

中央新幹線(東京都・名古屋市間)環境影響評価書(平成 26 年 8 月)長野県 資料編 (抜粋)

【環境影響評価の結果の概要並びに予測及び評価の結果】

2 騒音

・ 2-8 騒音の距離毎の予測値について

2-8-2 列車の走行（地下を走行する場合を除く。）に係る騒音の距離毎の予測値について（環 2-8-35～環 2-8-41）

・ 2-9 列車走行に係る騒音基準について（環 2-9-1～環 2-9-2）

・ 2-10 長大編成への換算方法について（環 2-10-1～環 2-10-3）

・ 2-11 地下の走行に伴う騒音について（環 2-11-1）

・ 2-12 LO 系車両の測定結果について（環 2-12-1）

4 微気圧波

・ 4-1 現象について（環 4-1-1）

・ 4-2 予測手法について（環 4-2-1～環 4-2-3）

・ 4-3 緩衝工、多孔板の効果について（環 4-3-1～環 4-3-2）

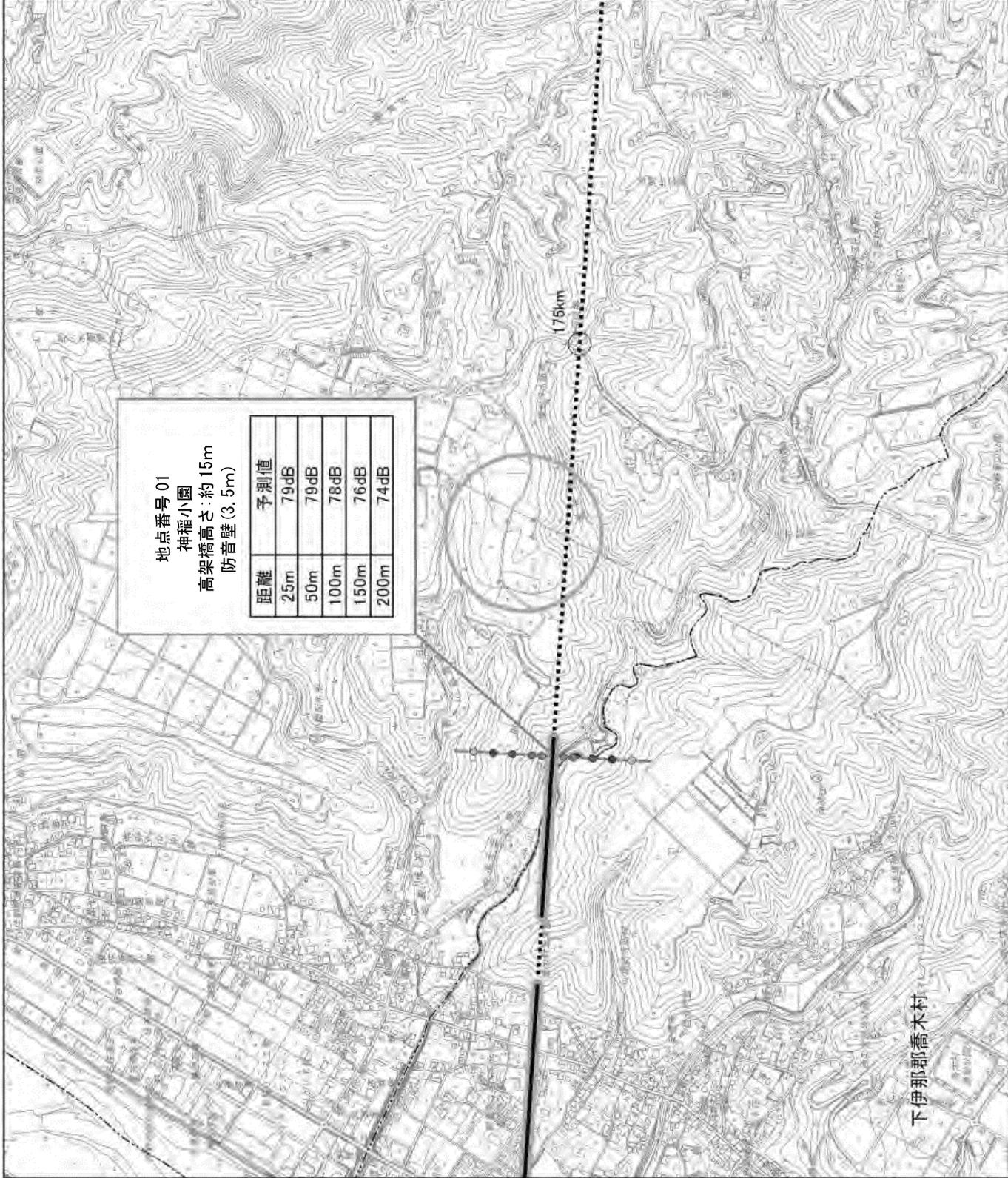
・ 4-4 微気圧波の基準について（環 4-4-1）

・ 4-5 列車突入・退出時の空気振動について（環 4-5-1）

・ 4-6 LO 系車両の測定結果について（環 4-6-1）

2-8-2 列車の走行（地下を走行する場合を除く。）に係る騒音の距離毎の予測値について

列車の走行（地下を走行する場合を除く。）に係る騒音の程度の把握のため、各予測地点における距離毎の騒音を示した図を図 2-8-4 に示す。



凡例

- 計画路線(地上部)
- ⋯ 計画路線(トンネル部)
- 工事用道路
- 改変の可能性のある範囲
- 列車の走行(市町村の主な代表地点)の断面位置

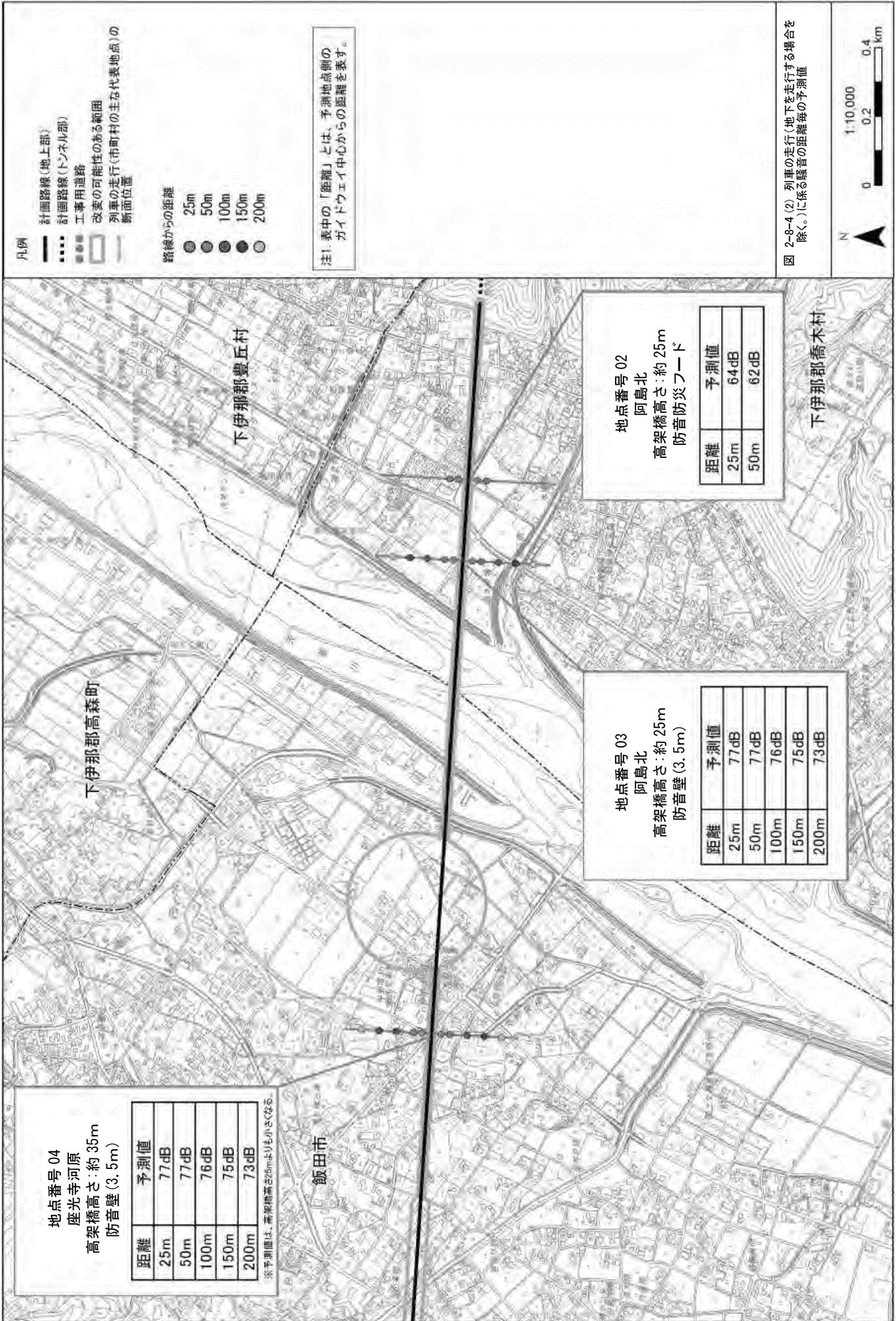
路線からの距離

- 25m
- 50m
- 100m
- 150m
- 200m

注1. 表中の「距離」とは、予測地点側のガイドウェイ中心からの距離を表す。

図 2-8-4(1) 列車の走行(地下を走行する場合を除く。)に係る騒音の距離毎の予測値





地点番号 04
 座光寺河原
 高架橋高さ: 約 35m
 防音壁 (3.5m)

距離	予測値
25m	77dB
50m	77dB
100m	76dB
150m	75dB
200m	73dB

※予測値は、高架橋高さ25mより小さくなる。

飯田市

地点番号 03
 阿島北
 高架橋高さ: 約 25m
 防音壁 (3.5m)

距離	予測値
25m	77dB
50m	77dB
100m	76dB
150m	75dB
200m	73dB

地点番号 02
 阿島北
 高架橋高さ: 約 25m
 防音防災フード

距離	予測値
25m	64dB
50m	62dB

下伊那郡喬木村

凡例

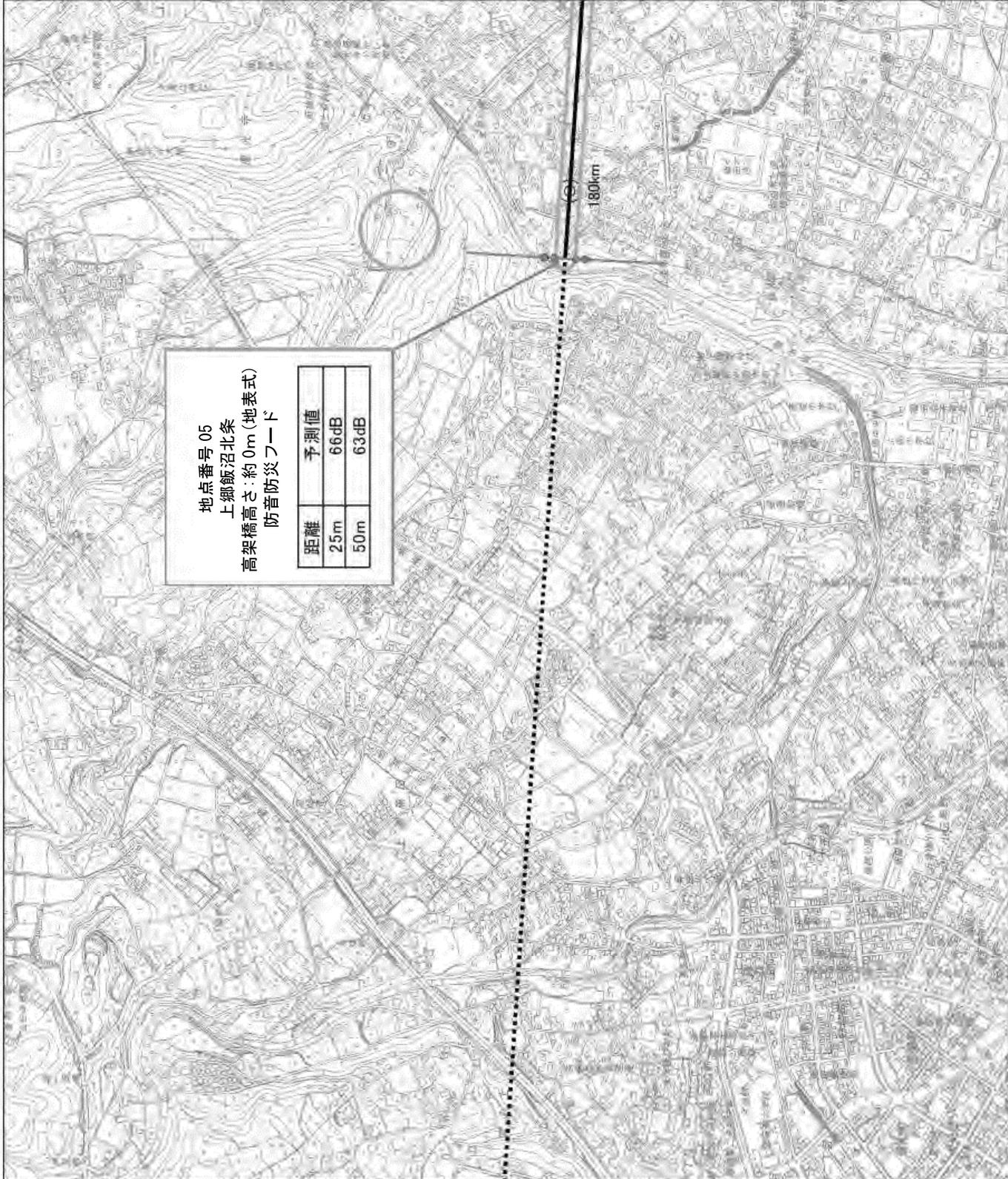
- 計画路線(地上部)
- 計画路線(トンネル部)
- 工事用道路
- 変更の可能性のある範囲
- 列車の走行(市町村)の主な代表地点の断面位置

- 路線からの距離
- 25m
 - 50m
 - 100m
 - 150m
 - 200m

注1: 表中の「距離」とは、予測地点側のガイドウェイ中心からの距離を表す。

図 2-8-4 (2) 列車の走行(地下を走行する場合を除く。)に係る騒音の距離毎の予測値





凡例

- 計画路線(地上部)
- 計画路線(トンネル部)
- 工専用道路
- 変更の可能性のある範囲
- 列車の走行(市町村の主な代表地点)の断面位置

- 路線からの距離
- 25m
 - 50m
 - 100m
 - 150m
 - 200m

注1. 表中の「距離」とは、予測地点側のガイドウェイ中心からの距離を表す。

図 2-8-4 (3) 列車の走行(地下を走行する場合を除く。)に係る騒音の距離毎の予測値



2-9 列車走行に係る騒音基準について

2-9-1 現象について

超電導リニアでは、在来型新幹線で発生する集電系や車輪からの騒音が発生せず、音源は車両空力音及び構造物音のみとなる。そのため、同じ速度域では在来型新幹線よりも騒音が少ない走行方式である（図 2-9-1）。また高速走行に伴い、騒音の継続時間も短くなる。

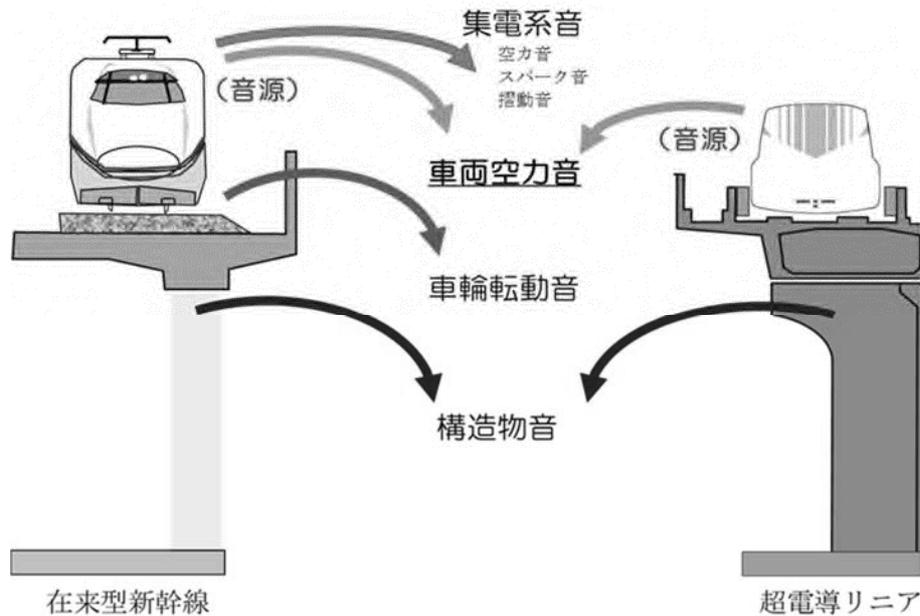


図 2-9-1 騒音発生源の比較

2-9-2 基準について

沿線騒音については、評価委員会において、超電導リニアの騒音に関する基準値案として、発生源の速度域に関係なく評価が可能である新幹線と同様の「新幹線鉄道騒音に係る環境基準値（表 2-9-1 参照）」を適用することとしている。この基準は、騒音のピークレベルの平均値により評価を行うものである。

表 2-9-1 新幹線鉄道騒音に係る環境基準

（昭和 50 年環境庁告示 46 号）

地域の類型		基準値 (dB)
I	主として住居の用に供される地域	70 以下
II	商工業の用に供される地域等 I 以外の地域であって通常の生活を保全する必要がある地域	75 以下

一方、山梨リニア実験線建設にあたっては、平成2年「山梨リニア実験線環境影響調査報告書」にて、山梨リニア実験線では「超高速で走行するため騒音の継続時間が非常に短い。さらに、実験線期間中は、走行頻度は少なく、時間帯も限られたものとなる。」ことから、車両走行頻度、継続時間及び時間帯を考慮できる騒音評価方法として、航空機騒音の評価¹に用いられていた WECPNL（加重等価持続感覚騒音レベル）により暫定的に評価した。

この評価方法や、近年騒音の基準として主流となってきた等価騒音レベルを用いればピークレベルのみならず、騒音の頻度や継続時間も考慮した評価が可能となるが、他の整備新幹線を含め現行新幹線の建設は前述の「新幹線鉄道騒音に係る環境基準値」を用いて進めており、超電導リニアによる中央新幹線も全国新幹線鉄道整備法に基づいて建設することから、同基準に基づいて評価することとした。

¹ 航空機騒音に係る環境基準の評価指針は、近年の騒音測定機器の技術的進歩及び諸外国の動向から、WECPNLからLdenに平成25年4月より変更されている。（平成19年 環告114号）

2-10 長大編成への換算方法について

2-10-1 防音壁区間

(1) 空力音

山梨リニア実験線にて測定した3両編成の列車走行時の音源分布をもとに、中間車両（音源）数を図 2-10-1 のとおり設定し、16両編成の音源配置における各音源の音響パワーレベルを算出した。各音源を移動する点音源列であると考え（図 2-10-2）、騒音の動特性（Slow）を考慮した上で、16両編成における評価点の騒音予測を行った。

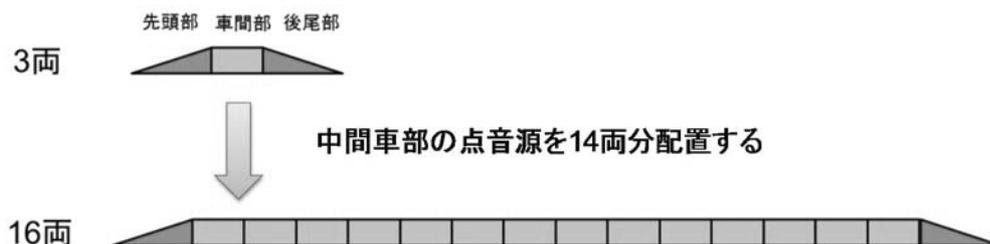


図 2-10-1 空力音の音源分布

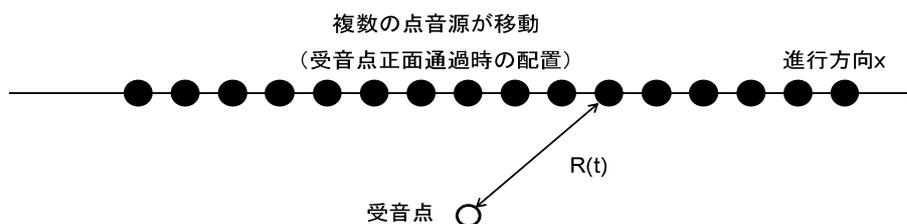


図 2-10-2 音源モデル

(2) 構造物音

山梨リニア実験線にて測定した3両編成の列車走行時の桁振動加速度と放射効率をもとに、中間車両（音源）数を図 2-10-3 のとおり設定し、16両編成の音源配置における各音源の音響パワーレベルを算出した。各音源を移動する点音源列であると考え（図 2-10-2）、騒音の動特性（Slow）を考慮した上で、16両編成における評価点の騒音予測を行った。

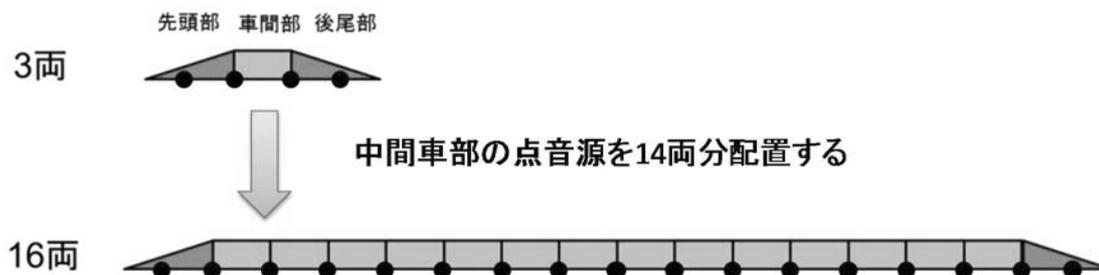


図 2-10-3 構造物音の音源分布

2-10-2 防音防災フード設置区間

(1) フード透過音

山梨リニア実験線にて測定した4両編成の列車走行時の音源分布をもとに、中間車両（音源）数を図 2-10-4 のとおり設定し、各音源からの音の広がりを想定した上で、16両編成の音源パターンを合成する（図 2-10-5）。これをもとに、騒音の動特性（Slow）を考慮して4両と16両の相対レベル差を求め、編成両数の補正を行った（図 2-10-6）。

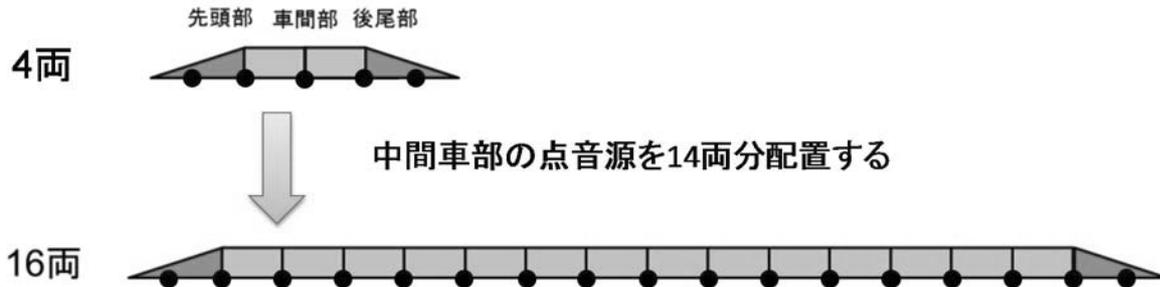


図 2-10-4 フード等価音の音源分布

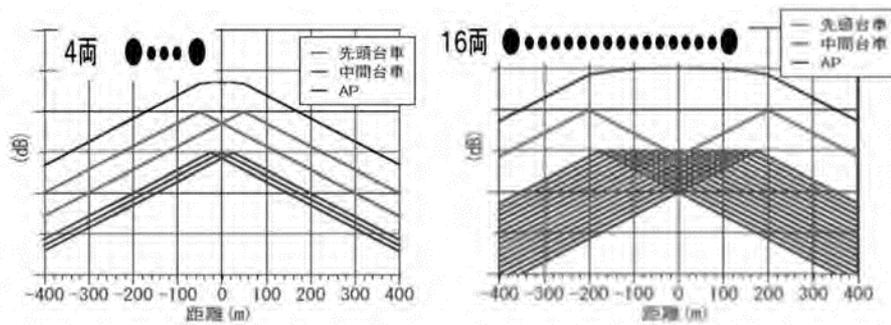


図 2-10-5 音源パターンの合成

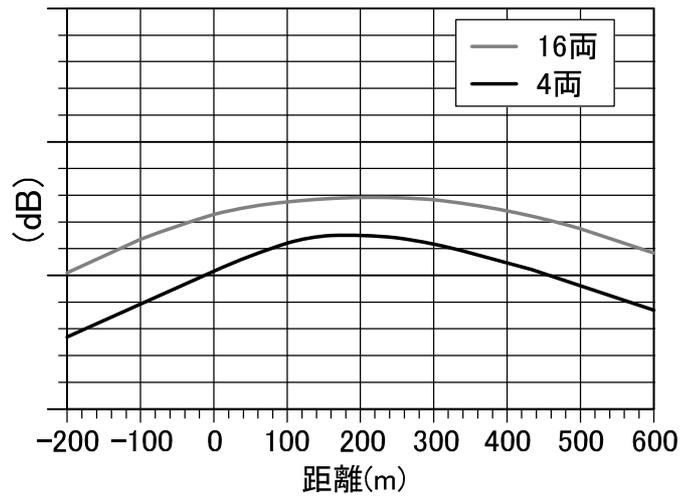


図 2-10-6 編成両数の補正イメージ（フード透過音）

(2) フード構造音・桁構造物音

山梨リニア実験線にて測定した4両編成の列車走行時の音源分布をもとに、中間車両（音源）数を図 2-10-4 のとおり設定した。16両換算した振動波形をもとに騒音の動特性（Slow）を考慮して振動レベルに変換し4両と16両の相対レベル差を求め、編成両数の補正を行った。

2-11 地下の走行に伴う騒音について

非常口（山岳部）においては、トンネルから地上への換気経路となる部分に、必要に応じて開閉設備、多孔板を設置することに加え、本線トンネルと非常口を接続するトンネルの壁面凹凸の減衰効果等により、非常口（山岳部）の外においては、列車がトンネルを走行する際の騒音の影響は小さいと考える。

以上より、地下における列車の走行騒音については評価項目に選定しない。

2-12 L0系車両の測定結果について

L0系車両における500km/h走行時の騒音測定結果を表2-12-1～表2-12-2に示す。「資料編2-10 長大編成への換算方法について」と同様の手法にて長大編成への換算を行った。その結果、予測値と概ね同程度の騒音レベルとなっている。

表 2-12-1 L0系車両の騒音測定結果
(高架橋高さ約25m、防音壁(2m))

ガイドウェイ中心からの距離		25m
実測値	7両	77dB
(大原高架橋)	16両換算	79dB
予測値	16両	81dB

表 2-12-2 L0系車両の騒音測定結果
(高架橋高さ約10m、防音防災フード)

ガイドウェイ中心からの距離		25m
実測値	7両	65dB
(宮川高架橋)	16両換算	67dB
予測値	16両	66dB

4 微気圧波

4-1 現象について

微気圧波とは、列車のトンネル突入により生じた圧縮波がトンネル内を音速で伝搬し、反対側の坑口（出口）や非常口からパルス状の圧力波となって放射される現象である。微気圧波の発生メカニズムを図 4-1-1 に示す。

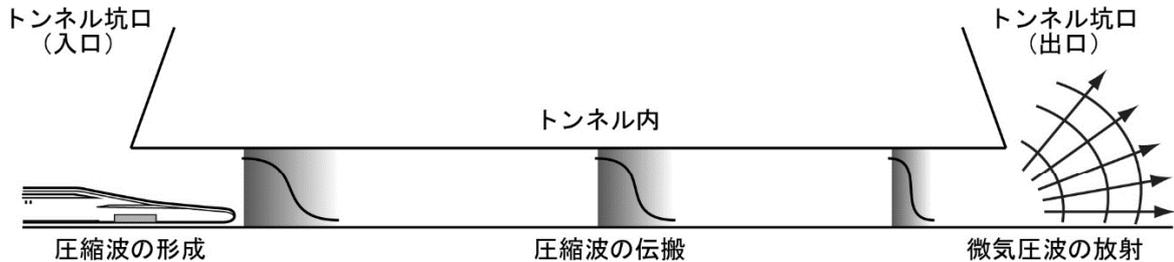


図 4-1-1 微気圧波発生メカニズム（通常のトンネル）

微気圧波が大きくなると、坑口や非常口周辺で衝撃音（ドン音）が聞こえたり、周辺家屋の窓枠や戸が振動したりすることが知られている。

一般的に、トンネル内を伝搬する圧縮波は、非線形効果により波面が切り立つ一方、トンネル壁面摩擦の効果により圧縮波は減衰する。また、長距離を伝搬すると、減衰の効果が相対的に増加してくるために最大圧力勾配の増加が抑制され、最終的には減衰が卓越して最大圧力勾配は減少することになり、出口から放射される微気圧波も小さくなる。

トンネルの途中に非常口が存在する場合、微気圧波は分岐して非常口から放射される（図 4-1-2）一方、引き続き本坑を伝搬する圧縮波は減衰し、トンネル坑口にて放出される微気圧波は小さくなる。

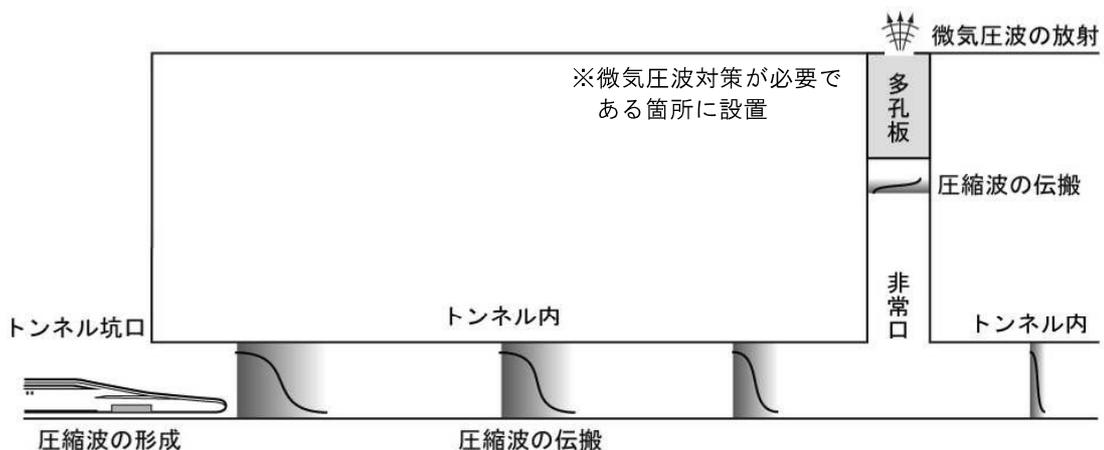


図 4-1-2 微気圧波発生メカニズム（非常口を含むトンネル）

4-2 予測手法について

微気圧波の予測については、列車のトンネル突入で生じる圧縮波を予測する「突入予測」、その圧縮波の伝搬過程を予測する「伝搬予測」、伝搬した圧縮波が反対側の坑口や非常口から放射される圧縮波を予測する「放出予測」の各過程に区分して行った。

なお、放出予測については、「トンネル出口」から放射される圧力波は数値解析により、「非常口」から放射される圧力波は模型試験により行った。

4-2-1 突入予測

突入予測とは、列車のトンネル突入に坑口周辺で生じる圧縮波を求めるものである。本予測によりトンネル坑内で生じる突入波を求め、伝搬解析の初期値として用いる。基礎方程式としては、3次元の質量保存則と運動量保存則エネルギー保存則によって式(1)に示すとおり記述される。

$$\partial_t Q + \partial_x E + \partial_y F + \partial_z G = 0.$$
$$Q = \begin{bmatrix} \rho \\ \rho u \\ \rho v \\ \rho w \\ e \end{bmatrix}$$
$$E = \begin{bmatrix} \rho u \\ \rho u^2 + p \\ \rho uv \\ \rho uw \\ (e+p)u \end{bmatrix}, \quad F = \begin{bmatrix} \rho v \\ \rho uv \\ \rho v^2 + p \\ \rho vw \\ (e+p)v \end{bmatrix}, \quad G = \begin{bmatrix} \rho w \\ \rho uv \\ \rho vw \\ \rho w^2 + p \\ (e+p)w \end{bmatrix} \quad \text{式(1)}$$

ここで、 ρ は空気密度、 u, v, w はそれぞれ x, y, z 方向の速度成分、 e は単位体積当たりの全エネルギーを表す。また、圧力 p は、式(2)に示すとおり、理想気体の状態方程式から求めることができる。ここで、 γ は空気の比熱比である。

$$p = (\gamma - 1) \left\{ e - \frac{1}{2} \rho (u^2 + v^2 + w^2) \right\} \quad \text{式(2)}$$

4-2-2 伝搬予測

列車のトンネル突入によって生じた圧縮波は出口に向かって音速で伝搬する。伝搬解析では、1次元圧縮性流体を対象とする1次元波動伝搬解析を採用した。

1次元波動伝搬解析の基礎方程式は、式(3)に示すとおり断面内で一様と仮定した一次元の質量保存則、運動量保存則、エネルギー保存則で記述される。これらの式により圧力波の伝搬性状について解析を行う。

$$\begin{aligned}\frac{\partial \rho}{\partial t} + u \frac{\partial \rho}{\partial x} + \rho \frac{\partial u}{\partial x} &= 0 \\ \frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} &= -f(u) \\ \frac{\partial p}{\partial t} + u \frac{\partial p}{\partial x} + \gamma p \frac{\partial u}{\partial x} &= 0\end{aligned}\quad \text{式(3)}$$

ここで、 ρ は空気密度、 u は流速、 p は圧力、 γ は空気の比熱比、 x は距離、 t は時間、 f はトンネル壁面摩擦の項である。

4-2-3 放出予測

放出予測とは、トンネル突入によって坑内に生じた突入波が伝搬して出口まで達した際、パルス状に放射される圧力波を予測するものである。

なお、「トンネル出口」から放射される圧力波は数値解析により予測を行い、「非常口」から放射される圧力波は模型試験により予測を行った。

(1) トンネル出口（数値解析）

解析手順は突入解析と同様の手法を用い、式(1)により計算した。

(2) 非常口（模型試験）

約1/30の非常口形状を模擬した模型による打ち込み試験を実施し、非常口微気圧波を予測した。(図4-2-1)

なお、非常口から生じる微気圧波の高さ方向の予測については、非常口の出口高さでの予測値に対して、評価点までの高さに応じて減衰する。

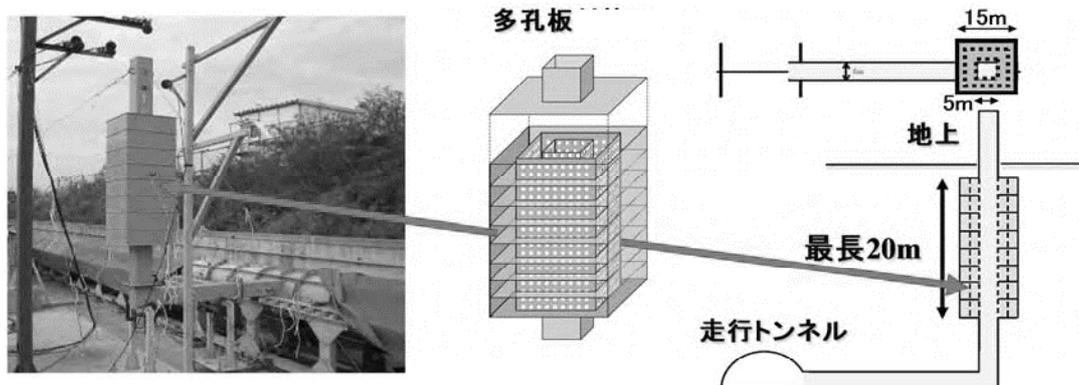


図 4-2-1 模擬模型試験イメージ

4-2-4 予測精度検証

山梨リニア実験線のトンネル出口及び模擬立坑（非常口を模擬した実験設備）における500km/h 走行時の実測値と、同一条件における予測値を比較すると表 4-2-1 のとおりであり、予測精度は十分に確保されている。

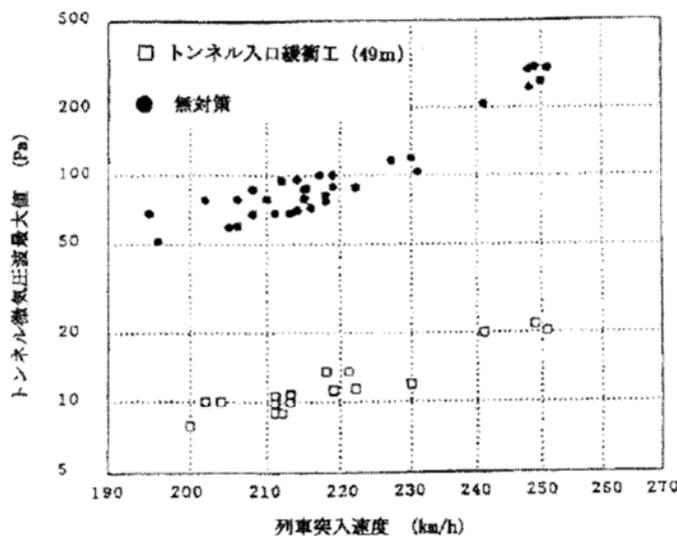
表 4-2-1 予測精度検証

	トンネル出口 (坑口から 20m)	模擬立坑 (模擬立坑出口から 25m)
実測値	31Pa	7Pa
予測値	32Pa	8Pa

4-3 緩衝工、多孔板の効果について

4-3-1 緩衝工

緩衝工はトンネルの坑口に設置する設備であり、列車のトンネル突入に伴う圧力変化を滑らかに行わせて入口側における圧縮波の形成を抑制する効果がある。過去に新幹線のトンネル出口において測定されたデータを図 4-3-1 に示す。無対策時のデータと緩衝工設置後のデータの比較を実施しており、緩衝工設置により微気圧波最大値が低減している。



資料：日本鉄道施設協会誌（2007.8）トンネル微気圧波対策 前田達夫

図 4-3-1 トンネル緩衝工（長さ 49m）のトンネル微気圧波低減効果

山梨リニア実験線では数値解析や走行試験等によって開発を推進し緩衝工の効果を検証しており、中央新幹線では図 4-3-2 に示す円形の形状の緩衝工を設置することを計画している。山梨リニア実験線においても、緩衝工を設置することで微気圧波を低減できることを確認している。また、試験的に入口緩衝工の延長を約 3 倍にした場合、微気圧波が約 5 割低減できることを確認していることから、緩衝工を延長することで微気圧波を低減できると考える。

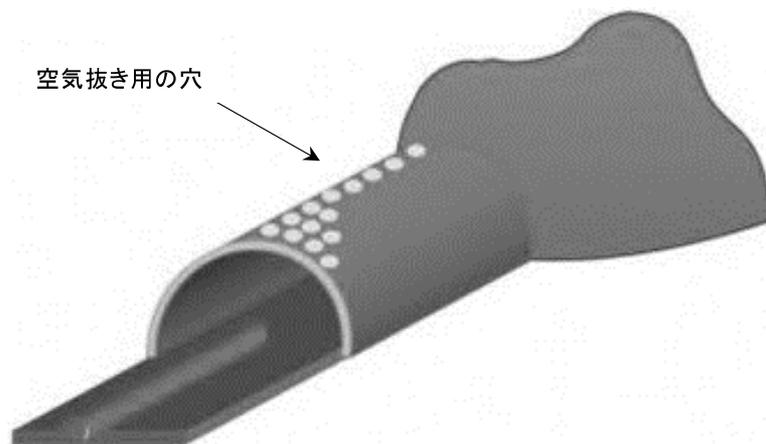


図 4-3-2 超電導リニアにおけるトンネル緩衝工

4-3-2 多孔板

非常口における微気圧波の低減を図るために設置する設備であり、図 4-3-3 に示すとおり、トンネルと地表面を結ぶ換気経路の途中に多孔板と断面を拡大した空気室を設置するものである。変動する圧力が多孔板の各孔を出入りする際の圧力損失作用によって圧力変動が低減される。

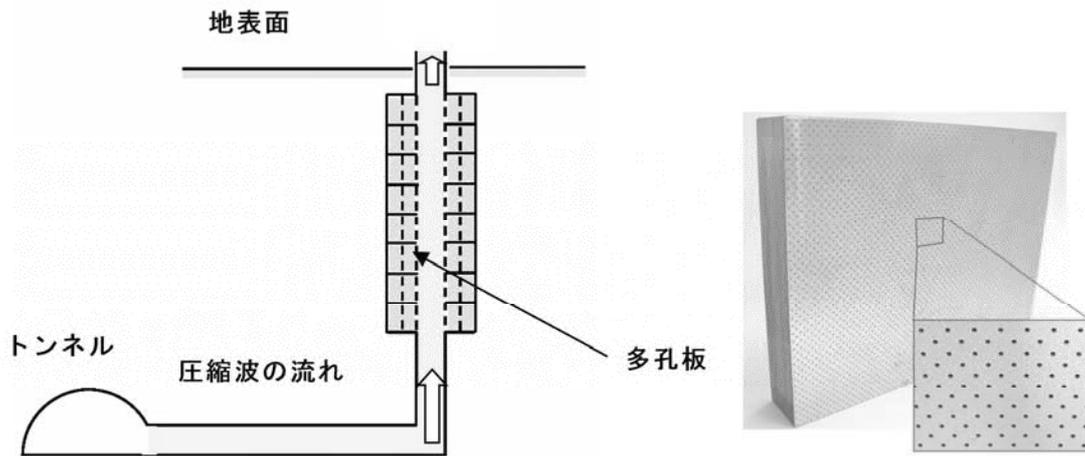


図 4-3-3 多孔板の構造

なお、多孔板(20m)の設置により非常口出口における微気圧波は約 1/2 に低減可能であり、基準値を満足することがわかっている。また、山梨実験線にて多孔板延長を調整することにより微気圧波の大きさを小さくできることを確認している。

4-4 微気圧波の基準について

微気圧波は図 4-4-1 に示すとおりパルス状の圧力波であり、継続時間が極めて短いことも勘案して騒音レベルである dB 表示とするより圧力レベルである Pa 表示とすることが適切とされ、これまで Pa 表示で測定や対策が進められている。

微気圧波の基準については、「トンネル坑口緩衝工の設置基準（案）」（山岳トンネル設計施工標準・同解説、鉄道建設・運輸施設整備支援機構、平成 20 年 4 月）においてトンネル坑口緩衝工の設置の目安値として、「民家近傍で微気圧波のピーク値が 20Pa 以上、坑口中心から 20m 地点で原則 50Pa 以上」であるとされている。これをもとに、評価委員会においては、超電導リニアの基準（案）を「民家近傍で微気圧波のピーク値が 20Pa 以下、坑口中心から 20m 地点で原則 50Pa 以下」と設定している。なお、前者は建具のガタツキを抑えられるレベル、後者は発破音が発生しないレベルをそれぞれ示している。

上記緩衝工設置目安値の、「坑口中心から 20m 地点で 50Pa」については、「鉄道技術研究報告 トンネル出口微気圧波の研究（小沢）（1979.7）」において、「山陽新幹線トンネルにおいては、20m 地点の Pmax が 10kg/m²（100Pa）程度以上になると空気圧音の発生がみられる」と報告されており、これに予測精度や現象のばらつきを考慮して 50Pa 以下と設定されている。また、「民家近傍で 20Pa」については、国鉄時代からの経験により、このレベルが目安値として設定され、新幹線建設が進められてきており、これまで実用上の問題は発生していない。

超電導リニアについても、列車速度に関係なく上記基準を満たすことにより「建具のガタツキ」、「発破音の発生防止」を行えると考えられるため、上記緩衝工設置の目安を用いることは妥当と判断した。

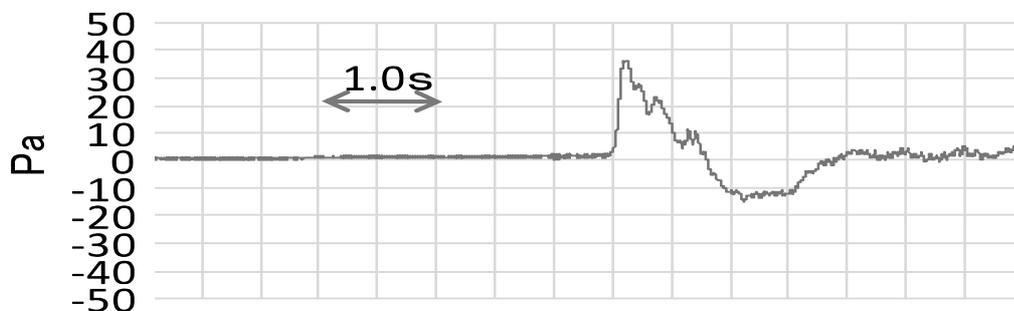


図 4-4-1 微気圧波測定値（20m 離れ）

（500km/h 突入、入口緩衝工約 200m、トンネル延長約 4000m、出口緩衝工約 60m）

4-5 列車突入・退出時の空気振動について

超電導リニアにおいては列車がトンネルに突入する際には入口側緩衝工付近で、列車がトンネルを退出する際には出口側緩衝工付近で空気振動が発生し、その大きさによっては微気圧波の場合と同様に、建具のガタツキが生じる可能性がある。

山梨リニア実験線で圧力変動の測定を行った結果、図 4-5-1 の通りトンネル坑口から 50m の位置で概ね 16Pa となり、民家近傍で微気圧波のピーク値の基準とした 20Pa 以内に収まっていることを確認している。

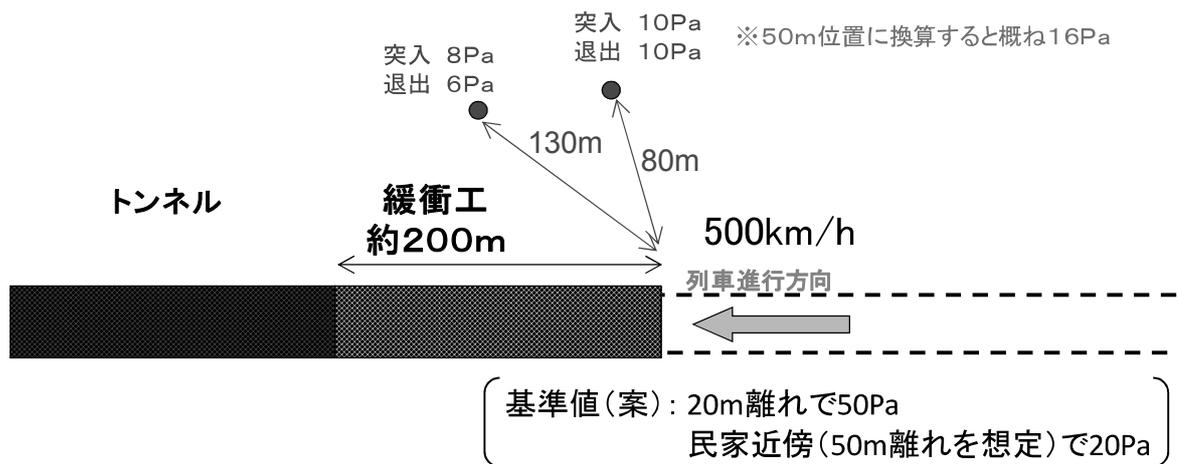


図 4-5-1 山梨リニア実験線での空気振動測定データ

4-6 L0系車両の測定結果について

L0系車両における500km/h走行時の微気圧波測定結果(トンネル約23km、入口緩衝工約200m、出口緩衝工約100m、非常口(山岳部)有)は、トンネル出口から20m地点で約23Paであり基準値(坑口中心から20m地点で原則50Pa以下)内に収まっている。