Box Column용 탄뎀 One-Run 대입열 용접기법

Weldability Tests for Box Columns through high heat-input Tandem SAW

석 한길* 윤동렬, 장 태원**

* 삼척대학교 금속공학과, ** 삼성중공업 조선플랜트 연구소 용접연구팀

1.서론

건축 철구조물의 Column은 일반적으로 Box Type과 H-Type으로 구분되며 대형건축물에는 Box Column이 보편적으로 이용되고 있다. 최근에 건물구조양식이 초고층화와 대형화됨에 따라 Box Column도 대형화되면서 두께가 두꺼워지는 경향이며, 두께의 증가는 용접부 단면적 및 용접공수의 증가를 초래한다. 용입깊이가 40mm를 초과할 경우에 국내에서는 아직까지 탄뎀 2전극 대입열 용접에서 Multi-Pass로 시공하고 있는 데, 이러한 기존 설비를 이용하여 Pass수를 최소화(One Run)하고 용접부의 단면적을 최대한 감소시킬 수 있는 시공법을 검토하며, One-Run기법이 가능한 최대 용입깊이를 60mm까지 증가하여 실제 생산성 향상에 이바지하고자한다.

또한 Pass수가 감소할 경우에는 용접조건중에서 전류와 전압의 증가와 용접속도의 감소에 의해 용접입열량이 크게 증가하여 용착금속의 기계적 성질에 나쁜영향을 끼치므로, 기계적 성질의 향상과 건전한 비드형상 및 용입상태를 확보하기 위해, 60t One Run 기법에 있어서 최적 용접조건의 설정 및 용착금속의 성분조절에 의한 야금학적 제고찰을 수행하였다.

2. 실험방법

1) 용접장비

- MAKER: NITTETSU社
- POWETR SOURCE: DAIHEN의 AC 1500Amp(사용률 100%)
  2대 연결로 Torch당 최대 3000Amp가 사용 가능.
- 사양개요: GANTRY TYPE으로 양 CORNER에 각각 2전극을 이용하여 동시
  4전극으로 용접할 수 있는 장비

2) 용접재료

항목	Flux	Wire							비 고
		BRAND	직경 (mm)	화 학 성 분					
				C	Si	Mn	P	S	
재료	PFI-53M	L-8	6.4	0.07	0.02	0.49	0.027	0.026	PFI-53M: KOBE L-8 :현대종합금속
				0.05	0.03	0.48	0.031	0.025	

※ AWS A5.17 F7A(P)0/EL-8

3) 시험강재

시험강재는 현재 철구조물에 가장 많이 사용하고 있는 SWS 490자재중 Type A 및 B를 사용하였다.

제조사	강 종	화 학 성 분							비 고
		C	Si	Mn	P	S	Nb	V	
POSCO	KS SWS490B	0.15	0.31	1.27	0.026	0.006	Tr.	0.041	대입열용접에 있어서 중요한 원소인 C,P의 함유량이 각각 0.16%,0.010% 이하이며,일본 강재와 큰 차이는 없음.
		0.16	0.33	1.31	0.026	0.006	Tr.	0.043	
NITTETSU	JIS SM490B	0.16	0.39	1.22	0.025	0.008	Tr.	0.048	

4) 시험편 형상

아래 그림-1,2와 같이 1,2,4차 시험에서는 65t, 3차 시험에서는 60t의 강재를 사용하였으나 개선형상은 동일함. ※( )안의 숫자는 60t강재의 Dimension

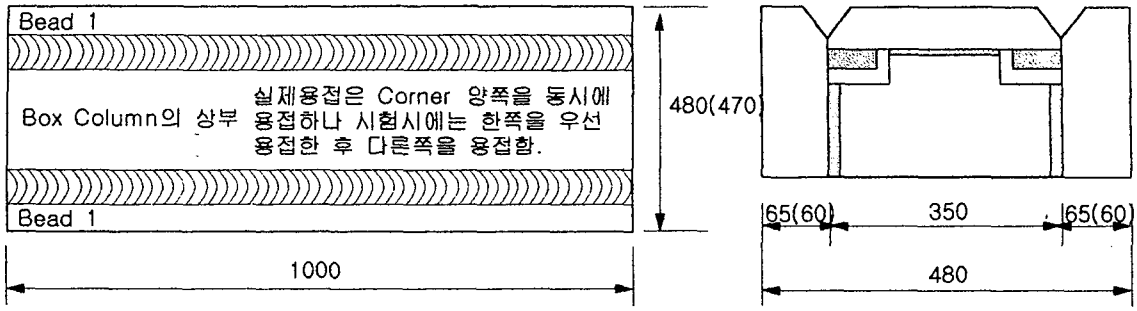


그림-1 시험편의 형상 및 크기(mm)

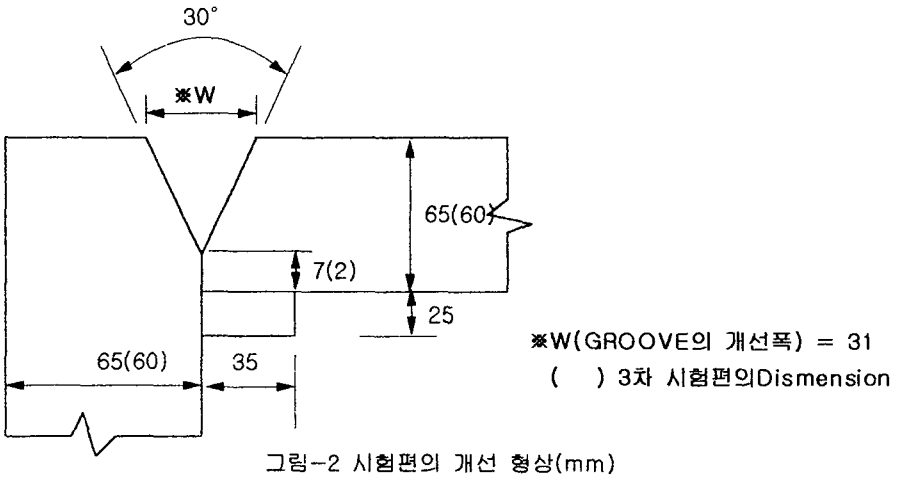


그림-2 시험편의 개선 형상(mm)

5) 전극의 배치와 결선방법

전극의 배치와 결선방법은 대입열 용접에서 가장 다용되어지고 있는 배치 형태를 기준으로 하고 ,결선방법 및 EARTH 위치는 아래 그림-3과 같다.

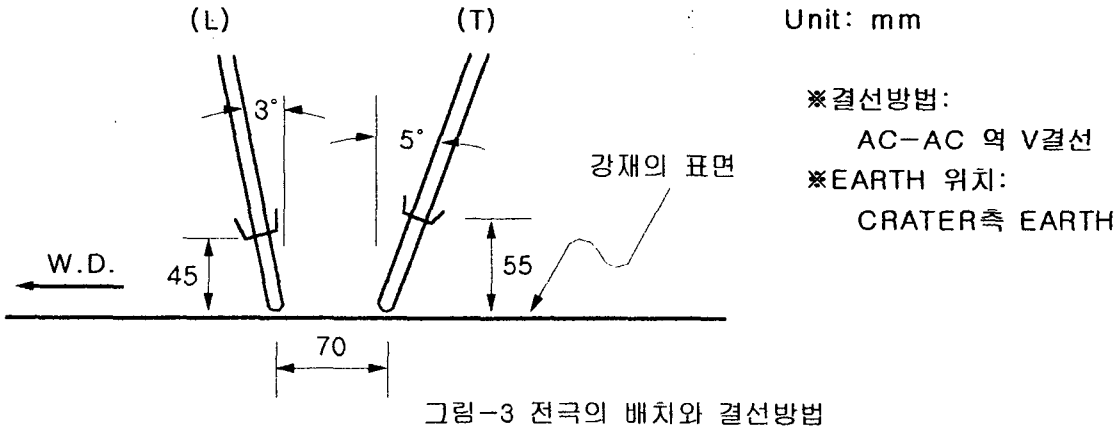


그림-3 전극의 배치와 결선방법

3. 결과 및 고찰

1) 용접조건 설정

용접조건은 1차 시험에 있어서는 Box Column의 경사가 고려되지 않은 조건에서 시험을 실시하고, 2차 시험에 있어서는 1차 시험결과 가장 큰문제점으로 조사되어진 BEAD의 외관(말등모양 형상이 BEAD의 중심에 나타남)을 반영하여 용접조건을 설정하였다. 3차시험에서는 기계적성질을 확보하고 4차시험에서는 용접부의 인성을 확보할 목적으로 용접조건을 설정하였다.(표 1)

2) 시 험 결 과

각각의 시험편에서 충격치시험편,굽힘시험편,ALL WELDED METAL T/S 시험편,MACROSTRUCTURE 및 화학분석 시험편을 채취하고, 또 다른 시편에서는 용착금속부의 화학성분,UT,MICROSTRUCTURE 시험을 각각 실시하였다.

MACROSTRUCTURE, BEAD의 외관 및 용입상태는 사진1에서 관찰된다. 1차시험에서 용입상태는 양호하나 말등모양의 BEAD 외관이 형성되어져 있다(BOX COLUMN이 경사가질 경우 자주 발생하는 현상). 2차시험에서는 BEAD의 외관 양호하나 용입상태가 불량하다. 3차시험에서는 BEAD 표면의 외관은 양호하나 용입이 불량하다. 즉, 1.2차 시험의 사진과 비교할때 BEAD가 과대하게 퍼져있는 것을 볼 수 있다. 이것은 용접시 전류,전압의 조건에서 상대적으로 전압이 과다할 때 자주 발생하는 현상이며 용입불량의 원인이 된다. 4차시험에서는 적정 용접조건의 설정으로 BEAD 표면의 외관과 용입이 양호함을 보여준다. 4차시험에서 용접부의 제성능은 표 2와 같다. 특히 용접부에서의 충격치가 KS/JIS의 요구치(0℃에서 27J)를 만족시키고 있다. 일반적으로 대입열용접에서는 입열량의 증가와 cooling rate의 감소에 따른 입계 ferrite영역 증가와 acicular ferrite영역 감소를 초래하여 용접부에서 인성이 저하되나, 4차시험에서는 1,2,3차 시험과 비교하여 용접부의 조직 미세화에 의해 충격인성치를 상승 시켰다.

4. 결론

고찰한 바와 같이 용접부의 화학성분 조정으로 기존의 국산 외이어를 사용하더라도 건전한 용착금속을 형성할 수 있었으며, 40t이상 60t 까지의 용입깊이를 요구하는 Box Column Corner 부 용접에서는 One-Run의 용접공법을 적용할 수 있다. 또한 용접단면적의 감소(기존 다층 대입열 용접에 비해 33%단면적 감소)로 용접재료를 절감할 수 있다.

이와같이 60t single-pass 2전극 탄뎀 대입열용접에서는 현기술로써 내크랙성, 비드 외관, Arc안정성 등에서는 문제가 없으며, 실제 현장에 적용할 계획이다. 65t Single Pass용접에서는 비드외관, Arc안정성, 용접금속부의 충격치 등에서 문제가 발생될 수 있으므로 3전극 용접장치를 고려해야한다.

Test	Condition	Ele.(6.4φ)	Cur.(Amp)	Volt.	Speed(CPM)	Heat input(KJ/cm)	Remarks
1	1	선 행(L)	2100	40	17	596.5	BOX COLUMN이 약 3° 경사진 상태에서 용접 실시
		후 행(T)	1700	50			
	2	선 행(L)	2100	42	18	577.3	
		후 행(T)	1700	50			
2	1	선 행(L)	2100	41	17	639.9	BOX COLUMN이 수평(0°)으로 유지후 용접 실시
		후 행(T)	1700	56			
	2	선 행(L)	2100	41	18	581.7	
		후 행(T)	1700	52			
3	1	선 행(L)	2100	38	19	493.6	시험편 1본으로 PENETRATION 가능한 용접조건을 확인후 실시한 용접조건
		후 행(T)	1700	45			
	2	선 행(L)	2100	37	18	514.0	
		후 행(T)	1700	45			
4	1	선 행(L)	2100	35	18	500.0	PENETRATION의 깊이을 더 깊게하기 위하여 시험편 1본으로 시험한 후 2본째의 용접조건
		후 행(T)	1700	45			
	2	선 행(L)	2100	35	18	500.0	
		후 행(T)	1700	45			

표 1. 용접 조건

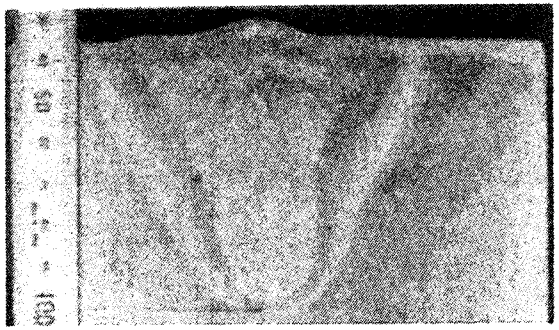
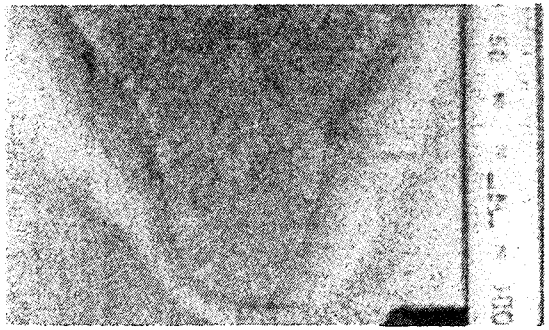
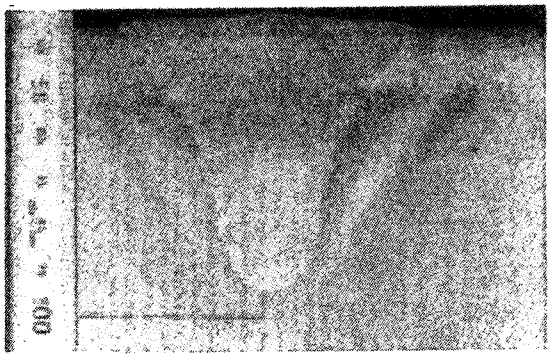
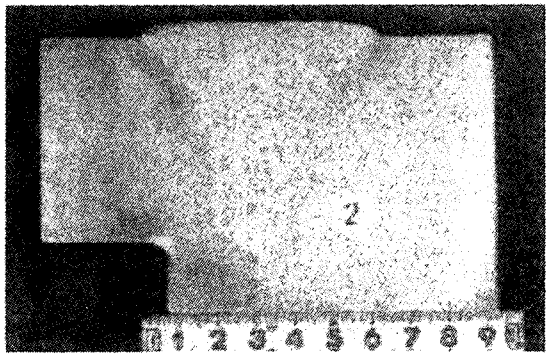
Test	Cross Section Photo	Test	Cross Section Photo
1	 BEAD 외관 불량	3	 용입 불량
2	 용입 불량	4	 BEAD 외관, 용입 양호

사진 1. Macrostructure, Bead 의 외관 및 용입상태

표 2. 용접부의 기계적 성질 및 화학 성분

※ 4-1과 4-2는 Flux의 Type Ⅰ, Ⅱ에 따라 구분함.

Test	Location	ALL WELDED T/S (kgf/㎟)	ALL WELDED EL (%)	SIDE BENDING	Charpy energy (J) 21℃ W/M	21℃ F+2	21℃ F+5	0℃ W/M	0℃ F+2	0℃ F+5	-20℃ W/M	-20℃ F+2	-20℃ F+5
KS/JIS SWS/SM 490A		50≤	23≤	180°	–	–	–	27≤	–	–	–	–	–
4-1	ⓕ	68.4	24.0	ACCEPTED (4EA)	88.6 84.0 86.3	44.2 52.4 48.3	113.8 120.7 117.3	48.0 32.8 40.4	29.4 29.9 29.7	38.0 38.9 38.4	33.4 15.9 24.7	20.0 16.7 18.4	33.1 30.3 31.7
	ⓒ	–	–		112.6 78.4 95.5	13.3 23.7 18.5	63.4 30.4 46.9	51.5 54.6 53.1	46.0 47.9 47.0	27.0 34.8 30.9	52.5 40.7 46.6	26.1 25.0 25.6	20.9 18.7 19.8
	ⓑ	68.2	23.5		125.0 122.9 124.0	41.7 9.4 25.6	179.1 197.1 188.1	97.4 72.0 84.8	54.5 58.4 56.5	116.8 182.3 149.6	75.5 76.3 75.9	25.1 24.7 24.9	113.7 136.3 125.0
4-2	ⓕ	69.6	23.5	ACCEPTED (4EA)	65.4 71.0 68.2	79.3 50.1 64.7	83.4 27.4 55.4	41.1 37.8 39.5	33.3 32.2 32.8	35.3 34.1 34.7	17.9 22.0 20.0	32.9 31.9 32.4	19.1 18.9 19.0
	ⓒ	–	–		86.4 90.5 88.5	10.1 12.6 11.4	70.7 77.6 74.2	59.2 55.0 57.1	47.8 46.6 47.2	35.1 28.5 31.8	24.7 23.6 24.2	24.9 24.6 24.8	10.7 8.1 9.4
	ⓑ	69.7	23.5		96.9 91.9 94.4	9.8 11.2 10.5	159.0 181.1 171.1	38.5 40.0 39.3	36.1 35.1 35.6	154.0 151.3 152.7	36.6 17.1 26.9	13.6 14.7 14.2	101.1 118.0 109.6

Test	Location	Chemical Composition C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Mo	Ti	V	Al	B	Nb
4-1	ⓕ	0.11	0.29	1.32	0.15	0.00	0.03	0.02	0.03	0.39	0.017	0.030	0.011	0.060	0.011
	ⓒ	0.11	0.29	1.32	0.01	0.00	0.03	0.02	0.03	0.39	0.017	0.031	0.011	0.060	0.012
	ⓑ	0.11	0.27	1.31	0.01	0.00	0.03	0.02	0.03	0.35	0.017	0.029	0.012	0.059	0.010
4-2	ⓕ	0.12	0.28	1.32	0.01	0.00	0.03	0.02	0.03	0.28	0.016	0.029	0.012	0.060	0.011
	ⓒ	0.11	0.29	1.32	0.01	0.00	0.03	0.02	0.03	0.28	0.017	0.029	0.012	0.059	0.011
	ⓑ	0.11	0.27	1.32	0.01 5	0.00 7	0.03	0.02	0.03	0.25	0.017	0.028	0.011	0.060	0.010