

横型楽ボックスの性能試験 Performance Test of Horizontal “Raku-Box”

福田栄次* 鹿倉潤二*

Eiji Fukuda, Junji Shikakura

近年、グラスウール製のダクトやグラスウール製フレキシブルダクトを使用した空調システムが、採用されることが多くなってきている。その空調システムに使用する商品として、当社では、「楽風道」、「楽ボックス」という商品を製造・販売している。

今回、「楽ボックス」の風量バランスを向上させた「横型楽ボックス」を開発し、各種性能試験を実施した。その結果、風量バランスは、従来型に比べ、大幅に改善しており、圧力損失については、分岐数にかかわらず、同一の計算式で算出できることが判明した。

In these years, it is increasing that the air conditioning system, using duct or flexible duct made of glass wool, is adopted. Kurimoto produce and distribute “Rakufudo” and “Raku-box” for the system.

The performance test of horizontal “Raku-Box”, which improves airflow balance of “Raku-Box”, was carried out. As a result, it became clear that the airflow balance performance of horizontal “Raku-Box” was improved so much, compared with the original and the pressure loss could calculate by an identical equation, regardless of number of the branch.

1. はじめに

空調システムの風洞には、亜鉛鉄板製の角ダクトや断面丸形のスパイラルダクトが用いられることが多い。この通常の空調システムでは、ダクト内温度と周辺温度に温度差があり、結露が生じるため、保温施工をする必要がある。施工方法として、グラスウールなどの保温材をダクト外面に施工するのが一般的である。

近年、保温施工の必要のないグラスウール製のダクトやグラスウール製フレキシブルダクトなどが開発され、空調システムの施工簡略化が図られている。

本稿では、グラスウール製フレキシブルダクトの一種である「サイレントフレキ」と分岐ボックスの「楽ボックス」を使用した空調システムにおいて、吹出しバランスの向上を追求した「横型楽ボックス」を開発したので、その性能試験結果を報告する。

2. 楽ボックス空調システムとは

図1に「サイレントフレキ」と「楽ボックス」を使用した空調システムを図2に従来のスパイラルダクトを使用した空調システムの例を示す。

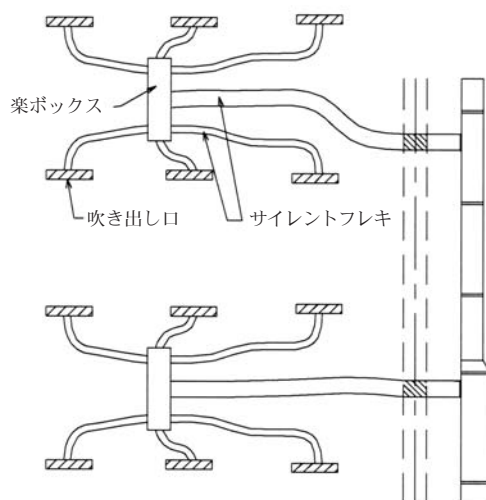


図1 楽風道空調システム概要図
Fig. 1 Brief figure of the air system with “Rakufudo”

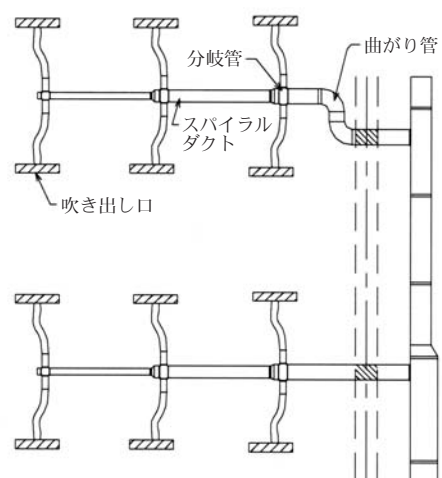


図2 スパイラルダクト空調システム概要図
Fig. 2 Brief figure of the air system with spiral ducts

2.1 楽ボックス空調システムの特長

図2に示す、従来のスパイラルダクト空調システムでは、分岐管(T管)や曲がり管(ベンド、S管)などを使用して、各吹出し口へ所要の風量を送風している。

楽風道空調システム(図1)では、分岐は楽ボックスで行い、曲がり部は、サイレントフレキのフレキシブル性を生かし、自由自在に曲げることで対応する。スパイラルダクト空調システムと比較し、部材が少なくなるため、接続部が大幅に減少し、施工が簡略化できる。また、吹出し口レイアウトの急な変更などにも対応が容易である。

さらに、サイレントフレキの主構成部材はグラスウールであるから、保温施工の必要性がない。その観点からも施工の簡略化が図られている。

3. 楽ボックスの形状

3.1 従来型楽ボックス

一般的に用いられている楽ボックスの形状を図3に示す。分岐数は、4～8分岐が一般的である。

この形状のものでは、ボックス単体での風量バランスを取るのが非常に困難である。

実質的には、分岐後に接続されるサイレントフレキや

吹出し口装置の圧力損失が大きいため、単体でのバランスが悪くても、吹出し口部では、風量がある程度バランスさせることはできる。例えば、サイレントフレキの曲がり具合や、吹出し口装置の形状によって、各吹出し口の風量バランスを取るという方法である。しかし、このような調整方法は、各システムに対して行わなければならない、困難な作業となる。

3.2 横型楽ボックス

前述のような、吹出し口部での風量バランスの課題を解決する一例として、楽ボックス単体での風量バランスを取ることがあげられる。このことにより、サイレントフレキなどの影響があっても、容易に吹出し口風量のバランスを取ることができる。

そこで、図4に示す横型の楽ボックスを開発した。

ボックス形状を横長にすることにより、空気流入部からの動圧の一部が静圧に変化し、動圧による風量バランスのばらつきを極力少なくすることができる。

また、横型楽ボックスの分岐部で各風量のバランスが取れているため、ダンパなどでの風量調整がほとんど必要でない。

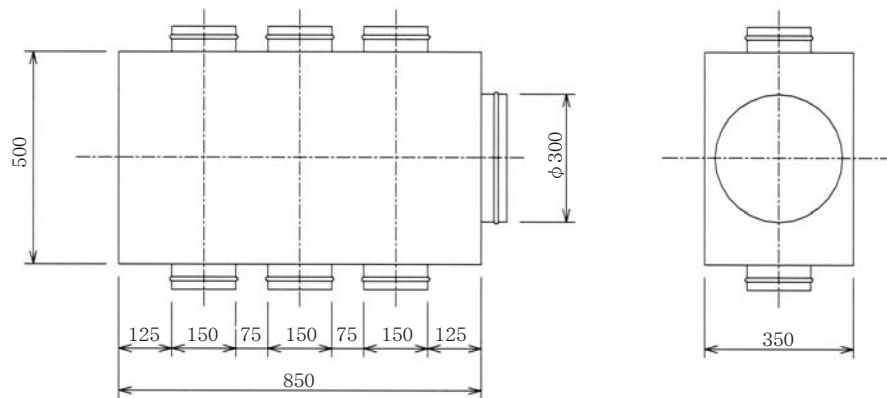


図3 従来型楽ボックス
Fig. 3 Original "Raku-Box"

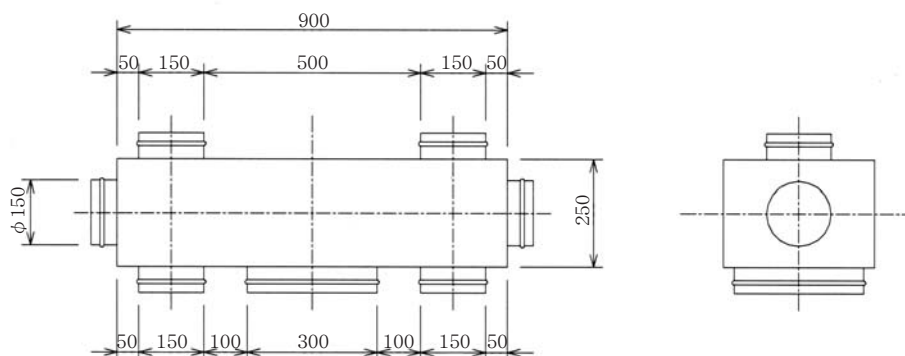


図4 横型楽ボックス
Fig. 4 Horizontal "Raku-Box"

4. 風量バランス測定試験

4.1 試験体概要

試験装置の概要を図5に示す。

試験体は、従来型と横型の2種類とし、分岐数は、一般的なものとして、6分岐とする。

吹出口部には、助走ダクトとして、スパイラルダクト(φ150、長さ4,000mm)を取付けた。

4.2 試験方法

送風機をインバータで制御し、総風量を変化させる。各々の総風量毎にスパイラルダクト出口の風速を5点測定し、平均風速を算出する。風速の測定には、熱線風速計を用いた。

この算出した平均風速から風量を算出し、各分岐部での風量の比を検証する。

4.3 試験結果

測定値から算出した平均風速、風量および、各分岐の風量比を表1および、表2に示す。

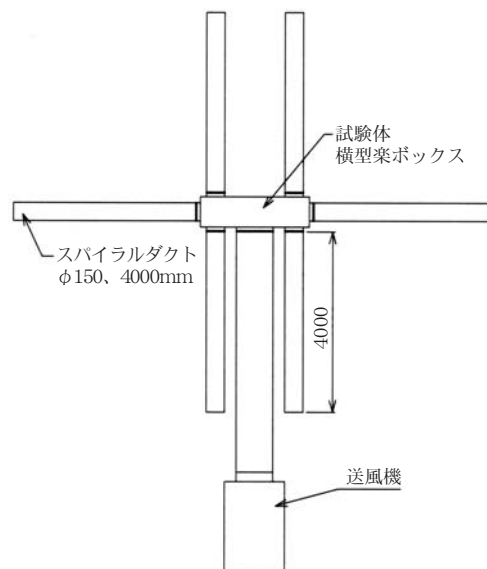


図5 風量バランス測定試験装置概要
Fig. 5 Test equipment of airflow balance

表1 横型楽ボックス風量バランス試験結果
Table 1 Result of airflow balance of horizontal "Raku-Box"

流入口風速	m/s	6.11			7.16			8.33		
	CMH	1555			1823			2119		
		風速	風量	風量比	風速	風量	風量比	風速	風量	風量比
		m/s	CMH	%	m/s	CMH	%	m/s	CMH	%
分岐番号	6	3.70	235.4	91	4.38	278.6	92	4.98	316.8	90
	5	4.26	271.0	105	5.02	319.4	105	5.91	376.0	106
	4	4.24	269.7	104	4.96	315.5	104	5.78	367.7	104
	3	4.30	273.6	106	4.98	316.8	104	5.76	366.4	104
	2	4.24	269.7	104	5.02	319.4	105	5.86	372.8	106
	1	3.70	235.4	91	4.30	273.6	90	5.02	319.4	90
平均値		4.07	259.1	—	4.78	303.9	—	5.55	353.2	—

表2 従来型楽ボックス風量バランス試験結果
Table 2 Result of airflow balance of original "Raku-Box"

流入口風速	m/s	12.1			14.5			17.0		
	CMH	3084			3691			4325		
		風速	風量	風量比	風速	風量	風量比	風速	風量	風量比
		m/s	CMH	%	m/s	CMH	%	m/s	CMH	%
分岐番号	6	4.62	293.9	57	5.14	327.0	53	6.02	383.0	53
	5	7.76	493.7	96	9.46	601.8	98	11.04	702.3	97
	4	11.56	735.4	143	13.98	889.4	145	16.38	1042.1	145
	3	11.96	760.9	148	14.44	918.6	149	17.14	1090.4	151
	2	7.90	502.6	98	9.60	610.7	99	11.26	716.3	99
	1	4.68	297.7	58	5.40	343.5	56	6.14	390.6	54
平均値		8.08	514.0	—	9.67	615.2	—	11.33	720.8	—

4.4 結果検討

表1に示すように横型楽ボックスの風量バランスは、従来型の楽ボックスと比較して、風量バランスの向上が図れることがわかった。

5. 圧力損失測定試験

5.1 試験体概要

試験装置の概要を図6に、試験体は、図7に示す8分岐、6分岐および、4分岐の3種類とした。

各分岐部には、助走ダクトとして、 $\phi 150$ 、8,000mmのスパイラルダクトを接続した。

5.2 試験方法

送風機をインバータで制御し、総風量を変化させる。各々の総風量毎にスパイラルダクト内の風速を5点測定し、平均風速を算出する。風速の測定には、ピトー管を用いた。

同時に、スパイラルダクトの側面静圧を測定し、楽ボックスの空気流入部および分岐部出口での静圧を推定する。

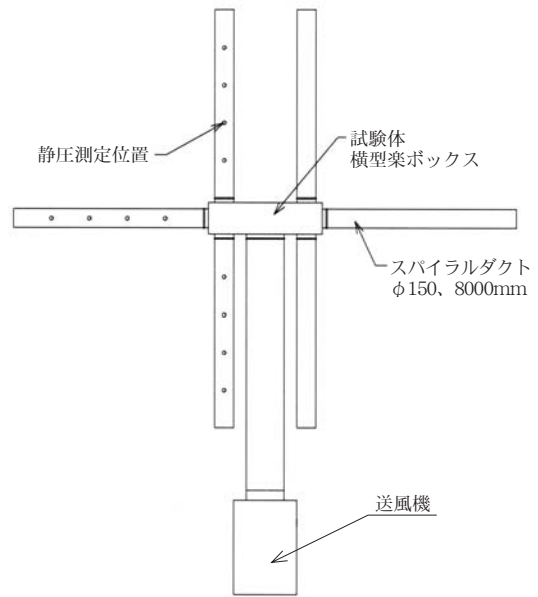


図6 圧力損失測定試験装置概要
Fig. 6 Test equipment of pressure loss

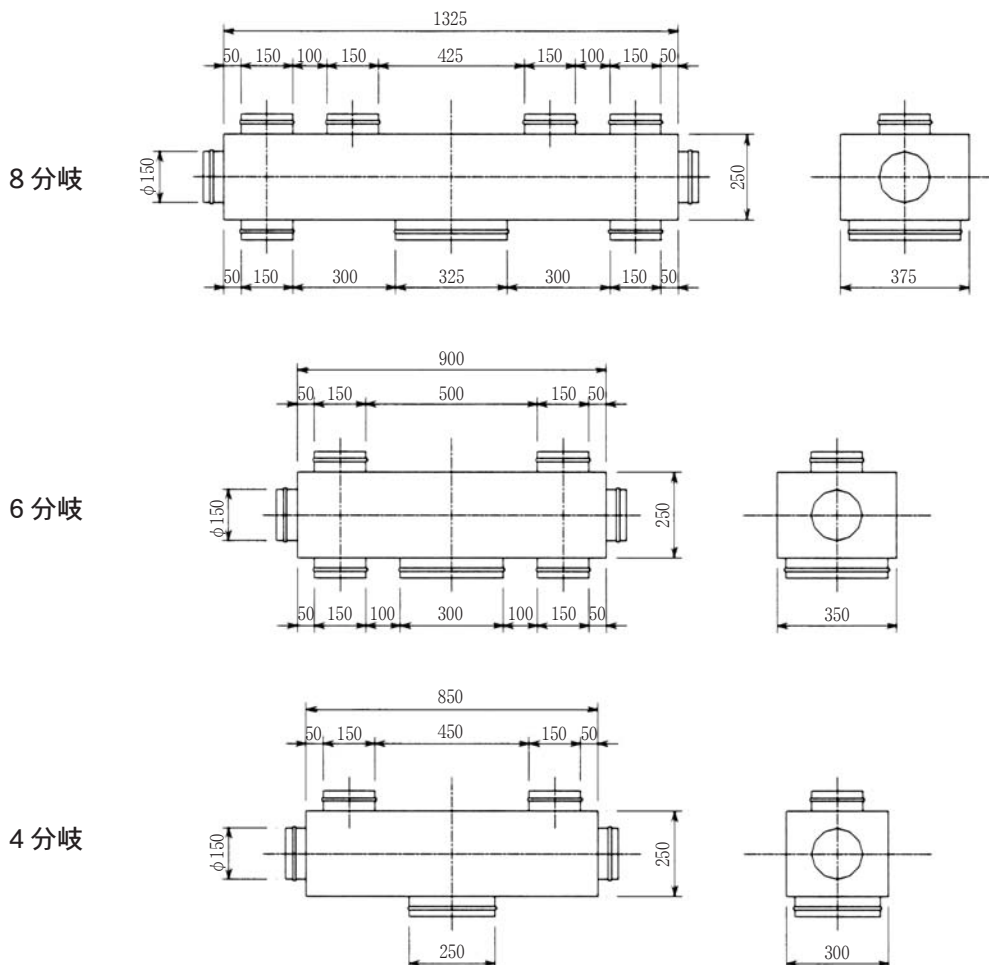


図7 試験体図
Fig. 7 Figure of test boxes

5.3 試験結果

測定した風速と推定された静圧から、各点における全圧を求め、楽ボックスの空気流入口と分岐部出口との全圧の差を求める。

求められた全圧の差と、楽ボックスの形状抵抗係数の関係は、式(1)で表される。

$$\Delta Pt = \zeta_{0-n} \frac{V_n^2}{2} \gamma \quad (1)$$

ここで、 ΔPt ：全圧差(Pa)

ζ_{0-n} ：形状抵抗係数

V_n ：各分岐部の風速(m/s) $n=1,2\cdots 8$

γ ：空気の密度(kg/m³)

この関係式から、楽ボックスの形状抵抗係数を求めると式(2)のようになり、試験結果から楽ボックスの形状抵抗係数を求め、表3に示す。

$$\zeta_{0-n} = \frac{2}{V_n^2 \cdot \gamma} \times \Delta Pt \quad (2)$$

5.4 結果検討

表3の試験結果から流入口風速と分岐部風速の比と形状抵抗係数の関係は、図8のようになり、最小二乗法に

て求めた関係式は、式(3)のようになる。

$$\zeta_{0-n} = 1.61 \times \left(\frac{V_n}{V_0} \right)^{-1.78} \quad (3)$$

ここで、 ζ_{0-n} ：形状抵抗係数

V_n ：各分岐部の風速(m/s) $n=1,2\cdots 8$

V_0 ：空気流入部の風速(m/s)

以上の結果から、横型楽ボックスの圧力損失は、分岐数にかかわらず、式(3)を用いて算出した形状抵抗係数にて、式(1)から求めることができる。

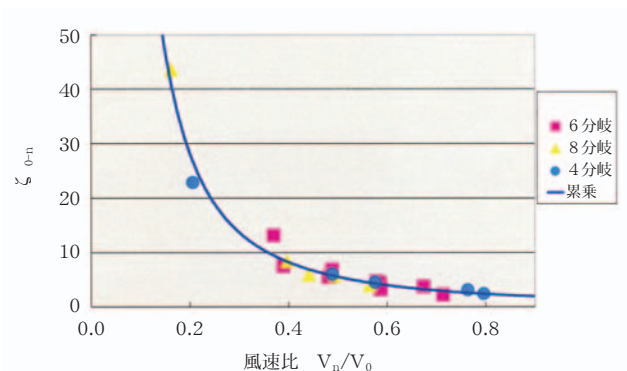


図8 風速比と形状抵抗係数の関係

Fig. 8 Wind velocity fraction – Form resistance coefficient curve

表3 圧力損失測定試験結果
Table 3 Result of pressure loss

試験体	V_0 流入口風速 m/s	V_n 分岐部風速 m/s	V_n/V_0 風速比	P_{t0} 流入口全圧 Pa	P_{tn} 分岐部全圧 Pa	ΔPt 全圧差 Pa	ζ_{0-n} 形状抵抗係数
6 分岐	8.83	4.31	0.49	95.35	18.52	76.83	6.9
	8.46	4.96	0.59	92.81	45.18	47.63	3.2
	8.36	3.09	0.37	101.23	25.68	75.56	13.2
	8.66	5.06	0.58	93.49	24.89	68.60	4.5
	6.80	4.85	0.71	66.93	35.48	31.46	2.2
	7.91	3.08	0.39	83.79	40.87	42.92	7.5
	8.59	4.96	0.58	89.87	20.68	69.19	4.7
	7.63	5.14	0.67	83.79	23.81	59.98	3.8
	6.78	3.26	0.48	55.27	20.19	35.08	5.5
8 分岐	8.81	3.50	0.40	73.70	11.76	61.94	8.4
	8.50	4.19	0.49	85.46	25.28	60.17	5.7
	7.41	1.21	0.16	60.47	22.25	38.22	43.5
	9.50	4.19	0.44	85.46	22.93	62.52	5.9
	9.07	5.12	0.56	98.29	36.06	62.23	4.0
4 分岐	7.92	4.56	0.58	76.93	21.27	55.66	4.46
	8.39	4.10	0.49	102.41	42.04	60.37	6.0
	10.36	2.14	0.21	157.98	95.26	62.72	22.8
	7.36	5.86	0.80	83.99	34.99	49.00	2.4
	8.39	6.41	0.76	117.21	40.67	76.54	3.1

6. まとめ

- 1) 横型楽ボックス(6分岐)単体の分岐部風量バランスは、従来型楽ボックスと比較して、大幅に風量バランスの取れた形状であることがわかった。
- 2) 横型楽ボックスの形状抵抗係数 ζ_{0-n} は、分岐数にかかわらず、式(3)から求めることができる。
- 3) 横型楽ボックスの圧力損失 ΔPt は、式(3)から求めた形状抵抗係数を用いて、式(1)から求めることができる。

執筆者

福田栄次

Eiji Fukuda

平成4年入社

空調・建築関連機器の開発に従事



鹿倉潤二

Junji Shikakura

平成11年入社

建築音響関係の研究・開発に従事

一級建築士

環境計量士(騒音・振動関係)

