

トンネル内の列車風に関する現地実験 (第3報)

(列車のピストン作用による換気について)

川畑早苗・山下正視

(受理 昭和53年5月31日)

FIELD TESTS ON THE 'TRAIN-WIND' IN THE TUNNEL (Report 3)

(On the ventilation of air in the tunnel caused by the piston-action of the train)

Sanae KAWABATA and Masashi YAMASHITA

The results obtained from the field tests on the ventilation of air in a tunnel caused by the piston-action of a train running through it are reported in this paper. In the tests the wind-velocity at the exit of a blow-hole as well as at the exit of the tunnel was measured and the ventilation efficiency of air was calculated.

According to the results of the tests, the ventilation efficiency does not depend on the velocity of the train. Rather, it was found that the larger the number of cars becomes, the larger the ventilation efficiency becomes. On the other hand, it also increases slightly by the presence of a blow-hole.

Finally, it is expected that less than forty percent of the air in a tunnel is ventilated while a train is running through the tunnel.

1. 緒言

最近、地下鉄や長大トンネルの換気が問題になっているが、列車のピストン作用による換気については、ほとんど知られていないようである。そこで、このことに関して行なった現地実験の結果について述べる。

実験は、日豊本線の巖山トンネル(単線)で行なったが、列車が通過する際の、トンネルと排気孔出口における風速を測定し、それをもとにして換気率(排気量とトンネル容積との比)を求めた。

記号

- L : トンネルの長さ (m)
- x : トンネル突入時からの列車進行距離 (m)
- v_0 : 列車の速度 (m/s)
- v : トンネルと排気孔出口における平均風速 (m/s)

2. トンネルの略図、車両限界ならびに実験要目

巖山トンネルの略図と列車の車両限界を、それぞれ、

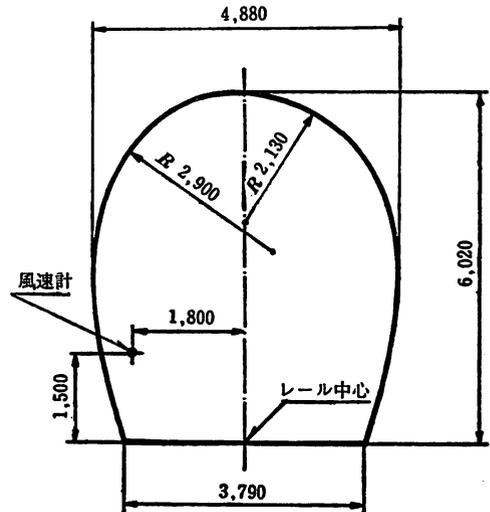


図1 巖山トンネル断面

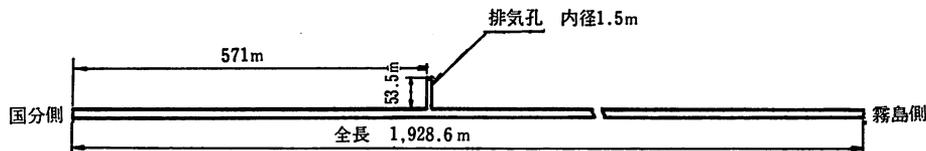


図2 襲山トンネル

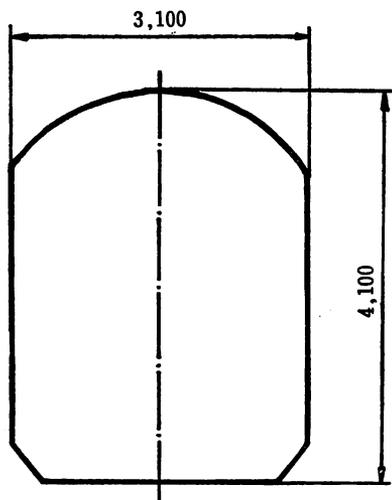


図3 車両限界

3. 実験装置ならびに方法

実験に際し、トンネル出口では、超音波風速計¹⁾を、排気孔出口では、アネモスタ風速計²⁾を使用し、風速変化による電流変化を電磁オシログラフ装置に記録させた。なお、排気孔は、開放の場合と、出口をテント用ビニルシートで閉鎖した場合とに分けて実験を行った。

次に、トンネル出口での風速計取付位置を、図1に示す。この位置は、等速分布曲線³⁾をもとにして決定したもので、ここの風速は、ちょうど、平均風速に等しくなる。また、排気孔出口では、中心部の風速を測定し、これを1/7乗法則により平均風速に換算した。

一方、列車が、トンネルに突入した瞬間、トンネル入口から投光器で出口側に合図を送り、列車が出発し始めるまでの時間をストップウォッチで測った。そして、トンネルの長さとして列車の通過時間とから、列車の速度を算出した。なお、列車が、トンネルに突入した瞬間がわかるようにするために、電磁オシログラフ装置に信号を入れた。

図1、2ならびに図3に、実験要目を表1に示す。ただし、表中、列車番号の偶数は上り、奇数は下り列車を示す。

表1 実験要目(襲山トンネル)

実験場所 (トンネル出口)	図番	列車番号	車両数	列車の長さ (m)	列車の速度 v_0 (m/s)	排気孔 (開閉の別)	換気率(%)			実験日
							トンネル 出口	排気孔 出口	計	
国分側	4	595	1	20	14.17	閉	18.6	—	18.6	S. 51. 11. 11
霧島側	5	560D	3	60	11.39	閉	33.2	—	33.2	S. 51. 11. 11
霧島側	6	560D	3	60	10.10	閉	27.4	—	27.4	S. 53. 1. 12
霧島側	7	560D	3	60	11.20	開	38.6	0.6	39.2	S. 51. 7. 27
霧島側	8	514D	4	80	14.60	開	17.6	1.0	18.6	S. 53. 1. 19
国分側	9	513D	4	80	17.37	閉	34.0	—	34.0	S. 51. 11. 11
国分側	10	513D	4	80	14.77	開	30.2	1.6	31.8	S. 53. 1. 19
霧島側	11	514D	4	80	11.67	閉	35.0	—	35.0	S. 51. 11. 11
霧島側	12	514D	4	80	13.20	開	31.4	2.1	33.5	S. 51. 7. 27
国分側	13	565D	4	80	17.50	開	24.0	1.4	25.4	S. 53. 1. 29
霧島側	14	5036D	7	140	10.56	閉	36.6	—	36.6	S. 51. 11. 11
霧島側	15	5036D	7	140	12.56	開	38.0	測定不能	38.0	S. 53. 1. 19
霧島側	16	5036D	7	140	12.05	閉	34.4	—	34.4	S. 53. 1. 12

4. 実験結果

トンネルと排気孔出口における平均風速を、それぞれ、図4～16に示す。図からわかるように、トンネル出口の風速は、列車突入後少しずつ増加しているが、これは空気の慣性によるもので、さもなければ、ほぼ

一定値をとるはずである。また、排気孔出口では、列車突入後、先頭部がその真下に達するまでの間、空気は外に溢れ出しあと吸込みに変わる。以上の風速をもとにして算出した換気率を表1に示す。ただし、これは、列車が、トンネルに突入してから出坑し始めるまでの間におけるもので、実際には、その後も空気の慣性のため数分間にわたって空気は溢れ出し続けるの

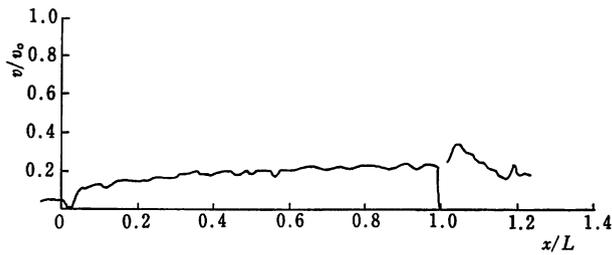


図4 国分側出口

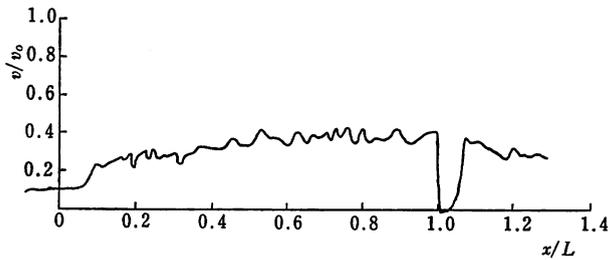


図5 霧島側出口

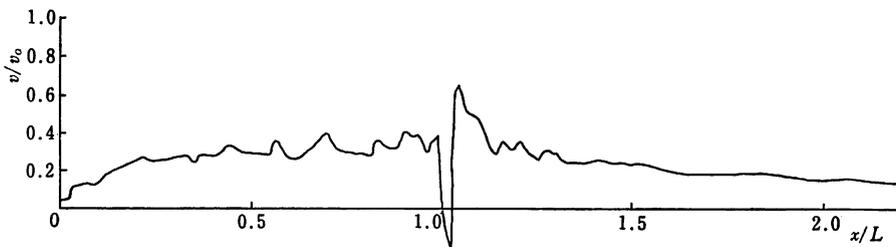


図6 霧島側出口

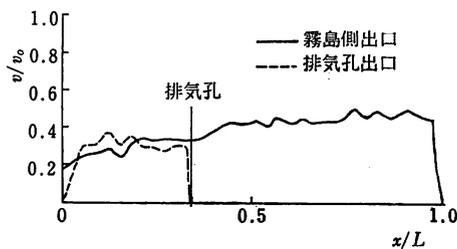


図7 霧島側ならびに排気孔出口

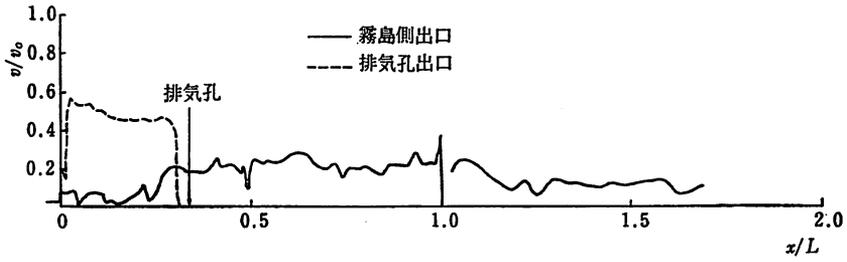


図8 霧島側ならびに排気孔出口

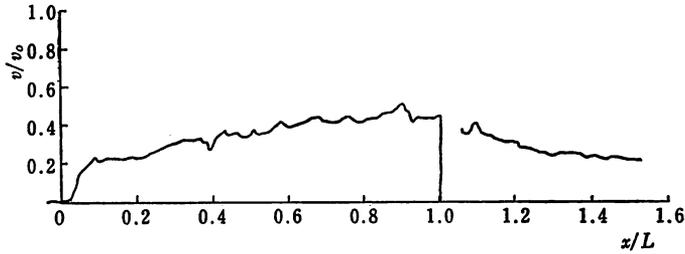


図9 国分側出口

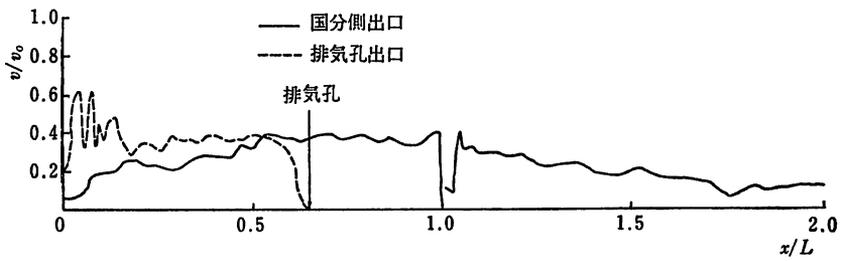


図10 国分側ならびに排気孔出口

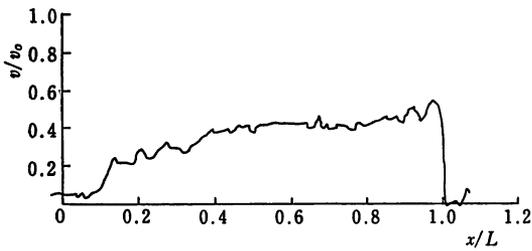


図11 霧島側出口

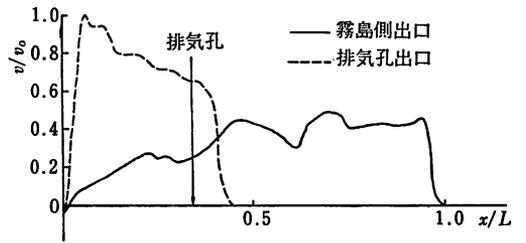


図12 霧島側ならびに排気孔出口

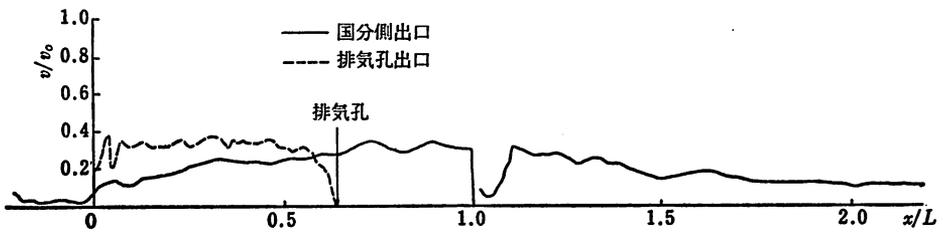


図13 国分側ならびに排気孔出口

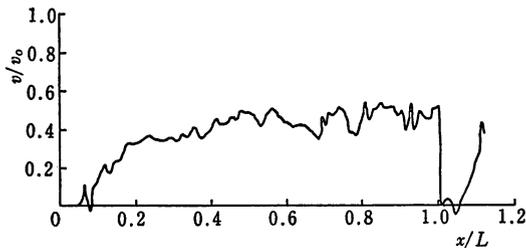


図14 霧島側出口

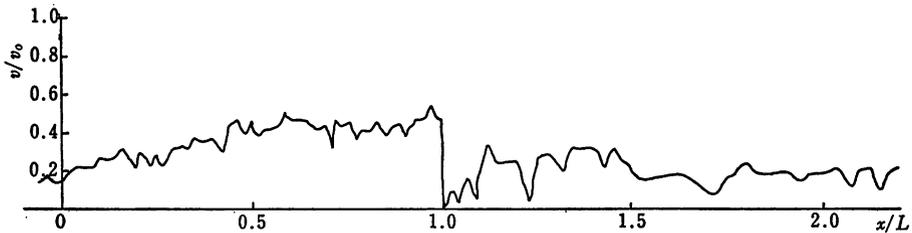


図15 霧島側出口

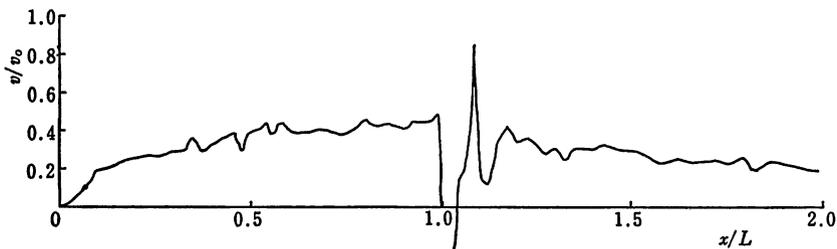


図16 霧島側出口

で、その分も考慮に入れると換気率はより大きくなり、4割近くに達するものと推察される。

また、表からわかるように、換気率に及ぼす列車の速度の影響はあまり見られない。この理由は、空気の流れは列車の速度に比例するが、列車のトンネル通過時間は逆に反比例するからである。

一方、車両数が増すほど、列車側面の摩擦が大きくなり、それだけ余計に空気を引っ張ることになり、換気率も大きくなる。また、排気孔の影響は、予想外に小さく、換気率で数%大きくなる程度である。

5. 結 言

筆者らは、現地実験のほかに、模型実験も行なって来たが、現地と模型ではレイノルズ数やマッハ数が異

なり、さらに現地では、自然風の影響や空気の慣性が大きいこと等の理由から、厳密な意味において両者を比較検討することはできない。しかし、風速を無次元で表示すれば、両者はかなり近い値になることがわかった。

終りに、本実験に際し、ご協力を戴いた鹿鉄構造物検査センターの皆様にお礼申し上げるとともに、加藤榮二元助手、大山謙二技官、当時の大学院生竹迫清君ほか卒論の学生諸君に感謝する次第である。

文 献

- 1) 川畑・加藤，鹿児島大学工学部研究報告，第18号（昭51-12），12.
- 2) 川畑・米倉，鹿児島大学工学部研究報告，第16号（昭49-9），2.
- 3) 村山，土木学会誌（昭18-3），229.