

II-7 道路トンネルにおける交通換気の実験と考察

日本道路公団

正員 比留岡 豊

日本道路公団

正員 中道 文基

建設省土木研究所

正員 伊吹山四郎

概論 我国において 今までの道路トンネルは対面交通に使用されていて、本文で述べる自動車による交通気流と云うものは、期待できなかった。しかし諸外国においては、トンネルが一方交通に供されているため、自然通風と同時に、交通に伴う換気流と利用し、機械換気施設の節減を計っている。現在計画中の名一神高速道路トンネルは、一方交通で、高速交通でもあるから、相当の交通換気が期待されるのではないかと云う予想のもと、建設省土木研究所の援助により、供用開始前の北九洲道路にて、現地試験を行い、所定の目的を得た。本文は試験で得たデータをも、簡単な考察をもつて、他トンネルに対しても適用できるような数式を求め、実験値との差異等を検討したものである。

試験及び結果 乗用車及びトラック、各24台使用し、交通量を車隔と車速の組合せで変化させ、車種は混合せず、片側走行とし、交通換気の最大と最小を知ることとした。測定方法

は、トンネル中央中心線上舗装面より1.5mの高さにピラム風速計、EK0熱線微風計及びガルバノメーター、ドラムカメラを据へ、各種換算交通量に対し行った。トンネル内に自動車が入ったときの風速変化の模倣は、表1の如き傾向をもつ。各試験における、交通量、自然風及び自動車による増加風速の一例を表1に示す。

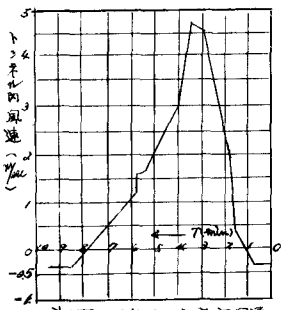


表1 図 T-50-3 のトンネル内風速
例 (トラック50%の交通量の場合)

試験番号	交通量 (台時)	自動車通過に よる風速増加	自然 風速
C-50-1	188	1.60	-0.50
C-50-2	376	1.75	0.60
C-50-3	726	2.57	-2.40
C-50-4	1630	2.94	-2.30
T-50-1	189	2.37	0.40
T-50-2	411	3.54	0.80
T-50-3	781	5.00	-0.40
T-50-4	1323	6.10	-0.20

表1 交通量に対する交通換気風速
C-50 は乗用車 50% の交通量を示す。
T-50 はトラック 50% の交通量を示す。

す。この表によれば、交通量に依り、交通換気量は 1.00 m/sec ~ 6.00 m/sec の範囲にある。

考察 今トンネルを一本の風管と考へ、自然風 u_0 m/sec が流れているとする。この状態に、ある交通流が通った場合、トンネル内空気はその影響を受け、増速または減速され、交通のある間、定常流 u m/sec が流れるとし、更にトンネル断面 F_0 m² は自動車前面投影面積 F_H m² に比して、遙かに大きいから、自動車の空気を押す力 W (kg) はトンネル断面に均一に分割されるとすれば、相互の間に次式が成立つ。

$$\left| C_w \cdot \frac{\rho}{2} \cdot (v - u)^2 \cdot \frac{F_H}{F_0} \cdot \frac{1}{2} \pm \lambda \cdot \frac{\rho}{2} \cdot u^2 \cdot \frac{L}{4F_0} \right| = \frac{\rho}{2} \cdot u^2 \cdot \left(1 + \lambda \cdot \frac{L}{4F_0} \right) \quad (1)$$

ここで C_w : トンネル内自動車抵抗係数

v : 自動車速度 (m/sec)

ρ : 空気密度 (kg/m³)

F_H, F_0 : 自動車及びトンネル断面積 (m²)

L : トンネル延長 (m)

λ : 車頭間隔 (m)

λ : トンネル壁面摩擦係数 (入ロ損失等を含む)。 U : トンネル周長 (m)

上式の右は自然風の向きを示す。即ち④は、自然風が車進行方向と同じ場合。⑤は、自然風が車進行方向と逆の場合である。式を整理するため、 $(C_w \cdot F_H / F_0 \cdot L / 2) / (1 + \lambda \cdot L / 4F_0) = K$

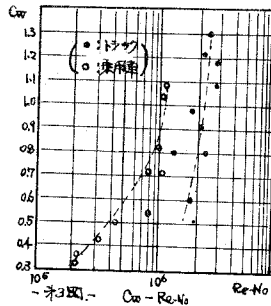
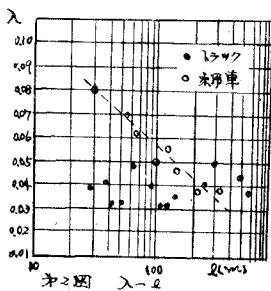
$(\lambda \cdot U/4F_0 \cdot L) / (1 + \lambda \cdot U/4F_0 \cdot L) \approx 1$ とおくと、(1)式は次のようになる。

$$|K(u^2 - u_0^2) \pm u_0^2| = u^2 \quad (2)$$

(2)式は以下の場合により夫々異なる函数となり、また夫々の条件を満たせば連続である。

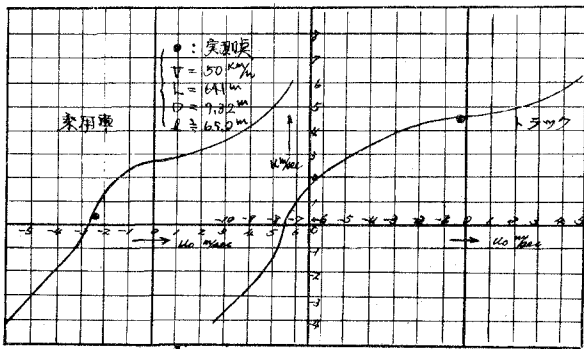
- (i) $K(u^2 - u_0^2) + u_0^2 > 0, u_0 > 0$; $\frac{u}{u_0} = \frac{-K}{1-K} + \frac{1}{1-K} \sqrt{K + (\frac{u_0}{u_0})^2 (1-K)}$ — (3) 双曲線
 (ii) $K(u^2 - u_0^2) - u_0^2 \geq 0, u_0 < 0$; $\frac{u}{u_0} = \frac{-K}{1-K} + \frac{1}{1-K} \sqrt{K - (\frac{u_0}{u_0})^2 (1-K)}$ — (4) 双曲線
 (iii) $K(u^2 - u_0^2) - u_0^2 \leq 0, u_0 < 0$; $\frac{u}{u_0} = \frac{K}{1+K} - \frac{1}{1+K} \sqrt{K + (\frac{u_0}{u_0})^2 (1+K)}$ — (5) 双曲線

計算値及び実験値の比較 (3)(4)(5)式より求めた計算値と実験値とを比較する。トンネル壁面抵抗係数 λ は第1図の λ のとき風速曲線の減衰部から求め、更に自動車間隔のつまり具合の影響が乗用車とトラックでは車体構造の差異から異なることとし、第2図に示す λ の曲線を求めた。 C_w については、普通



乗用車 C_w は 0.49 程度であるが、 Re 数に対し、第3図に示す関係があり、計算に当っては、車隔、車速等から適正な Re 数を知り、 C_w を第3図より得ることとする。今一例として、車速 $50km/h$ の場合で、車頭間隔 $l = 6.5m$ の場合のトラック及び乗用車の曲線を掲げ、実験値とほぼよく合致することを示しておく。(第4図)

検討 実験値との差は余り大きくなく、この程度の範囲の差であれば、上式を用いて、他トンネルの交通換気の傾向を知るに十分であると思われる。この誤差の原因としては、実験時と計算の際に用いた、車頭間隔 l が走行の影響、自然風の一時的要素等が考へられる。尚 C_w 、 λ 等の係数については今後実験で明らかにし



第4図 乗用車とトラックの交通換気係数と実験値 (T-50-3, C-50-3を示す)

ように思う。

(註) 土木学会誌第29巻第3号 村山翔郎「隧道内の気流に関する理論的考察」によれば、自動車交通流によるトンネル内気流の方程式は、本文と同じ表示を用いると、

$$(1 + \lambda \cdot U/4F_0 \cdot L) \frac{u^2}{2g} + \frac{L}{g} \frac{du}{dt} = (1 + \lambda \cdot U/4F_0 \cdot L) \frac{u_0^2}{2g}$$

上式の $\frac{du}{dt}$ を第1図のような曲線の減衰部の勾配から知り、 λ を得る。