

山口大・院 学〇岩本 浩 山口大・工 学 今若謙氏
山口大・工 正 斎藤 隆

1. まえがき

橋脚等の構造物による局所洗掘では物体周りに形成される襟巻渦が重要な役割をしている。この襟巻渦を制御することで幾つかの洗掘軽減工法が提案されているが、海中構造物などでは流向が常に変化しているの、方向性の無い襟巻渦の制御方法が望まれている。

著者らは円柱表面の狭い溝によって襟巻渦の円柱軸方向への影響を無くして、アスペクト比の極く小さい円柱で二次元流体力を測定する方法を開発している。これとは逆に河床近くの円柱表面周りに水平な溝を切り込むことで、襟巻渦の下降流れを円柱前後の圧力差で溝内に誘起される流れに導くことで、洗掘を軽減することが可能と考えられる。

本研究は、このような観点から、円柱に単一の水平矩形溝を設けることで洗掘の軽減に有効であることを確認するため、溝の深さを一定にして、溝の幅と河床からの高さを系統的に変えて、円柱周りの洗掘軽減の効果を静的洗掘実験で検討し、さらに床固めを併用した場合の効果について検討したものである。

2. 実験装置と実験方法

実験は幅60cm、深さ20cm、長さ6mの亚克力製可変勾配開水路で行なった。水路床には実験砂粒が密に張り付けられている。上流から3mの所に50cm角で深さ15cmの砂箱が水路床に取り付けられている。この箱の中央に円柱が設置され、水路床までほぼ均一な実験砂が敷かれている。実験は表-1の条件で行なった。

3. 実験結果とその検討

円柱の前面と側面における洗掘深さの時間変化を測定した一例が図-2である。図中の黒描点が溝なしの場合で、白描点が水路床面上に幅、深さが共に2mmの溝を設けた場合である。いずれも側面での洗掘が先行しているが、溝の有無によって洗掘過程が大きく異なる。すなわち、溝なし円柱の場合は、円柱前面と側面での洗掘深の差は小さく、比較的短期間で両者は同じとなるが、溝付き円柱の場合は、洗掘初期での円柱前面の洗掘は極めて小さく、前面と側面での洗掘深さが同じになるまでの時間は溝なしの場合の約十倍となっている。溝付き円柱での洗掘過程をみると、まず円柱

表-1 実験条件

河床勾配	$I=1/2000$	水深	$h_0=7.65\text{cm}$
流量	$Q=12244\text{cm}^3/\text{s}$	摩擦速度	$U_* = 1.94\text{cm/s}$
砂粒径	$d=0.114\text{cm}$	限界摩擦速度	$U_{*c}=2.34\text{cm/s}$

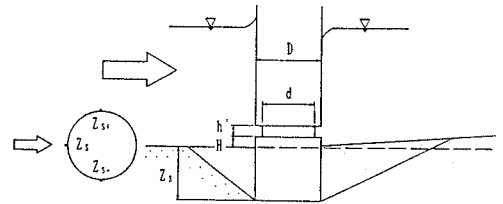


図-1 記号説明

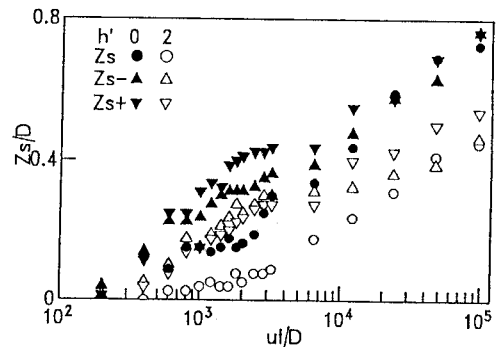


図-2 円柱前・側面での洗掘深さの時間変化

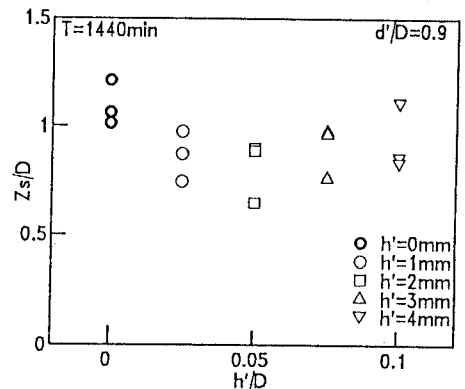


図-3 最大洗掘深とリブレット幅の関係

側面で洗掘が始まり、この洗掘孔が拡大していき、両側面からの洗掘孔が円柱前面に達してから前面での洗掘が始まる。洗掘の時間経過から、水平な矩形溝で円柱前面での襟巻渦による下降流の消失によって洗掘が起こらないが、側面における洗掘孔の拡大されて円柱前面に洗掘孔が達すると、溝下方洗掘孔内に襟巻渦が形成されて、前面での洗掘が始まり、洗掘深が急激に増大していく。

溝下端の位置を砂面直上に固定し、溝の深さを变えずに溝幅を変えて24時間後の最大洗掘深を調べたのが図-3である。図より溝幅が円柱径の5%のときに、洗掘深は25~50%軽減されている。洗掘の軽減が最大である場合の洗掘形状と溝なし円柱でのそれとを比較したのが図-4である。洗掘形状はほぼ相似であるが、溝付き円柱での砂の移動量は20~40%となっている。

洗掘の軽減が最大である溝幅が円柱径の5%の場合に、溝の設置位置の効果を知るため、溝下端位置を3通り変えて最大洗掘深を調べた結果が図-5である。図-3と比較してみると、実験を行なった溝位置の範囲ではいずれも洗掘は軽減されているが、その差は顕著でなく、砂面直上に溝を設けた場合が洗掘軽減に最っとも有効であると判断される。溝下端位置を砂面内にした場合、洗掘の初期では溝なし円柱での洗掘過程と同じであるが、円柱背後の溝が露出すると洗掘の進行速度が急に低下する。この原因は、溝内に誘起された流れがそれまでに形成されている襟巻渦の下降流となる流れを溝内に吸い込む結果と考えられる。

溝付き円柱の洗掘初期における円柱側面での洗掘を阻止することで洗掘を完全に制御出来るとの予測で円柱周囲の砂面上に実験砂を一樣に張り付けた厚さ5mmで円柱径の1.5倍と2倍の円盤をその上面と河床とを同じ高さで設置し、洗掘軽減に最っとも有効であった溝付き円柱で洗掘実験を行なった。1.5倍の円盤を設置した場合、溝からの噴出する流れで円盤下流部の二箇所洗掘が生じ、ここから円盤下の砂粒が吸い出されていき、円盤下に空洞が形成された。この空洞部での洗掘砂面は極めて緩い傾斜である。2倍の円盤を設置すると、溝からの噴出流れのせん断層での強い渦管と円柱側面からのカルマン渦との相互作用による結果と考えられる大規模渦が形成され、この渦によって円柱下流の中心線部で堆積が、円盤下流の堆積部の両側に広い範囲で極めて緩い傾斜での河床低下が生じた。

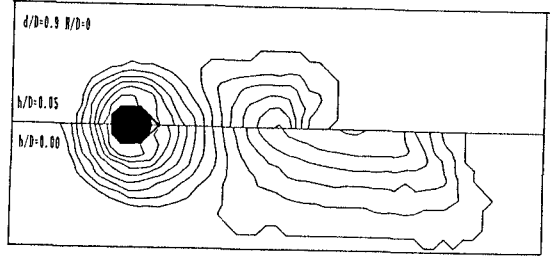


図-4 洗掘形状の比較

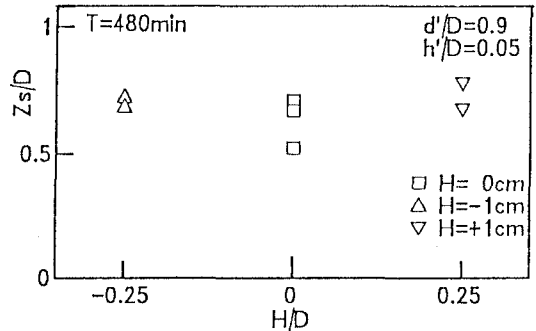


図-5 リブレット設置高さと言掘深さの関係

4. まとめ

海中構造物などでは常に流向が変化している場合に対処するため、方向性の無い洗掘軽減工法の基礎資料として、水平矩形溝付き円柱周りの静的洗掘実験を行なった。その結果を要約すると、次の通りである。

- I. 河床面近くの円柱表面に水平な溝を設けることは溝内に誘起される流れが襟巻渦による下降流となる流れを吸い込み、円柱前面では側面での洗掘孔が達するまで洗掘されず、その結果として洗掘が軽減される。
- II. 河床面近くの円柱表面に幅と深さが共に円柱径の5%の水平な矩形溝を設けることで最大洗掘深を25~50%軽減することが出来た。
- III. 河床より下に水平溝を設けると、洗掘で溝が露出した後の洗掘速度は非常に低下するので、水平溝を適切に配置することで洗掘の大幅な軽減が可能である。
- IV. 洗掘を完全に防止するには床固めとの併用が考えられるが、大規模渦の形成との関連で適切な水平矩形溝を検討する必要がある。

参考文献

- 1) 五十嵐保、西田幸造：橋脚まわりの洗掘とその防止に関する基礎的研究、日本機械学会論文集（B編）58巻、550号、PP.336-342、1992-6