

鉄道スラブ軌道面用吸音パネル

Sound Absorption Panel for Railroad Slab Surface

吉村道彦^{*1} 内田季延^{*2} 瀬田恵之^{*2}

Michihiko Yoshimura Hidenobu Uchida Shigeyuki Seta

【要旨】

「鉄道スラブ軌道面用吸音パネル」は、これまで道路騒音対策を主な用途に展開している、「吹付型吸音工法」によって成型した吸音パネルを鉄道騒音対策に適用したものである。一般仕様として、吸音パネル本体、FRPグレーチング、支持部材で構成している。パネル化することで、保守点検を容易とし、供用中の路線など施工時間に制約を受けても対応できるものとした。「鉄道スラブ軌道面用吸音パネル」は、コンクリート枕木も含めて、軌道全面を上から覆うように設置することで、列車直下の軌道全面を吸音化することができる。

【キーワード】 鉄道 軌道 吸音 反射音 低減 吹付け

1. はじめに

都市域における在来鉄道では、朝夕のラッシュ時の混雑緩和や、踏み切りでの交差道路の渋滞解消を目的として複線・複々線化事業や立体交差事業が進められており、それに伴い鉄道軌道が高架化されることも多くなってきている。高架鉄道では軌道保守が容易なこともあり、有道床に代わりスラブ軌道が導入されることも多い。

「鉄道スラブ軌道面用吸音パネル」は、スラブ軌道の軌道面を吸音化するものであり、軌道近傍に高層住宅の建つ高架の在来線への適用を想定して開発したものである。ここでは、開発経緯と仕様および想定効果について報告する。

2. 軌道面吸音に着目した背景

2.1 社会的要請の変遷

現在、在来鉄道の新線や高架化などの大規模改良線では、軌道周辺に高層住宅など、鉄道騒音の影響を受ける建物がある場合、その影響を受ける場所での騒音環境を悪化させないこと、もしくは最低でも悪化させない努力をすることが求められている。既存の在来鉄道に関しては、騒音に関する規制基準値も許容限度も定められていない。それでも新線や大規模改良線には対策が求められ

る背景には、環境保全に係わる社会および企業対応の変化と、関連する法規制基準および自治体の条例整備の進展がある。

昭和43年に制定され幾度かの改正を経ている騒音規制法は、工場と建設工事騒音の規制と自動車騒音に係わる許容限度を定めているが、鉄道についての記述はない。昭和50年に環境庁の告示で新幹線に関してのみ環境基準が示されたが、在来線は対象外であった。そのため、これまで在来鉄道沿線の騒音環境改善は、沿線住民の電鉄会社への対策要望と電鉄各社の企業努力の結果によるものとなっている。しかし、幾つかの新線開通時に広範囲な騒音問題が生じたことや、都市域で高架化工事が増加することが予想されたことを受け、平成7年に当時の環境庁は「在来鉄道の新設または大規模改良に際しての騒音対策の指針」を策定した。この指針では、新線に関して、昼間(7~22時)は等価騒音レベル(L_{Aeq}) 60dB以下、夜間(22~翌日7時)は55dB以下としている。高架工事などの大規模改良線に関しては、騒音レベルの状況を改良前より改善することとしている。以後、新線建設や大規模改良線工事等の事業では、新幹線環境基準と共に、この在来線に関する騒音対策指針に準拠したアセスメント

が実施されている。

この指針では、鉄道騒音の測定場所を、近接する軌道中心から12.5m地点で、地上1.2mの高さと限定している。測定場所を限定したのは、この指針が鉄道事業者に対して騒音対策の目標を明確とする排出基準的な性格も有することによるとされている。一方、騒音が問題となる場合には、参考として当該場所でも測定評価することが望ましく、鉄道事業者が相応の対策をすることを期待するに留まっている。

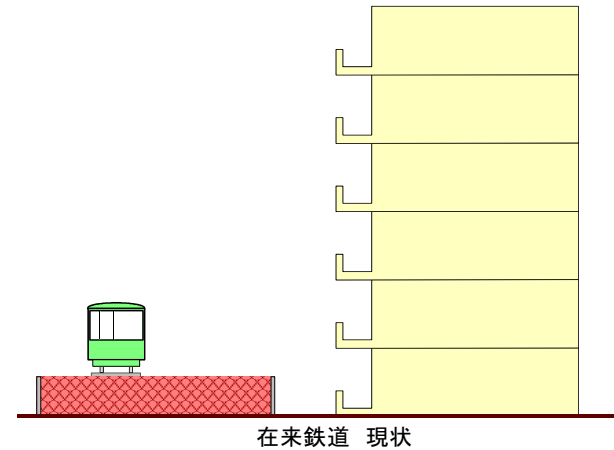
ここで、地上部を走行していた既存鉄道線を高架とした場合、指針の測定場所から、在来鉄道の主な騒音源である、車両下部のレールや車輪、モータなどの機器類は、高架構造に隠れて、直接見渡すことはできない。従って、主な騒音源からの直接音の影響を受けることはなく、必ず回折減衰が得られるため、空気伝搬音は大幅に低減する。高架により構造物音(車両走行に伴う振動が高架構造に伝わり放射する音)は増えるが、防振マットなどの構造物音対策も成されるため、一般に、指針に示された測定場所では、高架化そのものが騒音対策となっている。

このように高架化によって、軌道周辺の地上面付近は以前より静かになるが、一般に高層階では音源である軌道との距離が短くなるため騒音レベルが大きくなる。特に複線・複々線化される場合は、建物から軌道までの水平距離も短くなり、音源数も増えることから、上層階への影響は避けられない状況となる。しかし、指針では規定した測定点以外については、企業努力に期待するに留めていることから、高架後に軌道レベルとなる住宅への騒音対策に防音塀を設置しても、上層階への対策までは考慮されなかった。

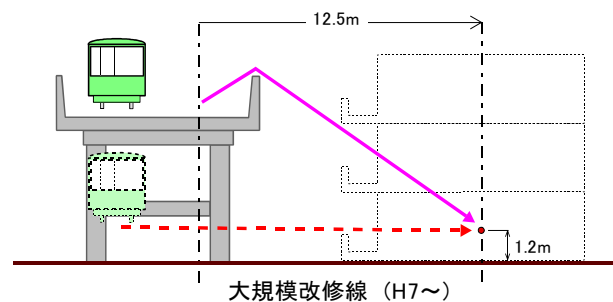
ところが、平成10年に告示された環境基準では、騒音の測定場所を影響の受けやすい面としており、道路に面する地域に高層住宅がある場合は、地上レベルだけでなく高層住宅の上層階までが測定評価対象場所とされている。これを受けて、道路事業者は相当の対策を実施している。さらに地方自治体においても環境アセスメント条例の整備が進み、環境基準における騒音評価の考えを準拠するようになってきた。条例アセス対応では、事前および事後調査報告が要求されており、事業者は、対象区域に高層住宅などの騒音の影響を受ける建物がある場合は、その上層階についても影響評価を行い、現状より悪

化すると想定される場合は、何らかの対策を講ずる必要に迫られている。(図-1 参照)

新線や大規模改修線以外の在来鉄道には、騒音に係る規制基準は無い。従って、鉄道騒音環境保全是沿線住民の要望と鉄道各社の企業努力によるものとなっている。



H7年の環境省指針により、高架化などの大規模改修においても騒音対策の指針が示された。ただし、この指針では近接軌道から12.5m離れた地上1.2m地点を騒音の測定評価地点としているため、一般には高架化が騒音対策となる。



環境基準の考えを受け騒音の影響を受ける面での測定評価により、現状否悪化が求められている。(H10年告示 環境基準、自治体条例アセス)

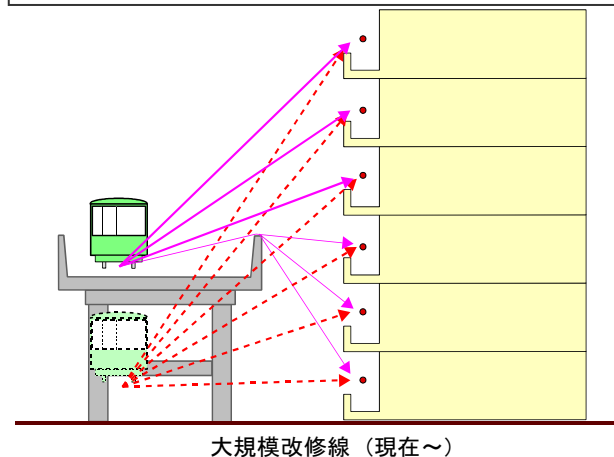


図-1 在来鉄道の騒音対策に係る必要性の変遷

2.2 高架鉄道と軌道面吸音の関係

在来鉄道では、レールと車輪の接地に起因する転動音とモータや補器類など車輦床下機器の騒音が主な騒音源となる。騒音発生箇所が車輦床下にあるため、軌道面で反射して周辺へ伝搬する騒音の影響が大きい。

最も一般的な騒音対策は防音塀の設置である。防音塀によって在来鉄道の主な音源である車輦下部や軌道面が直接見えなくなる範囲では、塀を透過する音は遮音され、塀の上部を回折する音も回折減衰することで騒音は低減される。例えば、高架鉄道でも軌道面と同等の高さの住居への騒音対策に非常に有効である。しかし、より上層階の住居では発生箇所や軌道面を見渡すこととなるため、防音塀による騒音低減を図るためには、塀の高さをさらに高くしなければならない。複線・複々線となると、離れた軌道ほど防音塀の仰角が小さくなり、効果が期待できる範囲が狭くなるため、防音塀による対策には施工上の限界がある。

上層階に対しても効果的な対策として、シェルターで軌道全体を覆いトンネル化する方法がある。しかし高架鉄道でシェルターを用いるには、周辺への日照配慮や風荷重に対応する構造強度なども必要なことから、非常に高コストな対策となる。在来鉄道の騒音対策にシェルターが採用されたケースもあるが、極めて特殊な事例である。

上層階への対策として、軌道面を吸音することで、軌道面で反射して周辺へ伝搬する騒音を軽減することが考えられる。スラブ軌道において、消音バラストと称して5号砕石や6号砕石が敷設されているのも、軌道面吸音対策の一例である。消音バラストは、一定の騒音低減効果があり安価であることから、スラブ軌道における騒音対策の一般的な方法となっている。

ところで、消音バラストは、必ずしも吸音性能が高くないうえに枕木間に充填されている。そのため軌道面及びその極近傍では、面積比で5割～7割は消音バラストによる吸音面となるが、残りの約3割～5割はコンクリート枕木などの反射面のままととなっている。列車直下の軌道全面を高性能な吸音材で吸音化することができれば、消音バラスト以上の騒音対策効果を期待することができる(図-2)。

「鉄道スラブ軌道面用吸音パネル」は、消音バラスト

と比較して吸音性能が高く(図-3)、コンクリート枕木も含めて、軌道全面を上から覆うように設置することで、消音バラスト以上の騒音対策効果を得るものである。

3. 既往の鉄道軌道面吸音材の開発状況

これまでも軌道面吸音材の研究開発は、JR各社やJR総研において進められており、消音バラストに代わる、より高性能の軌道面吸音材を得るため、産業副産物を利用してコストダウンを図った事例なども検討されている⁵⁾。ただ、現時点でも消音バラストに代わるべく開発された軌道面吸音材の敷設が進んでいるわけではないが、都市域における鉄道工事では、工事中の騒音対策も必須となっており、地域に応じた騒音対策の必要性は高まってきている。

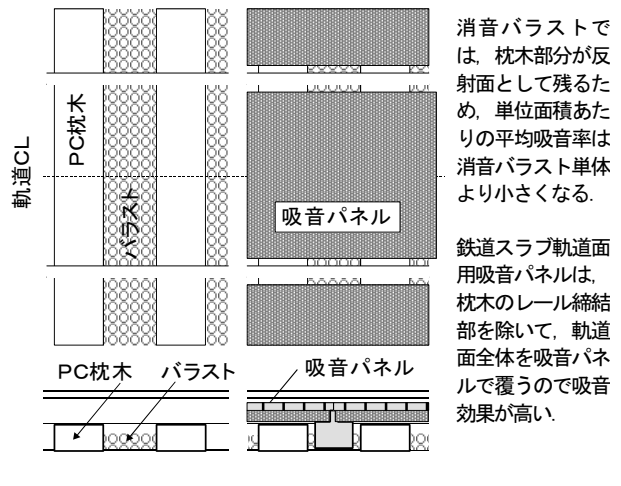


図-2 消音バラストと吸音パネルの吸音面積比較

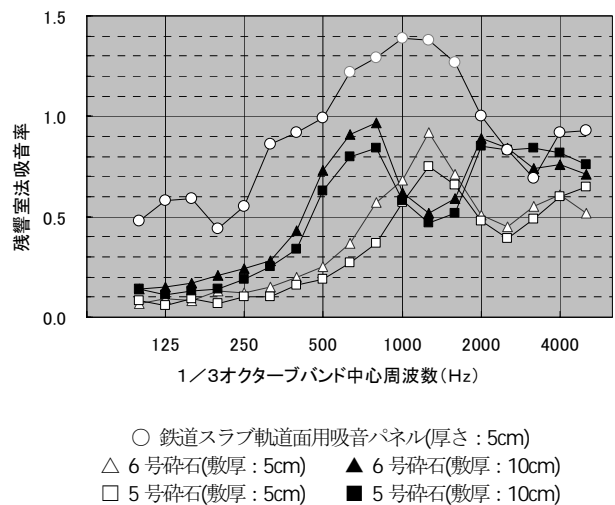


図-3 吸音率実測値

4. 鉄道スラブ軌道面用吸音パネル

4.1 仕様と設置状況

「鉄道スラブ軌道面用吸音パネル」は、これまで主に道路騒音対策に展開している、「吹付型吸音工法」で成型した吸音パネルを鉄道騒音対策に適用したものであり、一般仕様として、吸音パネル本体、FRP グレーチング、支持部材で構成している。保守点検を容易とし、施工時間に制約のある供用中の路線にも対応できるのが特徴である(写真-1)。

吸音パネルは、難燃性樹脂の枠内に吹付型吸音工法による無機質の吸音層を形成したもので、表層のFRP グレーチングは、平坦な歩行面を確保するとともに美観へも配慮したものである。まずスラブに支持部材を固定、ついで吸音パネル、グレーチングを別々に支持部材に固定、枕木を跨いで軌道全面を吸音化する。支持部材の固定ができれば、消音バラスト設置済みの既設線でも容易に設置出来る構造となっている(写真-2)。図-4に鉄道スラブ軌道面用吸音パネルの設置概要を示す。図は標準的な用途のものであり、FRP グレーチングを省略することやスラブ軌道に吸音パネルを直接設置することなども可能で、施工条件に応じた展開が可能である。



写真-1 鉄道スラブ軌道面用吸音パネル

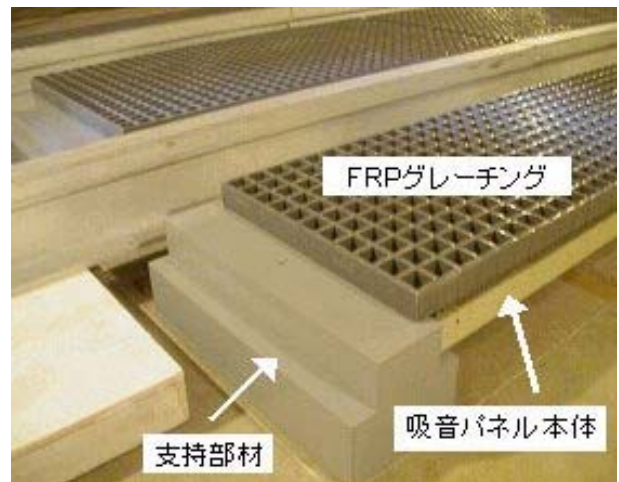


写真-2 鉄道スラブ軌道面用吸音パネル(近景)

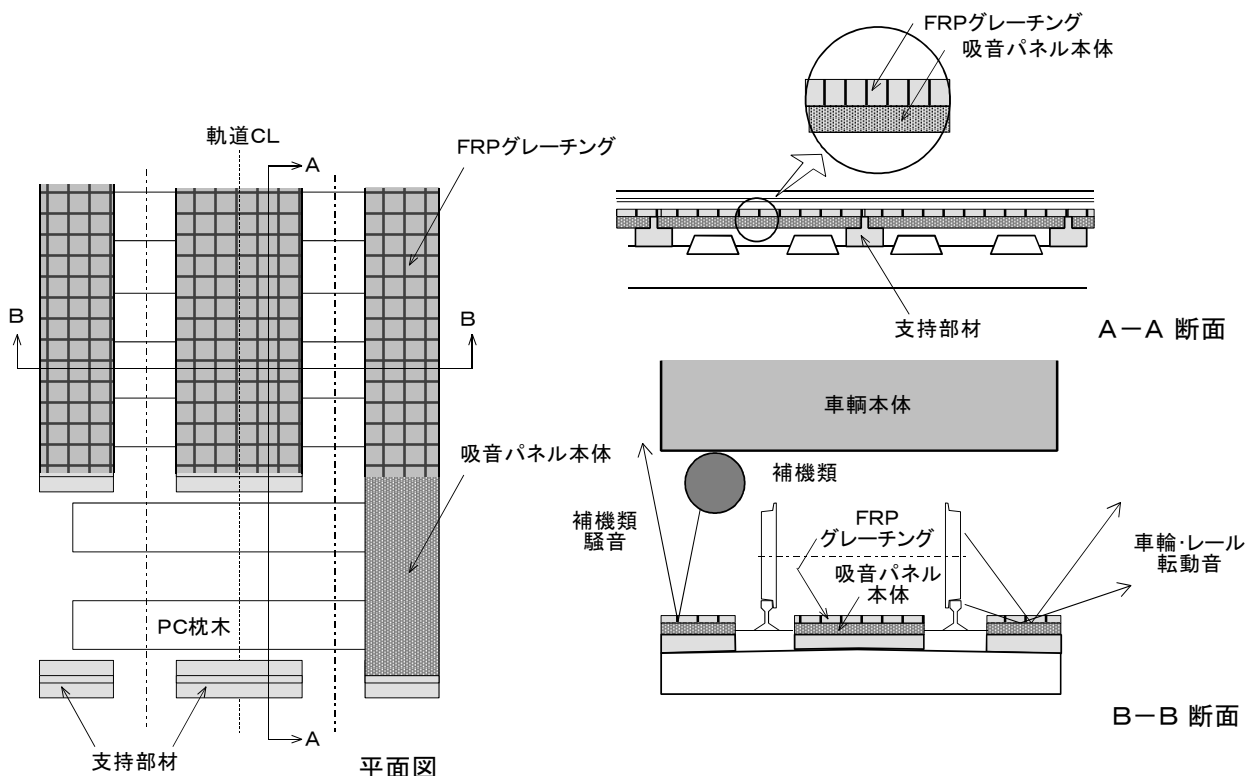


図-4 鉄道スラブ軌道面用吸音パネル設置概要図

4.2 効果予測

「鉄道スラブ軌道面用吸音パネル」の敷設効果をエネルギーベースの数値解析 (Sound Plan) により予測検討した。図-5に解析結果の一部を示す。この例は、高架鉄道の複々線化を想定したものであり、工事後の隣接高層住宅上層階への騒音伝搬性状の違いをみたものである。スラブ素面、コンクリート枕木+消音バラスト、吸音パネルによる軌道面の吸音性能の違いは、対象とする部材の面積比に応じて算定した平均吸音率を用いて解析した。また解析モデル上の音源は、軌道中心の列車直下に、車輪長さ(解析では160m)の無指向性線音源があるとし、解析では高架軌道構造と周辺建物、対象列車車輪を障害物とし、表面は完全反射とした。また音源特性は解析ソフト既定値を用えており、解析結果のdB値が必ずしも実際の騒音状況を表すものではない。

隣接する高層住宅の3階相当の高さに高架軌道面があり、近接軌道から高層住宅ベランダまでの距離を12.5mとしている。まず、複々線化後の既設軌道相当位置に車輛があるとした条件 a) ~ c) をみると、スラブ素面では、高層住宅の4階~10階相当の広い範囲で85~90dB、11階以上でも80~85dBとなるのに対し、消音バラスト敷設では、4階~6階が85~90dB、11階以上は75~80dBに低減している。さらに、吸音パネル敷設により、4、5階は85~90dB、6階以上では、ほぼ70~75dBとなり、消音バラストと比較しても5~10dBの低減効果となっている。次に、複々線化後の新設軌道相当位置に車輛があるとした条件 d) ~ f) では、低層階に防音塀の効果もみられるが、吸音パネル敷設により、消音バラストと比較しても5~10dBの低減効果となっている。

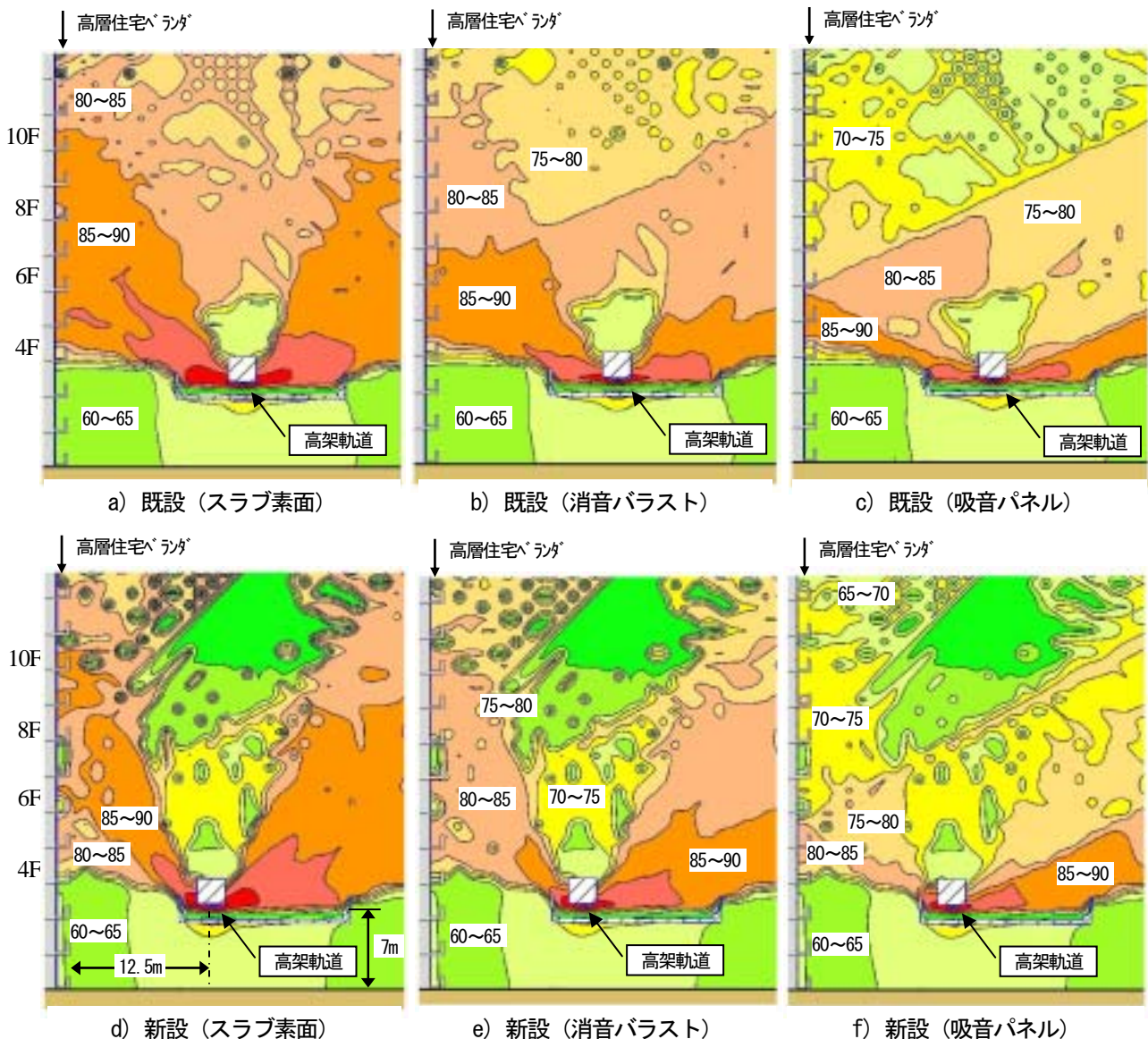


図-5 高架・複々線を模擬したシミュレーション結果 (単位: dB)

4.3 実験室実験

試験製造した吸音パネルを用いて実験室実験を行った。音響実験棟の模型実験室に模擬音源(スピーカ)と軌道模型を設置し、反射面(スラブ素面)と鉄道スラブ軌道面用パネル設置時に、受音点での音圧レベルを相対比較した。音源はホワイトノイズを用い、スピーカを下(軌道面)向きにして軌道面反射の影響を比較した。ここで音源及び受音点の配置は、JR等による消音バラスト敷設効果確認の実大実験を参照した。受音点が比較的軌道に近いのは、列車長に比べて吸音材敷設長さが短くても効果検証できることによる。(図-6、図-7)

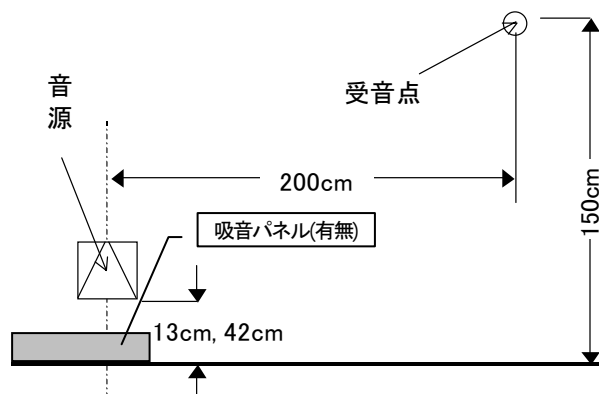


図-6 実験室実験配置

吸音パネルに比較的近いレール頭部を音源と想定した場合(音源高さ:13cm)では、800~2kHzの周波数範囲で低減効果がみられ、グレーチングありの条件で、1.25 kHzで、約12dBの低減効果を得ている。次に車輪頭部や補機類を想定して、模擬音源を吸音パネルから比較的離れた場合(音源高さ:42cm)は、500~2kHzの周波数範囲で5dB前後の効果を検証した。

実験では、2kHz以上の周波数範囲で明確な効果を検証できなかった。図-3に示すように、吸音パネル自身は、2kHz以上でもコンクリート面と比べ顕著な吸音性能を有していることから、一義的に決定した音源と受音点の位置関係によるものと推定される。音波の波長は、2kHzで約17cm、5kHzでは約7cmであり、波長の短い高周波数域では、受音位置によっては、レール及びレール締結部周辺の僅かな反射面の影響も無視できない可能性がある。

音源高さ13cmの条件で、グレーチングを設置した方が1kHz前後の低減効果が大きくなっているのは、グレーチングによって吸音パネルへの音波入射方向が、垂直に近い状態となり、吸音パネルの垂直入射吸音率も1kHz前後で高いことから、低減効果が増加したものと推察される。

5. おわりに

在来鉄道の複線・複々線化事業や立体交差事業に伴う高架化工事の増大を背景にうけ、周辺建物上層階への騒音低減対策を目標とした、「鉄道スラブ軌道面用吸音パネル」を開発した。今後は、実線試験による効果検証及び施工性の確認、さらなるコストダウンの検討を進めるとともに、鉄道事業者及び沿線住民の双方にメリットのある鉄道沿線の騒音環境改善のための対策提案を実施していく予定である。

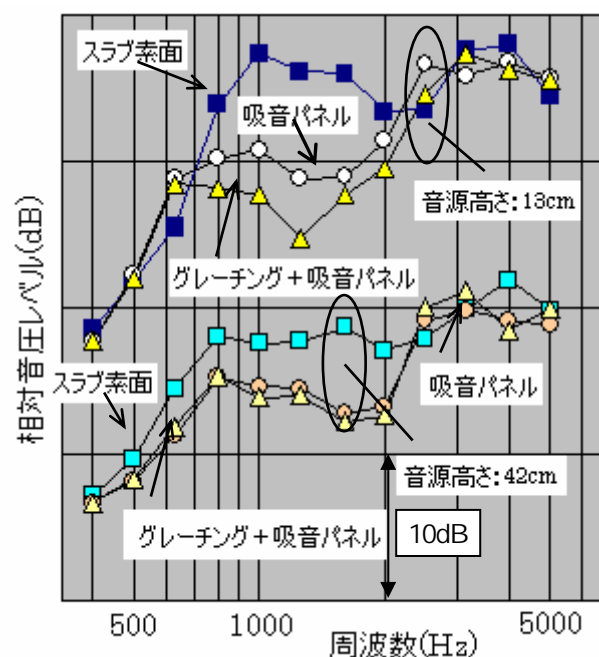


図-7 実験室実験結果

【参考文献】

- 1) 田中他：「吹付型吸音モルタルの吸音特性について」日本建築学会大会学術講演梗概集，分冊 A-1，PP. 1069-1070，1998年9月
- 2) 小林他：「吸音材料によるトンネル内騒音低減の検討」日本音響学会講演論文集，PP. 737-738，1999年9月～10月
- 3) 田中斉：「吹付型吸音工法」，騒音制御，Vol. 24，NO. 1 (2000)，PP. 29-32，日本騒音制御工学会
- 4) 吉村他：「吸音材料によるトンネル内騒音低減の検討(その2)」日本騒音制御工学会研究発表会講演論文集，PP. 157-160，2000年9月
- 5) 半坂他：「鉄道用軌道面吸音材の開発事例」，騒音制御 Vol. 28，No. 5 pp. 339-344.