

## 5 . 低周波音の測定方法

### 5 . 1 測定計画

#### 5.1.1 測定量

##### (1) 低周波音の感覚及び睡眠への影響に関する評価に用いる測定量

超低周波音の感覚及び睡眠への影響に関しては、G 特性音圧レベルを測定する。

G 特性を持たない低周波音圧レベル計を用いる場合には、実時間周波数分析器等を用いて 1/3 オクターブバンドで周波数分析を行い、周波数分析結果に G 特性補正值（表-1.1 参照）を加えた後、エネルギー - 加算して G 特性音圧レベルを計算で求めてもよい。なお、衝撃性の超低周波音の場合は、オクターブバンド音圧レベルから G 特性音圧レベルを求めるのが望ましい。G 特性音圧レベルの計算例を表-5.1 に示す。

また、必要に応じて低周波音の周波数分析を行い、1/3 オクターブバンド音圧レベル（衝撃性の超低周波音の場合は、オクターブバンド音圧レベル）を測定する。

##### (2) 低周波音の建具等のがたつきに関する評価に用いる測定量

低周波音の建具等のがたつきに関する評価に関連する測定は、実時間周波数分析器等を用いて低周波音の周波数分析を行い、1/3 オクターブバンド中心周波数 1 ~ 50Hz の 1/3 オクターブバンド音圧レベルを測定する。

##### (3) 低周波音の圧迫感・振動感に関する評価に用いる測定量

低周波音の圧迫感・振動感に関する評価に関連する測定は、実時間周波数分析器等を用いて、1/3 オクターブバンド中心周波数 1 ~ 80Hz の 1/3 オクターブバンド音圧レベルを測定する。

(訂正; p.20 表-5.1 を以下の表に差し替えてください。平成 12 年 11 月 16 日)

表-5.1 G特性音圧レベルの計算例

No.	1	2	3=1+2	4	5	6=4+5
発生源	(例)安全弁 .対策前			(例)安全弁 .対策後		
	音圧レベル (平坦特性)	G特性補正	音圧レベル (G特性)	音圧レベル (平坦特性)	G特性補正	音圧レベル (G特性)
O.A./dB	104	-	103	85	-	84
f/Hz						
1		-43			-43	
1.25		-37.5			-37.5	
1.6		-32.6			-32.6	
2		-28.3			-28.3	
2.5	65	-24.1	40.9	65	-24.1	40.9
3.15	65	-20	45	75	-20	55
4	65	-16	49	62	-16	46
5	68	-12	56	68	-12	56
6.3	78	-8	70	75	-8	67
8	95	-4	91	78	-4	74
10	103	0	103	81	0	81
12.5	80	4	84	72	4	76
16	71	7.7	78.7	65	7.7	72.7
20	70	9	79	60	9	69
25	69	3.7	72.7		3.7	
31.5	67	-4	63		-4	
40	65	-12	53		-12	
50	65	-20	45		-20	
63	64	-28	36		-28	
80	63	-36	27		-36	
備考		ISO7196			ISO7196	

## 5.1.2 低周波音の測定系列

### (1) G特性音圧レベルの測定

G特性音圧レベルの測定を行うには、以下の測定系列が考えられる。

#### a . G特性音圧レベルを測定できる低周波音圧レベル計を用いる場合

G特性音圧レベルの変動が小さい場合には、低周波音圧レベル計の指示値を直接読み取ってもよい。G特性音圧波形の出力をもつ低周波音圧レベル計を用いる場合には、低周波音圧レベル計の出力をレベルレコ - ダの入力に接続して測定を行う。低周波音では風の影響を受けやすいので、できるだけレベルレコ - ダも合せて用いて風雑音による影響をこまめにチェックすることが望ましい。

間欠的、衝撃的な低周波音においても、風がなく背景的な低周波音とのレベル差が十分大きい場合には、低周波音圧レベル計の指示値を直接読み取ってもよい。通常は、変動の大きい低周波音や間欠的、衝撃的な低周波音を測定する場合などには、レベルレコ - ダでレベル波形をモニタ - しながらデ - タレコ - ダ等に録音し、持ち帰って解析したほうが失敗が少ない。測定系列の例を図 - 5.1.1 に示す。

#### b . G特性を持たない低周波音圧レベル計を用いる場合

G特性を持たない低周波音圧レベル計を用いる場合には、実時間周波数分析器等を用いて現場で周波数分析を行うか、平坦特性で低周波音を録音し、持ち帰って再生し、実時間周波数分析器等を用いて周波数分析を行う。測定系列については、(2)の低周波音の周波数分析を参照のこと。

### (2) 低周波音の周波数分析

低周波音圧レベル計の出力を分岐し、一方は実時間周波数分析器の入力に、他方はレベルレコ - ダの入力に接続して低周波音のレベル波形をモニタ - しながら、周波数分析を行う。低周波音圧レベル計の周波数補正特性は平坦特性と

する。したがって、使用する低周波音圧レベル計は、G特性の付いた低周波音圧レベル計でもG特性を持たない低周波音圧レベル計でもよい。

風が吹いている場合には、レベルレコ - ダや実時間周波数分析器を用いて風雑音による影響をこまめにチェックすることが望ましい。

変動の小さい低周波音の場合は、現場での分析も可能であるが、変動する低周波音や間欠的、衝撃的な低周波音の場合などは、(3)に示す低周波音の録音を行い、持ち帰って周波数分析をすることが望ましい。測定系列の例を図 - 5.1.2 に示す。

### (3) 低周波音の録音

多点同時測定を行う場合や、詳細な解析を行う場合、騒音・振動・低周波音を同時に測定する場合などには録音を行う。また、(1),(2)でも述べたように、変動の大きい低周波音や間欠的、衝撃的な低周波音の場合などには、低周波音の録音を行い、持ち帰って周波数分析をすることが望ましい。

低周波音圧レベル計の出力を分岐し、一方は録音器(デ - タレコ - ダ、DAT等)の入力に、他方はレベルレコ - ダの入力に接続して低周波音のレベル波形をモニタ - しながら録音を行う。その際、低周波音圧レベル計の周波数補正特性は、G特性音圧レベルを録音する場合にはG特性に、持ち帰って周波数分析を行う場合には平坦特性にする。使用する低周波音圧レベル計は、G特性音圧レベルを録音する場合以外は、G特性の付いた低周波音圧レベル計でもG特性を持たない低周波音圧レベル計でもよい。

風が吹いている場合には、録音に際して、レベルレコ - ダや実時間周波数分析器を見ながら風雑音による影響をこまめにアナウンスすることが望ましい。測定系列の例を図 - 5.1.3 に示す。



図-5.1.1 レベルレコーダによるG特性音圧レベルの測定系列の例

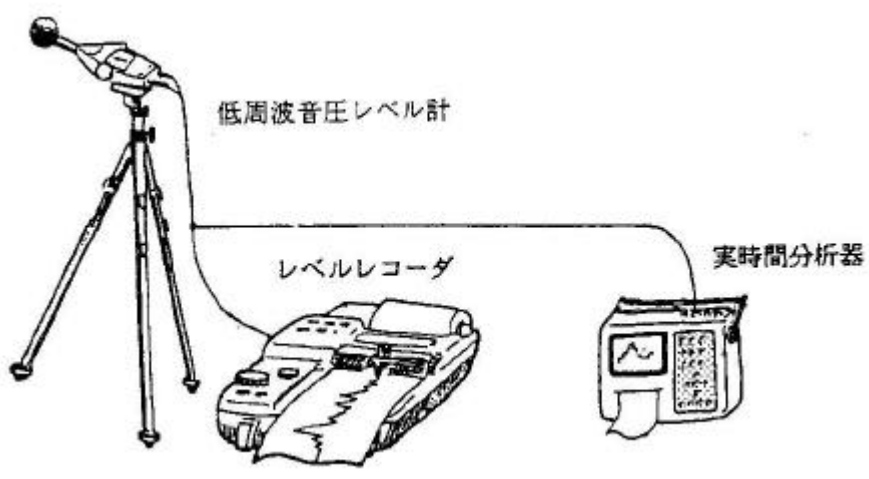


図-5.1.2 低周波音の周波数分析を行う場合の測定系列の例

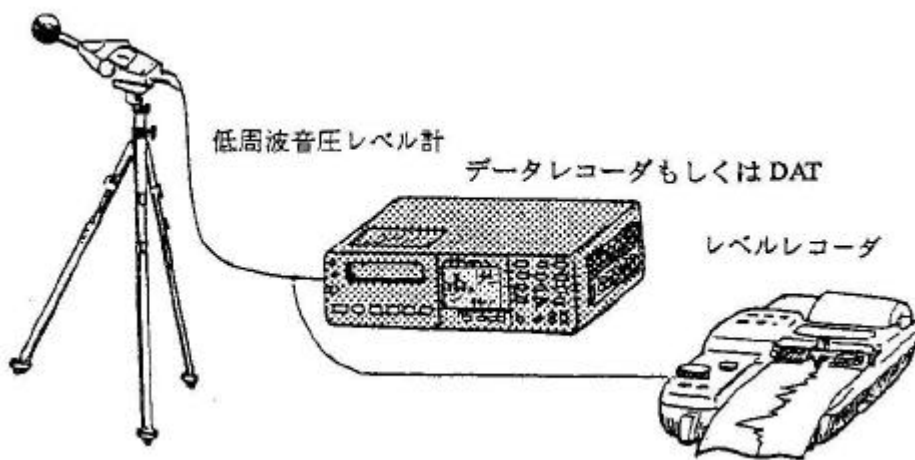


図-5.1.3 低周波音の録音を行う場合の測定系列の例

### 5.1.3 低周波音の測定機器

#### (1) マイクロホン

低周波音を測定するために、現在ではセラミックマイクロホン（圧電形マイクロホン）及びコンデンサマイクロホンが用いられている。

セラミックマイクロホンの性能は比較的安定しており、低周波数領域において良好な特性が得られる。セラミックマイクロホンは、振動膜と圧電素子からなり、通常は前置増幅器を内蔵してあり、その感度はそれらのマイクロホンが接続される低周波音圧レベル計や振動レベル計の感度に対応するものとなっている。

#### (2) 低周波音圧レベル計

これまで国内で市販されていた低周波音圧レベル計は、低周波音に特有の感覚である圧迫感・振動感を考慮した LSL 特性<sup>注)</sup>等日本独自の機能を備えていた。また、ISO 規格 7196 の規定に対応した G 特性の入ったものも市販されている。

低周波音圧レベル計に使用されているマイクロホンは、圧電形マイクロホンが多い。測定音圧レベル 50 ~ 140dB 程度が測定できる。下限の音圧レベルは 50dB 程度、また大きな爆発現象以外では 140dB 以上の音圧は通常発生しないことから上限の音圧レベルは 140 dB 程度であればよいと考えられている。

指示計は騒音計と同じような性能を有しているが、動特性は SLOW 特性（時定数は 1 秒）が用いられる。1Hz 程度の低い周波数の信号に対して正しい実効値を指示するには時定数を 10 秒程度に大きくとらなければならない。SLOW 特性では 1 Hz の信号の測定にはやや時定数が不足しているが、2Hz ではほぼ問題がないこと及び新たな時定数を設けると騒音計との関連が複雑になることから SLOW 特性が用いられている。また、大きな時定数にすると低周波音の小さなレベル変動をとらえることが通常困難である。

---

注) LSL 特性； 50Hz をピークに低域では 12dB/oct.、高域では-18dB/oct.で減衰する特性。圧迫感・振動感との対応が良いとされる。

低周波音圧レベル計の概略を図-5.1.4に、低周波音圧レベル計の周波数レスポンスを図-1.1に示す。

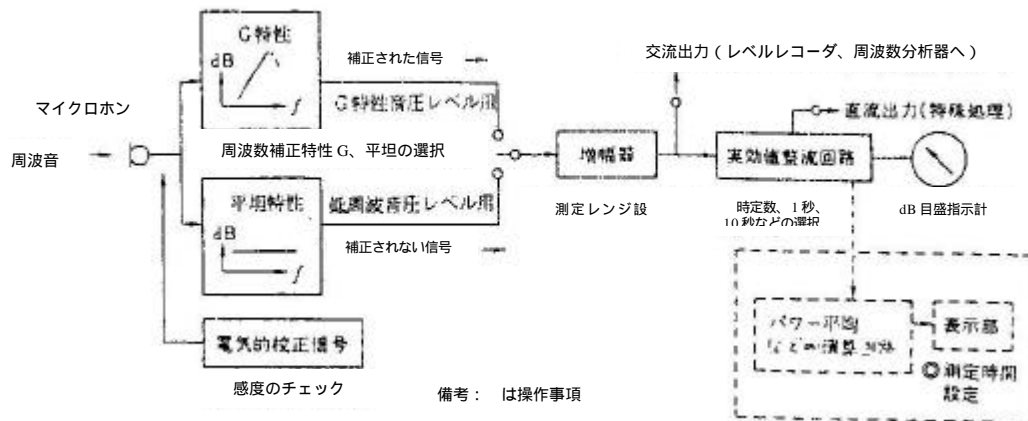


図-5.1.4 低周波音圧レベル計の動作原理と基本操作

低周波音圧レベル計が開発される以前は、低周波音マイクロホンと振動レベル計の組合せで低周波音の測定を行っていた。マイクロホン感度が加速度形(圧電形)ピックアップの感度と相対的に同じであるように調整された低周波音用セラミックマイクロホン(前置増幅器内蔵)を地面振動測定用の振動レベル計(JIS C 1510)に接続して、振動レベル計の平坦特性を1~90Hzの低周波増幅器として用いて、低周波音の音圧レベルを測定しようというものである。この測定系では、マイクロホン感度が振動ピックアップの感度と同じ関係になるように調整されているので、振動レベル計の加速度レベルのdB目盛をそのまま音圧レベルのdB目盛として読むことができる。但し、振動レベル計のメタ-の時定数は0.63秒であるので、振動レベル計の出力をレベルレコーダに接続し、時定数1秒(動特性SLOW)で記録させるか、録音して解析する必要がある。

なお、発破などによる単発衝撃性低周波音の測定では、特殊な測定系を考えなければならない場合がある。そのような測定では、まず測定系の下限周波数や最大音圧レベルが問題であり、一般の低周波音の測定に用いられるような低

周波音圧レベル計では不十分である場合がある。次に測定系の指示部の動特性であるが、普通の実効値指示方式のものでは単発衝撃性低周波音に対して正しい測定値は得られない。通常は、爆発現象などは音圧波形記録が行われ、その場合の圧力センサーは圧電形、半導体形などが用いられる。音圧波形の記録は、測定系の入力インピーダンスや位相特性の影響を受けるので、それらについては測定器製造者から情報を得るか、実際の現象について機種による違い、測定点による違いなどの比較測定を行って確認することが必要である。

### (3) レベルレコ - ダ

低周波音の測定では音圧レベルの変化の特徴をつかんで対象の音を判別または影響との関連を調べることが多い。また低周波音の測定では風の影響を受けやすいので、通常レベルレコ - ダによる音圧レベルの記録は欠くことができない。レベルレコ - ダの JIS 規格としては JIS C 1512「騒音レベル・振動レベル記録用レベルレコ - ダ」があり、この規格の振動レベル記録用の 1 ~ 90Hz を含む周波数範囲の特性を用いる。レベル記録の際の動特性には SLOW (時定数 1 秒) を用いる。

### (4) 周波数分析器

低周波音の周波数分析には、一般には 1/3 オクタ - ブバンド分析器が用いられる。衝撃性の成分を含む超低周波音や変動の大きい超低周波音の周波数分析にあたっては、ごく低い周波数領域ではオクターブバンド分析器を用いることが望ましい。

実時間周波数分析器を用いればいくつもの帯域を同時に分析することが可能である。

周波数分析器の JIS 規格として JIS C 1513「オクタ - ブ及び 1/3 オクタ - ブバンド分析器」があり、1/3 オクタ - ブバンドフィルタの周波数レスポンスの許容範囲によって II 形 (一般測定用) と III 形 (精密分析用) がある。ただし、JIS C 1513 は近く改正され、ここではクラス 1 が精密法、クラス 2 が実用法に対応す



る。

#### (5) デ - タレコ - ダ等

低周波音の録音にあたっては、オ - ディオ範囲の録音装置は適さない。低周波という特殊な周波数の録音になるので、対象とする 20Hz 以下の信号を歪みなく正確に録音再生することができなければならない。測定する周波数範囲や測定可能な音圧レベル幅（ダイナミックレンジ）を十分に確認した上で機種を選定する。通常、低周波音の録音には計測用の録音装置（データレコーダやデジタルオ - ディオテ - プレコ - ダ；DAT）を使用する。特に、変動の大きい低周波音や衝撃性の低周波音を測定する場合には、ダイナミックレンジが十分な録音装置を使用する。

#### 5.1.4 測定時期

##### (1) 苦情対応の場合

苦情対応の場合には、苦情が起こるような条件の低周波音が発生する時間、季節等に測定を行う。稼働条件や運転状況等の違いによって低周波音の周波数や音圧レベルが逐次変化する場合には、条件毎に測定を行う。

稼働条件や運転状況によって、苦情者に低周波音による影響がない場合があれば（低周波音が原因でないかもしれないが）、その条件についても、測定を行うことが望ましい。

一日のうちで低周波音がいつ発生するかわからない場合には、レベルレコーダやデータレコーダを連続して動かして測定するのほひとつの方法である。

##### (2) 現況把握の場合

環境調査等で、低周波音の現況把握を行う場合には、その地域の低周波音の状況を代表する時期、時間帯、あるいは低周波音の問題を生じやすい時期、時間帯を行う。例えば前者の場合には、各時間区分で代表的な時間帯に測定する

のも一つの方法である。

### (3) 暗騒音の影響

測定対象とする低周波音の発生源がわかっている場合、低周波音の測定は、測定する音圧レベルが対象以外の低周波音の影響を受けない時期、時間帯に行う。

対象以外の低周波音が対象の音とレベル差が少ない場合、対象以外の音が定常であれば、騒音レベル測定における暗騒音の補正方法に従って補正が可能である。対象以外の低周波音が変動するとき又はうなりを生じているときには、それらの影響を補正することはできない。

### (4) 風の影響

低周波音の測定では、風の影響を強く受ける。対象とする低周波音の音圧レベルが小さいほど、周波数が低いほど風の影響を受けやすい。風の強さは季節や、時刻によっても異なる。季節別では、冬型の気象配置のときなどは季節風が強く吹いて測定が難しい。一日のうちでは、早朝や夕方の風のときは比較的風が穏やかで測定がやりやすい。

風雑音によるレベルの上昇は不規則かつ不安定で、風の強い場合には人が測定器にはりついて風雑音と対象音とを逐次仕分けしてやらないと、何を測っているかわからないことになる。大きな音圧レベルが発生したのは実は風によるものだったというようなことになりかねないので特に注意が必要である。風が強いときは低周波音の測定をしないほうが無難である。

発生源から数 km 程度の範囲について低周波音の伝搬を測定する発破などの場合には、風向や風速の違いによっても音圧レベルが大きく変化する。このような場合、測定にあたっては風向の異なる季節の代表的な時期に測定を行い、年間を通しての低周波音の発生状況を把握することが望まれる。