

면내 거셋 용접연결부의 피로강도

Fatigue Strength of In-plane Welded Attachments

배 두 병¹⁾

Bae, Doobyong

요약 : 본 논문은 강교량에서 큰 응력범위가 발생하는 위치에 불가피하게 존재하는 가장 일반적인 피로 취약 상세인 면내 거셋 용접부에 대한 3단계에 걸친 피로 시험 결과를 분석 평가 하였다. 플랜지 및 부착물의 두께, 부착물의 길이와 적용강재를 변화시킨 총 57개의 피로 시험편이 제작되어 인장피로시험이 수행되었으며, 1단계 시험에서는 실물크기 빔 시험체에 대한 피로 실험도 수행되었다. 실험 결과로부터 현 설계기준에 제시된 대상상세에 대한 피로강도 기준의 적정성을 평가하고, 플랜지와 용접 연결된 부착물의 두께, 길이 등의 기하학적 형상 및 적용강재의 강도가 피로강도에 미치는 영향과 균열의 발생 및 진전 거동 특성을 규명하였다. 외국의 피로실험 자료와 비교 분석한 결과 강재가 서로 달라도 유사한 피로강도를 갖는 것으로 나타났으며, 이는 강종 보다는 기하학적 형상 및 용접관련사항이 피로강도에 미치는 영향이 크다는 것을 나타내며, 형상에 따라 응력집중계수의 차이가 매우 커서 거셋 부착부의 변화부 반경, 길이 및 플랜지의 폭에 따라 상세분류를 좀더 세분화 할 필요가 있는 것으로 나타났다.

ABSTRACT : This paper presented the results of the three phases of fatigue tests to determine the fatigue strength of in-plane welded gusset joints, which are the most common details inevitably existing in the region of high stress range. A total of 57 fatigue specimens with varying thickness and strengths were made and tensile fatigue tests performed. One full-scale beam fatigue test was also performed. The validity of the fatigue strength of those details in the specification was confirmed, with the effects of thickness of flanges and welded attachments, length of attachments, and strength of applied steel examined. The characteristics of crack initiation and propagation were also observed. The test result was evaluated by comparing it with other test data and fatigue criteria of other countries. To determine the degree of stress concentration in the weld toe depending on geometric configuration such as attachment length and transition radius, analyses were performed. Compared to the present specification, analytical results indicate the need to revise and subdivide the detail categories.

핵심용어 : 피로강도, 거셋 용접 연결부, 피로시험, 상세, 범주, 균열진전, 기하학적 형상

KEYWORDS : Fatigue strength, welded gusset joint, fatigue test, details, category, crack propagation.

1. 서론

강교량의 볼트 및 용접등에 의해 조립된 부재에는 불가피하게 결함 또는 균열과 같은 불연속점이 존재하게 되며, 차량 통과에 의한 반복하중을 받게 될 때 이러한 결함 또는 불연속점에서 균열이 시작되고 성장하는 과정을 피로라 한다. 성수대교의 붕괴 및 당산철교의 철거는 모두 강교량에 발생한 피로 손상이 그 원인이며, 이후 피로에 대비한 설계가 필수적으로 수행되도록 하고 있다. 국내의 피로설계 기준은 다년간의 피로실

험을 통해 결정된 미국 AASHTO의 상세분류 및 각 상세에 대한 피로강도를 거의 그대로 채용해 적용하고 있으며, 일본의 경우 초기에는 AASHTO 피로설계 기준을 그대로 적용하였으나 생산되는 강재 및 조립과정 등이 다르다는 전제하에 자체의 체계적인 실험적 연구를 거쳐 수정 보완된 그들만의 피로설계 기준을 적용하고 있다. 국내에서도 피로설계 기준에 대한 검증의 필요성을 인식하여 3단계의 피로시험이 수행되었으며, 본 논문은 중점적으로 수행된 면내 거셋 용접 연결부의 피로강도에 대한 실험 결과를 정리 분석한 것이다.

1) 정희원, 국민대학교 토목공학과 교수, 공학박사
(Tel. 02-912-0697, Fax.02-918-1979, E-mail: dbbae@kookmin.ac.kr)

본 논문에 대한 토의를 2004년 6월 30일까지 학회로 보내주시면 토의 회답을 게재하겠습니다.

거셋 용접 연결부는 강거더 교량에서 브레이싱 또는 가로보 등의 연결을 위해 상대적으로 큰 응력범위가 발생하는 위치에 불가피하게 존재하는 가장 흔한 상세이며, 부착물의 두께와 변화부 반경(transition radius)등의 기하학적 형상, 하중전달(load-carrying) 또는 하중 비전달(non-load-carrying)조건 및 용접의 방법에 따라 피로상세범주 B~E'에 속하게 되는 분류하기 가장 복잡하고 어려운 구조 상세이다. 1단계 피로시험은 완전용입 용접 및 부분용입 용접에 의해 제작된 부재의 피로강도 차이를 규명하고, 피로강도에 대한 부착물 길이의 영향을 파악하고자 수행 되었으며, 2단계 시험에서는 극후판 적용에 대비해 40mm, 75mm, 100mm 두께의 플랜지에 세 종류의 서로 다른 두께의 거셋 플랫트를 부착한 시험편을 제작하여 두께가 면대거셋 용접 연결부의 피로강도에 미치는 영향을 규명하고자 하였으며, 3단계 시험은 강재의 강도와 피로강도와의 연관성을 규명하기 위해 고강도 강재인 POSTEN80 및 SM570 강재를 적용한 시험편을 제작하여 피로시험을 수행하였다. 1단계 시험에서는 소형시험편에 의한 피로시험 결과와 실제 강교량의 상세에서의 피로강도를 비교하기 위해 대상상세가 설치된 실물크기 거더 시험체에 대한 피로시험도 수행 되었다. 피로시험시 균열의 발생 및 진전거동을 관찰하였으며, 피로시험 결과는 외국의 실험자료 및 AASHTO 피로설계 기준의 배경이 된 피로시험 결과에 따른 평균 피로강도 곡선과 비교 평가 되었다. 부착물의 길이 및 변화부 반경(transition radius)의 크기 등 기하학적 현상에 따른 응력 집중도를 파악하기 위해 유한 요소법을 적용한 구조해석을 수행하였으며, 그 결과 향후 상세를 좀더 세분화 할 가능성을 제시하였다.

2. 피로시험

표 1. 적용된 강재의 기계적 성질

단계	강재	항복점 (MPa)	인장강도 (MPa)	연신율 (%)
I	SM490B	309	539	23
II	SM490C	295	550	27
III	SM570	568	667	26
	POSTEN80	700	800	16

피로시험은 3단계로 이루어져 있으며, 1단계에서는 SM490B 강재, 2단계에서는 SM490C 강재, 3단계에서는 POSTEN80 및 SM570 강재를 적용한 피로시험편을 제작하여 피로시험이 수행되었다. 각 단계의 피로시험체 제작시 적용된 강재의 기계적 성질은 표 1과 같으며, 각 시험체의 기하학적 형상 및 기타 조건 등은 각 단계의 피로시험에서 설명하였다.

2.1 피로시험 I

총 18개의 소형 피로시험편 및 1개의 실물크기 빔 시험체가 제작되어 피로시험이 수행 되었다. 소형시험편의 경우, 3개의 서로 다른 조건의 시험체(FG1, FG2, FG3)가 제작되어 시험되었으며, 각 시험편의 제원 및 적용된 용접조건 등이 표 1에 나타나 있다. 또한 그림 1은 소형 시험체의 형상을, 그림 2는 실물 시험체의 형상 및 제원을 나타내고 있다. 부착물의 길이가 10cm를 기준으로 하여 상세범주 D와 E로 나누어지므로 FG1 시험편은 부착물의 길이를 8cm로, FG2 및 FG3 부착물의 길이를 15cm 제작하였으며, 용접조건의 차이에 따른 피로강도 규명을 위해 FG2는 완전용입 용접을, FG3는 불완전용입 용접을 적용하여 제작 시험되었다. 피로시험시 적용된 반복하중은 해당 구조상세 범주의 피로한계 응력범위의 1.0, 2.0, 3.0배의 3종류의 응력범위가 발생되도록 가하였으며, 각각의 응력범위에 대해 2개의 시험이 시험 되었다.

표 2. 1단계 피로시험편의 제원 및 조건

시험편	부착물 길이 L(cm)	용접조건	개수	해당범주
FG1	8	완전용입용접	6	D
FG2	15	완전용입용접	6	E
FG3	15	부분용입용접	6	E

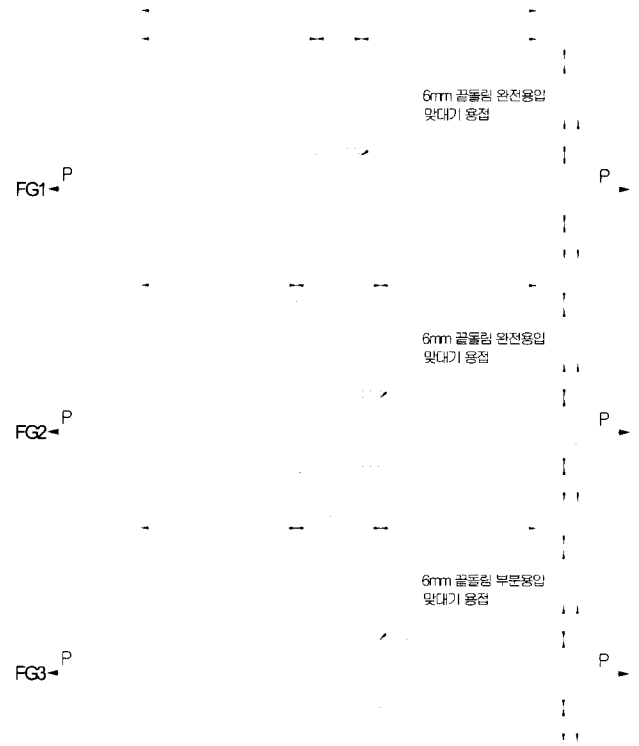


그림 1. 1단계 피로시험을 위한 소형 시험편의 형상 및 제원

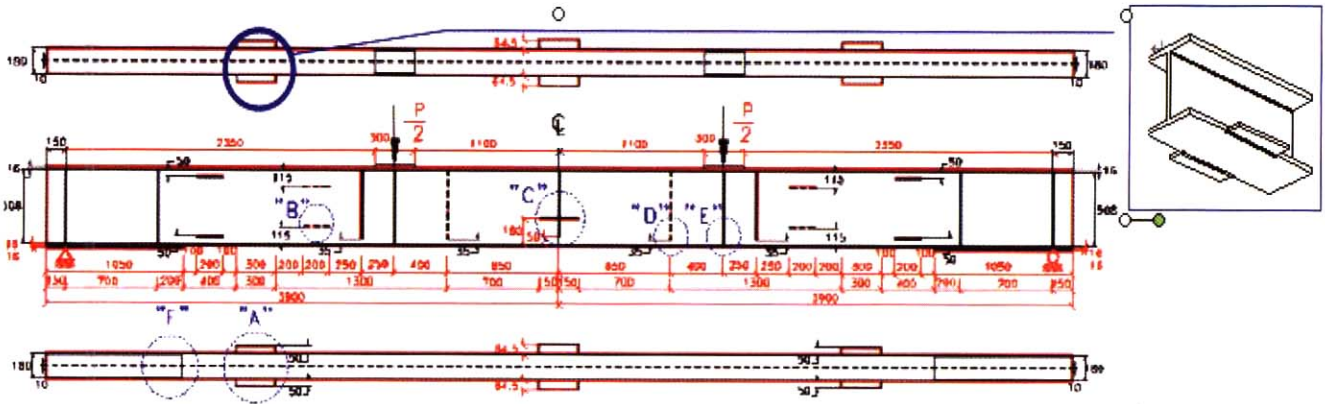


그림 2. 실물크기 시험편의 형상 및 제원

2.2 피로시험 II

2단계 피로시험은 면내거셋 용접연결부의 피로강도에 플랜지 및 부착물 두께의 영향을 파악하고자 수행되었다. 40mm, 75mm, 100mm 두께의 플랜지에 16mm, 24mm, 32mm 두께의 거셋플레이트가 부착된 각 2개씩 9종류의 서로 다른 시험체가 제작되어 피로시험이 수행되었다. 1단계 시험결과 용접조건에 따른 피로강도의 차이가 미미한 것으로 나타나 모든 시험을 완전용입 용접에 의해 제작하였으며, 구체적인 시험편의 제원 및 명칭 등을 표 3에 나타내었다. 그림 3은 시험체의 형상 및 제원, 용접상세 등을 보여주고 있다. 2단계 시험에서는 시험체의 두께 및 피로시험기의 용량등을 감안하여 해당 피로상세 범주의 피로한계 응력범위의 1.5 및 2.0배의 응력범위가 발생하도록 반복하중을 재하 하였다.

2.3 피로시험 III

3단계 피로시험에서는 강재의 강도에 따른 피로강도를 규명하고자 POSTEN80 강재와 SM570 강재와 같은 고강도 강재를 사용하여 면내거셋 용접연결 시험체를 제작하고 피로시

험을 수행하였다. POSTEN80 강재를 적용해서는 18개의 소형피로시험편을, SM570 강재를 적용해서는 3개의 소형시험편을 제작하였으며, POSTEN80 강재를 적용한 시험체중 9개의 시험체는 접합부에서의 변이반경(transition radius)의 효과를 규명하고자, 반경 R=30mm의 크기를 두어 제작하였다. 시험편에 대한 구체적인 내용은 표 4에 나타나 있으며, 시험체의 형상 및 제원은 1단계 피로시험의 시험편과 같다. POSTEN80 강재로 제작된 시험편의 경우, 대상 상세의 피로한계 응력범위의 2.0, 3.0, 4.0배의 응력범위가 발생하도록 반복하중을 가하여 시험하였으며, SM570 강재를 적용한 시험편의 경우 한계응력범위의 2.0, 2.5, 3.0배의 응력범위에 대해 피로시험을 수행하였다.

3. 피로시험 결과 및 고찰

본장에서는 피로시험결과를 피로시험 각 단계 별로 정리 분석하였으며, 그림 4, 그림 5는 각각 피로시험 장면과 피로 파단 형상을 보여주는데, 그림 5에서 보듯이 모든 시험편은 Mode I의 균열이 발생해 파단에 이르렀다.

표 3. 2단계 피로 시험편의 제원 및 조건

시험편	플랜지 두께(mm)	부착물 두께(mm)	개수	용접조건	해당범주
FG40-16	40	16	2	완전용입용접	E 또는 E'
FG40-24		24	2		
FG40-32		32	2		
FG75-16	75	16	2		
FG75-24		24	2		
FG75-32		32	2		
FG100-16	100	16	2		
FG100-24		24	2		
FG100-32		32	2		

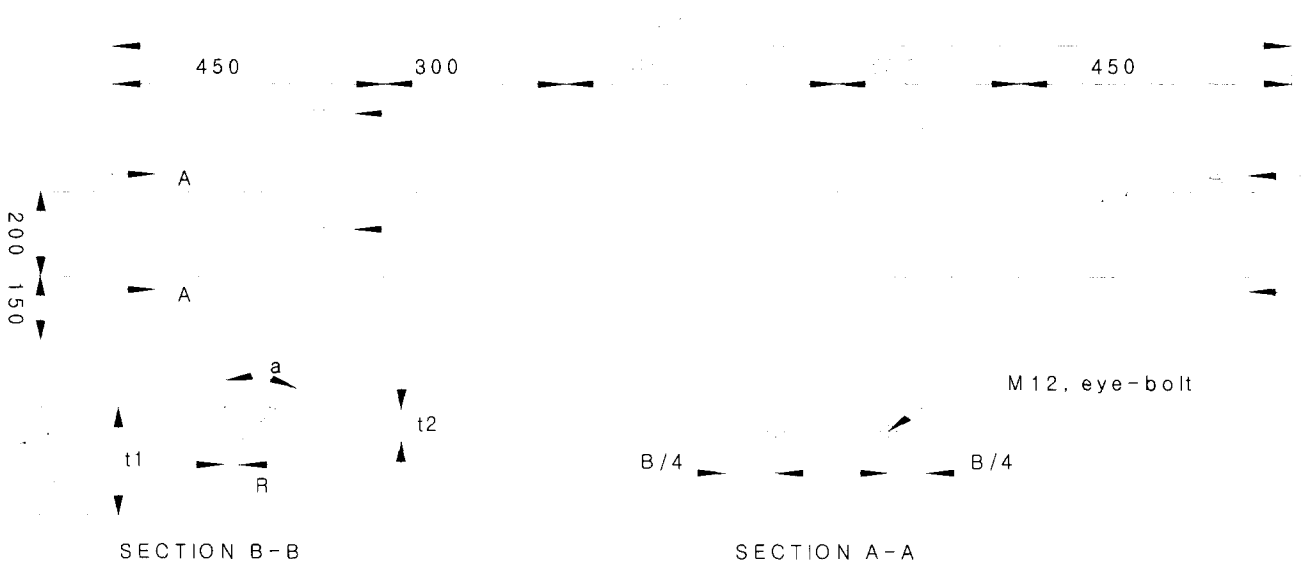


그림 3. 2단계 시험편의 형상 및 제원

3.1 피로시험 I의 결과 및 분석

그림 6는 피로상세범주 D에 속하는 FG1 시험편에 대한 피로시험 결과를 보여주며, 그림 7는 피로상세범주 E에 속하는 FG2 및 FG3 시험편에 대한 피로 시험결과를 보여주고 있다. 그림에서 긴 점선은 현재의 시험에서 얻어진 시험편의 피로강도와 직접적으로 비교할 수 있는 평균 피로강도 곡선을 나타내며, 실선은 평균 피로강도 곡선을 구하기 위한 실험결과와 회귀 분석시 얻어진 표준편차의 2배만큼 용력범위를 낮추어 결정된 설계 피로강도 곡선을 나타낸다. FG1 시험편의 시험 결과 나타난 피로강도는 피로설계기준에서 요구하는 피로강도에 못 미치는 것으로 나타났는데, 이는 파단면을 관찰해 본 결과 시험편의 제작시의 부주의에 의해 과도하게 큰 용접결함이 내재되었기 때문이라 판단하였다.

FG2 및 FG3 시험편의 경우, 피로시험결과를 회귀 분석하여 얻은 피로강도 곡선의 절편 및 기울기가 평균 피로강도 곡선과 거의 일치하는 등 현 설계 기준이 요구하는 피로강도와 매우 유사한 강도를 갖는 것으로 나타났다. 그림 7에서 보듯이, 완전용입 용접된 면내거셋 시험편의 피로강도는 부분용입 용접으로 제작된 시험편의 피로강도와 큰 차이가 없는 것으로 보아 용접조건에 따른 피로강도의 차이는 무시해도 좋은 것으로 나타났다.



그림 4. 피로시험 장면

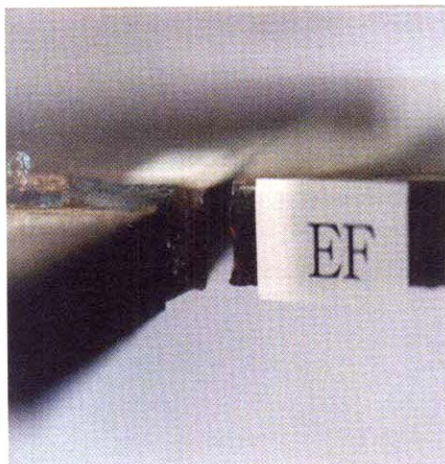


그림 5. FG2 시험편의 파단 형상

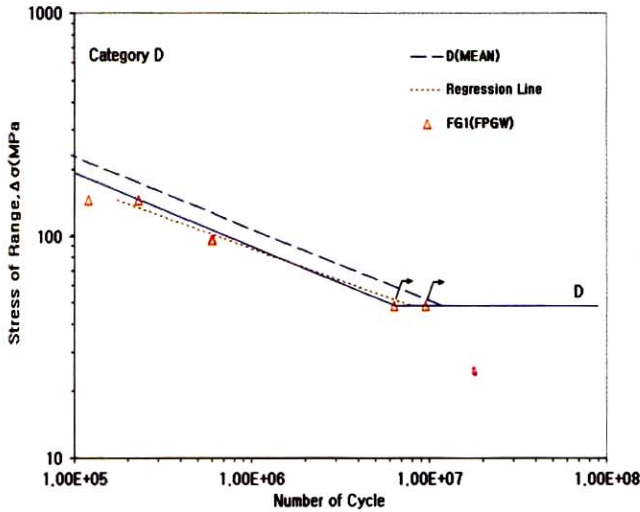


그림 6. FG1 시험편의 피로시험 결과

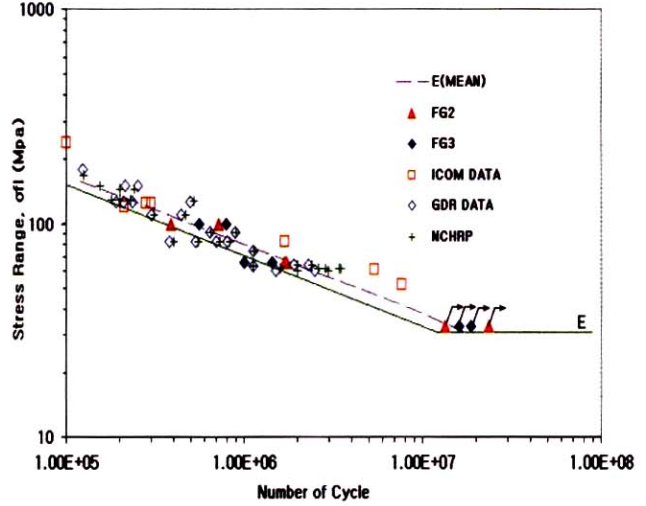


그림 8. 외국의 피로시험 결과와의 비교

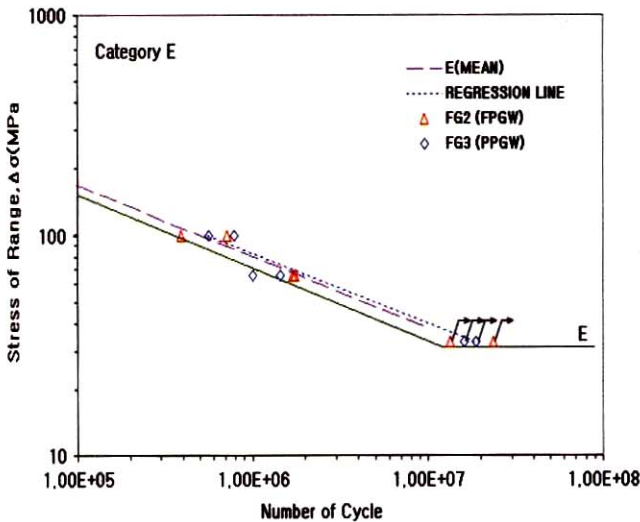


그림 7. FG2 와 FG3 시험편의 피로시험 결과

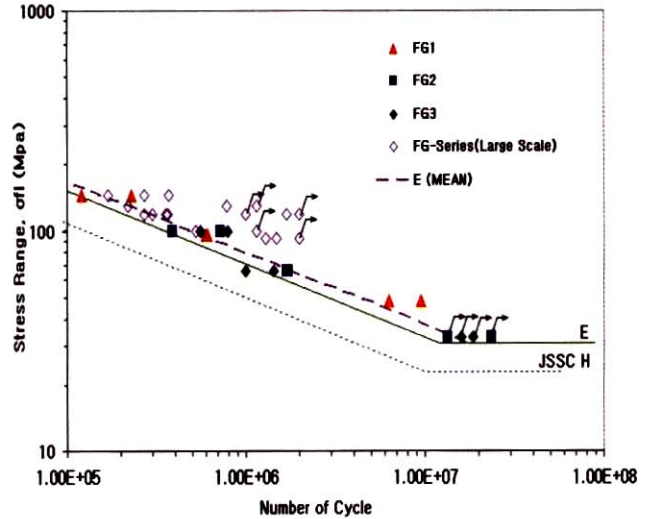


그림 9. 실물크기 시험체의 피로시험 결과

그림 8은 본 연구에서 수행된 시험결과를 유럽의 같은 상세에 대한 피로시험 결과 및 AASHTO설계기준의 배경이된 NCHRP의 실험결과 등과 비교한 것으로 대체로 유사한 결과를 보이는 것으로 나타났다. 이는 서로 다른 강재로 이루어진 면내거셋 시험체가 거의 유사한 피로강도를 갖는 것으로 볼 때, 강종 보다는 구조 상세의 기하학적 형상 및 용접관련 조건 등이 피로강도에 미치는 영향이 매우 크다는 사실을 시사해 주며, AASHTO의 피로설계기준을 채택한 국내 설계기준을 설계시 그대로 적용해도 문제가 없는 것으로 판단되었다.

그림 9은 소형 피로시험편의 피로시험 결과와 실물시험체에 설치된 면내거셋 상세의 피로시험 결과를 함께 나타낸 것으로, 실물시험체의 거셋용접 연결부의 피로강도가 약간 큰 것으로 나타났으나, 대체로 설계기준에서 요구하는 피로강도 조건을 만족하는 것으로 나타났다.

3.2 피로시험II의 결과 및 분석

2단계 피로시험체에서는 주로 플랜지 두께 및 이에 부착되는 거셋의 두께에 따른 피로강도를 규명하고자 수행 되었다. 그림 10은 100mm 두께의 플랜지에 3개의 서로 다른 두께의 거셋플레이트를 용접 접합한 시험편에 대한 피로시험을 수행한 결과를 보여주는데, 부착물의 두께가 클수록 낮은 피로강도를 나타내는 경향을 보이고 있다. 시험결과를 부착물의 두께 25mm를 기준으로 범주 E와 E'으로 분류되는 설계기준과 비교평가해 보면, 현 설계기준의 타당성이 어느 정도 인정되나 32mm 두께의 거셋플레이트를 부착한 시험편의 경우도 범주 E'이 아닌 범주 E 정도의 피로강도를 갖고 있는 것으로 나타나 두께 기준에 대한 조정이 필요한 것으로 보인다.

그림 11는 같은 두께(32mm)의 거셋플레이트를 3개의 서

로 다른 두께를 갖는 플랜지에 용접 접합시킨 시험편에 대한 결과를 보여주고 있는데, 그림에서 보듯이 플랜지 두께의 변화는 면내 거셋 용접접합 상세의 피로강도에 별 영향을 주지 못하는 것으로 나타났다.

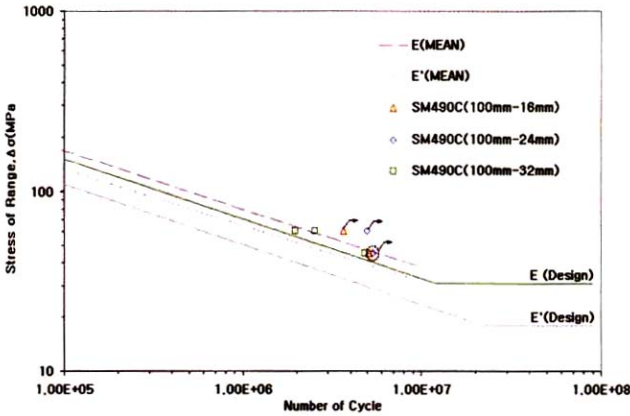


그림 10. 부착물의 두께가 피로강도에 미치는 영향

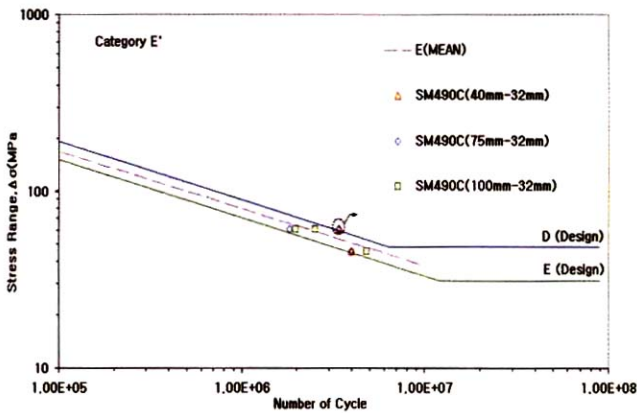


그림 11. 플랜지 두께가 피로강도에 미치는 영향

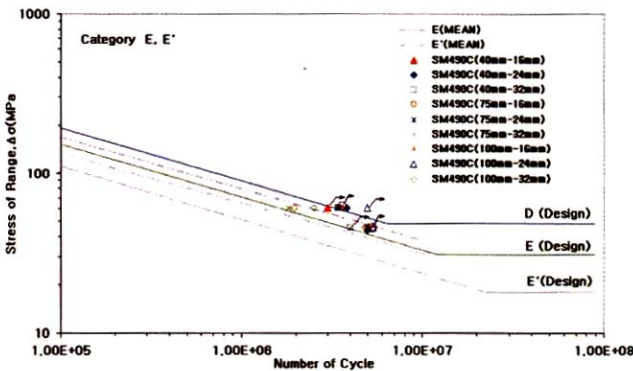


그림 12. 2단계 피로시험 결과

3.3 피로시험III의 결과 및 분석

3단계 피로시험은 강재의 강도가 피로강도에 미치는 영향을

규명하고자 한 시험으로서 인칭강도가 800MPa인 POSTEN 80 강재와 SM570강재를 적용해 면내거셋 용접연결 시험편으로 제작해 피로 시험을 수행한 것으로 그림 13이 그 결과를 보여 주고 있다. SM570 시험편인 IP3들의 경우 각 응력 범위에서 예상되는 대로 파단 회수의 1.2배 정도의 반복회수에도 피로파단이 발생되지 않아 불행히도 정확한 피로강도를 찾을 수는 없었으나, 설계기준상의 피로강도인 범주 E' 이상의 피로강도를 갖는 것으로 나타났다. POSTEN80강재를 적용한 IP1, IP2 시험편의 경우, 변화부 반경, R=30mm를 주어 제작한 IP2 시험편의 피로강도는 설계기준상의 범주 E 보다 훨씬 큰 범주 D 정도의 피로강도를 갖는 것으로 나타났으며, 변화부 반경이 없는 IP1 시험편의 경우, 피로강도가 일반강재의 경우와 차이가 없는 상세범주 E 정도의 피로강도를 갖고 있는 것으로 나타났다. 이로부터 강재의 강도가 크다고 해서 더 큰 피로강도를 갖는 것이 아니라는 사실을 확인할 수 있었으며, 면내 거셋 용접 연결부의 피로강도는 적용강재의 강도가 아니라, 용접의 질 및 응력집중도에 관여하는 기하학적 형상등의 조건이 더욱 지배적인 영향을 준다는 사실을 알 수 있다.

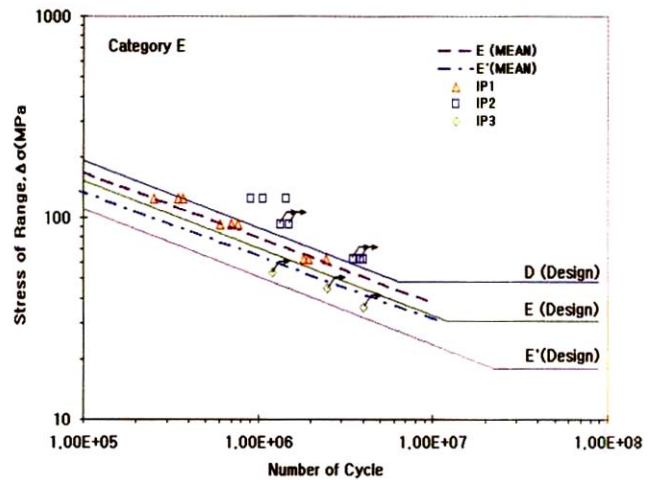


그림 13. 3단계 피로시험 결과

그림 12는 2단계 피로시험의 모든 결과를 보여주는 그래프로서, 앞에서 언급한 바와 같이 부착물의 두께에 따른 피로강도의 변화를 볼 수 있으며 현 설계기준의 타당성을 확인할 수 있다. 그러나 설계기준의 범주 E를 만족하는 두께 기준보다 두꺼운 면내거셋 용접연결 시험체의 경우도 설계기준인 범주 E'보다 큰 범주 E에 가까운 피로강도를 갖는 것으로 나타나 향후 이에 대한 조정이 필요하다고 보이나 일반적으로 극후판의 경우 균열진전 속도가 상대적으로 얇은 판을 사용한 경우보다 균열진전 속도가 빠르므로 향후 추가적인 실험 및 해석적 연구를 통해 범주를 세분화 하거나 상향조정하는 작업이 있어야 할 것으로 판단된다.

한편 그림 14는 3단계 피로 시험체에서 POSTEN80 강재를 적용한 시험편 및 2단계 피로시험시 적용한 SM490C로 제작된 시험편의 균열진전 상태를 보여 주고 있는데, 그림에서 보는 바와 같이 고강도 강재의 경우 일반 강재의 경우보다 균열진전 속도가 상대적으로 매우 빠름을 알 수 있다. 이는 고강도 강재의 경우 초기 균열은 더 많은 반복회수를 거쳐 발생하더라도 일단 어느 정도이상 크기의 균열이 발생된 후의 균열 진전속도는 매우 빨라, 고강도 강재의 교량 적용시는 응력집중을 완화 시킬 수 있는 구조상세를 채택해 설계 및 제작하는 등의 각별한 주의가 필요하다는 것을 보여주는 것이다.

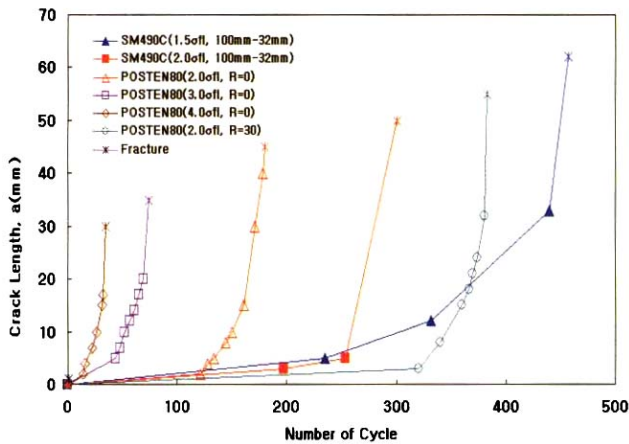


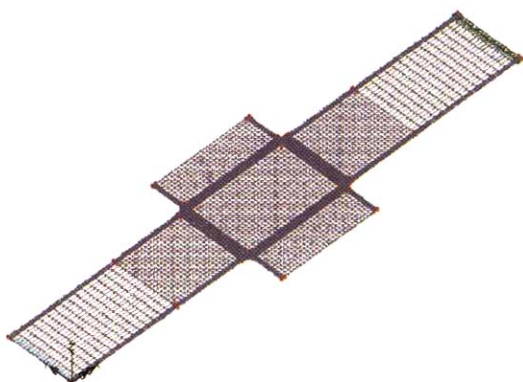
그림 14. 균열 진전속도

4. 해석적 연구

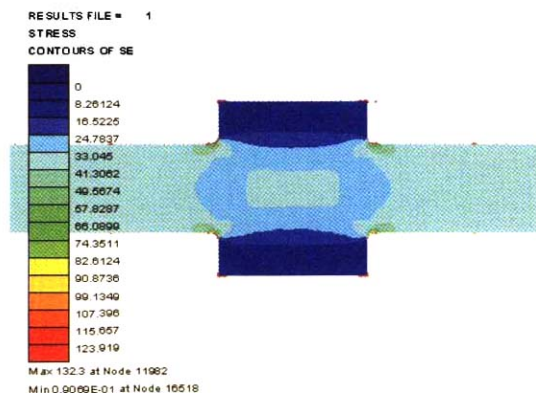
시험편에 인장하중 재하시의 응력분포 및 플랜지와 거셋플레이트 용접연결 단부의 응력집중 정도를 확인하기 위하여 유한요소해석을 수행하였으며, 범용 유한요소해석 프로그램인

LUSAS를 사용하였다. 그림 15은 유한요소해석 모델과 해석 결과인 응력분포를 나타내고 있으며, 솔리드 요소와 플레인 스트레스 요소를 적용하였다. 대상 구조상세의 기하학적 형상 및 조건에 따른 응력집중 효과를 파악하기 위해 부착물의 길이를 1cm부터 20cm까지, 변화부 반경을 0.25cm로부터 120cm까지 점차적으로 증가 시키며 구조해석을 수행하였으며 그 결과를 그림 16에 나타내었다. 그림에서 보는 바와 같이 부착물의 길이가 20cm인 경우 변화부 반경의 크기에 따라 응력집중도가 1.0부터 3.83까지 변화함을 알 수 있으며, 변화부 반경을 주지 않은 경우와 가장 유사한 R=0.25cm를 갖는 모델의 경우 부착물의 길이에 따라 응력 집중도가 1.60부터 3.80까지 분포됨을 알 수 있었다. 그래프에서는 나와 있지 않지만 부착길이를 30cm까지 연장한 추가 해석결과 부착길이가 25cm 이상부터는 응력집중계수가 3.90으로 수렴한다는 것을 발견하였다. 또한 변화부 반경이 5cm 이상인 경우는 부착길이의 증가에 따른 응력집중도의 변화가 없는 것으로 나타나 이 경우 부착길이에 따른 피로범주 분류는 불필요한 것으로 보인다.

변화부 반경에 따른 설계기준의 피로범주 분류의 적정성을 판단하기 위해, 범주 D와 E를 결정하는 한계 변화부 반경, 5cm 이하의 경우를 살펴보면 응력 집중도가 1.46부터 3.9까지 변함을 알 수 있으며, 이는 변화부 반경이 5cm보다 작은 경우 응력 집중도의 분포가 매우 커서 이를 좀더 세분화 할 필요성이 있다는 것을 시사하고 있다. 또한 부착물의 길이가 5cm를 기준으로 범주 C와 D를, 10cm를 기준으로 범주 D와 E로 분류하는 설계기준 적정성을 살펴보면, 범주 C로 분류하는 경우 응력 집중도가 1.35부터 2.51까지, 범주 D를 분류하는 경우 1.40부터 3.11까지 변화되는 것으로 나타나 부착길이 및 변화부 반경을 동시에 고려한 범주의 세분화가 필요함을 알 수 있다.



(a) 해석 모델



(b) 응력 분포도

그림 15. 유한요소 해석 모델 및 응력분포도

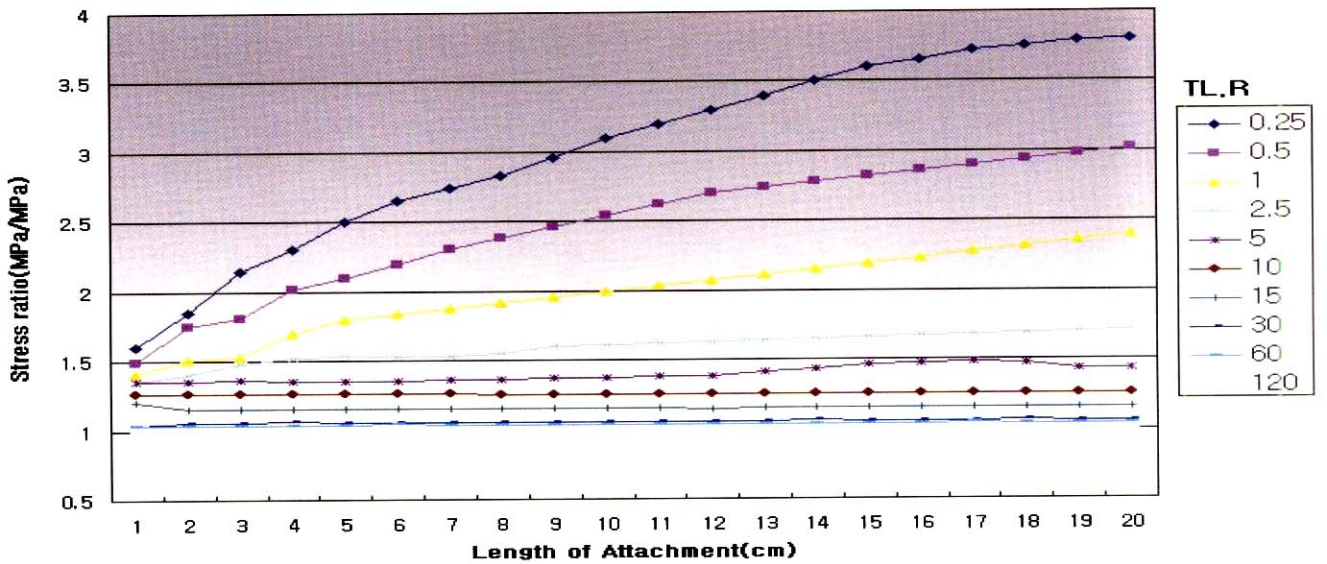


그림 16. 기하학적 형상에 따른 응력 집중도

5. 결론 및 추후연구

3단계에 걸친 피로시험 및 해석적 연구를 통해 다음과 같은 결론을 도출하였다.

- (1) 하중 비전달형 면내거셋 용접부의 피로강도에 대한 3 단계 피로시험 결과, 대부분의 시험편이 현 설계 기준의 피로강도 요구 조건을 대체로 만족 시키고 있는 것으로 나타나, AASHTO의 피로설계기준을 거의 그대로 채택한 현 도로교 설계기준의 대상 상세에 대한 기준을 그대로 적용해도 큰 문제가 없다고 판단된다. 이는 강재의 성분 및 재질 보다는 구조상세의 기하학적 형상 및 용접조건 등이 피로강도에 미치는 영향이 크다는 사실을 시사해 주고 있다.
- (2) 완전용입 용접을 한 시험편과 불완전용입 용접을 한 시험편의 피로강도는 큰 차이는 보이지 않았으나, 부분용입 용접을 한 시험편의 피로강도가 다소 작은 것으로 보여 피로범주를 한단계 내리지 않고 동등한 수준을 갖기 위해서는 가능한 완전용입 용접을 하는 것이 바람직하다고 판단된다.
- (3) 플랜지 두께에 따른 피로강도에의 영향은 매우 적은 것으로 나타났으며, 부착물의 두께가 증가할수록 피로강도가 감소되는 것으로 나타났다. 그러나 두께 25mm를 기준으로 범주 E와 E'으로 분류한 현 설계기준은 향후 극후판 사용의 증가를 고려할 때 다소의 조정이 필요하다고 판단된다.

- (4) 고강도 강재를 적용한 시험편의 피로시험 결과 일반 강재의 경우와 비교해 볼 때 더 높은 피로강도를 갖지 않는 것으로 나타났으며, 일단 어느 정도 크기 이상의 균열이 발생한 후 균열진전 속도가 상대적으로 빨라 이의 적용 시 기하학적 형상의 조정 및 용접의 질 등 매우 세심한 주의가 필요한 것으로 나타났다.
- (5) 부착물의 길이 및 변화부 반경등의 기하학적 현상에 따른 응력집중도를 파악하기 위해 구조해석을 수행한 결과, 형상에 따라 응력 집중도가 1.0부터 3.9까지의 범위로 매우 큰 차이를 나타냈으며, 부착물의 길이가 25cm 이상인 경우 최대 3.9로 수렴되며 변화부 반경이 5cm 이상의 경우는 부착물의 길이에 따른 응력 집중도의 변화는 거의 없는 것으로 나타났다.
- (6) 앞의 실험 결과와 해석적 연구에서 언급하였듯이, 현 설계기준상의 부착물의 길이 및 변화부 반경에 따른 상세 범주 분류는 향후 변화부 반경, 부착물의 길이, 플랜지 폭 등을 동시에 고려한 범주의 세분화 및 조정이 필요한 것으로 보인다.
- (7) 강교량에의 대상상세에 대한 효율적이고 경제적인 설계를 위해서 향후 변화부 반경, 플랜지의 폭 및 부착길이를 변수로 하는 다양한 시험편에 대한 추가적인 피로실험 및 구조해석을 수행하여 기하학적 현상에 따라 수정하고 세분화된 새로운 피로설계기준이 제안되어야 할 것으로 판단된다.

참고문헌

- 한국도로교통협회(2000), 도로교 설계기준
AASHTO(2002), Standard Specifications for Highway Bridges
배두병(2002), 고강도 강재를 적용한 면내거셋 용접부의 피로강도, 국민대학교 공학기술 논문집, 제25권 pp287~292
정경섭, 조재병, 배두병(1998), 강교량 구조상세의 피로강도 실험 I, 한국강구조학회 연구보고서
정경섭, 조재병, 배두병(1999), 강교량 구조상세의 피로강도 실험 II, 한국강구조학회 연구보고서
배두병, 김성훈, 최동호, 황원섭(2001), 고강도강 적용설계 및 제작기술 개발연구, 한국강구조학회 연구보고서
B. T. Yen, J. W. Fisher(1990), Manual for Inspecting Bridges for Fatigue Damage Conditions, FHWA-PA-89-022
C. Demers, J. W. Fisher(1990), Fatigue Cracking of Steel Bridge Structures, FHWA-RD-89-166
J. W. Fisher, D. R. Mertz, A. Zhong(1983), Steel Bridge Members under Variable Amplitude Long Life Fatigue Loading, NCHRP 267
- (접수일자 : 2003. 9. 24 / 심사일 2003. 10. 22 /
심사완료일 2003. 10. 30)