

－第4回 振動の基礎：振動の測定方法と対策方法－

独立行政法人 産業技術総合研究所 国 松 直

1 はじめに

振動の測定には、①振動規制法に基づいて規制基準との適合状況を調べるために工場・事業場、建設作業及び道路沿道での測定と②振動の実態把握、対策検討のための測定などがあります。今回はこれらの測定方法について述べるとともに、振動苦情が発生した場合の対応、対策等についても解説します。

騒音シリーズに記載されていた「環境基準に基づく測定方法」については、振動に対する環境基準が設定されていませんので、それに対応する記述はありません。

2 振動の測定方法

2.1 振動規制法に基づく測定方法

この測定方法は、振動規制法及び振動規制法施行規則や JIS Z 8735:1981（振動レベル測定方法）に従って行われます。

(1) 測定器

振動規制法施行規則において、振動の測定は、計量法第 71 条の条件に合格した振動レベル計を用いることと記述されており、計量法における特定計量器である振動レベル計は、特定計量器検定検査規則第 21 章振動レベル計において、検定され、性能保証されています。

規則内第一節検定、第一款構造に係る技術上の基準、第二目性能（第八百五十一条—第八百六十四条）に記載の性能の項目として、表示機構／ピックアップ／出力端子／環境に対する安定性／周波数特性／横感度／動特性／実効値特性／過大入力特性／目盛標識誤差／レンジ切換器／自己雑音など示されています。

また、上記の JIS 規格においても、「JIS C 1510 : 1995（振動レベル計）に定める振動レベル計を用いて、公害に関連する地面などの振動レベルを測定する方法について規定する」と記述されていますので、測定器としては振動レベル計を用いなければいけません。

(2) 振動の測定

振動規制法及び振動規制法施行規則において、振動の測定に関しては、

- ・工場・事業場：計量法第 71 条の条件に合格した振動レベル計を用い、鉛直方向について行うものとする。この場合において、振動感覚補正回路は鉛直振動特性を用いることとする。
- ・建設作業：同上

・道路：同上及び当該道路に係る道路交通振動を対象とし、当該道路交通振動の状況を代表すると認められる1日について、昼間及び夜間の区分ごとに1時間当たり1回以上の測定を4時間以上行うものとする。

と記載されています。

(3) 測定方法

また、上記の JIS 規格には、適用範囲／測定条件（外圍条件、暗振動）／測定点の選定／測定器の使い方（振動ピックアップの設置方法、測定方向、振動感覚補正回路の使い方、測定レンジの選び方、記録機器の選定）／指示の読み方、整理及び表示方法が記載されています。

a) 測定点の選定

上記 JIS 規格では、「測定の目的に応じて、測定点の位置及び数を選定する。」と記載されていますが、振動規制法及び振動規制法施行規則において、測定場所は、

- ・工場・事業場：特定施設を設置する工場及び事業場の敷地の境界線
- ・建設作業：特定建設作業の場所の敷地の境界線
- ・道路：道路の敷地の境界線

と、具体的に記載されています。

実際の現地では敷地の境界線で測定ができない状況もあると思われます。その場合には、敷地の境界線を挟んで工場・事業場の中から敷地外へ側線を定め、その側線上で測定し、敷地境界での振動レベルを推定することも行われています。

測定点の選定に当たっては、現地の状況を調査し、臨機応変に対応することが重要で、それらの状況及び対応内容は調査結果に記載しておくことが必要です。

b) 測定方向

上記 JIS 規格では、「測定時における振動ピックアップの受感軸方向を、原則として鉛直（Z）及び互いに直角な水平2方向（X，Y）の3方向に合わせ、明示する。」とあります。振動の規制に関する測定では鉛直 Z 方向の測定のみですが、振動が騒音と異なり大きさと向きを持つことから、振動ピックアップは直交3成分に分解して、それぞれの軸毎に振動を計測する構造になっています。直交3成分のうち、1成分は鉛直方向（Z 方向）になりますが、直角な水平2方向についての取り方については特に定められていません。振動源を対象とした測定では、水平の1方向を振動源方向とすることが多いようです。その他、方位方向、建築物の方向、振動源の主運動方向に合わせる取り方もありますので、水平方向をどの方向に取ったか、結果の表示の際にその方向を明示しておく、考察時に有用な情報として使用できることもあります。

振動レベルの測定時には、測定方向に対して、Z 方向は振動感覚補正回路の鉛直特性を、X，Y 方向は振動感覚補正回路の水平特性を使うことに注意が必要です。

2.2 振動影響実態把握のための測定方法

振動規制法では、上記のように振動発生源の敷地境界線上の地盤における鉛直方向の振

動を測定し、その大きさを規制基準と比較しています。しかし、振動影響を受ける側は通常家屋のような建築物内で対象となる振動を感じることであり、敷地境界線上とは異なる大きさの振動に暴露されています。また、家屋内を伝搬する振動は、同じ公害であっても騒音などとは異なり、家屋構造上の共振現象すなわち家屋固有の振動増幅特性の影響によって、家屋外（地盤面）よりも家屋内（床面）での振動が大きくなる場合があることが知られています[1]。また、その場合に鉛直方向の振動レベルよりも水平方向の振動レベルが大きくなることもあります。

したがって、地盤面での鉛直方向振動のみを測定しても、家屋内での振動暴露実態を把握することは困難であり、現在の振動規制法による規制と振動感覚との間の乖離を生じさせている一因とも考えられます。

そのため、今まで振動の実態調査のための測定が数多く行われてきていますが、その測定方法は実施者毎にばらばらで相互比較、検討が難しいデータが事例的に蓄積されてきたように思います。そこで、日本騒音制御工学会、平成 20 年度環境省請負業務で作成された振動測定マニュアル(案)をもとに、家屋内部で苦情者が暴露されている振動特性などのデータを統一的に収集、蓄積するため、工場・事業場、建設作業（解体工事を含む）、道路交通（トンネル構造区間を除く）及び鉄道（トンネル構造区間を除く）を対象として振動源別に振動測定マニュアル（案）が整備されており、以下の URL からダウンロードできます。

http://www.ince-j.or.jp/04/04_page/04_3.html

以下では、上記振動測定マニュアル（案）について、概説します[2]。なお、測定は、JIS C 1510：1995（振動レベル計）及び JIS Z 8735:1981（振動レベル測定方法）に準拠して行うことを前提としています。

a) 振動源における測定点

(1) 工場・事業場

固定振動源では、振動源の数に係らず、家屋への影響が明確な振動源の中心から 1 m 以上 5 m 未満、移動振動源や家屋への影響が不明確な振動源では、敷地の家屋側の境界線に設置する。

(2) 建設作業（解体工事を含む）

固定振動源、移動振動源に係らず、敷地の家屋側の境界線に設置する。

(3) 道路交通（トンネル構造区間を除く）

家屋側の車道端（車道と歩道の境界）に設置する。高架橋、盛土、掘割などで車道端に設置できない場合には、道路境界に設置する。

(4) 鉄道（トンネル構造区間を除く）

新幹線では、家屋側の線路中心線から 12.5 m、在来線では、6.25 m に設置する。

b) 地盤伝搬における測定点

(1) 工場・事業場

振動源中心又は敷地境界から受振家屋方向へ 40 m 程度の範囲（例えば、5 m, 10 m,

20 m, 40 m など) に配置する。

(2) 建設作業 (解体工事を含む)

敷地境界から受振家屋方向へ 40 m 程度の範囲 (例えば、5 m, 10 m, 20 m, 40 m など) に配置する。

(3) 道路交通 (トンネル構造区間を除く)

道路と直交方向に、家屋側の車道端又は道路境界から 40 m 程度の範囲 (例えば、5 m, 10 m, 20 m, 40 m など) に配置する。

(4) 鉄道 (トンネル構造区間を除く)

新幹線では、家屋側の線路中心線から線路直交方向に 100 m 程度の範囲 (例えば、25 m, 37.5 m, 50 m, 100 m など)、在来線では、50 m 程度の範囲 (例えば、12.5 m, 25 m, 37.5 m, 50 m など) に配置する。

c) 受振部 (家屋) における測定点

各振動源共通とし、家屋の床面、基礎、近傍地盤及び敷地境界に配置する。

(1) 家屋内 (床面) の測定点

居住空間 (居間、食堂、寝室等) を対象として、2 点以上の測定点を設ける。まず、居住者が日常生活を営む上で、振動によって最も迷惑を受けているところ、あるいは振動を最も不快に感じているところに測定点 A を設ける。

次に、測定点 A に次いで迷惑を受けている、あるいは振動を不快に感じているところに測定点 B を設ける。また、2 階建て以上の家屋では、測定点 A と異なる階において最も迷惑を受けている、あるいは振動を最も不快に感じているところに測定点 B を設置する。

(2) 家屋基礎の測定点

家屋中心から振動源方向にある基礎上に設ける。戸建住宅では、1 階にある玄関のたたきや土間打ちコンクリートのベランダ部分など、集合住宅では、1 階のエントランスなど、構造的に基礎と一体化していると考えられるコンクリート部分に測定点を設ける。

(3) 家屋近傍地盤の測定点

家屋中心から振動源方向にある地盤上で、家屋基礎から 1 m に設ける。基礎による地盤拘束の影響を受ける可能性はあるが、家屋に対して入力される振動を測定する基準点とする。

(4) 敷地境界の測定点

工場・事業場及び建設作業では敷地境界、道路交通では、道路境界に設ける。鉄道では、敷地境界ではなく「a) 振動源における測定点」と同じ測定点とする。

d) 振動ピックアップの設置条件

(1) 地盤における設置条件

コンクリート又はアスファルト上とする。止むを得ず表面が軟弱な土の上や草地に設置する場合には、ピックアップ支持具の利用を推奨する。

(2) 家屋内 (床面) における設置条件

フローリングなどの硬い床面に設置する。畳や絨毯がある場合には、一時的に取り除き、

座板面に設置する。不可能な場合には、同階において測定可能なところを選択する。

e) 測定方向

(1) 振動源及び地盤伝搬における測定方向

振動源方向（道路及び鉄道では、それらと直交方向）を Y とし、Y 方向に直交する方向を X とする。また、鉛直方向を Z とする。

(2) 受振部（家屋）における測定方向

家屋と振動源方向が直交関係にない場合を想定し、振動源方向に近似している家屋の軸方向を Y とし、Y 方向と直交する方向を X とする。敷地境界及び近傍地盤においても家屋の軸方向に合わせる。また、鉛直方向を Z とする。

f) 振動データの収録方法

(1) 測定器と測定量

振動レベル計とデータレコーダを使用し、振動源と地盤伝搬の測定点を同時測定する。受振部（家屋）においても、敷地境界、近傍地盤を含めて同時測定する。測定量は、3 方向の振動加速度とし、時系列波形をデータレコーダに記録する。

(2) 測定時間（測定本数）

工場・事業場では、1 時間以上の連続測定を行う。周期的な振動では 3 周期を測定する。

建設作業では、最も大きな振動を発生すると考えられる作業を 30 分以上測定する。

道路交通では、近接車線を走行する重量車を 10 車両以上記録できるまでとする。

鉄道では、単線の場合には 10 列車以上、複線の場合には各 10 列車以上、複々線の場合には各 5 列車以上を記録できるまでとする。

g) 測定状況の記録

測定中は、工場・事業場の稼働状況、建設機械等の作業状況、道路を走行する大型・中型車両、通過列車の情報等をビデオ記録する。また、振動源と測定点間の平面上の位置関係（道路では道路構造図、鉄道では軌道構造図を含む）を詳細に記録する。

家屋内では、測定点の位置関係を示す平面図と立面図を詳細に記録する。その他、家屋構造、築年数、地域の土質柱状図や表層地質図等の詳細な情報を収集する。

図 4-1 は、道路交通を例とした測定点の配置を示しています。

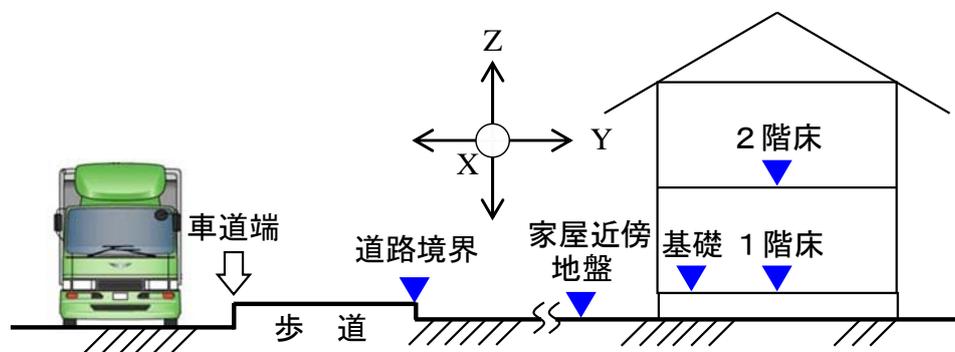


図 4-1 道路交通を例とした測定点の配置

2.3 振動ピックアップの設置に関する注意

振動ピックアップの設置条件については、JIS 規格（振動レベル測定方法）では、「原則として平坦なかたい地面など（例えば、踏み固められた土、コンクリート、アスファルトなど）に設置する。」と記載されています。また、振動測定マニュアル（案）でも、「d) 振動ピックアップの設置条件」で、地盤と家屋内（床面）に分けて設置条件を記載しています。

この理由として、やわらかい地面の上や畳や絨毯のような緩衝物の上に振動ピックアップを設置した場合、実際の振動より大きく測定されることによります。これは設置共振と呼ばれ、このような現象が生じる場所での測定では振動の正しい大きさを測定することができないので避けるようにしないとけません。

図 4-2 に実験データ[3]ではありますが、種々の設置状態での振動ピックアップの鉛直方向のレスポンスを示しています。

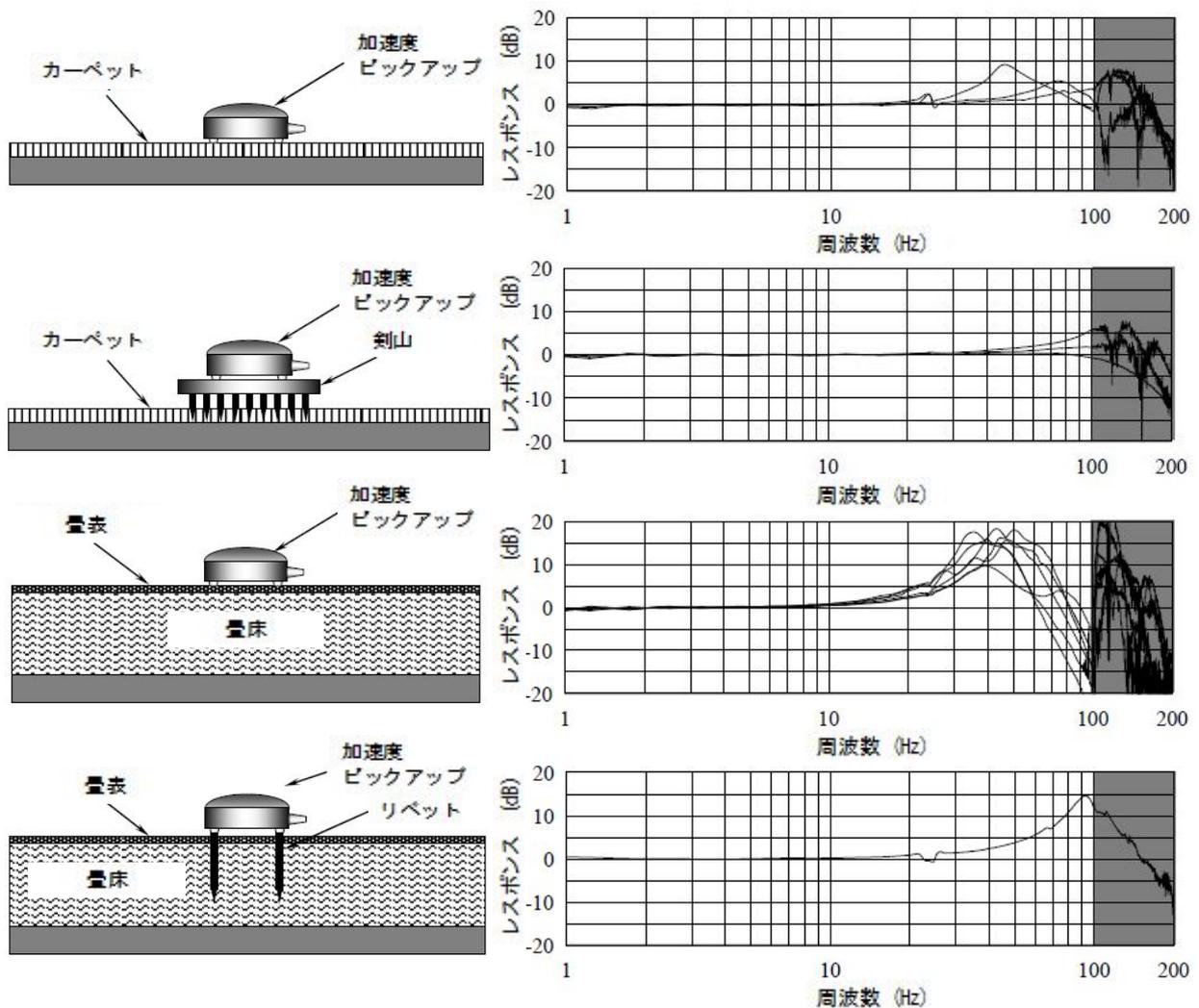


図 4-2 緩衝物が振動ピックアップの出力に及ぼす影響
(カーペット ; 3 種類, 畳 : 6 種類)

図 4.2 の右図のレスポンスは入力振動の大きさ（入力信号）に対する出力信号の比を表したもので、その比が 1 であれば、レスポンスは 0 dB となり、入力信号と出力信号は等しいことを意味しています。従って、測定対象の周波数範囲（1~80 Hz）において、0

dB が望ましいわけですが、振動ピックアップの設置状況がその出力結果に影響を及ぼすことが分かります。図ではレスポンスがプラス側にピークを持つように表示されているので、入力信号より出力信号が大きいことを示しています。

参考文献[2]、[4]に測定事例が紹介されており、結果の整理方法も含めて参考になります。

3 振動の分析方法

振動レベルに変換される前の物理現象としての振動は、加速度計を振動ピックアップとして使用しています。この振動ピックアップの出力は、振動感覚補正を行わないときには加速度の時刻歴（加速度波形）であり、時間に伴い変動し、その変動は加速度振幅を意味します。この不規則な振動波形は正弦波形を加え合わせるにより再現されます。逆に不規則な振動波形に演算処理を施すことにより、横軸振動数～縦軸振動の強さとして表現することができ、その特性は周波数特性（スペクトル）と呼ばれています。ある正弦波形の場合には、特定の振動数のみに振動の強さを持つので、線スペクトルと呼ばれますが、不規則な振動波形の場合には、振動数が広く分布するので連続スペクトルと呼ばれます。演算処理によりこのような周波数毎のスペクトルを求めることがスペクトル分析（解析）、周波数分析（解析）です。

分析方法には大きく定比帯域幅分析器と定周波数幅分析器の2つに分かれ、目的により使い分けられています。定比帯域幅分析器は、主に振動の感覚量評価に対して使用され、定周波数幅分析器は、主に物理的な原因の究明と対策を目的として使用されます。

3.1 定比帯域幅分析器

振動波形の分析の場合、対象とする振動数範囲が狭いので、通常 1/3 オクターブバンド分析が行われ、主に感覚量評価に用いられています。分析器の性能は、JIS C 1513:2002（音響・振動用オクターブ及び 1/3 オクターブバンド分析器）で規定されています。また、その中のフィルタ特性については、JIS C 1514:2002（オクターブ及び 1/N オクターブバンドフィルタ）で規定されています。ちなみに、オクターブとは、周波数比が 2 倍のことを意味し、オクターブバンドとは、ある周波数を中心にして上限と下限の周波数比が 1 オクターブとなる周波数の帯域（バンド）のことで、その中心の周波数をオクターブバンド中心周波数と呼んでいます。公害振動では、中心周波数 80Hz までを対象としています。表 4.1 にバンドパスフィルタの中心周波数を 160Hz まで示します。

ちなみに、振動レベル計の鉛直特性、水平特性の基準レスポンスは 1/3 オクターブバンドパスフィルタの中心周波数に対して規定されています。

JIS 規格において、基準周波数は 1000Hz と規定されています。1000Hz を中心周波数としたとき、帯域幅は 710Hz～1.4kHz、500Hz の中心周波数では、355Hz～710Hz であり、この種類の分析器では、中心周波数に比例してフィルタ幅が変動します。具体的には、JIS C 1514:2002 で規定されたバンドパスフィルタを通して、各々の帯域毎の振動の強さを求めます。

表 4.1 1/1 オクターブと 1/3 オクターブバンドパスフィルタの中心周波数

中心周波数(Hz)	1/1 オクターブ	1/3 オクターブ	中心周波数(Hz)	1/1 オクターブ	1/3 オクターブ	中心周波数(Hz)	1/1 オクターブ	1/3 オクターブ
0.8		○	5		○	31.5	○	○
1	○	○	6.3		○	40		○
1.25		○	8	○	○	50		○
1.6		○	10		○	63	○	○
2	○	○	12.5		○	80		○
2.5		○	16	○	○	100		○
3.15		○	20		○	125	○	○
4	○	○	25		○	160		○

定比帯域幅分析器では、分析するバンド幅の上限と下限の周波数の比が、帯域によらず一定であるので、低周波帯域ではバンド幅が狭く、高周波帯域ではバンド幅が広くなります。周波数軸を対数目盛で表示すると、バンド幅が等間隔になります。

3.2 定周波数幅分析器

FFT（高速フーリエ変換）分析器に代表される定周波数幅分析器では、ある時間間隔（サンプリング間隔）で離散化された加速度波形を演算処理（高速フーリエ変換）で定幅分析し、ある周波数の幅の間にその成分がどれだけあるかを示す分析方法のもので、どの周波数帯域においてもバンド幅は同じになります。加速度波形をある時間間隔の数値データとしてサンプリングするサンプリング間隔は、知りたい周波数の周期に対して十分な数が得られるように設定する必要があります。

この分析方法は、一般に $1/N$ オクターブバンド分析より周波数成分を細かく分析することができるので、主に振動現象を物理的に把握し、対策を主目的として使用されます。分析結果から振動の卓越振動数を知ることができ、その振動数から振動源の特定に有効に活用され、どの振動数を対象に対策を行えば効果的か検討することが可能となります。

$1/N$ オクターブバンド分析結果を用いて対策について検討することも可能ですが、中心周波数が決められているので、回転機械などの回転数に対応するような周波数を細かく求めることはできません。

4 振動の対策方法

公害振動は、基本的には振動源としての加振力が地盤振動を発生させ、地盤を伝搬した後、家屋基礎から入力し、家屋が振動することにより知覚され、人体反応が生じるという過程を経て、苦情の有無に至ります。

すなわち、苦情を発生させないためには、振動源から受感した振動に対する人体反応までの流れの中で、主に以下のような項目を検討する必要があります。

振動源の加振力／加振力から地盤振動が発生するメカニズム／地盤の振動伝搬／
家屋近傍地盤から家屋基礎への入力メカニズム／家屋の振動特性／

構造部材の振動特性／人体知覚特性／人体反応

上記「人体反応」には、以下の影響要因も挙げられます。

表 4.2 人体反応に及ぼす影響要因

生活環境特性	個人履歴	マンション等から戸建て住宅への転居など
	生活状況	労働、勉強、休養、睡眠、買い物
	時間	朝、昼、夕、夜、深夜、早朝
	地域	住居専用、住居、商業、準工業、工業、文教

上記の流れから、振動対策としては、振動源対策、伝搬経路対策、受振部対策があり、それぞれにハード的、ソフト的な視点での対策が考えられます。機械から発生する振動を対象に、表 4.3 のような振動防止技術の概要[5]が示されています。

表 4.3 機械振動を対象とした振動防止技術の概要

	大分類	主対策方法	対策方法	手段
ハード的な対策	振動源対策	機械そのものでの対策	加振力の低減	機械選定(加振力の小さい機械への変更)
			加振力の低減	釣り合いをとる
		振動絶縁	弾性支持	緩衝材
				ばね
		その他の振動源対策(付加質量等)	基礎対策	重(軽)量化
			架台	共通化等
	伝搬対策	距離減衰	距離を離す	配置の変更
		地中堀(溝)		空・緩衝材
	受振部対策	構造改良・絶縁等	共振を外す(質量付加等)	構造の補強等
ソフト的な対策	その他	作業時間・作業方法等の変更	稼働の変更	
		挨拶	説明	話し合い

振動源毎の個別の対策については、次回以降で解説して頂くこととして、ここでは全体的な内容について概説したいと思います。

4.1 ハード的な振動対策方法の基本

a) 振動源対策

公害振動では、地盤の加振に対して、

- 1) 直接加振力を地盤に伝達する場合
 - 建設作業、平面道路交通、(鉄道)
- 2) 構造物を介して加振力を地盤に伝達する場合
 - 建設作業、高架道路交通、工場機械、(鉄道)

に分けられます。

地盤を加振する力は公害振動を発生させる原因であり、公害振動対策としては、この加振力を低減させることが重要です。表 4.3 は機械振動を対象とした振動防止技術の紹介ですが、対策方法がかなり専門的であることが分かります。振動源対策では加振力低減等に対して振動源毎にいろいろな方法が検討されています。

b) 伝搬対策

地盤内の波動の伝搬に関しては、発生させられた波動の特性を考慮して低減対策を検討する必要があります。波動は一般的に距離によりエネルギーが幾何的に減衰するので、振動源と受振部との距離を可能な限り離すことが、安価で有効な方法です。その他、地盤振動を遮断するという考えによる対策（防振壁(溝)）も行われており、効果は確認されていますが、正確な対策効果を見積もることは難しいようです。

また、地盤振動の特性は地盤伝搬中に振幅のみならず振動数なども変化することが知られており、地盤振動の振動数は家屋の振動特性に大きく影響を与えるとともに、人体の知覚特性にも大きく関係することから、伝搬対策の有り無しに関わらず、注意しておく必要があります。

c) 受振部対策

地盤振動が構造物に入力されれば、構造物は構造物の特性を持って応答（振動）します。構造物には構造物毎に固有振動数という揺れやすい振動数を有しているため、入力振動の卓越振動数と共振しないように気をつけることが重要です。単純には構造物の重量や剛性を変化させることにより固有振動数を変化させることができますが、実際には簡単に対応できるものではありません。

また、受振部（構造物周辺や基礎）における対策により、入力振動を低減、遮断するという考えもあります。

4.2 振動源別の振動対策方法の概説

工場機械については、すでに表 4.3 に示したので、以下では道路交通振動対策、建設作業振動対策の概要を示します[6]。

a) 道路交通振動対策

道路交通振動の場合、自動車（移動荷重）が凹凸のある路面を走行することにより生じる力が加振力になります。表 4.3 との対比では表 4.4 のように整理されます。

表 4.4 道路交通振動対策の概要

対策項目		対策内容	対策意図	
発生源	高架	凹凸、段差の解消	加振力の低減	
		TMD	桁への動吸振器(TMD)の設置	反力による桁の振動低減
		地盤改良	基礎の有効質量の増大	加振力の低減

			基礎から地盤への振動伝搬の低減	振動伝達率の低減
	一般	凹凸、段差の解消	路面の平滑化	加振力の低減
		地盤改良	路盤構造の改変	加振力・振動伝達率の低減
			支持地盤の改良	振動伝達率の低減
伝搬経路	全般	遮断壁	空溝・弾性体壁の設置 剛体・複合壁の設置	振動伝達率の低減
受振部	高架	TMD	構造物への動吸振器（TMD）の設置	反力による構造物の振動低減
		剛性補強	構造物への筋交い等の設置	固有周期変更による応答倍率の低減
	一般	基礎改良	防振・免振基礎、布基礎など	振動伝達率の低減
		地業	WIB、土のうの利用など	

b) 建設作業振動対策

建設作業振動対策の概要は、表 4.5 のように整理されます。

表 4.5 建設作業振動対策（ハード的な対策）の概要

対策方法		対策内容
振動源対策	加振力の低減	現場条件に合った工法、機械の選定（最適な工事進捗の実現） 低振動型機械の採用（発生振動の低減） 適切な機械操作（適切な運転、走行速度の実現） 機械の制振、防振（不要な機械振動の低減）
	地盤への振動伝達の低減	機械の防振支持（廃タイヤ、防振ゴムなど） 路面、地盤面の平滑化（不陸発生防止、走行振動の低減）
伝搬経路対策	振動伝達率の低減	空溝（防振溝） 弾性体壁（ガスクッション、廃タイヤ、EPS など） 剛体壁（コンクリート、鋼矢板など） 複合壁（剛体と弾性体の複層構造）
受振部対策	建物への振動伝達の低減	建物周辺の地盤改良（土のう、WIB など） 建物基礎の剛性増加など 建物の制振（家屋の補強など）

また、ソフト面における対策として、表 4.6 のような内容が挙げられます。

表 4.6 建設作業振動対策（ソフト的な対策）の概要

対策方法	対策内容
振動源対策	<ul style="list-style-type: none"> 建設機械の過度な出力の制限 建設機械オペレーターの教育 建設現場内の平坦化 建設機械の稼働時間の抑制 夜間作業の中止など
伝搬経路対策	<ul style="list-style-type: none"> 建設機械の稼働範囲の徹底 運搬車両の往来通路の制限 振動発生源と受振部の位置関係

受振部対策	<ul style="list-style-type: none"> ・継続的な管理測定データの公表 ・工法変更スケジュールの周知徹底 ・一時移転（短期間で問題となる戸数が少ない場合など）
周辺住民との対話	<ul style="list-style-type: none"> ・掲示板やチラシなどによる施工内容の周知 ・挨拶、訪問、巡回等による直接対話 ・現場責任者等による工事説明会や見学会の実施

建設作業振動対策に関しては、環境省が平成 16 年度に全国の地方自治体に配布した、「よくわかる建設作業の振動防止の手引き ～振動低減へのアプローチ～」[7]も参考になると思います。

4.3 日本建築学会 戸建て住宅における環境振動対策事例

日本建築学会において戸建て住宅を対象に環境振動対策事例が 25 事例ほど収集され、以下の URL で公表されています。

http://news-sv.aij.or.jp/kankyos17/WG4_house/AIJ_EVWG4index.html

また、この URL ページにおいて、各事例をもとに、振動問題に対して居住者と合意形成に至るまでの経緯がわかるように、作成された合意形成フローも掲載されています。

対策には事前対策と事後対策がありますが、苦情が生じないためには事前対策においては、戸建て住宅建築前に家屋内振動を精度良く予測し、その結果を建て主との合意形成（ソフト的な対策に位置づけ）のもとに設計に反映（ハード的な対策に位置づけ）することが求められています。しっかりとした合意形成のもとに、事前対策を行うことによって、苦情を未然に防止することも可能と思われます。もちろん、苦情発生後の事後対策においても建て主との十分な対話（リスクコミュニケーション）が、合意形成(苦情解決)に至る早道であると思われます。

5 次回以降について

今まで、

第 1 回 振動苦情処理と必要な振動に関する知識

第 2 回 振動の基礎：振動の発生と伝搬

第 3 回 振動の基礎：振動の影響と評価・規制方法

第 4 回（今回） 振動の基礎：振動の測定方法と対策方法

を掲載致しました。

次回以降（第 5 回～第 7 回）は、振動源を分けて以下の方々に執筆をして頂きます。

第 5 回 建設作業振動

佐野昌伴、一般社団法人 日本建設機械施工協会 施工技術総合研究所

第 6 回 交通振動（新幹線、鉄道、道路）

横島潤紀、神奈川県環境科学センター

第 7 回 歩行振動（内部振動源）

横山 裕、東京工業大学 大学院理工学研究科 建築学専攻

振動シリーズの今までの内容は、主に振動規制法に関連して、振動源が家屋を含む建築物の外部に位置する外部振動源を対象にしていました。その流れで、第5回、第6回は各振動源を対象に、全体的な内容、事例的な内容を解説して頂きます。また、第7回では建築物内部に振動源がある場合について、集合住宅において苦情の原因となることの多い歩行振動を主体に解説して頂きます。

第8回は、振動シリーズの最後として、環境振動問題に対する取り組みの現状について紹介したいと思います。

【参考文献】

- [1] 大竹康宏、上林 正：新幹線軌道近傍に建設された住宅の振動対策、日本建築学会大会学術講概集、pp.319-320、(2001).
- [2] 平尾善裕、横島潤紀、国松 直：地盤振動に起因する家屋振動増幅特性の測定法および事例について、日本騒音制御工学会研究発表会講演論文集、pp.49-52、(2009).
- [3] Yasunao Matsumoto, Sunao Kunimatsu, Yoshihiro Hirao, Akinori Yokota : Vibration measurement in residential building for evaluation of ground-borne vibration in living environment, INTER-NOISE 2006, pp.1-8, (2006).
- [4] 平尾善裕、横島潤紀、国松 直：振動測定マニュアル（案）に基づいた測定・分析事例、日本騒音制御工学会研究発表会講演論文集、pp.95-98、(2012).
- [5] 公害防止の技術と法規編集委員会編：新・公害防止の技術と法規 2013〔騒音・振動編〕、p.322、(2013).
- [6] (一財)災害科学研究所地盤環境振動研究会：地盤環境振動対策技術マニュアル、(2013).
- [7] 環境省環境管理局大気生活環境室：よくわかる建設作業振動防止の手引き http://www.env.go.jp/air/sindo/const_guide/full.pdf、(2004).
- [8] 大竹康宏・川本聖一・村上剛志・国松 直：戸建て住宅における環境振動対策事例の収集、日本建築学会大会学術講概集、pp.389-390、(2012).