건축방재

래티스 철선의 직경에 따른 철선일체형 데크플레이트의 구조성능 및 평가 Structural Performance Evaluation for Steel Wire-Integrated Deck Plate According to the Diameter of the Lattice Bar

김성배* · 강민정** · 황보찬** · 김상섭***

Kim, Sung Bae*, Kang, Min Joung**, Hwangbo, Chan**, and Kim, Sang Seup***

Abstract

Recently, for the decreasing of work term and the convenience of construction work, the steel wire-integrated deck plate has been widely used in the construction sites. Most of all, owing to its good stiffness and economic consideration, the steel-wire-integrated deck plate system has become very popular in recent years. Upper bar, lower bar and lattice bar of the steel-wire-integrated deck plate work as upper chord, lower chord and diagonal chord of truss respectively. Lattice bar is easy to buckle and effective buckling length is increased when the thickness of lattice bar is small. Therefore, tests have been conducted on 15 specimens with several experiment variables to evaluate the structural safety of the proposed deck plate system during the construction step. The test results show that in case of the steel wire-integrated deck plate with 6 mm lattice bar, it effectively deals with the shear force on the end, therefore considerably strong.

Key words : Steel wire-integrated deck plate, Lattice bar, Truss, Effective buckling length, Shear force

요 지

철선일체형 데크플레이트는 시공의 편의성 및 공기단축으로 건설현장에서 널리 사용되고 있다. 그 중에서도 특히 철선과 데크플레이트가 혼합된 철선일체형 데크플레이트 시스템은 우수한 구조적 성능 및 경제성에 의해서 매우 각광을 받고 있다. 철선일체형 데크플레이트는 상부철선, 하부철선 및 래티스 철선이 트러스의 상·하현재 및 경사재로 작용한다. 래티스 철선의 직경이 작을 경우, 상부철선의 유효좌굴길이 길어지고 단부에서 전단력을 받으면 쉽게 좌굴된다. 이에 본 연구에서는 래티스 철선의 직경, 데크플레이트의 종류, 직봉 및 신형상 전단연결재의 설치 유·무 등을 변수로 15개의 실험체를 제작하여 시공 중 철선일체형 데크플레이트의 구조적 안전성을 평가하였다. 그 결과 래티스 철선의 직경이 6 mm인 철선일체형 데크플레이트의 경우, 단부에서 전단력에 효과적으로 저항하여 내력이 상당히 좋은 것으로 나타났다.

핵심용어 : 철선일체형 데크플레이트, 래티스 철선, 트러스, 유효좌굴길이, 전단력

1. 서 론

오늘날, 철골조로 건축된 대부분의 고층건물 슬래브시스템은 데크플레이트를 사용한 합성슬래브이다. 구조용으로 사용되는 데크플레이트는 크게 일반 합성데크플레이트와 철선일체형 데크플레이트로 분류된다. 최근 들어 건물의 장스팬화 및 고층화 등으로 인하여 일반 합성데크플레이트에 비해 철

선일체형 데크플레이트에 대한 수요가 급증하고 있다. 철선일체형 데크플레이트는 고강도 이형철선을 일체형 삼각트러스 형태로 제작하여 아연도 강판위에 용접에 의해 일체화시킨 바닥구조로, 콘크리트 타설 시에는 설치의 용이성 및 작업공간의 제공 등의 장점이 있고, 타설 콘크리트 자중과 작업하중에 견디는 단일 휨재로서의 거푸집 역할을 한다(Lee *et al.*, 2007; Lee *et al.*, 2010; Oh *et al.*, 2008).

*정회원 (주)더나은구조엔지니어링 소장(E-mail: withksb@hanmail.net)

Member, Manager, The Naeun Structural Engineering

**정회원. 한국기술교육대학교 건축공학부 석사과정

Member, Master Course, School of Architectural Engineering, Korea University of Technology and Education

***교신저자. 정회원. 한국기술교육대학교 건축공학부 교수(Tel: +82-41-560-1330, Fax: +82-41-560-1224, E-mail: kimss@kut.ac.kr)

Corresponding Author. Member, Professor, School of Architectural Engineering, Korea University of Technology and Education

철선일체형 데크플레이트는 콘크리트 타설 시와 콘크리트의 양생 이전에 발생하는 시공하중을 아연도 강판을 포함한 철선일체형 데크플레이트가 지지하며, 콘크리트가 양생된 이후의 모든 하중은 아연도 강판을 제외한 상부철선, 하부철선, 래티스 철선 및 콘크리트로 구성된 일반 철근콘크리트 슬래브가 지지한다(Kim *et al.*, 2011; Kim *et al.*, 2012; Yang *et al.*, 2004).

시공단계에서 철선일체형 데크플레이트는 상부철선, 하부철선 및 래티스 철선이 트러스의 상·하현재와 경사재로 작용하여 외력에 저항한다. 이때 래티스 철선의 직경이 작을 경우, 상부철선의 유효좌굴길이가 길어지고 단부에서 래티스 철선이 전단력을 견디지 못하고 쉽게 좌굴되어 데크플레이트가 파괴된다. 이에 본 연구에서는 철선일체형 데크플레이트의 래티스 철선 직경, 직봉 및 신형상 전단연결재의 설치 유무에 대한 영향 등을 실험으로 검증하였다.

2. 실험계획

본 연구는 래티스 철선의 직경에 따른 철선일체형 데크플레이트의 구조성능평가를 위한 것으로, 래티스 철선의 직경, 데크플레이트의 종류, 직봉 및 신형상 전단연결재의 설치 유·무 등을 변수로 실험하였다. 또한 최대하중, 데크플레이트의 처짐, 래티스 철선의 직경에 의한 파괴양상 등을 분석하고 시공단계에서의 현장 적용에 따른 구조안전성을 검토하였다. 실험체는 현장 시공조건과 동일한 방법으로 설치되었으며, 현장의 시공하중을 최대한 재현하여 가력하기 위해 실험 보조 장치를 제작하여 실험하였다.

2.1 실험체 개요

실험체 개요는 Fig. 1, Table 1과 같다. 실험변수는 래티스 철선의 직경($\phi 5$, $\phi 6$), 데크플레이트의 종류(철선일체형 데크플레이트, 중공강판 데크플레이트), 직봉 및 신형상 전단연결재의 설치 유·무 등이며, 실험체는 총 15개이다.

Fig. 2는 중공강판 데크플레이트의 형상이다. 중공강판 데크플레이트는 콘크리트 슬래브의 자중저감을 위하여 철선트러스 사이의 공간에 높이 150 mm의 중공부를 두께 0.5 mm

Fig. 1. Symbol of the Test Specimens.

Table 1. Name of the Test Specimens

Series		N	V	S
TG	D	TG160-D-N-FM	TG160-D-V-FM	TG160-D-S-FM
	O	TG160-O-N-FM	TG160-O-V-FM	TG160-O-S-FM
TL	D	TL160-D-N-FM	TL160-D-V-FM	TL160-D-S-FM
	O	TL160-O-N-FM	TL160-O-V-FM	TL160-O-S-FM
	OF	TL160-OF-N-FM	TL160-OF-V-FM	TL160-OF-S-FM

강판을 사용하여 오메가 모양으로 제작하여 설치하였다. 중공강판은 별도의 고정 장치 없이 데크플레이트의 래티스 철선 하부에 끼워서 고정하였다. 그러나 실험 중 래티스 철선 하부에 끼워 넣은 중공강판이 고정되지 않고 탈락하는 현상이 발생되어, TL160 시리즈 실험체의 경우 중공강판을 피스로 고정하여 실험하였다.

Fig. 3은 신형상 전단연결재의 형상이다. 신형상 전단연결재는 9 mm의 강판으로 제작하였고, 상부수직받침판은 중앙부 절개 후 반대방향으로 벌려서 V자 형을 이루게 하여 트러스의 상부철선과 용접이 용이하도록 제작하였다. 또한 강재보 플랜지와 60 정도 경사지게 설치하여 아연도 강판과 중첩되지 않게 하였으며, 강재보 플랜지와 용접을 통해 전단연결재의 기능을 수행하도록 제작하였다(Kim *et al.*, 2014).

실험체 트러스의 높이는 160 mm이며, 상부철선은 $\phi 13$, 하

Fig. 2. Shape of the Void Deck Plate.

Fig. 3. Details of the New-Type Shear Connector.

부철선은 2- ϕ 10이다. 래티스 철선은 ϕ 5, ϕ 6이며, 중공강판과 아연도 강판의 두께는 0.5 mm이다. 실험체 크기는 750 mm×4,000 mm이며, 순경간은 3,900 mm이다.

2.2 가력 및 측정방법

실험은 최대용량이 2,000 kN인 만능시험기(UTM)로 가력하였으며, 가력은 분당 2 mm로 변위 제어하였다. Fig. 4는 실험체 가력상황과 변위계의 설치위치이다. 단부에 지점을 만들고 데크플레이트를 양쪽에 각각 50 mm 걸쳐놓고 등분포하중과 비슷하게 작용하도록 4점 가력하여 실험하였다. 변위계는 실험체의 중앙부 및 중앙의 좌우 400 mm, 좌우 단부에서 750 mm 간격으로 총 5개를 설치하여 변위를 측정하였다. Fig. 5는 실험전경이다.

2.3 시공하중 및 허용처짐 산정

시공 시 처짐 검토는 데크플레이트 및 콘크리트 슬래브의

Fig. 4. Setting Devices for Loading and Displacement Measurement.

Fig. 5. View of the Test Situation.

자중 등 고정하중 이외에 작업하중이 포함된다. 고정하중은 데크플레이트 0.25 kN/m², 콘크리트 23.0 kN/m³, 시공 시 작업하중은 충격하중을 포함하여 1.5 kN/m²을 적용하였다. 이때 중공강판을 적용한 O, OF 시리즈 실험체 슬래브의 고정하중은 약 27.0% 감소한다(Kim *et al.*, 2011).

시공 시 데크플레이트의 허용처짐은 $L/180$ (L =순경간+걸침길이, 걸침길이는 좌우 50 mm) 또는 20 mm 중에서 작은 값으로 한다(Structural Steel Design). Table 2는 철선일체형 데크플레이트 실험체에 작용하는 시공하중 및 허용처짐이다.

3. 실험결과 및 파괴양상

3.1 소재시험결과

실험체에 사용된 강재는 KS D 3552(철선)에 적합한 선재로서 ϕ 13, ϕ 10, ϕ 6, ϕ 5의 철선과 0.5 mm의 아연도 강판으로 구성되어 있다. 철선에 대한 인장시험편은 KS B 0801(금속재료 인장시험편)에 따라 제작하였으며, KS B 0802(금속재료 인장시험방법)에 의해 철선에 대한 항복강도 및 인장강도, 연신율 등을 측정하였다. 인장시험결과는 Table 3과 같다.

KS D 3552에 의한 철선의 항복강도는 440 MPa이상, 인장강도는 540 MPa이상이며, 연신율은 8%이상이므로 본 연구에 사용된 철선은 KS규격을 모두 만족하고 있는 것으로 나타났다.

0.5 mm의 아연도 강판은 SGH340(KS D 3506)이며, 한국화학시험연구원의 시험성적서를 기초로 항복강도 304 MPa, 인장강도 440 MPa, 연신율 25%를 적용하였다.

3.2 하중-변위 관계

래티스 철선의 직경에 따른 철선일체형 데크플레이트의 구조성능을 평가하기 위해 15개의 데크플레이트를 제작하여 실험을 수행하였으며, Fig. 6은 각 실험체의 하중-변위관계이다. Fig. 6에서 시공하중은 종축에 실선으로, 허용처짐은 횡축에 점선으로 나타내었다.

실험결과 래티스 철선의 직경이 6 mm인 TL160 시리즈 실험체가 래티스 철선의 직경이 5 mm인 TG160 시리즈 실험체에 비해 최대내력이 상당히 증가하였고, 강성은 비슷한 것으로 나타났다. 또한 대부분의 실험체가 시공하중 시 허용처짐을 만족하지 못하는 것으로 나타났다.

Table 2. Determination of Construction Load and Permitted Deflection

Test Specimens	Construction Load(kN)				Permitted Deflection (mm)
	Deck Plate Weight	Concrete Weight	Working load	Total	
D Series	0.73	13.46	4.39	18.58	20.00
O Series	0.73	9.82	4.39	14.94	20.00

(a) D-N-FM Series

(b) O-N-FM Series

(c) D-V-FM Series

(d) O-V-FM Series

(e) D-S-FM Series

(f) O-S-FM Series

Fig. 6. Load-Displacement Relationship of the Test Specimen.

Table 3. The Result of Tensile Strength Test

Type	Yield Strength (MPa)	Tensile Strength (MPa)	Elongation (%)	Location
$\phi 5$	539	607.3	16.4	lattice
$\phi 6$	525	588.7	18.5	lattice
$\phi 10$	553	595.3	10.0	bottom bar
$\phi 13$	510	557.7	20.1	top bar
0.5 mm	304	440	25.0	deck plate

3.3 실험체 파괴양상

철선일체형 데크플레이트 실험결과 공통적으로 몇 가지 유사한 파괴양상이 나타났다. 래티스 철선의 직경이 5 mm인 TG160 시리즈 실험체의 경우, 다수의 실험체에서 Fig. 7과 같이 단부 래티스 철선과 하부철선의 용접부 탈락이 발생하였으나, 급격한 내력저하는 일어나지 않았다. 그러나 하중이 트러스 거더로 균등하게 분배되지 못해 최대내력이 저하되는 현상이 나타났다. 또한 Fig. 8과 같이 중공강판을 설치한 데크플레이트의 경우 대부분의 실험체에서 중공강판의 탈락이 발생되었으며, 탈락된 이후에 가력대가 중공강판에 닿으면서 하

Fig. 7. Separation of the Welding Point.

Fig. 8. Void Deck Plate with Omega Steel Plate.

중이 다소 증가하는 현상이 발생하였다.

래티스 철선의 직경이 6 mm인 TL160 시리즈의 경우 래티스 철선과 하부철선의 용접부 탈락이 발견되지 않았으며, 피스고정 여부와 상관없이 중공강판의 탈락도 발생하지 않았다. Fig. 9는 전단연결재가 없는 N 시리즈, 직봉을 설치한 V 시리즈, 신형상 전단연결재를 설치한 S 시리즈 실험체의 단부형상이다.

전단연결재를 설치하지 않은 철선일체형 데크플레이트의 경우 래티스 철선의 직경이 6 mm인 TL160 시리즈 실험체의 최대하중이 래티스 철선의 직경이 5 mm인 TG160 시리즈 실험체의 최대하중보다 약 73.1% 크게 나타났다. 또한 직봉 및 신형상 전단연결재를 설치한 철선일체형 데크플레이트의 경우 TL160 시리즈 실험체의 최대하중이 TG160 시리즈 실험체의 최대하중에 비해 각각 42.4%, 33.6% 증가한 것으로 나타났다.

전단연결재가 없는 N 시리즈 실험체는 단부에서 아연도 강판이 하중을 감당하지 못하고 쉽게 좌굴되어 하부철선이 강재보에 닿으면서 전단력을 부담하는 것으로 나타났다. 이것은 상부철선, 하부철선 및 래티스 철선이 트러스의 상·하현재와 경사재로 작용하여, 전단연결재가 없는 경우 하중이 철선트러스로 전달되지 않으므로 초기에 아연도 강판만이 전단력을

(a) N Series

(b) V Series

(c) S Series

Fig. 9. Shape of the Test Specimens.

부담하기 때문에 판단된다. 직봉 및 신형상 전단연결재를 설치한 V 시리즈 실험체와 S 시리즈 실험체는 단부에서 하중을 아연도 강판과 직봉 및 신형상 전단연결재가 동시에 분담하므로 초기 전단력에 대해서 보다 안정적인 것으로 판단된다.

3.4 각 실험체의 파괴모드

실험체의 파괴모드는 Figs. 10(a) and (b)와 같이 크게 단부 래티스 철선의 좌굴과 중앙부 상부철선의 좌굴로 분류된다. 총 15개 실험체에 대한 파괴모드를 분석한 결과 TG160 시리즈 실험체는 단부 래티스 철선의 좌굴로 파괴되었고, TL160 시리즈 실험체는 중앙부 상부철선의 좌굴로 파괴되었다. Tables 4 and 5는 실험결과를 정리하여 나타낸 것이다.

(a) Buckling of the Lattice Bar on the End

(b) Buckling of the Upper Deformed Bar in the Center

Fig. 10. Failure Mode of the Test Specimens.

4. 실험결과 분석 및 고찰

4.1 상부철선의 휨좌굴강도에 따른 유효좌굴길이 산정

실험결과 래티스 철선의 두께가 6 mm 인 TL160 시리즈 실험체는 모두 상부철선의 좌굴로 인해 파괴되었다. 철선일체형 데크플레이트에서 철선트러스의 상현재에 해당하는 상부철선에는 압축력이 작용하고, 하현재인 하부철선에는 인장력이 작용한다. 그러므로 상부철선에 압축력에 의한 좌굴이 발생하면 철선일체형 데크플레이트가 파괴될 것이라고 판단되어 상부철선의 좌굴에 대한 유효좌굴길이를 산정하였다.

상부철선은 래티스에 의해 200 mm 간격으로 구속되어 있으나, Fig. 10(b)와 같이 실제 좌굴길이가 래티스 간격보다 큰 것으로 확인되었다. 따라서 유효좌굴길이계수(K)가 양단힌지($K=1$)보다 큰 것으로 판단되며, 트러스 거더에 대한 휨내력 평가 시 상부철선의 유효좌굴길이를 고려해야 한다고 사료된다.

철선일체형 데크플레이트의 상부철선에 대해 Eq. (1)을 적용하면 모두 비탄성거동을 하는 것으로 나타났다. 그러므로 실험결과로부터 상부철선의 유효좌굴길이(KL)를 산정하기 위해 Eq. (2)과 같이 비탄성좌굴의 휨좌굴강도 F_{cr} 식을 사용하였다. 실험을 통해 얻은 휨모멘트와 상부철선의 단면적, 압축축과 인장축 간의 거리 등을 대입하여 실험체에 작용하는 휨좌굴강도 F_{cr} 을 계산하고, 역으로 추정하여 유효좌굴길이

Table 4. Experimental Results of TG160 Series

Test Specimens	Failure Mode	End Shear (kN)	Bending Moment (kN·m)	Effective Buckling Length(mm)
TG160-D-N-FM	A	7.33	8.43	-
TG160-O-N-FM	A	7.01	8.06	-
TG160-D-V-FM	A	9.71	11.16	-
TG160-O-V-FM	A	8.79	10.10	-
TG160-D-S-FM	A	9.86	11.33	-
TG160-O-S-FM	A	9.85	11.33	-
Average		8.62	9.91	-

Table 5. Experimental Results of TL160 Series

Test Specimens	Failure Mode	End Shear (kN)	Bending Moment (kN·m)	Effective Buckling Length(mm)
TL160-D-N-FM	B	11.98	13.78	265.31
TL160-O-N-FM	B	12.97	14.91	249.56
TL160-OF-N-FM	B	12.29	14.13	260.12
TL160-D-V-FM	B	11.15	12.82	278.60
TL160-O-V-FM	B	12.58	14.47	255.50
TL160-OF-V-FM	B	12.60	14.48	255.36
TL160-D-S-FM	B	11.62	13.36	271.09
TL160-O-S-FM	B	13.63	15.67	239.38
TL160-OF-S-FM	B	12.90	14.84	250.50
Average		12.41	14.27	258.38

Failure Mode A : Buckling of End Lattice

Failure Mode B : Buckling of Upper Bar

(KL)를 산정하였다.

$$\frac{KL}{r} \leq 4.71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad (1)$$

$$F_{cr} = \left(0.658^{\frac{F_y}{F_e}} \right) F_y \quad (2)$$

$\frac{KL}{r}$: 세장비
 E : 탄성계수(MPa)
 F_y : 항복강도(MPa)
 F_{cr} : 휨좌굴강도(MPa)
 F_e : 탄성좌굴강도(MPa),

Table 5에 중앙부 상부철선의 좌굴에 의해 파괴된 TL160 시리즈 실험체의 유효좌굴길이를 나타내었다. 실험체의 유효좌굴길이는 평균 258.38 mm로 래티스의 구속간격인 200 mm 보다 약 29.2% 크게 나타났다. 또한 중공강판을 설치하지 않은 D 시리즈 실험체의 유효좌굴길이는 평균 271.7 mm, 중공

강판을 설치한 O 시리즈 실험체의 유효좌굴길이는 평균 251.7 mm로, D 시리즈 실험체의 유효좌굴길이가 O 시리즈 실험체의 유효좌굴길이보다 약 7.9% 크게 나타났다. 이는 중공강판 데크플레이트의 경우 중공강판에 의해 상부철선이 부담하는 압축력이 작아지기 때문인 것으로 판단된다.

4.2 하중과 처짐에 대한 분석

Table 6는 데크플레이트의 실험결과에 대한 하중 비와 처짐 비를 산정하여 나타낸 것이다. 하중 비의 경우, 실험을 통하여 얻은 각 실험체의 최대하중을 시공하중으로 나누어 산정하였다. 하중 비가 클수록 최대하중 값이 시공하중에 비해 크다는 것을 의미하며, 하중 비가 1 이하인 실험체들은 최대하중이 시공하중에 미치지 못함을 의미한다.

TG160-D 시리즈 실험체를 제외한 모든 실험체의 하중 비가 1보다 크므로 시공하중에 대해서 안전하다고 판단된다. 또한 래티스 철선의 직경이 5 mm인 TG160 시리즈의 하중 비는 평균 1.05, 래티스 철선의 직경이 6 mm인 TL160 시리즈의 하중 비는 평균 1.56으로, TL160 시리즈의 하중 비가 TG160 시리즈의 하중 비보다 약 47.9% 크게 나타났다. 그러므로 TL160 시리즈 실험체가 TG160 시리즈 실험체보다 시공하중에 대해 상대적으로 안전하다고 판단된다. 하중 비가 1 이하인 실험체의 경우, 최대하중이 시공하중보다 작으므로 래티스 철선의 직경을 증가시키거나 경간을 줄이는 등의 조치

가 필요하다고 판단된다.

또한 각 실험체들의 시공하중 시 처짐을 처짐한계로 나누어 처짐 비를 산정하였다. Fig. 6에서 대부분의 실험체가 시공하중 시 허용처짐을 만족하지 못하는 것으로 나타났다. 그러므로 경간이 3,900 mm인 철선일체형 데크플레이트의 경우, 치올림(camber) 또는 동바리 설치가 필요하다고 판단되며, L/200로 치올림을 하면 처짐조건을 만족시킬 수 있는 것으로 나타났다. 처짐한계는 허용처짐(20 mm)에 치올림(20 mm)를 더한 값으로 적용하였다. 처짐 비가 작을수록 강성이 좋으며, 처짐 비가 1 이하인 실험체들이 구조적으로 안전하다고 판단된다.

처짐은 직봉 및 신행상 전단연결재의 설치 유무에 상당히 영향을 받는 것으로 나타났다. 직봉 및 신행상 전단연결재가 없는 D 시리즈 실험체의 경우 처짐 비가 1 이상으로 처짐이 상당히 큰 것으로 판단되며, 특히 TG160-D 시리즈 실험체의 경우 최대하중이 시공하중에 미치지 못했기 때문에 시공하중 시 처짐을 구할 수 없었다. 직봉 및 신행상 전단연결재를 설치한 V, S 시리즈 실험체의 경우 모든 실험체의 처짐 비가 1 이하로 안전한 것으로 나타났다.

4.3 중공강판의 효과에 대한 고찰

Table 6의 처짐 비는 각 실험체의 시공하중 시 처짐과 처짐한계(40 mm)에 대한 비를 나타낸 것으로, 1.0 이하이면 안전

Table 6. Estimating Load Ratio and Deflection Ratio of Experimental Results

Test Specimens			Load			Deflection		
			Maximum Load (kN)	Construction Load (kN)	Ratio-A	Deflection of Construction Load (mm)	Deflection Limit (mm)	Ratio-B
TG160 Series	N Series	TG160-D-N-FM	14.66	18.58	0.79	-	40.0	-
		TG160-O-N-FM	14.02	14.94	0.94	-	40.0	-
	V Series	TG160-D-V-FM	19.41	18.58	1.04	28.03	40.0	0.70
		TG160-O-V-FM	17.57	14.94	1.18	22.96	40.0	0.57
	S Series	TG160-D-S-FM	19.71	18.58	1.06	30.47	40.0	0.76
		TG160-O-S-FM	19.7	14.94	1.32	18.39	40.0	0.46
TL160 Series	N Series	TL160-D-N-FM	23.96	18.58	1.29	55.00	40.0	1.38
		TL160-O-N-FM	25.93	14.94	1.74	46.76	40.0	1.17
		TL160-OF-N-FM	24.58	14.94	1.65	47.33	40.0	1.18
	V Series	TL160-D-V-FM	22.3	18.58	1.20	27.36	40.0	0.68
		TL160-O-V-FM	25.16	14.94	1.68	20.76	40.0	0.52
		TL160-OF-V-FM	25.19	14.94	1.69	20.76	40.0	0.52
	S Series	TL160-D-S-FM	23.24	18.58	1.25	26.97	40.0	0.67
		TL160-O-S-FM	27.25	14.94	1.82	21.16	40.0	0.53
		TL160-OF-S-FM	25.8	14.94	1.73	19.92	40.0	0.50

Ratio-A: Maximum Load/Construction Load

Ratio-B: Deflection of Construction Load/Deflection Limit

Deflection Limit: Permitted Deflection(20 mm)+Camber(20 mm)

하다고 판단된다. 중공강판을 설치한 O 시리즈 실험체의 처짐 비가 평균 0.68, 중공강판을 설치하지 않은 D 시리즈 실험체의 처짐 비가 평균 0.84로, O 시리즈 실험체의 처짐 비가 D 시리즈 실험체의 처짐 비에 비해 약 23.0% 작은 것으로 나타났다.

D 시리즈 실험체와 O 시리즈 실험체 모두 평균이 1.0 이하이지만, 변수가 같은 실험체군을 각각 비교했을 때 중공강판을 설치한 데크플레이트가 일반 철선일체형 데크플레이트보다 처짐 비가 낮으므로, 중공강판 데크플레이트가 구조성능이 더 우수한 것으로 나타났다. 이것은 중공강판 데크플레이트의 경우, 중공강판을 설치함으로써 중공체 부피만큼 타설 콘크리트량이 절감되어 자중이 작아지기 때문으로 판단된다.

Fig. 11은 중공강판 설치 유·무와 대한 최대하중의 분포를 나타낸 것이다. 래티스 철선의 직경이 5 mm인 TG160 시리즈의 모든 실험체는 가력 도중에 중공강판이 데크플레이트로부터 탈락하여 최대하중에 대한 중공강판의 효과가 거의 나타나지 않았다. 그러나 래티스 철선의 직경이 6 mm인 TL160 시리즈 실험체는 중공강판의 고정 유·무와 상관없이 중공강판의 탈락현상이 발생하지 않았다. 또한 중공강판을 설치한 O, OF 시리즈 실험체가 중공강판을 설치하지 않은 D 시리즈 실험체에 비해 최대하중이 약 10.7% 크게 나타났다. 그러므로 래티스 철선의 직경을 증가시키는 것은 내력을 향상시킬 뿐만 아니라 중공강판이 탈락하는 현상을 방지해 주는 것으로 나타났다.

Fig. 11. Maximum Load of the Test Specimens.

4.4 래티스 철선의 직경과 전단연결재의 관계에 대한 고찰

Fig. 12와 같이 각 실험체를 전단연결재가 없는 N 시리즈, 직봉을 설치한 V 시리즈, 신형상 전단연결재를 설치한 S 시리즈로 나누어 래티스 철선의 직경에 따른 최대하중을 비교하였다. 래티스 철선의 직경이 6mm인 TL160 시리즈 실험체가 래티스 철선의 직경이 5mm인 TG160 시리즈 실험체보다 N 시리즈의 경우 약 73.1%, V 시리즈의 경우 약 42.4%, S 시리즈의 경우 약 33.6% 증가하였고, 강성은 비슷한 것으로 나타났다.

TL160 시리즈의 경우, 직봉 및 신형상 전단연결재가 없는 데크플레이트와 직봉 및 신형상 전단연결재를 설치한 데크플

Fig. 12. Maximum Load of the Test Specimens.

레이트의 최대하중은 큰 차이가 없지만, 직봉 및 신형상 전단 연결재를 설치하지 않으면 초기에 전단력을 아연도 강판만이 부담하기 때문에 강성이 작아진다. 그러므로 하중에 의한 전단력 분담과 데크플레이트의 탈락 및 낙하 방지를 위해 직봉 등을 설치해야만 한다. 특히 신형상 전단연결재는 강재보 상부 플랜지와 용접에 용이한 형상을 가지고 있으며, 상부철선 및 강재보와의 용접이 직봉보다 더 안정적인 것으로 판단된다.

5. 결 론

본 연구에서는 시공단계에서의 철선일체형 데크플레이트의 안전성을 평가하기 위해 래티스 철선의 직경에 따른 구조성능을 실험을 통해 검토하였다. 실험결과를 정리하면 다음과 같다.

(1) 래티스 철선의 직경이 6 mm인 TL160 시리즈 실험체는 래티스 철선의 직경이 5 mm인 TG160 시리즈 실험체보다 최대내력이 상당히 증가한 것으로 나타났다. 이는 래티스 철선의 직경이 크면 단부에서 전단력을 아연도 강판과 분담하여 효과적으로 저항하기 때문으로 판단된다.

(2) 트리스 거더의 경우 상부철선은 래티스에 의해 200 mm 간격으로 구속되어 있으나, 실험결과에 따른 유효좌굴길이는 래티스 간격보다 큰 것으로 나타났다. 따라서 트리스 거더에 대한 휨내력 평가 시 상부철선의 유효좌굴길이를 고려해야 한다고 판단된다.

(3) 순경간이 3,900 mm인 TG160, TL160 시리즈 실험체는 모두 시공하중 시 허용처짐을 만족하지 못하므로 경간을 줄이거나 치올림을 하는 등의 조치가 필요할 것으로 판단된다.

(4) TG160 시리즈 실험체는 하중을 가했을 때 중공강판의 탈락으로 인해 최대하중의 변화가 없었다. 그러나 TL160 시리즈 실험체는 래티스 철선이 중공강판을 효과적으로 구속하여 중공강판의 탈락이 일어나지 않아서 일반 철선일체형 데크플레이트보다 중공강판 데크플레이트의 내력이 더 크게 나타났다.

(5) TL160 시리즈 실험체의 경우 직봉 및 신형상 전단연결재의 설치 유·무에 의한 최대하중의 차이는 거의 없었으나, 직봉 및 신형상 전단연결재가 없는 실험체는 강성이 현저히 낮게 나타났다. 그러므로 전단력 분담과 데크플레이트의 탈락 및 낙하 방지를 위해 직봉 등을 설치해야만 한다. 특히 신형상 전단연결재는 강재보 상부플랜지와 용접에 용이한 형상을 가지고 있으며, 상부철선 및 강재보와의 용접이 직봉보다 더 안정적인 것으로 판단된다.

감사의 글

본 논문은 중소기업청에서 지원하는 2013년도 산학연협력 첫걸음기술개발사업(C0146916)의 연구수행으로 인한 결과물임.

References

- Kim, S.B., Hwangbo, C., Lee, T.G., Cho, H.S., and Kim, S.S. (2014) The Shear Strength Evaluation of the New Shear Connector by Push-out Test, *Journal of Korean Society of Hazard Mitigation*, Vol. 14, No. 1, pp. 1-10.
- Kim, S.B., Kang, M.J., Hwangbo, C., and Kim, S.S. (2014) Performance Evaluation for Steel Wire-Integrated Deck Plate with New-Type Shear Connector, *Journal of Korean Society of Hazard Mitigation*, Vol. 14, No. 3, pp. 51-61.
- Kim, S.B., Park, D.S., and Kim, S.S. (2011) A Study on the Development of New-shaped Shear Connector with Vertical Bars of Deck Plate, *Architectural Institute of Korea*, Vol. 27, No. 8, pp. 47-54.
- Kim, S.B., Park, D.S., and Seo, D.G. (2011) A Study on the Ways to Use Vertical Bars of Deck Plate as Shear Connectors, *Proceedings of the Architectural Institute of Korea*, Vol. 27, No. 4, pp. 87-96.
- Kim, S.S. and Ryu, D.S. (2011) An Experimental Study on the Vibration and Fire Resistance of Steel Void Deck Plate Slab for Omega-steel plate, *Journal of Korea Society of Steel Construction*, Vol. 23, No. 6, pp. 705-713.
- Kim, S.S., Park, D.S., and Boo, Y.S. (2012) Flexural Capacity and CO₂ Reduction Evaluation for Composite Beam with Weight Reducing Steel Wire-Integrated Void Deck Plate slab, *Journal of Korea Society of Steel Construction*, Vol. 24, No. 3, pp. 313-323.
- Kim, S.S., Ryu, D.S., and Boo, Y.S. (2012) Structural Performance Evaluation on Flexural and Shear Capacity for Weight Reducing Steel Wire-Integrated Void Deck Plate Slab, *Journal of Korea Society of Steel Construction*, Vol. 24, No. 4, pp. 411-422.
- KSSC (2009) Structural Steel Design, Korean Society of Steel Construction.
- Lee, S.K. and Lee, Y.J. (2007) An Evaluation of Structural Safety for Steel Wire-Integrated Deck Plate System, *Proceedings of the Architectural Institute of Korea*, Vol. 23, No. 11, pp. 43-50.
- Lee, Y.J. (2010) Test research of Structural Safety for Steel Wire-Integrated Deck Plate System, *Magazine of the Korea Institute for Structural Maintenance and Inspection*, Vol. 14, No. 6, pp. 220-228.
- Oh, S.H., Kim, Y.J., and Yoon, M.H. (2008) Test on the Structural Performance of the TOX Deck plate - Evaluation of Structural Safety during Construction Stage, *Journal of Korea Society of Steel Construction*, Vol. 20, No. 6, pp. 701-709.
- Yang, K.H., Kim, D.J., Lee, E.T., and Chung, H.S. (2004) Evaluation of Effective Moment of Inertia and Allowable Span-Depth Ratio for Controlling Deflection in Composite Slabs Reinforced with Steel Decking, *Architectural Institute of Korea*, Vol. 20, No. 5, pp. 19-26.

Received July 16, 2014

Revised July 25, 2014

Accepted September 3, 2014