

기능성 방폭 창호시스템에서 샤시 잠금장치의 구조해석과 시험평가

Structural Analysis and Test Evaluation of Hardware Components in Turn and Tilt Blast Window System

허영철† · 정태영* · 오성근**

Young-Cheol Huh, Tae-Young Chung and Sung-Keun Oh

1. 서 론

2004년 12월 국회에서 비준 동의된 주한 미군의 용산기지 이전협정에 따라 현재 용산, 동두천에 주둔 중인 주한 미군은 오는 2016년까지 평택의 미군 기지로 단계적인 이전이 추진 중이다. 이전 완료 시점과 미군기지 이전사업에 소요되는 총 예산 등은 현재까지도 확정되지는 않았지만 기지 내에 들어서게 될 건물의 발주가 시작되면서 2013년부터 관련 사업의 추진이 가시화되고 있다. 평택의 미군기지에 건립될 모든 건물은 설계 시 미 국방부의 대테러 예방을 위한 시설물 설계표준이 적용되고 있으며 이에 따라 방폭 창호시스템의 시공은 필수적이다. 미군기지 내의 방폭 창호시스템 수요가 수천억 원에 이를 것으로 추산되는 가운데 (주) 동양정공을 포함한 일부 국내 기업에서는 방폭 창호시스템의 국산화 개발을 서두르고 있다. 그러나 시제품 개발에 필요한 국내 인프라 즉, 성능해석 및 시험평가를 위한 기반이 취약하여 대부분 미국의 전문기관에 의존하고 있는 실정이다.

본 논문에서는 (주) 동양정공에서 개발 중인 기능성 방폭 창호시스템에 대해서 설계단계에서 수행되었던 구조해석과 시험평가 사례에 대해 기술한다. 1차 시제품의 성능시험 결과를 바탕으로 2차 시제품의 재설계가 계획되었는데 샤시 잠금장치의 재배치에

대한 검토가 우선적으로 필요할 것으로 추정되었다. 이러한 추정을 좀 더 구체적으로 확인하기 위하여 1차 시제품에 대한 구조해석과 인장시험이 수행되었다. 해석 및 시험결과의 정량적인 분석을 통해 2차 시제품에 대한 샤시 잠금장치의 재배치 설계가 완료되었고 설계 개선사항을 확인하기 위한 재해석을 수행하였다. 그 결과 설계하중에 대해 2차 시제품의 구조 안전성은 충분히 확보된 것으로 판단하였다.

2. 기능성 방폭 창호시스템의 설계 개선

2.1 기능성 방폭 창호시스템

창호의 개폐 방식에 따라 다양한 기능을 갖는 창호시스템이 존재한다. 대표적으로 turn and tilt 방식의 창호시스템을 검토한다. 기능성 창호시스템은 크게 창유리와 이를 감싸는 샤시프레임, 건물의 외벽에 고정되는 외부프레임으로 구성된다. 또한 구성 부품으로써 샤시를 외부프레임을 연결하는 잠금장치와 외부프레임을 벽에 고정시키는 앵커가 있다. 방폭 창호시스템의 요구 성능을 확보하기 위해서는 설계 단계에서 각 구성품들의 강성이 충분한지를 확인하는 것은 물론 특정 구성품의 상대적인 강성이 낮거나 높지 않도록 주의할 필요가 있다. 일반적으로 건물 외부로부터의 폭발하중은 유리, 샤시, 잠금장치, 외부프레임, 앵커를 거쳐서 벽으로 전달되는 경로를 갖는 것으로 알려져 있기 때문에 전달된 에너지가 특정 구성품에 과다하게 흡수되어 파손되는 것을 예방하기 위함이다.

2.2 1차 시제품의 구조해석 및 평가

1차 시제품의 성능시험 결과로부터 창유리의 강

† 교신저자; 정회원, 한국기계연구원

E-mail : ychuh@kimm.re.kr

Tel : (042)-868-7468, Fax : (042) 868-7418

* 한국기계연구원

** (주) 동양정공

성은 충분한 것으로 확인되었으나 사시를 외부프레임에 연결하는 잠금장치가 파단 되면서 외부프레임으로부터 창유리가 이탈하는 현상이 발생하였다. 이러한 현상을 좀 더 정량적으로 분석하기 위하여 유한요소법에 의한 구조해석을 수행하였다. 창유리를 감싸는 사시프레임은 보로 모델링하였고 잠금장치는 해당 위치에서 지점 경계조건으로 고려하였다. 설계 하중은 분포하중으로 가정하였다. 해석결과 지점 반력은 위치 별로 크기의 편차가 컸으며 심지어 설계 하중의 방향과 동일한 경우도 확인할 수 있었다. 잠금장치의 파단이 가장 먼저 발생한 곳은 지점 반력의 크기가 가장 큰 위치로 판단되었고 이러한 결과는 성능시험의 영상녹화 결과와 잘 일치함을 확인하였다.

2.3 사시 잠금장치의 인장시험

1차 시제품에 적용된 잠금장치는 설치 위치에 따라 서로 다른 두 가지 형태의 연결방식을 갖는다. 사시에 전달되는 하중의 방향과 잠금장치의 저항 방향 등을 충분히 예상하여 인장시험을 수행하였다. 보유 중인 잠금장치를 임의로 각각 10개씩 추출하여 시험한 결과 극한강도의 크기는 시편에 따라 일정하지 않았으며 68 lb의 편차를 갖는다.

2.4 2차 시제품의 구조해석 및 평가

2차 시제품은 잠금장치의 개수를 좀 더 늘렸고, 1차 시제품의 구조해석 결과를 참고하여 지점 반력이 가급적 대칭을 이룰 수 있도록 재배치하였다. 1차 시제품 경우와 동일한 방법으로 구조해석을 수행한 결과 파단 지점의 반력은 약 40 % 수준으로 감소하였다. 아울러 지점 반력의 방향이 설계하중의 방향과 동일한 현상도 사라졌음을 확인하였다. 인장시험결과를 근거로 해석결과를 판단했을 때, 2차 시제품 잠금장치의 파단 가능성은 매우 낮다.

3. Shock tube test에 의한 성능시험

3.1 Shock tube test

약 30미터 길이의 원통형 관(tube)의 중간 위치에서 수백 psi의 압력으로 공기를 압축시킨 후 순간적으로 방출시키면 이로부터 약 10미터 정도 떨어진 후방에 미리 설치된 창호 시제품에는 고압의 충격파

가 전달된다. 시험 종료 후에는 ASTM F 1642의 절차에 따라서 손상된 유리파편의 개수, 통합길이 그리고 비산거리 등을 측정하여 위험등급(hazard rate)을 결정한다.

3.2 1차 시제품의 시험결과

1차 시제품의 성능시험 결과 창유리에 균열은 발생하였으나, 파편조각은 튀어나오지 않음으로써 창유리의 하중 저항력은 충분히 확보된 것으로 판단된다. 그러나 잠금장치가 파단 되면서 외부프레임으로부터 창유리가 전체가 이탈하였고 이로 인해 시제품의 위험등급이 2등급 이상 위험도가 높아진 원인이 되었다.

3.3 2차 시제품의 시험결과

2차 시제품의 성능시험 결과 창유리는 물론 모든 잠금장치는 안전하게 제 위치를 확보하고 있음을 확인하였다. 2차 시제품의 위험등급은 1차 시제품 보다 2등급이 향상되어 잠금장치의 재배치 설계가 매우 효과적이었음을 확인할 수 있었다.

4. 결 론

국산화 개발 중인 기능성 방폭 창호시스템에 대하여 설계 단계에서 구조해석과 인장시험을 수행한 후 그 결과를 시제품의 재설계에 반영하였다. Shock tube test에 의한 성능시험 결과 1차 시제품과 비교하여 위험등급 수준이 2단계 향상된 결과를 확인할 수 있었다. 설계의 주된 개선 사항은 사시 잠금장치의 재배치 설계였고 그 결과는 매우 효과적인 것으로 판단한다. 대상 시제품은 최근에 ASTM F 1642의 절차에 따른 open arena test를 통과하여 미군기지 이전사업 참여에 필수적인 성능인증 등급을 획득하였고 개발 기업은 본격적인 사업 참여를 준비 중이다.

후 기

본 연구는 한국기계연구원의 주요사업 중 하나인 “KIMM 중소기업 기술지원 사업”의 일환으로 수행하였으며 관련 지원에 감사드립니다.