

工事中のトンネルの換気について

名古屋大学工学部 正員 西畑 勇 夫
同 大学院 学生員 〇下 方 圭

1 まえがき : トンネル工事においては多くの問題が存在するが、環境衛生も重要な問題の一つである。空気汚染、温度、湿度、照明など早急に解決しなければならない問題が山積みされている。ここでは空気汚染と密に関連する換気問題について述べるが、発破をかけない場合、あるいは発破後、その後がスガ一応おさまって次の発破の準備、例えば準備落し、すり運搬などの作業が行なわれている時の換気を対象とする。

2 基本的な考え方とガス濃度分布式 : 換気の方法としては従来より、切羽に新鮮な空気を送り込む送気式と、逆に切羽の汚染された空気を坑外へ放出する排気式、およびその混用方式が用いられている。その他風管2本を用意して排気、送気を別に行う方式もあるがコスト高となる。そしてその各々が、ファンのとりつけ位置によって風管内が正圧になるものと負圧になるものにわけられる。正圧ならば風管の破れから空気が坑道内に漏れ、負圧なら逆に坑道より風管にすきこまれる。(図-1参照)

有毒ガスの量は坑道内の空気量にくらべて微量であることを考慮して、以下に述べる仮定のもとで考えを進めていくことにする。

(1) 風管の破れからの空気の漏れ(すき)は吸込み)は風管を通して一定とする。(2) 坑道の任意の断面内の有毒ガス濃度は一定とする。(3) 切羽には時間当り一定のガスが発生し、坑道内も単位時間、長さ当り一定のガス発生があるとする。(4) 空気は非圧縮性とする。

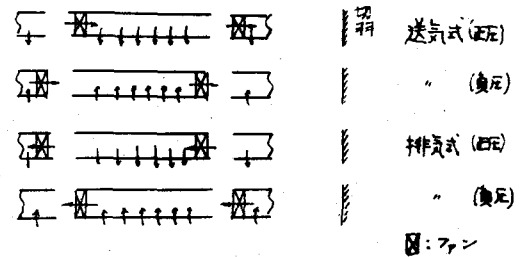


図-1

一例として排気式(正圧)について考えてみる(図-2参照)

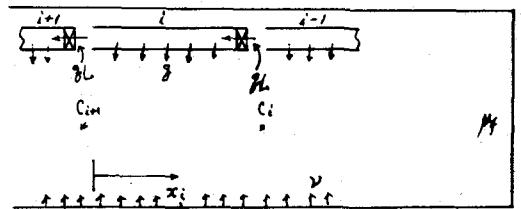


図-2

ここから

C_{pi} : 風管内ガス濃度(送気正圧では一本の風管を通して一定)。 τ : 単位時間、長さ当りの風管の破れからの漏風量(吸込量)。 ν : 坑道において単位時間、長さ当り発生するガスの量。

L : 風管一本の長さ。 Q_1 : ファンの容量。 Q_{xi} : $x_i = x_i$ 断面の時間当りの空気移動量。

x_i : 方向は坑道内の風向と同一にとる。 C_{xi} : 坑道内ガス濃度。 $m = \tau L / Q_1$

(1)式をもとにして坑道内有毒ガス濃度分布式の(2)式のように表わすことができる。

$$\begin{bmatrix} m-1 & 1-m & 0 & 0 & 0 & \dots \\ m(1-m) & m^2-1 & 1-m & 0 & 0 & \dots \\ m^2(1-m)^2 & m^2(1-m) & m^2-1 & 1-m & 0 & \dots \\ m^3(1-m)^3 & m^3(1-m)^2 & m^3(1-m) & m^2-1 & 1-m & \dots \\ m^4(1-m)^4 & m^4(1-m)^3 & m^4(1-m)^2 & m^4(1-m) & m^2-1 & \dots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots \end{bmatrix} \begin{bmatrix} C_1 \\ C_2 \\ C_3 \\ C_4 \\ C_5 \\ \vdots \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -n-m \mu_1/Q_1 \\ -n-m(1-m) \mu_1/Q_1 \\ -n-m(1-m)^2 \mu_1/Q_1 \\ -n-m(1-m)^3 \mu_1/Q_1 \\ -n-m(1-m)^4 \mu_1/Q_1 \\ \vdots \end{bmatrix} \quad (2)$$

ここに、 μ_1 は切羽で単位時間当りに発生するガスの量を表わす。また $n = VL/Q_1$

3 計算とこの結果：坑道内で発生するガス(2)は主としてダンプトラックによる。切羽に発生するガス(1)は主としてドーザーやショベルによる排気ガスである。ここでは $(\mu_1/Q_1) : n$ と表わしておいた。 n を単位としてガス濃度を求めることにする。

$$\frac{n}{\mu_1/Q_1} = \frac{(jL + \frac{Vt}{2})(2jL + Vt)}{(jL + \frac{Vt}{2})(jL + Vt)} \cdot \frac{1}{j} \cdot \frac{U_T}{U_S} \quad (3)$$

$$n = U_T \frac{jL + \frac{Vt}{2}}{jL + \frac{Vt}{2}} \cdot \frac{1}{jL} \quad (4)$$

U_T, U_S : トラック系(T), ショベル系(S)による単位時間当りの排気ガス量(一台当り), j : 風管数, V : 坑内のトラック平均速度, t : すり横み時間(一台当り)

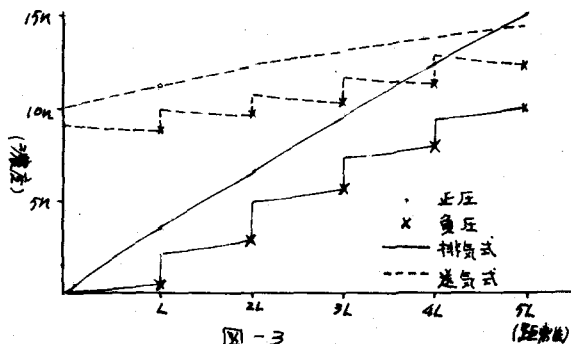
なおア、ドリリング中の排気ガス発生量は作業中の(1/2)とする。

$m = 0.2, \mu_1/Q_1 : n = 5 : 1, j = 5$ [他の条件はすべて同一として計算した結果を図-3に示す。若干の実測値との比較を表-1に。

切羽のガス濃度 C_f を表-2に示す。なお

$$\left. \begin{aligned} C_f &= C_1 + \frac{1}{1-\alpha} \frac{\mu_1}{Q_1} \quad (\text{排気式}) \\ C_f &= C_1 \quad (\text{送気式}) \quad \alpha : \text{吸気率} \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

どのような換気方式を採用するかについては坑内ガス濃度と切羽濃度 C_f を考慮する必要がある。以上の記述の他に、例えば風管を切羽に接しない場合は一本の風管のうち半分が吸気として残り半分が漏風として考え、圧縮空気の放出が利用できる場合は、切羽に単位時間当り Q_f の新鮮な空気が供給されると考え、上述の考え方と同様に進めていけばよい。



		CO ₂ (1%) [*]		CO (0.02%) [*]		SO ₂ (0.002%) [*]	
		計算値	実測値	計算値	実測値	計算値	実測値
吸気原	送気正圧	0.36-0.51	0.45%	0.04-0.62	0.03		
	NO2+3H ₂ O	1.02-1.32	1.2	0.04-0.05	0.1		
掘削水 NO2	排気正圧	0.78-0.82	0.8	0.07-0.08	0.03	0.0008	0.0005

* () 内は計算ガス濃度

A, B : Aは $m=0.2$ Bは $m=0.3$ の計算値。
掘削水 NO2 は圧縮空気の効果を計算した値。
($Q_1 : Q_f = 4 : 1$)

表-1

		C ₁		C _f	
		正圧	負圧	正圧	負圧
排気式	正圧	15.0%		23.3%	
	負圧		9.8%		18.1%
送気式	正圧	13.8%		13.8%	
	負圧		12.3%		12.3%

表-2 (α=0.6)

参考文献：(1)トンネル工事中の換気に関する
研究調査報告書(高速道路調査会)及び付録1
~3(高松駅) (2)建設の機械化(才204号
230号)