주행차량에 따른 개단면 강바닥판 교량의 국부거동 특성

Characteristic of Local Behavior in Orthotropic Steel Deck Bridge with Open Ribs according to Running Vehicle

이 성 진¹⁾ · 경 갑 수^{2)†} · 박 진 은³⁾ · 이 희 현⁴⁾
Lee, Sung Jin Kyung, Kab Soo Park, Jin Eun Lee, Hee Hyun

요약 : 강바닥판 교량은 비교적 얇은 강판이 사용되며, 가로·세로리브 및 가로보 등의 구조부재가 용접에 의해 복잡한 형상으로 조립되므로 용접에 의한 변형과 결함이 발생할 가능성이 매우 높고, 용접연결부에서의 응력 상태가 매우 복잡하다. 또한 실제 강바닥판 교량에서의 피로균열은 주부재보다 2차부재와의 용접연결부에서 발생되고 있다. 그러나 강바닥판교량 설계시에는 대부분 주부재에 대한 응력 평가가 이루어지고 있으며, 피로균열이 발생하는 구조상세에 대한 상세 응력 평가 및 특성 분석은 거의 검토되고 있지 않다. 본 연구에서는 공용년수 29년 된 개단면 세로리브를 가진 강바닥판을 대상으로 피로균열의 원인을 조사하고, 재하시험 및 실험통류 흐름하에서의 현장계측을 통하여 대상 교량의 피로안전성을 검토하였다. 또한 피로균열이 발생된 세로리브 및 다이아프램의 용접부를 대상으로 격자해석 및 상세해석 모델을 사용하여, 이들 구조상세에 대한 영향면해석을 이용하여 이동하중에 따른 거동 특성을 조사하고, 대상교량의 피로균열 발생 원인을 규명하였다.

ABSTRACT : The orthotropic steel deck bridge made by using relatively thin steel plate, and structural members such as transverse and longitudinal ribs, cross beam, etc. in the bridge are fabricated with complex shape by welding. Therefore, the possibility occurring deformation and defects by welding is very high, and stress states in the welded connection parts are very complex. Also, the fatigue cracks in orthotropic steel deck bridge are happening from the welded connection parts of secondary member than main member. However, stress evaluation for main members is mainly carried out in the design process of the bridge, detailed stress evaluation and characteristic analysis is not almost reviewed in the structural details which fatigue crack occurred. For the orthotropic steel deck bridge with open ribs which has been serviced for 29 years, in this study, the cause of fatigue crack is investigated and the fatigue safety of the bridge is examined based on field measurement by the loading test and real traffic condition. Also, structural analyses using grid model and detailed analysis model were carried out for the welded connection parts of longitudinal rib and diaphragm that fatigue crack occurred. Additionally, the behavior characteristics due to running vehicles were investigated by using influence area analysis for these structural details, and the occurrence causes of fatigue crack in the target bridge were clarified.

핵심 용어 : 강바닥판교량, 국부거동, 피로손상, 피로거동, 주행차량

KEYWORDS : orthotropic steel deck bridge, local behavior, fatigue damage, fatigue behavior, running vehicle

1. 서론

바닥판은 교통하중을 직접 지지하여 하중을 주거더나 주구조에 전달하는 역할을 한다. 바닥판의 대표적인 예로는 보통 중소지간의 교량에 흔히 사용되는 철근콘크리트 바닥판과 장대교에 사용되는 강바닥판이 있으며, 그 외에 프리캐스트 바닥판, 강판과 콘크리트의 합성바닥판 등이 있다.

강바닥판의 구조는 강바닥판을 세로리브와 가로리브로 보강

한 구조로 가로리브를 관통하여 세로리브를 배치하는 형태를 취하고 있다. 세로리브는 교축방향으로 배열되어 구조계에 작용하는 하중에 저항할 수 있게 된다.

강바닥판을 지지하는 세로리브는 개단면형과 폐단면형으로 분류된다. 현재 사용되고 있는 것의 대부분은 평강, 벌브플레이트와 U리브이다. 특히 U리브는 가로리브 간격을 길게 할 수 있기 때문에 강바닥판의 주류를 이루고 있다(한국강구조학회, 2007).

한편, 국내에서는 1973년에 준공된 남해대교를 시점으로 강바

1) 한국해양대학교 토목공학과, 박사과정(1983sasins@paran.com)

2) 교신저자. 한국해양대학교 토목공학과 교수, 공학박사

(Tel: 051-410-4464, Fax: 051-403-3762, E-mail: kyungks@hhu.ac.kr)

3) 나고야대학 사회기반공학과 박사과정(pje1101@naver.com)

4) (주)씨티씨 대표이사, 공학박사(lhh@ctceng.co.kr)

본 논문에 대한 토의를 2012년 8월 31일까지 학회로 보내주시면 토의 회답을 게재하겠습니다.

다판이 사용되기 시작하였으며(건설교통부, 2005), 최근 시공기술의 발전과 사회적 요구에 따라 강바닥판의 사용실적이 늘어나고 있는 실정이다. 그러나 강바닥판 구조는 비교적 얇은 강판을 사용하여 가로·세로리브 및 가로보 등이 용접에 의해 조립되는 구조이므로 연결부 등의 구조상세에서의 응력 상태가 매우 복잡하고, 긴 경간장과 상대적으로 작은 강성으로 인해 상부 구조물의 진동이 크기 때문에 용접연결부의 결함과 변형 등이 발생할 가능성이 매우 높다(三木, 2005). 또한 현재 공용중에 있는 교량의 경우는 교통량의 증가와 차량 하중의 증가로 높은 변동응력이 발생되므로 피로손상의 발생 가능성이 더욱 커질 것으로 예상된다.

이러한 강바닥판의 피로손상이 문제가 되면서 국내에서도 강바닥판 구조상세에 대한 피로실험(RIST, 1999) 및 구조해석(신동호, 2006; 박경진, 2007; 선창원, 2008)등의 연구가 이루어지고 있으나 대부분 표준형 U리브를 대상으로 한 연구가 이루어지고 있을 뿐, 강바닥판 건설 초기의 개단면 리브 형식에 대한 연구는 이루어지지 않고 있다. 또한 실제 교량에서의 피로균열은 세로리브 용접연결부 등과 같은 2차부재의 국부상세에서 발생하는데(일본도로협회, 2004), 교량의 설계 시에는 주부재의 영향선해석에 의한 응력검토만 이루어지고 있어 2차부재 등에 대한 피로평가는 거의 검토되고 있지 않다.

본 연구에서는 29년의 공용년수를 갖는 개단면 리브 형식의 강바닥판 교량을 대상으로 피로균열의 발생 원인을 조사하고, 재하시험 계측을 통하여 대상구조상세의 거동 특성을 분석하고자 한다. 이를 위하여 연구에서는 피로균열이 발생된 세로리브 및 다이아프램의 용접부를 대상으로 격자해석 및 상세해석

을 실시하고, 강바닥판에 대한 영향면해석을 이용하여 하중 이동에 따른 강바닥판의 국부 거동 특성 및 대상교량의 피로균열 발생 원인을 규명하고자 하였다. 또한 주요 구조부재에 대해 교통류 흐름하에서의 응력빈도 계측을 실시하여 잔존 피로수명을 예측하고, 대상교량의 피로안전성을 검토하였다.

2. 대상교량의 개요 및 피로균열 이력현황

2.1 대상교량의 제원 및 특성

연구의 대상교량은 고속도로에 위치하며 1981년 준공된 강바닥판교량으로서 총경간수는 20개로, 18경간의 본교와 본교의 양측에 단순경간의 육교로 구성되어 있다. 이 교량은 길이 252.9m(=3@84.3)의 3경간 연속교 및 양측에 0.45m의 신축이음부로 구성되어 있다. 또한 현장계측을 실시한 구간인 종점측 3경간 연속부는 기존교량을 신축·개량하여 4차선에서 8차선으로 확장하였다. 대상교량의 단면 제원을 그림 1에 나타내었다.

2.2 대상교량의 피로균열 현황

기존 보고서(한국도로공사, 2000, 2005)에 따르면 대상교량은 DB-18로 설계되어 있으며, 중차량 통행이 많아 다수의 균열이 발생한 것으로 보고되고 있다. 대상교량에서의 피로균열은 주로 브레이싱, 다이아프램 및 가로보 등의 2차부재의

(a) 시점측 단면제원(재하시험 계측단면)

(b) 종점측 단면제원(교통류 흐름하의 계측단면)

그림 1. 대상교량 단면 제원

용접부에서 발생하였다. 또한 2010년의 정밀안전점검(한국도로공사, 2010)에서 세로리브 용접부 및 다이아프램 용접부에서 다수의 균열이 추가로 발견된 것으로 보고되어 있어, 피로 균열을 방지할 경우 피로균열이 주부재로 진전할 가능성이 있으므로 적절한 균열보수가 필요할 것으로 판단된다. 그림 2에 대상교량에서의 대표적인 피로균열 사례를 나타내었다.

그림 2. 피로균열 사례

그림 2(a)~(b)에 세로리브 개구부 모서리와 다이아프램 용접연결부에서 피로균열이 발생하여 아래방향으로 진전된 피로 균열을 나타내었다. 그림 2(c)에 수평보강재와 다이아프램 용접연결부에서의 피로균열의 개요, 그림 2(d)에 다이아프램 개구부 절단 모서리부에서 상향 45°방향으로 진전한 피로균열 및 수평보강재 스킵 용접부에서 시작되어 다이아프램으로 진전한 피로균열의 다른 사례를 나타내었다. 대상교량의 박스 내부의 다이아프램은 4개의 판을 용접하여 제작되었는데 그림 2(e)에 나타난 것과 같이 일부 다이아프램 용접부에서 피로균열이 발견되었다. 그림 2(f)에 다이아프램 전·후방측 복부판에 길이 6cm의 피로균열이 발견되었다. 이 균열은 다이아프램 스킵부의 용접지단부에서 피로균열이 발생하여 주부재인 복부판으로 진전된 것으로, 방지할 경우 균열이 진전되어 하

부 플랜지로 진행될 가능성이 있으므로 조속한 보수·보강이 필요할 것으로 판단된다. 이 피로균열은 기존의 외국보고에 의하면 박스거더의 박판부재인 복부의 면외진동에 기인하여 발생된 것으로 보고되고 있다(日本土木學會, 1996).

본 연구에서는 이들 균열 가운데 강바닥판의 거동 특성과 관련이 있는 세로리브 용접부 및 다이아프램 용접부에서의 피로균열만을 대상으로 한다.

3. 재하시험 계측 개요

대상교량의 재하시험은 시험차량 재하에 따른 대상교량의 전체적인 구조거동 특성을 조사하기 위하여 그림 1(a)에 나타난 것과 같이 3경간 중 시점측 측경간에 대해서 실시하였다. 재하차량은 총중량이 각각 312.9kN, 292.6kN 인 2대의 덤프트럭을 사용하였으며, 재하차량의 축중 및 제원은 표 1 및 그림 3과 같다. 처짐계 및 변형률센서 부착위치는 그림 4에 나타난 것과 같으며, 측정은 3경간 연속교 중 측경간 정모멘트부를 대상으로 하였다.

대상교량의 교통류 흐름하의 계측은 관련 자료를 통해 세로리브 및 가로리브 등에서 균열이 확인된 대상 구조상세인 G3R4 및 G4R1(그림 4 참조)을 포함한 종점측 중앙경간 지간 중앙부를 대상으로 실시하였다. 이 계측은 대상교량의 국부적 거동 특성을 조사하기 위하여 실시되었으며, 측정방법은 통행차량의 주행속도 및 교통량 등을 고려하여 2시간씩 1일 3회에 걸쳐 측정하였다. 그림 5에 교통류 흐름하 계측을 위한 계측센서의 위치를 나타내었다. 센서 부착위치는 차선과 통과 차량의 차축 위치 등이 구조거동에 미치는 영향 및 구조해석에서 각 하중재하의 영향을 고려하여 결정하였다.

표 1. 재하차량 중량(kN)

	First Axle	Second Axle	Third Axle	Gross Weight
A 트럭	59.1	126.9	126.9	312.9
B 트럭	66.2	113.2	113.2	292.6

그림 3. 재하차량 제원

그림 4. 재하시험에서의 센서부착 위치

(a) 센서부착 위치

(b) 상세 센서부착 위치

그림 5. 교통류 흐름하 예측에서의 센서 부착위치

사용한 격자구조 모델, 그림 6(b)에 빔요소와 판요소를 병행하여 모델링한 상세구조해석 모델을 나타내었다. 빔요소와 판요소는 Rigid Link를 사용하여 연결하였으며, 상세구조모델에서 판요소의 최소 크기는 5mm로 분할하여 구조해석을 실시하였다.

(a) 격자구조 모델

(b) 격자구조와 판요소를 결합한 모델

4. 구조해석에 기초한 대상교량의 거동 특성 분석

일반적으로 격자해석에서의 영향면 해석은 주거더를 대상으로 한다. 그러나 앞에서 기술한 것과 같이 실제 피로균열은 국부거동의 영향을 받는 2차부재에서 대부분 발생하고 있는 것으로 보고되고 있다. 그러므로 본 연구에서는 대상교량의 조사대상 구조상세에서 최대응력이 발생하는 재하위치를 선정 한 후, 교축방향 및 교축직각방향 재하위치 변화에 따른 응력 특성 및 구조거동을 상세해석에 기초하여 평가하였다.

4.1 시험차량 하중을 사용한 구조해석 모델 검증

재하시험 계측결과와 구조해석 결과와의 비교를 통하여 구조해석 모델의 타당성을 검증하였다. 구조해석은 범용 유한요소 프로그램인 MIDAS Civil 2009를 사용하였다(MIDAS Information Technology, 2009). 그림 6(a)에 빔요소를

(c) 판요소 모델

(d) G3R4 상세(원형표시부분) (e) G4R1 상세(원형표시부분)

그림 6. 재하시험에서의 구조해석 모델

구조해석의 경계조건은 그림 6(a)와 같이 대상교량의 경계조건을 적용하였으며, 하중은 표 1 및 그림 3의 재하시험시 사용한 트럭 하중을 사용하였다. 구조해석에서의 재하하중은 그림 4의 실제 계측과 같이 재하트럭을 동시에 병행 주행시키는 영향선 재하를 실시하였다. 이로부터 주거더에서 최대 처짐 및 최대 단면력이 발생하는 하중재하 위치를 도출하였다.

격자구조 모델 및 상세구조 모델을 사용한 해석에서 영향선 재하에 의해 산출된 구조해석 결과와 20km/h 주행 하에서의 실제측 결과를 정리하여 표 2에 나타내었다. 그림 7에 재하차량을 이용한 주행시험(20km/h) 및 격자구조해석에서 얻어진 거더의 변위, 그림 8에 재하시험 및 구조해석에서 얻어진 변위의 횡분배를 나타내었다.

재하시험에서의 계측변위 분석결과, 정적 최대처짐은 측경간 중앙에서 나타났으며, 표 2에 나타낸 것과 같이 그림 4에 나타낸 재하차량 위치의 영향에 의해 거더 G4에서 최대 20.31mm의 처짐이 발생하였다. 영향선 재하에 의해 계산된 최대 변위는 격자구조 모델에서 24.63mm, 상세구조해석 모델에서 25.89mm로 나타났다. 구조해석에서의 변위가 계측 변위보다 크게 나타나는 것은 구조해석시 차량의 횡방향 재하 위치의 오차와 포장 및 2차부재(수직보강재, 수평보강재 및 브레이싱)의 구조상세가 모두 모델링 되지 않아 거더의 횡분배 및 전체적인 강성에 영향을 주었기 때문으로 판단된다.

그러나 그림 8에 나타낸 것과 같이 구조해석 및 계측결과에서의 전체적인 횡분배가 유사한 거동을 나타내는 것을 알 수 있다. 이로부터 대상교량에 대한 구조해석은 타당성을 갖고 있는 것으로 판단된다.

표 2. 측경간 거더에서의 계측값과 구조해석의 변위 비교

	거더 G1	거더 G2	거더 G3	거더 G4
계측값	12.03(0.59)	14.53(0.71)	18.38(0.91)	20.31(1.00)
격자해석	16.35(0.66)	19.29(0.78)	22.30(0.91)	24.63(1.00)
상세해석	15.71(0.61)	19.30(0.75)	24.05(0.93)	25.89(1.00)

그림 7. 거더 G4의 변위 곡선

그림 8. 계측 및 구조해석에서 얻어진 변위의 횡분배

4.2 하중위치 변화에 따른 조사대상 구조상세의 거동

4.2.1 설계 재하위치에서의 재하위치 변화에 따른 거동

1) 교축방향 재하위치에 따른 거동

교축방향 재하위치 변화에 따른 구조해석에서는 주행위치에 따라 대상구조상세의 최대응력이 변화하는 것을 고려하여 그림 4의 재하조건을 적용하여 그림 9 및 그림 10과 같이 각 하중 경우에 대해 영향선해석을 실시하였다. 그림 9 및 10에서의 재하차량사이의 간격은 설계기준 등을 고려하여 1.8m로 하였다(대한토목학회, 2008).

교축방향 영향선해석에서의 하중재하는 그림 9 및 10에서 나타낸 것과 같이 대상구조상세인 G3R4 및 G4R1과 시험차량의 전륜까지의 거리 11 및 12가 -2.4m에서 +6.9m까지 이동시키면서 재하하였다, 즉, 총 이동거리 9.3m(전륜 이동거리 4.8m + 총차축 거리 4.5m)를 0.4m 간격으로 이동시키면서 구조해석을 실시하였다. 또한 횡방향 하중 재하위치는 교량 중심으로부터 거리 d1 및 d2를 0.6m, 5.55m 떨어진 위치에 재하하였다.

그림 9. 하중재하 경우(G3R4)

그림 11에 재하차량의 교축방향 이동에 따른 응력변화를 그래프로 나타내었다. 내측 거더에 위치한 G3R4의 경우 G4R1에 비해 축중의 영향이 크지 않은 것으로 나타났으며, 외측 거더에 위치한 G4R1의 경우 재하형식 및 차량대수에 관계없이 축중의 영향을 크게 받아 응력변동 범위가 크게 나타나고 있는 것으로 나타났다. 대상구조상세 G3R4 및 G4R1의 최대응력은 병렬주행일 경우에 38.15MPa, 43.77MPa로써 가장 작게 나타났으며, 단일트럭재하의 경우에 최대응력은 41.93MPa, 49.31MPa로써 가장 크게 발생하는 것으로 나타났다. G3R4보다 G4R1의 최대응력이 크게 나타나는 것은 G3R4의 재하차량 축하중 재하위치가 G4R1보다 더 멀리 떨어져 축중의 직접적인 영향이 적고, 축하중 횡분배 등의 영향에 의한 것으로 판단된다. 한편 G3R4 및 G4R1의 최대응력 발생 위치는 격자해석에서 산출된 주거더 최대응력이 발생하는 위치와 동일한 것으로 나타났다.

또한 그림 11에서 나타낸 바와 같이 거더 전체의 응력은 재하차량 전체 하중의 영향을 받아 장주기의 영향선을 나타내고 있으며, 대상구조상세인 G3R4 및 G4R1은 축중의 직접적인 영향을 받아 국부적인 거동을 하는 것을 알 수 있다.

2) 교축직각방향 재하위치 변화에 따른 거동

그림 12에 교축방향 최대응력이 발생하는 위치에서 재하차량의 교축직각방향 이동에 따른 G3R4 및 G4R1의 응력 변화를 나타내었다. 하중재하는 차량을 교량 중심에서 교량 외측 방향으로 0.05m씩 이동하면서 구조해석을 실시하였다. 그림 12에 나타낸 바와 같이 교축직각방향 재하위치 변화에 따라 최대응력이 크게 변하는 것으로 나타났으며, G3R4는 교량중심부에서 거리 d_1 이 1.57m만큼, G4R1은 d_2 가 1.97m만큼 이동한 경우에 최대응력이 발생하였다. 하중의 교축직각방향 이동에 따른 G3R4 및 G4R1의 최대응력범위는

그림 11. 재하차량의 교축방향 이동에 따른 응력 변화

그림 12. 재하차량의 교축직각방향 이동에 따른 응력 변화

약 90MPa로 매우 큰 것으로 나타났다. 이로부터 대상구조상세는 교축방향의 하중이동에 따른 영향뿐만 아니라 교축직각방향의 하중이동에 따른 영향도 매우 큰 것으로 판단된다.

4.2.2 최대응답 위치에서의 교축방향 재하위치 변화에 따른 거동

그림 13에 교축직각방향 하중이동에 따른 최대응력 발생 위치에서 재하차량의 교축방향 이동에 따른 해석 결과를 나타내었다. 그림 13에서 나타낸 것과 같이 앞에서 얻어진 그림 10의 재하시험 하중조건에 비하여 최대응력이 약 10%정도 증가하였다. 또한 G3R4 및 G4R1의 최대응력범위는 50MPa 및 75MPa로 나타났으며, 이는 대상구조상세의 피로허용응력 범위인 31MPa(한국도로교통협회, 2005)을 상당히 초과하여 피로균열 발생가능성이 높은 것을 알 수 있다.

한편 본 연구의 경우, 최대응력 및 최소응력의 변화는 재하차량 대수에 크게 영향을 받지 않아 재하차량을 동시 재하한 경우나 1대만을 재하한 경우의 응력변화가 거의 유사한 것으로 나타났으며, 하중의 횡분배의 영향이 적은 1대만을 재하한 경우에서 응력이 더 크게 나타났다. 따라서 국부거동의 영향을 받는 구조상세에 대한 피로평가는 1대의 재하트럭을 사용하는 것이 효율적일 것으로 판단된다.

(a) Maximum stress of G3R4

(b) Maximum stress of G4R1

그림 13. 횡방향 최대 및 최소응력 발생 위치에서의 응력 변화

5. 피로수명 및 잔존수명평가 결과

실교통류 흐름하에서 얻어진 실시간 변형률과의 계측데이터를 Rain Flow법에 의하여 빈도해석을 실시하고 이를 토대로 대상교량의 구조상세에 대한 피로평가를 실시하였다. 그림 14 및 그림 15에 실교통류 흐름하에서의 계측을 통해 얻어진 응력시간이력곡선의 일례 및 응력빈도 해석결과의 일례를, 표 4에 피로수명 및 잔존수명 평가결과를 나타내었다. 각 대상 구조상세에 대한 피로수명은 응력범위 히스토그램을 사용하고 Miner 법칙에 기초하여 계산하였으며 cut-off는 20%로 산정하였다. 표 2에서의 피로등급은 도로교 설계기준의 피로범주 및 허용피로응력범위를 적용하였다(한국도로교통협회, 2005). 여기서의 피로수명은 절대적인 물리적 의미를 가지는 것이 아니라 상대적인 피로손상의 개념에 의한 피로수명이다. 따라서 이 개념에 의한 피로수명은 향후 유지관리에서의 유지관리 우선도의 지표로 사용하면 유효할 것으로 판단된다.

그림 14. 응력이력곡선 이력

그림 15. S2의 응력빈도 그래프

대상교량의 주요 구조상세에 대한 피로수명 및 잔존수명을 평가한 결과는 다음과 같다. 그림 14에 나타낸 것과 같이 차량 재하 하중에 대해 국부적 거동에 의한 휨변형 및 비틀림 등에 의한 변동응력 범위가 크게 나타난 다이어그램 용접부(S2) 및 세로리브와 다이어그램 용접부(S6)의 피로수명은 60년, 잔존수명은 32년으로 추정되었다. 이들 구조상세는 기

존의 정밀안전진단에서도 피로균열이 보고되었던 구조상세이므로 주기적인 유지관리를 통해 피로안전성을 확보하여야 할 것으로 판단된다.

표 3. 피로수명 및 잔존수명 평가 결과

No.	피로 등급	허용피로응력 범위	피로수명 (년)	잔존수명 (년)
S1	C	70	775	747
S2	D	49	60	32
S3	E	31	1433	1405
S4	E	31	2350	2322
S5	E	31	264	236
S6	E	31	60	32
S7	D	49	12585	12557
S8	D	49	15453	15425

6. 결 론

본 연구에서 대상교량에 대해 실시한 재하시험 결과 및 교통류 흐름하의 시험 결과, 다음과 같은 결론을 도출하였다.

- (1) 대상교량의 외관조사 결과 피로균열은 DB-18로 설계되어 있어 DB-24 설계하중에 대해서 교량의 여유안전율이 크지 않은 반면 교통량 및 중차량이 매우 많아 균열이 많이 발생된 상태이다.
- (2) 강바닥판에서 국부거동을 하는 구조상세에 대한 교축방향 최대응력 발생 위치는 거더에서의 최대응력 발생위치와 일치하나, 최소응력 발생 위치는 국부거동을 나타내는 구조상세에 대한 교축방향의 영향선 해석에 기초하여 평가하는 것이 타당하다.
- (3) 대상구조상세는 교축방향의 하중이동에 따른 영향뿐만 아니라 교축직각방향의 하중이동에 따른 영향도 매우 큰 것으로 판단된다.
- (3) 국부거동의 영향을 받는 구조상세에 대한 최대응력 및 최소응력의 변화는 재하차량 대수에 크게 영향을 받지 않아 재하차량을 동시 재하한 경우나 1대만을 재하한 경우의 응력변화가 거의 유사한 것으로 나타났으며, 1대의 재하트럭이 이동할 시 영향을 가장 크게 받는 것으로 나타났다.

- (4) 강바닥판 개단면 세로리브의 국부거동은 차량의 재하위치 및 대수에 따라 변형특성 및 국부응력의 크기가 변화하는 특성을 나타낸다. 이러한 거동특성 때문에 강바닥판 피로평가는 트럭하중이 동시에 재하되는 연행하중의 경우보다 1대의 재하트럭에 의해 피로평가를 실시하는 것이 합리적일 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 교육과학기술부와 한국산업기술재단의 지역혁신인력양성사업으로 수행된 연구결과이며, 지원에 감사드립니다.

참고문헌

- 건설교통부(2005) 건설교통통계연보.
 대한토목학회(2008) 도로교설계기준·해설.
 박경진(2007) 세로리브 내부 보강상세에 따른 강바닥판 연결부의 피로거동 특성에 관한 해석적 연구, 석사학위논문, 한국해양대학교.
 선창원(2008) 재하하중에 따른 강바닥판 거동 특성에 관한 연구, 석사학위논문, 한국해양대학교.
 신동호(2006) 강바닥판 구조상세부의 정적거동 및 보강상세에 관한 해석적 연구, 석사학위논문, 한국해양대학교.
 일본도로협회, 박정웅, 박연수, 경갑수 공역(2004) 강교의 피로와 보수보강, 구미서관.
 한국강구조학회(2007) 강바닥판교 Q&A, 구미서관.
 한국도로공사(2000, 2005, 2010) 서부산악동강교 정밀안전진단보고서, 한국시설안전기술공단.
 한국도로교통협회(2005) 도로교 설계기준.
 日本土木學會(1996) 鋼橋における劣化現象と損傷の評価, 土木學會.
 三木千壽, 菅沼久忠, 富津雅幸, 町田文孝(2005) 鋼床版箱桁橋のデッキ キプレート近傍に發生した疲勞損傷の原因, 日本土木學會論文集, 第780卷, 1-70号.
 MIDAS Information Technology Co. Ltd. (2009) *Analysis Reference*.
 RIST (1999) 강바닥판의 데크플레이트 종리브 횡리브 용접교차부에 대한 피로강도실험, RIST 연구논문, 제13권, 제4호.

(접수일자 : 2012. 1. 12 / 심사일 2012. 1. 16 /
 심사완료일 2012. 2. 10)