

크레인 거더의 피로균열에 관한 실험적 연구(I)

- 피로균열의 발생과 진전 -

Experimental Study on Fatigue Crack in Welded Crane Runway Girders(I)

- Initiation and Propagation of Fatigue Crack -

임 성 우¹⁾ · 김 진 호¹⁾ · 장 인 화¹⁾

Im, Sung Woo Kim, Jin Ho Chang, In Hua Shinga, Atsumi²⁾

요 약 : 크레인 주행거더에서 빈번히 발생되는 3 종류의 균열을 재현하기 위해서 거더 길이 6400 mm, 높이 600 mm, 폭 300 mm의 시험체 2기를 제작하여 피로실험을 수행하였다. 시험체의 균열은 재하점 부근과 가세트 단부 및 하부플랜지와 웨브의 모살용접부에서 발생하였다. 재하점 근방의 균열은 수직보강재가 위치한 상부플랜지와 웨브 사이의 모살용접부에서 발생해서 웨브의 대각선 방향으로 진전하였다. 또한 하부플랜지 종비드에서 발생된 균열은 주행거더방향에 수직으로 성장하였다. 크레인 주행거더의 각 부위의 피로등급은 JSSC 피로설계지침의 피로등급과 비교해 보면, 재하점 근방의 모살용접부는 E 등급, 가세트 단부는 G 또는 H 등급, 하부플랜지 종비드 부위는 D 등급 정도로 나타났다. 가세트 단부와 종비드 부위는 피로설계지침과 잘 일치하고 있음을 알 수 있다.

ABSTRACT : Three types of fatigue cracks frequently observed in the crane runway girders are verified experimentally using two testing-purpose girders with the size of 6400 x 600 x 300 in millimeters. The fatigue cracks are observed in the vicinity of load-bearing points, at the end of gusset plates and at the fillet welded joints between the lower flange and the web. The load-bearing-point cracks are initiated at the intersection of the fillet welds between the upper flange and the web, where the vertical stiffener is located. The cracks grow up toward the diagonal direction of the web. The cracks observed at the fillet welded joints grow up perpendicularly to the crane runway girder. Compared with the JSSC fatigue design code, the joint class is classified as follows: E for the vicinity of load-bearing points, G or H for the end of gusset plates and D for the lower fillet welded joints. The tests reveal that the class of

1) 정회원, RIST 강구조연구팀 공학박사
2) KTEC : 기술지원센터 주석연구원

본 논문에 대한 토의를 1997년 9월 30일까지 학회로 보내 주시면, 토의회답을 게재하겠습니다.

joint classification at the end of gusset plates and at the lower flange coincides with the fatigue design code.

핵심용어 : 크레인 주행거더, 피로균열, 피로강도, 피로설계지침, S-N선도, 접합부 등급
KEYWORDS : crane runway girder, fatigue crack, fatigue strength, fatigue design code, S-N diagram, joint classifications

1. 서론

공장건축물에서 크레인 주행거더나 이것을 지지하는 부재는 크레인 주행작업과 권상작업 및 권하작업을 통해서 반복하중을 받기때문에 피로손상이 발생한다. 특히 제철소의 천장크레인 주행거더는 작용하중이 클뿐만 아니라 주행거더와 보조거더의 합성작용에 의해 복잡한 응력장을 나타내기 때문에 일반적인 피로현상으로는 설명될 수 없는 특유의 피로손상이 발생한다.

제철소 크레인에 생기는 피로균열의 종류 및 원인을 살펴보면 다음의 3가지 형태로 분류할 수 있다.⁽¹⁾ Type I의 균열은 시공상 피하기 힘든 웨브와 레일의 편심 또는 크레인의 사행운행 등에 기인한다. 대표적인 균열로는 상부플랜지와 웨브의 용접부에서 발생하는 균열과 리브단부의 웨브에서 발생하는 균열 그리고 스티프너 및 리브와 상부플랜지 용접부에서 발생하는 균열을 들 수 있다. Type II의 균열은 인장하중을 받는 부위에서 응력집중에 의해 발생하는 균열로써 주행거더 가세트단부에 발생하는 균열과 보조거더내에 발생하는 대부분 균열이 여기에 속한다. Type III의 균열은 휨응력이 가장 큰 부위에 발생하는 균열로 하부플랜지와 웨브의 용접부 용접결함이 주된 원인이다. 특히 이 균열은 Type I 균열과는 달리 균열이 주행거더방향에 수직으로 진전하고 전파속도도 매우 빠른 것으로 알려져 있다. 한편 이러한 피로균열의 발생을 억제하기 위해서 많은 연구⁽²⁻⁴⁾들이 행해지고 있다. Type I의 균열발생을 방지하기 위해서 상부플랜지와 웨브의 용접을 완전용

입으로 할 것을 권장하고 있다. 그러나 상부플랜지와 스티프너 사이의 접합부에 대해서는 각 나라마다 접근방법이 상이하다. 유럽의 경우는 용접을 하고있는 반면에, 미국과 일본에서는 용접을 하지 않은채 부재간 접촉(metal touch)만 하도록 하고 있다. 2차 휨모멘트에 의해서 야기되는 type II의 균열은 구조설계상 피할 수 없는 것으로 가세트 플레이트의 형상변경 등을 통해서 균열이 발생하는 코너부의 응력집중을 완화시키는 노력이 필요하다. 한편 type III의 균열방지를 위해서는 철저한 용접부의 비파괴검사를 행해야 한다.

본 연구의 최종목적은 크레인 구조물의 피로균열에 대한 보수보강 방법 및 그 효과를 확인하기 위한 것으로, 본 논문에서는 크레인 주행거더를 제작한 다음 피로실험을 실시해서 상기의 3종류 균열의 발생 및 진전을 관찰하였다. 이때 피로균열 관찰을 위해서 비치마크 실험과 strain gage 및 crack gage를 이용하였다. 또한 크레인 주행거더의 피로설계기준을 확립하기 위해서 기존의 강구조물 접합부 피로등급과 크레인 주행거더의 접합부등급을 비교하였다.

2. 시험체 제작

제철소 크레인 주행거더에서 발생사례가 가장 빈번한 대표적인 세종류의 균열이 한개의 시험체에서 동시에 재현될 수 있도록 시험체를 제작하였다. 여기서 세종류의 균열은 상부플랜지와 웨브 모살용접부에서 웨브측 지단을 따라 발생하는 균열(이하 type A라 칭한다), 면내 가세트단부에서

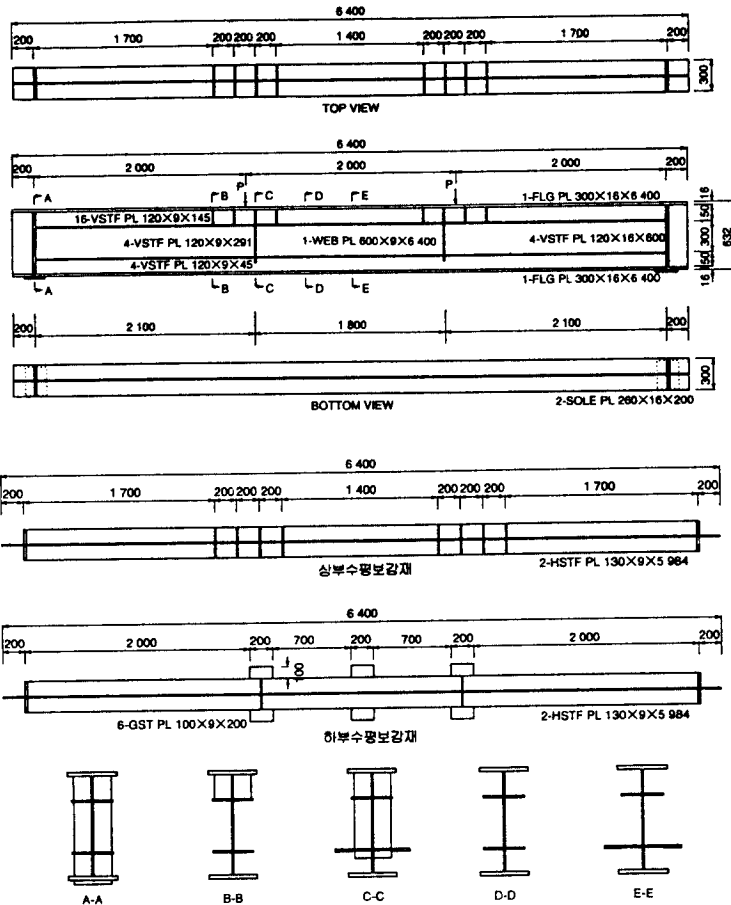


그림 1. 시험체의 형상과 치수

단위 : mm

발생하는 균열(이하 type B라 칭한다), 하부플랜지와 웨브 모살용접부의 결합을 기점으로 발생하는 균열(이하 type C라 칭한다)을 의미한다.

시험체 크기는 2000 mm의 휨구간을 가지는 2점재하를 전제로 하고, 사용하는 시험기(±150 톤 피로시험기)와 크레인의 용량을 고려하여 거더길이 6400 mm, 높이 600 mm, 폭 300 mm로 하였다. 또한 플랜지두께는 16 mm, 웨브두께는 9 mm로 하였다. 한편 JSSC 피로등급⁵⁾에 의하면 type B 균열은 G 등급이고 type C 균열은 D 등급에 해당되므로 피로강도의 비가 1:2가 된다. 따라서 type B와 type C 균열을 동시에 발생시키기 위해서 가세트 단부와 하부플랜지·웨브간 모살용접부의 발생응력의 비가 1:2되는 위치에 가세트 플레이트를 부착하였다. 그림 1은 실험에 사용된 시험

체의 형상과 치수를 나타낸다.

시험체를 제작할때 강재는 플랜지의 경우는 SM490A를 사용하였다. 그리고 웨브, 수직 및 수평보강재 그리고 가세트 플레이트의 경우에는 SS400를 사용하였다. 또한 용접은 탄산가스 실드반자동아크용접을 이용하였고, 모살용접의 각장은

표 1. 강재와 용접부의 기계적 성질 및 화학성분

		기계적 성질			화학성분 (%)				
		YS (MPa)	TS (MPa)	연신율 (%)	C	Si	Mn	P	S
강재	SS400 (t=9mm)	441	560	23	0.16	0.23	1.37	0.015	0.004
	SM490A (t=16mm)	357	507	26	0.14	0.38	1.46	0.011	0.003
용접부	JIS Z3312 YGW11 (KC-50)	460	550	34	0.08	0.44	1.01	0.012	0.008

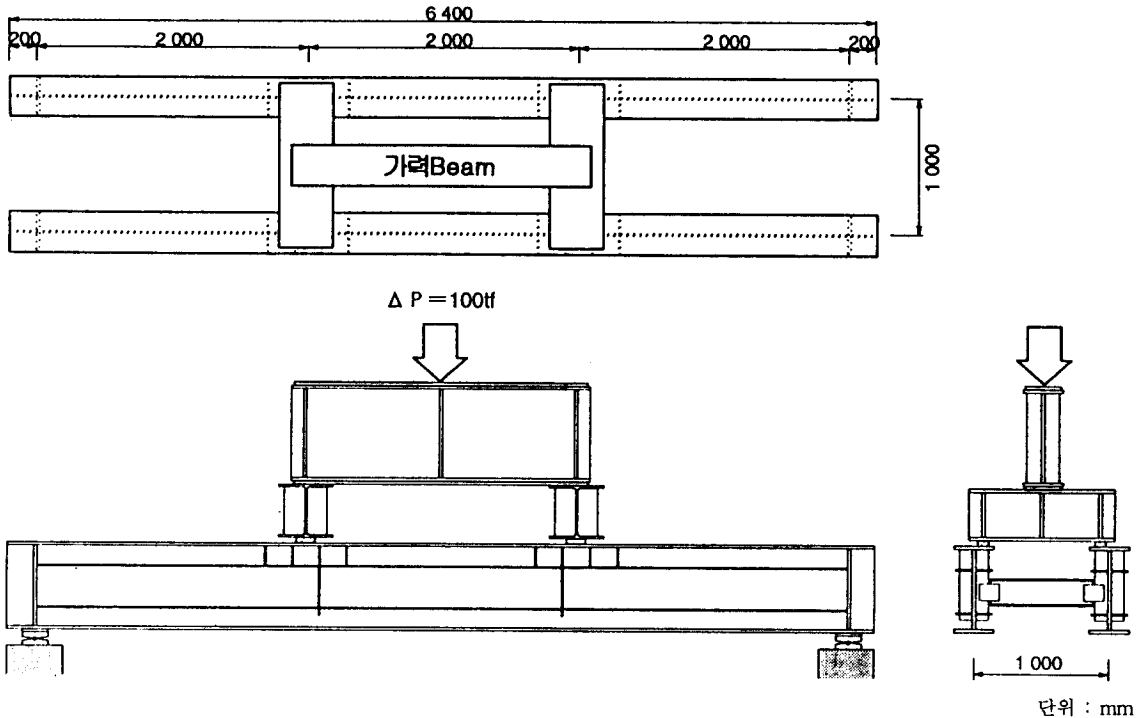


그림 2. 시험체의 가력방법

6 mm로 하였다. 특히 type C의 균열을 발생시키기 위해서 용접부 강판표면에 프라이머를 도포한 상태로 용접을 실시해서 인공적으로 하부플랜지와 웨브 모살용접부에 blow hole이 발생하도록 하였다. 표 1은 강재와 용접봉의 기계적 성질 및 화학성분을 나타낸다.

3. 실험방법

편심하중에 의해서 발생하는 type A 균열을 재현하기 위해서 시험체를 2개 제작한 다음 시험기와 시험체 사이에 가력 beam을 설치해서 시험체 4개소에 동일하중이 작용하도록 하였다. 이때 가력 beam과 시험체 사이에 작은 강판을 삽입해 그 위치와 크기를 변화시킴으로써 시험체에 작용하는 편심모멘트의 크기를 조절하였다. 그림 2는 가력 beam을 이용해서 시험체에 가력하는 방법을 나타낸다.

피로실험에 앞서 정적재하실험을 행하여 피로

실험의 재하조건을 결정하였다. 하부플랜지의 응력계산치가 종방향 모살용접부의 100 만회 피로강도(D 등급)인 126 MPa이 되도록 정적재하실험에서의 최대하중을 100 ton으로 하였다. Type A 균열에 대해서는 JSSC 피로설계지침에 규정되어 있지 않기때문에 阿部英彦 등⁶⁾의 실험결과를 참고로 하여 100 만회 피로강도를 200 MPa로 가정했다. 이상의 응력조건을 만족시키는 조건을 찾기 위해서 그림 3에 나타난 것처럼 재하면 강판의 크기와 위치를 변화시킨 4개의 경우에 대해서 정적재하실험을 각각 2회씩 실시하였다.

피로실험은 상기 3종류의 균열이 100 만회 전후의 반복하중이 가해졌을때 발생할 수 있도록 정적재하실험을 근거로 최저하중을 2 ton, 최대하중을 102 ton으로 하여 2-3 Hz 속도로 200 만회까지 실시하였다. 피로시험 중 매일 2회씩 침투탐상법을 병용하면서 육안으로 균열발생의 유무를 관찰하였으며, 일정시간마다 정적재하실험을 실시해 균열발생에 의한 시험체 각부에서의 변형률의 변

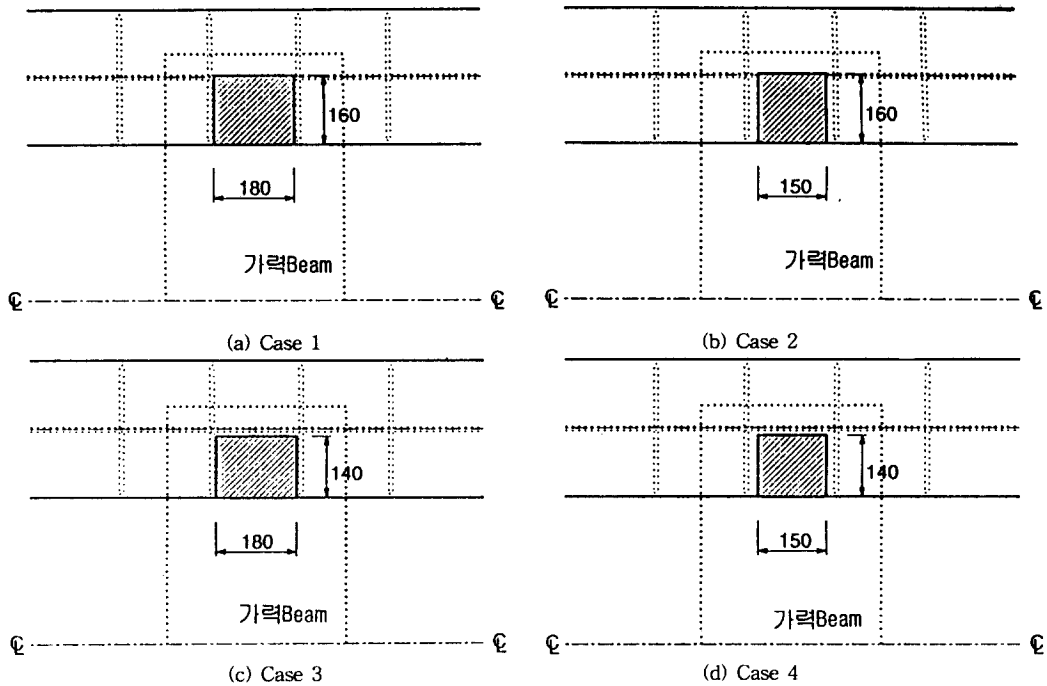


그림 3. 정적재하실험에서 재하 case

단위 : mm

화를 관찰하였다. 또한 실험종료후 균열발생과 진전상황을 쉽게 조사할 수 있도록 반복하중의 진폭을 반감시켜 2 만회씩 가력하여 비치마크가 남도록 하였다.

4. 실험결과 및 고찰

4.1 정적재하실험

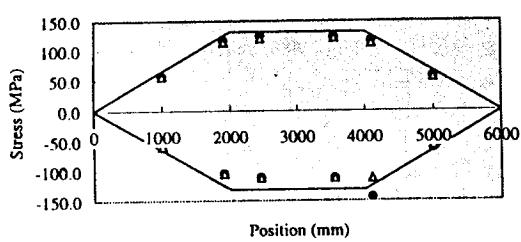
재하면 강판의 크기와 위치를 결정하기 위해서 100 ton의 하중으로 재하했을때 플랜지와 수평보강재의 변형률 및 연직변위 그리고 재하점 근방에서의 변형률을 계측하였다. 이것을 통해 피로실험의 재하조건을 결정하였다.

플랜지와 수평보강재의 응력분포를 계산치와 함께 그림 4와 그림 5에 나타내었다. 그림 중의 실선은 계산치, △ 표시는 A 시험체, ● 표시는 B 시험체에서 측정결과를 나타낸다. 플랜지와 수평보강재에 발생한 휨응력은 재하면 강판의 크기와 위치를 변화시켜도 실험체의 경우 거의 변화가 없

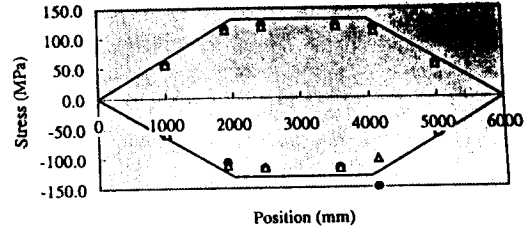
었다. 두 시험체 모두 발생응력의 차이가 없는 것으로 보아 각 시험체에 균등하게 가력되고 있음을 알 수 있다. 실험치와 계산치를 비교해 보면 플랜지의 경우 거의 일치하고 있으나, 수평보강재에서는 실험치가 이론치에 비해서 10% 정도 낮게 나타났다. 이것은 웨브로 부터 벗어난 곳에서 변형률을 측정했기 때문에 그 위치에서의 평균적인 응력이 아닐 가능성이 있으며, 시험체에는 제작오차가 존재한다는 점 등에 의한 것으로 사료된다.

그림 6은 시험체의 연직변위분포를 나타낸 것이다. 응력분포와 마찬가지로 본 실험 정도의 재하면의 크기나 위치변화로는 연직변위에 아무런 영향이 없음을 알 수 있다. 또한 실험치와 이론치도 거의 일치하고 있음을 알 수 있다.

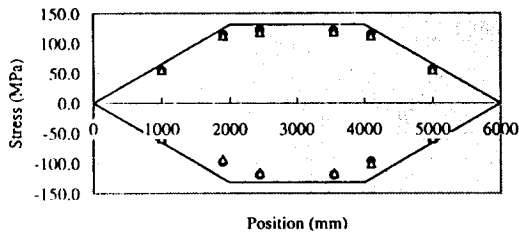
재하점에서의 변형률은 가력 beam 등으로 인해서 측정할 수가 없기 때문에 재하점 근방의 변형률을 측정하였다. 측정방법은 5개의 게이지가 하나로 된 응력집중게이지를 재하점 직하의 웨브 내측과 외측에 부착하여 계측하였다. 재하점 근방의 변형률은 전술의 응력분포나 연직변위분포와는



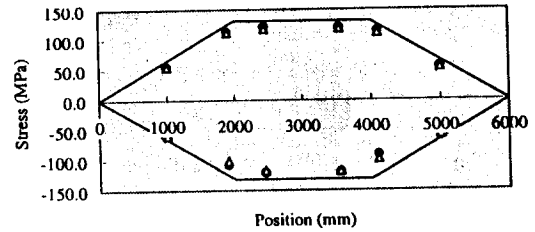
(a) Case 1



(b) Case 2

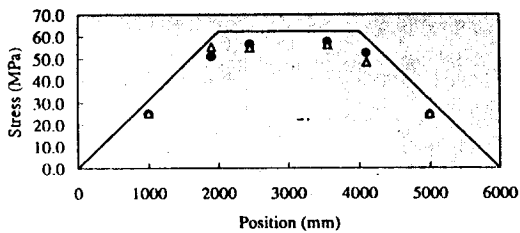


(c) Case 3

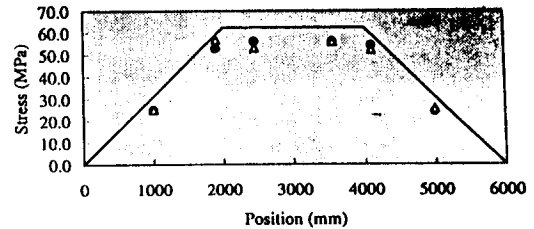


(d) Case 4

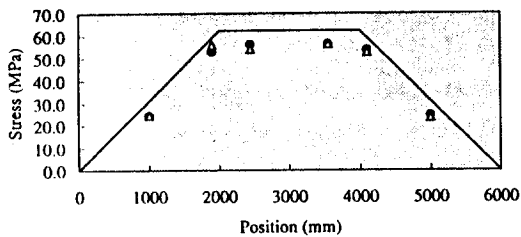
그림 4. 플랜지의 응력분포



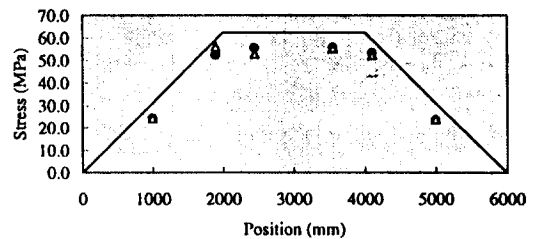
(a) Case 1



(b) Case 2



(c) Case 3

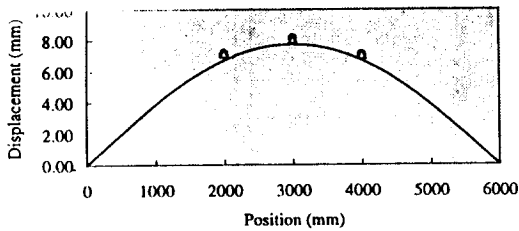


(d) Case 4

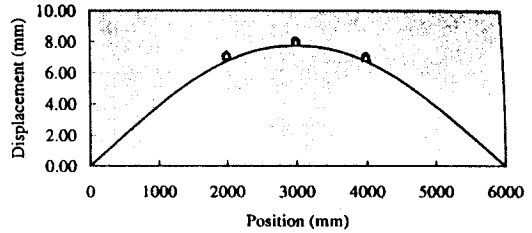
그림 5. 수평보강재의 응력분포

달리 재하조건에 따라 결과가 다르게 나타났다. 다만 case 1과 3, case 2와 4의 경우 비슷한 값이

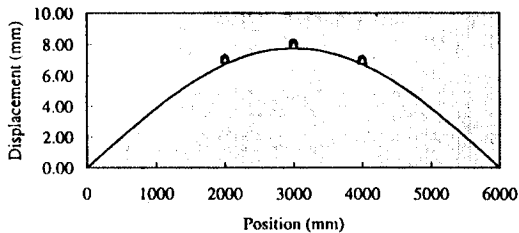
계측되었다. 따라서 재하면의 길이보다는 재하폭의 크기가 재하점 근방의 변형률에 미치는 영향이



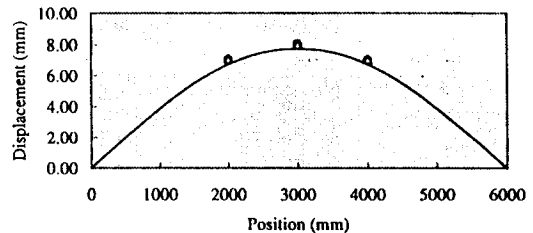
(a) Case 1



(b) Case 2



(c) Case 3



(d) Case 4

그림 6. 연직변위의 분포

크음을 알 수 있다. 본 정적재하실험의 목적은 100만회 반복하중을 가했을때 type A의 피로균열을 재현하기 위한 것이므로, 阿部英彦 등⁶⁾의 실험결과에 의하면 200 MPa 정도의 피로응력이 작용해야 한다. 그러나 阿部英彦 등의 시험에서 이용한 응력범위와 본 실험에서 계측한 응력범위가 일치하지 않는다는 점을 감안해서 재하점 근방에서 피로균열이 확실히 발생하도록 면외휨응력이 가장 크게 작용하는 case 4를 가력조건으로 채택하였다. 표 2에 각각의 재하 case에 따른 계측위치 및 계측값을 나타내었다. 여기서 계측값은 변형률에 탄성계수 E를 곱한 값이다. 또한 P1과 P2는 A 시험체에서의 가력위치이고, P3와 P4는 B 시험체에서의 가력위치를 의미한다.

4.2 피로실험

4.2.1 반복하중에 의한 변형률의 변화

각 시험체당 168 개의 strain gage를 균열발생 예상부위에 부착하여 반복하중에 따른 변형률의

변화를 관측하였다. 이것을 통해서 피로균열 발생 여부를 확인할 수 있었다. 그림 7은 No.1 strain gage가 부착된 상부플랜지에서의 반복하중에 따른 변형률의 변화를 나타낸다. 반복횟수가 증가되도 변형률의 변화가 거의 없음을 알 수 있다. 이 부위를 확인한 결과 strain gage가 부착된 부위에 균열이 발생되지 않았다. 그러나 그림 8은 변형률이 100만회 이후에서 큰 변화를 보이고 있다. 변형률의 급격한 변화는 strain gage가 부착된 부위(가세트 단부)에 균열이 발생되고 있음을 나타낸

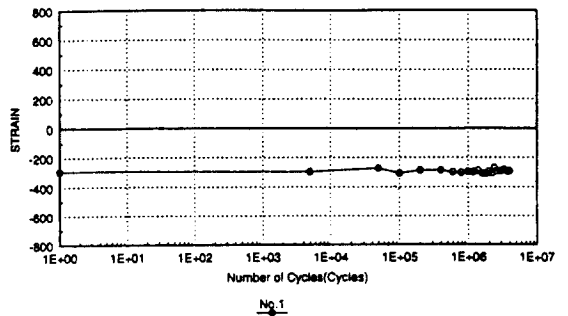


그림 7. 반복하중에 의한 변형률의 변화(Gage No.1)

표 2. 재하점 근방의 응력 (단위: MPa)

Gage 번호	Case 1	Case 2	Case 3	Case 4	계측위치
129	-177.4	-48.8	-192.0	-47.5	P1적하, 웨브외측
130	-210.9	-20.4	-225.9	-14.2	"
131	-152.2	-6.2	-163.9	-2.6	"
132	-136.3	-10.3	-147.7	-8.2	"
133	-142.2	-18.7	-153.7	-17.8	"
134	-143.5	-283.5	-173.0	-314.4	P1적하, 웨브내측
135	-131.2	-256.0	-156.9	-283.9	"
136	-132.4	-250.1	-157.6	-276.3	"
137	-132.0	-242.2	-156.0	-266.2	"
138	-122.7	-221.6	-144.8	-243.3	"
139	-90.2	11.6	-164.2	-20.7	P2적하, 웨브외측
140	-133.8	46.8	-244.1	17.9	"
141	-126.1	35.3	-229.5	6.0	"
142	-89.2	26.4	-166.6	3.3	"
143	-88.0	20.8	-164.4	0.0	"
144	-259.7	-394.8	-366.7	-602.7	P2적하, 웨브내측
145	-106.6	-194.1	-157.6	-286.2	"
146	-117.8	-207.5	-167.7	-321.2	"
147	-128.3	-212.3	-184.8	-347.2	"
148	-121.1	-193.7	-176.6	-327.8	"
149	-189.9	-264.8	-230.1	-287.6	P3적하, 웨브내측
150	-220.9	-337.6	-274.6	-364.6	"
151	-160.1	-252.5	-201.5	-270.8	"
152	-130.3	-207.7	-165.8	-222.6	"
153	-127.2	-202.6	-161.2	-216.1	"
154	-134.9	17.7	-99.3	21.5	P3적하, 웨브외측
155	-130.4	16.2	-96.0	19.0	"
156	-137.3	-0.2	-105.9	1.1	"
157	-147.2	-14.9	-117.6	-14.1	"
158	-140.3	-21.1	-113.3	-21.0	"
159	-151.6	-247.0	-187.3	-300.5	P4적하, 웨브내측
160	-155.8	-258.7	-191.6	-319.1	"
161	-121.3	-195.7	-149.3	-244.1	"
162	-131.7	-205.9	-160.9	-255.5	"
163	-127.8	-195.4	-155.3	-245.4	"
164	-162.6	-17.8	-202.8	-44.5	P4적하, 웨브외측
165	-94.3	7.1	-123.3	-8.6	"
166	-98.2	0.8	-129.7	-15.9	"
167	-97.7	-5.9	-130.1	-23.5	"
168	-95.2	-12.3	-128.2	-30.0	"

다. 이상에서와 같이 균열예상부위에 strain gage가 부착되어 있으면 균열발생과 함께 변형률에 변화가 발생됨을 알 수 있다. 단 균열위치에서 멀어

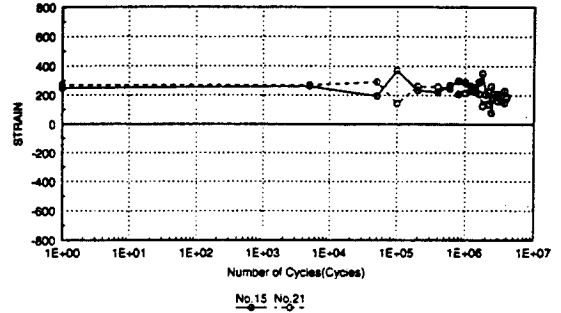


그림 8. 반복하중에 의한 변형률의 변화(Gage No.15 7 21)

짐에 따라 균열발생에 대한 감도가 둔해지기 때문에 균열발생을 감지할 목적으로 strain gage를 부착하는 경우에는 균열발생위치를 정확히 예측할 필요가 있다.

4.2.2 피로균열의 발생과 진전

200 만회 반복하중을 가한 결과 시험체 A에서는 41개소, 시험체 B에서는 26개소에서 피로균열이 발생하였다. 200 만회 이전에 피로균열이 발생한 경우 균열크기에 따라 실험을 계속하거나 보수 방법을 결정하여 보수를 한 다음에 계속 실험을 수행하였다. 그림 9는 시험체 A의 경우 균열발생 위치를 나타낸다. 그림 중의 ○ 표시는 200 만회까지 보수를 하지않은 경우이고, □ 표시는 그 이전에 보수를 하고 계속 실험을 수행한 것을 의미한다.

균열은 재하점 근방과 가세트 단부 및 하부플랜지와 웨브의 모살용접부에서 발생되었다. 그러나 재하점 근방의 균열중 당초 상정했던 상부플랜지와 웨브 모살용접부에서 웨브측 지단을 따라 발생하는 균열은 재현되지 않았다. 재하점 근방의 균열은 수직보강재가 위치한 상부플랜지와 웨브 사이의 모살용접부에서 발생해서 웨브의 대각선 방향으로 진전하였다(그림 10). 스키폴로 인해서 수직보강재쪽에는 균열이 발생하지 않았다. 그림 11은 가세트 단부에서 발생한 균열이 수평보강재를 따라 13 mm 진전하고 있음을 보여주고 있다.

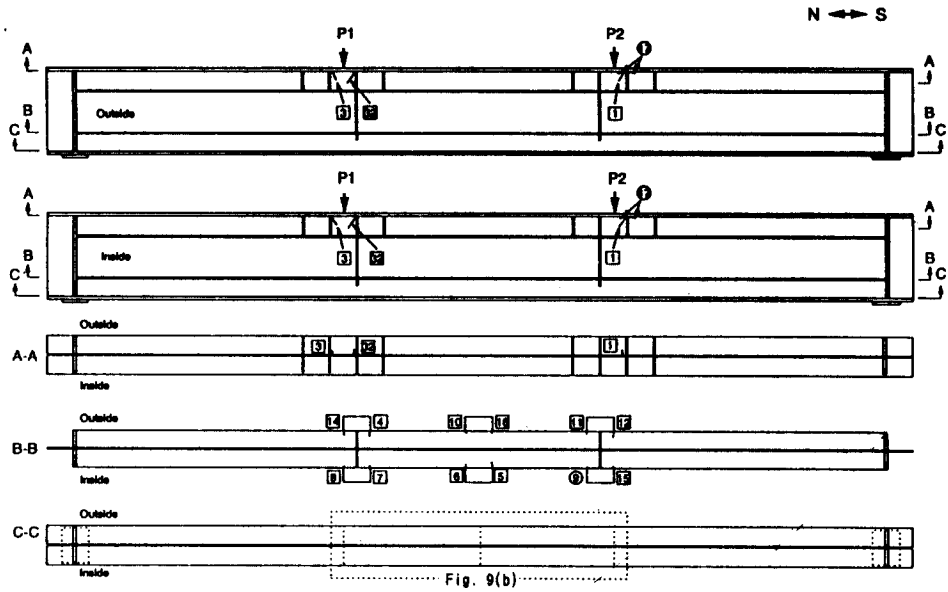


그림 9. (a) A 시험체의 균열발생위치

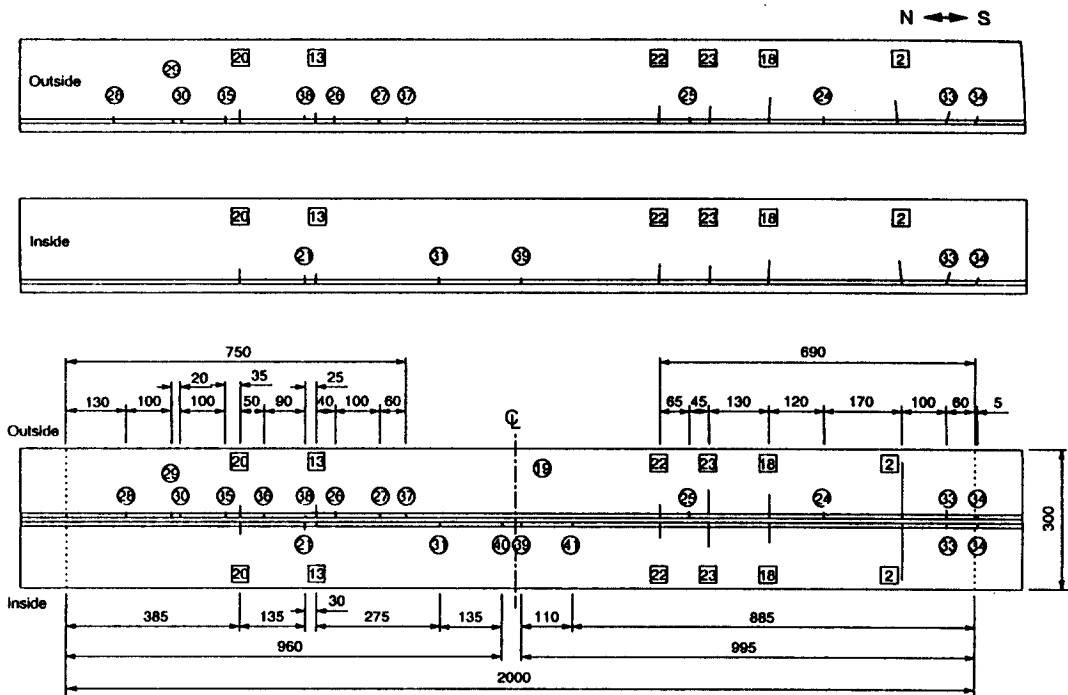


그림 9. (b) 하부 플랜지의 균열발생위치



그림 10. 상부플랜지와 웹의 모살용접부에서 발생한 균열

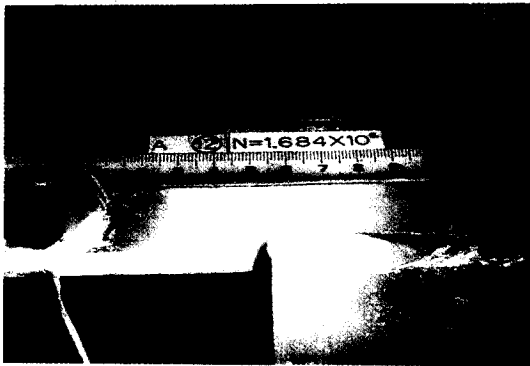


그림 11. 가세트 단부에서 발생한 균열

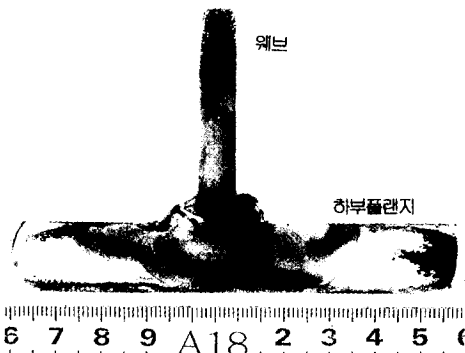


그림 12. 하부플랜지와 웹의 모살용접부에서 발생한 균열

그림 12는 하부플랜지 모살용접부에서 발생된 균열의 파단면을 나타낸다. 예상했던 것처럼 균열이 주행거더방향에 수직으로 진전되서 플랜지 및 웨브의 판두께를 관통하고 있다.

4.3 피로강도

접합부 등급은 접합부 형상, 용접방법 그리고 접합부에 작용하는 힘의 방향 등에 따라서 분류한다. 그림 13에서 볼 수 있듯이 각 규격마다 약간의 차이가 있음을 알 수 있다. 여기서 JSSC는 일본강구조협회, ESDEP는 SCI의 유럽강재설계 지침서, BS 5400은 영국의 교량코드집, IIW는 국제용접협회를 의미한다. JSSC와 BS 5400에서는 접합부 등급을 모재상태를 'A'로 하여 순차적으로 알파벳 순서로 구분하고, ESDEP와 IIW에서는 2×10^6 cycles에서의 피로한도(단위:MPa)를 기준으로 접합부 등급을 구분한다. 이 중에서 크레인 주행거더의 피로설계기준을 확립하기 위해서 비교자료로써 일본강구조협회의 JSSC 피로설계 지침서를 이용하였다.

그림 14은 재하점 근방의 S-N선도를 나타낸다. 여기서 실선은 JSSC 피로설계 지침서의 피로등급 곡선이고, ◆ 표시는 실험치를 의미한다. 응력범위의 경우 JSSC 피로설계 지침서에서는 공칭응력을 사용하지만, 본 실험에서는 극부응력값을 사용하였다. D 등급 설계곡선 우측상단에 놓여있는 3점을 무시하면 재하점 근방의 모살용접부는 E등급 정도임을 알 수 있다. 이들 3점은 가까운 위치에서 다른 균열들이 먼저 발생되서 나중에 발생한 균열부위의 응력범위가 많이 저감되기 때문에 이러한 커다란 편차를 보이는 것이다. 그림 15는 면내 가세트 단부의 피로실험결과로 G 등급 또는 H 등급에 해당된다. 이 결과는 JSSC 피로설계지침과 잘 일치하고 있다. 하부플랜지의 종비드 부위에 관한 피로실험결과를 그림 16에 나타내었다. 이부위는 좌측 한점을 제외하면 JSSC 피로설계지

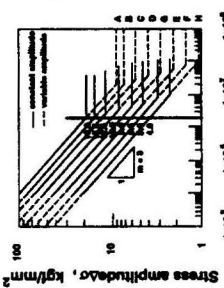
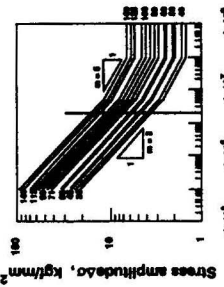
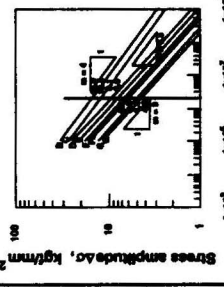

S - N Curve		JSSC	ESDEP	BS 5400	IIW
Schematic Representation					
Mean Stress	When $R < -1$, $C_0 = 2 \cdot 10^6 \Delta \sigma_f^m C_R$ $C_R = 1.3 (1 - R)/(1.6 - R)$				
Thickness	When $t \geq 25\text{mm}$, $C_0 = 2 \cdot 10^6 \Delta \sigma_f^m C_t$ $C_t = f/25 / t$				The code is based on a wall thickness of 20mm.
Description	<ul style="list-style-type: none"> ● The high-cycle fatigue strength in welded joints is independent of the static strength of the base metal. This applies up to yield points of 70 kgf/mm². ● Full stress range is used regardless of applied mean stress to allow for the presence of high tensile residual stresses. ● The design curves are given as S-N curves for a mean value of minus two standard deviations in accordance with a survival probability of 97.7%. ● The rainflow method is recommended as the cycle counting method for various amplitude loading. ● The calculation of damage may be done using the Palmgren-Miner's rule. ● $\Delta \sigma^m \cdot N = C_0$ 				
Description	$\frac{da}{dN} = 2.7 \cdot 10^{-11} \Delta K_{eff}^{2.75}$ $\Delta K_{th} = 2.0 \text{ MPa}/\sqrt{\text{m}}$				$\frac{da}{dN} = 3.0 \cdot 10^{-12} \Delta K^3$ $\Delta K_{th} = 190 - 144 (\sigma_{res} - \Delta \sigma) / \sigma_{res}$ but less than 62 MPa/ $\sqrt{\text{m}}$

그림 13. 강구조 접합부 등급에 따른 각국의 피로설계곡선

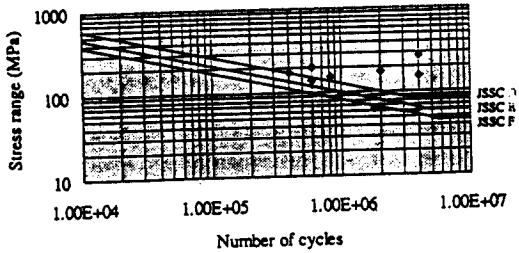


그림 14. 재하점 근방의 S-N 선도

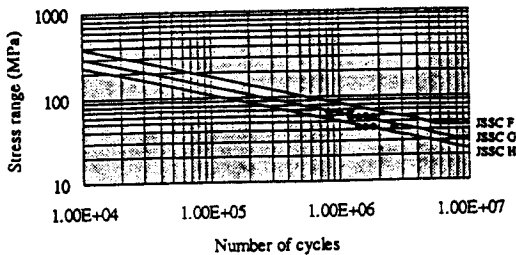


그림 15. 가세트 단부의 S-N 선도

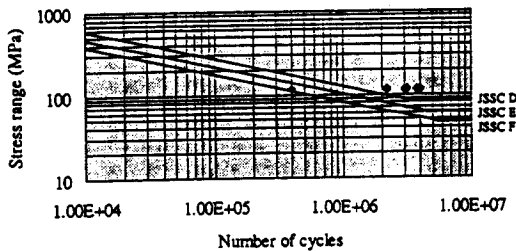


그림 16. 종비드의 S-N 선도

침서에서 규정짓는 것과 동일하게 D 등급을 나타내고 있다. 40만회에서 피로수명이 측정된 것은 인공적으로 다수의 blow hole이 하부플랜지와 웨브간 모살용접부에 도입되어 용접결함을 발생시켰기 때문이다.

5. 결 론

본 피로실험에서 얻은 결론은 다음과 같다.

(1) 시험체 각 부위에 부착된 strain gage로 부터 변형률의 변화를 측정 한 결과 균열발생과 함께

변형률이 급격하게 변화한다는 점이 확인되었다. 이러한 결과는 비치마크의 관찰결과와 함께 균열 발생시기를 판정하는 데이터로 활용할 수 있음을 알 수 있었다.

(2) 시험체의 균열은 재하점 부근과 가세트 단부 및 하부플랜지와 웨브의 모살용접부에서 발생하였다. 재하점 부근에서 발생된 균열은 수직보강재가 위치한 상부플랜지와 웨브 사이의 모살용접부에서 발생해서 웨브의 대각선 방향으로 진전하였다. 또한 하부플랜지 종비드에서 발생된 균열은 주행거더방향에 수직으로 성장하였다.

(3) 피로실험결과를 정리해서 JSSC 피로설계지침의 피로등급과 비교해 보면, 재하점 근방의 모살용접부는 E 등급, 가세트 단부는 G 또는 H 등급, 하부플랜지 종비드 부위는 D 등급 정도로 나타났다. 가세트 단부와 종비드 부위는 피로설계지침과 잘 일치하고 있음을 알 수 있다.

참 고 문 헌

- (1) 日本鋼構造協會, 天井クレーン走行ばり懇談會, クレーンガーダーの疲労損傷に關する調査報告, JSSC, 1976, Vol.12, No.128, pp.9-22
- (2) H.S.Reemsnyder, D.A.Demo, Fatigue Cracking in Welded Crane Runway Girders: Causes and Repair Procedures, Iron and Steel Engineer, 1978, pp.52-56
- (3) 海野三藏, 見村博明, クレーン走行梁の疲労損傷に關する研究, 日本建築學會論文報告集, 1981, No.307, pp.12-22
- (4) 近藤俊行, 山田健太郎, 菊池洋一, ガセットの長さが疲労強度に及ぼす影響, 土木學會年次學術講演會, 1982, Vol.37, 167-168
- (5) 鋼構造物の疲労設計指針・同解説, 日本鐵鋼協會, 技報堂, 1993
- (6) 阿部英彦, 和田敏雄, 石黒邦男, 岩下直樹, 鐵道プレートガーダー橋の首振り疲労, 構造工學論文集, 1993, Vol.39A, pp.959-970

(접수일자 : 1997. 4. 10)