

2-3 振 動

(1) 環境影響要因の内容

条例で定められている対象事業について、技術指針に示されている標準的な影響要因と振動との関わりは、次のとおりである。

[技術指針に示されている標準的な影響要因と振動との関わり]

区 分	土地又は工作物の存在及び供用	工事の実施
道路事業	・自動車の走行に伴う振動による影響	・建設機材の稼働に伴う振動による影響 ・資材及び機械の運搬に用いる車両の運行に伴う振動による影響
ダム事業	_____	・工事の実施（ダムの堤体の工事、原石の採取の工事、施工設備及び工事用道路の設置の工事、道路の付替の工事）に伴う振動による影響
鉄道事業	・存在及び供用（列車の走行（地下を走行する場合を除く。）、列車の走行（地下を走行する場合に限る。）に伴う振動による影響	・建設機材の稼働に伴う振動による影響 ・資材及び機械の運搬に用いる車両の運行に伴う振動による影響
工場事業	・工場の稼働に伴う振動による影響	・工事の実施（切土工等又は既存の工作物の除去、建設機材の稼働）に伴う振動による影響 ・資材及び機械の運搬に用いる車両の運行に伴う振動による影響
最終処分場事業	・存在及び供用（廃棄物の埋立て、廃棄物の搬入に用いる車両の運行）に伴う振動による影響	・最終処分場の設置の工事に伴う振動による影響
焼却施設事業	・廃棄物の搬入に用いる車両の運行に伴う振動による影響 ・焼却場の稼働に伴う振動による影響	・工事の実施（切土工等又は既存の工作物の除去、建設機材の稼働）に伴う振動による影響 ・資材及び機械の運搬に用いる車両の運行に伴う振動による影響
し尿処理施設事業	・し尿の搬入に用いる車両の運行に伴う振動による影響 ・し尿処理施設の稼働に伴う振動による影響	・工事の実施（切土工等又は既存の工作物の除去、建設機材の稼働）に伴う振動による影響 ・資材及び機械の運搬に用いる車両の運行に伴う振動による影響
スポーツ又はレクリエーション施設等事業	・スポーツ又はレクリエーション施設の併用に伴う振動による影響	・建設機材の稼働に伴う振動による影響 ・資材及び機械の運搬に用いる車両の運行に伴う振動による影響
土地区画整理事業	_____	・建設機材の稼働に伴う振動による影響 ・資材及び機械の運搬に用いる車両の運行に伴う振動による影響
住宅地造成事業	_____	・建設機材の稼働に伴う振動による影響 ・資材及び機械の運搬に用いる車両の運行に伴う振動による影響
工業団地造成事業	・工場の稼働に伴う振動による影響	・建設機材の稼働に伴う振動による影響 ・資材及び機械の運搬に用いる車両の運行に伴う振動による影響
土石事業	・存在及び供用（発破作業、採取の用に供する機械の稼働、施設の稼働）に伴う振動による影響	_____

以上のように、対象事業ごとの影響要因を整理すると、基本的に以下のように区分される。

【振動に係る影響要因の区分】

- 自動車の走行等に起因するもの → 道路交通振動
- 列車の走行に起因するもの → 鉄道振動
- 工場の稼働等の固定発生源に起因するもの → 工場・事業場振動
- 建設機械の稼働等の建設作業に起因するもの → 建設作業振動

本技術指針マニュアルでは、上記の振動に係る影響要因の区分を踏まえ、環境影響評価に係る調査、予測及び評価の手法について記載することとする。

(2) 調査の手法

1) 調査すべき情報

調査すべき情報は、次に示すとおりであり、これらの中から対象事業の種類に応じて、選定する。

- 振動の状況
- 工事用の資材及び機械の運搬に用いる車両（以下「工事用車両」という。）の運行が予想される道路の沿道における振動の状況
- 地盤の状況

また、振動に係る環境要因の区分により分類される振動の環境要素について、一般的に調査すべき情報の内容としては、次のようなものが考えられる。

以下に、選定項目ごとの標準的に調査すべき情報を示す。

なお、対象事業実施区域及びその周囲のバックグラウンドの振動レベルを把握するために、環境振動も併せて調査しておくことが望ましい。

〔標準的に調査すべき情報の内容〕

選定項目	把握すべき情報の内容
道路交通振動	①道路交通振動（振動レベルの80%レンジの上端値(L ₁₀)） ②地盤の状況（地盤種別及び地盤卓越振動数）
鉄道振動	①鉄道振動（補正加速度レベル） 備考）補正加速度レベルとは、鉛直振動の振動数 f（単位ヘルツ）及び加速度実効値を A（単位 m/s ² ）とすると、A の基準値 A ₀ （単位 m/s ² ）に対する比の常用対数の20倍すなわち 20・log ₁₀ (A/A ₀)（単位デシベル）で表したものをいう。 この場合、A ₀ は次の値とする。 1 ≤ f ≤ 4 の場合、A ₀ = 2 × 10 ⁻⁵ f ^{1/2} 4 ≤ f ≤ 8 の場合、A ₀ = 10 ⁻⁵ 8 ≤ f ≤ 90 の場合、A ₀ = 0.125 × 10 ⁻⁵ f ②地盤の状況（地盤種別等）
工場・事業場振動	①振動の状況 ②地盤の状況（地盤種別等）
建設作業振動	①地盤の状況（地盤種別等）
環境振動	①一般環境振動（振動レベルの80%レンジの上端値(L ₁₀)）

2) 調査の基本的な手法

調査の基本的な手法は、文献その他の資料と現地調査を基本とする。

①文献その他の資料

振動の状況については、国又は地方公共団体が所有する測定資料又は文献等を収集し、調査する。地盤の状況については、地質図や土地分類図等の既存資料を収集し、表層地質や軟弱地盤の分布状況を調査する。

②現地調査

現地調査は、次に示す方法で行うことを基本とする。

a) 振動の状況

【道路交通振動】

道路交通振動の測定方法は、「振動規制法施行規則」（昭和51年総理府令第58号）に定める測定方法に準拠する。

〔道路交通振動に係る調査手法〕

区分	内 容												
測定方法	振動規制法施行規則別表第二備考4及び7に定める振動の測定方法に準拠する。 振動レベルは、5秒間隔、100個又はこれに準ずる間隔、及び個数で測定し、測定値の80%レンジの上端値を、昼間及び夜間の区分ごとにすべてについて平均した数値とする。												
測定条件	<p>○振動ピックアップの設置場所は、次のとおりとする。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・緩衝物がなく、かつ十分踏み固め等の行われている場所 ・傾斜及び凹凸がない水平面を確保できる場所 ・温度、電気、磁気等の外圍条件の影響を受けない場所 <p>○暗振動の補正は、次のとおりとする。</p> <p>測定の対象とする振動に係る指示値と暗振動（当該測定場所において発生する振動で当該測定の対象とする振動以外のものをいう）の指示値の差が10デシベル未満の場合は、測定の対象とする振動に係る指示値から以下に掲げる指示値の差ごとに、同表の右欄に掲げる補正値を減ずるものとする。</p> <p style="text-align: center;">〔表 暗振動の補正値〕</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>指示値の差</th> <th>補正値</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>3デシベル</td> <td>3デシベル</td> </tr> <tr> <td>4デシベル</td> <td rowspan="2">2デシベル</td> </tr> <tr> <td>5デシベル</td> </tr> <tr> <td>6デシベル</td> <td rowspan="4">1デシベル</td> </tr> <tr> <td>7デシベル</td> </tr> <tr> <td>8デシベル</td> </tr> <tr> <td>9デシベル</td> </tr> </tbody> </table>	指示値の差	補正値	3デシベル	3デシベル	4デシベル	2デシベル	5デシベル	6デシベル	1デシベル	7デシベル	8デシベル	9デシベル
指示値の差	補正値												
3デシベル	3デシベル												
4デシベル	2デシベル												
5デシベル													
6デシベル	1デシベル												
7デシベル													
8デシベル													
9デシベル													
測定機器	・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。この場合、振動感覚補正回路は鉛直振動特性を用い、指示計器の動特性はJIS C 1510に定めるものを用いる。												

【鉄道振動】

鉄道に関する振動は振動規制法には含まれていないが、特に新幹線鉄道振動については、環境庁が運輸省に対して「環境保全上緊急を要する新幹線鉄道振動対策について」（昭和

51年3月12日環大特第32号)の勧告を行っており、鉄道振動の測定にあたっては、これに基づくものとする。

〔鉄道振動に係る調査手法〕

区 分	内 容
測定方法	・測定は上り及び下りの列車合わせて、原則として連続して20本の列車について、当該通過列車ごとの振動のピークレベルを読みとって行う。
測定条件	○振動ピックアップの設置場所は、次のとおりとする。 ・緩衝物がなく、かつ十分踏み固め等の行われている場所 ・傾斜及び凹凸がない水平面を確保できる場所 ・温度、電気、磁気等の外囲条件の影響を受けない場所 ・指示計器の動特性は緩(Slow)
測定機器	・計量法(平成4年法律第51号)第71条の条件に合格した振動計を用い、鉛直方向について行う。この場合、振動感覚補正回路は鉛直振動特性を用い、指示計器の動特性はJIS C 1510に定めるものを用いる。

【工場・事業場振動】

工場・事業場振動は、「特定工場等において発生する振動の規制に関する基準」(昭和51年環境庁告示第90号)に定める測定方法に準拠する。

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、鉛直方向について行う。この場合、振動感覚補正回路は鉛直振動特性を用いる。

測定方法は、道路交通振動と同様であるが、振動レベルの決定は、次のとおりとする。

- 測定機器の指示値が変動せず、又は変動が少ない場合は、その指示値とする。
- 測定器の指示値が周期的又は間欠的に変動する場合は、その変動ごとの指示値の最大値の平均値とする。
- 測定器の指示値が不規則かつ大幅に変動する場合は、5秒間隔、100個又はこれに準ずる間隔、個数の測定値の80%レンジの上端の数値とする。

b)地盤の状況

地盤の状況については、地盤種別及び地盤卓越振動数を調査する。

地盤種別については、現地踏査により、表層地質や地形の状況を把握する。

また、地盤卓越振動数*については、大型車単独走行時の地盤振動を周波数分析して求めることを原則とする。

備考)*:地盤卓越振動数の実測に際しては、1/3オクターブバンド分析器を用いる。
 ピックアップの設置位置は、振動測定位置又はその付近の地盤上とする。1/3オクターブバンド分析器は騒音用(高周波数用)ではなく、2Hz前後以上から周波数分析が可能な低周波数用を用いる。測定は大型車の単独走行を対象とし、対象車両の通過ごとに1/3オクターブバンド分析器において振動加速度レベルが最大を示す周波数帯域の中心周波数を読み取る。これを10台以上の車両について測定し、その平均値を地盤卓越振動数と定義する。

3) 調査地域

調査地域は、振動に係る環境影響を受けるおそれがあると認められる区域において、住宅等の保全対象が立地する地域（住宅等が立地する地域又は住宅等の立地が予定される地域）とする。具体的には、対象事業の実施に伴う振動源の位置、振動の発生の様態、土地利用状況及び地盤の状況並びに住宅等の立地状況等を勘案し、設定する必要がある。

例えば、対象道路事業の場合、調査地域を道路端から100m程度*としている例もある。

4) 調査地点

調査地点は、調査地域のうち、振動に係る環境影響を予測及び評価するために必要な情報を適切かつ効果的に把握できる地点とする。具体的には、事業特性及び地域特性を踏まえ、予測地点に対応させ、調査地域を代表する振動の状況、地盤の状況が把握できる地点及び住居地域、病院、学校等の静穏の保持が必要とされる地点を選定する必要がある。

【道路交通振動】

道路交通振動に係る調査地点については、対象事業に係る道路の敷地境界及びその周辺地域とし、代表する振動の状況、地盤の状況が得られるよう選定する必要がある。

【鉄道振動】

鉄道振動に係る調査地点については、鉄道用地の外部で、なるべく地域の振動を代表すると考えられる屋外の地点を選定する必要がある。

【工場・事業場振動】

工場・事業場振動に係る調査地点については、対象事業実施区域の敷地境界及びその周辺地域とし、代表する振動の状況、地盤の状況が得られるよう選定する必要がある。

【建設作業振動】

建設作業振動に係る調査地点については、対象事業に係る工事区域の敷地境界及びその周辺地域とし、代表する地盤の状況が得られるよう選定する必要がある。

5) 調査期間等

a) 振動の状況

調査時期等は、1年間のうち、平均的な振動の状況が適切に把握できる時期を設定する。

調査期間及び時間帯については、法令等により期間及び時間帯の定めがある場合には、それによるものとし、特に定めがない場合は、振動の状況を適切に把握できる期間及び時間帯を設定する。なお、調査時期等の設定にあたっては、例えば、秋の行楽シーズンに集中交通が発生する等、1年間のうち、特に著しい変動が生じるような場合には、このような時期も把握しておくことが望ましい。

b) 地盤の状況

地盤の状況は、一般的には時間的変化はないものと考えられるため、地盤の状況を適切に把握できる時期とする。

6) 調査結果の整理

調査により得られたデータは、調査手法、調査日時、調査地域、使用機器等の調査の前提条件等を図表等により整理するとともに、情報の出所及びその妥当性を明らかにする。

また、現地調査により得られた振動データについては、規制基準等の適合状況を確認するとともに、調査地点の近傍で地方公共団体等が実施した測定データが入手できる場合には、それとの関係を把握しておく。

振動に係る調査結果の記載内容の例としては、次のようなものが考えられる。

【調査結果の整理内容(例)】

○振動の状況

- ・ 振動レベルの整理
- ・ 規制基準、要請限度の適合状況 等

○地盤の状況

- ・ 地盤種別、地形の状況
- ・ 地盤卓越振動数 等

(3) 予測及び評価の手法

1) 予測の基本的な手法

予測の基本的な手法としては、次に示す手法が考えられ、これらの中から対象事業の種類に応じて、選定する。

○振動レベルの80%レンジの上端値を予測するための式を用いた計算

○事例の引用又は解析

①予測手法の選定

振動に係る予測は、対象事業の実施に伴う振動レベルの変化を明らかにし、発生源の種類、規模等の事業特性及び地域特性を踏まえ、評価に際して必要な水準が確保されるよう、その手法を選定する必要がある。

予測の手法としては、振動理論による計算式や類似事例の引用又は解析等が考えられる。

なお、予測手法の選定にあたっては、事業特性、地域特性及び選定項目の特性により異なることから、次の点に留意する必要がある。

○地盤の状況

○振動発生源の規模（振動レベル等）、発生形態

○予測する選定項目の特性

○選定項目の現況

○必要とされる手法の水準（数値計算、事例の引用又は解析等）

○土地利用の状況等

②予測の前提条件の整理

予測にあたっては、次に示すような条件を整理しておく必要がある。

〔予測の前提条件の整理（例）〕

区分	主な整理内容
移動音源： 道路交通振動、鉄道振動	・道路位置、構造、路面状況、車線数(道路)、路面位置、軌道構造(鉄道) ・時間帯別交通量(道路)、運行回数(鉄道) ・時間帯別大型車混入率(道路)、車両の種類(鉄道) ・走行(運行)速度 ・自動車の走行(鉄道の運行)に係る振動レベル ・振動防止対策 ・地盤の状況 等
固定音源： 工場・事業場振動、建設作業振動	・振動源の種類、規模、位置及び数 ・基準点における振動レベル ・振動発生時間帯 ・振動防止対策 ・地盤の状況 等

③予測手法の概要

標準的な音の伝搬理論に基づく予測式による計算手法の概要は、次に示すとおりである。

【道路交通振動（自動車の走行）】

参考資料：「環境アセスメントの技術」（社団法人 環境情報科学センター、1999年8月）

①予測の概要

道路交通振動の予測は、振動レベルの80%レンジの上端値を予測する式とし、標準的に用いられる予測手法としては、土木研究所が提案した式（以下「土木研究所式」という。）がある。

土木研究所式は、1台の自動車が走行したときの発生振動レベルを設定して、モンテカルロ法による交通流を用いてシミュレーションを行い、各種の補正項を組み合わせて一般性をもたせたものである。

②予測の基本式

予測にあたっては、まず平面道路の予測基準点における振動レベル $L'_{10}(\text{平})$ をとりあげ、交通量、車線数、走行速度、路面平坦性及び地盤条件データを基に、回帰分析手法を用いて振動レベルを予測する式を作成し、これを基本として、補正項の形で道路構造の影響及び道路からの距離の影響を予測式に反映させる。

自動車の走行に係る振動の予測式及び補正項等は、以下に示すとおりである。

$$L'_{10}(\text{平}) = a \cdot \log_{10}(\log_{10} Q) + b \cdot \log_{10} V + c \cdot \log_{10} M + d + \alpha_s + \alpha_r$$

$$L_{10} = L'_{10}(\text{平}) + \alpha_s - \alpha_r$$

ここで、

$L'_{10}(\text{平})$: 予測基準点における振動レベル (dB)

L_{10} : 振動レベルの80%レンジの上端値の予測値 (dB)

Q : 500秒間の1車線当たりの等価交通量 (台/500秒/車線)

$$Q = \frac{500}{3600} \times 1/M \times (Q_1 + 13Q_2)$$

Q_1 : 小型車時間交通量 (台/時)

Q_2 : 大型車時間交通量 (台/時)

V : 平均走行速度 (km/時)

M : 上下線合計の車線数

α_s : 路面の平坦性 (σ) による補正值 (dB)

α_r : 地盤卓越振動数 (f) による補正值 (dB)

α_s : 道路構造による補正值 (dB)

α_r : 距離減衰値 (dB)

a, b, c, d : 定数

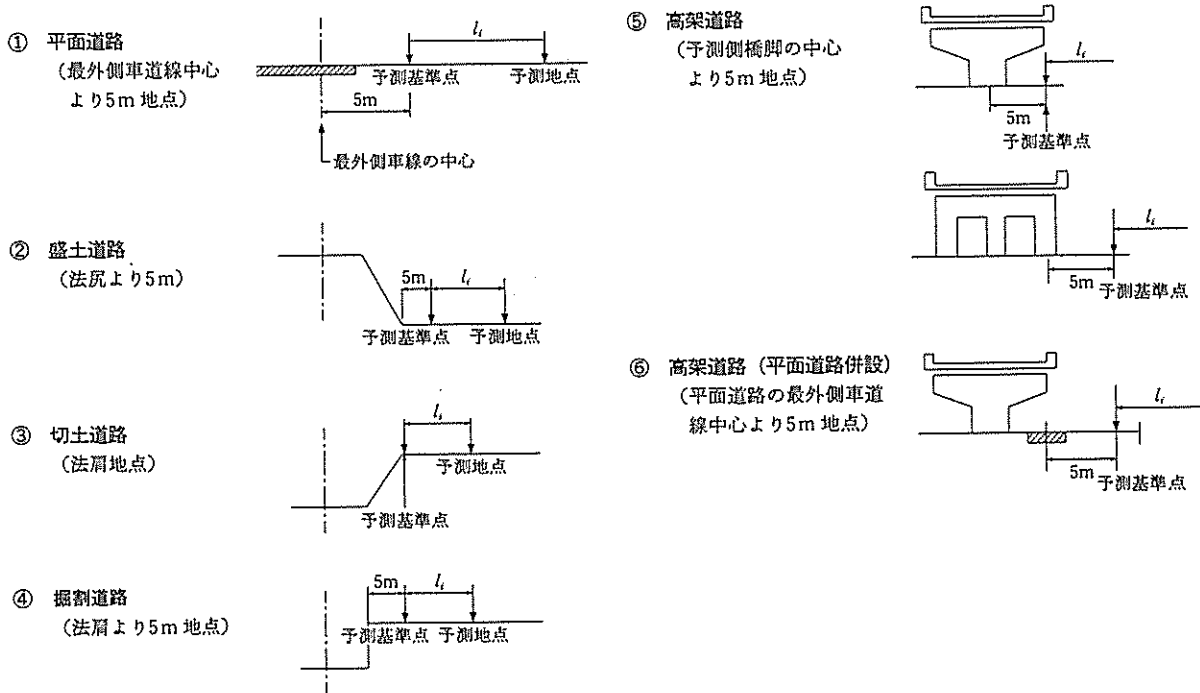
各補正值及び定数の一覧並びに予測基準点の位置は、次に示すとおりである。

[道路交通振動予測式の係数値及び補正值]

道路構造	a	b	c	d	α_0	α_1	α_2	$\alpha_3 = \beta \frac{\log_{10}(L/5+1)}{\log_{10}2}$ l: 予測基準点から予測地点までの距離(m)
平面道路 (高架道路に併設された場合を除く)	65	6	4	35	○ $\sigma \geq 1.0(\text{mm})$ のとき アスファルト舗装では $14 \log_{10} \sigma$ コンクリート舗装では $18 \log_{10} \sigma$ ○ $\sigma < 1.0(\text{mm})$ では 0	○ $f \geq 8 \text{ Hz}$ のとき $-20 \log_{10} f$ ○ $8 \text{ Hz} > f \geq 4 \text{ Hz}$ のとき -18 ○ $4 \text{ Hz} > f$ のとき $10 \log_{10} f - 24$	0	β : 粘土地盤では $0.006 L_{10}^{-1} - 16$ 砂地盤では $0.119 L_{10}^{-1} - 3.2$
盛土道路							$-1.4H - 1.3$ H: 盛土高さ(m)	$\beta: 0.007(L_{10} + \alpha_2) - 1.8$
切土道路							$-0.87H - 1.7$ H: 切土深さ(m)	$\beta: 0.134(L_{10} + \alpha_2) - 3.2$
掘削道路							$-4.7H + 5.9$ H: 掘削深さ(m)	$\beta: 0.058(L_{10} + \alpha_2) - 1.6$
高架道路	54	6	2	1本橋脚のとき18 2本以上の橋脚のとき20	$0.4 \log_{10} H_r$ H_r : 伸縮継手部より±5m範囲内の路面の最大高低差(mm)	○ $f \geq 8 \text{ Hz}$ のとき $-5 \log_{10} f$ ○ $8 \text{ Hz} > f \geq 4 \text{ Hz}$ のとき -4.5 ○ $4 \text{ Hz} > f$ のとき $2.51 \log_{10} f - 6$	0	$\beta: 0.072 L_{10}^{-1} - 2.2$
高架道路に併設された平面道路	65	6	4	29	○ $\sigma \geq 1.0(\text{mm})$ のとき アスファルト舗装では $14 \log_{10} \sigma$ コンクリート舗装では $18 \log_{10} \sigma$ ○ $\sigma < 1.0(\text{mm})$ では 0	○ $f \geq 8 \text{ Hz}$ のとき $-20 \log_{10} f$ ○ $8 \text{ Hz} > f \geq 4 \text{ Hz}$ のとき -18 ○ $4 \text{ Hz} > f$ のとき $10 \log_{10} f - 24$		

備考) σ : 路面平坦性標準偏差 (mm)、 f : 地盤卓越振動数

出典: 「道路環境整備マニュアル」(社団法人 日本道路協会編、平成4年4月)



注 l_i : 予測基準点から予測地点までの距離

出典: 「道路環境整備マニュアル」(社)日本道路協会、平成4年4月)

[予測基準点の位置]

【道路交通振動（工事用の資材及び機械の運搬に用いる車両の運行）】

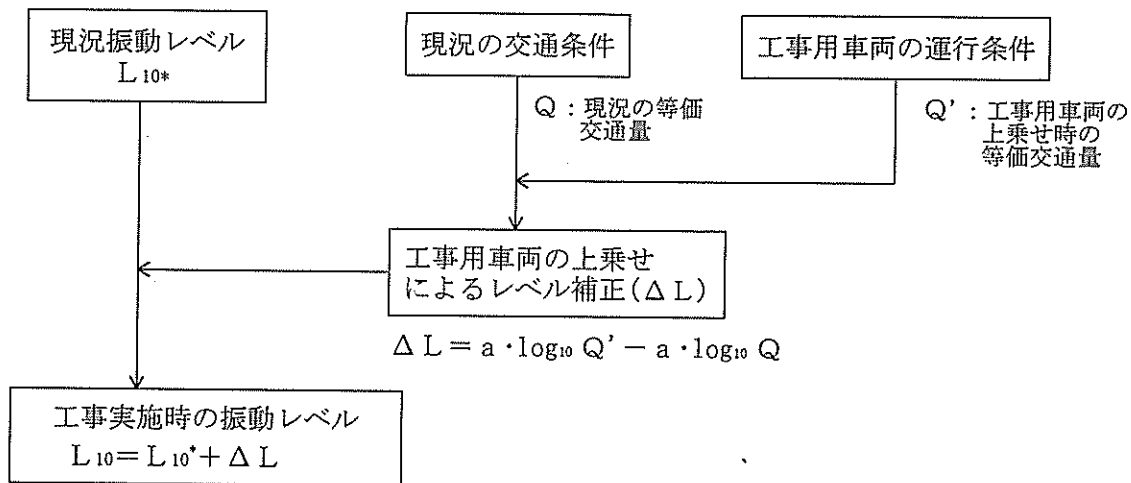
参考資料：「ダム事業に係る環境影響評価の考え方」（河川事業環境影響評価研究会、平成11年6月）

①予測の概要

工事用の資材及び機械の運搬に用いる車両（以下「工事用車両」という。）の運行に係る予測方法は、年間の平均的な1日の昼間の振動レベルの80%レンジの上端値を予測するための式を用いた計算による方法とし、既存道路の現況振動レベルに基づいて、工事車両の運行による振動レベルを予測する。

また、予測断面は、原則として工事用道路から既存道路への接続が予想される既存道路の代表区間（接続位置近傍）に設定し、予測地点は、既存道路の幅員及び敷地の境界とする。工事用車両の平均日交通量は、予想される工事内容及び地域特性を考慮して設定する。

予測手順は、次に示すとおりである。



〔予測の手順（工事用車両の運行に係る振動）〕

②予測の基本式

工事用車両の運行に係る振動の予測式は、次に示すとおりである。

$$L_{10} = L_{10}^* + \Delta L$$

$$\Delta L = a \cdot \log_{10} Q' - a \cdot \log_{10} Q$$

ここで、

L_{10} : 振動レベルの80%レンジの上端値の予測値 (dB)

L_{10}^* : 現況の振動レベルの80%レンジの上端値 (dB)

Q' : 工事用車両の上乗せ時の500秒間の1車線当たりの等価交通量

(台/500秒/車線)

$$Q' = \frac{500}{3600} \times 1/M \times \{N_L + K(N_H + N_{HC})\}$$

N_L : 現況の小型車時間交通量 (台/時)

N_H : 現況の大型車時間交通量 (台/時)

N_{HC} : 工事用車両台数 (台/時)

Q : 現況の500秒間の1車線当たりの等価交通量 (台/500秒/車線)

K : 大型車の小型車への換算係数 (時速 $V \leq 100\text{km/h}$: 13, $V > 100\text{km/h}$: 14)

a : 定数 ($a = 10$)

【鉄道振動】

参考資料：「環境アセスメントの技術」（社団法人 環境情報科学センター、1999年8月）

①予測の概要

鉄道振動の予測は、一般的に適用し得る予測手法は確立されておらず、既存の知見及び実測データからの類推によっているのが現状であり、類似の実測事例や回帰式等を参考に予測する。

②予測の基本式

鉄道振動に係る予測の基本式は、次に示すとおりである。

a) 在来線

a. 距離と振動レベルの関係

○平坦： $VL = 86 - 19 \log_{10} r$ （標準偏差；3.1dB）

○高架： $VL = 65 - 9 \log_{10} r$ （標準偏差；3.0dB）

ここで、

VL ：振動レベル

r ：最寄りの路線の中心線から距離で5～40mとする。

b. 走行速度と振動レベルの関係

○ロングレール区間： $VL = 0.17V + 55$ （標準偏差；1.9dB）

○レール継目中間点： $VL = 0.13V + 62$ （標準偏差；1.6dB）

○レール継目： $VL = 0.15V + 63$ （標準偏差；1.3dB）

ここで、

VL ：最寄りの路線の中心線から10m地点におけるZ方向の振動レベル

V ：走行速度

b) 地下鉄

a. 複線開削箱型及び複線シールドトンネル

$$L = A - 20 \log_{10}(X/3) - 20 \log_{10}(Y/40)^{1.2} + 20 \log_{10}(Z/40)$$

ここで、

L ：地表面振動の鉛直振動レベル

X ：トンネルからの距離 $50 > X > 3$ (m)

Y ：トンネル重量 $150 > Y > 30$ (t/m)

Z ：列車走行速度 $75 > Z > 30$ (km/h)

A ：軌道種別による振動レベル

b. 単線シールドトンネル

$$L = A - 20 \log_{10}(X/15) - 20 \log_{10}(Y-20)^{1.2} + 20 \log_{10}(Z/40)$$

ここで、

L ：地表面振動の鉛直振動レベル

X ：トンネルからの距離 $50 > X > 3$ (m)

Y ：トンネル重量 $150 > Y > 30$ (t/m)

Z ：列車走行速度 $75 > Z > 30$ (km/h)

A ：軌道種別による振動レベル

c) 新幹線

a. ラーメン橋区間

$$Y(R) = V_1 + a_1 X_1 + a_2 X_2 + a_3 X_3 + a_4 X_4 + \alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + C + A_1 \log_{10}(R/10) + A_2 \log_{10}(R-10) + \alpha_4 + \alpha_5$$

ここで、

- Y(R) : 距離Rの鉛直振動レベル (量的)
- V₁ : 列車速度 (質的)
- a₁X₁ : 単位長さコンクリート量 (量的)
- a₂X₂ : 梁剛度 (量的)
- a₃X₃ : 柱剛度 (量的)
- a₄X₄ : フーチング底面積 (量的)
- α₁ : 軌道形式 (質的)
- α₂ : フーチング形式 (質的)
- α₃ : 基礎・地盤条件 (質的)
- C : 定数
- A₁log₁₀(R/10)+A₂log₁₀(R-10) : 距離減衰 (A₁、A₂は質的)
- α₄ : 地表面横断状況 (質的)
- α₅ : 障害物有無 (質的)

b. 桁橋 (PC、RC桁) 区間

$$Y(R) = 0.04V - 0.36X + \alpha + A_1 \log_{10}(R/10) + A_2 \log_{10}(R-10)$$

ここで、

- Y(R) : 距離Rの鉛直振動レベル (量的)
- V₁ : 列車速度 (量的)
- X : スパン長 (量的)
- α : 基礎・地盤条件 (量的)
- A₁log₁₀(R/10)+A₂log₁₀(R-10) : 距離減衰 (A₁、A₂は質的)

c. 高架区間

$$VL = VL(5) - \Delta VL \cdot \frac{\log_{10}(r/5)}{\log_{10} 2}$$

$$\Delta VL = (1/r) \cdot \exp(-h/C_r) \cdot \omega_r$$

$$VL(5) = 2.3 \cdot \Delta VL + \kappa$$

$$\kappa = 88 - 2.5 C_v, 8 < C_v < 14$$

ここで、

- VL : 振動レベル
- VL(5) : 高架中心から離れた振動レベル
- C_v : 単位長さコンクリート量
- r : 距離
- h : 減衰定数
- ω_r : 角振動数
- C_r : レーリー波の伝搬速度

【工場・事業場振動】

参考資料：「環境アセスメントの技術」（社団法人 環境情報科学センター、1999年8月）

①予測の概要

工場・事業場の振動は、機器、建屋の構造、機器の設置状況等によって振動レベルが大きく異なるため、予測式として一般化するのは難しいのが現状である。

工場・事業場振動の予測にあたっては、類似事例の各種の作業機械や防振対策別の振動レベルの測定結果や環境保全対策の内容等を基に、類似事例の引用又は解析により、振動レベルを推定する。

②予測の基本式

参考として、予測式の事例を以下に示す。

地面を半無制限の均質な弾性体と仮定すると、1点を中心として広がる波動は、幾何減衰と呼ばれる距離のn乗に反比例する減衰の項と土の内部定数による項との関数として次式により表される。

《振動の距離減衰式》

$$L_r = L_0 - 20 \log_{10}(r/r_0) - 8.68 \alpha (r - r_0)$$

ここで、

L_r : 振動発生源からr(m)の距離における振動レベル(予測値dB)

L_0 : 振動発生源から r_0 (m)の距離における振動レベル(実測値dB)

n : 半無限の自由表面を伝わる実体波の場合n=2(倍距離-12dBに相当)

無限体を伝播する実体波の場合n=1(倍距離-6dBに相当)

表面波の場合n=1/2(倍距離-3dBに相当)

α : 地盤の内部減衰(粘土 : 0.01~0.02、シルト : 0.02~0.03)

$$\alpha = (2\pi f/V)h$$

f : 周波数(Hz)

V : 伝搬速度(m/s)

h : 損失係数(岩 : 0.01、砂・シルト : 0.1、粘土・粘土質土壌 : 0.5)

【建設作業振動】

参考資料：「環境アセスメントの技術」（社団法人 環境情報科学センター、1999年 8月）

①予測の概要

建設作業振動には、建設機械の稼働による振動と発破による振動が考えられる。建設作業振動の予測にあたっては、類似事例の建設機械の振動レベルの測定結果や建設機械の環境保全対策の内容等を基に、類似事例の引用又は解析により、振動レベルを推定する。

②予測の基本式

参考として、建設作業振動と発破振動の予測式を次に示す。

a) 建設作業振動

建設作業振動の予測では、発生源での振動レベルを設定するとともに、振動伝搬する地盤における距離減衰特性を推定し、それらをもとに予測値を算出する。一般には、前記の「工場・事業場」に係る予測の基本式で示した振動の距離減衰式を用いて求める。

b) 発破振動

発破振動の予測にあたっては、可能であれば少量の火薬による試験発破を実施し、その結果から実験式を求めて適用する方法が望ましい。

なお、発破振動については、距離、薬量を主な入力条件とした予測手法が提案されており、この手法では、振動速度振幅を算出し、振動レベルへ換算する。

発破源から伝搬する振動速度振幅は、次式によって求める。

$$P P V = K \cdot W^m \cdot D^{-n}$$

ここで、

P P V：振動速度振幅の最大値(cm/s又はkine)

W：薬量(kg)

D：発破源からの距離(m)

K：発破係数

m：薬量に関する係数

n：距離減衰に関する係数

〔諸定数の参考値〕

区 分	K	m	n
ベンチ発破	100～ 500	2/3	2
トンネル発破	450～1000		

振動レベルへの変換は、次に示すとおりである。

a. 単発発破の場合

$$L_{vs} = 20 \log_{10}(P P V) + 10 \log_{10}(1 - e^{-T_d/0.63}) + 85$$

ここで、

L_{vs} ：単発発破の場合の振動レベル(dB)

T_d ：振動の継続時間

(例えば、明かりの発破の場合；0.3秒、トンネル発破の場合；0.15秒)

b. 段発発破の場合

$$L_v = L_{vs} + 8 \log_{10}(1400/T_i)$$

ここで、

L_v : 段発発破の場合の振動レベル(dB)

T_i : 秒時差10~250ms (使用する雷管で決定)

[爆破による地盤振動伝搬推定式]

推定式の指示者	推定式	成立条件	備考
変位速度 振動最大値 V	伊藤	$V = K \cdot W^{2/3} \cdot D^{-2}$	K=250~1,000 K=15~21 ダイナマイト 黒色火薬
	旭化成(株)	$V = K \cdot W^{2/3} \cdot D^{-n}$	30<D<1,500 10<W<3,000 K=500~1,000 K=300~500 K=200~500 n=2.0 n=2.5~3.0 心抜き発破の場合 その他の払発破の場合 ベンチ発破の場合 発破地点及び物件間の地質が岩盤の場合 発破地点及び物件間の地質が粘土の場合
	日本化薬(株)	$V = K \cdot W^{2/3} \cdot D^{-2}$	5<D<3,000 0.2<W<4,000 K=450~900 K=200~500 K=300~700 K=100~300 K=300~2,000 坑道掘進の心抜き発破の場合 坑道掘進のすけ、払い、天盤発破の場合 坑道掘進のふまえ発破の場合 大口径ベンチ発破の場合 盤打ち、ゆるめ発破の場合
	日本油脂(株)	$V = K \cdot \left(\frac{D}{\sqrt{W}}\right)^{-1.5}$	K=80±40 K=60±20 K=20±10 K=50±30 K=45±25 K=15±10 隧道発破：ダイナマイト(2履、3桐) 隧道発破：低爆速爆薬 隧道発破：コンクリート破砕器 あかり発破：ダイナマイト(2履、3桐) あかり発破：低爆速爆薬 あかり発破：コンクリート破砕器
	吉川他	$V = K \cdot W^{2/3} \cdot D^{-2}$	K=100~700
変位振動 最大値 A	畑中	$A = 400 \cdot K \cdot W^{2/3} \cdot D^{-2}$ $A = 5.2 \cdot K \cdot W^{2/3} \cdot D^{-1.2}$	15<D<250 250<D<1,500 K=7.0 K=2.5 K=1.0 表土層が波長に比べて厚い場合 表土層が波長に比べて薄い場合 表土層がない場合
	U. S. Bureau of Mines	$A = 30.1 \cdot K (e^{0.0044W} + 0.0143) \cdot W^{2/3}$	152<D<1,829 454<W<4,536 K=0.1 K=1 K=3 表土層がない場合 表土層の厚さが普通(波長の1/2~1/4以下) 表土層の厚さが厚い(波長の1/2以上)

注) 1. 各推定式は単位を統一して表示した。

2. 記号の単位。V: 振動速度(cm/sec)、K: 定数、D: 爆源からの距離(m)、A: 最大振動(μ)、W: 爆発薬量(kg)

出典: 「建設工事に伴う騒音振動対策ハンドブック(改訂版)」(社団法人 日本建設機械化協会編、1987)

2) 予測地域

予測地域は、調査地域のうち、振動に係る環境影響を受けるおそれがあると認められる区域において、住宅等の保全対象が立地する地域（住宅等が立地する地域又は住宅等の立地が予定される地域）とする。

【道路交通振動】

道路交通振動に係る予測地域は、計画路線の道路構造、沿道の地盤の状況、住宅等の立地状況等を勘案し設定する必要がある、おおむね道路端から100mの範囲*が考えられる。

【鉄道振動】

鉄道振動に係る予測地域は、計画路線の鉄道構造、沿線の地盤の状況、住宅等の立地状況等を勘案し設定する必要がある、おおむね鉄道用地境界から100mの範囲**が考えられる。

【工場・事業場振動】

工場・事業場振動に係る予測地域は、対象事業に係る振動発生源の種類、規模及び立地場所等を勘案し設定する必要がある。

【建設作業振動】

建設機械の稼働に係る予測地域は、対象事業に係る工事区域及びその周辺地域、並びに工事用車両の運行が予想される道路の沿道が考えられる。

3) 予測地点

予測地点は、予測地域のうち、振動に係る環境影響を的確に把握できる地点とする。具体的には、住居地域、病院、学校等の分布状況、発生源の状況等を勘案し、予測地域を代表する地点、特に環境影響を受けるおそれがある地点、環境を保全すべき対象等への影響を的確に把握できる地点などの観点から、適切に設定する。

【道路交通振動】

自動車の走行に係る予測地点は、対象道路における道路構造、交通条件が変化するとともに住宅等が近接して立地する又は予定される位置を代表断面として選定し、この代表断面における対象道路の区域の境界を予測地点として設定することが考えられる。

工事用車両の運行に係る予測地点は、原則として工事用道路が既存道路に接続が予想される箇所の既存道路の敷地の境界線を予測地点として設定することが考えられる。

【鉄道振動】

鉄道振動に係る調査地点については、鉄道用地の外部で、なるべく地域の振動を代表すると考えられる屋外の地点を選定する必要がある。

出典：* 「道路環境整備マニュアル」（社団法人 日本道路協会編、平成4年4月）

** 「環境影響評価制度総合研究会技術専門部会関連資料集」（環境庁企画調整局環境影響評価課、平成8年6月）

【工場・事業場振動】

工場・事業場振動に係る調査地点については、対象事業実施区域の敷地境界及びその周辺地域とし、代表する振動の状況、地盤の状況が得られるよう選定する必要がある。

【建設作業振動】

建設作業振動に係る予測地点は、建設機械が稼働する区域における振動規制法施行規則第11条の敷地境界及びその周辺地域とする。

4) 予測対象時期等

①工事中

工事中における予測対象時期等は、工事の実施による振動に係る環境影響が最大となる時期とする。具体的には、工事工程において、工事用の重機等からの振動レベルが最大となる時期や周辺の住宅等への影響が最大となる時期が考えられる。

また、工事工程が長期にわたる場合などには、各工期・工区ごとに予測する必要がある。

②存在・供用時

存在・供用時における予測対象時期等は、対象事業の活動が定常状態となる時期とする。

また、事業が段階的に併用される場合や定常状態に至るまで長期間を要するような場合には、事業による影響が最も大きくなる時期や中間段階の時期なども対象とする必要がある。

5) 予測の不確実性の検討

①予測条件の不確実性

a) 発生源条件

予測モデルに用いる発生源条件は、類似事例の実態調査や稼働条件の検討を行い、できる限りの確に発生源の実態を把握するとともに、事業計画の熟度に応じて、各種の諸元を適切に設定し、不確実性をできる限り減少させる努力をする必要がある。

なお、発生源に関連して、予測結果に影響を及ぼす項目として、次のようなものが考えられる。

〔予測結果に影響を及ぼすと考えられる発生源条件（例）〕

区 分	主 な 内 容
道路交通振動	・計画交通量、走行速度 ・車種構成割合、自動車の振動レベル ・道路構造 等
鉄道振動	・運行回数、運行速度 ・車両の種類、鉄道の振動レベル ・構造 等
工場・事業場振動	・工場・事業場の種類、位置、規模、数等 ・基準点における振動レベル 等
建設作業振動	・発生源（建設機械）の種類、位置、規模等 ・建設機械の振動レベル 等

b) パラメーター

予測式中のパラメーター等に起因する問題としては、発生源の特性や予測地点の状況に応じたパラメーターを用いて、適切にモデル化が十分に行われたかが焦点になる。

例えば、道路交通振動を例にとれば、パラメーターの設定で特に問題となるものとして、路面の平面特性の補正項、地盤卓越振動数による補正項等があり、これらの補正項を算定するためのパラメーターは予測地点における道路や地盤の状態を的確に表現できるように設定し、モデル化を行う必要がある。

②予測手法の不確実性

鉄道振動や工場・事業場振動の予測手法は、一般的に適用し得る手法は確立されていないが、これらの項目に対して、科学的な知見のない新規の手法を用いる場合は、予測の不確実性が高くなるので注意が必要である。

③予測の前提として用いた環境保全対策の不確実性

新規又は未検証の環境保全対策を講じる場合など、その効果が科学的に不明な場合があり、こうした場合には、予測自体の不確実性が大きくなるので注意が必要である。

6) 予測結果の整理

予測の結果は、予測の条件（予測地域、予測地点、予測時期、予測モデル、用いたパラメーター等）及びその設定根拠を図や表等により整理するとともに、予測値と現況値、予測の前提とした環境保全措置等を整理する。また、予測値と規制基準との関係や要請限度との関係を明らかにする。また、予測結果を整理する方法としては、一般的には、図面上に予測地点及び予測結果をプロットして表示する方法と、同一の予測振動レベルを線で結ぶ等振動線（コンター）により表示する方法があり、予測の結果が適切に表示できるよう、適宜選定して行う必要がある。

振動に係る予測結果の記載内容の例としては、次に示すようなものが考えられる。

【予測結果の整理内容(例)】

- 等振動線(コンター)図
- 振動レベル予測結果(現況値、予測値)表
- 規制基準、要請限度との比較結果(達成状況)表 等

7) 環境保全措置の検討

振動に係る選定項目について環境影響がないと判断される場合及び環境影響の程度が極めて小さいと判断される場合以外の場合には、環境保全措置の検討を行う必要がある。

振動についての環境保全措置は影響要因の内容に応じて、事業特性並びに地域特性を勘案して、適切に検討する必要がある。

道路交通振動についての環境保全措置は、交通量の抑制など発生源側での対策、路面平坦性の確保や舗装構造の改良などの道路構造側での対策が考えられる。鉄道振動についての環境保全措置としては、車両や軌道の構造対策等の振動源対策、遮振壁の設置による伝搬経路

上での対策が考えらる。また、工場・事業場振動についての環境保全措置としても振動源対策、地盤伝搬経路上での対策などの振動伝達の減少策が考えられる。建設作業振動についての環境保全措置は、建設作業による大気質、騒音の環境保全措置の考え方と同様に、施工計画段階で検討すべき対策と、建設工事の実施段階での配慮すべき対策とに区部される。

振動に係る一般的な環境保全措置の例としては、次のようなものがある。

〔振動に係る環境保全措置の例〕

区 分	環境保全措置の内容、効果等
道路交通振動	<ul style="list-style-type: none"> ・人や物資の輸送手段の変更、効率化等による発生交通量の抑制 ・大型車の走行車線の限定 ・高架道路のジョイントレス化（ジョイント部からの振動発生の低減） ・軟弱地盤の改良（路床部からの振動発生の低減） ・路面平坦性の確保、舗装構造の改善、段差の解消等 ・環境施設帯の設置（距離減衰による減衰効果）
鉄道振動	<ul style="list-style-type: none"> ・車両構造対策（車両、車輪の保守） ・軌道構造対策（ロングレールの採用、バラストマット等の敷設） ・防振溝、防振壁などの設置
工場・事業場振動	<ul style="list-style-type: none"> ・振動源対策（振動発生の少ない機械や作業工程の採用など） ・防振用ばね等弾性支持対策、施設設置位置の変更 ・防振溝、防振壁などの設置 ・緩衝緑地帯等の設置
建設作業振動	<ul style="list-style-type: none"> ・工法の変更、低振動型建設機械の採用 ・防振装置の採用 ・工事用車両の運行ルート分散、工事工程の平準化 ・作業方法の改善（同時稼働、高負荷運転を極力避ける等） ・作業時間の改善（早朝や夜間の作業の回避）

8) 評価の手法

①回避又は低減等の評価

評価は、対象事業の実施により生じるおそれがある振動による影響が、事業者により実行可能な範囲内で、できる限り回避又は低減されているかどうかの観点から行う。

この際、振動に係る選定項目についての調査及び予測の結果から、環境影響がないと判断される場合及び環境影響が極めて小さいと判断される場合には、そのことをもって評価し、調査及び予測の結果を踏まえ、環境保全措置の検討を行った場合には、環境保全措置の実施による環境影響の回避又は低減の程度をもって評価する。

振動に係る選定項目について、環境影響がない、又は極めて小さいと判断される場合は、対象事業実施区域及びその周囲の住宅等の保全対象が立地する地域において、対象事業の実施により振動レベルが現状から変化しない、又はほとんど変化しない、場合などが

考えられる。

したがって、評価にあたっては、対象事業の実施により発生する振動レベルと現状の振動レベルとを比較することなどにより、振動レベルの変化の状況を可能な限り定量的に把握したうえで、対象事業の実施による影響の程度を明らかにすることが重要である。

②基準又は目標との整合

国、関係する地方公共団体により環境の保全の観点から振動に係る選定項目についての基準、目標等が示されている場合には、その基準、目標等との整合性が図られているかどうかの検討を行う。