

トンネル内の列車風に関する現地実験 (第4報)

(列車の通過に伴う静圧変化について)

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 4)

(On the change in static pressure in the tunnel caused by the running train)

Sanae KAWABATA and Masashi YAMASHITA

This paper describes the results of the field tests on the change in static pressure in a particular section of a tunnel after a train has entered the tunnel.

At the moment when a train enters a tunnel, the static pressure increases suddenly, then it decreases gradually. And at the moment when the head of the train reaches the measuring point, the static pressure decreases suddenly and becomes negative. Then it increases gradually and settles to zero finally.

On the other hand, the maximum static pressure rise occurs at the point one tenth from the entrance of the tunnel. This is in accord with the result obtained from the experiment conducted on the train itself.

1. 緒 言

高速列車が、長大トンネルに突入したような場合、水撃作用による静圧上昇が起り、列車前面のガラスにひびが入ったり、人体に悪影響を及ぼしたりする。そして、普通のトンネルでも、程度の差はあってもこれに類した現象が生ずる。

そこで、これらの問題を調べるために、筆者らが行った現地実験の結果について述べる。実験は、日豊本線の鳥越トンネル(単線)で行なったが、次のような二通りの場合について、トンネル内の静圧変化のありさまを調べた。その一つは、トンネルの待避所内の特定断面に圧力変換器を設置し、列車の通過に伴うトンネル内の静圧変化を調べたもので、断面の位置は12箇所に変えてそれぞれの場合について測定を行なった。他の一つは、トンネル走行中の列車の車窓外における静圧変化を調べたものである。

記 号

L : トンネルの長さ (m)

S : トンネル入口(磯側)から特定断面までの距

離 (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)

p : 特定断面における静圧 (kg/m²)

p_{\max} : 特定断面における最大静圧 (kg/m²)

p_{\min} : 特定断面における最小静圧 (kg/m²)

ρ : 空気の密度 (kg·s²/m⁴)

○印: 列車先頭部, 特定断面通過

●印: 列車後尾部, 特定断面通過

2. トンネルの略図, 車両限界ならびに実験要目

鳥越トンネルの断面略図と列車の車両限界を、それぞれ、図1と図2に、特定断面と車内における実験要目を、それぞれ、表1と表2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。

3. 実験装置ならびに方法

3.1 特定断面における実験

鳥越トンネル内の特定断面における静圧測定には、

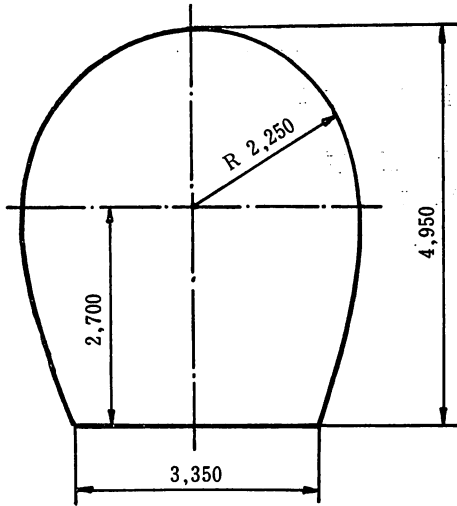


図1 鳥越トンネル断面

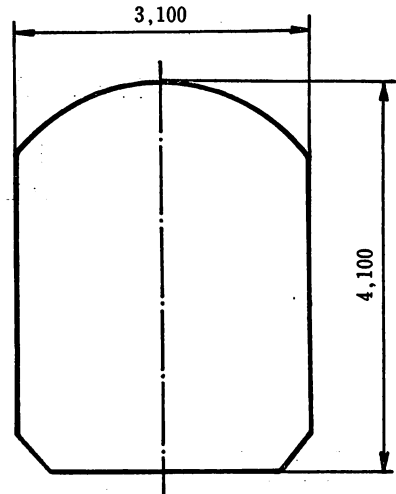


図2 車両限界

表1 特定断面における実験要目 (鳥越トンネル)

特定断面 S (m)	図番	列車番号	車両数	列車の長さ (m)	列車の速度 v_0 (m/s)	最大静圧		最小静圧		実験日
						P_{max} (kg/m^2)	$\frac{P_{max}}{\frac{1}{2}\rho v_0^2}$	P_{max} (kg/m^2)	$\frac{P_{min}}{\frac{1}{2}\rho v_0^2}$	
18	5	829D	4	83.9	15.28	59.29	3.97	-12.11	-0.81	S. 51. 1. 29
36	6	511D	4	81.7	15.28	68.85	4.54	-10.20	-0.67	S. 51. 1. 20
36	7	827D	3	63.8	16.11	77.78	4.61	-14.30	-0.83	S. 51. 1. 20
50	8	513D	4	84.7	15.28	65.03	4.35	-11.48	-0.77	S. 51. 1. 29
76	9	559D	2	41.7	16.67	63.80	3.54	-17.90	-0.99	S. 51. 1. 20
116	10	513D	4	84.7	15.28	67.60	4.46	-12.80	-0.84	S. 51. 1. 20
156	11	511D	4	81.7	13.87	38.25	3.09	-12.75	-1.03	S. 51. 1. 29
156	12	827D	3	63.8	13.33	37.61	3.30	-10.20	-1.14	S. 51. 1. 29
240	13	628D	2	41.7	15.28	49.09	3.28	-19.13	-1.28	S. 51. 1. 29
280	14	632D	3	62.8	16.67	27.40	1.52	-24.20	-1.34	S. 51. 1. 20
320	15	434D	2	41.7	14.44	23.00	1.70	-23.60	-1.74	S. 51. 1. 20
346	16	632D	3	63.8	13.61	20.40	1.72	-22.95	-1.93	S. 51. 1. 29
360	17	8	8	162.7	15.28	15.94	1.05	-14.03	-0.93	S. 51. 1. 20
360	18	628D	2	41.7	15.28	19.76	1.30	-21.04	-1.39	S. 51. 1. 20
378	19	434D	2	41.7	15.28	11.48	0.77	-14.03	-0.94	S. 51. 1. 29
378	20	560D	3	62.8	12.87	8.93	0.84	-13.39	-1.26	S. 51. 1. 29

表2 車内における実験要目 (鳥越トンネル)

圧力変換器取付け位置			図番	列車番号	車両数	列車の長さ (m)	列車の速度 v_0 (m/s)	最大静圧	
列車先頭部からの距離 (m)	列車側面からの距離 (m)	レールの面からの高さ (m)						P_{max} (kg/m^2)	$\frac{P_{max}}{\frac{1}{2}\rho v_0^2}$
3	0.0	2.3	21	535D	4	84.7	20.23	64.0	2.50

半導体圧力変換器を使用した。その構造と要目を、それぞれ、図3と表3に示す。変換器は、木箱に収めて外部からの振動を防ぐようにし、測定孔の断面はトンネル内壁に平行になるように設置した。そして、変換器を電磁オシログラフ装置に接続し、列車通過時におけるその記録から静圧を求めた。

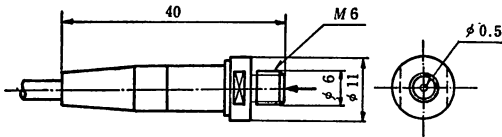


図3 半導体圧力変換器

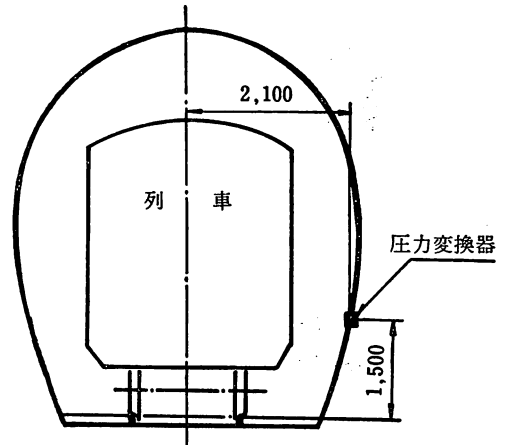


図4 圧力変換器取付け位置

表3 拡散形半導体小形圧力変換器（絶対圧用）要目

形式	PD 106
種別	1 F
定格圧力	1.2kg/cm ² (abs)
定格出力	70 mV
出力感度	58.3 mV/kg/cm ²
零点移動温度	-20°C~80°C
直線性	±0.5% FS以内
ヒステリシス	±0.02% FS以内
1次共振周波数	600 Hz
ブリッジ抵抗	2±1 kΩ (24°C)
印加電圧	6 V
受圧部	シリコン
製作所	豊田工機株式会社

3.2 車内における実験

以上の、特定断面における実験の裏付けの意味で、車内においても実験を行なった。すなわち、列車の先頭部から3m後方の座席で、レール面から2.3mの高さの窓際に圧力変換器（3・1項の場合と同一のもの）を設置し、その測定孔は、列車側面に平行になるようにした。そして、変換器を、電磁オシログラフ装置に接続し、列車が、鳥越トンネルの磯側入口に突入してから出坑するまでの間におけるその記録をもとにして静圧変化を求めた。

なお、特定断面の位置は、トンネルの磯側入口から、18, 36, 50, 76, 116, 156, 240, 280, 320, 346, 360ならびに378m内方の12箇所の待避所内に変えて実験を行なったが、変換器の取付け位置はすべて同じで図4に示す通りである。一方、列車の速度測定は、国鉄側に依頼することにした¹⁾。

4. 実験結果

4.1 特定断面における実験

トンネル内の特定断面における静圧変化のありさまを、図5~20に示す。図からわかるように、列車が、トンネルに突入した瞬間、静圧は急激に上昇するが、先頭部が断面に達すると下降し負圧になることもある。その後、後尾部が通過したあとは、負圧のままほぼ

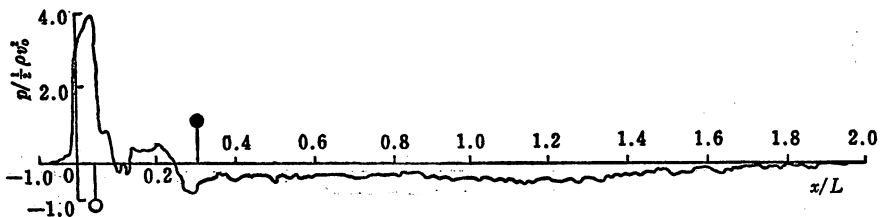


図5 S=18 m

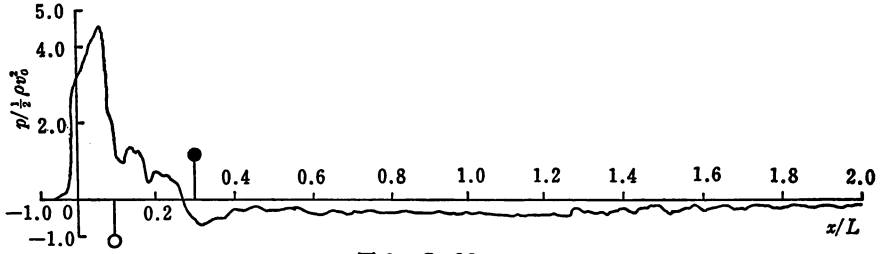


図6 S=36 m

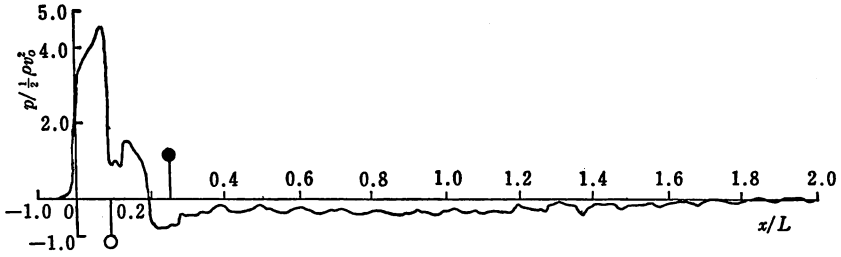


図7 S=36 m

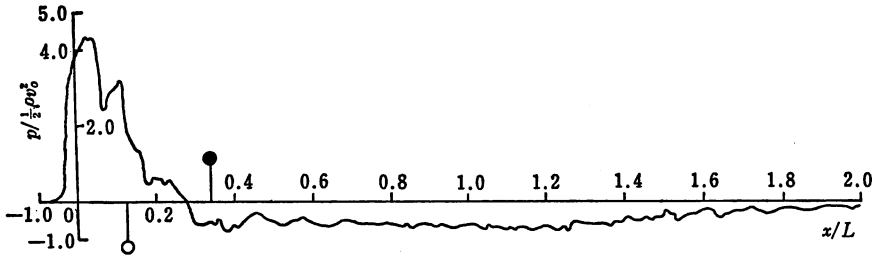


図8 S=50 m

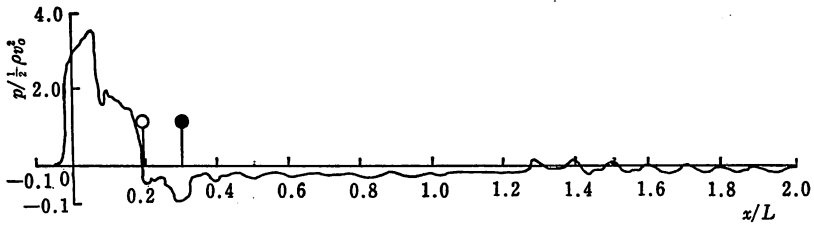


図9 S=76 m

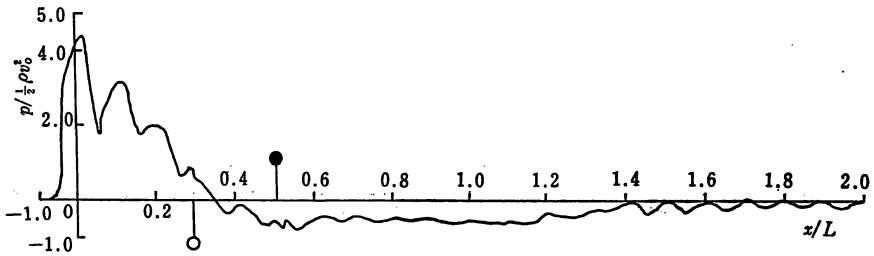


図10 S=116 m

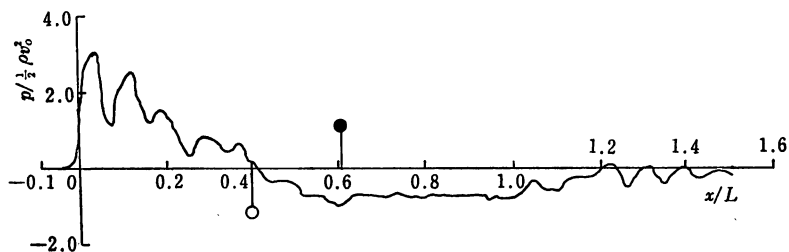


図11 S=156 m

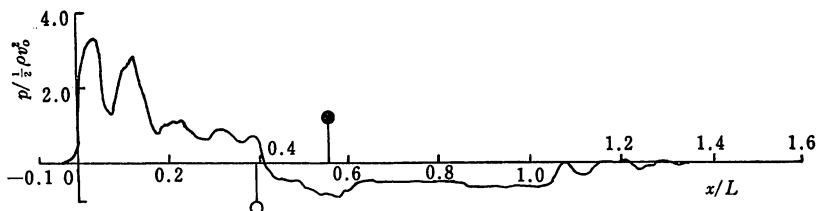


図12 S=156 m

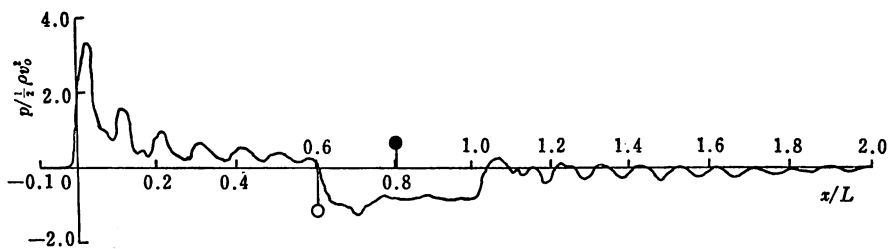


図13 S=240 m

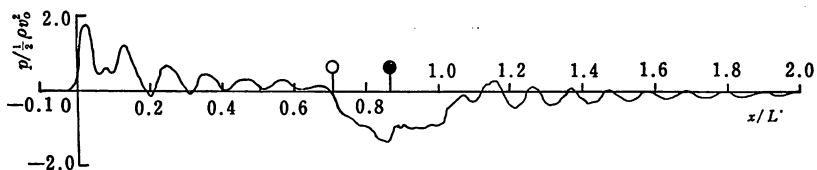


図14 S=280 m

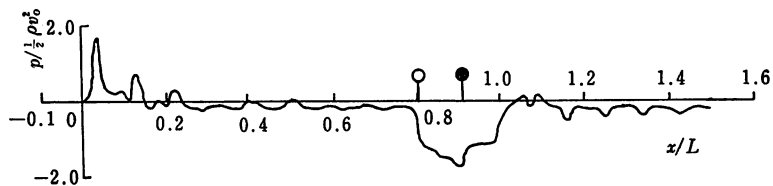


図15 S=320 m

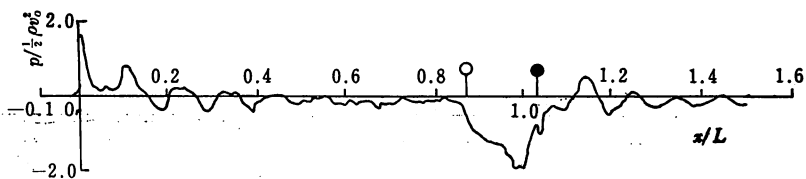


図16 S=346 m

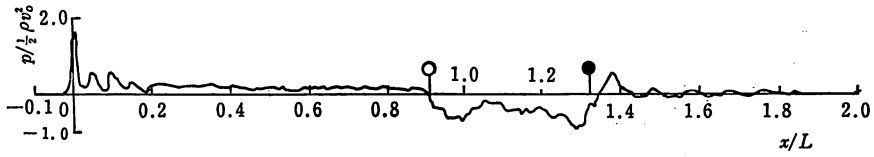


図17 S=360 m

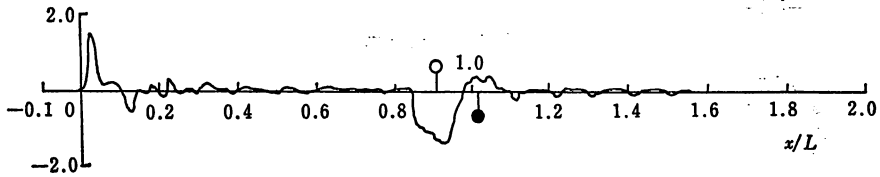


図18 S=360 m

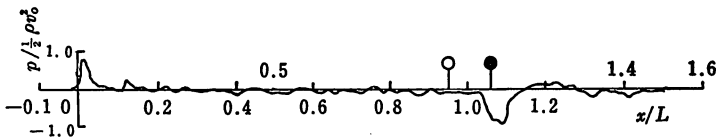


図19 S=378 m

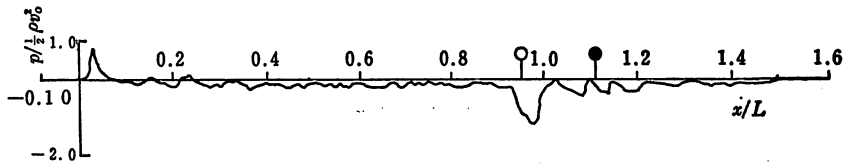


図20 S=378 m

一定値に落ち着く。また、最大ならびに最小静圧は、表1に示すとおりであるが、総体的に見て、前者は、トンネル入口に近い断面ほど大きくなっている。

4.2 車内における実験

車内における実験から得た、車窓外の静圧変化のありさまを、図21に示す。これによると、列車が、トンネルに突入すると、静圧は上昇を続け、 $x/L=0.1$ 付

近で最高値を示すが、そのあとは次第に下降し、負圧になることがわかる。なお、本来ならば、列車先頭部の静圧を測定すべきであるが、測定が困難なため少し後方で測定を行なった。したがって、総体的に見て、静圧の絶対値は小さく出ているものと思われるが、傾向としては変わらないはずである。

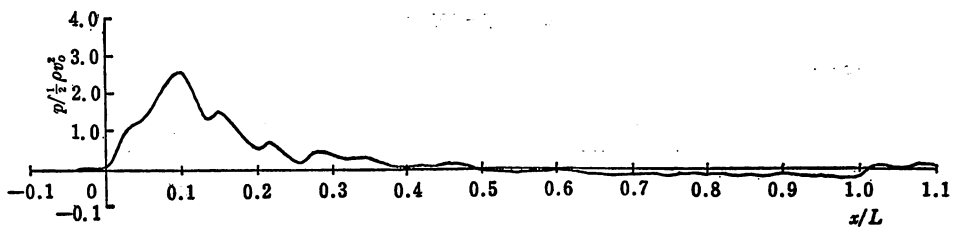


図21 車内

5. 結 言

以上の、特定断面と車内における実験結果から、最大静圧上昇は、トンネル入口付近ではなく、入口からおよそ $L/10$ 内方のところで生じていることがわかる。

なお、筆者らは、これまでに、トンネル内の静圧に関する模型実験も行なって来たが、その結果を現地実験（3.1項）のそれと比較して見ると、両者のレイノルズ数やマッハ数にかなりの相異があり、厳密な意味での比較は出来ないが、静圧を無次元で表示すると、

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は厚くお礼申し上げますとともに、加藤榮二元助手、大山謙二技官、当時の大学院生安部盛次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・米倉：鹿児島大学工学部研究報告，第16号（昭49-9），2.