

# SHN의 내진 특성 및 KBC2009에 따른 설계적용



김희동 구조기술사/공학박사

이재석 공학박사  
안희진  
현대제철(주) 기술영업팀

## 1. SHN의 소개

SHN강종은 2006년 10월 "건축구조용 열간압연 H형강"이라는 명칭으로 KS 규격이 제정(KS D 3866)되었으며, 그 이후 2번의 개정이 있었습니다. 현재 KS 규격에는 SHN400, SHN490, SHN520, SHN570이 등재되어 있으며, 이들 중 SHN490은 상업생산 중에 있으며 SHN400은 금년 중에 상업 생산을 시작할 예정에 있습니다.

SHN 강종의 규격상 차이를 좀 더 명확하게 파악하기 위해 기존에 용접구조용으로 많이 사용되어왔던 SM490A급 강종과 SHN490 강종의 KS 규격을 비교하면 아래와 같습니다(표 1 참조). 아래의 결과에서 보면 기존의 SM490A 강종과 비교하여 화학성분, 탄소당량, 기계적 특성 및 충격치 부분에서 차이를 나타내고 있습니다. 각 차이점의 의미와 효과에 대해서 간략하게 정리하면 다음과 같습니다.

[표 1] SM490A와 SHN490 규격 비교

품 명	기호	관련 기준	적용 두께 (mm)	화학생분 (단위 : %)												탄소 당량 Ceq (%)
				C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Mo	V	Nb	Mn/S	
용접구조용 압연강재	SM490A	KS D3515	200 이하	0.20 이하	0.55 이하	1.6 이하	0.035 이하	0.035 이하	-	-	-	-	-	-	-	-
건축구조용 열간압연H형강	SHN490	KS D3866	75 이하	0.20 이하	0.40 이하	0.5~1.5	0.035 이하	0.030 이하	0.60 이하	0.45 이하	0.35 이하	0.15 이하	0.11 이하	0.05 이하	20 이상	0.45 이하

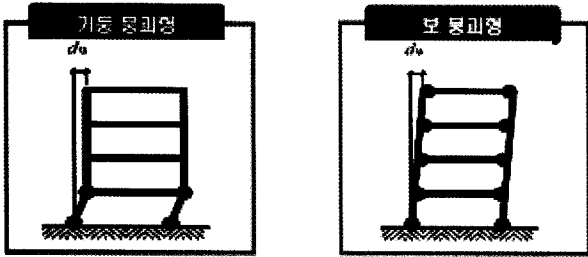
품 명	기호	관련 기준	적용 두께 (mm)	기계적성질 (16mm초과40mm이하기준)				충격치 실험		
				인장강도 (N/mm <sup>2</sup> )	항복점 (N/mm <sup>2</sup> )	항복비 (%)	연신율 (%)	시험 온도 (°C)	샤르피 흡수 에너지(J)	시험편
용접구조용 압연강재	SM490A	KS D3515	200 이하	490 ~ 610	315 이상	-	21 이상	-	-	-
건축구조용 열간압연H형강	SHN490	KS D3866	75 이하	490 ~ 610	325 ~ 445	85 이하	21 이상	0	27	4호, 압연방향

## 2. SHN의 주요 특성

### 2.1 항복강도의 상·하한치 동시 규정

지금까지 건축구조물에 적용되었던 대부분의 강종(SS, SM材)의 경우 KS 규격에서는 강도의 하한치만을 규정해왔습니다. 따라서 강도의 기준에서 보면 KS 규격에서 규정하는 강도의 하한치를 상회하기만 하면 사용에 특별한 제약이 없었던 것이 현실입니다.

하지만 기존의 연구들을 통해 밝혀진 바와 같이, 설계기준강도( $F_y$ )와 실제 강재의 항복강도( $\sigma_y$ )의 차이가 클 경우 정확한 붕괴기구(Collapse mechanism)의 예측이 어렵게 되고 이는 궁극적으로 설계자가 의도한 붕괴기구(그림 1 참조, 강기동-약보 등)의 형성을 어렵게 만들 수 있습니다. 따라서, 건축구조용 강종인 SHN 강종의 경우 항복강도의 상한치와 하한치를 동시에 규제하여 항복강도의 범위를 한정하고, 이를 통해 설계강도와 관련한 신뢰성을 향상시켰습니다.



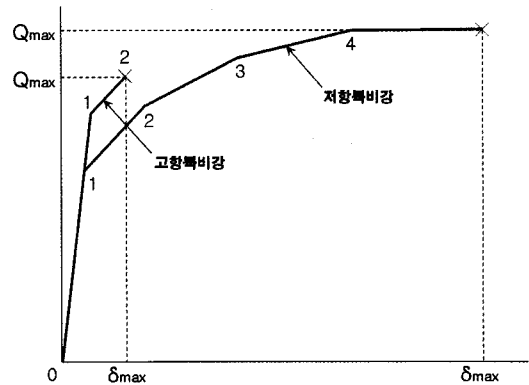
[그림 1] 골조의 붕괴기구

### 2.2 항복비 상한치 규정

항복비는 항복강도와 인장강도의 비를 나타내는 수치로 일반적으로 구조물의 소성변형능력과 깊은 관련이 있습니다.

항복비가 낮은 강재의 경우 초기 항복 발생 이후 부재의 중극 상태(파단, 전소성화 등)에 이르기까지 충분한 소성변형을 하게 되며, 이러한 소성변형은 변형에너지를 열에너지 등으로 변환하게 되므로 에너지 소산능력이 요구되는 내진설계에서 매우 중요한 의미를 가지게 됩니다. 이러한 특성은 그림 2에 나타난 고항복비 및 저항복비 강재를 적용한 골조의 push over 해석 결과를 통해서도 명확하게 나타나고 있습니다. 이에 AISC seismic provision(2005)의 해설편에서는 내진설계를 위한 W shape(국내의 H형강)의 선택시 항복비 0.85 이하의 강종 선택을 권장하고 있습니다.

SHN 강종은 항복비 0.85 이하를 규정하고 있어 상기에 언급한 내진설계 권장치를 만족하고 있으며, 이를 통하여 구조물의 소성변형능력 향상에 기여할 수 있습니다.



[그림 2] 항복비에 따른 골조의 소성거동 성상

### 2.3 탄소당량 상한치 규정

기준에 강재의 용접성을 나타내는 지표로 탄소(carbon)함유량이 주로 언급되어왔습니다. 따라서 일반구조용 강종인 SS 강종에 비해 탄소량 규제가 있는 SM 강종이 용접구조용에 적합한 강종으로 널리 사용되어 왔습니다.

하지만 탄소 이외의 화학성분들도 용접성능 특히 용접경화(hardness of the steel being welded)에 영향을 미치게 됩니다. 따라서 탄소 이외의 성분의 영향을 고려하기 위해 이들의 영향을 탄소량으로 치환한 표기법이 탄소당량(Carbon equivalent Value)입니다. 일반적으로 탄소당량이 낮을수록 용접 경화(hardness of the steel being welded)가 덜 일어나게 되어 용접 불량률이 감소하게 됩니다.

SHN 강종은 SM 강종과 같은 탄소량 규제 뿐 아니라 탄소당량(Ceq) 규제를 동시에 가지고 있어 용접성능 면에서도 SM 강종보다 우수한 성능을 나타낼 수 있습니다.

### 2.4 샤르피 충격에너지 최소치 규정

SM 강종은 샤르피 충격에너지 보증 조건에 따라 강종을 A, B, C급으로 구분하고 있으며, 현재 국내에서 H형강으로는 A, B급 강종이 생산, 판매되고 있습니다(A급 : 별도 충격치 보증 없음 / B급 : 0℃ 27J / C급 : 0℃ 47J). 통상적으로 충격치가 보증된 강재는 인성(toughness)이 향상된 강재로서 강재의 에너지 흡수능력 면에서 안정된 결과를 나타냅니다.

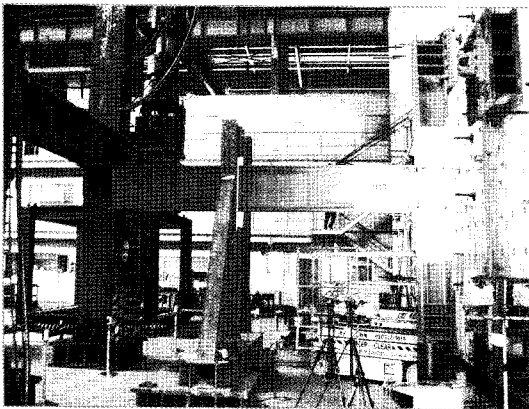
SHN 강종은 기본적으로 SM 강종의 B급의 충격치(0℃, 27J)를 보증하며, 따라서 인성 측면에서도 신뢰할 수 있는 성능을 나타냅니다.

상기에 언급된 바와 같이 기존에 건축구조용으로 사용되던 SS 및 SM 강종과 달리 SHN 강종은 건축구조물에서 요구되는 성능, 특히 내진관련 성능이 보강된 건축구조용 강종입니다. 이리

한 특성들로 인하여 개정된 강구조 내진설계 기준에서는 지진하중 저항시스템의 요구 성능에 따라 성능 발현에 적합한 재료인 SHN 강종의 적용을 권장하고 있으며, 설계시 필요한 적절한 계수값들을 제안하고 있습니다.



[그림 3] (사)한국강구조학회의 소재 특성 검증 연구

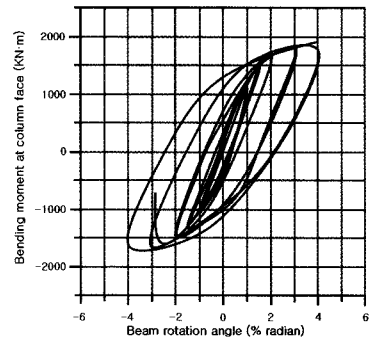


[그림 4] (사)한국강구조학회 수행 접합부 성능 시험

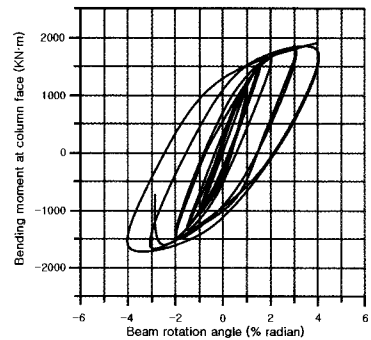
### 3. 구조 성능 실험

현재 현대제철(주)에서는 SHN 강종 관련 제품을 생산할 수 있는 KS 인증을 획득하였으며, 국내에서는 유일하게 (사)한국강구조학회를 통해 생산된 제품에 대한 소재 및 접합부 성능 실험을 실시(그림 3, 4 참조)하여 그 사용의 적합성을 검증 받았습니다.

기 수행된 연구를 통해 기존에 SM490A 강종 대비 SHN 490 강종에서 우수한 구조적 거동을 나타내는 것으로 나타났으며, 특수모멘트 골조에서 요구되는 최대회전각 0.04rad (4%) 이상의 거동을 확인 하였습니다. (그림 5, 6 참조)

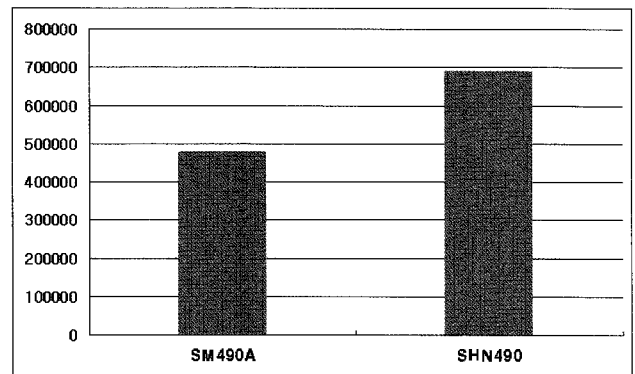


(a) SM490A



(a) SM490A

[그림 5] 접합부 반복하중에 의한 모멘트 - 회전각 관계



[그림 6] 접합부 실험 결과 및 에너지 흡수 능력

### 4. KBC2009에 따른 설계 적용

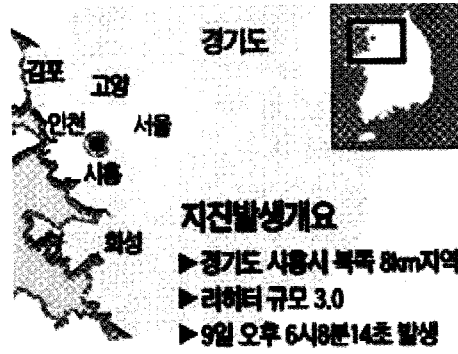
2009년 12월 29일 건축구조기준(이하 KBC 2009)이 국토해양부에서 개정 고시 되었습니다. 특히 금번 개정에는 강구조 분야의 내진설계와 관련된 국내의 최신 연구 성과와 설계기술이 적극 반영되어 향후 국내 강구조 내진설계 발전에 크게 기여할

[표 2] SM490A와 SHN490 구조성능 실험결과 비교

강 종	최대내력(kN)	최대회전각 (% rad)	파괴내력(kN)	파괴회전각 (% rad)
SM490A	495.9	4.0	412.4	0.63
SHN490	483.1	5.0	334.6	0.94



(a) 아이티 지진 피해



(b) 시흥 지진 발생그림

[그림 7] 국내외 지진 사례

것으로 생각되며, 시기적으로도 아이티 및 칠레의 지진 참사 및 국내 시흥, 울산 지진 발생 등(그림 7 참조)으로 인해 내진설계의 중요성에 대한 국내 전 사회적인 관심이 집중된 시점에서 발표되어 그 의미가 매우 크다고 생각합니다.

금번에 새롭게 소개된 강구조의 내진설계 관련 사항들 중 시스템에 따른 사용 가능 강종의 규정 및 강종에 따른 설계계수 변

화 등과 같이 기존 설계법에서는 전혀 언급이 없었던 설계시 강종 선택의 문제가 포함되어 있습니다.

지금까지 강구조 설계시 강종의 선택은 대부분의 경우 용접성(SS/SM 강종)과 설계강도( $F_y$ ,  $F_u$ )에 의해 결정되었습니다. 따라서 내진설계시 강종 선택을 위해 별도의 검토를 수행하는 일은 거의 없었습니다.

[표 3] KBC 2009 강구조 건축 내진설계 기준

0713.6.1 재료 규격

특수모멘트골조, 중간모멘트골조, 특수중심가새골조, 편심가새골조, 좌굴방지가새골조 및 특수강판벽에 서는 내진성이 뛰어난 강재인 SN 및 SHN강 또는 TMC강을 사용하여야 한다.

0714.5.1 구조용강재

합성지진하중저항시스템에 사용되는 구조용강재의 부재 및 접합부는 0701.4의 요구사항을 만족하여야 한다.

0714.8, 0714.9, 0714.12, 0714.14, 0714.16 그리고 0714.17의 합성지진하중저항시스템에 사용되는 구조용강재는 0713.6과 0713.7의 요구사항을 만족하여야 한다.

[표 4] 강재 종류별  $R_y$ ,  $R_t$  값

적 용		$R_y$	$R_t$
구조용 압연형강 및 냉간가공재	KS SS400, SSC400, SWH400, KS STK400, STK490, SPSR400, SPSR490 STKN400, STKN490	1.3	1.2
	KS SM400, SM490, SM520, KS SPAR295, SPAP235, SPAP325, SCW 490-CF	1.2	1.2
	KS SHN490	1.1	1.1
플레이트	KS SS400	1.3	1.2
	KS SM490, SM490TMC, SM520, SM520TMC, SM570, SM570TMC KS SMA400, SMA490, SMA570	1.2	1.2
	KS SN400, SN490	1.1	1.1

하지만 KBC 2009의 “0713 강구조의 내진설계” 편에서는 지진력 저항시스템에 따라 사용가능 강종을 아래와 같이 제시하고 있습니다(표 3 참조). 또한, 실제 강도의 산포도를 고려한 설계 값인  $R_y$ ,  $R_t$  (수치가 낮을수록 강도의 산포도가 낮은 고급 강종임)를 실제 통계치에 근거하여 아래와 같이 강종별로 달리 부여하여 강종별 강도의 신뢰성에 따른 영향을 설계에 반영할 수 있도록 하였습니다(표 4 참조).

## 5. 맺는말

이상으로 새롭게 도입된 강종과 관련된 기준들을 이해하는데 도움을 드리기자 KBC 2009에서 건축구조용 강재로 설계 적용이 권장되고 있는 SHN 강종(KS D 3866)의 특성 및 관련된 연구 결과를 소개하였습니다. 따라서, 현대제철(주)에서 생산되는 SHN 강종은 개정된 KBC2009의 강구조 내진설계 기준에서 요구하는 모든 조건을 충분히 만족시키고 있으며, 궁극적으로 국내 강구조 건축물의 내진성능 향상에 기여할 것으로 기대됩니다.

## 참고문헌

1. 김태진, 박종원, 조정혁, 김희동 (2008), “SHN 형강 기둥-보 접합부의 내진성능 평가”, 한국강구조학회 논문집 제 20 권 6호, pp.829 - 838.
  2. 대한건축학회 (2009), “국토해양부 고시 건축구조기준”
  3. 한국강구조학회 (2004), “건축구조용 압연 H형강의 소재 특성과 용접성능에 관한 연구”
  4. 한국표준협회, “건축구조용 열간압연H형강 (KSD 3866)”
  5. 한국표준협회, “용접구조용 압연 강재 (KS D 3515)”
  6. AISC (2005), "Seismic Provisions for Structural Steel Buildings"
  7. <http://www.todaykorea.co.kr/news/articleView.html?idxno=93952>
  8. <http://www.hankyung.com/news/app/newsview.php?aid=2010020973091&sid=010620&nid=008&dtype=1>
- ※ 건축구조용 열간압연 H형강(SHN)에 대해 궁금한 사항은 아래의 연락처로 문의 바랍니다.  
현대제철(주) 기술영업팀 02-772-2233~5