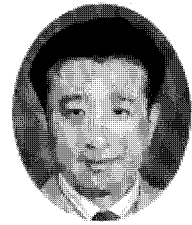


ETFE 필름 막 패널설계에 관한 고려사항

Recommendation for Design of ETFE Film Panel



김재열*
Kim, Jae-Yeol

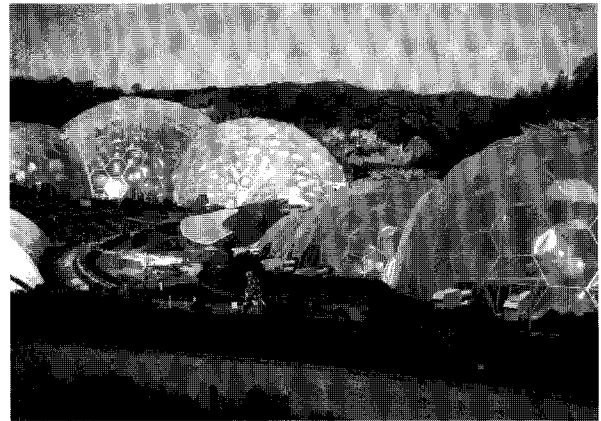


배부환**
Bae, Boo-Hwan

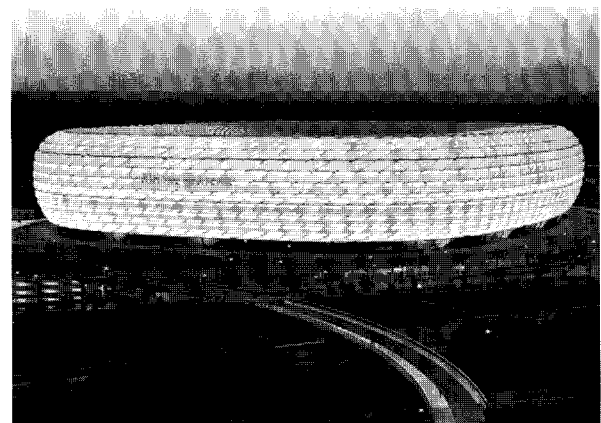
1. 서론

불소수지필름의 일종인 ETFE(Ethylen tetra- fluoro ethylene) 필름은 투명성, 내후성, 환경접합성 등으로부터 최근 넓게 이용되고 있다. 외국에서는 온실 등의 농업시설에서도 많은 이용되고 있으며, 최근에는 2001년 영국의 에덴 프로젝트 <그림 1>, 2006년 독일 월드컵대회 <그림 2>, 2008년 북경올림픽 수영장 <그림 3>의 지붕·외벽에도 적용되는 등 주목 받는 재료이다. 그러나 국내에서는 건축물로서의 실적인 부산 GS Xi 갤러리 <그림 4>, 서울 금호 크링(Kring) <그림 5> 등에만 이용되었을 뿐 전반적인 보급에는 이르지 않는 것이 현실이다. 따라서 국내에서도 종래의 막 재료와 다른 재료특성을 가지고 있고, 또한 건축 재료로서의 취급에 대해서도 명확하지 않는 이 재료의 사용에 대한 정확한 이해와 기술의 습득이 필요하다고 말할 수 있다.

국내에서 시공되어진 ETEF 건축물에 대해 알아보면, GS자이 갤러리의 설계는 Mass Studies에서 하였으며, 막구조 시공은 막크막스 코리아에서 시공하였다.



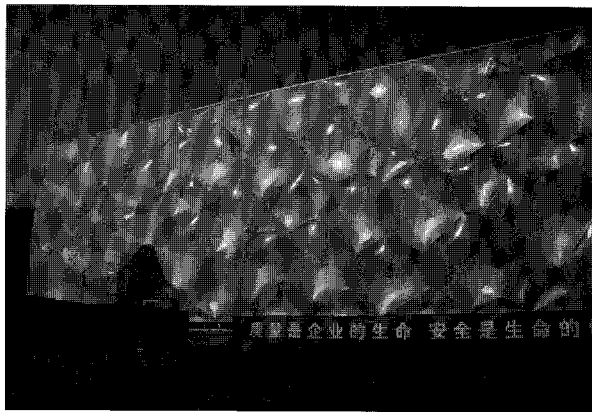
<그림 1> 에덴 프로젝트 (영국)



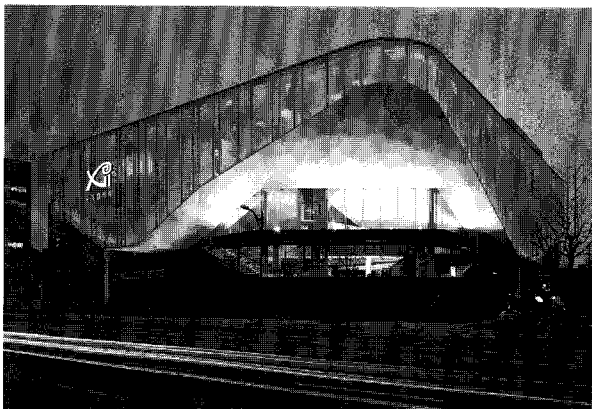
<그림 2> 알리안츠 아레나 (독일)

* 정희원·협성대학교 건축공학과 조교수, 공학박사

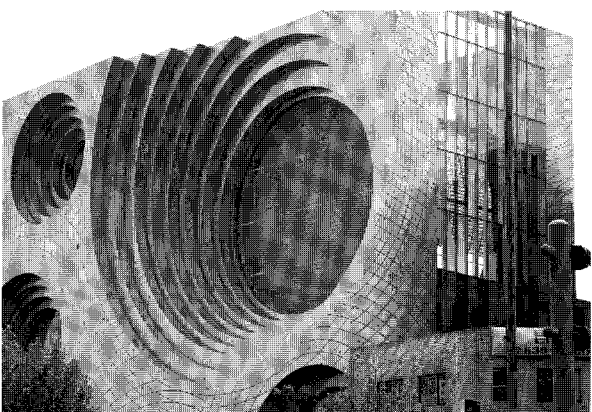
** 정희원·(주)막크막스 코리아 대표이사



〈그림 3〉 북경 올림픽 수영장 (중국)



〈그림 4〉 GS Xi 주택문화관 (한국)



〈그림 5〉 금호주택문화관 (한국)

1,700m² 커튼월의 마감재를 ETFE 막으로 시공하여, 통상의 커튼월 마감재인 유리보다 한층더 아름답다고 할 수 있다. 금호 크렁의 설계는 운생동에서 하였으며, 막구조 시공은 막크막스 코리아에서 시공하였다. 직경 17m 원형 창호를 ETFE 막으로 시공하였다.

국내에는 아직 많이 보급되지 않았지만 장래에

사용이 증가하게 될 ETFE 필름에 대한 설계 및 시공시에 고려해야 할 사항에 대해 알아보기로 한다.

2. 일반사항

2.1 적용범위

ETFE 필름은 1980년대에 건축물 지붕으로 유럽에서부터 사용이 시작되었다. 수십m²의 소규모에서부터 최대는 3만m²의 식물원까지 사용되고 있으며, 명확한 통계자료는 없지만 적어도 수십만m² 수백건의 실적이 있다. 또 일본에서는 1996년에 500m²의 리조트 지붕 설계를 시작으로 다수의 실적이 있다. 건축물에서의 사용은 스패ن 2m정도 또는 1패널의 면적이 10m²정도의 비교적 소규모인 패널을 지붕 또는 외벽 등에 사용하는 것에 대해 우선적으로 고려해야 하지만, 이것을 넘는 규모에서는 인장항복 응력을 넘는 영역에서의 필름거동에 대한 구조적 검토, 대규모구조물에 대한 설계상의 배려 등이 필요하게 된다.

2.2 필름재료

ETFE막은 에틸렌과 테트라플로로틴을 95%이상 포함한 공중합수지로 된 필름이다. 일반적인 제조방법으로는 불소수지 원료를 용점이상의 온도로 용융시켜 압출형성에 의해 제막하는 방법 및 인플레이션법에 의해 제막하는 방법 등이 있다. 필름은 본래 높은 투명성을 가지고 있지만 자외방사선 투과의 저감, 결로방지, 의장성의 부여 (착색, 모양부착 등), 차광성의 부여 등의 용도에 따른 요구에 따라서 첨가제의 혼합, 표면개선제의 코팅, 인쇄 등에 의해 개선하는 것도 가능하다.

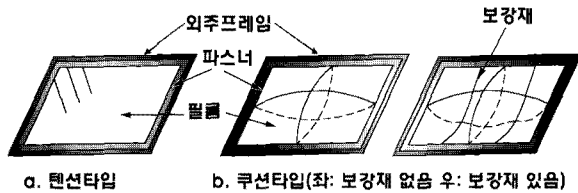
대부분의 막재료는 100 μ m 두께로 전광선투과율 90%이상의 투명성을 가지고 있으나, ETFE 필름은 PVDF 또는 PVF 에 비해 용점이 높고, FEP 에 비해 인장파단강도 및 인장탄성률 등이 우수하다. 또한, 투명한 건재 재료 특성을 갖는 농업시설설계 등에 범용되고 있는 염화비닐수지와 비교하면, ETFE는 내후성, 투광율, 내오염성, 신장, 사용한계온도 등에 우수하다. 유리에 비해 내파손성, 경량성 등에 우수하고, 폴리카보네이트에 비해 내후성, 내열성, 내오

염성 등에 우수하다. 이처럼 필름은투명건재로서의 이용가치가 높다고 말할 수 있다.

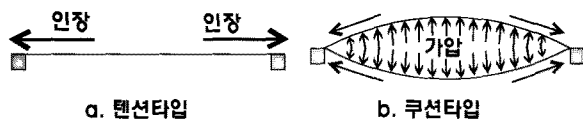
현재 제품화 되어있는 ETFE필름은 일반적으로 두께는 250 μm 이하, 제품 폭 2.35m이하의 롤 상태이며, 로드의 제한은 있지만 제품 폭 및 두께는 그 범위 안에 있으면 자유롭게 제조가 가능하다. 그러나 현재, ETFE필름에 관한 KS 등의 재료규격은 없다.

2.3 구성과 타입

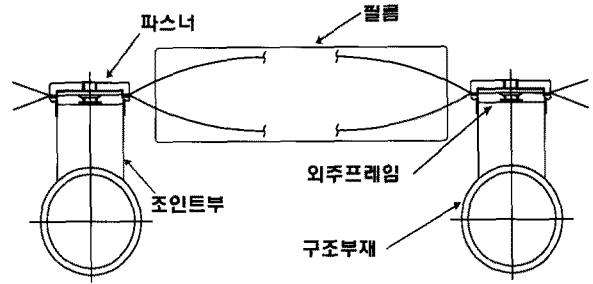
필름패널은 필름과 그 외주를 둘러싼 프레임 그리고 필름을 프레임에 정착하는 파스너로 구성되어 있고, 외주 프레임으로 둘러싸인 범위를 (파스너를 포함) 1패널로 할 수 있다. 또한, 필름패널에는 필름을 외주로부터 잡아당겨 장력을 주는 텐션타입, 복층을 해서 필름 사이의 공기층을 가압하여 필름에 장력을 주는 쿠션타입이 있다. 어느 것의 경우에도 필름은 장력상태로 평면 또는 곡면을 형성하여 형태를 안정화시키고, 눈 및 비에 의한 본딩(Bonding)과 바람에 의한 찢어짐 등을 방지할 수 있다. 그러므로 텐션타입에서는 시공시에 필름에 장력을 부가하면서 파스너에 잘 정착 시킬 필요가 있다. 이에 대해 쿠션타입에서는 내압을 유지하기 위해 공기셀과 가압장치 등이 필요하다. 각 필름 패널은 각각 독립되어 있고, 지붕재 또는 외벽재 등으로서 구조부재에 충분한 강도로 부착하여 적용한다. 특별한 경우로서 구조부재를 외주 프레임으로 하는 경우도 있다. 어느 것의 경우든 지붕과 외벽의 부분이 스패2m 정도의 프레임으로 구획된 필름으로 형성되어있다.



<그림 6> 필름패널의 구성



<그림 7> 필름패널타입의 개념도



<그림 8> 필름패널의 취급 예 (쿠션타입의 경우)

3. 필름재료의 품질 및 성능

3.1 필름의 품질 및 성능

필름의 품질 및 성능을 유지하기 위해서는 아래와 같은 시험항목으로부터 소요의 규격값에 대해 적절한 범위 안에 있는 것이 확인된 것으로 해야 할 것이다.

- (1) 두께
- (2) 인장강도
- (3) 인장항복응력
- (4) 늘어남
- (5) 인열강도
- (6)내반복절곡성
- (7) 내후성
- (8) 난연성
- (9) 광선투과율
- (10) 인장탄성률 및 프와송비
- (11) 내인장크리프성
- (12) 내마모성
- (13) 내강박성
- (14) 내약품성
- (15) 내열성

3.2 필름접합부의 품질 및 성능

3.2.1 외관

ETFE 필름은 용도에 따라 희망하는 형상 및 크기에 따라 열판용착에 의해 접합하는 것이 가능하다. 접합은 필름단부를 겹쳐서 수지의 용점근방(약260 $^{\circ}\text{C}$)에서 적당한 시간을 두고 압착하여 용융일체화 하는 것에 의해 완성된다. 필름은 2층을 접합하는 것 외에 3층, 4층을 접합하는 케이스도 있을 수 있다. 접합은

용융부족에 의한 벗겨짐, 과용융에 의한 파괴, 겹침 불량에 의한 주름 등 외견상 결함이 없도록 해야 할 것이다.

3.2.2 접합부인장강도

접합은 접착제 등의 이중재료를 포함하지 않는 필름과 같은 종류의 용융일체화를 위해서 기본적으로 그 특성은 모재와 동일해야 하지만 용융시의 가압공정에 의한 접합부단부에 있어서는 약간의 두께 저하에 의해 인장강도의 저하가 일어난다. 이들 값은 인장특성 시험방법인 인장파단시험에 의해 측정될 수 있다.

4. 설 계

4.1 하중 및 외력

필름은 직포 등에 보강된 막재료에 비해 인장강도가 작고, 면재로서의 휨강성을 가지지 않는다. 그러므로 평평한 상태로의 사용은 소형 온실 등으로 많이 사용되는 50cm 정도의 간격을 갖는 모실위에 필름을 붙이는 경우처럼 단변방향의 정착간이 전체적으로 걸쳐 짧고 거의 같은 간격으로 정착하는 것이 필요하다. 한편, 입체재단을 하여 안장형의 곡면을 형성하는 것과 쿠션타입처럼 내압으로 부풀린 것은 정착간격을 비교적 길게 하는 것이 가능하지만, 외주 프레임으로 둘러싸여 구조적으로 완결한 패널로 하는 것이 필요하다.

필름은 막재료와 비교해 인장강도가 낮고 비교적 낮은 응력에서 항복하기 때문에, 그 응력이 대들보 등의 구조부재의 설계에 영향을 미치는 하중으로 되는 경우는 적다. 한편, 인열강도는 비교적 크기 때문에, 필름의 손상이 다른 패널에 전파하여 주위의 골조의 안정성에 악영향을 미치는 것 또한 적다. 따라서 필름패널은 설계상, 지붕내장재 및 외장재는 비슷한 성질을 가지고 있다는 것을 고려하면, 구조골조용 풍하중 외에 외장재용의 풍압을 고려할 필요가 있다.

필름은 신장률이 큰 재료이므로 패널의 구배 및 크기에 따라서 적설, 눈 녹은 물 및 빗물에 의한 본당이 크게 나타날 수 있다. 또한 쿠션타입의 경우에

는 자중 및 적설에 의한 하중이 내압을 넘을 때 필름 패널의 윗면이 처지는 경우에도 본당이 발생한다. 지붕 또는 외벽 등의 패널로서 이용되는 필름의 경우에는 이것을 고려해서 하중 및 외력으로 고정하중, 적설하중, 풍압력, 초기장력, 내압 (쿠션타입)을 채택하는 등 실제상황에 따른 수압, 진동 및 충격에 의한 외력을 채택하는 것으로 한다. 필름은 극히 경량이기 때문에 필름 패널의 설계에 있어서 지진하중을 고려할 필요는 없을 것이다. 쿠션타입에서는 내압을 주는 것으로부터 필름이 적절한 장력상태가 보존된다. 이 때 상시내압은 200~300Pa 정도로 하는 경우가 많다. 텐션타입에서는 초기장력을 주는 것이지만, 이제까지의 온실 등의 실적에서는 짧은 간격의 프레임 위에 필름이 느슨해지지 않도록 시공할 정도로 초기장력으로서 정량화 되어 있지 않는 것이 현 상태이다.

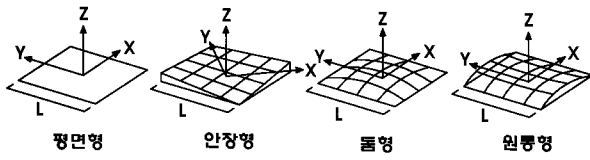
가설건축물을 포함한 통상 건축물에 대한 풍하중은 대한건축학회 『건축물하중지침 (대한건축학회, 2005)』를 참고하여 정하고, 풍력계수에 있어서도 실제상황에 따른 풍동시험의 결과에 근거해 결정해도 좋을 것이다. 적설하중에 대해서도 건축물하중지침을 참고하여 정할 수 있지만, 미끄러지는 눈 실험을 포함한 다양한 설 하중관련 실험을 통한 값을 확보하는 것이 중요할 것이다.

아울러, 비교적 소규모의 패널을 지붕 또는 외벽 등에 사용하는 경우이외에 대형의 돔 및 스타디움 등의 패널 면적이 비교적 큰 경우에는, 대형 돔을 참고하여 미끄러지는 눈 및 쌓인 눈에 대해 설계 및 미끄러지는 눈의 경로를 검토, 합류개소에 의한 하중의 할증 등을 근거로 한 검토를 해야 할 것이다.

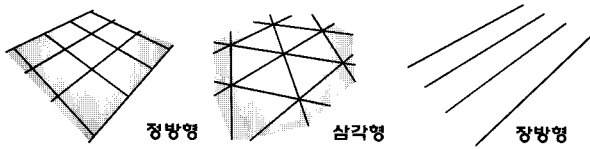
4.2 형태와 허용스팬

4.2.1 형태

필름은 얇은 재료로 면재로서의 휨강성을 실제 사용상 갖지 않기 때문에, 장력으로 안정화시키는 것이 필요하다. 외주를 둘러싼 파스너의 범위 내에 잡아당겨 펼친 필름의 균형형태는 <그림 9>를 기본 형태로 하고, 텐션타입의 잡아당겨 펼치는 방식에서는 평면형 또는 안장형, 내압을 받는 쿠션타입의 잡아당겨 펼치는 방식에서는 돔 형 또는 원통형으로 된다.



<그림 9> 필름면의 기본형태



<그림 10> 필름패널의 외주 프레임 형태

외주의 형태는, <그림 10>에 나타나있는 것처럼 구형 외에 원형, 다각형 등의 형태로 하는 것이 가능하고, 이것에 의해 필름의 균형형태도 변화된다. 형태의 설정은 이것을 고려하여 적절하게 계획하지 않으면 안 된다.

4.2.2 허용응력

일반적인 ETFE필름의 반복 점증가력 시의 응력-변형도 관계에서 인장항복응력을 넘으면 인장탄성률이 저하하고 변형도가 증가하여 잔류변형과 크리프가 발생한다. 일반적으로 ETFE필름의 인장강도는 인장항복응력의 3~4배 정도에서 인장항복응력은 상당히 안전한 응력영역이라 할 수 있다. 다만, ETFE를 기본으로 하는 불소수지 필름이여도 인장항복응력을 넘으면 인장탄성률이 극단적으로 저하하는 것과 인장항복응력과 인장강도에 별로 차가 없는 것도 있다. 일반적인 ETFE필름은 상온의 경우 3N/m²에서는 거의 크리프를 발생하지 않지만, 6N/m²에서는 초기의 크리프변형이 비교적 현저하게 나타나고, 9N/m²에서는 크리프 변형이 장기 발생한다.

내후성에 우수한 ETFE필름은 장기간의 사용이 예상되고 필름을 안정한 상태에 유지하기 위해 초기장력 및 내압 등의 장기에 발생하는 힘에 대한 인장의 허용응력도는 인장항복응력도 또는 인장강도를 기준으로 하여 정해져야 하며, 폭풍시의 풍압력, 적설하중 등의 단기에 발생하는 힘에 대한 인장의 허용응력도는, 일반적으로 합성수지를 이용한 재료를 참고로 장기에 발생하는 힘에 대한 인장의 허용

응력도에 대한 배율로 정하는 것이 합리적이다.

막구조로 일반적으로 이용되어지는 코팅직포 막 재료에서는 옥외사용 상태로의 내후성, 동적, 정적 피로에 의한 강도저하는 거의 보여 지지 않는다. 그러므로 이 특성을 포함하여 허용응력도를 인장항복응력 이하로 설정하면 문제는 없다고 생각되어지지만, 미지요인 및 연신 등의 개선에 의한 영향도 없지 않기 때문에 앞으로의 ETFE필름의 재질 및 사용 상황에 관하여 관찰을 계속 할 필요가 있다.

4.2.3 필름상호 접합부

필름상호 접합은 필름면을 재단하는 경우 및 톨 폭 보다도 큰 필름면을 형성하는 경우에 필요하다. 필름의 접합방법은 용점에 가까운 온도와 적절한 압력으로 필름상호를 일체화 시키는 열용착 외에 고주파용접기, 열풍용착, 임펄스(impulse)용착, 초음파용착 등이 있으나, ETFE필름의 용착은 열풍용착 또는 임펄스(impulse)가 일반적이다.

필름의 열용착에 의한 영향인자는 용착판의 온도, 압력, 시간등의 3가지가 있다. 용착판의 온도는 낮을수록 용착불량으로 용착면이 박리하기 쉽고, 높을수록 용착부의 용해 및 두께 감소로 이어진다. 이것은 이상부를 눈으로 확인 가능한 경우도 있다. 접합효율(접합부 인장강도/모재의 인장강도)은 필름의 두께에도 의존하고, 100 μ m의 필름의 접합효율은 현 상태에서는 50~60% 정도이다. 인장항복응력과 비교에서는 접합부 인장강도는 1.5~2배 정도로 용착시의 열변형 및 경화를 무시하면, 20%이상의 신장률에 상당하는 점에서는 충분한 성능을 가지고 있다고 말할 수 있으나, 앞으로의 기술개발에 의한 접합효율의 향상이 기대되어지는 부분이다.

접합부의 인장강도는 모재와 용착부 사이의 파단으로 결정, 용착 폭을 크게 해도 접합효율은 별로 변화하지 않는 경우가 많다. 이것은 모재 보다도 두껍게 용착 된 부분이 필름의 변형을 구속하여 용착부재에 응력집중을 발생시키는 것 또는 용착시의 압력에 의한 용착부재의 두께 감소가 요인으로서 생각되어 진다. 지금까지의 실적으로는 용착 폭을 10mm~20mm로 하는 것이 일반적이다.

4.2.4 파스너의 정착내력

외주 프레임 그 밖의 구조부재에 필름을 고정하는 파스너는 다양한 방식이 있다. 이것에 대해서, 파스너의 정착내력은 ①파스너제의 용착부에 의한 필름의 파단, ②파스너내부에 의한 필름의 파단 (나사·볼트 주변에 의한 필름의 응력집중 등), ③필름의 미끄러짐 및 빠져나감, ④파스너 탈락 (용수철·썩기 등의 떠오름, 나사의 빠짐 또는 파단 등)의 어느 것으로부터 결정한다고 생각해도 좋다. 필름 끝을 접어 꺾은 부분에 단부로프를 삽입하여 용착하고 이것을 볼트와 정착플레이트 등에 누르는 타입은, 용착부재의 필름의 파단에 의한 내력이 결정되는 경우가 많다. 접합부와 같이 그 정착내력은 모재의 인장항복응력의 1.5~2배 정도이다. 한편, 용수철, 나사, 썩기 등의 압착에 의해 눌러 접촉하는 타입은 필름의 미끄러짐, 용수철, 썩기 등의 떠오름, 나사의 빠짐 등, 파스너의 정착기구에 의해 내력이 결정되는 경우가 많다. 더욱이 후자의 정착내력은 필름의 인장강도와 같은 정도의 것으로부터 필름의 인장항복응력 이하의 것 까지 범위가 있다.

하중 및 외력에 의해 필름의 단부에 생기는 응력은 필름패널의 형상과 사이즈에 의해 범위가 있고, 필름을 50m 정도의 짧은 간격으로 정착하는 경우, 정착내력의 낮은 파스너로 충분한 경우도 있다.

4.3 본딩(Bonding) 대책

필름면이 적설, 눈 녹은 물 및 빗물 등의 하중에 의해 변형하여 물고임 발생, 새로운 변형과 고인 물 등의 증가가 지속적으로 진행되는 현상을 진행성의 본딩이라고 부르고, 국소적인 응딩이를 포함한 광의의 본딩과 구별하고 있다. ETFE필름은 파단시의 신장이 350~450%로 극히 크기 때문에 빗물, 적설, 눈 녹은 물 등의 체류에 의해 생각지도 못한 큰 하중에 발생하는 경우가 있기 때문에 진행성 본딩이 발생하지 않도록 하지 않으면 안 된다.

본딩은 배수 상 유효한 물매를 보존하고 오버플로우가 없는 배수로 (통)에 의한 우수 등이 확실히 배수되면 문제가 될 것은 없다. 일반 막을 이용한 막구조에서는 변형 후의 물매를 1/10 정도 확보하도록 설계하는 경우가 많고, 유효한 물매로서 참고

하는 것이 가능하다. 그러나 돔형지붕의 천장부처럼 물매확보가 곤란한 일부 필름패널에서는 진행성 본딩이 발생하지 않는 것을 확인할 필요가 있다. 또 쿠션타입에서는 자중 및 적설 등의 하중에 의한 내압이 상쇄되는 필름면이 내려앉은 상태, 정전에 의한 수축시에도 본딩이 발생할 수 있다. 또 쿠션타입은 수축한 경우에 상하 2장의 필름으로 고인 물을 지지하는 것도 가능하다.

눈의 단위하중은 새로운 눈으로 약 10N/m²/cm, 습기 많은 젖은 눈 및 흔한 눈에서도 약 40N/m²/cm로 일반적으로는 이것의 전층 평균밀도가 20N/m²/cm로 되고, 물의 단위하중 100N/m²/cm에 비교하면 상당히 작다. 따라서 수중에 눈이 부상하고 있는 상태에서도 우수에 의한 본딩의 만수상태를 상정한 하중을 크게 상회하는 것은 없다고 생각된다. 또 겨울철에 눈, 눈 녹은 물이 필름위에 있는 경우, 저온상태가 되기 때문에 상온시에 비교해 크리프 변형은 발생하기 어렵다. 이것들을 고려해 진행성 본딩의 우려가 있는 필름패널은 온수에 의한 본딩의 만수상태를 상정한 하중에 대해서 장기에 발생하는 힘에 대한 인장의 허용응력도를 넘지 않도록 한다. 검토의 결과 이것을 만족하지 않는 경우에는, 패널을 소면적으로 구획하고, 와이어로프 등의 지지부재를 설치하는 등의 대책을 강구하는 것이 설계상 필요하다.

4.4 고온시 거동에 관한 배려

필름이 고온상태로 되는 것은, 여름철의 태양광에 의한 필름표면의 온도상승, 파스너의 온도상승 및 바깥기온의 상승이 원인으로 생각되어진다. 두께가 얇고 투명한 필름의 경우에는 열선의 흡수가 적고, 복사와 대류에 의해 열이 발산하기 쉬운 성질을 가지고 있기 때문에 태양광에 의한 필름 표면의 온도상승은 문제가 되지 않지만, 착색된 필름의 경우에는 주의가 필요하다. 또한 파스너의 온도상승은 다양한 대책에 의해 피하는 것이 가능하다.

고분자 재료인 ETFE는 바깥기온이 상승하면 상온시에 비교해 인장항복응력이 저하하고 크리프변형이 크게 된다. 일반적으로 태풍시에 온도가 40℃에 달하는 것은 희박하고, 경량인 누름 유리등의 다

른 건축재료에 비교하여 교환하기 쉬운 것을 고려하여, 일반적으로는 상온시의 인장항복응력에 대하여 설계해도 좋을 듯하다. 그러나 40°C 이상 온도가 유지하는 조건이 상정되는 경우에는, 고온시의 항복응력에 대하여 설계하는 것을 권장한다. 더욱이 적설시에 온풍으로 눈이 녹을 경우에는 그 온도가 필름에 악영향을 미치지 않도록 주의할 필요가 있다.

4.5 변형에 대한 배려

필름면의 고도의 변형은 다른 부재와의 접촉에 의한 필름의 마찰, 손상, 필름의 피로, 재질저하, 진행성의 본딩, 필름의 오염, 시각적 불안감 등의 심리적 영향 등이 발생하는 경우가 있다. 따라서 이것들의 우려가 있는 경우에는 충분한 클리어런스를 설치하는 것 외에 필름면에서의 보강 필름 용착, 피복외이어로프의 사용 등의 양생, 지지부재, 눌린부재의 설치 등의 장치를 강구할 필요가 있다.

5. 디테일

5.1 필름 외주부 디테일

필름은 파스너와 외주프레임에 의해 구조부재로부터 떨어짐 또는 뒤틀림을 일으키지 않도록 확실하게 설치한다. 또한, 외주프레임을 설치하지 않고 파스너를 직접 구조부재에 설치하는 것도 가능하다. 필름과 파스너와의 접촉부분은 각진 부분을 깎고 예리한 부분이 직접 필름에 접촉하지 않도록 한다. 내굴곡성의 시험(두께 100 μ m)에 의하면, 곡률반경 0.38mm시 40만회로 파단에 이르기 때문에 곡률반경은 예각이 되지 않을 정도(1mm의 곡률반경정도)라고 생각되어진다. 필름 패널은 정방형, 장방형, 삼각형 등의 단순한 평면패널형태가 바람직하지만, 의장상 필름면에 들어가는 귀퉁이가 필요한 경우에는, 단면적으로 각진 부분을 예각 아닌 정도로 깎는 뿐만 아니라, 평면적으로 큰 곡률반경을 얻어 필름을 상처 입히지 않도록 한다.

상온시(20°C)에 의한 크리프변형은 거의 없지만, 고온시(40°C)에는 약 2%의 크리프변형이 발생한다(하중 6N/㎠시). 그러나 크리프 속도는 대단히 작고, 10시간정도에서는 변형이 보통 일정하게 된

다. 텐션타입의 경우, 크리프에 의해 긴장력이 빠지는 것이 상정되기 때문에 시공방법에 의해 크리프 변형을 발생시켜 고정하는 것과, 재긴장 가능한 디테일로 하는 것이 바람직하다. 쿠션타입의 경우는 라이즈로 흡수되기 때문에 문제가 없다고 생각되어진다.

5.2 파스너의 성능

파스너는 통상 금속부분(알루미늄 또는 스틸)과 패킹부분(고무 등)에 의해 구성되어있다. 금속부분은 필름을 확실하게 고정하기 위한 것으로서, 패킹부분은 기밀성의 보유 및 필름의 손상방지를 목적으로 하고 있다. 이것의 구성 재료가 일체화되어 상기 요구 성능을 만족할 필요가 있다. 또한, 기밀성이 필요하지 않는 건물에서는 필름의 보강을 다른 방법으로 실현 가능한 경우(필름과 파스너가 접촉하는 부분에서 각진 부분을 깎음 등) 패킹재를 생략하는 것도 가능하다.

필름은 내구연한이 길기 때문에(20년~30년) 파스너도 필름과 같은 정도의 내구성을 가진 재료를 사용해야한다. 다만, 내구성이 필름보다 뒤떨어지는 재료를 사용하는 경우에는 열화시의 강도저하를 고려한 검토를 하거나, 열화시에 간단하게 교체 가능한 디테일로 하는 것이 바람직하다. 파스너를 고정하는 볼트 및 나사 등(스텐레스 또는 스틸)도 파스너와 같이 내후성과 내식성이 있는 것으로 한다. 부식의 우려가 있는 경우에는 유효한 녹 방지 장치를 하는 것으로 한다.

파스너의 내후성에 관해서 특히 주의하지 않으면 안 되는 것은 일사에 의한 파스너가 고온이 되는 것이다. 파스너에 사용되어지는 금속 등의 온도는 색과 재질에 의해 다른데, 여름철에 있어서는 대체로 기온보다도 약 20°C~25°C 높은 것이 보고되어지고 있다. 과거 최고기온의 극값이 약 40°C 인 것으로부터 상정된 금속온도는 최대값으로 60°C~65°C 정도로 생각되어진다. 사용재료는 그것의 고온영역으로 강도의 저하 및 심한 변형을 발생하지 않는 재료를 사용한다. 파스너의 길이 및 형태(직선, 곡선)는 제작능력·운반수법·시공성에 의해 결정된다. 또한, 분할된 파스너는 열에 의해 늘어나고, 시공성

을 고려하여 맞추는 것이 아니라 수 mm의 틈새를 치하는 것이다.

지붕 및 외벽에 사용하기 때문에 수밀성을 확보 가능한 디테일로 하지 않으면 안 된다. 또한, 쿠션 타입의 경우는 내부압력에 의해 외력에 저항하기 때문에 기밀성을 확실히 보존해야 한다.

상기 필요성능에서는 기재되어 있지는 않으나, 외부로부터 눈으로 확인 가능한 장소에 설치하는 파스너에 대해서는 의장성(디자인성)이 우수한 것을 채택하는 것이 바람직하다.

5.3 외주 프레임의 성능

외주 프레임은 그 강도 및 내구성에 관해서 건축기준법 등에 준거하는 것을 권장하며, 주로 철골로 제작되기 때문에 「강구조설계지침」(대한건축학회) 등의 지침에 준거하여 설계 시공하면 합리적일 것이다.

5.4 그 밖의 디테일

필름에 필름 이외의 부재 또는 철물을 상시 접촉 상태로 하는 경우에 있어서는, 그 부재 또는 철물의 각 부분을 깎아 떨어뜨리는 등의 조치를 하고, 필름에의 접촉면을 평평하게 하며, 실제상황에 따라 필름면의 이중사용 또는 고무 등을 필름과 부재 또는 철물과의 사이에 끼워 넣는 등의 조치를 병행하여 하는 것이 필요하다. 상시 접촉 상태가 상정되는 경우는, 필름 중앙부를 밀어 올린 경우, 풍하중에 의한 필름이 밀어 올려진 부분으로부터 떨어지는 것은 필름에서의 찢어짐을 발생시켜 필름의 손상에 이어지기 때문에 설계상 동떨어짐이 없는 것을 확인한다.

감사의 글

본 연구는 국토해양부 첨단도시개발사업의 연구비 지원(#06 건설핵심 B03)에 의해 수행되었습니다.