

水平噴流の特性について

山口大学 齊藤 隆

水門やカルバートなどの下流部の洗掘は、流水による各断面における砂礫の移動量の場所的变化にもとづくものであるが、一般に洗掘現象の進行とともに、その付近の流水の性質は大きく変化し、それによって洗掘が加速される。

このような流水と洗掘の両者は互いに密接な関連をもつて互に影響しあっている。しかつて、洗掘機構を考察するに当っては、以上のように洗掘の進行とともに変化をしていく流水の性質を明らかにする必要があろう。本研究はこのように流水と洗掘との互の影響を明らかにする目的をもつて、

現象を図-1に示すように単純化して、水平噴流の特性に及ぼす境界の影響を実験的に検討したものである。

実験には図-1に示す市販18cmの鉄製両面有持ガラス張り水槽を用い、噴流の拡散特性、とくに最大流速の遷移および最大流速の生ずる位置の変化などに及ぼす境界高さDおよび水深h又はHの影響について検討するため流速分布および噴流の流れ方向について測定を行なった。

噴流の各断面において測定した流速分布の代表的な2例を示したのが図-2であつて、同図の左側部分に

図-1 実験装置および記号説明図

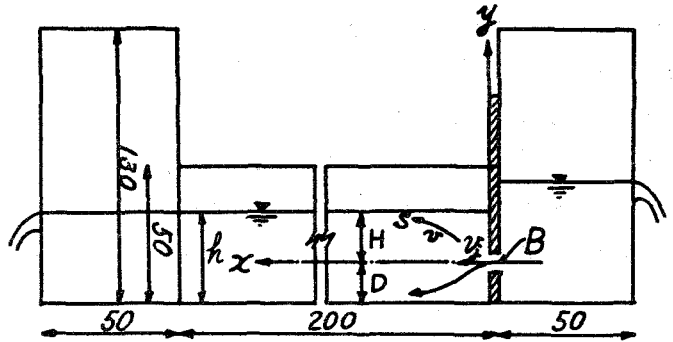
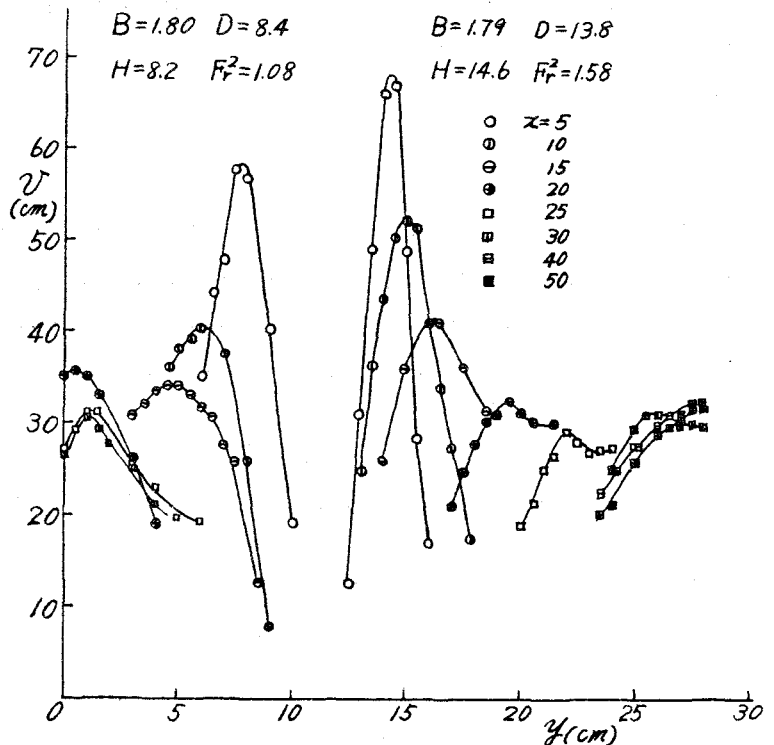


図-2 噴流流速分布



描みれているのは射出した噴流が下部固定床の方に吸い寄せられるもので、右側部分に描いてあるのは射出した噴流は水面方向に流れが偏向したもので、いわゆる噴上げ状態のものである。図5みると下向き噴流、噴上げ噴流いずれも射出直後はほぼ噴流中心線に対して対称であるが、流通とともに境界方向又は水面方向に流れが偏して、境界又は水面に噴流が当たるために一旦噴流は収束し、流速が増加する。衝突後の噴流は漸次噴流巾を増加していくとともに、その最大流速は減少していくのが認められる。噴流の最大流速の変化

を図示したのが図-3である。

図中の縦軸は噴流の噴出速度によって無次元化し、横軸の S/B は図-2より最大流速の生ずる位置を求め、最大流速の位置を噴流の中心が通過するものとして、噴流中心が通過した距離で、噴流の噴出巾 B が無次元化したものである。

なお図中の実線は自由噴流についてのAlbertsonの結果である。図によると噴流が下向きの場合、噴上げの場合いずれも自由噴流に較べ最大流速は小さく、噴流流れが偏向されるために、その拡散は自由噴流に較べ大きく、最大流速の遅減の割合が大きくなっている。前述した境界および水面への噴流の衝突する点では流れが収束されるために、噴流は増速され、その最大流速は噴流の通過距離 S に対して自由噴流の場合よりも大きくなっているようである。噴流の境界又は水面への衝突以後再拡散が始まるので、噴流の流速は漸次減少していくのであるが、その割合は測定が不足より利用しにくいのであるが、ほぼ自由噴流の場合と同程度の拡散ではなれないと思われる。

噴流の最大流速の位置を中心とし、図-2より噴流の中心位置を求めて図示したのが図-4である。図-4の上側部分に示してある図は、噴流の噴出口中心より境界までの距離 D をもつて噴流各断面における中心位置を無次元化して示したものである。

図によれば、噴流が下向きの場合に於て、その中心位置は本実験範囲では一つの曲線を示められることが判るが、噴流が噴上げの場合には、水面より噴出口までの深さ H の違いによって異なり、深さ H が大きい

図-3 最大流速分布

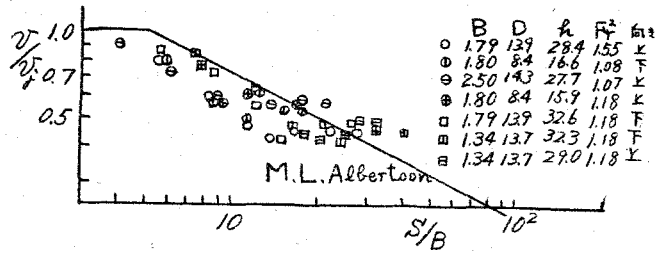
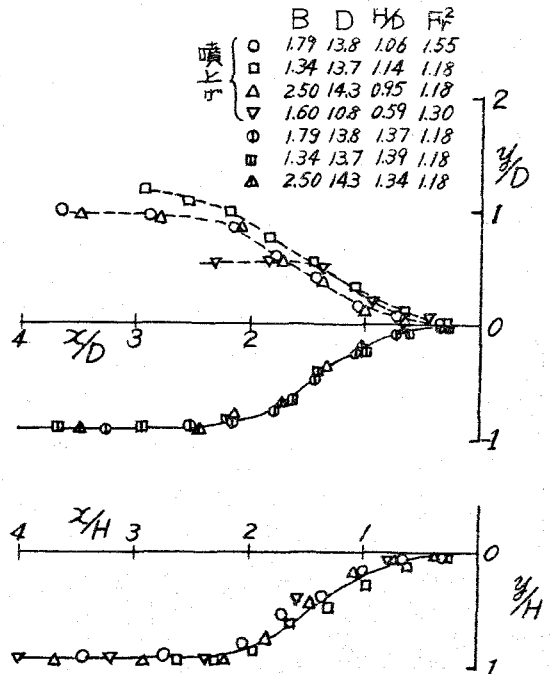


図-4 噴流中心位置



と噴流中心は上の方にいゝ、深さ H が小さくなるほど他の条件が同じでも下にすれていく。このことを考慮して、噴流が噴き上げの場合には、水面より噴出口までの深さ H によって噴流中心位置を無次元化してみると、図-4の下側に描いてあるようになる。この図に描いてある実線は、同図上側に図示した噴流が下向きの場合の実験曲線である。これよりみると、実験実物はこの曲線と一致するようで、噴流が下向きの場合は境界高 D で、また噴流が噴き上げる場合には水面より噴出口までの深さ H によって無次元化した絶対値一つの曲線で表はされるだろう。

射出した噴流が下向きになるか、噴き上げられるか、噴流の向きに影響すると思われる要素としては、下流側水深 L 、境界より噴出口中心までの高さ D 、噴流の噴出流速 v 、噴流の噴出巾 D_0 および重力の加速 g が考えられる。したがって、任意断面における噴流の中心位置 z は次元解析より

$$\frac{z}{B}, \frac{y}{B} = f\left(\frac{L}{B}, \frac{D}{B}, \frac{v^2}{gB}\right)$$

と表はされる。

ほとん静止状態にある水槽に、Froude 数 F_r の 7, 1.2, 3.0 程度になるように水位差を与え、急激に噴出口を閉じ噴流を噴出せし、噴流の向きをフローレシエによって判定して図示したのが図-5である。

図ではかなりの散らばりがあり、とくに Froude 数の大きい場合は噴流を噴出させた瞬間において水面動揺がかなりあり、そのために散らばりが大きいものと思われるが、限界値としては Froude 数にはほとんど関係はないものと思われる。

Wall jet による河床の洗掘において、下流側の水深の小さい場合に、洗掘が進行するにつれて噴流は洗掘穴に沿うように偏向していくが、洗掘がある限界まで進行すると噴流は急にその向きを変え、噴き上げる状態になることがある。このような現象を図-5とあわせて考えると、洗掘の進行とともに洗掘深 D/B が増加し、洗掘初期において D/B と h/B の関係は図-5の左下の下向きの領域にあったものの、図-5の右下部分の噴き上げ領域に移行し、噴流の向きが変るのだからなりぬと考えられる。

当然下向きであった噴流が噴き上げる状態に移行する条件は、前述の静水中に噴出した場合と異なることと推測されるので、目下このような状態に対する限界条件について実験を計画してある。

図-5 噴き上げ限界

