

トンネル掘進切羽における局部通気に関する研究 (第 1 報)

—同軸噴流の到達距離—

九州共立大学工学部 正会員 中山 伸介

九州共立大学工学部 正会員 亀田 伸裕

1. はじめに

坑道やトンネルを構築していく作業の先端部である掘進切羽では、通常、局部ファンと風管による強制通気が行われる。これは他の作業個所に比べて地山に近い領域内での掘進では、ガス・熱の坑道内への流入量が多くなる事が予想され、さらに掘削により粉塵なども発生するので、これらの有害な物質を希釈・排除させるのに十分な風量を確保するためであり、より安全でかつ良好な作業環境を実現するには、これらの効果的な制御が必要である。本研究では吹き出し通気を行う掘進切羽の空気の流れのパターンを明らかにするために室内実験を行い、その結果について検討した。第 1 報ではまず、円形の断面を有する掘進切羽模型を作成し、風管から吹き出す噴流（同軸噴流）の到達距離(Penetration Depth)について調べた。

2. 実験装置および実験方法

まず、直径 0.8m、長さ 4 m の硬質塩化ビニール製スパイル管を 2 本つなぎ、円形断面の掘進切羽の模型を作成した(図 1)。この模型の中に、長さ 4m の塩化ビニール製の風管を天井から吊した。この風管の一端にフレキシブルダクトとファンをつなぎ、切羽面に風を送り込むようにした。この模型の側面に直径およそ 1cm の穴を横一列に開け、そこに風速計（アネモマスター風速計 Model6071）を通し、1 つの測点につき 30 秒間に 260 回の割合で、風速に比例する電圧を測定した。この電圧を、マルチメーターを介してパソコンに取り込み風速に変換した。風管から吹き出す風量は風管の直径 D により異なるが、その範囲は、0.13～0.4m³/s 程度である。

本実験では、風管と模型の中心軸が一致するように風管を設置し、風管の吹き出し口と切羽面の間隔（以後、風管距離 L と呼ぶ）と風管の直径 D を変化させて測定を行った。風管距離 L は、1.0, 1.5, 2.0, 2.16, 2.34, 2.65, 2.87, 2.5, 3.0, 4.0m の 10 種類、風管直径 D は、0.1, 0.15, 0.2m の 3 種類である。

風速の測定は、切羽面近傍では、側面から中心に向かって一直線上に並んだ 3, 10, 20, 30, 40cm の点において行い、切羽面以外の空間では噴流の中心軸上のみで行った。

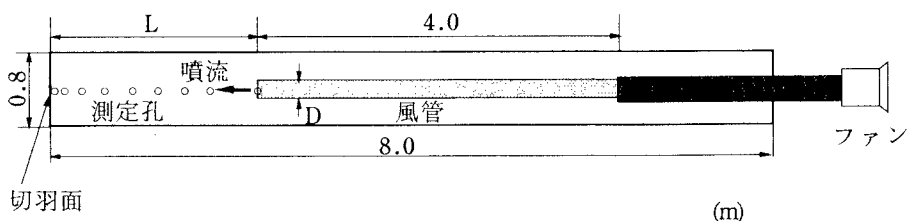


図 1 掘進切羽模型の概略図

3. 実験結果の比較・考察

測定により得られた噴流の最大速度の減衰曲線の一部を図 2 と図 3 に示す。これらの図は、噴流中心軸の無次元化速度と噴流の吹き出し口からの距離との関係を風管距離別に示したものである。それぞれ風管直径 $D=0.1\text{m}$ 、 0.15m の結果である。 $D=0.1\text{m}$ の曲線を見ると、噴流が風管から吹き出した直後、わずかに速度が上昇するが、その後、直線上に速度が減衰する分布を示す。これに対して $D=0.15\text{m}$ の場合、噴流の運動量が $D=0.1\text{m}$ の場合よりも保存されるため、吹き出し口から 0.5m の範囲において吹き出し口の速度と同じ速度を示す助走区間が明確に現れている。さらに曲線の傾きが比較的緩やかであり、全体的に速度も大きいこ

とがわかる。両者とも、 $L=1.0\text{m}$, 1.5m の場合、切羽面の手前約 20cm までの区間においては他の L (2m 以上) の場合と同様の減衰傾向を示すが、切羽面の近傍で速度が急激に低下している様子がわかる。

次に、噴流の到達距離を調べるため、切羽面の中心から 0.01m 離れた点における速度と風管距離 L との関係について検討する。図 4 は、風管の直径 D が 0.2m の結果を示したものである。これによれば、風管距離が 1m から 3m までの区間では、急激に速度が低下しているが、 L が 3m を越えると、速度の変化が小さくなることわかる。また、この図から吹き出し口の速度の $1/20$ の速度を示す L を求めれば、 2.6m となる。同様に $D=0.1\text{m}$, 0.15m の場合では、それぞれ 2.2m と 2.4m であった。このことから、吹き出し速度が同一であれば、自由噴流や壁面噴流と同様に、風管直径が大きいほど噴流の到達距離が大きくなることわかる。

次に切羽面上の速度分布を明らかにするために、側壁から測点までの距離と、その測点の絶対速度との関係を図 5 に示す。切羽面近傍 0.01m の風速分布を示したこの図より、風速の最大値は側壁から 0.3m 、つまり切羽面の中心から 0.1m の箇所で最大値を示すことがわかる。

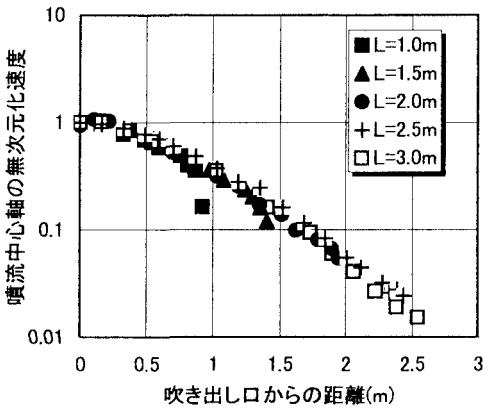


図 2 噴流の中心軸上の速度と風管距離 L の関係($D=0.1\text{m}$)

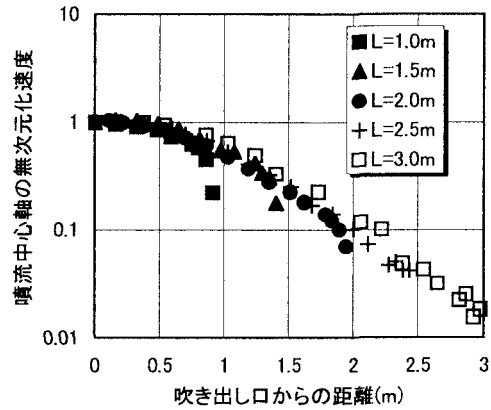


図 3 噴流の中心軸上の速度と風管距離 L の関係($D=0.15\text{m}$)

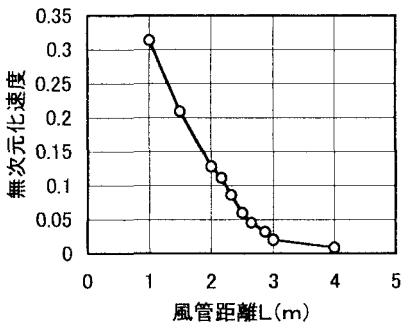


図 4 切羽面中心から 0.01m 離れた点における無次元風速と風管距離 L の関係($D=0.2\text{m}$)

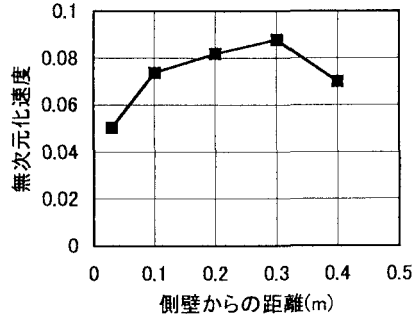


図 5 切羽面近傍 0.01m における無次元化速度側壁からの距離の関係($L=2.0\text{m}$, $D=0.15\text{m}$)

4. おわりに

本研究では、円形断面を有する掘進切羽における同軸噴流の風管距離と風管の直径が到達距離に与える影響を明らかにするために室内実験を行い、その結果について検討した。これにより、掘進切羽のような閉鎖空間においても、風管の直径が大きいほど同軸噴流の到達距離が延びることなどを見出した。