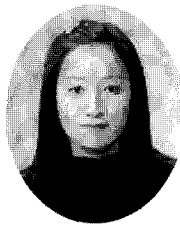
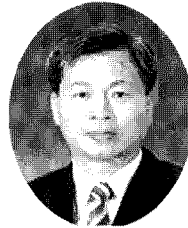


건축용 막 재료의 마찰마멸 시험

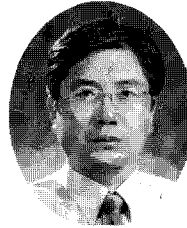
Friction and Wear Test of Architectural Membrane



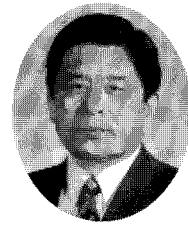
이 인*
Lee, Ihn



최 원 식**
Choi, Won-Sik



박 강 근***
Park, Kang-Geun



권 택 진****
Kwun, Taek-Jin

1. 서 론

국내에서 생산한 막재를 이용한 막 구조물은 1990년대부터 주로 사용되어 왔다. 이 막 구조물은 국내에서 제작한 직포(Base Clothes)에 실리콘 수지를 코팅하여 국내 최초의 막 재료로서 생산되었다. 그러나 이 막 재료는 수지의 코팅과정에서 많은 열을 가함으로써 직포에 손상을 가져왔고 실리콘 수지를 코팅한 원단은 표면이 끈적거리고 많은 정전기를 발생시킴으로써 먼지를 흡착하여 원단 표면을 오염시키는 등 막 재료의 많은 문제점들이 드러나고 있는 실정이다.

막재는 보다 가볍고 보다 얇으며 보다 강하게 만드는 것이 목표이며, 현재 세계 각지에서 주로 사용하는 막재의 일반적인 명칭은 직포의 표면에 코팅 되어있는 불소수지의 명칭을 붙여서 사용되어지고 있다.

그 종류로는 PVDF(Polyvinyliden Fluoride : 불화비닐리덴수지), PVF(Polyvinyl Fluoride : 불화비닐수지), PTFE(Polytetra Fluore Ethylen : 사불화에

틸렌수지) 등이 있으며, 막재에 사용되는 불소수지의 장점은 자외선의 투과를 방지하고 내구성이 좋으며 마모강도가 높고, 산이나 알칼리 등에 강하다. 또한 고온 및 저온의 영향이 적고 불에 타지 않으며 접촉제에 반응하지 않고 정전기의 발생을 억제한다. 하지만 가격이 고가이고 원단과 같이 유연성이 있는 물품에 코팅가공이 어려우며 고주파의 통과를 막기 때문에 코팅 후에도 일반적인 수지가공용 기계로 가공이 되지 않아, 별도의 가공 기계 및 기술이 필요로 하는 단점이 있다¹⁾.

그동안 건축용 막 재료의 품질성능 시험방법, 인장강도, 인열강도 등에 대한 연구²⁻⁵⁾는 많이 수행되어 왔지만 막 구조물과 막재간의 마찰 마멸시험에 대한 연구는 미비한 것이 사실이다.

본 연구에서는 현재 건축용 막 재료로 사용되고 있는 PTFE, PVF, PVDF에 대한 케이블과의 마찰 마멸시험을 통하여 막 재료에 대한 내구성을 검토하였다.

2. 시험편 및 시험방법

2.1 시험편

본 연구에 사용된 Pin-on-Disk 형태의 마모시험기

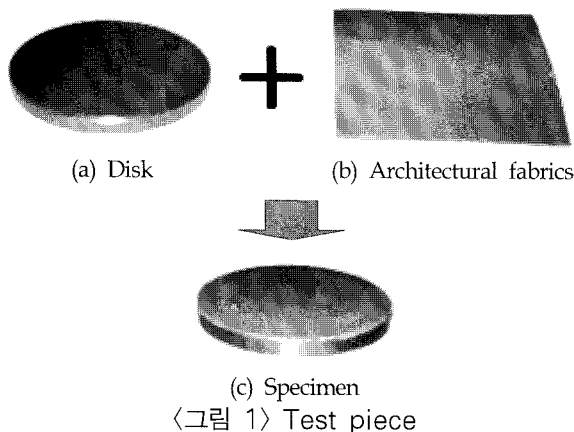
* 부산대학교 대학원 바이오산업기계공학과
** 부산대학교 바이오산업기계공학과, 교수
*** 정희원 · 부산대학교 산업건축학과, 교수
**** 정희원 · 한국공간구조학회 부설 대공간연구소, 소장

에서 사용한 시험편은 <표 1>과 같이 건축용 막 재료로 많이 사용되고 있는 것 중 5가지로 선택하여 Disk크기에 맞게 Cutting하여 Disk에 Bonding 처리하였고 표준시험편은 5mm의 두께를 갖는 Ø60의 Al₂O₃ 99.5%의 Disk와 2mm의 두께를 갖는 Ø8의 Bearing steel의 Pin으로 모든 시험편은 <그림 1>과 같이 제작하여 사용하였다.

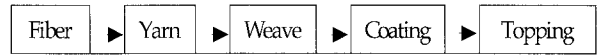
<표 1> Specimen of the architectural fabrics

Item	PTFE (A, B Type)	PVF	PVDF (A, B Type)
Support Cloth	Glass fiber	Polyester	Polyester
Coating Material	Teflon (PTFE)	PVC+ Topping	PVC+ Topping
Density/2.5cm	26×22	36×36	36×36
Weight	1,200g/m ² Min	1,200g/m ² Min	1,000g/m ² Min
Thickness	0.71mm Min	0.9mm Min	0.9mm Min
Tensile strength	300kg/3cm Min	200kg/3cm Min	200kg/3cm Min
Tearing strength	30kg Min	60kg Min	60kg Min
Elongation	11.9%	25%	25%

PTFE는 기초포의 양면에 액상의 불소수지를 침투시켜 만든 막재로 제작 회사에 따라 A, B Type으로 나누었고, PVF는 기초포의 양면에 PVC, PVF 및 Rubber 등의 수지를 일정량 도포한 후 불소필름을 접착시킨 막재이며, PVDF는 기초포의 양면에 PVC, PVA 및 Rubber 등의 수지를 일정량 도포한 후 액상의 불소수지를 수회 코팅한 막재로 제작 회사에 따라 A, B Type으로 나누어 실험하였다.



<그림 2>는 본 연구에 사용된 건축용 막재료의 생산과정을 나타내었다.

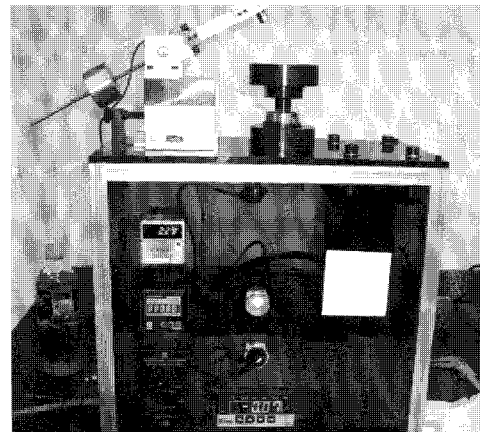


<그림 2> Manufacturing process of the architectural fabrics

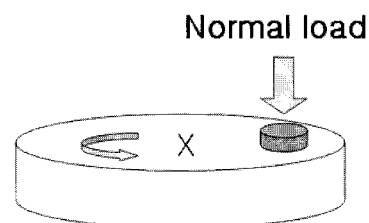
2.2 시험방법

본 실험에서는 <그림 3>과 같이 pin-on-disk 형태의 마모시험기로서 시험편에 가해지는 수직하중은 정하중(dead weight)을 사용하였다. 하중은 2~12N의 범위 내에서 2N씩 증가시켜 2N, 4N, 6N, 8N, 10N, 12N의 순서로 하였고, 속도는 0.02~0.1m/sec범위 내에서 0.02m/sec씩 증가시켜 0.02, 0.04, 0.06, 0.08, 0.1m/sec의 순서로 실험하였다.

미끄럼 마찰력은 인장압축 로드셀 에서 나오는 전압신호를 인디케이터(Indicator)를 사용하여 증폭시킨 후 아날로그/디지털 변환기로 변환시켜 컴퓨터에 입력하고 프로그램에 의하여 마찰계수를 계산하였으며, 시험 후 마멸상태를 광학현미경으로 관찰하였다.



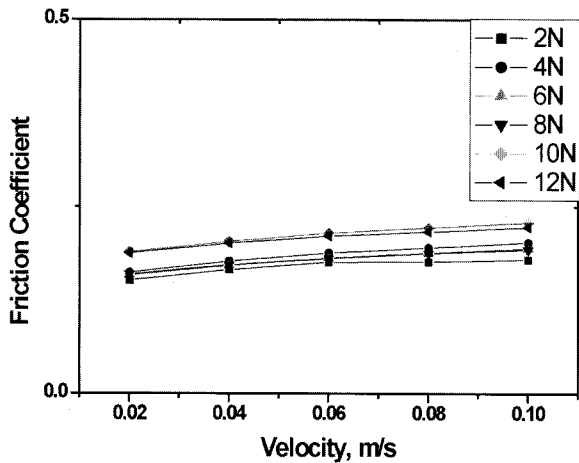
<그림 3> Rotational wear testing system



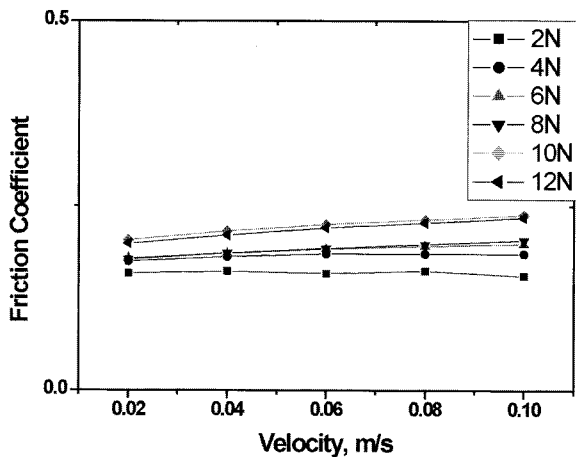
<그림 4> Schematic illustration for pin on disk

3. 실험결과 및 고찰

<그림 5~9>는 각 막재료에 있어서 하중과 속도에 따른 마찰계수를 나타낸 것으로서 속도에 따른 마찰계수는 거의 변화가 없으나 하중에 따라서는 다소 변화가 나타났다. 특히 PVF(A, B-Type)는 다른 막에 비해서 마찰계수가 높게 나타났으며, PVDF가 가장 양호한 상태를 나타내었다.

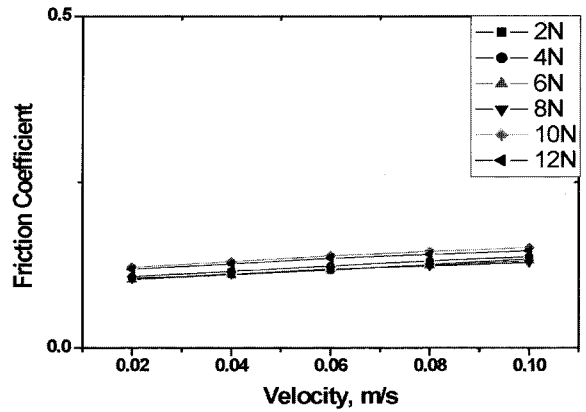


<그림 5> Friction coefficient of load as a function of velocity for PTFE(A-Type)

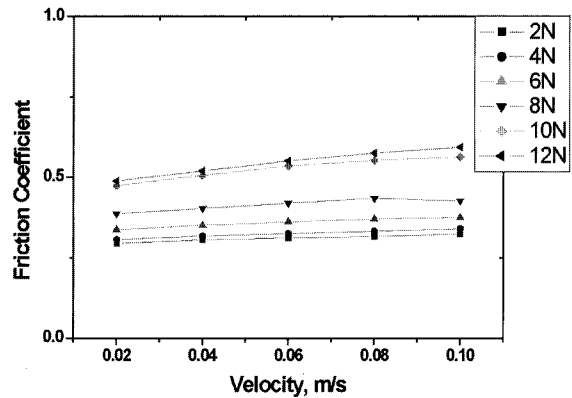


<그림 6> Friction coefficient of load as a function of velocity for PTFE(B-Type)

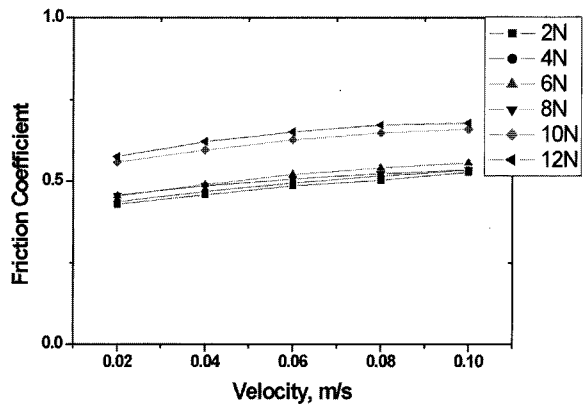
<그림 10>, <그림 11>은 하중이 제일 낮은 2N일 때와 가장 큰 12N일 때의 막재료에 따른 마찰계수를 나타낸 것으로서 2N일 때의 마찰계수는 PVF(B-Type)>PVF(A-Type)>PTFE(A-Type)>PTFE(B-Type)>PVDF 순으로 PVF의 마찰계수가 가장 높



<그림 7> Friction coefficient of load as a function of velocity for PVDF

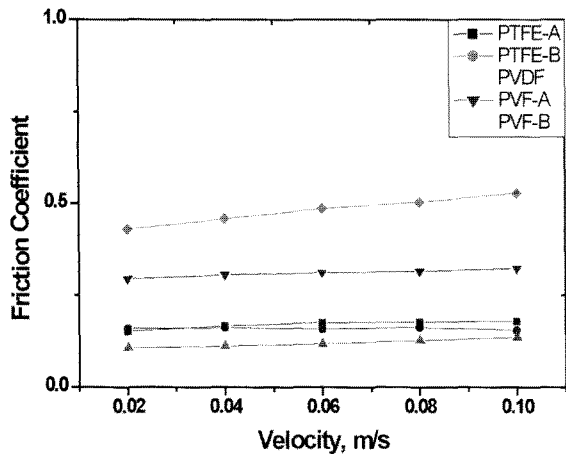


<그림 8> Friction coefficient of load as a function of velocity for PVF(A-Type)

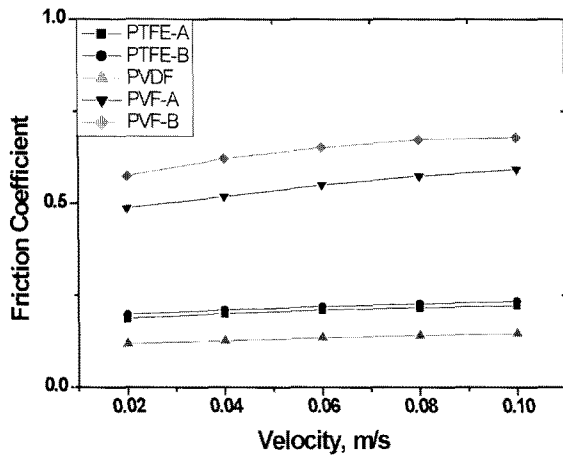


<그림 9> Friction coefficient of load as a function of velocity for PVF(B-Type)

게 나타났고, PTFE는 비교적 양호한 마찰계수 값을 나타내었으며, PVDF가 가장 낮은 마찰계수 값을 나타내었다. 12N일 때는 마찰계수가 PTFE A-B Type 사이에 근소한 차이를 보이지만, 제조회사가



〈그림 10〉 Friction coefficient of architectural fabrics as a function of velocity for 2N



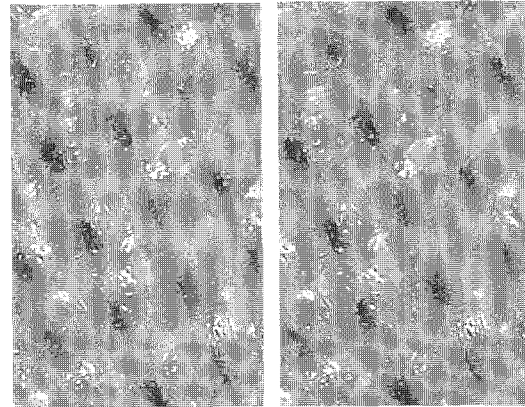
〈그림 11〉 Friction coefficient of architectural fabrics as a function of velocity for 12N

다를 뿐, 같은 소재의 제품이기 때문에 2N일 때와 비슷한 양상을 나타내고 있다.

4. 마모면의 관찰

〈그림 12~16〉은 건축용 막재료의 시험편을 실험 전과 후의 마모면을 관찰하기 위해 광학현미경으로 촬영한 사진이다. 〈그림 12~13〉은 PTFE막재로 실험 전 후의 사진을 비교해 볼 때 마모면이 눈에 띄게 큰 차이를 보이지 않았으며, 〈그림 14〉는 PVDF 막재로 마찰계수는 가장 낮게 나타났지만 마모면은 PTFE 막재보다 더 선명하게 나타났다. 또한 〈그림 15~16〉은 PVF 막재로 마찰계수도 가장 높게 나타났으며 마모면의 상태 또한 PTFE 막재나 PVDF 막

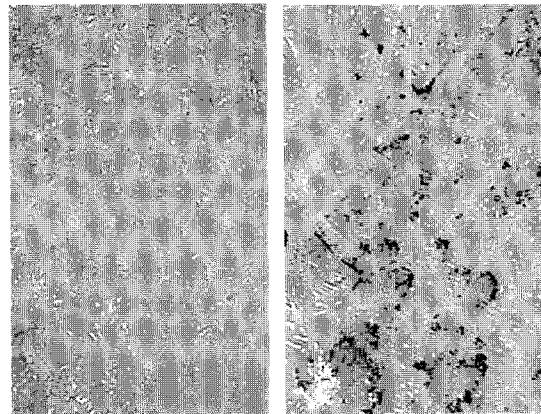
재보다 뚜렷한 마모 상태를 나타내었다.



Before×40

After×40

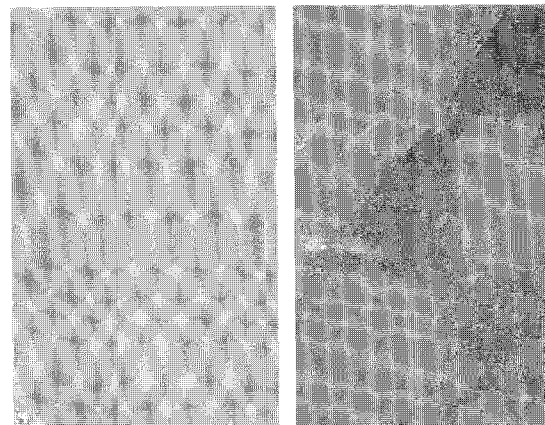
〈그림 12〉 SEM photographs of friction surface for PTFE(A-Type)



Before×40

After×40

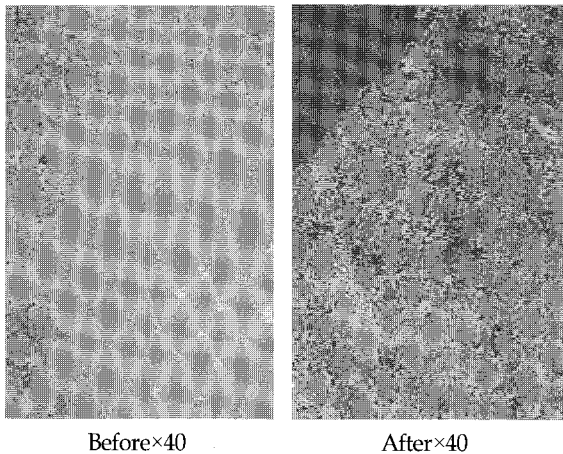
〈그림 13〉 SEM photographs of friction surface for PTFE(B-Type)



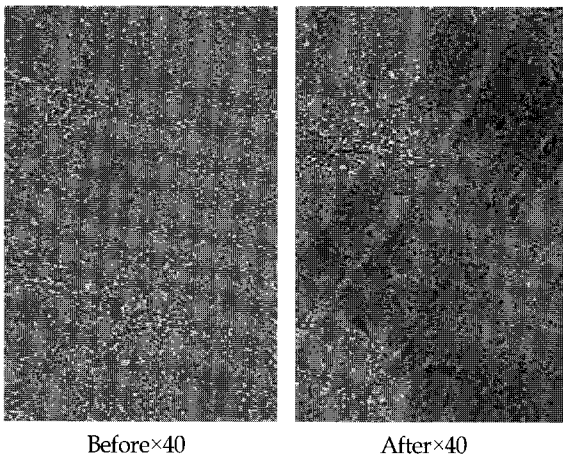
Before×40

After×40

〈그림 14〉 SEM photographs of friction surface for PVDF



〈그림 15〉 SEM photographs of friction surface for PVF(A-Type)



〈그림 16〉 SEM photographs of friction surface for PVF(B-Type)

4. 결 론

본 연구에서는 최근 가장 많이 사용되고 있는 건축용 막재료 5가지에 대한 하중과 속도의 변화에 따른 마찰계수변화를 마찰, 마멸시험기를 통하여 실험하고 그에 따른 마찰계수 값을 그래프로 나타내어 막재료별 내구성을 비교 분석하였다.

마찰, 마멸시험 결과 마찰계수는 PVF>PTFE>PVDF 순으로 PVDF가 가장 우수한 것으로 나타났으며, 하중이 증가하고 속도가 증가하면 마찰계수도 증가하는 결과가 나타났다.

마모면 상태에 있어서는 실험 전 후의 시험편을 광학현미경으로 촬영 한 결과 마찰계수 값이 가장 높게 나타났던 PVF 막재가 가장 선명한 마모 상태를 나타내었고, PVDF 막재는 가장 낮은 마찰계수를 나타냈고 마모면도 비교적 양호한 상태를 나타내었다. 또한 PTFE 막재는 PVDF 막재보다 다소 높은 마찰계수 값을 나타내었지만 마모면의 상태는 PVDF 막재보다 뚜렷하게 나타나지는 않았다.

본 실험의 결과를 종합해 볼 때 PVDF 막재가 PTFE 막재나 PVF 막재 보다 내구성이 양호하고 막재료가 철재 연결고리나 막구조물과의 마찰이 일어날 경우 PVDF 막재가 가장 내구성이 우수한 것으로 나타났다.

감사의 글

본 연구는 건설교통부 첨단도시개발사업의 연구비지원(과제번호 #06 R&D B03)에 의해서 수행되었습니다.

참고문헌

1. 박강근, "케이블 보강 막구조물의 해석 및 설계", pp.15-17, 2001. 8.
2. Technical Information on Permanent Architectural Membrane Material, Chukoh Chemical Industries, 2005.
3. 막재료의 품질성능 시험방법, 일본 막구조 협회, 2003.
4. 박강근, 이장복, 김광일, "폴리에스터 막재의 인장강도에 관한 시험", 한국공간구조공학회 국제 심포지움 및 춘계학술발표회 논문집, pp.79-84, 2007. 5.
5. 박강근, 윤성기, 한규원, "폴리에스터 막재의 인열강도에 관한 시험", 한국공간구조공학회 국제 심포지움 및 춘계학술발표회 논문집, pp.85-90, 2007. 5.