

道路交通振動の発生機構と対策

1. 道路交通振動の概要

自動車が行き交うことによって生じる道路交通振動は振動公害の一つである。国民の健康を保護するとともに生活環境の保全を図ることを目的として、振動規制法によって規制が定められている。道路交通振動は、工場振動、建設作業振動とともに振動規制法の柱となっており、都道府県知事の定める指定地域内（生活環境を保全する必要がある地域）における道路交通振動が総理府令に定める限度を超えて生活環境を損なっている場合は、道路管理者に対して舗装等の維持または修繕の措置を執るべきことを要請し、同時に都道府県の公安委員会に対して対策措置を要請することとなっている。

道路交通振動は軽量単位規則の中で振動レベルと呼ばれ、振動レベルの計量単位としてデシベル（dB）が用いられている。

道路交通振動の苦情の多くは、大型車両走行による振動によるものである。同一条件では乗用車走行と比べ振動レベルで10dB以上も差があることから、大型車の通行の多い重交通路線ほど、強い振動を発生する要因を持っているといえる。表-1は地震時に用いられる一般的な震度や振動レベルと人間への影響を表したものである。

表-1 震度階の人間への影響（気象庁）（対応する振動レベルは概算）

階級(震度)	振動レベル	人間への影響
0	～55dB	人は揺れを感じない
I	55～65dB	屋内にいる人の一部がわずかな揺れを感じる。
II	65～75dB	屋内にいる人の多くが揺れを感じる。眠っている人の一部が目覚ます。
III	75～85dB	屋内にいる人のほとんどが揺れを感じる。恐怖感を感じる人もいる。
IV	85～95dB	かなりの恐怖感があり、一部の人は身の安全を図ろうとする。眠っている人のほとんどが目覚ます。
V（弱）	95～100dB	多くの人が身の安全を図ろうとする。一部の人は行動に支障を感じる。
V（強）	100～105dB	非常に恐怖感を感じる。多くの人が行動に支障を感じる。
VI（弱）	105～108dB	立っていることが困難になる。
VI（強）	108～110dB	立っていることができず、はわないと動くことができない。
VII	110 dB～	揺れに翻弄され、自分の意志では行動できない。

2. 道路交通振動の規制内容

①地域の指定

都道府県知事は振動を防止することにより住民の生活環境を保全する必要があると認められる地域を指定し、振動規制法に基づく措置を講ずることができる。

②区域区分

生活環境の保全を図るための区域区分は以下の2区分に大別されている。

第1種区域：良好な住宅の環境を保全するため、特に静穏の保持を必要とする区域

および住居の用地に供されているため、静穏の保持を必要とする区域
 第2種区域：住居の用途に併せて商業、工業等の用途に供されている区域であって、その区域内の住民の生活環境を保全するため、振動の発生を防止する必要がある区域および主として工業等の用途に供されている区域であって、その区域内の住民の生活環境を悪化させないため、著しい振動の発生を防止する必要がある区域

③要請限度

道路交通振動の要請限度は、工場振動の規制基準の設定と同様に、中央公害審議会が住民反応調査結果等広汎な調査研究結果と資料を元にとりまとめた答甲を基礎に、振動規制法施行規則（昭和51年度総理府令）において表-2に示すように定められており、測定値がこの限度を超える場合は、一般に対策を施す必要が生じる。

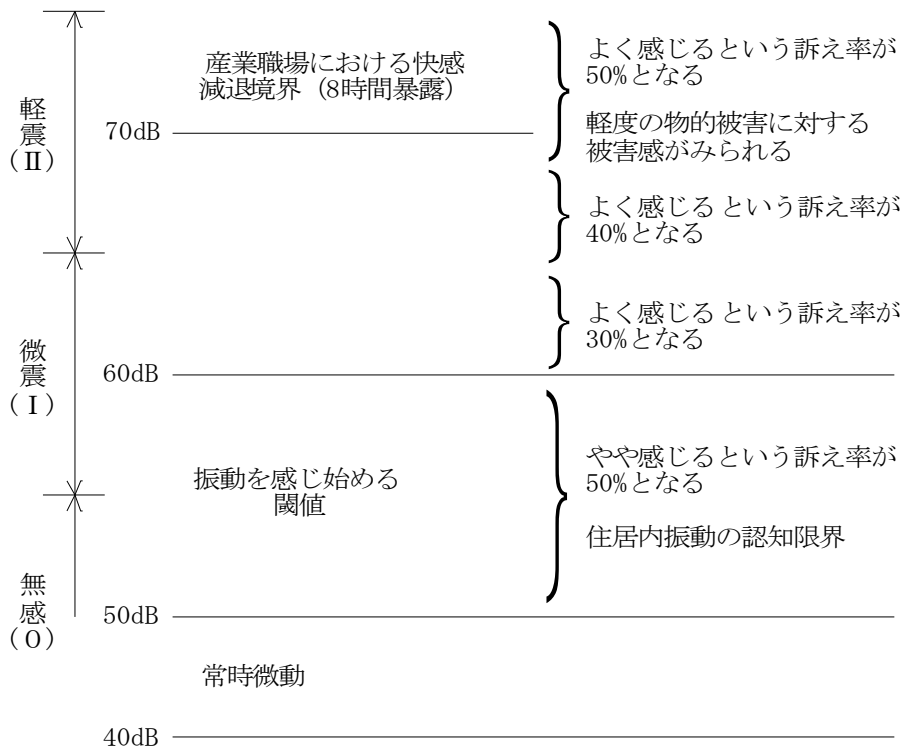


図-1 振動に対する住民反応と振動レベル（地表換算値）の関係

表-2 道路交通振動の要請限度

区域の区分	時間の区分	
	昼 間	夜 間
第1種区域	65 デシベル	60 デシベル
第2種区域	70 デシベル	65 デシベル

3. 道路交通振動の発生と伝搬

舗装道路は比較的柔らかい弾性体（地盤）の上に剛性のある舗装体の組み合わせである。しかし、舗装体は剛性があるとはいえ、微視的には荷重による変形たわみをともなう弾性体であるため、自動車が停止している場合でも自動車の重量は路面に加えられ、路面はわずかに変形している。自動車が移動すると変形が復元し、この変形の時間変化が振動発生の原因となる。また、動的にみると、自動車が常に路面に振動の加振力を加えながら走行している。特に平坦性の悪化やマンホールなどの継目や段差がある場合は、大きな衝撃加振力を路面に与えることとなり、大きな振動を発生させてしまう。

発生した振動は、地表振動として地面を伝搬し道路周辺家屋に到達する。また、道路は地中におよんで造られているので、表面のみ振動するものではなく、地中振動として地盤の内部へ伝搬し、家屋基礎へ到達する。

家屋に到達した振動は、家屋内居住者に振動を感じさせたり、家具の振動によって生ずる音で振動の存在を知ったり、時には物的な被害をもたらすこともある。

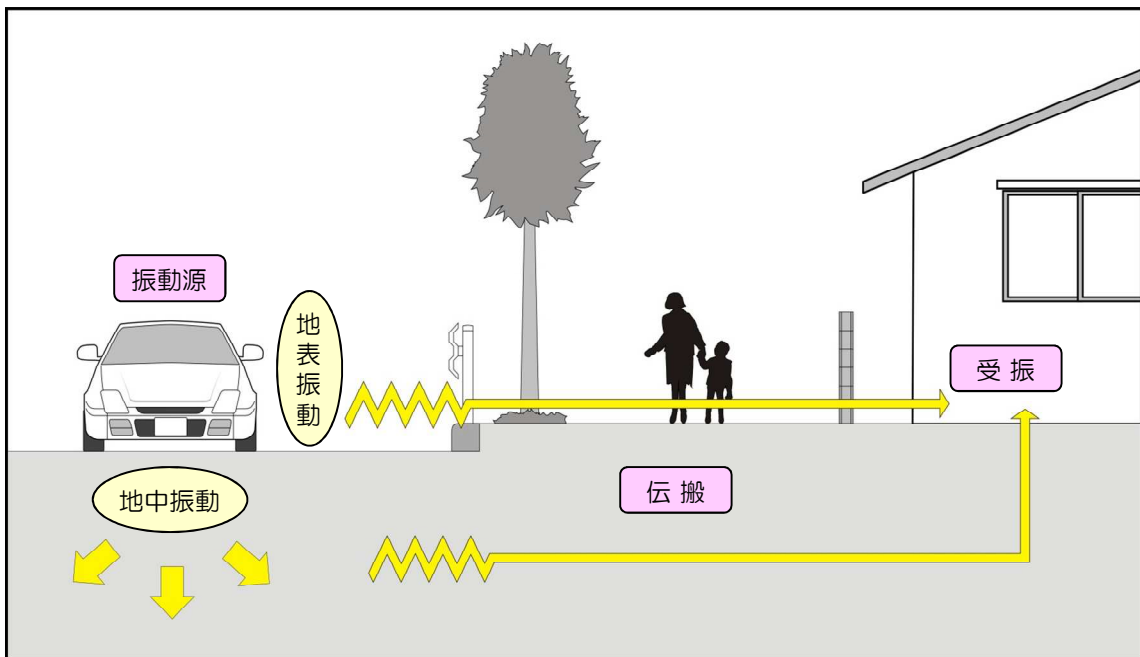


図-2 道路交通振動の発生機構

道路交通振動の要因

発生

- 交通車両の荷重
- 道路の平坦性
- マンホールや継目の段差

伝搬

- 振動発生源からの距離
- 地盤の構造
- 振動の周波数

4. 振動対策

振動の対策を考えるためには、まず、振動の実態を知ることが必要である。基本的には敷地境界の規制値に対してどうかという診断を行うものであるが、振動の伝搬は、時には特異な伝搬性状を示す場合もあることから、振動発生の様相を対策に結びつけられるような形でとらえることが必要で、振動源・伝搬系・受信部において、様々な対策方法の中から対策の規模・経費・技術などを勘案して防止策を検討する。

道路交通振動の対策は、交通によって発生する振動の主要なエネルギーは、地表に沿って伝搬すると考えられていたことから、道路と民地の間に溝を掘って、矢板打設や発砲スチロールを入れる工法などの対策がとられていたが、あまり期待された低減効果は得られなかった。

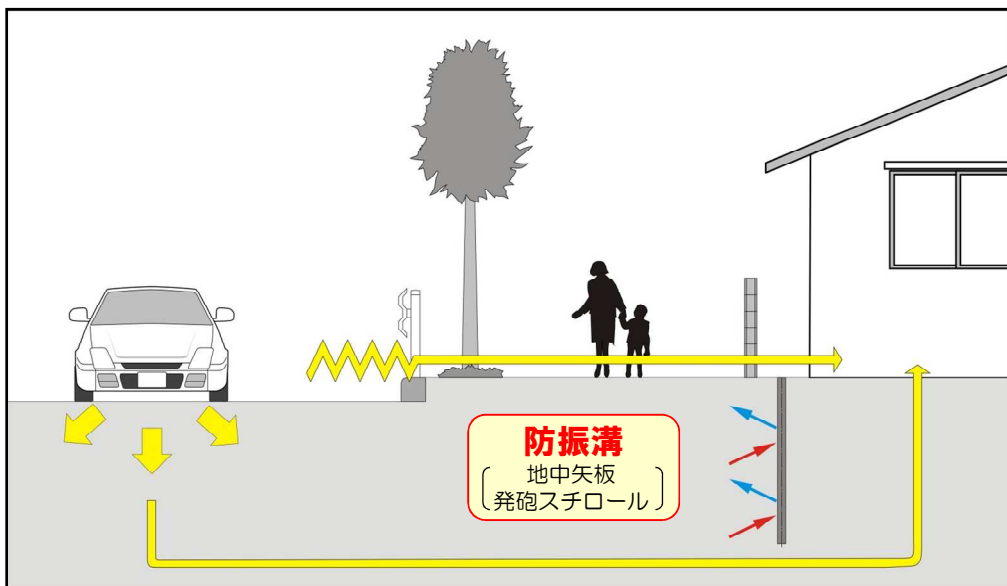


図-3 防振溝による振動対策の例

溝があるにもかかわらず、振動が溝を越えて伝搬してしまう原因としては、振動が何らかの伝搬経路でこれらの障害物を越え、回り込んでいるためであると考えられる。振動は、やわらかい地盤ほど低い周波数になり、遠くまで伝搬してしまうといわれていることから、たとえ振動の発生源が地表にあったとしても、舗装道路の支持力が十分でない場合は振動が深く伝わり、地中振動として家屋に伝搬してしまう。

これら対策の結果、振動対策に有効な手段としては、路面の平坦性を確保するとともに、舗装の剛性を高めることが最も効果的であるとされた。

表-3 地盤の性状と発生する振動の関係

地盤	周波数	伝搬速度	減衰
硬い	高	速い	良い
軟らかい	低	遅い	悪い

5. 舗装技術での振動対策

これまでの研究結果から、道路交通振動は以下に示す条件に大きく影響されることがわかっている。

- ① 大型車両の台数が多く、そのスピードが速いと振動が大きくなる。
- ② 路面の平坦性と相関が高く、平坦性 σ （標準偏差）が1mm増加すると2~3dB増加する。
- ③ 段差によって振動が生じる。段差1mmによって2~3dB増加する。
- ④ 地盤の種類によって振動の伝わり方が異なる。

軟弱な地盤では周波数が小さく、しっかりとした地盤では周波数が大きい。周波数とは、物体に振動エネルギーが与えられた時に自然に振動する振動数のことであり、周波数が小さいものほど振動の距離減衰がなく、遠くまで伝搬する性質を持つ。

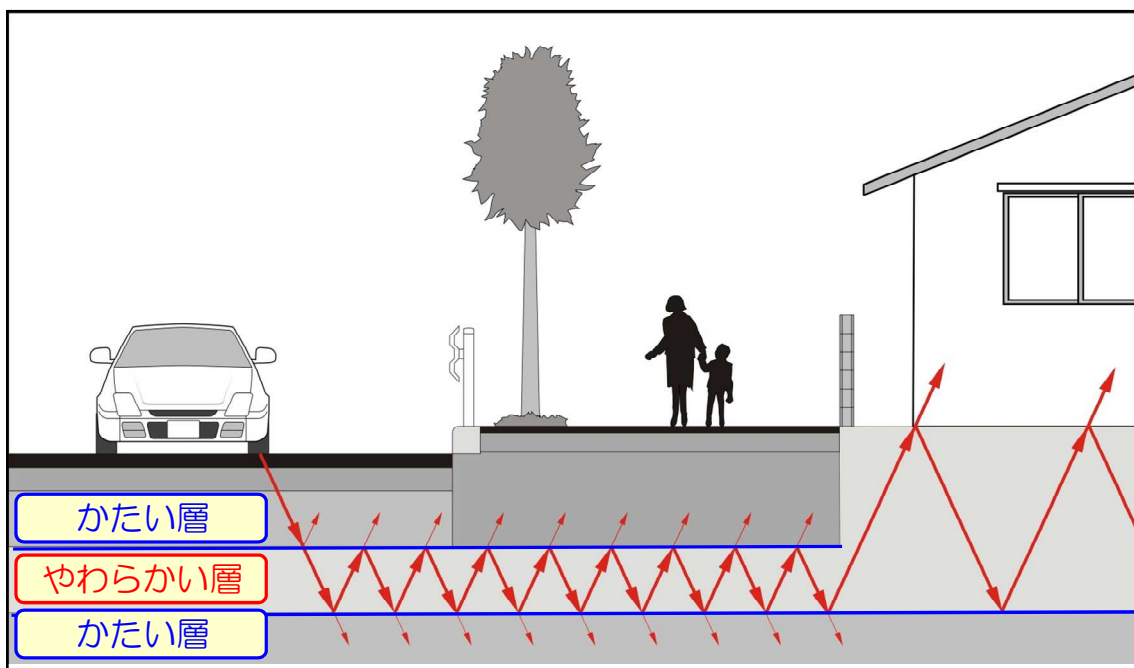


図-4 かたい層に挟まれたやわらかい層での振動伝搬例

- ⑤ 埋設物がある場合、その埋設物の振動が周辺に伝搬する可能性がある。

これらの条件を考慮して、舗装技術からの道路交通振動の対策について検討を行う。

振動対策①：路面の平坦性の確保

路面の平坦性と振動には相関が高く、平坦性の悪化がそのまま振動の上昇につながる。平坦性は、舗装の技術基準では竣工時で $\sigma=2.4$ 以下となっているが、安全率を考慮すると実際には施工直後に2.0以下が確保されていることになる。

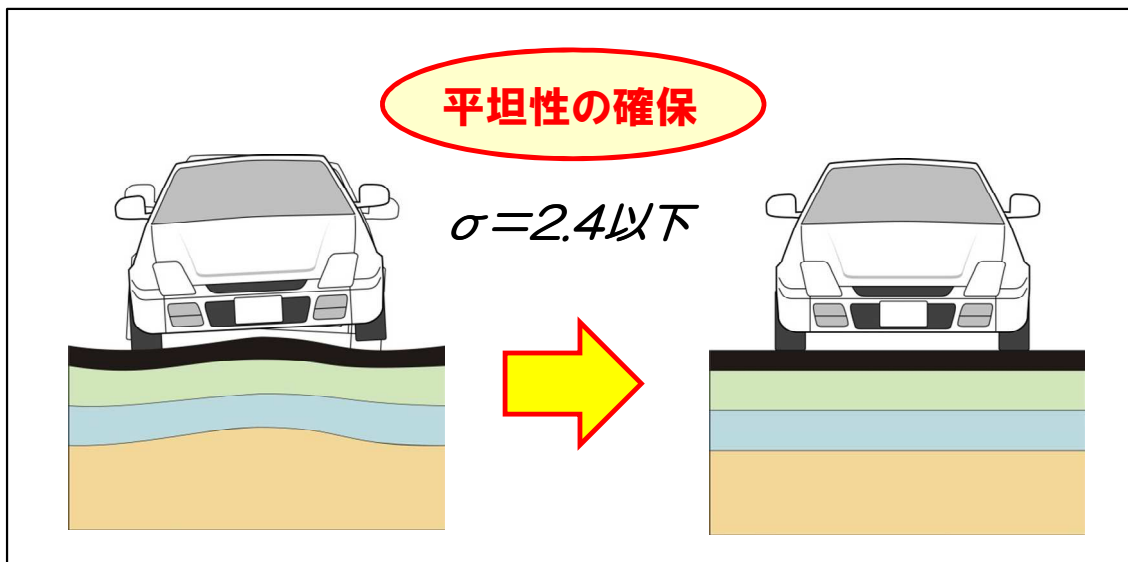


図-5 平坦性の改善例

平坦性が1mm増加すると2~3dB増加するといわれていることから、この平坦性を長期間確保することが重要であることから、舗装各部材（アスコン層・路盤材・路床支持力）を適切の選定し、供用性に優れた舗装を構築しなければならない。

振動対策②：マンホールなどの継ぎ目段差の改善

マンホールなどの構造物がある場合には舗装と接続する部分に段差が生じやすいので、段差が生じないように後付工法など工夫を行う。

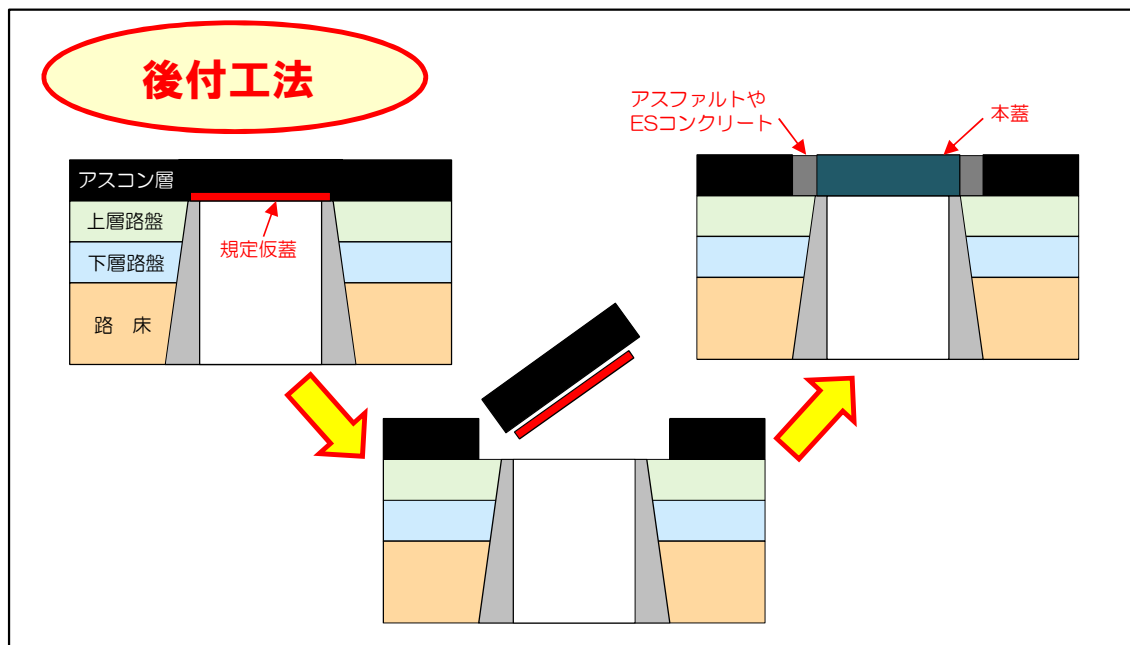


図-6 後付工法の施工例

段差も平坦性と同様に、振動発生に対する影響が大きく、段差 1mm によって 2～3dB 増加するといわれている。

施工時だけでなく、供用後においても沈下などによって道路部と段差が生じていないか注意する必要がある。特に有明粘土などの軟弱地盤では、ある程度の地盤の沈下が予測されることから、段差補修方法についてあらかじめ検討しておく必要がある。

振動対策③-1：舗装の剛性を高める（Fe石灰工法）

軟弱な地盤ほど小さい周波数となり振動が遠くまで伝搬してしまう。また、軟弱な路床では、交通荷重に対して構造的に支持力が不足し、より大きな振動を発生させてしまうことから、軟弱路床の場合、現状路床の置換、安定処理などを行い路床の支持力を高める必要がある。

路床を構築すると舗装全体の剛性が高められ、高い周波数となることから、振動の距離減衰効果を高めることが有効であるとされている。また、舗装の各部材に改質アスファルトや瀝青路盤材などを用いることで、さらに、舗装の剛性を高めることができる。

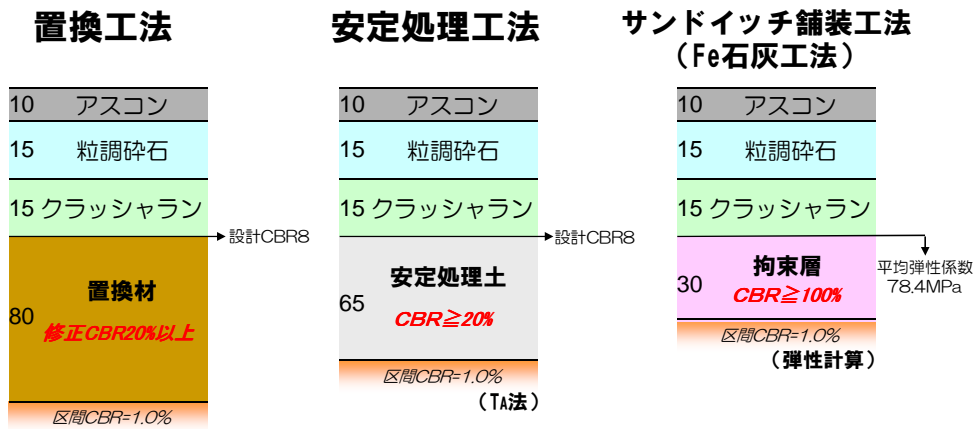


図-7 路床構築（路床改良工法）の種類

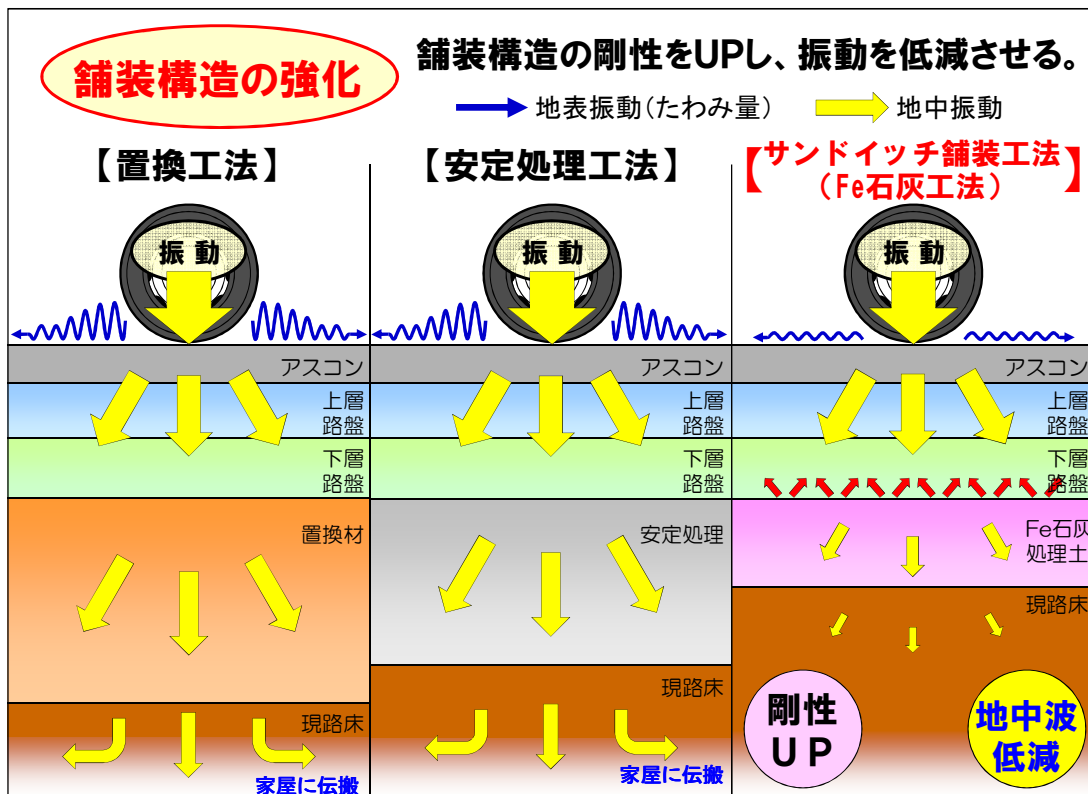


図-8 舗装構造の強化例（サンドイッチ舗装工法）

路床の構築は、良質土による置換工法、セメント・石灰による安定処理工法、路床上に剛性の高い拘束層を設けるサンドイッチ舗装工法（Fe石灰工法）などの改良工法がある。路床改良工法の中でも、均一な版構造を形成することを特徴とする Fe石灰工法は、耐水性・耐久性に優れており、過去の追跡調査からも振動低減効果が大きいことが確認されている。特に、たわみ量が他の工法と比較して小さいため、発生する振動自体も小さい。また、弾性支持に優れた材料で、拘束層内で振動を吸収する効果もあるため、距離減衰効果も高い工法である。

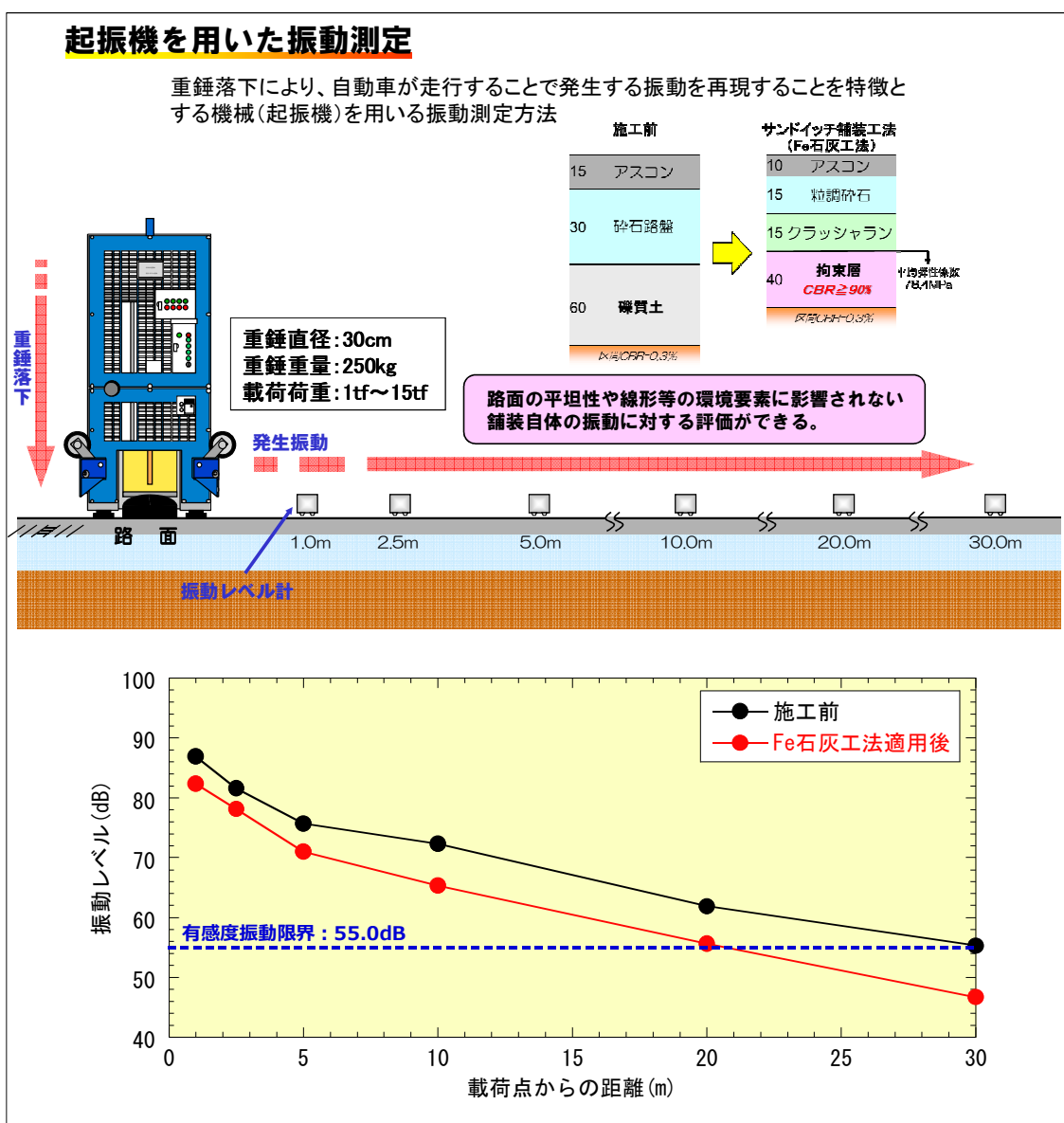


図-9 起振機による施工前後の振動レベル伝搬特性の測定例

振動対策③-2：舗装の剛性を高める（リベースジョイント工法）

Fe 石灰工法には、路床構築に用いる高強度・高品質の Fe 石灰処理土だけでなく、用土の粒度を調整し路盤材への適用を可能とした「粒調 Fe 処理材」がある。

粒調 Fe 処理材は、Fe 石灰処理土の特性はそのままに初期の耐荷力を高めた材料で、耐久性・耐水性に優れている。Fe 石灰処理土と粒調 Fe 処理材を組み合わせたものを「リベースジョイント工法」といい、さらに振動対策工法として期待できるものである。

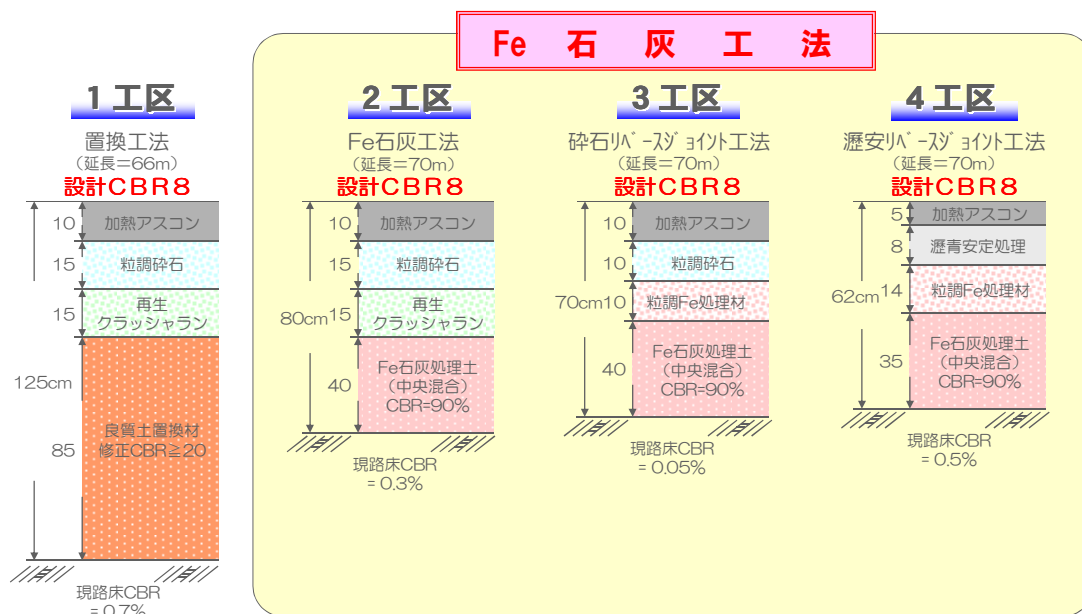


図-10 置換工法と Fe 石灰工法の舗装断面比較例

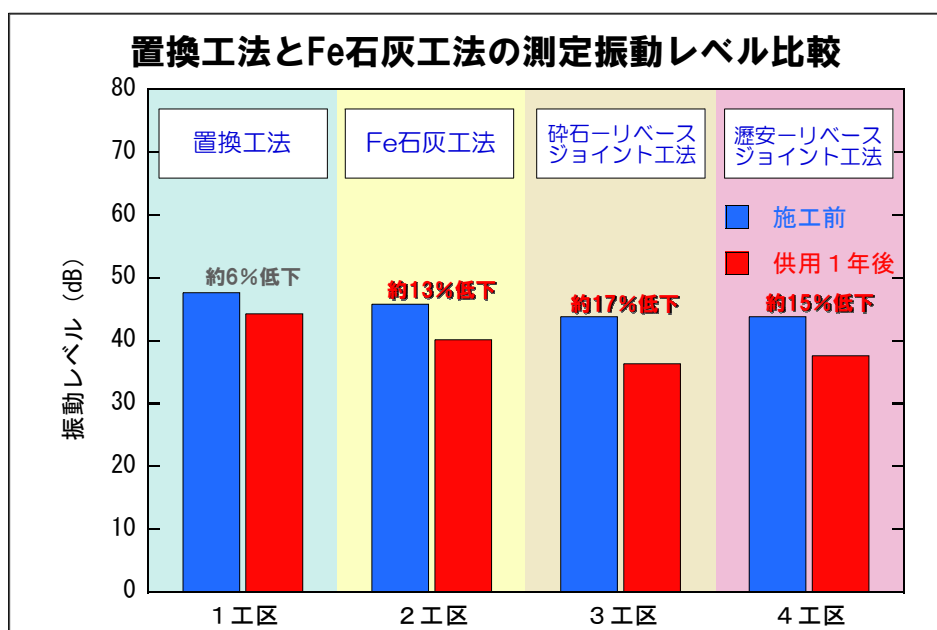


図-11 置換工法と Fe 石灰工法の測定振動レベル比較例（一般交通振動 L10）

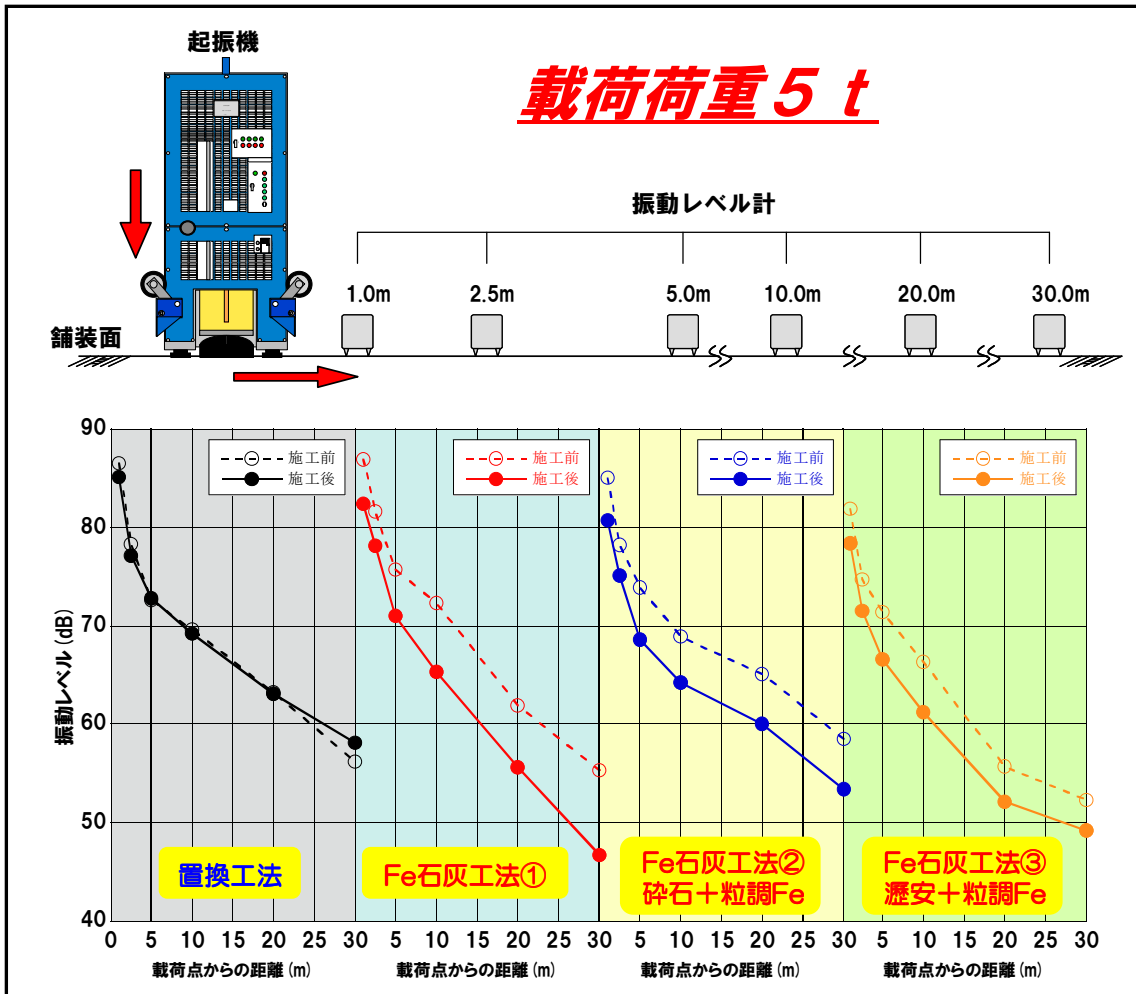


図-12 置換工法と Fe 石灰工法の測定振動レベル比較例（起振機振動）

