

# ビルトインダクトシステムの性能実測

竹本 靖 福島 正之  
富家 貞男

## Performance Survey of Built-in Duct System

Yasushi Takemoto Masayuki Fukushima  
Sadao Tomiie

### Abstract

The “Built-in Duct System” reported in this paper is a new air-conditioning duct system developed by Ohbayashi Corporation. This system has air supply ducts made of GRC installed at the external walls of the building and uses the spaces at the backs of ceilings as air supply and return chambers. In this study, the authors surveyed a building in which this system had been adopted and evaluated airtightness and thermal performance.

The results were as follows: (1) Leakage rate of GRC ducts was less than 1 percent and bypass loss of ceiling chambers was less than 2 percent. (2) In thermal performance, the variation in room air temperature was very small because the GRC ducts restricted heat transfer into rooms, and also, thermal storage and radiation of ceiling supply chambers were performed effectively.

Consequently, this system is superior to the general type of duct system with respect to thermal comfort, energy conservation, etc.

### 概要

ここで言うビルトインダクトシステムとは、建物外周部の腰壁に給気用 GRC ダクトを配置し、天井裏の空間を給気及び排気チャンパとして用いる、当社開発の空調新システムのことである。本研究では、このシステムを採用した建物を実測調査し、その気密性能と熱的性能について評価を行なった。

実測の結果、気密性能に関しては、GRC ダクトの漏気量が設計風量の 1% 未満、天井裏チャンパのバイパス損失が 2% 未満であり、ほとんど問題の無いことが明らかとなった。また、熱的性能に関しては、GRC ダクト部が室内を熱的にガードすること、天井裏給気チャンパの蓄熱・放熱が効果的に行なわれることなどから、室温変動が小さく、一般のダクト方式と比較して、快適性、省エネルギー性などの面で優れていることが明らかとなった。

## 1. はじめに

建物躯体と設備システムを融合し、一体化することは、経済性や工期の面で有利となるばかりでなく、空間の有効利用や快適性の向上にも役立つと考えられる。当社では、このような考え方に基づいたシステムの開発を行っており、特に空調用ダクト系と建物を一体化したものをビルトインダクトシステムと呼んでいる。

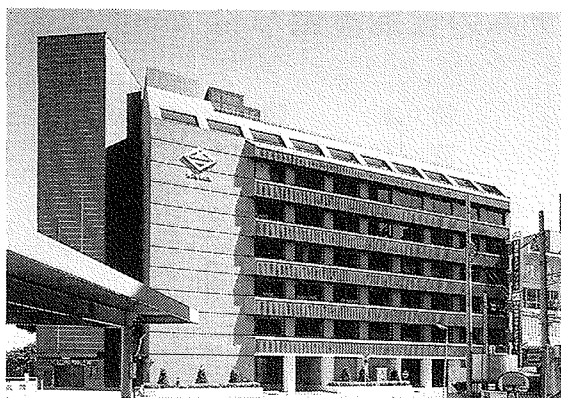
この報告は、ビルトインダクトシステムを採用した建物を実測調査し、その性能評価を行なったものである。今回調査を行なった建物は、建物外周部の腰壁に GRC (耐アルカリ性ガラス繊維補強セメント) 製の給気用ダクトを配置し、天井裏の空間を給気及び排気用チャンパとして用いたシステムを採用している。

実測調査は、気密性能と熱的性能の二項目に関して行なった。気密性能に関する調査は、GRC ダクトからの漏気率と、天井裏の給・排気チャンパ間のバイパス損失(調和された空気が室内を通らずに排気される割合)を把握するためのものである。また、熱的性能に関する調査は、システム全体の熱応答特性を把握するためのものである。

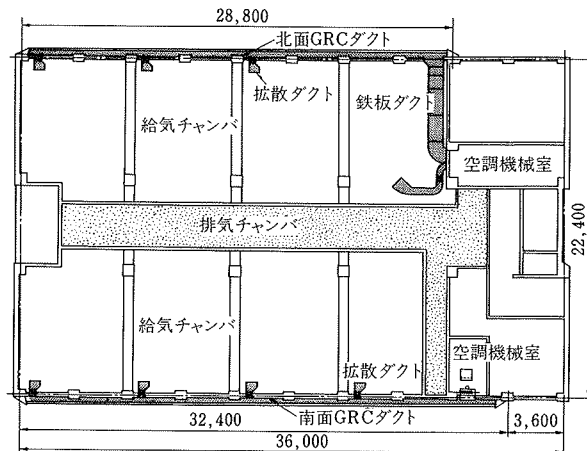
## 2. 対象建物

今回測定対象とした建物の概要を次に示す。

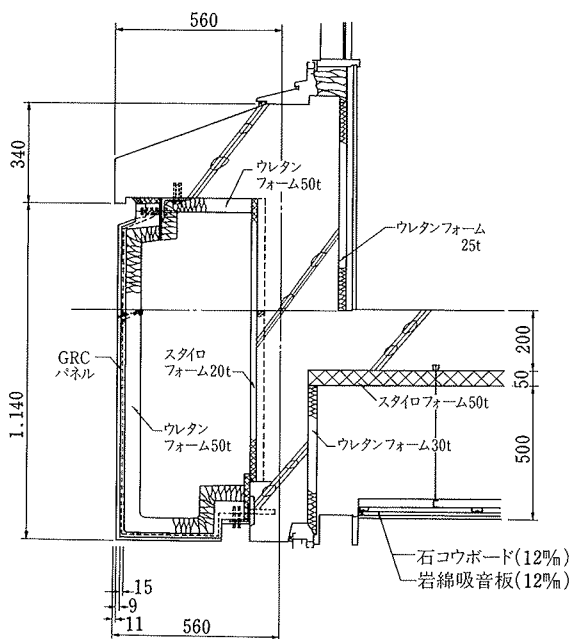
- (1) 建物用途：貸事務所
- (2) 構造種別：RC 造，アンボンド PC スラブ構造
- (3) 階数：地上 7 階，塔屋 1 階
- (4) 建築面積：897.6 m<sup>2</sup>
- (5) 延床面積：6195.2 m<sup>2</sup>



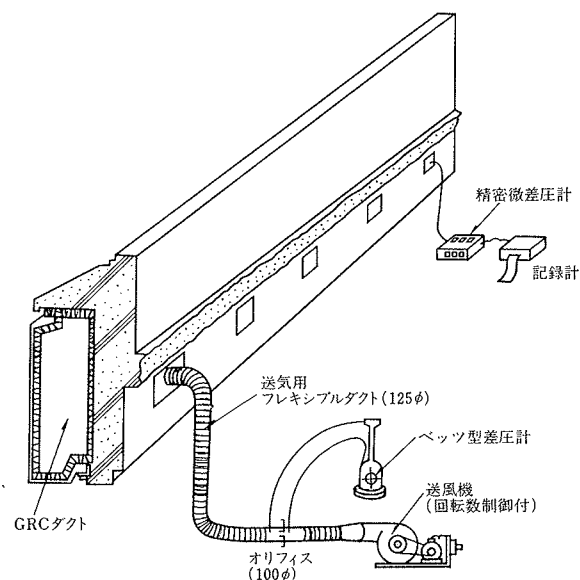
写真一 建物外観



図一 基準階天井裏平面図



図二 GRCダクト断面詳細図



図三 GRCダクト気密度試験装置

- (6) 空調方式：各階パッケージユニット+ダクトレス方式、但し1階は単一ダクト方式
  - (7) 熱源方式：空冷ヒートポンプパッケージ方式
- 建物の外観を写真一に、基準階天井裏部分の平面図を図一に、GRCダクト周辺の詳細図を図二に示す。

空調機械室及び給気系統は南北2系統に分割されている。空調機械室で処理された空気は、GRCダクトを通り、天井裏給気チャンバに吹き出される。また、室内からの排気は、天井裏中央部の排気チャンバを通して行なわれる。

### 3. 気密性能

#### 3.1. 測定方法

##### 3.1.1. GRCダクトの場合 GRCダクトの気密性試験

試験装置を図三に示す。送風機によりGRCダクトを加圧し、GRCダクト内の静圧と漏気量を測定した。送風機は回転数制御機構付であり、手で回転数を変更し送風量を制御した。静圧は精密微差圧計により測定した。漏気流量は、送風用フレキシブルダクトに取り付けた四分円オリフィスとベツツ型差圧計を用い、JISZ8762-1969(絞り機構による流量測定方法)に準拠して測定した。漏気流量  $Q$  (m<sup>3</sup>/h) は、次式により算出した。

$$Q = 3600 \cdot \alpha \cdot \varepsilon \cdot \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \cdot \sqrt{\frac{2\Delta P}{\rho_1}} \quad \dots\dots\dots(1)$$

但し、 $\alpha$ ：流量係数 ( $\approx 1$ )

$\varepsilon$ ：気体の膨張補正係数 ( $\approx 1$ )

$d$ ：オリフィス内径 (m)

$\Delta P$ ：差圧 (kg/m<sup>2</sup>) (=mmAq)

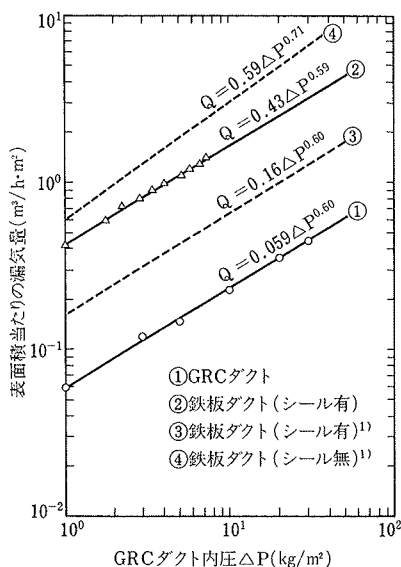
階	測定日 (昭61)	部位別漏気箇所数				
		L	B	A	C	計
2	3/13	8→1	7→0	0→0	12→3	27→4
3	3/13	16→4	11→1	7→0	8→3	42→7
4	3/20	6	1	1	3	11
5	3/27	2	0	0	4	6
6	4/2	0	0	0	0	0

L(アングル)、B(ボルト)、A(座堀穴)、C(コーキング)  
→は手直し前後の値を示す。

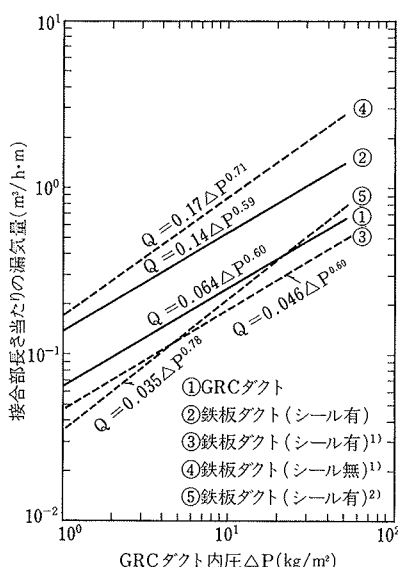
表一 GRCダクト部位別漏気箇所数

階	測定日 (昭61)	温度 (℃)	GRCダクト 内圧 (kg/m <sup>2</sup> )	オリフィス 差圧 (kg/m <sup>2</sup> )	漏気量(m <sup>3</sup> /h)			漏気率 (%)
					全体	鉄板ダクト	GRCダクト	
2	3/13	10.5	30.0	16.7	89.0	38.4	50.6	0.70
3	3/13	10.5	30.0	13.0	80.2	38.4	41.8	0.58
4	3/20	11.5	30.0	11.0	73.2	38.4	35.4	0.49
5	3/27	12.5	30.0	14.5	84.7	38.4	46.3	0.64
6	4/2	13.0	30.0	18.9	98.0	38.4	59.6	0.83

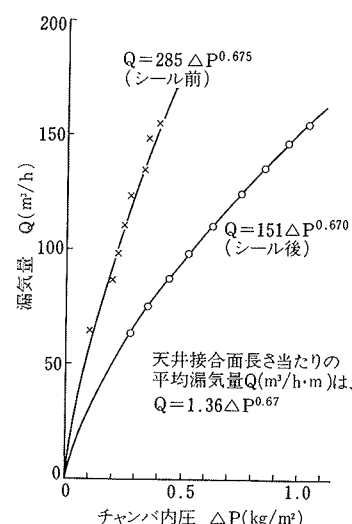
表二 GRCダクト漏気量測定結果



図一 GRCダクト表面積当たりの漏気特性



図二 GRCダクト接合部長さ当たりの漏気特性



図三 天井裏チャンバの漏気特性

$\rho_1$ : 気体の密度 (kg/m<sup>3</sup>)

工程上、拡散ダクトと給気ダクト (いずれも鉄板製) を取り付けた状態で行なった。これらは、別途漏気量を測定した。

また、GRCダクトの接合部に石けん水を塗布し、漏気によって生ずる気泡の発生を観察した。

3.1.2. 天井裏チャンバの場合 測定場所は、排気チャンバとした。測定装置及び測定方法は、減圧法(チャンバ内の空気を送風機で吸引する)であることを除いて、GRCダクトの場合と同様である。

### 3.2. 結果と考察

#### 3.2.1. GRCダクトの場合

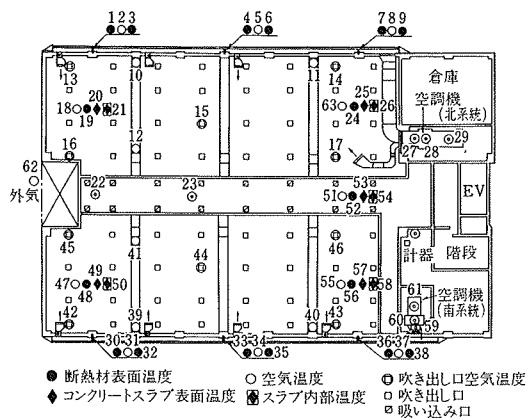
(1) 石けん水による目視結果 南側系統の部位別漏気箇所数を表一に示す。最初、2、3階部分の調査を行なったところ多くの漏気箇所を発見した。そこで、シールを手直しし(シール材は2液性ポリウレタン系)、ボルトにネオプレンパッキンを装着した。その結果、目標の気密性能を得たので、以降の階では事前にシールとパッキン装着を行なった。

(2) 漏気率 南側系統 GRCダクトの漏気量測定結果

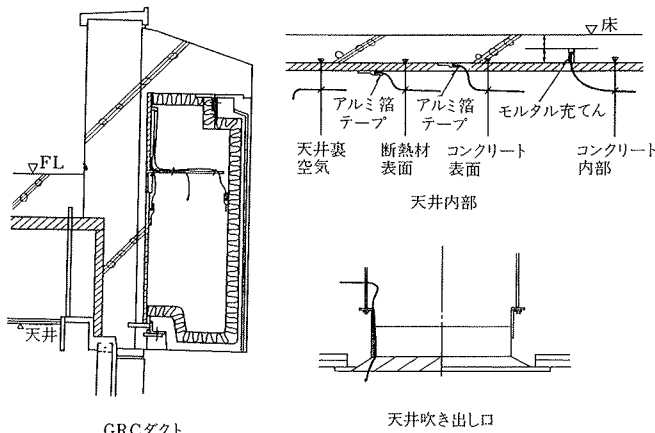
を表二に示す。GRCダクトの内圧(静圧)は、30 kg/m<sup>2</sup>(通常運転時の約2倍)とした。GRCダクトの漏気量は、全体漏気量から鉄板ダクトの漏気量 38.4 m<sup>3</sup>/h を差し引いた値とした。漏気率は、漏気量を設計風量で除した値である。設計風量は 7,200 m<sup>3</sup>/h である。測定の結果、漏気率はいずれの階も 1% 未満(平均 0.65%) であり、気密性能に関してはほとんど問題がないと言える。

(3) 鉄板ダクトとの比較 図一~五は、GRCダクトと鉄板ダクトの漏気特性を比較したものである。図一は表面積(m<sup>2</sup>)当たり、図二は接合部長さ(m)当たりの漏気量を示している。①、②は今回の測定結果、③、④は文献1)、⑤は文献2)のデータである。②の鉄板ダクトは、屋上に露出した7階空調用ダクトであり、ボタンパンチ・スナップロックはぜでシール(ダクトシーラ使用)している。②は排水を考慮し下面をシールしていないので、③より気密度が低い。GRCダクトの気密度は鉄板ダクトと比較して、表面積当たりで3~10倍、接合部長さ当たりで1~3倍高くなっている。

3.2.2. 天井裏チャンバの場合 天井裏チャンバの漏気特性を図一六に示す。天井とGL壁の付き合わせ部



図一七 温度測定点



図一八 熱電対設置詳細図

のシール手直し (GL ボンド使用) 前後の値を図示している。天井接合面長さ (m) 当たりの漏気量は  $Q (\text{m}^3/\text{h}\cdot\text{m}) = 1.36\Delta P^{0.67}$  となる。

チャンパ内各部の静圧を、吸込口とダンパの抵抗より算定し、これを  $Q = 1.36\Delta P^{0.67}$  に代入することにより天井裏全体の漏気量を試算すると  $272 \text{ m}^3/\text{h}$  となる。設計風量は  $14,400 \text{ m}^3/\text{h}$  であるので、漏気率 (バイパス損失) は 1.9% となる。

## 4. 熱的性能

### 4.1. 測定方法

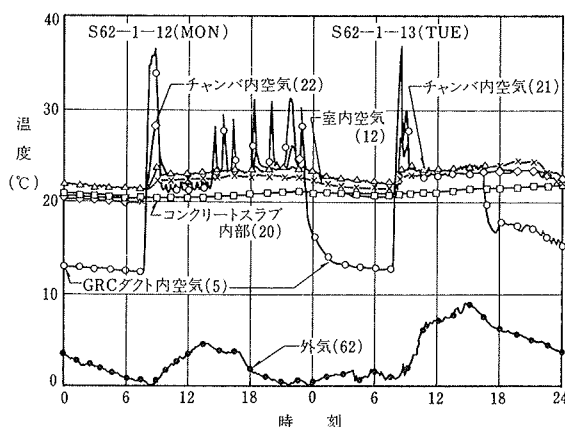
計測位置は、図一七に示す64点とした。各測定点に C-C 熱電対 ( $\phi = 0.5 \text{ mm}$ ) を設置し、温度を連続的に測定した。各検出場所の熱電対取り付け方法を図一八に示す。表面温度は、輻射の影響を省くため熱電対にアルミ箔テープ ( $50 \text{ mm} \times 100 \text{ mm}$ ) を密着させた。測定は、昭和61年6月より翌年2月までの約9箇月間行なった。

### 4.2. 結果と考察

実測は、夏期・秋期・冬期と行なったが、ここでは、予熱負荷や熱損失を見るのに分かりやすいので冬期のデータについて述べる。夏期の測定結果は、温度の関係が冬期とは逆になるが、熱的特性は冬期と同様であった。

**4.2.1. システム全体の温度変動** 図一九は、冬期48時間以上空調を停止し自然冷却した建物が、空調開始により熱的に活性化する様子を示している。GRCダクト内の空気温は、空調開始前は外気温の影響を受けて  $12^\circ\text{C}$  まで低下するが、予熱開始と同時に  $35^\circ\text{C}$  まで上昇している。予熱時間は約1時間であり、一般のダクト方式の約半分に短縮されている。予熱が完了すると、加熱は停止し、外気処理のみ行なわれている。空調停止後のGRCダクト内空気温の変動は、一般のダクト方式の室内壁面付近の温度変動によく似ている<sup>3)</sup>。

室内温度は、空調時は  $22^\circ\text{C}$  でほぼ一定である。また、



図一九 ダクトシステム全体の温度変動 (2日分)

空調開始前後の温度差は  $2\sim 4^\circ\text{C}$  であり変動が小さい。コンクリートスラブ内温度も、空調の有無にかかわらず  $20^\circ\text{C}$  でほぼ一定であるので、コールドドラフトが少なく、室内は極めて快適と言える。

**4.2.2. 温度分布** 北側系統天井吹き出し空気温度分布を図一十に示す。予熱時の最大温度差は  $4^\circ\text{C}$ 、外気処理運転時の温度差は  $2^\circ\text{C}$  である。空調機より一番遠い隅部 (計測番号13, 16) が最も低く、鉄板ダクト隣接部 (計測番号17) が最も高い。GRCダクト内長さ方向の空気温度差は最端部 (計測番号2, 31) が  $2\sim 4^\circ\text{C}$  低く、他はほぼ同一であった。これは、加熱時間の短いことが影響していると考えられる。

**4.2.3. GRCダクトの断熱性能** 冬期、予熱時のGRCダクト中央部の温度変動を図一十一に示す。予熱運転時、ファン出口空気温度は  $37^\circ\text{C}$  である。この時、GRCダクト内空気温は  $36^\circ\text{C}$  であり、約  $1^\circ\text{C}$  低下している。チャンパ内の非空調時の定常温度が  $20^\circ\text{C}$ 、外気温が  $0^\circ\text{C}$  であることを考えると、ダクトの断熱は十分に機能していると言える。これは、設計時に予測された温度低下とほぼ同一である。

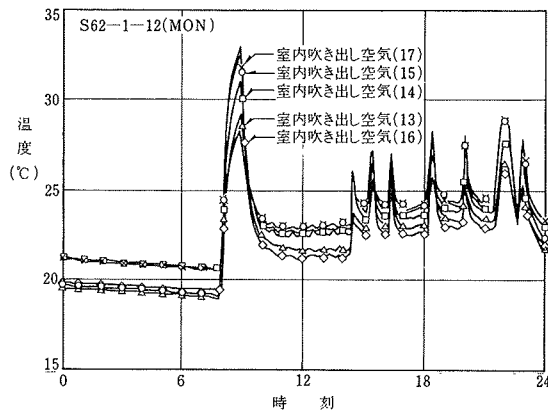


図-10 室内天井吹き出し空気の温度分布

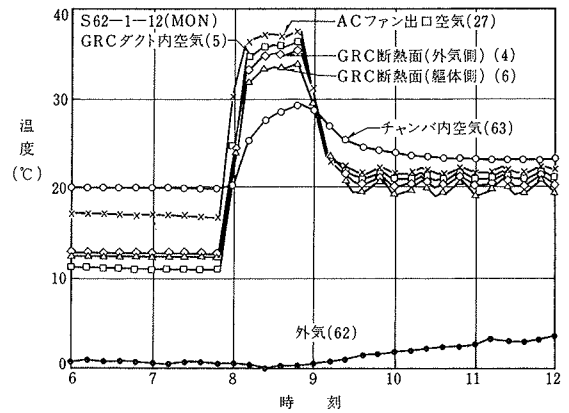


図-11 GRCダクト中央部の温度変動

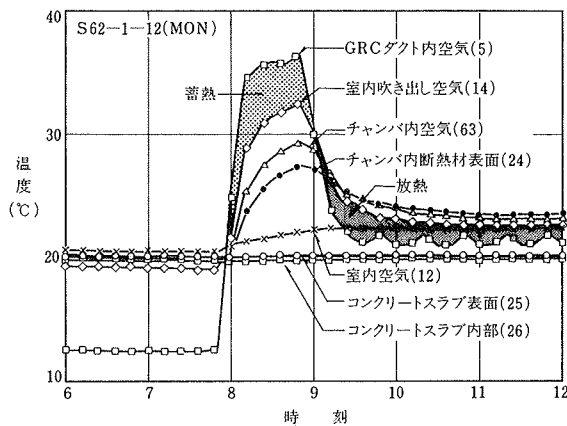


図-12 天井裏給気チャンバ中央部の温度変動

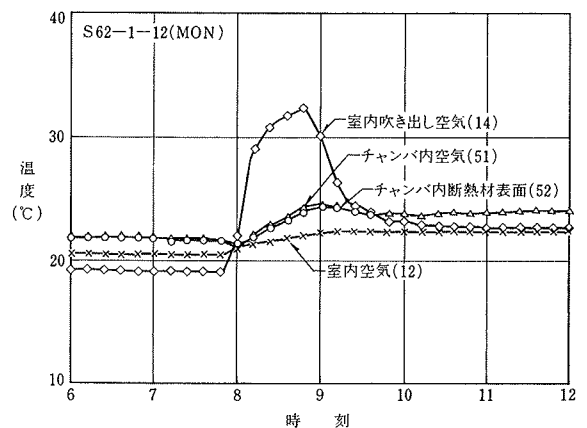


図-13 天井裏排気チャンバ周辺の温度変動

4.2.4. 天井裏チャンバの熱応答 給気チャンバの温度変動を図-12に示す。GRCダクトより加熱空気が給気チャンバに入り、その後室内に入る過程において、チャンバ内部で一時蓄熱が行なわれ、加熱が終了すると徐々に放熱の進むことが、この図に表れている。予熱時の蓄熱量は加熱量の約30%である。チャンバ内の吸熱部位は、主に仕上材と軽量鉄骨材と断熱材と考えられる。放熱は室内に対して行なわれるので、熱損失にはならない。コンクリートスラブや室内の温度変動が一般ビルに比べ小さい<sup>3)</sup>のは、GRCダクトが室内を熱的にガードすることに加えて、天井裏給気チャンバの蓄熱・放熱が効果的に行なわれるためと考えられる。

排気チャンバの温度変動を図-13に示す。室温より排気チャンバ内の空気温が1~2°C高い。これは、給気チャンバからの熱貫流と照明器具排熱によるものと考えられる。

## 5. おわりに

今回の実測調査の結果、ビルトインダクトシステムに関して、以下の事項が明らかとなった。

(1) GRCダクトの漏気量は設計風量の1%未満、天井裏チャンバのバイパス損失は2%未満であり、気密性能に関してほとんど問題がない。

(2) GRCダクト部が室内を熱的にガードすること、天井裏給気チャンバの蓄熱・放熱が効果的に行なわれることなどから、室温変動が小さく、一般のダクト方式と比較して、快適性、省エネルギー性などの面で優れている。

最後に、この性能調査に多大な御援助を頂いた東京本社設備設計第一部 蜂須賀次長、本店設備設計部 五町課長代理に対し、感謝の意を表します。

## 参考文献

- 1) 青木, 藤田: ダクトの気密施工の漏気試験, 建築設備士, 第14巻, 第6号
- 2) 渋谷, 小川, 大津: 直管ダクトの空気漏れ試験, 空気調和・衛生工学会誌, 第50巻, 第2号, (1980), pp.71~76
- 3) 福島, 岩崎, 中原: 非空調時における室温変動の予測と実測, 日本建築学会大会学術講演梗概集, (1978), pp.355~356