
 論 文

大韓造船學會論文集
 第 33 卷 第 4 號 1996 年 11 月
 Transactions of the Society of
 Naval Architects of Korea
 Vol. 33, No. 4, November 1996

필릿 용접이음부의 피로파괴 특성에 관한 연구

강성원*, 하우일*, 신종석**, 장태원***, 제정신***

A Study on the Characteristics of Fatigue Failure for Fillet Welded Joint

by

S. W. Kang*, W. I. Ha*, J. S. Shin**, T. W. Jang*** and J. S. Jae***

요 약

하중 전달형 필릿 용접 이음부에서 피로파괴는 용접토우부와 용접루트부로 부터 발생된 피로 균열 발생 및 전파의 특성에 지배된다. 또한 그 피로균열의 특성은 필릿의 형상과 응력범위에 따라 큰 영향을 받는다.

본 연구의 목적은 하중 전달형 십자형 필릿 용접 이음부에서 피로하중 작용시 용접토우부에서 파괴하기 위한 용접부의 임계다리길이와 응력범위등을 검토하는 것이다.

Abstract

The mode of fatigue failure is depended on the characteristics of the fatigue crack initiated and propagated from the weld toe and the weld root in the load-carrying fillet welded joints. The characteristics of fatigue crack are deeply affected by the geometry of fillet and the stress range

The purpose of this study is to investigate critical weld size and stress range in order to occur toe failure under pulsating tension loading in the load-carrying fillet welded cruciform joints.

발 표 : 1996년도 대한조선학회 춘계연구 발표회('96. 4. 18)

접수일자 : 1996년 6월 3일, 재접수일자 : 1996년 9월 29일

* 정회원, 부산대학교 조선·해양공학과

** 학생회원, 부산대학교 조선·해양공학과

*** 정회원, 삼성중공업 조선·해양 플랜트 연구소

1. 서론

반복 하중을 받게되는 하중전달형의 필릿 용접 이음에서는 용접토우부 뿐만아니라 용입부족부 선단에서도 응력집중을 일으키고 피로균열이 발생, 전파하는 경우가 있으며 이 곳에 발생한 균열은 육안관찰이 불가능하고 초음파탐상등에 의한 비파괴 검사에 의해서도 검출이 곤란한 경우가 많고, 중대한 손상을 일으킬때 까지 방치될 위험성이 많다. 따라서 피로손상의 위험이 있는 부재, 또는 중요강도 부재에 대해서는 완전 용입부를 갖는 맞대기 이음형식이 권장되고 있다. 하지만 구조물의 대형화에 따라 후판사용이 증가하게 되면서 완전 용입으로 시공한 후판의 T형및 십자형 이음부에서는 래미러티어가 발생하기 쉬울뿐만 아니라 용입부족등의 용접결함이 발생하였을 때에는 완전보수가 어렵다는 새로운 문제가 발생하게 되었다.

따라서 시공면에서나 경제적으로 유리한 용입부족부를 갖는 필릿용접이음형식으로 시공하여 파괴가 루트부에서 발생하지 않고 토우부에서 발생하도록 하는 다리길이 및 필릿형상을 결정하는 것이 경제적으로 유리할 것이다[1].

본 연구에서는 루트파괴에서 토우파괴로 파괴양상이 바뀌게하는 임계다리길이 치수에 대하여 검토하고 파괴양식에 영향을 주는 다리길이 및 작용응력의 영향을 검토하여 필릿용접이음재의 최적치수를 구하는 것을 목적으로 한다.

2. 용접 이음재 및 피로 시험편

2.1 용접 이음재 및 시험편 제작

본 실험에 사용한 강재는 두께 25mm의 연강판으로 그 기계적특성 및 화학조성은 Table 1과 같다. 주판과 삼입판은 동일강재를 사용하였고, 삼입판과 주판의 접촉면은 metal touch가 되도록 하기 위하여 삼입판에 접촉되는 주판면을 기계가공한 후 용접하였다. 용접에 의한 변형을 최소화하기 위해 주판과 삼입판을 구속시킨 후 각층의 용접이행속도가 일정하도록 하여 CO₂ gas용접법에 의하여 520×500 mm 되는 필릿용접 이음재를 제작하

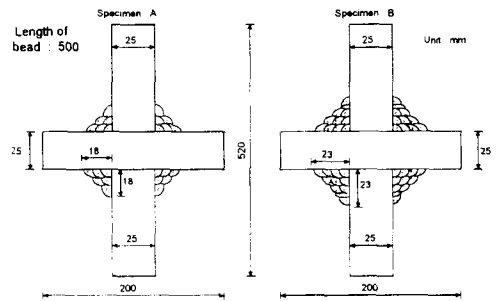
였다.

Table 1 Mechanical properties and chemical compositions of steel used

Mechanical properties			Chemical composition				
Y.S. (kgf/mm ²)	T.S. (kgf/mm ²)	El (%)	C	Si	Mn	P	S
25.9	43.4	34	0.16	0.16	0.69	0.16	0.08

referred from mill sheet

Table 2 Welding conditions of fillet welded cruciform joints



Specimen A (Leg length 18 mm)

Pass No.	Welding Method	Welding Position	Electrode Wire dia. (mm)	Amp (A)	Volt (V)	Travel Speed (cm/min)
1	CO ₂ Welding	Horizontal Position	1.2	280 - 300	34	40.2
2						47.0
3						48.8
4						45.0
5						49.3
6						44.9

Specimen B (Leg length 23 mm)

Pass No.	Welding Method	Welding Position	Electrode Wire dia. (mm)	Amp (A)	Volt (V)	Travel Speed (cm/min)
1	CO ₂ Welding	Horizontal Position	1.2	280 - 300	34	39.9
2						49.4
3						46.0
4						47.8
5						48.8
6						49.5
7						51.2
8						51.4
9						45.5
10						44.0
11						60.0

용접조건은 Table 2와 같고 증간온도는 digital thermometer를 이용하여 100 °C 이하가 되도록 유지 시켰다. 인장피로시험용 시험편을 제작시에 필릿용접 이음재의 양단에서 각각 20mm를 삭제한 후 Fig. 1과 같은 형상으로 기계가공에 의하여 제작하였다. 시험편의 치수는 Table 3 과 같다.

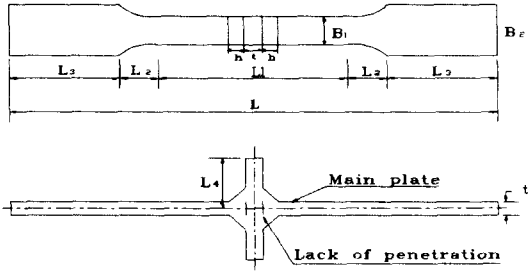


Fig. 1 Dimensions of fatigue specimens of fillet welded cruciform joints

Table 3 Dimensions of fatigue specimens of fillet welded cruciform joints

Specimen A (Leg length 18mm) Unit: mm

Specimen No.	L	L ₁	L ₂	L ₃	L ₄	h	t	B ₁	B ₂
SSF 1831	520	246	30	107	98.5	18	25	25	45
SSF 1832	520	246	30	107	98.5	18	25	25	45
SSF 1821	520	246	26	111	98.5	18	25	30	45
SSF 1822	520	246	26	111	98.5	18	25	30	45
SSF 1823	520	246	26	111	98.5	18	25	30	45

Specimen B (Leg length 23mm) Unit: mm

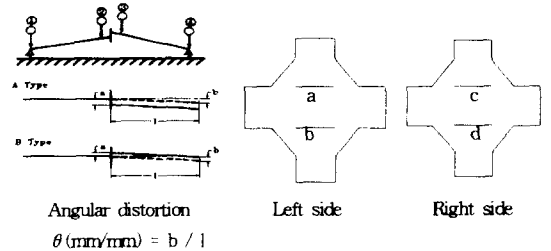
Specimen No.	L	L ₁	L ₂	L ₃	L ₄	h	t	B ₁	B ₂
SSF 2331	520	246	30	106.5	98.5	23	25	25	45
SSF 2332	520	246	30	106.5	98.5	23	25	25	45
SSF 2321	520	246	26	111	98.5	23	25	30	45
SSF 2322	520	246	26	111	98.5	23	25	30	45
SSF 2323	520	246	26	111	98.5	23	25	30	45

2.2 시험편 정도 조사

용접이음재의 제작시 각변형 및 눈틀림을 방지하기 위하여 주판과 삽입판을 구속하여 용접하였지만 실제 용접 시험편에서 다소간의 눈틀림과 각변형이 발생하므로 그 크기를 조사하기 위하여 정반위에 각 피로시험편을 고정하고 Table 4와 같이 다이얼 게이지로 4곳을 측정하여 눈틀림과 각변형을 측정하고 그 결과를 Table 4에 나타내었다.

또한 용입부족부의 길이와 삽입판과 주판사이의 폭은 접촉면을 약하게 부식시켜 현미경에 의하여 측정한 결과 폭은 0.05mm 이하로서 완전 접촉으로 볼 수 있었다.

Table 4 Misalignment and angular distortion of specimens



Specimen A (Leg Length 18mm)

Specimen No.	Misalignment (mm)	Angular distortion and angle(θ)	Length of lack of penetration (mm)				type	
			a	b	c	d		
SSF1821	+ 0.078	0.572/260	0.13	24.3	25.0	25.0	25.4	A
SSF1822	- 0.026	0.676/260	0.15	25.0	24.7	24.6	24.7	B
SSF1823	- 0.013	0.273/260	0.06	25.0	24.0	24.5	24.4	B
SSF1831	+ 0.013	0.845/260	0.19	24.8	24.6	24.7	24.7	A
SSF1832	- 0.130	0.520/260	0.11	24.8	24.5	24.7	24.9	B

Specimen B (Leg Length 23mm)

Specimen No.	Misalignment (mm)	Angular distortion and angle(θ)	Length of lack of penetration (mm)				type	
			a	b	c	d		
SSF2321	- 1.690	0.390/260	0.09	25.0	25.0	25.0	25.0	B
SSF2322	- 1.716	0.026/260	0.01	24.5	24.9	24.5	24.7	B
SSF2323	- 1.495	0.065/260	0.01	25.0	25.0	25.0	25.0	B
SSF2331	- 0.910	0.520/260	0.11	25.0	25.0	24.8	25.6	B
SSF2332	- 1.287	0.767/260	0.17	24.9	24.5	24.7	25.2	B

Table 4에서 알 수 있듯이 다소간의 눈틀림과 각변형이 발생하였으나 본 시험편은 비교적 정도 좋게 제작되었음을 알 수 있다.

2.3 비이드 형상 측정

용접이음부는 동일조건에서 용접을 하더라도 비이드길이 방향에서는 토우부의 형상이 다양하게 변하며, 또한 이러한 형상에 의해 결정되어지는 용접 비이드의 토우부에서의 응력집중계수도 달라진다. 본 연구에서는 각 피로시험편의 용접비이드 표면에 치과용실리콘고무를 이용하여 4곳의 비이드 전체에 대한 형상을 본뜨고, 비이드 길이 방향으로 2mm 간격으로 절단하고, 배율 20배의 확대투시경을 사용하여 주판측의 토우부를 확대하여 토우부의 곡률반경(ρ)과 프랭크각(θ) 및 다리길이를 측정하여 각 용접 비이드에 대한 평균치를 구하고 이들 자료와 문헌[2]의 계산식에 의하여 토우부의 응력집중계수 K_t 를 추정하였으며 그 결과를 Table 5에 나타내었다.

2.4 잔류응력 측정

용접이음부에서는 잔류응력이 발생하게되며 그 분포는 용접법의 종류, 용접조건 및 용접치수등에 따라 변하게 되며, 잔류응력의 분포는 피로균열의 발생 및 전파에 영향을 미치게된다.

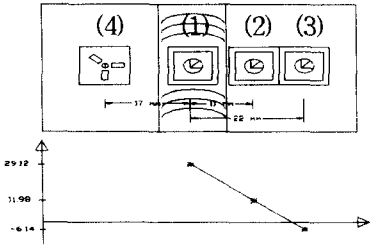
본 연구에서는 필릿용접이음재의 불용착부 연장선과 용착금속내의 잔류응력의 종류와 크기를 스트레인 게이지를 이용한 절단법에 의하여 조사하였다. 절단법의 정도를 검증하기 위하여 두께 25mm의 연강판에 다층 맞대기용접을 하고, 스트레인 게이지 부착위치의 표면을 sand paper로 요철부분을 제거 후 스트레인 게이지를 부착하고 절단법에 의해 Table 6과 같이 측정했다. 결과는 일반적으로 알려진 잔류응력 분포형상 및 크기에 잘 일치함을 알 수 있었고 절단법에 의해서 정도 좋게 잔류응력을 측정할 수 있음을 확인하였다. 이와 같은 방법으로 필릿용접 이음재에 대하여 잔류응력을 측정된 결과를 Table 7에 나타내었다.

측정결과에 의하면 SSF18과 SSF23에서 모두 용입부측부의 끝부분에는 주판방향으로 압축잔류응력이 발생하고 있으며, 이 압축잔류응력은 균열의 전파를 억제할 것이다.

Table 5 Shape of bead and value of K_t of fillet welded cruciform joints (Unit : mm)

Specimen No.	Bead A				Bead B				Bead C				Bead D				AVE.				AVE.			
	Leg length		ρ	K_t	Leg length		ρ	K_t	Leg length		ρ	K_t	Leg length		ρ	K_t	Leg length		ρ	K_t	Leg length		ρ	K_t
	Insert plate side	Main plate side			Insert plate side	Main plate side			Insert plate side	Main plate side			Insert plate side	Main plate side			Insert plate side	Main plate side			Insert plate side	Main plate side		
SSF 1821	17.94	17.40	1.18	2.79	17.46	18.57	1.73	2.58	19.31	18.10	1.52	2.57	17.82	17.88	0.9	3.00	18.13	17.99	1.33	2.70				
SSF 1822	17.81	18.17	1.54	2.63	15.77	16.83	1.45	2.80	20.76	18.43	1.54	2.51	17.92	18.03	1.6	2.61	18.07	17.87	1.53	2.62				
SSF 1823	18.01	17.87	1.35	2.62	16.55	18.29	1.77	2.62	20.21	17.82	1.8	2.46	18.28	17.59	1.4	2.67	18.26	17.89	1.63	2.58	18.13	18.00	1.54	2.62
SSF 1831	17.96	17.77	1.67	2.58	18.17	18.06	1.8	2.54	18.79	17.05	1.87	2.51	17.93	19.22	1.38	2.67	18.21	18.03	1.68	2.57				
SSF 1832	18.38	18.18	1.32	2.69	16.98	18.38	1.7	2.62	18.34	18.01	1.84	2.52	18.21	18.06	1.28	2.72	17.98	18.16	1.54	2.62				
SSF 2321	24.48	23.64	1.51	2.37	24.81	22.84	1.43	2.40	24.66	22.90	1.69	2.32	23.37	23.88	1.62	2.36	24.33	23.32	1.56	2.36				
SSF 2322	23.49	24.78	1.62	2.35	24.51	23.25	1.26	2.47	24.58	23.35	1.45	2.40	23.81	23.16	1.59	2.37	24.1	23.64	1.48	2.39				
SSF 2323	23.34	24.58	1.81	2.31	21.41	25.61	1.37	2.49	23.02	24.13	1.62	2.37	21.68	23.96	1.52	2.43	22.96	24.57	1.38	2.39	23.75	23.36	1.54	2.38
SSF 2331	23.05	24.18	1.26	2.50	23.52	21.84	1.22	2.53	25.21	22.76	1.62	2.34	24.15	23.92	1.37	2.43	23.98	23.18	1.37	2.44				
SSF 2332	23.48	25.55	1.81	2.29	24.59	22.63	1.56	2.36	23.67	21.12	1.79	2.34	24.08	23.06	1.62	2.35	23.96	23.09	1.70	2.33				

Table 6 Results of residual stress in butt welded joint



Specimen (Butt welded joint)(Unit : kg/mm²)

		Cutting Method			Drilling Method
		Strain gage (1)	Strain gage (2)	Strain gage (3)	Strain gage (4)
Measurement	stress σ_x	5.38	23.12	9.73	
	σ_y	29.12	11.98	-6.14	
	shearing force τ_{xy}	0.081	3.15	0.65	
	principal stress σ_1	29.12	23.95	9.76	8.57
	σ_2	5.38	11.15	-6.76	-20.71
	principal stress angle θ_1	89.81°	14.7°	2.2°	1°
	θ_2	-0.19°	-75.3°	-87.8°	91°

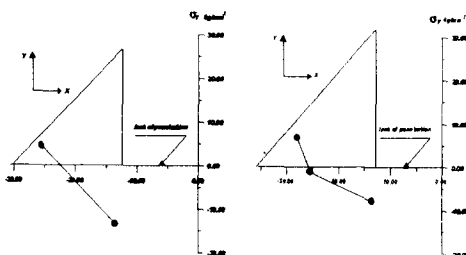
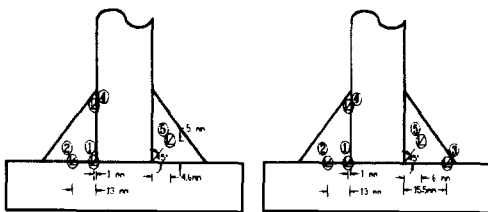
leg length 18 mm

	strain gage ①	strain gage ②	strain gage ③	strain gage ④	strain gage ⑤
stress σ_x	-5.49	-0.55		1.51	-6.95
σ_y	-13.41	4.45		1.52	-9.85
shearing force τ_{xy}	-5.09	3.15		3.71	-4.2
principal stress σ_1	-3.00	5.97		5.22	-3.96
σ_2	-15.90	-2.07		-2.19	-12.85
principal stress angle θ_1	-26.3	64.2		45.1	-35.5
θ_2	63.7	-25.8		-44.9	54.5

leg length 23 mm

	strain gage ①	strain gage ②	strain gage ③	strain gage ④	strain gage ⑤
stress σ_x	-12.00	-2.22	1.62	4.11	4.99
σ_y	-7.80	-1.09	6.79	-1.71	-2.29
shearing force τ_{xy}	-0.49	3.64	-14.38	1.78	-5.25
principal stress σ_1	-7.75	2.03	18.81	4.61	-7.74
σ_2	-12.06	-5.33	-10.41	-2.21	-5.04
principal stress angle θ_1	-83.5	49.5	-50.1	15.7	-27.7
θ_2	6.5	-40.5	39.9	-74.3	62.3

Table 7 Result of residual stress in fillet welded cruciform joints



leg length 18 mm leg length 23 mm

3. 피로시험

3.1 피로시험 방법

본연구에 사용한 피로시험기는 용량 ±20ton의 축인장압축 유압 서브 피로시험기이며 피로하중의 파형은 정현파를 채용하였고 하중 반복 속도는 1~1.5Hz의 범위내에서 시험하중의 크기에 따라 변화시켰다. 피로시험 방법은 하중제어 편진 피로시험법을 채용하였으며 응력비 R=0.1이 되도록 하여 완전편진상태에 가깝도록 최대하중과 최저하중을 설정하였다. 그리고 하중상태가 정상적인지를 오실로스코프 및 PC Monitor에 의하여 관찰하고 데이터 수록장치에 하중, 변위 및 스트레인값을 수록하였다. 시험기 및 시험편의 장착모양 및 측정장치 등은 Photo. 1에 나타내었다. 필릿다리길이 18mm와 23mm인 시험편 가운데에서 각 1개씩의 시험편에는 도우부의 응력집중계수를 실험적으로 추정하여 계산식에서 구한 응력집중계수와 비교해 보

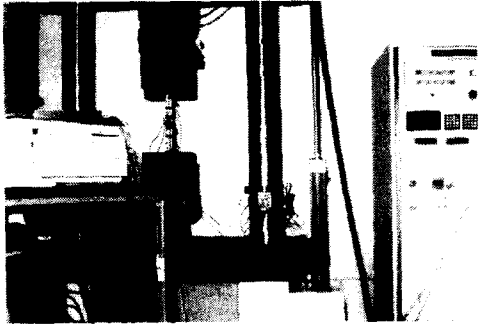


Photo. 1 The fatigue test machine and specimens

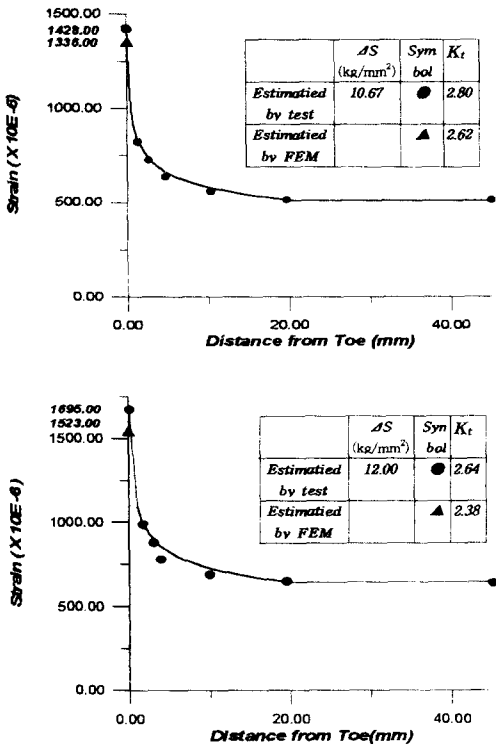


Fig. 2 Estimated stress concentration factor, K_t compared with measured result by specimen

기 위하여 토우부에서 2mm, 3mm 떨어진곳에는 게이지 길이 0.3mm의 일축 스트레인 게이지를,

4mm, 10mm 떨어진곳에는 게이지길이 1mm인 스트레인 게이지를, 20mm와 45mm떨어진 곳에는 게이지 길이 5mm인 스트레인 게이지를 부착하여 하중을 단계별로 증가시키면서 스트레인 값을 측정하였다. Fig. 2에 그 결과를 나타내었고 계산식에 의한 값과 측정에 의한 응력집중계수의 추정값이 비교적 잘 일치하였으며, 문헌[2]를 이용하여 필릿용접 이음부의 응력집중계수값을 추정할 수 있음을 확인하였다.

피로시험중 계속해서 이동현미경과 확대경으로 토우부 및 루트부를 관찰하여 피로균열 발생시기 및 위치와 반복수등을 측정하였다.

3.2 결과 및 고찰

Table 8에는 다리길이 18mm와 23mm의 십자형 필릿 용접이음체의 편진 피로시험 결과를 나타내었다.

Table 8중의 토우부의 피로균열 발생수명 N_c^T 는 토우부에서 발생한 피로균열 길이가 0.5mm 일때의 반복수를 취하였으며, 파단수명 N_f (N_f^T , N_f^M , N_f^R)는 시험편이 완전히 파단되어 분리되었을 때의 반복수를 취한 것이다. 여기서 N_f^T 는 토우부의 파단수명, N_f^M 는 혼합형 파단수명이며, N_f^R 는 루트부의 파단수명을 나타낸다.

Table 8 Fatigue test results of specimen A and B

Specimen No.	ΔS kg/mm ²	Mode of fatigue failure	N_c^T (Cycles)	N_f (N_f^T , N_f^M , N_f^R) (Cycles)
SSF 1832	30	Weld failure	---	1.94×10^4
SSF 1831	27	Weld failure	-----	2.24×10^4
SSF 1821	22	Mixed failure	7.33×10^2	1.13×10^6
SSF 1822	20	Mixed failure	1.56×10^4	2.24×10^6
SSF 1823	14	Plate failure	1.65×10^6	2.27×10^6
SSF 2331	30	Mixed failure	2.04×10^4	3.44×10^4
SSF 2332	27	Plate failure	6.60×10^4	8.87×10^4
SSF 2321	23	Plate failure	1.70×10^5	2.13×10^5
SSF 2323	14	Non failure		2.0×10^6

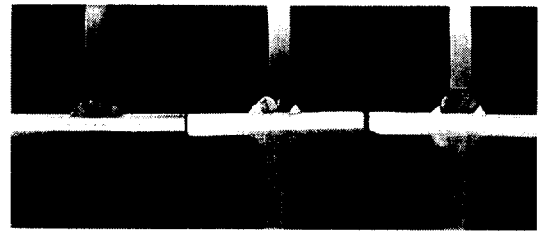
본 실험결과에 의하면 주판에 대한 다리길이의 비가 동일한 SSF18 시리즈 시편은 높은 응력($\Delta S=27 \text{ kgf/mm}^2$ 이상)에서는 루트부의 균열의 진전에 의하여 최종적으로는 필릿부에서 과단하는 루트파괴를 일으키고 있고, 낮은 응력 ($\Delta S=14 \text{ kgf/mm}^2$ 이하)에서는 루트부의 균열은 거의 진전하지 않고 토우부에서 발생한 피로균열이 진전하여 최종과단하는 토우파괴를 일으키고 있다. 그리고 중간 범위의 응력 ($\Delta S=20\sim 22 \text{ kgf/mm}^2$)에서는 루트부에서 균열이 전파하는 도중에 토우부에서 피로균열이 발생하고 이 균열이 전파하여 열영향부 근처까지 전파 하였을때 전단에 의하여 최종과단을 일으키는 혼합파괴형식으로 되는 것을 알 수 있다.

다리 길이가 큰 SSF23 시리즈에서는 불용착부의 길이에 비하여 필릿 크기가 크기 때문에 불용착부의 효과가 매우 감소되어 SSF18시리즈에서 루트파괴를 일으켰던 $\Delta S=30 \text{ kgf/mm}^2$ 에서도 혼합파괴 형식이 되었고 $\Delta S=27 \text{ kgf/mm}^2$ 이하에서는 모두 토우파괴로 일어났다. 본시험 결과에서 얻어진 시험편의 파괴 형식은 Photo. 2에서 보는 바와 같고, Fig. 3은 루트파괴 및 혼합파괴가 발생한 시험편에서 루트부의 피로균열진전 상태를 나타낸 것이다.

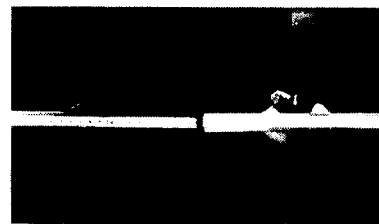
Fig. 4는 본 실험 결과를 S-N 선도상에 나타낸 것이다. Fig. 4에서 동일 다리길이의 필릿 용접이음에서도 응력크기에 따라 파괴양식이 다르며 루트파괴를 일으킨 시험편은 혼합파괴 및 토우파괴를 일으킨 시험편보다 피로수명이 짧은것을 알 수 있다. 또한 다리길이가 23mm인 시험편은 다리길이가 18mm인 시험편보다 토우부의 응력집중계수가 작기 때문에 그 효과에 의하여 균열의 발생도 지연되고 결국 피로수명이 연장된 것을 알 수 있다.

Fig. 5는 혼합파괴를 일으킨 시험편의 토우부 및 루트부에서 발생한 피로균열의 전파모양을 나타낸것이다. 이들 그림에서 알 수 있는 바와 같이 반복하중을 받게되면 초기에는 루트부의 균열이 전파하기 시작하게 되고 토우부에는 피로균열이 발생하지 않는 상태가 된다. 반복수가 증가함에 따라 용입부측부에서 발생한 균열이 커짐에 따라

응력의 흐름이 토우부쪽으로 집중되기 때문에 토우부의 응력집중계수값이 증가하게 될것이고 또한



$\Delta S=14\text{kg/mm}^2$ 20kg/mm^2 27kg/mm^2
specimen A



$\Delta S= 27\text{kg/mm}^2$ 30kg/mm^2
specimen B

Photo. 2 Fatigue - failure mode of fillet welded cruciform joint

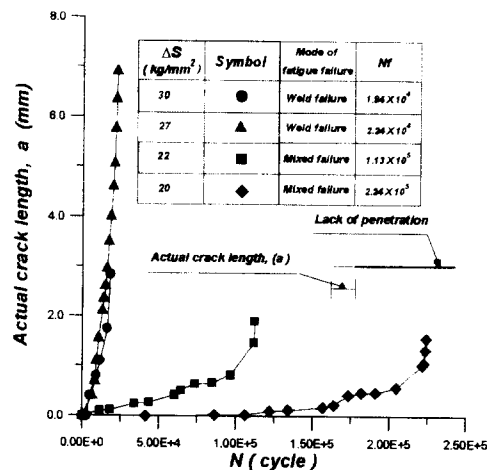


Fig. 3 Actual length of fatigue crack from the weld root

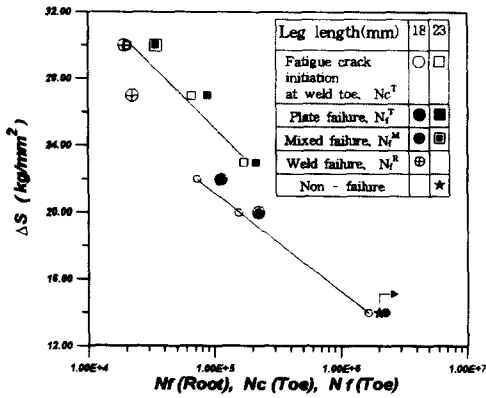


Fig. 4 Fatigue test result of specimen A and B

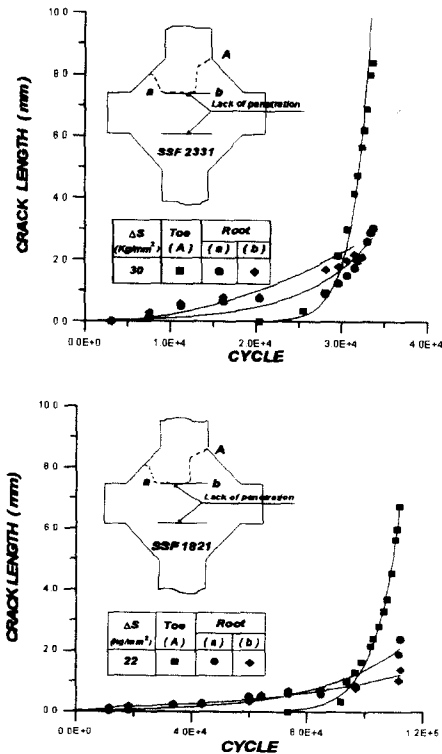


Fig. 5 Actual length of fatigue crack from the weld root and toe

피로에 의해 어떤 반복수(N_c)에 이르게 되면 토우부에서 피로균열이 발생하게 된다. 필릿 용접

부에서 발생한 균열은 주판에 대해 수직으로 전파하지 않고 용입부족부를 향하여 전파하게 된다.

높은 응력이 작용할 때는 루트부의 응력밀도가 높아져 용입 부족부에서 전파하는 균열이 매우 빨리 성장하므로 토우부에서 피로 균열이 발생하기 전에 루트부에서 파단이 일어난다.

낮은 응력($\Delta S=14$ kgf/mm² 이하)에서는 루트부의 응력밀도가 매우 낮아서 균열의 성장이 매우 느리며, 토우부는 응력집중효과에 의해 일정 반복수가 되면 균열이 발생하게 된다. 토우부에서 균열이 발생하면 토우부의 응력확대계수값의 증가가 루트부보다 훨씬 커져서 토우부의 균열이 계속적으로 진전하여 결국은 토우부에서 파단을 일으키게 된다. Fig. 6은 문헌[5,6]를 참고로 하여 본 실험에 채용한 용입부족부가 주판 두께와 일치하는 십자형 필릿용접 이음부의 토우부 및 루트부의 균열에 대한 응력확대계수를 범용해석 프로그램인 ANSYS에 의해 해석한 결과이다. Fig. 6에서 알 수 있듯이 다리길이 18mm일때 보다 23mm인 경우가 루트부의 응력확대계수가 훨씬작으므로 균열의 진전속도가 더욱 느려지게 된다.

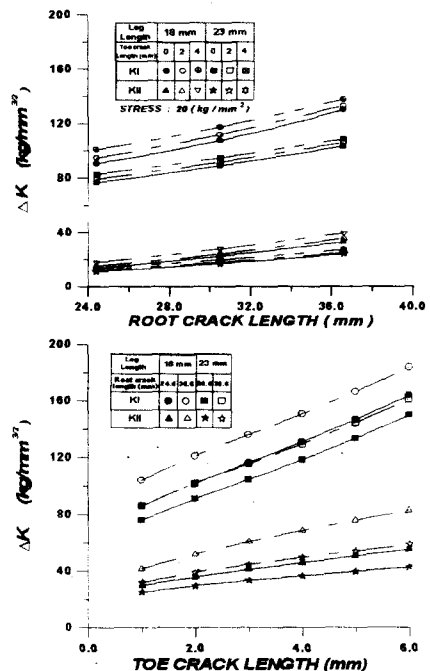


Fig. 6 Variation of ΔK for crack

또한 다리길이가 길어짐에 따라 토우부의 응력확대계수가 감소하는 것 보다 루트부의 응력확대계수의 감소비가 크게 되기 때문에 높은 응력 상태에서 토우부가 파단하게 된다.

Fig. 6에서 토우부와 루트부의 균열이 성장할때 상호간에 영향을 미치고 있음도 알 수 있다. 이는 한쪽의 균열이 성장함에 따라 다른부분의 응력의 흐름을 변화시켜서 일어나는 것이다. 루트부의 균열이 성장함에 따라 토우부의 응력확대 계수값은 증가하게 되어 토우부의 균열 전파 속도에 영향을 미치게 된다.

본 시험결과 플럭스들이 와이어를 사용한 필릿 용접이음재에서 임계다리치수는 주판에 대한 다리 길이버가 0.92 정도 됨을 알수 있으며, 실구조물에서 비교적 작용응력이 낮은 $\Delta S=20 \text{ kgf/mm}^2$ 이하에서 사용되는 곳이면 주판에 대한 다리길이의 비가 0.72 정도의 필릿으로 제작하여도 충분하다는 것을 알 수 있다.

4. 결론

두께 25mm의 연강판을 사용하여 플럭스들이 와이어를 이용한 CO₂ gas용접에 의하여 용입부족부가 있는 십자형 필릿용접이음재를 제작하여 완전전진 시험을 실시하여 피로파괴 특성을 조사한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

(1) 십자형 필릿용접이음재에서 다리길이의 치수와 작용응력의 크기에 따라 파괴 양식이 변화하는 것을 알 수 있었다. 임계다리 치수의 이음재에서는 높은 응력범위에서는 루트파괴를, 낮은 응력범위에서는 토우부파괴를 일으키고 중간 응력범위에서는 혼합파괴를 일으킨다.

(2) 십자형 필릿용접이음부의 토우부에서 발생하는 균열은 열영향부에서 용입부족부측을 향하여 전파한다.

(3) 용입부족부 연장선상의 주판방향 잔류응력

의 분포는 용입부족부선단에서는 압축잔류응력이 작용하고 필릿측에서는 인장잔류응력이 발생한다.

(4) 토우부의 응력집중부계수는 필릿크기와 볼용착부의 길이 및 토우부의 기하학적 형상에 의하여 계산식으로 정도 좋게 추정할 수 있다.

(5) 루트 및 토우부에서 발생하는 균열의 전파에는 서로 영향을 주어 응력확대계수에 상승효과를 일으킨다.

후 기

본 연구는 삼성중공업의 연구비 지원으로 수행된 연구과제의 일부 연구결과임을 밝히며 삼성중공업에 깊은 감사를 드립니다.

참 고 문 헌

- [1] 康聖原, "船體構造部材のすみ肉溶接部における疲労強度に 關する研究", 學位論文 廣島大學, 1982
- [2] 강성원 외 3명, " 필릿용접이음부의 응력집중계수에 관한 연구 ", 대한조선학회 논문집 제33권, 제3호, pp.1 - 7, 1996
- [3] Frank, K. H., " The fatigue strength of fillet welded connections ", University of Lehigh, 1972
- [4] S. Usami and S. Kusumoto, " Fatigue strength at roots of cruciform, tee and lap joints ", IIW Doc. XIII-833-77, 1977
- [5] Tada, H., " The stress analysis of crack handbook ", Del Research Corporation Hellertown, Pennsylvania, pp.2.1 - 2.7, 1973
- [6] Peter Kehnke, "ANSYS MANUAL", Swanson analysis system, 1993