

## ウェブ浮上搬送装置を用いた浮上特性に関する実験的検討

## Experimental Study on Static Characteristics Using Non-contact Conveyor by Air

東海大・工（学）\*下地 航 TSS（非）伊藤 賢姿郎 TSS(非)川崎 恭平 東海大・工（正）砂見 雄太

Wataru Shimoji\*, Kenshirou Itou\*\*, Kyouhei Kawasaki\*\*, Yuta Sunami\*

\*Tokai University, \*\*TANKEN SEAL SEIKO CO., LTD.

## 1. 緒言

ウェブとは紙やフィルム、金属薄膜のような柔軟かつ長尺の連続媒体のことをいい、ウェブ製品のほとんどがロール・ツー・ロール（以下、R2Rと称す）生産方式によって生産されている。R2R生産方式とは、ウェブを巻出しから加工行程を経て巻取りまで連続的に行う生産方式である。従来のR2Rのような搬送工程では、ウェブをローラの摩擦により搬送させる接触搬送が一般的である。しかしながら、接触搬送にはいくつかの問題点がある。ウェブに摩擦力や熱が加わるため、トラフや折れしわなどの不具合がウェブ表面に発生する。トラフとは波状の弾性変形であり、折れしわはトラフが成長し永久変形になった座屈である。さらに、摩擦によりスクラッチ傷や付着物による汚れが付く可能性もある。これらの問題はウェブが製品としての価値を失う原因である。これらを解決する手法として非接触搬送があり、その中でも搬送工程中の乾燥路での置き換えなど、応用の幅が考えられる空気浮上技術に着目した。空気による非接触搬送は、静圧気体軸受<sup>1)</sup>の原理を用いた空気浮上技術によりウェブを浮上、搬送させる技術である。この技術の利点は、ウェブとローラが接触しないため、トラフや折れしわ、スクラッチなどの問題を解決できることである。しかしながら、空気浮上技術を用いるための装置は確立されていないため、大橋ら<sup>2)</sup>はウェブを搬送させるエアターンバーの開発と性能評価、張力制御について取り組んだ。エアターンバーとは、扇形状の外面に複数の孔が空いており、孔を通して空気を吹き出しウェブを支持する部品である。エアターンバーの給気孔に多孔質材とスリット、孔の3種類を用いて性能評価を行なった。その結果、多孔質材のウェブ振動は他と比べ圧倒的に低いことが分かった。しかしながら、浮上量は最も低い値となっていた。浮上量が低いとウェブが振動した際に装置に触れる危険性があるため、浮上量を一定の高さで確保することが必要である。先行研究より本研究では浮上安定性に優れる多孔質材料を給気孔に用いることにした。そして、浮上量の規則性を確かめるため多孔質材料を使用したエアターンバーの浮上特性について諸条件を変化させ調査する必要がある。

したがって、本研究では多孔質材を用いたエアターンバーの浮上特性を調査することを目的とし、ウェブの浮上量と給気圧力や張力、搬送速度の比較実験を行った。

## 2. 装置および実験方法

## 2.1 実験装置

本実験では7本のエアターンバーを介してウェブを巻出しから巻取りまでの巻取り浮上搬送を行う。エアターンバーは円筒状の多孔質カーボン製のものを用いた。気孔径は $0.4\ \mu\text{m}$ である。測定ローラのウェブ幅方向をレーザ変位計により測定しウェブ浮上量を求める。Table 1に本実験での実験条件を示す。実験は給気圧と張力をコントロールした際の浮上量と給気圧力と搬送速度をコントロールした際の浮上量の2種類を測定した。

## 2.2 浮上量測定方法

本実験ではレーザ変位計を用いウェブ浮上量測定を行った。まず、ウェブの貼り付け前にエアターンバー表面を測定し零点出しおよび埃などがいないかの確認を行なった。次に、ウェブの貼り付けを行いエアターンバーによってウェブを真空吸着した面を測定し、零点出しの結果を差し引いてウェブの厚みを算出した。その後、各条件で実験を行なった際の浮上量を測定し、ウェブ厚みを差し引くことでウェブ浮上量とした。

## 2.3 実験方法

本実験では各給気圧力での張力と搬送速度をそれぞれ変化させ実験を行った。実験手順は、まずウェブを装置に貼り付けた。その後、ウェブに所定の給気圧力と張力をかけた。給気圧力と張力の比較実験はここでウェブ幅方向の浮

Table.1 Experimental conditions

Material		PET	Wrap angle	$\theta$	[°]	90	
Web thickness	$t_w$	[μm]	75	Air pressure	$P$	[MPa]	0.3, 0.4, 0.5
Web width	$W$	[mm]	320	Web tension	$T$	[N/m]	25, 50, 100
Measuring roller diameter	$D$	[mm]	100	Transport speed	$U_w$	[m/min]	10, 30, 50

上量を測定した。給気圧力と搬送速度の比較実験では給気圧力と張力の設定後、搬送速度を設定し、ウェブの巻取り途中でウェブ幅方向の浮上量を測定した。浮上量の測定位置は、エアターンバー径のピーク部分であり、変位計を幅方向にスライドさせてウェブ幅全体の浮上量を測定している。

### 3. 結果・考察

#### 3.1 給気圧力・張力の比較

本実験ではウェブ張力と給気圧力の変化によるウェブ浮上量の測定を行った。Figure 1 に測定結果を示す。同図は張力 50 N/m の結果である。Fig.2 は張力 25, 50, 100 N/m での浮上量を比較している。Fig.1 からウェブは給気圧力により弓なりの浮上形状になっていることがわかる。これは、ウェブが浮上したときの安定形状が存在し、弓なり形状がその安定形状ではないかと考えている。また、同図よりウェブの浮上形状が左右不均一であることがわかる。実験方法として最初に巻出しロールから巻取りロールまで手でウェブを貼り付けているため、その際に、ウェブ幅方向の張力の不均一ができてしまっていると考えられる。Fig.2 から張力の上昇に伴いウェブ浮上量は減少することがわかった。これは、張力の上昇に伴いウェブの給気圧力への抵抗が高まったことによってウェブ浮上量が減少したと考えられる。

#### 3.2 給気圧力・搬送速度の比較

本実験ではウェブ搬送速度と空気の給気圧力の変化によるウェブ浮上量の測定を行った。搬送速度 50m/min の結果を Fig.3 に示す。同図よりウェブに振動が起きており、浮上形状にもばらつきが見られた。振動はウェブの蛇行や装置の振動などの外乱の影響によるものだと考えられる。浮上形状のばらつきはウェブ貼り付けを手動で行なっていることにより張力のばらつきが出たためだと考えられる。Figure 4 で各搬送速度の結果を比較したものを示す。同図より、搬送速度が増加しても同じ給気圧力では浮上量はほとんど変化しないことがわかった。つまり、浮上量には搬送速度への依存性がない。このことから、浮上量を増大または低減させたいとき、搬送速度よりも供給圧力を変化させるべきだと考える。

### 4. 結言

- 本研究では、多孔質エアターンバーによる給気圧、張力、搬送速度の比較実験を行った結果以下の知見が得られた。
- ・給気圧力が高くなるほどウェブ浮上量は高くなる。
  - ・張力が高くなると浮上量は減少し、浮上形状は弓なりになる。
  - ・搬送速度が増加しても浮上量はあまり変化しないため、浮上量を調整するには張力のコントロールが効果的である。

### 文献

- 1) 矢部寛, “多孔質静圧気体軸受の性能と応用”, 潤滑, Vol. 15, No. 9 (1970), pp. 561-566.
- 2) 大橋星, 平田賢輔, 久住智勇, 石橋希遠, 長谷川敬晃 “非接触 Roll to Roll 搬送技術の開発”, IHI 技報, Vol. 57, No. 2 (2017), pp. 46-52.

