

工事の実施による大気環境に係わる環境影響評価に関する研究

総合政策局建設施工企画課
 北海道開発局事業振興部機械課
 各地方整備局道路部機械課
 独立行政法人土木研究所技術推進本部

1. 研究概要

1.1 目的

環境影響評価法(平成9年6月公布)に対応した省令において「工事の実施」による大気環境(大気質・騒音・振動)が標準項目として新たに評価の対象となった。このため土木研究所において調査、予測、評価を行う標準的な技術手法¹が平成12年度にとりまとめられたが、技術手法については、知見の進展に伴い見直すことが必要とされている。「工事の実施」に係る環境影響評価については、新たな評価対象となってから以降の実務者からの意見も得られ、組み合わせ機械を単位として予測する方法についても多少の課題が残っている。本研究は、これらの課題に対する対応策を示すことで、円滑かつ適正な環境影響評価の実施を支援することを目的としている。

1.2 内容及びスケジュール

本研究は総合政策局建設施工企画課を主務として、北海道開発局事業振興部機械課、各地方整備局道路部機械課および独立行政法人土木研究所技術推進本部先端技術チームが共同で、平成14年度から15年度の2カ年で実施している(表1-1)。平成14年度は道路とダムの環境影響評価の事例調査および工事現場における大気質、騒音、振動の実態調査を行い、平成15年度は「技術手法の適用範囲の拡大」「環境保全措置の検討」「測定方法の検討」に関し個別課題への対応策を検討した。

表1-1 本研究の実施計画

項目	14年度	15年度
環境影響の実態調査	■	
検討課題のまとめ		■
予測方法の適用範囲の拡大の検討		■
環境保全措置の検討		■
測定方法の検討		■
検討結果のまとめ		■

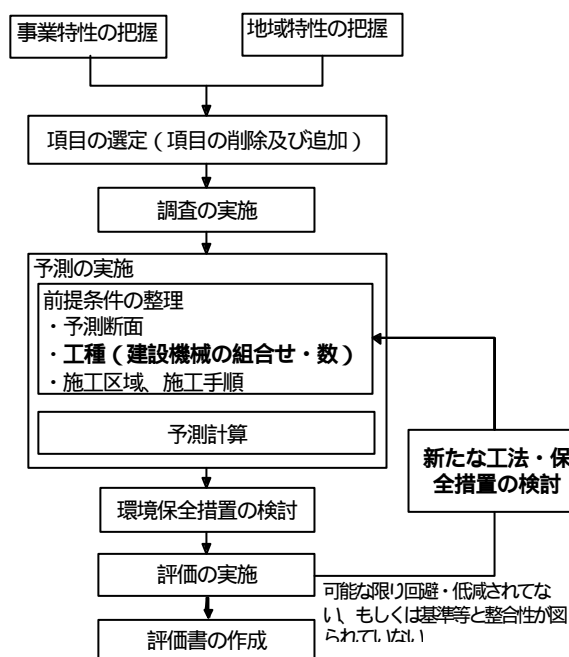


図2-1 調査・予測・評価の手順

¹ 「道路環境影響評価の技術手法」(平成12年10月建設省土木研究所)、「ダム事業における環境影響評価の考え方」(平成12年3月 (財)ダム水源地環境整備センター)など

2. 環境影響評価の概要と課題

2.1 環境影響評価の概要

環境影響評価の調査・予測・評価の手順を図2-1に示す。これらは「工事の実施」以外の項目と同様に図2-1の手順で行われているが、多種多様な工法へ対応しなければならない点が「工事の実施」に係る環境影響評価の特徴となっている。

2.2 課題

「工事の実施」に係る環境影響評価について実務担当者から寄せられた主な要望を表2-1に示す。

前述した今回の検討課題のうち「予測可能な適用範囲の拡大に関する検討」は、類似ユニットのデータを使用することによる予測を少なくし、予測精度の向上にもつながるもので、「予測可能なユニットの充実」、「ユニットの内訳、機械別の値の提示」の要望に対応する。「環境保全措置の検討」は

環境に配慮した工事施工を実現する上において重要であり「環境保全措置の定量評価」に対応する。

表2-1 実務担当者からの要望例

No.	環境要素	意見・要望	備考
	全般	予測可能なユニットの充実	意見多数
	全般	環境保全措置の定量評価（低騒音型・低振動型建設機械、透過損失、仮囲いの降下ばいじん抑制効果等）	意見多数
	全般	ユニットの内訳、機械別の値の提示	意見多数
	全般	予測値の検証	
	大気質	裸地の影響の評価方法の提示	検討中
	騒音	猛禽類への影響の評価方法の提示	検討中
	騒音・振動	トンネル発破時の予測手法の提示	
	低周波音	低周波音の予測についての記載	事例あり

2.3 技術手法の適用範囲の拡大に関する検討

技術手法の適用範囲の拡大は、実測調査を継続し、ユニット別の予測用データを増やすことが基本となる。今回は、現地測定における予測用データの拡充、計算から求める機械騒音の分解・合成における検討を行った。

2.4 環境保全措置の検討

環境影響評価における環境保全措置で代表的なものは、環境影響の少ない施工方法の選択、低騒音型・低振動型の建設機械の使用、遮音壁、防振溝などの伝搬経路の対策があるが、データが不足しているため対策効果を定量的に示すことが困難な場合がある。今回、これらの対策のうち代表的なものについて検証を行った。

2.5 測定方法の検討

「工事の実施」に係る大気質・騒音・振動の予測手法に関しては、各ユニットの予測用データの信頼性を向上させることが重要であるが、工種が多岐にわたるため1ユニット当たりの予測用データの数は少ない。このため、測定をできるだけ合理的に行うことでデータ数を増やすことが予測精度向上につながる。今回の調査では、大気質と騒音を取り上げ測定精度を担保しながら合理的に測定する方法について検討した結果を報告する。

3．技術手法の適用範囲の拡大に関する検討

技術手法の適用範囲の拡大については予測可能ユニットを増やすことが求められており、ユニットを増やす方法としては、実測データを充実させる方法が基本である。一方で、土木施工の工種は、現行の技術手法記載のユニットよりはるかに多く多岐にわたっており、技術の進歩に伴って変化しつつ種類も増大している。

今回は、現地測定における予測用データの拡充（現状の実測測定・拡充及び、具体事例の検証） 計算から求める機械騒音の分解・合成における検討（ユニット分解リセプターモデル²の検討及び、検証実験と実測データの適用）を行った。

3．1 現地測定による予測用データの拡充

3．1．1 現状の実測測定・拡充

国土交通省では北海道開発局事業振興部機械課、各地方整備局道路部機械課、各公団および独立行政法人土木研究所が協力して平成10年度から現場での実測調査を継続している。図3-1は実測調査の手順である。平成14年度までの現場測定の結果、平成15年9月には現行技術手法の騒音に関する部分が改訂され予測用データのユニット数が39件から44件に拡充されている。

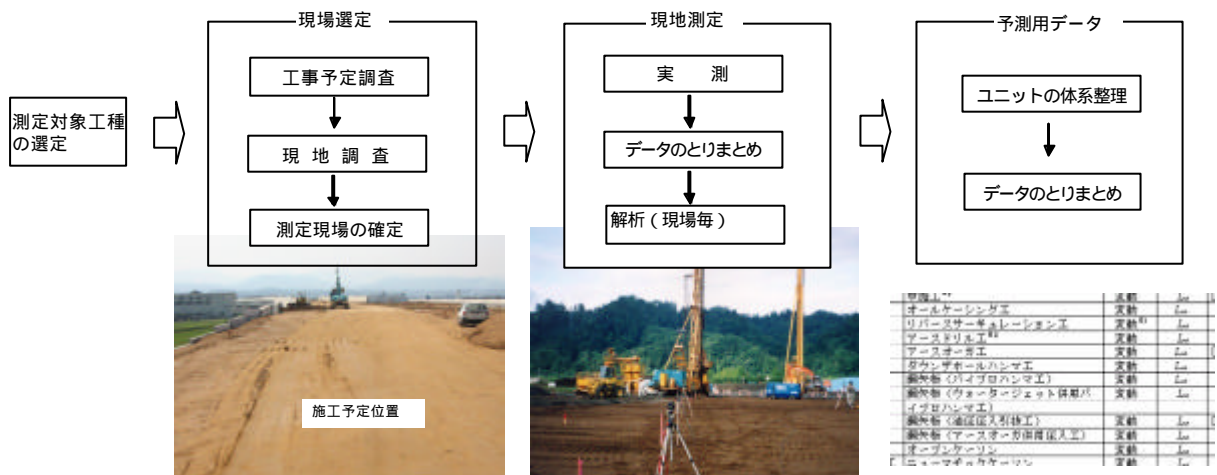


図3-1 実測調査の手順

3．1．2 予測値と実測値の比較による精度向上の検証

ここでは、平成15年度9月に予測用データを改訂した鋼管井筒基礎工の騒音を例として、予測計算と実測結果を比較し、予測用データの拡充による効果を検証する。

ここで取り上げる例は、写真3-1のように、国道バイパスが人家連担地域に沿って通

² 浮遊粒子状物質の解析に用いられているリセプターモデル(リセプター(受け手)で得られる粒径、化学組成等の情報に基づいて汚染物質の発生源別の寄与率を計算するモデル)の考え方をユニットの騒音分析に応用したもの



写真 3 - 1 現地周辺状況

過することが予め明確になっており、環境影響に特に配慮した施工方法を実施することが前提条件となったものである。平成12年の技術手法に基づく計算のユニットは油圧ハンマ打撃による鋼管井筒基礎工である。平成15年改訂版の技術手法に基づく計算では、鋼管井筒基礎工の予測用データが「油圧ハンマ」と「中掘工法」として細分されることから、中掘を採用する。鋼管井筒基礎工（中掘）実測は、転石混じりの硬質地盤における中掘工法による施工現場での実測結果を用いる。

3.1.3 検証結果

実測に対する予測値の比較を図3-2に示す。油圧ハンマのデータでの予測値は中掘工法の実測値より約12 dB 大きな値となるが、実測と同じ中掘工法での予測値では約1 dB の差となり予測精度が向上する。ここでは1例を示したが、様々な予測の前提条件に的確に対応するためには、予測用データを豊富に準備しておく必要があることが示された。

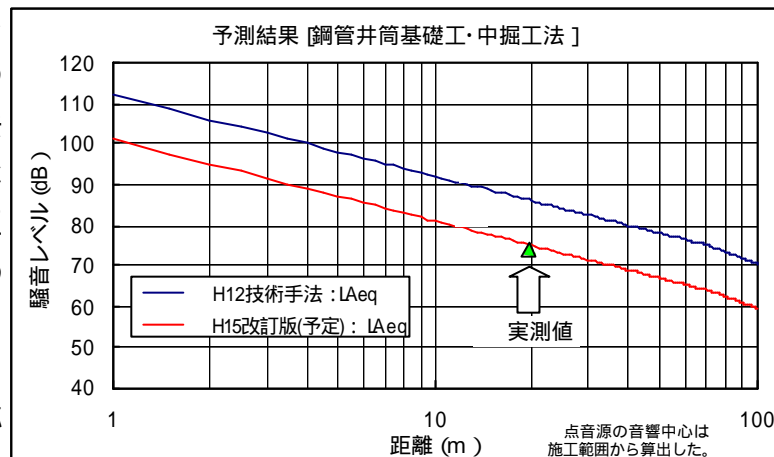


図3-2 工事境界における、の計算値、実測値

3.2 単体機械の騒音とユニットの騒音

ユニット分解リセプターモデルは、大気質のリセプターモデルの考え方をユニットの騒音に適用したもので複数の測定点での騒音の測定値からユニット内の機械別の発生量を算出する。工事積算で機械を組み合わせたものについて工事費の計算ができるように多種多様なユニットの騒音予測が機械の組み合わせで可能になる。

3.2.1 ユニット分解リセプターモデル

騒音予測対象ユニット数を拡大する方法として、ユニット分解リセプターモデルを検討する。ユニットは、図3-3に示すように最終的には個別機械に分解することができる。すなわち、ユニットの騒音が、個

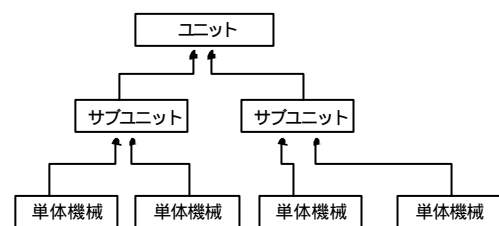
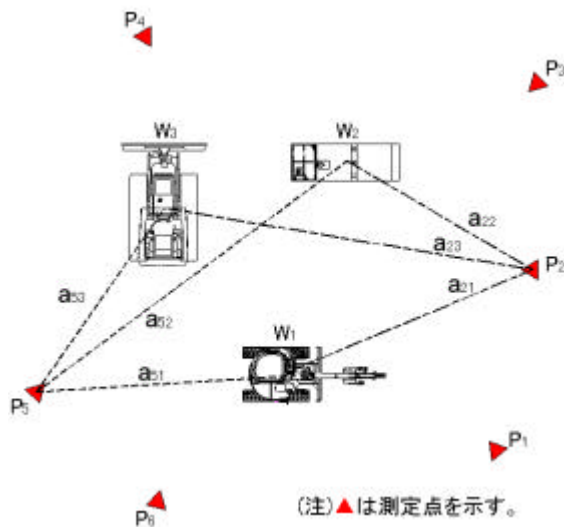


図3-3 ユニットと個別機械の関係

別機械の騒音の合成として設定できれば、個別機械の騒音データを元にユニットの騒音を合成して算出することが可能となり、騒音予測対象ユニットを大幅に拡大することができる。また、逆にユニットの騒音測定データから個別機械の音響パワーレベルを算出することができれば、現場での騒音測定データから効率的に機械単体の騒音データを収集することが可能となる。



ユニット分解リセプターモデルは、図3-4に示す数学モデルで記述され、ユニットの騒音への合成および個別機械騒音への分解を計算によって行う。

$$\frac{1}{2\pi} \begin{bmatrix} 1/a_{11}^2 & 1/a_{12}^2 & \dots & 1/a_{1n}^2 \\ 1/a_{21}^2 & 1/a_{22}^2 & \dots & 1/a_{2n}^2 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1/a_{m1}^2 & 1/a_{m2}^2 & \dots & 1/a_{mn}^2 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} W_1 \\ W_2 \\ \vdots \\ W_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} P_1 \\ P_2 \\ \vdots \\ P_m \end{bmatrix}$$

音源と受音点の距離の逆数の2乗 音源のパワー 測定点の音の強さ

図3-4 音源、測定点配置の例とリセプターモデルの基本式

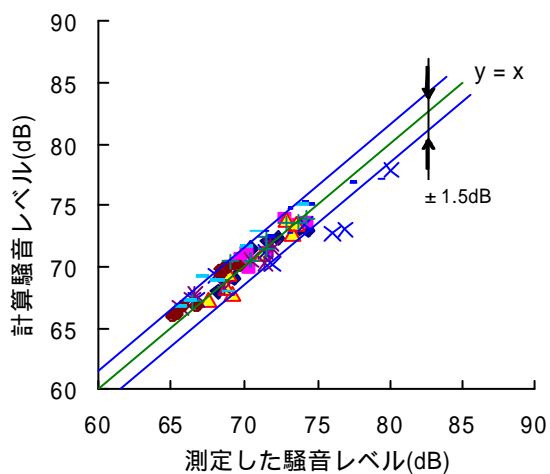
3.2.2 ユニット分解リセプターモデル検証実験と適用範囲

モデルの検証実験では、表3-2に示す3種類の建設機械を用い、工事現場での測定を想定して音源・測定点の配置を9ケース設定し、個別機械の音響パワーレベルの推定可否及びその誤差について検討した。

表3-2 使用機械と音響パワーレベル

機械名	規格	PWL(dBA)
ブルドーザ	湿地3ton級	102
バックホウ	ミニバックホウ	97
発動発電機	9.9kVA	91

図3-5に、個別機械の音響パワーレベルから合成した各測定点での騒音レベルと、実際に測定した騒音レベルの関係を示す。図中、Y=Xとなる直線および±1.5dBの範囲を示すが、ほとんどの測定データがこの範囲に入っており、個別機械の音響パワーレベルからユニットの騒音へ合成できることがわかる。



一方、表3-3は、8測定点の内、4点以上を選択する全ての組合せ(163通り)を対象にリセプターモデルによって分解した時の成功確率を示すものである。なお、最小二乗法を適用して個別音源のパワーを推定した時、推定値の一つ以上が負の値となった場合を失敗と定義している。

表3-3から、音源が集中している場合

図3-5 実測値と合成による騒音レベルの比較

では、個別音源のパワーレベル推定が難しいこと、また騒音測定点の配置が音源領域の特定方向に偏っている場合では、成功確率が小さくなる場合があることがわかる。なお表において、音源「集中」は、機械と機械の間隔がほとんどない場合、「分散」は、機械と機械の間に音源を点とみなせるような空間があるようなケースであり、通常の工事では分散配置となるものと思われる。

実験の結果から、(1) 騒音測定現場が平坦で障害物が少ないこと、(2) 音源となる機械がある程度拡がりを以って配置されていること、(3) 個別機械の近接位置に騒音測定点の配置が可能であること、の条件が満たされれば、リセプターモデルの適用が可能であることがわかった。

表 3 - 3 分解の成功確率(%)

測定点配置の方法	音源配置の方法		
	普通	分散	集中
取囲み	39	25	50
近接	26	82	0
偏り	4	18	0

3.2.3 工事現場における実測データへの適用例

実現場での騒音測定結果にリセプターモデルを適用し、個別機械の音響パワーレベルの分解を行った。写真 3 - 2 に現場での機械の配置を示す。現場は、リバース工法による橋梁基礎工事であり、クローラクレーン、パワージャッキおよび発動発電機によってユニットが構成されている。推定結果を表 3 - 4 に示す。なお、測定対象機械のパワーレベルが未知であるため、推定結果の精度に関する検討はできないが、これまでの個別機械の騒音データと比較して妥当な推定結果と判断される。



写真 3 - 2 現場測定状況

表 3 - 4 推定計算結果

機械名	PWL(dBA)
クローラクレーン	99
パワージャッキ	100
発動発電機	101

3.3 効率的な適用範囲の拡大

技術手法の適用範囲の拡大は、環境影響評価を適正に予測評価するうえで重要であり、今後も継続して現地測定していく必要がある。また、今後も現場測定を行うとともに、計算による合成などの手法も併用することでより合理的に予測用データを整備していく予定である。

4. 環境保全措置の検討

4.1 環境保全措置の概要

環境影響評価の技術手法において記載されている環境保全措置のうち代表的なものを表3-1にまとめた。定量評価については、工法の変更のように予測用データの整備で対応するものと、仮囲いの効果の

ように計算で対応するものに大別できるが、定量評価が困難なものがいくつか残されている。低騒音・低振動型建設機械については指定基準により機械としての騒音振動の抑制効果は確認されているが、実工事における抑制効果は工事の条件等により異なるため定量評価が困難である。これら以外にも粉じん等の対策として防塵ネットの設置、路面の改善、界面活性剤の散布、騒音対策として遮音シートの設置、防音ハウスの設置、消音装置の設置、振動については防振溝の設置などの対策事例がある。

今回、定量評価の観点から環境保全措置として典型的と考えられるものを選定し、施工方法による対策に関しダンプトラックの走行速度を低下することによる効果の実測、低騒音・低振動型建設機械の使用による対策に関し低騒音型建設機械の使用効果の実測、伝搬経路対策に関し音源高さの実測と遮音壁、防振溝の効果の試算を下記の点に着目して行った。

3.2.1 施工方法による対策（現場内運搬工に関する環境保全措置の検討）

交通騒音・振動の予測の技術手法においては、走行速度とエンジン由来の浮遊粒子状物質、騒音・振動の関係が示されている。しかし、これは舗装路におけるものであり、工事用道路については未舗装のため、路面からの粉じんの影響が大きいこと、騒音・振動の発生量が舗装路と異なると考えられること、同一車両で速度を低下した場合の効果は不明であることなどから工事用道路と同様な条件での実測を行った。

3.2.2 発生源対策（低騒音型建設機械の使用）

建設機械の稼働に伴う騒音対策としては、騒音発生源の対策が最も確実な方法であり、現場においては先ず低騒音型建設機械の使用が検討されている。低騒音型建設機械は、「低騒音型・低振動型建設機械の指定に関する規程」（平成9年建設省告示第1536号、以下、指定に関する規程）に適合したものとして国土交通大臣が指定した建設機械であって、機種ごと機関出力ごとに定められた基準値を達成している必要がある。同規程は、建設機械自身が発生する騒音を評価することに主眼がおかれているため、機種によっては土砂などの作業対象物を扱うことのない模擬作業を試験条件とするものもある。

今回、代表的な汎用機械であるバックホウで実作業を行い騒音を比較した。

3.2.3 伝搬経路対策

表3-1 環境保全措置のまとめ

環境保全措置	粉じん等	騒音	振動
環境影響の小さい工法への変更			
仮囲い等の設置			
機械配置の変更			
施工方法による対策			
散水			
低騒音・低振動型建設機械の使用			

、：環境保全措置。うち は現行において定量評価可能

伝搬経路対策として、騒音については遮音壁の検討が一般的であり、地盤振動に対しては、実施例は少ないが防振溝の理論がある。

遮音壁の適用を検討する際は、音源、遮音壁、受音点の幾何的な配置、特に高さの設定が重要であるが、建設機械の音源高さが測定された例は少なく、概ねエンジンの中心高さとして1.5mを用いているのが実情である。ここでは、仮締切工のバイプロハンマによる矢板打ち込みと、最も多く普及している建設機械であるバックホウについてそれぞれ騒音源分布を測定し、音源高さを1.5mとした場合と実際の騒音源分布を適用した場合の遮音壁の効果をそれぞれ計算し、遮音壁による騒音対策効果の予測を行う場合の留意点について検討した。

防振溝については、文献調査により振動遮断の理論と、一定の効果を得るために必要な溝の深さの求め方について整理した。

以下、これらの調査結果について報告する。

3.3 施工方法による対策（現場内運搬工に関する環境保全措置の検討）

3.3.1 走行速度と騒音レベル

現場内運搬でのダンプトラックの走行速度は、走行路面の状況から30km/hを超えることは少ない。この範囲では、ダンプトラックの騒音は、エンジン音（回転速度）に支配される。したがって、ダイレクトトランスミッション車両では、走行可能な範囲でエンジン回転速度を低く抑えられる高い変速段を選択した方が音響パワーレベルが小さくなる。図3-1は、このことを示しており、走行速度が15km/hで4速の場合に音響パワーレベルは最小となっている。

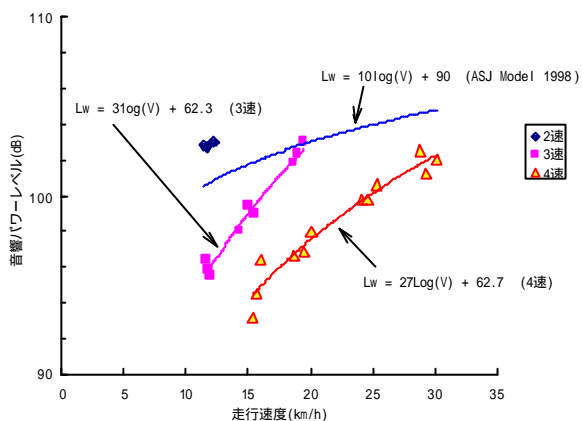


図4-1 走行速度と音響パワーレベル

ASJ Model 1998³で示されている走行速度と音響パワーレベルの関係式（舗装路）によれば、走行速度30km/hと15km/hでは音響パワーレベルは約3dB低減することが推定される。これに対し、今回の結果では、未舗装路であるが約8dB低減している。

なお、ASJ CN-Model 2002⁴では、走行速度と音響パワーレベルのデータが示されているが、異なる現場のデータであり、今回のような同一の現場、車両での異なる走行速度の音響パワーレベルのデータではない。また、ASJ Model 1998では走行速度段と発生騒音の関係も示されているが、速度低減による騒音低減効果を予測するためには選択する速度段を仮定する必要がある。

3 1998年・日本音響学会道路交通騒音の予測モデル

4 2002年・日本音響学会建設工事騒音の予測モデル

3.3.2 走行速度と振動レベル

図3-2に走行速度と振動レベルの関係を示す。走行速度と振動レベルは回帰関係が認められ、走行速度が10km/h速くなると振動レベルは約5dB上昇している。また、積荷の積載質量の影響はみられない。技術手法の予測式（舗装路）によれば、走行速度30km/hと15km/hでは、振動レベルは約4dB低下することが推定される。これに対し、今回の結果は、未舗装路であるが約6dB低下している。

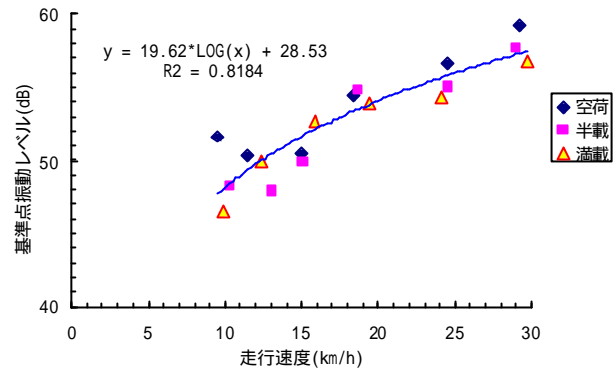


図4-2 走行速度と振動レベル

3.3.3 走行速度と粉じん発生量

図3-3に走行速度と粉じん濃度の関係を示す。粉じん濃度は、走行速度が速くなると高くなる傾向を示している。

技術手法では、走行速度の低減を粉じんに関する環境保全措置として取り上げていない。

しかし、今回の調査では、3~10m地点

の粉じん濃度でみると、走行速度30km/hと15km/hでは、粉じんの発生量は約1/10に低減している。今後は、粉じんに関する環境保全措置を検討する場合、走行速度の低減も有効な手段として考えられる。

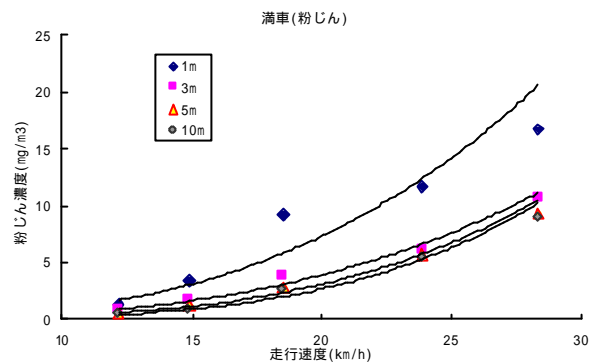


図4-3 走行速度と粉じん濃度

3.3.4 施工方法による環境保全措置の提案

走行速度低減が現場内運搬工の環境保全措置として非常に有効であることが分かった。騒音、振動および粉じん等を全般的に考慮すると、今回の実験の範囲では、走行速度を15km/hに制限することが有効な環境保全措置と考えられる。

3.4 発生源対策（低騒音型建設機械の使用）

3.4.1 低騒音型建設機械の実作業における騒音レベルの測定

低騒音型建設機械を使用することによる実作業における定量的な騒音対策効果を構内実験で確認した。実験対象機械は山積みバケット容量0.8m³のバックホウで非対策型、低騒音型、超低騒音型（騒音レベルが低騒音型の基準値より6dBを超えて低減しているもの）の3種類とした。運転条件は、(1)定置ハイアイドル、(2)模擬作業（溝掘削 90度左旋回 排土 戻り旋回を3回繰り返す）、(3)実作業（通常の実作業で、動作は模擬作業に準じる）、(4)実作業（実作業と同じ動作を比較的ハードに運転）の4条件とした。騒音の測定は「指定に関する規程」で定める方法で行い、音響パワーレベルを求めた。

3.4.2 実験結果

音響パワーレベルの測定結果を図3-4に示す。実作業を除いて、超低騒音型、低騒音型、非対策型の順に音響パワーレベルの値が大きくなり、対策型の効果が明らかである。しかし、実作業に関しては、超低騒音型であっても作業機（バケット）から衝撃音が発生すると騒音対策効果が半減してしまうことを示している。

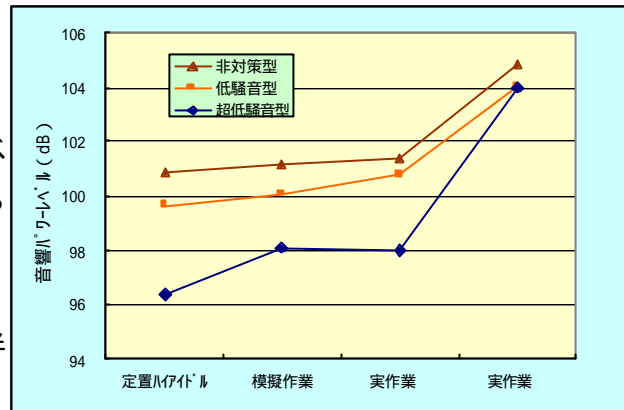
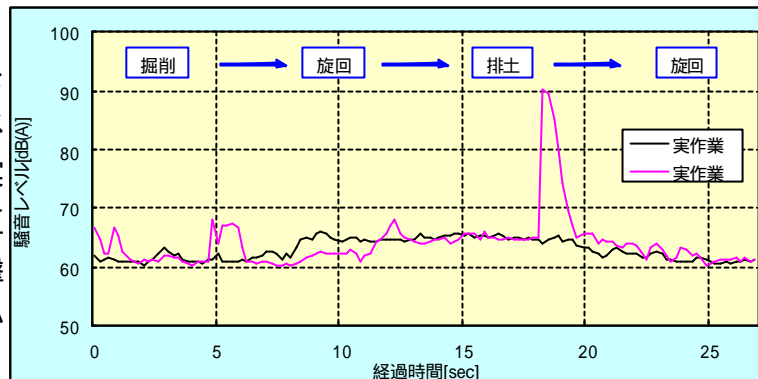


図4-4 音響パワーレベルの比較

図3-5は、超低騒音型について機械

中心から20mにおける実作業と実作業の騒音レベル波形を示すもので、実作業では、ベースとなる騒音レベルはほぼ実作業と同じであるが、排土工程でバケットから発生する衝撃音が突出していることが分かる。



これらは、バケット操作に起因するものであり、環境保全措置対策上はこのような操作を回避することが望ましい。また、回避することでより大きな保全効果が得られることがわかる。

3.5 伝搬経路対策

3.5.1 遮音壁

(1) 遮音壁による回折効果の計算方法

建設工事の騒音に関しては、点音源を前提に、建設機械騒音スペクトルの広帯域性、類似性に着目して代表周波数スペクトルパターンを用いた簡易計算方法が用いられる(ASJ CN-Model 2002)。実際の計算は、図3-6の幾何関係から行路差を求められれば、計算によらずに回折効果の算出ができる。ただし、回折効果の計算式では、壁を透過する騒音はないものとして取り扱っており、壁の遮音性能(透過損失)が小さい場合には、壁を透過して来る騒音と、壁を回折して来る騒音の合成が必要となる。

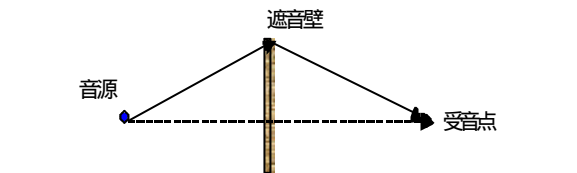


図4-6 音源、壁、受信点の模式図

(2) 音源分布の実測

電動バイプロハンマによる矢板の打ち込み時と、バックホウの定置ハイアイドル時の騒音源分布を測定した。騒音レベルの測定は、機械の表面から1~2m離れた位置に測定面を設定し、測定面を格子に区切って各格子の中央で行った。測定面の位置(機械からの距

離)では、音波が平面波となっている必要があるので、予め音響インテンシティ測定によりこれを確認した。

図3 - 7は、電動バイプロハンマの騒音レベル分布図である。図において横軸は、矢板の露出長さであり、実験開始が10mで、終了時には露出長1mとなっている。すなわち、矢板は9m打ち込まれている。縦軸は、測定点の高さを示したものであり、矢板の露出長に関係なく、どの場合も地上1mから10mまで、1m間隔で測定している。図から明らかのように、矢板の露出長が短くなるに従って、騒音の大きい測定点が下方に移動していることが分かる。当初、矢板からの騒音放射が音源となると考えられたが、この場合はバイプロハンマが主たる音源であることを示している。

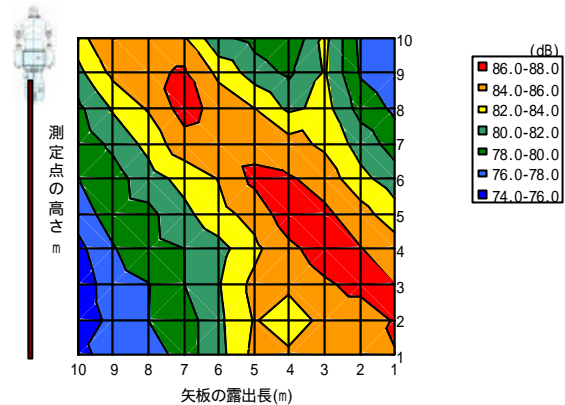


図4 - 7 電動バイプロハンマの矢板打ち込み時騒音レベル分布図

図3 - 8は、バックホウのハイアイドル時の騒音レベル分布図である。エンジンルーム上部に騒音レベルの高い領域がある。ここは、排気管、冷却風の通路などが配置されている。最も騒音レベルの高い領域の中心高さは地上約3.8mである。

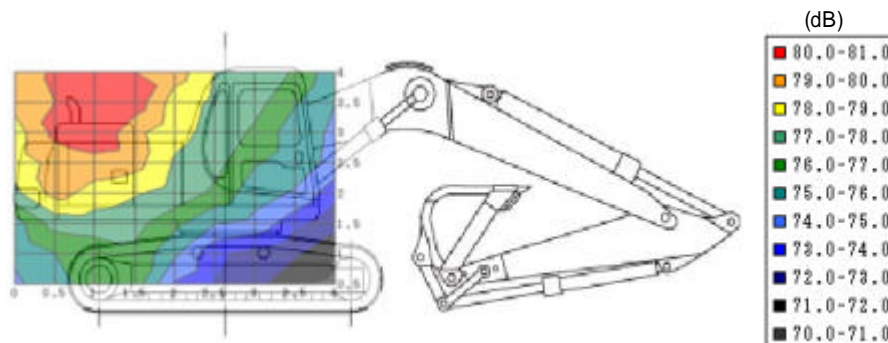


図4 - 8 バックホウハイアイドル時の騒音レベル分布図

(3) 遮音壁の効果試算

図3 - 9は、音源高さを1.5mと設定した場合と実際の騒音源分布を測定した電動バイプロハンマの音源分布を入力して計算した場合との差で表している。計算条件は次のとおりである。

- ・音源と遮音壁の距離 5m
- ・遮音壁の高さ 3m
- ・透過損失は考慮しない

実際の音源高さで計算した場合は、この遮音壁の効果は小さなものであり、確実に回折減衰効果を期待するならば、遮音壁高さをさらに高くする必要がある。しかし、遮音壁を

高くすることについては、構造的に強固な基礎が必要、日照・通風阻害・電波障害など様々な弊害も考慮しなければならない。
 建設工事の場合は、騒音源が移動するものが多く、音源高さも一定ではないので、遮音壁での対策では十分な効果が得られない場合もあり、代替工法による機械の変更など音源となる機械で確実に騒音低減を図ることが重要となる。

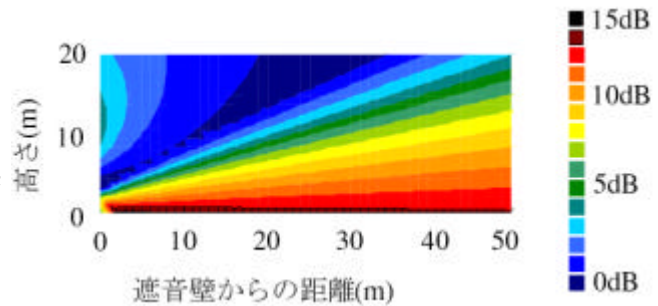


図4 - 9 電動パイプロハンマの計算結果比較図
 (音源高さ8mと1.5mの差)

3.5.2 防振溝

防振溝によって地盤表面を伝搬する波動(レーリー波)を遮断しようとする試みとその効果に関する考察は、色々な分野で試みられている。その中で、おおよそ結論づけられていることは、次の通りである。

表面を伝搬する波動は基本的にレーリー波と考えてよい。

振動レベルを6dB 低減(振幅を12に低減)するためには、波長の1/4の溝の深さが必要である。

溝の幅は、振動低減にあまり効果がない。

空溝でない場合は、音響インピーダンス比による波動の透過を考慮する必要がある。

防振溝の効果としては、溝の深さまでに分布する振動が遮断されるとする考えである。この効果を 図3 - 10 に示す。

図3 - 11 に、振動レベルを6dB程度低減するために必要な溝の深さの計算結果を示す。周波数および表面の伝搬速度によって必要となる溝の深さは異なる。関東ロームでは、表面波速度がほぼ90m/sであり、20Hz 付近の周波数成分では約1mの深さの溝となる。

今後、実用に向けては実測による効果の検証や施工法の確立などの課題を解決する必要がある。

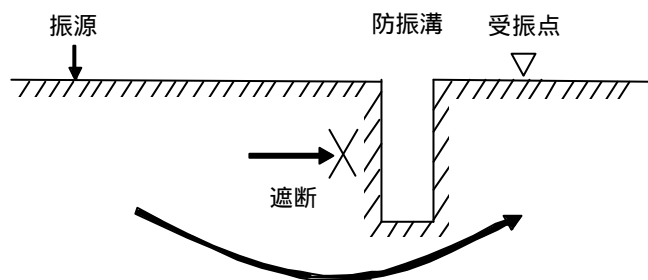


図4 - 10 防振溝の効果

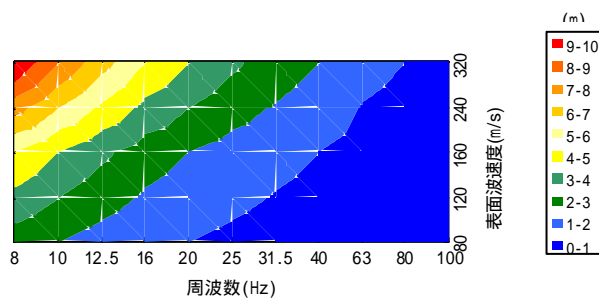


図4 - 11 振動レベルを6dB程度低減するために必要な 溝の深さの目安

4．測定方法の改善検討

4．1 大気質測定方法の改善案

予測可能なユニットを充実させ予測精度を向上させるためには予測用データを増やすことが必要であるが、建設工事から発生する粉じん等の測定は、現場条件や気象条件の制約が多いため騒音振動と比較して測定データが少ない。今回、降下ばいじんの測定について測定時間の短縮によるデータ数の増大と測定位置の適正化による測定精度の向上を目的として過去の測定データの整理、気象データとの比較を行った。

4．1．1 降下ばいじんの測定方法に関する検討

測定時間の短縮においては測定精度を担保しておく必要がある。大気質測定要領では、最小秤量単位を0.1mg としているが、この場合、2%の精度(分解能)で降下ばいじん量を把握するためには、最低5mg のばいじん捕捉量がなくてはならない。

図4 - 1は、平成10年から13年度に測定された63現場(8時間以上連続測定)1451点での降下ばいじんの捕捉量の分布を示したものである。捕捉量の最頻値は、4mg であるが、中央値は、19mg となっている。ばいじん発生量は工種によっても異なるが、アセスメントの視点では発生量の大きいユニットについてのデータ蓄積が重要である。この視点からすると、1日測定で、測定精度を保つ上で必要なばいじん捕捉量の3倍以上の量が捕捉されており、このことから、半日測定によって測定効率を向上させることができるものと考えられる。

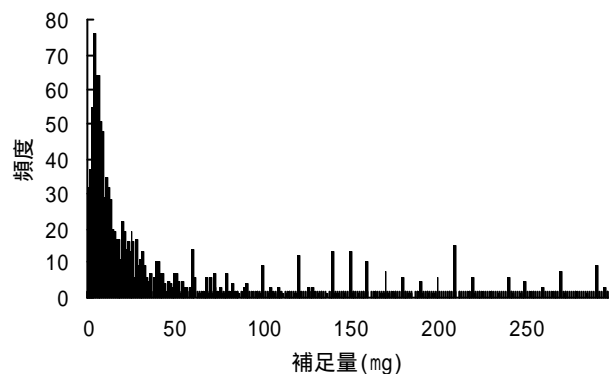


図5 - 1 降下ばいじん補足量の頻度分布

4．1．2 風向の予測

測定位置を適正化するためには風向の予測を適切に行う必要がある。現場での風向の予測を(1)当日の気象、(2)前日までの気象、によって行う方法を比較した。(1)は、測定当日の朝の風向・風速から主風向を設定する方法、(2)は、前日または2日前の主風向を基に測定日の風向を予測する方法、である。

図4 - 2は、過年度(H11～ H14)の複数測定日のデータを基に、測定期間中の1日または2日の差における風向の違いと、当日の測定開始時刻と当該現場での最多風向の関係を示したものである。X 軸の数値0は、実際の風向が一致している場合を意味する。また、数値の1は、16分割方位の1つ(22.5°)の違いを意味する。

設定風向と測定中の風向が90°以内で一致した確率は、(1)の方法では64.5%、(2)の方

法では前日が59.6%、2日前が56%である。(1)の方法の方が風向設定の誤差は小さいが、それでも半数は外れる可能性があるということになる。これは、陸風・海風の関係で早朝と日中では風向が逆転する場合があることなどを原因としている。このことから、風向の設定精度向上のためには、少なくとも測定前日の風向・風速を観測し、測定時間中の主風向を見極めることが必要である。

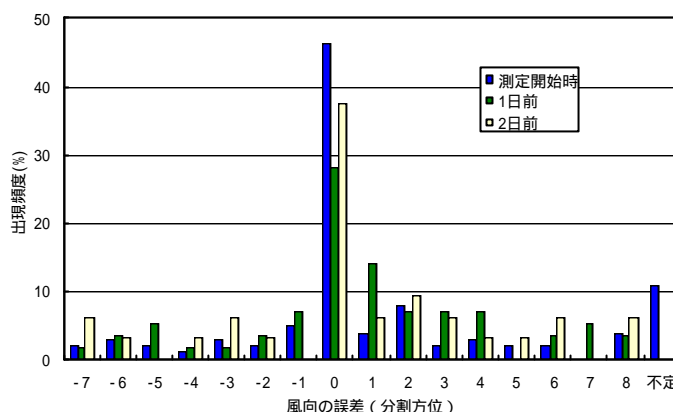


図5 - 2 測定開始時・前日・2日前の主風向と当日の風向の差

4.1.3 現場における気象観測

測定要領では、現場での風向風速の測定を地上高さ1.5m と10m の2点で行うことが規定されている。しかし、切り通しなどの現場の条件によっては、高さ10mでの気象観測にこだわらない方が良い場合もある。測定高さ1.5m と10m における風速の関係を図4 - 3、風向差を図4 - 4に示す。

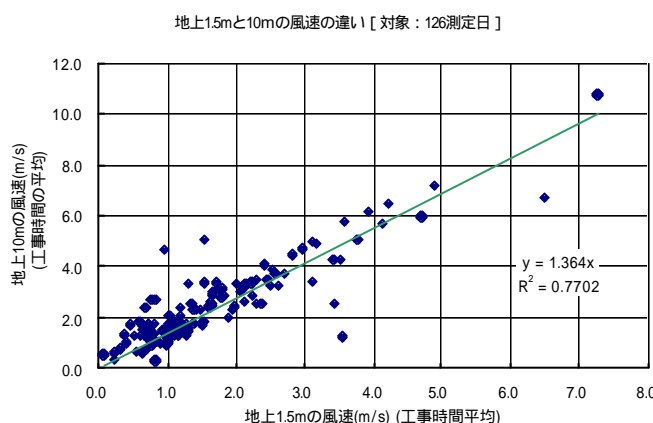


図5 - 3 風速測定高さ1.5mと10mの風速の関係

高さ方向2点で風向風速を測定することによって、風速の高さ方向の勾配が把握される。風速の高さ方向の分布については、高さのベキ乗となることが分かっている。これまで、工事現場で測定された地上1.5m と、10m の風速の比は、およそ1.4倍となっており、これからベキ係数は、1/5.6程度となり、ほぼ【郊外(ベキ係数15)と平坦値(ベキ係数17)の中間値】に該当する値である。気象観測では、風速の高さ方向の分布を求める必要があるが、地上1.5m と10m

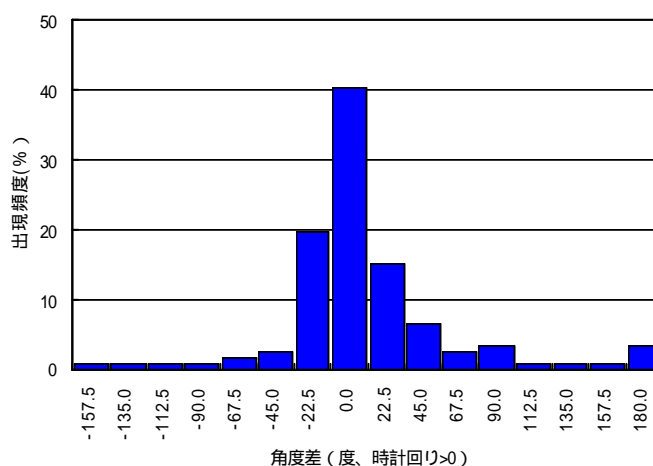


図5 - 4 地上1.5mと10mの風向差

では風速に比例関係があることから、測定の簡素化を試行した場合、地上10m の設置が困難なときは、10m より低い位置(5m ないし7m など)でも測定は可能と判断される。

この場合、降下ばいじんの解析およびその予測では、地上10m の風速データを使用す

るわけであるから、2カ所の高さでの測定値から風速の高さ勾配ベキ係数を算出し、10m高さでの風速を推定するという手順になる。

風向についても、1.5mと10mの風向の角度差を示す図5-4より、-22.5度～22.5度の範囲内で一致するものが約75%であるから、5mないし7m高さの測定で10m高さの風向を推定することは十分可能と考えられる。

4.1.4 大気質測定方法簡素化の提案

検討結果をまとめて、測定方法簡素化の提案とする。

事前調査として、少なくとも測定前日の1日間での風向、風速データを取得し、これによって測定点の配置方法について検討する。

測定時間は、粉じんの補足量が5mg以上得られる、最低4時間以上とする

平成14年度から測定要領を改訂し4時間単位の測定とした。

測定点の距離範囲は、想定される風速を考慮して設定する。風速が速いと想定される場合は、拡散するので発生源の近くに設定する。

風向風速の測定は、地上10mでの測定が難しいような場合には、高さを1.5mと5～10mの2点とすることを許容する。

4.2 騒音測定方法の簡素化

「建設工事の騒音測定要領(案)」(以下、測定要領)は、測定対象となる工事現場が比較的平坦で、しかも周囲に音の伝搬に関する障害物が存在しない広い敷地(半自由音場)であることを前提としている。しかし、実際の工事現場は、建物あるいは土木構造物などが存在することもあり、測定要領の適用が困難な場合がある。

ここでは、橋梁架設工事の現場を例として、大きな構造物等の音の伝搬に関する障害物が存在する場合において、適切に建設機械の音響パワーレベルを求めるための測定点のあり方について検討する。

4.2.1 橋脚などの障害物がある場合の音の伝搬

実際の橋梁架設現場においてトラッククレーンの騒音がどのように伝搬しているか、視覚的にとらえるため音線法(音が直線的に伝搬することを利用して、音源から球面状に音の拡散経路を求め、障害物による反射、吸収、回折を逐一計算する方法)によるシミュレーションを行った。図4-5の左図は現場の地形および構造物を配置しての計算結果を表わしたもので、実測値(白い数字)と良く整合していることがわかる。また、右図は構造物が無い場合との騒音レベルの差を表している。図中に騒音測定点をマークしているが、特に音源に対して構造物の裏側の測定点では、反射や遮蔽の影響を受けた複雑な音場となり、騒音レベルに大きな差が現れ不適切と判定される場所があることがわかる。

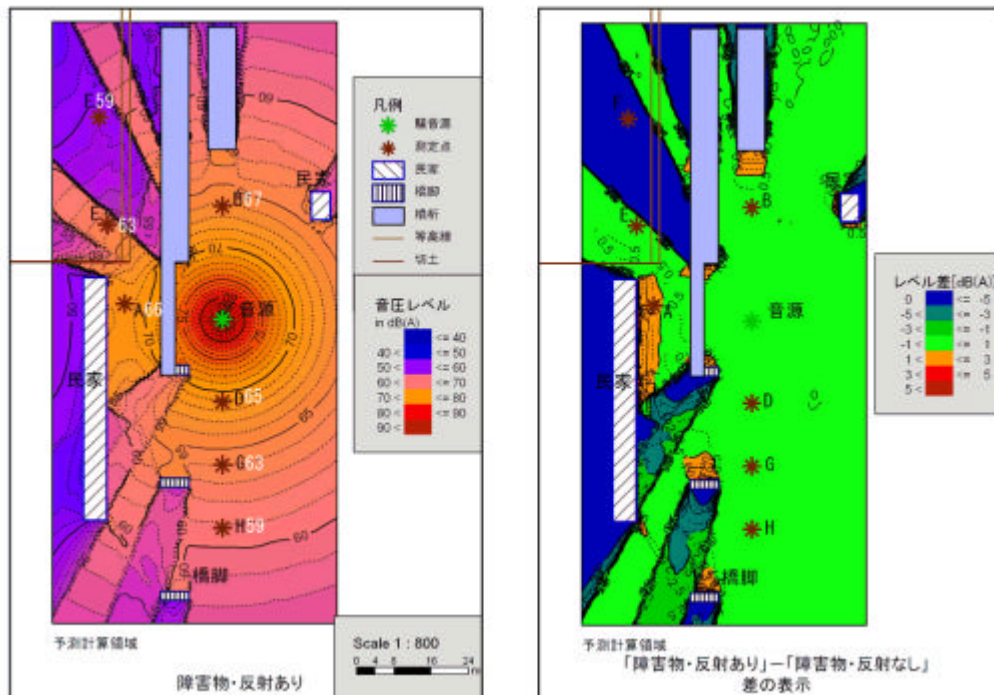


図5 - 5 橋梁架設工事現場での騒音伝搬

4.2.2 適正な測定点の設定方法

反射壁がある場合の音源と受音点の位置関係を図4-6とすると、壁の反対側には虚音源が存在するものとして考えることができる。受音点では、実音源からの直接音と虚音源からの反射音が合成されて測定値となる。反射音の影響度合いは、合成音と直接音の差として表される。反射音の影響度合いが一定となる領域は、図4-7のように示される。反射壁は、図のX軸に沿って存在し、音源は座標(0m, 30m)にあるものとしている。この場合に、反射音の影響度合いを1dB以内とすると、設定可能な測定領域は、中心座標を(0m, 47.9m)、半径を37.4mとする円の範囲ということになる。この場合、壁に最も近い測定点は、壁から10m以上音源側とする必要がある。

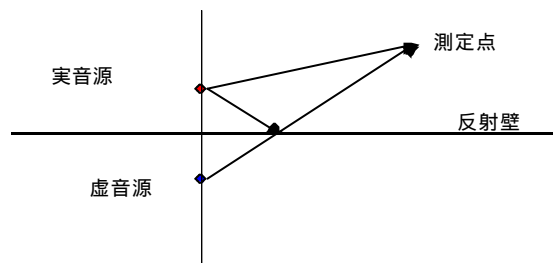


図5 - 6 音源・反射壁・測定点と音の伝搬

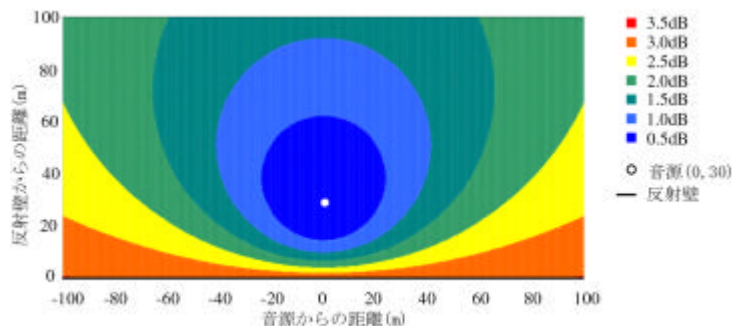


図5 - 7 反射音の影響度合いの試算例

すなわち、反射音の影響度合いを1dB以内とする測定点の位置は、実音源からの距離と

虚音源からの距離の比が1：2以上の関係となっているかチェックすることで設定可能である。

上記検討に基づく測定点の設定を行うことにより、音響パワーレベル推定の精度向上、及び現行測定要領の測定点数を減らすことができ、騒音測定の簡素化が可能となる。

4.2.3 「指定に関する規程」の判定基準値の利用

クレーン作業に伴う騒音レベル値を「低騒音型・低騒音型建設機械の指定に関する規程」の判定基準値で代用できないか検証した。クレーン作業の騒音レベルは、作業状況に応じてエンジン回転速度を調節するため大きく変動する。

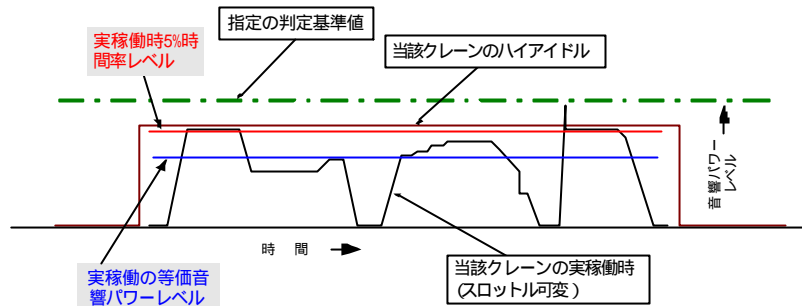


図5 - 8 クレーン作業の騒音レベル変動模式図

一方、「指定に関する規程」での騒音レベル測定は、クレーン作業時の最大騒音レベルを模擬したエンジンハイアイドル時と規定している。この測定条件の違いがどの程度騒音レベル（評価値レベル）差となっているかを5機種の実測データを基に検証した。

図4 - 8は音響パワーレベル変動模式図で、クレーン実稼働時、ハイアイドル時、「指定に関する規程」の判定基準値を一括して表している。5機種の実測データによれば、クレーン個々のハイアイドル音響パワーレベルは、「指定に関する規程」の判定基準値を平均で4dB下回っていたが大きな差はないことがわかった。低騒音型クレーンの普及が進んでいる現在では、予測対象クレーンの音響パワーレベルとして、「指定に関する規程」の判定基準値を用いることが可能であるといえる。

5. 結論

平成15年度は、以下の結果が得られた。

技術手法の適用範囲の拡大の検討では、ユニットデータの拡充が必要であること、および、数値解析により単体機械の合成から必要なユニットの騒音発生量が推定できることが確認できた。

環境保全措置の検討では、施工方法による対策として、現場内運搬のダンプトラック（ダイルクトラクション車両）において、適切な変速段を選択することで音響パワーレベルの低下が可能となること。低騒音型建設機械による対策では、対策型建設機械の効果が明らかになったが、丁寧な操作が騒音対策に大きく貢献することも確認された。伝搬系路対策の遮音壁については、音源の位置が高い場合には音源となる機械等で確実に騒音低減を図ることが重要であることが確認出来た。

予測方法の検討のうち、大気質測定方法では、風向風速を把握することにより高さ方向の測定点を簡素化できる改善案を提案し、騒音測定方法の簡素化については、実際の橋梁架設現場において障害物がある場合の測定点の設定方法について具体案を提示

した。

6. おわりに

「工事の実施」による大気環境への影響は、様々な施工法や建設機械の複数使用に伴って発生するため、対象となる施工法や建設機械により様々な特徴を示し、その様々な特徴を持った発生源が複数存在することとなるため非常に複雑である。また、建設技術の進展に伴い新たな工法や建設機械が開発されることにより変化していくことが予想される。このため、今後も新たな課題が出てくることが考えられ、継続的な実態の調査と予測方法の研究を続けていくことが必要である。

さらに、今後はこれらの継続的な研究に加えて、環境保全措置の具体的な方法、事例について調査検討し、環境対策に直面する現場対応の参考となるようとりまとめていきたい。

最後に、現地測定にあたりご協力いただいた北海道開発局及び各地方整備局工事担当の方々並びに施工会社の方々に深く感謝の意を表する。

参 考 文 献

【遮音壁関係】

- 1) 久野和宏、野呂雄一：前川チャートの複素表示のその応用、日本音響学会 騒音・振動研究委員会資料 N-2001-15、日本音響学会、2001
- 2) 田中武雄、古賀正輔、日本ガイシ株式会社：クーリングタワー用防音壁、日本音響学会騒音研究会資料 N-91-06、日本音響学会、1991
- 3) 伊藤雅夫、石井栄一、前川純一：土木建設工事用防音エンクロージャ、日本音響学会騒音研究会資料 N-9105、1991

【防振溝関係論文】

- 4) 北村泰寿：防振溝・防振壁による振動制御、日本騒音制御工学会、「防振溝・防振壁による新ドア制御」第3回研究会論文集、日本騒音制御工学会、pp.1-10、1997
- 5) 鈴木次郎、石垣昂：衝撃波の最大振幅が色々な溝によって減少する度合いについて、地震、第2輯、第12巻、第3号、地震学会、pp.130-136、1959
- 6) 塩田正純：地盤振動の伝搬経路における対策、騒音制御 Vol.2、No.2、騒音制御工学会、pp.20-28、1978