

PS II-12

橋脚の洗掘防止工内における浸透流況

本四公団第一建設局	正員	高沢 勤
本四公団垂水工事事務所	正員	鈴木幹啓
大成建設(株)大阪支店	正員	中川良隆
大成建設(株)技術研究所	正員	勝井秀博

1. はじめに

本研究は、大水深・急潮流における長大橋橋脚周辺の洗掘防止工の設計に関するものである。海洋構造物の洗掘防止工としては、北海の石油掘削リグやデルタ計画の高潮防潮堤などにおいて多くの工法が提案されているが、機能性、経済性、維持補修の面などから総合的に判断すると、捨石によるものが最も優れている。

捨石洗掘防止工には、捨石自体の潮流に対する安定性のみならず、主流の流勢を遮断し、底質に作用する流れを緩和する機能(浸透流速の低減)、捨石の間隙から底質の吸い出しを防止する機能(吸い出し防止: 中川ら(1987))等が要求される。しかし、現行の設計においては、被覆石の安定に関する以外は経験に頼っている状態で、捨石層厚、内層の粒度分布、施工範囲などについて、十分合理的な検討がなされているとは言い難い。本研究では、橋脚の捨石洗掘防止工層厚と粒径の設計方法を確立することを目的として、捨石層内の三次元的な浸透流況を把握する実験を行った。

2. 実験方法

図-1に示すように、幅0.4m×長さ47mの二次元開水路に透明アクリル製の仮底を設け、その上に橋脚に見立てた直径28cmの半割り円柱を、側壁に接して設置した。仮底の上には、円柱の上下流2.5mにわたって碎石を敷き均して捨石洗掘防止工の模型とした。仮底の下には、捨石層底面の流況が観測できるよう鏡を設けてある。浸透流況の測定には高速度VTRと塩分濃度計を用いた。また、浸透流発生境界条件を把握するため、主流の水面形状・流速分布等も測定した。実験条件を表-1に示す。

3. 実験結果

本実験に先立ち、円柱が存在しない場合の二次元浸透流実験を行い、捨石層内の浸透流速分布を測定した。実験結果を図-2に示す。図より、二次元浸透流は捨石表層から2~3層以深では主流による剪断流の影響を無視できる事が分かる。十分深い浸透層内の二次元流れは山田ら(1982)の理論を用いて、主流の動水勾配と捨石層の透水係数で表すことができる。

図-3は、橋脚周辺の浸透流況を示したものである。図より、円柱の上流側で主流の一部が捨石層内に潜り込み、円柱側面付近で湧き出すことが観察される。主流の潜り込みのため、捨石層内の円柱側面付近で流れが集中し、捨石層底面での浸透流速は円柱周辺の動水勾配から計算される値より大きくなる。しかし、捨石の層厚が大きくなると、上流から潜り込んだ流れは捨石層全体に分散するため、流れの集中の度合いが弱まる。また、橋脚周辺では、主流の動水勾配が平面的に一定でなく、浸透層内の深さ方向に動水勾配が漸減するため、捨石層底面での流速は、円柱側面の最大動水勾配から計算した値より小さくなる。表-2に、円柱側面の最大動水勾配、底面での浸透流速、捨石層厚との関係を示す。層厚が大きいくほど、また粒径が小さいほど、浸透流速が低減することが分かる。動水勾配が負となる円柱の後流部では、浸透流は逆流して円柱の直下流部から湧き出す。湧き出し流速は小さく、また、本実験の条件の下では、円柱の側面より発生するカルマン渦は浸透流に影響を及ぼさないと判断できる。

図-4は三次元FEMによる円柱周辺の浸透流況(層流)解析結果である。計算結果は、定性的ではあるが、実験で得られた浸透流況をよく表現している。

4. 結論

①橋脚周辺の捨石工内の浸透流況は三次元的で、主流の一部が潜り込み流れの集中を起こすため、捨石層

厚は十分厚くとる必要がある

②層厚が厚い場合、捨石層底面での浸透流速として、水面勾配の最大値と捨石層の透水係数から計算される値を用いれば十分な安全率を有する。

5. おわりに

本研究により、橋脚周辺の浸透流況に関する定性的な把握がなされた。今後、洗掘防止工の合理的な設計法を確立するために、橋脚周辺の浸透流に関する系統的な実験を進めると共に、数値解析の精度を向上したい。本研究に当たっては、京都大学工学部・中川博次教授および、同研究室助手・村上正吾、清水義彦の両氏より多大な助言を戴いた。ここに、深謝の意を表します。

参考文献

中川博次・辻本哲郎・清水義彦・村上正吾：堰の一被災機構としての護床工からの砂の抜け出しによる空洞化の進行過程、第31回水理講演会論文集、1987

山田 正・川端規之：浸透層上の流れの抵抗則に関する理論的研究、土木学会論文報告集第325号、1982

表-1 実験条件

主流		捨石	
水深	平均流速	粒 径	層 厚
(cm)	(cm/s)	(cm)	(cm)
49	46	1.7	6.7, 13, 26
63	40	1.3	20

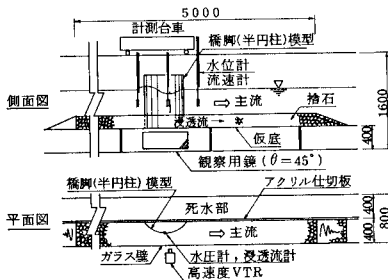


図-1 実験装置概念図

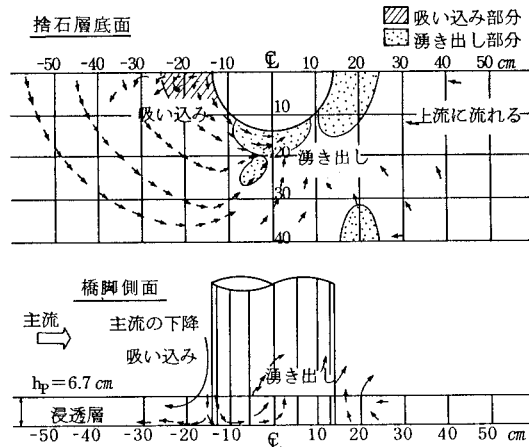


図-3 橋脚周辺の浸透流況（実験）

表-2 浸透流速と層厚の関係

水深 h (cm)	層 厚 h _p (cm)	最大動水 勾 配 I _{max}	最大浸透 流速 U _p (cm/s)	I _{max} と透水 係数より求め た浸透流速 U _k (cm/s)	U _p /U _k
49	6.7	0.10	6.3	6.1	1.03
	13	0.11	4.6	6.4	0.72
	26	0.10	4.0	6.1	0.66
63	20	0.076	2.9	4.4	0.66

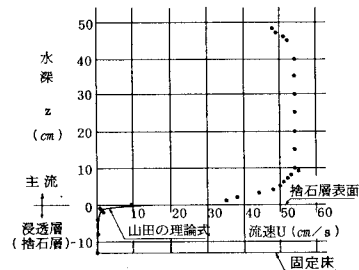
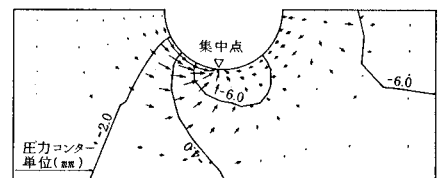
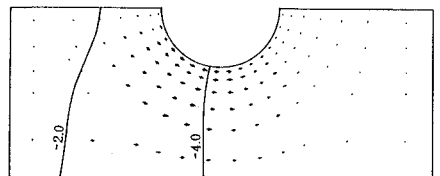


図-2 主流流速と浸透流速分布図



(1) 捨石層表面



(2) 捨石層底面 (h_p = 26cm)

図-4 橋脚周辺の浸透流況（FEM計算）