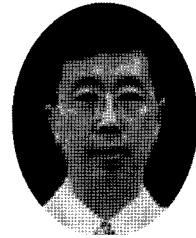


건축용 막재의 인열강도 시험

Tearing Strength Test of Architectural Membrane



박 강 근*
Park, Kang-Geun



윤 성 기**
Yun, Seong-Ki

1. 서 론

대공간 건축물이나 일반 건축 구조물의 구조용으로 사용되는 막 재료는 일반 산업현장에서 쓰이는 막 재료와 비교할 때, 기본적인 제조방법이나 조직은 비슷하지만 물리적 특성에서 많은 차이점을 발견할 수 있다. 막 재료의 내구성능의 차이는 직포의 종류와 막 면에 코팅(coating) 및 토평(toppiong)재료에 따라 다르므로 막 재료를 선택할 시에는 구조물의 사용목적, 규모, 장소 등에 따라 적절한 재료가 선택이 되어져야 한다. 건축구조물에 사용되는 대표적인 막 재료는 pvc 계열과 테프론 계열의 막 재료 양분화 되어가고 있다. 이러한 양분화 과정 중에도 상호의 장단점을 보완하는 수많은 구조용 막 재료가 개발되고 있으나 이에 관한 전문적인 지식의 전달이 원활하지 않아 초기설계에서 막 재료의 재료적 특성을 무시한 채 설계되어 예상하지 못했던 막 재료의 파손으로 경제적 손실 및 건축물의 안정성에 치명적인 요인이 되는 경우가 종종 발생하고 있다. 본 연구에서는 건축용 막 재료의 인열 강도시험을 실시하여

주국내에서 주로 사용되는 막 재료의 인열시에 찢어지는 역학적 특성을 분석 하고자 한다.

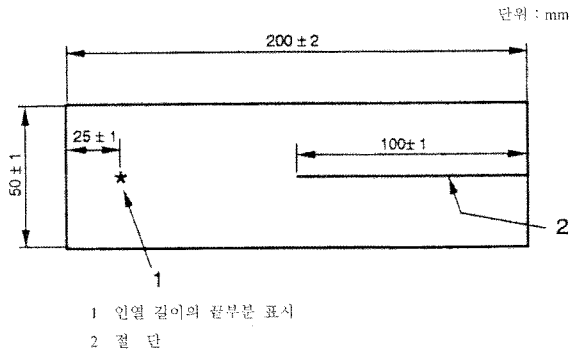
2. 막재의 인열강도 시험방법

2.1. 싱글 인열법에 의한 인열강도 시험법

싱글 인열법(Single tear method)에 의한 시험방법은 직사각형 시험편의 짧은 변의 중심을 절단하여 바지 모양으로 만들고, 그 가랑이를 기록이 가능한 인장 시험기의 클램프에 직선이 되도록 물려 직물을 인열하기 위해 절단한 방향으로 당긴다. 규정된 거리까지 인열시켜 하중을 기록한다. 인열 강도는 자동으로 기록된 궤적의 강도 피크 또는 전자적 방법에 의한 평균으로 직접 계산된다. 시료로부터 2개의 시험편을 채취한다. 1개는 경사방향, 1개는 위사 방향에서 채취해야 한다. 직물이외의 경우에는 길이 및 가로와 같은 적당한 방향 표시를 한다. 각 방향으로 최소 5개 또는 동일한 그 이상의 시험편으로 한다. 세로나 가로 방향의 실을 포함한 시험편이 있으면 안 되며 시료의 가장자리에서 150mm 이내에서 채취해서는 안 된다. 시험편은 길이 (200±2)mm, 폭 (50±1)mm 크기의 직사각형으로, 폭의 중심에서 길

* 정희원 · 부산대학교 산업건축과 교수

** 정희원 · 부산대학교 건축학부 교수

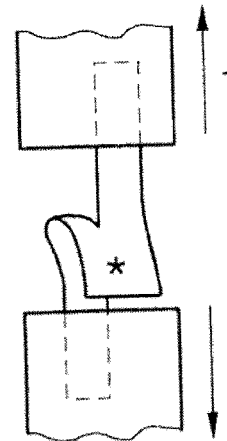


〈그림 1〉 바지모양 인열 시험체 형상

이가 (100±1)mm 되도록 길이 방향으로 자른다. 인열 시험을 끝내는 위치를 나타내기 위하여 시험편의 절단하지 않은 끝에서부터 (25±1)mm 되는 부분에 표시를 한다.

싱글 인열법은 시험편을 바지 모양 형태로 하여 직물의 인열 강도를 구하는 방법이다. 인열 강도는 시험편의 자른 부분과 평행하게 힘을 가하여 시험편이 힘을 가한 방향으로 찢어질 때 먼저 발생한 인열을 전파시키기 위해 필요한 힘이다. 이 규격은 주로 직물에 적용할 수 있다. 또한 직물에서와 같이 아래에 서술한 제한 사항을 가진 부직포와 같이, 다른 기술에 의해 생산된 직물에도 적용할 수 있다. 일반적으로 이 규격은 니트와 탄성 직물에는 적용할 수 없으며 인열이 직물의 타 방향으로 진행되는 비등방성이 큰 직물이나 영성한 조직의 직물에 대해서는 적합하지 않다. 시험편의 절단선이 조의 중앙선을 지나가도록 맞추고 각 조에 시험편의 가량이 하나씩이 물린다. 시험편의 절단되지 않은 끝부분은 자유롭게 둔다. 인열의 발생이 절단된 부분과 평행이 되도록 하며 가하는 힘의 방향으로 시험편의 각 가량이 각 조에 위치하도록 주의한다. 시험이 시작 될 때 초기 하중은 가하지 않는다.

인열강도를 기록하기 위한 장치를 작동 방법 및 시험방법은 다음과 같다. 이동 클램프를 100mm/분의 속도로 움직이게 한 후 시험편의 끝부분에 표시한 점까지 인열시킨다. 인열 강도는 뉴턴(N) 단위로 기록한다. 만약 인열의 궤적을 원한다면 기록 장치 또는 전자 장비를 사용하여 각 방향의 모든 시험편에 대해 조의 이동 거리(인열 길이)를 기록한다. 단위 길이 당 많은 수의 실을 가진 조밀한 직물에서



1 조

〈그림 2〉 싱글 인열 시험편의 파지 형태

방생된 피크의 평가를 기록된 차트를 이용하여 수동으로 계산한다며, 차트속도와 신장 속도의 비는 2:1로 설정하여야 한다. 힘이 가해지는 방향을 따라 인열이 되는지 그리고 실이 찢어지지 않고 시험편으로부터 밀리지는 않는지 관찰한다. 시험편에서 실의 밀림이 없고 힘이 가해진 방향으로 인열 되었다면, 이러한 인열은 정확하다. 이러한 조건 외의 다른 결과들은 무시하여야 한다.

2.2. 트래피조이드법에 의한 인열강도 시험법

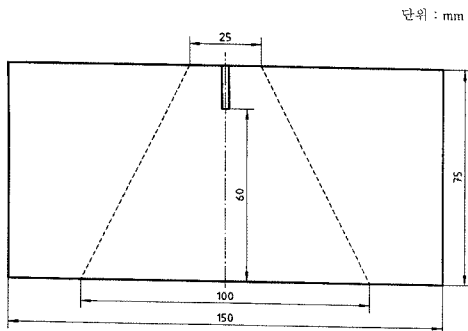
시험편 위에 트래피조이드(Trapezoid) 형태를 표시한다. 인장 시험기의 조에 트래피조이드의 평행하지 않은 면(점선 부분)을 과지한다. 인열이 폭을 가로질러 전달되도록 시험편을 연속적으로 신장시킨다. 최대 인열 강도의 평균을 뉴턴 단위로 측정한다. 75mm×150mm의 크기로 시험편을 자르고, 각 시험편에 형판 또는 적당한 방법을 사용하여 이등변 사다리꼴의 표시를 하고, 짧은 변 중앙에서 변과 직각으로 15mm를 미리 잘라 놓는다. 시험편을 시험기의 클램프 사이의 중앙에 잘려진 부분이 오도록 사다리꼴의 사선을 따라서 과지시킨다. 사다리꼴의 짧은 변이 팽팽하게 과지되고 긴 변이 접혀지도록 물린다. 시험기를 작동하여 인열이 끝날 때까지의 인열하중(N)을 자동 기록 장치로 기록한다. 만약 미리 자른 부위에서 인열이 발생되지 않으면 그 결과는 버린다. 길이 및 폭 방향으로 각각 5개 시험편에 대

해 자동 기록계 위에 표시된 피크의 평균 하중값을 측정한다. 결과적으로 기록계 위에서 각 시험편에 대해 하나의 하중 피크로 계산된다. 길이 및 폭 방향으로 각각5개 시험편에 대해 평균값 및 변동 계수를 측정한다. 클램프의 이동거리는 클램프 사이의 간격 25mm에서 시작과 함께 측정된다. 인열 저항은 시험편이 완전히 끊어질 때까지 기록되지만 결과는 오직 64mm까지 도달된 거리에 대해서만 유효하다. 이 범위를 넘어서 측정된 인열 하중은 시험편의 가장자리에 근접되어 저하되기 때문에 클램프의 이동거리 64mm 미만에서의 하중 피크만을 계산해야한다. 자동 기록계가 사용되는 곳에서는 최종결과가 평균되어 각 시험편에 대한 평균을 구할 수 있다.

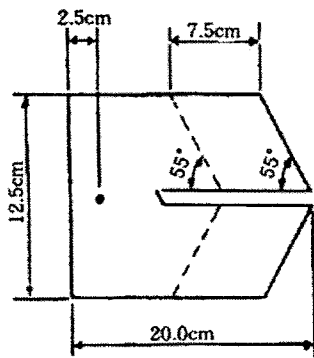
2.3. 윙링법에 의한 인열강도 시험법

윙링법(Wing rip method) 시험편은 긴 방향으로 나란하게 뾰족한 부분의 중앙으로부터 15cm를 빼어서 2개의 날개가 생기도록 하고, 7.5cm 부분에는 55°를 클

K 0863 : 2001



<그림 3> 트래비조이드 법에 의한 인열 시험체 형상

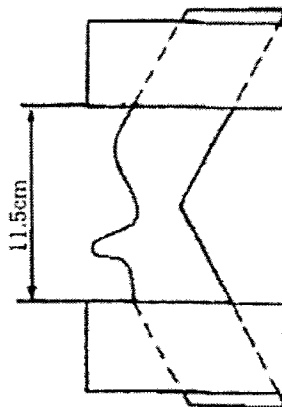


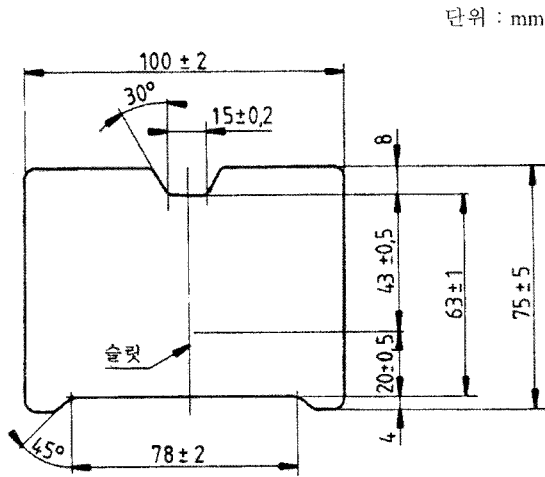
<그림 4> 윙링법에 의한 인열 시험체 형상

램프에 붙이는 부분을 표시한다. 시험편의 짧은 변으로부터 2.5cm 되는 중앙 지점에 시험 종료점을 표시한다. 조의 트기는 2.54cm×7.6cm, 물리는 거리는 11.5cm로 하고 인장 속도는 10±1cm/min으로 하여 시험 종료점까지 인열되게 한 후 5개의 가장 높은 피크(첫 피크는 제외)의 하중을 읽어서 평균값을 구한다.

2.4. 펜듈럼 법에 의한 인열강도 시험법

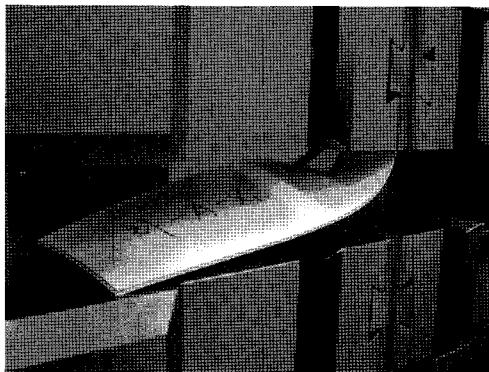
펜듈럼법(Pendulum method)은 절단형 판을 사용하여 시험편을 만들고 B법은 100±2mm×63±1mm로 시험편을 자른다. 시험편 수평 조절 나사로 시험장치를 맞추고 시험 장치의 최대용량 20~80% 사이에서 인열 되도록 시험편의 종류에 따라 시험장치의 용량을 선택한다. 펜듈럼을 시험기의 가동점까지 올려 지침을 지침 멈추기에 맞춘 후 양 클램프에 클램프 윗면이 시험편의 긴 변과 평행되게 시험편을 물리고 펜듈럼 하강에 의하여 시험편이 완전히 찢어질 때까지의 인열 강도를 눈금으로 읽는다. 제품 단위의 인열 강도는 측정된 결과의 평균값으로 하며, 경위사 인열 강도는 최소한 5개씩의 시험편에 대한 측정 결과의 평균값을 소수점 이하 1자리까지 표시한다. 파지장치 사이의 간격이 2.8±0.4mm 인지 점검하고, 펜듈럼이 초기 위치에 있을 때 파지장치가 일직선인지 점검한다. 인열길이는 43.0±0.5mm 이어야 한다. 펜듈럼 파지 장치를 잠금으로써 펜듈럼이 수직으로 걸리고 펜듈럼상의 표시 기호와 기본 판이 일치하기 위해 수평 조절 나사로 시험 장치를 조정한다. 멈춤 장치를 눌러 펜듈럼을 가볍게 옮





〈그림 5〉 펜듈럼 법에 의한 인열 시험체 형상

겨 놓는다. 정지시킨 후에 표시 기호를 일치시킨다. 수평조절 후에 아무것도 없는 파지 장치를 가지고 여러 번 작동하고, 눈금 지침 저항이 영(zero)인지 아닌지를 확인하기 위해 잠근다. 저항이 영이 아니라면 조정할 수 있는 눈금자 멈춤 장치를 움직인다.



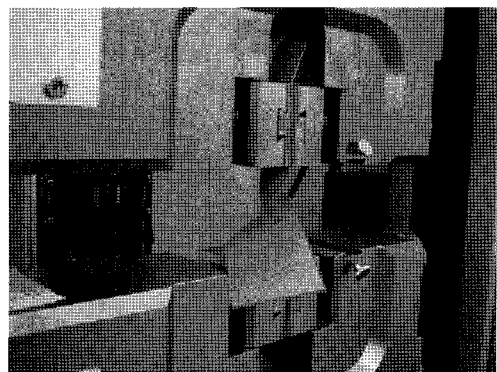
〈그림 6〉 막재의 인열시험

펜듈럼잡이 끝의 오른쪽에 25mm 멈춤 장치상의 참조 부호를 만든다. 초기 위치까지 올리고 시험 장치가 작동하고 있을 때 눈금 지침 멈춤 장치와 부딪히지 않도록 하기 위해 눈금지침을 맞춘다. 펜듈럼이 하강하고 펜듈럼 멈춤이 되었을 때 펜듈럼은 펜듈럼의 끝이 참조 부호의 왼쪽으로 더 이상 지나가지 않게 잡음으로써 구속하기 전에 적어도 35회 자유롭게 왕복 운동을 해야 한다. 다른 방법으로 청소, 오일링 또는 베어링 조정을 한다.

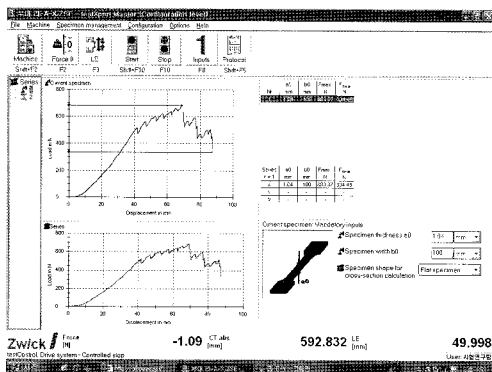
3 건축용 막재의 인열강도 시험결과

3.1. 싱글 인열법에 의한 인열강도 시험결과

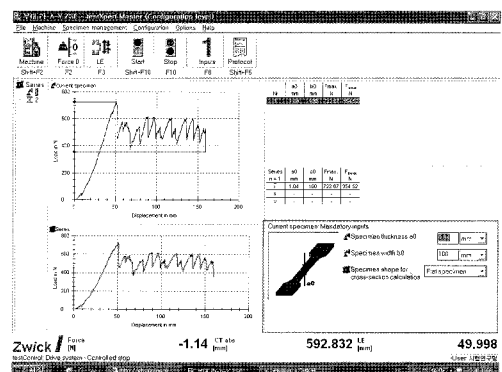
폴리에스터 막재의 두께는 폴리에스터 막재 1.04mm(시험체 라-A), 폴리에스터 막재 0.7mm(시험체 라-B), 폴리에스터 막재 0.58mm(시험체 라-C), 유리섬유 막재 0.58mm(시험체 라-D)의 4종류로 하였다. 인열 강도 시험 방법은 싱글 인열법에 의한 인열강도 시험을 수행하였다.



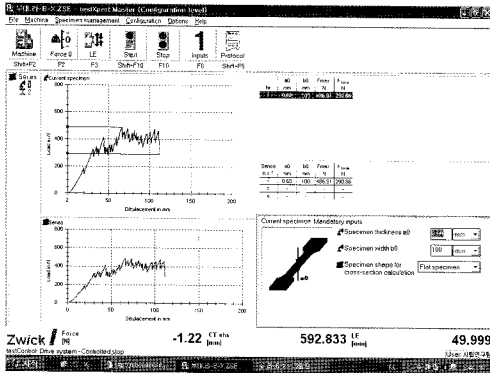
〈그림 7〉 칼라 폴리에스터 막재의 인열시험



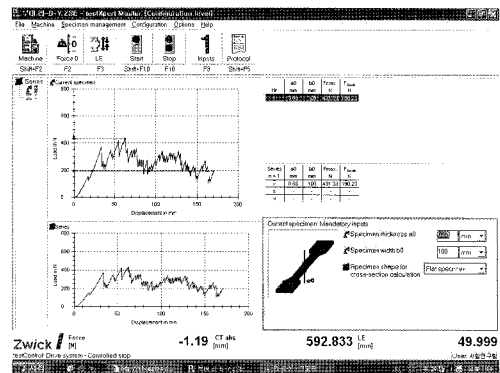
〈그림 8〉 시험체 라-A의 위사방향 인열시험 결과



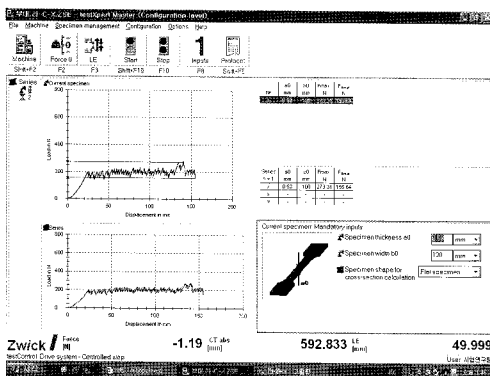
〈그림 9〉 시험체 라-A의 경사방향 인열시험 결과



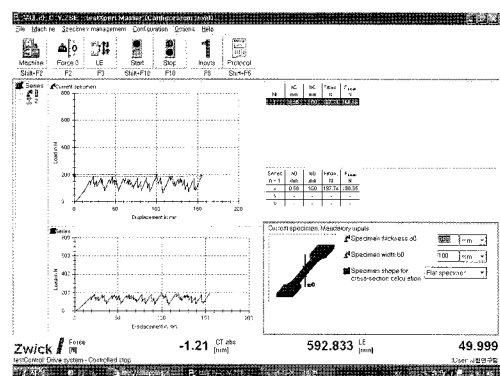
〈그림 10〉 시험체 라-B의 경사방향 인열시험 결과



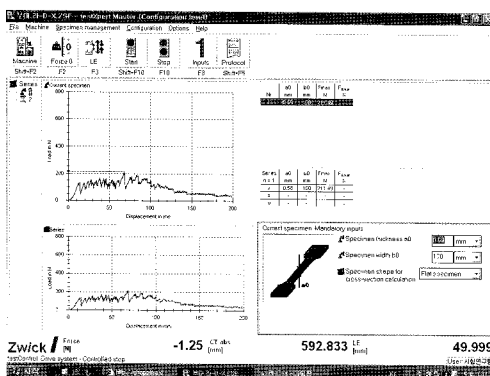
〈그림 11〉 시험체 라-B의 위사방향 인열시험 결과



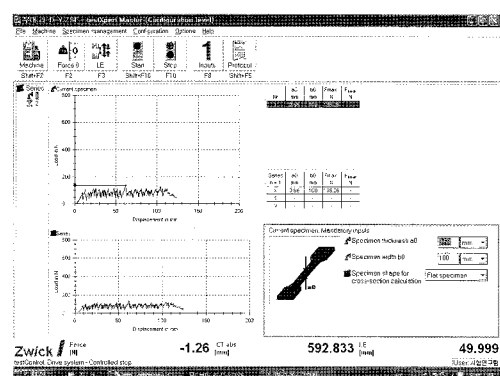
〈그림 12〉 시험체 라-C의 경사방향 인열시험 결과



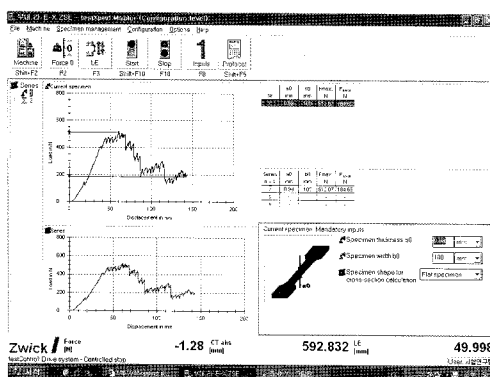
〈그림 13〉 시험체 라-C의 위사방향 인열시험 결과



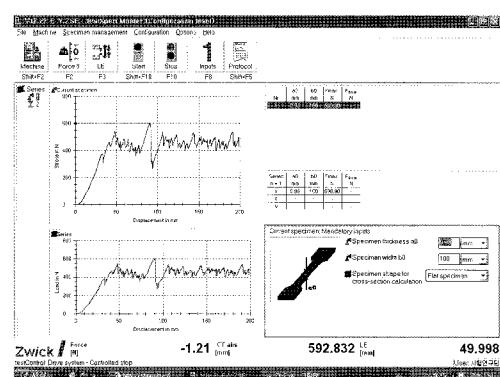
〈그림 14〉 시험체 라-D의 경사방향 인열시험 결과



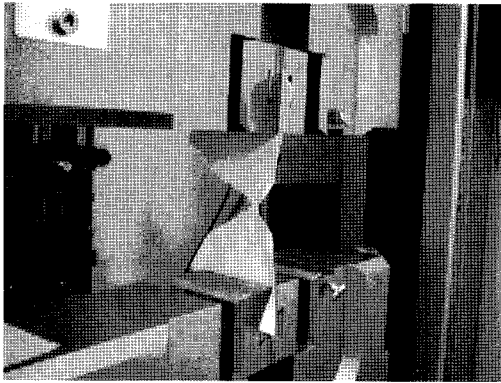
〈그림 15〉 시험체 라-D의 위사방향 인열시험 결과



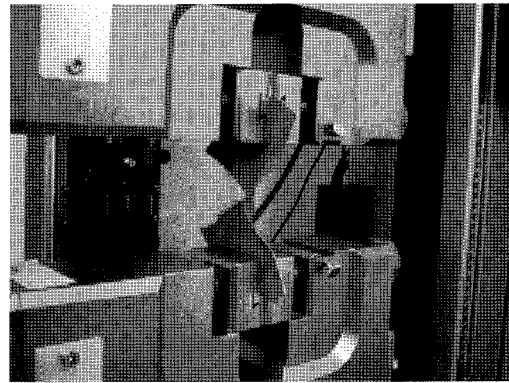
〈그림 16〉 시험체 라-E의 경사방향 인열시험 결과



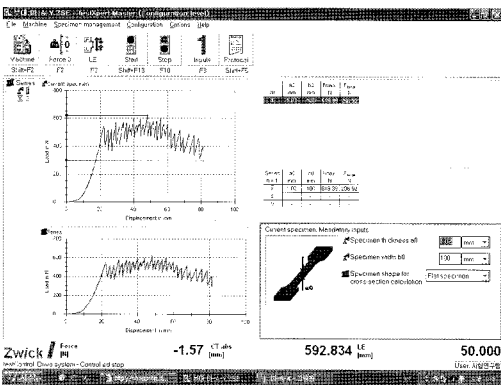
〈그림 17〉 시험체 라-E의 경사방향 인열시험 결과



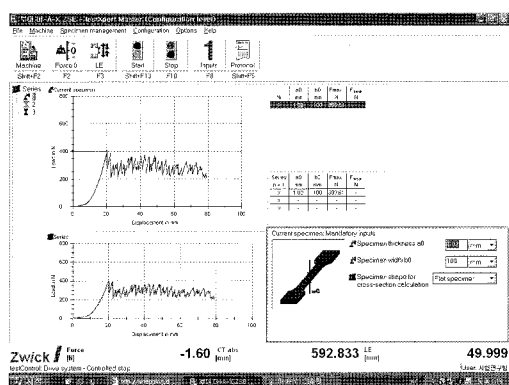
〈그림 18〉 트레피 조이드법에 의한 인열시험



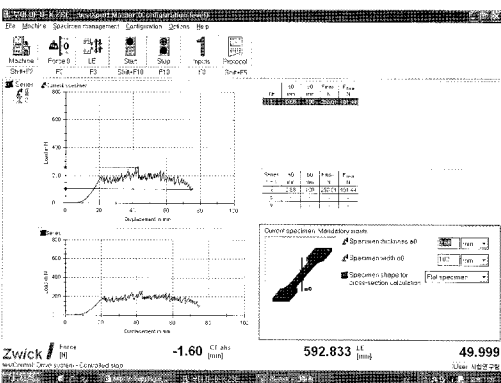
〈그림 19〉 칼라 폴리에스터 막재 인열시험



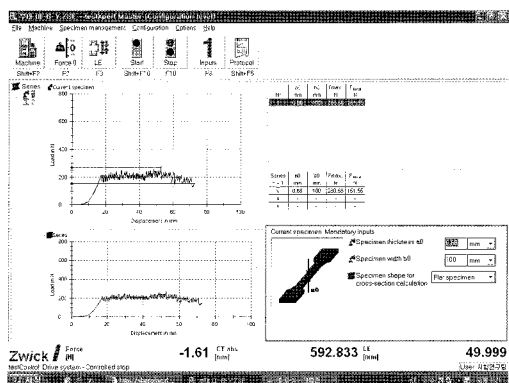
〈그림 20〉 시험체 마-A의 위사방향 인열시험 결과



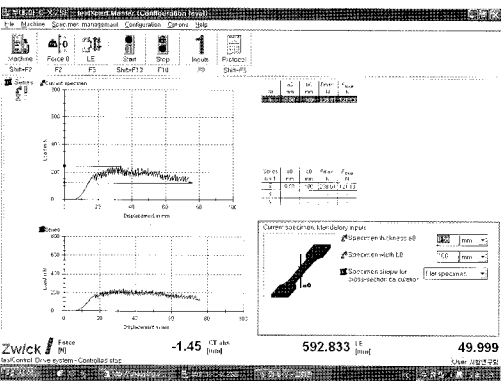
〈그림 21〉 시험체 마-A의 경사방향 인열시험 결과



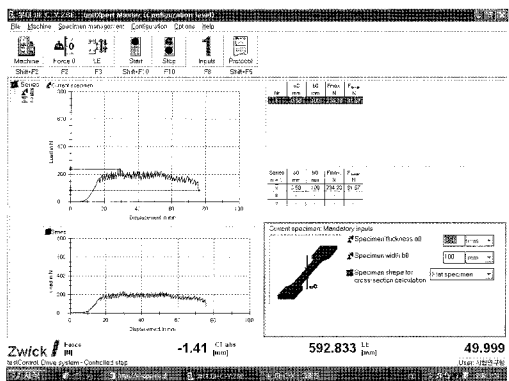
〈그림 22〉 시험체 마-B의 경사방향 인열시험 결과



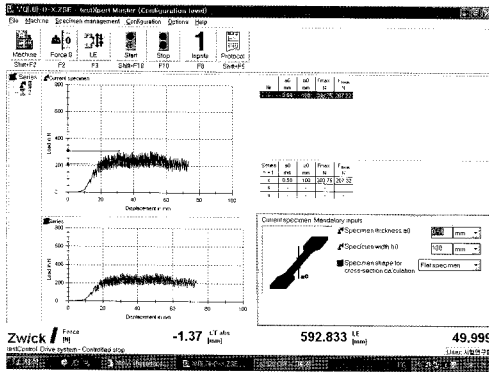
〈그림 23〉 시험체 마-B의 위사방향 인열시험 결과



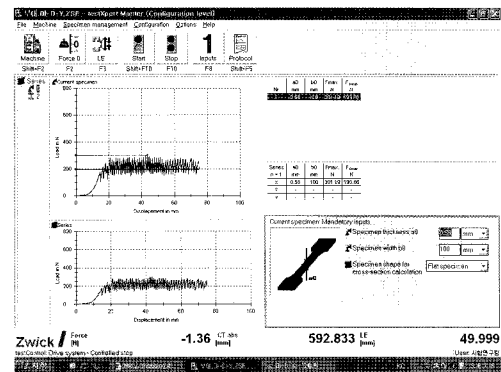
〈그림 24〉 시험체 마-C의 경사방향 인열시험 결과



〈그림 25〉 시험체 마-C의 위사사방향 인열시험 결과



〈그림 26〉 시험체 마-D의 경사방향 인열시험 결과



〈그림 27〉 시험체 마-D의 위사방향 인열시험 결과

3.2. 트레피 조이드법에 의한 막재의 인열강도 시험결과

폴리에스터 막재의 두께는 폴리에스터 막재 1.04mm(시험체 마-A), 폴리에스터 막재 0.7mm(시험체 마-B), 폴리에스터 막재 0.58mm(시험체 마-C), 유리섬유 막재 0.58mm(시험체 마-D)의 4종류로 하였다. 인열 강도 시험 방법은 트레피 조이드법에 의한 인열강도 시험을 수행하였다.

4. 결론

주로 건축용 막 재료에 사용되는 섬유는 폴리에스터(polyester)와 유리섬유(glass fiber)이다. 이러한 섬유를 꼬아서 만든 것이 실이 되며 실을 이용하여 종사와 횡사로 배치하면 직포가 되고, 실을 배치하는 방법에 따라서도 평직, 수자직, 능직 등의 방법이 있으나 구조용 막 재료는 양방향의 인장강도를 비슷하게 하기위해 평직을 주로 사용한다. 막 재료의 인장강도는 섬유의 굵기가 작은 것을 여러 가닥으로 꼬아 만드는 것이 좋기 때문에 유리섬유를 사용할 경우 β-yarn을 이용하는 막 재료가 구조적으로 유리하다. 막 재료의 인열강도 시험법은 싱글 인열법, 트레피 조이드 법, 윌링법, 펜듈럼법 등이 있

다. 폴리에스터를 사용한 막 재료가 유리섬유를 사용한 테프론 막 재료에 비해서 인장강도 떨어지고 신율이 크지만 인열강도가 우수 하다는 것을 알 수 있다. 이러한 이유는 인열에 의해 섬유에 전단응력이 발생하면, 유리섬유는 부러지게 되지만 폴리에스터 섬유는 유연하게 방향이 변화됨으로써 크랙의 시작점에 섬유가 모이는 볼링(balling)현상이 발생 되기 때문이다.

감사의 글

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

참고문헌

1. Membrane Designs and Structures, Modern Architecture Series, 1999
2. Korean Industrial Standard, 2007
3. Design and Analysis of Spatial Structures, The Computational Structural Engineering Institute of Korea, 1997