

第5章 計測事例を活用したAHP手法《試行②》

(ケーススタディ：工事の騒音・振動低減コスト)

5.1 試行の概要

計測事例を活用したAHP手法を使い、工事中の騒音・振動低減コストの原単位作成を試みた。

試行においては、工事騒音と工事振動のレベルと期間を要素とする代替案を設定し、次に原単位が存在する自動車騒音を代替案とペア比較することにより各代替案の貨幣価値を推定、さらに貨幣価値を被説明変数、工事騒音・振動のレベルと期間を説明変数とする回帰式を求めて、工事騒音・振動低減コストの原単位を作成することとした。試行フローを図5-1に示す。

なお、ペア比較のためのアンケート調査は、経済性と調査期間の短縮の観点から、インターネットを用いる調査とした。インターネット調査は、発注者である国土交通省のホームページに掲載する方法と調査プロバイダーに委託する方法の2つが考えられたが、短期間により多くの回答を得るためには、数多くのモニターを抱え、また設問数や提示画面数、回収票数などといった容量に係わる制限が小さいことから調査プロバイダーに委託することとした。

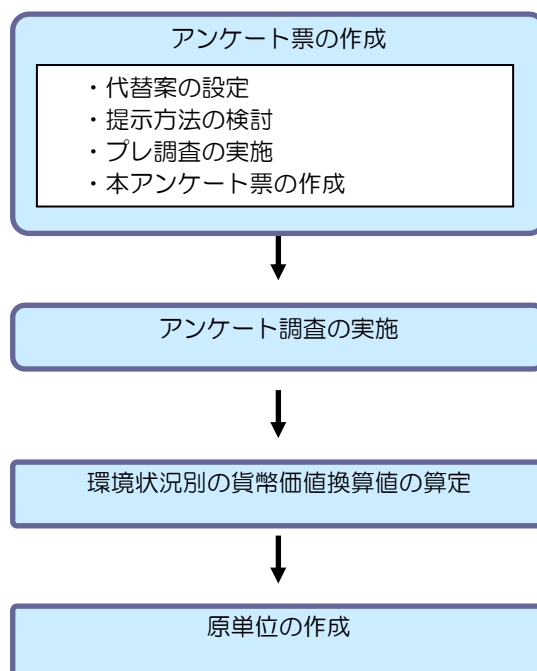


図5-1 計測事例を活用したAHP手法の試行フロー

5. 2 主な技術的課題とその対応策

5.2.1 要素間のペア比較不可への対応

①内容

事前調査で「工事騒音と工事振動のどちらの項目を重要視するか」を質問したところ、ほとんどの回答者が「比較できない」という結果で、「工事騒音と工事振動の大きさが分からないと比較できない。」という意見が多かった。これに対し、工事騒音と振動にレベル(dB)と期間を与えた音声や画像で表現し、代替案として比較評価させてみると、ほとんどの人が比較できた。

この状況は、一般的なAHPによる調査と全く逆の状況となっている。すなわち、AHPでは代替案のプライオリティが分からないために、代替案を構成する要素のペア比較を行うが、試行の対象とした工事騒音・振動に関しては、それらを構成要素とする代替案のプライオリティは分かるが、要素である工事騒音と工事振動のペア比較ができない状況であり、AHPによる総合評価値算定ができない。

②対応策

代替案間のペア比較はできるが、要素間のペア比較ができない状況を考慮し、代替案の重みから各要素の原単位を作成することとし、以下のとおり対応する。

<対応の手順>

- ① 貨幣価値が既知の評価対象財と各代替案のペア比較の実施
- ② 各代替案の貨幣価値の算定
- ③ 各要素の原単位作成

5. 3 階層構造の設定

本試行では、はじめにAHP調査を適用し、工事騒音・振動のレベルと期間を組み合わせた代替案と自動車騒音をペア比較し、各代替案の相対的な重みを計算する。

代替案は、アンケート回答者の負担を少なくするため、工事騒音と工事振動を分けて設定し、工事騒音レベルと工事期間、工事騒音レベルと工事期間の組合せとした。

工事騒音と工事振動のレベルは、工事騒音規制法及び振動規制法で規定されている値に対し屋内で想定される最大値を上限として、表 5-2 及び表 5-3 に示すとおり

表 5-1 代替案一覧

| 区分 | レベル | 工事期間 | 名称 |
|------|---------|---------|--------|
| 工事騒音 | 75dB(A) | 3日間 | A |
| | | 1週間 | B |
| | 65dB(A) | 1週間 | C |
| | | 2週間 | D |
| | | 1ヶ月 | E |
| | 55dB(A) | 2週間 | F |
| | | 1ヶ月 | G |
| 工事振動 | 80dB | 3日間 | H |
| | | 1週間 | I |
| | 70dB | 1週間 | J |
| | | 2週間 | K |
| | | 1ヶ月 | L |
| | 60dB | 2週間 | M |
| | | 1ヶ月 | N |
| | 自動車騒音 | 60dB(A) | 毎日(永久) |

設定した。交通騒音は、騒音規制法における昼間の要請限度値（等価騒音レベル）を屋内で窓開け状態（10dB(A)減）で聞く状況を想定した。

期間については、工事の実質的な期間等を参考に表 5-4 に示すとおり設定した。

また、全ての代替案の組合せでペア比較すると、ペア比較する量が多くなり回答者の負担が多く回答精度が悪くなることが想定される。そのため、ペア比較する際に、工事期間が同じでレベルが違う代替案など、優劣が明らかになるものは除き、さらに、中位レベルと低位レベルの代替案など、優劣の判断がしにくいものは除いた。その結果、代替案は表 5-1 のとおり工事騒音を A～G、工事振動を H～N と設定した。

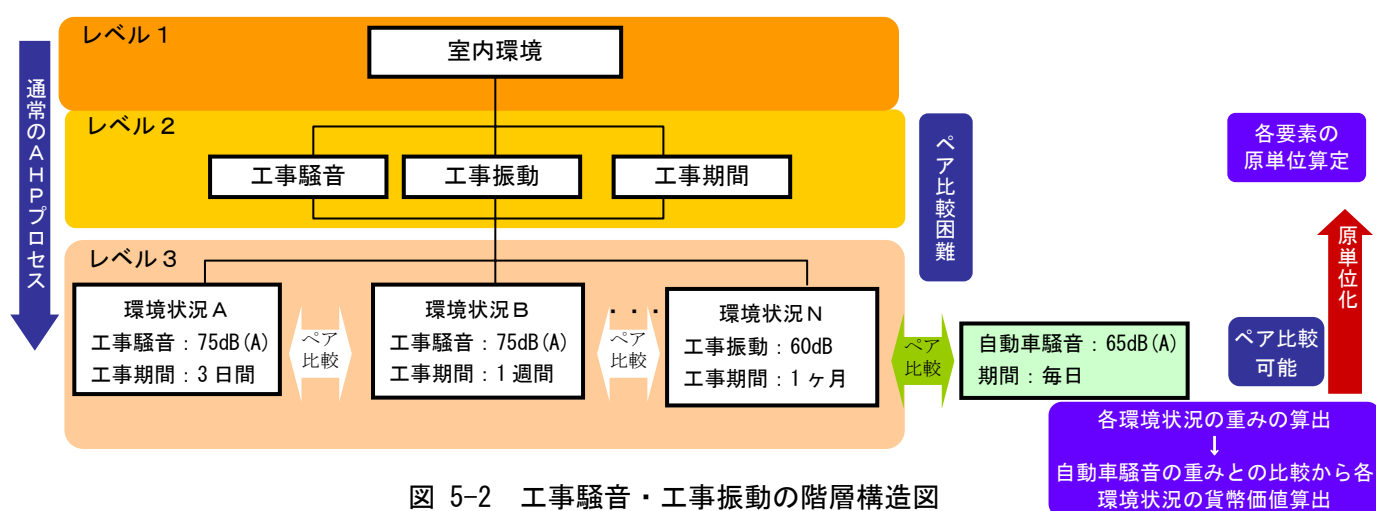


図 5-2 工事騒音・工事振動の階層構造図

表 5-2 工事騒音のレベル

| 区分 | レベル | 理由 |
|--------|----------|---|
| 最大レベル | 75dB(A) | <ul style="list-style-type: none"> 規制値 85dB(A)を屋内で開窓で聞く状況を想定。 建物の遮音性により、窓開で約 10dB（窓閉で約 25dB）減がある。 |
| 最小レベル | 55dB(A) | <ul style="list-style-type: none"> 人が不快を感じ始めるレベル。 換気扇やエアコン室外機等に相当。 |
| レベルの段階 | 10dB(A)毎 | <ul style="list-style-type: none"> ほとんどの人が騒音の違いを感じることができるレベル差。 10dB(A)減ると、音量が半分になったように聞こえる。 |

工事騒音レベル : 75dB(A)、65dB(A)、55dB(A) の3ケース

表 5-3 工事振動のレベル

| 区分 | レベル | 理由 |
|--------|--------|---|
| 最大レベル | 80dB | <ul style="list-style-type: none"> ・規制値 75dB を屋内で体感する状況を想定。 ・振動規制法の規制値は、家屋による振動増幅を 5dB として設定している。 |
| 最小レベル | 60dB | <ul style="list-style-type: none"> ・屋内にいる一部の人が、わずかな揺れを感じるレベル。 |
| レベルの段階 | 10dB 毎 | <ul style="list-style-type: none"> ・ほとんどの人が振動の違いを感じることができるレベル差。 ・震度も概ね 10dB ピッチとなっている。 |

工事振動レベル : 80dB、70dB、60dB の3ケース

表 5-4 工事期間のレベル

| 区分 | 期間 | 理由 |
|-------|------|---|
| 最長期間 | 1ヶ月 | <ul style="list-style-type: none"> ・特定建設作業が、1箇所でも何日も間続くことは非常に少ない。 ・一般の方へのヒアリング結果によれば、1ヶ月以上の期間になると、工事期間による「迷惑度」の違いを想定・判断できなくなるようである。 |
| 最短期間 | 3日間 | <ul style="list-style-type: none"> ・1日であれば、工事の騒音・振動の回避行動も比較的容易であるが、3日間となると容易ではなくなる。 ・下記の「期間の段階」で提案している倍々方式の提示方法を採用する場合、次の段階は1週間であることから、1週間の半分の3日間が妥当であるといえる。4日間の場合には、週5日制等の普及により、人によっては1週間との差を感じとれないことも考えられる。 |
| 期間の段階 | 倍々方式 | <ul style="list-style-type: none"> ・期間の違いが明確に分かるように、倍々方式（下記参照）とした。 ・一般の方へのヒアリング結果によれば、3日間と4日間の違いとか、1週間と10日間の違い等のように比較的近い期間の違いは想定・判断できないようである。 |

工事期間 : 3日間、1週間、2週間（半月）、1ヶ月 の4ケース

5. 4 アンケート調査票の作成

5. 4. 1 工事騒音及び自動車騒音の提示

調査では、単に騒音レベルを示すだけでなく、工事騒音、自動車騒音といった音質（音源）の違いを提示する必要がある。また、コンピューターのスピーカーでその音量の違いも提示する必要がある。さらに、工事騒音や自動車騒音を日常生活で体験する状況を画面等で表現することも重要と考えた。

これらの課題に対しては、「家でくつろいでテレビを見ている状況」を想定し、「テレビ音との相対的な騒音レベルの比較」ができるような「映像（動画＋音声）」を提示することとし、提示内容は、「家でくつろいでテレビを見ている人の映像」と「テレビ音声と工事騒音の合成音声、テレビ音声と自動車騒音の合成音声」とした。（写真 5-1）

5.4.2 工事振動の提示

工事振動については、コンピューターのディスプレイに振動状況を分かりやすく提示するとともに、工事振動を日常生活で体験する状況を画面上で設定することが重要と考えた。

これに対して、「家でくつろいだ状況」を想定し、日用品で振動の状況がよく表れるものの映像（動画）を提示することとした。設定した振動レベルで揺れるような日用品として、コップの水や花瓶の生け花が考えられたが、コップそのものの揺れを目で確認することはできなかった。このようなことから、提示内容は「家でくつろいでいる人」と「コップの水」、「生け花」の映像とした。（写真5-2）



写真 5-1 騒音提示時の画面（音付き）



写真 5-2 振動提示時の画面（音なし）

5.4.3 工事期間の提示

工事期間については、文章による提示とした。

5.4.4 ペア比較

代案案として設定したA～Nと自動車騒音（O）の全組合せをペア比較すると、アンケート回答者の負担が大きくなり、精度の高い回答が得られなくなることが想定される。このため、以下の基本的な考え方にに基づき、表 5-6 に示す 9 パターンの設問の組合せを設定し、アンケート回答者には各 1 パターンを提示することとした。

▼基本的な考え方

○1人の被験者に対し、工事騒音、工事振動から各々2つの環境状況（代替案）を抽出し、自動車騒音も含めたペア比較する。

この場合、工事騒音 $={}_3C_2=3$ 問、工事振動 ${}_3C_2=3$ 問 の 計6問 の設問を用意する。

○各個人の回答疲労を均一化するために、工事騒音の比較が容易なペアには、工事振動の比較が難しいペアを組み合わせる。

AHPアンケート調査は、1人の回答者に対し、表 5-5 に示す 9 パターンのうちの 1 パターンの設問（6 問）を提示しペア比較を実施する。

ペア比較の判定は、プレ調査や学識者の助言を踏まえて、5 段階を採用した。回答者には、比較した結果、どちらの状況がイヤであるかをアンケートのパソコン画面上でクリックしていただくこととした（図 5-3 参照）。

表 5-5 代替案の組合せパターンと比較ペア

| パターン | 比較する代替案等 | 比較ペア | パターン | 比較する代替案等 | 比較ペア | パターン | 比較する代替案等 | 比較ペア |
|------|-----------|------|------|-----------|------|------|-----------|------|
| 1 | A,C,H,N,O | A-C | 2 | A,D,H,M,O | A-D | 3 | A,E,H,L,O | A-E |
| | | A-O | | | A-O | | | A-O |
| | | C-O | | | D-O | | | E-O |
| | | H-N | | | H-M | | | H-L |
| | | H-O | | | H-O | | | H-O |
| N-O | M-O | L-O | | | | | | |
| 4 | A,F,H,K,O | A-F | 5 | A,G,H,J,O | A-G | 6 | B,D,I,N,O | B-D |
| | | A-O | | | A-O | | | B-O |
| | | F-O | | | G-O | | | D-O |
| | | H-K | | | H-J | | | I-N |
| | | H-O | | | H-O | | | I-O |
| K-O | J-O | N-O | | | | | | |
| 7 | B,E,I,M,O | B-E | 8 | B,F,I,L,O | B-F | 9 | B,G,I,K,O | B-G |
| | | B-O | | | B-O | | | B-O |
| | | E-O | | | F-O | | | G-O |
| | | I-M | | | I-L | | | I-K |
| | | I-O | | | I-O | | | I-O |
| M-O | L-O | K-O | | | | | | |

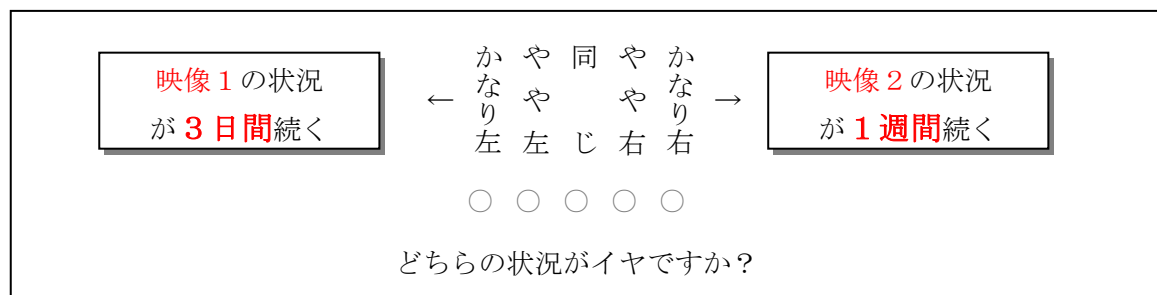


図 5-3 代替案のペア比較

5.4.5 プレ調査の実施

バイアスの発生を抑制するためにプレ調査を実施した。プレ調査における主な感想・意見と対応策を表 5-6 に示す。

表 5-6 プレ調査における主な感想・意見と対応策

| 項目 | | 感想・意見 | 対応策 |
|----|-----------|---|--|
| 音 | 音量 | ○ボリュームが小さ過ぎる。 特に自動車騒音は、聞き取れない。 | →ボリューム中で、テレビ音が普通の音量（標準 65dB(A)）になるくらいまでレベルを上げる。 |
| 映像 | 放映時間 | ○20 秒は長く感じる。 | →15 秒に修正する。 |
| | その他 | ○騒音の状況設定が分からない。 (窓を開けた状態か閉めた状態か?) ○振動映像の時に、音が出ないのに違和感を感じる。スピーカーの調子が悪いのか?とってしまう。 | →映像を流す時に、「工事騒音について(窓を開けた状態)」「工事振動について(音が出ません!)」「自動車騒音について(窓を開けた状態)」という説明を併記する。 |
| 設問 | 設問数 | ○10 問もあり途中から飽きてくる。 | →設問数を減らす。 |
| | 重要性の尺度ランク | ○9 ランクは多すぎて評価できない。 | →5 段階とする。 ※名城大学・木下教授アドバイス |

5.4.6 アンケート調査票の構成

本アンケートの構成は、以下に示すとおり Step 1～6 の 6 ステップとした。

▼Step 1 : アンケートの概要説明

- ・調査の目的（国土交通省が行う調査であることを明示）
- ・回答者の通信環境の確認
- ・設問数の提示

▼Step 2 : パソコンのスピーカー環境の調整

- ・お試し音源による音声チェックと音量調整
→普段テレビを見ている音量に調整

▼Step 3 : 注意事項と手順の説明

- ・アンケートの途中でボリューム調整を絶対にしないこと
- ・回答に 10 分程度の時間を要すること
- ・回答の手順

▼Step 4 : ペア比較の設問（設問数 6）

- ・1 回答者に対し 1 パターンでアンケート
(全 9 パターンの中から 1 パターンを与えるようにする。)
- ・設問の順序はランダムとする

▼Step 5 : 回答者属性の設問

- ・職業、居住地の環境

▼Step 6 : アンケートに対する意見・感想

- ・アンケートのわかりやすさ
- ・工事騒音および交通騒音の音声のわかりやすさ
- ・工事振動のわかりやすさ
- ・判断のしやすさ

5. 5 原単位の作成

5.5.1 有効票の抽出

アンケートの回答は 3,280 人より得られた。

回収票のうち、整合度指数が 0.1 より小さい回答を有効回答票とし、有効回答率及び有効回答票数は表 5-7 のとおりとなった。

表 5-7 代替案別の有効回答数

| 区分 | レベル | 工事期間 | 代替案 | 有効回答数 |
|------|---------|------|-----|-------|
| 工事騒音 | 75dB(A) | 3 日間 | A | 1,604 |
| | | 1 週間 | B | 1,303 |
| | 65dB(A) | 1 週間 | C | 328 |
| | | 2 週間 | D | 646 |
| | | 1 ヶ月 | E | 619 |
| | 55dB(A) | 2 週間 | F | 662 |
| | | 1 ヶ月 | G | 652 |
| 工事振動 | 80dB | 3 日間 | H | 1,547 |
| | | 1 週間 | I | 1,198 |
| | 70dB | 1 週間 | J | 303 |
| | | 2 週間 | K | 571 |
| | | 1 ヶ月 | L | 601 |
| | 60dB | 2 週間 | M | 645 |
| | | 1 ヶ月 | N | 625 |

5.5.2 代替案別の貨幣価値の算定

貨幣価値が既知である自動車騒音の重みに対する各代替案の比は、表 5-8 に示すとおりである。貨幣価値の大小関係についてみると、工事騒音・振動のレベルの増加に対しては逡増傾向、騒音 55dB(A) の 2 週間と 1 ヶ月、振動の 70dB の 1 週間と 2 週間、60dB の 2 週間と 1 ヶ月で平均値が逆転している以外は整合がとれている。

また、工事期間に対する感度をみると、騒音レベルでは 55dB(A)、振動レベルでは 60dB で感度が低くなっている。

自動車騒音の貨幣価値と自動車騒音に対する各代替案の重みの比を用いて、下式により

各代替案の貨幣価値を算定した。

| |
|--|
| 各代替案の貨幣価値 = 【自動車騒音の貨幣価値】 × 【各代替案の重み】 / 【自動車騒音状況の重み】 |
|--|

表 5-8 代替案別の貨幣価値

| | 区分 | レベル | 工事期間 | 各代替案の重み/ 自動車騒音の重み | 貨幣価値 換算値(円) |
|------|---------|---------|------|----------------------|----------------|
| } | 工事騒音 | 75dB(A) | 3日間 | 2.01 | 3,773,465 |
| | | | 1週間 | 2.16 | 4,055,944 |
| | | 65dB(A) | 1週間 | 1.42 | 2,668,010 |
| | | | 2週間 | 1.52 | 2,847,563 |
| | | 55dB(A) | 1ヶ月 | 1.62 | 3,043,566 |
| | | | 2週間 | 0.81 | 1,515,021 |
| | 工事振動 | 80dB | 3日間 | 1.20 | 2,241,896 |
| | | | 1週間 | 1.34 | 2,521,790 |
| | | 70dB | 1週間 | 1.17 | 2,188,982 |
| | | | 2週間 | 1.17 | 2,186,494 |
| 60dB | | 1ヶ月 | 1.26 | 2,363,014 | |
| | | 2週間 | 0.88 | 1,643,656 | |
| 交通騒音 | 60dB(A) | 毎日 | 1.00 | 1,875,000 | |

5.5.3 原単位の作成

工事騒音コスト及び工事振動コストの原単位作成にあたり、まず被説明変数として「貨幣価値」を設定し、説明変数として「レベル」、「期間」、回答者の属性である「年代」、「住環境（道路沿い、商業地域等）」、「都道府県」を候補として原単位式を作成した。その次に被説明変数と説明変数の相関分析を行い、相関係数が高いものを最終的な原単位式として決定した。

作成した原単位式は以下のとおりである。

| |
|---|
| <p>【工事騒音コストの原単位 (円/人)】 $= 127,000 (\text{騒音レベル} - 45)^{0.98} \times (\text{工事期間})^{0.06} \quad r^2 = 0.99$</p> <p>【工事振動コストの原単位 (円/人)】 $= 825,000 (\text{振動レベル} - 55)^{0.29} \times (\text{工事期間})^{0.07} \quad r^2 = 0.97$</p> |
|---|

5.5.4 より活用しやすい原単位への修正

求めた原単位の活用方法は、①そのまま活用する方法と②利用しやすいものに変換して活用する方法の2通りが考えられる。

①の方法は、原単位の単位が「円/人」であるため、被害エリアを現場で計算させることになり、煩雑な作業を伴うこととなる。そのため、②の方法として、煩雑な作業を伴わない修正原単位の作成を検討する。

修正原単位を作成するには、工事騒音・振動は工事現場周辺で地域的に発生するものであることから、被害を受ける人口（暴露人口）の差を考慮する必要がある。そのため、ここでは、「道路投資の評価に関する指針（案）（財）日本総合研究所 H10.6」と同様の地域区分に従い、4つの地域別（人口集中地区、その他市街部、非市街部（平地部）、非市街部（山地部））の平均的な原単位を策定し、現場で簡便に入手可能なデータである建設機械の出力と工事期間のみから、貨幣価値を算定することが可能になるようにした。

表 5-1 騒音の修正原単位

| 区分 | 貨幣価値算定式 |
|-----------|--|
| 人口集中地区 | 騒音コスト（円） =6E-26×【建設機械の出力】 ^{16.312} ×（工事期間） ^{0.06} |
| その他市街地 | 騒音コスト（円） =5E-30×【建設機械の出力】 ^{18.385} ×（工事期間） ^{0.06} |
| 非市街部（平地部） | 騒音コスト（円） =4E-31×【建設機械の出力】 ^{18.385} ×（工事期間） ^{0.06} |
| 非市街部（山地部） | 騒音コスト（円） =2E-38×【建設機械の出力】 ^{21.230} ×（工事期間） ^{0.06} |

表 5-2 振動の修正原単位（固結地盤：岩盤の場合）

| 区分 | 貨幣価値算定式 |
|-----------|--|
| 人口集中地区 | 振動コスト（円） =4E-31×【建設機械の出力】 ^{20.679} ×（工事期間） ^{0.06} |
| その他市街地 | 振動コスト（円） =3E-31×【建設機械の出力】 ^{20.363} ×（工事期間） ^{0.06} |
| 非市街部（平地部） | 振動コスト（円） =6E-30×【建設機械の出力】 ^{19.421} ×（工事期間） ^{0.06} |
| 非市街部（山地部） | 振動コスト（円） =2E-40×【建設機械の出力】 ^{24.014} ×（工事期間） ^{0.06} |

表 5-3 振動の修正原単位（未固結地盤：ローム、シルト、粘土質、砂礫質）

| 区分 | 貨幣価値算定式 |
|-----------|--|
| 人口集中地区 | 振動コスト（円） =1E-16×【建設機械の出力】 ^{12.559} ×（工事期間） ^{0.06} |
| その他市街地 | 振動コスト（円） =6E-16×【建設機械の出力】 ^{11.805} ×（工事期間） ^{0.06} |
| 非市街部（平地部） | 振動コスト（円） =1E-15×【建設機械の出力】 ^{11.470} ×（工事期間） ^{0.06} |
| 非市街部（山地部） | （同心円の半径が短い、人口密度が小さいため、コストは発生しない） |

