

II-49 橋脚の捨石洗掘防止工の効果に関する実験的研究

大成建設(株)技術研究所 正会員○ 石野 和男

同 上 同 上 大谷 英夫

同 上 同 上 勝井 秀博

1. はじめに

海洋構造物の洗掘防止工としては、施工性、経済性、耐久性の面などから、捨石によるものが多く用いられ、明石大橋の主塔基礎にも採用されている。筆者らは明石大橋の洗掘防止工の検討¹⁾を契機として、橋脚の捨石工内の浸透流況を解明する目的の研究を行っている。昨年度²⁾は、捨石層数を1～3層としたときの、主流の諸元として円柱橋脚周辺の水面形状を、浸透流の諸元として捨石層底面の圧力分布、浸透流速分布を水理実験により測定し、主流諸元と捨石工内の浸透流況を比較検討した。本報では、初期状態で捨石の間に砂を敷き詰め、通水後、砂が残留している状態から捨石工の必要厚さ、施工範囲を判断する実験について報告する。また、砂の移動限界状態での浸透流速をレーザー流速計で測定し、その値と従来の2次元実験値を比較検討した。

2. 実験装置および方法

実験は、長さ12m、幅1m、高さ0.4mの変可勾配型鋼製水路の中央に直径 $D=16.5$ cmの透明アクリル製の円柱を設置して行った。流況観察および測定のために、円柱設置部の水路の側壁および底面は、ガラス製とした。水路床の上には、円柱を中心として上・下流とも4mにわたって中央粒径 $d_s=1.7$ mmの砂利を敷き詰め、捨石洗掘防止工の模型とした。また、捨石の間隙には中央粒径 0.65 mmの砂を敷き詰めこれを初期状態とした。洗掘状況は、洗掘が安定となるまで目視およびビデオで観察した。砂が洗掘された後の捨石の空隙に発生する浸透流速の測定には、後方散乱型のレーザー流速計を用いた。また橋脚まわりの水面形状をポイントゲージを用いて測定した。各ケースとも水路内に等流を発生させ、水深 h_0 、流量 Q_0 、断面平均流速 U_0 を設定した。実験条件を表-1に示す。なおCase3は静的洗掘状態、Case1, 2, 4は動的洗掘状態である。

表-1 実験条件

Case	Q_0 (l/s)	ib	u_0 (cm/s)	h_0 (cm)	Fr	Re	D/h_0	捨石 層厚
1	56.33	1/1400	34.12	16.51	0.268	56333	1.00	3
2	129.17	1/1400	48.14	26.83	0.297	129167	0.61	3
3	13.67	1/1400	16.47	8.30	0.183	13667	1.99	3
4	78.83	1/600	47.74	16.51	0.375	78833	1.00	3

 ib : 水路勾配, $Fr = u_0 / \sqrt{gh_0}$, $Re = u_0 \cdot h_0 / \nu$

なお、動的洗掘の場合、現象の単純化のため、上流側からの給砂は行ななかった。

3. 実験結果および考察

(1) 捨石洗掘防止工の有効性について

(i) 静的洗掘状態：図-1に、Case3の洗掘コンター図を示す。図から、最大洗掘深は $\theta=45^\circ$ 付近で発生していることが判る。このことから、捨石工内では、 $\theta=0^\circ$ 付近の下降流速よりも、 $\theta=45^\circ$ 付近の浸透流速の方が卓越することが示された。また、図から、最大洗掘深 $Z_{sp}=0.18D$ 、洗掘範囲 L_{sp} は、円柱外壁から1Dの範囲に収まっていることがわかる。橋脚の洗掘に関する既往の研究³⁾を参考にすると、Case3の条件で捨石工が設置されない場合、洗掘深 Z_s は $Z_s \approx 1.0D$ と算出される。使用砂の水中安息角が $\theta=28^\circ$ であり、洗掘孔の幅 L を、 $L = Z_s \cdot \cot \theta$ と仮定すると $L=1.88D$ と算出される。以上の検討から、静的洗掘状態での捨石洗掘防止工の有効性が改めて理解できる。

(ii) 動的洗掘状態：図-2に、Case1の洗掘コンター図を示す。図から最大洗掘深 Z_{sp} は、 $\theta=45^\circ$ 付近で発生し、 $Z_{sp}=0.29D$ で、捨石一層程度の洗掘は、円柱外壁から1Dの範囲収まっていることがわかる。既応の研究を参考にすると、Case1の条件で捨石工が設置されない場合、洗掘深 Z_{sp} は、 $Z_s=1.8D$ と算出される。よって、動的洗掘状態でも捨石洗掘防止工の有効性が理解できる。

(2) 橋脚まわりの捨石工内の洗掘境界面に作用する浸透流速について

Case1, 3の捨石工内の最大洗掘深を捨石の層厚で評価すると、それぞれ2.76層、1.76層となる。一方

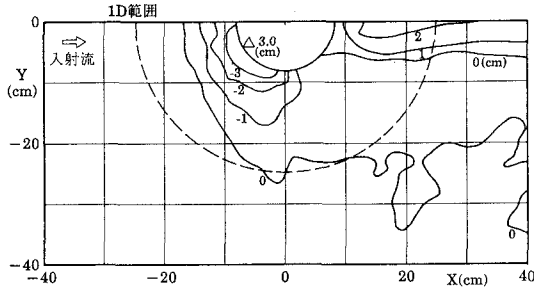


図-1 円柱まわりの洗掘コンター図 (Case 3)

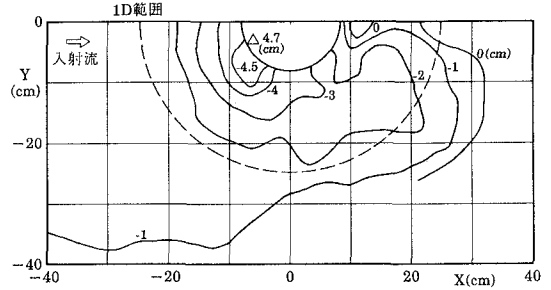


図-2 円柱まわりの洗掘コンター図 (Case 1)

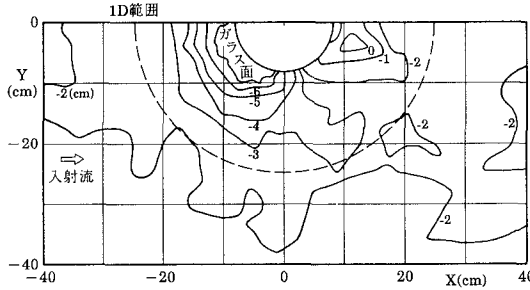


図-3 円柱まわりの洗掘コンター図 (Case 2)

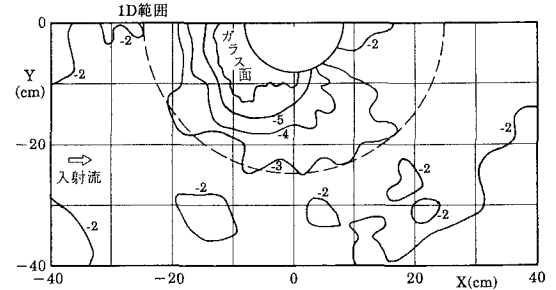


図-4 円柱まわりの洗掘コンター図 (Case 4)

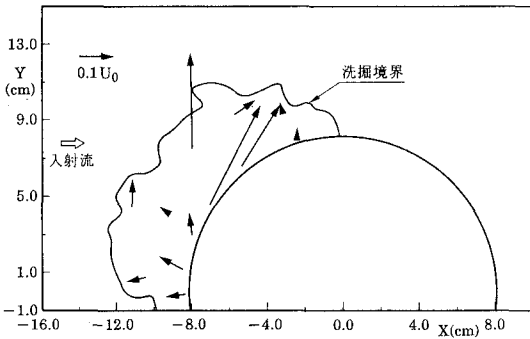


図-5 捨石層底面の浸透流速分布 (Case 2)

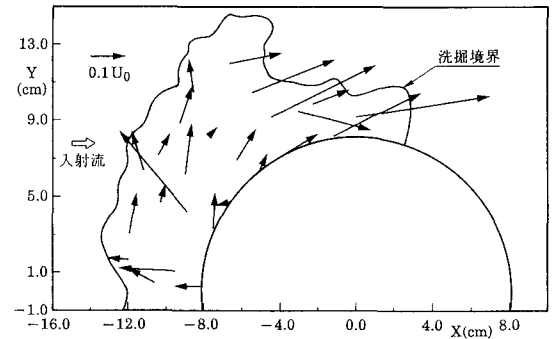


図-6 捨石層底面の浸透流速分布 (Case 4)

石野²⁾は、レーザー流速計を用いて測定した捨石一層での底面最大浸透流速は $0.4 U_0$ 、2層では $0.33 U_0$ 、3層で $0.16 U_0$ であることを示した。この関係を用いてCase 1, 3の砂面に作用する最大浸透流速を求めると、それぞれ 5.78 cm/s 、 6.8 cm/s となる。次に、図-3, 4にCase 2, 4の洗掘コンター図を示す。これらのケースでは、洗掘孔内の砂面に作用する浸透流速を測定するために、洗掘が捨石3層以上に進行し、円柱前面側のガラス底面が露出するよう条件を設定してある。ガラス面の下側からレーザー流速計を用いて計測した浸透流速を図-5, 6に示す。図から、洗掘境界付近の砂に作用する浸透流速は、 6 cm/s 前後であることが示される。ここでGraauw⁴⁾らの二次元浸透流下の砂の移動限界実験値を用いて本実験で使用した捨石下の砂の移動限界流速を求めると 6 cm/s となり、本実験結果とほぼ一致する。よって本実験で測定した捨石工内の浸透流速の妥当性が示された。

4. まとめ

本研究により、静的および動的洗掘状態での捨石洗掘防止工の有効性を示すとともに、捨石層数が1~3層を含めた橋脚まわりの捨石洗掘防止工内の浸透流況を把握することができた。

参考文献

- 1) 岡田, 後藤, 中川, 石野: 急潮流下海洋構造物の捨石洗掘防止工に関する研究, 土木学会論文集投稿中
- 2) 石野, 大谷, 勝井: 橋脚の捨石洗掘防止工内の浸透流に関する実験的研究, 第46回年講, 1991
- 3) 例えば, A. J. Randkivi, Scour at bridge piers, IABR 1991
- 4) A. F. d. Graauw et al.: Granular Filters Design Criteria, Journal of W. W. ASCE, Vol 110, No. 1 1984