

WJ2次圧が分割繊維複合不織布の性質に及ぼす影響

—スパンレース／スパンボンド分割繊維複合不織布のバギング性についての研究—

熊田亜矢子*, 矢井田 修**, 大目木幸子***,
黒瀬 真帆****, 児嶋 幸子****

(2017年11月9日 受理)

Effects of Water-jet Secondary Pressure on Shape Stability of Composite Nonwovens by Using Dividual Fibers

Ayako KUMADA*, Osamu YAIDA**, Sachiko OMEKI***,
Maho KUROSE****, Sachiko KOJIMA****

Nonwovens are widely utilized in many industries such as in the production of household items, filters and automobiles. However, they are rarely used in clothing. In future, to expand upon the use of nonwovens, it is necessary to develop the nonwovens for clothing applications. Therefore, in this study, by forming spunlace composite nonwovens with dividual fibers and changing the laminate structure, effects of the water-jet (WJ) secondary pressure from 11 MPa to 13 MPa on the shape stability of composite nonwovens by using dividual fiber. We produced nonwovens having enhanced tensile strength while maintaining their original texture. The results of bagging tests suggested that changing the WJ secondary pressure led to improved bagging performance in a dividual fiber spunbond nonwovens. Furthermore, a high correlation was observed between the evaluated value of the bagging performance and the values of the fundamental mechanical properties measured with Kawabata evaluation system method. This correlation suggests that the bagging performance of the dividual fiber composite nonwoven can be evaluated by measuring its basic mechanical properties.

Keywords: dividual fiber 分割繊維, composite nonwovens 複合不織布, shape stability 形態安定性, bagging characteristics バギング性

1. はじめに

不織布は医療, 衛生, 土木, 農業, 自動車, 家庭用品など産業用途で多用されている。だが, 衣料用途としての使用は少なく, 芯地, 裏地, 使い捨て衣料などに用いられているに過ぎない。今後, 不織布の用途拡大のために, 衣料用途としての不織布の展開は重要な分野である。本研究では, スパンレース複合不織布を分割繊維で構成し, Water Jet (以下 WJ) 法による複合時の WJ2次圧を 11 MPa から 13 MPa にして積層構造を減らすこと

によって, 風合いはそのまま, より引張り強度の高い不織布の製造に繋がると考えた。そこで, 分割繊維複合不織布の形態安定性に関する研究 (2017)¹⁾ で使用した試料を元に WJ2次圧を変えた実験試料を試作した。WJ2次圧は分割繊維複合不織布の力学的特性に影響を及ぼす大きな要素となる²⁻⁴⁾ と推測し, バギング試験⁵⁾ を行うと共に KES 基本力学量⁶⁾ を測定し, 分割繊維複合不織布に及ぼす WJ2次圧の影響について検討した。

2. 実験

(1) 実験試料

表1は, 実験に使用した複合不織布の試料の詳細を示す。AはPETウェブに分割PP-PETスパンボンド不織布を複合し2層構造とした試料である。BはPETシー

* 広島女学院大学人間生活学部生活デザイン・建築学科准教授

** 元京都女子大学家政学部生活造形学科教授

*** 京都女子大学家政学部生活造形学科助手

**** 京都女子大学家政学部生活造形学科卒業生

表1 試料の詳細

試験名		分割繊維を用いたスパンボンド不織布とスパンレース不織布の複合不織布製造						
試料	繊維名		d	mm	配合 (%)	重量 (kg)	備考	
	A	PET ウェブ	2.0	51	100	6.0	30 g/m ²	
		スーパーアルシーマ スパンボンド不織布 (60 g/m ²)					A0505/WTC-0560 60 g/m ² PP-PET 分割繊維 SB	
		合計	6.0					
	B	PET スパンレース	2.0	51	100	6.0	25 g/m ²	
		PET ウェブ	2.0	51	100	6.0	25 g/m ²	
		スーパーアルシーマ スパンボンド不織布 (40 g/m ²)					A0405/WTC-0500 40 g/m ² PP-PET 分割繊維 SB	
	合計						12.0	
	C	分割繊維 P91スパンレース	3.0	51	100	3.0	30 g/m ²	
		分割繊維 P91ウェブ	3.0	51	100	3.0	30 g/m ²	
		PP スパンボンド不織布 (30 g/m ²)					旭化成エルタス P03030 30 g/m ² PP100%	
	合計						6.0	
製造条件	坪量	製造速度		乾燥温度	WJ メッシュ	作製数量		
	90 g/m ²	7.0 m/min		120℃	50 mesh	試料 A, B ; 35 m × 11本 試料 C ; 30 m × 6本		
	WJ	No.	WJ ノズル (mm φ × mmP)	WJ 圧力 (MPa)		備考		
		1st	0.10 × 1.0	3	複合			
					①		②	
					2nd		0.10 × 1.0	3
3rd	0.16 × 1.0	—	11	13				
操作	PET シートの作製 (WJ2連打ち)							
	A	PET ウェブ, スパンボンド不織布の複合 (WJ2連打ち) 半分は同じ WJ 条件で裏からも打つ				PET ウェブ 分割スパンボンド不織布	30 g/m ² 60 g/m ²	
	B	PET スパンレース, PET ウェブ, スパンボンド不織布の複合 (WJ2連打ち) 半分は同じ WJ 条件で裏からも打つ				PET スパンレース不織布 PET ウェブ 分割スパンボンド不織布	25 g/m ² 25 g/m ² 30 g/m ²	
	P91シートの作製 (WJ2連打ち)							
	C	P91スパンレース, P91ウェブ, スパンボンド不織布の複合 (WJ2連打ち) 半分は同じ WJ 条件で裏からも打つ				P91分割スパンレース不織布 P91分割ウェブ スパンボンド不織布	30 g/m ² 30 g/m ² 30 g/m ²	

トとPETウェブに分割PP-PETスパンボンド不織布を複合し3層構造とした試料であり、Cは分割繊維スパンレース不織布シートとウェブにPPスパンボンド不織布を複合し3層構造とした試料である。表2に複合不織布の積層構造の模式図を示す。

また、一方向から高压水流を当てて作った片面打ちの試料を試料1とし、上下から高压水流を当てて作った両面打ちの試料を試料2とした。これらの試料は、WJ2次圧を11MPaで試作した試料であるが、さらにWJ2次圧を13MPaにした試料1'および2'を試作した。

表2 複合不織布の詳細

試料番号	メッシュサイズ	WJ 圧力 (MPa)		打ち方	積層構造	備考		
		一次圧	二次圧					
A	1	50	5	11	片面	PET ウェブ 30 g/m ² 分割 PP-PET スパンボンド不織布 60 g/m ²		
	1'			13				
	2			11			両面	
	2'			13				
B	1			11	片面			PET スパンレース不織布 25 g/m ² PET ウェブ 25 g/m ² 分割 PP-PET スパンボンド不織布 40 g/m ²
	1'			13				
	2			11			両面	
	2'			13				
C	1	11	片面	P91分割スパンレース不織布 30 g/m ² P91分割ウェブ 30 g/m ² PP スパンボンド不織布 30 g/m ²				
	1'	13						
	2	11			両面			
	2'	13						

(2) 実験方法

分割繊維による複合不織布の形態安定性に関する研究(2017)と同様, Celanese 社のバギング試験装置⁵⁾を参考に試作した装置を使用して, スパンレース不織布のバギング性(2010)⁷⁾の論文と同様の手順⁵⁾でバギング実験を行った。さらに, KES 法によって得られる基本力学特性(引張り, 曲げ, 剪断, 圧縮, 表面特性)とバギング試験結果から得られた特性値との関係を調べた。

3. 結果および考察

(1) バギング試験結果

1) 瞬間残留変形値 (IG 値)

WJ2次圧を 11 MPa と 13 MPa に変えた時の最大荷重における瞬間残留変形値 (IG 値) を比較検討した。図1は両面打ちの試料 A, B, C の最大荷重 6.80 kgf での瞬間残留変形値 (IG 値) の結果を示している。このグラフより, WJ2次圧の違いに顕著な差は見られなかった。しかし, WJ2次圧を高くすることにより僅かだが変形は小さくなったと考えられる。これは, WJ2次圧を高くしたことにより, より引張り強い不織布になったためだと考えられる。また, 試料 A は 2 層構造で試料 B と試料 C は 3 層構造である。試料 C が最も IG 値が小さいが, 試料 B より試料 A の方が瞬間残留変形値 (IG 値) は小さくバギング性に優れていると考えられる。したがって, 積層数が多い程バギング性は改善されるとはいえないことが明らかになった。図2は, 片面打ちの試料 B の最大荷重を変化させた時の WJ2次圧が 11 MPa と 13 MPa での瞬間残留変形値 (IG 値) の結果を示している。グラフ

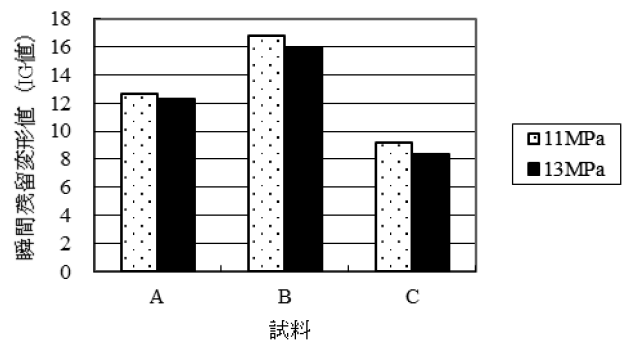


図1 両面打ちの試料 A, B, C における WJ2次圧の違いが瞬間残留変形値 (IG 値) に及ぼす影響

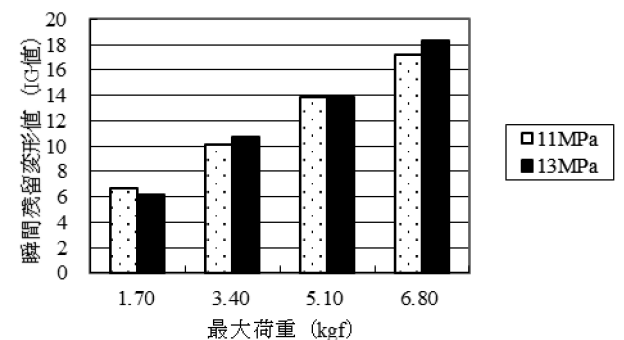


図2 片面打ちの試料 B の最大荷重における WJ2次圧の違いが瞬間残留変形値 (IG 値) に及ぼす影響

より, 最大荷重 1.70 kgf から 6.80 kgf において WJ2次圧の違いによる瞬間残留変形値 (IG 値) は, WJ2次圧が高い 13 MPa の方がやや大きい値を示す傾向にあるけれども, この程度の圧力差では顕著な差は見られなかった。したがって, 今後 WJ2次圧の値の範囲をより広げて実験を行う必要があることが示唆された。

2) 残留変形値 (ID 値)

図3は、両面打ちの試料 A, B, C の最大荷重 6.80 kgf における WJ2次圧が 11 MPa と 13 MPa での残留変形値 (ID 値) の結果を示している。この結果から、WJ2次圧の違いに顕著な差は見られなかったが、WJ2次圧を高くすることにより僅かだが残留変形値 (ID 値) は小さくなったことが分かる。また、試料Cの残留変形値 (ID 値) は最も小さいが、これは、試料Cは分割繊維スパンレースとウェブを用いており、それらのバギング性が優れているためだと考えられる。したがって、瞬間残留変形値 (IG 値) と同様に積層数が多い程バギング性は改善されるとはいえないことが明らかになった。図4は、片面打ちの試料Bの最大荷重を変化させた時のWJ2次圧が 11 MPa と 13 MPa での残留変形値 (ID 値) の結果を示している。瞬間残留変形値 (IG 値) と同様にWJ2次圧の違いが残留変形値 (ID 値) に及ぼす影響は小さいことが分かる。

3) 瞬間回復率 (IR 値)

次に図5に、両面打ちの試料 A, 試料 B, 試料 C での最大荷重 6.80 kgf における WJ2次圧が 11 MPa と 13 MPa での瞬間回復率 (IR 値) の結果を示す。今回の実験では WJ2次圧における違いはあまり見られなかった。しかし、WJ2次圧を高くすると瞬間回復率 (IR 値) は僅かだが高くなった。また、瞬間回復率 (IR 値) は試料 C, A, B の順に値は大きくなった。試料 C は試料 A, B に比べて変形が小さく瞬間回復率 (IR 値) が高いことよりバギング性に優れていると考えられる。これは、分割繊維が影響していると考えられる。試料 A, B では、僅かであるが試料 A の方が瞬間回復率 (IR 値) は高くなった。このことより、分割スパンボンド不織布の影響と、積層構造に起因していると考えられる。また、図6は片面打ちの試料BにおけるWJ2次圧が 11 MPa と 13 MPa での瞬間回復率 (IR 値) に及ぼす影響を最大荷重別に示している。この結果より、11 MPa と 13 MPa とともに最大荷重が大きくなるにしたがい徐々に瞬間回復率 (IR 値) は低下している。WJ2次圧を高くすると瞬間回復率 (IR 値) は僅かだが高くなった。瞬間回復率の低下をグラフの線形の傾きより検討すると 11 MPa ではほぼ直線を示し、13 MPa では 1.70 kgf から 3.40 kgf で傾きが急になったが、3.40 kgf 以上では傾きはほぼ一定した傾きを示した。これは、11 MPa では 1.70 kgf 以前に 13 MPa では 1.70 kgf から 3.40 kgf の間で最大荷重が限界になったためだと考えられる。したがって、WJ2次圧を高くした 13 MPa の試料の方が 11 MPa の試料よりも回復率が高いだけでなく耐えうる最大荷重の限界も大きく、伸縮性や強度も大きいと考えられる。

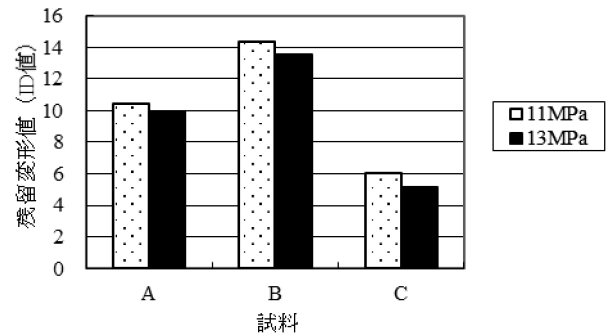


図3 両面打ちの試料 A, B, C における WJ2次圧の違いが残留変形値 (ID 値) に及ぼす影響

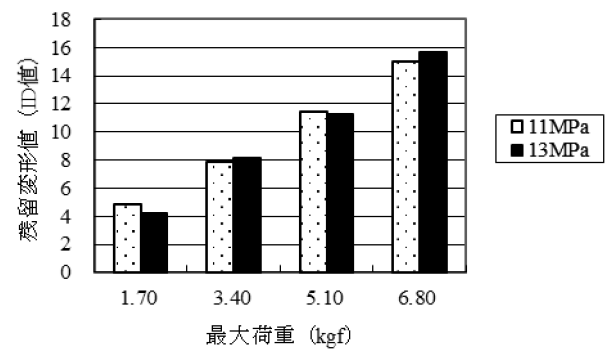


図4 片面打ちの試料Bの最大荷重における WJ2次圧の違いが残留変形値 (ID 値) に及ぼす影響

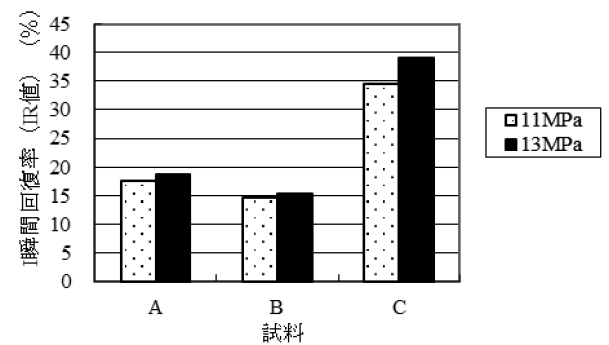


図5 両面打ちの試料 A, B, C における WJ2次圧の違いが瞬間回復率 (IR 値) に及ぼす影響

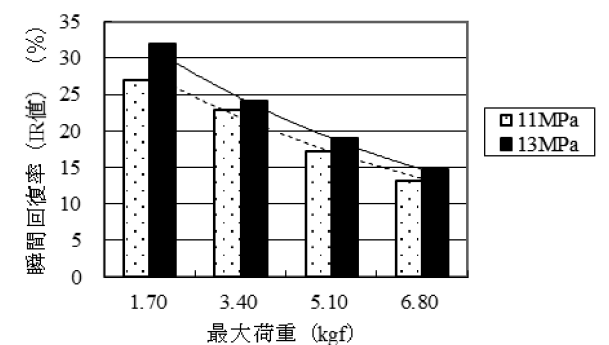


図6 片面打ちの試料Bにおける WJ2次圧の違いが瞬間回復率 (IR 値) に及ぼす影響

4) バギング高さ

図7は、バギング試験を行った直後のWJ2次圧が11MPaと13MPaでのバギング高さを示す。片面打ち両面打ちのどちらにおいても、11MPaよりも13MPaの方が僅かであるがバギング高さは低い傾向が見られた。この結果は、瞬間残留変形値(IG値)と残留変形値(ID値)の結果からも推測できるように、同様の傾向を示した。

(2) KES 基本力学特性について

1) 引張特性

図8に引張り試験における特性値である単位面積当たりの引張りエネルギー(WT値)の結果を示す。WT値は最大伸長力までの仕事量であり、一般にこの値が小さいほど布はよく伸びる場合が多い。バギング試験において、IG値、ID値は小さい順に試料C、A、Bという傾向を示したように、KES-FBシステムによる測定でも、片面打ち両面打ちともに単位面積当たりの引張りエネルギー(WT値)と伸び率(EMT値)で同じ傾向が得られた。また、バギング性の評価値IG値、ID値とKES法による引張りエネルギー(WT値)の測定値との間に高い相関が得られた。したがって、基本力学量の測定により、バギング性を評価することができることが示唆された。

2) 曲げ特性

図9に曲げの特性値である曲げヒステリシス(2HB値)を示す。この値が小さいほど、その布は曲げ変形からの回復性が良く弾力性があるといえる。したがって、グラフより、試料A、Bは試料Cよりも回復性が良く弾力のある不織布であることが分かる。これは、分割繊維スパンボンド不織布の特性が影響したものと考えられる。また、WJ2次圧の変化による違いはあまり見られなかった。

3) 剪断特性

図10に剪断の特性値である剪断角0.5度におけるヒステリシス幅(2HG5値)を示す。この値が小さいほど、布は大きな剪断変形からの回復性が良いといえる。試料Aは最も剪断変形しやすく、剪断変形からの回復性が良い。また、WJ2次圧を高くすると僅かであるが回復性が高くなる傾向が得られた。試料Bは、試料Aより僅かに剪断変形が大きく剪断変形しやすいが、WJ2次圧を高くすると回復性は低下した。このことより、分割繊維スパンボンド不織布はスパンレース不織布よりも剪断変形し難く、回復性が良いと考えられる。また、スパンレース不織布は一旦剪断変形すると繊維の変形を回復することができない。このことが要因で、試料Aよりスパンボンド不織布の混綿率が小さい試料Bは、回復性が低下したと考えられる。一方、分割繊維スパンボンド不織布では織

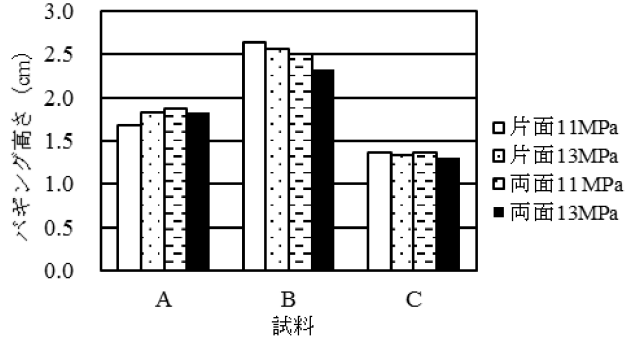


図7 試料A, B, CにおけるWJ2次圧の違いがバギング高さ(cm)に及ぼす影響

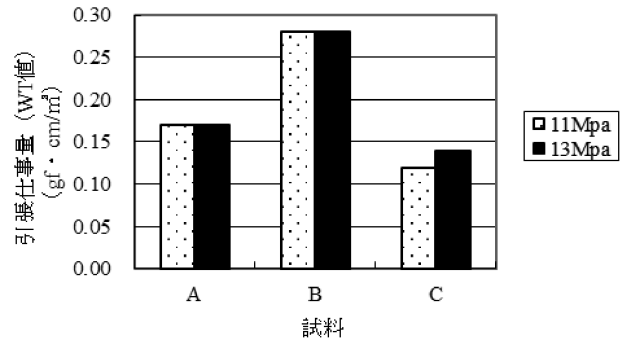


図8 両面打ち試料A, B, Cにおける単位面積当たりの引張りエネルギー(WT値)比較

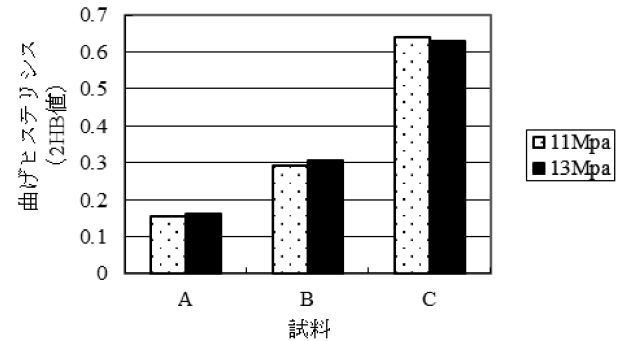


図9 両面打ち試料A, B, Cにおける曲げヒステリシス(2HB値)比較

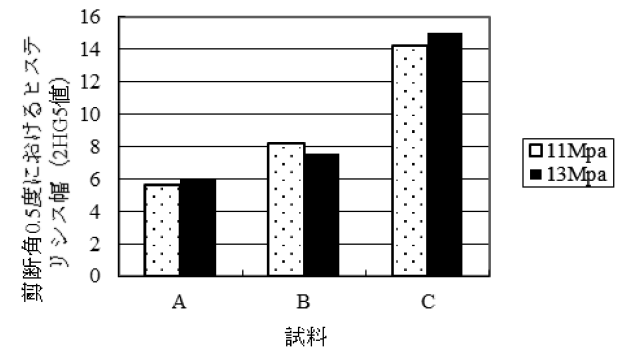


図10 両面打ち試料A, B, Cにおける剪断角0.5度におけるヒステリシス(2HG5値)比較

維が細かく分割されているため、回復性が良くなったと考えられる。

4) 圧縮特性

図11に圧縮の特性値である圧縮レジリエンス (RC 値) を示す。この値が大きいほど布は圧縮変形からの回復性が高いといえる。グラフより、試料Cが試料A, Bよりも高い値となった。これは、試料Cが分割繊維スパンレース不織布とウェブを用いていることから、圧縮変形からの回復性が高くなったと考えられる。また、WJ2次圧を高くすることにより、僅かであるが圧縮変形からの回復性は低下傾向であった。このことより、分割繊維は圧縮変形され難いが繊維がつぶれ易く、圧縮変形からの回復性が低くなると考えられる。

5) 表面特性

図12に表面特性である平均摩擦係数 (MIU 値) を示す。この値が大きいほど布はざらざらした感触となる。グラフより、試料AとBは、WJ2次圧を高くすると表面の摩擦係数も高くなり、布表面はざらざら感が増す傾向が顕著であった。その一方、試料Cでは、WJ2次圧を高くすると表面の摩擦係数は低くなり、ざらざら感は減る傾向を示した。これは、試料A, Bは分割繊維スパンレース不織布を使用しているため、圧力が高いほど布の表面に凹凸のばらつきが生じたためと考えられる。

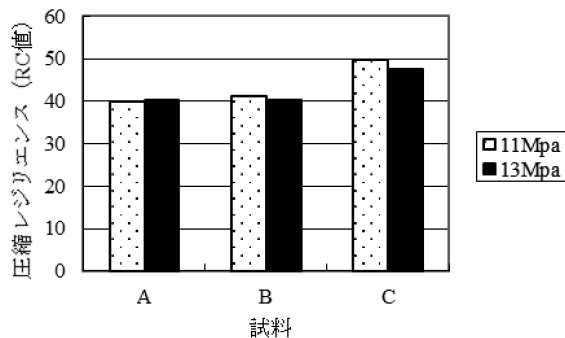


図11 両面打ち試料A, B, Cにおける圧縮レジリエンス (RC 値) 比較

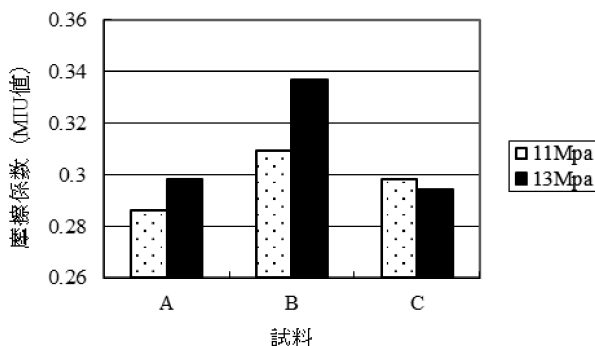


図12 両面打ち試料A, B, Cにおける表面特性 (MIU 値) 比較

4. 結論

不織布の衣服用途への適用を目指し、風合いの観点からスパンレース不織布、力学的性能の観点からスパンボンド不織布を選び複合化した⁸⁾。また、風合いを保ち強度を高くするために分割繊維を使用し、さらにWater Jet法による複合時のWJ2次圧を変化させて試料を作成した。バギング試験結果より、WJ2次圧を変えることにより瞬間回復率 (IR 値) が高くなる傾向が得られた。したがって、分割繊維スパンボンド不織布においてWJ2次圧を変化させたことによりバギング性の改善に繋がること示唆された。また、バギング性の評価値である、IG 値、ID 値と KES 法による基本力学特性である引張りエネルギー (WT 値) の測定値との間に高い相関が得られた。このことより、基本力学特性の引張りエネルギー (WT 値) の測定により分割繊維複合不織布のバギング性を評価することが可能であることが示唆された。

謝辞

本研究を行うにあたり、懇切なるご指導を賜りました元京都女子大学教授矢井田修先生、大目木幸子助手、共同研究者である京都女子大学卒業生の黒瀬真帆さん、児嶋幸子さん、また実験にご協力頂きました高知県立紙産業技術センターの皆様、カトーテック株式会社京都営業所の皆様に厚く御礼申し上げます。

引用文献

- 熊田亜矢子, 矢井田修, 藤井綾子: 分割繊維による複合不織布の形態安定性に関する研究, 広島女学院大学人間生活学部紀要, 第4号, pp. 17-24, 2017
- 矢井田修, 大目木幸子, 中村亜衣, 吉田恵子: 複合不織布の細孔構造や物理的性質に及ぼす Water Jet 二次圧の影響, 生活造形京都女子大学生生活造形学科紀要, 第52号, pp. 53-61, 2007
- 矢井田修, 大目木幸子, 熊田亜矢子: 複合不織布の性能に及ぼす構成要素の影響, 京都女子大学生生活造形学科紀要生活造形, 第50号, pp. 66-71, 2005
- 矢井田修: 不織布の構成要素による影響, 京都女子大学生生活造形学科紀要, 第40号, pp. 41-50, 1995
- 矢井田修, 河瀬静香: ニット布のバギング性の評価について, 大阪市立大学生生活科学部紀要, 第35号, pp. 65-69, 1987
- 川端季雄: 風合いの標準化と解析, 日本繊維機械学会, pp. 45-60, 1980
- 熊田亜矢子, 矢井田修: スパンレース不織布のバギング性に関する研究, 生活造形京都女子大学生生活造形学科紀要, 第56号, pp. 57-63, 2010
- 熊田亜矢子, 矢井田修: 複合化による不織布のバギング性の改善, 生活造形京都女子大学生生活造形学科紀要, 第56号, pp. 65-68, 2010