

ダム工事用機械の騒音予測に関する調査 (第1報)

—— ダム工事用機械の
騒音パワーレベルの測定方法 ——

昭和58年10月

土木研究所 機械施工部 機械研究室

Copyright © 1983年 by P.W.R.I.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced by any means, nor transmitted, nor translated into a machine language without the written permission of the Director of P.W.R.I.

この報告書は、土木研究所長の承認を得て刊行したものである。したがって、本報告書の全部又は一部の転載、複写は土木研究所長の承認を得ずしてこれを行ってはならない。

ま え が き

ダム建設地点が、騒音規制法に云う“指定地域”の指定を受けている場合、ダム建設工事は“特定工場”として取扱われることになる。この場合、工事現場の敷地境界線での騒音の大きさが条例によって規制され、工事によって発生する騒音の予測、時には機器、プラント類の騒音低減対策は避けて通ることのできない問題の一つとなる。

騒音を予測するためには、①音源となる機械類の騒音パワーレベル、②音の伝搬の性状、に関する知見が必要であるが、ダム工事用機械については信頼できるデータが整備されているとは言えず、またダムが建設されるような広範囲にわたる複雑地形条件での騒音の伝搬予測についても、まだ実用化の域には達していないのが現状である。

本研究は、このような状況を考慮し、ダム建設に伴う騒音の予測方法を確立しようとするものであり、本報告は、このうちダム工事用機械の騒音パワーレベルの測定方法に関する研究の経過とその中間成果についてまとめたものである。

また、この研究では、東北地方建設局浅瀬石川ダム、九州地方建設局耶馬溪ダムで騒音の実態調査を実施し、関係各位の多大な協力をいただいた。両ダム工事事務所、九州技術事務所、および関係各位に感謝の意を表する次第である。

昭和58年 10 月

機械研究室 室 長 伊藤 豪誠

研究員 境 友昭

豊田 実

目 次

1	騒音パワーレベルの測定方法（従来の方法）	1
1.1	騒音パワーレベル	1
1.2	自由音場での騒音パワーレベルの測定方法	1
1.3	制限された自由音場での騒音パワーレベルの測定方法	4
1.4	拡散音場による方法	4
1.5	残響室における標準音源との比較による方法	5
2	ダム工事用機械の騒音パワーレベルの測定理論	5
2.1	測定方法の考え方	5
2.2	面音源の近接音場	6
2.3	開放面を持つ制限領域内に音源がある場合の騒音パワーレベル	9
3	模擬音源による騒音パワーレベル測定方法の試験	10
3.1	実験方法	10
3.2	測定結果	11
3.3	近接音場方法からの騒音パワーレベルの推定	12
3.4	騒音の距離減衰の推定	12
3.5	騒音レベルの分散	13
4	ダム工事用機械の騒音パワーレベルの測定方法	14
4.1	適用範囲	14
4.2	騒音パワーレベル測定方法の基本的考え方	14
4.3	測定平面の設定	15
4.4	音の測定時間	15
4.5	騒音の測定方法	16
4.6	測定データの整理方法	17
5	ダム工事用機械の騒音パワーレベル	18
5.1	個別機械の騒音パワーレベル測定方法	18
5.2	騒音の測定結果	24
6	まとめと今後の課題	25
6.1	ダム工事機械の騒音パワーレベル測定方法	25
6.2	騒音パワーレベルの測定対象機械	26
6.3	騒音の予測方法	26
	あとがき	26

1. 音響パワーレベルの測定方法 (従来の方法)

1.1 音響パワーレベル

機器の音響出力 (sound power) を直接的な方法 (例えば代数計算など) で求めることは極めて困難であり、一般には機器から放射された音のエネルギーを計測して定量化する方法が用いられる。

音響出力は、単位時間に音源 (sound source) が放射する音響エネルギーとして定義され、すなわち工率である。音響パワーレベル (sound power level) は、上述の音響出力と基準の音響出力との比の常用対数を 10 倍したもので、基準となる音響出力は 10^{-12}W (ワット) である。

1.2 自由音場での騒音パワーレベルの測定方法

音源の周囲に何一つ障害物がなく、しかも音の媒質となる空気が等方等質である場合を自由音場 (free sound field) と云い、この時、音源が点音源 (simple sound source) として取扱うことができれば、音は音源を中心とした球面上に拡がっていくとみなすことができる。この場合から R_m 離れた点での音の強さ (sound intensity; 音場内の点において音の進行方向に垂直な単位面積を、単位時間に通過する音のエネルギー) I は、

$$I = \frac{W}{4\pi R^2} \dots\dots\dots (1.1)$$

として与えられる。ここに、 W は音源の音響出力、 $4\pi R^2$ は球の表面積 (半径 R) である。(1.1) 式をもとにして、音源から R_m 点での音の強さがわかると、 $W = 4\pi R^2 \cdot I$ として音源の音響出力が得られることになる。また、音響パワーレベル L_w は、これを基準の音響出力 W_0 (10^{-12}W) で除し、常用対数をとって 10 倍することによって得られる。すなわち、

$$\begin{aligned} L_w &= 10 \log \frac{W}{W_0} \\ &\doteq L_I + 20 \log R + 11 \dots\dots\dots (1.2) \end{aligned}$$

である。ここで L_I は音の強さのレベルを示し、また右辺第 3 項の定数 11 は $10 \log 4\pi$ の近似値を与えるものである。

さて、音響パワーレベルを求めるためには、音の強さのレベルを知る必要があるが、これを直接的に計測することはできない。これは、音を測定するための騒音計のマイクロホンは音の圧力 (音圧, sound pressure) のセンサーであり、音の強さのセンサーではないためである。音のエネルギーは、音圧と空気の粒子速度 (particle velocity) の積によって示される値である。音が平面進行波であれば、空気の粒子速度と音圧とは同位相でしかも比例関係にあり、この場合、音圧の自乗は音の強さに比例するが、音源の近傍や障害物のあるところでは、空気の粒子速度と音圧とは同位相とはならず、したがって音圧から音の強さを知ることができない。

音圧レベル (sound pressure level) は $20\mu\text{Pa}$ (パスカル N/m^2) を基準音圧とする、音圧比の常用対数の 20 倍によって与えられる。音圧レベルは、1,000 Hz (ヘルツ; 1 秒間当りの振動数) の純音 (pure tone)

に対する人の最小可聴音圧 $20\mu Pa$ を基準として定められたものであるが、音圧レベルと音の強さのレベルは、ほぼ同じ値となるように定義されている。平面進行波の場合、音圧 $20\mu Pa$ は、約 $10^{-12} W/m^2$ に相当し、この意味から、音源から十分に遠い地点では、音の強さのレベルのかわりに、音圧レベルを用いることができる。このことから、(1.2) 式のかわりに、

$$L_w = L_p + 20 \log R + 11 \dots\dots\dots (1.3)$$

として音響パワーレベルを推定することが多い。

音源が指向性を持たなければ、音源から R_m 点での音圧レベル L_p は、一点での計測によって知られるが、一般の実音源では音の放射方向によって音の強さが異なる場合が多く、半径 R_m の球面上での複数の点での計測値から、 L_w を推定することになる。

図 1.1 は 6 個のマイクロホンを用いた場合の音響パワーレベルの測定例を示すものである。図では、音源面から上の半球面上で測定しているが、音源を中空に設置することができれば全球面上で計測する方が良い。これは、音源を中空に設置した状態で半球面のみしか測定しないと、測定しなかった方向に対する音響指向性と測定した方向に対する音響指向性が極端に異なる場合、音響パワーレベルの推定値が正しくないことがあるためである。したがって、図 1.1 のように半球面についてのみ音圧レベルの計測を行う場合、あらかじめ音源を硬い（音響リアクタンスが 0 で音響抵抗が無限大となるような構造、例えばコンクリートとか鋼）平面上に設置し、音が拡がる空間を半球空間に制限することが必要である。

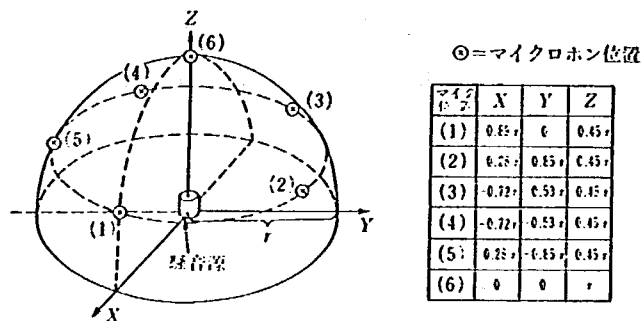


図 1.1 半径 r の半球面に 6 個のマイクロホンを設置したパワーレベル測定法¹⁾

この測定方法で注意すべき点は、マイクロホン設置場所が音源から十分に離れていること、また無響室で行う場合は、測定点と音源を含む空間が自由音場とみなせること、である。図 1.2 は、この関係を示すもので、音の伝搬 (propagation) による音圧レベルの減衰が、音源からの距離が 2 倍になると $6dB$ であるような測定域内にマイクロホンを設置する必要がある。

もう一つ注意すべき点は、測定点の数が多くなる程、音響パワーレベルの推定精度が向上することである。ただし、個々の測定点が負担する面積は平等であることが前提となっており、測定点が多数多くあっても相互に近接した位置に固まってあれば、推定精度の向上に資することはできない。このことから、測定点の配置は、音の伝搬空間を測定点数で等分割化した時の各領域の中心を測定点とするように定められる。やむをえず、個々の測定点が負担する面積が不平等となった場合、音響出力の計算時に測定値に、負担面積比でウェ

イト付けることも必要である。

騒音パワーレベルは、音響出力に聴感補正 A 特性をかけたものである。この測定では、(1.3) 式に示す音圧レベル L_p のかわりに、騒音レベル (A-weighted sound pressure level) SL を計測する。音が人に及ぼす影響や、騒音に対する社会反応のように、音を人の反応との関係で見ると立場では、音の予測や評価は、騒音レベルや等価騒音レベル³⁾を用いることが多く、この場合、音響パワーレベルより騒音パワーレベルの方が取扱いやすい。これは、A 特性の周波数ウェイト付けした音圧を騒音評価の基本的な物性としているためである。

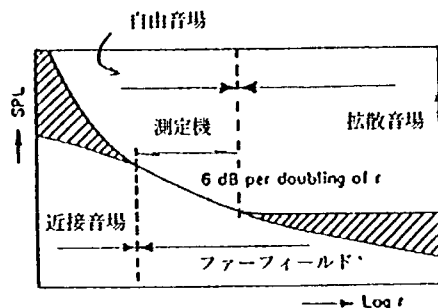


図 1.2 室内における音圧分布 (F. M. Wiener) ²⁾

さて、図 1.3 は、ISO⁴⁾ による建設機械の騒音パワーレベルの測定方法を示すものである。この方法は、騒音規制に適合するように、工学的精度の範囲内において建設機械の騒音パワーレベルを求めようとする方法である。図では、(A)と(B)の 2 通りの方法を示しているが、これは球面の分割方法が異なるだけで基本的な考え方は同じである。音源となる建設機械を平らなセメントかアスファルトコンクリート舗装盤上に設置し、半球空間に拡散する音のエネルギーを計測して、騒音パワーレベルを推定する方法である。この方法は、測定フィールドが半自由空間で、しかも暗騒音 (back ground noise) が小さいことを期待している。したがって、機械の大きさと、騒音の測定半径 r とは相互に関係があり、 r は対象となる機械の寸法の少なくとも 2 倍以上の距離としている。

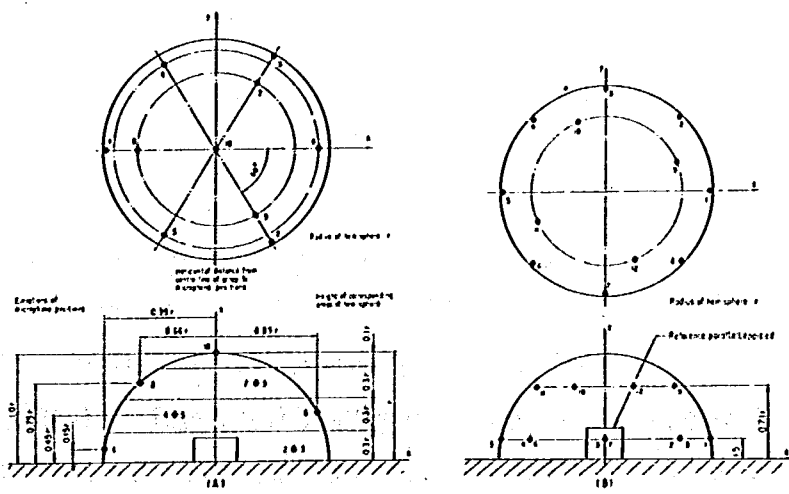


図 1.3 ISO 4872 の騒音パワーレベル測定法

1.3 制限された自由音場での騒音パワーレベルの測定方法

ISO/4872 では、暗騒音が大きい場合や、半径 r の半球面を自由音場内に確保できない場合のために、図 1.4 に示すような平行六面体による騒音パワーレベルの測定方法を提示している。

この測定方法の基本的な考え方は、音源を含む任意の閉曲面を考えた時、その閉曲面の法線方向を通過する音のエネルギーの総和は、音源の音響エネルギーに等しいとするとところにある。実際、この考え方は一般的には成立するが、音源から各測定点までの距離が一定ではなく、したがって、各測定点が負担する音の通過面積が同じとはならないこと、などの欠点がある。この方法での騒音パワーレベルは、

$$L_w = \overline{SL} + 10 \log S - K \quad \dots\dots\dots (1.4)$$

$\overline{SL}$; 測定面上でのエネルギー平均騒音レベル $dB(A)$

S ; 平行六面体の表面積 (m^2)

K ; 環境補正值 $dB(A)$

である。

ダム工事用機械の場合のように、機械が大きくて、しかも自由音場が確保できず、かつ暗騒音も大きいような場合、この測定方法は有効であるが、しかし、測定点が近接音場に位置する場合ではそのまま (1.4) 式を適用できない可能性がある。

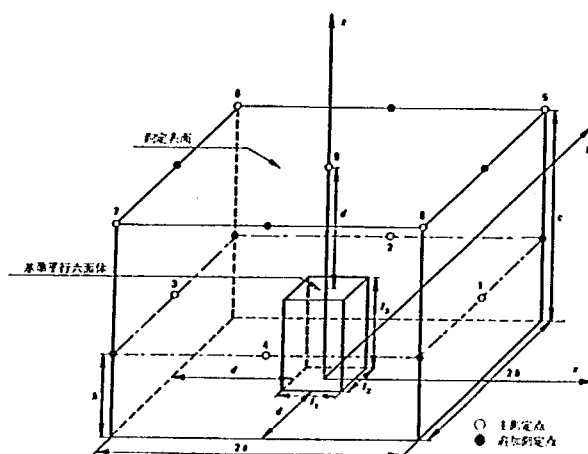


図 1.4 平行六面体のマイクロホン配置

1.4 拡散音場による方法

拡散音場は、音場内の 1 点に着目した時、その点での音があらゆる方向に向っているような音場である。このような音場では、音場内のあらゆる点での音圧が等しくなるという特徴がある。

完全な拡散音場をつくり出すことは容易ではないが、近似的には、残響室を用いることによって構成することができる。図 1.5⁵⁾ は残響室の形を示すもので、残響室内の任意の位置から任意の方向に放射された音が 2 度と同じ経路を通らないように室の形状がいびつになっている。これでも十分な拡散性が得られない場合は、残響室内に曲面を持つ拡散板を吊るし、拡散性の向上を図ることが多い。

さて、この残響室内に、測定対象となる音源を入れ、ある時間経過すると、残響室が吸収する音のエネルギーと、音源が発生する音のエネルギーが平衡状態に達し残響室内の音圧レベルが一定となる。したがって、この音圧レベルと残響室の音響的特徴がわかると、音源の音響パワーレベルが推定できる。

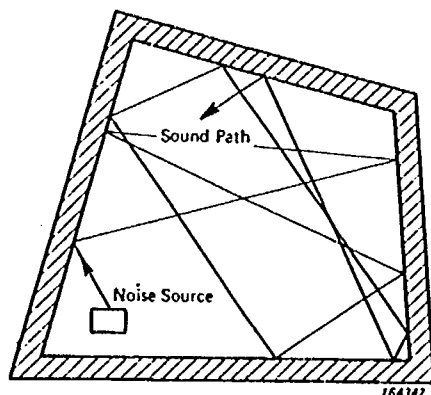


図 1.5 拡散性を高めた残響室

1.5 残響室における標準音源との比較による方法

音響パワーレベルが既知の音源がある場合、この標準音源による音圧レベルと、試験音源による音圧レベルとの差から試験音源の音響パワーレベルを求める方法である。残響室の音響特性が音圧に対して線形作用素であれば、標準音源の場合も、試験音源の場合も、残響室の条件による音圧レベルの違いは一定となり、両者の音響パワーレベルの差は、残響室内の音圧レベルの差にのみ反映されることになり、すなわち試験音源の音響パワーレベルは、

$$L_w = L_{ws} + (\bar{L} - \bar{L}_s) \dots\dots\dots (1.5)$$

L_{ws} ; 標準音源の音響パワーレベル

$\bar{L}$; 試験音源の場合の音圧レベル

$\bar{L}_s$; 標準音源の場合の音圧レベル

として与えられる。

2. ダム工事用機械の騒音パワーレベルの測定理論

2.1 測定方法の考え方

ほとんどのダム工事用機械は、山間地を切り拓いたわずかな平地に設置されることが多く、音響的に自由音場が広い範囲にわたって仮定できるのは希な場合に限られている。しかも、ダム工事に用いられる機械は大型の機械であり、その騒音パワーレベルを求める場合、自由音場を前提とすることは实际的でない。このことは、前項 1.3 で示した条件（制限された自由音場）よりも更に厳しく、基本的に自由音場を仮定しない測定方法が必要となる。自由音場が仮定できない場合の屋外での騒音測定では、暗騒音や音場条件（音の反

射など)の影響を避けるため、近接音場を利用するしかない。

しかし、近接音場を用いる場合、①音の強さと音圧の2乗値が比例しないことがある、②音源の形状は面として取扱われなければならない、など解決すべき問題点がある。ここでは、①については、音圧から音の強さが推定できると考え、実験によって確認する方法を用いた。また、②については、あらかじめ補正係数を計算によって求め、その値の妥当性を同じく実験によって確認し、近接音場方法によるダム工事用機械の騒音パワーレベル測定方法の確立を図った。

2.2 面音源の近接音場

図2.1に示すような有限の面音源(面積 A)から R_m 離れた位置に、面音源と等しい形状を持つ音の測定面 S を仮定する。今、面音源が、音の波動性を無視できるような微小面音源(面積 dA)に分解でき、測定面 S では、この微小音源を点音源として扱うことができる時、測定面 S での音の強さの平均値は、

$$\hat{SP} = \frac{1}{S} \int_S \int_A \frac{dw}{4\pi(R^2 + x^2 + y^2)} dA \cdot dS \quad \dots\dots\dots (2.1)$$

$$W = \int_A dw \cdot dA$$

$$x = (x_1 - x_2)$$

$$y = (y_1 - y_2)$$

添字1は音源面、添字2は測定面

として示すことができる。ここで W は面音源の音響出力である。音源面での単位面積当りの音響出力が特に偏在していない場合、(2.1)式は、

$$\hat{SP} = \frac{W}{4\pi R_2} \cdot \frac{1}{S} \int_{-X_1}^{X_1} \int_{-Y_1}^{Y_1} \int_{-X_2}^{X_2} \int_{-Y_2}^{Y_2} \frac{1}{1 + \left(\frac{x_1 - x_2}{R}\right)^2 + \left(\frac{y_1 - y_2}{R}\right)^2} dx_1, dx_2 dy_1 dy_2 \quad \dots\dots\dots (2.2)$$

となる。ここで、 X_1, Y_1 は音源面 A 、 X_2, Y_2 は測定面 S での積分範囲を示し、当然のことながら、 $X_1 = X_2, Y_1 = Y_2$ である。さて、 $x_2 = 0, y_2 = 0$ の条件での右辺の積分、

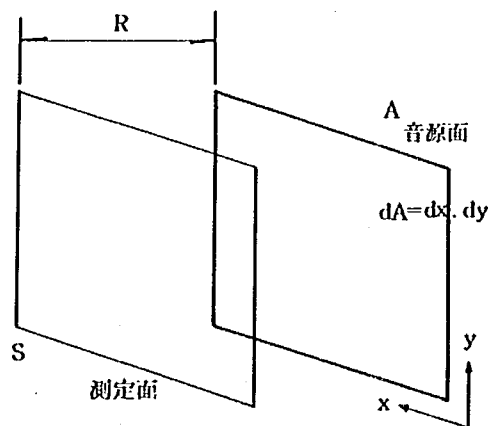


図2.1 面音源音の測定

$$\int_{-x_1}^{x_1} \int_{-y_1}^{y_1} \frac{1}{1 + \left(\frac{x}{R}\right)^2 + \left(\frac{y}{R}\right)^2} dx \cdot dy$$

については、高木・山本の近似解⁶⁾があるが、(2.2) 式について解いたものではない。そこで、(2.2) 式を、

$$\hat{SP} = \frac{W}{4\pi R^2} \cdot F \dots\dots\dots (2.3)$$

とおき、 F をより単純な関数で近似する方法を考える。 F は、音源面の形状が近似的に正方形である場合、面積 A と、距離 R の関数となり、 $R \rightarrow \infty$ もしくは $A \rightarrow 0$ で音源は点音源とみなせるようになるから、すなわち 1 に限りなく近づく。また、 $R \rightarrow 0$ の場合、図-2.2 に示すように、 SP がある一定の値に近づくことから、 $F/R^2 \rightarrow a$ すなわち、 $F \rightarrow aR^2$ でなければならない。このような関数としては、

$$F = \frac{1}{1 + k_1 \left(\frac{A}{R^2}\right)^{k_2}} \dots\dots\dots (2.4)$$

がある。(2.4) 式において、 $A \rightarrow 0$ もしくは $R \rightarrow \infty$ で、 $F \rightarrow 1$ は明らかである。また、 $R^2 \rightarrow 0$ で、 $A \gg R^2$ である時、(2.4) 式は、

$$F = \frac{R^{2k_2}}{R_1 A^{k_1} + R^{2k_2}} \div \frac{R^{2k_2}}{k_1 A^{k_2}}$$

となり、 k_2 が 1 に近ければ、 $F \rightarrow aR^2$ の条件も満たすことがわかる。

この近似式の係数 k_1, k_2 を決定することによって面音源の近接音場を知ることができる。このためには、(2.2 式) の 4 重積分を解きこれを (2.4) 式で置き換えるという手続が必要となるが、解析的に解を得ることはむずかしい。そこで、(2.2) 式を導出した仮定条件をそのまま用いて、コンピュータのシミュレーションによる方法を考える。

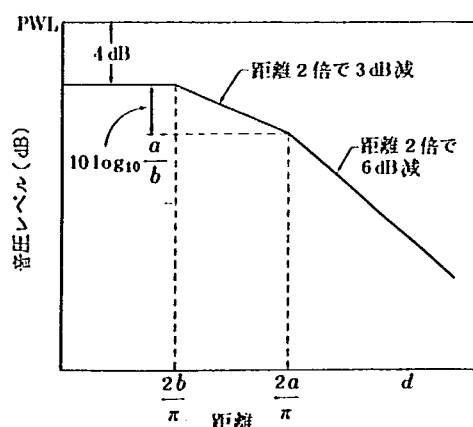


図 2.2 矩形状面音源からの音圧レベルの距離減衰の近似計算値

図 2.3 は、シミュレーションによって得られた補正係数を示すものである。 $V = A/R^2$ が小さくなるところが点音源、大きくなる方向が面音源を意味する。シミュレーションによって得られた補正係数を線形回帰で示すと、

$$R = \frac{1}{1 + 0.18474 \left(\frac{A}{R^2} \right)^{0.8811}}$$

となるが、この関係式では、 V が、1～10 の範囲で誤差が大きく出ることがわかる。ところが、面音源の場合、 V は 1 以上であることが多く、逆に言えば、 $V < 1$ の範囲では近似式とシミュレーションの結果とは必ずしも一致する必要がない。 $\phi = (V/4)^{0.75}$ 、すなわち、

$$R = \frac{1}{1 + \left(\frac{A}{4R^2} \right)^{\frac{3}{4}}} \dots\dots\dots (2.5)$$

とした関係式は、音源を面音源として取扱うべき範囲での補正係数の近似式を与えるものであり、 $V > 1$ において近似式とシミュレーションの差はほとんどない。

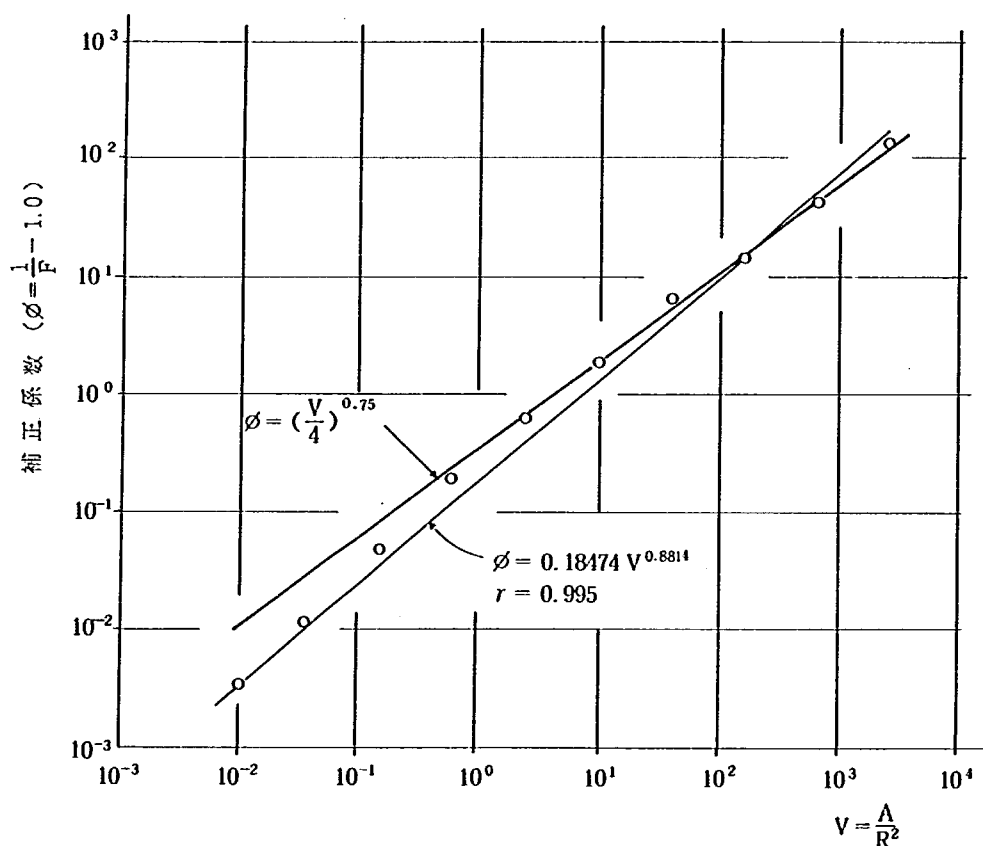


図 2.3 面音源の距離係数

これより、(2.3) 式は、

$$\hat{SP} = \frac{W}{4\pi R^2} \cdot \frac{1}{1 + \left(\frac{A}{4R^2} \right)^{\frac{3}{4}}} \dots\dots\dots (2.6)$$

となり、すなわち音源面の騒音パワーレベルは、

$$L_w = \hat{SL} + 20 \log R + 10 \log \left\{ 1 + \left(\frac{A}{4R^2} \right)^{\frac{3}{4}} \right\} + 11 \dots\dots\dots (2.7)$$

として与えられる。 $\hat{SL}$ は、測定面 S での平均騒音レベルである。図 2.4 は $2m \times 2m$ の正方面音源について、

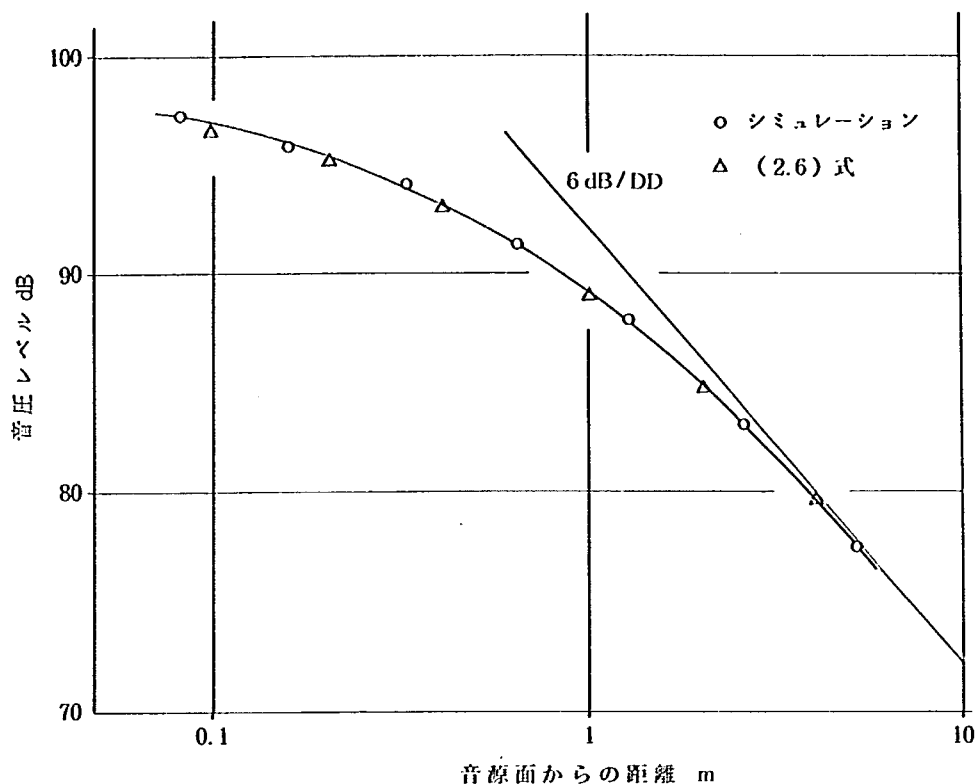


図 2.4 シミュレーションによる面音源音の距離減衰と(2.6)式による推定値

シミュレーションによる距離減衰と、(2.6)式による推定値を比較して示したものである。(ただし、音の拡散空間は半球空間としている。)図に示すとおり(2.6)式による推定値はシミュレーションによる値と良く一致しており、実用上(2.6)式で十分に騒音の予測ができることがわかる。

2.3 開放面を持つ制限領域内に音源がある場合の騒音パワーレベル

図 2.5 に示すように、音源が音の自由な拡散を制限するような領域内にある時、音のエネルギーの連続性から、

$$W_s = W - W_a \dots\dots\dots (2.8)$$

の関係にある。ここで、 W_s は領域の開放面から流出する音のエネルギー、 W は音源の音響出力、そして W_a は制限体によって吸収されるエネルギーを意味する。今、領域を制限する物体が十分に剛性を持ち、 $W_a/W \approx 0$ となる場合、領域の開放面を通過する音のエネルギーの総量と音源の出力とは近似的に等しいと考えて良い。この考え方は、1.3 に示した騒音パワーレベルの測定方法と同じ考え方であり、

$$L_w = \hat{S}L + 10 \log S \dots\dots\dots (2.9)$$

S , 開放面の面積 (m^2)

として騒音パワーレベルを求めることができる。

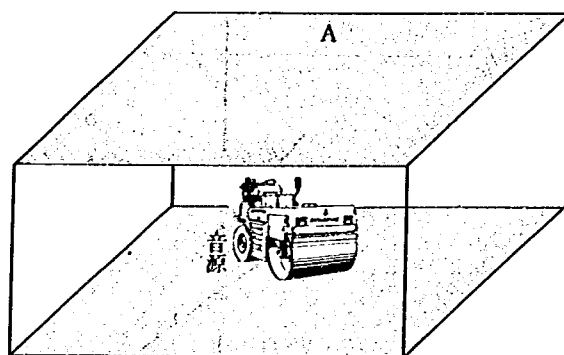


図 2.5 制限領域内の音源

3. 模擬音源による騒音パワーレベル測定方法の試験

3.1 実験方法

図 3.1 に示す形状の防音形発動発電機 (DCA-55 SSA-1) を模擬音源として、① ISO/4872 による騒音パワーレベルの測定、②面音源の近接音場による騒音パワーレベルの測定を実施し、両者の比較から、②による騒音パワーレベル測定方法の実用性について検討した。

①の実験においては、音源をアスファルトコンクリート舗装の上に置き、音の測定半球面の半径を 6m とし、図 1.3 (b) の 12 点法を用いた。表 3.1 は、各測定点の位置を、音源を中心とする直交座標で示したものである。

②の実験では、舗装面に吸音材を敷きつめ、近似的に自由音場を形成した。測定点は、発電機の底面を除く 5 面から垂直距離で、0.16, 0.32, 0.64, 1.28 m の位置に測定平面を仮定し、この測定面を 16 cm × 16 cm の正方格子群に区分したその格子点とした。ただし、発電機の上面での測定は、0.16 m, 排風口のある面では 0.64 m でのみ測定した。なお機械は無負荷フルスロットルの状態である。

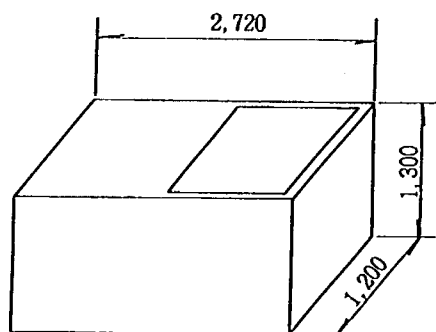


図 3.1 模擬音源の形状

表 3.1 ISO/4872 による測定点の位置

No.	X	Y	Z
1	6.0	0.0	1.5
2	4.2	4.2	1.5
3	0.0	6.0	1.5
4	-4.2	4.2	1.5
5	-6.0	0.0	1.5
6	-4.2	-4.2	1.5
7	0.0	-6.0	1.5
8	4.2	-4.2	1.5
9	3.9	1.62	4.26
10	-1.62	3.9	4.26
11	-3.9	-1.62	4.62
12	1.62	-3.9	4.26

注) 機械中心 (0, 0, 0)

3.2 測定結果

発電機の音はすべて聴感補正回路 A 特性を用いて計測し、また対象音は定常音であり、したがって、動特性は“緩”(slow)とした。

① ISO/4872 による方法

表 3.2 に測定結果を示す。表の数字は 1 測定点当り 3 分間程度連続して計測し、最頻となる値を 0.5 dB ユニットとしたものである。この実験での騒音計はすべて精密騒音計 (NA-60) であり、騒音計は、ピストンホン (4220) を用いて相対校正した。計量値では、0.5 dB をユニットとしたが、最終的に得られる騒音パワーレベルでは整数表示することにした。

対象機械は騒音対策型の機械で、吸排気口が上方にあり、したがって全体に騒音レベルは低く、上方での測定点 (9, 10, 11, 12) での騒音レベルは他の測定点に較べて、やや高い。

騒音パワーレベルの計算は、

$$L_w = \overline{SL} + 20 \log R + 8 \dots\dots\dots (3.1)$$

$$\overline{SL} = 10 \log \left\{ \frac{1}{12} \cdot \sum_{i=1}^{12} 10^{\frac{SL_i}{10}} \right\}$$

として求めたものである。

表3.2 ISO 4872による騒音パワーレベルの測定結果

測定点	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	騒音パワーレベル
騒音レベル	60.5	62.5	62.0	62.5	62.0	64.5	63.0	63.0	64.0	66.0	64.5	66.0	87

② 近接音場による測定結果

表 3.3, 3.4 に測定結果を示す。測定面 A~E は音源面の便宜吸称であり、表にその面積を示す。表 3.3 では、騒音レベルのエネルギー平均 $\overline{L}$, 算術生約 $\overline{x}$, 不偏分散 S^2 を示している。不偏分散は、騒音レベルを統計量とみなした場合の値であり、エネルギーに着目したものではない。

表3.3 近接音場法による測定効果

測定面 距離	A 3.54m ²				B 3.54m ²				C 1.56m ²				D 1.56m ²			
	0.16	0.32	0.64	1.28	0.16	0.32	0.64	1.28	0.16	0.32	0.64	1.28	0.16	0.32	0.64	1.28
測定点数	128	128	128	128	128	128	128	128	56	56	56	56	56	56	56	56
エネルギー平均 $\overline{L}$	76.6	74.8	72.7	69.7	77.3	75.9	73.5	70.5	76.9	75.4	72.9	69.7	75.0	73.7	71.4	68.7
騒音レベルの平均 $\overline{x}$	75.2	73.9	72.3	69.6	75.8	74.9	73.1	70.3	76.2	75.1	72.8	69.6	74.7	73.5	71.3	68.5
不偏分散 S^2	9.64	6.69	3.44	1.24	10.06	7.37	3.24	1.07	5.16	2.96	0.95	0.78	3.10	1.78	1.12	1.27

表3.4 上平面の測定結果

測定面	面積	距離	エネルギー 平均 L
E ₁	2.30	0.16	78.04
E ₂	0.96	0.64	82.09

3.3 近接音場方法からの騒音パワーレベルの推定

各音源面ごとの騒音パワーレベルは (2.7) 式によって求めることができる。機械としての騒音パワーレベルを求める場合、各面の騒音パワーレベルを合成する必要がある。この合成は、各音源面の騒音パワーレベルと L_{wi} 、面積を A_i として、

$$L_w = 10 \log \frac{A_o}{\sum_i A_i} \cdot \frac{1}{\sum_i A_i} \sum_i A_i 10^{\frac{L_{wi}}{10}} \dots\dots\dots (3.2)$$

の面積荷重平均によった。ここで、 A_o は機械の全表面積を示すものであり、測定対象平面の面積の総和 $\sum_i A_i$ とは必ずしも一致せず、 $A_o \geq \sum_i A_i$ の関係にある。この実験では、機械の底面は測定の対象になっておらず、もし底面と垂直に透過する音のエネルギー流れが仮定できるとすれば、機械の総面積 A_o にこれを含める必要がある。

表 3.5 は、各音源面の騒音パワーレベルおよび合成騒音パワーレベルを示すものである。“E面算入”としているのは、 E_1 、 E_2 面で測定した騒音パワーレベルを合成して E 面の騒音パワーレベルとみなして算入したものであり、測定距離とは無関係である。表に見られる通り測定距離と推定された騒音パワーレベルとは関係があり、すなわち距離が短かいと推定騒音パワーレベルが小さい。これは、近接音場では音源面に近づくと、音圧から音の強さが推定できなくなることの影響によるものと思われる。また、(2.7) 式では音源面が正方であることを前提としており、長短形となると誤差が生じやすい。

いずれにしろ、0.64 m、もしくは 1.28 m の距離では、面音源を前提とした近接音場による騒音パワーレベルの推定方法と、ISO/4872 による方法とは、ほぼ同じ値を示しており、近接音場による騒音パワーレベル推定方法の実用性が示されたもの考える。

表3.5 近接音場法による騒音パワーレベルの推定値

距離	A	B	C	D	E		Lw	
					E ₁	E ₂	E面除外	E面算入
0.16	83.5	84.2	81.4	79.5	83.7	—	85.5	85.6
0.32	83.7	84.8	82.2	80.5	—	—	86.6	85.9
0.64	84.3	85.1	83.0	81.5	—	93.0	87.0	86.1
1.28	85.0	85.8	84.1	83.1	—	—	87.3	86.4

3.4 騒音の距離減衰の推定

図 3.2 は、模擬音源の騒音レベルの距離減衰の測定値と (2.7) 式による推定値について示すものである。

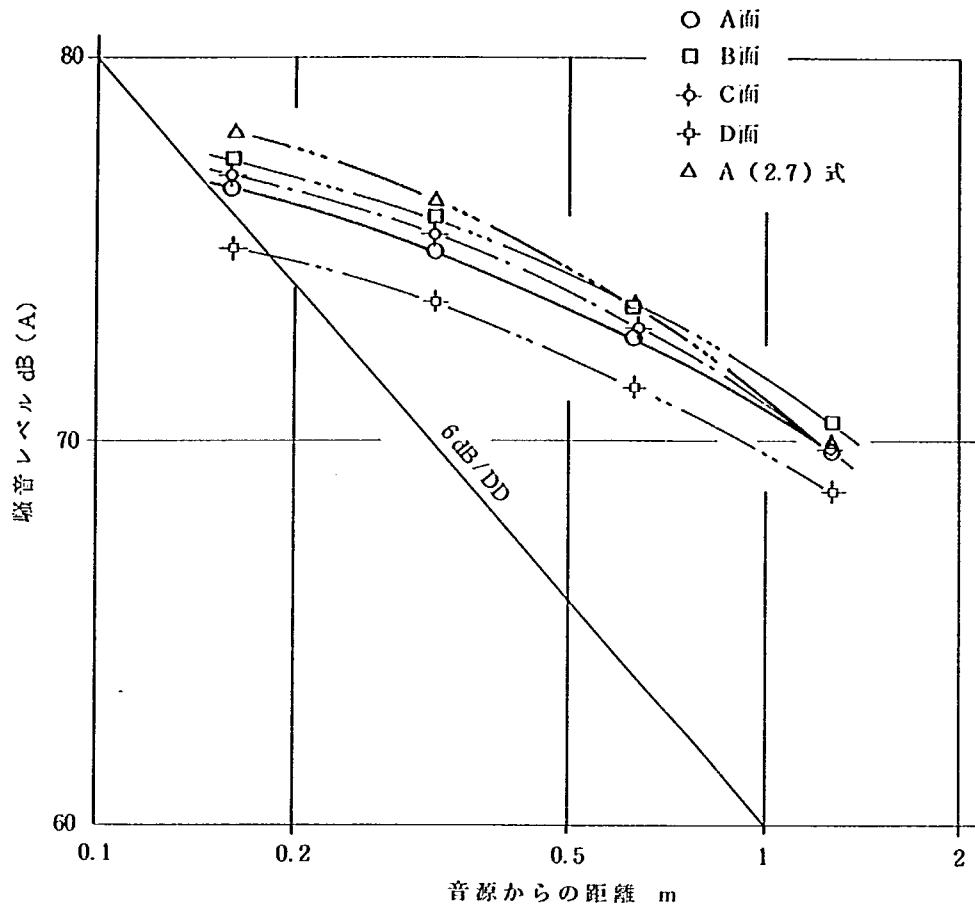


図 3.2 模擬音源の騒音の距離減衰

図中に参考までに倍距離当り 6dB 減衰のいわゆる逆自乗則による騒音の減衰を示す。図に示すとおり、近接音場での騒音レベルは逆自乗則による減衰とはまったく異った減衰傾向を示している。A 面については、音源面の騒音パワーレベルを 85dB(A) とした時の (2.7) 式による騒音の伝搬の推定値を示すが、やや騒音の減衰傾向に違いがあるもののその差は 1dB(A) 以内と小さい。しかし、この減衰傾向の違いが騒音パワーレベルの推定値の誤差となっているものである。

3.5 騒音レベルの分散

図 3.3 は、表 3.3 に示した騒音レベルの分散を音源からの距離との関係で図示したものである。音源面での音響出力が分散を持つ時、(音源面の部位によって音響出力が異なる) 測定面が音源面に近づくに従って騒音レベルの分散は大きくなり、もし音源に極めて近接した位置で音の強さの計測が可能であれば、騒音レベルの分散は、音源面での騒音パワーレベルの分散に収束する。また、音源面と測定面が離れると、測定点相互の相関が強くなり、すなわち分散は 0 に収束する。実際には騒音パワーレベルのわずかな変動や計測器の精度によって測定の分解能が制限され、有限の値 (1dB 前後) に収束する。図はここ傾向をよく示しているが音源面からの距離 0.16m ではまだ収束していない。一方遠点側では、 1m を超えることによって騒音レベルの分散は 1dB 程度に収束している。この収束の速度は、図形の相似則から考えて R^2/A に比例するものと考え

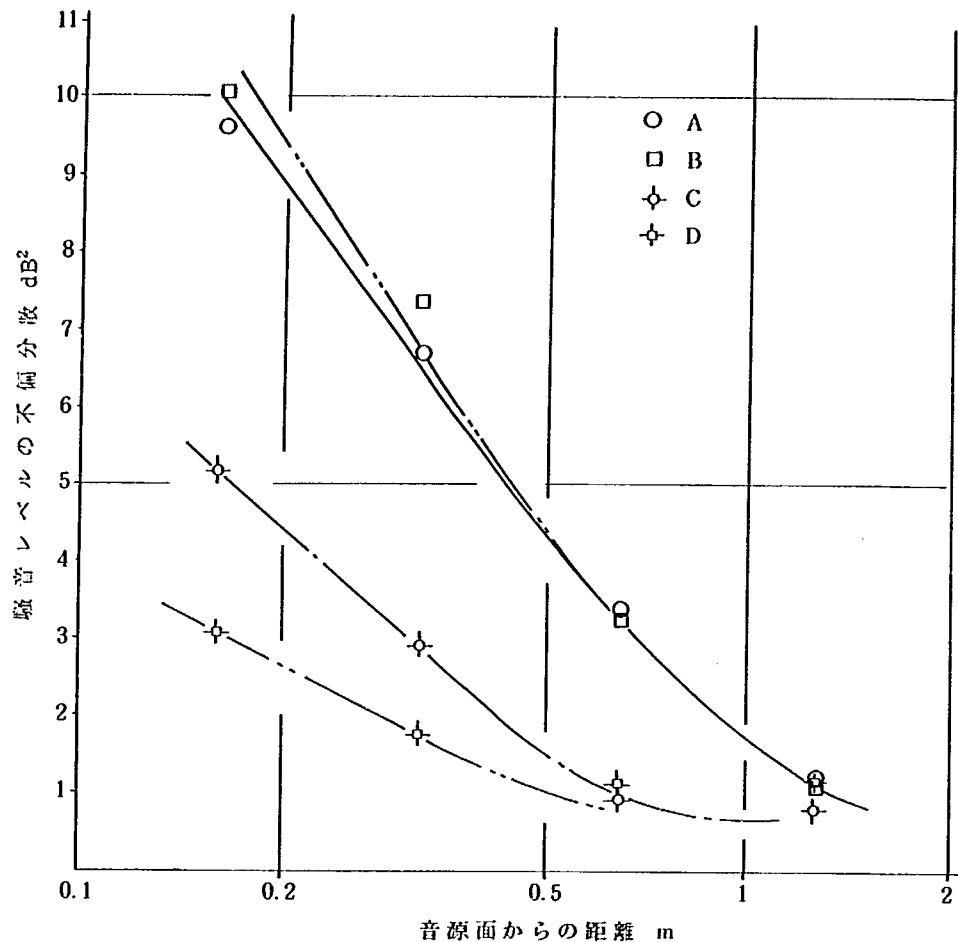


図 3.3 測定面での騒音レベルの分散

られ、音源面が広い程、収束するに要する距離は大きくなる。図に示されるとおり、音源面の広い、A、B面の方がC、D面より収束が遅い。

図 3.3 および図 3.2 が示すことによると、面音源の騒音パワーレベルを計測する場合でも、測定面はできるだけ音源面から遠去けるべきであることがわかる。

4. ダム工事機械の騒音パワーレベルの測定方法

4.1 適用範囲

この騒音パワーレベル測定方法は、機械が大きく、かつ自由音場とみなし得る立地条件にない場合の測定方法である。したがって、工学的に実用的な精度での推定値を与えるものであって、騒音規制基準などとの比較に適した値を得るための方法ではない。厳密な測定が必要な場合は ISO/4872 による測定方法が用いられるべきである。

4.2 騒音パワーレベル測定方法の基本的考え方

測定対象となる機械が近似的に複数の単純な平面で構成されている時、特定の面の近傍でその面と平行で

同様な音の測定平面を考える。音が音源面から垂直に放射されている時、音の測定面を通過する音はこの音源面から放射されたものと考えることができる。この場合、音源面の持つ騒音パワーレベルと測定面での平均騒音レベルとは相互に関係があり、すなわち、測定面での騒音レベルを知ることによって、音源面の騒音パワーレベルを推定することができる。この関係は、音源の面積と測定面の音源からの距離をパラメータとして、(2.7) 式のように示される。更に、機械全体としての騒音パワーレベルは各音源平面での騒音パワーレベルを、面積で重みづけして合成したものとして示すことができる。

4.3 測定平面の設定

4.3.1 測定距離，測定点数

表4.1は、測定平面の設定、分割方法について示すものである。表の値は原則を示すものであって、測定の都合で変更することができる。ただし、測定距離は1～2 mとし、測定面を格子状に分割する場合、正方格子でなければならない。格子間隔 l と測定距離 R は、 $(l/d) \div 1.4$ とするのが良い。同一機械については、この関係が一定となるようにすることが望ましい。

表4.1 測定平面分割の諸数値

音源面積(m ²)	～20	～40	～80	80以上
分割面積(m ²)	2	4	4	4 ～ 8
分割数 N	5～10	5～10	10～20	10～20
測定距離m	1	1.4	1.4	1.4～2

4.3.2 音源面の決定

一般に機械は複雑な形状を持つが、この測定法ではこれらを単純な平面構成に変換して取扱う。この方法では、機械の構成面の出入りの最大値が測定距離の1/2.5であれば、凹凸の平均的な位置を音源面と置く。また、機械の凹凸の面積が対象となる平面の1/5以下の時はより広い面積を持つ平面の位置を音源面とみなす。

外壁を持つプラント類、機械類にあっては外壁を音源面と考える。

音源となる機械が、開放面を持つ制限領域（エンクロージャ）内にある場合、開放面を測定面とするが、音源面の仮定は必要でない。

4.4 音の測定時間

ダム工事用機械の騒音パワーレベルを用いて工事時の騒音を予測する場合、予測された騒音レベルは工事中のあくまでも平均的な値であり、この意味からも騒音パワーレベルはエネルギー平均値として取扱われるべきである。この場合、音の測定時間は音源の音の平均値が得られるような時間が定められるべきである。一般にプラントや機械類の運転は一定のサイクルによって行われていると考えることができ、この場合、観測される騒音レベルも周期性を持つものと思われる。騒音の測定時間をこの1サイクルの時間とおおむね等しくすることは十分ではあるが、必ずしも必要ではない。この1サイクルの間での騒音レベルの変動が小さ

ければ測定データ数は少なくても済むし、また1サイクル内での騒音レベルが更に短い周期で変動していればそれに応じてデータのサンプリング周期も変えられるべきである。

騒音レベルの測定方法および代表値の決定方法については次によるものとする。なお、この測定方法では騒音レベルの測定において、多点同時測定を前提とはしていない。

- 1) 騒音レベルがほとんど変動しない時(騒音計の動特性slowで測定した騒音レベルの変動幅がおおむね5dB以内)；10～20秒間の平均的な騒音レベルを代表値とする。
- 2) 騒音レベルが変動する場合(1)の条件で騒音レベルの変動が5dB以上の時)；変動の最も短い周期が30～40秒以内の時は5～10秒間隔で5分間程度測定する。変動の周期が長い場合には10～30秒間隔で20～30分程度測定する。

騒音レベルの代表値は、

$$\overline{SL} = 10 \log \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N 10^{\frac{SL_i}{10}} \dots\dots\dots (4.1)$$

として求める。

- 3) 間欠的変動の時；騒音レベルの最大値側、最小値側を定常音と考えて、1)により測定する。各々の発生時間で重みづけて騒音レベルのエネルギー平均値を求めこれを代表値とする。

騒音レベルの変動が図4.1に示すようである時、

$$\overline{SL} = 10 \log \frac{1}{T} \left(\sum_i T_i \cdot 10^{\frac{U}{10}} + (T - \sum_i T_i) \cdot 10^{\frac{U-B}{10}} \right) \dots\dots\dots (4.2)$$

として代表値を計算する。

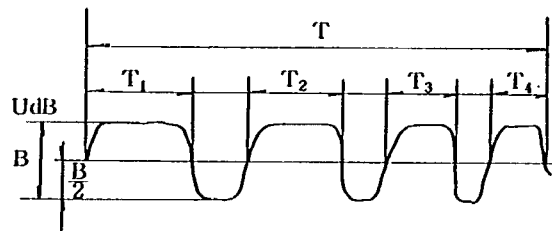


図4.1 音の間欠的変動

4.5 騒音の測定方法

4.5.1 使用計測器

騒音計は精密騒音計を原則とする。ただし、普通騒音計の使用をさまたげるものではないが、この場合騒音計はピストンホンを用いて相対較正しなければならない。

騒音計の出力はレベルレコーダに記録することを原則とする。測定対象の騒音の変動が1～2dB以内の時はい視読取でも良い。

4.5.2 騒音計の周波数補正回路

騒音計の聴感補正(周波数ウェイト)回路はA特性とする。

4.5.3 騒音計の動特性

騒音計およびレベルコーダの動特性は遅い特性 (Slow) を原則とする。対象の音が衝撃音 (Fast と Slow の差が 5dB 以上) の場合は、参考として速い特性 (Fast) でも測定する。

4.5.4 マイクロホンの設置方法

騒音の測定は、測定平面を正方格子点群に分割して実施するので、マイクロホンは格子点間隔に応じてボールもしくはこれに類するものに複数個設置する方が良い。マイクロホンの位置の誤差は測定距離、格子点間距離とも 10% 以内でなければならない。

4.6 測定データの整理方法

1) 測定データの記載事項

測定データシートは次の事項について記載できるものでなければならない。

- ① 対象機械の各称、規格、製造会社
- ② 騒音の測定条件 (測定日付、気象データ、対象機械の状態)
- ③ 対象機械の仮想音源面の面積、騒音測定面までの垂直距離、測定面の格子間隔、および面の分割数
- ④ 騒音レベルの変動；レベルコーダの記録紙 (測定点、機械の運転状態などを明記)、音のカテゴリー区分
- ⑤ 各測定点での騒音レベルの代表値、各音源面での騒音パワーレベル¹⁾、および機械の騒音パワーレベルの推定値²⁾。

注 1) 各音源面の騒音パワーレベル L_{Wi} は、

$$L_{Wi} = \overline{SLi} + 20 \log R + 10 \log \left(1 + \left(\frac{A}{4R^2} \right)^{0.75} \right) + 11$$

$\overline{SLi}$ ：騒音レベルの代表値。

A ：音源面の面積

としている。

注 2) 機械の騒音パワーレベル L_W は、

$$L_W = 10 \log \frac{A_o \sum_i A_i 10^{\frac{L_{Wi}}{10}}}{(\sum_i A_i)^2}$$

A_o ：機械の全表面積

として求める。

- ⑥ この他の事項；暗騒音の状態、音に関与する特記事項など。

2) 騒音レベル代表値の記入式

騒音レベルの代表値は一覧表にまとめる。表は左上もしくは左下を原点とし、測定面を正面とした時の騒音の測定点と対応するようにまとめること。

5. ダム工事用機械の騒音パワーレベル

5.1 個別機械の騒音パワーレベル測定方法

5.1.1 1次破碎プラント

1次あるいは2次破碎にはジョークラッシャが用いられる。ジョークラッシャは破碎プレートと固定プレートおよび破碎プレートを揺動させるため駆動系統から成り立つ。骨材を破碎していない状態では、動力が電動機であることから、ほとんど騒音を発生しない。したがって、ジョークラッシャの騒音パワーレベルを規定する場合、標準作業状態として、骨材生産状態で、しかも当該ダムにおける標準的な寸法の材料が供給されていることを条件とする必要がある。

図5.1は、騒音パワーレベルの測定における騒音の測定平面を示したものである。ジョークラッシャは複雑な形状を持つが、騒音測定では形状をできるだけ単純化して取扱っている。機械の外側面と騒音の測定平面との距離は、現地の据付け条件にも依るが1.5 m前後とするのがよい。

図5.2は、浅瀬石川ダムで実施した実際の測定点の配置を示すものである。上部斜向平面は測定の対象としなかったが、測定可能なその他の平面は測定対象とした。測定距離1.5 m、格子間隔1.5 mである。

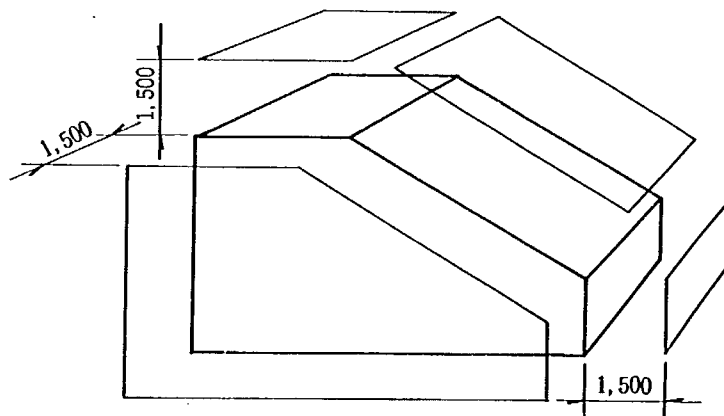


図5.1 単純化されたクラッシャと騒音の測定平面

5.1.2 ドラムスクラバ

ドラムスクラバの基本的な形は円筒形であり、したがって、単純化されたスクラバの形状は図5.3に示すような円筒形としている。この場合騒音の測定平面は円筒面と底円部となる。

実際の騒音測定では、測定点は図5.4のように配置した。これは、測定距離を1 m、格子間隔を1.5 mとしたものである。円筒面では、測定便宜を考慮して、平面を対象とした騒音測定方法を適用したが、解析の段階では円筒面を対象とした場合に変換した。

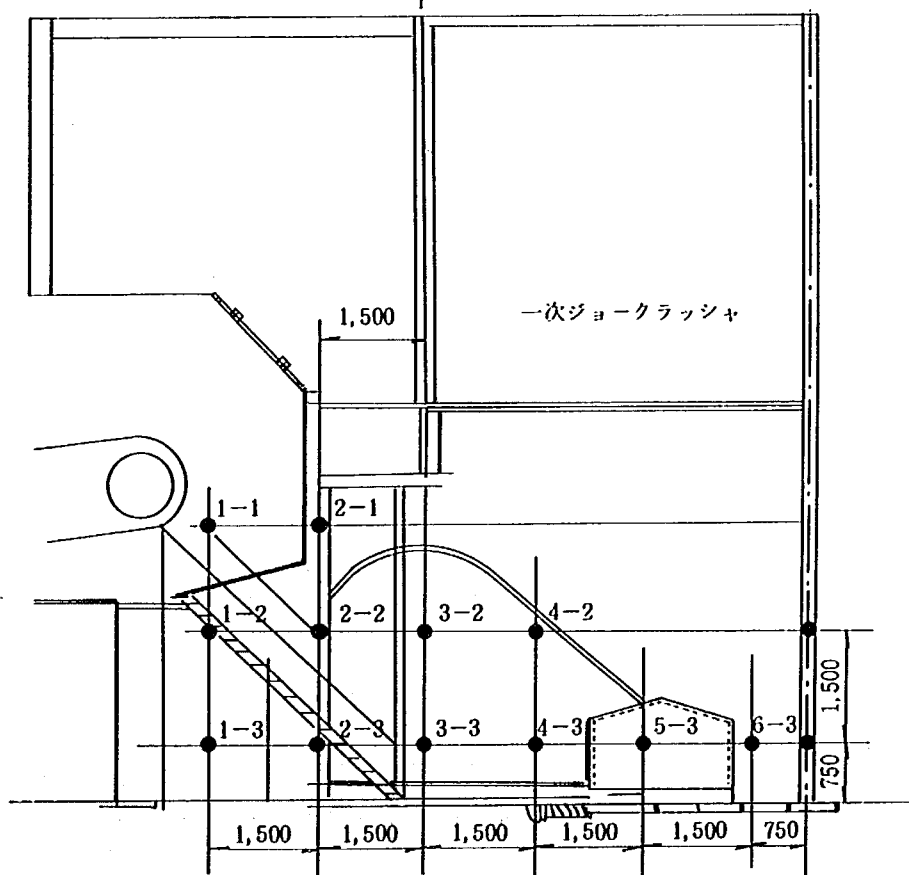
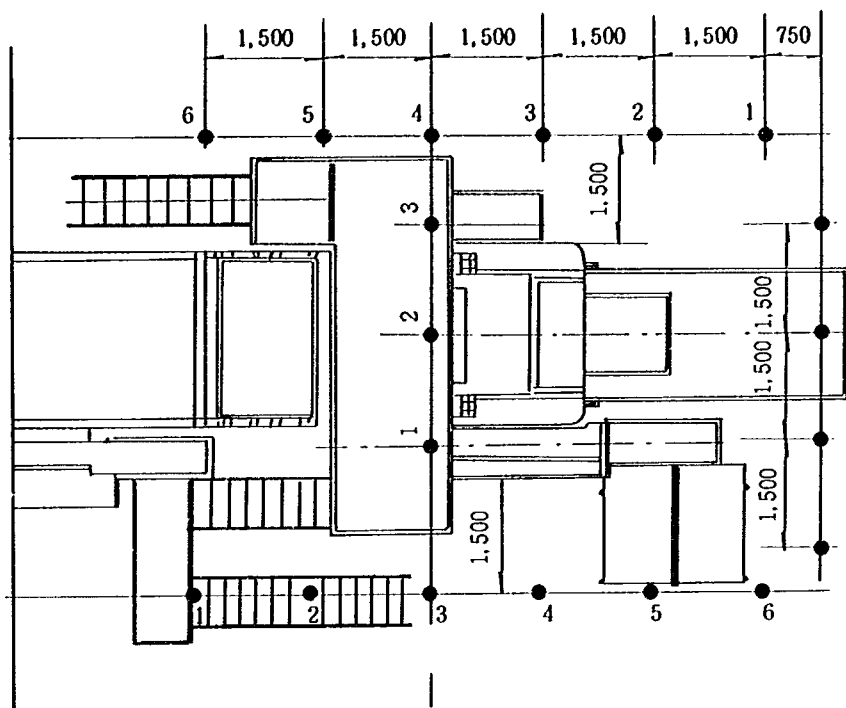


図 5.2 ジョークラッシャーの騒音測定点

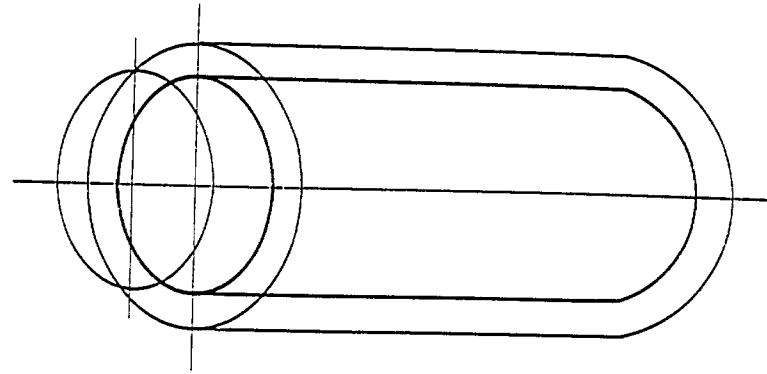


図 5.3 単純化されたスクラバ、ロッドミルと騒音の測定面

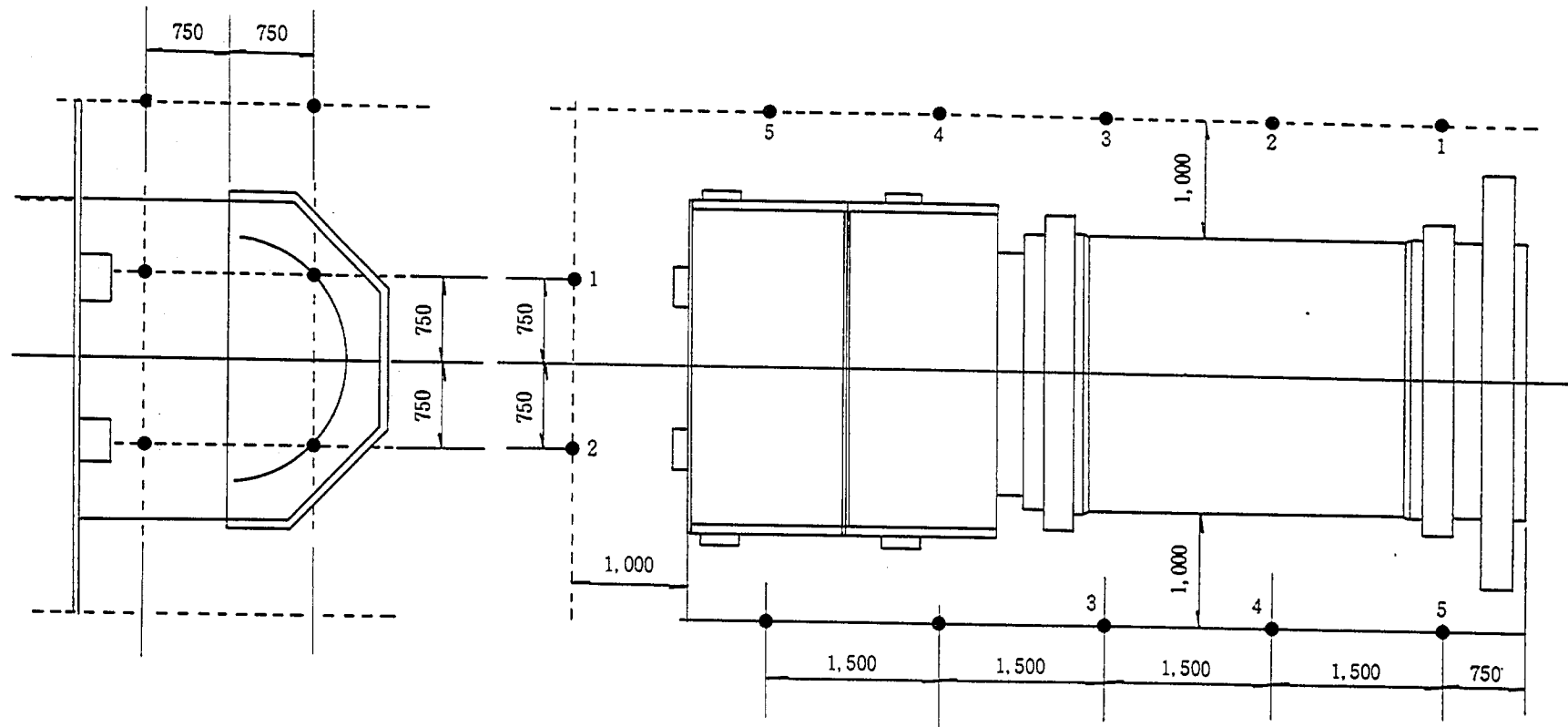


図 5.4 ドラムスクラバの騒音測定点

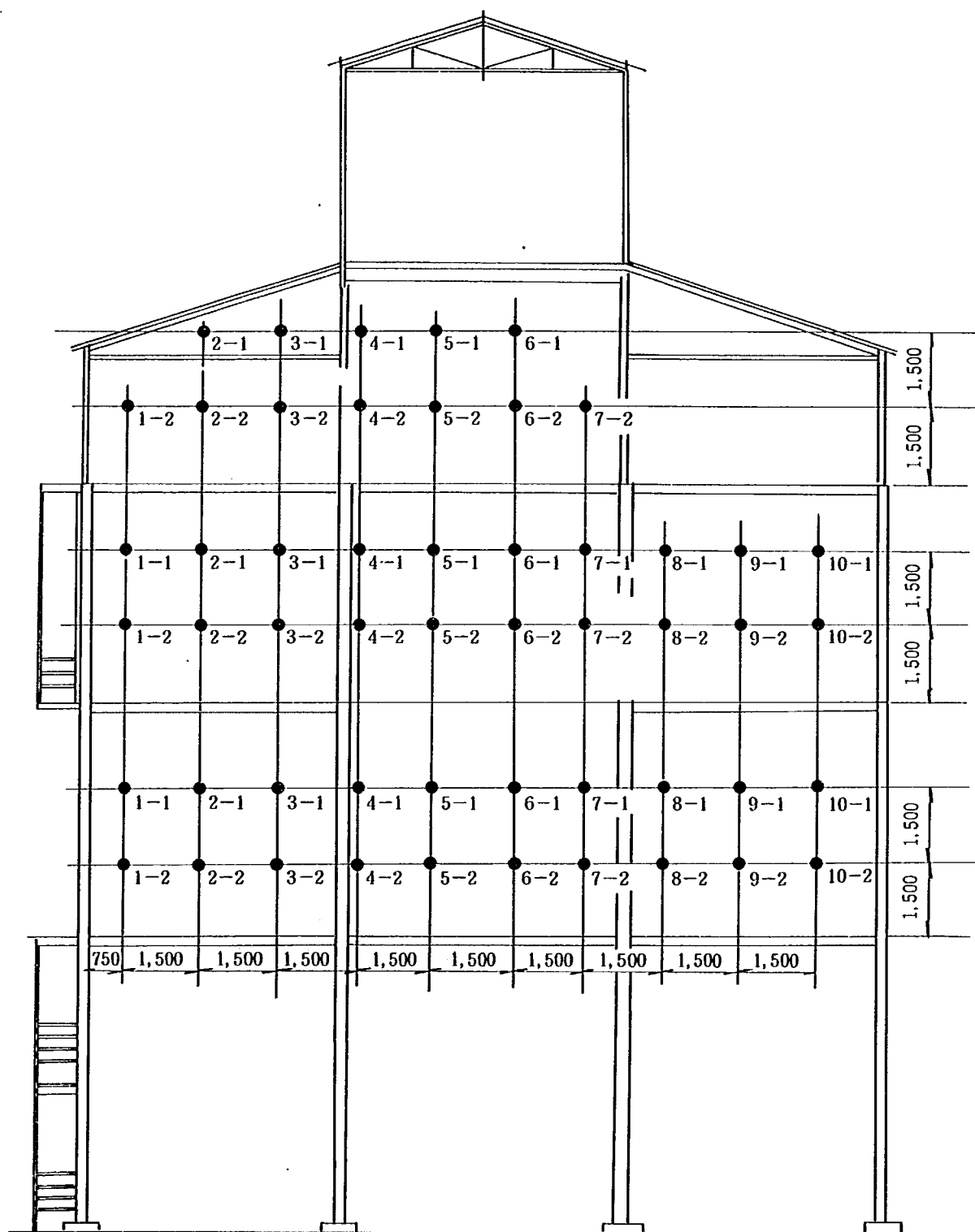


図 5.5 スクリーンタワーの騒音の測定点

5.1.3 スクリーンタワー

スクリーンタワーには、振動分級機、2次、3次破碎機(ハイドロコークラッシャ、ディスクコークラッシャ)が設備されているが、個々の機械が近接した位置に配置され、音源分離が極めて難しい。特に、スクリーンタワーは3層あるいは4層の建屋を持ち、内部での音の状態を分析することは不可能であろう。ところが、スヌリーンタワーを1つの機械とみなし、ここで発生した音がすべて建屋の境界面を通過して拡散していると考えれば、この音のエネルギーの総量を推定することによって、複合組合せ機械としてのスクリーンタワーの騒音パワーレベルを知ることができる。この場合の騒音測定法には、2.3で示した“開放面を持つ制限領域内に音源がある場合の騒音パワーレベル”の測定方法がある。

図5.5はスクリーンタワーでの騒音の測定点を示すものである。図では、正面での騒音測定面のみを示しているが、他の側面についても同様に測定点を配備している。この例でのスクリーンタワーは4層となっている。最下層にはクラッシャーはじめ数種の機械があるが、発生する騒音が上層と比較して小さく、したがって騒音測定の対象としていない。測定点の格子間隔は1.5mとしている。

5.1.4 ロッドミル

ロッドミルの形状は、ドラムスクラバと同じく円筒形であり。したがって騒音測定面の構成方法は、ドラムスクラバの場合と同じである。図5.6は、実際の騒音測定点の配置を示すもので、この例では、測定距離1.5m、格子間隔1.5mとしている。

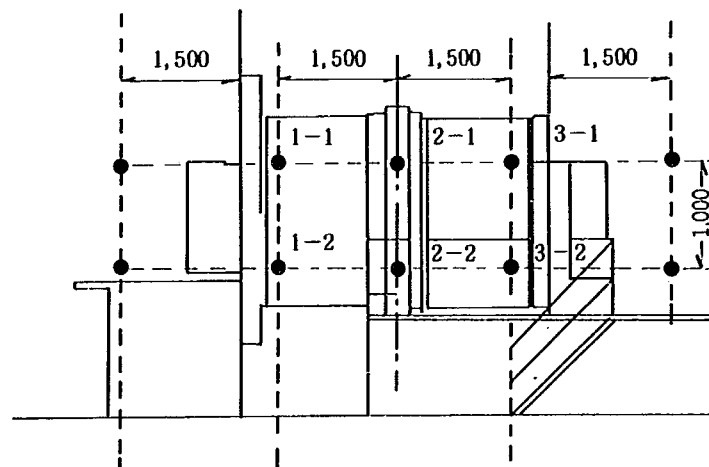


図5.6 ロッドミルの騒音測定点

5.1.5 バッチャープラント

バッチャープラントは、受材ビン、ミキサなどによって構成されるが、これらの機械はエンクロージャの中に配備されており、したがって外形的には単純な平面によって構成された機械とみることができる。エンクロージャ内部での音圧は、少なくとも外壁面近傍では拡散音場に近くなっているものと考えることができ、バッチャープラントから放射される騒音を考える場合、エンクロージャの外壁面を音源として取扱うことができる。したがって、この場合の騒音パワーレベルの測定方法としては、“面音源の近接音場による方法”が

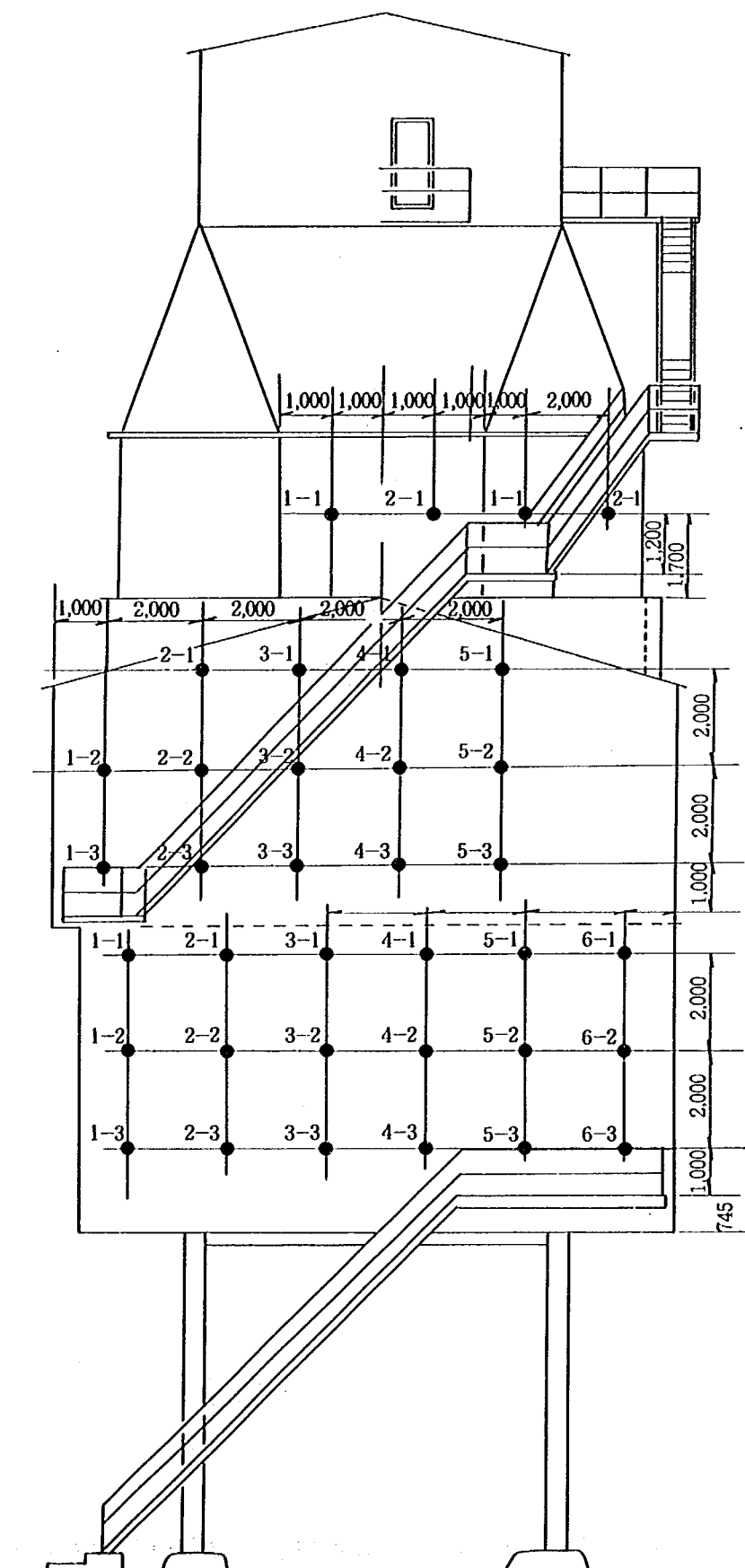


図5.7 バッチャープラントの騒音測定点

そのまま適用できる。図5.7は、実際のパッチャープラントでの騒音の測定点を示すもので、貯蔵層、計量層および混合層を測定対象としている。図5.8は、パッチャープラントの騒音測定（耶馬溪ダム）の実際を示すものであるが、写真に示される通り、外壁に設けられた階段を利用し、また長いポールにマイクロホンを複数個設置して測定しており、足場が準備できない面での測定は不可能である。

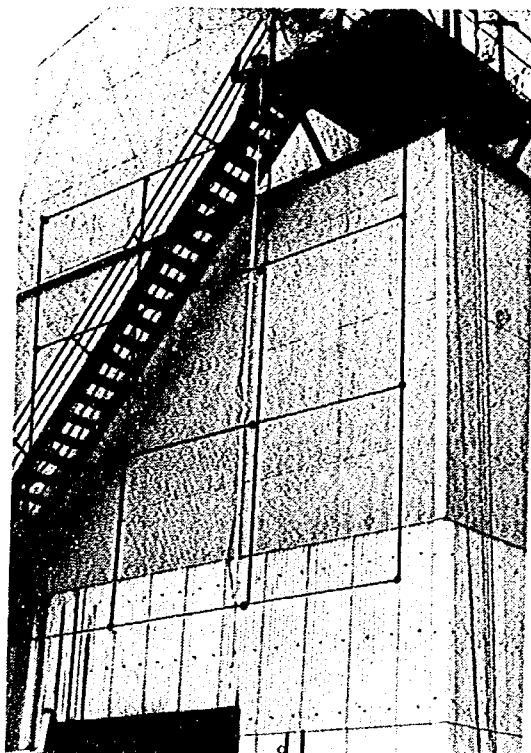


図5.8 パッチャープラントの騒音測定の実際

5.2 騒音の測定結果

個々の騒音測定値については、参考資料として巻末に示す。表5.1は、騒音パワーレベルを推定したものである。耶馬溪ダム、浅瀬石川ダムともコンクリート重力ダムであり、投入されるダム工事用機械には共通するものが多い。耶馬溪ダムは商用電源を用いていないため専用の発電設備を備えている。浅瀬石川ダムには、クラッシングが1次、2次と2段階あり、また2台のロッドミルが備えられている。

騒音パワーレベルの計算において、スクリーンタワーを除き、(2.7) 式の近接音場法、(2.9) 式のエネルギー法によって求めたが、耶馬溪ダムの発電設備と浅瀬石川ダムのパッチャープラントの場合を除いて、 $2\sim 3\text{dB(A)}$ 以内の差となっている。発電設備やパッチャープラントは、表面積が広い割には測定対象面積が十分でなく両者の推定値の差が拮がったものと思われる。実際、(2.9) 式のエネルギー法では自由音場ではなく、制限された領域の開放端に着目した方法であり、発電設備がパッチャープラントの騒音パワーレベルの測定に適した方法ではない。

パッチャープラントのうち耶馬溪ダムのものには厳重な騒音低減対策が施こされており、したがって浅瀬石川ダムのものよりも騒音パワーレベルが 10dB(A) 程度小さい。

騒音パワーレベルでは、スクリーンタワーが最も大きく、ついでロッドミル、スクラバである。これはス

フリーントワーが2〜3台の振動ふるい機およびコンクラッシャなどによって構成された複合音源であること、主音源となる事象が骨材と機械との打撃であるがほとんどエンクローズされていないこと、に起因しているものと思われる。

表5.1 ダム工事用仮設備機械の騒音パワーレベル測定結果

機械名	耶馬溪ダム								浅瀬石川ダム							
	規格	面積	平均 Leq	測定 点数	補正值 -10logF	推定騒音パワーレベル			規格	面積	平均 Leq	測定 点	補正值 -10logF	推定騒音パワーレベル		
発電設備	ディーゼル 1200ps 875kVA	A 151	81.4	41	8.1	113	108									
		B 88	82.6	32	6.5											
		D 516														
破砕設備 ジョーク ラッシャ	Wトッグル 1,400×1,220	A 31.5	91.5	12	5.8	113	113	Wトッグル 1,600×5,100	A 55.2	90.8	24	5.2	112	110		
		B 14.4	93.7	6	2.8				B 20.2	93.4	3	1.5				
		D 31.5							C 18.0	93.4	8	4.3				
								Sトッグル KS-3018	A 55.2	95.9	24	5.2				
								振動スクリーン	B1 27.0	98.7	3	5.2				
									B2 27.0	92.9	6	5.2			117	114
ドラムス クラバ	2,130×4,500 300t/h	A 50.4	99.5	18	10.5	121	122	2,400×4,500	A 33.9	101.3	20	7.8	117	119		
		B 3.8	110.8	4	3.9				B 9.0	100.6	4	3.2				
スクリー ンタワー		D 120.8	103.7	40		128				611.7	103	168			131	
		D 120.8														
ロッドミ ル	2,410×4,056 310kW	A 32.2	103.8	8	7.0	120	122	2,400×3,600 (1)	A 27.1	106.1	12	7.2	122	124		
		B 4.9	99.6	4	4.5				B 9.0	107.5	8	3.2				
		D 4.9						2,400×3,600 (2)	A 27.1	106.4	12	7.2				
									B 9.0	107.8	8	3.2			122	124
バッチャ フロント		A 80	66.2	16	10.2	95	95		A1 79.2	82	18	6.4	111	105		
		B 80	67.5	16	10.2				A2 72	79	17	6.1				
		D 550							A3 11.6	75.9	2	2.5				
									A4 11.6	85.3	2	2.5				
									D 737							

・測定面A：最も広い平面、円筒形の機械では周面
B：Aと直交する平面、" 底面
D：測定しなかった面の面積

6. まとめと今後の課題

6.1 ダム工事用機械の騒音パワーレベル測定方法

ダム工事用機械は、山間部の狭隘地に立地し、しかも寸法が大きいことなどから、自由音場の仮定がむずかしく、したがってその騒音パワーレベルを測定する方法がなかった。音源を面とみなしての近接音場による騒音パワーレベルの測定方法は、ISO/4872に規定された平行六面体による測定方法の考え方を基礎において、これを自由音場の前提なしに適用できるようにしたものである。模擬音源による実験および実ダムでの測定結果から判断すると、ほぼ妥当な測定方法と思われる。

しかし、この測定方法では音源面の形状が正方であることを前提としているが、現実には長矩形の音源面も多く(2.7)式の補正係数の算定については今後の検討が必要であろう。

近接音場では、音圧の自乗値と音の強さとが比例しない場合があることを繰返し述べたが、このような条件での騒音パワーレベルの測定方法に、サウンドインテンシティ(=sound intensity)による測定方法^{7),8)}がある。この方法は、近接音場での音の強さの計測値から騒音パワーレベルを求めるもので理論的には正し

いが、測定が繁雑であり実現場向きではないこともあり、ここでは取上げなかった。しかし、サウンドインテンシティの計測方法が簡略化できれば、理論的にも妥当な方法であり今後、取入れる方向での検討が必要であろう。

6.2 騒音パワーレベルの測定対象機械

今回の計測では、主に骨材生産機械を対象としたが、これは、ダム工事用機械の中でも騒音が大きいと考えられ、しかも音源となる事象が他の機械には見られないものを優先的に測定しようとしたためである。ダム工事用機械の事には、この他、濁水処理プラントや冷凍機プラントがある。ここで測定した機械と比較すると騒音パワーレベルが小さいように見受けられる。しかし、騒音が問題となるのは、その騒音パワーレベルのみではなく設置場所、条件などの影響を受けるものであり、騒音管理の立場からすると騒音パワーレベルは把握されていた方が良く、今後ダム工事用機械の騒音パワーレベルのライブラリーを整備していくことが必要である。

6.3 騒音の予測方法

騒音パワーレベルを得る目的の1つは、ダム工事の騒音を事前に予測することであり、このためには騒音の予測方法が必要である。前にも述べたとおり、ダムは山間地に位置し、音の伝搬は複雑である。これまでの古典的な音線を用いる騒音予測方法では、このような地形が複雑な場所での騒音予測には不向きであり、これにかわるものとして筆者らは、騒音の伝搬をポテンシャル問題として解く方法を開発している。しかし、境界が吸音性であるような条件下での問題（ダム工事騒音の場合、樹林帯が吸音性境界となる）の解を得るにはいたっておらず、更に新たな解法が必要となる。

あ と が き

本報告書は、『ダム工事用機械の騒音予測に関する調査』のうち、騒音パワーレベルの測定方法に関する研究成果をまとめたものである。ここに示した方法は、ISO/4872を規定する方法を発展させたもので、ダム工事用機械の騒音パワーレベルの測定に十分適用できるものとする。

ダム工事の騒音に携わる現在技術者にとっては、ダム工事用機械の騒音パワーレベルのみならず騒音予測方法の確立も必要であり、この研究においても今後研究していく予定である。

参 考 文 献

- 1) 日本音響学会編 音響工学講座④ “騒音・振動(上)” コロナ社, 111 ページ 図 3.40
- 2) ブリュエルケアー社 “Acoustic Noise Measurements” 27 ページ Fig 2.15
- 3) ISO/DIS/1996 Acoustic—Description and measurement of environmental noise—Part 1, Basic quantities and procedure
- 4) ISO/4872 Acoustic—Measurement of airborne noise emitted by construction equipment intended

for out door use—Method for determinating compliance with noise limits

- 5) ブリュエルケアー社 "Acoustic Noise Measurements" 27 ページ
- 6) 高木興一, 山本剛夫 "矩形状面音源からの音圧レベルの距離減衰式について" 騒音制御 Vol 7, No 1, 1983, 46 ページ～51 ページ
- 7) 山田英美 "音響インテンシティー計測法" 騒音制御 Vol 7, No.3, 1983, 62～63 ページ
- 8) M. D. Croker, R. J. Tyrrell and M. P. North "The application of acoustic intensity to engine noise reduction" CETIM Senlis (France) 9.30, 1981

参考資料

1. 騒音測定面の呼称

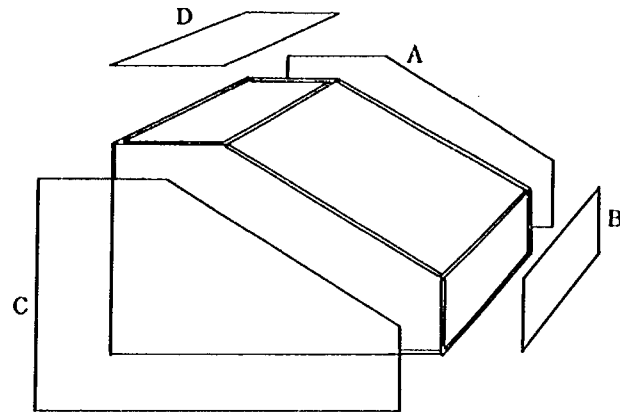
附図 1～3

2. 浅瀬石川ダム騒音調査結果

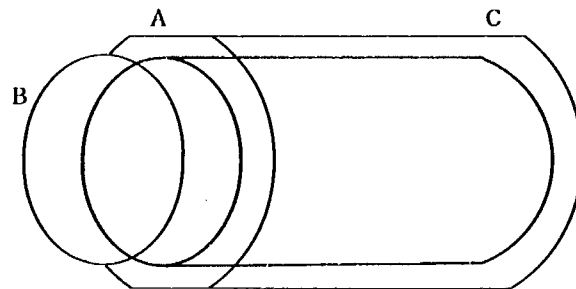
附表－1～附表－7

3. 耶馬溪ダム騒音調査結果

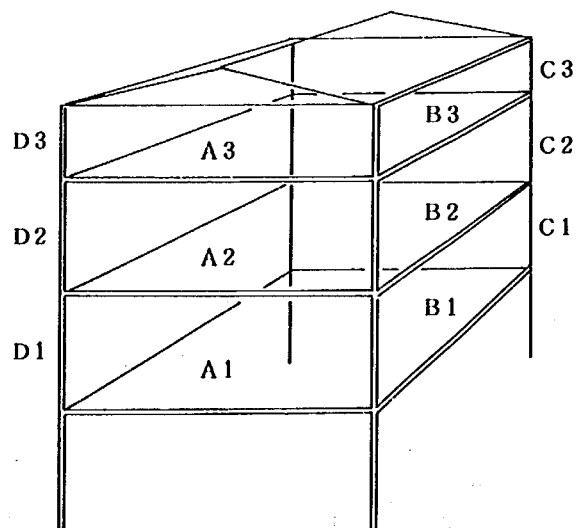
附表－8～附表－13



附図1 ジョークラッシャー騒音測定面の名称



附図2 ドラムスクラバ, ロッドミルの騒音測定面の名称



附図3 スクリーンタワーの騒音測定面の名称

附表1 浅瀬石川ダム一次ジョークラッシャ

機 械 名	一次ジョークラッシャ				規 格		KD-6048			
測 定 面	A				平均騒音レベル		90.4			
格 子 点 間 隔	1.5 m				距 離		1.5 m			
Y測定Na X測点Na	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1					89.9	90.5				
2			89.2	91.8	90.9	91.2				
3	90.8	89.0	88.7	91.3	89.4	91.1				
測 定 面	B				平均騒音レベル		93.4			
格 子 点 間 隔	1.5 m				距 離		1.5 m			
Y測定Na X測点Na	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	92.7	92.7	93.7	93.3						
2	93.3	93.5	94.6	93.4						
測 定 面	C				平均騒音レベル		91.2			
格 子 点 間 隔	1.5 m				距 離		1.5 m			
Y測定Na X測点Na	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	91.1	91.5								
2	92.1	91.1	91.0	91.4						
3	91.5	90.7	90.5	91.2	88.6	92.5				
測 定 面	D				平均騒音レベル		93.4			
格 子 点 間 隔	1.5 m				距 離		1.5 m			
Y測定Na X測点Na	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	91.4	95.1	92.9							

附表2 浅瀬石川ダム二次ジョークラッシャ

機 械 名	二次ジョークラッシャ				規 格		KS-3018			
測 定 面	A				平均騒音レベル		95.6			
格 子 点 間 隔	1.5 m				距 離		1.5 m			
Y測定Na X測点Na	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1					96.1	94.6				
2			94.1	95.5	98.2	96.3				
3	90.8	93.3	93.9	96.1	97.4	96.1				
測 定 面	B				平均騒音レベル		92.9			
格 子 点 間 隔	1.5 m				距 離		1.5 m			
Y測定Na X測点Na	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	92.7	92.2	93.1							
2	92.2	93.8	92.9							
測 定 面	C				平均騒音レベル		96.1			
格 子 点 間 隔	1.5 m				距 離		1.5 m			
Y測定Na X測点Na	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	96.8	96.5								
2	97.5	96.5	96.9	94.9						
3	97.6	97.1	96.1	92.5	94.8	91.0				
測 定 面	D				平均騒音レベル		98.7			
格 子 点 間 隔	1.5 m				距 離		1.5 m			
Y測定Na X測点Na	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	98.3	99.9	97.4							

附表3 浅瀬石川ダムドラムスクラバ

機 械 名	ドラムスクラバ				規 格		水平ローラ支持形 2400φ×1500L			
測 定 面	A				平均騒音レベル		98.3			
格 子 点 間 隔	1.5 m				距 離		1 m			
X測点No Y測点No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	97	98	98	97	96					
2	99	100	100	98	98					
測 定 面	B				平均騒音レベル		100.6			
格 子 点 間 隔	1.5 m				距 離		1 m			
X測点No Y測点No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1 99	99	100								
2	101	102								
測 定 面	C				平均騒音レベル		100.6			
格 子 点 間 隔	1.5 m				距 離		1 m			
X測点No Y測点No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	97	101	104	102	102					
2	98	103	106	105	105					

附表ロッドミル (1)

機 械 名	ロッドミル				規 格		2400φ×3600L			
測 定 面	A				平均騒音レベル		101.4			
格 子 点 間 隔	1.5 m				距 離		1 m			
X測点No Y測点No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	104	104	105							
2	105	104	104							
測 定 面	B				平均騒音レベル		106.9			
格 子 点 間 隔	1.5 m				距 離		1.5 m			
X測点No Y測点No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	106	105								
2	108	108								
測 定 面	C				平均騒音レベル		107.5			
格 子 点 間 隔	1.5 m				距 離		1 m			
X測点No Y測点No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	107	107	107							
2	108	108	108							
測 定 面	D				平均騒音レベル		108.1			
格 子 点 間 隔	1.5 m				距 離		1.5 m			
X測点No Y測点No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	108	107								
2	108	109								

附表5 浅瀬石川ダムロッドミル (2)

機 械 名	ロッドミル				規 格		2400φ×3600L			
測 定 面	A				平均騒音レベル		105.1			
格 子 点 間 隔	1.5 m				距 離		1.5 m			
X測点No Y測点No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	106	105	105							
2	105	105	105							
測 定 面	B				平均騒音レベル		108.8			
格 子 点 間 隔	1.5 m				距 離		1.5 m			
X測点No Y測点No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	108	108								
2	110	109								
測 定 面	C				平均騒音レベル		117.4			
格 子 点 間 隔	1.5 m				距 離		1 m			
X測点No Y測点No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	107	106	107							
2	108	108	108							
測 定 面	D				平均騒音レベル		106.6			
格 子 点 間 隔	1.5 m				距 離		1.5 m			
X測点No Y測点No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	106	105								
2	108	107								

附表6 浅瀬石川ダムスクリーンタワー

(1)

機 械 名	スクリーンタワ				規 格		(3次)標準1800W×4200L 5口			
測 定 面	A-1				平均騒音レベル		104.1			
格 子 点 間 隔	1.5 m				距 離					
X測点No Y測点No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	103	102	104	105	105	105	106	104	104	103
2	102	102	104	105	104	105	106	104	104	102
測 定 面	B-1				平均騒音レベル		101.2			
格 子 点 間 隔	1.5 m				距 離					
X測点No Y測点No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	103	101	101	101	98	98				
2	104	102	101	102	100	99				
測 定 面	C-1				平均騒音レベル		98.3			
格 子 点 間 隔	1.5 m				距 離					
X測点No Y測点No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	98	98	97	97	97	97	98	100	100	99
2	99	100	97	96	97	96	98	100	100	99
測 定 面	D-1				平均騒音レベル		100.9			
格 子 点 間 隔	1.5 m				距 離					
X測点No Y測点No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	99	100	101	102	103	102				
2	98	99	100	101	102	101				

(2)

機 械 名	スクリーンタワ				規 格		(2次)標準1500W×3600L 401L、201L、2段				
測 定 面	A-2				平均騒音レベル		104.5				
格 子 点 間 隔	1.5 m				距 離						
X測点No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Y測点No	1	102	102	104	106	107	106	105	103	104	102
	2	102	103	113	105	106	106	116	103	106	102
測 定 面	B-2				平均騒音レベル		103.0				
格 子 点 間 隔	1.5 m				距 離						
X測点No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Y測点No	1	105	104	104	100	101	99				
	2	106	105	104	100	102	100				
測 定 面	C-2				平均騒音レベル		101.7				
格 子 点 間 隔	1.5 m				距 離						
X測点No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Y測点No	1	98	100	101	102	103	103	102	103	101	101
	2	100	101	103	104	102	102	101	102	100	101
測 定 面	D-2				平均騒音レベル		100.5				
格 子 点 間 隔	1.5 m				距 離						
X測点No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Y測点No	1	100	100	101	102	101	101				
	2	93	101	100	101	101	100				

(3)

機 械 名	スクリーンタワ				規 格		(一次)特重1500W×3600L 1501, 801 2段			
測 定 面	A-3				平均騒音レベル		107.7			
格 子 点 間 隔	1.5 m				距 離					
X測点No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Y測定No										
1	107	108	109	110	108	106	---			
2	107	108	108	108	107	106	106			
測 定 面	B-3				平均騒音レベル		104.8			
格 子 点 間 隔	1.5 m				距 離					
X測点No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Y測点No										
1	--	--	--	--	--	--				
2	105	105	106	105	104	103				
測 定 面	C-3				平均騒音レベル		103.6			
格 子 点 間 隔	1.5 m				距 離					
X測点No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Y測点No										
1	--	104	104	105	104	102	--			
2	102	104	104	105	104	103	98			
測 定 面	D-4				平均騒音レベル		105.6			
格 子 点 間 隔	1.5 m				距 離					
X測点No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Y測点No										
1	--	104	105	107	106	106				
2	103	103	105	107	107	106				

附表7 浅瀬石川ダムパッチャープラント

機 械 名		パッチャープラント				規 格		3 m ² × 3			
測 定 面		混合層				平均騒音レベル		82.0			
格 子 点 間 隔		2.0 m				距 離		1.5 m			
X測点No	Y測点No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1		76.3	80.3	79.2	80.1	80.0	78.2				
2		76.8	78.2	79.6	81.6	73.3	85.0				
3		79.2	78.9	80.4	82.7	84.8	88.4				
測 定 面		計量層				平均騒音レベル		79.0			
格 子 点 間 隔		2.0 m				距 離		1.5 m			
X測点No	Y測点No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1		--	77.2	75.3	78.5	83.0					
2		76.6	77.6	76.4	78.3	81.1					
3		77.8	79.3	77.3	78.9	80.7					
測 定 面		受材層貯蔵層				平均騒音レベル		82.8			
格 子 点 間 隔		2.0 m				距 離		1.5 m			
X測点No	Y測点No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1		76.9	74.6	87.8	78.3						

附表8 耶馬溪ダム発電設備

機 械 名		発電設備					規 格				
測 定 面		A					平均騒音レベル		84.4		
格 子 間 隔		2 m					距 離		1 m		
X Y	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	80	81	83	84	84	83	84	83	83	83	81
2	81	82	83	84	84	84	83	84	83	83	82
3	82	83	84	85	85	85	86	85	85	84	83
4	83	86	86	87	87	88	87	87	87	86	86
測 定 面		B					平均騒音レベル		82.6		
格 子 間 隔		2 m					距 離		1 m		
X Y	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	81	82	82	83	83	82	80	80			
2	81	83	82	85	85	84	82	81			
3	79	78	80	85	84	84	84	84			
4	79	77	80	84	84	84	83	84			

附表9 耶馬溪ダム一次破碎設備

機 械 名		ジョークラッシャ					規 格				
測 定 面		A					平均騒音レベル		94.5		
格 子 間 隔		1.5 m					距 離		1.4 m		
X Y	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	94	94	95	94							
2	93	95	95	94							
3	94	95	95	95							
測 定 面		B					平均騒音レベル		93.7		
格 子 間 隔		1.5 m					距 離		2 m		
X Y	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	94	93									
2	94	93									
3	95	93									

附表10 耶馬溪ダムドラムスクラバ

機 械 名		ドラムスクラバ					規 格				
測 定 面		A					平均騒音レベル		99.1		
格 子 間 隔		1.5 m					距 離		0.75 m		
X Y	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	98	98	101	99	98	97					
2	98	98	102	100	100	97					
測 定 面		B					平均騒音レベル		110.8		
格 子 間 隔		1.5 m					距 離		1 m		
X Y	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	112	113									
2	108	108									
測 定 面		C					平均騒音レベル		100.1		
格 子 間 隔		1.5 m					距 離		0.75 m		
X Y	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	101	98	100								
2	102	98	100								

附表11 耶馬溪ダムロッドミル

機 械 名		ロッドミル					規 格				
測 定 面		A					平均騒音レベル		103.8		
格 子 間 隔		1.5 m					距 離		1.0 m		
X Y	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	101	105	105	101							
2	103	105	106	101							
測 定 面		B					平均騒音レベル		99.6		
格 子 間 隔		1.5 m					距 離		1.0 m		
X Y	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	99	99									
2	99	101									

附表12 耶馬溪ダムスクリーンタワー

機 械 名		スクリーンタワー					規 格				
測 定 面		A-1					平均騒音レベル		103.2		
格 子 間 隔		1.5 m					距 離				
X Y	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	107	103	103	102	102						
2	105	103	101	101	100						
測 定 面		B 1					平均騒音レベル		103.7		
格 子 間 隔		1.5 m					距 離				
X Y	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	104	104	104								
2	104	103	103								
測 定 面		A 2					平均騒音レベル		103.8		
格 子 間 隔		1.5 m					距 離				
X Y	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	104	104	104	104	102						
2	105	104	104	103	102						
3	105	105	105	102	102						
測 定 面		B 2					平均騒音レベル		104.3		
格 子 間 隔		1.5 m					距 離				
X Y	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	103	105	103								
2	104	105	104								
3	104	105	105								

附表13 耶馬溪ダムパッチャープラント

機 械 名		パッチャープラント					規 格				
測 定 面		計量層					平均騒音レベル		66.2		
格 子 間 隔		2 m					距 離		1.4 m		
X Y	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	66	67	66	65							
2	67	68	64	65							
3	68	67	66	66							
4	66	66	63	67							
測 定 面		混合層					平均騒音レベル		67.5		
格 子 間 隔		2 m					距 離		1.4 m		
X Y	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	68	66	64	64							
2	66	67	65	65							
3	68	68	68	65							
4	67	71	71	69							

ダム工事用機械の騒音予測に
関する調査 (第 1 報)

土研資料 第 2022 号
昭和 58 年 10 月

伊藤豪誠, 境友昭, 豊田実

一ダム工事用機械の
騒音パワーレベルの測定方法一

キーワード 騒音, 建設工事, ダム建設

要 旨 本報告は, ダム工事用機械の騒音パワーレベル測定方
法に関する調査研究の成果をまとめたものであり, 実
用的な方法として, 機械を複数個の面音源で構成されたものと
みなし近接音場から騒音パワーレベルを推定する方法を示して
いる。



郵便はがき

40 円
を
は
っ
切
て
下
さ
い

3 0 5 - □ □

建設省土木研究所

機械研究室 御中

茨城県筑波郡豊里町大字旭一番地

No. 46

No. 46

配布先氏名

配布先住所



土木研究所資料第2022号

部

上記のとおり受領しました。

所 属 (住所)

氏 名

印