

# LS-DYNA를 활용한 H형 강재의 동적응답해석

## Dynamic Response Analysis for H-Shaped Steel Beam by LS-DYNA

김경철\*. 정형조†. 허영철\*\*. 최현훈\*\*\*

Kyeng Cheol Kim, Hyung Jo Jung†, Young Cheol Huh\* and Hyun Hoon Choi\*\*

### 1. 서론

2001년 9월 1일 미국 월드 트레이드 센터 테러를 계기로 구조체 방호에 대한 관심이 증가하고 있다. 또한 2010년 천안함 사건과 연평도 사건을 계기로 군 및 민간 시설물에 대한 폭발물 방호가 중요하게 여겨지고 있다. 하지만 우리 나라는 아직 많은 연구와 자료가 부족한 실정이다. 폭발 실험을 위한 장소 여건 조차 협소한 국토 면적으로 많은 제한이 따른다. 실험을 대체할 수 있는 방법으로 수치해석에 의한 전산구조해석을 통해 폭발물의 영향을 알 수 있겠다. 전산구조해석은 시간과 공간의 제약을 실험에 비해 덜 받으며 빠르고 쉽게 실험치와 유사한 결과를 얻을 수 있다는 장점이 있다. 그렇지만 수치해석에서는 해석치에 대한 유효성이 검증되어야 결과의 신뢰성을 보장할 수 있다. 폭발 현상의 수치해석 프로그램으로는 LS-DYNA 등의 많은 상용 프로그램이 사용되고 있다. 특히 LS-DYNA에서는 폭발하중의 정밀해석이 가능하여 폭발 현상의 수치 해석에 매우 유용하다. 본 연구에서는 LS-DYNA를 활용하여 해석 모델의 신뢰성 확보를 위해 모델 검증 이후에 H형 강재와 플랜지를 제거한 H형 강재의 상호 비교를 통해 폭발 하중이 H형 강재에 미치는 영향을 처짐비( $\delta/t$ )를 통해 알아보았다.

### 2. 수치해석 모델링

† 교신저자; 정회원, 건설 및 환경공학과, 한국과학기술원  
E-mail : hjung@kaist.ac.kr  
Tel : 042-350-3666, Fax : 042-350-3610

\* 건설 및 환경공학과, 한국과학기술원

\*\* 한국기계연구원

\*\*\* 삼성건설

### 2.1 폭발 압력

폭발물은 짧은 시간에 급격한 화학 반응을 통해 순간적으로 에너지를 방출하고 충격파를 발산한다. figure 1은 공기 중에서 일반적인 폭발 압력 이력 곡선을 나타낸 것이다. 개방 공간에서 폭발물은 점화 이후 대기와 평형상태를 이루기 위해 순간적으로 압력이 상승하고, 이후 급격히 감소되는 특징을 갖는다.

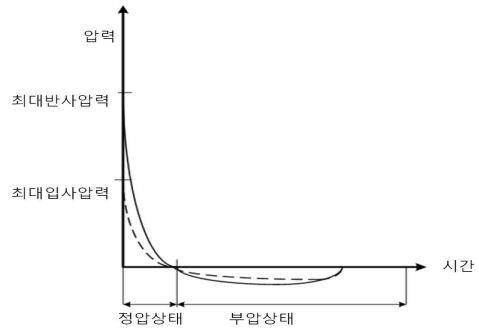


figure 1 폭발압력 이력 곡선<sup>(1)</sup>

### 2.2 모델 검증

폭발 하중의 수치해석에서 가장 중요한 부분은 해석 결과에 대한 신뢰성이다. 이는 수치 해석의 검증을 통하여 충분히 증명되어야 하겠다. 본 논문에서는 Neuberger et al.<sup>(2)</sup>의 실험치를 참고하여 강판의 처짐비( $\delta/t$ )를 상호 비교하여 폭발하중의 유효성을 검증하였다.

LS-DYNA에서 지원하는 \*Load-Blast 기능을 통해 경험적 방법으로 Lagrangian 모델인 강판에 폭발 하중을 부여하였다. 재료 모델은 simplified Johnson Cook 모델을 사용하였다. 폭발 하중은 중앙지점에서 이격 거리 R, 강판 두께(t), 강판 지름(D), 폭약 무게(W : kg, TNT)를 변수로 부여했다. 모델 검증은 폭발 하중 부여 이후 강판 중앙 지점에서 발생하는 처짐비( $\delta/t$ )로 폭발 실험치와 수치 해

석 결과치를 상호 비교 하였다. Table 1은 실험치와 해석치가 유사함을 보여준다.

Table 1 Model verification results

| Case | t (m) | D (m) | W (kg) | R (m) | $\delta/t$ experiment <sup>(2)</sup> | $\delta/t$ present study |
|------|-------|-------|--------|-------|--------------------------------------|--------------------------|
| A    | 0.02  | 1     | 3.75   | 0.2   | 2.7                                  | 2.65                     |
| B    | 0.01  | 0.5   | 0.468  | 0.1   | 2.6                                  | 2.63                     |

### 2.3 해석 결과

수치해석은 CASE A(H형 강재), CASE B(플랜지를 제거한 H형 강재)로 각각 수행되었다. 강재 단면 400×400×13×21, 길이 1m 이며 중앙에서 R(이격거리) 이격 후 폭발 하중을 가했다. 재료 모델은 플레이트와 동일한 Simplified Johnson Cook 모델이 사용되었다. 각각의 경우에 대해 중앙에서의 처짐비( $\delta/t$ )를 알아보았다.

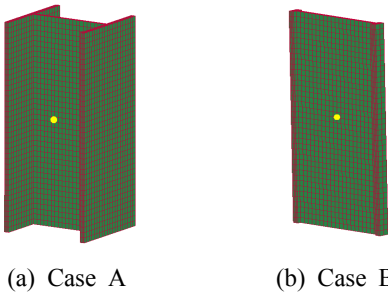


figure 2 Analysis Case

figure 2는 각각 사용된 모델을 나타낸다. 황색 점은 폭발지점을 표시한 것으로 강재와 이격거리(R)는 0.22m이다. 두 모델에 대한 폭발물과 수평을 이루는 지점에서의 반사압력은 figure 3과 같이 동일하게 측정되었다.

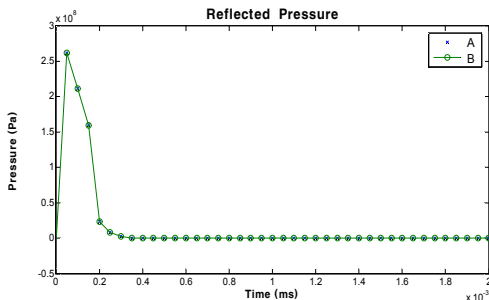


figure 3 Reflected Pressure

하지만 figure 4에서 중앙 지점에서의 처짐비( $\delta/t$ )는 플랜지의 유무에 따라 Case B가 Case A보다 145% 더 발생하였다.

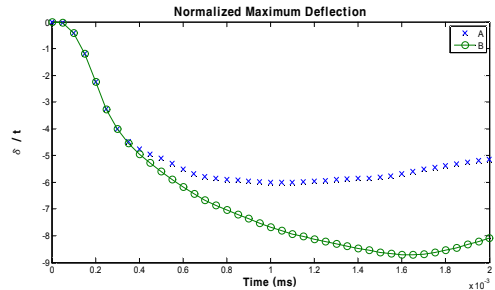


figure 4 Normalized Maximum Deflection

## 5. 결론

본 연구에서는 수치 해석 모델의 신뢰성 확보와 H형 강재의 플랜지 유무에 따른 처짐비( $\delta/t$ )를 알아보았다. 해석대상으로는 단면 400×400×13×21, 길이 1m 인 H형 강재가 사용되었으며, LS-DYNA의 \*Load\_blast 기능을 이용한 Conwep 방식으로 폭발 하중을 부여하였다. 플랜지 유무에 상관없이 중앙지점에 부여되는 폭발 하중은 동일한 것으로 나타났으나 중앙지점 웨브의 처짐비( $\delta/t$ )에는 차이가 발생하여 H형 강재가 플랜지를 제거한 강판보다 처짐비( $\delta/t$ )가 더 작음을 확인 할 수 있었다.

## 후 기

본 연구는 삼성건설 지원으로 수행되었으며, 저자들은 이에 감사드립니다.

## 참 고 문 헌

- (1) 이경구, 김태진, 김은석, 김진구(2007b), 폭발하중에 의한 강재기둥의 거동, 대한건축학회논문집 구조편 제23권 제7호(통권225호)
- (2) Neuberger A, Peles S, Rittel D. Scaling the reponse of circular plates subjected to large and close-range spherical explosions. Part I: Air-blast loading. International Journal of Impact Engineering 2007;34(5):859-73