

건축구조용 TMCP강의 용접성

Weldability of TMCP Steel for Building Structural Use

산업과기연 김충명*, 한재광, 장래웅
포항제철(주) 락정균

1. 서론

초고층화, intelligent화 되고 있는 현대의 건축구조물은 50mm 이상의 극후물 강판의 이용과 함께 고능률, 대입열용접법의 채택 등을 요구하고 있어 강재자체의 내진성 또는 lamellar tear 같은 용접균열이 중요한 문제로 대두되고 있다. 본 연구에서는 TMCP제조법에 의해 시험생산된 건축구조용강의 용접특성을 평가하고 최적 용접조건에 대하여 검토하였다.

2. 실험 방법

시험재는 POSCO에서 시험생산한 50kg/mm²급 강재로서 규격은 KS D 3515 용접구조용 압연강재에 해당하며, TMCP제조법 특성을 나타내는 TM을 첨가하여 SWS50B-TM으로 표기하며, POSCO사내규격으로는 PILAC-BT33이다. 화학성분과 기계적성질은 Table 1 및 Table 2와 같다. 시험재의 용접경화성 및 저온균열감수성은 용접열영향부 최고경도시험과 Taper경도시험 및 경사Y형 구속균열시험을 통하여 평가하였다. Lamellar tear 특성의 평가는 두께방향 인장시험과 Cranfield용접균열시험을, 용접열영향부 충격인성의 예측은 800°C에서 500°C까지의 냉각시간을 제어하는 용접열cycle 재현시험을 통하여 실시하였다. 용접이음부 특성은 SAW와 GMAW의 두가지 용접법에 대하여 충격시험을 통한 인성평가와 인장시험을 통한 내진성을 평가하였다.

3. 실험결과 및 고찰

Fig.1은 건축용 TMCP강에 대한 용접열영향부최고경도시험 결과를 나타낸 것으로서 예열온도의 변화에 따른 경도변화를 조사한 것이다. 예열없이 상온에서 용접하였을 경우 용접열영향부의 최고경도는 Hv254~Hv266 정도이며, 예열온도의 증가에 따라 점차 완만하게 감소하는 추세를 보여 100°C 이상으로 예열하고 용접한 경우에는 Hv214~Hv226 정도의 경도값을 볼 수 있다. 이러한 경도분포는 모재의 경도값이 약 Hv160 정도임을 감안할때 용접열cycle에 의한 경화성이 높은 듯이 보이지만, 용접열영향부의 최고경도가 예열온도에 따라 Hv240~Hv370 정도의 범위인 통상의 normalizing 강재에 비교하면 본 시험재인 건축용 TMCP강의 용접경화성은 매우 양호한 것으로 생

각된다. 따라서 용접열영향부의 수소취화에 따른 underbead crack 발생의 임계 경도값이 약 Hv300⁽¹⁾ 정도로 알려져 있음을 고려할때, 본 시험재의 경도분포는 이보다 낮은 분포를 보이고 있으므로 본 시험재에 있어서 용접경화성의 증가에 의한 용접균열발생 가능성은 비교적 적은 것으로 예측된다.

Fig.2는 본 시험재의 저온균열 발생방지 한계 예열온도를 구하기 위하여 실시한 경사Y형 구속균열시험 결과를 나타낸 것이다. 30mm, 50mm, 80mm 두께의 시험재에 대하여 예열온도 변화에 따른 균열발생율을 관찰한 결과 30mm와 50mm 두께에서는 상온에서도 균열발생이 없어 예열의 생략이 가능한 것으로 나타났으나, 80mm 두께에 대해서는 저온균열 발생방지에 약 75°C의 예열이 필요하였다. 이같은 결과는 본 시험에서와 같이 groove형상 및 용접조건이 일정할 경우 시험재의 두께가 두꺼워질수록 구속용력이 증가하고⁽²⁾, 냉각속도를 증가시켜 균열감수성이 큰 저온변태조직의 분율을 높이며, 수축에 의한 용접부 잔류응력을 증가시키므로써 균열의 발생을 촉진시키기 때문으로 생각된다. 한편 용접재료에 따라서는 용접열영향부 최고경도가 Hv300 이하에서도 균열발생 가능성이 있으며⁽³⁾, 본 실험에서도 국내 용접재료업체 세곳을 선정하여 재실험을 실시한 결과 두종류에서는 80mm 두께의 시험재에서도 저온균열이 발생하지 않았고, 한 업체의 용접재료에서만 균열이 발생하는 것으로 확인되었다. 확산성수소량시험결과 균열이 발생한 용접재료의 확산성수소량이 타업체의 용접재료에 비하여 높게 나타나서 확산성수소가 균열발생의 주요인으로 작용한 것으로 판단된다. 따라서 80mm 두께의 건축용 TMCP강에서도 용접재료의 적절한 선택에 따라 예열생략이 가능하다고 판단된다.

두꺼운 판재를 사용하는 구조물에 특히 중요시 되는 lamellar tear 특성을 평가하기 위한 판두께방향 인장시험결과는 약 73.4%의 두께방향단면수축율을 나타내고 있으며, 파단면에서는 lamellar tear에 유해한 MnS계 개재물은 존재하지 않고 구상화된 Ca계 개재물만 관찰되었다. IIW와 TWI에서는 lamellar tear가 발생되지 않도록 하기 위하여 필요한 두께방향 단면수축율을 약 15~20%로 제시하고 있음을 고려하면 시험재 자체의 lamellar tear발생의 가능성은 희박한 것으로 판단된다. 그러나 실용접시에는 잔류응력 등에 의한 균열발생 가능성이 많기 때문에 용접부에 대한 평가도 병행하였다. 용접부 lamellar tear 특성을 평가하기 위하여 실시한 Cranfield용접균열시험 결과는 Fig.3에서와 같이 용접에 따른 lamellar tear는 전혀 발생하지 않았으며, 용착금속의 수축에 따른 각변형에 의하여 발생된 root 균열만이 일부 관찰되었다. 따라서 본 시험재는 80mm의 두께에도 불구하고 내 lamellar tear 특성이 매우 우수한 것으로 생각된다.

* 참고문헌

- (1) George E.LINNERT, "WELDING METALLURGY", AWS, Vol.2, 1967, pp.374~375
- (2) 佐藤邦彦, 松井繁朋, 溶接學會誌, 36-10, 1967, pp.1096~1109
- (3) N.Yurioka, H.Suzuki, International Materials Reviews, Vol.35, No.4, 1990, p.237

Table 1 Chemical compositions of materials used (SWS50B-TM). (wt.%)

Thickness	C	Si	Mn	P	S	SoI-Al	Ti	Ceq*	Pcm*
	t < 50mm								
KS D 3515	≤ 0.18	≤ 0.55	≤ 1.60	≤ 0.035	≤ 0.035	-	-	-	-
SWS50B	50 < t < 100								
	≤ 0.20								
30 mm	0.150	0.237	1.240	0.018	0.003	0.034	0.016	0.370	0.221
50 mm	0.140	0.231	1.230	0.017	0.003	0.033	0.015	0.358	0.210
80 mm	0.141	0.232	1.220	0.016	0.003	0.034	0.015	0.357	0.211

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

* Pcm = C + Si/30 + Mn/20 + Cr/20 + Cu/20 + Ni/60 + Mo/15 + V/10 + 5B (%)

Table 2 Mechanical Properties of materials used.

Thickness (mm)	Y.S (kg/mm ²)	T.S (kg/mm ²)	El. (%)	Y.R (Y.S/T.S)	vE ₀ c (Joule)
Standard	≥ 32	50~62	≥ 23	-	≥ 27.44
30	39.0	59.1	27.7	0.66	266.6
50	40.4	57.7	30.4	0.70	252.8
80	38.2	55.9	30.5	0.68	260.7

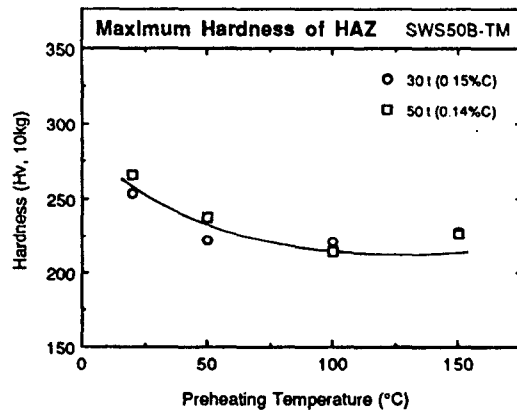


Fig.1 Maximum hardness of HAZ of SWS50B-TM.

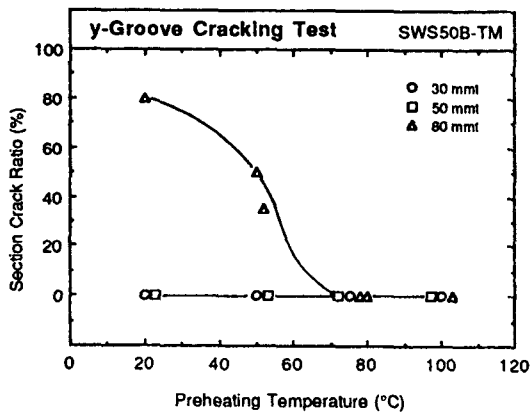


Fig.2 Results of y-groove cracking test.

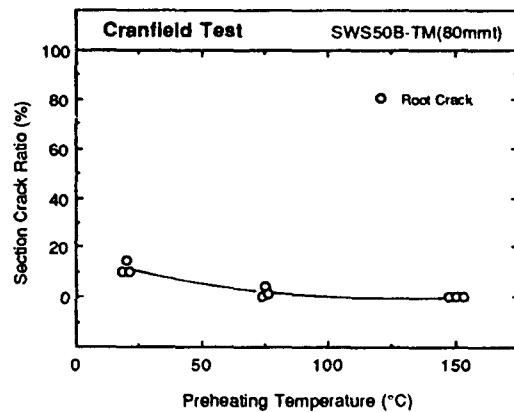


Fig.3 Results of Cranfield cracking test.