

## クリーンルーム天井内ダクト廻りの振動測定

名古屋営業所

高木 康晴

キーワード クリーンルーム 天井ボードひび割れ 空調ダクト 排気ダクト 振動測定

### 1. 概要

製造工場クリーンルーム（ISO クラス 7(クラス 10,000)）の天井材（化粧ケイカル板）に発生したひび割れの現状調査に於いて、天井内の空調ダクト廻り、排気ダクト廻りの振動による影響の有無を調査するために振動測定を行った。

振動測定の結果、変位振幅 0.02~0.12mm, 加速度振幅 24~376gal であった。一部の箇所では加速度振幅が大きいのは、振動している振動数（単位：Hz（ヘルツ））が高いためであり機械系に特徴的な通常の現象である。加速度が大きいと手で触れたときや上に乗ったときなどによく振動を感じるが変位振幅が少ない状態であり、天井材のひび割れの要因となる可能性は低いと判断した。

天井材ひび割れの状況



クリーンルーム天井内の状況



### 建物概要

建物名称	〇〇〇（株）〇〇〇〇事業部江南工場
所在地	愛知県江南市
用途	工場（クリーンルーム、天井高 4.5m）
構造	鉄骨造
規模	地上 2 階
竣工	平成 17 年 2 月 28 日
備考	平成 21 年 8 月頃、天井材にひび割れが発生した
協力会社	株式会社アクト音響振動調査事務所

## 2. 測定方法

### (1) 測定項目

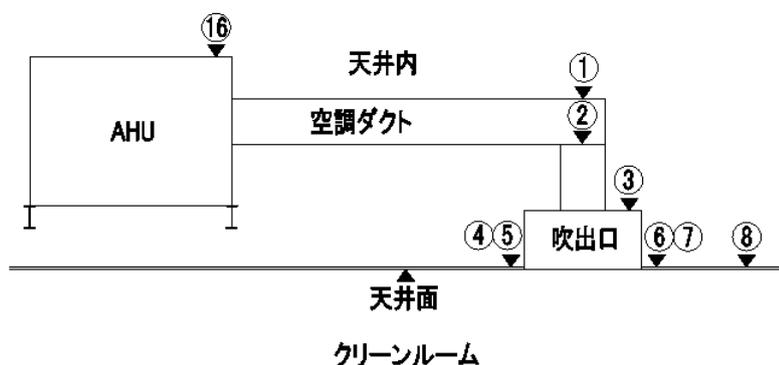
- ・ 振動変位振幅（単位：mm）
- ・ 振動加速度振幅（単位：gal=cm/s<sup>2</sup>）

※変位と加速度の関係については巻末参照

### (2) 測定位置

#### ・ 空調系統

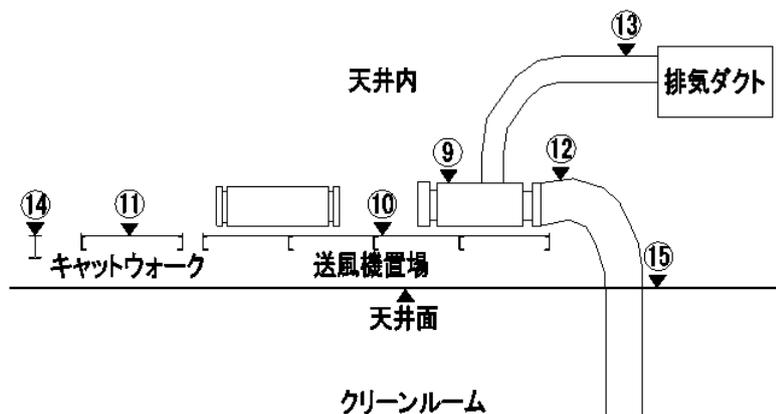
最もひび割れの多い吹出口（前頁“天井材ひび割れの状況”写真の箇所）廻り天井面及び吹出口～AHU までの空調系統主要部位



空調系統測定位置

#### ・ 排気系統

送風機置場中央部の天井内主要部位及び一次側排気ダクト～送風機～二次側排気ダクト



排気系統測定位置

### (3) ピックアップの設置と測定

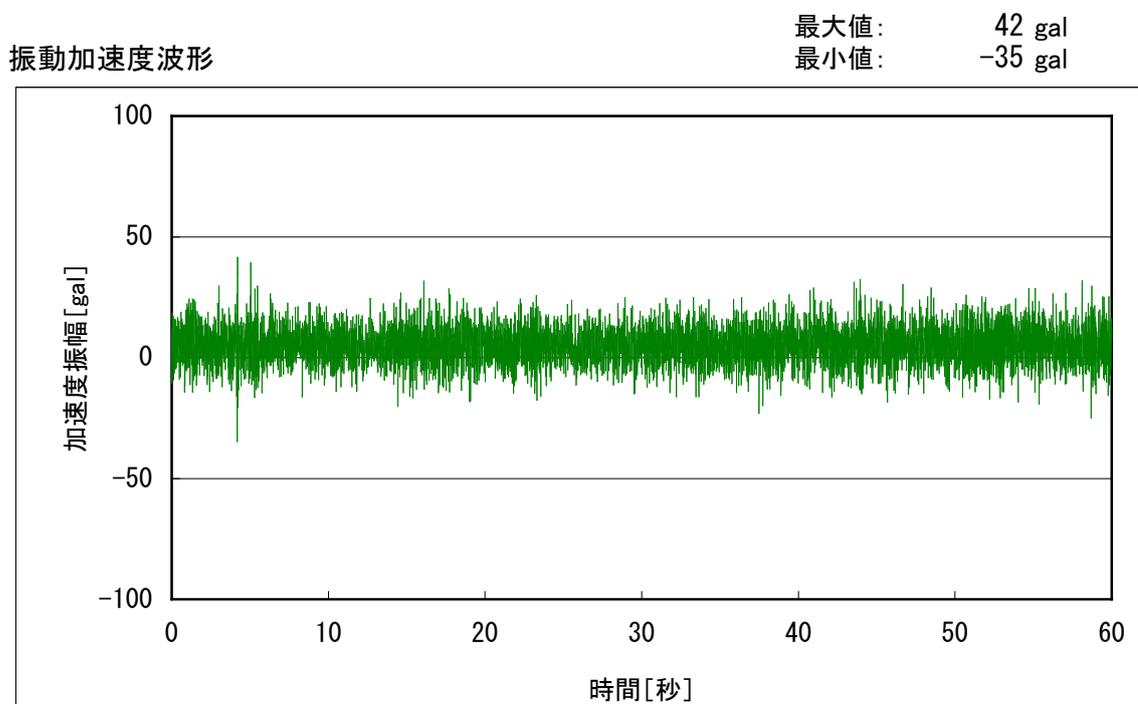
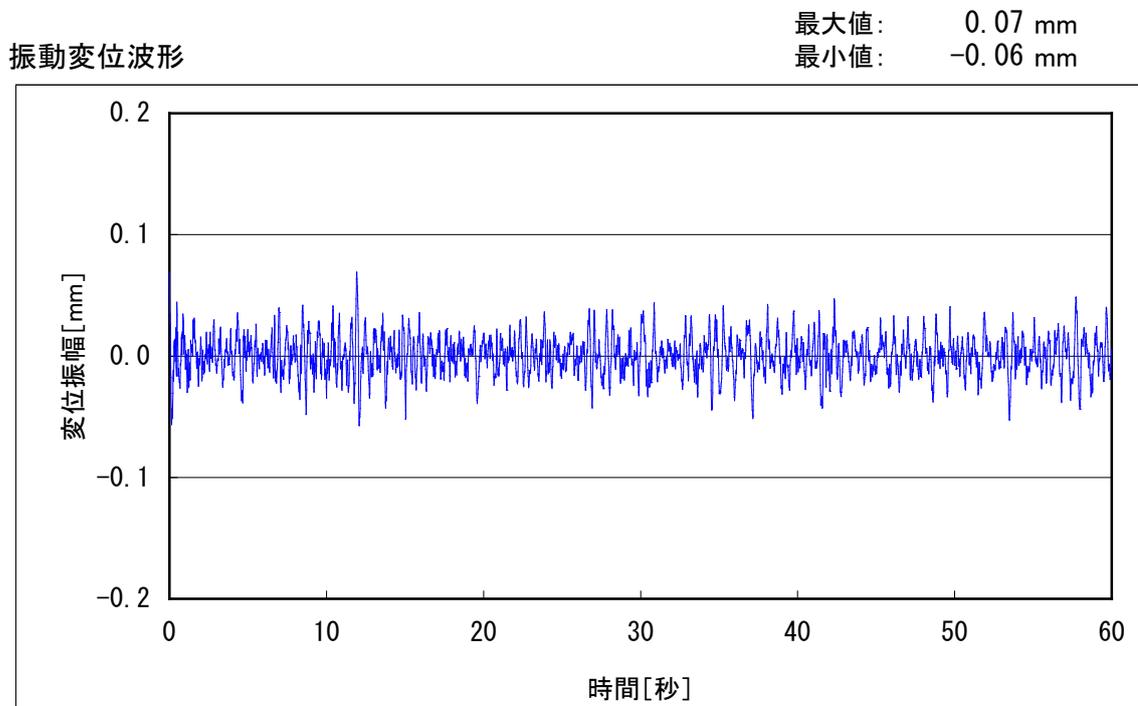
- ・ 圧電式振動ピックアップを天井内各測定点に1箇所ずつ取り付けました。
- ・ ファン関係が通常運転状態における振動変位と振動加速度の各信号出力をデータレコーダに記録するとともに、レベルレコーダで現場モニターした。

### 3. 測定結果

#### (1) 波形図

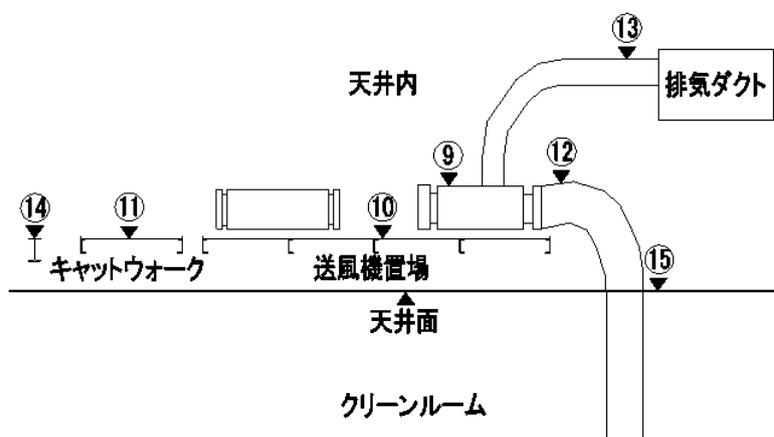
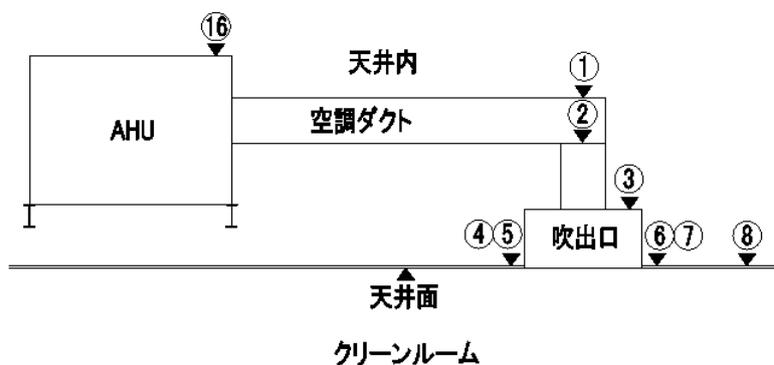
測点①の振動変位波形，振動加速度波形を以下に示す。

(測点②～測点⑬の波形図は省略)



(2) 測定結果

測点	測定場所		最大振幅	
			変位 [mm]	加速度 [gal]
①	7-1系統	ダクト(上)	0.07	42
②	7-1系統	ダクト(下)	0.12	30
③	7-1系統	吹出口上	0.07	27
④	天井-7 SA-2	吹出口横天井面-1	0.04	25
⑤	天井-7 SA-2	吹出口横天井面-2	0.03	27
⑥	天井-7 SA-2	吹出口横天井面-3	0.04	26
⑦	天井-7 SA-2	吹出口横天井面-4	0.04	24
⑧	天井-7 SA-2	近辺開口なし天井面	0.04	25
⑨	排気ファン廻り	本体	0.02	113
⑩	排気ファン廻り	架台	0.09	376
⑪	排気ファン廻り	通路鉄板面	0.06	222
⑫	排気ファン廻り	ダクト(下)	0.08	88
⑬	排気ファン廻り	ダクト(上)	0.04	57
⑭	排気ファン廻り	鉄骨部	0.03	29
⑮	排気ファン廻り	天井面	0.04	42
⑯	AHU-7-1	ファンベルトボックス上	0.03	211



#### 4. 考察

- ・測点①～⑧の7-1 系統周辺における振動は、変位振幅が 0.03～0.12mm、加速度振幅が 24～42gal であり、ダクトと吹出口の変位がやや高い程度で、概ね同程度の値である。
- ・天井面にクラックの入った測点④～⑦と天井面にクラックの入っていない測点⑧を比べると、変位振幅、加速度振幅ともほぼ同じである。
- ・測点⑨～⑯の排気ファン廻りとファンベルト上における変位振幅は 0.02～0.09mm であり、概ね同程度の値である。一方、加速度振幅は 29～376gal と差が大きく、特に測点⑨、⑩、⑪、⑯の機器本体や駆動部周辺における加速度が大きくなっている。
- ・天井面にクラックの入っていない測点⑮と7-1 系統周辺の測点④～⑧を比べると、変位振幅はほぼ同じで、加速度振幅は測点⑮の方が若干大きめである。
- ・機器周辺で加速度振幅が大きいのは、振動している振動数（単位：Hz（ヘルツ））が高いためであり（次頁参照）、機械系に特徴的な通常の現象である。加速度が大きいと手で触れたときや上に乗ったときなどによく揺れを感じるが、変位が小さい状態で構造的に問題となる可能性は低い。

## 5. 変位と加速度の関係について

振動の大きさを表す物理量として一般に変位、速度、加速度が用いられる。変位は静止状態の位置に対する移動量を表し、 $x$  で表記され単位はmである (mm や  $\mu\text{m}$  も使われる)。

- ・ 速度は変位の時間に対する変化を表し、 $v$  で表記され単位はm/s である (mm/s も使われる)。
- ・ 加速度は速度の時間に対する変化を表し、 $a$  で表記され単位は $\text{m/s}^2$  である。

重力加速度  $G$  ( $9.8\text{m/s}^2$ ) や gal ( $\text{cm/s}^2$ ) が使われることもある。

gal は非 SI 単位であるが、日本の計量法では重力加速度および地震に係る振動加速度の計量に限定してガル(Gal)の使用を認めている。1 Gal =  $0.01 \text{ m/s}^2$  となる。

- ・ 変位と加速度の関係は次式で表され、加速度振幅は変位振幅の  $(2\pi f)^2$  倍となり振動数の2乗に比例する。  $a=2\pi f v=(2\pi f)^2 x$   $f$ : 振動数 [Hz]  $2\pi f=\omega$  (角周波数 rad/s)  
これを図で表すと図1のとおりとなる。同じ加速度 100gal でも周波数により大きく変位量が異なるのが図より読み取れる。

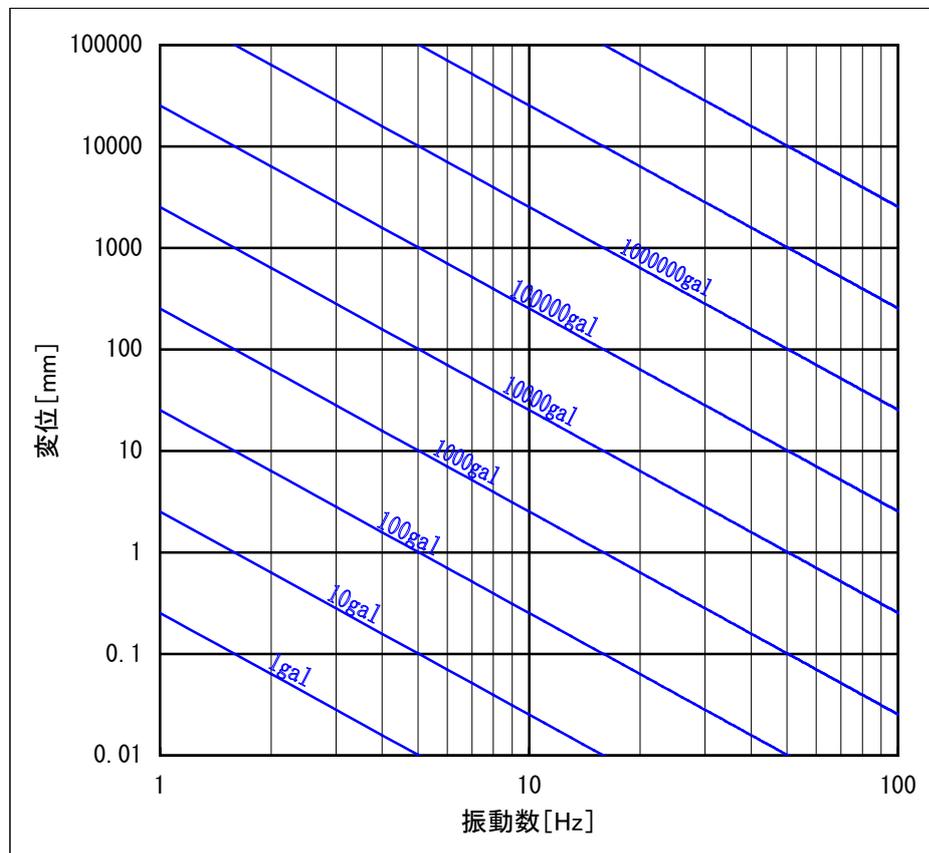


図1 変位と加速度の関係 (gal : 振動加速度)

加速度は、地震の大きさ (gal) や公害振動のデシベル (dB) の元の物理量 ( $\text{m/s}^2$ ) であり、体感との対応がよいとされている。建物に対する振動の許容限界には諸説あり質的にも量的にも多様で定説らしいものはない。変位振幅で表現される一方、速度振幅や加速度振幅で表現されることもある。

以上