



폐단면 리브 보강판의 국부 거동 특성

주석범^{1*}

¹부교수, 세명대학교, 토목공학과

The Local Behavior Characteristics of a Plate Stiffened with Closed Ribs

Chu, Seok Beom^{1*}

¹Associate Professor, Dept. of Civil Engineering, Semyung University, Jecheon, 390-711, Korea

Abstract - In this study, the local displacement and moment characteristics of a plate stiffened with closed ribs are analyzed according to the dimensions of stiffened plates. The analyzed results of various stiffened plates under square distributed load show that the effect of the loading panel width to the local behavior is dominant but that of the next panel width is very small. And the local behavior of reference stiffened plates can be expressed by the angle between the plate and the rib, and that of other stiffened plates can be obtained by multiplying ratio functions of the loading panel width, plate thickness, rib thickness, rib height and next panel width and they give good results. Applying ratio functions to other loading sizes shows that the applicability of ratio functions except for the loading panel width is proved and the modified ratio functions of the loading panel width improve error ratios. Therefore, the local displacement and moments of a plate stiffened with closed ribs can easily achieve proper results regardless of the dimensions using ratio functions proposed in this study.

Keywords - Plate stiffened with closed ribs, Local displacement, Local moment, Local behavior, Ratio function, Dimensions of stiffened plates

1. 서론

보강판은 콘크리트 바닥판 대신 사용하면 자중을 줄일 수 있다는 장점이 있어 교량, 주차 시설 등 건설 분야에서 많이 사용되고 있으며, 바닥판으로 사용하는 보강판의 경우 보강재가 촘촘히 배치되어 기하학적 직교이방성 거동을 나타내게 된다^{[1],[2]}.

이러한 성질을 이용하여 강바닥판을 간편하게 직교이방성 판으로 해석하는 경우 강판에서 발생하는 국부 거동을 고려할 수 없다는 등의 문제점을 갖게 되며, 이러한 강바닥판의 직교이방성 해석에 대한 여러 문제점을 해결하기 위하여

연구가 활발히 진행되어 왔으나, 대부분 개단면 리브를 갖는 보강판에 국한되어 연구가 진행되어 왔다^{[3],[4]}.

또한 큰 비틀림 강성으로 효율적인 구조를 갖게 된다는 장점으로 실 교량의 강바닥판에 사다리꼴 형태의 폐단면 리브가 많이 사용되고 있음에도 불구하고, 폐단면 리브를 갖는 보강판의 경우 그 거동 분석이 어려워 강바닥판 연결부 상세에 대한 국부 거동, 피로 거동 등 주로 실험적 연구가 진행되어 왔다^{[5],[6]}.

본 연구에서는 사다리꼴 리브를 갖는 여러 보강판의 국부 처짐과 국부 모멘트에 대한 분석을 통하여 국부 거동 특성을 파악하고, 이를 정형화하여 사용자가 쉽게 폐단면 리브 보강판의 국부 거동을 예측할 수 있는 방법을 제공함으로써 폐단면 리브 보강판을 직교이방성 판으로 해석하는 경우에도 국부 거동을 고려할 수 있도록 하고자 한다.

Note.-Discussion open until February 28, 2015. This manuscript for this paper was submitted for review and possible publication on March 3, 2014; revised May 31, 2014; approved on June 25, 2014.

Copyright © 2014 by Korean Society of Steel Construction

*Corresponding author.

Tel. +82-043-649-1334 Fax. +82-043-649-1778

E-mail. chusb@semyung.ac.kr

2. 해석 예제

2.1 예제 제원

폐단면 리브를 갖는 보강판의 치수를 Fig. 1과 같이 정의하고, 실 교량에 적용된 사례를 나타내면 Table 1과 같다.

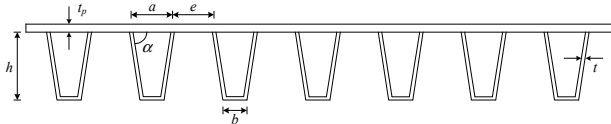


Fig. 1. Cross section of a stiffened plate

Table 1. Practical dimensions of closed ribs

Bridge	Closed Ribs	Dimensions					
		α	a	e	b	h	t
청담대교	320×240×8	77.46°	324.1	323.3	216.5	242	8
가양대교	320×260×8	77.47°	324.1	323.3	207.7	262	8
광안대교	340×260×8	77.46°	340.0	339.2	224.4	260	8
영종대교	300×200×8	77.47°	304.1	303.3	205.4	222	8

본 연구에서는 Table 1의 실 교량 사다리꼴 리브 제원을 고려하여 리브 안쪽 각도 α 는 77.5°~90°, 상부 폭 a 와 e 는 250~400mm를, 높이 h 는 200~300mm를 고려하였으며, 해석 예제의 각 제원을 정리하여 나타내면 Table 2와 같다.

Table 2. Dimensions of analyzing stiffened plates

α	a	e	h	t	t_p
77.5°	250	250	200	6	14
84.0°	300	300	250	8	15
90.0°	350	350	300	10	16

2.2 하중 Case

하중은 양변 단순지지된 폭 6m, 길이 3m의 폐단면 리브 보강판에 총 100kN을 작용시켰으며, Fig. 2(a)와 같이 보강판 중앙에 위치한 강판 위 10cm×10cm의 정사각형에 하중 P_1 이 직접 작용하는 경우 전체 거동(G)과 국부 거동(L)이 함께 발생하고, Fig. 2(b)와 같이 하중 P_2 가 리브 위에 작용하는 경우 전체 거동(G)만 발생한다고 가정하여 그 차이를 국부 거동(L)으로 정의하였다^[7].

리브 배치에 따라 폐단면 리브가 보강판 중앙에 위치하는

경우를 모델 A로, 중앙에 리브 사이 강판이 위치하게 되는 경우를 모델 B로 정의하고, 하중 P_1 과 P_2 가 작용하는 경우에 대하여 강종 SM 490인 모든 부재를 12.5mm×12.5mm 크기의 4절점 판 요소로 모델링 한 뒤, 범용해석 프로그램인 MIDAS로 해석한 결과를 나타내면 Fig. 3 및 4와 같다.

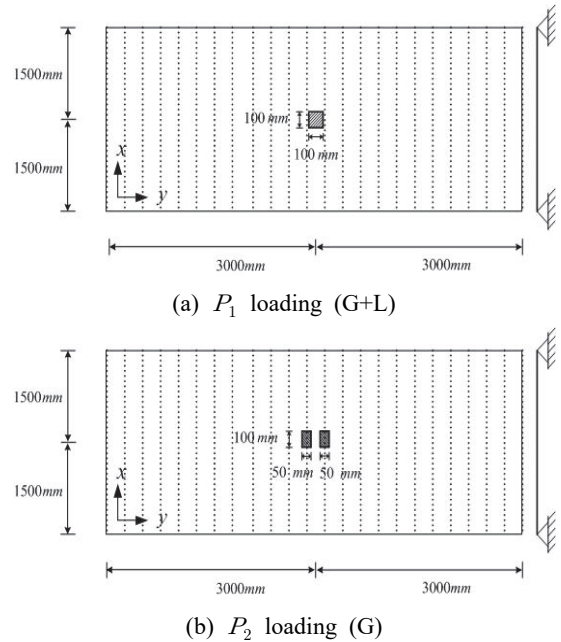


Fig. 2. Loading position and loading size

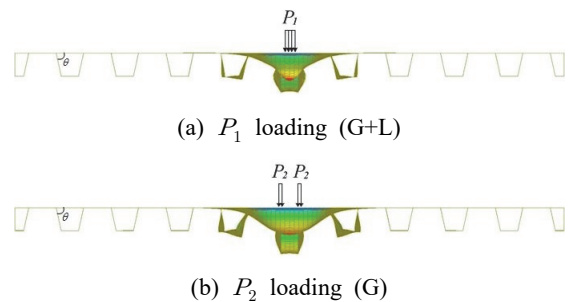


Fig. 3. Analyzing model A

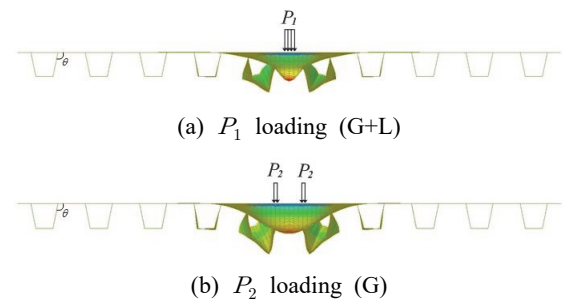


Fig. 4. Analyzing model B

본 연구에서는 Fig. 3 및 4에 나타난 Model A와 B의 결과를 같은 기준으로 분석하기 위하여, 강판과 리브 복부가 이루는 각도를 θ 라 정의하고, 앞서 정의한 국부 거동(L) 중 보강판 중앙점의 거동을 중심으로 살펴보고자 한다. 이때, Model A에서 $\theta = \alpha$, Model B에서 $\theta = 180^\circ - \alpha$ 로 표현된다.

3. 국부 거동 특성 분석

기존 연구^[7]에 따르면 하중이 작용하는 패널의 폭이 폐단면 리브 보강판의 국부 거동에 미치는 영향이 가장 크므로, 본 연구에서는 Model A와 Model B를 같은 기준으로 분석하기 위하여, 하중이 작용하는 패널의 폭을 l_u (Model A : $l_u = a$, Model B : $l_u = e$), 하중이 작용하는 옆 패널의 폭을 l_s (Model A : $l_s = e$, Model B : $l_s = a$), 강판과 리브의 복부가 이루는 각도를 θ 라 정의한 뒤 폐단면 리브 보강판의 국부 거동을 분석하고자 한다.

3.1 개별 함수

제원에 따른 여러 가지 보강판의 국부 거동을 분석하기 위하여, Table 2에 나타난 폐단면 리브 보강판의 제원 중 하중이 작용하는 패널의 폭 l_u 와 하중이 작용하는 옆 패널의 폭 l_s (a 와 e)는 300mm를, 판 두께 t_p 는 15mm를, 리브 두께 t 는 8mm를, 리브 높이 h 는 250mm를 기준 제원으로 설정하고, 식 (1)~(5)에 나타난 것과 같이 각각의 제원별로 다른 제원은 동일한 상태에서 해당 제원이 변화된 보강판의 결과를 기준 제원을 갖는 보강판의 결과로 나눈 비율을 구한 뒤, 그 비율들을 이용하여 폐단면 리브 보강판에서 발생하는 국부 거동 특성을 분석하고자 한다.

$$\text{재하 패널 폭}(l_u) \text{ 비율} = R_{l_u} / R_{300} \quad (1)$$

$$\text{판 두께}(t_p) \text{ 비율} = R_{t_p} / R_{15} \quad (2)$$

$$\text{리브 두께}(t) \text{ 비율} = R_t / R_8 \quad (3)$$

$$\text{리브 높이}(h) \text{ 비율} = R_h / R_{250} \quad (4)$$

$$\text{재하 옆패널 폭}(l_s) \text{ 비율} = R_{l_s} / R_{300} \quad (5)$$

Table 2에 나타난 총 1,296 가지 보강판에 대한 국부 처짐 해석 결과를 식 (1)~(5)에 정의한 바와 같이 다른 모든 제원은 동일한 경우에 각 제원별로 기준 제원을 갖는 보강판 대비 해당 제원이 변화한 보강판의 국부 거동 비율로 나타내면, Model A의 경우 Fig. 5, Model B의 경우 Fig. 6과 같다. 이때, 보강판의 양방향 휨강성 비(Rigidity Ratio: RR)는 식 (6)과 같이 정의하였다.

$$RR = D_x / D_y = \left(\frac{EI_R}{a+e} \right) / \left(\frac{Et^3}{12(1-\nu^2)} \right) \quad (6)$$

Fig. 5와 6의 국부 처짐 비율을 살펴보면, Model A와 B 모두 재하 패널 폭(l_u) 변화에 따른 비율 차이가 가장 크고, 다음으로 판 두께(t_p), 리브 두께(t), 리브 높이(h) 순이며, 하중이 재하되는 옆 패널 폭(l_s)의 영향은 Model A에서는 다른 제원과 비교하여 매우 작은 반면, Model B에서는 리브 높이(h) 정도의 영향을 미치나 리브 높이(h)와는 달리 강성비에 따른 차이는 거의 없음을 알 수 있다.

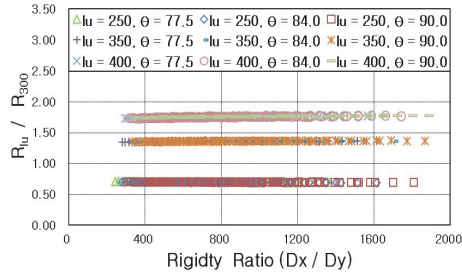
또한 Model A와 Model B 모두 재하 패널 폭(l_u), 판 두께(t_p), 옆 패널 폭(l_s)의 비율은 제원 크기가 정해지면 강성비와 상관없이 일정한 값을 나타내고, 리브 두께(t), 리브 높이(h)의 비율은 강성비에 따라 약간의 분포 양상을 나타내나 그 차이가 크지 않음을 알 수 있으며, 그 비율 값과 양상 면에서 Model A와 B가 유사함을 알 수 있다.

각 제원별 국부 거동 비율을 나타낸 Fig. 5와 6에서 각 제원 크기별 비율의 중앙값을 구하여 Model A와 B에 대하여 각각의 리브 각도별로 나타내면 Fig. 7 및 Fig. 8과 같다.

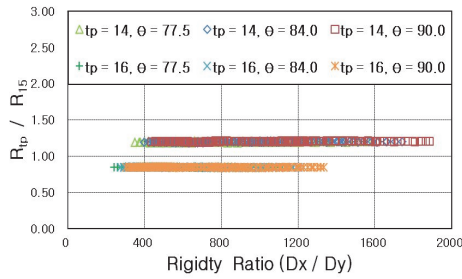
Fig. 7 및 8을 살펴보면, 각 제원별 국부 거동 비율은 각 제원 변화에 따라 일정한 양상을 나타내고, Model A와 Model B 모두 각도에 따른 차이는 매우 작으며, Model A와 Model B 사이의 차이도 크지 않음을 알 수 있다.

이러한 양상은 국부 모멘트 M_{xx} 와 국부 모멘트 M_{yy} 에서도 유사하게 나타났으며, 이러한 점을 이용하여 각각의 국부 거동에 대하여 리브 각도별 기준 보강판의 값과 제원별 비율 함수를 나타내면, Model A의 경우 Table 3, Model B의 경우 Table 4와 같다.

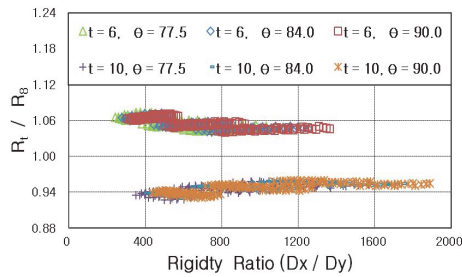
Table 3 및 4에 나타난 기준 보강판의 국부 처짐 D_0 , 재하 패널 폭(l_u)의 비율 함수 D_1 , 판 두께(t_p)의 비율 함수 D_2 , 리브 두께(t)의 비율 함수 D_3 , 리브 높이(h)의 비율 함수 D_4 , 재하 옆 패널 폭(l_s)의 비율 함수 D_5 를 이용하면, 임의



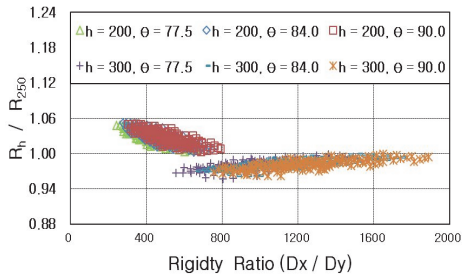
(a) Loading panel width (l_u)



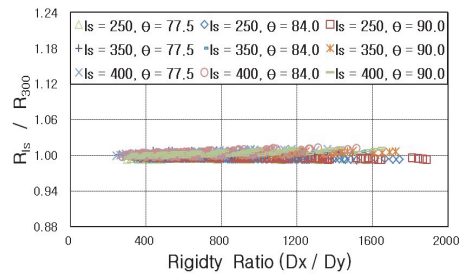
(b) Plate thickness (t_p)



(c) Rib thickness (t)

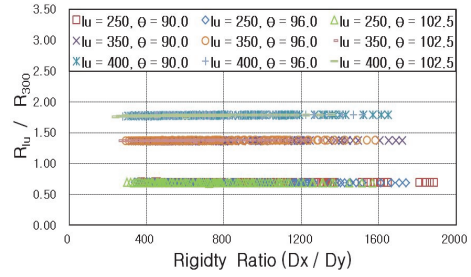


(d) Rib height (h)

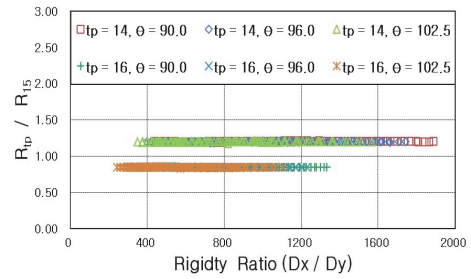


(e) Next panel width (l_s)

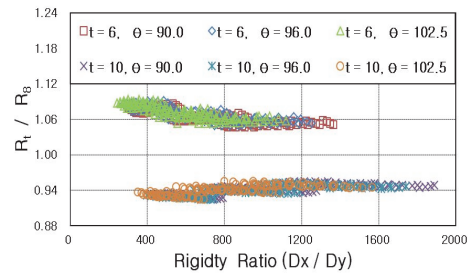
Fig. 5. Local displacement ratios of model A



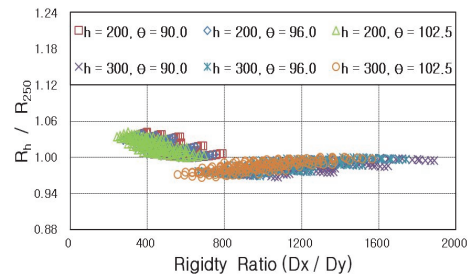
(a) Loading panel width (l_u)



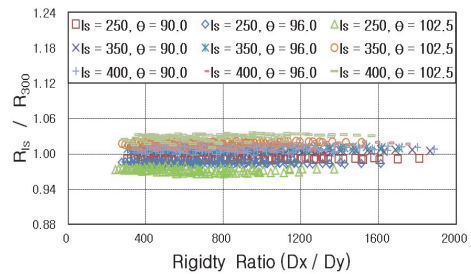
(b) Plate thickness (t_p)



(c) Rib thickness (t)

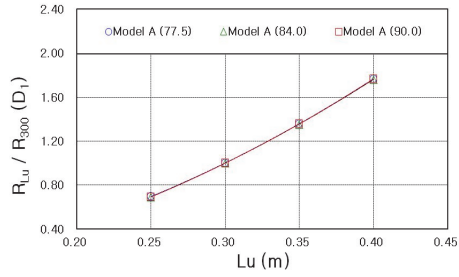


(d) Rib height (h)

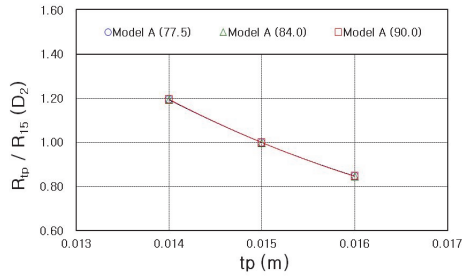


(e) Next panel width (l_s)

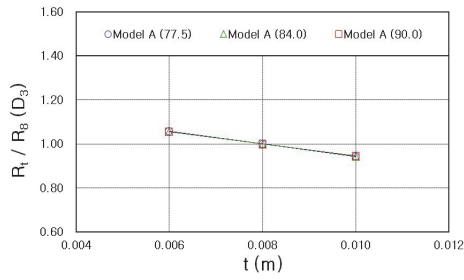
Fig. 6. Local displacement ratios of model B



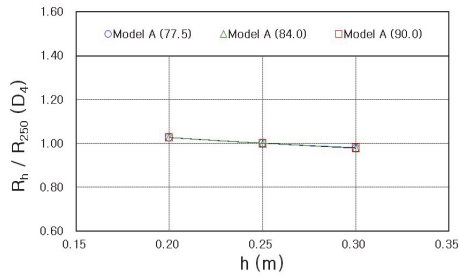
(a) Loading panel width (l_u)



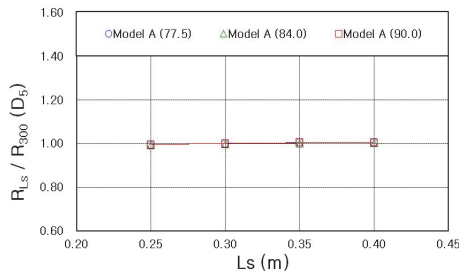
(b) Plate thickness (t_p)



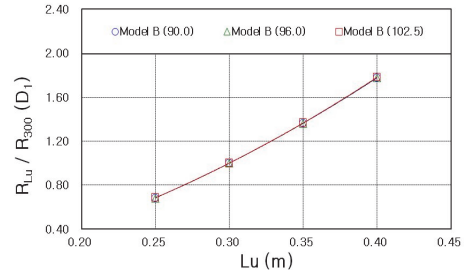
(c) Rib thickness (t)



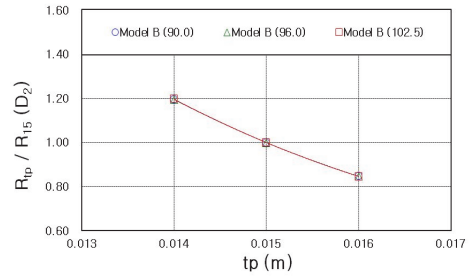
(d) Rib height (h)



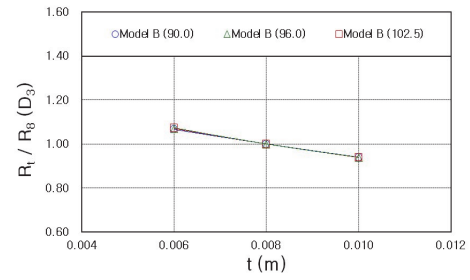
(e) Next panel width (l_s)



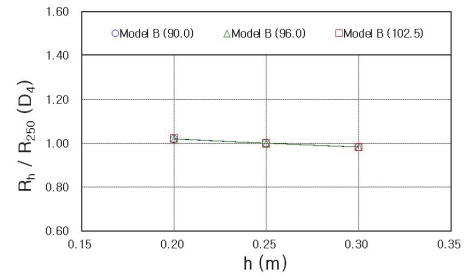
(a) Loading panel width (l_u)



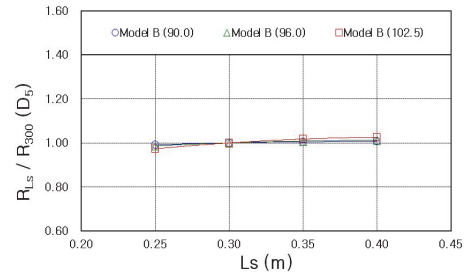
(b) Plate thickness (t_p)



(c) Rib thickness (t)



(d) Rib height (h)



(e) Next panel width (l_s)

Fig. 7. Ratio functions of local displacements for model A

Fig. 8. Ratio functions of local displacements for model B

Table 3. Reference values and individual ratio functions for model A

Angle		77.5°	84.0°	90.0°
Local Disp.	D_0	1.49763mm	1.48754mm	1.47653mm
	D_1	$10.49172l_u^2 + 0.32650l_u - 0.04105$	$9.94622l_u^2 + 0.66198l_u - 0.09450$	$10.17900l_u^2 + 0.54933l_u - 0.08174$
	D_2	$20730.80591t_p^2 - 794.93045t_p + 8.25953$	$20927.38404t_p^2 - 801.82092t_p + 8.37865$	$21092.80446t_p^2 - 807.53093t_p + 8.367083$
	D_3	$-92.66589t^2 - 27.34613t + 1.22470$	$-48.94549t^2 - 27.26716t + 1.22127$	$-30.97798t^2 - 26.94306t + 1.21753$
	D_4	$0.64533h^2 - 0.81020h + 1.16222$	$1.13738h^2 - 1.02585h + 1.18538$	$1.13738h^2 - 1.02585h + 1.18538$
	D_5	$-0.47050l_s^2 + 0.36791l_s + 0.93220$	$-0.36658l_s^2 + 0.30137l_s + 0.94245$	$-0.37320l_s^2 + 0.30633l_s + 0.94162$
Local M_{xx}	X_0	12.21771kN-mm/mm	12.20833kN-mm/mm	12.20521kN-mm/mm
	X_1	$-3.50459l_u^2 + 4.73453l_u - 0.10660$	$-3.62040l_u^2 + 4.80970l_u - 0.11810$	$-3.61607l_u^2 + 4.79253l_u - 0.11432$
	X_2	$-959.21655t_p^2 + 32.02035t_p + 0.73552$	$-1019.63542t_p^2 + 33.77325t_p + 0.72282$	$-331.51338t_p^2 - 13.73300t_p + 0.86806$
	X_3	$-365.18956t^2 + 0.29521t + 1.02101$	$-373.14977t^2 + 0.45439t + 1.02024$	$-365.36605t^2 + 0.37986t + 1.02035$
	X_4	$-0.07420h^2 + 0.04976h + 0.99220$	$-0.04065h^2 + 0.03381h + 0.99409$	$-0.04065h^2 + 0.099809h + 0.994088$
	X_5	$-0.16846l_s^2 + 0.17515l_s + 0.96255$	$-0.16923l_s^2 + 0.17684l_s + 0.96213$	$-0.17066l_s^2 + 0.17897l_s + 0.96163$
Local M_{yy}	Y_0	16.15625kN-mm/mm	16.12604kN-mm/mm	16.11771kN-mm/mm
	Y_1	$-2.96850l_u^2 + 3.70281l_u + 0.15415$	$-2.78937l_u^2 + 3.59725l_u + 0.16936$	$-2.73411l_u^2 + 3.55893l_u + 0.17578$
	Y_2	$-355.78723t_p^2 + 17.04802t_p + 0.82433$	$-382.16489t_p^2 + 17.79843t_p + 0.81901$	$-392.62455t_p^2 + 18.00286t_p + 0.81830$
	Y_3	$-347.73264t^2 - 3.22609t + 1.04806$	$-344.64998t^2 - 3.20068t + 1.04766$	$-356.21486t^2 - 2.91390t + 1.04611$
	Y_4	$-0.13107h^2 + 0.07592h + 0.98921$	$-0.07737h^2 + 0.04935h + 0.99250$	$-0.07737h^2 + 0.04935h + 0.99250$
	Y_5	$-0.15983l_s^2 + 0.19825l_s + 0.95487$	$-0.16352l_s^2 + 0.20345l_s + 0.95368$	$-0.16433l_s^2 + 0.20632l_s + 0.95285$

Table 4. Reference values and individual ratio functions for model B

Angle		90.0°	96.0°	102.5°
Local Disp.	D_0	1.49075mm	1.47407mm	1.43888mm
	D_1	$9.61026l_u^2 + 1.03621l_u - 0.17576$	$9.99295l_u^2 + 0.80476l_u - 0.14139$	$10.10653l_u^2 + 0.73876l_u - 0.12998$
	D_2	$21075.12816t_p^2 - 806.89861t_p + 8.36158$	$21101.13684t_p^2 - 807.81468t_p + 8.36946$	$21262.93626t_p^2 - 813.20148t_p + 8.41386$
	D_3	$640.16337t^2 - 41.77138t + 1.29320$	$1011.77035t^2 - 49.13225t + 1.32830$	$1558.07392t^2 - 58.38267t + 1.36734$
	D_4	$0.39690h^2 - 0.56384h + 1.11615$	$0.52846h^2 - 0.61749h + 1.12134$	$0.56307h^2 - 0.66116h + 1.13010$
	D_5	$-0.70828l_s^2 + 0.05563l_s + 0.89670$	$-0.99030l_s^2 + 0.81413l_s + 0.84458$	$-1.79342l_s^2 + 1.51908l_s + 0.70523$
Local M_{xx}	X_0	12.17917kN-mm/mm	12.19896kN-mm/mm	12.20938kN-mm/mm
	X_1	$-3.64645l_u^2 + 4.81427l_u - 0.11746$	$-3.66192l_u^2 + 4.83492l_u - 0.12200$	$-3.59290l_u^2 + 4.77768l_u - 0.11157$
	X_2	$-34.84020t_p^2 + 4.81456t_p + 0.93562$	$-663.19579t_p^2 + 23.25389t_p + 0.80041$	$-407.33682t_p^2 + 15.92679t_p + 0.85275$
	X_3	$-355.46256t^2 + 0.01252t + 1.02265$	$-358.41378t^2 - 0.02313t + 1.02312$	$-284.95526t^2 - 1.11327t + 1.02714$
	X_4	$-0.08415h^2 + 0.06225h + 0.98970$	$-0.07748h^2 + 0.06071h + 0.98966$	$-0.08924h^2 + 0.06222h + 0.99002$
	X_5	$-0.19504l_s^2 + 0.19895l_s + 0.95785$	$-0.22544l_s^2 + 0.22449l_s + 0.95288$	$-0.27841l_s^2 + 0.27105l_s + 0.94366$
Local M_{yy}	Y_0	16.05938kN-mm/mm	16.10833kN-mm/mm	16.13646kN-mm/mm
	Y_1	$-2.78484l_u^2 + 3.60650l_u + 0.16726$	$-2.78804l_u^2 + 3.59789l_u + 0.16982$	$-2.66397l_u^2 + 3.52175l_u + 0.18105$
	Y_2	$-405.87129t_p^2 + 18.15081t_p + 0.81956$	$-370.25529t_p^2 + 17.26449t_p + 0.82434$	$-382.23517t_p^2 + 17.55201t_p + 0.82272$
	Y_3	$-352.15729t^2 - 3.22704t + 1.04835$	$-322.61485t^2 - 3.81602t + 1.05118$	$-192.89104t^2 - 5.74239t + 1.05828$
	Y_4	$-0.15999h^2 + 0.10109h + 0.98473$	$-0.14697h^2 + 0.09783h + 0.98473$	$-0.14758h^2 + 0.08625h + 0.98766$
	Y_5	$-0.21724l_s^2 + 0.24904l_s + 0.94478$	$-0.28058l_s^2 + 0.30330l_s + 0.93419$	$-0.39407l_s^2 + 0.40012l_s + 0.91533$

제원 보강판의 국부 처짐(D)은 식 (7)과 같이 기준값에 제원 변화에 따른 비율 함수를 곱하여 산정할 수 있다.

$$D = D_0 (D_1 \times D_2 \times D_3 \times D_4 \times D_5) \quad (7)$$

국부 모멘트 M_{xx} 와 M_{yy} 또한 국부 처짐과 유사한 양상을 나타내므로, 같은 방법으로 임의 제원을 갖는 보강판의 국부 모멘트 M_{xx} 와 M_{yy} 는 식 (8) 및 (9)와 같이 구할 수 있다.

$$M_{xx} = X_0 (X_1 \times X_2 \times X_3 \times X_4 \times X_5) \quad (8)$$

$$M_{yy} = Y_0 (Y_1 \times Y_2 \times Y_3 \times Y_4 \times Y_5) \quad (9)$$

3.2 통합 함수

각 제원별 비율 함수는 Fig. 7 및 8에서 보듯이 강판과 리브 복부판이 이루는 각도(θ) 및 Model A와 Model B에 따른 차이가 거의 없음을 알 수 있으므로, Model A와 B의 모든 각도(θ)를 통합한 각 제원별 비율의 중앙값을 대표 값으로 하여 제원별 통합 비율함수를 표현하고, Table 3 및 4에 나타난 각 국부거동의 기준값을 강판과 리브 복부판이 이루는 각도(θ)의 함수로 표현하여 나타내면 Table 5와 같다. 이때, Model A의 90°와 Model B의 90°는 두 값의 평균값을 대표 값으로 하였다.

앞서 Table 3과 4에 나타난 개별 함수와 Table 5에 나타난 각도 및 Model 통합 함수를 식 (7), (8), (9)에 대입하여 계산한 값을 실제 해석한 결과와 비교하여 각 각도별 오차율 범위로 표현하여 나타내면 Table 6과 같다.

Table 6에서 먼저 국부 처짐과 국부 모멘트의 오차율을 비교해보면, 국부 모멘트에 비하여 국부 처짐의 오차율 범위가 크다는 것을 알 수 있으며, 국부 모멘트의 경우 M_{xx} 와 M_{yy} 모두 $\pm 1\%$ 미만의 오차율 범위를 나타내어 상당한 정확도를 가짐을 알 수 있다.

국부 처짐의 오차율을 자세히 살펴보면, 각각의 Model별로 리브와 강판사이의 각도 θ 에 따라 나타내었던 개별 함수를 사용한 경우 오차율 범위가 $-2.31\sim+2.31\%$ 를 나타내었으며, 각도 및 Model 통합 함수를 사용한 경우 $-4.06\sim+4.07\%$ 를 나타내어 통합에 따라 약간의 오차율 증가가 발생하나, 그 크기가 크지 않음을 알 수 있다.

또한, 국부 모멘트 M_{xx} 는 개별 함수를 사용하는 경우 오

Table 5. Angle and model united ratio functions

Behavior		All United Functions	
Local Disp.	D_0	$0.00001021\theta^3 - 0.00265685\theta^2 + 0.23091418\theta - 8.18790062$	
	D_1	$10.51071l_u^2 + 0.42253l_u - 0.07331$	
	D_2	$19665.03791t_p^2 - 765.75433t_p + 8.06168$	
	D (mm)	D_3	$518.64835t^2 - 38.61081t + 1.27569$
		D_4	$0.72635h^2 - 0.78357h + 1.15050$
D_5		$-0.83635l_s^2 + 0.68742l_s + 0.86894$	
Local Moment	X_0	$-0.00000604\theta^3 + 0.00157208\theta^2 - 0.13674573\theta + 16.18528444$	
	X_1	$-3.63622l_u^2 + 4.81285l_u - 0.11797$	
	M_{xx} (kN·mm/mm)	X_2	$-430.65512t_p^2 - 16.36273t_p + 0.85146$
		X_3	$-352.38981t^2 + 0.02863t + 1.02232$
		X_4	$-0.07044h^2 + 0.05165h + 0.99149$
X_5	$-0.20315l_s^2 + 0.20603l_s + 0.95642$		
Local Moment	Y_0	$-0.00002118\theta^3 + 0.00561390\theta^2 - 0.49644555\theta + 30.76953513$	
	Y_1	$-2.78786l_u^2 + 3.59750l_u + 0.16956$	
	M_{yy} (kN·mm/mm)	Y_2	$-145.42488t_p^2 + 10.13167t_p + 0.88075$
		Y_3	$-320.73834l_u^2 - 3.65850l_u + 1.04979$
		Y_4	$-0.12695l_s^2 + 0.07798l_s + 0.98844$
Y_5	$-0.23387l_s^2 + 0.26343l_s + 0.94196$		

차율 범위가 $-0.49\sim+0.49\%$ 를, 각도 및 Model 통합 함수를 사용한 경우 $-0.57\sim+0.57\%$ 를 나타내어 통합에 따른 오차율 증가가 크지 않으며 실제 값과의 오차율이 모두 $\pm 1\%$ 미만으로 상당한 정확도를 나타냄을 알 수 있다.

국부 모멘트 M_{yy} 도, 개별 함수는 $-0.71\sim+0.70\%$, 각도 및 Model 통합 함수는 $-0.88\sim+0.87\%$ 의 오차율 범위를 나타내어 M_{xx} 와 마찬가지로 모든 경우에 오차율이 모두 $\pm 1\%$ 미만으로 상당한 정확도를 나타냄을 알 수 있다.

이상의 결과로부터, 각도(θ) 및 Model 통합 함수를 사용하여도, 간편하게 국부 처짐은 $\pm 4\%$, 국부 모멘트 M_{xx} 와 M_{yy} 는 $\pm 1\%$ 정도의 오차율 범위에서 국부 거동 결과를 얻을 수 있음을 알 수 있다.

Table 6. Comparison of error ratio (%) ranges for each ratio functions

Behavior	Functions	Model	Error Ratio Ranges of Each Angles			Ranges of United Angle	Ranges of Each Models
			77.5°	84.0°	90.0°		
Local Disp.	Individual	A	-2.23~+2.23	-2.25~+2.24	-2.28~+2.29	-2.23~+2.29	-2.31~+2.31
		B	-2.31~+2.31	-2.31~+2.31	-2.30~+2.31	-2.31~+2.31	
D	All United	A	-3.60~+4.02	-3.68~+3.36	-4.06~+2.51	-4.06~+4.02	-4.06~+4.07
		B	-3.97~+4.07	-3.88~+2.56	-2.79~+2.28	-3.97~+4.07	
Local Moment	Individual	A	-0.49~+0.49	-0.49~+0.48	-0.47~+0.48	-0.49~+0.49	-0.49~+0.49
		B	-0.46~+0.47	-0.44~+0.45	-0.44~+0.45	-0.46~+0.47	
M_{xx}	All United	A	-0.55~+0.45	-0.51~+0.48	-0.52~+0.48	-0.55~+0.48	-0.57~+0.57
		B	-0.57~+0.57	-0.46~+0.47	-0.46~+0.48	-0.57~+0.57	
Local Moment	Individual	A	-0.71~+0.70	-0.67~+0.66	-0.66~+0.65	-0.71~+0.70	-0.71~+0.70
		B	-0.63~+0.64	-0.62~+0.63	-0.63~+0.63	-0.63~+0.64	
M_{yy}	All United	A	-0.88~+0.64	-0.76~+0.72	-0.79~+0.71	-0.88~+0.72	-0.88~+0.87
		B	-0.81~+0.87	-0.74~+0.65	-0.61~+0.78	-0.81~+0.87	

3.3 임의 제원에 대한 적용성

본 연구에서 제안한 함수의 적용성을 살펴보기 위하여, Table 2에 나타난 제원 이외의 다른 제원을 갖는 총 13가지 임의 제원 보강판을 선택하였으며, 그 중 Case 1~6은 예제 제원에서 하나의 제원만 임의 제원을 갖는 경우를, Case 7~13은 예제 제원에서 여러 제원이 동시에 변화된 경우를 고려하였으며, Table 7에 연구에서 사용한 기본 보강판과

임의 제원 보강판에 대한 제원 및 그 결과를 비교하여 나타내었다.

Table 7의 해석 결과 중 먼저 Case 1~6에 나타난 하나의 제원만 변한 경우를 살펴보면, 리브 두께(t)의 오차율 증가가 가장 큰데, 이는 기본 보강판의 리브 두께(t)에 비하여 62.5% 만큼 큰 변화를 주었기 때문에 나타난 현상으로 판단되며, 그럼에도 불구하고 모든 국부 거동이 $\pm 1\%$ 이내의 오

Table 7. Analyzing results for arbitrary dimensions

CASE	Variable	Dimensions						Error Ratios		
		θ	$a(l_u)$	$e(l_s)$	h	t	t_p	Disp.	M_{xx}	M_{yy}
Basic	-	84°	300	300	250	8	15	-0.08	-0.13	-0.18
Case 1	$a(l_u)$	84°	275	300	250	8	15	-0.34	-0.18	-0.21
Case 2	$e(l_s)$	84°	300	375	250	8	15	+0.21	-0.12	-0.16
Case 3	h	84°	300	300	275	8	15	+0.05	-0.10	-0.13
Case 4	t	84°	300	300	250	13	15	+0.71	-0.59	-0.74
Case 5	t_p	84°	300	300	250	8	15.5	-0.27	-0.12	-0.17
Case 6	θ	70.5°	300	300	250	8	15	+0.16	+0.10	+0.37
Case 7	θ, a, e, t_p	77.5°	350	400	250	8	14	+0.72	+0.10	+0.15
Case 8	θ, a, e, t_p	77.5°	325	400	250	8	14	+0.45	0.00	+0.07
Case 9	θ, a, e, t_p	77.5°	350	275	250	8	14	-0.07	0.00	-0.03
Case 10	θ, a, e, h, t_p	77.5°	350	400	225	8	14	+1.02	+0.08	+0.18
Case 11	θ, a, e, t, t_p	77.5°	350	400	250	5	14	+1.86	+0.05	+0.16
Case 12	θ, a, e, t_p	77.5°	350	400	250	8	13	-0.79	0.00	+0.19
Case 13	θ, a, e, t_p	80°	350	400	250	8	14	+0.61	-0.44	+0.06

차이를 나타내어 상당한 정확도를 가짐을 알 수 있다.

또한 여러 개의 제원이 변하는 경우 중 Case 10과 11의 경우 기본 보강판에 비하여 국부 처짐에서 약간의 오차율 증가가 발생함을 알 수 있으나, 본 연구 해석 예제의 오차율 범위가 -4.06~+4.07% 임을 고려할 때, 임의 제원 보강판의 오차율은 타당한 범위의 값임을 알 수 있다.

이상의 결과로부터, 본 연구에서 제안한 통합 함수는 임의 제원을 갖는 보강판에도 잘 적용됨을 확인할 수 있었다.

4. 재하 크기가 다른 경우에 대한 적용

본 연구에서 사용한 재하 크기와 다른 경우에 제안한 통합 비율 함수가 적용 가능한지 살펴보기 위하여, 먼저, 각 제원 변화에 따른 민감도 분석을 실시하고, 이를 이용하여 각각의 재하 크기에 맞는 보정 함수를 제안하고자 한다.

4.1 민감도 분석

민감도 분석을 위해 사용한 제원은 Table 8과 같으며, 리브 폭 방향 재하 크기를 m_1 , 리브 길이 방향 재하 크기를 m_2 라 하였을 때, 각각 10, 20, 30cm 씩 총 9가지 경우를 고려하였으며, 각 재하 크기별 기준값은 Table 9와 같다.

Table 9에 나타난 각 재하 크기별 기준값과 Table 5의 통합 비율 함수를 적용하여 국부 거동을 계산한 뒤, 실제 해석 결과와 비교하여 오차율로 나타내면 Table 10과 같다.

Table 10에서 기본 재하 크기 10×10의 오차율과 비교하여 살펴보면, 리브 상부폭 a (=재하 패널의 폭 l_u)를 변화시킨 경우 1% 미만이던 오차율이 재하 크기가 커짐에 따라 국부 처짐과 모멘트 M_{yy} 는 14%, M_{xx} 는 최대 18% 까지 증가하고, 리브 두께(t)의 경우 재하 크기가 커짐에 따라 오차율이

2% 내외까지 증가하나 그 크기가 크지 않으며, 다른 제원들의 오차율 증가는 매우 작음을 알 수 있다.

따라서 재하 크기 10×10을 기준으로 제안한 통합 비율 함수 중 리브 상부폭 a (=재하 패널의 폭 l_u)의 경우 재하 크기 m_1 과 m_2 에 따라 보정할 필요가 있음을 알 수 있다.

4.2 재하 크기에 따른 통합 함수의 보정

Table 2에 나타난 해석 예제 중 다른 제원은 동일하고, 각도(θ)와 재하 패널의 폭(l_u)가 변하는 경우를 분석한 결과, 재하 패널 폭(l_u)의 함수는 식 (10)~(12)와 같이 재하 크기 m_1 과 m_2 에 따라 보정하여야 하며, Table 11에 나타난 것과 같이 재하 패널 폭(l_u)에 대한 각각의 보정 함수는 재하 크기 m_1 , m_2 와 재하 패널 폭 l_u 로 표현됨을 알 수 있었다.

$$D_1' = D_1 \times D_{m1} \times D_{m2} \tag{10}$$

$$X_1' = X_1 \times X_{m1} \times X_{m2} \tag{11}$$

$$Y_1' = Y_1 \times Y_{m1} \times Y_{m2} \tag{12}$$

Table 11에 나타난 재하 크기 m_1 과 m_2 에 따른 재하 패널 폭(l_u)의 보정 함수를 적용한 뒤 그 결과를 적용하기 전과 비교하여 나타내면 Table 12와 같다.

Table 12 중 국부 처짐을 살펴보면, 최대 30%를 나타내던 오차율이 보정 함수 적용 후 약 6% 정도로 줄어들었음을 알 수 있으며, 국부 모멘트 M_{xx} 의 경우 최대 35%이던 오차율이 보정 함수 적용 후 약 4% 정도로 줄어들고, 국부 모멘트 M_{yy} 도 최대 27%이던 오차율이 보정 함수 적용 후 약 4% 이내로 줄어들어 보정 함수의 효과를 확인할 수 있었다.

Table 8. Dimensions for the analysis of different loading sizes (mm)

CASE	Variable	$a(l_u)$	$e(l_s)$	h	t	t_p	θ
Basic	-	300	300	250	8	15	84°
Case 1	$a(l_u)$	350	300	250	8	15	84°
Case 2	$e(l_s)$	300	350	250	8	15	84°
Case 3	h	300	300	300	8	15	84°
Case 4	t	300	300	250	10	15	84°
Case 5	t_p	300	300	250	8	14	84°
Case 6	θ	300	300	250	8	15	90°

Table 9. Reference value functions of each loading sizes

Behavior	$m_1 \times m_2$	Reference Value Functions
Local Disp. D (mm)	10×10	$0.00001021\theta^3 - 0.00265685\theta^2 + 0.23091418\theta - 8.18790062$
	10×20	$0.00001023\theta^3 - 0.00266216\theta^2 + 0.23142818\theta - 8.05579812$
	10×30	$0.00001025\theta^3 - 0.00266879\theta^2 + 0.23205745\theta - 7.92118162$
	20×10	$0.00000938\theta^3 - 0.00244148\theta^2 + 0.21230622\theta - 7.35923499$
	20×20	$0.00000939\theta^3 - 0.00244558\theta^2 + 0.21269943\theta - 7.26235853$
	20×30	$0.00000941\theta^3 - 0.00245192\theta^2 + 0.21328930\theta - 7.16279701$
	30×10	$0.00000797\theta^3 - 0.00207640\theta^2 + 0.18074537\theta - 6.09994721$
	30×20	$0.00000798\theta^3 - 0.00207999\theta^2 + 0.18107589\theta - 6.03797110$
Local Moment M_{xx} (kN-mm/mm)	10×10	$-0.00000604\theta^3 + 0.00157208\theta^2 - 0.13674573\theta + 16.18528444$
	10×20	$-0.00000674\theta^3 + 0.00177184\theta^2 - 0.15575495\theta + 12.19325500$
	10×30	$-0.00000571\theta^3 + 0.00150218\theta^2 - 0.13225938\theta + 9.00855328$
	20×10	$-0.00000610\theta^3 + 0.00159981\theta^2 - 0.14022203\theta + 12.77583852$
	20×20	$-0.00000610\theta^3 + 0.00161059\theta^2 - 0.14216271\theta + 9.80954026$
	20×30	$-0.00000610\theta^3 + 0.00160685\theta^2 - 0.14148891\theta + 7.97590697$
	30×10	$-0.00000480\theta^3 + 0.00126422\theta^2 - 0.11143758\theta + 9.03534102$
	30×20	$-0.00000513\theta^3 + 0.00135766\theta^2 - 0.12016239\theta + 7.32509182$
Local Moment M_{yy} (kN-mm/mm)	10×10	$-0.00002118\theta^3 + 0.00561390\theta^2 - 0.49644555\theta + 30.76953513$
	10×20	$-0.00002049\theta^3 + 0.00542316\theta^2 - 0.47906029\theta + 27.07724920$
	10×30	$-0.00001946\theta^3 + 0.00514624\theta^2 - 0.45425747\theta + 23.96387997$
	20×10	$-0.00001921\theta^3 + 0.00509142\theta^2 - 0.45021149\theta + 24.06053603$
	20×20	$-0.00001921\theta^3 + 0.00508416\theta^2 - 0.44890424\theta + 22.24186852$
	20×30	$-0.00001852\theta^3 + 0.00490068\theta^2 - 0.43282623\theta + 20.29925009$
	30×10	$-0.00001561\theta^3 + 0.00413462\theta^2 - 0.36551801\theta + 18.00823727$
	30×20	$-0.00001525\theta^3 + 0.00403556\theta^2 - 0.35654084\theta + 16.58068503$
30×30	$-0.00001561\theta^3 + 0.00412739\theta^2 - 0.36421077\theta + 15.82356977$	

Table 10. Error ratios (%) of each loading sizes

Behavior	CASE	Variable	10×10	10×20	10×30	20×10	20×20	20×30	30×10	30×20	30×30
Local Disp. D	Case 1	$a(l_u)$	0.50	-1.27	-2.77	-4.39	-5.64	-6.90	-12.08	-13.11	-14.22
	Case 2	$e(l_s)$	0.35	0.27	0.39	0.18	0.37	0.51	-0.05	0.13	0.10
	Case 3	h	-2.09	-2.17	-2.08	-2.21	-2.03	-1.92	-2.34	-2.18	-2.24
	Case 4	t	-0.68	-0.23	0.50	-0.14	0.58	1.35	0.59	1.31	1.92
	Case 5	t_p	-0.18	-0.03	0.38	0.01	0.44	0.89	0.36	0.80	1.09
	Case 6	θ	0.41	0.37	0.58	0.34	0.65	0.89	0.33	0.62	0.65
Local Moment M_{xx}	Case 1	$a(l_u)$	0.04	-4.03	-6.92	-4.66	-8.76	-11.64	-11.82	-15.92	-18.43
	Case 2	$e(l_s)$	-0.09	-0.32	-0.48	-0.24	-0.47	-0.70	-0.42	-0.67	-0.98
	Case 3	h	-0.05	-0.10	-0.05	-0.08	-0.10	-0.08	-0.12	-0.09	-0.09
	Case 4	t	-0.22	0.36	1.08	0.10	0.79	1.57	0.43	1.26	2.08
	Case 5	t_p	-0.15	0.03	0.34	-0.07	0.17	0.48	0.04	0.35	0.66
	Case 6	θ	-0.09	-0.12	-0.05	-0.12	-0.11	-0.06	-0.13	-0.08	-0.05
Local Moment M_{yy}	Case 1	$a(l_u)$	-0.07	-1.82	-3.38	-0.96	-5.83	-7.53	-9.36	-11.71	-13.57
	Case 2	$e(l_s)$	-0.17	-0.29	-0.36	-0.37	-0.47	-0.61	-0.60	-0.74	-0.88
	Case 3	h	-0.17	-0.18	-0.15	-0.16	-0.15	-0.17	-0.18	-0.19	-0.18
	Case 4	t	-0.34	0.03	0.45	0.27	0.67	1.08	0.65	1.13	1.62
	Case 5	t_p	-0.19	-0.08	0.08	0.02	0.15	0.28	0.14	0.30	0.47
	Case 6	θ	-0.19	-0.20	-0.16	-0.17	-0.16	-0.18	-0.20	-0.20	-0.18

Table 11. Modifying functions for the ratio function of the loading panel width

Behavior	Variable	Modifying Functions
Local Disp. D	D_{m1}	$(0.000158026l_u - 0.048821078)m_1 + (-0.001923489l_u + 1.591172246)$
	D_{m2}	$(0.000028403l_u - 0.008369110)m_2 + (-0.000304405l_u + 1.092786828)$
Local Moment M_{xx}	X_{m1}	$(0.000144785l_u - 0.045065568)m_1 + (-0.001482586l_u + 1.462564891)$
	X_{m2}	$(0.000072885l_u - 0.022170098)m_2 + (-0.000717317l_u + 1.217701143)$
Local Moment M_{yy}	Y_{m1}	$(0.000118880l_u - 0.037088054)m_1 + (-0.001224264l_u + 1.382756908)$
	Y_{m2}	$(0.000036909l_u - 0.011347123)m_2 + (-0.000363876l_u + 1.111645294)$

Table 12. Comparison of error ratio (%) ranges after modifying functions application

Behavior	Apply	Model	10×10	10×20	10×30	20×10	20×20	20×30	30×10	30×20	30×30	Total
Local Disp. D	Before	A	-1.47~ +1.57	-1.77~ +2.53	-4.55~ +4.85	-6.74~ +8.40	-9.04~ +10.93	-11.36~ +13.11	-18.72~ +24.79	-20.54~ +27.29	-22.42~ +28.98	-22.42~ +28.98
		B	-0.73~ +0.54	-3.72~ +2.91	-6.60~ +5.45	-8.63~ +8.83	-10.97~ +11.66	-13.39~ +14.14	-20.60~ +25.48	-22.47~ +28.35	-24.55~ +30.24	-24.55~ +30.24
	After	A	-1.47~ +1.57	-1.12~ +1.64	-2.30~ +2.61	-1.85~ +3.75	-2.38~ +4.38	-3.52~ +4.73	-3.24~ +3.68	-3.92~ +4.85	-5.21~ +4.88	-5.21~ +4.88
		B	-0.73~ +0.54	-1.63~ +2.01	-2.84~ +3.20	-2.22~ +1.82	-2.90~ +2.34	-4.07~ +3.21	-3.86~ +4.25	-4.55~ +5.72	-5.91~ +5.90	-5.91~ +5.90
Local Moment M_{xx}	Before	A	-0.19~ +0.07	-7.14~ +5.50	-12.29~ +9.30	-7.75~ +8.04	-14.67~ +14.42	-19.63~ +18.42	-18.77~ +23.78	-25.40~ +31.46	-29.62~ +35.38	-29.62~ +35.38
		B	-0.15~ +0.02	-7.26~ +5.48	-12.46~ +9.32	-7.85~ +8.03	-14.81~ +15.02	-19.81~ +18.46	-18.88~ +23.74	-25.54~ +31.54	-29.81~ +35.47	-29.81~ +35.47
	After	A	-0.19~ +0.07	-0.83~ +1.22	-0.98~ +0.54	-1.73~ +3.97	-2.16~ +3.01	-2.53~ +3.39	-3.42~ +2.22	-3.82~ +4.23	-4.22~ +2.85	-4.22~ +4.23
		B	-0.15~ +0.02	-0.93~ +1.20	-0.86~ +0.56	-1.67~ +3.86	-2.06~ +3.33	-2.37~ +3.09	-3.35~ +2.19	-3.69~ +4.22	-4.02~ +2.91	-4.02~ +4.22
Local Moment M_{yy}	Before	A	-0.23~ +0.04	-3.16~ +2.49	-5.91~ +4.73	-6.68~ +6.40	-9.78~ +9.58	-12.62~ +12.22	-15.13~ +18.13	-18.79~ +23.03	-21.77~ +26.66	-21.77~ +26.66
		B	-0.33~ -0.05	-3.42~ +2.42	-6.21~ +4.66	-6.94~ +6.35	-10.08~ +9.53	-12.97~ +12.13	-15.44~ +18.22	-19.13~ +23.11	-22.14~ +26.58	-22.14~ +26.58
	After	A	-0.23~ +0.04	-0.54~ +0.30	-0.79~ +0.69	-1.52~ +3.02	-1.82~ +3.05	-2.10~ +3.14	-2.97~ +2.62	-3.27~ +3.15	-3.55~ +3.73	-3.55~ +3.73
		B	-0.33~ -0.05	-0.64~ +0.19	-0.91~ +0.38	-1.62~ +2.75	-1.93~ +2.71	-2.26~ +2.70	-3.10~ +2.45	-3.43~ +3.05	-3.72~ +3.66	-3.72~ +3.66

이상의 결과로부터 재하 크기가 다른 경우에도 Table 11에 나타낸 재하 패널 폭(l_u)의 보정 함수와 Table 5에 나타낸 제원별 통합 함수 및 Table 9의 기준값을 사용하면 간편하게 타당한 결과를 얻을 수 있음을 알 수 있다.

5. 결론

본 연구에서는 사다리꼴 폐단면 리브를 갖는 보강판에 대하여 제원 변화에 따른 국부 거동 양상을 파악하고, 재하크기 변화까지 고려한 보정 방법을 정형화하여 함수로 제안하였으며, 그 결과를 정리하여 나타내면 다음과 같다.

- (1) 폐단면 리브 보강판의 국부 처짐과 국부 모멘트는 하중 재하 패널 폭, 판 두께, 리브 두께, 리브 높이, 옆 패널 폭 변화에 따라 일정한 비율을 나타내며, 기준 제원을 갖는 보강판의 국부 거동은 강판과 리브가 이루는 각도의 함수로 표현됨을 알 수 있었다.
- (2) 임의 제원을 갖는 폐단면 리브 보강판의 국부 거동은 기준 제원 보강판의 결과에 하중 재하 패널 폭, 판 두께, 리브 두께, 리브 높이, 옆 패널 폭에 대한 통합 비율 함수를 곱하여 간편하게 산정할 수 있었다.
- (3) 해석 예제에서 고려하지 않은 제원을 갖는 보강판에 통합 비율 함수를 적용한 결과 오차율 증가가 크지 않아 본 연구의 적용성을 확인할 수 있었으며, 재하 크기가 다른 경우에 적용한 결과 하중 재하 패널 폭의 비율 함수에 대한 보정이 필요함을 알 수 있었다.
- (4) 통합 비율 함수 중 재하 패널 폭의 비율 함수에 재하 크기에 따른 보정 함수를 곱한 결과 오차율이 국부 처짐은 6%, 국부 모멘트는 4% 정도로 크게 개선되어 재하 크기에 대한 보정 함수의 적용성을 확인 할 수 있었다.

따라서, 본 연구에서 제안한 기준값 및 통합 비율 함수와 보정 함수를 사용하면, 간편하게 임의 제원의 폐단면 리브를 갖는 보강판의 국부 처짐과 국부 모멘트를 산정할 수 있을 것으로 사료된다.

참고문헌(References)

- [1] Hambly, E.C. (1991) *Bridge Deck Behaviour* (2nd Ed.), E & FN SPON, UK.
- [2] Troitsky, M.S. (1992) *Orthotropic Bridges: Theory and Design*, The James F. Lincoln Arc Welding Foundation, USA.
- [3] 정충열(2008) 직교이방성 판요소를 이용한 개단면 리브 보강판의 정적 해석, 석사학위논문, 세명대학교.
Jeong, C.Y. (2008) *The Static Analysis of Plates Stiffened with Open Ribs Using the Orthotropic Plate Element*, Master's Thesis, Semyung University, Korea (in Korean).
- [4] 주석범(2012) 보강판 제원에 따른 개단면 리브 보강판의 국부 처짐과 국부 모멘트의 정형화, 한국강구조학회논문집, 한국강구조학회, 제24권, 제6호, pp.659-670.
Chu, S.B. (2012) Formulating the Local Displacement and Local Moments of a Plate Stiffened with Open Ribs According to the Dimensions of Stiffened Plates, *Journal of Korean Society of Steel Construction*, KSSC, Vol.24, No. 6, pp.659-670 (in Korean).
- [5] 오순택(2006) 강바닥판교의 설계 및 시공성 향상방안: 강바닥판교 3차원 실물 모형체의 피로강도, 한국강구조학회 논문집, 한국강구조학회, 제18권, 제1호, pp.23-32.
Oh, S.T. (2006) Improvement of the Design and Construction Technique of Orthotropic Steel Deck Bridges: Fatigue Strength of Three Dimensional Full-Scaled Model, *Journal of Korean Society of Steel Construction*, KSSC, Vol.18, No.1, pp.23-32 (in Korean).
- [6] 선창원, 박경진, 경갑수, 김교훈(2008) 세로리브 내부 보강상체에 따른 강바닥판 연결부의 피로거동 특성에 관한 해석적 연구, 한국강구조학회논문집, 한국강구조학회, 제20권, 제1호, pp.105-119.
Sun, C.W., Park, K.J., Kyung, K.S., and Kim, K.H. (2008) Analytical Study on the Characteristic of Fatigue Behavior in Connection Parts of Orthotropic Steel Decks with Retrofitted Structural Details in Longitudinal Rib, *Journal of Korean Society of Steel Construction*, KSSC, Vol. 20, No.1, pp.105-119 (in Korean).
- [7] 주석범, 이중재, 윤안영(2011) 재하위치에 따른 폐단면 리브 보강판의 국부거동, 한국강구조학회 2011년 학술발표대회 논문집, 한국강구조학회, pp.231-232.
Chu, S.B., Lee, J.J., and Yun, A.Y. (2011) The Local Behavior of Plates Stiffened with Closed Ribs According to the Loading Position, *Proceedings of Annual Conference of Korean Society of Steel Construction*, KSSC, pp. 231-232 (in Korean).

요 약 : 본 연구에서는 여러 가지 제원 변화에 따른 폐단면 리브 보강판의 국부 처짐과 국부 모멘트의 특성을 살펴보고자 하였다. 여러 가지 사다리꼴 리브를 갖는 보강판에 정사각형 분포하중을 재하하고 분석한 결과, 재하 패널 폭이 국부 거동에 미치는 영향이 가장 큰 것으로 나타났으며, 옆 패널 폭이 미치는 영향은 매우 작은 것을 알 수 있었다. 또한, 기준 보강판의 국부 거동은 강판과 리브가 이루는 각도로 표현되고, 다른 보강판의 국부 거동은 기준값에 재하 패널 폭, 판 두께, 리브 두께, 리브 높이, 옆 패널 폭의 비율 함수를 곱하여 구할 수 있음을 알 수 있었으며, 결과 또한 상당한 정확도를 나타내었다. 비율 함수를 다른 재하 크기에 적용한 결과, 재하 패널 폭을 제외한 다른 비율 함수의 타당성을 확인할 수 있었으며, 재하 패널 폭의 함수를 보정한 결과, 오차율이 크게 개선되었다. 따라서 본 연구에서 제안한 비율 함수식을 이용하면, 제원과 상관없이 폐단면 리브를 갖는 보강판의 국부 처짐과 국부 모멘트에 대하여 간편하게 타당한 결과를 얻을 수 있을 것으로 판단된다.

핵심용어 : 폐단면 리브 보강판, 국부 처짐, 국부 모멘트, 국부 거동, 비율 함수, 보강판 제원