

ウォータージェットを利用したコンクリートの はつりに関する基礎的研究

東海大学大学院 学生員 ○佐古俊介
東海大学海洋学部 海野正典

1. 緒言

近年、高速道路、ダム、集合住宅、及びオフィスなどの建設構造物の強度低下が問題になっている。これは、経済活動の活発化に伴って設計当初よりも大幅に交通量が増大したこと、大気汚染や酸性雨、水の汚染などの環境悪化によって、コンクリートが劣化したためと考えられる。従来、このような問題に関しては圧搾機やブレーカーを使用している例が多いが、この方法では騒音、振動、及び埃などの発生が大きな問題となっている。そこで、これらの問題を解決する一つの方法としてウォータージェットを利用することとした。本研究ではその基礎研究として、ノズルの運動とコンクリートの破碎性能との関連を明らかにする。

2. 実験装置、方法

本研究においてはロータリージェット方式とスイングジェット方式の二つの方式についてそれぞれ実験を行なう。ここで、それぞれの方式の、ノズルの運動を図1に示す。

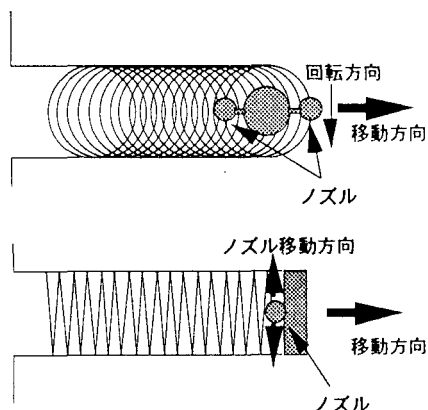


図1 ノズルの運動方向

ロータリージェットはノズルを二つ回転させながら横方向に移動するため、図1上のような軌跡を描く。スイングジェットはノズル一つを左右に振りながら横方向に移動するため、図1下のような軌跡

を描く。この方法で破碎能力に影響する主な因子は、両方式共通のものとして、1.吐出圧力 P 、2.ノズル径 d 、3.ユニット移動速度 T 、4.切削回数 N 、ロータリージェット方式特有のものとして1.ノズル回転数 R 、2.ノズル旋回半径 W 、が挙げられ、スイングジェット方式では、ノズル振り角度 θ 、がそれぞれ加わる。実験に使用した供試体は、圧縮強度 333 kgf/cm^2 の鉄筋コンクリートを使用した。

3. 実験結果の整理方法

実験を評価するに当たって、単位時間当たりのコンクリート除去量（はつり能力 mm^3/s ）を用いた。これを計算するに当たっては、図2に示す破碎深さの測定値をシンプソンの公式で積分して求めた断面積にユニット移動速度を乗じて求めた。

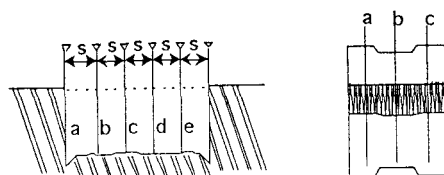


図2 測定位置

$$S = \frac{a + 2b + 2c + 2d + e}{2} \cdot h \quad (1)$$

$$V = S \cdot T \quad (2)$$

ここで、 S は断面積、 V は、はつり能力、 a, b, c, d, e は各測定点における破碎深さ、 h は測定点間距離を示す。

また、吐出圧力とノズル径の効果を評価する場合、エネルギーの利用効率を特性値とした方が比較が容易なため、(3)式によって流量を求め、その値から(4)式によってエネルギーを計算し、はつり能力から除することによって、はつり効率を計算した。

$$Q = \frac{\pi d^2}{4} \xi \sqrt{\frac{2gP}{\gamma}} \quad (3)$$

$$E = 0.098 \cdot Q \cdot P \quad (4)$$

ここで、 ξ はノズル係数、 γ は水の単位体積重量、 Q は流量、 E はエネルギーである。

4. 実験結果

(1) ロータリージェット方式

ロータリージェットのユニット移動速度を変化させた場合、ユニット速度が速いほどはつり能力は高くなる。しかし、無制限に速度を速めると、ノズル移動軌跡の間隔が広がり、一様な破碎ができなくなるため、ノズル回転数とユニット移動速度をバランスさせた領域内で最適値を求めなければならない。

(2) スイングジェット方式

スイングジェットのユニットの移動速度を変化させた場合、速度が速いほどはつり能力は増加する。しかし、この方式においても、ロータリージェットと同じように軌跡間隔が広がらないように、ノズル振り角度と、ユニット移動速度をバランスさせる必要がある。筆者らの実験においては間隔が12mmを超えた時点で、一様なはつりができなくなった。また、ノズル振り角度も大きくするほどはつり能力は増大する。吐出圧力と、ノズル径の影響については、大きくなるほどエネルギーが増加し、はつり能力は増加するが、エネルギーが増加する分に比例して能力が増加しないので、結果的にエネルギー効率で比較すると、最適値が存在することがわかった。また、切削回数を変化させた場合、はつり能力は線形に増大することがわかった。このことは、コンクリートを深くはつりたい場合、圧力をあげるよりも何度も同じ軌跡をはつる方が、有利であることを示している。

(3) ロータリージェットとスイングジェットの比較

両方式を比較した場合、ノズル移動方向の速度であるノズル周速度¹⁾と、エネルギー効率を比較したほうが検討が容易のため、図3のように結果を整理した。これによるとノズル周速度を変化させてもエネルギー効率は変化しないため、周速度が遅くても、構造の簡単なスイングジェット方式の方が、複雑なロータリージェット方式に比べて、はつりには適しているといえる。

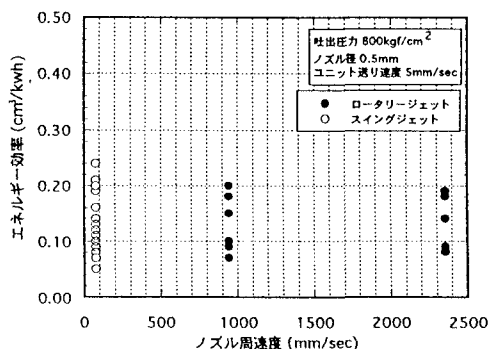


図3 エネルギー効率とノズル周速度の関係

5. 結論

本研究から以下のことが明らかとなった。

1. 両方式ともユニット移動速度は速いほうがはつり能力は優れている。
2. 吐出圧力とノズル径は大きくするほど深くはつることができるが、エネルギー効率はある値を境として低下する。
3. ノズル周速度とエネルギー効率の関係より、周速度によって効率は変化しない。よって構造的に簡単で安価なスイングジェット方式の方がはつりに関しては優れている。

参考文献

- 1) Libor M. Hlavac, Libor Sitek, Jaroslav Vasek ;
Using of the Physical Model to the Evaluation
of an Efficiency of the Tools Creating
Multiple Motions of the Nozzles, 12th
International Conference Jet Cutting
Technology Application and Opportunities,
(1994)