

トンネル緩衝工が列車動揺に与える影響

JR 東日本 高崎土木技術センター 正会員 吉田 斉正

はじめに

長野新幹線、高崎駅～安中榛名駅間における里見トンネルにおいて、開業当初（1997年11月）よりトンネル出口付近において列車のすれ違い時に生じる動揺と同種の動揺が頻繁に生じていることが報告されていた。そこで、この列車動揺の原因を究明するため軌道状態についての調査を行ってみたが、特に基準値超過など軌道整備を行うまでの異常値は見られなかった。また、実際に軌道整備も行ってみたが列車動揺は改善されなかったことから列車動揺の主原因は他にあるものと考えられる。そこで、構造物について調査を行ったところ、当該付近の下り線側側壁に大きな開口部（片側緩衝工）が存在していることがわかった。本研究では、この片側緩衝工がトンネル内に及ぼす影響（圧力変動）を調査し、列車動揺が生じる原因について調べることを目的とした。また、片側緩衝工が微気圧波低減対策にどれほどの効果を持っているかについても検討を加えることとした。

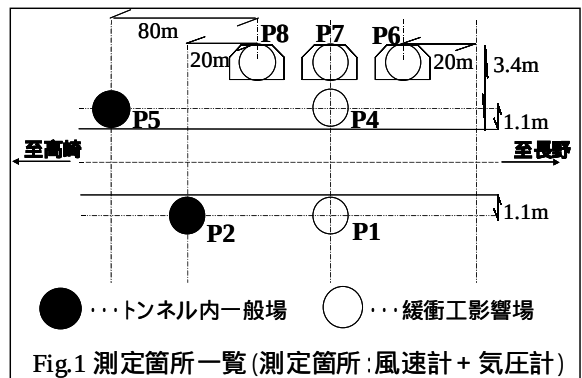
1. 調査概要

1-1 . 觀測地紹介

里見トンネルは、長野新幹線、高崎駅～安中榛名駅間に位置する全長 2,488m の新幹線断面 (80 m²) のトンネルであり、スラブ軌道となっている。トンネル入口には長さ 12m の入口緩衝工が設置されており、出口付近には抗門から 100m 程入った下り線側側壁に片側緩衝工として中間開口部が設置されている。動揺箇所はこの中間開口部にあたり、横 3.7m、縦 1.0m の大きさの開口部が 3 箇所設置されている。

1-2. 測定項目

トンネル内における緩衝工の影響を調べるために、Fig.1に示す計7箇所について風速計および気圧計を設置した。また、トンネル入口付近には微気圧波低減効果を調べるために微気圧計を1箇所設置した。なお、圧力変動を調べるにあたり、緩衝工の影響を受ける箇所を緩衝工影響場、影響を受けない箇所をトンネル内一般場と定めた。



2. トンネル内における圧力変動

2-1. トンネル内一般場における圧力と列車速度の関係

通常のトンネル内においてどのような圧力が生じているかを調べるため、トンネル内一般場における圧力と列車速度の関係を調べた。その結果、圧力は列車速度の 1.7～2.0 乗に比例している結果が得られた。圧力変動は、一般的に列車速度の 2 乗に比例すると報告されており、本トンネルにおいても多少バラツキはあるものの一般的な圧力変動が生じていることがわかった。

2-2. 緩衝工影響場における圧力変動

緩衝工影響場においてどのような圧力変動が生じているかについて検討を行った。その結果、P1、P4、P7ともトンネル内一般場における圧力変動とほぼ同じ変動波形を示していた。しかし、圧力値（絶対値）で比較してみると、緩衝工影響場では側壁にかかっていた圧力が緩衝工によって外部に分散される影響からトンネル内一般場に比べて小さい値（ $P1 > P4 > P7$ ）が観測され、その値は最大で約 1200(pa)であった（Fig.2）。

キーワード トンネル緩衝工、列車動揺、圧力変動、微気圧波

連絡先 〒370-0052 群馬県高崎市旭町 190 ・ TEL:027-324-6594 ・ FAX:027-323-4500

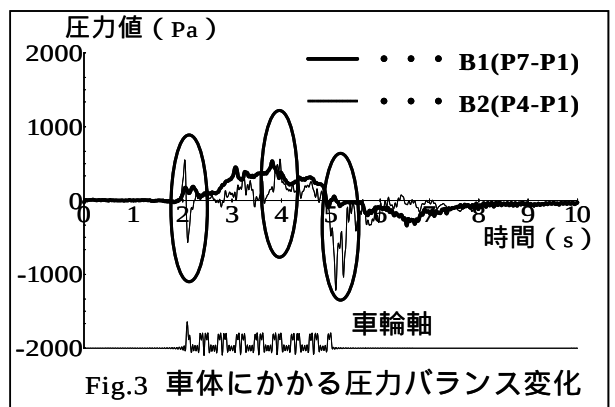
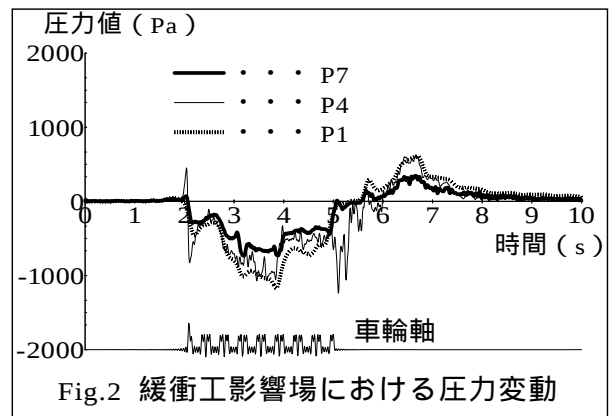
この圧力値は、列車がトンネル内ですれ違う時に生じる圧力のおよそ 1/6 程度である。つまり、緩衝工通過時に車体が受ける衝撃力は列車すれ違い時に車体が受ける衝撃力の 1/6 程度であると考えられ、列車動揺が脱線などの安全面に関して特に影響を与えるほどではないことがわかった。

2-3．緩衝工影響場における列車風と風向の関係

列車が緩衝工付近に達すると、空気を外部に押し流す形（トンネル内部から外部）で空気が流れはじめ、先頭車両から 4 両目付近でピークを持っていた。列車が緩衝工を通過後、一瞬無風に近い状態となり、今度は空気を外部から引き込む形（トンネル外部から内部）で空気が流れはじめ、その時の列車風は緩衝工通過時に観測された最大瞬間風速とほぼ同じ値であった。

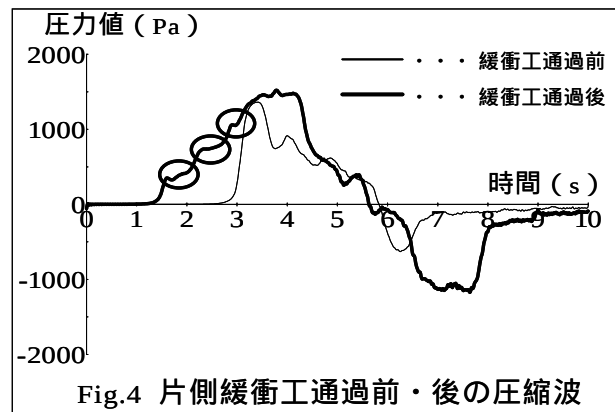
2-4．列車動揺の原因について

今回報告された列車動揺は、車体にかかる圧力バランスが緩衝工によって一瞬崩れることで引き起こされると考えられる。そこで、緩衝工を通過する列車の圧力バランス変化を B1（緩衝工、P7 - P1）、B2（緩衝工下部、P4 - P1）と定め、緩衝工通過時の車体にかかる圧力バランス変化を評価した（Fig.3）。その結果、B2（緩衝工下部）において圧力変化率が激しくなっており、この急激な圧力変化が一時的に車体下部にかかることで車体を揺らし列車動揺を引き起こしていると考えられる。特に、先頭車両、中間車両（3～4 両目付近）、後部車両でその傾向が顕著であった。



3．緩衝工の効果（微気圧波対策）

片側緩衝工の効果を調べるために、P5 地点における片側緩衝工通過前（下り列車）・通過後（上り列車）の圧縮波（Fig.4）の比較検討を行った。Fig.4 より、片側緩衝工通過前の圧縮波は滑らかで勾配の大きい立ち上がりを示しているのに対して、緩衝工通過後の圧縮波は勾配が途中で 3 段階の形状を示し、緩衝工の影響を大きく受けている事が分かった。また、その時の圧力勾配は 2500(pa/s)を示し、入口側で測定した微気圧波の値は最大で 15(pa)しか観測されなかった。この値は、無対策のスラブ軌道トンネルで測定された微気圧値などと比較してみると半分以下の値となっており、この片側緩衝工が微気圧波低減対策に非常に効果を発揮していることが明らかとなった。また、圧縮波を微分した波形（圧力勾配波形）と微気圧波の実測波形を比べてみたところ、非常によく似た傾向を示しており、圧力勾配と微気圧値が比例関係にあることが分かった。



まとめ

本研究により、里見トンネル内で生じた列車動揺は片側緩衝工の影響によりトンネル内の圧力バランスが一時的に崩れ、車体下部に急激な圧力変化がかかることで生じていることが明らかとなった。同時に、列車動揺が安全面に関して特に影響を与えるほどではないことも分かった。また、微気圧波低減対策効果として片側緩衝工が非常に効果を発揮していることも明らかとなった。