

원지특성 및 접착제 조성이 합지 물성에 미치는 영향

정양진 · 김태영[†] · 장윤진 · 윤준희 · 허용대
(2008년 9월 25일 접수:2008년 11월 26일 채택)

Effects of Base Paper Properties and the Composition of Adhesives on the Physical Properties of Multilayered Paper

Yang jin Jung, Tae young Kim[†], Yoon jin Jang, June hee Yoon and Yong-dae Heo
(Received September 25, 2008: Accepted November 26, 2008)

ABSTRACT

Generally, paper multilayering was performed before wet pressing process. However, sheets whose characteristics are different could be put together at the dry state by adhesives for the specialty paper products. In this paper, potential adhesives such as PVAc, oxidised starch, latex, and PVA were chosen and multilayering of several sheets was performed in laboratory scale. The effects of base paper properties and the composition of adhesives on the physical properties of multilayering paper were investigated. Physical properties such as bonding strength and stiffness were measured. For the practical reasons, mill trial was also executed. According to the result of laboratory tests and mill trial test, the physical properties of multilayered paper were greatly affected by the composition of adhesives and it was found that PVAc showed the best performance in all its aspects among four adhesives. Oxidised starch had an advantage of high stiffness and PVA gave high bonding strength to the multilayered paper. And it was also found that the properties of base paper showed the great influences not only on multilayering process, but also on the physical properties of the multilayered paper.

Keywords : multilayering, coherence, bonding strength, PVAc, PVA, starch, latex

1. 서론

접착은 서로 다른 물질들을 결합시키는 중요한 과정

이다. 접착의 특성 및 접착강도 등은 다양한 인자들에 의해 영향을 받는다. 예를 들어 기질(종이)의 표면과 접착제간의 접착력은 접착면적에 비례하게 된다. 이들 접

• 한국조폐공사 기술연구원 (The Technology Research Institute of KOMSCO, Gajung-dong, Yusong-gu, Daejeon, 305-713, KOREA)

† 주저자(Corresponding author):E-mail: ktaey@komsco.com

착면적은 표면 거칠기와 그 표면 불규칙성의 증가에 따라 커지게 되고, 재료들 간의 접촉각, 접착제의 젖음성, 온도, 점도 등에 의해 많은 영향을 받기도 한다.^{1,2)} 이러한 접착의 과정은 종이 제조 시 또는 제조된 종이의 후가공에도 적용된다.

일반적인 종이는 생산 시 원가절감, 생산성 향상 또는 특수한 목적을 위하여 합지를 실시하게 된다. 한 장의 고평량 종이를 초지하는 것보다 여러 장의 저평량 초지를 각각 초지하여 합지하는 것이 초지속도 및 생산성을 향상시킬 수 있기 때문에 판지와 같은 고평량의 종이를 생산하는 제지공장에서는 대부분 합지 방식을 적용하고 있다. 또한, 합지 즉 다층초지를 실시하면 물성 개선 또는 새로운 기능의 부여가 가능하다.^{3,4)}

대부분의 경우 합지는 습부 압착(wet press)을 실시하기 전에 수분이 상당히 많은 습지필(wet web)의 상태에서 일반적으로 이루어진다. 그러나 특수한 목적을 위하여 습지상태가 아닌 이미 건조가 완료된 종이를 합지하는 경우도 있다. 전자의 경우에는 수분이 많은 상태에서 합지가 이루어져 수소결합에 의해 충분한 층간 결합강도가 발현되며 층간 결합을 더욱 향상시키기 위하여 전분을 스프레이 처리하기도 한다.^{5,6)} 그러나 이미 건조가 완료된 종이를 합지하는 경우에는 전자와 같은 방법에 의해서는 결합이 되지 않기 때문에 효과적인 결합력을 부여하기 위한 추가적인 조치가 필요하다. 가장 효과적인 방법은 접착제를 적용하는 것인데, 일반적으로 폴리비닐아세테이트(PVAc) 접착제가 사용되고 있다. 전분의 경우 골판지 제조 시 가장 많이 사용되는 접착제로서 경제적이고 쉽게 구할 수 있는 장점이 있고, PVAc, 폴리아크릴레이트와 같은 합성고분자 접착제는 boxboard에 널리 사용되고 있다.⁷⁾

본 논문에서 대상으로 한 합지 제품은 1차 및 2차 합

지 과정을 통하여 최종 제품이 얻어지는 것으로 총 4장의 원지가 필요하게 된다. 제품의 효과를 최대로 발현하기 위해서는 이들 원지의 특성을 달리할 필요가 있기 때문에 원지의 특성이 최종 합지 제품에 미치는 영향을 파악할 필요가 있었다. 합지 제조에 사용되는 접착제도 최종 제품의 물성에 커다란 영향을 미치게 되는데, 합지 제조에 적용할 접착제로는 일반적으로 사용되고 있는 PVAc와 접착제로서의 적용 가능성이 있을 것으로 판단된 산화전분, 라텍스 접착제 및 PVA를 추가적으로 검토하였다.

본 논문에서는 다양한 원지와 접착제를 대상으로 실험실적 합지제조 및 합지제조 현장실험을 실시하였고, 접착제 조성 및 원지의 특성이 최종 합지제품의 물성에 어떠한 영향을 미치는지를 살펴보았다.

2. 재료 및 방법

2.1 실험재료

2.1.1 원지(base paper)

합지를 제조하기 위한 원지로는 특성이 다른 4종의 종이를 사용하였다. 각각의 특성은 Table 1과 같다. 원지 B의 내부결합강도는 본 논문에서 사용한 측정기기로는 파괴되지 않아 측정할 수 없었다. 측정될 수 있는 최대의 내부결합강도는 약 1,051 kJ/m²이기 때문에 그 이상인 것으로 추정하였다.

2.1.2 접착제

접착제는 PVAc, Latex, PVA 및 산화전분(oxidised starch)의 4종을 사용하였고 그 특성은 Table 2와 같다. 점도는 Brookfield 점도계를 사용하여 50℃, #4

Table 1. Properties of several base papers

	A	B	C	D
Grammage (g/m ²)	81	92	56	55
Thickness (μm)	73	112	99	75
Air permeability (Bendtsen, mL/min)	100	0	700	340
Smoothness (mL/min)	15	400	380	230
Cobb value (g/m ²)	35	4	8	25
Internal bond strength (kJ/m ²)	481	-	521	918

Table 2. Characteristics of adhesives

	PVAc	Latex	PVA		Starch
			F17	P05	
Solid contents (%)	40.4	49.6	10	20	30
Viscosity (cPs, 50℃)	2740	128	180	240	800

spindle, 60rpm의 조건에서 측정하였다.

2.1.3 접착보조제

보조제로는 접착력 개선을 위해 사용되는 DS 1300(aqueous emulsion of a polyester resin)과 CMC(carboxymethyl cellulose) 등을 사용하였고 주접착제에 대하여 10 내지 20%를 첨가하였다. CMC는 고형분 함량 2%로 제조하여 사용하였다.

2.2 실험방법

2.2.1 접착제의 제조

(가) PVA와 산화전분의 호화

중합도가 500 및 1700인 2종의 PVA를 사용하였으며, 10, 20 및 30%인 수용액을 제조하기 위해 해당 고형분이 되도록 준비한 후 중탕으로 95℃ 이상에서 30분간 가열하여 호화하였고 접착제 도포 시에는 50±3℃를 유지하며 합지를 제조하였다. 산화전분은 고형분 함량 25%와 30%가 되도록 준비하여 PVA와 마찬가지로 중탕방법으로 접착제를 제조하였다.

(나) PVAc와 라텍스 접착제

PVAc와 라텍스 접착제의 경우 상용화된 제품을 구입하여 추가적인 처리 없이 조성별로 적용하였다.

2.2.2 실험실적 합지 제조

바(bar) 코터를 이용하여 원지에 접착제를 도포한 후 바로 이면을 붙이고 롤 프레스를 이용하여 압착을 실시하였다. 압착 시의 압력은 2 kgf/cm²으로 하였고, 압착 압력이 미치는 영향을 파악하기 위하여 0, 2, 4 kgf/cm²으로 조건을 달리하여 압착을 실시하였다. 압착 후 실린더 건조기를 이용하여 100℃, 3 min의 조건으로 건조를 실시하여 합지를 완료하였다.

2.2.3 접착제 도포량

조습 처리된 원지와 합지 실시 전과 후의 합지 평량

을 측정하여 접착제의 도포량을 다음 식에 의하여 구하였다.

$$\text{접착제 도포량 (g/m}^2\text{)} = \text{합지후 평량 (g/m}^2\text{)} - \text{합지전 평량 (g/m}^2\text{)} \times 2$$

2.2.4 물성측정

(가) 조습처리

모든 시료는 20±1℃, 65±2%로 유지되는 항온항습실에서 24시간 이상 조습처리한 후 물성을 측정하였다.

(나) 결합강도

접착제를 도포하고 압착을 실시한 후 건조가 되기 전 내부결합강도를 측정하고 이를 초기결합력(initial bonding strength)의 값으로 정의하였다. 또한, 기질 내부로의 침투가 용이하지 않은 원지 B를 이용하여 제조한 합지의 내부결합강도 결과를 접착제의 자체 결합강도 값(adhesive strength)으로 활용하였다. 내부결합강도는 TAPPI Useful Method 584에 의거 Scott 방식의 측정기(Scott internal bond tester, Model B)를 이용하여 측정하였다.

(다) 스티프니스

TAPPI test method T489 om-92에 의거하여 Taber 방식의 측정기를 이용하여 스티프니스를 측정하였다. 휨 각도는 15°로 하였다.

(라) 인장강도

TAPPI test method T404 cm-92에 의거하여 UTM(Zwick社)을 이용하여 인장강도를 측정하였다. 이때, 측정 속도는 20 mm/min로 스펠길이는 100 mm를 기준으로 측정하였다.

2.2.5 합지 현장실험

실험실적 평가를 통하여 선정된 접착제를 대상으로 현장 합지 실험을 실시하였다. 본 현장실험에 사용된 합지기의 모식도는 Fig. 1과 같다. Fig. 1에서 보는 바와 같이 a와 b의 종이를 원지로 사용하여 접착제의 도포

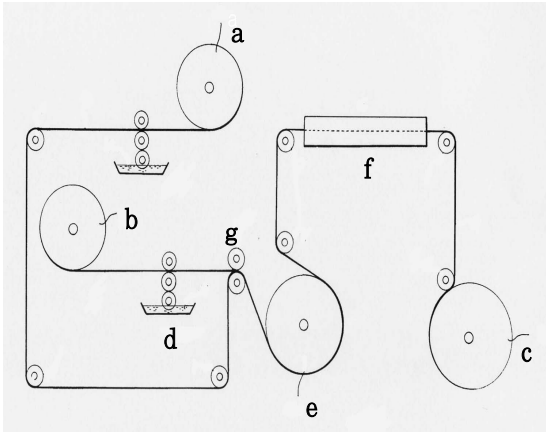


Fig. 1. Schematic diagram of paper converting machine.

(d), 압착(g) 및 건조(e, f) 등의 일련의 공정을 거쳐 최종 합지(c)를 얻게 된다. 본 논문의 현장 합지 제조에서는 Table 1의 특징을 가지는 원지 A와 원지 C를 사용하였다. 원지 A와 C를 접착하여 1차 합지를 제조하고, 1차 합지를 다시 원지의 개념으로 사용하여 2차 합지를 제조하여 최종 제품을 얻었다.

3. 결과 및 고찰

3.1 초기 결합강도(initial bonding strength)

대부분의 합지 공정에서는 접착제를 도포하고 이면을 붙인 후 충분한 건조가 이루어지기 이전에 다수의 롤을 통과하게 된다(Fig. 1 참조). 결합강도가 약한 접착제가 사용된 경우에는 종이 접착제에 의해 충분히 접착이 되지 않은 상태에서 건조 공정을 지나게 되어 접착제가 서로 떨어진 종이 표면에서 건조하는 문제가 발생할 수 있기 때문에 초기 결합강도가 중요하다.

실험실적 합지 제조과정에서 접착층이 건조되기 전에 초기 결합강도를 측정하였고 Fig. 2에 나타내었다. 접착제 종류별로 처리된 도포량 범위에 있어 차이가 났는데, 이는 고형분 함량 등 접착제 자체의 특성 차이에 기인하는 것으로 인위적으로 도포량을 유사하게 조절하지는 않았다. 동일한 접착제를 사용한 경우 도포량이 증가하면 대부분의 경우 결합강도가 낮아지는 경향을 나타내었다. 이는 접착제 도포량이 적은 경우에는 결합

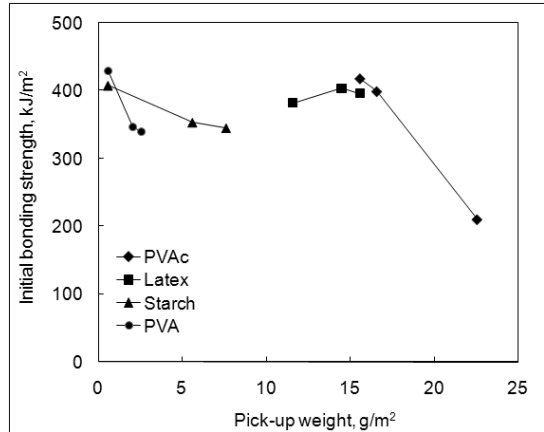


Fig. 2. Effects of adhesives and pick-up weight on initial bonding strength.

강도 측정 시 원지부위에서 파괴가 일어난 반면, 접착제 도포량이 많은 경우 원지가 아닌 접착부위에서 파괴가 일어나기 때문으로 판단되었다. 또한, Fig. 2에 따르면, 접착제의 종류에 상관없이 가장 우수한 결합강도가 약 400 kJ/m²으로 유사하게 나타났는데, 그 이유도 결합강도 측정 시 원지부위에서 파괴가 일어났기 때문으로 이해할 수 있다.

3.2 압착 압력이 합지 물성에 미치는 영향

PVAc를 접착제로 사용하여 접착제를 도포하고 이면을 붙인 후 압착공정에서의 roll press의 압력이 합지 물성에 미치는 영향을 살펴보고, 그 결과를 Table 3에 나타내었다.

압착 시의 압력이 높을수록 합지의 결합강도는 증가하는 결과를 나타내었다. 그 이유는 압착압력이 약한 경우에는 접착제가 기질 속으로 침투하여 기질과 결합하지 못하고 기질외부에 존재할 확률이 높기 때문인 것으로 판단되었다. 인장강도 측정결과 또한 압착압력이 증가할수록 인장강도와 인장탄성계수가 높아지는 경향을 나타내었다. 반면, 스티프니스에서는 반대의 경향을 나타내었는데, 이는 두께의 감소에 의한 결과인 것으로 판단된다. 이러한 측면에서 볼 때 강도적 성질과 스티프니스를 모두 고려하여 적절한 압착압력의 선정이 필요하였고, 본 논문에서는 2 kgf/cm²의 압력을 선정하였다.

Table 3. Effect of roll press pressure on physical properties of multilayered papers

Pressure (kgf/cm ²)	Pick-up weight (g/m ²)	Thickness (μm)	Bonding strength (kJ/m ²)	Tensile strength (kgf/15mm)	Elastic modulus (GPa)	Stiffness (gf · cm)
0	18.4	173	350	18.3	6.84	18.9
2	17.9	171	483	18.4	7.20	18.4
4	17.8	170	511	19.2	7.14	18.3

3.3 접착제 조성이 합지 물성에 미치는 영향

본 논문에서는 기본 특성이 다른 네 종류의 원지를 사용하였는데, 본 항에서는 특히 기질의 흡수성과 내부 결합강도가 현저히 다른 원지 A와 원지 B를 원지로 사용하였다. 각각의 원지에 대하여 접착제의 종류 및 조성을 달리하여 합지를 실시하였고, 항온항습실에서 24 시간 이상 조습처리 후 합지의 물성을 측정하여 Table 4, 5에 나타내었다.

먼저 흡수성이 높고 내부결합강도가 약한 원지 A를 사용한 합지의 물성을 보면 다음과 같다. 결합강도를 보면 몇몇의 경우 원지의 결합강도 보다 높은 경우가 있음을 알 수 있다. PVAc 접착제는 가장 널리 사용되는 것처럼 모든 면에서 우수한 결과를 보였다. 전분접착제의 경우 스티프니스는 우수한 반면, 결합강도는 낮은 결과를 보였다. 중합도가 1700인 PVA 접착제는 결합강도 측면에서는 우수하였으나, 스티프니스가 낮은 특징을 나타내었다. 높은 중합도로 인해 점도가 높은 이유로 고형분을 증가시킬 수 없어 중합도가 낮은 제품을 평가할 필요가 있었다. 또한, 결합강도가 우수한 특징을 고려하여 전분 등 다른 접착제에 첨가하여 보조제로의 활용을 검토할 필요가 있었다. 중합도가 500수준으로 낮

은 PVA-P05을 사용하여 고형분 함량을 20% 수준으로 높여 합지를 제조하고 물성을 측정한 결과, 접착제의 도포량은 늘릴 수 있었지만 결합강도는 다소 감소하는 결과를 나타내었다. Latex 접착제는 도포량에 비해 다른 접착제보다 낮은 결합강도를 나타내었고, 특별한 장점을 찾을 수 없었다.

결합강도 측정 시 가장 가혹한 조건에서도 파괴가 되지 않았던 원지 B를 사용한 합지에서는 모든 경우에 결합강도가 측정된 점으로 미루어 합지가 원지에 비하여 결합강도가 감소하는 것으로 추정할 수 있었다. 이를 뒷받침하는 현상이 결합강도 측정 시에 종이 층이 아닌 접착부위에서 파괴가 일어났다는 것이다. 따라서 여기서의 결합강도는 접착제가 가지는 고유의 결합강도로 이해할 수 있었다. 즉, 접착제 자체의 결합강도는 PVA > PVAc > starch > latex의 순으로 나타났다. 기기의 측정한계 값인 1,051 kJ/m²을 넘게 표현된 수치는 측정 시 파괴는 되었으나, 측정범위를 넘어선 것으로 눈금을 연장하여 그 값을 추정된 값을 나타낸 것이다.

PVA-P05 접착제는 결합강도에 있어 침투가 용이한 원지 A를 사용한 경우에는 PVAc 접착제를 사용한 경우와 대등하였다. 원지 B를 사용한 경우에는 PVAc보

Table 4. Physical properties of multilayered paper (base paper A)

Adhesives		Pick-up weight (g/m ²)	Bonding strength (kJ/m ²)	Tensile strength (kgf/15mm)		Stiffness (gf · cm)	
Type	Solids (%)			MD	CD	MD	CD
PVAc	40.4	15.6	494	19.0	9.5	19.2	11.4
Latex	49.6	15.6	481	18.0	8.7	19.2	10.8
PVA-F17	10	2.1	567	19.4	9.9	15.3	9.5
PVA	20	11.0	480	20.6	10.7	16.4	10.3
-P05	30	29.0	420	19.7	11.2	20.4	11.1
Starch	25	7.6	555	20.8	9.9	23.3	12.2
	30	19.6	448	19.4	10.6	18.8	8.6
Base paper		-	481	8.2	3.9	1.4	1.0

Table 5. Physical properties of multilayered paper (base paper B)

Adhesives		Pick-up weight (g/m ²)	Bonding strength (kJ/m ²)	Tensile strength (CD, kgf/15mm)	Stiffness (gf · cm)	
Type	Solids(%)				MD	CD
PVAc	40.4	20.2	약 1100	16.6	40.0	16.3
Latex	49.6	22.4	599	15.0	38.1	17.2
PVA-F17	10	3.9	약 1200	16.2	33.0	15.7
PVA-P05	20	6.6	약 1300	14.2	41.3	20.5
Starch	25	6.3	147	14.1	39.1	13.0
	30	12.2	약 1100	13.8	43.5	23.3
Base paper		-	측정불가	7.3	4.4	2.5

다 약하였는데, 이는 중합도가 낮아졌기 때문으로 판단되었다. 고형분 함량이 30%로 증가하면 점성이 높아 현장 적용 시에는 작업성이 불량할 것으로 예상되었고 결합강도는 오히려 감소하는 결과를 나타내었다.

산화전분 접착제는 기질(substrate)로의 침투가 용이하지 않은 용지(원지 B)에서는 결합강도와 인장강도가 상당히 약한 문제점을 가지고 있었다. 이러한 측면은 두 번이상의 합지를 하는 경우, 첫 번째 이후의 합지에 적용하기가 어려움을 의미하였다. 산화전분 접착제는 스티프니스에서는 유리한 점을 가지고 있었으나, 고형분을 높일 필요가 있었다.

이러한 결과로부터 결합강도 측정에서는 기질로의 침투가 용이한 용지(원지 A)를 사용한 합지에서는 원지보다 합지의 결합강도가 향상되었으나, 침투가 용이하지 않은 용지를 사용한 경우에는 합지의 결합강도가 원지의 결합강도를 능가하지 못함을 알 수 하였다. 이는 결합강도 측정 시 파괴가 접착부위에서 일어나는 현상으로 설명할 수 있었다. 이러한 측면에서 라텍스와 전분 접착제는 1차 이후의 합지 즉, 침투가 용이하지 않

은 용지에서는 사용하는 것이 바람직하지 않는 것으로 판단되었다.

3.4 보조제의 첨가가 합지 물성에 미치는 영향

앞서 조사된 각각의 접착제의 장점을 부각시키거나 단점을 보완하기 위하여 몇 가지 보조제를 첨가하여 합지를 제조하였고 그 결과를 Table 6에 나타내었다.

PVAc와 산화전분을 혼합하면, PVAc를 단독으로 사용한 경우에 비하여 스티프니스가 증가하는 등의 효과는 없이 결합강도만 감소하는 결과를 초래하였다. 즉, PVAc와 산화전분 각각의 장점이 모두 사라지는 결과가 나타났다.

산화전분 접착제에 보조제를 첨가하면, DS 1300의 경우 결합강도의 증가가 가장 컸으나 PVAc 접착제를 사용한 경우와 비교해서는 대등하거나 오히려 낮았다. 또한 DS 1300의 첨가는 전분 접착제의 특징인 스티프니스가 대등하거나 오히려 증가하는 특징을 나타내었다.

결합강도 측면에서는 기질로의 침투가 용이한 용지

Table 6. Physical properties of multilayered paper (base paper A)

Major	Adhesives*		Pick-up weight (g/m ²)	Bonding strength (kJ/m ²)	Tensile strength (kgf/15mm)		Stiffness (gf · cm)	
	Additives				MD	CD	MD	CD
	type	contents						
PVAc	-	-	17.9	483	18.3	9.4	18.3	9.6
PVAc	starch	40%	16.2	466	19.3	9.6	18.3	8.5
Starch	CMC	20%	17.8	450	19.7	10.4	18.4	8.9
Starch	DS 1300	10%	20.9	469	19.9	9.8	19.3	9.7
Starch	PVA-F17	20%	16.4	455	20.7	10.6	18.0	8.9

* 퍼센트로 표현된 수치는 주접착제(major adhesive)에 대한 해당 조성분의 비율을 의미함.

(원지 A)를 사용한 합지에서는 원지보다 합지의 결합강도가 향상되었으나, 침투가 용이하지 않은 용지(원지 B)를 사용한 합지에서는 합지의 결합강도가 원지의 결합강도를 능가하지는 못하였다.

결합강도가 우수하였던 중합도 1700 수준의 PVA 20%를 산화전분 접착제에 혼합하여 제조된 합지의 경우 산화전분만을 사용한 경우에 비하여 결합강도를 개선시키는 효과가 있었다.

3.5 원지특성이 결합강도에 미치는 영향

원지특성이 결합강도에 미치는 영향을 살펴보기 위하여 결합강도 측정 시 파괴부위 사진을 Fig. 3과 4에 나타내었다. 그 결과 기질(substrate)로의 침투가 용이하지 않은 종이를 원지로 사용하여 합지를 하는 경우에는 원지의 결합강도와 합지의 결합강도가 차이를 보이지 않았다. 반면, 기질로의 침투가 용이한 원지를 사용하는 경우에는 원지의 결합강도보다 합지의 결합강도가 다소 높아지는 경향을 나타내었다. 이때 접착력이 약한 접착제의 경우에는 결합강도 측정 시 합지의 접착부에서 파괴가 일어났다(Fig. 3). 그러나 접착력이 강한 접착제를 사용한 경우에는 접착층이 아닌 종이층에서 파괴가 일어나기 때문에 종이의 결합강도가 합지의 결합강도는 큰 차이를 나타내지 않는 것이다(Fig. 4). 이러한 현상으로부터 접착제 자체의 결합강도를 예측하고자 할 때는 침투가 용이하지 않은 종이를 사용하는 것이 바람직할 것으로 판단되었다.

원지의 결합강도가 합지의 결합강도에 미치는 영향

을 알아보기 위하여 내부결합강도가 상이한 원지 C와 D를 대상으로 동일한 합지를 실시하여 결합강도를 측정하였다. 결합강도가 약한 원지 C를 사용한 경우에는 약 530 kJ/m²로 측정된 반면, 결합강도가 높은 원지 D를 사용한 합지에서는 약 950 kJ/m²로 측정되었다. 즉, 합지의 결합강도에 있어 원지의 결합강도가 중요한 인자임을 알 수 있었다.

3.6 합지제조 현장실험

이상에서 평가되었던 접착제중 결합강도 등 제반 특성이 양호하였던 PVAc, 스티프니스에서 우수한 특징을 나타내었던 산화전분 그리고 라텍스 접착제를 대상으로 합지 제조 현장실험을 실시하였다.

먼저 원지 A와 C를 접착하여 1차 합지를 제조하고, 다시 1차 합지 두 장을 접착하여 최종 2차 합지를 제조하였다. 전분 접착제의 경우 1차 접착은 문제없이 진행되었으나 2차 합지 시에는 접착층에서 전분이 접착제의 역할을 하지 못하고 전분 단독으로 건조되는 현상으로 인해 원활한 합지가 진행되지 못하였다. 이는 앞서 접착제 구성에 따른 합지 물성에서 기질로의 접착제의 침투가 용이하지 않았던 원지 B를 이용한 합지에서 전분을 사용하였을 때 결합강도가 약했던 것과 맥락을 같이 한다고 볼 수 있다. 즉, 전분접착제는 스티프니스에서는 우수한 특성을 가지지만 본 실험과 같이 합지를 2차례에 걸쳐서 하는 경우에 있어서는 접착제로서 적합하지 않은 것으로 나타났다. PVAc나 라텍스 접착제는 합지 제조에서 큰 문제가 발생하지는 않았다. 제조된



Fig. 3. Rupture at the adhesion area.

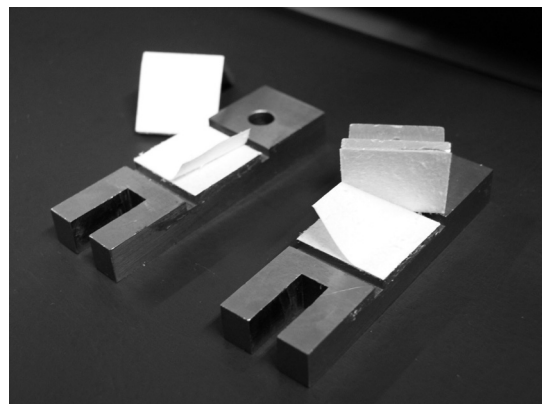


Fig. 4. Rupture at the non-adhesion area.

Table 7. Physical properties of mill trial multilayered paper

Adhesives	Pick-up weight (g/m ²)	Bonding strength (kJ/m ²)	Tensile strength (kgf/15mm)		Stiffness (gf · cm)	
			MD	CD	MD	CD
PVAc	6.2	378	38.1	22.9	81.6	36.6
Latex	3.5	281	31.6	19.0	63.2	30.1

합지의 물성은 다음과 같다.

산화전분을 적용한 합지는 완벽하게 이루어지지 않아 물성측정은 실시하지 않았다. 접착제의 도포량이 실험실적 평가에서와는 상당한 차이를 보였는데, 이는 접착제의 전이방법의 차이에 원인이 있는 것으로 판단된다. 실험실적 평가에서는 와이어가 감김 바를 사용하였기 때문에 와이어의 굵기를 조절하여 도포량을 조절할 수 있었지만, Fig. 1과 같이 구성된 기기장치를 활용한 현장 합지실험에서는 상대적으로 도포량이 적어지게 되는 것이다. 실험실적 평가에서는 PVAc와 라텍스 접착제를 사용한 경우 접착제의 도포량에서 큰 차이를 나타내지는 않았으나, 현장실험에서는 동일한 합지 조건에서 접착제의 도포량의 차이가 발생하였다. 실험실에서는 접착제 도포에 미치는 접착제 점도의 영향을 조절할 수 있었지만, 현장실험에서는 라텍스 접착제의 경우 점도가 낮아 룰에 의해서 원지로 전이되는 양이 적었던 것으로 판단되었다. 이러한 이유로 인장강도 및 스티프니스의 물성이 하락하였다. 결합강도에서도 라텍스 접착제를 사용한 경우 PVAc에 비해 낮게 나타났다.

4. 결론

지금까지 다양한 접착제의 특성을 살펴보았다. 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 압착압력이 증가할수록 결합강도는 증가하였지만 두께가 감소하여 스티프니스는 감소하였다. 즉, 필요로 하는 물성에 따라 합지 시 적절한 압력이 중요한 변수가 될 수 있었다.

2) 전반적인 작업적성은 물론 제조된 합지의 물성에 있어서도 PVAc 접착제가 가장 우수한 것으로 나타났다.

3) 결합강도 측면에서는 PVAc와 PVA가 우수한 결과를 나타내었다. 또한 합지의 결합강도 측정 시 대부

분이 접착부위가 아닌 용지 부위에서 파괴가 일어나기 때문에 합지의 결합강도 향상을 위해서는 용지의 결합강도를 향상시킬 필요가 있었다.

4) 산화전분은 스티프니스 측면에서 우수하였으나, 결합강도가 낮은 단점을 가지고 있었다. 특히 현장 합지 실험에서는 낮은 초기 결합강도로 인해 합지가 원활하게 진행되지 못하고 합지가 되지 않은 부분이 발생하여 작업적성이 더 우수한 전분의 탐색이 요구되었다.

5) PVA는 결합강도 측면에서 우수한 특성을 가지고 있었지만, 작업성과 적절한 도포량을 얻기 위해서는 중합도가 낮은 제품을 사용할 필요가 있었다.

6) Latex는 전반적으로 다른 접착제에 비해 특별히 우수한 물성을 나타내지는 못하였고, 점도가 낮아 현장 합지 실험에서 도포량이 적어 물성은 감소하였다.

위의 결론들을 요약해 보면 합지에 적합한 접착제는 작업적성, 도포량, 합지물성 등이 고려되어 선택되어야 하고, 각각의 접착제간의 장단점을 잘 파악하여 적절한 비율로 배합하여 사용한다면 단독 사용한 경우보다 우수한 특성을 가지는 합지를 제조할 수 있을 것으로 판단되었다.

인용문헌

1. Wake, W., Adhesion and the formulation of adhesives, Applied Science Publishers Ltd, London and New York (1982).
2. Brewis, D.M., and Briggs, D., Industrial Adhesion Problems, Orbital Press, Oxford, pp. 1-14 (1985).
3. Attwood, B., and Moore, G., An Introduction to the Theory and Practice of Multiply Forming, Pira international, p.1 (1995).
4. Muller, H., Advanced multi-layer and multi-ply sheet forming technology for paper, tissue and board grades, The 21st International Conference on Pulping

- and Papermaking Technology Proceedings, Korea TAPPI, p. 41 (1994).
5. 佐藤潔, 層間スプレ-用紙力劑ポリマジェットシズについて-實機評價から得た特長 と問題點-, 紙パ技協誌 49(2):104 (1995).
 - 6 류정용, 전분 혼합 분무처리에 의한 이접지의 층간 접착강도 개선, 박사학위논문, pp.48-93 (1997).
 7. Johan, G., and Paulapuro, H., Paper and Paperboard Converting, Papermaking Science and Technology, Fapet Oy, p.240 (1998).