

건축 구조용 JIS SN400B, SN490B강의 용접특성

Weldability of JIS SN400B, SN490B Steel for Building Structural use

김 충명, 김 순중, 노 병두, 김 호수
포항종합제철(주), 경상북도 포항시

1. 서 론

현대의 건축 구조물은 초고층화, intelligent화 등의 설계 특성에 따라 철구조물의 형태로 발전되어 왔다. 특히 일본 지역은 지진 발생 빈도가 매우 높아 건축용 강재의 내진성에 대한 고려가 필수적이며, 이에 따라 강재의 요구 특성을 건축용으로 특성화시켜 별도의 규격을 제정하여 '96년도 이후의 건축 구조물에 사용되는 강재는 모두 이 규격의 인증을 획득한 강재만 사용될 수 있도록 법적인 제도까지 마련해 놓고 있다. 건축 구조용 강재란 특히 강재 자체의 소성변형 능력을 향상시키고 용접부의 균열 발생 방지를 위하여 강재의 요구 특성을 건축용으로 특성화시킨 것이며, 본 연구에서는 JIS 규격의 건축용 강재 규격에 맞추어 POSCO에서 생산한 강재의 용접부 제특성을 평가하여 강재의 용접 가공 방법을 정립하고자 하였다.

2. 시험재 및 실험 방법

시험재는 POSCO에서 생산한 JIS 3136 규격의 SN400B와 SN490B 강재로서 판 두께는 각각 25, 40mm이다. SN강재 모재의 화학조성은 Table 1에, 기계적 성질은 Table 2에 나타내었다. 강재의 용접 경화성은 최고 경도 시험 및 용접 이음부 경도 분포 측정을 통하여 관찰하였고, 저온균열 감수성과 lamellar tear특성은 y-groove시험과 Cranfield시험을 통하여 평가하였다. 용접 이음부 특성은 1.6kJ/mm 입열량의 CO₂ 용접부와 2.3kJ/mm, 3.1kJ/mm 입열량의 SAW 용접부에 대하여 인장, 충격, 굴곡, 경도시험 등을 통하여 조사하였다. 용접부 충격 시험 notch는 fusion line으로부터 모재 쪽으로 이동하며 지정하여 용접시 최고 가열 온도의 차이에 따른 미시 조직의 변화와 grain size의 변화에 따른 충격 인성의 변화를 관찰하였다.

3. 실험 결과 및 고찰

용접열영향부의 저온균열 발생 특성을 평가한 결과, SN400B강의 25mm와 40mm 시험재 모두 예열 없이 상온에서 용접한 경우에도 저온균열이 발생하지 않아 저온균열 발생 방지를 위한 예열은 생략할 수 있다. 그러나 SN490B강의 경우에는 25mm 시험재에서는 약 50°C의 예열이 필요하며, 40mm의 시험재에서는 약 100°C의 예열이 필요한 것으로 나타났다. 반면에 두께 방향 품질 특성을 평가하기 위한 lamellar tear 시험 결과, 두 강종의 두 가지 두께 시험재 모두 lamellar tear의 발생은 나타나지 않는 우수한 품질을 보였다.

SN400B강과 SN490B강의 용접 이음부 인장 시험 결과는 Table 3과 같이 나타났으

며, 1.6kJ/mm 입열량의 CO₂용접 및 2.3kJ/mm와 3.1kJ/mm 입열량의 SAW 용접부 모두 인장 강도와 항복 강도가 규격치를 충분히 만족시켰다. 따라서 두 용접 조건 모두 구조 설계를 위한 강도 측면에서 충분한 기능을 가진 것으로 판단된다. SN400B 강의 용접 조건 별로 용접 이음부에 대한 경도 분포는 판 두께별, 용접 입열량별로 큰 차이는 나타나지 않았으며, 열영향부에서 경도가 다소 증가하였으나, 저온균열의 발생 등 용접부 품질에 미치는 영향은 크지 않았다. 또한 SN490B강의 용접 이음부 경도 분포에서도 용접열영향부에서 다소 경화 현상이 나타났으나, 경화 조직에 의한 저온균열 발생 가능성은 낮은 것으로 판단된다. SN490B 40mm 시험재의 최고경도값 차체로는 저온균열 발생 가능성은 낮으나 잔류응력에 대한 고려가 필요한 것으로 생각된다. 용접 이음부에 대한 굴곡 시험을 실시한 결과는 Table 4와 같이 나타났으며, 전 시험재 모두에 있어서 180°의 굴곡 각도에서도 균열이 발생하지 않음으로서 우수한 소성변형 능력을 나타내었다.

Fig.1은 판 두께 40mm의 SN490B에 대한 1.6kJ/mm 입열량의 CO₂용접열영향부 충격치로서 fusion line은 0°C에서 평균 87joule 정도로서 충격 인성 요구치를 충분히 만족한다. 또한 Fig.2는 2.3kJ/mm 입열량의 SAW용접부, Fig.3은 입열량 3.1kJ/mm의 SAW용접부 충격시험 결과를 나타낸 것으로서 fusion line의 충격치가 0°C에서 각각 평균 200joule과 221joule 정도로 나타나 CO₂용접부보다 크게 상승하고 있다. 따라서 SN490B강의 용접 이음부 충격 인성은 용접 입열량의 증가와 함께 증가하는 경향을 나타내며 충격 인성 요구치를 충분히 만족시키고 있다.

Table 1 Chemical compositions of materials used.

Materials	Thick.	C	Si	Mn	P	S	Sol.Al	Nb	N(ppm)	Ceq*	Pcm**
SN400B	25mm	0.109	0.28	0.93	0.017	0.008	0.034	-	34	0.267	0.165
	40mm	0.106	0.24	0.97	0.015	0.004	0.041	-	40	0.278	0.163
SN490B	25mm	0.145	0.40	1.36	0.018	0.006	0.040	-	40	0.388	0.232
	40mm	0.146	0.42	1.45	0.020	0.005	0.040	0.024	37	0.405	0.233

* 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 (%)

Table 2 Mechanical properties of materials used.

Material	Thickness	T. S. (MPa)	Y. S. (MPa)	Elongation(%)	vE ₀ (joule)
Spec./SN400B	16~40	400~510	235~355	21≤	27≤
Spec./SN400B	16~40	490~610	325~445	22≤	27≤
SN400B	25	419.4	274.4	34	102.9
	40	435.1	288.1	31	175.4
SN490B	25	505.7	347.9	25	177.4
	40	538.0	393.0	26	162.7

Table 3 Tensile properties of welded joint of materials used.

Materials	SN400B				SN490B			
	25		40		25		40	
Welding C.	CO ₂ (1.6)	SAW(3.1)	CO ₂ (1.6)	SAW(3.1)	CO ₂ (1.6)	SAW(3.1)	CO ₂ (1.6)	SAW(3.1)
T.S. (MPa)	462.2	462.9	484.4	469.7	559.6	543.9	581.3	582.4
Y.S. (MPa)	301.5	310.7	335.5	328.9	362.0	311.0	382.9	400.2

Table 4 Bending test results of welded joint.

Material used	Thick. (mm)	Welding Methods	H. I. (kJ/mm)	Test Condition	Test Results	
					No.	Result
SN400B	25	CO ₂ W	1.6	R = 30 θ = 180°	1~3	No Crack
					1~3	No Crack
	40	CO ₂ W	1.6	R = 50 θ = 180°	1~3	No Crack
					1~3	No Crack
		SAW	2.3	R = 50 θ = 180°	1~3	No Crack
					1~3	No Crack
SN490B	25	CO ₂ W	1.6	R = 30 θ = 180°	1~3	No Crack
					1~3	No Crack
	40	CO ₂ W	1.6	R = 50 θ = 180°	1~3	No Crack
					1~3	No Crack
		SAW	2.3	R = 50 θ = 180°	1~3	No Crack
					1~3	No Crack
SAW	3.1	R = 50 θ = 180°	1~3	No Crack		
			1~3	No Crack		

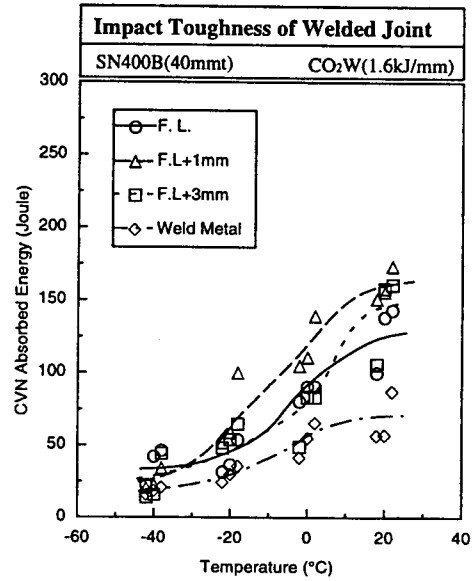


Fig.1 Impact toughness of CO₂W welded joint with 1.6kJ/mm of SN490B(40t).

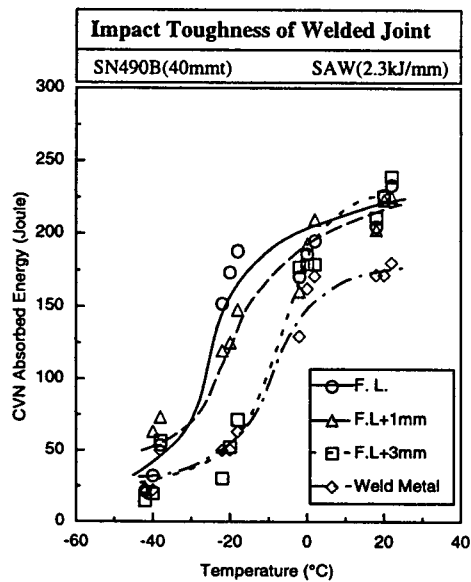


Fig.2 Impact toughness of SAW welded joint with 2.3kJ/mm of SN490B(40t).

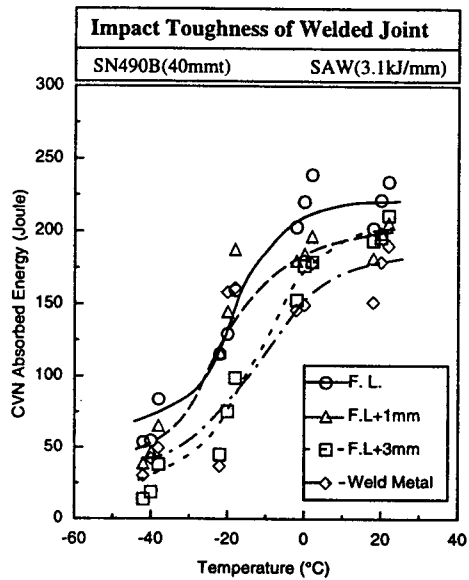


Fig.3 Impact toughness of SAW welded joint with 3.1kJ/mm of SN490B(40t).