

建設省土木研究所 正員 神崎 純郎

" " 〇 浦野 隆

玉川大学 武井 一徳

## 1. はじめに

山岳部において道路を建設する場合、橋梁やトンネルの建設を余儀なくされることが多い。これら構造物は土工に比べ建設費が高いため全体事業費に大きく影響する。またトンネルが長大化するに伴い、換気のための施設の建設費やその維持管理費の全体事業費に占める割合が増加するため経済的な道路トンネルを計画するうえで換気に関する費用は重要な要素となる。トンネル換気の目的は自動車からの排出ガスをトンネル外に排出し、自動車の走行安全を確保することにあるがこの費用を軽減するためには、排出ガス量の少ない自動車走行方式を導入することが効果的と思われる。本研究は、重力を利用した走行方式（重力利用走行方式と呼ぶ）の導入が可能となるような路線選定の方法とその経済的效果について分析を行った。

## 2. 走行方法と換気量係数の関係

自動車が下り勾配を走行する時はエンジン負荷率が低くなるため、排出ガス量（排出係数）は一般に低減する。とくに、大型車（ディーゼル車）の場合エンジンブレーキ走行時に燃料消費量がゼロに近くなるためその傾向は顕著である。そこで各種走行方法と換気量係数（排出係数の関数で示される）との関係についてみることにする。換気量係数の推定式は正確には(1)式で示されるが実用的な数値の範囲において10%程度の誤差を許容するものとして分散を0として、(2)式のように表現できる。

$$\text{換気量係数}(g) = \left\{ (30 + \sqrt{90 + 2\mu KA}) / (60\sqrt{8A} \cdot K) \right\}^2 \quad \text{----- (1)}$$

$$g = \mu / 3600 \cdot K \quad \text{----- (2)}$$

ここに  $\mu$ : 混合排出係数 (g/g/km) $\sigma$ :  $\mu$  の標準偏差 (g/g/km) $K$ : 許容基準値 (g/m<sup>3</sup>) $A$ : トンネル1kmあたりの容積(m<sup>3</sup>)

(2)式により算出した走行ケースごとの換気量係数と大型車混入率との関係を図-1に示す。

この図より、特にエンジンブレーキ併用の走行方法（-2.5%程度の勾配）の換気量係数が低く、また速度が低くなると係数はさらに小さくなることがわかる。

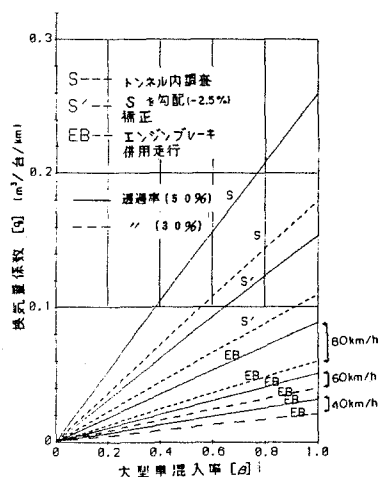


図-1 大型車混入率と換気量係数

## 3. 路線選定の手法

自動車の走行特性を考慮して、下り勾配（-2.5%程度）で建設可能なトンネルについて、できるだけ地形の利点を生かし、基本案より建設費がなるべく増加しないよう留意しながら平面線形および縦断線形を選定した。1例として取り上げた路線の道路線形ならびに各比較案の換気方式を図-2、表-1にそれぞれ示す。

なお、換気方式の選定にあたっては車道内風速が10%以下の場合には原則として超大口径ジェットファン（1500φ）で、10%以上の場合は電気集じん放付噴流換気方式でそれぞれ対処することとした。表-1より基本案では換気装置が必要であるのに対し、各比較案では交通換気力で所要換気量が得られることがわかる。

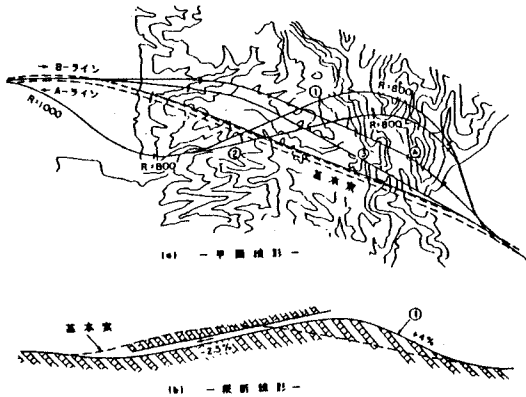


図-2 道路線形図

表-1 換気方式の比較

| 比較路線       |      | A-ライン  |        |        | B-ライン  |        |        |
|------------|------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|            |      | 基本案    | 比較案    |        | 基本案    | 比較案    |        |
| 項目         |      | ①      | ②      | ③      | ④      | ⑤      | ⑥      |
|            |      | 基本案    | 比較案    | 比較案    | 基本案    | 比較案    | 比較案    |
| 延長<br>(m)  | トンネル | 2,150  | 2,175  | 2,125  | 2,125  | 1,250  | 2,110  |
|            | 土工   | 2,730  | 2,710  | 2,915  | 2,410  | 2,476  | 2,455  |
|            | 橋    | 915    | 65     | 50     | 0      | 0      | 375    |
| 合計         |      | 4,895  | 5,530  | 5,370  | 4,535  | 5,080  | 5,080  |
| 推定交通量(台/日) |      | 12,030 | 12,030 | 12,030 | 12,030 | 12,030 | 12,030 |
| 換気方式       |      | J.F.G. | T      | T      | T      | T      | T      |
| 設計交通量(台/日) |      | 2,630  | 2,630  | 2,630  | 2,630  | 2,630  | 2,630  |
| 換気方式       |      | L.V.S. | T      | T      | J.F.G. | T      | T      |

注) \* 推定交通量に對した換気方式  
 \*\* 設計交通量に對した換気方式  
 J.F.G. 巨大口徑ジェットファン方式(仮)  
 T 交通換気方式  
 L.V.S. 電氣集じん機付噴流換気方式

#### 4. 経済効果の分析

昭和56年の価格に換算した建設費と維持管理費の合計を総費用と考え基本案に對し、各比較案を採用することによりもたらされる経済的效果(総費用の差)を次式により算出した。

$$R_n = (A_0 - A) + \frac{1}{n} \{ (B_0 - B)T + (L_0 - L)M + (L_0 - L)N + (K_0 - K) \}$$

ここに、 $R_n$ : 基本案と比較案の総費用の差 (円)

$A(A_0)$ : 比較案採択範囲内は基本案による。以下同じ)の工事費(円)

$B(B_0)$ : 施設関係費用(円)

$T$ : 施設関係平均耐用年数(12年)

$L(L_0)$ : 明かり部延長(km)

$M$ : 明かり部に要する維持管理費(円/km/年)

$L(L_0)$ : トンネル延長(km)

$N$ : トンネルに要する維持管理費(円/km/年)

$K(K_0)$ : トンネルの換気等に要する電力料(円/年)

$n$ : 経過年数

各路線ごとに分析した結果を図-3に示す。

これより路線選定の適否により20~50億円程度の経済効果を生む場合もありその効果は顕著に表われている。

一方、燃料消費量算定シミュレーションプログラムにより比較路線(トンネルの他、アフセス道路も含む)ごとに車種別の走行費用を算出した。

比較路線の燃料消費量(図、表は省略する。)は、基本案に比べ大型貨物を除いて全体的に増加する(5~10%)傾向にある。しかしながら、山岳道路において大型車混入率が高いので、本方式を導入した場合の燃料消費量からみた走行費用は、トータルとしてさほど変わらないという結果を得た。

#### 5. あとがき

高速道路のような一方道路トンネルに適度な下り勾配(1~2.5%程度)をつけることにより、自動車中の排ガスを低減することができること、またそれにより、換気に要するエネルギーがかなり節減できる可能性のあることが実証的に明らかとなった。

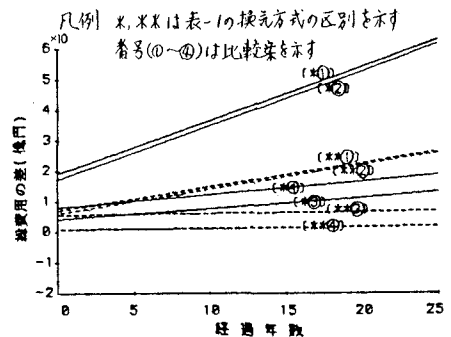


図-3 総費用の差の推移