

강바닥판교의 종리브-횡리브 교차연결 상세변화에 따른 최적설계방안의 수치해석 연구

Numerical Analysis Study for Optimal Design Method on Intersection between Longitudinal and Transversal Rib in Orthotropic Steel Deck Bridge

공병승† 배두병*

Kong, Byung-Seung Bae, Du-Byung

(논문접수일 : 2004년 5월 26일 ; 심사종료일 : 2004년 8월 24일)

요 지

최근 장대화 되어가는 강교량의 건설 기술발전에 따라, 자중이 가벼운 강바닥판 형식의 교량 사용이 증가되고 있다. 그러나 강바닥판 교량은 피로에 매우 취약한 구조형식이며, 특히 종리브와 횡리브가 교차되는 상세부에서의 피로균열은 강바닥판 교량이 가지고 있는 가장 큰 문제점 중 하나이다. 이러한 피로균열의 발생원인은 횡리브의 면외거동에 의한 2차 응력으로부터 유발된다. 본 연구에서는 강바닥판 교량의 피로균열을 억제하고, 종리브-횡리브 교차연결부의 상세개선을 위해 3차원 실물모형체의 피로실험과 범용구조해석 프로그램인 LUSAS를 이용한 세부변수 해석을 병행하여 최적의 상세를 제시하기 위한 연구를 수행하였다. 연구 결과, 국내 표준단면 형상에 곡선형 벌크헤드 플레이트를 부착한 상세가 가장 유리한 것으로 나타났으며, 세부 변수해석에 의한 개선 단면 적용시 발생하는 응력값이 최대의 경우 약 50%이상까지 감소하는 것으로 나타났다. 응력의 감소와 함께 횡리브의 간격 증대(G=400)에 따른 4%의 강재량과 34%의 용접길이 감소로 제작원가 절감 및 피로에 유리한 강바닥판교의 제작이 가능하게 되었다.

핵심용어 : 강바닥판교, 피로균열, 벌크헤드 플레이트, 교차연결

Abstract

The use of the orthotropic steel deck is steadily increased due to the advance of the technology in the steel bridges which recently have been longer. But the orthotropic steel deck bridge is the structure that is very fragile to the fatigue, especially, the fatigue crack at the cross of the longitudinal rib and transversal rib is one of the biggest problems that orthotropic steel deck bridges have. The causes of these fatigue cracks come from the secondary stress on out-plane behavior of transversal rib. In this study, we conducted the experiment to find the optimal details to improve fatigue strength on intersection between longitudinal rib and transversal rib in the orthotropic steel deck bridge through numerical analysis using the experiment of the fatigue in the 3-dimensional real structure and program LUSAS. As a result of study, it is showed that the details of the Korean standard section attached with a curved bulkhead plate is the most profitable. And, it is indicated that the stress which is generated when the reform improved section by parametric study can be reduced by about 50% at most or more. Along with the reduced stress and the longer interval between transversal ribs(G=400), the decreased steel amount by 4% and the shortened welding length by 34% make it possible to produce the orthotropic steel deck bridge which is strong against fatigue.

keywords : *orthotropic steel deck bridge, fatigue crack, bulkhead plate, intersection*

1. 서 론

현대사회에서 건설되는 교량들은 건설기술의 발전에 의해

점점 장기간화 되고 있다. 하지만 장대교량을 건설하기 위해 교량의 자체 사하중을 경감시켜야 한다. 이러한 이유로 사하중의 부담을 줄일 수 있는 강바닥판의 사용이 증가하고

† 책임저자, 정회원 · 동서대학교 건설공학부 교수
전화 : 051-320-1821 ; Fax : 051-320-1821
E-mail : kongbs@dongseo.ac.kr

* 정회원 · 국민대학교 건설시스템공학부 교수

• 이 논문에 대한 토론을 2004년 12월 31일까지 본 학회에 보내주
시면 2005년 3월호에 그 결과를 게재하겠습니다.

있다.^{7),8)} 특히 강바닥판 교량은 다른 여러 바닥판 시스템에 비하여 사하중이 30~50% 정도로 매우 작으며, 거의 전 과정이 공장 생산되므로 제품에 대한 신뢰성이 높고, 가설 후 콘크리트 타설이 없어 시공기간을 단축시킬 수 있다.^{1),6)} 그러나 강바닥판 교량의 구조 형식상 많은 양의 용접으로 인한 문제와 각 부재의 용접연결시 피로균열이 문제점으로 지적되고 있다. 특히 종리브와 횡리브가 교차 연결되는 횡리브의 하부스켈럼의 상부곡률부는 이러한 피로에 매우 취약한 것으로 알려져 있다.^{3),4)} 이러한 피로균열은 종리브-횡리브 교차연결부에서 U-Rib의 뒤틀림에 의해 유발되며, 면외변형에 의한 2차 응력으로부터 발생한다.^{1)~3)} 이러한 응력 집중현상은 그 범위가 매우 국부적이고 응력구배가 상당히 크므로 정량화하기 매우 어렵고,^{11),12)} 정확한 계산에 의한 설계가 불가능한 실정이다. 본 논문에서는 이러한 상황을 고려하여 강바닥판교의 3차원 실물 모형실험과 그 결과를 바탕으로 범용구조해석 프로그램인 LUSAS V-13.5를 이용하여, 유한요소 해석을 통한 종리브-횡리브 교차연결부의 국부적인 응력집중현상을 방지하고 발생하는 주응력을 최소화할 수 있는 최적의 개선상세를 제시하고자 한다.

2. 실물실험 개요

2.1 시험체 형상

본 연구에서 고려된 시험체의 형상은 그림 1과 같으며, 실물 시험체의 거치모습은 그림 2와 같다.

시험체의 횡리브 간격은 2.5m이고, 3차원 거동을 알아보기 위하여 3경간 연속체로 제작하였다. 횡리브에 5개의

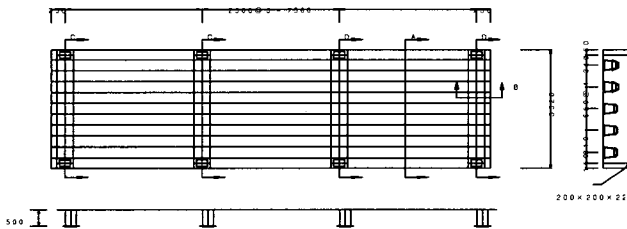


그림 1 3차원 실물 시험체 형상



그림 2 시험체 거치형상

종리브를 설치하고 3개는 국내 표준단면형상을 사용하였고, 2개는 유럽에서 광범위하게 사용되는 "Rabbit Type"상세를 적용하였다. 또 4개의 횡리브중 2개는 직선형 벌크헤드 플레이트를 설치하였고, 2개는 곡선형 벌크헤드 플레이트를 설치하였다(그림 3, 4).²⁾

2.2 벌크헤드 플레이트 설치

국내 "강도로교 상세부 설계지침(1997)" 상에는 "종리브 현장이음 전후를 제외하고는 벌크헤드 플레이트를 설치하지 않는다."는 것을 원칙으로 하고 있다.^{9),10)} 이는 횡리브와 내부 벌크헤드 플레이트를 일치시키는 것이 어렵고 시공후 확인이 곤란하며 종리브와의 용접시 용접에 의한 균열이 발생할 우려가 있기 때문이다. 그러나 벌크헤드 플레이트의 설치시 횡리브 북부판의 전단력을 분담하며, 면외방향 회전에 대한 강성을 증가시키고 종리브의 처짐에 의한 비틀림응력을 적절히 분배시켜 주는 효과가 있다.^{5),13),14)} 본 연구에서는 벌크헤드 플레이트의 효율성을 입증하고 최적의 벌크헤드 플레이트의 형상을 찾기 위해 직선형과 곡선형 벌크헤드 플레이트를 적용하였다.

2.3 정적실험

정적실험은 피로실험을 수행하기 전과 매 50만회 가력후 피로실험과 동일한 조건으로 정적실험을 수행하였다. 이는 시험체의 정적거동과 거치상태, 응력분포를 알아보기 위함이다. 또한 피로실험시 피로 응력 범위를 정하기 위한 목적도 있다.

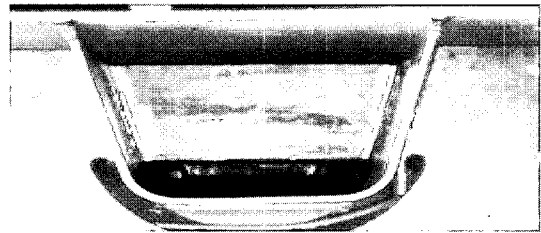


그림 3 직선형 벌크헤드 플레이트



그림 4 곡선형 벌크헤드 플레이트

시험체의 지점조건은 설계시의 가정과 횡리브의 거동 방향을 고려하여 8지점의 형태로 배치하였고 하중은 가력프레임을 이용하여 총 60tonf의 하중을 15tonf씩 재하 하였으며, 최소하중은 10tonf으로 하였다. 횡리브 스캐럽부를 제외하고는 용접부로부터 1.5cm 떨어진 곳에 부착하였으며 최대하중은 70tonf이다. 게이지와 변위계는 총 125개가 부착되었다. 횡리브의 스캐럽 상부 곡률부의 응력집중 예상 부에는 로켓을 양면으로 부착하였고, 부착위치는 용접부로부터 0.5cm 이격후 설치하였다. 유한요소 해석에는 범용구조해석 프로그램인 LUSAS V-13.5를 사용하였다.²⁾

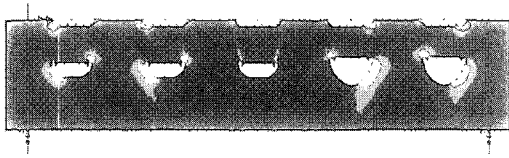


그림 5 횡리브의 주응력 분포 형상

그림 5는 횡리브의 주응력 분포이며, 밝은 부분은 응력이 집중되는 부분이다. 주응력은 스캐럽을 기준으로 인장, 압축이 교번하고 있고 스캐럽 상부 곡률부에서 큰 응력집중이 발생하고 있다. 또한 벌크헤드 플레이트의 영향을 고려했을 경우 대각선 방향으로 응력장이 형성되는 것을 알 수 있다. 그러나 종리브를 관통시키기 위한 스캐럽이 없는 복부판에서는 전형적인 보 이론을 따르고 있다.

그림 6과 그림 7은 횡리브의 유한요소 해석의 결과와 실측치를 비교한 그래프이다. 유한요소 해석결과와 실측치 모두 인장과 압축이 교번하는 양상을 보이며 전체적인 거동이 매우 유사함을 알 수 있었다.

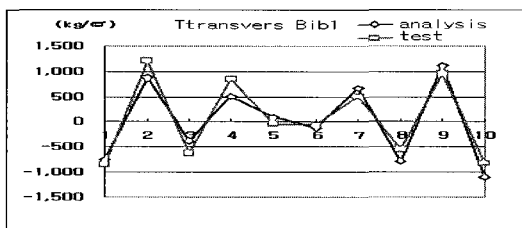


그림 6 Rib-1 응력비교

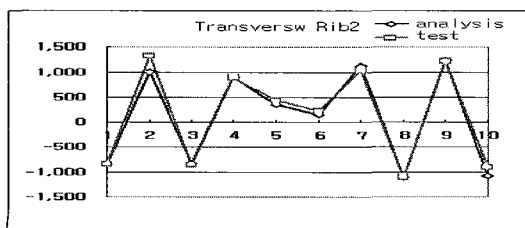


그림 7 Rib-2 응력비교

표 1 인장응력 비교

Division		L-Rib1	L-Rib2	L-Rib4	L-Rib5
T-Rib1	Test	1,205	859	514	955
	analysis	883	507	679	1,113
	ratio	136%	169%	76%	86%
T-Rib2	Test	1,319	887	1,042	1,219
	analysis	1,011	910	1,120	1,240
	ratio	130%	97%	93%	98%

실측치와 해석치의 비교에서 1, 2번 종리브의 실측응력 값이 크게 나왔다. 이는 시험체 제작시 많은 용접량에 따른 변형과 횡리브 스캐럽부의 곡률이 확보되지 않은 영향으로 판단된다. 표 1은 횡리브 1과 2에서의 실측치와 해석치의 비교 표이다.

2.4 피로실험

피로실험시 글로벌 게이지 6개와 처짐계 3개의 거동 변화를 매 25만회마다 측정하였다. 가력 횟수는 150만회 가력후 1차 실험을 종료하였으며 추가로 103만회를 가력하여 총 가력 횟수는 253만회이다. 용접선을 따라 진행되는 균열을 제외하고는 40mm정도의 길이에서 스타프홀을 천공하였으며, 벌크헤드 플레이트의 균열은 실험 종료후 시험체를 절단하여 관찰 하였다. 이 균열을 근거로 각 상세별 비교 분석과 정적 실험의 응력 범위를 이용하여 개선 상세의 피로강도를 평가하였다. 총 253만회 피로실험 결과 5개의 피로 균열이 발견 되었다. 균열명은 그림 8과 같이 명명하였으며, 첫번째 침자는 횡리브1, 횡리브2 구분, 두번째 침자는 종리브 번호(국내 표준형1,2,3 유럽 표준형 4,5)¹⁴⁾, 세번째 침자는 좌우를 나타낸다.

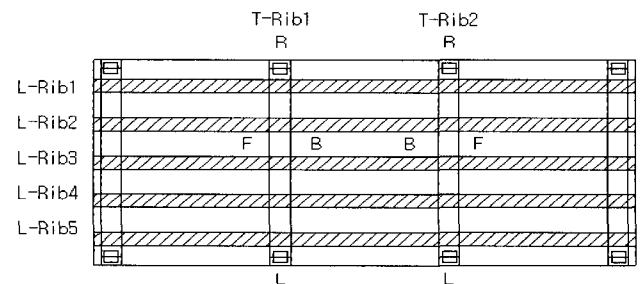


그림 8 균열 구분 기호

피로 실험에서의 주요 균열은 모두 횡리브 응력 집중부에서 발생하였다. 주로 면외력이 많이 작용하는 횡리브 2에서 발생하였으며, 횡리브 1의 경우에는 WH1-5-L위치에서 변형을 측정치에 의해 피로균열이 발생된 것으로 판단되었다.

가장 먼저 발생한 균열은 WH2-1-R이었고 97만회에서 발생하였다. 발생시 균열 길이는 16mm였고, 횡리브 모재와 용접부 끝단 그라인딩을 실시한 부분에서 시작되었으며, 용접선을 따라 253만회에서 62mm까지 진전되었다. 실험 결과로부터 이 곳의 후처리 정도가 피로균열에 상당히 영향을 미치는 것으로 판단된다. 두번째 균열은 WH2-5-L이고 102만회에서 발생하였다. 이 균열은 유럽형 상세의 상부 곡률부 끝단에서 발생하였으며, 횡리브 모재를 따라 용접선과 평행하게 67mm까지 진전되었다. 세번째 균열은 WH2-3-L이고 116만회에서 발생하였다. 이 균열은 여타 균열과는 다르게 용접선을 따라 진전된 것이 아니라 상향 10°각도로 복부판을 향해 진전되었고, 150만회에서 37mm 균열이 진전된 후 21mm 스태플을 천공하였다. 그림 9는 용접선을 따라 진전된 균열의 형상이며, 그림 10은 모재 쪽으로 진전되어 스태플을 천공한 모습이다.

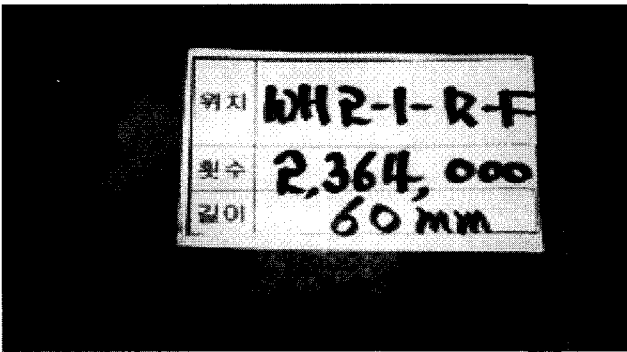


그림 9 WH2-1-R 균열

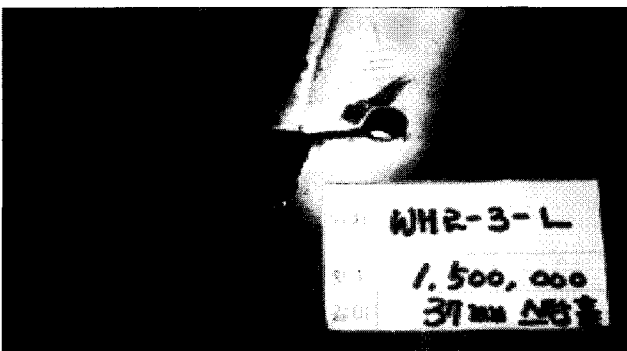


그림 10 WH2-3-L 스태플 천공

피로실험 결과 면내력이 주로 작용하는 횡리브 1의 경우에는 피로균열이 발생하지 않았고, 피로강도가 C등급 이상인 것으로 보인다. 이에 비해 면외력이 많이 작용하는 횡리브 2의 경우에는 그림 11과 같이 C등급에 만족하는 것, C와 D등급 사이에 있는 것, D등급 이하 등 다양하게 수명이 산정되었다.

3. 최적상세 도출을 위한 기본모델 해석

앞서 연구된 3차원 실물모형체의 피로실험의 결과와 기존모델을 바탕으로 6가지 모델을 선정하여 각 기본하중하의 최대주응력과 응력분포현상을 분석하여 최적의 형상을 찾자 한다.^{1),2)} 그러나 뒤틀림 유발 피로균열은 면외변형에 의한 이차적인 응력에 의해 유발되며 이와 같은 균열은 현재의 해석방법으로 정확한 산정이 불가능한 상황이므로 벌크헤드 플레이트의 적용으로 인한 뒤틀림 억제와 최대주응력을 줄이는 상세를 찾는 것을 변수해석의 목표로 설정하였다. 기본 해석모델의 형상은 표 2와 같고 하중재하 위치는 그림 12와 같다.

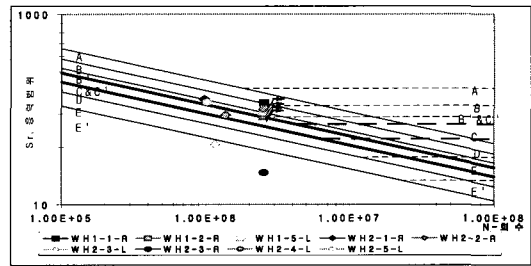


그림 11 피로 실험 결과

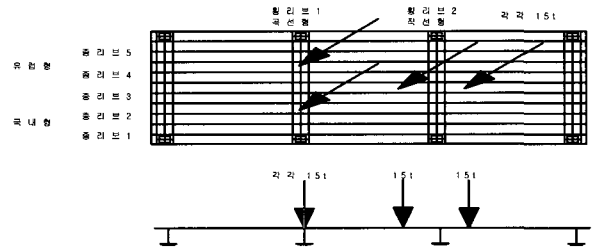


그림 12 하중 위치

표 2 기본해석 모델의 단면 형상

구분	단면 형상	비고
1		국내 표준 상세 벌크헤드 플레이트 미부착
2		유럽 표준 상세 벌크헤드 플레이트 미부착
3		국내 표준 상세 직선형 벌크헤드 플레이트 부착
4		국내 표준 상세 곡선형 벌크헤드 플레이트 부착
5		유럽 표준 상세 직선형 벌크헤드 플레이트 부착
6		유럽 표준 상세 곡선형 벌크헤드 플레이트 부착

표 3 모델별 최대주응력 및 비율

구 분	최대주응력(kgf/cm ²)	비고
1	1066.65	
2	943.57	88.5 %
3	729.99	68.4 %
4	670.99	62.9 %
5	803.06	75.3 %
6	742.30	69.6 %

표 3에서 비고는 모델 1번과의 비율이다. 벌크헤드 플레이트의 유무에 따라 응력값은 약 15%~30%까지 감소하는 것을 알 수 있었으며, 곡선형 벌크헤드 플레이트를 부착한 국내형 표준단면의 형상이 가장 작은 응력값을 가지는 것을 알 수 있었다.

4. 세부변수 해석

4.1 횡리브 간격과 높이 변화에 따른 검토

종리브와 횡리브의 교차연결부에 발생하는 응력집중 현상을 감소시키기 위한 방법으로 횡리브의 간격 및 높이의 변화에 따른 응력 경향을 알아보기 위하여 간격(G)과 높이(H)를 변수로 해석을 실시하였다. 그림 13과 14 결과에서 알 수 있듯이 횡리브의 간격을 G=250cm를 300cm로 늘릴 경우에도 4%내외만의 응력 증가로, 횡리브 간격을 넓혀 강제절감의 효과를 기대할 수 있을 것으로 판단된다.

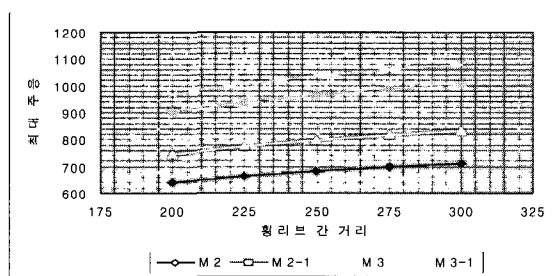


그림 13 횡리브 1층 주응력 변화

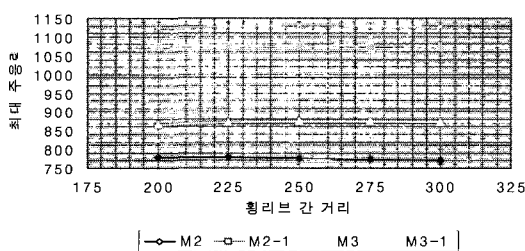


그림 14 횡리브 2층 주응력 변화

4.2 횡리브의 높이 변화 및 강성치에 대한 검토

그림 16과 단면 2차 모멘트 값이 동일한 횡리브 높이에 따른 응력변화를 나타낸 것이다. 해석 결과인 그림 4.3에서 보는 바와 같이 두 모델을 기본 모델과 비교한 결과 횡리브-종리브 연결부의 주응력 발생은 휨강성에 의한 것보다는 복부판의 높이의 변화가 지배하고 있음을 알 수 있다. 따라서 횡리브 복부판의 높이를 변수로 한 해석 및 분석 결과가 최적 상세를 도출하기 위해 적용된다.

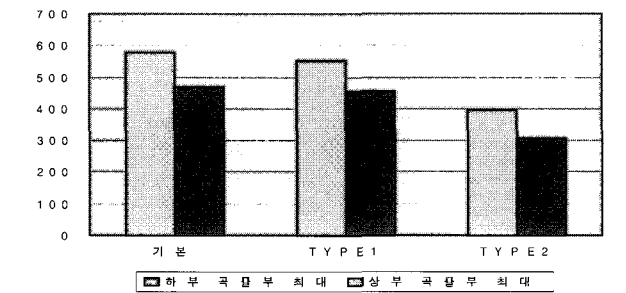


그림 15 TYPE별 주응력 비교

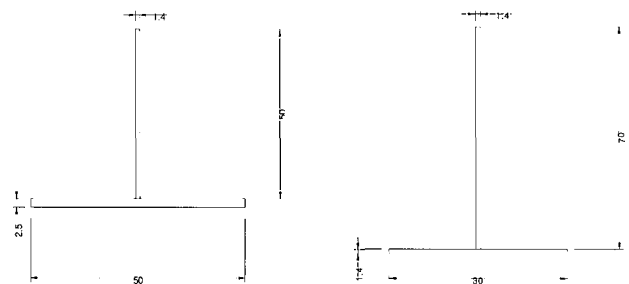


그림 16 TYPE 1

그림 17 TYPE 2

4.3 벌크헤드 플레이트의 면적변화

벌크헤드 플레이트의 상하 곡률을 곡률 R=50cm로 고정하고 면적이 전체 응력에 미치는 영향을 알아보기 위하여 벌크헤드 플레이트의 면적 A=0~522cm²까지 변화시키며 그 응력값을 관찰하였다. 그림 9에서 보듯이 벌크헤드 플레이트의 크기가 커질수록 그 응력값이 감소함을 알 수 있었다. 벌크헤드 플레이트의 크기가 커지면서 횡리브의 면의변형에 대한 강성이 커지고 또한 종리브와 용접부의 길이가 길어지므로 그에 따른 전단응력의 감소효과가 전체적인 응력값을 경감시키는데 큰 역할을 하는 것으로 판단된다.

4.4 벌크헤드 플레이트의 곡률변화

벌크헤드 플레이트의 면적 A=417cm²을 기준으로 상·

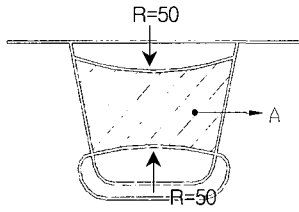


그림 18 벌크헤드 크기 변수 A

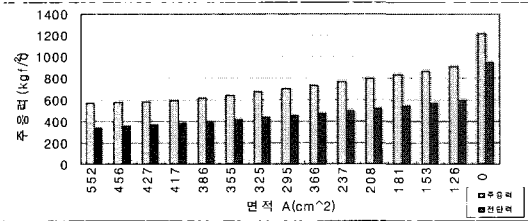


그림 19 면적변화에 따른 응력 변화

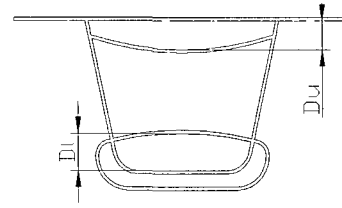


그림 22 위치 변화 변수 Du

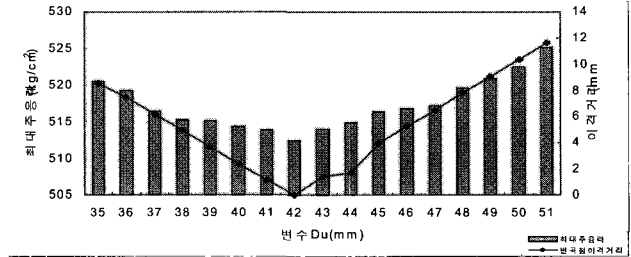


그림 23 변수 Du에 따른 최대 주응력 변화

하부의 곡률을 변화시키며 그 응력 값을 관찰하였다. 해석 결과 그림 21에서와 같이 상·하부곡률 R=38cm에서 가장 작은 응력값을 보였다. 이는 동일한 면적을 가지는 직선 벌크헤드 플레이트 적용시에 비하여 약 8.3%의 응력 감소 효과가 있으며, 상·하부 곡률 R=60cm와 비교하여 약 3%의 응력 경감 효과가 있는 것으로 판단되었다.

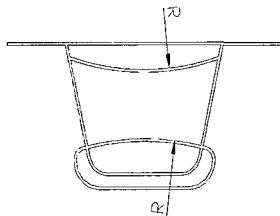


그림 20 상·하부 곡률변수 R

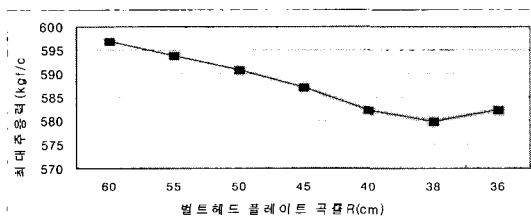


그림 21 변수 R에 따른 최대주응력 변화

4.5 벌크헤드 플레이트의 위치변화

벌크헤드 플레이트의 면적 A=417cm²이고 상·하부 곡률 R=38cm인 상세를 대상으로 벌크헤드 플레이트 부착 위치를 변수로 한 해석을 실시하였다. 해석결과 그림 23의 그래프에서와 같이 벌크헤드 플레이트와 바닥판의 이격거리 42mm에서 가장 유리한 것으로 판단되었다.

4.6 하부 스켈립의 곡률변화

하부 스켈립의 상, 하부 곡률을 변화시키며 해석을 수행하였다. 상부곡률 R1=1.5cm~4.0cm까지, 하부곡률 R2=4.0cm~8.0cm까지의 범위를 고려하였다.

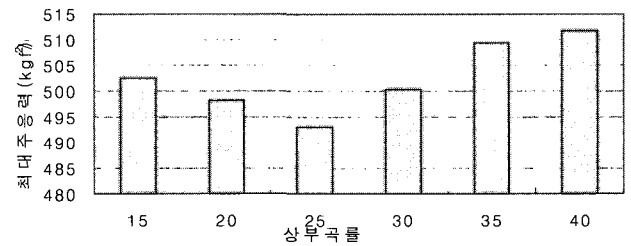


그림 24 변수 R1에 따른 응력 변화

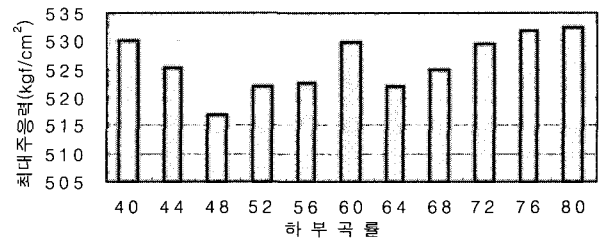


그림 25 변수 R2에 따른 응력 변화

5. 최적상세의 선정과 적용

3차원 실물 모형체 실험과 세부변수 해석을 통하여 얻어진 최적 상세는 다음 표 4와 같다.

표 4 현행 기준상세와 개선상세의 비교

	현행표준	추천안
횡리브 상세		
횡리브 높이(H)	50cm	70-90cm
횡리브 간격(G)	200-250cm	300-500cm
벌크헤드 플레이트 곡률(R)	없음	R=3.8cm
벌크헤드 플레이트 면적(A)	없음	A=410-450cm ²
벌크헤드 플레이트 위치(Du)	없음	바닥판으로부터 4.0-4.5
스캐럽 상부곡률(R1)	2.0cm	2.0-2.5cm
스캐럽 하부곡률(R2)	6.8cm	4.8cm

이러한 개선된 상세의 적용시 강바닥판교의 종리브-횡리브 교차연결부에서 발생하는 응력을 약 50%까지 획기적으로 감소시킬 수 있을 것으로 판단된다.

표 5 횡리브 간격에 따른 응력 변화

구분	횡리브 간격 (cm)	최대주응력 (kg/cm ²)	횡리브 개수	비교
1	250	2202	4	기준
2	300	1044	3.3	47.4%
3	350	1096	2.9	49.8%
4	400	1157	2.5	52.5%
5	450	1195	2.22	54.3%
6	500	1226	2	55.7%

이러한 응력의 감소는 횡리브 간격을 현재 기준인 200cm ~250cm보다 더욱 증가시킬 수 있을 것으로 판단되어 횡리브 간격에 따른 응력 변화 추이를 관찰하기 위하여 바닥판 10m를 기준으로 횡리브의 간격을 변화시켜 해석을 실시하였다. 해석결과 개선상세의 적용시 횡리브 간격을 500cm까지 증가시키더라도 발생응력은 오히려 감소하는 것을 알 수 있었다. 위의 결과로 벌크헤드 플레이트의 설치가 면외 변형에 의한 응력발생 억제에 매우 효과적임을 다시 한번 확인할 수 있었다. 그러나 횡리브의 면내거동과 면외거동의 응력비는 하중조건, 구조물의 형상, 횡리브의 강성 등에 따라 달라진다. 그러므로, 횡리브와 하중작용점의 상대적인 위치에 따른 응력경향을 파악하기 위하여 개선상세를 적용한 횡리브 간격 G=300, 400, 500cm의 모델을 대상으로 하중 작용점의 위치를 모델 중앙에서부터 종방향으로 이동시키며 해석을 수행하였다. 하중작용점은 50cm간격으로 250cm까지 증가시키며 수행하였다.

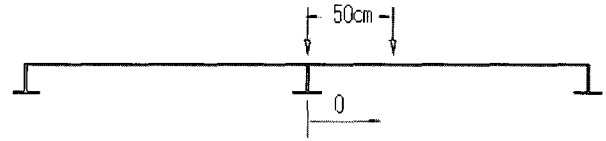


그림 26 종방향 하중 재하 위치

해석결과 하중의 작용점 변화에 따른 횡리브의 응력변화는 매우 미비함을 알 수 있었다. 그러나 횡리브 간격 G=500cm모델에서는 다른 모델의 경우와 비교하여 예상치 못한 응력 경향을 보이고 있다. 그러므로 횡리브의 간격 G=500cm의 적용시 좀 더 면밀한 검토가 필요할 것으로 사료된다.

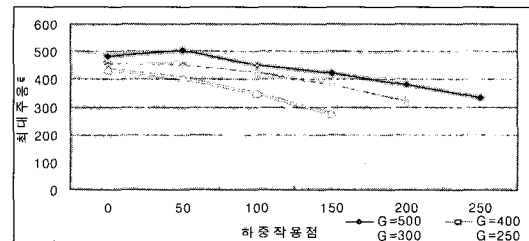


그림 27 U-Rib1 응력변화

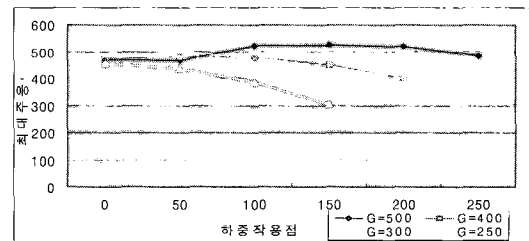


그림 28 U-Rib2 응력변화

표 6 횡리브 간격 변화에 따른 강재량 및 용접길이

간격 (cm)	높이 (cm)	강재량 (tonf)	용접길이 (m)	강재량 비율	용접 길이 비율
G=250	50	73.64	59.36		
G=300	70	74.81	51.67	101.6%	87.0%
G=350	70	72.53	45.35	98.5%	76.4%
G=400	70	70.43	39.03	95.6%	65.8%
G=450	70	68.89	35.13	93.6%	59.2%
G=500	70	67.68	32.12	91.9%	54.1%

이러한 횡리브 간격의 증가는 강바닥판의 제작시 용접량과 강재량의 절감으로 이어진다. 표 6은 횡리브 간격 변화에 따른 용접길이 및 강재량의 비율을 나타내고 있다.

해석 결과와 같이 횡리브 간격을 250cm에서 500cm

로, 횡리브 높이를 50cm에서 70cm로 증가시킬 경우 강재량의 감소량은 약 8%정도로 별 차이가 없지만, 용접길이가 기존의 54.1%로 크게 감소되어 강바닥판의 제작시 인건비 및 기계용접에 따른 시간 절약으로 획기적인 원가 감소요인이 될 것으로 판단된다.

6. 결론 및 추후연구 과제

3차원 실물모형 대상의 실내 실험과 유한요소 해석의 결과 완전 용입 용접과 상부 스킵업의 제거, 그리고 벌크헤드 플레이트에 관한 효율성이 입증되었다. 벌크헤드 플레이트의 설치시, 설치하지 않은 경우와 비교하여 약 15~30%의 응력 경감 효과를 보였으며, 직선형보다는 곡선형 벌크헤드 플레이트를 설치하는 것이 발생응력을 약 20%감소시키는 것을 알 수 있었다. 설치되는 벌크헤드 플레이트의 형상은 410~450cm²의 면적을 가지며, 상, 하부 곡률은 68cm를 유지하는 것이 적당할 것으로 판단된다. 설치되는 벌크헤드 플레이트의 위치는 바닥강판으로부터 약 40mm이격후 설치하는 것이 바람직하며, 하부스킵업의 곡률은 상부 2.0~2.5cm 하부 4.8cm의 모델에서 가장 유리한 것으로 나타났다. 이러한 개선된 상세의 적용은 기존의 국내 상세 적용시와 비교하였을 때 그 발생응력을 약 50%까지 경감시킬 수 있는 것으로 판단되었다. 이러한 응력의 감소효과로 인하여 강바닥판의 제작시 횡리브의 간격을 지금까지 국내에서 시공되었던 여러 강바닥판 교량들의 횡리브 간격인 200~250cm보다 더욱 증가시킬 수 있을 것이다. 실제 유한요소 해석을 통한 모델링에서 개선상세의 적용후 횡리브의 간격을 500cm까지 증가시키더라도 발생하는 최대응력은 큰 폭으로 감소하는 것을 알 수 있었다. 횡리브의 간격을 500cm까지 증가시킬 경우 강바닥판의 제작시 기존의 강바닥판과 비교하여 사용되는 강재량은 91.9%로 절감되며, 용접 길이는 54.1%까지 줄어들어 제작원가 절감에 획기적인 요소로 작용될 것으로 판단된다. 또한 이러한 용접길이의 감소는 강바닥판에서 가장 빈번하게 발생하는 용접결함과 용접부위에서의 피로균열문제를 해결하는 것에도 중요한 역할을 할 것으로 기대된다. 그러나 벌크헤드 플레이트의 설치시 용접작업의 어려움과 횡리브와 하중점의 상대적인 위치에 따른 문제 등 아직 해결해야 할 사항들이 많이 남아 있으므로 이에 대한 지속적인 연구가 필요할 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 2002년도 한국학술진흥재단의 연구비에 의하여 연구되었기에 이에 깊은 감사를 드립니다.
(KRF-2002-003-D00369)

참고 문헌

1. 공병승 "U-Rib 상세 변화에 따른 강바닥판 교량의 피로해석 및 최적설계방안 연구(I,II)" 대한 건설 환경학회지, 2003
2. 삼성기술연구소 "강바닥판교의 설계 및 시공성 향상 방안 연구", 2002
3. 엄원옥 "강바닥판의 윤하중에 의한 거동연구" 국민대학교 석사학위 논문, 1998
4. 이재혁 "강바닥판의 데크플레이트 - 종리브 - 횡 리브 용접교차부에 대한 피로강도실험" RIST 연구 논문, 1999
5. 최동호 "강바닥판 종리브와 횡리브 교차부의 피로 거동에 대한 종리브내 다이아프램의 영향" 한 국강구조학회 논문집, 2000
6. 경갑수 "영종대교에서의 강상판 용접시공시험" 한국강구조학회 논문집, 1998
7. 신공항 고속도로 주식회사 "인천국제공항 고 속도로 영종대교 강상판의 설계기준 변경관련 재설계 구조계산서 (1/3)(현수교), 1998
8. 한국강구조학회 "광안대교 피로설계 검토보고서", 1997
9. 건설교통부 "강도로교 상세부 설계지침", 1997
10. 한국 강구조학회 "강구조 편람 제4권 강도 로교의 설계", 1998
11. 한국도로교통협회 "도로교 설계 시준", 2000
12. 대한 토목학회 "도로교 표준 시방서", 1996
13. Paul A. Tsakopoulos, John W. Fisher "Williamsburg Bridge Replacement Othotropic Deck As-bult Full-Scale Fatigue Test" ATLSS Report No. 99-02, 1999
14. European Coal & Steel Community, "Measurements and Interpretation of Dynamic Loads on Bridges-Phase 4-Fatigue Strength of Steel Bridges.", 1995
15. European Coal & Steel Community Eurocode 3 Part 2-Steel Bridges-Design of Orthotropic Steel Decks", 1999