

철골구조물 발파해체를 위한 H형강 절단방법에 대한 연구

민형동¹⁾, 이운재¹⁾, 송영석¹⁾, 김효진²⁾

A Study of Cutting Method of H-Pile for Explosive Demolition of SRC Structure

Hyung-Dong Min, Yun-Jae Lee, Young-Suk Song and Hyo-Jin Kim

Abstract : It follows in deterioration of the steel frame structure and becomes remodeling and removal. The construction work characteristic, economical efficiency and stability environment characteristic are planned and considered hereafter control plan of the steel frame structure which is deteriorated currently to cutting method plentifully used on gas cutting of H beam. However it will not be able to apply from the explosives demolition which is makes a weak instantaneously and then collapses the building at the time. In this study, shape charge was used for cutting of the H-beam. That is the element testing to estimate explosives demolition for steel frame structure. As a result, it is found for single-side cutting method, both-sides cutting methods by H-beam thickness and pre-cutting process. It confirmed an affix method and an ease characteristic by fixing tool. Also, it is shown that air blasting decreased about 8dB(A) in order to reduce air blasting used by sand box. However, it will be required to reduce air blasting little more because explosives demolition will be done in urban site.

Key words : explosives demolition, steel frame structure, H-beam, single · both sides cutting methods, fixing tool, sand Box

초 록 : 철골구조물의 노후화에 따라 리모델링 및 해체시기가 도래함에 따라 시공성, 경제성, 안정성 및 환경성을 고려한 노후 철골구조물의 처리방안에 대한 방법들이 모색되고 있다. 현재 H형강의 절단은 산소절단에 의한 방법이 주로 사용되고 있으나, 순간적으로 구조물을 취약화를 시켜 건물을 붕괴시키는 발파해체공법은 아직까지 적용되고 있지 않다. 따라서 본 연구에서는 철골구조물의 발파해체에 필요한 성형폭약(shape charge)을 이용하여 H형강의 절단방법에 대한 요소시험을 실시하였다. 그 결과 사전 절단방법과 부재의 두께에 따른 단면·양면 절단방법을 도출하였고, 성형폭약 고정장치에 따른 부착방법과 그 용이성을 확인하였다. 또한, 성형폭약을 이용하여 절단시 발생하는 소음을 저감하기 위하여 방호박스를 이용한 절단시험결과 약 8dB(A)의 저감효과가 나타났으나, 향후 도심지에서의 구조물 해체를 고려한다면 규제기준이하로 소음을 제어할 수 있는 방법에 대한 추가연구가 필요할 것으로 사료된다.

핵심어 : 발파해체, 철골구조물, 성형폭약, H형강, 단면·양면 절단방법, 고정장치

1. 서 론

발파해체공법을 적용할 수 있는 구조물은 크게 철근콘크리트 구조물(RC)과 철골 구조물(SRC)로 구분할 수 있다. 근래 들어 국내외에서 철근콘크리트

구조물이나 철골구조물의 노후화에 따라 이들에 대한 해체가 실시되고 있으며, 이들 구조물의 해체공법으로는 기계식해체, 발파해체 또는 기계식과 발파해체를 혼용한 공법들이 적용되고 있다. 그러나 국내에서는 철골구조물의 해체방법으로는 부재절단에 의한 해체방법을 적용하고 있다. 이것은 철골부재의 특성상 압쇄장비에 의한 해체가 어렵기 때문이다. 그러나 철골조 절단해체는 그에 따르는 비효율성과 작업안전성의 저하 등으로 시공성, 경제성, 안전성 및 환경성이 고려된 다양한 해

1) (주)한화 화약기술팀

2) 대한주택공사 책임연구원

접수일 : 2005년 9월 1일

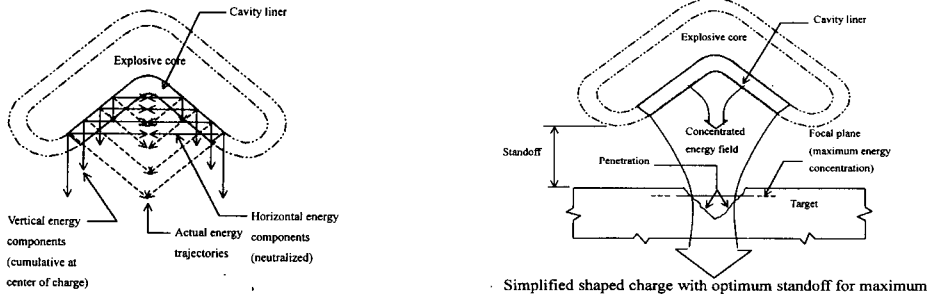


Fig. 1. Cutting mechanism of shape charge.

제공법이 요구되고 있다. 본 연구에서는 철골구조물을 발파해체할 때의 주요 해체부재인 H형강의 절단을 위한 성형폭약의 적용방법에 대한 요소시험을 실시하였다. 먼저, H형강을 소요방향으로 절단하기 위해서는 사전절단 작업을 실시해야하므로 이에 따른 사전절단 방법을 역 V형, 경사형으로 하고, 절단형태는 직사각형과 정사각형 형태로 적용하여 사전절단 시간과 절단의 효율을 분석하였다. 두 번째, H형강의 치수별로 절단시험을 실시하여 절단 효과를 비교하였다. 세 번째, 부재의 두께별로 성형폭약의 절단성능에 따른 부착방법을 도출하였으며, 성형폭약 고정장치를 이용할 때의 작업 효율을 분석하였다. 네 번째, 소음 방호장치인 방호박스(sand box)를 고안, 제작하여 방호장치에 따른 소음의 감소효과를 분석하였다.

2. 성형폭약의 절단 메카니즘

성형폭약이란 특수목적을 위하여 용도에 맞게 형태와 성분을 배합한 폭약으로서 금속 라이너를

사용한 노이만(Neumann)효과에 의하여 폭력을 절단면 중앙에 집중시킴으로써 물체를 절단시키는 폭약이다. 강재의 절단 메카니즘은 Fig. 1과 같이 기폭에 의해 충격파가 발생되고, 수평성분의 충격파는 서로 충돌, 상쇄되지만 수직성분의 충격파는 중심축을 따라 서로 축적, 중첩되어 압력이 극한상태에 도달하는 에너지 집중이 발생되고, 라이너에서 생긴 금속분자들의 조합으로 이루어진 고속기류(jet) 즉, 충격파는 일정한 방향으로 방출되면서 목표물에 절단구멍을 형성시켜 절단되게 한다.¹⁾ 본 시험에 적용된 성형폭약은 직선형태의 선형으로 V자형 라이너가 90°각도를 이루는 구조로서 사용화약류의 압출압력은 최소 562kgf/cm², 단위 길이 당 화약량은 400g/ft, 그리고 절단성능은 일반 구조용 탄소강(SS400)기준인 9.0mm(± 10%)이다.

3. 시험 현황

3.1 H-형강 사전 절단

H형강은 철골구조물에 많이 적용되는 기초적인

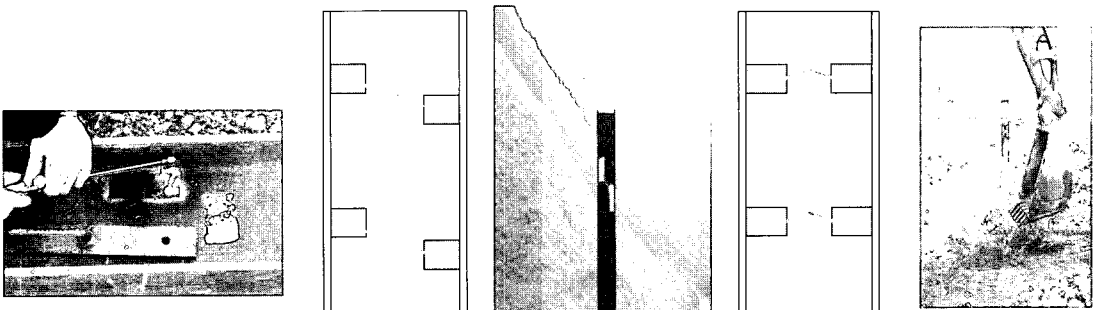


Fig. 2. The methods and process of pre-gas cutting.

Table 1. The properties of H-pile

시료번호	유형(mm)	웹브두께	플랜지 두께	절단형태	절단크기
1	150× 150	7mm	10 mm	■	7cm× 5cm
2	150× 150	7mm	10 mm	■	7cm× 5cm
3	250× 250	9mm	14 mm	■	7cm× 7cm

구성자재로서, 해체시에는 내부의 동하중이 모두 제거되고, 구조물자체의 사하중만 작용하므로 하중에 의한 좌굴이 발생되지는 않는다.²⁾ 따라서 소요 방향으로 용이한 절단을 위해서는 사전절단을 실시해야 한다. 사전절단은 Fig. 2와 같이 산소절단에 의한 경사절단과 역 V형 절단방법을 적용하였다.

산소 절단기를 이용한 사전절단시에 절단부위가 플랜지의 두께보다 더 두꺼워 지게 되면 미 절단될 수 있기 때문에³⁾ 플랜지와 웨브의 이음부분을 최대한 절단을 하였다. 절단형태는 정사각형과 직사각형으로 구분을 하여 그 형태별 절단효과를 분석하고, 사전절단시간을 측정하였다. 절단 요소시험을 위하여 Table 1과 같은 H형강의 유형을 선정하였다.

3.2 성형폭약의 기폭장치 연결방법

성형폭약의 기폭은 전기뇌관(HiDETO Plus)을 이용하였으며, 기폭 위치는 성형폭약의 라이너에 의한 젯트류가 발생될 수 있는 여유 폭을 가지기 위하여 성형폭약 라이너 폭의 3배를 절단 대상체

에서 이격하여 성형폭약의 끝단 부위에 뇌관을 Fig. 3 과 같이 테이핑을 하여 연결하였다.

3.3 성형폭약의 부착방법

성형폭약은 Fig. 3과 같이 특수 제작된 고정장치(실용신안00020-2004-0037262)를 이용하여 고정하였다. 부착방법은 Fig. 4와 같이 사전 절단된 웨브에 성형폭약을 플랜지의 내측과 외측에 부착할 수 있고, 수평 또는 경사로도 부착할 수 있다. 또한 성형폭약의 절단능력보다 절단 대상체의 두께가 두꺼우면 양방향에서 부착할 수도 있다. 본 시험에서는 외측에서 수평, 경사부착을 하였고, 고정장치와 고무줄을 이용하는 방법도 적용하여 작업의 효율을 비교하였다.

3.4 소음방호를 위한 방호상자(sand box)의 제작 및 설치

성형폭약을 이용하여 H형강 절단 시에 발생하는 소음을 감소시키기 위하여 소음방호용 방호상자를 제작하여 방음효과를 확인하였다. 방호상자는 나무재질로 하였고, H형강의 폭을 기준으로 분

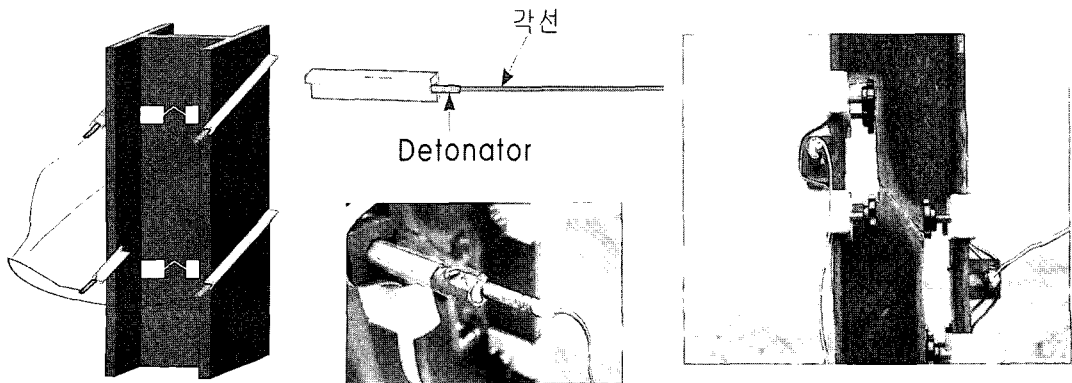


Fig. 3. Detonation methods uses the HiDETO Plus.

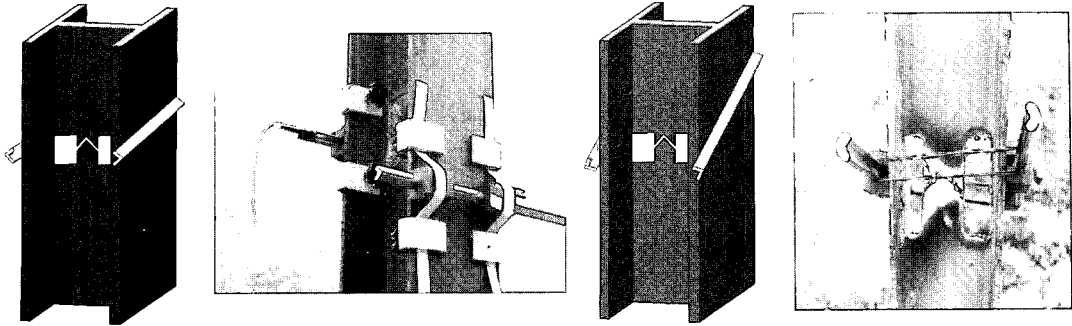


Fig. 4. Affix methods of shape charge.

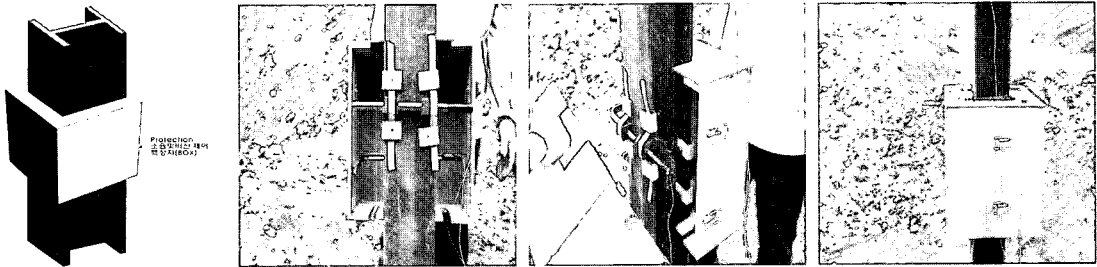


Fig. 5. Affix method of sand box.

리와 결합이 용이하도록 클립장치를 부착하였다. 또한 상부에 모래가 채워질 수 있도록 홈을 만들었고, 하부에는 채워진 모래가 빠져나가지 못하도록 빈틈이 없도록 하였다. 방호상자는 Fig. 5와 같은 설치순서에 의하여 부착하였으며, 내부에 모래를 채우고 절단시험을 실시하였다.

텔파이 평균 산술기법 적용하여 Table 2에 나타나었다. 절단하는 방법에 따라서 약간의 편차가 발생하였으나, 6mm 두께의 평균 절단시간은 2분 20초이고 9mm 두께의 평균절단 시간은 2분 55초로 절단시간에서는 그리 큰 차이를 보이지는 않는 것으로 평가되었다.

4. 주요시험 결과 및 평가

4.1 사전절단 시간의 비교

철골구조물의 발파해체에 사전절단에 대한 공정계획에 참고하기 위하여 위하여 대상체의 두께별로 단위시간당 절단길이를 측정하고, 산소절단기를 이용한 6mm, 7mm, 9mm까지 두께별 절단시간을 측정하였다. 각각의 부재두께에 따른 단위 길이 당 절단시간은 최대 및 최소시간을 배제한

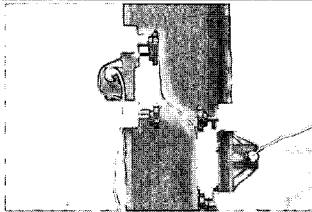
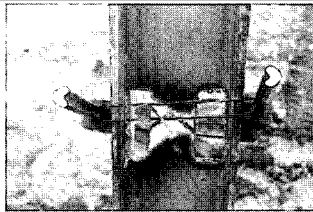
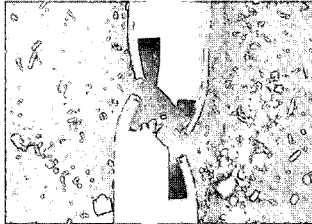
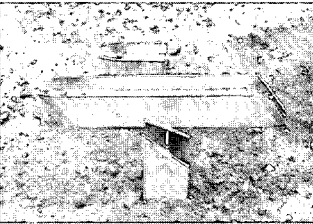
4.2 절단 효과

사전절단 방법(역 V형과 경사형)에 따른 절단효과, 고정방법(고정장치와 고무줄 밴딩)에 따른 절단효과 및 부착방법(평행형, 경사형)에 따른 절단효과를 Table 3과 같이 분류하여 각각의 절단 능력에 맞는 성형폭약을 설치하여 동시 기폭에 의한 부재의 절단시험을 실시하였으며, 그 결과는 다음과 같다.

Table 2. The mean cutting hour per unit length

부재 두께	6 mm	7 mm	9 mm
평균 절단 시간	2분 20초	2분 35초	2분 55초

Table 3. The classification for a cutting effective analysis

대상종류 시험종류	S1		S2	
	150× 150		150× 150	
	상부	하부	상부	하부
세부 사진				
사전절단	경사	경사	역V형	역V형
절단두께(mm)	7	7	7	7
적용폭약(gr/ft)	400	400	400	400
부착방법	수평	수평	경사	경사
고정장치	4조	4조	고무줄	고무줄
절단 결과				

사전절단의 형상에 따른 절단결과는 모두 절단되었으며, 향후 절단방향에 따라 적절히 활용을 할 수 있을 것으로 사료된다. 고정방법에 따른 절단결과도 모두 절단되었으나 작업효율의 측면에서 고안된 고정장치를 적용한 고정방법이 고무줄 밴딩 방법 보다 더욱 용이하였다. 경사와 수평 부착방법에 따른 절단결과는 원하는 절단결과와 형상을 얻

었으며, 향후 H 형강의 절단 위치와 적용대상 부위에 따른 고정 장치의 개발이 요구된다.

4.3 양면부착 및 단면 부착에 따른 절단효과

성형폭약의 절단성능보다 두꺼운 대상체를 절단하기 위한 방법은 Fig. 6과 같이 플랜지의 두께가 15mm인 350× 350의 H 형강의 좌측에 절단성

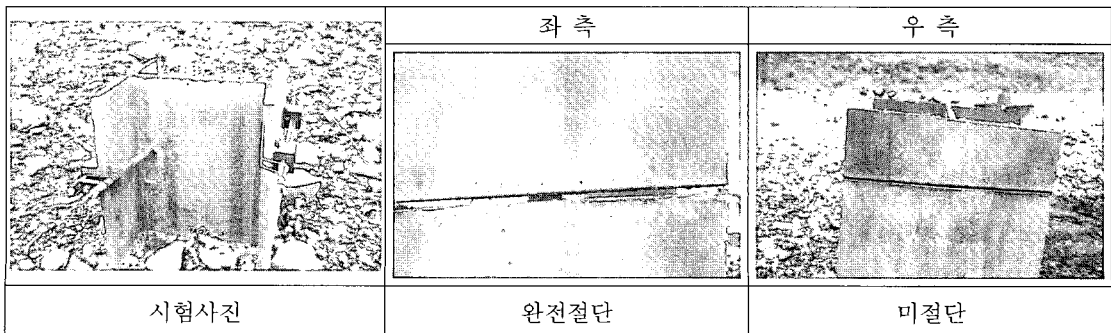


Fig. 6. Comparison of single and both sides cutting test result.

Table 4. Result of Air blasting each test

구 분	TEST 1	TEST 2
150m 소음 계측치	93.5 dB(A)	100.7 dB(A)
200m 소음 계측치	92.4 dB(A)	100.1 dB(A)

능이 12mm인 600gr/ft LSC를 양면 부착하여 절단을 시도 하였고, 우측에는 단면 부착하였다. 절단시험결과 Fig. 6과 같이 단면부착 방법으로는 미 절단이 되었으며, 양면부착 방법으로는 완전하게 절단된 것을 알 수 있었다. 따라서 부재의 두께가 성형폭약의 절단능력보다 클 경우에는 양면부착방법을 적용하면 절단이 가능하다는 결과를 얻을 수 있었다.

4.4 방호용 상자에 따른 소음계측 결과

방호용 상자를 설치했을 때와 설치하지 않았을 때의 소음 감소효과를 확인하기 위하여 동일한 화약량을 사용하여 방호상자 설치시와 미설치에 따른 소음도를 150m와 200m 이격된 거리에서 소음 측정기를 이용하여 계측을 실시하였다. 방호용 상자를 설치했을 때와 설치하지 않았을 때의 소음도 측정결과는 Table 4와 같으며, 약 8dB이 감소된 것으로 분석되었다. 향후 소음저감을 위한 방법으로 방호상자의 적용성이 클 것으로 사료된다.

5. 결 론

본 연구에서는 철골조 고층건물의 발파해체 실용화 기술을 개발하기 위하여 성형폭약(LSC)을 이용한 H-형강의 절단 요소시험을 수행하였다. 이러한 연구를 통하여 얻은 주요한 결과를 요약하면 다음과 같다.

(1) 철골 구조물 발파해체를 위하여 사전절단

시간은 산소 절단으로 1개소 당 약 2분에서 3분으로 분석되어 향후 실구조물 적용시 사전 절단작업의 공정계획을 정량적으로 세울 수 있을 것으로 판단된다.

(2) 현재 개발된 성형폭약의 절단성능 즉, 절단 길이를 신뢰할 수 있었으며, 성형폭약의 절단성능보다 두꺼운 두께를 가진 대상체를 절단할 때에는 양면 절단방법의 적용이 용이한 것으로 도출되었다.

(3) 성형폭약 고정장치를 개발하여 장전작업의 편의성을 증가하였으며, 경사부착이나 수평부착시에도 활용이 가능한 것으로 판단된다.

(4) 폭발에 의한 소음저감을 위하여 방호상자를 개발하여 방호효과를 비교한 결과, 약 8dB 정도가 감소하는 것을 알 수 있었다. 따라서, 향후 방호장치를 좀더 개선하여 도심지 공사장 내부의 규제기준 이하의 소음으로 제어 할 수 있는 방법을 연구할 필요가 있는 것으로 사료된다.

감사의 글

이 논문은 2005년 건설기술연구 개발사업 지역 특성화 분야 중 “환경위해요인 최소화를 위한 도심지 고층건물 유형별 최적 해체기술개발”에서 RC리아멘조 및 철골조 고층건물 발파해체 실용화

기술 개발(C103B2010001-04B0201-00510)“에 대한 연구비의 지원으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. Walters, W. P. and J. A. Zukas, 1998, Fundamentals of Shaped Charges, pp. 1-9.
2. Held, M, 1983, Characterizing Shaped Charge Performance by Stand-Off Behavior, 7th Int. Symp. on Ballistics, The Hague, Netherlands, pp. 19-21.
3. (주)한화, 원형강관 말뚝 절단을 위한 연구 보고서, pp. 59-99.



민형동



이윤재



송영석



김효진

(주)한화 화약기술팀 팀장 (주)한화 화약기술팀 차장 (주)한화 화약기술팀 과장 대한주택공사 책임연구원
