

水平噴流による洗掘穴内の流れについて

山 口 大 学 学 長 佐 藤 康 政
大 成 エ ン ジ ニ ア リ ン グ 正 土 橋 正 徳
山 口 大 学 正 齋 藤 隆

水平噴流による洗掘は局所洗掘に関する基礎的なもの一つとして古くから研究されているが、洗掘の進行と共に伴う流れの変化と共に密接に関連した現象であるため、理論的な研究は意外と少ない。洗掘過程を解析していくには洗掘穴内の流れの特性、とくに洗掘砂面に沿って発達する境界層流れを明らかにする必要がある。しかしながら、これを解析的な手法によることはほとんど不可能であるので、後期洗掘における洗掘穴内の流れの特性(洗掘砂面に沿う局所洗掘の局所抵抗係数)を実験的に検討した。

実験装置の概要と本文で用いるような記号を図-1に示す。実験に用いた洗掘形状は後期洗掘における平均形状($L/D=4$)を石膏で作成したものである。洗掘面の粗度は $d_{90}=0.129$ のほぼ均一な砂を一層にペイントで張り付け、参考のため行なった滑面はペイント塗りである。流速の測定は洗掘面近くの流れに重点を置いて洗掘砂面に平行にピトー管を設置して行なった。

図-2は測定した流速分布から描いた洗掘穴内の等流速線図の一例である。図より洗掘穴内の流れは、段落境界面に再接触する湾曲噴流とそれによる壁面噴流の流れとぎわわてよく似ていて、再接触後形成される洗掘面に沿う流れは加速流域、定速流域、及び減速流域に分けることができる。図の下方に記入してある最大洗掘深さ位置にある段落境界面に再接触する湾曲噴流による壁面噴流の各領域の境界位置と流速とを比較してみると、加速流域と定速流域の境界位置とは段落境界面との壁面噴流の方が若干下流であるが、再接触位置並びに定速流域と減速流域との境界位置はよく一致している。

図-3は洗掘面ならびに段落境界面に再接触後形成される壁面噴流の最大流速の変化を描いたもので、描点は洗掘穴内での測定値で、実線、破線、一点鎖線は

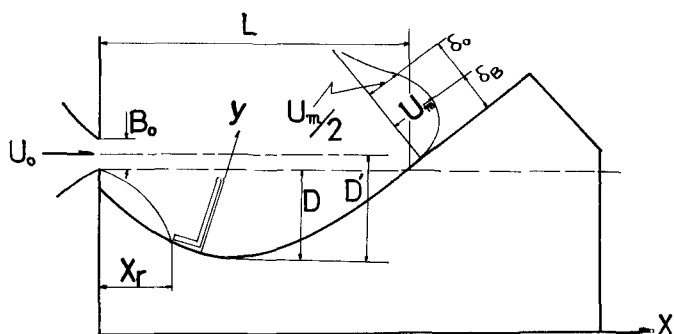


図-1 実験装置の概要と記号説明

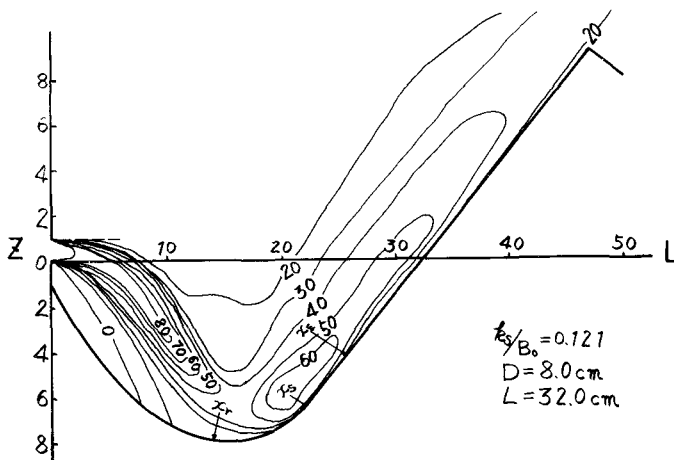


図-2 洗掘穴内の等流速線図

表-1 実験条件

k_s/B_0	0	0.065	0.0121
2.02	△	▲	
3.97	○	■	
7.37	●		□

$k_s/B_0=0.121$
 $D=8.0\text{cm}$
 $L=32.0\text{cm}$

段落境界面による実験結果である。 $\delta_0/B_0=0$ の
 $D/B_0=74$ の描点を除き、加速流域における
 複雑な流速分布を考慮すると、流掘穴内の
 最大流速の変化と段落境界面との湾曲噴流
 による壁面噴流のそれとは一致している。
 図-4は定速流域における最大流速
 U_m/U_0 と D/B_0 に対して図示したもので、本
 実験の結果は田描点で、他は段落境界面
 における湾曲噴流による壁面噴流の実験
 結果である。

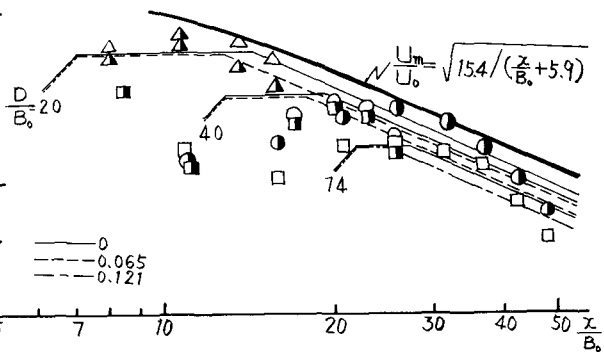


図-3 流掘穴内の最大流速の変化

図より、定速流域の最大流速は再接触面の粗度
 表示 δ_0/B_0 の影響はさわめて小さく、ほぼ D/B_0 に
 よって規定されている。

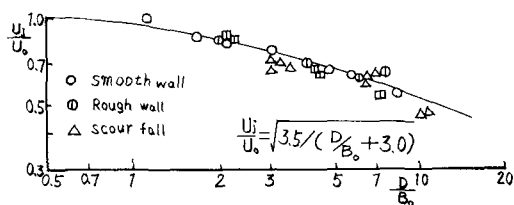


図-4 定速流域における最大流速

壁面噴流境界面の速度分布則にパラメーター
 として含まれている主流部の滑動粘性は主流部
 の最大流速 U_m と流れの中 δ_0 で規定されている。
 図-5は δ_0/B_0 と x/B_0 の関係をプロットしたもので、
 図中の直線は湾曲噴流ならびにそれによる
 壁面噴流と主流部の拡散に關する実験式の計算値
 である。とわめて複雑な速度分布による測定誤
 差を考慮すると断定出来ないが、加速流域にお
 ける流速の変化の状態に起因するものではない
 かと考えられるが、加速流域における δ_0/B_0 は、
 湾曲噴流による壁面噴流のより小さく、 δ_0/B_0 は
 再接触点よりほとんど変化せず減速流域の δ_0/B_0
 に移行している、減速流域における両者はほぼ
 一致している。

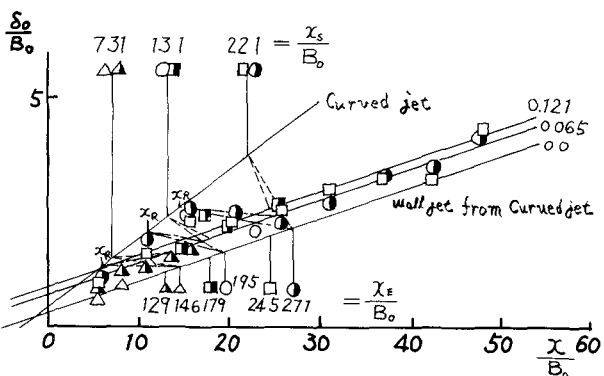


図-5 主流部流れの中 δ_0 の変化

加速流域、定速流域に若干問題があるが、最大
 流掘深さの段落境界面とにおける局所流掘係数の
 計算値(加速域では主流部の滑動粘性を無視、
 定速域では直線的に変化すると仮定)と実測値
 速度分布より求めた摩擦速度とも比較したものが図
 -6である。加速流速の領域の加速流域および定速
 流域における計算値は主流部の滑動粘性の仮定によ
 って大きく変化するが、この仮定にはほとんど影響
 されない減速流域における計算値と実測値とはよく
 一致している。

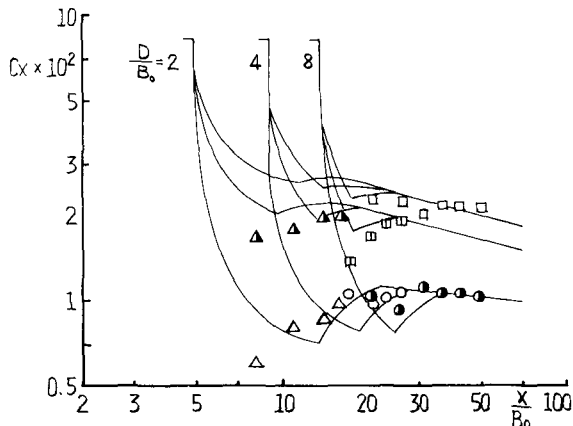


図-6 流掘砂面上の局所抵抗係数

以上、流掘穴内の流れ特性は段落境界面上の湾曲
 噴流による壁面噴流でかなりよく近似できることが
 明らかとなった。