

# 400MPa급 건축구조용 열간압연 H형강(SHN400)의 소재 특성

## Material Properties of 400MPa Grade Hot Rolled H-beam(SHN400) for Building Structure

김희동<sup>1)</sup> · 최병정<sup>2)</sup> · 김상섭<sup>3)</sup> · 김철환<sup>4)</sup> · 오영석<sup>5)</sup>

Kim, Hee Dong · Choi, Byoung Jeong · Kim, Sang Sub · Kim, Chul Hwan · Oh, Young Suk

**요약** : 본 연구의 목적은 시험적 방법을 통해 SHN400 강재의 소재 특성이 건축구조용 강재로 적합한지를 평가하는 것이다. 이를 위해 국내에서 생산되는 열간 압연 H형강 중 최대 춤 및 최대 플랜지 두께의 H형강과 SHN400 강종의 주요 사용처가 될 보부재로 수요가 많은 H형강 규격을 대상으로 화학성분 평가, 인장강도, 매크로, 마이크로 및 샤르피 충격 시험을 실시하였다. 각 시험은 관련 KS 규격에서 요구하는 시험 조건하에서 수행되었으며, 시험 결과 화학성분 및 기계적 특성과 관련된 모든 시험에서 SHN400 강종은 KS 규격(KS D 3866)의 요구 조건과 내진설계시 강재에 요구되는 조건들을 만족하는 것으로 나타났다. 특히 용접성과 관련된 탄소당량(Ceq)과 비탄성 변형능력과 관련된 항복비의 경우 KS 규격을 상회하는 결과를 나타내었다. 따라서 SHN400 강재는 소재 특성 측면에서 건축구조용 강재에 적합한 것으로 판단된다.

**ABSTRACT** : The purpose of this study was to evaluate the material characteristics of SHN400 steel, which is suitable as a steel material for building structures, using the experimental approach. For this purpose, the chemical composition test, tensile test, macro test, micro test, and charpy notch impact test were conducted with specimens taken from the highest, thickest, and commonly used H-beams for girder or beam members. Each test was conducted under the Korean Standard(KS) test conditions. All the test results satisfied the requirements of KS (KS D 3866) and the steel material for seismic design. The carbon equivalent value (Ceq), which is related to weldability, and the yield ratio, which is related to inelastic behavior, showed especially good results. Thus, SHN400 is definitely suitable as the steel material for building structures.

**핵심용어** : SHN400, 건축구조용 H형강, 화학성분시험, 인장강도 시험, 샤르피 충격시험

**KEYWORDS** : SHN400, H beam for building structures, chemical composition test, tensile test, charpy notch impact test

### 1. 서론

2009년 개정된 건축구조기준(이하, KBC 2009 : 대한건축학회, 2009)에 의하면 강구조물의 내진설계시 중간 및 특수 모멘트골조 등과 같이 우수한 비탄성 변형(inelastic behavior) 능력이 요구되는 수평하중 저항시스템에서는 SHN, SN 및 TMC와 같은 건축구조용 강재의 적용을 의무화 하고 있다.

이는 수평하중 저항시스템 별로 요구되는 적절한 비탄성 변형능력 확보를 위해서는 구조시스템, 기둥-보 접합부 및 부재 단면 등과 더불어 재료적인 측면에서도 충분한 비탄성 변형능력을 확보할 수 있는 우수한 재료를 사용해야 한다는 의미

로 해석할 수 있다(FEMA, 2007). 따라서, 탄성 구조물의 제작을 기반으로 하여, 재료의 비탄성 거동과 관련된 특성을 명확하게 규정하고 있지 않은 일반구조용 강재(SS강종)와 용접구조용 강재(SM강종)의 경우 우수한 비탄성 변형 능력이 요구되는 시스템에 사용은 제한될 수 밖에 없다.

현재 국내 KS 강종 중 비탄성 변형능력과 관련된 사항을 규정하고 있는 건축구조용 강종은 H형강 규격인 SHN(KS D 3866)과 판재 규격인 SN(KS D 3861) 및 TMC(KS D 3515)가 있다. 이들 중 건축구조물에 주로 사용되는 H형강 규격인 SHN 강종은 현재 국내 제강사에서 400MPa (SHN400) 및 490MPa (SHN490)급이 KS 인증 취득 후

1) 교신저자, 현대제철, 공학박사, 건축구조기술사  
(Tel: 02-3464-4083, Fax: 02-3464-4087, E-mail: drkimhd@naver.com)

2) 경기대학교 교수, 공학박사(bjchoi@kyonggi.ac.kr)

3) 한국기술교육대학교 교수, 공학박사(kimss@kut.ac.kr)

4) 경북대학교 교수, 공학박사(chk@knu.ac.kr)

5) 대전대학교 교수, 공학박사(ohys@dju.ac.kr)

본 논문에 대한 토의를 2012년 2월 29일까지 학회로 보내주시면 토의 회답을 게재하겠습니다.

상업생산이 가능한 상황이다.

하지만 KS 제정 시점에 따른 문제로 인하여 KBC 2009와 하중저항계수설계법에 따른 강구조설계기준(한국강구조학회, 2009)에는 SHN400 강종이 누락되어 있다.

본 연구에서는 국내에서 생산되는 SHN400 강종의 소재 특성을 시험적 방법을 통해 파악하고 KS에서 규정된 성능을 발휘하는지 확인하여 건축구조용 강재로 적용 타당성을 검증하고, 추후 현장 적용을 위한 기초 자료로 활용하고자 한다.

## 2. 연구 방법

본 연구에서는 건축구조용 강재로 SHN400에 요구되는 소재 특성을 평가하기 위해 KS에 제시된 방법을 적용한 소재 특성 시험을 수행하였다.

각 시험 결과는 KS 규격(KS D 3866)과 비교 평가 하였으며, KS에 구체적으로 명기 되지 아니한 소재 특성의 경우 금속학적인 측면에서 건축구조용 강재에 적절한 결과인지를 평가하였다. 본 연구에서 수행된 소재 특성 평가 시험은 표 1에 나타내었다.

각 시험에 사용될 시험편의 제작을 위하여 시험편 제작 단면을 선정하였다. 소재 특성에 미치는 단면의 외형 치수 및 판 두께에 영향을 파악하기 위해 현재 상업 생산이 가능한 KS의 열간압연 H형강 규격(KS D 3502) 중 춤(H)이 가장 큰 H-918×303×19×37 규격과 플랜지 두께(tf)가 가장 두꺼운 H-458×417×30×50 규격, 그리고 보 부재로 많이 적용되는 H-700×300×13×24 규격을 시험체 제작 단면으로 선정하였다. KS 규격상 플랜지 두께가 70mm로 가장 두꺼운 H-498×432×45×70은 아직 국내 제강사에서 SHN 강종으로는 생산되지 않

표 1. SHN400 강재 소재 특성 시험

시험 항목	관련 KS
화학성분 시험	KS D 0001
인장 시험	KS B 0801 / 0802
매크로 시험	KS D 0210
미크로 시험	KS D 0204
소재 샤프피 충격 시험	KS B 0809 / 0810

표 2. 시험편 제작 단면

분류	단면치수	관폭두께비	
		B/tf	H/tw
A type	H-458×417×30×50	4.17	10.5
B type	H-918×303×19×37	4.09	42.5
C type	H-700×300×13×24	6.25	45.8

는 제품이므로 금번 연구 대상에서는 제외하였다. 본 연구에 적용된 단면 규격 및 그 특징을 표 2에 정리하였다.

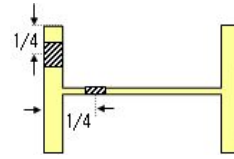


그림 1. 화학성분시험 샘플채취 위치

## 3. 소재 특성 시험

### 3.1 화학성분시험

화학성분의 구성은 압연(Rolling) 및 열처리(Heat treatment)와 더불어 강재의 특성에 영향을 미치는 매우 중요한 요소이다. 따라서 강재의 화학성분이 규격에 적절하게 부합하는지를 확인하는 것은 기계적 특성 뿐 아니라 용접성 평가에서도 중요한 의미를 가지게 된다. 따라서 본 연구에서는 시험편별 화학성분 분석 시험을 다음과 같이 수행하였다.

#### 3.1.1 시험 방법

화학성분 시험편은 KS D 0001 강재의 검사 통칙에 따라 제작하였다. 시험편은 플랜지와 웹 각각에서 채취하였으며, 채취 위치는 그림 1에 나타난 바와 같이 판요소의 끝단에서 1/4 되는 지점으로 하였다. 시험에 적용된 시험편은 표 3에 나타내었다. 화학성분 분석을 위해서는 분광분석기(베어드 BV-6)를 이용하였으며, 시험 결과는 KS에 제시된 화학성분을 대상으로 하여 함유 정도를 평가하였다.

#### 3.1.2 시험 결과

KS D 0001 강재의 검사통칙에 의거하여 화학성분을 분석한 결과를 표 4에 나타내었다. 표 4의 결과를 보면 단면 규격 및 시험편 채취 위치에 관계없이 모든 결과가 KS의 SHN400 화학성분 규정치를 만족하는 것으로 나타났다.

특히, 강재의 강도, 용접성 및 경화와 관련된 탄소(C)값은

표 3. 화학성분시험 시험편

H형강		시험편기호	개수
A type	플랜지	Ch-AF	1
	웹	Ch-AW	1
B type	플랜지	Ch-BF	1
	웹	Ch-BW	1
C type	플랜지	Ch-CF	1
	웹	Ch-CW	1

표 4. 화학성분시험 결과

제품규격	시험편 기호	화학성분(%)										
		C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Mo	Mn/S	탄소당량
		×0.01			×0.001		×0.01					
KS D 3866		20이하	40이하	50~100	35이하	30이하	60이하	45이하	35이하	15이하	20이상	40이하
A type	Ch-AF	12	18	92	24	12	27	8	12	2	77	32.7
	Ch-AW	13	18	91	23	14	26	8	12	2	65	33.5
B type	Ch-BF	11	24	92	18	14	18	6	12	2	66	30.9
	Ch-BW	11	24	92	18	13	18	7	12	2	71	31.0
C type	Ch-CF	13	22	93	33	16	32	9	12	3	58	34.3
	Ch-CW	14	22	93	33	14	33	9	12	3	66	35.4

기준치 이하로 적절하게 관리되고 있는 것으로 나타났으며, 취성과파괴 및 인성저하와 관련한 황(S) 성분 및 Mn/S 비율도 기준치보다 엄격하게 규제되고 있는 것으로 나타났다.

### 3.1.3 탄소당량

탄소당량(C<sub>eq</sub>)은 용접성능에 미치는 각 화학원소들의 영향을 탄소의 영향치로 환산한 값으로 탄소당량 값이 낮을수록 강의 조직이 용접 후 경화조직으로 변환 가능성이 낮아 용접시 예열 및 후열 조건에서 유리하게 된다. 따라서, 용접실무에서는 강재의 용접시 예열온도를 결정하는데 탄소당량값을 활용하고 있다(AWS, 2008). 일반적으로 탄소당량이 낮을수록 예열온도도 낮아진다.

SHN400은 KS에서 탄소당량 산정식을 식(1)과 같이 제안하고 있으며, 적절한 용접성능 확보를 위하여 탄소당량을 0.4 이하로 제한하고 있다. KS D 3866에서 제안된 탄소당량 산정식은 SM 강종 및 ASTM 등 타 규격의 산정식과는 차이가 있으나 그 의미는 동일하다.

$$C_{eq} = C + M_n/6 + (C_r + M_o + V)/5 + (N_i + C_u)/15 \quad (1)$$

분광분석기에 의해 파악된 SHN400 시험편의 화학성분과 식(1)을 이용하여 산정한 탄소당량을 표 4에 나타내었다. 표 4의 결과에서 보면 모든 시험편에서 KS의 제한치인 탄소당량값 0.4 이하의 결과를 나타내고 있으며, 평균값 0.32로 탄소당량 등급 구분에 의한 비교에서도 우수한(Excellent) 결과를 나타내고 있음을 확인할 수 있다(Ginzburg, 2000).

따라서 SHN400의 경우 탄소값 및 탄소당량값과 인, 황과 같은 유해요소의 함유량에 따라 판단해보면, 단면 치수 및 판두께와 관계없이 소재차원에서 만족할만한 용접성능을 확보

할 수 있는 화학성분 조건을 갖추고 있다고 판단된다.

### 3.2 인장시험

SHN400 강재의 기계적 특성을 파악하기 위해 인장시험을 실시하였다. 인장시험은 구조물의 설계시 재료의 설계기준강도를 결정하는데 기본이 되는 시험이며, 최근 구조물의 내진 설계시 그 중요성이 커지고 있는 비탄성 변형 성능과 관련된 중요한 특성들을 파악할 수 있는 매우 중요한 시험이다.

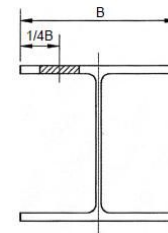


그림 2. 인장시험편의 채취 위치(KS D 3866)

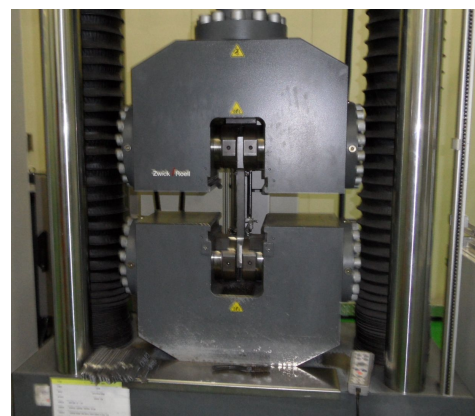


그림 3. 인장시험 셋팅 상황

표 5. 인장시험 시험편

H형강	시험편 채취 방향 및 개수		시험편기호	판두께(mm)	개수
A type	압연방향	플랜지	TL-AF	50	3
B type	압연방향	플랜지	TL-BF	37	3
C type	압연방향	플랜지	TL-CF	24	3

표 6. 인장시험 결과

시험편기호	판두께(mm)	인장강도(MPa)	항복점(MPa)	항복비(%)	연신율(%)
KS D 3866		400~510	235~355	85 이하	21 이상
TL-AF-1	50	448	272	60.7	25.6
TL-AF-2	50	443	273	61.6	25.2
TL-AF-3	50	446	273	61.2	25.4
TL-BF-1	37	448	275	61.4	30.4
TL-BF-2	37	440	284	64.5	28.9
TL-BF-3	37	444	280	63.0	29.7
TL-CF-1	24	474	298	62.9	29.1
TL-CF-2	24	468	317	67.7	27.0
TL-CF-3	24	471	308	65.3	28.1

본 시험을 통하여 강재의 실제 항복강도( $\sigma_y$ ) 및 인장강도( $\sigma_u$ )와 함께 항복비( $\sigma_y / \sigma_u$ ) 및 연신율 등의 소재특성들을 파악할 수 있다.

### 3.2.1 시험 방법

SHN400의 인장시험편 채취 위치는 KS D 3866 9.2.1 c)에 “시험편의 중심은 나비의 끝에서 나비의 1/4의 위치로 한다.”고 명시하고 있다(그림 2 참조). 따라서 시험편은 기준에 명시된 방법에 따라 플랜지 부분에서 채취되었다.

시험편의 형상은 “KS B 0801의 1A호 및 4호 시험편으로 한다.”고 명시하고 있다. 이에 따라 플랜지 압연방향의 판두께별로 1A호 인장시험편을 각 플랜지 두께별 3개씩 제작하였다.

인장시험시 가력속도 및 기타 조건들은 KS B 0802에 제시된 조건을 적용하였으며, 변위제어식 만능재료시험기(그림 3 참조)를 이용하여 KS B 0802에 의해 시험하였다.

### 3.2.2 시험 결과

인장시험 결과를 표 6에 나타내었다. 표 6의 결과에서 보면 단면의 치수 및 판의 두께와 관계없이 모든 시험편의 인장시험 결과가 KS에서 정한 항복강도 상·하한치, 인장강도, 항복비, 연신율 등의 규격치를 모두 만족하는 것으로 나타났다. 재료 강도의 신뢰성과 관련된 항복강도의 상, 하한치 조

건은 기준치에서 제시된 범위의 중간값(295MPa)보다 평균 항복강도(286.7MPa)가 낮게 나타났다.

그리고, 구조물의 소성변형능력과 직접적인 관련이 있는 항복비의 경우 기준치인 85% 보다 낮은 60%대의 결과를 나타내었다. 또한, 비탄성 변형에 영향을 미치는 연신율 역시 기준치를 상회하는 결과를 나타내었다.

AISC의 Seismic Provisions for structural steel buildings (AISC, 2005)의 Commentary C6.1에 보면 내진설계 적용 강종의 조건 중 하나로 명확한 항복점(stress-strain plateau at yield stress)이 존재할 것을 명기하고 있다.

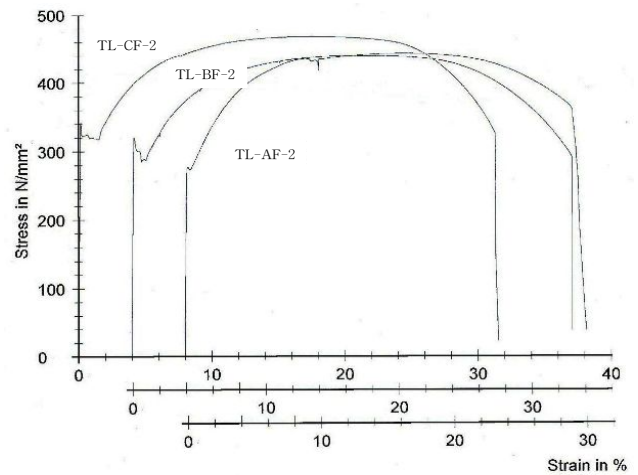


그림 4. 두께별 응력-변형도 곡선

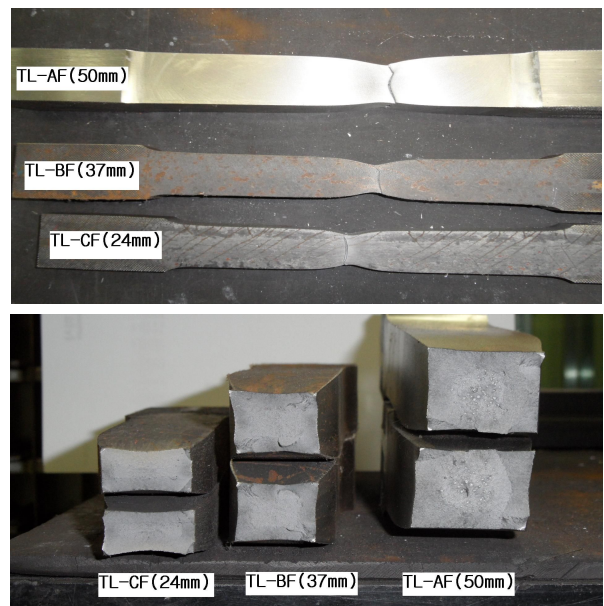


그림 5. 인장시험 종료 후 시험편 파단 성상

본 시험 결과에서는 시험편의 판두께가 제일 두꺼운 A type 시험편에서 항복점이 다소 짧게 나타났으나, 모든 시험편에서 명확한 항복점이 관찰되었다(그림 4참조). 또한 인장



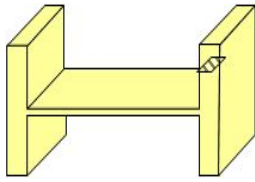


그림 6. 매크로 조직시험 시편 채취위치

표 7. 매크로 조직시험 시험편

H형강		시험편기호	개수
A type (H-458×417×30×50)	플랜지	Ma-AF	1
B type (H-918×303×19×37)	플랜지	Ma-BF	1
C type (H-700×300×13×24)	플랜지	Ma-CF	1

시험 종료 후 시험편의 파단 성상을 보면 시험편은 두께에 관계없이 큰 타입의 연성과괴 성상을 보이고 있다 (그림 5 참조).

따라서 SHN400은 건축구조용 강재에 요구되는 강도의 신뢰성(항복강도 상, 하한치) 및 비탄성 변형능력(항복비, 연신율, 명확한 항복흐름)을 확보하고 있는 것으로 판단되며, 구조물의 내진설계 적용시 강재의 기계적 특성 측면에서 요구되는 설계 요구조건을 만족할 수 있을 것으로 판단된다.

### 3.3 매크로 조직시험

SHN400 강재의 단면 조직을 육안으로 관찰하여 불순물의 개입여부, 조직균질의 정도 및 라미네이션 발생여부를 확인하기 위하여 매크로 조직시험을 수행하였다.

#### 3.3.1 시험 방법

매크로 조직시험은 KS D 0210에 따라 조직시험을 계획하였으며 시험편은 플랜지의 판두께 방향으로 시험편이 채취

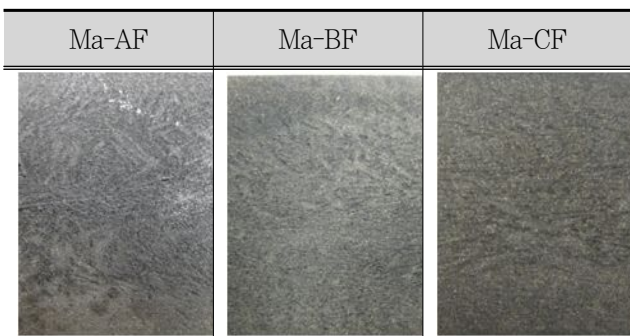


그림 7. 매크로 조직시험결과

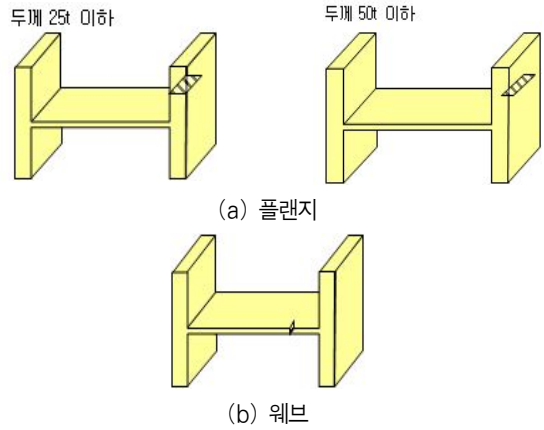


그림 8. 마이크로 조직시험 시편 채취위치

표 8. 마이크로 조직시험 시험편

H형강		시험편기호	개수
A type (H-458×417×30×50)	플랜지	Mi-AF	1
	웨브	Mi-AW	1
B type (H-918×303×19×37)	플랜지	Mi-BF	1
	웨브	Mi-BW	1
C type (H-700×300×13×24)	플랜지	Mi-CF	1
	웨브	Mi-CW	1

되도록 하였다. 매크로 조직시험의 샘플채취위치는 그림 6에 나타내었으며 시험편수는 표 7에 나타난 것과 같이 모두 3개이다. 시험편은 조직의 관찰이 용이하도록 애칭처리를 한 후 표면을 육안으로 관찰하였다.

#### 3.3.2 시험 결과

그림 7은 매크로 조직시험 결과를 나타낸 것이다. 시험결과 시험체의 전단면에 걸쳐 개재물 등의 불순물이 발견되지 않아 라미네이션 등의 우려가 없고 균질한 조직상태를 나타냈다. 특히, 플랜지 판두께가 50mm인 H-458x432 series의 경우 판두께로 인하여 내부 개재물이 침착될 경우 라미네이션의 우려가 있을 수 있다. 하지만 금번의 시험 결과에서는 내부 조직상의 문제가 없어 라미네이션과 관련된 우려가 없는 것으로 나타났다.

### 3.4 마이크로 조직시험

강재 시편의 현미경 관찰을 통해 그 곳에 나타나는 상, 결정립의 형상 및 분포상태, 크기 또는 결함 등을 측정하고 이를 통하여 강재의 특성을 평가하기 위해 마이크로 조직시험을 실시하였다.

채취 위치	배율	Mi-A (H-458×417×30×50)	Mi-B (H-918×303×19×37)	Mi-C (H-700×300×13×24)
플랜지 (F)	×100			
	×500			
	ASTM	No. 7	No. 8	No. 9
웨브 (W)	×100			
	×500			
	ASTM	No. 7	No. 9	No. 10

그림 9. 마이크로 조직시험결과

### 3.4.1 시험 방법

미크로 조직시험은 SHN400의 미세조직을 파악하기 위하여 KS D 0204 강의 비금속 개재물의 현미경 시험 방법 (100배, 500배)에 따라 실시하였다. 시험편은 매크로 조직 시험과 동일 크기로 제작하였다. 그림 8은 마이크로 조직시험의 시험편 채취위치를 나타내며, 시험편수는 표 8에 나타난 것과 같이 모두 6개이다.

시험은 조직의 관찰이 용이하도록 애칭처리 후 전자 현미경을 사용하여 수행하였다.

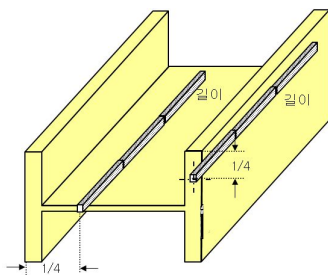


그림 10. 충격시험편 채취위치

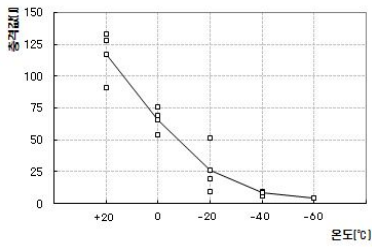
### 3.4.2 시험 결과

SHN400강재의 마이크로 조직시험 결과를 그림 9에 나타내었다. 시험결과 시편의 위치 및 판두께와 관계없이 모든 시험체는 별도의 내부 개재물이나 균열 없이 조밀성과 균질성을 나타내었다.

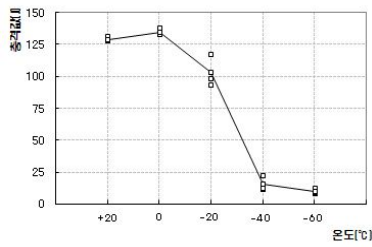
단, 타 시험편에 비하여 판의 두께가 두꺼운 Mi-A 시험편의 경우 내부 조직크기(grain size)가 ASTM grain size

표 9. 소재 충격시험 시험편

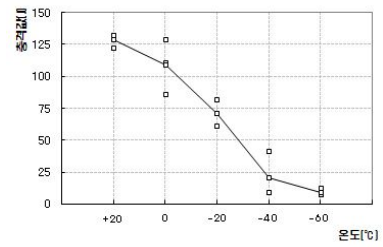
압연 방향	H형강		시험편기호	개수
		A type (H-458×417×30×50)	플랜지	S-LAF
웨브			S-LAW	15
B type (H-918×303×19×37)		플랜지	S-LBF	15
		웨브	S-LBW	15
C type (H-700×300×13×24)		플랜지	S-LCF	15
		웨브	S-LCW	15



(a) S-LAF(H-458×417×30×50)



(b) S-LBF(H-918×303×19×37)



(c) S-LCF(H-700×300×13×24)

그림 11. 플랜지 압연방향의 샤르피 충격시험 결과

number 기준 7 정도로 다소 크게 나타났다. 하지만 조직의 형태 및 분포 등은 타 시편과 동일하게 고른 분포를 나타내었으며, ASTM A6(ASTM, 2010)에서 fine grain size의 최대치로 분류하고 있는 No. 5 보다 작은 grain size를 나타내고 있으므로 기계적 특성에 영향을 미칠 정도의 수준은 아닌 것으로 판단된다.

따라서, 화학성분, 기계적 특성에서와 마찬가지로 SHN400 강재의 조직 구성 역시 건축구조용 강재에서 요구하는 특성을 발현하는데 무리가 없는 것으로 판단된다.

### 3.5 샤르피 충격시험

건축구조용 강재의 경우 인성(toughness) 확보를 위하여 일정 수준의 충격 에너지 흡수 능력의 확보가 요구된다. 따라서 소재의 충격에너지 흡수 능력을 평가하기 위해 샤르피 충격시험을 실시하였다. 시험방법은 KS B 0810 샤르피 충격시험에 따라 강재의 인성 관련 충격특성을 파악하였다.

#### 3.5.1 시험 방법

소재 충격시험편은 KS B 0809에 4호 시험편으로 제작하

였다. 시험편은 KS D 3866(SHN 규격)에서 규정하고 있는 강재 압연 방향의 충격특성을 파악할 수 있도록 제작하였으며, 천이온도를 파악하기 위하여 -60, -40, -20, 0, +20°C의 시험온도를 정하고 각 온도별로 3개씩 시험편을 제작하였다. 시험편 채취 위치와 시험편수는 그림 10과 표 9에 나타내었다.

#### 3.5.2 시험 결과

충격시험결과로부터 얻은 충격에너지는 온도 및 두께별로 구분하여 표 10에 나타내었고, 그림 11에 각 온도별 플랜지 시험편의 충격에너지흡수치의 변화를 나타내었다.

SHN400 강종의 충격치는 플랜지 압연 방향 샤르피 충격시험 결과를 기준으로 평가하도록 KS에 명시되어 있다. 표 10에서 보면 모든 시험체는 KS에서 규정된 기준치인 강재 시험온도 0°C에서의 샤르피 흡수에너지 27J를 만족하였다. 또한 KS에서는 규정하지 않았지만 웨브의 결과도 대부분 기준치인 0°C, 27J 이상의 결과를 나타내었다.

그리고 플랜지 두께가 50mm인 A type 단면을 제외한 나머지 단면의 경우 플랜지 충격치 결과는 -20°C 조건에서도 27J 이상의 결과를 나타내고 있다. 따라서 SHN400 강재는 요구되

표 10. 샤르피 충격시험 결과

제품규격	시험편 기호	충격치[Joule]																			
		+20°C				0°C				-20°C				-40°C				-60°C			
		1	2	3	평균	1	2	3	평균	1	2	3	평균	1	2	3	평균	1	2	3	평균
KS D 3866		-				27 ↑				-				-				-			
A type (H-458×417×30×50)	S-LAF	128	133	91	117	69	76	54	66	19	9	51	26	8	6	9	8	4	4	4	4
	S-LAW	38	48	47	44	26	25	34	28	13	7	9	10	10	6	10	9	4	4	7	5
B type (H-918×303×19×37)	S-LBF	128	131	129	129	134	138	133	135	117	98	93	103	11	12	22	15	8	12	9	10
	S-LBW	77	73	109	86	70	67	56	64	51	27	32	37	22	13	10	15	12	10	8	10
C type (H-700×300×13×24)	S-LCF	122	132	132	129	129	111	86	109	61	82	71	71	9	9	41	20	7	12	7	9
	S-LCW	51	66	62	60	41	44	51	45	36	37	33	35	12	28	22	21	14	7	12	11

는 샤르피 충격 에너지를 만족하고 있는 것으로 나타났다.

각 시험 온도별 충격에너지 변화를 나타낸 그림 11에서 보면 플랜지 두께가 50mm인 S-LA의 경우에는 다른 경우와 달리 상온(+20℃)에서부터 온도 저하에 따른 충격 에너지 감소가 지속적으로 발생하는 것을 볼 수 있다. 따라서 내진설계기준에서 언급한 극후관재에 대한 충격치 보증 관련 규정은 판두께가 두꺼운 구조 부재의 적정한 인성 확보를 위해 필요한 것으로 판단된다.

#### 4. 결론

건축구조용 강재인 SHN400 강재를 대상으로 한 소재 특성시험을 실시하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) 화학성분 시험 결과 KS에서 요구하는 화학성분 제한을 모두 만족하는 것으로 나타났으며, 용접성과 관련된 탄소당량의 경우 평균 32.9%로 기준치인 40%를 만족하는 결과를 나타내었다.
- (2) 기계적 특성을 파악하기 위한 인장시험 결과 항복강도상, 하한치 및 인장강도, 연신율을 그리고 항복비 등이 모두 KS 기준치를 만족하고 있는 것으로 나타났으며, 소성변형능력과 관련된 항복비의 경우 60%대의 결과를 나타내어 KS의 85% 이하의 적절한 결과를 나타내었다.
- (3) 금속학적인 특성을 파악하기 위한 매크로 및 마이크로 시험 결과에서는 강재의 특성에 영향을 미칠 수 있는 개재물 등의 불순물이나 균열이 관찰되지 않았으며, 조직의 결정상태 및 분포도 양호한 것으로 나타났다.
- (4) 강재의 인성을 평가하기 위해 수행된 샤르피 충격 시험 결과 모든 시험에서 KS 규격에서 제한하는 플랜지 압연 방향 0℃ 27J 이상의 결과를 나타내었다.
- (5) 이상의 결과를 종합해볼 때 KS에서 요구되는 조건을 모두 만족하는 SHN400 강재는 건축구조용 강재에 적절한 것으로 판단된다.

#### 참 고 문 헌

대한건축학회(2009) 국토해양부 고시 건축구조기준, 대한건축학회.  
 한국강구조학회(2009) 하중저항계수설계법에 따른 강구조설계기준, 한국강구조학회, 구미서관.  
 한국표준협회(2002) 강재의 검사 통칙(KS D 0001), 한국표준협회.  
 한국표준협회(2007) 금속 재료 인장 시험편(KS B 0801), 한국표준협회.  
 한국표준협회(2003) 금속 재료 인장 시험방법(KS B 0802), 한국표준협회.  
 한국표준협회(1992) 강의 매크로 조직 시험방법(KS D 0210), 한국표준협회.  
 한국표준협회(2007) 강의 비금속 개재물 측정방법-표준 도표를 이용한 현미경 시험방법(KS D 0204), 한국표준협회.  
 한국표준협회(2001) 금속 재료 충격 시험편(KS B 0809), 한국표준협회.  
 한국표준협회(2003) 금속 재료 충격 시험방법(KS B 0810), 한국표준협회.  
 AISC (2005) *Seismic Provisions for structural steel buildings*, AISC, USA.  
 ASTM (2010) *Annual book of ASTM standards : Section one Iron and steel products*, Vol. 1, No. 4, ASTM, USA.  
 AWS (2008) *Estimating Welding Preheat Requirements for Unknown Grades of Carbon and Low-Alloy Steels*, AWS, USA.  
 FEMA (2007) *NEHRP Recommended Provisions for New Buildings and Other Structures: Training and Instructional Materials*, FEMA, USA.  
 Ginzburg and Blallas (2000) *Flat rolling fundamentals*, CRC press, USA.

(접수일자 : 2011. 3. 16 / 심사일 2011. 3. 23 /  
 심사완료일 2011. 6. 26)