

超高速列車がトンネル内を走行する際の 圧力変動に関する実験的研究

木川田一弥*・森井宣治**

本研究は、速度 500 km/h にも及ぶ超高速列車が、トンネル内を走行する際に発生する圧力変動現象を、浅水槽を用いた模型実験により把握したものである。これにより、トンネル内で発生する最大圧力と列車速度、閉塞率（列車とトンネルの断面積比）などの関係を確認するとともに、列車先頭形状やトンネル坑口形状による圧力低減効果を明らかにした。

Keywords : tunnel, shallow water-table, pressure transients, high speed train, blockage ratio

1. はじめに

新しい地上輸送機関として期待されている超高速鉄道システムが実用化の段階を迎えており、列車が高速でトンネル内を走行する際に発生する圧力変動は、列車の走行安定性や走行抵抗あるいは車体構造に影響を与えると考えられる。この圧力変動に関しては、これまでにいくつかの研究例があり、アプローチの方法は大きく分類して、特性曲線法を用いた計算による方法^{1)~4)}、模型実験による方法⁵⁾、さらに浅水槽（後述）を用いた実験的な方法^{6), 7)}などがある。

しかし、従来の研究は列車速度よりも閉塞率（列車とトンネルの断面積比）に起因する圧力変動を問題視したものが多く、速度 500 km/h にも及ぶような超高速列車を考慮したものは少なかった。そこでわれわれは、このような超高速列車を対象として、列車がトンネル内を走行する際に発生する圧力変動の様子を、比較的実現が容易である浅水槽を用いた実験により明らかにするとともに、列車速度、閉塞率などの因子が圧力変動に与える影響や、圧力変動を緩和するのに適したトンネルの形状などを検討した。

2. 実験概要

(1) 実験原理

速度 $U = 500 \text{ km/h}$ 程度で走行する超高速列車では、音速 c に対する列車速度 U の比（マッハ数 M_a ）が $M_a = U/c = 0.4$ と高く、現象的に圧縮性を無視することができない。圧縮性流れにおいては、マッハ数を等しくすることにより力学的相似が得られるため、模型実験にあたっては、実験と実物のマッハ数を一致させる必要がある。

る。しかし、空気中で実験を行う限り、音速を容易に変化させることができないため、模型列車を実物の列車と同じ高速度で移動させなければならず、事実上模型実験を非常に困難なものにしている。

音速を自由に変化させることのできる方法の一つとして、浅水槽を用いた実験方法がある^{7),8)}、浅水槽とは、波長に対して水深 h_0 が十分に浅い水槽であり、この水槽で起こる波を浅水波（長波）と呼ぶ。水槽中における浅水波の伝播速度 c^* は、重力加速度を g とすると以下のようになる。

これが、空気中での音速に対応する。つまり、水深 h_0 を変化させることにより任意の音速を得ることができるため、模型列車を制御可能な程度の低速で走行させても、模型と実物のマッハ数を一致させた実験を行うことができる。

この浅水槽において、実物とマッハ数を一致させた速度で走行する模型列車が起こす波の高さ Δh は、実際（理想気体）の圧力変動 Δp と次式のような関係を持ってい る。

$$\frac{p_0 + \Delta p}{p_0} = \left(\frac{h_0 + \Delta h}{h_0} \right)^2 \dots \dots \dots \quad (2)$$

ここで、 p_0 は大気圧である。これより、浅水槽での波高 Δh を計測すれば、超高速列車がトンネル内を走行する際の圧力変動を知ることができる。

(2) 実験装置

実験装置は、以下の要素より構成される。Fig.1に実験装置外形を、Fig.2にシステム構成を示す。

a) 浅水槽

浅水槽は透明塩化ビニル板で製作しており、外形寸法は $3.5\text{ m (L)} \times 0.8\text{ m (W)} \times 0.12\text{ m (H)}$ である。浅水槽全景を Photo 1 に示す。水槽中央部に、トンネルに相当する $2.0\text{ m (L)} \times 0.0615\text{ m (W)}$ の寸法を持つ水

* 正会員 ハザマ技術研究所 研究第3部 第1研究室
(〒305 つくば市莉間字西向 515-1)

** 沼津工業高等専門学校教授 電子制御工学科

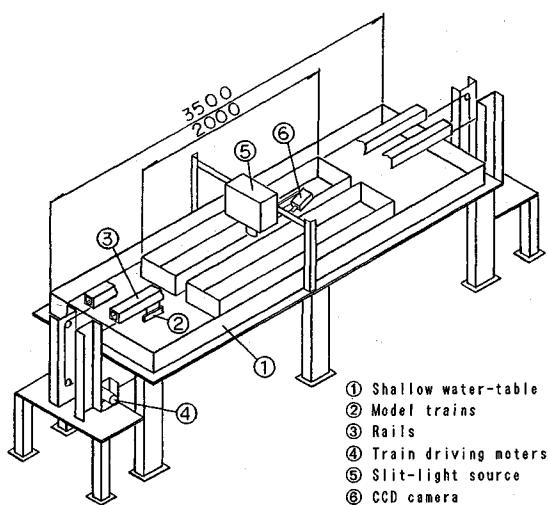


Fig.1 The shallow water-table simulating air pressure transients generated by the high speed trains through tunnels

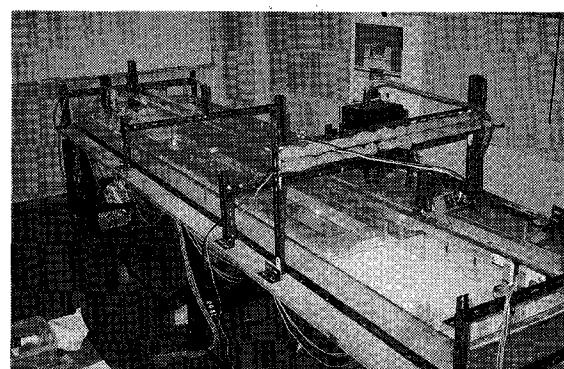


Photo 1 The shallow water-table designed in this research

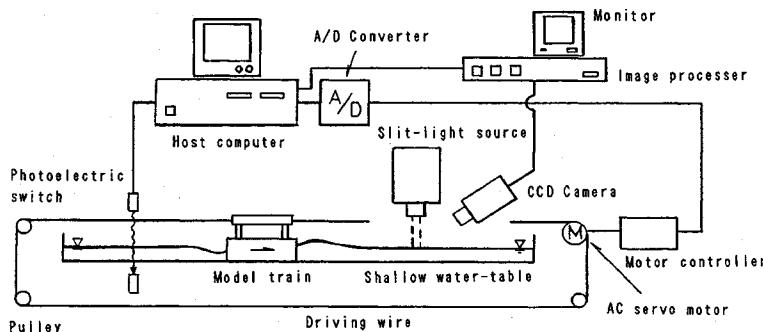


Fig.2 The system components of the shallow water-table

路を設けている。

今回の実験では、水槽の水深を 22.6 mm にセットしたため、浅水波の伝播速度は式 (1) から $c^* = 0.47$ m/s となる。空気中での音速を $c = 340$ m/s とすれば、模型と実物との速度の縮尺 S_v は次式で与えられる。

$$S_v = \frac{c^*}{c} = \frac{1}{723} \quad (3)$$

一方、 S_v は長さの縮尺 S_L および時間の縮尺 S_T と次のような関係がある。

$$S_v = \frac{S_L}{S_T} \quad (4)$$

実験では $S_T = 1$ としているため、 $S_L = 1/723$ となり、水槽中のトンネルは、実物延長 1445 m のトンネルに相当することになる。

b) 模型列車およびレール

模型列車はアルミニウム製で、上部に設置した同じくアルミニウム製のレールから吊下げ支持した。列車底面は水槽に接触している。列車の外形寸法は、158 mm (L) × 30 mm (H) であり、実物に換算した列車長は、長さ

の縮尺から 114 m であり、通常の車両の約 5 車分の長さに相当する。

実物における閉塞率 σ は、列車断面積 a とトンネル断面積 A との比 $\sigma = a/A$ で示されるが、浅水槽による実験では、列車幅 b とトンネル幅 B との比 b/B をとっている。したがって、閉塞率を変えた実験を行うために、5 mm～20 mm の範囲で数種類の幅の列車を用意した。

c) 列車駆動および制御装置

模型列車は、直径 1 mm のステンレス製ワイヤロープによるけん引方式とし、AC サーボモータ（九州松下電器 ASM 120 B）を用いて駆動した。なお、すれ違い走行のできる 2 列車は、それぞれ独立した走行が可能な機構とした。

列車の走行速度は、速度の縮尺から実物の 500 km/h に相当する速度が模型上では 0.19 m/s になり、十分に制御可能な速度で、高速に相当する走行を実現することができる。列車は加減速とも等加速度とし、トンネル内は等速走行するような台形のランカーブを用いている。また、列車の発車位置は、光電式リミットスイッチ（オ

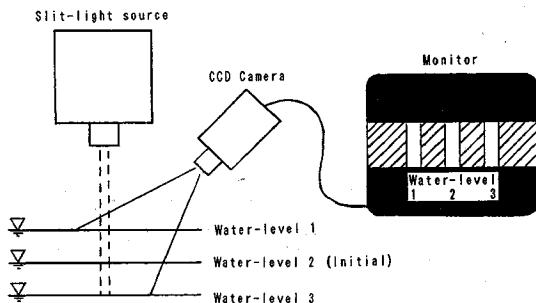


Fig.3 The wave-height measurement

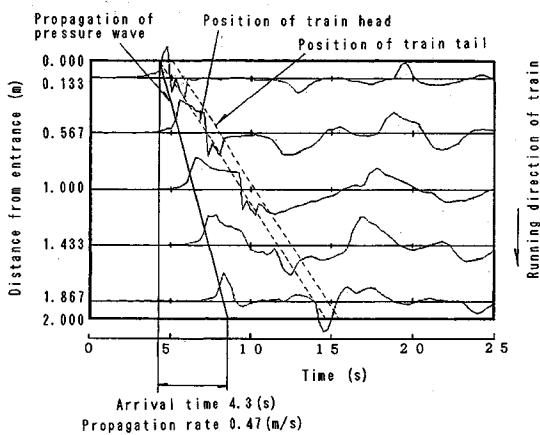


Fig.4 Wave propagations

ムロン E 3 R-5 E 4)により、常に定位置になるよう設定した。

列車の走行距離は、トンネルの前後にそれぞれ約 0.5 m の走行区間（加減速区間を含む）を設けているため、合計走行距離は約 3.0 m となっている。

d) 計測装置

計測項目は、トンネル内の波高 1 点と列車速度 2 点である。波高計測装置は、スリット光源、CCD カメラ(NEC TI-22 P)、画像処理装置（クリエイティブシステム BLOB-II a）から構成される。計測方法は次節で述べる。列車速度は、列車駆動用モータの速度モニタ信号を取出し、A/D 変換して計測データとともに、列車が一定区間を走行するのに要する時間を計測し、指令通りの速度で走行していることを確認した。

計測時間は、列車走行開始後 25 秒間を標準とし、計測サンプリング間隔は 0.25 秒とした。

e) ホストコンピュータ

列車位置決め・走行および計測データ処理の全ての作業は、1 台のホストコンピュータ (NEC PC-9800 UV2) により管理した。

(3) 波高の計測方法

波高の計測は、画像処理を利用した非接触方式とした。その方法は、Fig.3 に示すようにトンネル内の着目する

Table 1 The comparison table : the field observations of the air pressure transients generated by the trains through Patchway tunnel ; the experimental observations gained by the shallow water-table simulating the trains through Patchway tunnel

Items	Field observations	Experimental observations
Length of tunnel(m)	1140	2.0
Pressure measurement point(m)	500 from entrance	0.877
Length of train(m)	100.3	0.176
Train speed(m/s)	34.7(125km/h)	0.052
Through time of tunnel(s)	32.9	38.5
Blockage ratio	0.363	0.363
Water-level of water-table(mm)	—	26.7

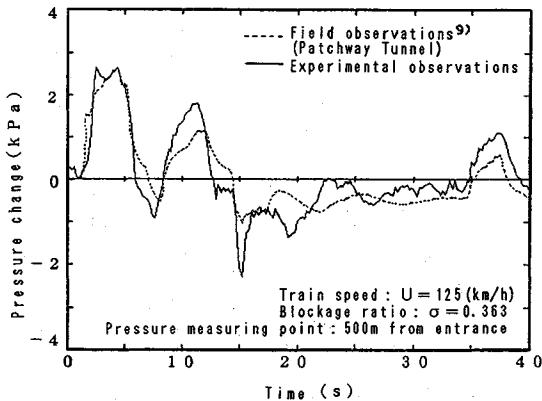


Fig.5 The comparison between the field observations and the experimental observations

地点の水面に垂直にスリット光を照射し、水面での反射光を斜め上方に設置した CCD カメラで撮影する。列車走行に伴う水面の上下により、カメラ内でのスリット光の位置が変化するため、そのスリット光の重心位置を、画像処理によって求めて波高を得た。スリット光の幅は約 5 mm であり、この区間の平均波高を計測することになる。なお、光を水面で反射させるため、水を白色に着色した。

この方法により、計測に伴う外乱を水面に与えることなく波高を計測でき、実験時の水深 22.6 mm において、計測分解能は 0.01 mm (圧力換算で約 0.1 kPa) が得られた。

3. 実験装置の検証

(1) 波の伝播速度

Fig.4 は、模型列車が速度 0.19 m/s (実列車では 500 km/h に相当する、以下同様) で走行した際の、トンネル内に発生する波 (圧力) の様子を示している。縦軸は坑口からの距離であり、0 m, 2 m は両側の坑口である。また横軸は、列車が発車してからの時間である。列車は、図の上から下に向かって走行しており、波形は等間隔に 5 点設けた計測点でのデータを重ね書きしたものである。計測点は、1 回の実験ごとに計測装置を移設している。なお、図中の破線は、ある時刻における列車の先頭

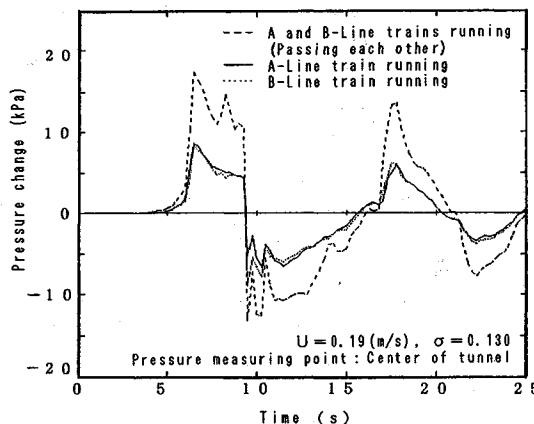


Fig.6 The air pressure transients by the running types of trains

および後尾の位置を示している。

この結果より、列車がスタートしてから4.2秒後にトンネルに突入し、その際に発生した圧力波が一定速度で反対側の坑口方向へ伝播する様子を見ることができる。長さ2mのトンネル内を波が4.3秒間で伝わることから、波の伝播速度は0.47m/sと算出され、式(1)から求めた速度と等しくなる。これにより、水槽内で発生している波が浅水波であることを確認した。

なお、実験の繰り返し回数は1条件につき5回とし、その平均値をデータとした。実験データのバラツキは、±6%以内であることを確認している。

(2) 実測値との比較

1976年に、イギリスのPatchwayトンネルで計測された実物の列車走行に伴う圧力変動⁹⁾と、同一条件で行った浅水槽による実験値とを比較した。実計測と浅水槽実験の条件をTable 1に、実験結果をFig.5に示す。Fig.5の時間スケールは、実計測の時間に一致するように表示している。

Fig.5によれば、最大圧力変動である1番目の圧力ピーク値やその後の圧力変動の様相が、浅水槽での実験値と実測値とでほぼ一致しており、浅水槽を用いた模型実験によって、実際の列車がトンネル内を走行する際に発生する圧力変動を推測できると考えられる。

4. 諸因子が圧力変動に及ぼす影響

(1) 列車走行形式の影響

Fig.6は、2本の列車をトンネル中央（圧力計測点）ですれ違うように走行させた場合と、1列車で単線走行させた場合の圧力変動を示している。単線走行ではそれぞれの線での走行をA線、B線として図示した。列車速度は0.19m/s(500km/h)、閉塞率は1列車あたり0.130である。

この実験条件下で、単線走行では最大約9kPaの圧

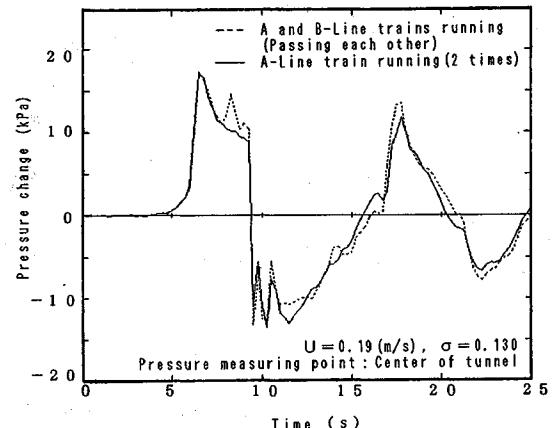
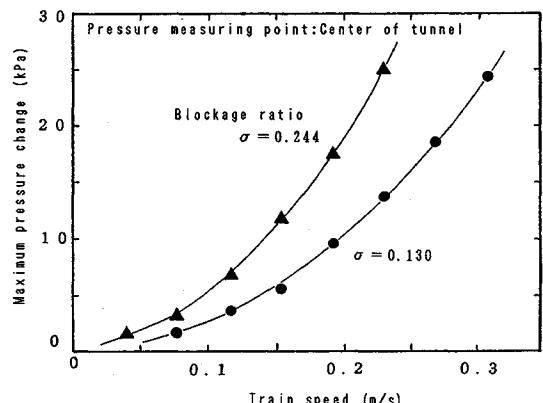


Fig.7 The estimates of the air pressure transients while two trains pass each other, derived from the observations of one train running



力が発生することがわかる。一方、列車すれ違いのある場合には、計測時間全体にわたって、圧力変動の大きさが単線走行時の約2倍になり、最大圧力は約18kPaとなっている。このことは、Fig.7に示したように、単線走行時の圧力データを2倍（足し合わせ）すれば、トンネル中央における2列車すれ違い時のデータがほぼ推定できることを示している。

(2) 列車速度の影響

列車速度とトンネル中央での最大圧力変動との関係を、2種類の閉塞率について示したものがFig.8である。列車速度は0.038~0.31m/s(100~800km/h)の範囲で変化させており、単線走行である。列車速度の増加に伴い、最大発生圧力が急激に増加しており、最大圧力は閉塞率にかかわらず、ほぼ列車速度の2乗に比例している。さらに、その時の比例係数が閉塞率とともに大きくなることがわかった。これは列車が高速化するほど、トンネル内を走行する際に発生する圧力への影響が、非常

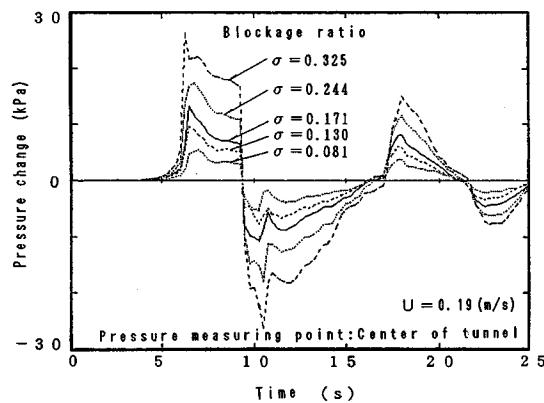


Fig.9 The wave shapes of air pressure transients by the blockage ratios

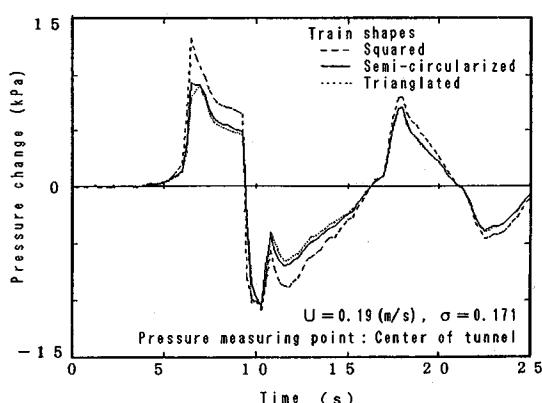


Fig.12 The influences of the train shapes on the air pressure transients

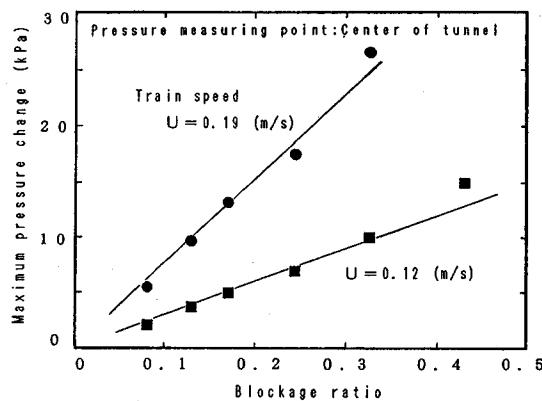


Fig.10 The relation between the blockage ratios and the maximum values of air pressures

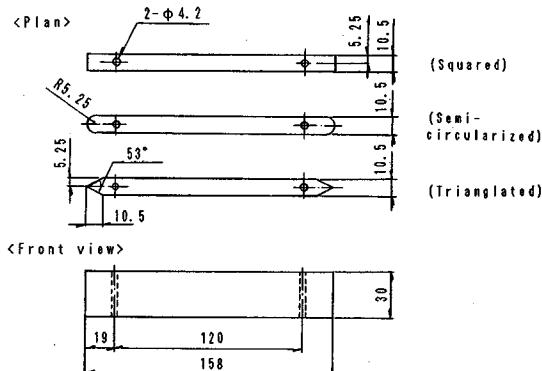


Fig.11 The types of train shapes

に大きくなることを示している。

(3) 閉塞率の影響

断面積（列車幅）の異なる列車を走行させ、トンネル中央での圧力変動に対する閉塞率の影響を示したもののが Fig.9 である。閉塞率は 0.081~0.325 の範囲で変化させており、列車速度 0.19 m/s (500 km/h)、単線走行で

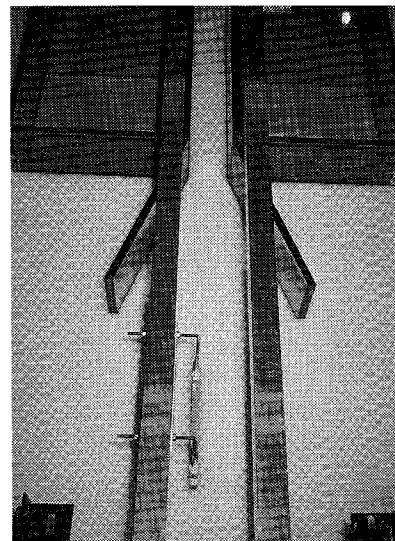


Photo 2 The installation of the flared extensions

ある。閉塞率が変化しても圧力波の形状はほぼ相似であるが、圧力変動の大きさが閉塞率の増加に伴って大きくなることがわかる。

また、Fig.10 に列車速度 0.19 m/s と 0.12 m/s (304 km/h) における、閉塞率と最大圧力変動の関係を示す。図から最大圧力変動が、閉塞率にはほぼ比例して増加する様子が観察される。さらに、この時の比例係数が列車速度の増加とともに大きくなることがわかった。

5. 圧力変動低減のための対策

(1) 列車形状による対策

これまでに示したデータは、先頭形状がすべて四角形の列車を使用した場合のものであるが、列車の先頭形状が圧力変動にどの程度の影響を与えるかを明かにするために、Fig.11 に示すような四角形、半円形、三角形の

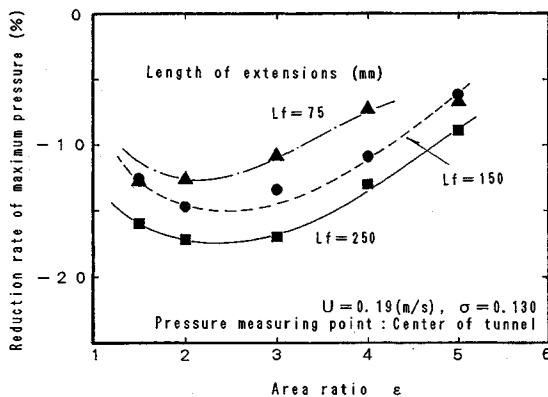


Fig.13 The influences of the flared extension lengths on the alleviations of air pressures

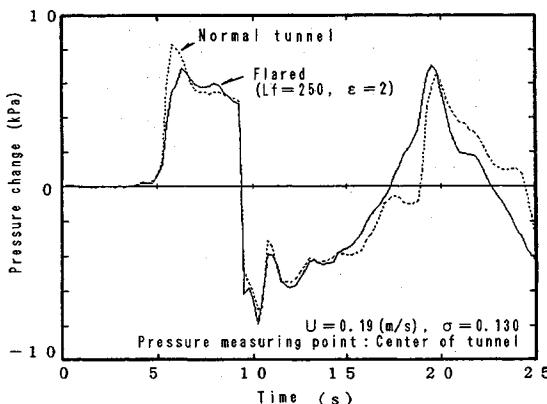


Fig.14 The influences of the flared extensions on air pressure transients

3種類の先頭および後尾の形状をもつ列車を走行させ、トンネル中央で発生する圧力変動を比較した。列車速度 0.19 m/s (500 km/h)、閉塞率 0.171 、単線走行の場合の実験結果を Fig.12 に示す。

Fig.12によれば、半円形および三角形の先頭形状の列車では、圧力変動の大きさが正のピーク値で、四角形の列車よりも約 30% 小さく、ピーク以外でも $20\sim25\%$ 程度の減少が見られた。これより、列車がトンネル内を走行する際に発生する圧力変動を、列車先頭形状によって低減できることが確認できた。ただし、列車後尾部が波高計測点を通過した際に発生する負の圧力ピーク値は、列車形状によって緩和できないといった結果が得られた。また、今回の実験では、列車形状が半円形と三角形の列車の間には、顕著な差は見られなかった。

(2) 坑口形状による対策

a) フレアーキット

坑口形状による圧力低減対策の一つとして、坑口断面積をラッパ状に拡大したフレアーキットの効果について実験を行った。フレアーキットの設置状況を Photo 2 に示

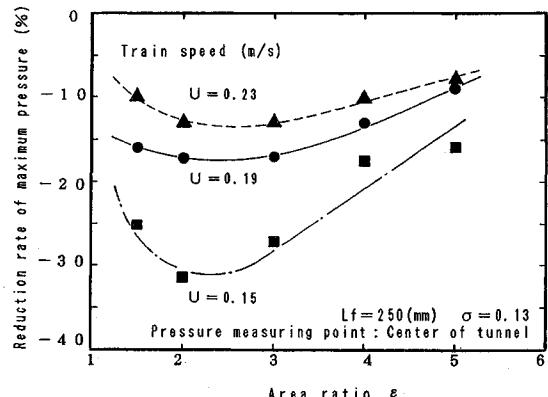


Fig.15 The influences of the train speeds on the alleviations of air pressures, in the case of the flared extensions

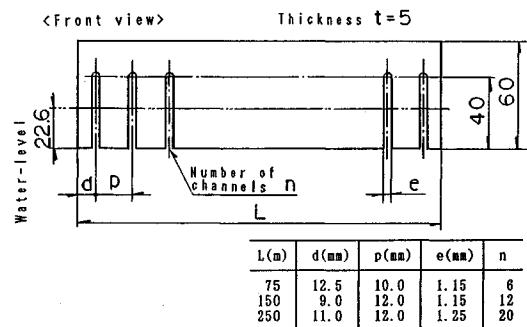


Fig.16 The outward forms of the perforated extensions

す。

Fig.13 は、フレアーキット長さ L_f と断面積拡大率 ϵ (坑口の入口断面積がトンネル内定常部での断面積の何倍であるかを示す数値、実験では両者の幅比に相当する) を変化させた時、対策のない場合と比較して、トンネル中央の正の最大圧力がどの程度緩和するかを示したものである。図中の坑口長さ $L_f = 75 \text{ mm}, 150 \text{ mm}, 250 \text{ mm}$ は、実物に換算するとそれぞれ $54 \text{ m}, 108 \text{ m}, 181 \text{ m}$ に相当する。また Fig.14 に、フレアーキットを設置した場合の圧力波形の一例を示す。列車速度は 0.19 m/s (500 km/h)、先頭形状が四角形の列車による単線走行データである。

これらの図から、列車速度 0.19 m/s 、閉塞率 0.130 において、フレアーキットを設置することにより、列車がトンネル内を走行する際の圧力ピーク値を最大 17% 程度低減でき、坑口長さが長いほど低減効果が大きくなる傾向にあることがわかった。また ϵ については、坑口長さに関係なく $\epsilon = 2\sim2.5$ 付近で圧力の低減効果が最大であった。さらに Fig.14 から、フレアーキットによって、ピーク値に向かう圧力上昇の時間的変化が、対策を行わない通常のトンネルの場合よりも遅くなることが観察された。

Fig.15 は、坑口長さを 250 mm (実物では 181 m に相

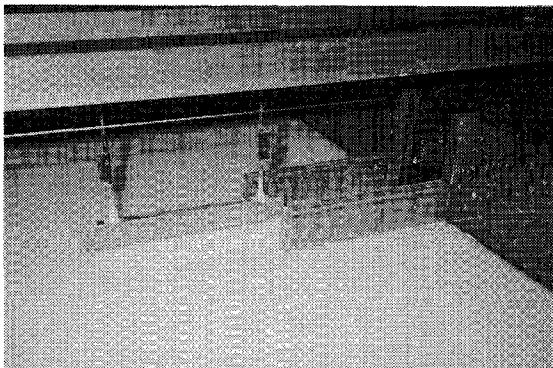


Photo 3 The installation of the perforated extensions

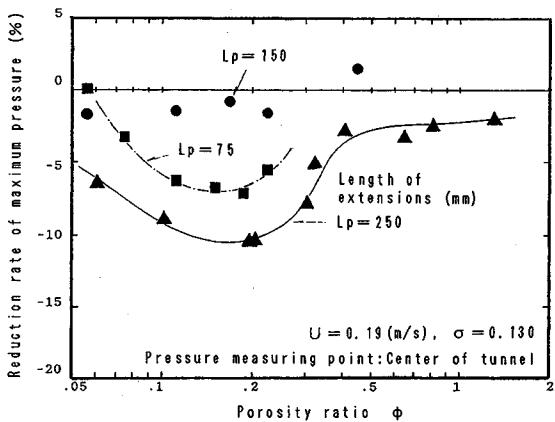


Fig.17 The influences of the perforated extension lengths on the alleviations of air pressures

当、以下同様)に固定した場合の、列車速度および ϵ と、最大圧力の減少率との関係を示したものである。列車速度の増加とともに最大圧力の低減効果は小さくなっている。たとえば、列車速度 0.23 m/s (600 km/h)では、速度 0.15 m/s (400 km/h)の場合に比較してフレアーエの効果は半減している。また、断面積拡大率は列車速度に関係なく $\epsilon=2.5$ 付近で圧力低減効果が最大になることがわかった。

以上のことから、坑口長さが長く列車速度が遅い場合にフレアーエの効果が大きくなる。つまり、列車がフレアーエ区間を通過する時間が長いほど、圧力低減の効果が大きくなると考えられる。このことは、列車を高速化した場合に、大きな圧力低減効果を得るために、フレアーエ区間を長くする必要があることを示している。

b) パーフォレート坑口

坑口形状によるもう一つの圧力低減対策として、坑口側壁に孔を設けたパーフォレート坑口の効果についての実験を行った。パーフォレート坑口の外形を Fig.16 に、設置状況を Photo 3 に示す。

Fig.17 は、パーフォレート坑口長さ L_p と孔面積の指

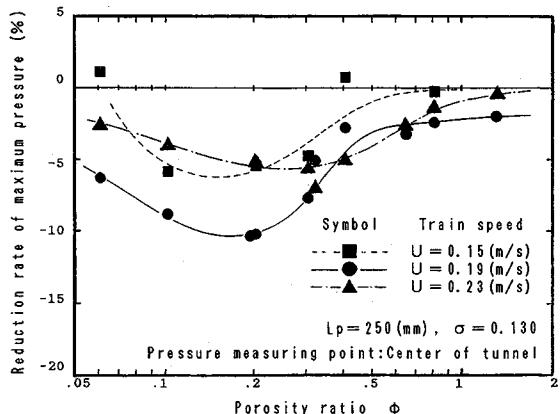


Fig.18 The influences of the train speeds on the alleviations of air pressures in the case of the perforated extensions

標である有孔比 ϕ (坑口部の全孔面積が、トンネル内定常部での断面積の何%に相当するかを示す値、実験では孔に相当する溝幅の合計とトンネル幅との比)を変化させた時、対策を実施しない場合と比較して、トンネル中央の正の最大圧力がどの程度緩和するかを示したものである。有孔比は 0.056~1.30 の範囲で変化させている(ただし、本実験でのトンネル幅は、厳密な縮尺比から決定したものではないため、有孔比の値は単なる目安となる)。

パーフォレート坑口では、列車速度 0.19 m/s (500 km/h)、閉塞率 0.130において、坑口長さの最も長い $L_p=250$ mm (181 m)の場合に、最大 10% 程度の低減効果が認められた。しかし、坑口長さと圧力低減効果との間には、フレアーエ坑口で観察されたような明瞭な関係は見られなかった。

Fig.18 は、坑口長さを 250 mm に固定した場合の、列車速度および ϕ と最大圧力の減少率との関係を示したものである。列車速度が変化しても、ある ϕ の値(本実験の指標では $\phi=0.2$)を中心に、圧力低減効果が大きくなる傾向が得られた。

以上のことから、今回の実験では、パーフォレートにおいては圧力低減効果に対する坑口長さや列車速度の影響を、フレアーエのように明瞭にとらえることはできなかったものの、圧力の減少率は最大 10% 程度であり、今回の実験で考慮した水準の範囲では、フレアーエと比較して小さかった。

さらに、列車速度 0.19 m/s (500 km/h)、閉塞率 0.130において、圧力低減に対するフレアーエとパーフォレートの最適条件を組み合わせた実験を行ったが(坑口長さ 250 mm, $\epsilon=2.5$, $\phi=0.20$)、圧力低減効果は、フレアーエのみの場合と同程度であった。

6. まとめ

超高速列車がトンネル内を走行する際に発生する圧力変動の様子と、発生圧力低減対策の効果を明らかにするために、浅水槽を用いた模型実験によるアプローチを試みた。実験で得られた結果をまとめると以下のようである。

(1) 今回使用した浅水槽実験装置は、小型で構造も比較的簡易なものであるが、この装置により高速列車がトンネル区間を走行する際の圧力変動の様子を概ね把握することができた。

(2) 波高の計測装置として、スリット光と画像処理装置を組み合わせた方法を考案し、実験に適用した。その結果、1 mm 以下の微小な波を非接触で精度よく計測することができ、他分野への適用も可能と考えられる。

(3) 列車速度 0.19 m/s (500 km/h)、閉塞率 0.130 の場合、列車のトンネル内走行に伴う、トンネル中央における圧力変動の大きさは、1列車走行時で最大約 9 kPa、2列車すれ違い走行時で約 18 kPa と考えられ、これまでの研究で主に検討されていた速度範囲での発生圧力と比較して、非常に大きな値となった。

(4) 圧力変動の最大値は列車速度の 2 乗にほぼ比例し、また閉塞率の 1 乗に比例することがわかった。これより、列車が高速化するほどトンネル内を走行する際に発生する圧力変動が顕著になるため、十分な対策が必要になると考えられる。

(5) 列車先頭部を適当な形状にすることにより、発生圧力を 20~30% 低減できることが確認できた。

(6) フレアーキン口による圧力低減効果は最大 17% 程度であり、きん口長さが長いほど、また断面積拡大率が $\epsilon = 2.5$ 付近で、その効果が最も大きかった。ただし、列車速度が増加するにつれて、効果が小さくなる傾向が見られた。

(7) パーフォレートきん口については、圧力低減効果に対するきん口長さ、列車速度の関係を明確にとらえることはできなかった。しかし、圧力低減効果は最大 10% 程度であり、今回の実験で考慮した水準の範囲では、その効果はフレアーキン口に比較して小さかった。

7. おわりに

浅水槽を用いた実験により、比較的簡易な方法で超高速列車がトンネル内を走行する際に発生する圧力変動の様子を、ほぼ知ることができた。さらに、諸因子が圧力

変動に及ぼす影響や圧力低減対策の効果の傾向を明らかにすることができたと考えている。今後は、きん口形状による圧力低減対策とその効果について、さらに検討を進める必要があると考える。

最後に、本研究を進めるに当たり、指導、助言を頂いた沼津工業高等専門学校の澤洋一郎教授、舟田敏雄助教授、榎本隆二講師、ならびに実験に協力いただいた同校学生（当時）の加藤功氏、角田洋之氏、沼畠勝和氏に謝意を表します。

なお、本報は平成 3 年度土木学会第 46 回年次学術講演会に投稿した論文¹⁰⁾に、内容の追加を行ったものであることを付記しておく。

参考文献

- 1) Fox, J.A. and Henson, D.A : The prediction of the magnitudes of pressure transients generated by a train entering a single tunnel, Proc. Inst. Civil Eng., 49, pp.53~69, 1971.
- 2) 山本彬也：新幹線トンネルの圧力変動・空気抵抗・トンネル換気、鉄道技術研究報告、No.871, 1973.
- 3) Steinrück, P. and Sockel, H. : Further calculations on transient pressure alleviation and simplified formula for initial tunnel design, 5th Int. Symp. on the Aerodynamics and Ventilation of Vehicle Tunnels, BHRA, pp.317~341, 1985.
- 4) 飯田雅宣・前田達夫：トンネル内圧力変動シミュレーション, RTRI REPORT, Vol.4, No.7, pp.54~62, 1990.
- 5) Dayman, B. Jr. and Vardy, A. E. : Alleviation of tunnel entry pressure transients-1. Experimental program, 3rd Int. Symp. on the Aerodynamics and Ventilation of Vehicle Tunnels, BHRA, pp.343~362, 1979.
- 6) Valensi, J. : Theoretical and experimental investigation of the piston effect in a twin tunnel subway, 2nd Int. Symp. on the Aerodynamics and Ventilation of Vehicle Tunnels, BHRA, pp.E3-57~80, 1976.
- 7) White, W.R. and Pope, C.W. : The use of a hydraulic analogy for modelling the unsteady flows in railway tunnels, 5) に同じ, pp.325~342, 1979.
- 8) エリ・ランダウ、イェ・リフシツ（竹内均訳）：流体力学 1,2, pp.45~47, 446~448, 東京図書, 1987.
- 9) Gawthorpe, R.G. and Pope, C.W. : The measurement and interpretation of transient pressures generated by trains in tunnels, 6) に同じ, pp.C3-35~54, 1976.
- 10) 木川田一弥・森井宜治：高速列車のトンネル内走行時の圧力変動に関する実験的研究、土木学会第 46 回年次学術講演会講演概要集（第 4 部）、pp. 88~89, 1991.

(1991.11.15 受付)

EXPERIMENTAL STUDY OF THE AIR PRESSURE TRANSIENTS GENERATED BY THE HIGH SPEED TRAINS PASSING THROUGH TUNNELS

Kazuya KIKAWADA and Nobuharu MORII

This paper presents the design of the shallow water-table simulating the air pressure transients generated by the high speed trains through tunnels, which get up to 500 km/h. The experiments based on the shallow water-table provide insights in to :

- The relations between train speeds, or blockage ratios ... the ratios of the cross-sectional area of trains to tunnels ... and the maximum values of air pressures ;
- The influences of the shapes of tunnel entrances on the alleviations of air pressures.