

건설용 강재의 개발 현황과 용접성

이종봉* · 안영호* · 안상근* · 한재광*

Trend and Weldability of Steels for Construction

J. B. Lee*, Y. H. Ahn*, S. K. Ahn* and J. K. Han*

1. 개발 배경

건설용 강재는 건축용 강재와 토목용 강재로 구분할 수 있다. 토목은 건설되는 지역, 지반, 공법 등의 제한이 많은 반면, 건축은 설계, 시공이 상당히 자유롭고 강종이 다양하며, 최근에는 특히 건축에의 철골 사용이 지속적인 증가 추세를 보이고 있다.

건축용강재가 주로 적용되는 도시건물은 지상공간의 유효활용, 빌딩기능의 고도화 등에 대응하기 위해 인텔리젠트화와 함께 초고층화, 대공간화 되어가고 있으며, 또 큰 지진에서도 건물이 붕괴하지 않는 내진설계, 화재를 고려한 내화설계 등의 적용이 확대되고 있다. 이러한 사용환경의 변화 및 수요가의 다양한 요구에 대응하기 위하여, 각 철강회사들은 다품종 소ロット 주문에의 적극적인 대응과 기술 서비스를 강화하여, 많은 건축용 신강재들을 개발, 실용화하고 있다.

건축용 강재를 재질면에서 보면, 요즈음도 SS400, SWS490, SWS520 등의 비조질강이 주로 사용되고 있다. 기능면에서는 선진국의 경우 오래전부터 내후성강이 사용되어 왔으며, 최근에는 지진의 발생에 대비한 저YR강, 협YP강, 저YP강과 건물의 화재 발생에 대비한 내화강도 개발·적용되고 있다. 또, 미관 및 환경을 고려한 스테레스강 및 제진강판 등도 실용화되고 있다^{1,2)}.

본 내용에서는 건축용 강재의 주요한 요구성능인 고강도, 내화성, 내구성 및 용접성 등을 만족할 수 있도록, 새롭게 개발하거나 종래 사용되던 강의 특성을 개선한 건축용 강재의 특성 및 용접성을 주로 소개하고, 토목용 강재에 대해서는 약술하고자 한다.

2. 건축용 TMCP강

2.1 특징 및 제조방법

건축 구조물의 초고층화, 대형화에 따라 강재에 요구되고 있는 각종 특성을 만족시키기 위해서는, 극후판의 고강도 강재가 필요하며, 더우기 내진성 및 용접성 등도 우수해야 한다. 따라서 저Ceq로서 고강도, 고인성이며 용접성 및 내진성이 우수한 강을 제조하기 위하여, 개발 초기에 주로 조선용, 해양구조용 및 라인 파이프(line pipe)용 강의 제조에 적용하던 기존의 TMCP를 다소 개량하여 건축용 TMCP강을 개발하게 되었다.

Table 1은 건축용 TMCP강의 허용 응력도, 화학 성분 및 기계적 성질을 나타낸 것으로, 강재의 허용 응력도의 기준은 모재와 용접부가 동일하다²⁾. 이와 같이 건축용 TMCP강은 종래강에 비해 판 두께의 증가에 따른 항복강도의 저감이 없으며, 내진설계를 위해 항복비를 규정하고 있는 특징이 있다.

이러한 건축용 TMCP강의 주요특징을 요약하면

* 정회원, 포항종합제철(주) 기술연구소

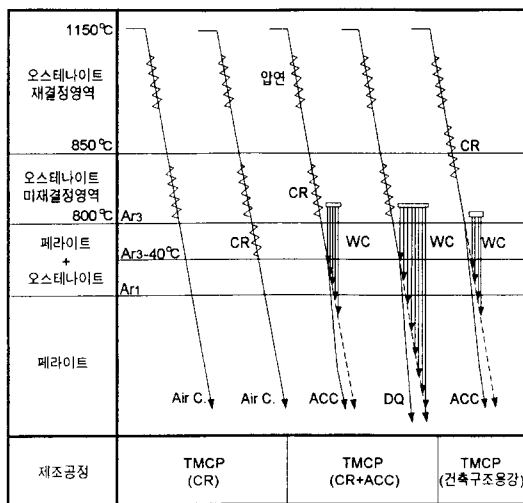
Table 1 건축구조용 TMCP강의 특성

강재의 허용 응력도의 기준강도 (N/mm ²)	적용두께 (mm)	화 학 성 분			인 장 특 성				충격특성 Charpy 흡수에너지 (J)
		탄소당량 Ceq (%)	용접균열 감수성조성 Pcm (%)	항복강도 (N/mm ²)	인장강도 (N/mm ²)	항복비 (%)	연신율 (%)		
323	40<t≤50	SWS490B 와 동일	≤0.38	≤0.24	≥323	SWS490B 와 동일 (490~608)	≤80	SWS490B 와 동일	SWS490B와 동일 (0°C, ≥27.4)
	50<t≤100	상동	≤0.40	≤0.26					
353	40<t≤50	SWS520B 와 동일	≤0.40	≤0.26	≥353	SWS520B 와 동일 (520~637)	≤80	SWS520B 와 동일	SWS520B와 동일 (0°C, ≥27.4)
	40<t≤100	상동	≤0.42	≤0.27					

다음과 같다¹⁾.

- (1) 저Ceq로서 용접성이 우수하다.
- (2) 저Ceq에도 불구하고 고강도이다.
- (3) 항복비가 낮아 내진성이 우수하다.
- (4) 초음파 음향 이방성이 작다.
- (5) 대입열 용접부의 연화에도 불구하고 강도확보가 가능하다.

건축에서는 저온에서의 충격치를 요구하지 않고, 저항복비(YR, YS/TS) 및 음향 이방성의 제어가 요구된다. 따라서, 건축용 TMCP강은 Fig.1에서 나타낸 바와 같이, 재결정과 미세결정 영역의 중간에서 압연하며, 마무리 압연온도를 800°C 이상으로 비교적 높게한다. 또, 수냉방식을 채용하고 냉각 정지온도도 다소 높게 관리한다¹⁾.



- CR: 제어압연, - ACC: 가속냉각, - DQ: 직접 담금질
- WC: 수냉, - Air C.: 공냉

Fig.1 TMCP의 모식도

2.2 용접성

Table 2는 TMCP로 제조한 SWS490B상당의 두께 80mm인 건축용강의 시판재에 대한 화학조성 및 기계적 성질의 예를 나타낸 것이다. Ceq가 0.40%이상인 종래재에 비하여 0.35% 정도로 크게 낮추어도 제조 가능하며, 강도 및 인성도 양호하다. 또 YR도 80% 이하를 만족하며, 비교적 고온에서 압연했기 때문에 초음파 음향 이방성도 문제가 없다³⁾.

Table 2 건축구조용 TMCP강의 예(SWS490B, 80mm¹⁾)

(a) 화학성분 (wt.%)

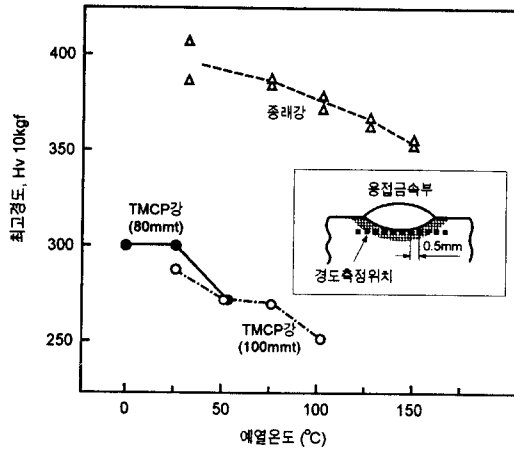
C	Si	Mn	P	S	Cr	Ceq
0.14	0.23	1.22	0.016	0.003	0.015	0.356

Ceq = C + Si/24 + Mn/6 + Ni/40 + Cr/5 + Mo/4 + V/14

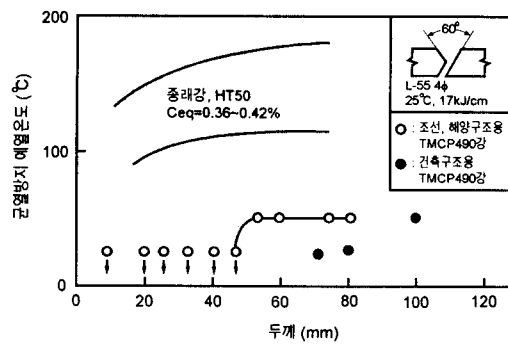
(b) 기계적 성질

방 향	인 장 시 험				충격시험 E ₀ (J)
	YP (N/mm ²)	TS (N/mm ²)	EI (%)	YR (%)	
압연방향	374	548	31	68	260
직각방향	375	547	30	69	237

Fig.2(a)는 예열온도에 따른 용접부의 최고 경도 값의 변화를 나타낸 것으로, TMCP강은 저Ceq화로 제조되기 때문에 종래강에 비해 최고 경도값이 극히 낮은 수준이다³⁾. 또 Fig.2(b)에는 경사 y형 구속균열시험에 의한 판두께에 따른 균열방지 예열온도를 나타냈다. 이 결과에 의하면, 두께 80mm까지는 상온에서도 균열이 발생되지 않지만, 100mm정도가 되면 50°C정도의 예열이 필요함을 알 수 있다. 그러나 예열온도는 실용상 이 시험결과보다 50~70°C정도 낮



(a) 용접부 최고경도



(b) 저온균열 방지 예열온도

Fig.2 건축구조용 TMCP강의 용접부 경화도 및 저온균열 감수성

게 관리해도 무난하기 때문에, TMCP강은 예열없이 상온에서 용접할 수 있다⁴⁾.

Fig.3은 용접입열량에 따른 인장강도의 변화를 나타낸 것으로, 현재 건축용강에 적용하고 있는 용접법 및 용접입열량에서는 TMCP강의 용접이음부 강도를 충분히 확보할 수 있다³⁾.

이상과 같이 TMCP강은 Ceq가 저하함에 따라 용접균열 감수성이 저하하여 용접시 예열을 생략할 수 있고, 선상가열 등도 쉽게 할 수 있다. 또, 탄소량이 적기 때문에 용접금속쪽으로의 탄소회석도 적어 박스기둥의 각(角)용접시 발생하기 쉬운 용접금속의 균열을 방지하고, 더우기 다이어프램의 부착시 대입열 ES(Electro Slag)용접에 따른 용접열영향부의 인성저하도 방지할 수 있다.

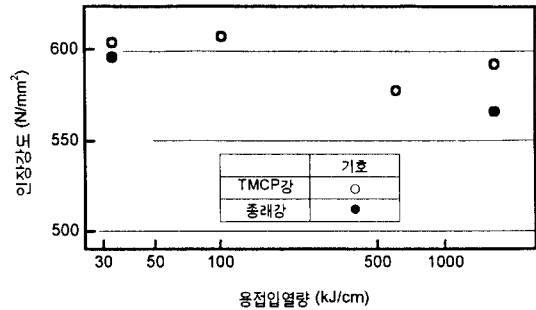


Fig.3 TMCP강의 용접입열량과 이음부 인장강도

2.3 적용예 및 향후전망

일본의 경우에는 건축용 TMCP강재의 기준강도에 대해 이미 건설성의 일반 인지도 받은 상태로서, 대표적인 동경도신청사(東京都新廳舎)를 비롯하여 많은 실적이 있다. 국내의 적용실적은 아직 일본에 비해서는 극히 적은 상태지만, 95년 완공예정인 포항제철의 경영정보센터 빌딩(Photo.1)을 비롯하여 나산실업의 아파트와 상가의 복합건물에 사용중이다. 또, 부산시청, 충청은행 등 다수의 고층 건물에도 사용 예정인 것으로 알려지고 있다. 이와같이 국내에서도 TMCP강재가 본격적으로 건축용으로 사용되기 시작하고, 또 향후 그 사용량이 더욱 증가하리라 예상된다.



Photo.1 TMCP강으로 건축중인 POSCO경영정보센터 빌딩

3. 저YR강, 헵YP강 및 저YP강

3.1 저YR 고장력강

3.1.1 특징 및 제조방법

중지진 및 대지진 발생시 건물의 붕괴에 따른 인명 피해를 방지하기 위하여 최근 한계상태 설계개념을 도입한 신내진 설계법이 시행되고 있으며, 이를 위하여 철강회사들은 항복비를 80%이하로 하는 저YR강을 개발하였다.

Table 3은 건축용 강재로서 제안하고 있는 일본의 건축용 강재 규격(안)을 소개한 것으로, 아직 HT790강은 포함되지 않았지만 종래강에 HT590강이 추가되어 있다. 건축용 저YR강은 높은 항복강도를 전제로 하고 항복비, 항복후의 경화구배, 균일연신을 규제한 고성능강이다⁵⁾.

저YR화를 위해서는 고용 탄소량을 낮추고, 저전위밀도, 저항복강도의 페라이트 조직과, 인장강도를 높이기 위한 고경도의 펄라이트, 베이나이트 및 마르텐사이트 조직을 적정 비율로 혼합시킨 조직의

확보가 필요하며, 결정립의 미세화 정도도 적당히 조절하여 항복강도의 상승을 최소화시켜야 한다.

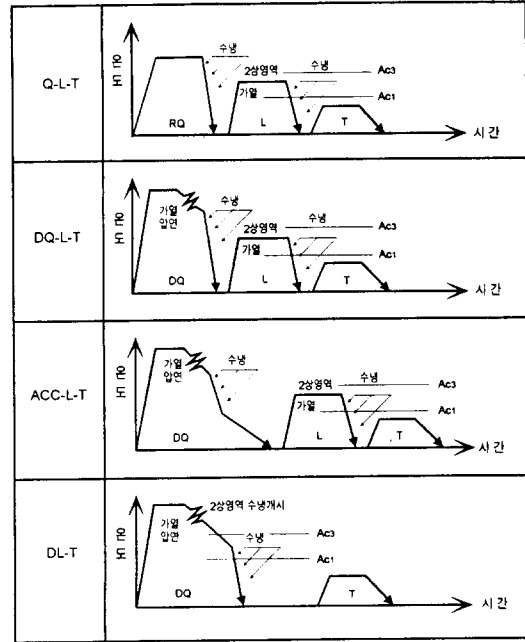


Fig.4 저YR 고장력강의 제조방법

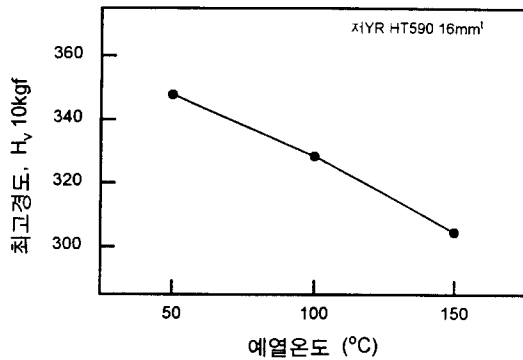
Table 3 건축구조용 강재 규격(안, 일본)

구분	기호	두께 (mm)	기계적성질							
			YP (N/mm ²)	TS (N/mm ²)	YR (YP/TS) (%)	Z방향 (YP,TS) (%)	수축율 (%)	연신율 (%)	Charpy 흡수에너지 (J) (0℃)	
40	SA27A	6≤t≤40	270이상	400이상 510이하 (SM400과 동일)	≤80	규정 없음	선택	JIS G 3106의 규정에 준합	27이상 27이상	
		40<t≤100								
	SA27C	25≤t≤40								270이상
		40<t≤100								340이하
50	SA36A	6≤t≤40	350이상	490이상 610이하 (SM490과 동일)	≤80	선택	JIS G 3106의 규정에 준합	27이상 27이상		
		6≤t≤40								
	SA36C	40≤t≤100							350이상	
		25≤t≤40							430이하	
60	SA45A	6≤t≤40	강종규정없음							
		40<t≤100	440이상	590이상	≤80	규정 없음	선택	JIS G 3106의 규정에 준합	47이상	
	SA45C	40≤t≤100	440이상	740이하	≤80	규정 없음	선택	JIS G 3106의 규정에 준합	47이상	
		40<t≤100	540이하							

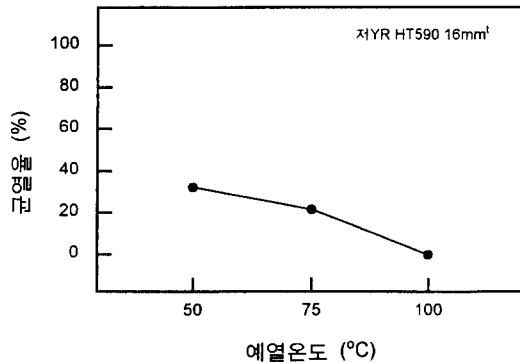
Fig.4는 저YR강의 각종 제조방법을 모식도로써 나타낸 것이다. 이러한 모든 제조방법의 배경이 되는 기본사상은 경한 조직과 연한 조직의 비율과 분포 상태, 형상을 제어한다는 점이다. 제조방법은 종래 열처리법을 이용한 Q-L-T의 3단 열처리법과 TMCP법이 알려지고 있다. 특히 TMCP법은 DQ-L-T법, ACC-L-T법 및 DL-T법 등이 소개되고 있다.

3.1.2 용접성

Fig.5(a) 및 (b)는 저YR HT590강의 용접 경화성 및 저온균열 감수성을 나타낸 것이다. 50°C로 예열을 한 경우 용접부 최고 경도는 346 Hv정도이며, 용접 저온균열 방지를 위한 한계 예열온도는 약 100°C로서, 용접부 경화성 및 저온균열 감수성은 종래강과 유사한 특성을 나타냄을 알 수 있다⁵⁾.



(a) 용접부 최고경도



(b) 저온균열 방지 예열온도

Fig.5 저YR강의 용접부 경화도 및 저온균열 감수성

Fig.6은 인장강도 570N/mm²급강의 용접입열량에 따른 이음부 강도와 인성을 나타낸 것으로, 이음부의 강도 및 인성치는 강제 규격치를 만족하고 있으며, 종래강과 유사한 특성을 나타내고 있다.

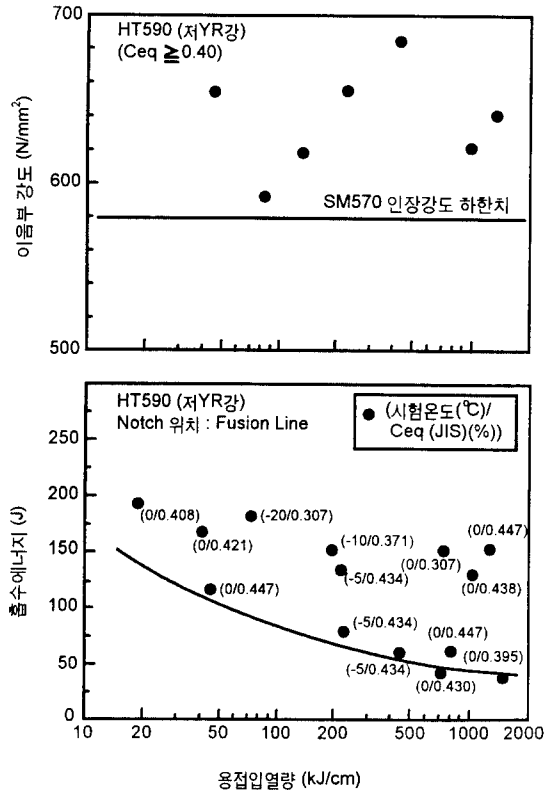


Fig.6 저YR HT60강(590N/mm²급)의 용접입열량과 이음부 강도 및 열영향부 인성

3.2 협YP강

강재의 YP를 지배하는 인자에 대해서는 이미 충분히 검토되어 있기 때문에 YP를 어느정도 범위로 제어할 수는 있다. 그러나, 현재까지의 건축용강재의 YP는 규격 만족을 위해서는 제어하고 있지만 생산성 때문에 일정한 좁은 범위로 제어하지는 않았다. 실제 10mm정도의 박판은 약 140 N/mm²의 큰 편차를 나타내는 경우도 있기 때문에, 내진설계에 대응하기 위해서는 박판에서 YP가 높아지는 현상을 억제하고, 두께에 관계없이 YP의 편차를 줄여야 한다. 이러한 YP의 편차는 페라이트 분율, 페라이트 입경, 고용경

화, 석출경화, 가공경화 등에 지배되므로, 화학성분, 재가열 조건, 압연조건 등을 적절히 제어한다면 저감시킬 수 있다. 험YP화를 위해 이상과 같은 제어를 실시하여 제조한 연강의 경우, 박판에서의 YP상승도 적고, 두께에 따른 YP의 편차도 약 80N/mm² 범위로 생산할 수 있음이 보고되고 있다⁴⁾.

3.3 저YP강

최근 지진에 저항하는 새로운 구조 형식의 하나로써, 골조로의 지진 에너지를 의도적으로 특정의 구조부재 또는 부품에 흡수시켜 주요 구조부재의 손상을 피하는, 제진 및 면진(免震)구조가 개발되고 있다. 저YP강은 이러한 부품 및 구조에 사용되는 강재로서, 항복점을 190N/mm², 290N/mm² 정도로 종래의 연강보다 더욱 낮추고 연신율을 증가시킴으로써, 항복이 쉽고 우수한 소성변형 능력을 갖도록 하였다.

저YP강은 C, Si, Mn 함량을 저감시키고, 결정립을 조대화시키는 방법으로 제조되고 있으며, 인장과 압축시 복원성이 좋고, 가공 경화성도 적은 우수한 특성이 보고되고 있다. 이러한 저YP강을 제진덤퍼로 사용하면, 다른 제진구조에 비해 가격이 싸고 신뢰성도 높기 때문에, 향후 이용범위가 더욱 확대될 것이다⁴⁾.

3.4 향후전망

지진의 발생 빈도가 큰 미국 및 일본에서는 인장강도 690, 780N/mm²급 고강도강의 사용실적이 보고되고 있으나, 아직 건축철골의 요구성능을 충분히 만족시키는 강재의 입수가 쉽지 않고, 또 용접성 및 용접재료에 대한 기술자료가 부족하며, 적용시 개별 인정이 필요하다는 등의 문제 때문에 사용 예가 많은 편은 아니다.

국내에서는 아직 대지진의 발생 예가 없지만, 지리적으로 볼 때 지진의 발생 가능성이 완전히 배제될 수 없다. 이러한 자연 환경에서 최근 국내에서도 건축구조물의 강재 사용량이 증가하고 있고, 향후 고강도강의 필요성도 대두되리라 예상된다. 따라서, 국내에서도 건축구조물의 설계시 내진성을 고려한 기준의 정립과 함께, 이러한 수요에 대응할 수 있는 기능을 갖춘 강재의 국산화 및 관련 기술의 축적 등이

이루어지리라 기대된다.

4. 내화강 (FR강, Fire Resistant Steel)

4.1 특징 및 제조방법

1871년의 시카고 대화재시에 많은 건축물이 붕괴된 경험은, 철골 건축물에 대해 엄격한 내화규정을 적용시키게 만든 동기가 되었다. 이러한 내화규정에 근거하여 통상 화재시 철골의 온도가 350℃ 이하로 될 수 있도록 내화피복을 실시함으로써, 열에 의한 강도저하를 방지하고 있다. 350℃ 이하로 규정한 것은, 일반 건축용강의 고온 내력이 350℃ 부근에서 상온의 2/3(장기 허용응력도)까지 저하하여, 화재시 건축물에 요구되는 항복점보다 저하되기 때문이다. 고층빌딩에서 요구되는 3시간 내화를 예로 들면, 화재시 1000℃ 정도의 온도로 3시간 동안 가열되는 경우에도 철골온도가 350℃ 이하로 유지되도록 하기 위해서는 5cm정도의 피복이 필요하다. 따라서 비용의 절감뿐만 아니라 공기단축, 실내면적의 유효활용등의 측면에서도 이러한 피복에 대한 개선 요구가 증대되었다⁴⁾.

4.1.1 특징

내화강은 일반 건축용강과 상온특성, 가공성 및 용접성이 동등하고, 항복비가 낮아 내진성이 우수하며, 특히 일반강에 비해 고온특성이 우수하다는 특징이 있다. 고온특성은 600℃를 기준으로 하고, 그때의 내력(0.2%PS)은 상온규격 강도의 2/3이상을 보증하고 있다. 이것은 보증온도가 600℃보다 낮으면 내화피복의 저감량이 적어 내화강을 사용하는 이점이 줄어들고, 온도가 너무 높으면 합금원소의 다량 첨가에 의해 용접성이 크게 저하되기 때문이다⁶⁾.

4.1.2 제조방법

Fig.7은 이상과 같은 내화강의 품질을 확보하기 위한 사상을 나타낸 것이다. 내화강의 고온특성은 Cr, Mo, Nb, V 등의 첨가에 의한 탄질화물의 석출강화를 이용하여 확보한다. 이때, Nb 또는 V의 단독 첨가보다 Mo과 복합 첨가하면, 이들 탄화물이 페라이트 입계 뿐만아니라 입내에도 석출되어 고온강도의 상승효과가 더욱 커진다고 한다. 한편, 합금원소의 첨가에 의한

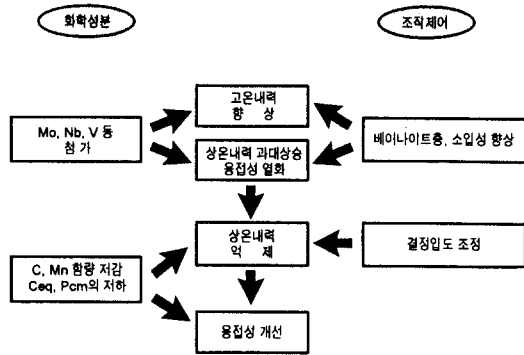


Fig.7 내화강의 품질설계 사상

용접성의 저하 및 상온강도의 지나친 상승을 제어하기 위해서는 C, Mn 등의 함량을 저감시킨다.

내화강은 일반적으로 소준 도는 압연 그대로(As rolled)의 방법으로 제조하고 있지만, 경제성을 고려하여 주로 후자가 많이 이용된다. 그러나, 압연만에 의한 제조도 스텔브 가열온도, 압연 종료온도 등에 따라 그 특성이 크게 변하기 때문에, TMCP 조건과 같은 엄밀한 제어가 필요하다. 즉, Nb 석출경화, 미세조직의 제어를 위해서는 스텔브의 고온 재가열, 고온에서의 제어압연이 효과적이라고 한다.

Table 4 및 Table 5는 두께 100mm이하의 내화강의 화학조성, 상온 및 고온인장 규격치를 나타냈다⁶⁾.

Table 4 내화강의 화학성분

강종		두께	C	Si	Mn	P	S
(wt.%)							
SM400A-FR	50mm이하		0.23이하		2.5×C 이상	0.035 이하	0.035 이하
	50mm초과 100mm이하		0.25이하				
SM400B-FR	50mm이하		0.20이하	0.35	0.60	0.035	0.035
	50mm초과 100mm이하		0.22이하	이하	1.40	이하	이하
SM400C-FR	100mm이하		0.18이하	0.35 이하	1.40 이하	0.035 이하	0.035 이하
SM490A-FR	50mm이하		0.20이하	0.55	1.60	0.035	0.035
	50mm초과 100mm이하		0.22이하				
SM490B-FR	50mm이하		0.18이하	0.55	1.60	0.035	0.035
	50mm초과 100mm이하		0.20이하				
SM490C-FR	100mm이하		0.18이하	0.55 이하	1.60 이하	0.035 이하	0.035 이하

필요에 따라 이외의 합금원소를 첨가한다.

4.2 용접성

Table 6은 후판 내화강의 제조에로서, 일본 제품과 최근 국내에서 개발된 강의 화학조성 및 기계적 성질을 나타냈다. 국내에서 개발된 내화강은 SM490B에 상당하는 강재로서 기존의 내화강과 비교하여 화학조성이 유사하며, 기계적 성질도 동등이상 수준임을 알 수 있다. Fig.8은 내화강의 고온강도를 나타낸 것으로서, 일반강의 항복점은 350°C부근에서 상온 규격치의 2/3정도로 낮아지지만 내화강은 600°C이상에서도 2/3이상을 유지하고 있다²⁾.

Fig.9(a) 및 (b)는 용접부 최고경도시험 및 경사y형 균열시험 결과의 예를 나타낸 것이다. 내화강의 경우 균열방지를 위해서는 일반강에 비해 예열온도를 낮게 관리할 수 있고, 용접 경화성은 일반강과 유사함을 알 수 있다²⁾.

Fig.10은 SM490FR강의 용접이음부에 따른 충격인성의 변화를 나타낸 것으로, 용접방법의 변화에 관계없이 우수한 충격인성을 보이고 있다. 한편 본 예는 입열량 51 kJ/cm까지의 적용 가능성을 검토한 것이지만, 현재 대입열 용접을 위한 검토도 진행되고 있다⁶⁾.

Table 5 내화강의 기계적 성질(규격)

(a) 상온

강 종	항복점 또는 내력 (N/mm ²)			인장강도 (N/mm ²)	연 신 율		Charpy 흡수에너지 (J) (0℃)
	강재의 두께 (mm)				강재의 두께 (mm)	(%)	
	16이하	16초과 40이하	40초과				
SM400A-FR SM400B-FR SM400C-FR	250 이상	240 이상	220 이상	390~510	16이하 16초과 50이하 40초과	18이상 22이상 24이상	27이상 47이상
SM490A-FR SM490B-FR SM490C-FR	320 이상	310 이상	290 이상	490~610	16이하 16초과 50이하 40초과	17이상 21이상 23이상	27이상 47이상

(b) 고온

강 종	강재의 두께 (mm)	0.2% 내력(N/mm ²) 시험온도 ; 600℃
SM400A,B,C-FR	40이하	160이상
	40초과	140이상
SM490A,B,C-FR	40이하	220이상
	40초과	200이상

Table 6 내화강의 제조결과 예

(a) 화학성분

강 종	두께 (mm)	화 학 성 분(wt. %)						
		C	Si	Mn	P	S	Ceq	Pcm
SM400A-NFR	32	0.09	0.10	0.60	0.009	0.004	0.31	0.15
SM490A-NFR	32	0.10	0.20	0.11	0.019	0.003	0.42	0.20
SM400B-FR*	55	0.08	0.34	1.16	0.015	0.004	0.44	0.19

$$Ceq = C + Mn/6 + Si/24 + Ni/40 + Cr/5 + Mo/4 + V/14$$

$$Pcm = C + Si/30 + Mn/20 + Cu/20 + Ni/60 + Cr/20 + Mo/15 + V/10 + 5B$$

(b) 기계적 성질

강 종	두께 (mm)	인 장 시 험					굽힘시험
		하항복점 (N/mm ²)	상항복점 (N/mm ²)	인장강도 (N/mm ²)	연신율 (%)	항복비** (%)	
SM400A-NFR	32	333	343	441	31	74	합격
SM490A-NFR	32	402	421	539	27	75	합격
SM490B-FR*	55	395	415	511	36	77	합격

* 국내 예(POSCO)

** 하항복점/인장강도

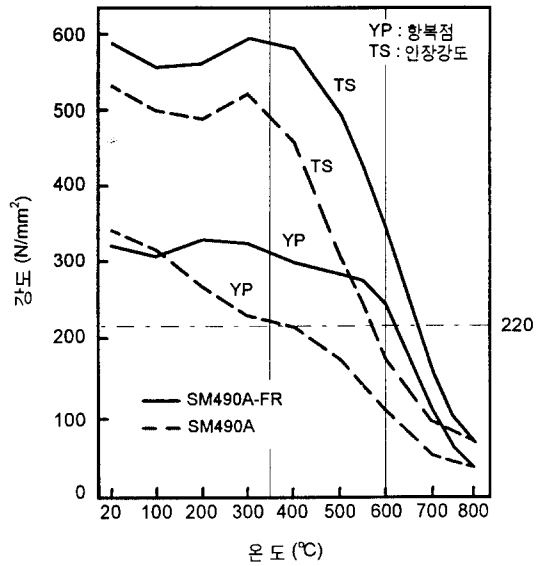
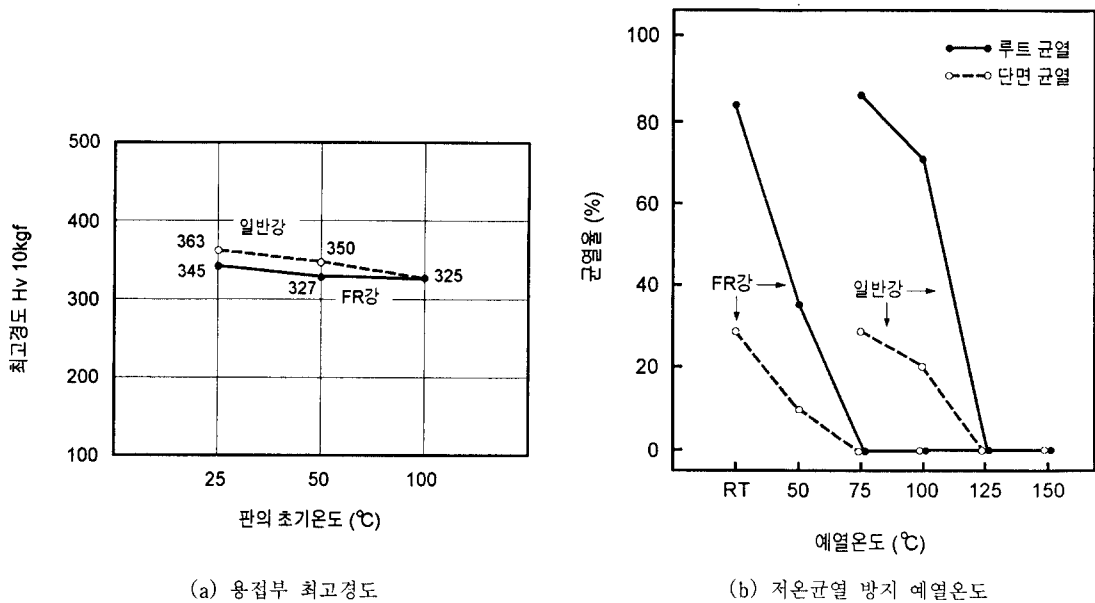


Fig.8 내화강의 고온강도 특성



(a) 용접부 최고경도

(b) 저온균열 방지 예열온도

Fig.9 내화강의 용접부 경화도 및 저온균열 감수성

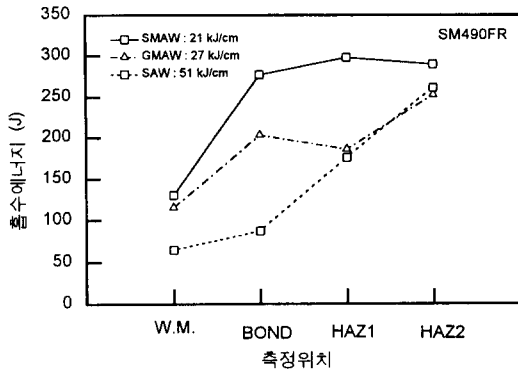


Fig.10 내화강의 용접부 인성

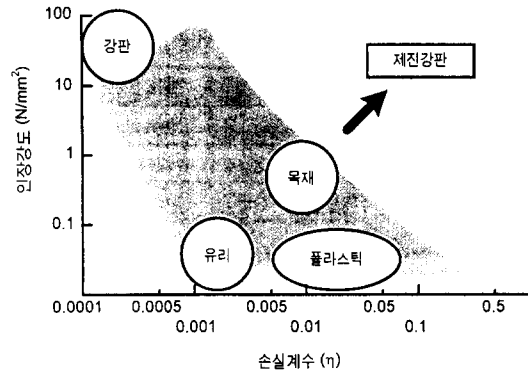


Fig.11 각종재료의 강도와 제진성능

4.3 향후전망

일본의 경우, 이미 내화강을 적용한 예가 적지 않다. 최초의 건물은 신일철 제2빌딩으로서, 내화피복을 통상의 1/2-1/3정도로 줄였다. 앞에서도 설명했지만, 내화강을 적용하면 피복의 경감 또는 생략으로 경비절감과 공기단축 등이 가능하여 경제적인 뿐 아니라, 건물의 유효공간을 증대시키고 외부철골 등을 독특하게 디자인함으로써 독창적이고 매력적인 철골구조를 실현할 수 있다. 또, 최근에는 고내식성의 내화강을 개발하기 위해 용융 아연도금의 실시 등 다각도의 검토가 진행되고 있다.

이러한 수요에 대응하기 위해, 국내에서도 후판 강재의 개발 등이 활발히 진행되고 있어 가까운 장래에는 국내 건물에도 적용될 것으로 기대된다.

5 제진강판(VDS, Vibration Damping Steel sheet)

5.1 특징 및 제조방법

제진강판은 소음을 방지할 수 있도록 2매의 얇은 강판 사이에 수지층을 넣어 제조한 강으로서, 약 30년 전 미국에서 발표한 Al판과 수지의 샌드위치판으로부터 유래되어, 미국과 스웨덴에서 실용화되기 시작했다고 한다.

제진강판은 Fig.11과 같이 강도와 진동의 흡수능을 나타내는 손실계수로 볼 때, 강도의 특징인 고강도 및

가공성과 함께 나무의 감촉 또는 중후한 돌이나 도자기, 더우기 주철계의 질감까지도 기대할 수 있는 새로운 복합소재이다. 적용 분야는 박강판을 대체 사용하는 분야에 한정되지 않고, 종래 목재, 플라스틱 및 콘크리트를 사용하던 분야까지 포함한다. 특히, 가볍고 고강도이며, 길이와 폭이 크고 합리적인 시공이 가능하다는 점때문에, 박강판 특유의 급속음 때문에 외면 당했던 건축분야에도 최근 본격적으로 사용됨에 따라, 그 평가기준 및 이용기술이 급속히 보급되게 되었다.

이와 같은 제진강판의 주요한 특징은 다음과 같다.²⁾

5.1.1 제진성과 밀착력

제진강판의 진동 감쇠량을 나타내는 손실계수 η 는 평판상태에서 최고치가 0.1-0.5 정도이다.

한편 밀착력은 피-일(Peel) 시험 및 전단시험으로 측정하며, 전단 밀착력은 상온용이 코-터 방식에서 수 N/mm^2 , 필립송급 방식에서 $790N/mm^2$ 전후, 고온용에서는 $790-1500N/mm^2$ 정도이다.

5.1.2 성형성

성형성에는 수지의 전단 강성을 및 밀착력, 수지 두께, 강판의 두께 및 재질 등이 영향을 미친다. 제진강판은 일반강판 1매의 단층강판보다는 성형성이 좋고, 또 밀착성이 높을수록 성형한계가 넓어진다. 그러나 일반강판의 2배 두께의 단층강판과 동등이 상으로 되기 위해서는 강판의 드로잉성을 높힐 필요가 있다.

제진강판은 강판/수지/강판의 3층 구조의 적층

복합재로서, 제조방법은 수지의 공급방식에 따라 크게 코터(Coater) 방식과 필름송급(Film feeder) 방식의 2가지로 분류된다. 코터 방식은 수지를 용제에 희석하여 강관에 도포하고, 건조 후에 상하 강판을 서로 붙이는 도포방식으로, 상온에서 접착성이 강한 수지를 사용하는 것이 가장 좋으며, 주로 상온용에서 많이 채용하고 있다. 한편 수지 필름을 2매의 강판 사이에 집어 넣는 필름송급 방식은, 접착방식으로서 수지 자신의 접착성을 이용하는 것과 접착제를 이용하는 것이 있다. 열에 의한 자기 접착형의 수지필름을 사용하는 방식은 주로 고온용에 채용되고 있으며, 비교적 높은 밀착력을 얻을 수 있기 때문에 오일팬과 같이 엄격한 성형성을 요구하는 곳에 적합하다.

제진강판의 종류는 사용온도에 따라 구분한다. 즉 중간 수지층은 온도의 증가에 따라 유리상으로 부터 피혁상, 고무상으로 변화하며, 피혁상의 경우가 진동에너지 흡수능이 가장 높다. 이러한 고흡수능의 온도를 고온으로 하여 자동차의 엔진회전 부품을 대상으로 한 것이 고온용이고, 이 온도를 상온으로 하여 건축재료나 방음덮개 등을 대상으로 한 것이 상온용이다. 한편 중간 수지층은 일반적으로 초산 비닐계, 폴리이소부틸렌계, 아크릴 변성 폴리에틸렌계, 폴리우레탄 고무계 등의 점탄성 고분자 재료가 주로 사용되고 있다.

제진강판에 사용되는 강판에는 냉연강판은 물론, 용융아연도금 강판, 전기아연도금 강판, 도장강판, 칼라강판 등 거의 모든 강판이 사용된다. 또, 그의 동판 및 스텐레스강도 가능하다. Table 7에는 현재 일본에서 시판되고 있는 제진강판의 제품사양을 나타냈다⁷⁾.

Table 7 제진강판의 사양예

구 분	사 양		
	판	코 일	
폭(mm)	700~1250	800~1829	
길이(mm)	1250~2500	최고 10t	
두께 (mm)	모 재	0.25~4.5	0.2~1.2
	수 지	0.05~0.15	0.05~0.15
	제진강판	0.6~7.2	0.4~2.25

5.2 용접성

제진강판은 중간 수지가 절연체이기 때문에 일반강판과 동일한 용접은 곤란하며, 일반적으로 Fig.12

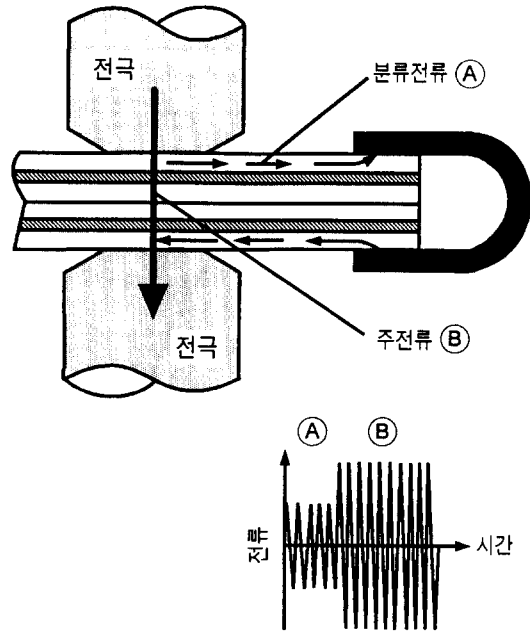


Fig.12 바이패스회로를 이용한 제진강판의 점(Spot)용접 방법

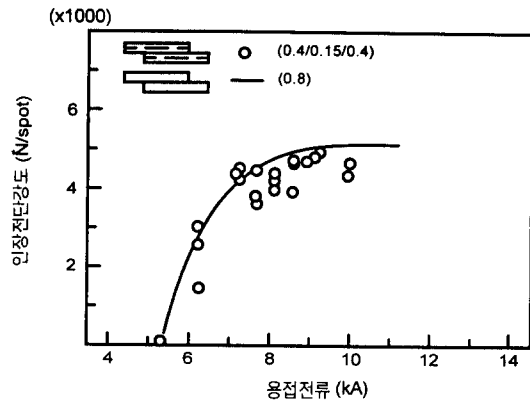
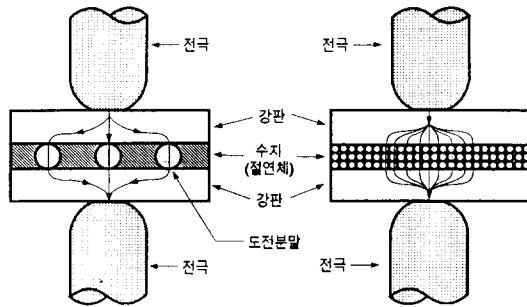


Fig.13 제진강판의 점용접부 인장전단강도

와 같은 분류법을 사용한다. 이 방법은 바이패스회로를 통하여 분류전류가 흐르며, 그 전류에 의해 강판이 가열되어 수지가 연화하고, 상하강판이 접촉되어 통전에 이르게 되는 것이다. Fig.13에 인장전단강도의 예를 나타냈지만, 모두 통상강판과 거의 동등하다⁸⁾.

그러나, 바이패스회로의 설치는 실제 용접시 작업

에 지장을 초래한다. 이 문제는 최근 수지에 통전성을 부여한 제진강판을 개발하여 직접통전으로 용접이 가능하게 됨으로써 해결되었다. 통전성을 부여한 제진강판에는 Fig.14와 같이 작은 입경의 금속입자를 다량 첨가시키는 방법과, 큰 입경의 금속입자를 소량 첨가시키는 방법이 있다. 전자의 방법으로 직접통전이 될 수 있게 하기 위해서는 금속입자를 10-50vol% 이상 첨가해야 하기 때문에, 제진성 및 접착강도가 크게 저하한다. 따라서 후자의 대입경 소량첨가 방식이 주로 채용되고 있다⁹⁾.



(a) 대입경 소량 (b) 소입경 다량
Fig.14 제진강판의 접용접시 전도성 부여 방법 비교

한편, 제진강판에 아크용접을 하면, 아크 유지가 곤란하고, 아크 발생점이 불안정하며, 용접 비드가 불연속적이고, 용입이 불충분하다는 등의 문제가 종종 발생한다. 이것은 용접입열에 의해 수지의 일부가 분해 가스화되어 아크 근방에서 분출함으로써 아크의 불안정 및 비드의 불연속을 유발시키고, 또 수지층에 의해 열전도가 저하되어 아래쪽 강판까지 용입이 어렵게 되기 때문이다. 이 문제를 개선하기 위해, 단면의 판 두께방향에 동시에 입열을 줄 수 있고, 분해가스가 자유공간에 방출되기 쉬운 겹치기 필렛 용접(lap fillet welding)법이 제안되었으며, 실제 응용을 위해서 Fig.15와 같은 이음부의 설계법이 제안

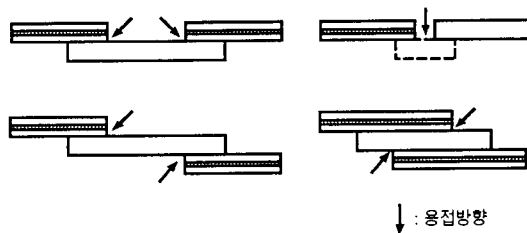


Fig.15 적용가능한 제진강판의 이음부 용접

되어 있다⁸⁾.

5.3 적용에 및 향후전망

제진강판은 대부분 마루, 지붕, 계단 등 소음이 문제시되는 부분에 주로 사용되고 있으며, 최초로 적용한 대형 건물은 일본의 동경 체육관이다.

Fig.16은 중소 체육관의 마루에 실용화되고 있는 기본 구조의 예이다¹⁰⁾. 마루 밑의 재료로서 제진 데크 플레이트를 사용하고, 지지대와의 연결부에 방진고무를 사용하여 마루의 고체 전파음 대책으로서의 제진효과를 더욱 높일 수 있도록 한 것이다. 이 외에도 체육관의 지붕 등 대공간의 지붕재 및 일반 주택의 지붕에도 그적용이 확대되고 있으며, 강제(鋼製)계단의 방음대책으로 사용되던 계단 위에 콘크리트를 입히는 종래 방법을 제진강판으로 대체하는 경향이 있다.

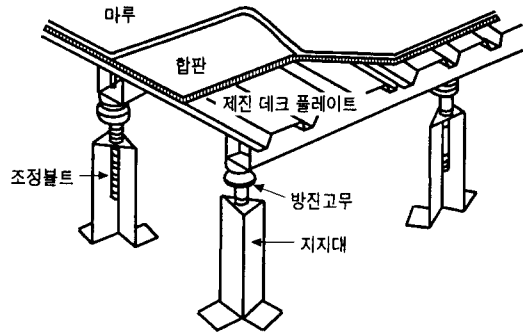


Fig.16 제진강판을 이용한 체육관 마루구조

이상과 같이 제진강판은 자동차, 가전제품을 비롯하여 각종 건축재료로서도 그 적용범위가 점차 확대되고 있다. 국내에서도 자동차, 가전제품에는 일부 수입강판이 사용되고 있으며, 건축재료에도 머지않아 적용될 것이다. 국내의 강제 제조회사도 이러한 환경에 대응하기 위해 수년 전부터 국산화 준비를 해왔으며, 향후 실용화를 위해서는 수요량 등 경제성이 중요하리라 예상된다.

6. 건축용 스텐레스강

6.1 특징 및 제조방법

스텐레스강은 내식성, 내열성, 강도, 인성, 내충격성, 내구성, 외장성이 우수하여 건물의 지붕 및 내외장의 건축재로 많이 사용되고 있을 뿐 아니라, 수영장, 테니스장과 같은 스포츠 시설, 소름 건축, 각종 플랜트, 하수처리장 등 많은 용도에서 건축구조재료로서의 사용요구가 증가되고 있다.

스텐레스강은 일반강과 같은 명확한 항복 현상이 나타나지 않고, 종래의 일반강에 의한 강구조 설계체계는 명확한 항복점을 갖는 재료를 전제로 하고 있기 때문에, 이것을 스텐레스강과 같은 형태를 갖는 재료에 그대로 적용하는 것은 여러가지 문제를 야기시킬 수 있다. 따라서, 일본 스텐레스 협회에서는 건축용의 특성을 고려하여 Table 8과 같은 새로운 건축용 스텐레스강재 규격 (스텐레스협회 규격 SAS 601)을 제정했다. 설계 기준치로서 0.1%PS가 채용

되고, 사용범위로 부터 가공경화가 극히 높은 재료를 제외시키기 위하여 항복비도 규제하고 있다.

이러한 건축용 스텐레스강은, 인장강도가 0.1%PS의 2배 이상이고 연신도 크기 때문에, 내진설계상 건축구조에 요구되는 인성의 확보가 일반강에 비해 쉽다.

스텐레스강의 일반적인 특성은 다음과 같다.

6.1.1 물리적 성질

STS304의 대표적인 물리적 성질을 Table 9에 나타냈다¹¹⁾. 탄성계수가 1970tf/cm²으로 일반강에 비해 6% 정도 낮기 때문에, 구조용도의 경우 휨량 및 변형량이 조금 크게 될 것이다. 특히, STS304는 일반강에 비해 선팽창율이 약 1.5배, 열 전도율이 1/3로서, 용접시 열변형에 대한 대책이 필요하다. 또, 스텐레스강의 구조체가 노출되므로, 구조물의 형상과 규모에 따라서는 주야의 온도차에 의한 골조의 변형에 관한 설계상의 고려도 필요하다.

Table 8 건축구조용 스텐레스강의 스텐레스협회 규격(일본)

강 종	0.1% 내력 ⁽²⁾ (N/mm ²)	인장강도 (N/mm ²)	항복비 ⁽³⁾	연신율 (%)
PS235-SUS304	235이상	520이상	0.6이상	35이상
PS235-SUS316	235이상	520이상	0.6이상	35이상
PS235-SCS13A-CF ⁽¹⁾	235이상 325미만	520이상	-	35이상
PS235-SUS304	325이상 440미만	690이상	-	35이상

주 (1) -CF는, JIS G 5121의 원심력주강관의 기호이다.

(2) 0.1% 내력은, 인장시험에서 0.1%의 영구연신율을 일으키는 하중 N을 평행부의 단면적(mm²)으로 나눈 값 N/mm²을 말한다.

(3) 항복비는, 인장강도에 대한 0.1% 내력의 비를 말한다.

Table 9 STS304의 물리적 특성

종 류	STS304	연 강	STS304/연강
밀도 g/cm ³	7.93	7.86	1.01
비전기저항 μΩ · cm(실온)	72	19.5	3.69
자성	없음	있음	
비열 cal/g/°C(0~100°C)	0.12	0.116	1.03
선팽창계수 × 10 ⁻⁶ /°C	17.3	11.7	1.48
열전도율 × 10 ⁻² cal/cm/sec/°C(100°C)	3.89	11.9	0.33
Young 계수 E tf/cm ²	1970	2110	0.93
전단탄성계수 G tf/cm ²	758	840	0.90
Possion 비	0.3	0.3	1.00

6.1.2 내후성

스텐레스강의 표면은 대기중의 산소와 결합하여 치밀한 부동태 피막이 형성되기 때문에 내식성이 우수하다. 이 부동태 피막의 내식성은 함유성분 및 표면의 마무리 정도에 따라 다르며, 완전한 것은 아니기 때문에 사용조건에 따라 피막이 손상을 받아 부식이 발생, 진전될 수 있다. 특히, 염소이온 등의 할로겐 이온이 존재하면 부동태 피막이 국부적으로 파괴되어 구멍부식(pitting)등의 부식이 발생, 진전된다. 또, 용접부도 부분적으로 모재에 비해 내식성이 저하하므로 주의가 필요하다¹²⁾.

6.1.3 저온 및 고온특성

스텐레스강은 다량의 Cr을 함유하기 때문에 고온에서 내산화, 내식성을 갖는 내열강으로 사용되는 경우가 많다. Fig.17에 STS304와 일반 건축용강에 대한 강도의 온도 의존성을 나타냈다¹³⁾. 일반강의 0.2%PS 및 인장강도는 300-500°C에서 저하하여 700°C 부근에서는 극히 낮은 반면, 스텐레스강은 800°C에서도 강도가 비교적 높고, 고온에서의 크리프 강도도 우수하여 고온 고응력하에서 사용 가능하다.

통상 일반강은 충격치가 특정온도에서 급격히 저하하는 천이온도가 존재하여 일반강으로 만들어진 구조물은 상온부근에서의 사용을 전제로 하지만, 스텐레스강은 이러한 천이온도가 없기 때문에 저온에서의 구조재료로도 적합하다.

6.1.4 가공경화 특성

STS304는 오스테나이트 스텐레스강 중에서도 조직이 불안정한 강종으로, 상온에서 소성가공하면 가공유기 마르텐사이트 변태를 일으켜 기계적 성질이 크게 변화하는 냉간가공 경화특성을 갖는다¹⁴⁾. 따라

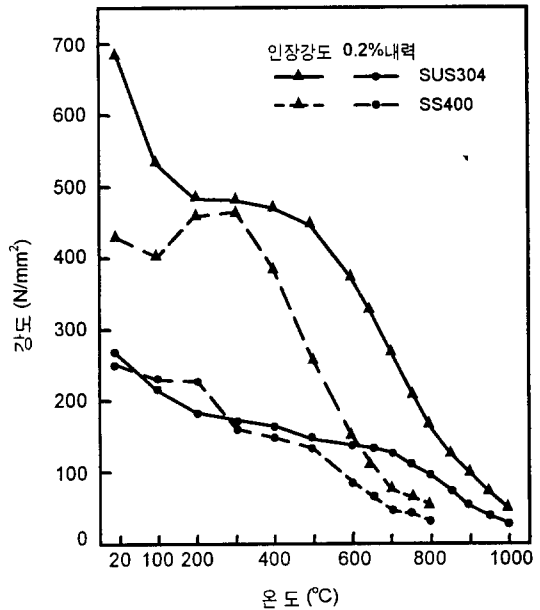


Fig.17 스텐레스강의 고온강도

서 스텐레스강의 부재 및 철판가공 등의 과정중 냉간가공을 실시하는 경우에는 이러한 특성에 대한 배려가 필요하다.

이상과 같은 스텐레스강의 제조는 일반강과 달리 압연후 고용화 열처리 및 산세를 실시한다. 이 고용화 열처리는 약 1000°C 이상으로 가열후 급냉하는 처리로서, 비자성의 오스테나이트 조직으로 만들어 우수한 내식성과 높은 연신율을 확보한다. Table 10은 건축용 스텐레스강의 화학조성을 나타낸 것이다. STS304는 18Cr-8Ni의 가장 일반적인 합금강이며, STS304N2는 이 강에 N 및 Nb를 첨가하여 고강도화한 강이다. 또, STS316은 Ni함량의 증가 및 Mo를 첨가하여 STS304보다 내식성을 강화시킨 것이다.

Table 10 오스테나이트계 스텐레스강의 주요화학적성분(KS규격)

강종	화 학 성 분(wt. %)									
	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	N	기타
STS 304	0.08 이하	1.00 이하	2.00 이하	0.05 이하	0.030 이하	8.00 ~10.50	18.00 ~20.00	-	-	-
STS 304N2	0.08 이하	1.00 이하	2.50 이하	0.045 이하	0.030 이하	7.50 ~10.50	18.00 ~20.00	-	0.15 ~0.30	Nb0.15 이하
STS 316	0.08 이하	1.00 이하	2.00 이하	0.045 이하	0.030 이하	10.00 ~14.00	16.00 ~18.00	2.00 ~3.00	-	-

6.2 향후전망

스텐레스강의 사용환경이 더욱 엄격한 조건으로 확대되고, 기능인의 부족 및 인건비의 증가 때문에 보수비를 절감하기 위해서는 내후성의 재료가 요구되고 있다. 또, 스텐레스강은 도시, 공원의 정비뿐만 아니라 광범위한 용도와, 의장성, 디자인성, 제진성 등의 건축에 요구되는 다양한 특성을 만족시킬 수 있는 적합한 재료로서 인정받고 있다.

특히, 위에서 소개한 바와 같이 스텐레스강을 건축용으로 확대하기 위한 노력이 현재 계속되고 있어, 향후 건축분야의 발전에 더욱 기여하게 될 것이다.

7. 토목용 강재

토목용 강재는 고기능성, 내식성, 내구성 등의 특성뿐 아니라 시공 측면에서도 저공해 공법 또는 성력화, 급속시공화 등 다양한 수요에 대한 대응이 필요하다. 또, 고분자계 및 요업계 재료의 발달에 따라 소재의 선택 폭도 넓어졌기 때문에 강재의 다양화는 더욱 급속히 이루어지고 있다. 이러한 수요가의 다양화, 고급화 요구에 대응하기 위해, 최근 개발된 주요 제품들을 간단히 소개한다.

7.1 중방식(重防蝕) 강관 파일, 강관 시트 파일

강재표면을 폴리에틸렌 또는 폴리우레탄으로 피복하여 해수 등에 의한 부식을 방지한 것으로, 장기간 방식이 요구되는 항만, 하천 구조물 등의 건설에 사용된다. 장기간 동안 보수가 필요없고 방식이 가능할 뿐 아니라 피복 비용이 필요없기 때문에 총건설비를 크게 줄일 수 있다는 장점이 있다⁴⁾.

7.2 방식철근

그동안 문제시 되었던 염분에 의한 철근 콘크리트 구조물의 열화를 방지하기 위하여, 고강도 이형(異形)철근에 에폭시 수지를 정전분체(靜電粉體)도장하여 강재의 부식을 방지하고 있다. 에폭시 도장철근은 보수가 전혀 필요 없으며, 최근 관문터널의 상판

교환공사에 사용하고 있다. 재료가격은 보통 철근보다 조금 비싸지만, 사용 연수 및 보수를 고려하면 경제적이라고 판단하고 있다⁴⁾.

7.3 칼라 강 시트 파일

일례로서, 주로 도시하천에서 표면의 녹발생에 의해 주위경관을 해치던 종래의 U형 및 Z형 등의 강 시트 파일에 폴리우레탄을 피복하고, 그 위에 착색 아크릴우레탄을 입힌 제품을 들 수 있다. 이 제품은 내구성향상뿐 아니라 칼라선경을 자유롭게함으로써 주위 경관과의 조화에도 기여할 수 있는 복합기능 상품이다⁴⁾.

7.4 고강도 강선

주로 장대교용으로 사용하기 위해, 피아노 선재를 담금질-신선-용융도금한 인장강도 1570N/mm² 이상 1760N/mm² 이하의 강선이다. 이러한 강선을 서로 곧상태 또는 평행상태로 다발의 양단에 높은 피로 특성을 갖는 소켓을 끼워 사용한다. 또, 공장에서 케이블 표면에 폴리에틸렌을 피복하여 현장에서의 방식작업도 생략할 수 있다⁴⁾.

7.5 향후 전망

향후 교량의 장대화, 항만 구조물의 대수심화, 건축물의 대형화 및 지하 구조물의 대심도화 등 사용환경이 더욱 가혹해질 것으로 예상되며, 강재도 이러한 조건에서 견딜 수 있도록 더욱 고강도화, 고기능화가 이루어 질 것이다.

Table 11에 토목의 각 분야에서 기대되는 신재료를 나타냈다⁴⁾. 건축용 강재에서 상세히 설명하겠지만, 고인성화, 성력화가 요구되는 교량에도 TMCP강의 적용이 확대될 것이다. 특수합금 첨가에 의한 고기능 강재의 예로서는 비자성강을 들 수 있다. 21세기 꿈의 교통기관이 될것을 예상되는 리니어 모터 카(linear motor car)의 레일은, 에너지 손실을 최소화하기 위해 강재에 발생하는 전류를 작게 해야 하기 때문에, 강교량용 후판, 형강, RC용 철근을 고Mn강화한 비자성강재가 사용될 것이다. 또, 지금까지 경제성, 이용기술 때문에 토목분야에 거의 사용하지 않았던 스

Table 11 토목용 강재의 기능 및 용도

철계 신재료	재료의 특징		기존의 분야 (토목분야 일부포함)	[설계상]			[가공·시공상]			[계획상]				
				조성·제조법	제 질	재료 강도	재료 강도	현장 접합 용이	시공 의 용이	내구 성. 녹	내구 성. 마모	진동 소음	미 관	기 타
1) 열가공제어강 (HT490류 TMCP)	<ul style="list-style-type: none"> • 제어면연, 냉각 • 저Cep 	<ul style="list-style-type: none"> • 고인성 • 페로강도의 향상 • 대입열용점가능 	<ul style="list-style-type: none"> • 조선 • 건축 • 해양구조물 	<ul style="list-style-type: none"> • ● 	<ul style="list-style-type: none"> • ● 	<ul style="list-style-type: none"> • ● 	<ul style="list-style-type: none"> • ● 	<ul style="list-style-type: none"> • ● 	<ul style="list-style-type: none"> • ● 	<ul style="list-style-type: none"> • ● 	<ul style="list-style-type: none"> • ● 	<ul style="list-style-type: none"> • ● 	<ul style="list-style-type: none"> • ● 	
2) 내염성철근	<ul style="list-style-type: none"> • 특수합금성분첨가 	<ul style="list-style-type: none"> • 고내염성 (高耐鹽性) 		<ul style="list-style-type: none"> • ● 										
3) 비자성강	<ul style="list-style-type: none"> • 특수합금성분첨가 	<ul style="list-style-type: none"> • 저자성(低磁性) 	<ul style="list-style-type: none"> • 건축 • 리니어 모터카 											
4) 스텐레스강	<ul style="list-style-type: none"> • 고탍금성분 • 페라이트계, 오스테나이트계, 마르텐사이트계 	<ul style="list-style-type: none"> • 고내식성 • 미관성 	<ul style="list-style-type: none"> • 과학플랜트·발전 • 민생(民生)·건축 • 차량·탱크·멤 등 	<ul style="list-style-type: none"> • ● 	<ul style="list-style-type: none"> • 오스테나이트계 									
5) 스텐레스 크래드강	<ul style="list-style-type: none"> • 열간연압착 • 스텐레스+일반강 	<ul style="list-style-type: none"> • 고내식성 • 기계적특성 결미 	<ul style="list-style-type: none"> • 뱀(케이트) 	<ul style="list-style-type: none"> • ● 									<ul style="list-style-type: none"> • ● 	
6) 용융아연 도금강판강	<ul style="list-style-type: none"> • 아연, 아연-AI 합금도금 	<ul style="list-style-type: none"> • 고내식성 	<ul style="list-style-type: none"> • 자동차·발전 • 건축·도로 등 										<ul style="list-style-type: none"> • ● 	
7) 제진강판	<ul style="list-style-type: none"> • 강판과 수지등의 복합 	<ul style="list-style-type: none"> • 제진성 • 차음성(遮音性) 	<ul style="list-style-type: none"> • 자동차·발전 • 건축 등 										<ul style="list-style-type: none"> • ● 	
8) 용사강판	<ul style="list-style-type: none"> • 가스용사 	<ul style="list-style-type: none"> • 내후성, 내해수성 • 미관 	<ul style="list-style-type: none"> • 탱크좌관 • 해안·해양구조물 • 건축(외벽) 등 										<ul style="list-style-type: none"> • ● 	
9) Ti	<ul style="list-style-type: none"> • 철과 거의 동일 • 제조법 	<ul style="list-style-type: none"> • 비강도대(比強度大) • 고내식성 • 내해수성 	<ul style="list-style-type: none"> • 1항공기 • 화학플랜트 • 민생(民生) 등 	<ul style="list-style-type: none"> • ● 									<ul style="list-style-type: none"> • ● 	
10) 형상가역합금	<ul style="list-style-type: none"> • 철계, 비철계 	<ul style="list-style-type: none"> • 철계는 일방향성의 형상가역효과 											<ul style="list-style-type: none"> • ● 	

텐레스강 등의 고급강도 미관과 내식성 및 내마모성을 고려하여, 도시에서의 경관재료, 담의 문 등에 사용을 검토하고 있다. 더욱이 스텐레스강은 보통강과의 크래드화에 의해 경제성을 높이고, 가공, 용접 기술을 부가하여 교량 등 일반토목 강구조물에 사용하게 될 것이다. Ti 및 형상기억합금은 보통강에 비해 경제성은 없다. 그러나 보통강에서는 불가능한 반영구적인 내구성과 형상기억효과를 얻을 수 있고, Ti는 해양구조물에서의 내식성강재로, 형상기억합금은 배관용의 이음부와 그 압축회복력을 이용한 바위, 콘크리트의 정적인 파쇄기 등에 이용하는 것을 검토하고 있다. 이외에도 향후 더욱 다양화될 것으로 예상되는 수요가의 요구에 대응하기 위하여 적합한 강재 및 제품의 개발 노력이 계속될 것이다.

참 고 문 헌

1. 鐵鋼製品普及委員會：鋼構造建築物と鋼材, 1990
2. 鋼材ワ-キンググループ：最近の建築鐵骨用 鋼材とその溶接, 溶接學會誌, Vol.58, No.7 (1989), pp.21~29
3. 鋼材俱樂部：建築構造用 TMCP鋼, ビルテイン greタ-, No.9 (1989), pp.28~31
4. 坂田八郎：土木・建築構造用鋼材の最近の動向と將來, 第134回 西山記念技術講座 (1990), pp. 20~36
5. 鎌田芳彦 他：低YR 高張力鋼板 (HT590, HT 780), 往友金屬, Vol.43, No.7 (1991), pp.13~22
6. 鎌田芳彦 他：耐火鋼, 往友金屬, Vol.43, No.7 (1991), pp.13~22
7. 千葉範夫：新建材としての 制振鋼板, 第134回 西山記念技術講座 (1990), pp.51~75
8. 千葉範夫：制振鋼板の現狀, 鐵と鋼, Vol.71, No. 15 (1985), pp.32~40
9. 高隆夫：機能性複合鋼板, 溶接學會誌, Vol.59, No.2 (1990), pp.62~64
10. 北村信男：機能性複合鋼板, 溶接學會誌, Vol.59, No.2 (1990), pp.65~68
11. B.G.Callaghan et al. : British Corrosion Journal, 14(1979), p.78
12. ステンレス協會建築委員會編：ステンレス建材の手引, (1986)
13. 「新ステンレス鋼利用技術指退」建設省建築研究所, ステンレス協會, 1993. 9
14. 志材, 桑村：「ステンレス鋼の力學特性に關する基礎研究」日本建築學會昭和63年度 大會 梗概集