

아파트 건설 현장에서의 벽지 주름 발생원인

원 증명

강원대학교 산림환경과학대학 제지공학과

1. 서 론

벽지의 도배는 아시아권에 국한되어 있는 독특한 문화로써 특히 한국에서는 주거 문화와 분리하여 생각할 수 없는 필수적인 요소의 하나이다. 중국에서도 아파트 문화가 확대되어 가면서 역시 벽지의 수요가 증가하고 있는 추세를 보이고 있다. 과거에는 종이에 인쇄를 하여 벽지로 사용하여 왔으나, 최근에는 실제 수요자들의 소비 성향이 고급화되어 감에 따라 보다 화려하고, 내구성이 있는 벽지를 선호하게 되었으며, 도배에 사용되는 각종 소재에도 많은 변화가 수반되었다. 그 대표적인 예로써 건설회사 및 각 시공업체에서 주로 사용하고 있는 벽지의 하나가 실크 벽지이다. 실크 벽지는 백상지 또는 중질지에 PVC를 도포한 후 인쇄 및 엠보싱 가공을 한 것으로 최근에는 VOCs 발생량을 최소화하기 위한 노력을 기울이고 있다. 초배지의 경우에도 과거에는 시멘트 벽에 먼저 폐신문지 또는 한지를 초배지로 사용하고, 그 위에 벽지를 도배하였으나, 최근에는 부직포를 초배지로 사용하고 있다. 또한 대형 건설회사에 의한 대량의 아파트 건설과 더불어 벽지의 도배도 전문 시공업체에 의하여 이루어지고 있을 뿐만 아니라 부분적으로 작업의 기계화가 이루어졌다. 이러한 추세로 말미암아 도배 환경도 과거와는 많은 변화가 생겼고, 소비자들의 취향도 매우 까다로워져 미세한 하자의 발생도 건설회사의 이미지에 큰 타격을 줄 수 있는 문제로 대두되었다.

최근 대부분의 건설회사에서 발생되고 있는 심각한 하자의 하나는 실크 벽지 도배 후 잔주름이 발생하는 것이다(Fig. 1). 각 건설회사 및 관련 협력업체에서 이 문제를 해결하기 위한 다각도의 접근 방법과 연구를 실시하였으나 근본적인 문제 해결을 하지 못한 채 서로

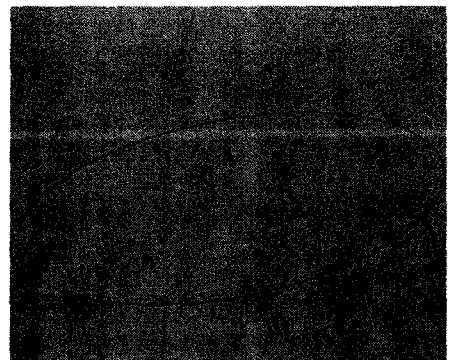


Fig. 1. An example of the defect occurred in silky wallpaper.

의 책임을 묻는 일이 반복되고 있었다. 따라서 본 연구는 이러한 문제를 해결하기 위한 대책의 일환으로 벽지 도배 시 발생하는 하자의 원인을 분석하고 이를 해결할 수 있는 방안을 강구하기 위하여 실시되었다.

2. 재료 및 방법

전술한 문제를 해결하기 위하여 벽지 제조에 사용된 소재인 원지(백상지 및 중질지), 벽지 및 풀의 특성을 조사하고, 풀칠, 도배 방법 등과 같은 시공 방법에 따른 문제 발생 가능성을 평가하기 위하여 문제가 발생했던 벽지뿐만 아니라 문제가 발생하지 않았던 벽지에 대하여 현재 각 벽지 도배 시공업체에서 사용하고 있는 풀과 유동성을 개량한 풀(엔비캠 제품)을 이용하여 도배 실험을 실시하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 원지의 특성과 하자 발생과의 관계

벽지 제조의 원료인 원지는 주원료로 펄프 섬유가 사용되며, 원지의 특성을 조절하기 위하여 충전제, 사이즈제(내면 및 표면) 및 이들의 정착을 위한 보류제가 사용된다. 백상지 제조에 사용되는 화학 펄프는 셀룰로오스와 헤미셀룰로오스로 구성되며, 이들은 물과 매우 높은 친화성을 지니고 있다. 또한 섬유 두께의 가장 많은 부분을 차지하고 있는 S2 층에서의 마이크로 휘브릴이 섬유 축에 대하여 좁은 각을 이루며 나선형으로 배열되어 있어서 섬유의 함수율이 변할 경우 섬유 축에 대하여 직각 방향에서 주로 치수 변화를 일으킨다. 만약 벽지의 원지 쪽에 풀칠을 할 경우 섬유가 팽윤되어 CD쪽에서 치수가 늘어난다. 이와 같이 팽윤된 벽지를 도배하여 건조시킬 경우 Fig. 2의 B에서 도시된 바와 같이 벽지가 벽에 고정됨으로써 종이의 수축은 억제되었으나 섬유의 수축이 일어나면서 결합된 섬유 사이는 오히려 팽팽하게 당겨진다. 결국 수분에 의하여 치수가 늘어난 종이가 수축이 억제되면서 건조가 실시될 경우 주름의 발생을 일으킬 수 있는 원인이 근본적으로 발생될 수 없음을 알 수 있다. 필기 및 인쇄용으로 사용되는 백상지(fine paper)의 경우 Fig. 3에서 보는 바와 같이 주원료인 섬유가 관찰되며, 그 사이에 충전제가 분포되어 있는 것을 확인할 수 있다. 한편 벽지 제조 원지의 경우에는 Fig. 4에서 보는 바와 같이 일반 백상지보다 표면 사이징 처리가 더 많이 이루어진 것을 확인할 수 있다. 이와 같은 처리는 종이의 휨강성(stiffness)을 증가시켜줌으로써 종이의 치수 변화를 더욱 억제시키는 효과를 나타낼 수 있다.

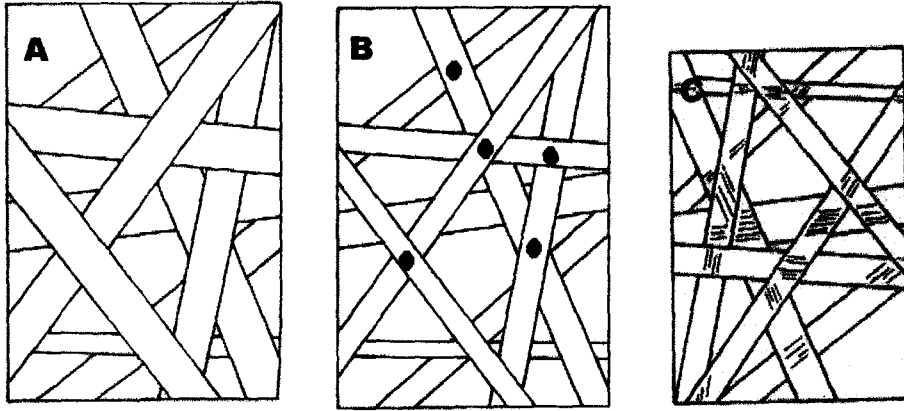


Fig. 2. Dimensional change with drying of base paper.

A) Swollen state, B) Fiber shrank with restrained drying, C) Fiber and paper shrank with free drying.

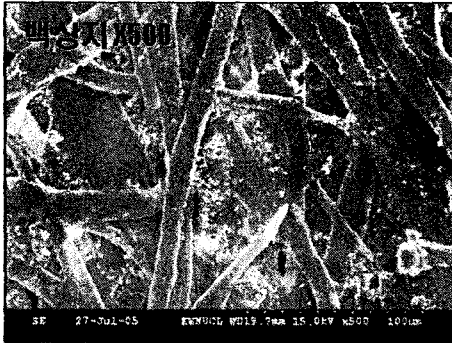


Fig. 3. SEM of fine paper surface.

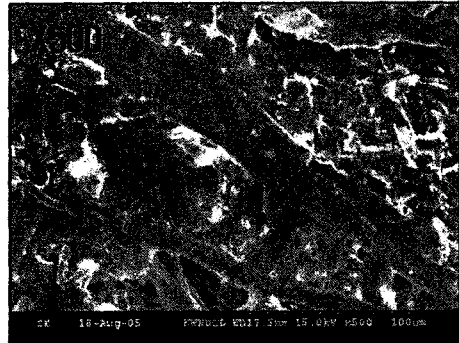


Fig. 4. SEM of base paper for silky wallpaper.

Table 1은 벽지 원지의 주요 물성을 나타낸 것이다. 원지의 물성 측정 결과에 의하면 백상지 원지의 경우 중질지에 비하여 지필도(formation)가 높게 나왔으며, 중질지의 경우 평량이 100 g/m^2 전후이었고, 백상지는 112 g/m^2 이었다. 지종에 따라 사이즈도와 휨강성이 다양하여 일정한 경향이나 문제 발생원인 여부에 대한 결론을 내리기 어려웠다.

Table 1. Physical properties of base paper

Wall paper	Base paper	Thickness (mm)	Grammage (g/m ²)	Formation index	Stiffness (gf cm)		Size Stöckigt (sec.)	Contact angle (°)	Wetting energy (mN/m)
					MD	CD			
A	Medium grade 1	0.157	104	119.6	5.7	3.3	90.89	66.29	29.27
	Medium grade 2	0.145	100	118.6	5.3	2.4	86.5	68.24	26.98
B	Medium grade 3	0.171	98	120.6	7.9	2.8	79.15	66.18	29.48
	Fine paper	0.145	112	131	5.8	3.1	109.71	82.12	9.98
C	Medium grade 4	0.169	103	117.4	6	2.8	160.7	82.39	9.63

Table 2. Physical properties of silky wallpaper

Defect	Company	Model no.	Caliper (mm)	Grammage (g/m ²)	Stiffness(gf cm)		Wetting energy (mN/m)	Contact angle(°)
					MD	CD		
Yes	A	Dp 85101	0.430	339	5.5	3.4	32.07	63.84
		80822	0.346	298	7.8	2.7	30.15	65.52
		8084-4	0.413	360	5.3	2.6	37.63	52.68
		Dp 1011	0.437	386	6.0	3.3	34.03	62.13
	B	7712-2	0.456	363	5.8	2.8	29.80	65.83
No	A	K 33812	0.284	316	7.7	2.8	28.14	67.54
		170181	0.350	366	5.4	2.5	31.31	64.51
		8083-2	0.412	305	6.8	3.4	29.40	65.71
	C	3199-1	0.391	338	5.7	3.3	32.37	63.59
		3205-12	0.358	311	5.4	2.3	25.22	70.10
		3208-1	0.373	260	6.2	3.4	26.38	68.74
B	MO 286-2	0.411	312	5.9	2.6	28.00	67.14	

3.2 벽지의 특성

벽지는 Table 2에서 보는 바와 같이 원지에 비하여 PVC 도포에 의하여 두께와 평량이 크게 증가되었으며, Table 3에서 보는 바와 같이 PVC 도포 및 인쇄는 벽지의 치수 변화에 별 영향을 미치지 않았다. 풀의 종류에 따른 변화를 비교한 결과에서 개량 풀이 기존 풀에 비하여 치수 변화를 적게 일으키는 효과가 있음을 확인하였다. 이와 같은 현상은 기존 풀의 경우 고휘분(solid)이 약 17%인 반면 개량 풀은 고휘분이 약 4.3%에 지나지 않기 때문에 균일한 풀의 도포가 가능하여 벽지 건조 시 발생하는 종이 치수 변화의 변이가 감소됨으로서 가능한 것으로 해석된다.

Table 3. Effect of PVC coating on the dimensional change of wallpaper

Adhesive	Surface treatment		Initial dimension (cm)	Expansion after adhesive application		Shrinkage after drying	
				Dimension (cm)	Stretch (%)	Dimension (cm)	Stretch (%)
Conventional	PVC coating	CD	21.1	21.15	0.24	21.09	-0.05
		MD	29.8	29.8	0.00	29.8	0.00
	PVC coating + water based ink	CD	21.22	21.25	0.14	21.19	-0.14
		MD	29.7	29.7	0.00	29.7	0.00
	PVC coating + oil based ink	CD	21.3	21.4	0.47	21.2	-0.47
		MD	29.75	29.75	0.00	29.75	0.00
Modified	PVC coating	CD	21.12	21.12	0.00	21.12	0.00
		MD	29.9	29.9	0.00	29.9	0.00
	PVC coating + water based ink	CD	21.25	21.25	0.00	21.25	0.00
		MD	29.8	29.8	0.00	29.8	0.00
	PVC coating + oil based ink	CD	21.3	21.3	0.00	21.3	0.00
		MD	29.72	29.72	0.00	29.72	0.00

3.3 풀의 특성

도배용 풀은 전분을 주성분으로 하고 있으며, Fig. 5와 같은 원리에 의하여 접착성을 나타낸다. 즉 전분은 근본적으로 물에 용해되지 않기 때문에 호화처리가 필요하며, 호화에 의하여 물과 결합하기 시작하며 그 결과 팽윤에 의하여 접착 성능을 나타내기 시작하고, 최종적으로 수분이 제거됨으로써 완전한 접착력을 얻게 된다. 문제는 수분이 제거되면서 전분 접착제를 구성하는 고형분이 수축을 일으키는데 있다. 전분의 양이 적을 때는 그 영향이 크지 않지만 고형분이 높아져 그 양이 많아지면 결합되어 있는 소재에 영향을 미치게 된다. 즉 Fig. 6은 골판지 제조 과정에서 발생하는 문제의 하나로 너무 많은 양의 전분 접착제가 도포될 경우 건조되는 동안 발생하는 전분 접착제의 수축에 의하여 라이너가 끌려옴으로써 발생하는 Washboarding 현상을 나타낸 것이다. 이와 같이 풀은 건조되는 과정에서 수축 현상을 나타내는데, 만약에 풀의 양이 그리 많지 않고 벽지가 충분히 높은 휨강성을 지닐 때는 문제를 야기하지 않으나, 풀의 양이 많은 반면 벽지의 휨강성이 충분치 못할 경우에는 주름의 형태의 결합이 나타나게 된다.

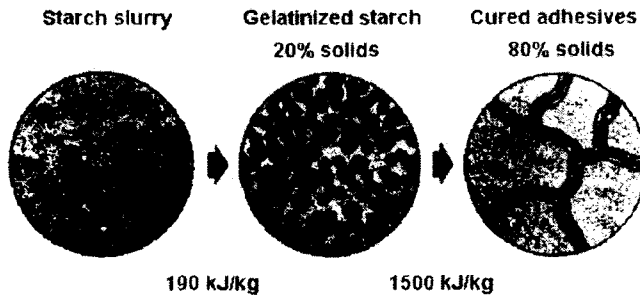


Fig. 5. Curing process of starch adhesive.¹⁾

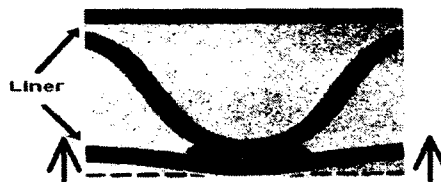


Fig. 6. Washboarding caused by the shrinkage of starch adhesive.¹⁾

3.4 도배 실험 결과

아파트 건설 현장에서 적용하고 있는 시공은 기계 풀 도포장치를 사용하여 벽지에 풀을 도포한 후 Fig. 7과 같이 비닐로 밀폐하여 1일간 방치한 후 도배하는 방법이 적용되고 있다. 이러한 시공 방법의 적용은 Fig. 8 - Fig. 11과 같이 풀이 뭉치는 현상을 초래하였다. 풀을 도포한 후 하루가 경과함에 따라 수분이 상당히 제거되어 그림에서 보는 바와 같이 뭉친 풀은 더 이상 고르게 퍼지지 않았다. 이러한 현상은 Fig. 12에서 관찰될 수 있다. A는 하자가 발생한 경우이며, B는 하자가 발생하지 않은 경우이다. 그러나 두 경우에 모두 뒷면에서 풀이 뭉쳐있는 것이 관찰되었는데, 이것은 벽지가 풀에 의하여 발생하는 수축 현상에 대하여 얼마나 견딜 수 있는지에 의하여 하자 발생의 유무가 결정됨을 알 수 있다. 따라서 만약 풀의 도포량을 줄이거나 벽지의 평량을 더 증가시킨다면 하자의 발생 가능성을 감소시키거나 방지할 수 있을 것으로 판단되었다.

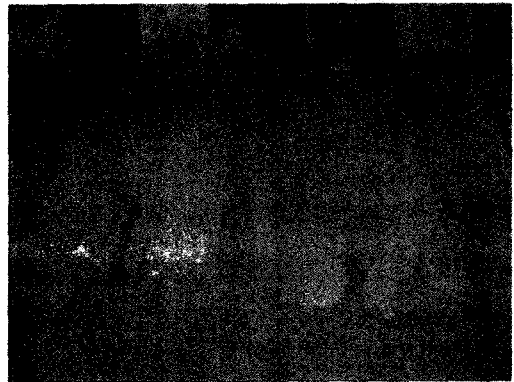


Fig. 7. Stored wallpaper for 1 day after adhesive application.

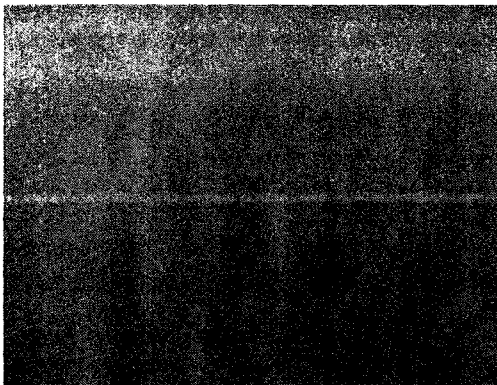


Fig. 8. An example of adhesive lump formed during storage.

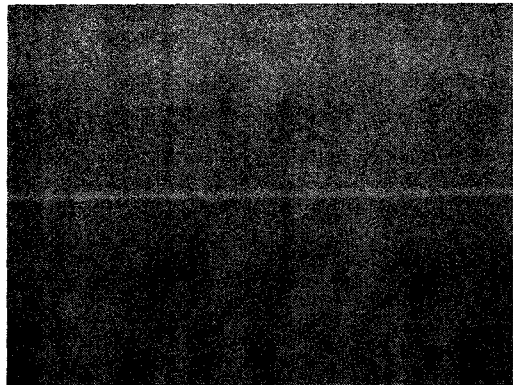


Fig. 9. An example of adhesive lump formed during storage.

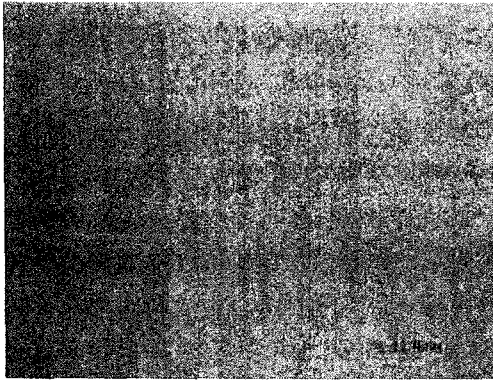


Fig. 10. An example of adhesive lump formed during storage.

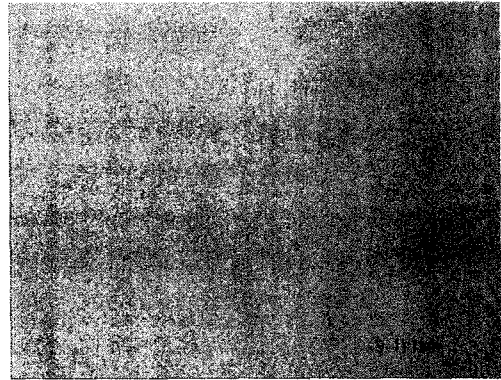


Fig. 11. An example of adhesive lump formed during storage.

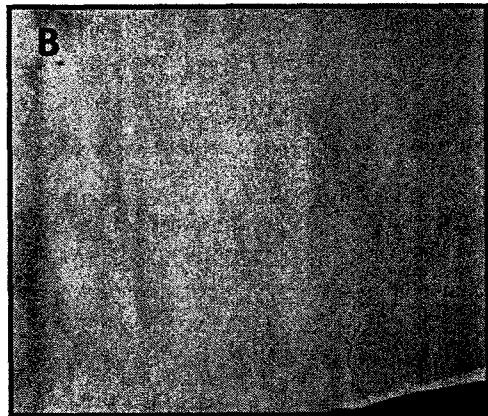
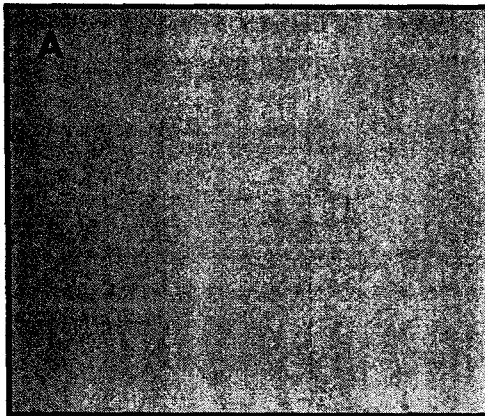


Fig. 12. Back side of silky wallpaper (A : Wrinkles are appeared on the surface, B : Wrinkles are not appeared on the surface).

Table 4. Characteristics of conventional and modified adhesives

Properties	Standard (KSF 3217)	Modified adhesive	Conventional adhesive
Bond strength (N/25mm)	> 7.85	21.14	5 -12
Fungal resistance	3	3	-
Formaldehyde emission (ppm)	Not detected	Not detected	Not detected
pH	4.0 - 8.0	6.0 - 7.5	2.0 - 3.5

상기 판단이 올바른지 검토하기 위하여 또 다른 시도의 하나로 (주)엔비켄으로부터 유동성을 개량하여 새로 개발한 풀을 제공받아 기존 풀의 대체용으로의 사용 가능성을 평가하였다. 이 개량 풀은 기존 풀에 비하여 사용 시의 고형분이 약 1/4 밖에 되지 않으면서도 보다 우수한 접착강도를 나타내었다(Table 4). 이 개량 풀을 벽지에 도포하여 기존 방법과 동일하게 말아서 1일 저장 후에도 풀이 뭉치는 현상이 관찰되지 않았으며 (Fig. 13), 하자가 발생했던 벽지에 적용한 결과 하자가 발생되지 않았다(Fig. 14).

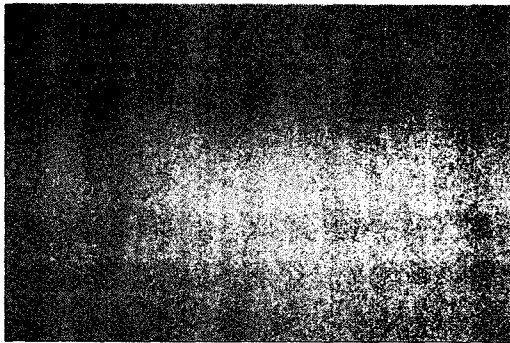


Fig. 13. An example of modified starch adhesive application.

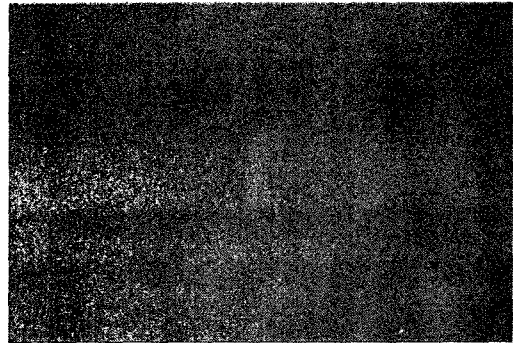


Fig. 14. Wrinkles are not observed with the application of modified starch adhesive.

4. 결 론

아파트 건설 현장에서 최근 빈번히 발생되고 있는 실크 벽지 도배 후 주름 발생 문제의 원인을 밝히고, 그 해결 방안을 강구하기 위하여 연구를 수행하였다. 벽지 원지 및 벽지는 하자의 원인으로 작용하지 않았음이 확인되었으며, 실크 벽지의 주름 발생은 풀의 불균일한 분포, 국부적인 풀의 수축 및 벽지의 변형에 대한 저항성과의 밸런스가 깨어짐으로써 발생하는 것으로 분석되었다. 이와 같은 문제를 해결하기 위한 방안으로는 1) 접착강도를 약화시키지 않는 범위 내에서 풀을 가능한 한 적게 도포하거나, 2) 풀 도포 후 저장하는 동안 풀이 뭉치지 않도록 주의해야하며, 3) 기존 풀을 고형분이 낮은 개량 전분 접착제로 대체하는 것을 검토할 수 있다.

인용문헌

1. Dodominicis, A.J. and Klein, G.H., Corrugating, Pulp and Paper : Chemistry and Chemical Technology, Third edition, Vol. 4, pp. 2384, 2388(1983).