

II-303

橋脚の捨石洗掘防止工内の浸透流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。捨石洗掘防止工に関する研究のほとんどは、被覆石の安定を検討したものであり、底質の安定や吸出しの有無を検討する上で必要となる捨石洗掘防止工内の浸透流の解明を目的とした研究としては、明石大橋を対象とした高沢ら(1988)の模型実験による検討、および平野ら(1990)の現地計測による検討があげられるのみである。これらの明石大橋を対象とした研究では、捨石層数が4層以上を検討条件としている。ここで本研究では、捨石層数が1~3層の条件下で、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、捨石工内の浸透流況を比較検討した。

2. 実験装置および方法

実験は、長さ12m、幅1m、高さ0.4mの可変勾配型鋼製水路の中央に直径 $D=16.5\text{cm}$ 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、円柱の上流端から8m区間にわたって中央粒径1.7cmの砂利を敷きつめ、捨石洗掘防止工の模型とした。捨石層底面の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。また捨石層底面の圧力分布を多点微圧計を用いて、橋脚まわりの水面形状をポイントゲージおよびサーボ式水位計を用いて測定した。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。なお測定された浸透流速 U_s は、 1.5cm/sec 以上であり、浸透層内の流れのレイノルズ数 Re_s は250以上である。よって本実験の浸透流は乱流域にあると判断される。

表-1 実験条件

	Q_0 (ℓ/s)	i_b	u_0 (cm/s)	h_0 (cm)	Fr	Re	D/h_0	捨石 層厚
Case1	55.0	1/1400	33.43	16.45	0.263	55167	1.003	1
Case2	55.7	1/1400	33.62	16.56	0.264	55468	0.996	2
Case3	59.2	1/1400	35.86	16.50	0.282	59170	1.000	3

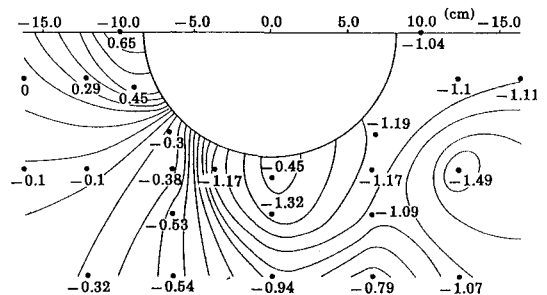
 i_b : 河床勾配, $Fr = u_0 / \sqrt{gh_0}$, $Re = u_0 \cdot h_0 / \nu$


図-1 円柱まわりの水面形状 (Case 2)

3. 実験結果

図-1に、Case 2の円柱まわりの水面形状を示す。図から、円柱前面($\theta = 0^\circ$)でせき上げにより水面が上昇し、 $\theta = 90^\circ$ 付近で最低水位が発生し、 $\theta = 45^\circ$ 付近の円柱近傍で水面勾配が急になることが示される。図-2にCase 2の捨石層底面の圧力分布を示す。図から、最低圧力は $\theta = 135^\circ$ で発生するが、最大圧力の位置、最大圧力勾配の位置については、水面形状と同様であり、円柱まわりの局所的な水面形状に起因して浸透流が発生することが示唆された。図-3に、各ケースの円柱側面での水面形状と、捨石層底面の圧力形状を示す。図から、各ケースのフルード数が若干

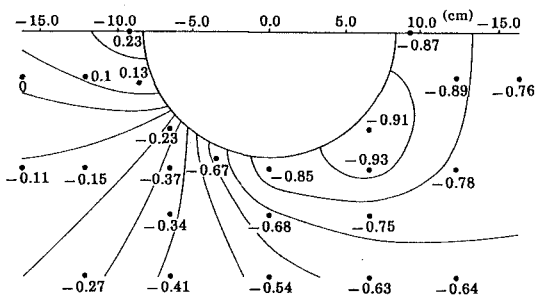


図-2 捨石層底面の圧力分布 (Case 2)

異なるので最高水位と最低水位の差は異なるが、層厚が厚くなっても水面形状は、大きな変化を示さないことがわかる。一方層厚が厚くなるにしたがい、圧力勾配が緩和され、層厚の増加による浸透流速の低減効果が示唆される。

図-4に、捨石層底面の浸透流速分布を示す。図中の流速値は、捨石空隙内で測定された実質の浸透流速 U_s を接近流の平均流速 U_0 で無次元化した値である。ここで、 $\theta = 0^\circ$ 付近のよどみ面洞内の河床面流速 V_b を固定床において測定した鈴木(1977)によると、 $V_{b\max} = 0.45 \sim 0.55 U_0$ である。この値を用いて $\theta = 0^\circ$ 付近の河床に作用する洗掘力を比較すると、図-4から $\theta = 0^\circ$ 付近の浸透流速はCase1で $0.3 U_0$ 、Case2、3で $0.1 U_0$ であり、捨石を設置することにより $\theta = 0^\circ$ 付近の洗掘力が弱まることが示された。図-4から捨石層下の最大浸透流速は、 $\theta = 45^\circ$ 付近で発生し、Case1(一層)で $0.4 U_0$ 、Case2(2層)で $0.33 U_0$ 、Case3(3層)で $0.16 U_0$ となる。大谷ら(1991)によると $\theta = 45^\circ$ における捨石表面のスリップ速度 U_{slip} は $1.0 \sim 1.3 U_0$ で、また高沢ら(1988)では、捨石層数4層下での最大浸透流速は $0.13 U_0$ である。よって捨石を一層設置することにより、主流の流速をかなり減勢することおよび圧力の緩和で示唆されたように、捨石層数が増加するにしたがい、圧力が緩和され、最大浸透流速が低減されることが示された。

4. まとめ

本実験により、橋脚の捨石洗掘防止工内の浸透流況と捨石層数の関係を把握することができた。今後は、捨石層内の浸透流の数値計算を行うとともに捨石層下の掃流力を検討していきたい。

参考文献

- 高沢勲, 鈴木幹啓, 中川良隆, 勝井秀博: 橋脚の洗掘防止工内における浸透流況, 第43回年講, 1988
 平野茂, 坂巻明人, 石野和男, 遠藤伸治, 牧田鈴子: 急潮流下海洋構造物の洗掘防止工内の浸透流に関する現地計測, 海岸工学論文集第37巻, 1990
 大谷英夫, 石野和男, 勝井秀博: 捨石洗掘防止工を設置した橋脚周辺の流れ構造に関する実験的研究, 第46回年講(投稿中) 1991
 鈴木幸一: 橋脚周辺の局所河床変動に関する研究, 京都大学学位論文 1977

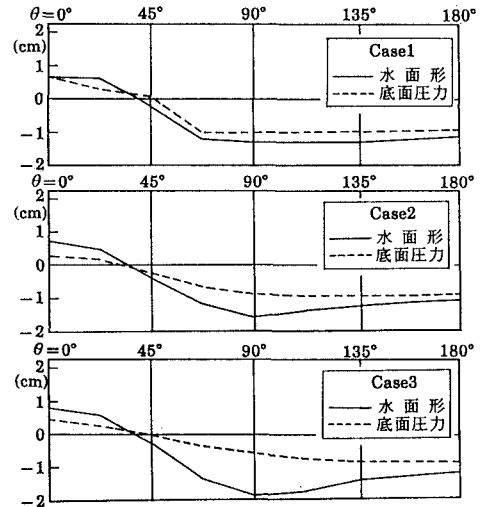


図-3 円柱側面の水面形状と捨石層底面の圧力形状

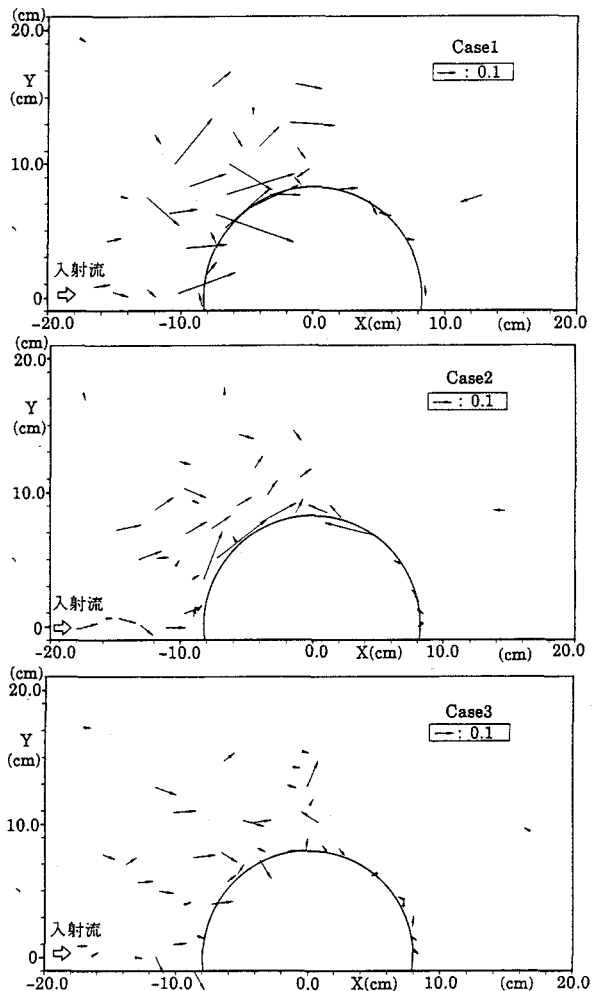


図-4 捨石層底面の浸透流速分布 (U_s / U_0)