

# 후판용접부에 있어서 횡크랙 위치에 따른 피로특성연구

## A study on fatigue properties depend on tranverse crack position in thick plate weldments

임동석\*, 강성원\*, 조재형\*\*, 오은식\*\*, 이해우\*\*\*

\* 부산대학교, 조선해양공학과

\*\* 부산대학교, 대학원

\*\*\* 삼성중공업, 용접연구팀

### 1. 서론

후판용접시 예열 및 충전온도를 100~120℃로 유지한 용접이음재와 예열70℃, 충전온도를 100~120℃로 유지한 용접이음재에서는 횡크랙이 발생하지 않았으나 예열 및 충전온도를 30℃미만으로 유지한 이음재와 예열70℃, 충전온도를 30℃로 유지한 용접이음재에서는 횡크랙이 발생하였으며 이 횡크랙은 저온균열의 대표적인 균열로서 잔류응력, 확산성수소량 및 경화된조직에 따라 발생된다고 알려져 있다.

이와 같은 원인으로 발생하는 횡크랙의 피로특성은 용접부 신뢰도 측면에서 매우 중요한 인자이나 횡크랙의 재현성, 시험편 가공등 여러가지 어려운 점이 많아 지금까지 횡크랙에 대한 피로수명 평가가 거의 연구되지 않은 실정이다.

본 연구에서는 용접시험편을 실구조물 크기로 제작하여 횡크랙을 재현하였으며 횡크랙크기 및 위치에 따른 피로특성을 규명하고자 하였다.

### 2 실험 방법

#### 2.1 시험편

본 연구에 사용된 강재는 선급용 EH32 TMCP Steel 판두께50mm를 사용하였으며 기계적 성질과 화학성분은 Table1과 같으며, 시험편 채취는 Fig.1의 (A)와 (B)에서 보는 바와 같이 하고 FCAW법과 SAW법을 사용하였다. 용접조건은 Table2, Table3과 같다. Fig.1의 (A)는 예열 및 충전온도를 30℃, (B)는 예열온도 70℃, 충전온도 30℃를 유지하여 실구조물과 동일한 조건으로 용접하여 횡크랙을 발생시켰다.

횡크랙은 Fig.2의 (A), (B)와 같이 각각 비이드표면에서 10~27mm, 10~18mm깊이의 범위에서 존재하였고, 이 횡크랙을 표면과 표면에서부터 4~8mm의 깊이에 오도록 피로시험편을 제작하였다.

Table1. Chemical compositions and mechanical properties of base and weld metal

	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	V	Tensile strength (kgf/mm <sup>2</sup> )	Yield strength (kgf/mm <sup>2</sup> )	Elongation (%)
Base metal	0.09	0.38	1.35	0.015	0.005	0.03	0.03	0.02	0.002	52.8	42.0	31.0
Weldmetal (FCAW)	0.04	0.29	1.05	0.012	0.017	1.32	0.03	0.02	0.017	69.4	63.7	22.8
Weldmetal (SAW)	0.09	0.30	1.33	0.025	0.013	0.03	0.02	0.06	0.003	60.9	49.7	25.3

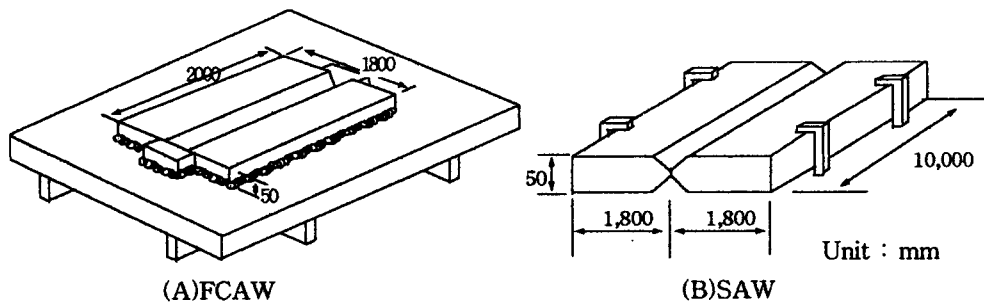


Fig.1 Schematic diagram of weld specimens

Table2. Welding condition for FCAW

No. of Pass	Current(A)	Voltage(V)	Welding speed (cm/min.)	Heat input (KJ/cm)
1	240-250	30	16	28
2-27	340-350	35	37-41	26

Table3. Welding condition for SAW

Condition	No. of Pass	Current(A)		Voltage(V)		Welding speed (cm/min)	Heat input(KJ/cm)		
		Lead	Trail	Lead	Trail		Lead	Trail	Avg.
Surface bead	1	600	820	35	40	100	12.6	19.6	23.6
	2	900	820	35	40	82	23.0	24.0	
	3	920	900	34	40	60	31.2	36.0	
	4	920	900	34	40	90	20.8	24.0	
	5	980	900	34	38	90	22.2	22.8	
Back bead	1	1200	800	35	44	70	36.0	30.1	31.5
	2	1000	900	35	38	60	35.0	34.2	
	3	1000	900	34	38	70	29.1	29.3	
	4	1000	900	34	38	70	29.1	29.3	

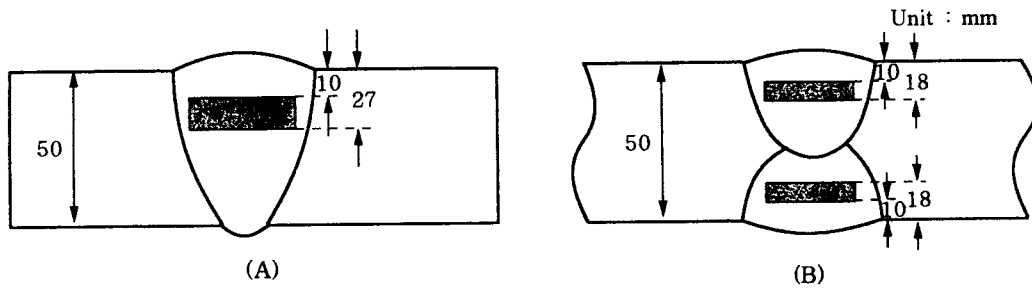


Fig.2 The position of fatigue test specimens

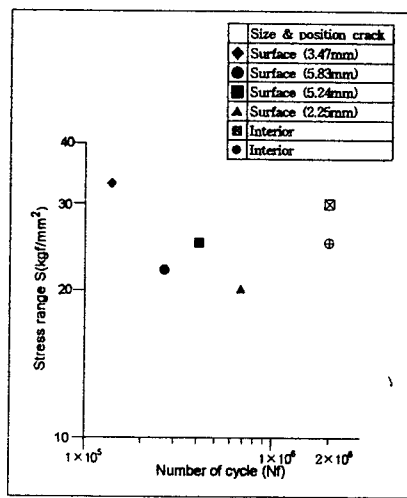


Fig.3. Results of the fatigue test for surface crack on FCAW

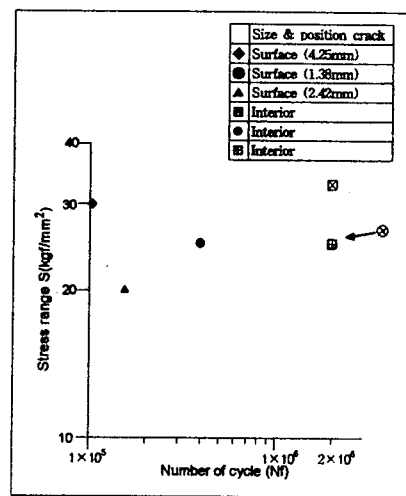


Fig.4. Results of the fatigue test for inside crack on SAW

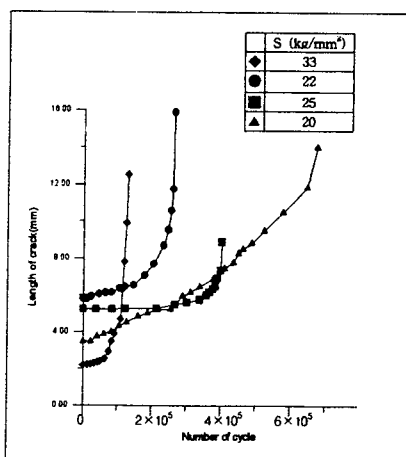


Fig.5 Crack length versus number of cycle for FCAW

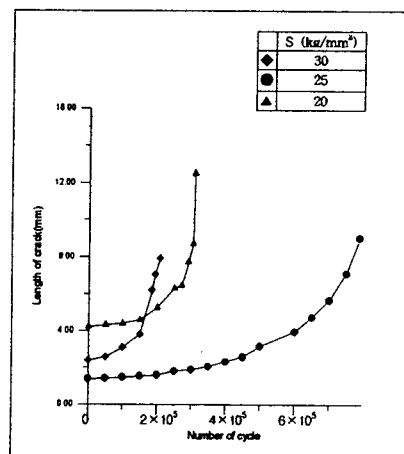


Fig.6 Crack length versus number of cycle for SAW

## 2.2 피로시험 방법

본 연구에 사용된 피로시험기는 용량±20ton의 축인장 유압서보피로시험기이며 피로하중의 파형은 정현파를 사용하였으며 반복속도는 3Hz에서 하중제어 완전편진 인장피로시험법을 수행하였고 하중상태가 정상인지를 오실로스코프 및 PC Monitor에 의하여 관찰하고 균열전파거동은 원거리측정현미경으로 측정하여 관찰하였다.

## 4. 실험결과 및 고찰

Fig.3과 Fig.4는 후판용접부에서 발생한 횡균열을 가진 시험편에 대한 피로시험 결과를 나타낸 것이다. ●, ◆, ■, ▲ 표시는 표면에 균열이 존재하고 있는 것에 대한 피로시험결과를 나타낸 것이고 ⊕, ⊗, ⊞ 표시는 내부에 균열이 존재한 피로 시험결과이다. 균열이 표면에 존재하게 되면 낮은 피로하중하에서도 피로균열이 전파하여 파단됨을 알 수 있었고 내부에 존재하는 횡균열은  $S=30\text{kg}/\text{mm}^2$ 에서 피로한( $N=2 \times 10^6$ )을 나타내었다

Fig.5와 Fig.6은 표면균열에서 파단한 균열만의 전파특성을 나타내었다. 표면에 존재하는 다수의 횡균열에서 대부분이 외관상 균열의 길이가 큰 것이 빨리 전파하여 파단되고 나머지 균열은 어느정도 전파하다가 정체함을 알 수 있었고 초기 크랙이 작더라도 큰 응력에서 전파속도가 빠름을 알 수 있었다.

## 3. 결론

1. 크랙이 표면에 위치한 시험편은 낮은 응력에서도 전파하였고, 크랙이 내부에 위치한 시험편의 경우 설계응력범위에서는 파단되지 않았으며 표면에 위치한 시험편보다 높은 피로특성을 나타내었다.
2. 표면에 횡크랙이 다수 존재할 경우 큰 횡크랙에서 전파하여 파단되었으며, 나머지 균열은 어느정도 전파하다가 정체함을 알 수 있었다.
3. 표면균열의 전파속도는 초기크랙의 크기에 관계없이 하중에 큰 영향을 받음을 알 수 있었다.

## 4. 참고문헌

1. American Welding Society, Welding Hand Book. Vol.1 8th p 230~231
2. E.G. Signes and P.Howe, Hydrogen-Assisted Cracking in High-Strength Pipeline Steel. Welding Journal, August (1988) P 163~170
3. Haruyoshi Suzuki, Cold Cracking and its Prevention in Steel Welding. Transactions of the Japan Welding Society (1978) P 82~86
4. 生駒 勉, Study on Transverse Crack in Weld Metal. JSSC Vol.10 (1974) P 40~46