

単一水平リブレットによる円柱周りの洗掘軽減

山口大・院 学○鍵田 和彦
山口大・工 正 斎藤 隆
水資源開発公団 岩本 浩

1. まえがき

本研究は、円柱に水平リブレットを設けることで襟巻渦を効果的に制御し、その結果として洗掘を軽減することができることが、昨年度行った若干の実験により確認できたのでさらに実験を追加して検討したものである。

2. 洗掘実験

実験装置は水路長6m、幅60cm、深さ18cmの亚克力製の可変勾配開水路に砂を一様にはりつけ上流端から3.5mの位置に砂箱を設けその中に円柱を設置したものである。本研究では静的洗掘に限定して摩擦速度 U_s が限界摩擦速度 U_{sc} の0.8 倍程度と一定にして実験を行った。実験はリブレット幅～水深比 h'/h 、水深～円柱径比 h/D 、流れのFroude数 $u/\sqrt{gh}$ あるいはRe数を変えて、その影響を調べたものである。

3. 結果とその検討

各パラメーターの影響を評価する基準となる単円柱周りの洗掘実験の結果が図-2である。これと同じ条件でリブレット付き円柱による洗掘実験を行った。この図より洗掘深さは無次元時間 τ と直線関係があり、洗掘深さの対数時間的勾配を表すBの値は水深と円柱径の比 h/D とFroude数に關係していることがわかる。この関係は次のように表される。

$$\frac{Z_s}{h} = A + B \ln \left(\frac{u^2}{gh} \times \frac{ut}{h} \right) \quad (1)$$

図-3はリブレットの設置高さ H/D と最大洗掘深さ Z_s/D の關係を示した図である。この図よりリブレットは河床面と一致させて設置した場合が最も有効であることがわかる。昨年度報告したが、リブレット付き円柱では円柱前面での洗掘が遅れ、側面での洗掘深さと一致するまでの洗掘を初期洗掘それ以降を後期洗掘と区別する。図-4と図-5はリブレット幅比 h'/h と最大洗掘深さの軽減率 Z_s/Z_{s0} の關係を初期洗掘と後期洗掘についてそれぞれ示したものである。初期洗掘時の場合についてみると、実験条件に關係なくリブレットの幅比 h'/h が0.02～0.04で約50%の円柱前面の洗掘が

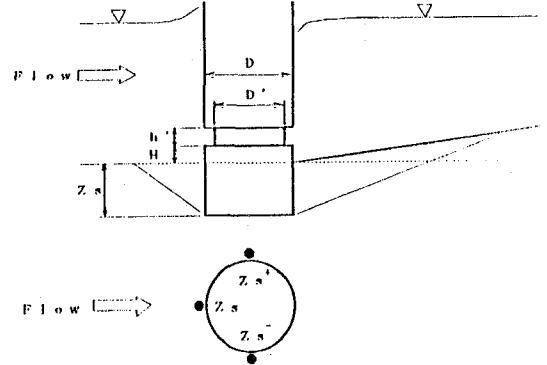


図-1 記号説明

表-1 実験条件

実験 No.	砂粒径 d (mm)	勾配 I	水深 h (cm)	円柱径 D (cm)	h/D	F_r^2	Re ($\times 10^4$)
○ 1	0.114	1/2000	7.65	4.00	1.91	0.095	2.04
● 2	0.114	1/2000	7.65	5.68	1.35	0.095	2.04
□ 3	0.114	1/3000	12.50	4.00	3.13	0.067	3.63
■ 4	0.114	1/3000	12.50	5.68	2.20	0.067	3.63
△ 5	0.163	1/2000	11.31	4.00	2.83	0.099	3.74
▲ 6	0.163	1/2000	11.31	5.68	1.99	0.099	3.74
▽ 7	0.163	1/1500	7.49	4.00	1.89	0.137	2.44
▼ 8	0.163	1/1500	7.49	5.68	1.32	0.137	2.44

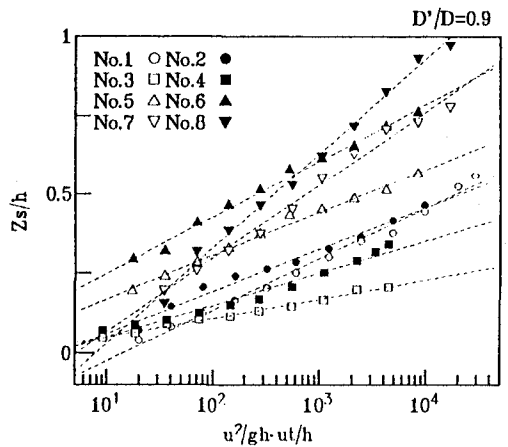


図-2 最大洗掘深の対数時間変化

(リブレットなし円柱)

軽減できている。後期洗掘時の場合についてみると、リブレットの幅比 h'/h が $0.02 \sim 0.04$ で円柱前面の洗掘は最大 40%軽減することができている。しかしその軽減効果は初期洗掘時に比べて低下していることがわかる。そこで後期洗掘についてさらに詳しく実験条件の各パラメータに対する検討を行うと、洗掘の軽減率は単円柱の場合の洗掘深さの対数時間的勾配 B に依存している。すなわち $B \approx 5.0 \times 10^{-2}$ さらに $h/D \approx 2.0$ のとき最も軽減効果があり、このときの最適リブレット幅比は $h'/h = 0.03$ である。 B の値は Reynolds 数あるいは Froude 数の増加に伴い大きくなり、同じ Froude 数では h/D の値が小さい程大きな値をとる。この関連から、最適リブレット幅比 h'/h の値は Froude 数の増大によって小さくなり、 h/D の値が大きくなると大きくなる傾向にある。

4. まとめ

本研究は、円柱に設けた単一の水平リブレットによる洗掘軽減工法としてその妥当性を確認するために、リブレットの深さを固定しリブレットの幅と河床面からの高さを系統的に変化させ静的洗掘実験によりその効果を調べた。得られた知見を要約すると以下のようである。

(1) リブレットによる洗掘軽減は初期洗掘時に有効であり、リブレット幅比 h'/h が $0.02 \sim 0.04$ のとき洗掘軽減率は約 50% である。後期洗掘においては洗掘の軽減はほとんど期待できず、砂面下に複数のリブレットを設置するなどを検討する必要がある。

(2) リブレットによる洗掘軽減率は、単円柱の場合の洗掘深さの対数時間勾配 B に依存しており $B \approx 5.0 \times 10^{-2}$ さらに水深と円柱径の比 $h/D \approx 2.0$ のとき最も効果がある。またこのときの最適リブレット幅比 h'/h は 0.03 であり、この値は Reynolds 数あるいは Froude 数の増大に伴い小さくなる傾向がある。

参考文献

- 1) 岩本 浩：水平リブレットによる円柱周りの洗掘軽減に関する研究，山口大学工学専攻科修士論文，1994。
- 2) 吉川秀夫編著：流砂の水理学，丸善株式会社，313-343, 1985。
- 3) 齋藤 隆：水平噴流による洗掘に関する研究，土木論文報告集，第282号，1979。

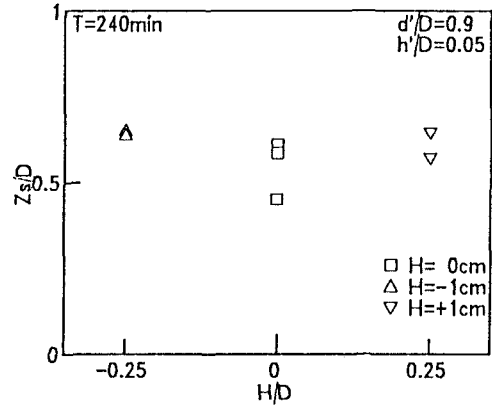


図-3 リブレットの設置高さと言掘深の関係

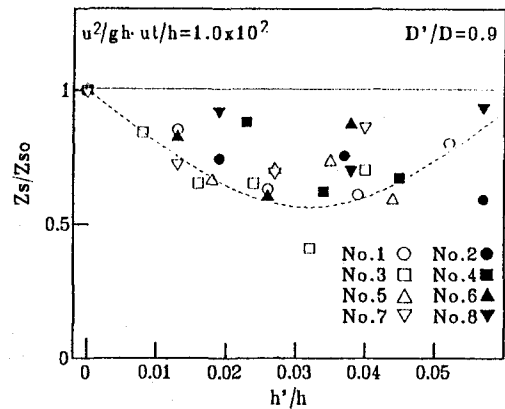


図-4 リブレット幅比と軽減率の関係（初期洗掘）

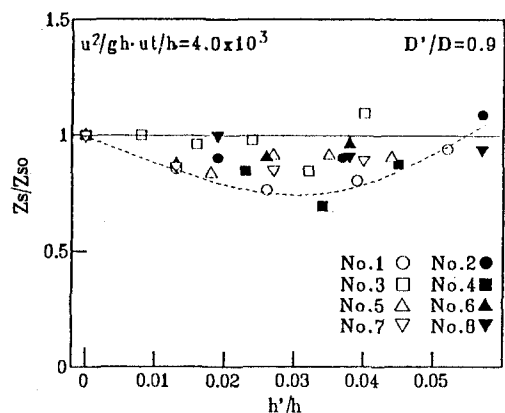


図-5 リブレット幅比と軽減率の関係（後期洗掘）