

하중재하 패턴을 고려한 강바닥판의 정적거동 평가

Evaluation of Static Behaviour of Orthotropic Steel Deck Considering the Loading Patterns

김 석 태^{1)*}

허 영²⁾

Kim, Seok Tae

Huh, Young

Abstract

The deck of steel box girder bridges is composed of deck plate, longitudinal rib, and transverse ribs. The orthotropic steel decks have high possibility to fatigue damage due to numbers of welded connection part, the heavy contact loadings, and the increase of repeated loadings. Generally, the local stress by the repeated loadings of heavy vehicles causes the orthotropic steel deck bridge to fatigue cracks. The increase of traffic volume and heavy vehicle loadings are promoted the possibility of fatigue cracks. Thus, it is important to exactly evaluate the structural behavior of bridge considering the contact loading area of heavy vehicles and real load patterns of heavy trucks which have effects on the bridge. This study estimated the effect of contact area of design loads and real traffic vehicles through the finite element analysis considering the real loading conditions. The finite element analysis carried out 4 cases of loading patterns in the orthotropic steel deck bridge. Also, analysis estimated the influence of contact area of real truck loadings by the existence of diaphragm plate. The result of finite element analysis indicated that single tire loadings of real trucks occurred higher local stress than one of design loadings, and especially the deck plate got the most influence by the single tire loading. It was found that the diaphragm attachment at joint part of longitudinal ribs and transverse ribs had no effects on the improvement of structural performance against fatigue resistance in elastic analysis.

Keywords : Steel box Girder, Orthotropic steel deck, Longitudinal rib, Loading pattern, Structural detail, Fatigue crack

1. 서론

자동차운하중이 직접 재하되는 강바닥판은 비교적 얇은 강판이 복잡한 형상으로 조립됨에 따라 많은 수의 용접을 피할 수 없고, 이로 인해 용접이음부나 노치부 등의 응력집중부에 피로균열이 빈번히 발생하고 있다(三木, 등, 2005).

강바닥판 구조 중에서 피로가 문제로 되는 구조상세부의 응력은 그 영향선 길이가 짧고, 차축마다 1회의 응력변동을 발생시키기 때문에 이 높은 응력빈도도 손상원인의 하나이다. 또 강바닥판에서는 하나의 교량 내에 동일한 구조상세를 다수 가지고 있기 때문에 피로손상이 발생할 경우, 손상개소가 광범위하게 될 가능성이 높다.

한편 현재 공용 중에 있는 교량에서도 교통량의 증가와 차량 하중의 증가로 높은 변동응력이 예상되므로 피로손상이 발생할 가능성이 더욱 커질 것으로 예상된다(三木,

등, 2005).

강도로교 상세부 설계지침(2006)에 의하면 내하력 향상을 위해 가로리브와 교차하는 위치의 세로리브 내부에 다이아프램이나 수직리브에 의한 보강재 등을 설치하도록 제안하였지만 복부판 위치와 다이아프램 위치를 정확하게 일치시키는 것이 곤란하고, 일치시켰다고 하여도 확인할 방법이 없게 되는 문제가 있다. 또한 제작오차는 가로리브와 보강상세 연결부 주위에 급격한 응력 증가를 발생시키게 된다(박경진, 2007).

기존 연구결과에서 피로성능 향상을 위한 세로리브와 가로리브 교차부의 상세 개선을 위한 연구가 일본을 중심으로 진행되었으며, 강바닥판 구조는 교축방향과 교축직각 방향의 강성이 다르기 때문에 하중의 재하위치에 따른 발생응력은 큰 차이를 나타내므로 본 연구에서 제안한 상세에 대한 하중재하 패턴에 따른 연구가 필요하게 되었다. 따라서, 본 연구에서는 피로성능 개선구조 상세검토를

1) 정회원, 수원대학교 대학원 토목공학과 박사수로

2) 정회원, 수원대학교 공과대학 토목공학과 교수

* Corresponding author : kst9090@paran.com 031-222-3007

• 본 논문에 대한 토의를 2011년 4월 30일까지 학회로 보내주시면 2011년 5월호에 토론결과를 게재하겠습니다.

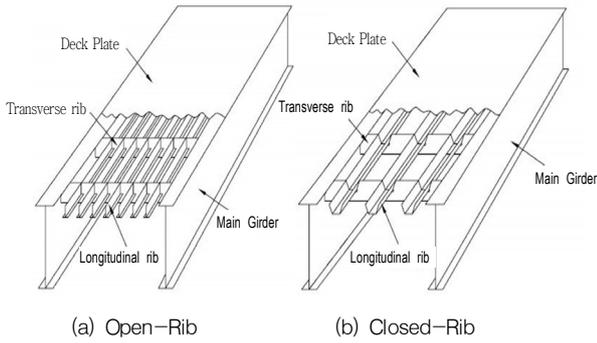


Fig.1 Members of orthotropic steel deck system

위하여 도로교 설계기준(2008)에 명시된 트럭의 차량하중에 대한 설계시 접지면적에 작용되는 하중보다 피로에 더 큰 영향을 미칠 것으로 판단되는 트럭의 전륜 및 후륜의 실제 접지하는 면적을 가정하여 유한요소해석을 실시하였다. 또한, 소형 시험체를 제작하여 피로에 더 큰 영향을 미칠 것으로 판단되는 트럭의 접지면적을 고려하여 강바닥판의 정적거동을 살펴보고 다이어그램의 설치 유무에 따른 세로리브와 가로리브 교차부에서의 보강효과에 대해서 평가하였다.

2. 강바닥판의 거동 특성

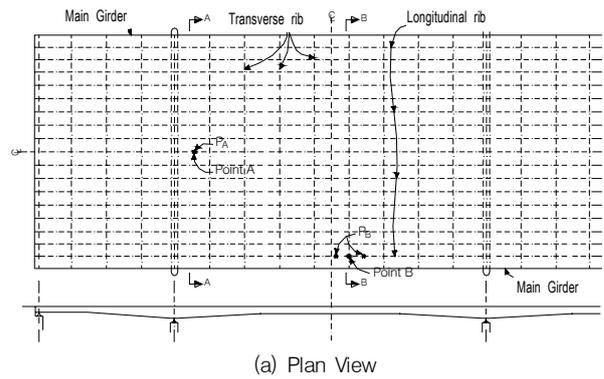
2.1 강바닥판의 기본구조

강바닥판은 Fig. 1과 같이 얇은 강판을 이용한 세로리브와 가로리브가 서로 직교하며 바닥강판을 보강하고 그 위에 포장을 실시하여 주거더가 지지하는 구조형식으로서, 가로리브를 관통하여 세로리브를 배치하는 형태를 취하고 있다. 따라서 강바닥판은 하중을 직접 지지하고 그 하중을 각 리브에 전달하는 역할 뿐만 아니라 세로리브 및 가로리브의 상부플랜지로서의 역할과 주거더의 상부플랜지로서의 역할도 하게 된다.

강바닥판 구조는 세로리브 형태에 따라 크게 개단면 세로리브와 폐단면 세로리브인 경우로 구분할 수 있으며, 최근에는 하중을 직접 받는 차도부에는 주로 U형과 같은 폐단면 세로리브를 배치하고, 보도부의 경우에 개단면 세로리브를 배치하고 있다.

2.2 강바닥판의 구조거동

차량하중을 받고 있는 강바닥판의 응력은 다음과 같이



(b) Nominal stress distribution at A-A Section

(c) Nominal stress distribution at B-B Section

Fig. 2 Two system response according to the P-E Method

교량구조 중에서 바닥판이 경험하는 세 가지 역학적 거동의 중첩된 결과로 발생한다(한국강구조학회, 2006).

- 1) 거동 1: 바닥판은 가로리브에 강결되어 세로리브와 함께 주거더의 상부플랜지로서 거동한다.
- 2) 거동 2: 세로리브, 가로리브 그리고 바닥판이 단위 구조계를 형성하여 발생하는 판(plate)으로 거동한다. P-E법(Pelikan-Esslinger method)에서는 세로리브와 바닥판을 직교이방성판으로 치환하고 가로리브에 의하여 연속적으로 지지되는 구조로 모델링하여 거동 2의 공칭응력을 산정한다.
- 3) 거동 3: 세로리브 및 가로리브 사이에서 윗하중을 직접 지지하고 그 하중을 각 리브에 전달하는 강판의 국부거동을 말한다.

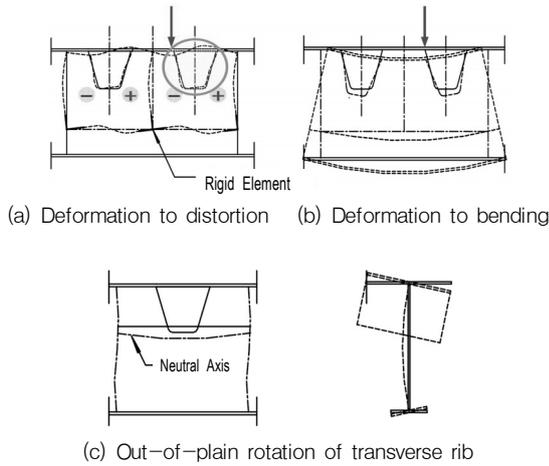


Fig. 3 Local deformation of orthotropic steel deck

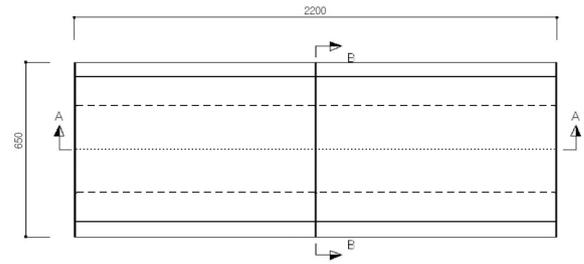
2.3 강바닥판의 국부거동

하중을 받는 강바닥판교의 바닥판 응력은 교량구조 중에서 바닥판의 여러 가지 거동이 조합된 결과로 발생한다. 이들 거동의 결과로 생기는 응력은 서로 상관관계에 있으며, 명확한 이해와 설계상의 편의를 위하여 세 가지 기본 구조 시스템으로 구분한다. 이러한 전체적인 거동(global behavior)과 더불어 피로 취약부인 세로리브와 가로리브 연결부의 가로리브 측에서는 가로리브 내 면내 전단과 휨에 의한 변형, 그리고 세로리브의 면외 비틀림에 의한 가로리브의 면내 변형이 발생된다. 이러한 세 가지 면내 거동에 의하여 세로리브 하단에 압축, 인장이 반복되어 교번되는 응력상태를 보이게 된다(경갑수 등, 2006). 가로리브의 면내거동은 전단과 휨모멘트에 의한 거동이 복합적으로 작용되어 나타나지만, 휨에 의한 인장, 압축 거동보다는 세로리브의 비틀림에 의한 거동이 지배적이다. 이러한 강바닥판의 국부거동을 Fig. 3에 나타내었다.

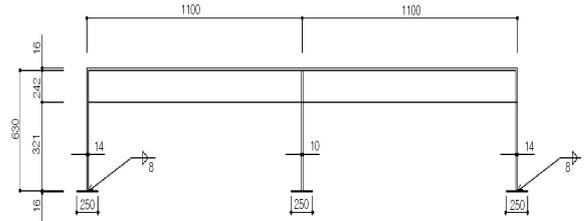
3. 유한요소 해석

3.1 시험체의 구조상세 및 형상

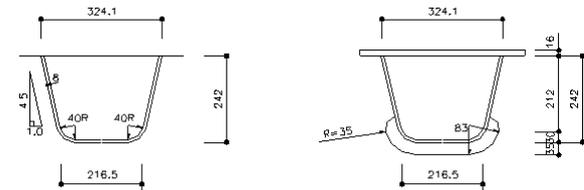
본 해석에서 대상으로 하는 강바닥판 패널은 Fig. 4와 같이 세로리브 1개가 용접된 폭 0.65m, 길이 2.2m의 바닥강판으로 구성되어 있으며, 가로리브의 간격은 1.1m이다. 세로리브 상세는 320×240×8-40mm의 제원으로 세로리브의 두께 8mm, 가로리브의 두께 10mm, 바닥강판의 두께 16mm, 스킵의 곡률반경은 $R1=83\text{mm}$,



(a) Plan View



(b) Elevation



(c) Detail of Longitudinal Rib(B-B Section)

Fig. 4 Test Setup and Specimen Dimensions

$R2=35\text{mm}$ 를 적용하였다.

3.2 유한요소 해석 모델링

실구조물을 가장 근사적으로 묘사할 수 있는 3차원 모델을 사용하였으며, 범용 유한요소해석 프로그램인 MIDAS Civil 2009를 적용하여 4절점 및 3절점 Shell 요소를 사용하여 구조해석을 수행하였다. 대상 시험체의 재료 특성치로 탄성계수는 210GPa, 포아송 비는 0.3을 적용하였으며, 단위중량은 7.85GPa를 사용하였다. 그리고 Shell요소의 Mesh를 2.5mm로 분할하였다.

지점조건으로는 인접한 종방향 거더 사이의 세로리브, 가로리브, 바닥강판으로 이상화한 구조물이므로 세로리브 양측의 종방향 거더가 세로리브에 대한 구속은 단순지지 형식으로 볼 수 있기에 세로리브측에 양단을 단순지지 형식으로 하여 6지점으로 하여 Fig. 5와 같이 모델링하였다.

강바닥판의 피로에 더 큰 영향을 미치는 하중특성을 파악하기 위하여 도로교설계기준(2008)에 명시된 설계 트럭하중의 차륜 접지면적과 트럭의 실제 접지면적을 이용

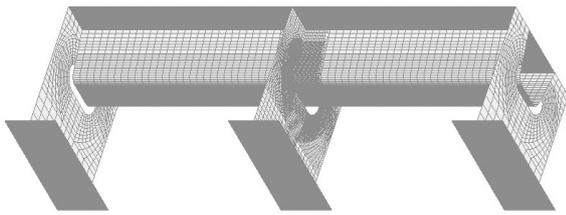
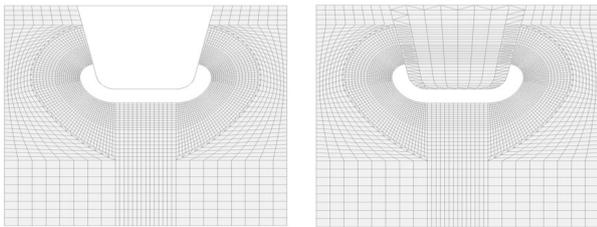
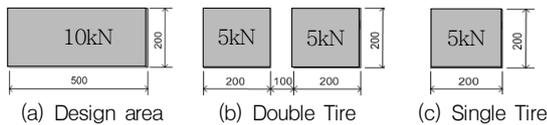


Fig. 5 Finite element description of analysis model



(a) With diaphragms (b) Without diaphragms

Fig. 6 Detail of longitudinal and transverse rib joint



(a) Design area (b) Double Tire (c) Single Tire

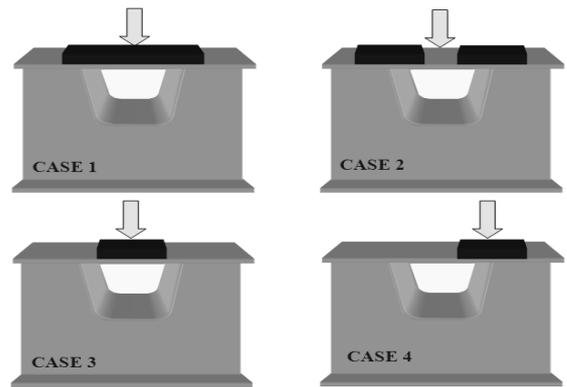
Fig. 7 Loading patterns and weight of wheel

하여 하중을 재하하였다. 또한 하중재하위치는 세로리브 측의 피로손상 원인인 세로리브의 비틀림거동과 가로리브의 구속력, 가로리브 측의 피로손상 원인인 가로리브의 면외거동과 세로리브의 비틀림거동에 따른 세로리브의 구속영향을 모두 고려하기 위하여 4개의 재하위치를 적용하여 구조해석을 수행하였다. 설계 하중의 재하면적과 트럭 싱글타이어의 실제 접지면적에 대한 하중재하면적은 Fig. 7에 나타내었고, 하중재하위치는 Fig. 8에 나타내었다.

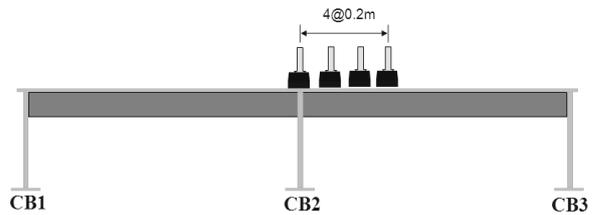
트럭하중의 접지면적 중 전륜에 대해서는 후륜 설계하중 면적의 1/2인 250mm×200mm의 면적에 하중을 재하했을 때보다 더 큰 응력을 발생시키는 경우로서 두 바퀴 사이의 빈 공간을 고려한 면적인 Fig. 7(c)와 같이 200mm×200mm로 해석을 수행하였다(선창원, 2008).

Fig. 8과 같은 하중 재하조건은 강바닥판의 국부적인 거동을 반영할 수 있는 재하조건으로서, 가로리브 측의 피로손상 원인인 가로리브의 비틀림거동과 세로리브의 구속력, 세로리브측의 피로손상 원인인 세로리브의 면외거동과 가로리브의 비틀림거동에 따른 가로리브의 구속영향을 반영할 수 있는 것으로 판단된다.

응력 검토위치는 Fig. 9에 나타낸 바와 같이 피로 균열이 많이 발생된 것으로 보고된 가로리브와 바닥강판의 용



(a) Transverse direction



(b) Longitudinal direction

Fig. 8 Load cases for FE analysis

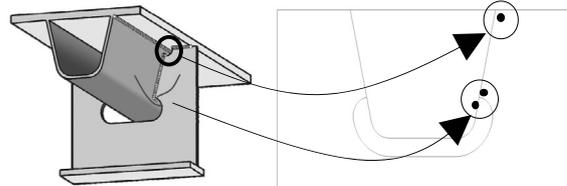


Fig. 9 Location of points for calculated stresses

접지단부와 가로리브와 세로리브 교차부의 가로리브측과 세로리브측을 대상으로 하였다.

4. 정적 구조해석 결과 분석

4.1 다이아프램이 없는 상세

4.1.1 바닥강판측

중간 다이아프램이 없는 경우 강바닥판 가로리브와 세로리브 교차부의 바닥강판측의 영향면 해석 결과를 주응력범위로 정리하여 Table 1 및 Fig. 10에 나타내었다. 여기서 CASE 1은 후륜 설계면적 재하 경우, CASE 2는 후륜 실제면적 재하 경우, CASE 3은 전륜 중앙 재하 경우, CASE 4는 전륜 편심 재하경우를 나타낸다. 또한, Fig. 10에서 Distance Ratio(x/L)은 가로리브간 간격 대비 하중재하 위치의 상대거리비를 나타낸다.

Table 1 Principle stress range focused on deck plate (MPa)

Position (mm)	CASE 1		CASE 2		CASE 3		CASE 4	
	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min
0	2.41	-3.30	1.57	-2.82	1.59	-1.41	0.76	-2.09
200	2.15	-2.28	2.06	-2.20	1.46	-1.26	1.70	-1.83
400	1.52	-1.77	1.55	-1.79	0.87	-0.86	1.31	-1.53
600	1.15	-1.36	1.16	-1.37	0.58	-0.66	0.97	-1.17

Table 2 Principle stress range focused on transverse rib(MPa)

Position (mm)	CASE 1		CASE 2		CASE 3		CASE 4	
	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min
0	2.53	-3.28	2.23	-2.93	1.79	-2.27	1.71	-2.53
200	3.35	-3.10	3.01	-3.07	2.31	-1.63	2.57	-2.83
400	2.97	-2.47	2.79	-2.48	1.82	-1.23	2.68	-2.28
600	2.25	-1.83	2.18	-1.82	1.25	-0.94	2.29	-1.66

Table 3 Principle stress range focused on longitudinal rib(MPa)

Position (mm)	CASE 1		CASE 2		CASE 3		CASE 4	
	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min
0	2.63	1.10	2.34	1.24	1.83	0.69	1.76	0.74
200	3.76	0.54	3.67	0.68	2.05	-0.25	3.16	0.23
400	3.27	0.52	3.24	0.60	1.70	-0.21	3.19	0.48
600	2.44	0.30	2.42	0.17	1.25	-0.14	2.82	0.60

Fig. 10의 결과로부터 하중이 세로리브의 중심선 위에 재하될 경우 하중재하 위치에서 가장 큰 주응력범위를 갖는 것을 알 수 있다. 이것은 바닥판의 국부적인 변형이 원인인 것으로 판단된다. 또한 전륜편심 하중 재하일 경우 중간 가로리브에서 200mm 떨어진 위치에서 다소 주응력범위가 크게 나타나는데 이것은 휨에 의한 변형과 세로리브 비틀림에 의한 변형의 영향으로 크게 나타나는 것으로 판단된다.

4.1.2 가로리브측

중간 다이아프램이 없는 경우 강바닥판 가로리브와 세로리브 교차부의 가로리브측의 영향면 해석 결과를 주응력범위로 정리하여 Table 2 및 Fig. 11에 나타내었다.

Fig. 11의 결과로부터 중간 가로리브에서 200mm 떨어진 위치에서 가장 큰 주응력범위를 갖는 것을 알 수 있다. 이것은 세로리브에 면외변형이 발생하기 때문이다. 또한 전륜중앙 재하 경우보다 전륜편심 재하 경우가 다소 응력이 크게 발생하는데 이것은 세로리브의 면외비틀림에 따른 세로리브의 구속으로 인한 가로리브 측의 응력집중에 의한 것으로 판단된다.

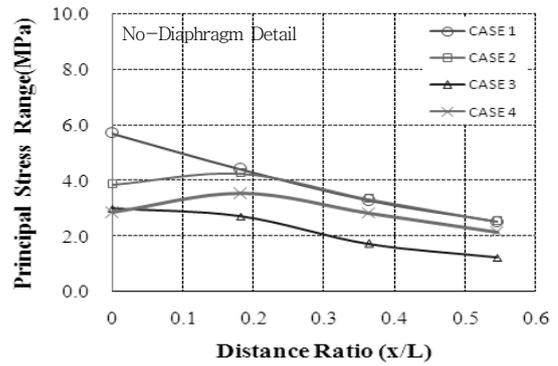


Fig. 10 Principle stress range focused on deck plate

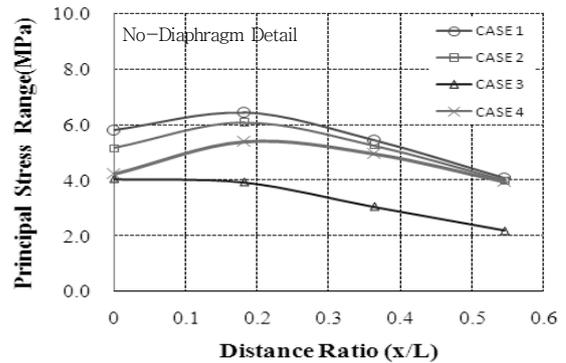


Fig. 11 Principle stress range focused on transverse rib

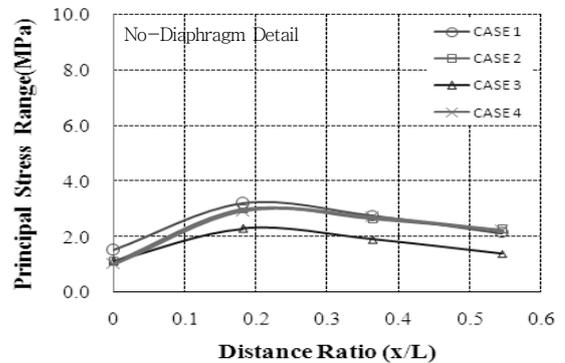


Fig. 12 Principle stress range focused on longitudinal rib

4.1.3 세로리브측

중간 다이아프램이 없는 경우 강바닥판 가로리브와 세로리브 교차부의 세로리브측의 영향면 해석 결과를 주응력범위로 정리하여 Table 3 및 Fig. 12에 나타내었다.

Fig. 12의 결과로부터 전륜 실제하중의 경우 중앙재하 경우보다 편심재하 경우에서 주응력범위가 상대적으로 큰 것을 알 수 있다. 이것은 하중이 세로리브에 편재하 되기 때문에 세로리브에 비틀림거동에 의한 국부변형의 영향이 커지기 때문이다. 또한 중간 가로리브로부터 200mm 떨어진 재하위치에서 가로리브의 면외거동으로 인한 주

Table 4 Principle stress range focused on deck plate(MPa)

Position (mm)	CASE 1		CASE 2		CASE 3		CASE 4	
	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min
0	0.66	-1.84	0.52	-1.87	0.66	-0.97	0.20	-1.56
200	1.24	-1.85	1.35	-1.97	0.68	-0.78	1.39	-1.74
400	0.98	-1.66	1.05	-1.73	0.52	-0.72	1.00	-1.49
600	0.73	-1.29	0.77	-1.32	0.36	-0.60	0.71	-1.13

Table 6 Principle stress range focused on longitudinal rib(MPa)

Position (mm)	CASE 1		CASE 2		CASE 3		CASE 4	
	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min
0	1.60	0.80	1.32	0.75	1.14	0.45	0.63	0.27
200	2.05	-1.15	2.18	-0.95	0.98	-1.01	1.49	-1.43
400	1.85	-0.99	1.93	-0.89	0.80	-0.77	1.16	-1.47
600	1.34	-0.82	1.37	-0.78	0.63	-0.49	0.80	-1.29

Table 5 Principle stress range focused on transverse rib(MPa)

Position (mm)	CASE 1		CASE 2		CASE 3		CASE 4	
	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min
0	3.81	-2.80	3.49	-2.51	2.51	-1.88	3.28	-1.08
200	4.66	-2.71	4.18	-2.71	3.20	-1.37	3.99	-1.33
400	4.19	-2.13	3.91	-2.16	2.57	-1.03	3.98	-0.95
600	3.20	-1.58	3.10	-1.58	1.77	-0.80	3.28	-0.66

응력이 증가하는 것을 알 수 있는데 이것은 기존 연구 결과와 유사한 경향을 나타내는 것이다(Suganuma, 2005).

4.2 다이아프램이 있는 경우

4.2.1 바닥강관측

중간 다이아프램이 있는 경우 강바닥판 가로리브와 세로리브 교차부의 바닥강관측의 영향면 해석 결과를 주응력범위로 정리하여 Table 4 및 Fig. 13에 나타내었다.

Fig. 13의 결과로부터 다이아프램이 설치된 경우, 바닥강관측의 주응력범위는 중간 가로리브로부터 200mm 떨어진 곳에서 가장 큰 것을 알 수 있다. 또한, 전륜 편심 재하경우가 전륜 중앙 재하경우보다 큰 주응력범위를 나타내었다. 전륜 실제하중이 편심으로 재하된 경우의 주응력범위는 다이아프램이 없는 상세와 비교하면 약 8.2% 감소하는 것으로 나타났다.

4.2.2 가로리브측

중간 다이아프램이 있는 경우 강바닥판 가로리브와 세로리브 교차부의 가로리브측의 영향면 해석 결과를 주응력범위로 정리하여 Table 5 및 Fig. 14에 나타내었다.

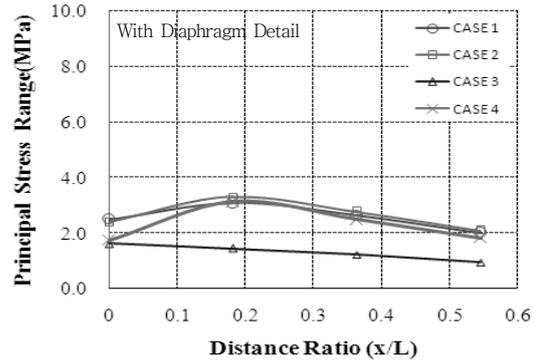


Fig. 13 Principle stress range focused on deck plate

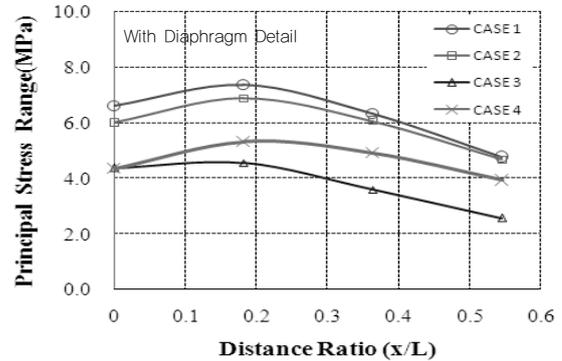


Fig. 14 Principle stress range focused on transverse rib

Fig. 14의 결과로부터 중간 가로리브로부터 200mm 떨어진 위치에서 가장 큰 주응력범위를 갖는 것을 알 수 있다. 이것은 가로리브에 면외변형이 발생하기 때문이다. 또한 전륜중앙 재하 경우보다 전륜편심 재하 경우가 다소 응력이 크게 발생하는 것으로 나타나서 다이아프램이 없는 경우의 결과와 거의 유사한 것으로 나타났다.

4.2.3 세로리브측

중간 다이아프램이 있는 경우 강바닥판 가로리브와 세로리브 교차부의 세로리브측의 영향면 해석 결과를 주응력범위로 정리하여 Table 6 및 Fig. 15에 나타내었다.

Fig. 15의 결과로부터 전륜 실제하중의 경우 중앙재하 경우보다 편심재하 경우에서 주응력범위가 상대적으로 큰 것을 알 수 있다. 또한 중간 가로리브로부터 200mm 떨어진 재하위치에서 가로리브의 면외거동으로 인한 주응력범위가 증가하는 것을 알 수 있다. 전륜 실제하중의 경우 다이아프램이 설치되지 않은 상세와 설치된 상세 모두에서 편심 재하되는 경우 주응력범위가 크게 나타났으며, 다이아프램 설치 유·무에 따른 최대 주응력범위는 세로리브와 가로리브의 교차부의 세로리브측에서는 큰 변

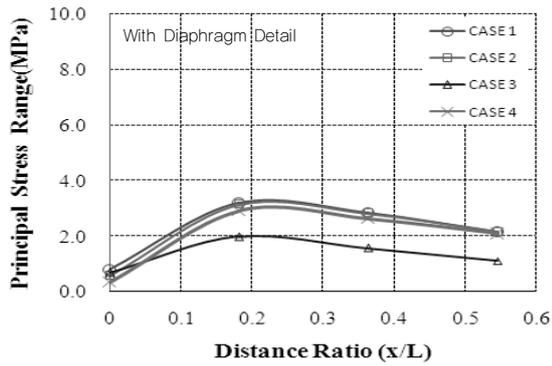


Fig. 15 Principle stress range focused on longitudinal rib

화가 없었다.

5. 정적재하시험

5.1 정적재하시험 개요

영향면 재하 해석 결과를 활용하여 시험체의 응력검토 대상 위치인 가로리브와 세로리브 교차부의 응력분포를 살펴보면, 가로리브측과 세로리브측의 하중재하별 최대 주응력범위 발생위치는 Fig. 16과 같이 세로리브 중심선에서 교축직각방향으로 162mm 떨어진 편심 위치에 재하하고, 교축방향으로는 중간 가로리브로부터 200mm 떨어진 지점이다.

시험체에 대한 정적거동 분석을 위하여 최대응력이 발생하도록 설계하중 DB-24의 후륜 축하중 96kN을 기준으로 선정하고, 정적시험에서는 하중제어의 오차범위를 고려하여 100kN까지 100kN/min의 속도로 Fig. 16의 재하위치에 재하시켰을 경우의 주응력범위를 측정치와 해석치의 결과로 비교·검토하였다.

응력 검토위치는 Fig. 17에 나타난 바와 같이 영향면 해석 결과를 토대로 주응력범위가 크게 발생하여 균열 가능성이 크다고 판단되는 가로리브·세로리브 교차부의 가로리브측과 세로리브측을 대상으로 전륜 편심하중이 재하되는 경우 하중재하측과 하중비재하측 응력을 각각 측정하였다.

5.2 시험체의 정적거동

중간 다이아프램이 없는 상세에 대하여 강바닥판 피로 취약부인 가로리브측과 세로리브측에 발생한 해석치와 실험치를 비교한 결과를 Table 7 및 Fig. 18에 나타내었다.

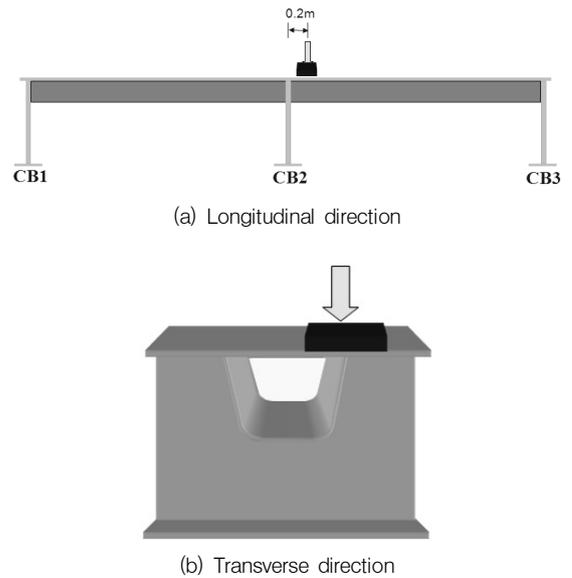


Fig. 16 Load cases for static test

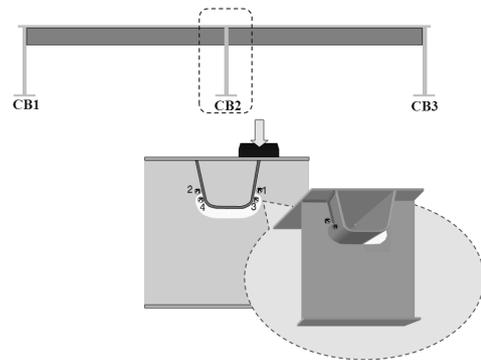


Fig. 17 Location of points for measured stresses

Fig. 18에서 알 수 있듯이 가로리브와 세로리브 교차부의 가로리브측과 세로리브측의 실험결과에 의한 주응력범위와 구조해석에 의한 주응력범위와의 차이가 4% 이내로 거의 유사한 경향으로 나타났다. 실험에 의한 실측치와 구조해석에 의한 해석치가 약간의 차이를 보이는 것은 시험체의 제작오차나 거치 상태나 형상에 의한 작은 오차가 결과값에 영향을 준 것으로 생각된다. 하지만 이러한 차이에도 불구하고 결과값이 거의 일치하는 것으로 보아 해석 모델링에 의한 해석치의 신뢰성이 입증된다고 판단되어진다.

5.3 다이아프램의 영향

강바닥판 구조상세 중 특히 리브 교차부에서 발생하는 응력집중현상이 구조물 전체 구조성능을 약화시키고 피로

Table 7 Analysis and experimental results(MPa)

Position of gauge		Analysis (A)	Experiment (B)	Ratio (B/A)
Transverse rib	Loading parts(1)	111.0	109.1	0.98
	Non-loading parts(2)	13.7	13.2	0.96
Longitudinal rib	Loading parts(3)	60.4	58.1	0.96
	Non-loading parts(4)	14.4	14.3	0.99

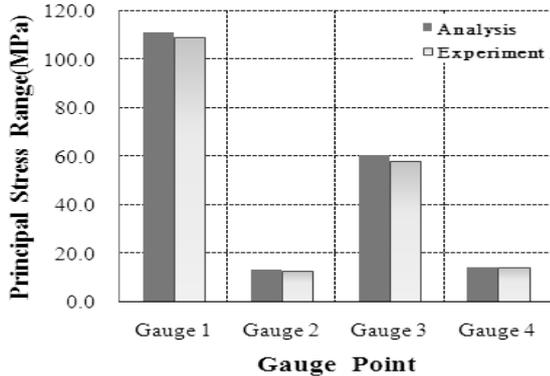


Fig. 18 Comparisons with analysis and experiment results

균열의 원인을 제공하고 있다. 따라서, 강바닥판의 구조상세 개선은 시공성과 더불어 공사비와 밀접한 관계를 가진다. 이에 강바닥판의 구조상세 개선을 위해서 리브 교차부에 발생하는 응력집중현상 완화방안으로 가로리브 복부판면과 일치되도록 세로리브 내부에 다이어프램을 설치하는 경우가 있다. 따라서 다이어프램 설치 유·무에 따른 영향을 검토하기 위하여 정적재하시험을 수행하였다.

Table 8 및 Fig. 19에 다이어프램의 설치 유·무에 따른 정적시험 결과를 나타냈다.

탄성하중 이내에서 강바닥판의 가로리브와 세로리브의 교차부에서 최대응력이 발생하는 가로리브측에서 다이어프램의 설치로 발생응력의 감소는 8.2% 수준으로 나타났다. 따라서, 다이어프램 설치가 강바닥판 가로리브와 세로리브 교차부의 구조성능 개선에는 효과가 없는 것으로 판단된다.

6. 결론

본 연구에서는 피로성능 개선구조 상세를 소형 강바닥판 시험체를 이용하여 강바닥판의 정적 거동을 살펴보고 다이어프램의 설치 유무에 따른 세로리브와 가로리브 교차부에서의 보강효과를 알아보기 위해 영향면 해석 및 정적재하시험을 수행하였다. 그 결과, 얻어진 결론을 정리

Table 8 Test results according to diaphragm existence(MPa)

Position of gauge		Without Diaphragms (A)	With Diaphragms (B)	Ratio (B/A)
Transverse rib	Loading parts(1)	109.1	100.2	0.92
	Non-loading parts(2)	13.2	30.5	2.31
Longitudinal rib	Loading parts(3)	58.1	36.0	0.62
	Non-loading parts(4)	14.3	15.1	1.05

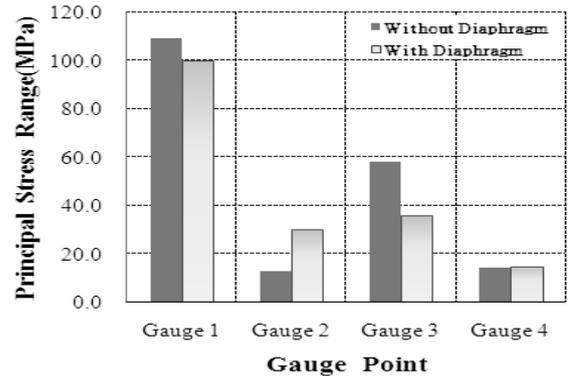


Fig. 19 Test results according to diaphragm existence

하면 다음과 같다.

- 1) 하중재하 경우별 해석결과, 세로리브의 면외거동에 의한 국부변형의 영향으로 전륜 실제하중이 재하되는 경우 중앙 재하경우보다 편심 재하경우에서 주응력범위가 상대적으로 크게 발생함을 알 수 있었다.
- 2) 강바닥판 가로리브와 세로리브 교차부의 응력검토 결과 피로 손상 원인인 세로리브의 비틀거동에 의한 영향과 가로리브의 면외거동으로 인한 세로리브에 응력집중이 발생하여 피로손상이 유발되는 것으로 판단된다.
- 3) 탄성하중 이내에서 강바닥판의 가로리브와 세로리브의 교차부에서 가로리브측에서 다이어프램의 설치로 발생응력의 감소는 8.2% 수준으로 나타났다. 따라서, 다이어프램 설치가 강바닥판 가로리브와 세로리브 교차부의 구조성능 개선에는 효과가 없는 것으로 판단된다.
- 4) 다만, 구조상세 개선 효과는 동적효과, 반복하중 효과, 항복하중 이후의 연성거동 등에 대한 보완연구가 필요할 것으로 생각된다.

참고문헌

1. 건설교통부, “강도도로 상재부 설계지침”, 2006, pp.179-202.
2. 경갑수, 신동호, 김교훈, “구조상재부의 피로거동을 고려한 고성능 강바닥판 개발에 관한 해석적 연구”, 한국강구조학회 논문집 제18권 4호, 2006, pp.417-426.
3. 대한토목학회, 교량설계핵심기술연구단, “도로교 설계기준 해설”, 기문당, 2008, pp.214-222.
4. 박경진, “세로리브 내부 보강상재에 따른 강바닥판 연결부의 피로거동 특성에 관한 해석적 연구”, 한국해양대학교 공학석사학위 논문, 2007.
5. 선창원, “재하하중에 따른 강바닥판 거동 특성에 관한 연구”, 한국해양대학교 공학석사학위 논문, 2008.
6. 한국강구조학회, “강바닥판교 Q/A집”, 2006, pp.14-30.
7. 三木千壽, 菅沼久忠, 富澤雅幸, 町田文孝, “鋼床版箱桁橋のデッキプレート近傍に発生した疲労損傷の原因”, 日本土木学会論文集, 第 780卷, 1-70号, 2005, pp.57-69.
8. Sukanuma Hisatada, “Development of orthotropic steel deck system with high fatigue resistance”, Doctoral Dissertation, Tokyo Institute of Technology, 2005.

(접수일자 : 2010년 7월 30일)

(수정일자 : 2010년 11월 30일)

(심사완료일자 : 2010년 12월 3일)

요 지

강박스거더의 바닥틀은 바닥강판, 종방향 리브 및 횡방향 리브로 구성된다. 강바닥판 교량은 용접 접합부의 개소가 많고 중차량 접지하중과 반복응력의 증가에 의해 피로손상의 발생 가능성이 매우 높다. 일반적으로 강바닥판의 피로균열은 중차량 트럭하중의 반복적인 재하하중으로 인한 국부응력에 의하여 발생한다. 또한 중차량 통행량의 증가 및 통행차량의 대형화는 피로균열 발생 가능성을 촉진한다. 따라서 교량에 영향을 미치는 실제 통행 차량하중의 하중재하 패턴을 고려한 하중 접지면적에 따른 교량의 거동을 정확히 평가하는 것은 매우 중요하다. 본 연구는 강바닥판 교량에서 통행 차량의 접지면적과 하중재하 효과를 고려하여 설계하중에 의한 접지면적과 실제 통행 차량의 접지면적을 유한요소해석을 통하여 비교 평가하였다. 유한요소해석은 강바닥판 교량의 4가지 하중 재하패턴에 대하여 수행하였다, 또한 해석은 다이아프램의 설치 유무에 따른 통행트럭의 접지면적 영향을 비교·평가하였다. 유한요소해석 결과, 실제 싱글타이어의 하중재하면적이 설계하중의 접지면적보다 보다 큰 국부응력을 보였고, 바닥강판은 전륜하중인 싱글타이어 재하에 의해 가장 큰 영향을 받는 것으로 나타났다. 또한 다이아프램의 설치 유무는 단성영역에서 다이아프램 설치가 강바닥판 가로리브와 세로리브 교차부의 피로저항에 대한 구조성능 개선에는 효과가 없는 것으로 나타났다.

핵심 용어 : 강박스거더, 강바닥판, 세로리브, 하중재하 패턴, 구조 상재, 피로균열
