

SM570-TMC 강의 잔류응력 특징에 관한 실험적 연구

An Experimental Study on the Characteristics of Residual Stresses in Welds of SM570-TMC Steels

박현찬*, 이진형**, 김재환*, 최의홍*, 최명기***, 장경호****

* 중앙대학교 토목공학과

** 중앙대학교 기술과학연구소

*** 한국산업기술협회

**** 중앙대학교 건설환경공학과

ABSTRACT Bridge constructed recently is preferred to have a long span and a simple structure detail considering not only functions as bridge but scenic beauty, maintenance, construction term and life cycle cost, etc. Therefore, it demands a high quality steel like a thick plate steel and a high performance steel. A TMCP steel produced by thermo-mechanical control process is now spotlighted due to the weldability for less carbon equivalent. It improved at strength and toughness in microstructure. Recently the SM570-TMC steel, a high strength TMCP steel whose tensile strength is 600MPa, is developed and applied to steel structures. But, for the application of this steel to steel structures, it is necessary to elucidate not only the material characteristics but also the mechanical characteristic of welded joint. In this paper, we investigated the characteristics of residual stresses generated by welding of SM570-TMC steels through an experimental study

1. 서 론

최근 장대화 된 교량과 같은 대형 강구조물에서는 일반 구조용 강판의 경우보다 강도가 높고 구조적 성능이 우수한 고강도·고성능 강재의 사용이 요구되고 있다. 고강도·고성능 강의 사용에 따른 문제점으로는 용접부 균열, 용접결함, 열영향부의 인성저하 등을 예상할 수 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해서는 강도, 용접성, 용접부 인성 등 재료의 성질이 우수하고, 경제적으로 타당성이 있는 구조용 강재가 요구된다. 이러한 요구를 충족시키기 위해 TMCP 강을 실제 구조물에 사용하고 있다. TMCP(Thermo-Mechanical Control Process)법에 의해 제조되는 강은 탄소당량이 작고, 조직이 미세하며, 강도 및 인성이 좋다. 종래의 강에 비해 용접성이 뛰어나고, 취성 파괴에 대한 저항성능이 우수하며, 극후판 강재에서도 고강도, 고인성을 확보할 수 있다. 또한 최근에는 인장강도 600MPa급의 고강도 TMCP 강인 SM570-TMC가 개발되어 건설구조물에 일부 적용되고 있으며, 점차 그 영역을 확장하려는

추세에 있다. 하지만 이러한 고강도 TMCP강을 강구조물에 적용하기 위해서는 그 재료적 특성뿐만 아니라 용접시 발생하는 접합부의 역학적 특징을 명확히 할 필요가 있다. 따라서 본 연구에서는 실험(잔류응력 측정 실험)을 통하여 TMCP 강 접합부의 역학적 특성 중 용접시 발생하는 잔류응력의 특징을 조사하였다.

2. 사용재료 및 실험방법

2.1 사용재료 및 시편형상

2.1.1 시편의 제작

TMCP강의 용접시 발생하는 잔류응력을 측정하기 위해 용접 시편을 제작하였다. 시편 제작에 쓰인 강재는 SM570-TMC강재이며 화학성분 및 기계적 성질은 Table 1과 Table 2에 나타내었다. 실험편의 전체 폭(B)과 길이(L)는 600mm이고 두께(t)는 20mm의 크기로서 Fig. 1과 같은 형태로

제작하였다. 시편 제작 시 용접방법 및 용접금속은 Table 3과 같으며 용접금속의 기계적 성질 및 화학성분은 Table 4와 Table 5에 나타내었다. 용접금속의 기계적 성질은 제조자의 성적서(KWS 및 JIS 규격)를 인용하였다. 예열을 하지 않고 본 용접을 실시하였으며 본용접은 Table 6과 같이 FCAW (Flux Cored Arc Welding)로 총 4PASS, 용접을 실시하였다

Table 1 Chemical compositions of the material used (wt, %)

C	Si	Mn	P	S
0.156	0.309	1.548	0.110	0.04

Table 2 Mechanical properties of the material used

Yield Stress (MPa)	Ultimate Strength (MPa)	Elongation (%)
482	621	27

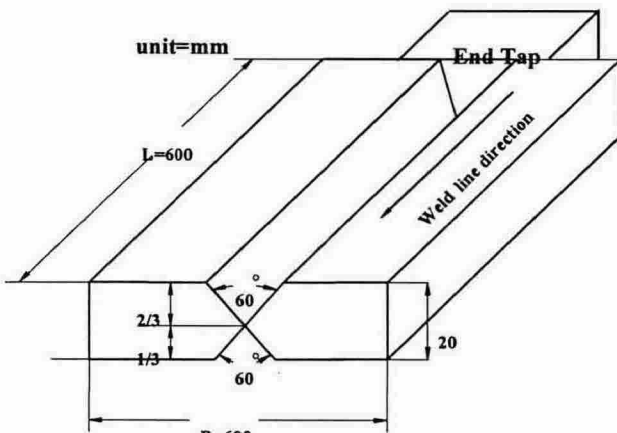


Fig. 1 Specimen configuration

Table 3 Welding process and Weld metal

Base metal	Welding process	Weld metal
SM570-TMC	FCAW	Supercored81 (1.2Φ)

Table 4 Mechanical properties of weld metal used

용접금속	항복점 (MPa)	인장강도 (MPa)	연신율 (%)
Supercored81 (1.2Φ)	582	610	27

Table 5 Chemical compositions of weld metal (wt, %)

용접금속	C	Si	Mn	P	S
Supercored81 (1.2Φ)	0.03	0.35	1.12	0.013	0.017

전면용접 후 후면 용접시 가우징을 먼저 실시하여 후면의 불연속면 및 결함과 공극이 있는 부분을 제거한 후에 다시 용접을 실시하여 시편을 제작하였다. 패스 중간 온도는 200℃ 온도 쇼크를 사용하여 200℃이하가 되게 하였다. 시편을 제작한 후 절단법으로 잔류응력을 측정하기 위해 게이지를 부착하였다. 사용된 게이지의 제원은 Table 7과 같으며 부착한 게이지의 위치는 Fig. 2에 나타내었다. 용접부 및 열영향부에서의 잔류응력의 특징을 관찰하기 위해 용접선(Wel line) 및 접합부에 게이지를 집중해서 부착하였다.

Table 6 Welding conditions

PASS	Current (A)	Voltage (V)	Velocity (Time)
1	250	30	3'12"
2	260	35	4'42"
Gauging			
3	250	30	2'51"
4	280	35	4'06"

Table 7 Gage details

Gage Type	Gage Factor	Gage length
Two-axis Strain Gage	2.09±1.0%	1mm

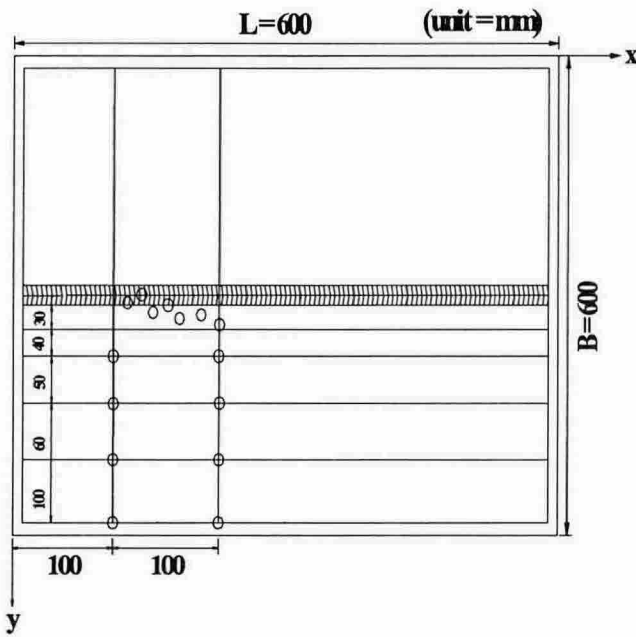


Fig. 2 Measurement locations

2.2 실험결과

게이지를 부착하고 초기변형률을 측정한 후 시편을 게이지 부분별로 절단법을 실시하여 잔류응력을 측정하였다. Fig. 3에 용접선 방향의 잔류응력 측정 결과를 나타내었다. 결과를 보면 실제 고강도 TMCP강에서는 용접부 및 열영향부에서 상당한 인장잔류응력의 완화가 발생하는 것을 알 수 있다. 이것은 고강도 TMCP강의 용접 후 공기 중에서 급냉하는 과정에서 발생하는 상변태에 의해 상변태 구간에서 체적이 팽창되는데 이때 용접부의 잔류응력 발생의 원인이 되는 용접부 수축이 저하되어 결국 잔류응력의 크기가 감소되기 때문으로 사료된다. 그리고 그 감소정도는 약 0.8 σ/σ_{Y0} 임을 알 수 있다.

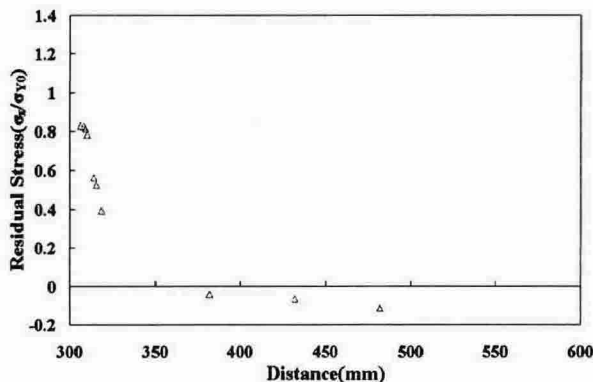


Fig. 3 Results

3. 결 론

본 연구에서는 실험을 통하여 고강도 TMCP강인 SM570-TMC강의 용접시 발생하는 잔류응력의 특징을 조사하였다. 실험 결과 SM570-TMC강은 고강도강재(POSTEN60, POSTEN80)와 마찬가지로 용접 후 냉각하는 과정에서 발생하는 상변태로 인하여 용접부 및 HAZ부에서 상당한 인장잔류응력의 감소가 발생하며, 그 정도는 0.8 σ/σ_{Y0} 임을 알 수 있었다.

참고문헌

1. Kunihiko Satoh, Toshio Terasaki, (1976), "Effect of Transformation Expansion on Welding Residual Stresses Distributions and Welding Deformation", Journal of JWS, Vol.45 No.7, pp.150-156
2. Kunihiko Satoh, Toshio Terasaki, (1976), "Effect of Welding condition on Residual Stresses Distribution in Welded Structures Materials", Journal of JWS, Vol.45, pp.150-156
3. 이승평, (1998), "금속재료", 도서출판 청호
4. B.A.B. Anderson, (1978), "Thermal Stresses in a Submerged-Arc Welded Joint Considering Phase Transformation", Transaction of ASME, Vol.100, pp. 110-123
5. B. Taljat, B. Radhakrishnan, T. Zacharia, (1998), "Numerical Analysis of GTA Welding Process with Emphasis on Post-Solidification Phase Transformation Effects on Residual Stresses", Materials Science and Engineering A246, pp.45-54 and Engineering A246, pp.45-54
6. K.H. Chang, C.H. Lee (2004), "Residual Stress in Welds of High Strength Steel(POSTEN60, POSTEN80)", Journal of KSSC, Vol.16-5, pp.519~528
7. K.H. Chang, C.H. Lee and Y.E. Shin, "A study on the High Temperature Tensile Properties and the Characteristics of Residual Stress in Welds of HI σ Strength Steels", Journal of KWS, Vol.22, No. 4, pp.346~354