

U형 강박스거더의 휨설계를 위한 합리적인 브레이싱의 형태 및 패널 수 도출에 관한 실험적 연구

Experimental Study on the Presentation of Adequate Type and Number of
Bracing Panel for Design of U-Shaped Steel Box Girder

심 낙 훈*
Shim, Nak-Hoon

박 영 석**
Park, Young-Suk

Abstract

In the present study, tests for U-type steel box girder are performed to observe the effects of W-type and X-type of top lateral bracings on the bending behavior of the U-type steel box girder system. Another objective of the present study is to investigate the adequacy of the currently available design formula. For the structural tests, the test specimen with two third scale of the system constructed in the field was used. In this test, several different spacings are used for the top lateral bracings. The stresses measured from the bending tests are compared with those by the formula proposed by Helwig. An adequate type and the required number of panel for diagonal bracing was obtained.

요 지

본 연구에서는 실내실험을 통하여 U형 강박스거더의 상부 수평브레이싱이 휨 거동에 미치는 영향을 파악하고 기존의 수평브레이싱 설계 제안식에 대한 적정성을 검토하기 위하여, 실제 시공되고 있는 U형 강박스 거더 단면의 2/3정도 되는 캔틸레버 형식의 시험체를 제작하여 휨 실험을 수행하였다. 이로써 수집된 데이터를 분석하여 상부 수평브레이싱의 합리적인 휨 설계식 제안을 위한 기초를 마련하였다. 그리고, 상부 수평 브레이싱의 형태 및 패널수의 변화에 따른 휨 실험을 통하여 브레이싱 부재의 응력을 측정하고 Helwig가 제안한 설계식으로 구한 값과 비교한 결과 합리적인 브레이싱의 형태 및 패널 수를 얻을 수 있었다.

Keywords : U-type steel box girder, Bending test, Bracing type, Number of bracing panel

핵심 용어 : U형 강박스 거더, 휨 실험, 브레이싱 형태, 패널 수

* 정회원, (주)도우엔지니어즈 기술연구소 과장

** 정회원, 명지대학교 토목환경공학과 교수

E-mail : pys@mju.ac.kr 031-330-6412

•본 논문에 대한 토의를 2007년 2월 28일까지 학회로 보내 주시면 2007년 5월호에 토론결과를 게재하겠습니다.

1. 서 론

U형 강박스거더의 설계는 박스거더의 운반 및 현장 거치 과정에서 주로 발생할 수 있는 비틀림과피에 저항하는 소요 비틀림강성에 대한 설계와 거더 거치 후에 바닥판 콘크리트의 타설 과정 등에서 주로 발생할 수 있는 상부 브레이싱의 좌굴이나 상부플랜지의 과도한 횡방향 변위에 저항하는 상부 트러스 시스템에 대한 휨설계로 구분할 수 있다. 본 연구와 관련된 이전의 논문에서는 U형 강박스거더의 소요 비틀림강성을 확보할 수 있는 등가 판두께를 이용한 상부 브레이싱의 단면적 및 패널형태, 그리고 패널 수에 대하여 합리적인 값을 얻기 위하여 연구를 수행하였다.

본 연구에서는 비틀림설계를 통하여 상부 브레이싱 시스템의 변수들이 확정된 후에 휨 하중에 의해 발생할 수 있는 상부플랜지의 횡방향 변위에 대한 허용범위와 대각선 브레이싱의 좌굴에 대한 안정성을 확보할 수 있는 허용응력범위를 설정하고자 실제 현장에서 건설되는 U형 강박스거더 크기의 2/3 정도 크기의 시험체를 제작하여 패널 형태 및 패널 수에 따른 휨 실험을 수행하였다. 이러한 실험결과와 Helwig가 제안한 브레이싱 설계식을 비교, 분석하여 향후의 U형 강박스거더 설계지침 작성에 필요한 결과를 얻을 수 있었다.

2. 연구동향

우리나라는 물론 선진 외국에서도 현재까지 U형 강박스거더의 상부 브레이싱 시스템에 대한 설계기준이 정립되어 있지 않은 실정이다. 미국에서는 1999년 Fan과 Helwig가 시공 중 하중이 작용하는 동안에 유사 폐단면 사다리꼴 박스거더의 상부 횡방향 브레이싱에 발생하는 부재력을 계산하기 위한 방정식을 유효요소해석을 통하여 개발하였으며, 그 방정식을 식(1)~식(8)에 나타내었다.

<W형의 상부 수평브레이싱 시스템>

$$D_{bend} = \frac{f_{x_{top}} s \cos \alpha}{K_1} = \frac{f_{x_{top}} s^2}{K_1 d} \quad (1)$$

$$S_{bend} = -D_{bend} \sin \alpha = -\frac{D_{bend} b}{d} \quad (2)$$

$$f_{L_{bend}} = \frac{1.5s}{b_f^2 t_f} S_{bend} \quad (3)$$

<X형의 상부 수평브레이싱 시스템>

$$D_{bend} = \frac{f_{x_{top}} s \cos \alpha}{K_2} = \frac{f_{x_{top}} s^2}{K_2 d} \quad (4)$$

$$S_{bend} = -2D_{bend} \sin \alpha = -\frac{2D_{bend} b}{d} \quad (5)$$

$$f_{L_{bend}} = 0 \quad (6)$$

여기서, K_1 과 K_2 는 다음과같다.

$$K_1 = \frac{d}{A_d} + \frac{b}{A_s} \sin^2 \alpha + \frac{s^3}{2b_f^3 t_f} \sin^2 \alpha = \frac{d}{A_d} + \frac{b^3}{A_s d^2} + \frac{s^3 b^2}{2b_f^3 t_f d^2} \quad (7)$$

$$K_2 = \frac{d}{A_d} + \frac{2b}{A_s} \sin^2 \alpha \quad (8)$$

여기서,

$f_{x_{top}}$ = 상부플랜지 단면 중심의 종방향 응력

D_{bend} = 대각선브레이싱 부재력

S_{bend} = 스트럿의 부재력

$f_{L_{bend}}$ = S_{bend} 에 의해 상부플랜지에 발생하는 횡방향 휨응력

s = 스트럿의 간격(패널 길이)

α = 상부플랜지와 대각선브레이싱 사이의 각

b_f = 상부플랜지의 폭

t_f = 상부플랜지의 두께

d = 대각선브레이싱의 길이

b = 양쪽 상부플랜지 중심선 사이의 거리

A_d = 대각선브레이싱의 단면적

A_s = 스트럿의 단면적

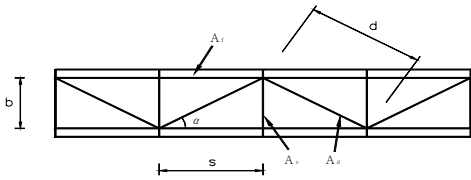


Fig. 1 W형 상부 수평브레이싱 시스템

식(1)~식(3)은 W형 상부 수평브레이싱 시스템의 부재력 계산식을 나타낸 것이고, 식(4)~식(6)은 X형 상부 수평브레이싱 시스템의 부재력 계산식을 나타낸 것이며, Fig. 1은 이 방식식의 기호 설명을 위하여 나타낸 것이다. 그 이후에 Yura(2004)는 실교량 단면 크기와 유사한 U형 직선 박스거더 시험체를 제작하여 상부 횡방향 브레이싱과 메탈 데크플레이트를 설치한 경우의 휨 및 비틀거동을 기존의 제안식과 비교하였으며, 이를 토대로 U형 강박스 거더의 상부 횡방향 브레이싱 설계기준을 제안하였으며, 현재 이에 대한 타당성 검토가 진행되고 있다.

우리나라에서도 최근에 설계와 시공이 시작되면서 구조적으로 합리적인 U형 강박스거더의 활용에 대한 인식이 확산되어 지금까지 3년간에 걸쳐 설계지침 마련을 위한 연구가 활발히 진행되고 있으며, 향후에는 비틀 설계식과 휨 설계식의 타당성 검증을 위한 실험과 상부플랜지의 횡방향 변위에 대한 허용범위를 설정하기 위한 추가적인 실험이 진행될 예정이다.

3. 시험체 제원 및 경계조건

본 실험에 사용된 U형 강박스거더 시험체는 실물모형 단면의 2/3 크기로 축소하여 제작하였으며 유한요소해석을 병행하여 설계하였다. 그리고, 최대하중은 시험체가 탄성범위 내에서 거동할 수 있도록 작용시켰다.

Table 1 강재의 항복강도 및 인장강도

부재	강종	F _y (MPa)	F _u (MPa)
상·하부 플랜지 복부판	SM520	360	520
다이아프램 브레이싱	SS400	240	400

다. 시험체의 상부와 하부 플랜지 및 복부판에는 모두 SM520 강재를 사용하였고, 다이아프램과 브레이싱에는 SS400 강재를 사용하였다. 두 강재의 항복강도(F_y) 및 인장강도(F_u)를 Table 1에 나타내었다. 그리고, 최대하중은 시험체가 탄성범위 내에서 거동할 수 있도록 작용시켰다.

캔틸레버보의 고정단 역할을 할 수 있도록 Fig. 2와 같이 2개의 지점을 설치하였으며, 실제 측정구간은 캔틸레버보로 구성하였다. 그리고, 자유단에 같은 속도와 같은 크기의 하중을 상향으로 작용시켜 캔틸레버보 측정구간에 정모멘트가 발생하도록 하였다.

본 실험을 위하여 제작한 시험체는 실제 교량에서 주로 사용되는 사다리꼴 단면이며, Fig. 2와 Fig. 3에 시험체의 종방향 제원 및 단면 제원을 나타내었다. 시험체의 총 길이는 14.8m이고 지점부 및 재하부를 제외한 순수 측정구간은 12m이며, Fig. 2와 같이 시험체 끝단에서 30cm 안쪽에서 상향의 집중하중을 작용시켰다. 그리고, 좌측 지점 사이의 2m 구간은 캔틸레버보의 고정단과 같은 지점조건을 구현하기 위하여 지지보에 충분히 고정시켰다.

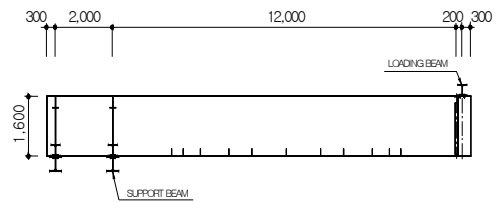


Fig. 2 시험체의 종방향 제원

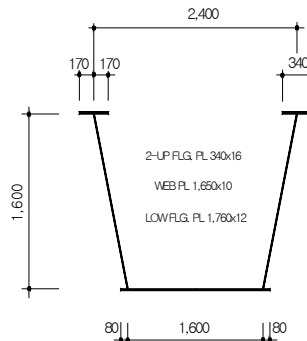


Fig. 3 시험체의 단면제원

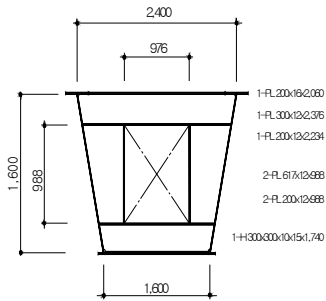


Fig. 4 지점부 다이어그램

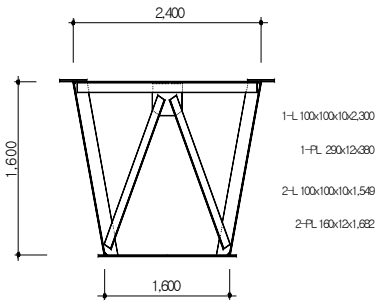


Fig. 5 하중 작용점의 다이어그램

Fig. 3과 같이 시험체는 개단면이기 때문에 지점부나 하중 작용점에서의 국부 변형과 단면 뒤틀림이 발생할 수 있다. 이를 방지하기 위하여 지점부에는 Fig. 4와 같은 다이어그램을 설치하였고, 하중 작용점에는 Fig. 5와 같은 K-형 다이어그램을 설치하였다.

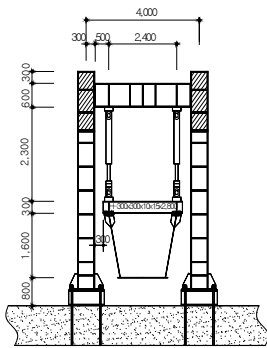


Fig. 6 재하 시스템

위의 시험체를 Fig. 6과 같이 거치하여 캔틸레버보 자유단의 양쪽 상부플랜지에 500 kN 용량의 가력기 (actuator) 2대를 캔틸레버 시험체 자유단에 설치하여 같은 속도로 상향의 같은 하중을 작용시켰다. 이때, 하중 작용점에서는 자유단의 조건이 만족되도록 시험체의 길이방향 및 횡방향으로 이동과 회전이 가능하도록 하였다.

4. 센서 부착위치 및 실험조건

4.1 센서 부착위치

실험 중 하부플랜지의 수직처짐, 상부플랜지의 수평 변위 및 변형률, 그리고 브레이싱 응력을 측정하기 위하여 1/100 mm의 정밀도를 갖는 변위계와 스트레인 게이지를 부착하고 정적 데이터로거를 이용하여 자료를 수집하였다. 수직처짐을 측정하기 위한 변위계는 시험체의 자유단과 중앙부에 Fig. 7 및 Fig. 8과 같이 단면 좌우에 2개씩 총 4개를 설치하였으며, 수평변위 측정을 위한 변위계는 자유단의 상부와 하부플랜지에 Fig. 7 및 Fig. 9와 같이 각각 1개씩 총 2개를 설치하였다.

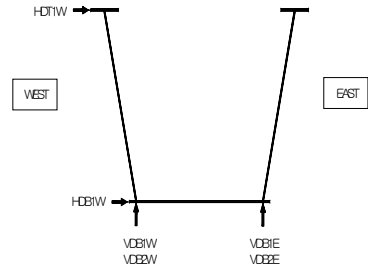


Fig. 7 변위계 설치 단면도

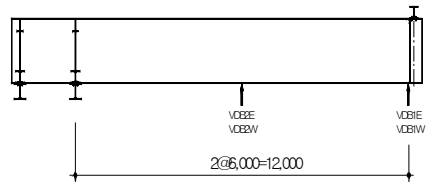


Fig. 8 수직변위계 설치 위치 (측면도)

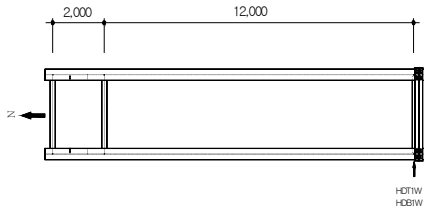


Fig. 9 수평변위계 설치 위치(평면도)

그리고, 실험 중에 작용하중이 강재의 항복강도를 넘지 않도록 하기 위하여 Fig. 10과 같이 상부플랜지에 변형률게이지를 부착하여 실시간으로 관찰하면서 실험하였다.

4.2 실험조건

본 실험에서는 상부 수평브레이싱과 U형 강박스거더의 휨 거동에 대한 상호관계를 파악하기 위하여 상부 브레이싱만을 양쪽 상부플랜지에 볼트로 연결하여 Fig. 11과 같이 수평브레이싱의 형상 및 설치 간격에 따라 10가지 조건으로 나누어 휨 실험을 수행하였다. 각 실험경우에 대하여 2패널의 경우에 패널번호를 B21, B22로 나타내었고, 6패널의 경우에는 B61, B62, B63, B64, B65, B66으로 나타내었다. 그리고, 상부 수평브레이싱의 대각선 부재는 부재의 방향에 따라 그림과 같이 A 또는 B로 나타내었고 스트럿은 S로 표시하였다. X형 수평브레이싱의 경우에는 한 패널에 A와 B의 대각선 부재가 모두 있는 경우이다. Fig. 12는 W형의 상부 수평브레이싱 패널이 6개인 경우에 대한 실험사진을 대표적으로 나타낸 것이다.

4.3 상부 대각선브레이싱의 세장비

대각선 브레이싱으로는 L-100x100x10 형강을 사용하였고 실험조건별로 부재의 길이와 세장비를 Table 2에 나타내었다. 그리고, 표의 마지막 열에는 대각선브레이싱과 상부플랜지가 이루는 경사각을 함께 나타내었다. 도로교설계기준에서는 수직브레이싱 및 수평

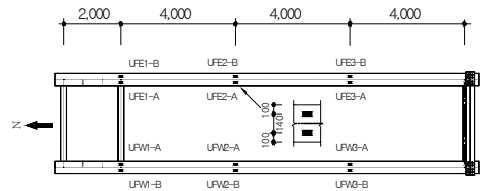


Fig. 10 상부플랜지의 변형률게이지 부착 위치(평면도)

브레이싱에 사용되는 L-형강의 최소규격은 75x75(mm)로 규정하고 있으며, 2차 부재로서 압축을 받을 경우의 최대 세장비는 150으로 규정되어 있다. Table 2에 나타낸 바와 같이 L-100x100x10 형강을 사용할 때 2패널의 경우에 세장비가 199로서 최대 세장비 규정인 150을 만족하지 못하지만, 그 외의 경우에는 모두 최대 세장비 규정을 만족한다.

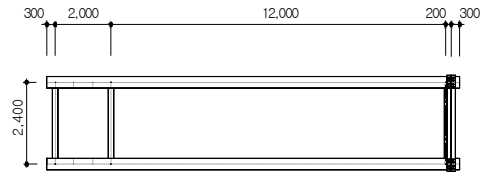
5. 실험 결과 및 분석

5.1 자유단에서의 수직변위

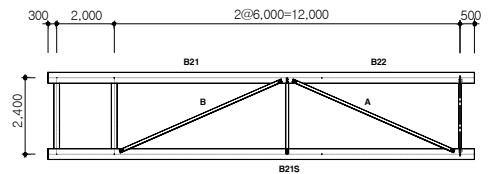
캔틸레버보 시험체의 자유단 수직변위를 하중단계별로 Table 3에 나타내었으며, 모든 경우의 값들이 하중단계별로 거의 유사한 값을 나타내었다. 이로써, 상부 수평브레이싱의 형태 및 패널 수를 증가시키더라도 U형 강박스거더의 휨강성 증가에는 효과가 크지 않은 것으로 나타났다. 따라서, U형 강박스거더의 설계 시 상부 수평브레이싱에 대해서는 소요 비틀림강성을 확보하기 위한 수평 브레이싱을 배치한 후에 이 수평브레이싱이 거더의 휨에 의해 좌굴되어 안정성을 상실하지 않도록 검토를 할 필요가 있다.

Table 2 대각선브레이싱의 세장비 및 경사각

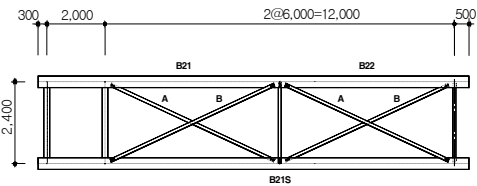
패널수	L(mm)	r(mm)	세장비(λ)	경사각(deg)
2패널	6.039	30.3	199	21.8
3패널	4.418	30.3	145	31.0
4패널	3.105	30.3	102	38.7
5패널	2.786	30.3	92	45.0
6패널	2.492	30.3	82	50.2



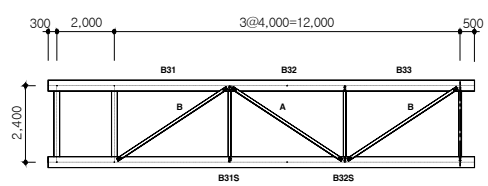
(a) PBNB



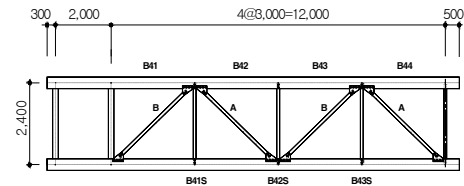
(b) PBW2



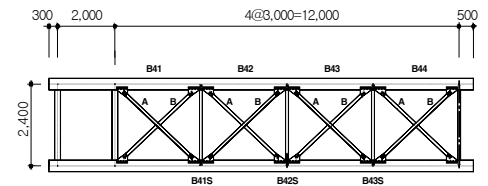
(c) PBX2



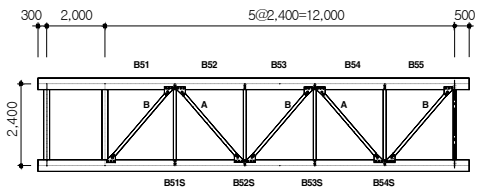
(d) PBW3



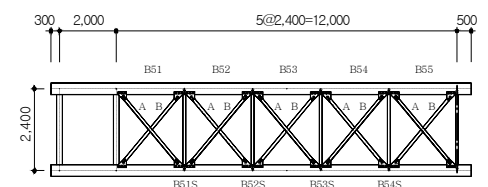
(e) PBW4



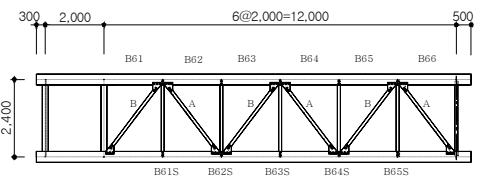
(f) PBX4



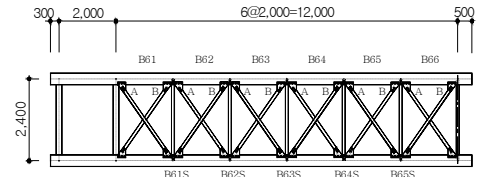
(g) PBW5



(h) PBX5



(i) PBW6



(j) PBX6

Fig. 11 상부 수평브레이싱의 실험조건 및 부재기호



Fig. 12 대표적인 휨실험 전경

Table 3 캔틸레버보 자유단의 수직변위(단위:mm)

Case	하중	50 kN	100 kN	150 kN
	PBNB		11.47	22.83
PBW2		11.41	22.72	34.34
PBX2		11.21	22.64	33.86
PBW3		11.32	22.98	33.70
PBW4		11.29	22.87	33.83
PBX4		11.34	22.73	33.93
PBW5		11.29	22.69	34.00
PBX5		11.44	22.66	34.26
PBW6		11.36	22.50	33.96
PBX6		11.39	22.70	33.83

5.2 상부 수평브레이싱 응력

시험체의 자유단에 100 kN의 하중을 작용시켰을 때 상부 수평브레이싱 부재에 발생하는 응력을 각 실험경우별로 Helwig 제안식으로 계산한 값과 비교하였으며, 대표적으로 5패널의 경우에 대하여 Table 4에 나타내었다.

대부분의 대각선브레이싱은 거더의 휨으로 발생하는 상부플랜지의 압축변형에 의하여 1차적으로 압축력을 받는 것으로 나타났으며, 브레이싱 연결 절점의 평형 조건을 만족시키기 위하여 스트럿 부재에는 모두 인장력이 발생하는 것으로 나타났다. 또한, Table 4에 나타낸 경향과 유사하게 스트럿을 비롯한 대각선 브레이싱의 응력은 전반적으로 X형에 비해 W형이 상당히 작은 값을 나타내었다.

Table 4 상부 수평브레이싱 각 부재의 응력 (P=100kN)

(a) PBW5 (단위 : MPa)

구분	B51	B51S	B52	B52S	B53	B53S	B54	B54S	B55
A-brc	Test		-1.58				-0.59		
	Helwig		-3.30				-1.42		
B-brc	Test	-1.97			-1.78				-0.59
	Helwig	-4.25			-2.36				-0.47
Struts	Test		2.57	1.58		2.37		1.18	
	Helwig		2.67	2.00		1.33		0.67	

(b) PBX5 (단위 : MPa)

구분	B51	B51S	B52	B52S	B53	B53S	B54	B54S	B55
A-brc	Test	-6.12		-2.17	-1.97			-0.59	-0.39
	Helwig	-11.02		-8.57	-6.12			-3.67	-1.22
B-brc	Test	-4.54		-1.18	-1.58			-0.20	0.79
	Helwig	-11.02		-8.57	-6.12			-3.67	-1.22
Struts	Test		14.61	9.28		6.71		3.75	
	Helwig		13.85	10.39		6.93		3.46	

(1) W형과 X형 브레이싱의 평균응력 비교

Fig. 13과 Fig. 14는 각각 실험과 Helwig 제안식으로 구한 상부 수평 대각선브레이싱의 평균응력을 나타낸 것이다. 여기서, 브레이싱의 모든 응력값은 압축(-)력을 나타내지만, 본 그래프에서는 편의상 (-)기호를 생략하였다. 그리고, 앞에서 상부 수평브레이싱은 U형 강거더의 휨거동에 영향을 미치는 않는 것으로 파악되었으며 휨에 의해 발생하는 수직변위가 일정하다. 그래서, 변형적합성의 원리에 의하여 브레이싱 형태에 따른 각각의 패널별로 분석하기 보다는 하나의 실험경우에 대하여 전체 브레이싱의 평균값을 산정하여 비교하였다.

실험 결과와 Helwig 제안식으로 구한 값들 모두 X형의 브레이싱 응력이 W형의 브레이싱 응력보다 상당히 크게 나타났다. X형의 경우에는 브레이싱 시스템의 구조상 상부플랜지의 횡방향 변위가 발생하지 않도록 구속되어 있지만, W형의 경우에는 상부플랜지의 횡방향 변위가 발생할 수 있다. 즉, X형에서는 상부플랜지가 브레이싱 시스템에 의해 횡방향으로 구속되어 상부플랜지의 휨압축응력이 상부 브레이싱 시스템에 축방

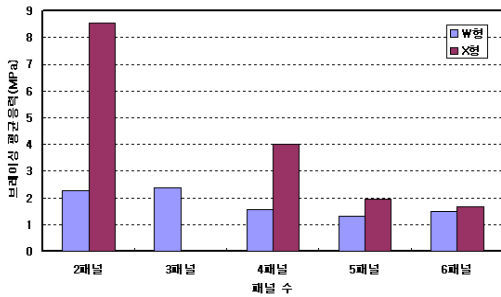


Fig. 13 브레이싱의 평균응력(실험)

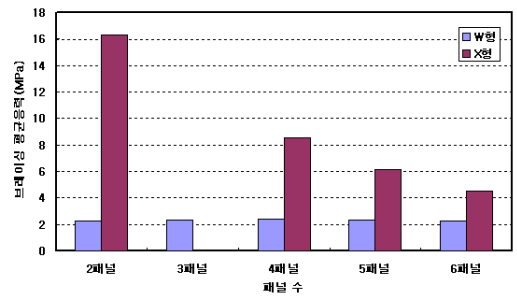


Fig. 14. 브레이싱의 평균응력(Helwig)

향 압축력으로 그대로 전달되지만, W형에서는 상부플랜지의 횡방향 변위가 동시에 발생하기 때문에 휨압축응력의 일부만 브레이싱 시스템에 순수 축방향 압축력으로 전달된다. 따라서, 상부플랜지의 횡방향 변위를 구속하는 측면에서는 X형의 브레이싱 시스템이 유리하지만, 그 횡방향 변위가 허용범위 이내일 경우에는 브레이싱의 안정성 측면에서 응력이 크게 발생하는 X형 보다는 W형의 브레이싱 시스템으로 설계하는 것이 바람직할 것으로 판단된다. 그리고, U형 강박스거더의 상부 수평브레이싱 시스템은 개단면 박스거더의 가장 큰 단점인 작은 비틀강성을 증가시키기 위하여 설치하는 상부 트러스 시스템으로서, 거더에 작용하는 휨 하중에 대하여 패널 수 및 단면을 설계하기 보다는 비틀설계로 결정된 브레이싱 시스템에 대한 안정성의 확보 여부를 검토하는 것이다.

(2) 패널 수에 따른 브레이싱 평균응력 비교

실험 결과를 나타낸 앞의 Fig. 13에서, W형 브레이싱 시스템에서는 패널 수의 증가에 따른 수평 브레이싱의 응력 감소량이 크지 않다. 반면에, X형의 경우에는 5패널까지는 대각선브레이싱의 응력 감소량이 상당히 크지만, 5패널과 6패널의 응력 차이는 크지 않다. 따라서, 대각선브레이싱의 안정성 측면으로 볼 때 브레이싱 좌굴 발생 유무의 경계선상에 있는 5패널의 경우가 가장 적합한 패널 수로 판단된다.

(3) 실험과 Helwig 제안식에 의한 값의 비교

Fig. 13에서 W형의 경우에 패널 수가 증가함에 따라 대각선 브레이싱의 응력이 계속 감소하는 것만은

아님을 알 수 있다. 반면에, Helwig 제안식으로 구한 Fig. 14의 W형 브레이싱 응력은 패널 수와 무관하게 일정한 값을 나타낼 뿐만 아니라 X형 브레이싱의 응력 감소량도 실험결과와는 달리 일정한 경향을 나타내고 있다. 이는 유한요소해석에 의해 개발된 Helwig 제안식에서 상부플랜지의 횡방향 변위를 고려하지 않고 휨압축응력만을 고려했기 때문이라 판단된다.

따라서, U형 강박스거더의 상부 브레이싱에 대한 휨설계에서 안전측으로 계산되는 Helwig 제안식에 의한 브레이싱 응력 검토와 더불어 상부플랜지의 횡방향 허용변위에 대한 설계규정을 마련할 수 있는 연구가 추가로 진행되어야 할 것이다.

5.3 스트럿 응력

Fig. 15와 Fig. 16은 실험과 Helwig 제안식으로 계산한 스트럿의 평균응력을 나타낸 그래프이다. Helwig 제안식으로 계산한 스트럿의 응력은 패널 수가 증가함에 따라 X형의 경우에는 감소하는 경향을 나타내고, W형의 경우에는 약간씩 증가하는 경향을 나타내지만, 실험에 의한 결과는 이와는 다른 경향을 나타내고 있다. 여기서, 한 가지 공통점은 실험값과 Helwig 제안식으로 계산한 값 모두 W형과 X형의 경향이 반대로 나타난다는 것이다. 그리고, 스트럿의 응력은 모든 경우에 인장을 받기 때문에 설계 시 강재의 허용인장응력 범위 이내에 들어올 수 있도록 그 단면을 선택하면 될 것으로 판단되며, 스트럿은 양쪽 상부플랜지의 횡방향 상대변위를 구속하는 역할을 하는 주요 부재임을 반드시 인지하여야 한다.

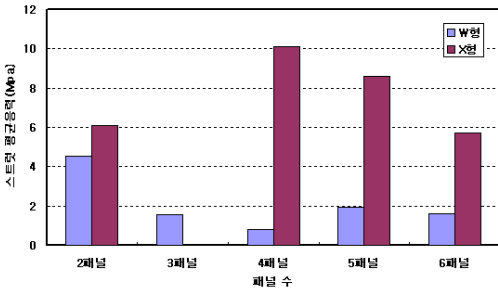


Fig. 15 스트럿의 평균응력(실험)

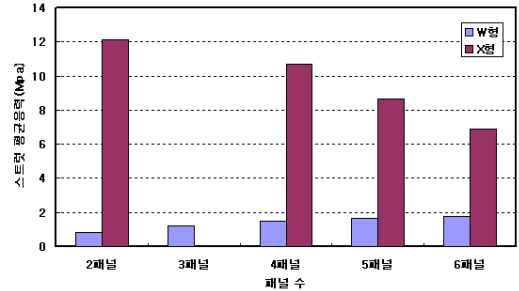


Fig. 16 스트럿의 평균응력(Helwig)

6. 결론

실물모형의 U형 강박스거더 시험체를 이용한 휨 실험을 통하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 상부플랜지의 횡방향 변위를 구속하는 측면에서는 X형의 브레이싱 시스템이 유리하지만, 그 횡방향 변위가 허용범위 이내일 경우에는 브레이싱의 안정성 측면에서 응력이 크게 발생하는 X형 보다는 W형의 브레이싱 시스템으로 설계하는 것이 합리적일 것으로 판단된다.
- 2) W형 수평브레이싱 시스템에서는 패널 수의 증가에 따른 수평 브레이싱의 응력 감소량이 크지 않다. 반면, X형의 경우에 5패널까지는 대각선브레이싱의 응력 감소량이 상당히 크지만 5패널과 6패널의 응력 차이는 크지 않다. 따라서, 대각선브레이싱의 안정성 측면에서 5패널의 경우가 다른 경우에 비해 안정성과 경제성을 모두 만족하는 것으로 나타났다. 이때의 수평브레이싱과 상부플랜지가 이루는 사이각은 약 45°이다.
- 3) 스트럿의 응력은 모든 경우에 인장을 받기 때문에 설계 시 강재의 허용인장응력 범위 이내에 들어올 수 있도록 그 단면을 설계해야 하며, 스트럿은 양쪽 상부플랜지의 횡방향 상대변위를 구속하는 역할을 하는 주요 부재임을 반드시 인지하여야 한다.

감사의 글

이 연구는 교량설계핵심기술연구단을 통하여 지원된

건설교통부 건설핵심기술연구개발사업에 의하여 수행되었습니다. 연구 지원에 감사 드립니다.

그리고, 이 논문은 한국학술진흥재단의 지원에 의하여 연구되었음.(No. M01-2004-000-10157-0)

참고문헌

1. 건설교통부 “도로교설계기준” 한국도로교통협회, 2005.
2. 심낙훈, 오귀환, 박영석 “축소모형 시험체를 이용한 U형 강박스거더의 실험적 연구- I: 횡비틀 좌굴 거동” 대한토목학회논문집 제24권 제4A호 pp. 829-836, 2004.
3. AASHTO Guide Specifications for Horizontally Curved Steel Girder Highway Bridges, American Association of State Highway and Transportation Officials, 2003.
4. Chen, M. S. “Top-Lateral Bracing Systems for Trapezoidal Steel Box-Girder Bridges.” Dissertation, University of Texas at Austin, December, 2002.
5. Fan, Z. and Helwig, T.A. “Behavior of Steel Box Girders with Top Flange Bracing.” Journal of Structural Engineering, American Society of Civil Engineers, Vol. 125, No. 8, August, pp. 829-837, 1999.
6. Yura, Joseph A. “Winter’s Bracing Approach Revisited.” Engineering Structures, Vol. 18(10), Elsevier Science Ltd., Great Britain, pp. 821-825, 1996.

(접수일자 : 2006년 4월 20일)