

동적주사흡액계에 의한 도공액의 유동특성에 관한 연구

이 용 규

강원대학교 제지공학과

1. 서 론

도공액의 보수성(保水性, water retention)은 안료도공의 작업성과 도공층의 품질에 커다란 영향을 미치는 인자중의 하나이며, 도공액이 원지에 접촉될 때 액체성분이 지층(紙層)으로의 침투를 억제하는 정도를 나타내는 지표(指標)로 사용되고 있다. 보수성이 부족하게 되면 라텍스와같은 바인더는 물과 함께 지층내부로 침투하여 도공층내의 바인더의 분포가 불균일 하게되거나, 바인더의 양이 부족하게 되어 도공층의 표면강도가 저하 된다. 도공액에 전분 및 수용성폴리머를 첨가하면 점도가 상승하여 보수성이 향상되지만, 점도가 너무 올라가면 스트릭(sterak)이 발생하기 쉬워지게되어 도공속도를 올릴수 없는 문제등이 발생하게 된다. 또한, 도공액이 원지에 정착될 때에 액체의 침투와 함께 안료나 라텍스 입자가 지층위에 퇴적되어 액체의 침투를 느리게 하는 작용을 한다. 이러한 이유 때문에 도공액의 보수성은 단순히 액체의 점도만으로 결정되는 것이 아니라 실제의 도공액으로 평가해야할 필요가 있다.

도공액의 보수성을 평가하는 방법에는 도공액의 탈수량(脫水量) 그 자체를 측정하는 직접법(중량법, 삭제법, 필름박리법) 및 탈수량이외의 물성값으로 평가하는 간접법(전기전도도법, 광학적방법, 음파법)등이 있다. 이러한 방법들 중에 측정값의 의미가 확실 하고, 널리 활용되고 있는 방법으로 중량법(重量法)의 일종인 AA-GWR(Abo Academy Gravimetric Water Retention)시험기가 있다. 이 방법은 정밀 여과용 필터를 끼워 도공액과 흡수체(원지, 여과지등)를 접촉시켜, 액체를 가압(2bar, 2min이 일반적)하여 원지에 침투한 액체의 중량을 측정하는 방법이다. 그러나 이 방법은 실제의 도공공정과 다르고, 압력과 침투시간을 선정하는데 임의성이 있고, 측정에 번거로움이 있는 등의 문제점이 있어, 더욱 간편하고 정확한 평가방법이 요구되고 있는 실정이다.

따라서, 본연구에서는 단시간(短時間) 동안 종이의 액체흡수거동(液體吸收舉動)을 해석 할 수 있는 방법으로서 최근 개발된 동적주사흡액계(1,2)가 도공액의 보수성 평가에 사용 가능성이 있는지를 검토하기 위하여, 이를 위한 기초적인 실험을 수행하였다. 실제의 도공액은 안료, 바인더라텍스를 주성분으로하고, 여기에 보수성조절제로서 전분, 카르복시메틸셀룰로오스(CMC)등의 수용성폴리머, 유동성개량제등이 첨가되는데, 이번에는 바인더라텍스를 포함하지 않은 도공액을 사용하여 도공액을 구성하고 있는 제성분들이 보수성에 미치는 영향을 조사 하였다.

2. 실험방법

2.1 시험액

- (a)클레이 현탁액: 안료로서 No.1클레이 및 No.2클레이, 탄산칼슘을 사용하였다. 이들을 고속분산기로 분산시킨 다음, 최종 고형분농도가 35%, 40%, 45%인 현탁액을 제조 하였다.
- (b)카르복시메틸셀룰로오스(CMC) 수용액으로는 0.9% 수용액(점도 96cps)을 사용 하였다.
- (c)클레이 분산제: 폴리아크릴산나트륨계폴리머를 사용하여 고형분 농도 45%인 클레이 현탁액에 클레이 100part에 대하여 CMC 0.4part 및 분산제 0.3part를 첨가 하였다.
- (d)보수성조절제: 아크릴계알칼리가용성라텍스 JT27(공업품) 및 FM1(시작품)을 사용 하였다. No.1클레이 45% 현탁액에 클레이 100부에 대해 전분 3part 및 보수성조절제 0.3part를 각각 첨가 하였다.

2.2 종이 시료

평량이 다른 3종류(공장제조)의 도공원지를 사용 하였다. 평량은 42g/m², 68g/m², 93g/m²이고, 이들의 stoeckigt 사이즈도는 11-12초를 나타냈다.

2.3 동적주사흡액측정

동적주사흡액계(協和精工 KM-350 D형)을 사용하여, 시험액체를 흡액헤드로부터 흡인하여 공급하고, 배관계의 뒷부분은 물을 채운 상태로 사용 할 수 있기 때문에 평소의 조작방법에 의해 측정 할 수 있다.

3. 결과 및 고찰

3.1 도공원지가 흡수성에 미치는 영향

Fig. 1-3은 평량, 사이즈제의 첨가량 및 칼렌더처리에 따른 흡액곡선을 나타내고 있다. Fig. 1은 평량이 다른 3종류의 공장에서 제조된 도공원지의 수분 흡수특성을 나타내고 있는데, 이들 도공원지의 stoeckigt 사이즈도는 11-12초를 나타내는 약사이즈지로, 평량의 영향을 거의 받지 않는 것을 알 수 있다. 이것은 stoeckigt 사이즈도가 11-12초의 약사이즈지 정도로 되면 액체침투의 효과가 포화되기 때문에 평량의 영향을 받지 않는 것으로 판단된다. Fig. 2는 사이즈제의 첨가량을 변화시키면서 수초지의 수분 흡수성을 나타내고 있는데, 사이즈제가 첨가됨에 따라 액체의 침투가 크게 억제되고 있는 것을 알 수 있다. 또한 Fig. 3은 수초지의 칼렌더 처리의 영향을 나타내는데 칼렌더 처리를 하지 않은 경우 흡수성에 편차가 큰 것을 알 수 있다.

3.2 도공액의 구성성분이 흡수성에 미치는 영향

Fig. 4-8은 도공액 성분을 포함하고 있는 여러가지 액의 흡액곡선(吸液曲線)을 나타내고 있다. Fig. 4는 공장에서 제조된 도공원지의 물 및 0.9% CMC 수용액의 흡액곡선을 나타내고 있는데, 점도가 상승됨에 따라 액체의 침투가 억제되는것을 정량적으로 나타내고 있다. Fig. 5는 안료현탁액(클레이 2종류, 탄산칼슘 1종류, 고형분농도 45%, CMC 0.2% 첨가)에 대한 흡수곡선을 나타내고 있다. 클레이의 경우 입자가 작고, 입자의 형태가 육각판상형이기 때문에 수분이 침투하기 어려워 탄산칼슘보다 액체의 침투가 느린 것을 알 수 있다. No.1클레이와 No.2클레이의 경우는 입자경이 작은 No.1클레이가 치밀한 케이크층을 형성하여 수분의 침투속도가 느린 것을 알 수 있다. Fig. 6은 No.1 클레이의 고형분농도를 변화시킨 경우를 나타내고 있는데, 도공원지에서 수분 흡수와 비교할 경우 클레이가 첨가되면 수분의 흡수가 큰 폭으로 늦어지게 된다. 같은 3종류의 현탁액에 대한 점도 및 AA-GWR의 측정 결과를 Table 1에 나타내고 있다. 고형분농도가 높아짐에 따라 동시에 점도도 크게 상승되지만, 도공액으로부터 수분이 탈수될 경우 클레이 입자가 표면에서 케이크층을 형성 하여 액체만이 지층속으로 침투되기 때문에 탈수속도와 현탁액의 점도만으로 탈수거동을 해석 할 수가 없다. 따라서, Fig. 6은 클레이 입자가 지층위에 퇴적하여 액체의 침투를 늦추는 효과는 고형분농도에 크게 의존 하는 것을 알 수 있다.

Table 1. Effect of coating color solids on dewatering.

Solids content Properties	35%	40%	45%
Viscosity, (cps)	6.09	9.30	17.4
Dewatering, (g/m ²)	844	778	643

Fig. 7은 클레이 현탁액(클레이 100part에 대해 전분 3part 포함, 총고형분 45%)의 흡액곡선에 대한 3종류의 보수성조절제(아크릴계알칼리가용성라텍스, 클레이 100part에 대해 0.3part 첨가)의 영향을 나타내고 있다. 3종류 모두 미량의 첨가로 보수성에 현저한 영향을 미치지만 그 정도는 조절제의 종류에 따라 다르게 나타났다. 같은 도공액의 점도 및 AA-GWR시험기로 측정된 값을 Table 2에 나타내었다. 주목할만한 점은 AA-GWR시험기의 측정값은 CMC>JT27>FM1의 순서를 나타내고 있는 반면에, 동적주사흡액장치로 측정된 값은 CMC>FM1>JT27의 순서로 나타났다. 전자의 순서가 액체성분의 점도의 순서와 일치하여 타당한 것처럼 보이지만, 실제의 도공공정의 경우는 무가압, 단시간의 거동을 나타내는 동적주사흡액장치의 조건에 가까울 것으로 사료된다. 보수성조절제의 첨가 효과가 실제로 얼마만큼 있는지는 실제로 도공지를 제작하여 검토한 결과와 비교해볼 필요가 있다.

Table 2. Effect of thickener on dewatering as obtained by AA-GWR.

Properties Colors	Coating color		Supernatant phase
	Viscosity*, (cps)	Dewatering**, (g/m ²)	Viscosity, (cps)
CMC	36.5	402.1	0.72
FM1	96.7	213.2	2.04
JT27	51.5	265.1	1.50

* : 30 rpm, ** : 2 bar, 2 min

클레이 자체의 분산 정도도 보수성에 영향을 미친다. Fig. 8은 No.1클레이 100part, CMC 0.4part를 포함한 현탁액(총고형분 45%)에 대한 클레이 분산제의 첨가 영향을 나타낸다. 분산제를 첨가하면 현탁 입자가 미세화되어, 종이표면에 형성되는 케이크층이 치밀하게 되어 액체침투가 늦어지게되는 효과를 나타낸다.

4. 결론

이번에 검토한 동적주사흡액측정법이 도공액과같은 고고형분의 현탁액의 탈수거동을 평가하는데도 적용할 수 있다는 사실을 확인 하였다. 이 측정방법은 안료의 종류와 고형분농도의 영향, 보수성조절제, 안료분산제등의 첨가제가 탈수거동에 미치는 영향을 실제의 도공공정에 가까운 조건에서 정량적으로 평가 할 수 있었다. 보수성에 영향을 미치는 여러인자에 대한 영향을 검토한 결과 AA-GWR시험기로 평가한 탈수값과 거의 비슷하였는데 보수성 조절제의 효과는 다소 다른 결과를 나타냈다. AA-GWR시험기는 보수성 평가방법으로 널리 사용되고 있지만, 매 측정시 시험액을 갈아 넣어야하는 번거로움이 있을 뿐만아니라 측정시 오차가 발생할 소지가 많은 단점을 가지고 있다. 동적주사흡액측정법은 실제의 원지와 도공액을 사용하여 압력을 가하지 않은 상태에서 측정이 가능하기 때문에 금후 바인더라텍스를 첨가한 도공액을 사용하여 얻어진 도공지의 품질평가와 함께 병행하여 검토한다면 도공액의 보수성 평가방법으로서 유효한 수단이 될 것으로 사료된다.

인용문헌

- 1) S. Kuga, H. Kataoka, T. Enomae, F. Onabe, N. Yagi and O. Fukami, J. Japan Tappi, 48(5),730(1994)
- 2) H. Kataoka, S. Kuga and F. Onabe, J. Japan Tappi, 49(6),951(1995)

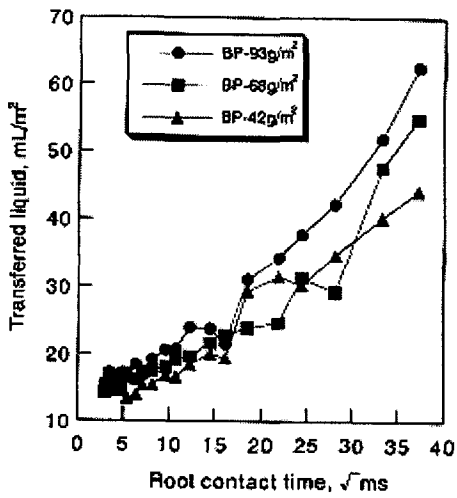


Fig. 1. Water absorption curve for three base papers with different grammage (commercial products. Stoeckigt sizing degree : 11-12 s). Grammage does not affect the absorption curve.

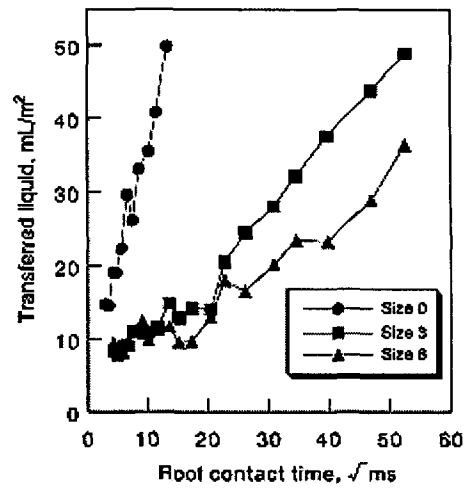


Fig. 2. Water absorption of handsheet (hardwood BKP 20% + softwood BKP 80%). Figures 0, 3, and 8 show Hercules sizing degrees.

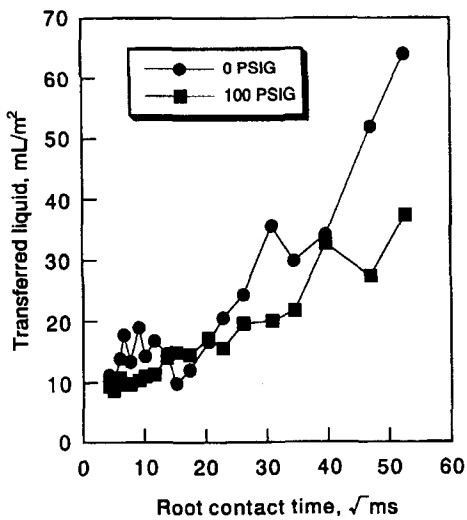


Fig. 3. Influence of calendering on water absorption of handsheet. Random fluctuation of absorption is diminished by calendering.

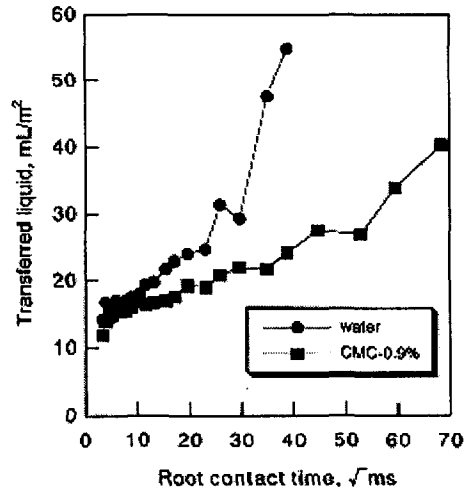


Fig. 4. Absorption curves of water and 0.9% CMC solution by a commercial base paper, showing influence of liquid viscosity on absorption.

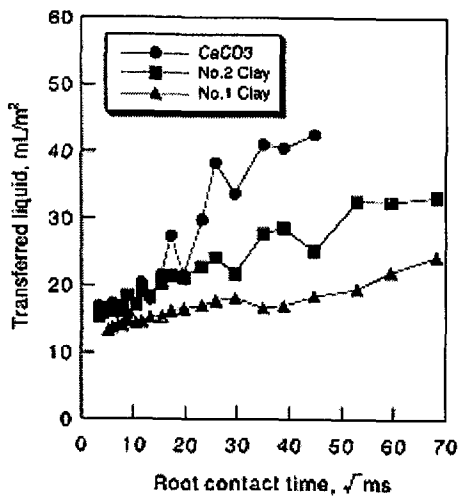


Fig. 5. Absorption of three pigment suspensions (No.1 clay, No.2 clay and calcium carbonate. 45% solid, CMC 0.2%)

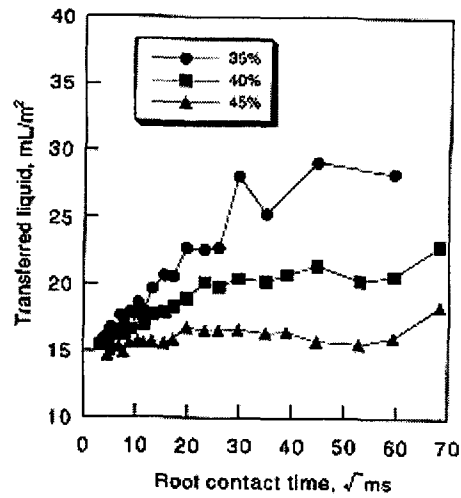


Fig. 6. Influence of solid content of No.1 clay on water absorption by a commercial base paper.

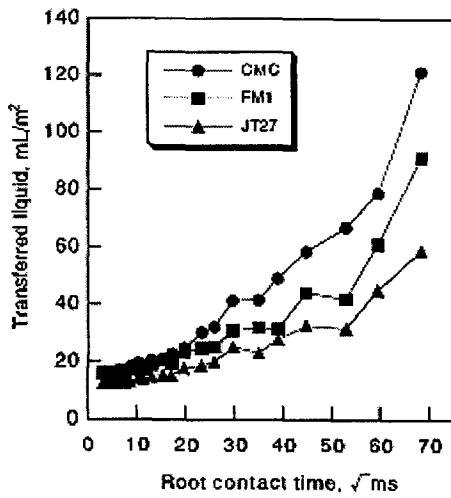


Fig. 7. Effect of thickener on water absorption from clay suspension.

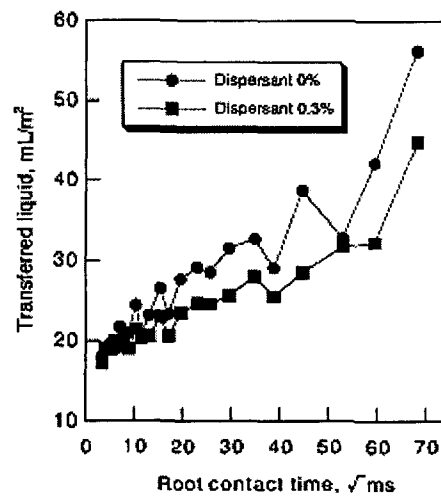


Fig. 8. Effect of clay dispersant on water absorption. Improved dispersion enhances clogging effect and decreases water absorption.