

HSB600강의 FCAW 및 SAW 용접부 기계적 특성

The mechanical properties of FCA and SA welded joint in HSB600 steel

정 홍철*, 홍승갑, 박 영환, 이 종봉

* POSCO 기술연구소

1. 서 론

최근 초고층 건축구조물 및 장대교량 건설이 증가함에 따라 고강도/극후물 강재 수요가 증가하고 있다. 지금까지는 인장강도 490MPa급 건설용 강재가 주종을 이루고 사용되었으나, 앞으로 570MPa급 이상의 고강도 후물강재의 사용이 증가될 전망이다. 당사에서는 이러한 건설용 고강도 후물강재 수요에 대비하여 HSB(High Performance Steel for Bridge and Building)600강을 개발하였다.

일반적으로 강재의 고강도화 및 고인성화를 위해서는 다양한 미세 합금원소의 첨가가 요구되나, 이러한 합금원소의 첨가는 강재 용접성을 저하시키는 원인이 된다. 따라서, 최근에는 합금원소량은 최소화하면서도 압연과 냉각을 통하여 고강도 강재를 제조할 수 있는 TMCP(Thermo Mechanical Controlled Process)가 개발되어 고강도 및 고인성을 동시에 확보할 수 있는 강재를 제조하고 있다¹⁾. 이와 같이 고강도, 고인성 강재를 제조하기 위해서는 TMCP 제조조건과 함께 합금설계의 최적화가 필요하며, 모재와 용접재료의 용융으로 형성되는 용접금속부 물성은 모재 합금성분의 영향을 받게 된다. 고강도, 고인성 강재로 설계되는 건축 및 교량의 안정성 향상을 위해서는 강재뿐만 아니라 강재 합금성분에 적합한 고인성 용접재료의 개발도 동시에 요구되고 있다.

본 연구그룹에서는 건설용 HSB600강에 적합한 SAW 용접재료를 국내 용접재료사와 공동 개발하였으며, 본 연구논문에서 이를 적용하여 평가한 HSB600강의 FCA 및 SA 용접부 특성을 소개하고자 한다.

2. 연구내용

2.1 모재 및 기본 용접성 평가

본 연구에 사용한 시험재(HSB600강)의 모재 기계적 성질과 용접부 경화성을 평가할 수 있는 최고경도시험, 용접저온균열 감수성 평가를 위한 경사 y-groove시험을 수행하였다.

2.2 용접이음부 물성 평가

시험재의 용접이음부 성능평가를 위해 FCAW 및 SAW 용접을 실시하여 실용접부 성능을 평가하였다. 용접이음부 평가에 사용된 FCAW 용접재료는 시판 국산 용접재료를 사용하였고 SAW 용접재료는 국내 용접재료사와 공동으로 개발한 전용 SAW 용접재료를 사용하였다.

3. 장 연구결과

3.1 시험재 물성

본 연구에 사용한 시험재는 40mm 및 80mm 두께의 HSB600강을 사용하였다. Table 1 및 Table 2에서 각각 시험재의 화학성분 및 물성을 나타내었다. 시험재는 탄소함량이 0.04%로 낮고 Cr, Ni, Mo, Ti 등의 합금원소가 미량 첨가 되어있으며, 탄소당량은 0.39 수준이었다. 시험재의 인장강도는 600MPa급 이상이었으며, -5℃ 충격인성은 약 300J로 우수한 모재 충격인성을 보이고 있다.

Table 1 Chemical composition of materla used (wt%)

Material	C	Si	Mn	P	S	Others	Ceq
HSB 600	0.04	0.15	1.55	0.005	<0.002	Cr, Ni, Mo, Ti, B	0.39

Table 2 The mechanical properties of material used

Thickness (mm)	Tensile property			vE _{50C} (J)
	YS(MPa)	TS(MPa)	El.(%)	
40	471	627	40.0	304
80	473	653	37.9	301

3.2 기본 용접성 평가

3.2.1 용접 경화성

용접 경화성을 평가하기 위해, 두께 40mm의 시험재에 KS B 0893에 의거하여 Table 3에 나타난 용접조건을 사용하여 최고경도시험을 실시하였다.

Table 3 Welding condition of hadenability test

Electrode	Welding Condition				Bead Length (mm)
	Current (A)	Voltage (V)	Speed (cm/min)	Heat input (kJ/cm)	
AWS5.29E81T1-K2(1.2mm)	170±10	26	15	17.7	Arc strike, 10, 30, 50, 125

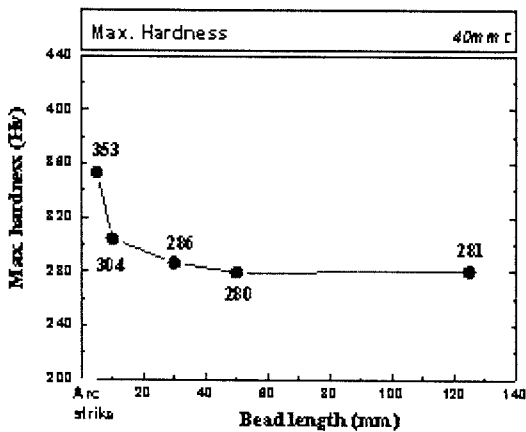


Fig.1 Maximum hardness of HAZ with bead length

Fig. 1은 용접 bead 길이에 따른 용접열영향부 최고경도시험결과를 나타낸 것이다. 용접 bead 길이가 증가함에 따라 용접열영향부의 최고경도값은 감소하는 경향을 보이고 있다. 도로교 표준시방서(2005)에 따르면, 용접부 최고경도는 370 Hv 이하로 규정하고 있다²⁾. 본 시험에서 KS B 0893 의 최고경도시험(기준 bead 길이: 125mm)에 따른 시험재의 용접부 최고경도는 281 Hv 수준으로 기준대비 매우 낮은 경도값을 보이고 있다. 또한 아크 스트라이크와 같은 극한의 용접조건에서도 370 Hv 이하의 최고 경도값을 나타냄으로써, 시험재의 용접열영향부 경화성은 매우 양호하다고 할 수 있다.

3.2.2 용접 저온균열감수성

일반적으로 용접부 저온균열은 용접부 미세조직, 이음부 구속도 및 확산성수소량에 의해 영향을 받는다고 알려져 있다³⁾. 특히 고강도 후물재인 경우 용접저온균열을방지하기 위해서는 용접전에 반드시 예열을 실시한다. 이러한 예열온도의 설정은 일반적으로 용접 구속응력이 매우 큰 경사 y-groove 시험을 통해서 용접시 최소 예열조건을 결정하게 된다.

Fig.2 는 경사 y-groove 구속시험 결과를 나타내고 있다. 시험 결과로부터 두께 40mm 의 HSB600 강의 경우 약 50°C 의 예열이 필요하고, 두께 80mm 의 HSB600 강의 경우 약 75°C 의 예열이 필요함을 알 수 있다. 그러나 600MPa 급 고강도 강재를 감안한다면, 통상의 고강도강재에 비하여 용접시 한계예열온도는 크게 낮아짐을 알 수 있다.

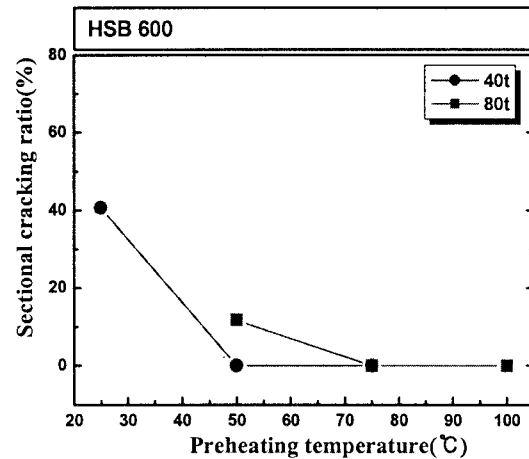


Fig.2 The result of oblique y-groove test

3.2.3 용접이음부 성능

FCAW 및 SAW 실용접이음부 인장특성을 조사한 결과 실용접이음부 강도는 모재 강도 규격인 600MPa를 상회하는 용접부 인장특성을 보였다.

Fig.3 및 Fig.4 는 각각 두께 40mm 및 80mm 시험재의 FCA 및 SA 용접이음부 충격인성 결과를 나타내었다. FCAW 및 SAW 용접부 충격인성은 모두 용접금속부에서 가장 낮은 충격인성을 보이고 있고, 용접열영향부 및 모재쪽으로 갈수록 증가하는 경향을 보이고 있다. 따라서 가장 용접부 충격인성을 확보하기 어려운 부분이 용접금속임을 알 수 있다. FCAW 및 SAW 용접이음부 충격인성은 모두 모재 규격기준인 47J (-5°C, 도로교 품질기준)과 40J(-20°C, 고속철도교 품질기준)을 모두 상회하는 우수한 용접이음부 충격인성을 보여주고 있다.

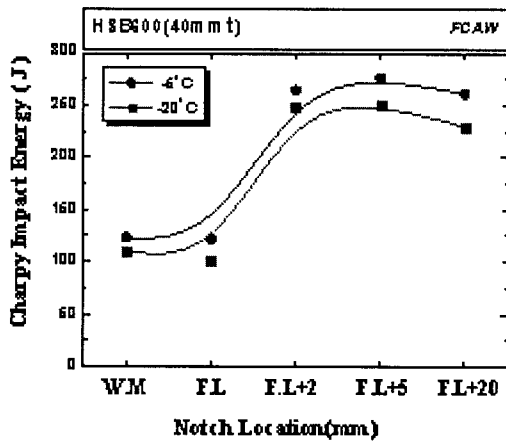


Fig. 3 The Charpy impact energy of FCA welded joint

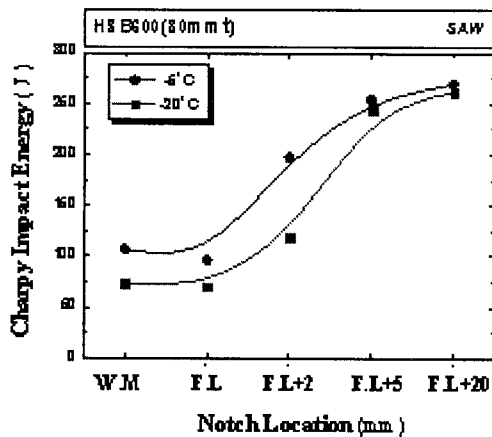


Fig. 4 The Charpy impact energy of SA welded joint

4. 결 론

- 1) HSB600 강의 최고경도시험 결과 용접부 최고경도는 281Hv 수준으로 용접경화성은 양호한 수준이다.
- 2) HSB600 강의 경사 y-groove 구속시험결과 40mm 및 80mm 두께의 경우 한계 예열온도는 각각 50°C 및 75°C이다
- 3) FCAW 및 SAW 용접이음부 성능 평가결과 실용접부 강도 및 충격인성 모두 모재 규격 요구수준을 만족하였다.

참 고 문 헌

1. N. Yurioka, TMCP steels and their welding, Welding in the world, Vol. 35, No.6, 375-390, 1995
2. 한국도로교통협회, 도로교표준시방서, 2-4 용접, 2005
3. 대한용접학회, 용접·접합 편람, 36p, 1998 200-207 (in Korean)