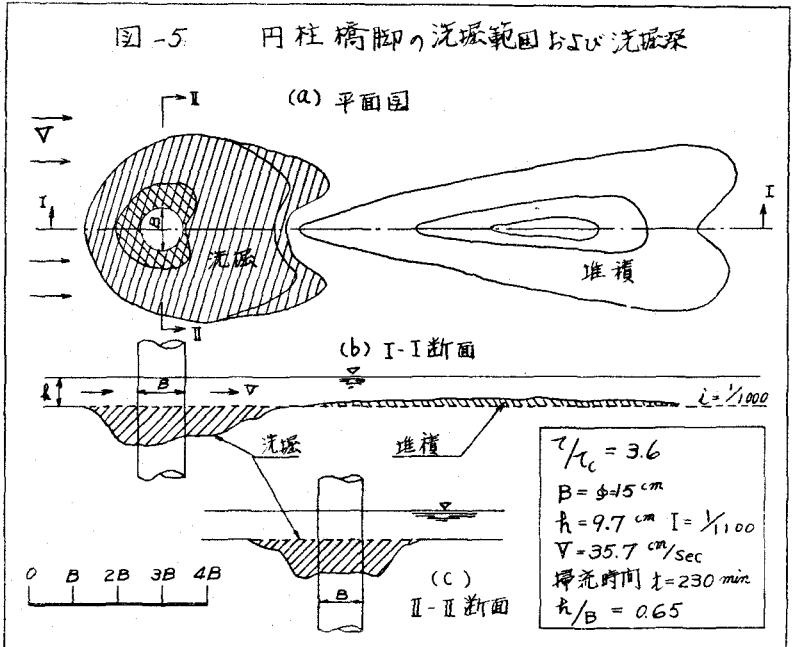


図-8 半円型直円柱($l=2B$)の被覆範囲

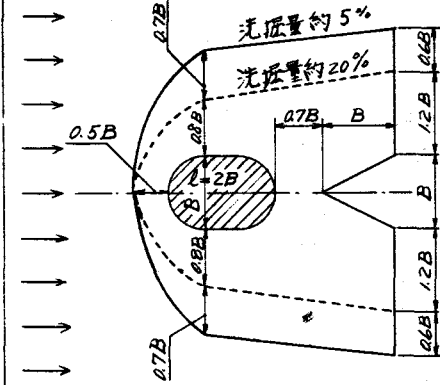
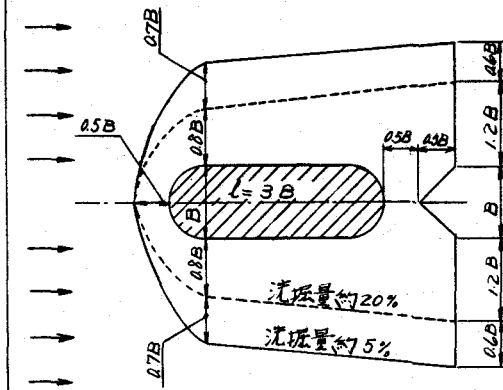


図-9 半円型直方柱($l=3B$)の被覆範囲



洗掘を防止するため円柱の周囲を $\frac{1}{2}B$ あるいは B だけ同心円状に被覆したところ図-6のような洗掘を生じた。 $\frac{1}{2}B$ の被覆では50%程度の洗掘量、 B の被覆では10%程度の洗掘量であった。図-5, 6の結果を検討して円柱被覆範囲を図-7のように決めた。点線では洗掘量が約20%, 実線では約5%の洗掘量があると推定される。(詳細は検討中)

(3) 半円型直方柱橋脚の被覆範囲

橋梁の上部構造が大きいと橋脚の長さ l も長くなる。いま $l=2B, 3B, 4B$ および $5B$ について考え、前端後端が半円形になっている形状の橋脚を考える。 $l=3B$ について洗掘状況を表-1の(77)の流れで調べた。(実験結果は省略する) それより被覆範囲を図-9のごとく決めた。 $l=2B, 4B, 5B$ については、 $l=3B$ に準じて長さの影響を考え図-8, 10, および11のように被覆範囲を決めた。これらについては新に実験により検討を要するので現在準備中である。

図-10 半円型直方柱($l=4B$)の被覆範囲

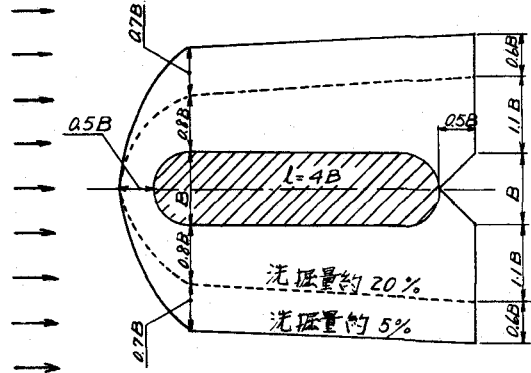
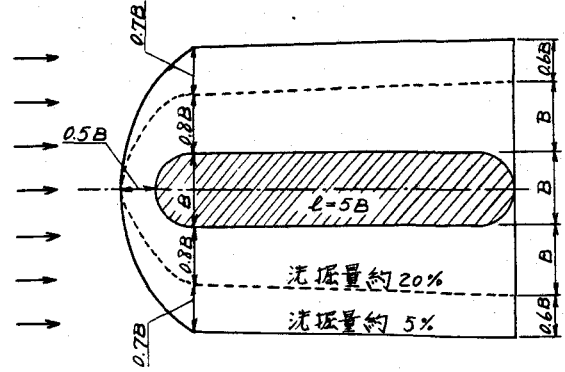


図-11 半円型直方柱($l=5B$)の被覆範囲



5 結論 限界掃流力に対する相対掃流力が大きいかほど洗掘は大きい、ある値以上ではそれ程洗掘は進行しない。洗掘を

防止するための被覆範囲は橋脚の形状により異なるが、二円柱(図4), 円柱(図7), $l=2B\sim 5B$ の半円型直方柱(図8~11)について被覆範囲を提案した。