



## 콘크리트 충전 브릿지 플레이트(대골형 파형강판) 부재의 성능평가

심종성<sup>1)</sup> · 박철우<sup>2)</sup> · 김태수<sup>3)</sup> · 이형호<sup>1)</sup> · 강태성<sup>1)\*</sup>

<sup>1)</sup>한양대학교 토목공학과 <sup>2)</sup>강원대학교 토목공학과 <sup>3)</sup>(주)유림이엔디

## Performance Evaluation of Encased-Concrete Bridge Plate (Deep Corrugated Steel Plate) Member

Jongsung Sim,<sup>1)</sup> Cheol-Woo Park,<sup>2)</sup> Tae-Soo Kim,<sup>3)</sup> Hyoung-Ho Lee,<sup>1)</sup> and Tae-Sung Kang<sup>1)\*</sup>

<sup>1)</sup>Dept. of Civil Engineering, Hanyang University, Ansan 426-791, Korea

<sup>2)</sup>Dept. of Civil Engineering, Kangwon National University, Samcheok 245-711, Korea

<sup>3)</sup>Eurim Engineering and Development Co., Ltd., Seoul 138-050, Korea

**ABSTRACT** The current encased-concrete deep corrugated steel plate has an arch type plate structure, which is a compressive strength-dominant structure that has a small moment due to its arch shape. Therefore, it increases the strength against compression by adding reinforcements to make concrete-filling spaces for increasing the compressive strength and forming cross sections that contain reinforced concrete. In this study, the safety factor of the new-concept encased-concrete bridge plate member was evaluated by comparing the compressive strength obtained from the compressive tests, flexural tests and the design compressive strength determined by using the Canadian Highway Bridge Design Code (CHBDC, 2003), which is a design standard for the encased-concrete bridge plate structures. The results of the safety factor evaluation using the design compressive strength and the test results showed that the safety factor was well above the appropriate value 2.0, which could be adjudged very conservative. If the safety factor based on this study results is considered and applied to the design, economical construction will be possible due to the reduced cross section and construction cost.

**Keywords :** bridge plate, design compressive strength, CHBDC, safety factor

### 1. 서 론

브릿지 플레이트 구조물은 4~8 mm 두께의 플레이트와 뒷채움재로 구성된 지반-플레이트 구조물 합성 구조 시스템으로써 소 교량, 임시 구조물, 수로 및 통로 압거 구조물, 생태터널 등 다양한 토목 구조물에 적용되고 있다. 이러한 브릿지 플레이트 구조물은 철근콘크리트 구조물에 비해 현장에서 단순한 볼트 연결로 구조물을 완성할 수 있으므로 공기단축 및 비용 절감효과가 큰 구조물이다. 현재 국내에서 사용되는 브릿지 플레이트는 지간길이에 따라 단지간(8 m 이하로 제한) 적용 시 표준형 브릿지 플레이트(152 × 51 mm)를 사용하고, 장지간(16 m 이하로 제한)에 적용 시 성능이 개선된 대골형 브릿지 플레이트(400~150 mm)를 적용하고 있다. 이러한 브릿지 플레이트를 적용한 구조물은 아치형태의 구조물로서 토피고가 지간에 비해 비교적 높게 시공되어 뒷채움재의 수동토압이 구조물의 휨 변형을 억제하는 압축링 이론을 이용하여 설

계 및 해석에 적용되어 왔다.<sup>1)</sup> 그러나 브릿지 플레이트 구조물의 경우, 압축력과 휨거동 발생 주요 영향인자로서 시공 중에는 활하중에 의한 비대칭 토압분포가 발생하는 문제점으로 인하여 앞서 설명한바와 같이 8 m, 16 m 이하로 제한하여 사용되어 왔다. 이러한 축강성과 휨강성에 대한 저항성 부족 문제를 해결하고, 장지간 구조물 시공을 위해 횡방향 보강재를 구상하여 이를 이용해 시공중이나 낮은 토피고로 인해 발생할 수 있는 휨모멘트에 대해 구조물의 강성확보와 뒷채움재의 썩기파괴 및 인장파괴를 방지할 수 있게 되었다.<sup>2)</sup> 그러나 횡방향 보강재 역시 축강성의 증가가 미비하여 깊은 토피고를 이용한 구조물의 경우 좌굴강도와 볼트이음부의 강도를 확보할 수 없다.<sup>3)</sup> 위 두 가지 문제점을 해결하기 위해 이 연구에서는 횡방향 보강재를 콘크리트로 적용하여 브릿지 플레이트 구조물 자체의 강성을 확보하고자 한다. 현재 브릿지 플레이트 구조물 설계에 대한 국내 시방규정 및 방법은 없으며, 국외에서 사용하고 있는 설계 방법을 국내에 적용하여 설계 및 시공에 적용하고 있는 실정이다.<sup>4)</sup> 현재까지 수행된 연구동향을 분석해 보면 대부분 플레이트 자체의 실험적 연구를 기초로 하고 있을 뿐 콘크리트로 보강된 브릿지 플레이트 구조물에 대한 연구는 전무한 실

\*Corresponding author E-mail : bigstar@hanyang.ac.kr

Received July 10, 2009, Revised February 17, 2010,

Accepted March 12, 2010

©2010 by Korea Concrete Institute

정이다. 또한 국내에서 생산되는 브릿지 플레이트의 경우 해외에서 생산되는 브릿지 플레이트와 제품사양이 다르므로 해외 설계 기준 값을 그대로 사용할 수 없는 실정이다. 따라서 이 논문에서는 캐나다에서 사용하는 파형강판 설계방법인 CHBDC (Canadian Highway Bridge Design Code)<sup>6)</sup>에 대해 검토하고, 콘크리트가 충전된 브릿지 플레이트 구조물에 대한 압축시험과 휨 시험을 수행하였다. 이를 바탕으로 18 m 이상의 장기간 적용가능성을 제시하기 위해 해외기준을 인용한 설계식과 구조실험을 통해 분석된 실험값을 이용하여 비교·분석하였다. 이러한 비교분석을 통하여 콘크리트 충전 브릿지 플레이트 구조물의 안전율을 검토하여 국내에서 시공되는 브릿지 플레이트 구조물의 경제적인 시공의 기반을 마련하고자 한다.

## 2. 브릿지 플레이트 부재 설계 압축력 산정

### 2.1 CHBDC에 따른 브릿지 플레이트 구조물의 설계

1979년에 발행된 온타리오 도로교 시방서(OHBDC-Ontario Highway Bridge Design Code)는 1983년과 1991년, 두 차례의 개정을 거치며 152 × 51 mm의 파형을 가진 강판을 이용한 지중강판 구조물의 설계에 널리 사용되고 있다. CHBDC<sup>6)</sup>는 OHBDC(1992)에 기초하여 부분적으로 개정된 설계법으로서 보다 다양한 재료와 파형을 가진 연성 압거 구조물의 설계에 이용할 수 있으며 파형강판을 이용한 박스 컬버트(box culvert)의 설계법도 제시하고 있다.<sup>5)</sup> 또한 시공 중 안전성 검토에 있어서 SCI(Soil-Culvert Interaction)방법을 적용하여 시공 중에 소성힌지의 발생가능성을 검토하고 있으며, 간단한 내진 설계 지침도 새롭게 포함하고 있다. CHBDC<sup>6)</sup>는 하중저항계수법에 기초하고 있으며, 기존의 AISI(American Iron and Steel Institute,<sup>7)</sup> AASHTO LRFD,<sup>8)</sup> 일본지반공학회 매뉴얼(1997) 등의 시방규정에 비해 장스팬 파형강판 구조물의 설계방법으로서 적합하다고 할 수 있다.

CHBDC<sup>6)</sup>는 표준형뿐만 아니라 대골형 파형강판을 구조물의 설계에 적용할 수 있으며, 해석적·실험적 연구를 통해 구조물에 가해지는 하중의 크기 및 분포를 보다 면밀히 계산하는 방법을 제시하고 있다. 또한, 구조물의 시공 중 압축력과 휨모멘트의 복합작용에 의한 소성힌지 발생여부를 검토하는 규정을 추가하였고, 강도설계법을 바탕으로 파형강판에 대하여 다음과 같은 식을 사용하여 설계하도록 규정하고 있다.

$$\phi(Af_b \text{ or } S_S) \geq \alpha_D T_D + \alpha_L T_L \quad (1)$$

여기서  $\phi$  = 강도감소계수, 좌굴파괴에 대해서는 0.80,

이음부 파괴에 대해서는 0.67

$f_b$  = 파형강판의 좌굴강도

A = 파형강판의 단위길이당 단면적

$S_S$  = 이음부의 강도

$\alpha_D$  = 사하중 계수, 1.25

$\alpha_L$  = 활하중 계수, 1.70

$T_D$  = 사하중에 의하여 강판에 작용하는 압축력

$T_L$  = 활하중에 의하여 강판에 작용하는 압축력

### 2.2 등가단면의 산정

콘크리트 충전 브릿지 플레이트 부재의 등가단면 계산 방법으로는 캐나다에서 가장 일반적으로 적용되고 있는 누가단면(cumulative section), 전유효단면(fully effective section), 세정단면(washed section)이 있다. 누가단면의 경우에는 Fig. 1과 같이 도심축을 구조체에 파형강판과 보강되는 파형강판의 이음부를 연장한 직선으로 가정하며 전유효단면의 경우 계산을 통해 결정한다. 세정단면의 경우에는 보강역의 도심축은 계산을 통해 결정하고, 비보강역의 도심축을 본 구조체 파형강판의 도심축을 적용한다.<sup>3)</sup> 이 중 결정된 도심축으로부터 각 단면성질을 구하는 방법 중 보강재의 간격이 증가함에 따라 등가 단면계수의 감소하는 경향이 두드러지는 방법은 세정 단면법이다. 보강단면의 유효단면계수산정 방법 또한, 세정단면에 의한 단면계수산정을 제시하고 있다.

따라서 이 연구에서는 보수적인 누가단면법이 아닌 세정단면법에 의한 단면계수를 산정하고자 한다. 즉, 보강역과 비보강역 단면성질의 산술적인 합을 보강재 간격(s)으로 나누어서 계산한다. 이는 보강재 간격(s)내에서 보강부가 비보강역의 단면성질의 합을 등분포 시키는 것을 의미한다. 이때, 단면력에 저항하는 콘크리트 충전 브릿지 플레이트의 등가단면은 브릿지 플레이트부분과 콘크리트부분을 모두 고려한다.

콘크리트 충전 브릿지 플레이트 세정단면의 경우 보강역의 도심축은 계산에 의한 방법으로 도심축을 사용하며, 비보강역의 도심축은 본구조체 파형강판부의 도심축을 적용한다. 세정단면의 강재부분에 대한 등가단면 2차모멘트( $I_{e(s)}$ )는 식 (2)과 같이 계산된다. 그 결과값은 Table 1에 정리하였다.

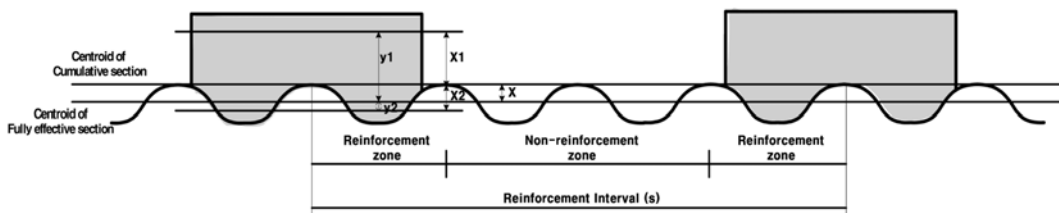


Fig. 1 Pitch corrugated steel plate reinforced composite section (s = 1,600 mm)

$$I_{e(s)} = \frac{2[(I_s' + A_s'x_1^2) + (I_s + A_sx_2^2) + I_s]}{s} \quad (2)$$

여기서 s = 보강재 간격

또한 세정단면의 강재부분에 대한 등가소성단면계수 ( $Z_{e(s)}$ )는 식 (3)로부터 계산한다.

$$Z_{e(s)} = \frac{2[A_s'x_1 + A_sx_2 + Z_s]}{s} \quad (3)$$

### 2.3 콘크리트 충전 브릿지 플레이트 부재의 압축력 계산법

콘크리트 충전 브릿지 플레이트 부재가 설치될 경우, 부재에 작용하는 압축력은 강재부분과 타입 콘크리트부분에 의해 분담되어 지지된다. 그러나 이 연구에서 준용한 CHBDC에서는 강재부분만을 고려하여 압축력 및 휨모멘트를 계산한 후에 강재부분 단면의 강도검토(좌굴, 이음부강도, 소성힌지)기준을 규정하였다. 합성보강 구조물의 설계를 위해서는 콘크리트가 충전된 강재기둥에 관한 시방규정을 부분적으로 적용하여 구조물에 작용하는 압축력을 보정하고 있다. 한편, 국내의 경우 콘크리트가 충전된 합성기둥에 관한 시방규정이 없으므로 이 논문에서는 Canadian Standards Association에서 발간한 CSA-16-01 Limit States Design of Steel Structures<sup>9)</sup>를 적용하여 콘크리트 충전 브릿지 플레이트 부재의 압축력을 계산하는 방법을 사용하였다.

합성보강의 강재부분만의 등가단면 성질을 고려하여 식 (4)와 (5)에 의해 압축력( $T_f$ )을 계산한 뒤 계산된 압축력에서 합성 구조의 단면력  $C_r$ 에서 강재 분담률에 의한 강재부분 압축력과 타입 콘크리트에 의해 분담되는 압축력( $\tau' C_r'$ )의 영향을 감한 값 중 큰 값을 강재부분의 압축력으로 계산한다. 이러한 합성보강재의 강재부분에 작용되는 압축력은 식 (6)에 의해 계산되어 진다.

$$T_f = \alpha_D T_D + \alpha_L T_L (1 + DLA) \quad (4)$$

$$T_f = \alpha_D T_D + T_E \quad (5)$$

$$T_f = [\alpha_D T_D + \alpha_L T_L (1 + DLA) - \tau' C_r'] \quad (6)$$

Table 1 Washed section property

	Reinforced span (mm)		Equivalent section (mm <sup>2</sup> /mm)	E.M.** (mm <sup>4</sup> /mm)	E.P.S.*** (mm <sup>3</sup> /mm)
	W.S.*	800	Steel	15.899	9980.54
Concrete			205	-	-
1,200		Steel	14.244	7606.69	956.85
		Concrete	138	-	-
1,600		Steel	13.417	6519.77	847.36
		Concrete	103	-	-

\*W.S. = washed section

\*\*E.M. = equivalent moment of inertia

\*\*\*E.P.S. = equivalent plastic sectional modulus

여기서

$\alpha_D$  = 사하중 계수 (= 1.25)

$\alpha_L$  = 활하중 계수 (= 1.70)

$T_D$  = 사하중에 의한 압축력

$T_L$  = 활하중에 의한 압축력

$T_E$  = 지진하중에 의한 압축력

DLA = 동적하중계수

$C_{rc} = (\tau\phi A_s F_y + \tau' 0.85\phi_c A_c f_c')(1 + \lambda_e^{2n})^{-1/n}$   
= 합성보강재의 압축강도

$T_f$  = 합성보강 구조물의 강재부분에 작용되는 압축력

### 3. 콘크리트 충전 브릿지 플레이트 부재의 성능평가시험

아치형 플레이트는 모멘트가 작게 발생하는 압축력 지배구조의 구조적 특성을 나타낸다. 이에 따라 강재에 압축력에 유리한 콘크리트로 충전된 합성단면을 형성하여 압축력에 대한 강도 발현증대를 목적으로 개발되었다. 구조적으로 강재와 콘크리트가 합성거동을 하기 위해서는 전단 연결재가 필요하므로 L형 앵커를 주부재에 볼트로 체결하여 전단 연결재 역할을 하였다. 그리고 덧댄 강재 부분에는 철근을 배근하여 주부재와 강재량의 차이를 미소하게 줄여 휨모멘트 방향변화에 단면 강성발현을 할 수 있게 하였다. 단면형상 보강형식은 Fig. 2와 같다.

이 연구에서는 개발된 콘크리트 충전 브릿지 플레이트 부재를 사용한 구조물의 설계방법에 대한 안전성을 확보하기 위하여 구조성능평가시험을 수행하였다. 구조성능평가 시험 실험체의 단면은 Fig. 3과 같으며, 시험변수는 Table 2와 같다.

#### 3.1 시험 개요 및 방법

##### 3.1.1 콘크리트 충전 브릿지 플레이트 부재의 압축시험

콘크리트 충전 브릿지 플레이트 부재는 이미 최대 강판 두께를 초과하는 상태이므로 가장 강성이 큰 두께 7 mm와 8 mm 플레이트(용융 아연 도금된 강판)를 사용 변수로 하여 각각 2개의 실험체를 제작하였다.

실험체는 Fig. 4와 같이 1,050(H) × 880(B) mm의 2골 플레이트를 사용하여 그 위에 높이 148 mm의 보강재를

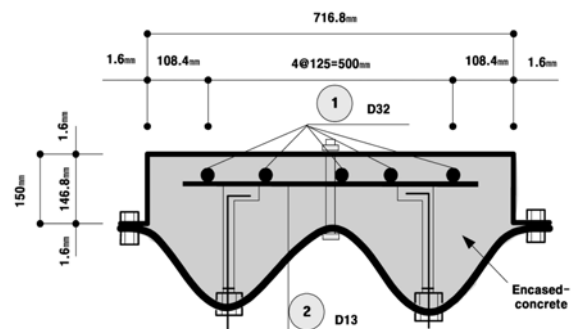


Fig. 2 Cross section and reinforcement shape

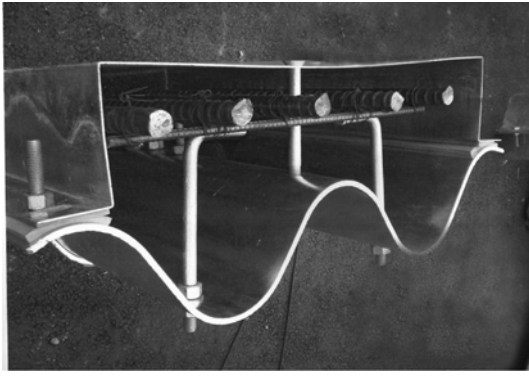


Fig. 3 Test specimen shape



Fig. 5 Compression test

Table 2 Test specimen

Thickness	Section	Bridge plate	
		Compression test	Bending test
7.0 mm		2	2
8.0 mm		2	2

19 mm bolt로 조립하여 내부에 콘크리트를 충전하였다. 플레이트와 콘크리트가 합성거동을 하기 위해서는 전단 연결재가 필요하기 때문에 L형 앵커를 주부재에 볼트로 연결하여 전단 연결재 역할을 하였다. 덧댄 플레이트부분에 주철근 H32, 스티럽 H19를 사용하여 철근을 배근하였다.

콘크리트 충전 브릿지 플레이트 부재의 압축시험은 Fig. 5와 같이 UTM의 위·아래에 가력판과 지지판을 설치하고, 그 중간에 실험체를 설치하여 압축하는 방식으로 실시하였다. 최대용량 1,000 ton인 UTM을 사용하였고, 변위 제어방식으로 재하하였으며 LVDT를 이용하여 실험체의 변위를 측정하였다.

### 3.1.2 콘크리트 충전 브릿지 플레이트 부재의 휨시험

콘크리트 충전 브릿지 플레이트 부재의 휨 실험체 단면과 형상은 Fig. 6에 나타내었다. 플레이트 두께를 고려한 실험체 제작 및 전단 연결재와 플레이트부분은 압축시험 시 조건과 동일하다.

콘크리트 충전 브릿지 플레이트 부재의 휨 시험은 Fig. 7과 같이 두 가력부의 간격이 400 mm로 가력부에서 지점까지의 거리가 670 mm인 4점 재하방식으로 구성하였다.

휨변형 형상을 파악하기 위하여 브릿지 플레이트 부재의 밑면에 총 2개의 LVDT를 부재의 중심부, 가력부와 지점부의 중심에 각각 설치하여 하중과 함께 각 지점에서의 수직 변형량을 측정하였다.

## 3.2 시험 결과

### 3.2.1 콘크리트 충전 브릿지 플레이트 부재의 압축시험 결과

플레이트 두께가 증가함에 따라 이음부의 극한하중 및

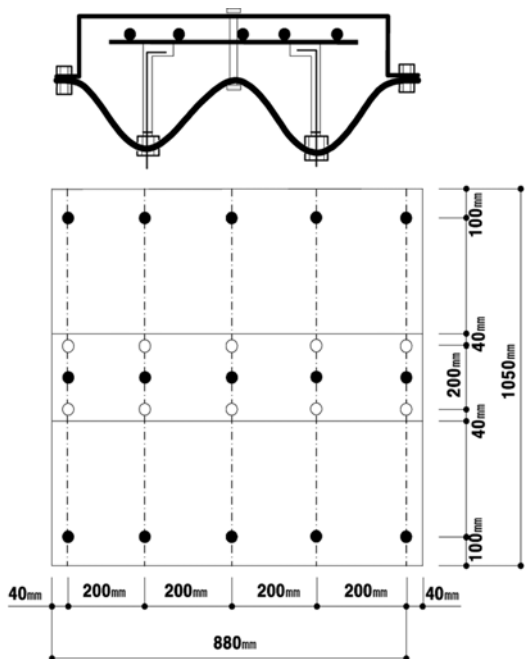


Fig. 4 Compression specimen shape

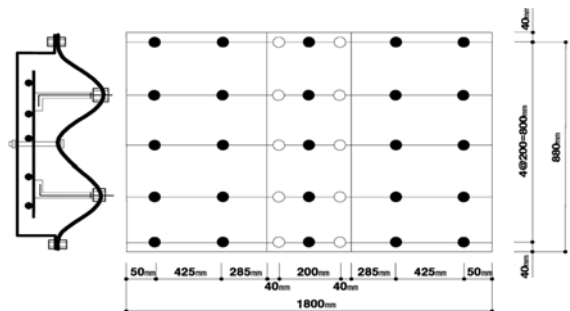
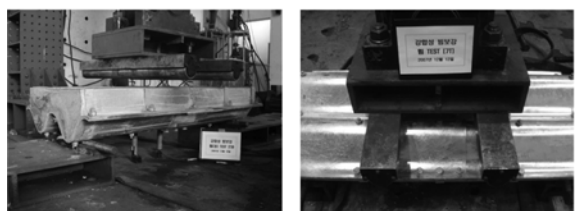


Fig. 6 Bending specimen shape



(a) Positive moment (b) Negative moment

Fig. 7 Bending test (positive moment)

변위가 증가하는 경향을 보였다. 콘크리트 충전 브릿지 플레이트 부재의 내부에서 콘크리트 파괴가 먼저 발생하였으나, 플레이트와 콘크리트의 하중 분담으로 항복 발생 이후 볼트의 전단파괴 직전까지 부재의 연성거동을 확인할 수 있었다. 항복이후 하중이 서서히 증가하였으며, 최대 변위는 두께 7 mm, 8 mm 실험체 각각 약 18 mm, 21 mm의 변위 발생 후 파괴되었다(Table 3, Figs. 8, 9).

### 3.2.2 콘크리트 충전 브릿지 플레이트 부재의 휨시험 결과

플레이트 두께에 상관없이 모든 실험체에서 하중 및 변위값이 비슷하게 나타났다. 하지만  $t=7\text{ mm}$  실험체의 부모멘트를 제외한 모든 실험체에서 항복 이후, 하중 증가 없이 변위는 계속 증가하면서 연성파괴를 일으키는 것으로 나타났다. 변위 구간 약 25~30 mm에서 모든 실험체는 항복이 발생하였다(Table 4, Figs. 10, 11).

정모멘트 방식에서 파괴형상은 이음부 끝단과 보강재 연결부에서 플레이트가 찢어지는 파괴 형상을 확인할 수 있었고, 이음부 가운데 연결된 볼트는 전단파괴 형태를 띠었다. 또한 실험체 양쪽에서 플레이트 실험체 바깥쪽으로 콘크리트가 밀려나오는 것을 확인할 수 있었다.

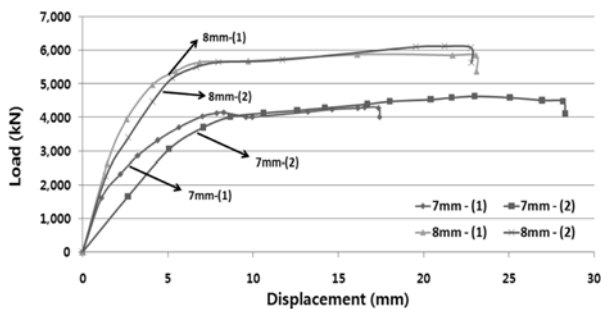
부모멘트 방식에서는 정모멘트 방식에서 나타난 찢어짐 현상은 눈으로 확인할 수 없었고, 볼트 전단파괴 형태가 나타났다. 지점부분에서는 콘크리트가 파괴되면서 콘크리트를 감싸고 있는 판이 보강부분으로 밀려들어가는 것을 확인할 수 있었다.

## 4. 콘크리트 충전 브릿지 플레이트 부재의 안전성 평가

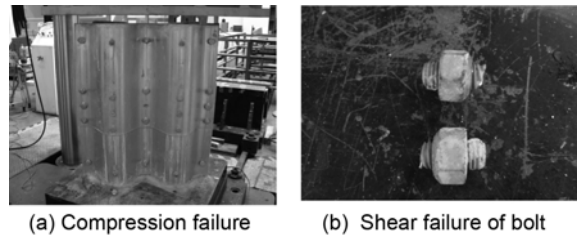
콘크리트 충전 브릿지 플레이트 부재의 안전성 평가는 실제 시공에서 사용되는 8 mm 플레이트의 경우에 대하여 CHBDC(2003) 방법을 사용하였다. 지간길이 18 m 이

**Table 3** Compression test result

Thickness of plate	Maximum load (kN)	Average maximum load (kN)	Displacement at maximum load (mm)	Failure mode
7 mm	1	4,300	4,467	16.5
	2	4,635		
8 mm	1	5,983	6,027	16.1
	2	6,122		



**Fig. 8** Measured load - displacement relationship



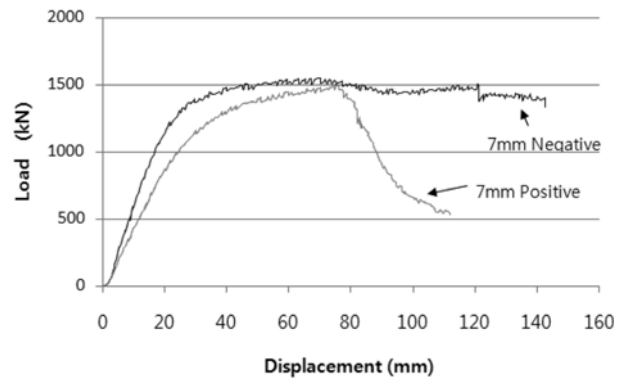
**Fig. 9** Compression test result (2)

상의 20 m, 21 m, 22 m, 23 m, 24 m, 25 m와 토피고 1.5 m, 2.0 m, 3.0 m, 4.0 m, 5.0 m에 따른 구조물 시공을 위한 설계 구조계산에 따른 축력과 콘크리트 충전 브릿지 플레이트의 성능평가 시험을 통해 얻은 축력을 이용하여 안전율을 검토하였다(Tables 5, 6, Figs. 12, 13).

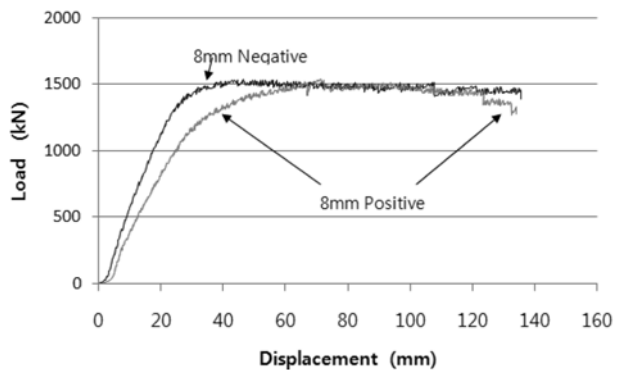
설계 시 반영되는 구조계산서에 적용된 축력과 시험값을 비교한 결과, 모든 변수에서 1보다 컸으며 최대 안전율은 반원 아치에서 2.9, 낮은 아치에서 4.2로 나타났다. 안전계수를 고려하여 설계에 반영한다면 재원의 단면 축

**Table 4** Bending test result

Plate thickness	Shear span (mm)	$P_t$ (kN)	$M_t$ (kNm/m)	Failure mode
7 mm	Positive	670	1,491.6	Bolt shear & plate slit
	Negative	670	1,543.8	Bolt shear
8 mm	Positive	670	1,535.1	Bolt shear & plate slit
	Negative	670	1,532.0	Bolt shear & plate slit



**Fig. 10** Bending test result (7 mm)



**Fig. 11** Bending test result (8 mm)

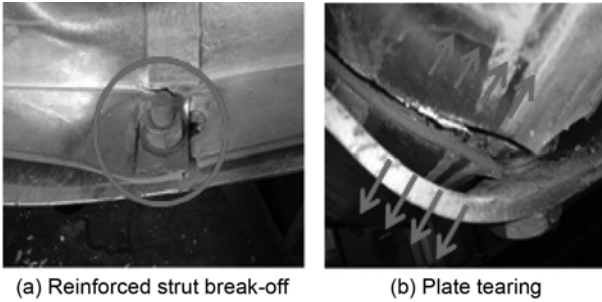


Fig. 12 Bridge-plate structure failure (positive)

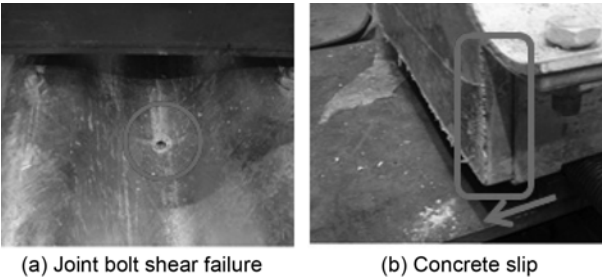


Fig. 13 Bridge-plate structure failure (negative)

소를 통한 시공비용절감으로 경제적인 시공이 가능할 것으로 판단된다.

압축강도시험 결과 모든 실험체는 이음부에서 파괴가 일어남에 따라 최대하중에 강도감소계수 0.67을 곱하여 산정하여 이를 구조계산에 의해 도출된 값과 비교하여 안전율을 검토하였다.

## 5. 결 론

이 연구에서는 콘크리트 충전 브릿지 플레이트 부재에 대한 압축 및 휨 시험을 통해 평가된 압축력과 구조계산으로 얻어낸 설계 압축력을 비교 분석하여 안전율을 검토하였다. 이를 통해 얻은 결론은 다음과 같다.

- 1) 콘크리트 충전 브릿지 플레이트 부재의 정적 압축 및 휨 시험 결과 압축시험에서는 최대 압축력 6,122 kN/m, 최대 변위 21.26 mm로 연성 파괴를 확인할 수 있었고, 휨 시험에서는 정모멘트 일 때 최대하중 1,535.1 kN, 극한 모멘트 642.8 (kN·m)/m로 연성파괴를 보였으며, 부모멘트에서는 최대하중 1,543.8 kN, 극한 모멘트 646.5 (kN·m)/m로 나타났다. 휨 시험 결과 일부 7mm 실험체에서 취성파괴가 나타났는데 이는 볼트 전단 이후 플레이트와 콘크리트 사이의 슬립발생으로 나타난 현상이며 항복 이후 연성구간이 약 50mm 정도 지속된 후에 파괴되는 것으로 분석된 결과 실험체가 충분한 강성을 발휘하는 것으로 판단된다.
- 2) 콘크리트 충전 브릿지 플레이트 부재의 안전성 검토 결과는 캐나다 도로교설계기준(CHBDC, 2003)의 방법으로 설계압축력을 산정한 설계값과 성능평가 시험을 통해 도출된 시험값을 비교한 결과, 모든 변수에서 안전율이 1보다 컸으며 최대 안전율은 반원

Table 5 Semicircular arches (thickness 8 mm)  
(axial force : kN/m)

Structural calculation					Test	
Span (m)	Rise (m)	S/R	Cover depth (m)	N.A.F.*	E.A.F.**	S.F.***
20	10	2	1.5	1,239	4,038	3.3
			2	1,403		2.9
			3	1,741		2.3
			4	2,080		1.9
			5	2,418		1.7
21	10.5	2	1.5	1,336		3.0
			2	1,514		2.7
			3	1,870		2.2
			4	2,226		1.8
			5	2,582		1.6
22	11	2	1.5	1,440	2.8	
			2	1,627	2.5	
			3	2,000	2.0	
			4	2,374	1.7	
			5	2,747	1.5	
23	11.5	2	1.5	1,553	2.6	
			2	1,748	2.3	
			3	2,140	1.9	
			4	2,531	1.6	
			5	2,923	1.4	
24	12	2	1.5	1,654	2.4	
			2	1,857	2.2	
			3	2,263	1.8	
			4	2,669	1.5	
			5	3,075	1.3	
25	12.5	2	1.5	1,771	2.3	
			2	1,983	2.0	
			3	2,406	1.7	
			4	2,830	1.4	
			5	3,254	1.2	

\* N.A.F. = axial force of numerical analysis

\*\* E.A.F. = experiment axial force

\*\*\*S.F. = safety factor

아치에서 3.3, 낮은 아치에서 4.8로 나타났다.

- 3) 적정 안전율을 2.0으로 고려할 때 반원 아치의 경우 지간 20 m, 21 m, 22 m 부분에서는 토피고 4 m, 5 m 지점과 지간 23 m, 24 m, 25 m에서는 토피고 3 m, 4 m, 5 m 지점에 안전율 확보를 위한 보강공법이 필요하다는 것을 확인할 수 있었다. 또한, 낮은 아치의 경우 지간 24 m, 25 m 부분은 토피고 5 m 지점에 안전율 확보를 위한 보강공법이 필요하다. 결과적으로 적정 안전율을 2.0으로 고려하여 CHBDC (2003)을 이용한 설계를 적용할 경우 과도한 안전율에 대한 추가적인 연구가 필요할 것으로 판단된다.
- 4) 설계값과 시험값의 안전율을 비교, 고려해 설계에 반영한다면 단면 제원 축소로 인한 시공비용절감으로 경제적인 시공이 가능할 것으로 사료된다. 또한 이 연구를 토대로 국내에 적합한 설계 방법 및 시

**Table 6** Shallow arches (thickness 8 mm)  
(axial force: kN/m)

Structural calculation					Test	
Span (m)	Rise (m)	S/R	Cover depth (m)	N.A.F.*	E.A.F.**	S.F.***
20	64.14	0.31	1.5	846	4,038	4.8
			2	955		4.2
			3	1,227		3.3
			4	1,511		2.7
			5	1,794		2.3
21	65.80	0.32	1.5	867		4.7
			2	981		4.1
			3	1,268		3.2
			4	1,564		2.6
			5	1,859		2.2
22	67.45	0.33	1.5	940		4.3
			2	1,061		3.8
			3	1,371		2.9
			4	1,681		2.4
			5	1,991		2.0
23	68.40	0.34	1.5	907		4.5
			2	1,026		3.9
			3	1,329		3.0
			4	1,636		2.5
			5	1,943		2.1
24	70.60	0.34	1.5	973		4.2
			2	1,106		3.7
			3	1,436		2.8
			4	1,765		2.3
			5	2,095		1.9
25	78.81	0.32	1.5	1,067	3.8	
			2	1,219	3.3	
			3	1,570	2.6	
			4	1,920	2.1	
			5	2,270	1.8	

\* N.A.F. = axial force of numerical analysis  
 \*\* E.A.F. = experiment axial force  
 \*\*\*S.F. = safety factor

방 규정제정을 위해 FEM 해석 및 추가적인 연구가 수행되어야 한다고 판단된다.

### 감사의 글

이 연구는 2008년 (주)픽슨의 “브릿지 플레이트 강합성 빔보강부재의 성능평가시험 및 실용화 연구” 연구과제에 의해 수행되었으며, 이에 관계자 여러분께 감사드립니다.

### 참고문헌

1. 최동호, “콘크리트 충전 파형강판 구조물에 대한 현행 설계법 평가,” 대한토목학회 논문집, 24권, 2A호, 2004, pp. 321~333.
2. 포항산업과학연구원, 장스팬 파형강판 구조물 실용화 연구, 2002, pp. 1~10.
3. 한양대학교, 파형강판의 개착식 터널 적용을 위한 실용화 연구, 2003, pp. 7~11.
4. 윤태양, “장시간 파형강판 구조물,” 한국강구조학회지, 13권, 3호, 2001, pp. 66~72.
5. 최동호, “장시간 지중강판 박스구조물의 휨모멘트 계수식 제안,” 대한토목학회 논문집, 26권, 1A호, 2006, pp. 133~142.
6. Canadian Standards Association, *Canadian Highway Bridge Design Code(CHBDC)*, Ministry of Transportation of Canada, 2003.
7. American Iron and Steel Institute, *Handbooks of Steel Drainage & Highway Construction Products*, 4th Edition, Washington DC, 1994.
8. AASHTO, *Standards Specification for Transportation Materials and Methods of Sampling and Testing*, 9th Edition, 1998.
9. Canadian Standards Association, *CSA-16-01 Limit States Design of Steel Structures*, Canadian Standards Association, pp. 67~69.

**요약** 현재 개발된 콘크리트 충전 대골형 파형 강판은 아치형 플레이트의 구조로서 그 특징은 구조물이 아치의 형상을 가지므로 모멘트가 작게 발생하는 압축력 지배구조의 구조적 특성을 가지게 되며 이에 따라 강재를 덧대 준공된 공간을 압축력에 유리한 콘크리트를 충전 강재 콘크리트 합성단면을 형성하여 압축력에 대한 강도 발현증대를 목적으로 한다. 이 연구에서는 새로운 개념의 콘크리트 충전 대골형 파형강판(브릿지 플레이트) 부재의 압축 및 휨 시험을 실시하여 평가된 압축력과 콘크리트 충전 브릿지 플레이트 구조물의 설계방법인 캐나다 도로교설계기준(CHBDC)의 방법으로 설계압축력을 산정하여 비교 검토함으로써 새로운 개념의 콘크리트 충전 브릿지 플레이트 부재의 안전율을 평가하였다. 설계압축력과 성능평가 시험을 통하여 얻어진 축력을 비교하여 안전율을 검토한 결과 적정 안전율 2.0이상 과도하게 나타나 CHCDB를 이용한 설계가 매우 보수적으로 평가되고 있으며, 이 연구 결과를 바탕으로 안전율을 설계에 반영한다면, 단면축소 및 시공비용 절감에 따른 경제적인 시공이 가능할 것으로 판단된다.

**핵심용어** : 브릿지 플레이트, 설계압축력, CHBDC, 안전율