대테러 예방을 위한 방폭창호 시스템

㈜시티월 ENG
대표이사
신흥 대학교 건축과
겸임교수(공학박사)
한국 풍공학회 이사
원종호

풍공학회 회원
㈜시티월 ENG 구조
팀 팀장, 금오공과대
학교 박사과정
(건축내풍연구실)
최심국

1. 들어가는 글

미 국무성의 2006년 테러관련 통계 자료에 의하면 2005년에 발생한 전 세계의 테러는 11,111건이며 이로 인한 사망자 수는 14,602명에 이르는 것으로 보고되고 있다. 주요 테러대상국 중의 하나인 미국이나 이스라엘의 경우는 오래 전부터 군 시설물은 물론 주요 관공서, 공공건물 등에 대하여 대테러 예방을 위한 규정을 정하여 시설물의 설계에 반영해 오고 있다. 특히 9·11 테러 이 후에는 미 국방부 소유 모든 신축 건물 설계에 대해 관련 규정의 적용을 강화하고 있으며 이에 대한 대책으로 테러의 위험에 노출된 구간에는 방폭제품 설치를 의무화 하고 있다. 이는 건물의 방호설계에서는 방폭창호의 시공이 필수적인데 일반창호의 경우 충격에 매우 취약해서 폭발물 테러 시 발생하는 강한 폭압과 유리파편의 비산으로 인해 건물 내부 인명에 심각한 상해를 입힐 수 있기 때문이다.

반면 그 동안 폭발물 테러에 의한 피해사례가 전무했던 국내의 경우 테러예방 설계에 관한 관심도 적었고 방폭창호 시스템의 국내 수요도 거의 없으므로 외국에 비해 제품개발의 필요성은 물론 관련 연구의 수행 실적도 미미한 형편이었다. 과거 국내에 주둔하고 있는 미군 기지에서 소량의 대체 수요가 있었으나 미국이나 이스라엘에서 전량 수입한 후 단순 시공만 하는 등 방폭창호에 대한 필요성에 대해 자각하지 못하여, 우리나라는 테러의 안전지대로만 인식하고 지내 왔다.

하지만 최근 몇 년 사이 국내창호 업체들에서 방폭창호를 FACADE 분야의 새로운 아이템으로 인지하고, 최근 꾸준한 연구 개발을 통해 국내 대표적인 창호 업체인 남선알미늄, 동양정공, 이건창호, LG하우시스, 한글라스 등은 내부적으로 방폭 인증 창호를 보유하고 있다. 2016년까지 완공예정인 용산 미군기지 이전사업에서는 모든 건물에 대하여 미 국방부의 테러예방 설계표준이 적용되어, 방폭창호 시스템의 수요가 약 2,000~3,000억 규모로 업체들의 이목을 끌고 있다. 장기적으로는 군시설 및 기지 내 주변 주택을 중심으로 수요의 증가뿐만 아니라 단순 군 관련 시설 외에도 화학 단지 및 테러가 우려 되는 정부 주요 시설 등에도 사용 될 것으로 예상 되고 있다. 특히 2010년 '건축물 테러예방 설계가이드라인'이 제정되면서 종합병원, 초고층 빌딩 등을 포함한 20,000 m2 초과 건축물에 대해 향후 폭발피해 최소화 설계, 피난 및 피해 대비 설비의 계획 등이 점진적으로 적용될 것으로 예상된다. 점차 국내에서도 테러로 인한 피해를 예방하고 최소화 할 수 있는 건축물의 설계를 유도하고 있어 앞으로도 다양한 분야에서 방폭창에 대한 수요를 기대할 수 있다.

한편 미군기지와 같은 경우 방폭창호의 현장 적용 전 각 창호에 대한 구조해석을 요구하고 있고

모든 보고서에 미국 구조기술사의 승인을 요구하고 있으나 국내 업체에서는 미국 구조기술사를 보유하고 있지 않는 실정이므로 현장의 요구대응에 있어서 기술적, 시간적으로 어려움을 격고 있다. 본고에서는 방폭창호 엔지니어링에 대한 전반적인 과정 및 적용기준을 설명, 요약하여 이러한 국내 여건에 발 빠르게 대처할 수 있도록 한다.

2. 몸 글

2.1 범위

건물의 테러대비 설계에 관한 미 국방부의 규정은 통합 규정인 Unified Facilities Criteria(UFC)를 비롯하여 폭발 조건에 대응하는 설계하중의 산출을 위한 ASTM F 2248, 창유리 하중 저항력 산출을 위한 ASTM E 1300 그리고, 창호 시험품의 방폭성능 평가를 위한 ASTM F1642 등이 있다.
기준에 의한 해석이 아닌, 창호시스템의 방폭성능 인증획득은 시간과 비용이 매우 큰 편으로 많은 시행착오를 피할 수 없다. 국내의 경우 미 국방부가 인증하는 시험시설이 구축되지 않아서 대부분 미국에 소재한 시험기관을 활용해야하기 때문에 그 어려움은 더 크다.
따라서 이러한 시험비용의 지출을 최소화하기 위해서는 성능 해석을 통한 설계 검증이 필수적이며, 각 규정들은 상호 보완적으로 한 개의 규정이 아닌 각각의 모든 규정에 대한 습득 후에 단계별로 해석해야 한다.

2.1 단계별 적용 기준

2.1.1 시설물에 대한 대테러 예방 설계 표준(UFC 4-010-01)

이는 건물의 용도 별로 방어 수준을 정의하고 테러 위협물(폭발물, 화염무기, 화재, 생화학무기 등)의 중량, 이격거리 등의 폭발조건을 정의한다. 이러한 폭발조건은 건물이 통제구역 내에 위치하는지의 여부, 폭발물의 운반수단(사람, 차량, 배, 소포 등) 그리고 건물 주변으로의 접근가능 경로(주차장, 일반 통행로, 철길, 쓰레기통 등) 등에 따라 달라진다. 이는 단지 내 시설물의 배치, 예상되는 테러위협물의 종류와 그 이동 수단 등에 따라서 기술한다. 또한 건물의 용도별 방호수준을 정의하고 이를 달성하기 위한 최소 폭발조건 즉, 폭발물의 중량과 이격거리를 규정한다.(Figure 1-1, 1-2) 창호시스템의 경우 잠재적 손상의 형태를 정도에 따

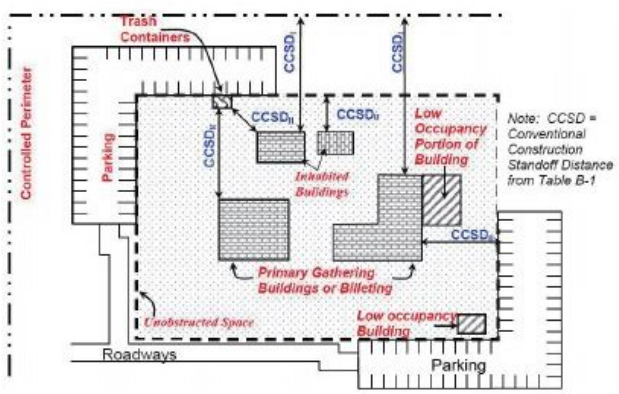

Figure 1–1. Standoff Distanced
– With controlled Perimeter

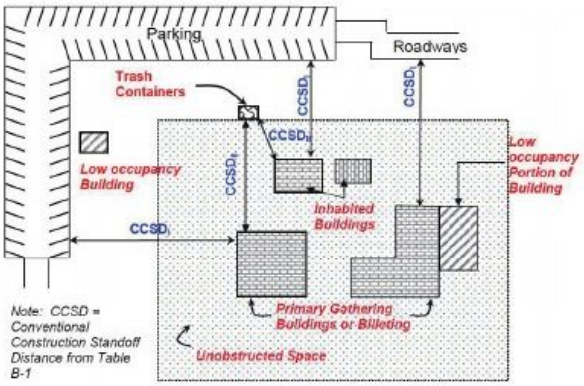

Figure 1–2. Standoff Distanced
– No controlled Perimeter

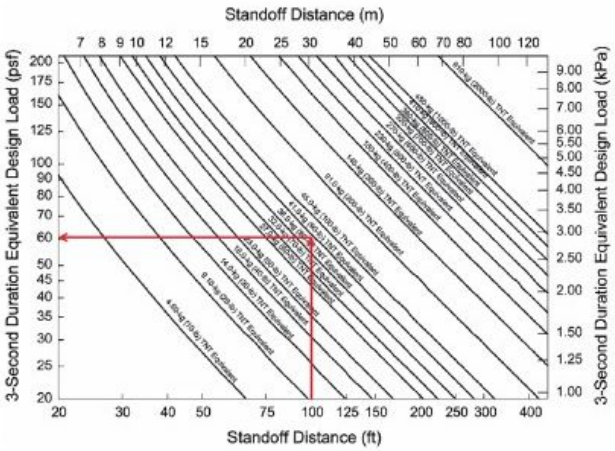

Figure 2. Determination of 3–Second Duration Equivalent Design Load

라 분류하여 방어수준을 정하고 이를 달성하기 위한 최소한의 유리 두께와 이를 지지하는 창틀구조의 강성 확보를 위한 설계 요구조건 등을 정의한다. 앞서 설명 한 것과 같이 UFC 4–010–01는 건물의 대테러 예방설계에 필요한 최소한의 지침을 제공하고 있으며, 더 강화된 기준으로는 PDC Technical Report 10–02를 참고해야 한다.

2.1.2 폭발물에 의한 하중 산정(ASTM F 2248)

ASTM F 2248는 폭발물의 중량과 이격거리에 따라 발생하는 동하중에 대해 등가정적 하중으로 환산한 설계하중을 도표로 제공함으로서 좀 더 신속하고 정확한 하중 산정을 할 수 있게 한다. 이는 3–second duration equivalent design load(3초간 설계풍압)로 제시된다.(Figure 2.)

2.1.3 유리의 하중 저항력 평가(ASTM 1300)

ASTM1300은 ASTM F 2248에 의해 산정된 등가정적하중에 대해 해당 창호유리의 하중 저항력을 평가할 수 있는 기준이다. 유리의 외형 크기 및 종류(접합유리의 강화, 반강화, 일반), 두께만으로 유리의 하중 저항력을 추정해볼 수 있다. 이는 "Window Glass Desing 5"프로그램을 통해 좀 더 빠르게 확인 가능하며, Figure 3–1, 3–2는 10mm(3/8 inch) 4면지지 유리에 대한 하중 저항 평가표 및 처짐에 대한 예시이다.

동적 해석법으로는 미 내무성에 제공하는 WINGARD program을 활용한다. WINGARD는 단자유도계 모델링을 기반으로 창유리의 동적 성능을 예측해 볼 수 있는 프로그램으로 압력-충격량 성능곡선과 예상되는 위험도 등급을 제시해 줌으로써 실제 인증시험에 앞서 필요한 설계 사양을 검토해 볼 수 있다.

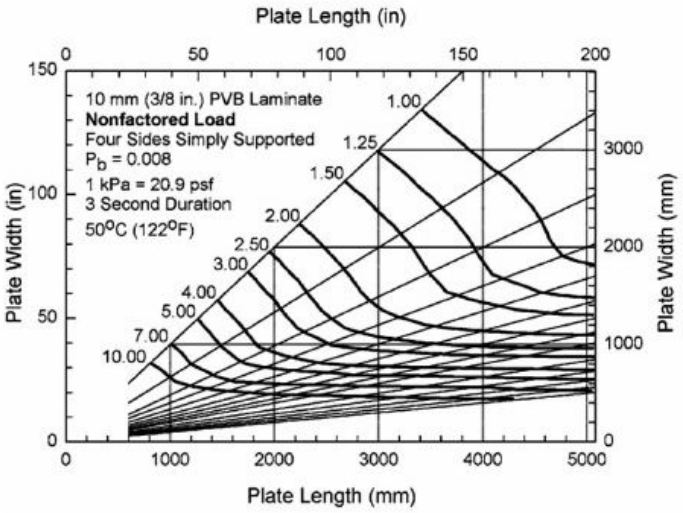

Figure 3-1. Non-factored Load Chart for 12.0mm(3/8 in.) Laminated Glass with Four Sides Simply Supported

2.1.4 Window Frame 및 Anchorage 등 창호 시스템에 대한 해석

Window frame 및 Anchorage에 작용하는 하중은 유리의 파손 없이 유리에 가해지는 하중이 100%전달된다고 가정한다. 각각의 부재들에 작용하는 부재력 및 반력은 STATIC DESIGN(정적설계)에 의해 MIDAS등과 같은 유사 프로그램을 통해 손쉽게 산출 가능하며, 간단한 산식을 통해서도 추정 가능하다. 부재력에 대해서는 ALUMINUM은 ALUMINUM DESIGN MANUAL, STEEL은 국내 강구조 계산 기준에 의해 해석 가능하다. 또한 미 국방부에서는 UFC 4-010-01에 근거하여 테러 표준을 만족하는 수치해석 기반의 프로그램인 SBEDS를 개발하여 CURTAIN WALL SYSTEM등 구조물에 대해 DYNAMIC DESIGN(동적설계)이 가능한 프로그램을 제공하고 있다. 아래 Figure 4-1 및 Figure 4-2는 부재에 대한 INPUT DATA 와 부재 해석에 대한 결과이다.

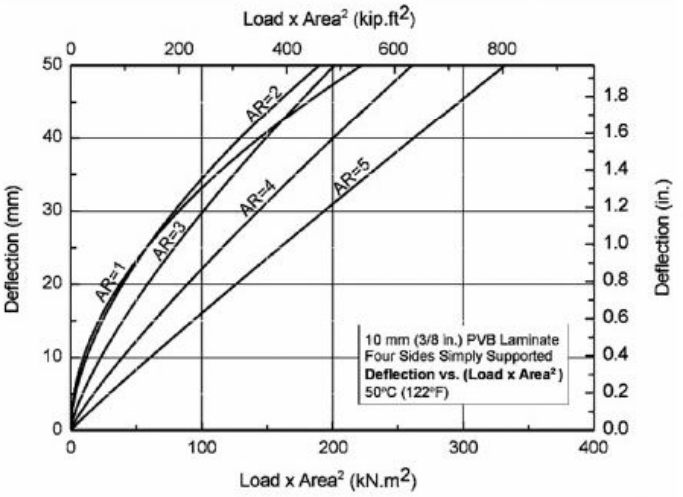

Figure 3-2. Deflection Chart for 10.0mm(3/8 in.) Laminated Glass with Four Sides Simply Supported

미국방부에서 개발한 SBEDS의 최소 테러방지기준에 따른 설계기준은 DYNAMIC DESIGN(동적설계) 기반으로 해석 되지만, 우발적인 폭발력에 대해서는 UFC 3-340-01에서, 일반적인 무기에 의한 폭발력에 대해서는 UFC 3-340-01에서 기술함으로서 SBEDS와의 차이를 두고 있다.

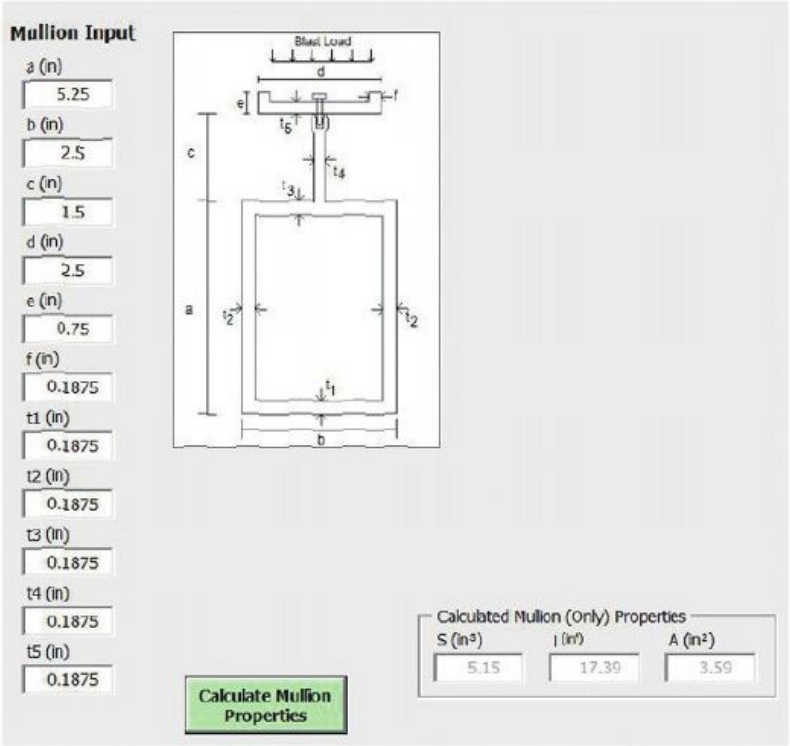

Figure 4–1. Example – SBEDS input for primary mullion

Results Summary					
θ_{max} = 3.49 deg.		Design Criteria: VLLOP/Secondary-NS			
μ = 1.93		Response OK compared to input design criteria			
X_{max} Inbound =	4.93	in	at time =	33	msec
X_{min} Rebound =	-0.03	in	at time =	83	msec
R_{max} =	1.06	psi	at time =	33	msec
R_{min} =	-0.99	psi	at time =	83	msec
Shortest Yield Line Distance to Determine				81.0	in
Equivalent Static Reactions					
Peak Reaction (Vu) and Shear Information Based on Ult. Flexural Resistance					
				Mullion	
Vu at Support A =				4,021	lb
Vu at Support B =				4,021	lb
Maximum Vu for Connection				4,021	lb
Shear Capacity				Mullion	
Shear Area: A_v				2.11	in^2
Shear Capacity: V_c				36,684	lb
Shear Check				OK	

Figure 4–2. Example – SBEDS results for primary mullion

2.2 방폭창호 시스템의 성능시험

방폭창호 시스템의 성능시험은 두 가지로 구분 할 수 있는데 개방된 공간에서 콘크리트 등으로 시공한 밀폐형 간이시설물에 시험품을 설치하고 이것으로부터 일정거리 떨어진 위치에서 TNT 폭발물을 점화하여 직접적으로 파괴력을 주는 'Open air arena test'와 약 30m 길이인 원통형 관의 중간 부분에 강한 압력으로 공기를 압축시킨 후 순간적으로 방출시키면서 약 10m 후방에 설치된 창호의 시험품에 고압의 충격파를 전달하여 시험하는 'Shock tube test'가 있다. 'Open air arena test'는 미군기지 이전사업의 수요처인 미 극동공병단에서 인정하는 시험방법으로 ASTMF 1642의 시험절차에서 규정하고 있고 이 시험절차를 만족하는 미국의 시험기관에서 시제품 하나당 세 번의 폭발시험을 수행한 후 유리의 비산거리에 따른 위험도 등급을 부여 받게 된다. 국내에서도 국방과학연구소에서는 군부대 시설 및 연구소에서 폭파 실험과 폭발물로 인한 우발적 사고로부터 시설물을 보호하기 위해 이와 같은 방식으로 방폭문 테스트 실험을 하고 있으나 국내자체 확인을 위한 것으로만 활용되고 있다.

국제적인 방폭제품 공인인증을 받기 위해서는 창호등 UFC 설계표준의 적용이 의무사항이므로 제품 개발에 있어서 미국 본토에서의 실험이 불가피하다.

3. 마치는 글

국내 방폭창호의 시장은 앞에서 언급 한 것과 같이 용산 미군기지 이전사업뿐만 아니라 중요건물 및 초고층 건물 등 다양한 건물에 적용이 가능하다.

지금까지는 방폭성능 인증을 위해 해외의 특정 시험기관을 통해 실험을 하고, 국내 공사를 위해서도 미국의 구조기술사의 확인을 통해서만이 현장적용이 가능하다. 지금도 미군기지 현장에 방폭창호를 설치/시공하는 업체들은 제품 개발뿐만 아니라 구조 해석과 같은 전반적인 엔지니어링에 대해 미국 등 해외의 인증기관에 의해서만이 승인 가능 하므로 신속한 대응뿐만 아니라 불필요한 비용을 지불하는 등 많은 어려움을 겪고 있다.

이러한 비효율적인 비용과 시간을 절약하고 최소화하기 위해서는 설계단계에서 좀 더 정확하고 적극적인 성능 검증이 필수적이다. 또한 국가적으로는 국민의 안전을 위해 이러한 방폭창호 개발을 위한 국내업체들의 효율적인 제품 생산을 위해 국내 인증기관 및 기준 마련이 시급하다.

참고 문헌

1. 미 국방부, UFC 4 010 01~02, UFC 3-340-01

2. 미국 재료 시험 학회, ASTM F 2248, ASTM E 1300

3. 한국소음진동공학회논문집, 공기중 폭발하중에 대한 창호시스템의 방폭설계 절차에 관한 고찰