

Curtain-wall공사에 있어서 Mock-up Test 건축공사표준시방서의 개선 방안에 관한 연구

A study on the improvement of The standard specifications
for Mock-up Test in the Curtain-wall construction

이진만* 오강재 왕손용근 김창덕**
Lee, Jin-Man Kang, Jae-Wang Son, Yong-Geun Kim, Chang-Duk

요 약

외벽을 형성하는 Curtain-wall은 비, 바람 등 자연의 기후 조건 및 주변 여건에 충분히 견딜 수 있도록 설계, 제작, 시공되어야 한다. 그러므로 전반적인 성능을 확인하기 위한 Mock-up Test는 최근에 들어서 고층 건물 및 중요도가 높은 경우 거의 일반화가 된 상황이다. 그러나 현재 Mock-up Test의 시방서는 외국에 비해 미약하여 시방서 상으로 인한 분쟁사례가 많이 발생하고 있다. 또한 시방서 상의 표현에 있어서 불명료함으로 인하여 적용함에 있어 문제가 발생하고 있다. 따라서 현 Mock-up Test 시방서에 대한 조사를 통해 그 문제점들을 살펴보고 외국의 사례와 비교 검토하여 그 개선방안에 대한 검토를 해보고자 한다.

키워드: 외벽, 커튼월, 목업테스트, 시방서

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

최근 초고층 건물의 설계에 있어서 건물의 경량화, 건축 공법에 의한 공기의 단축, 실내작업으로 인한 가설재 사용 감소, 외관의 수려함 등의 장점으로 인하여 Curtain-wall (이하 커튼월이라 한다) 시공이 일반화되고 있다.

커튼월은 외벽 마감의 하나로서 전체 공정에서 시간적으로 차지하는 비율이 골조공사 다음으로 많은 비중을 차지하고 있음에도 불구하고 그 외벽의 성능 검증의 중요성에 대해서는 인식을 하지 못하고 있는 실정이다. 최근에 발생했던 태풍 '매미'로 인한 피해가 일반 창호에 있어서도 엄청난 것을 보면 커튼월에 있어서는 그 성능을 검증하는 Mock-up Test(이하 목업테스트라 한다)의 필요성은 더욱 절실하다 하겠다.

그럼에도 목업테스트의 규정이나 시방서는 외국에 비하여 아직 미약한 실정이다. 목업테스트가 의무화 되어 있지 않은 것은 물론, 시방서 상의 표현에 있어서 불명확한 표현으로 인하여 그 적용에 있어 문제가 발생하고 있다.

따라서 본 연구에서는 목업테스트의 시방서에 대한 조사와 그 문제점들을 살펴보고 이에 대한 개선 방안에 대하여 검토해 보고자 한다.

1.2 연구의 방법 및 범위

본 연구는 첫째로 지금까지 나온 여러 문헌을 통해 목업테스트에 관한 정보 수집과 그 정보에 관한 자료 평가·해석의 과정을 거치고 둘째로 현재 이루어지고 있는 목업테스트 현장 관계자의 도움을 받아 목업테스트 방법 및 검증 절차에 대한 현장방문과 전문가와의 토의를 통하여 분류·정리하여 마지막으로 그 내용을 바탕으로 현재 건축공사표준시방서 상에 나와있는 목업테스트에 내용을 수정·보완하는 과정으로 나누었다.

- 1) 목업테스트의 전반적인 내용을 이해한다.
- 2) 현재 국내 시방서의 문제점을 외국의 기준과 비교하여 타당성을 검토한다.
- 3) 시방서의 문제점 발생사례를 파악한다.
- 4) 시방서의 추가해야 할 부분을 제시한다.

본 연구는 커튼월이 사회전반에 사용되어지는 현시점에서 목업테스트의 중요성을 인식시키고 시방서의 전문화의 필요성을 중심으로 기술하고자 한다.

2. Mock-up Test에 대한 예비적 고찰

2.1 Mock-up Test의 필요성

외벽을 형성하는 커튼월은 바람, 비 등 자연의 기후조건 및 주변여건에 충분히 견딜 수 있도록 설계, 제작, 시공되

* 학생회원, 광운대학교 건축공학과 학사과정

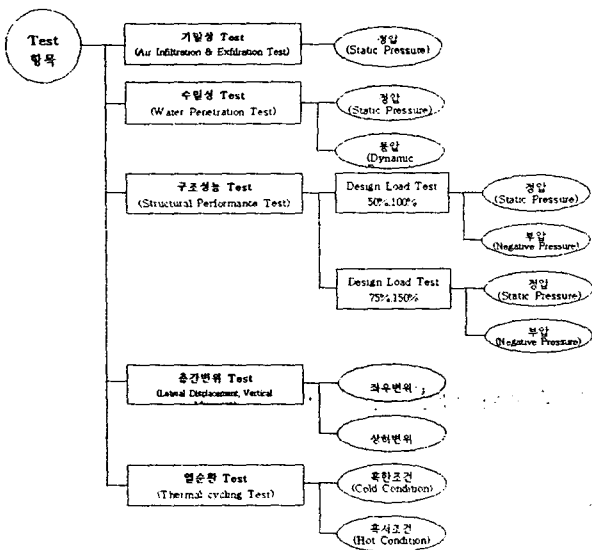
** 종신회원, 광운대학교 건축공학과 교수, 공학박사

어야 한다. 그러므로 전반적인 성능을 확인하기 위한 목업 테스트는 필수적이며 최근에 들어서 고층 건물의 경우 거의 일반화가 된 상황이다. 그러나 모든 커튼월에 대해서 반드시 테스트를 하여야 하는 것은 아니다. 테스트의 필요성을 면밀히 검토하여 요구될 경우 테스트의 종류 및 기준이 설정되어야 한다.

커튼월을 구성하는 각부위(Glazing 부위, 외벽본체, 외벽체와 구조체의 연결관계)등의 기능을 복합적으로 평가하고 제품의 안전성을 실물시험을 통하여 도면과 계산으로만 파악하기 어려운 문제점을 실제 시공 전에 확인하여 본 공사에 반영하기 위하여 실시한다.

2.2 Test 항목

목업테스트의 항목은 <그림-1>과 같다



<그림-1> 목업테스트 항목

2.3 Mock-up Test 방법 및 기준

1) 사전 테스트(Preload Test)

- 본 Test 전 시험시료의 이상 유무를 확인한다.

<표-1> Preload Test 항목 및 기준

Reference Spec	ASTM ¹⁾ E-330
Criteria	설계풍압 50%의 압력으로 실시 시험체에 이상이 없을 것.
Duration	10초(또는 30초, 60초)

2) 기밀시험(Air Infiltration/Exfiltration Test)

- Curtain-Wall 자체의 내외부 압력차에 의한 공기유출량 측정한다.

<표-2-1> 기밀시험 항목 및 기준

Reference Spec	ASTM E-283
Criteria	Min. : 1.57PSF(=7.6kg/m ² , 75Pa, 25Mph), Max. : 6.24PSF(=30.4kg/m ² , 298Pa, 50Mph)
Duration	Up To Stabilization

1) ASTM : American Society for Testing & Materials

<표-2-2>기밀시험 종류

	Requirement
Fixed Area	0.06CFM/ft ² (=0.182M ³ /MIN, m ² =1.097M ³ /Hr.M ²) 이하 OR BY SPEC
Operable Area	0.5CFM/Ft(=0.0464 M ³ /MIN.M=2.784M ³ /HR.M) 0.375CFM/ft(=0.0348M ³ /MIN,M=2.088M ³ /HR.M) 0.2595CFM/ft(=0.0232M ³ /MIN,M=1.392M ³ /HR.M) 0.1CFM/ft(=0.0093M ³ /MIN, M=0.588M ³ /HR.M) 이하 OR BY SPEC

3) 수밀시험(Water Penetration Test)

- 살수시 시험체 내부로 물이 누수되는가를 관찰한다.

<표-3> 수밀시험 항목 및 기준

	정압하의 수밀시험 (Static Pressure)	동압하의 수밀시험 (Dynamic Pressure)
Reference Spec	ASTM E-331	AAMA ²⁾ 501.1
Criteria	20% Of In Ward Design Wind Pressure (Min. 6.24PSF(=30.4kg/m ² =299Pa), Max. 12PSF(=58.5kg/m ² =574Pa) or by SPEC	
살수량	3.4L/MIN.m ²	
Duration	15분	
Requirement	No Water Leakage Of Any Kind Or No Uncontrollable Water Leakage	

4) 구조성능시험(Structural Performance By Static Pressure)

<표-4> 구조성능시험 항목 및 기준

	Design Load Criteria	Proof Load Criteria
Performing	±50% & ±100% Of Design Wind Pressure or by SPEC	±75% & ±150% Of Design Wind Pressure
Reference Spec	ASTM E-330	
Allowable Deflection	L/175(L=Clear Span) Or 3/4 Inch(=19mm) 중 작은 값	2L/1000 Or L/1000
Explanation	설계풍압력의 100%에 해당하는 압력을 가하여 구조재 및 유리의 휨을 측정	설계풍압력의 150%에 해당하는 압력을 가하고 잔류변형을 확인하기 위해 0 kg/m ² 의 상태에서 영구변형을 측정

5) 측간변위시험(Lateral Displacement Test)

지진 및 풍압 Data를 기초로 한 변위량을 시험체에 가하여 그 추종성과 복귀성을 시험하며 고층건물의 커튼월 설계기준이다.

<표-5> 측간변위시험 항목 및 기준

지진의 빈도	때때로 발생	가끔 발생	극히 일어나기 힘들
측간변위율	H ³⁾ /400	H/300	H/150
Curtain-Wall 성능	A ⁴⁾	B ⁵⁾	C ⁶⁾

2) AAMA : American Architectural Manufacturer's Association

3) H : 층고

4) A : 보수하여 재사용 가능한 정도

3. Mock-up Test 시방서의 문제점

3.1 현 건축공사표준시방서7)의 내용

3.1.3 금속 커튼월의 실물 모형 실험(mock-up test)

가. 성능시험 시행여부·규모·시험종목 및 판정기준은 공사시방에 따르고, 공사시방에 정한 바가 없을 때에는 '다'항에 따른다.

나. 성능시험용 도면은 담당원이 지정하는 부분에 대하여 작성하며, 본 건물에 부착된 상태로 제작하여 담당원이 인정하는 시험소에서 성능시험을 할 수 있도록 보고서를 작성하여 담당원에게 제출하여 승인을 받은 후 성능시험을 실시한다.

다. 시험종료 후 각종 시험에 관련된 시험결과를 담당원에게 제출해야 하며, 성능 시험 관련사항은 아래와 같다.

1) 시험소 ; 담당원이 지정하는 국내·외 시험소에서 실시한다.

2) 시험종목

가) 예비시험

설계풍압력의 50%를 일정시간(30초) 동안 가압하여 시험장치에 설치된 시료의 상태를 일차적으로 점검하여 시험 실시 가능 여부를 판단하거나 실시하는 예비시험이다.

나) 기밀시험

지정된 압력차(공사시방에 정한바가 없을 때에는 1.57P.S.F.(시속 40km 7.8kgf/m²) 아래서 유속을 측정된 뒤 시험체에서 발생하는 공기 누출량을 측정하고, 설계기준의 기밀정능을 만족하여야 한다.

*설계기준의 기밀정능

1) 기밀정능은 압력차 1kg/m²에 대한 단위벽면적, 단위시간당의 통기량을 의해 표시하고, 그 단위는 m³/m².min으로 한다.

2) 기밀정능 및 시험방법은 공사시방에 따르나, 정한 바가 없을 때에는 1.57P.S.F (시속40km 7.8kgf/m²) 압력차에서 공기 유출량은 고정창의 경우 0.06 C.F.M/ft²(0.0183m³/m².min) 이하이어야 하고, 개폐창의 경우에는 0.5 C.F.M/ft²(0.0481m³/m².min)이하가 되도록 설계한다.

다) 정압수밀시험

설계풍압력의 20% 압력 아래에서 3.4 ℓ/min·m²의 유량을 15분 동안 살수(water spray)하여 실시하며, 시험장치에 설치된 시료의 바깥에서 누수상태를 관찰하여 누수가 발생하지 않아야 한다.

라) 동압수밀시험

규정된 압력의 상한값까지 1분동안 정압으로 예비로 가압한 뒤에 시료의 이상여부를 확인하고, 시료 전면에 4 ℓ/min·m²의 유량을 균등히 살수하면서 규정된 압력에 따라 KS 기준 맥동압을 10분동안 가한 상태에서 누수가 없어야 한다.

마) 구조시험

(1) 설계풍압력의 100%를 단계별로 증감(대개 50%,

- 5) B : Flashing 등의 보수가 필요한 정도
- 6) C : 마감재의 파손이 발생 및 탈락이 발생되지 않는 정도
- 7) 건축공사표준시방서 99: 건설교통부 제정

<http://www.cn.co.kr/> 발췌

100%, -50%, -100%의 4단계로 구분함)하여 설계풍압력 ±100% 아래에서 구조재의 변위와 측정 유리의 파손여부를 확인하고, 설계기준을 만족하여야 한다.

(2) 설계풍압력의 150%에 대해 (1)항과 같이 실시하며, 잔류 변형량을 측정하기 위해 0kg/m²로 압력제거시 변위를 측정하여 L/1000 이하이어야 한다.(L: 지점간의 거리)

* 설계풍압력의 설계기준 : 수직방향에 대한 휨은 L/175 (L=clear span) 또는 19mm이하의 두 개의 값 중 작은 값을 선택해야 한다.

3.2 건축표준시방서의 문제점 고찰

1) 예비시험에 대한 시방서 상의 문제점

설계 풍압력의 50%를 일정시간동안 가압이라는 표현은 다음과 같은 문제가 있다.

① duration에 대한 설명이 미흡하다. (duration은 보통 10초(또는 30초, 60초)로 행하여지고 있다.)

② 설계풍압력이라 함은 정압 또는 부압을 뜻하는데 그것에 대한 의미전달이 미흡하다.

2) 기밀시험에 대한 시방서 상의 문제점

1.57P.S.F (시속40km 7.8kgf/m²)는 최소치로서 기밀성 시험에서는 최대압력차에 대한 고려가 명시되어있지 않다. { Min.:1.57P.S.F(=7.8kgf/m², 75PA, 25MPH), Max.: 6.24P.S.F(=30kgf/m², 299PA, 50MPH) } 또 개폐창의 0.5 C.F.M/ft는 일반 개폐창의 최대치로서 개폐창의 종류와 크기에 따라 0.375C.F.M/ft, 0.25C.F.M/ft, 0.1C.F.M/ft 이하가 되거나 By SPEC값을 가질 수 있다.

3) 정압수밀시험에 대한 시방서 상의 문제점

설계풍압력의 20% 압력이라 함은 정압의 20%를 뜻하므로, Min = 6.24P.S.F(=30kgf/m², 299PA, 50MPH), Max = 12P.S.F(=30kgf/m², 299PA, 50MPH)로 두고 설계풍압력의 20%가 6.24P.S.F에 못 미치는 경우는 6.24P.S.F에 압력차로 Test되어야 한다.

3.3 시방서의 문제점 발생사례

다음에 나오는 시방서는 D알미늄사에서 맡은 부산시에 우체국 신축공사에 사용된 시방서의 일부분으로서 목업테스트 이해 부족으로 인하여 위에서 살펴보았던 문제점이 다음 시방서 상에서 발생되었고 그 부분만 발췌하였다.(잘못된 부분 밑줄 표기.)

<표-6> 부산시 우체국 신축 공사 시방서의 일부분

(5) 수밀성 시험
설계 풍압력(In Ward Design Wind Load)의 20%에 해당하는 실내외 압력차에서 누수 또는 Uncontrolled Water Leaks이 발생하여서는 안된다.

(6) 기밀성 시험
ASTM E-283에 의하여 시험하였을 경우 0.06C.F.M 이하의 공기 누출이 되어야 한다.

4. Mock-up Test 항목의 개선 방안 제시

바람직한 테스트순서는 다음과 같다.

- 1) VENT의 경우 25회의 OPENING, CLOSING, LOCKING을 실시.
- 2) Preload at 50 percent of inward and outward design pressure.(10percent)
- 3)Air infiltration/exfiltration.(opening 방향에 따라서)
- 4) Water Penetration under static pressure.
- 5) Water Penetration under dynamic pressure.
- 6) Structural test at 50 percent and 100 percent of inward design pressure.
- 7) Structural test at 50 percent and 100 percent of outward design pressure.
- 8) Repeat Air infiltration/exfiltration.
- 9) Repeat Water Penetration under static pressure.
- 10) Seismic Racking Test.
- 11) Repeat Air infiltration/exfiltration.
- 12) Repeat Water Penetration under static pressure.
- 13) Structural test at 75. percent of inward design pressure.
- 14) Structural test at 150 percent of inward design pressure.
- 15) Structural test at 75 percent of outward design pressure.
- 16) Structural test at 150 percent of outward design pressure.
- 17) Vent Test.
- 18) Thermal Cycling Test.
- 19) Tie Back Test.
- 20) Glass Box-Out Test.

목업테스트를 함에 있어서 현실적으로는 1)-7)까지 1회만 시행을 하는 경우가 대다수이다. 시방서 상에서도 테스트 항목만을 명시하였고 구체적으로 몇 번의 테스트를 거

쳐야 하는지에 대한 규정은 찾아볼 수 없다. 한번의 테스트로 커튼월 성능에 대해서 완벽한 보장이 된다고 말할 수 없다. 1회의 테스트로 성능시험기준을 만족시킨다하더라도 2차, 3차적으로 응력이 발생했을 때에는 커튼월 성능에 대해서 문제점이 나타날 수 있기 때문이다.

따라서 위의 절차처럼 2차, 3차적으로 반복된 테스트를 통해 커튼월 성능을 검증하는 것이 바람직하다 할 것이다

5. 결론 및 향후 연구

지금까지 기존 목업테스트 시방서의 문제점 등을 분석하였고 좀 더 바람직한 목업테스트 시방서를 제시하고자 하였고 향후 계속되는 연구를 통하여 미비된 문제점들을 보완해 나가야 하겠다.

아울러 목업테스트의 방법뿐만 아니라 그 시행 시점도 중요한 요소로 설계단계에서 충분히 고려되어야 할 사항이나 현실적으로 바쁜 공사일정에 일정에 미루어져 그 본연의 의미를 상실하고 있는바 이런 문제점등에 대한 분석도 수행되어야 할 것이다.

마지막으로 이 글을 쓰는데 가장 큰 힘이 되어주신 CNC의 안찬식 부장님께 큰 감사의 인사를 드리며, 바쁜 시간에도 질문에 성실히 답변해주신 동부건설의 장성욱 부장님, 연구 중에도 자기일처럼 도와준 신봉수 학형, 그리고 시험기간 임에도 귀중한 시간을 내준 정연우 학형에게도 깊은 감사를 드린다.

참고문헌

1. 권태웅 "커튼 월 계획과 시공" 1993년 도서출판 세웅
2. "Information For Laboratory Mock-up Test" CNC TESTING LABORATORY
3. 경부고속철도 광명역사 현장 시공계획서
4. D알미늄 부산 우1동 신축공사 시방서
5. 손영주, "커튼 월 실시공 사례분석에 의한 공법 연구" 한양대 산업대학원 2002년

Abstract

Curtain wall (for the outside wall) must be designed and constructed to resist weather condition of nature like rain, wind and surrounding environment. So, Now days, Mock-up test of curtain wall's total capability is generally used for skydraft building. But, Mock-up test specification in korea is so weak that there are lots of disputation. Also, lacking of clearness in specification causes many trouble in adaptation. Therefore, I would like to consider the problem of Mock-up test specification by inspecting and comparing with other country's works. and I will mention the way of appovement in our specification.

Keywords outside wall, Curtain-Wall, Mock-up Test, Specifications
