

## 振動の基礎知識

私たちは、自動車や電車に乗ったとき体に「揺れ」を感じます。しかし、一般に日常生活においては「揺れ」を感じることは少ないことから、望ましくない音を「騒音」とするように区別せず、総じて「振動」と表しています。

### 振動の方向

振動が伝わる現象を「振動波」と呼び、振動波は、その方向により縦波、横波、表面波などに分けられます。縦波は、振動の方向と同一の方向に伝わることにより、地盤中に疎・密が起こり疎のところで地表面が少し下がり、密のところで盛り上がります。横波は、振動の方向と直角の方向に伝わることにより、地表面に上下の変位を生じさせます。表面波は、振動の方向に対して楕円運動しながら地表面を伝わります。人は、水平方向に比べ鉛直方向の感度がよいとされています。

### 振動の大きさ

振動の大きさの尺度として、変位、速度、加速度があります。変位は、「どれ位動いたか」、速度は、「どれ位の速さで動いたか」、加速度は、「何秒でその速さになったか」を表します。その中で、加速度が最も人の感覚との対応が良いとされ、「振動加速度振幅の2乗値に比例する」とされています。また、ウェーバー・フェヒナーの法則では、「感覚量は刺激量の対数に比例する」とされています。

よって、私たちが感じる振動の大きさの尺度は、一定の基準値に対して何倍であるかを求めその常用対数を取り表します。また、この値B（ベル）では尺度が粗過ぎるため、さらに10倍した値を使用することとし、dB（デシベル）と表示しています。

$$\begin{aligned} \text{振動の大きさ (dB)} &= 10 \times \text{Log}_{10} [(\text{測りたい振動の大きさ})^2 / (\text{基準値})^2] \\ &= 20 \times \text{Log}_{10} (\text{測りたい振動の大きさ} / \text{基準値}) \\ \text{基準値: 振動加速度} & \quad 1 \times 10^{-5} \text{ m/s}^2 \end{aligned}$$

### 振動の周波数

1秒間の振動数を周波数といいます。人が感じられる振動加速度の周波数の範囲は、0.1Hz～500Hzといわれています。また、鉛直振動と水平振動での感じ方には差があるといわれています。鉛直振動では、4～12.5Hzの振動が最も感じやすく、水平振動では、1～2Hzの振動が最も感じやすいようです。3～4Hzより高い周波数では、水平方向に比べて鉛直方向の感度がよいとされています。

よって、振動の大きさを表す場合、周波数ごとの人の感覚を考慮する必要があり、鉛直方法の4～8Hzの振動の大きさを基準にして、周波数ごとに補正した値を振動の大きさとして主に使用されています（鉛直方向の感覚補正特性）。

また、人が振動を感じ始める大きさは、55dBほどからとされ、0dBではありません。

#### 中心周波数 (Hz) と鉛直方向の感覚補正值 (dB)

周波数	1	2	4	6.3	8	16	31.5	63	90
補正值	6	3	0	0	0	6	12	18	21

## 私たちの周りの振動の大きさ

振動の 大きさ	事 例
1 1 0 <small>デシ ベル</small>	・震度 7 (揺れに翻弄され、自分の意思で行動できない。)
1 0 8 <small>デシ ベル</small>	・震度 6 強 (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。)
1 0 5 <small>デシ ベル</small>	・震度 6 弱 (立っていることが困難になる。)
1 0 0 <small>デシ ベル</small>	・震度 5 強 (多くの人が行動に支障を感じる。棚にある食器類が落ちる。)
9 5 <small>デシ ベル</small>	・震度 5 弱 (一部の人が行動に支障を感じる。吊り下げ物が激しく揺れる。)
8 5 <small>デシ ベル</small>	・震度 4 (眠っている人のほとんどが目を覚ます。棚にある食器類が音を立てる。)
7 5 <small>デシ ベル</small>	・震度 3 (屋内にいる人のほとんどが揺れを感じる。) ・ブルドーザ (5 m)・振動ローラー (5 m)
6 5 <small>デシ ベル</small>	・震度 2 (屋内にいる人の多くが揺れを感じる。電灯などの吊り下げ物がわずかに揺れる。) ・バックホウ (5 m)・アースドリル (5 m)・機械プレス (5 m)
5 5 <small>デシ ベル</small>	・震度 1 (屋内にいる人の一部が、わずかに揺れを感じる。) ・振動を感じ始める。・アースオーガ (5 m)
4 5 <small>デシ ベル</small>	・震度 0 (人は揺れを感じない。) ・一般の道路

震度の事例は、単位 gal (重力加速度) から換算した。

## 振動の伝わり

振動の大きさは、遠くへ伝わっていく間にだんだん小さくなっていきます。これは「距離減衰」と呼ばれています。また、土質、地層、地下水、振動数、振動方向、障害物などの状況により振動の大きさは影響を受けます。

### 距離減衰

振動方向により減衰量に違いがあります。一般に、振動の発生源（振動源）から受振点（ $r$ ）までの距離が100m以内の場合は、表面波と実体波の複合波とし、近距離（20m～30m）は表面波の減衰量に近似します。

#### ・表面波の場合



$$\text{減衰量 } A \text{ (dB)} = 10 \times \text{Log}_{10} (r / r_0)$$

例えば  $r_0 = 1$  m の場合

$r$ (m)	2	4	8	16	32	50
減衰量 (dB)	3	6	9	12	15	17

#### ・実体波（縦波、横波）の場合

$$\text{減衰量 } A \text{ (dB)} = 20 \times \text{Log}_{10} (r / r_0)$$

例えば  $r_0 = 1$  m の場合

$r$ (m)	2	4	8	16	32	50
減衰量 (dB)	6	12	18	24	30	34

#### ・表面波と実体波の複合波の場合

$$\text{減衰量 } A \text{ (dB)} = 15 \times \text{Log}_{10} (r / r_0)$$

例えば  $r_0 = 1$  m の場合

$r$ (m)	2	4	8	16	32	50
減衰量 (dB)	5	9	14	18	23	25

### 土質による減衰

土質の減衰定数は一般に 0.01～0.04 の範囲にあり、平均的には振動源から受振点（ $r$ ）までの距離が 40m 以内の場合は 0.025、それより遠い距離では 0.02 とされています。



$$\text{減衰量 } A \text{ (dB)} = 8.68 \times (\text{土質の減衰定数}) \times (r - r_0)$$

例えば  $r_0 = 1$  m の場合

$r$ (m)	2	4	8	16	32	50
減衰量 (dB)	0.2	0.7	1.5	3.3	6.7	8.5

### 周波数による減衰

高い周波数ほど早く減衰し、また伝わる速度が大きい地盤（固い地盤）ほど減衰量が小さいとされています。なお、地盤は固有の周期の振動を持っています。この振動数に近い振動数を持つ振動が加わると共振することにより、距離による減衰量が小さくなります。また、建物の固有振動数と似た振動であると、同じく共振することにより振動が大きくなることがあります。木造二階建ての場合、2階は1階より4～5dB大きくなるといわれています。

### 障害物による減衰

主要な振動は、地表に沿って伝わると考えられるため、溝のようなもので遮断する（防振溝）、塀のようなものを地中に埋め込んで遮断する（防振塀）ことにより振動を小さくすることができます。しかし、振動の波長が長いほど、溝の深さや塀の厚さを大きくする必要があります。一般に振動の周波数は低いので（波長が長い）、実用的ではないとされています。

### その他の減衰

機械等の振動源からの振動を制御して減衰させるものとして、ゴム、ばね、フェルトなどの振動絶縁材料と制振鋼板、アスファルトシートなどの振動吸収材料があります。

振動源の制御と減衰量は次のとおりです。

（参考：環境庁「工場・事業場振動防止技術指針」）

制御の方法	内 容	減衰量 (dB)
加振力の低減	加振力そのものの低下（機械改良）	0～20
	ダンピング	0～5
	動吸振	15～30
基礎の防振	機械基礎の厚さ・重量等増	0～3
	ゴム板やパットを敷く	0～6
弾性支持	板ばねによる防振	5～25
	皿ばねによる防振	
	コイルばねによる防振	
	空気ばねによる防振	
	ゴムばねによる防振	

減衰量は一般的な目安です。