

볼트이음된 대골형 파형강판의 구조거동에 대한 실험적 평가

An Experimental Assessment on the Structural Behavior of Bolt Connected Deep Corrugated Steel Plate

오 홍 섭¹⁾ 이 주 원^{2)*} 전 병 건³⁾
Oh, Hong Seob Lee, Ju Won Jun, Beong Gun

Abstract

Deep corrugated steel plate structure has more compressive force and flexibility in bending behavior than short span structure. Asymmetric earth pressure distribution has occurred during construction. Ultimate strength and moment in domestic area, having superior ability at bending strain has been examined in this study. Based on the result of the study preceded, performance of Deep corrugated steel plate specimen has been evaluated by comparing increase of strength according to the increase of reinforcement content in bolt connections and failure mode of specimen.

Keywords : Deep corrugated steel plate, Bolt connections, Ultimate strength, Moment strength

1. 서론

기존의 단지간 파형강판 구조물은 토피고가 지간에 비하여 비교적 높게 시공되는 형태로 뒷채움재의 수동토압이 구조물의 휨변형을 억제하는 압축링 이론(White and Layer, 1960)에 의해 설계 및 해석이 가능하였다. 그러나 장지간 구조물의 경우 단지간 구조물에 비하여 시공중 하중 등에 의한 비대칭 토압분포에 의해 휨모멘트가 크게 발생되며, 이로 인한 변형량 증가가 발생할 수 있다.(최동호 외, 2001)

이러한 과변형 등 문제를 해결하기 위하여 대골형 파형강판(400mm×150mm)이 적용되고 있으나, 휨강성과 축강성 저항성에 대한 충분한 실험적, 이론적 거동분석이 부족한 상태이다.(문지호 외, 2008; 최용주 외 2006) 또한 파형강판 구조물은 볼트를 이음하여 조립하는 구조물로서 볼트의 이음부에 대한 고려가 필수적이며(황원섭 외, 2004), 일반적으로 이음부는 장지간 교량에서 주로 사용되는 마찰이음이 아닌 지압력에 의하여 저항하는 형식으로 적용되고 있다(강태성, 2010). 그러나 국내의 파형강판 구조 형식은 대부분 캐나다 등에서 개발된 것으로

서 설계에 대한 국내 자체규정 및 방법이 없으며 국외에서 사용하고 있는 설계법을 적용하여 설계 및 시공이 이루어지고 있는 실정이다. 또한 현재 적용되고 있는 설계 기준 및 국내외 연구 등에서는 파형강판 구조물의 설계법을 제시하고 있으나 대부분 중골형 파형강판의 연구결과에 기초한 것이며, 대골형 파형강판을 사용하여 제작한 강합성 빔보강 합성부재(CBS Beam)에 대한 실험값을 제시한 연구결과 역시 부족한 실정이다. 심중성(2010)은 콘크리트로 충전된 파형강판부재에 대한 실험을 통하여 부재성능을 평가하였으나, 강판의 두께와 볼트의 개수가 제한되어 있으며, 강판 자체의 이음부 거동에 대한 분석은 충분히 제시되지 못하였다.

따라서 본 연구에서는 국내에서 생산된 대골형 파형강판을 대상으로 볼트 이음된 대골형 파형강판의 압축 및 휨시험을 통한 구조체의 기본성능을 검토하고, CHBDC (Canadian Highway Bridge Design Code, 2003)에 준하여 제작된 콘크리트 충전 시험체인 강합성 빔보강 합성부재(CBS Beam)에 대한 압축 및 휨시험을 통해 평가된 휨강도를 설계 휨강도 등과 비교 분석함으로써, 콘크리트와 강재의 합성부재에 대한 구조성능을 평가하고자 하였다.

1) 정회원, 경남과학기술대학교 토목공학과 교수
2) 학생회원, 경남과학기술대학교 토목공학과 석사과정
3) 정회원, (주)FIXON

* Corresponding author : pooh_ggam@hanmail.net 010-9347-0272
• 본 논문에 대한 토의를 2011년 5월 31일까지 학회로 보내주시면 2011년 7월 호에 토론결과를 게재하겠습니다.

2. 파형강판 해석 이론

파형강판 구조물의 설계는 Duncan SCI(미국, 1979), AISI(미국, 1994), AASHTO(미국, 2001), 일본지반공학회(일본, 1997), CHBDC(캐나다, 2003) 등 압축령 이론을 바탕으로 제안된 설계법을 사용하고 있다. 반면 국내의 경우 한국도로공사에서 제정한 “지중구조물의 시공 및 설계지침”을 사용하고 있으나, 이는 CHBDC(캐나다, 2003)을 대부분 인용하여 사용하고 있는 실정이다. 따라서 CHBDC(캐나다, 2003)의 강도설계법을 준용하여 제작한 시험체의 시험결과를 토대로 설계값과 실험값에 대한 비교는 다음과 같다.

먼저 대골형 파형강판 이음부 압축시험체와 CBS Beam 보강 압축시험체의 설계압축강도는 식 (1)과 같이 계산되어 진다.

$$P_{pf} = \Phi_{hc} A F_y \quad (1)$$

여기서, P_{pf} 는 설계압축강도, Φ_{hc} 는 시공중의 소성한지 감소계수, A 는 파형강판의 단면적, F_y 는 파형강판의 항복강도이다. 여기서 시공중의 소성한지 강도 감소계수 0.9는 실험결과와의 비교에서 제외하였다.

대골형 파형강판에 압축력이 작용함으로써 발생하는 좌굴하중과 좌굴응력에 대한 식은 명확히 제시되지 않았기 때문에 식 (2)와 식 (3)을 사용하여 시험결과를 분석하였다.

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{l_e^2} \quad (2)$$

$$f_{cr} = k \frac{\pi^2 E}{12(1-\nu^2)} \left(\frac{t}{b}\right)^2 \quad (3)$$

여기서, P_{cr} 는 좌굴하중, EI 는 파형강판의 강성계수, l_e 는 유효좌굴길이이다. f_{cr} 은 좌굴응력을 나타내며, k 는 파형강판의 좌굴계수, ν 는 강재의 포와송 비(=0.3)이고 t 는 파형강판의 두께이다.

대골형 파형강판 휨시험체와 CBS Beam 보강 휨시험체의 설계휨강도는 식 (4)와 같이 계산되어진다.

$$M_{pf} = \Phi_{hc} Z F_y \quad (4)$$

여기서, M_{pf} 는 설계휨강도, Z 는 단면계수, F_y 는 파형강판의 항복강도이다.

파형강판 이음부 시험체와 CBS Beam 보강 시험체의 응력계산 식은 식 (5)과 식 (6)에 나타내었다. CBS Beam 보강 휨시험체의 휨응력 계산에서 내부 인장철근을 배근하기 위한 L형 앵커볼트와 전단 스티럽은 계산에서 제외하였다.

$$\sigma = \frac{P}{A} \quad (5)$$

$$f = \frac{M_x}{I_x} y \quad (6)$$

파형강판의 이음부는 고장력 볼트 10.9를 사용하였으며, 볼트의 전단강도 및 지압강도의 계산은 식 (7)과 식 (8)을 사용하였다. CHBDC(2003)에서 이음부 강도를 계산하기 위해 제시한 식에서는 설계하중조합 및 뒷채움재의 토파고 등을 고려하기 때문이다.

$$R_n = N_s F_{vu} A_b = N_s (0.62(0.75 F_{vub})) A_b \quad (7)$$

$$R_n = F_{vup} 2t(L_c - \frac{d}{2}) \quad (8)$$

여기서, R_n 은 전단강도, N_s 는 전단 단면수(1면 전단 : =1), F_{vub} 는 볼트의 최소인장강도이다. R_n 은 지압강도, F_{vup} 는 볼트의 최소인장강도의 62%, L_c 는 구멍과 부재의 응력방향의 순연단거리이다.

3. 파형강판의 실험 계획

3.1 대골형 파형강판의 특성

본 연구에서 사용한 대골형 파형강판은 Fig. 1에 나타난 바와 같이, 연성강판에 파도무늬의 골을 성형해 하중에 대한 저항력을 높인 강판으로서 일반 강판에 비해 단면계수가 10~30배에 달한다. 또한 강재의 소성으로 인하여 단면계수가 증가함을 Table 1과 Table 2를 통하여 알 수 있다.

대골형 파형강판의 표면에는 용융아연도금을 하였으며, 이는 캐나다 공업규격(CSA G164)에 따른 영구적 부식방지 도금이다. 그리고 파형강판의 양면 도금량 900g/m²은 규격 값보다 약 50%가 더 추가된 양이다.

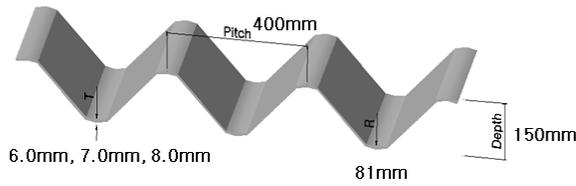


Fig. 1 Geometry of deep corrugated steel plate

Table 1 Sectional properties of deep corrugated steel plate

Specimen			
T (mm)	6.0	7.0	8.0
A (mm ² /mm)	8.3	9.6	10.9
S (mm ³ /mm)	283.7	329.7	372.5
Z (mm ³ /mm)	390.6	456.4	518.9
I (mm ⁴ /mm)	23,154.0	27,071.0	30,579.0
r (mm)	52.95	52.99	53.04

Table 2 Sectional properties of CBS Beam

Specimen			
T (mm)	6.0	7.0	8.0
A (mm ² /mm)	13.2	14.6	15.9
S (mm ³ /mm)	526.7	624.6	664.5
Z (mm ³ /mm)	1,023.7	1,103.3	1,175.8
I (mm ⁴ /mm)	79,004.0	93,687.0	99,681.0
r (mm)	77.36	80.11	79.18

Table 3 Test specimen of deep corrugated steel plate

Specimen	t (mm)		Steel	Bolt
	1,280mm ×980mm	6.0		
1,280mm ×1,734mm	6.0	3EA	ASTM A1018 Grade40	M22 4Hole×7 28EA
	7.0	3EA		
	7.0	3EA		
	8.0	3EA		

Table 4 Test specimen of CBS Beam

Specimen	t (mm)	t (mm)			Steel	Bolt
		30MPa	1EA	2EA		
880mm ×1,050m m	6.0	40MPa	2EA	2EA	SS400	M22 21EA L type 3EA I type 6EA
		30MPa	1EA	2EA		
880mm ×1,800m m	7.0	40MPa	2EA	2EA	ASTM A1018 Grade40	M22 25EA L type 5EA I type 10EA
		30MPa	1EA	2EA		
	8.0	40MPa	2EA	2EA		
		30MPa	1EA	2EA		

대골형 파형강판 이음부 압축 및 휨시험변수는 Table 3과 같다. 강재의 종류는 SS400 강재와 ASTM A1018 Grade40 강재를 사용하여 제작한 1,280mm×635mm 크기의 파형강판 두개를 고장력 볼트 10.9(M22)를 사용

하여 Fig. 2 (a), (b)에 나타난 바와 같이 4Hole×7열 총 28개의 볼트를 70mm 간격으로 보강하였다.

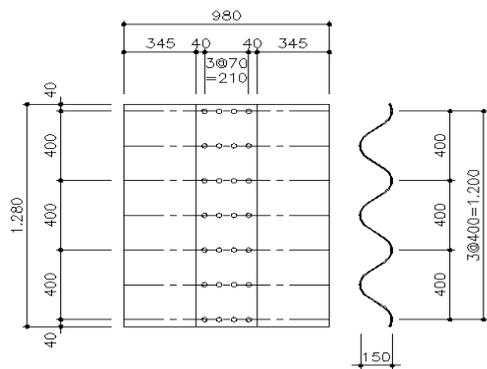
콘크리트와 강재의 합성부재인 CBS Beam의 이음부 압축시험 및 휨시험 변수는 Table 4에 나타내었다. 파형강판 내부에 충전된 콘크리트의 설계강도를 다르게 함으로서 콘크리트 강도가 미치는 영향범위를 고려하고자 하였다. 그리고 현행 CAS에서는 콘크리트와 강판과의 합성거동에 저항하는 전단연결재를 부착할 경우 합성거동이 유발되는 것으로 제시하고 있으므로, 본 연구에서는 L형 M19 앵커볼트를 주부재(파형강판)에 볼트로 체결하여 콘크리트에 주철근 H32, 스티럽 H19를 사용하여 합성부재로 제작하였다. 그리고 주부재(파형강판)와 콘크리트 타설을 위해 사용한 거푸집과의 연결을 I형 M19 앵커볼트를 사용하여 정착하였고, 압축 및 휨시험체의 단면형상 및 보강형식은 Fig. 2(c), (d), (e)에 나타내었다.

3.2 성능평가시험

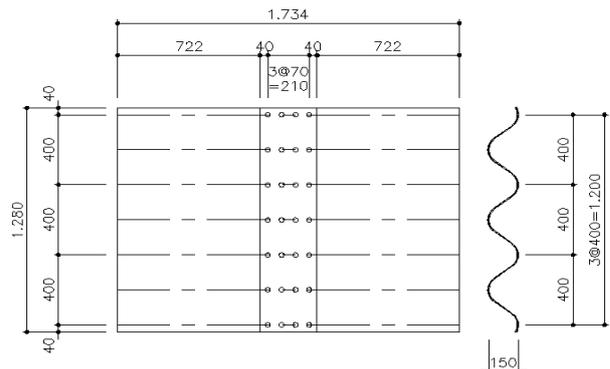
대골형 파형강판 이음부 압축시험은 최대용량 5,000kN UTM을 사용하여 실시하였으며, 변위제어방식으로 0.05mm/sec의 속도로 가력하였다. 국내의 파형강판 시험기준이 명확히 정해져 있지 않으므로 선행연구 결과를 바탕으로 하여 하중의 속도를 결정한 것이며, 본 연구에서 수행한 모든 시험의 하중속도는 동일한 조건으로 하였다. 그리고 시험체의 양쪽 끝에 LVDT 2개를 설치함으로써 시험체의 변위 측정과 동시에 편심에 대한 영향을 고려하고자 하였다.

대골형 파형강판 이음부 휨시험은 최대용량 1,000kN Actuator를 이용하여 4점 재하방식과 변위제어 방식으로 실시하였다. 가력점은 파형강판 골의 형상과 동일하도록 철물을 이용하여 제작하였고, 하중의 분산을 방지하고자 Actuator와 가력점과의 일체화를 시켰다. 대골형 파형강판의 밑면에는 휨변형 형상을 파악하기 위하여 LVDT를 대골형 파형강판 중심부에 설치하여 각 지점에서의 수직 변형량을 하중과 함께 측정하였다.

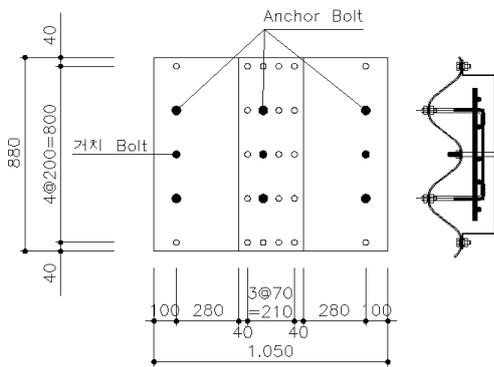
CBS 합성부재의 압축시험은 최대용량 10,000kN UTM을 사용하여 변위제어방식으로 가력하였다. 시험체의 수직 변형량을 측정하기 위하여 시험체의 중간에 LVDT를 설치하였으며, 시험기기의 하중과 변위를 측정하였다. 그리고 볼트 전단과괴 양상과 시점을 명확히 하기 위하여 동영상 촬영하였다.



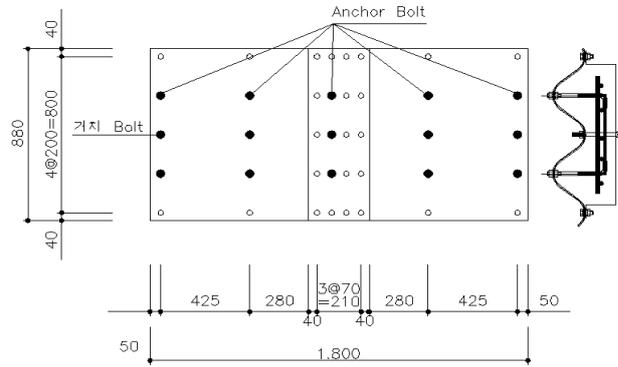
(a) Deep corrugated steel plate for compressive test



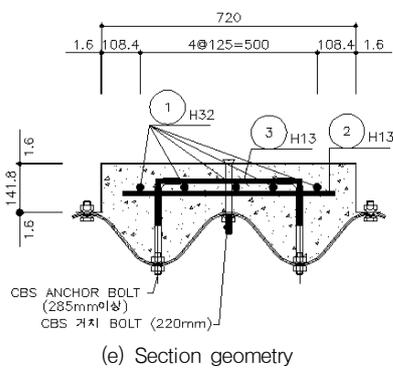
(b) Deep corrugated steel plate ofr flexural test



(c) CBS Beam section for compressive test

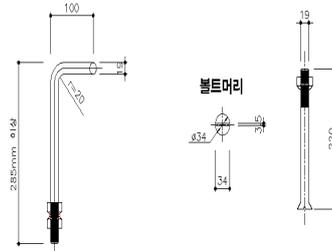


(d) CBS Beam section for flexural test



(e) Section geometry

CBS-BEAM Anchor Bolt (M=19mm, L=285mm이상) **CBS-BEAM Anchor Bolt (M=19mm, L=220mm)**



(f) Detail of anchor bolt

Fig. 2 Details of specimens

CBS 합성부재의 휨시험은 하중재하 방식에 따라 정모멘트와 부모멘트 두 가지로 나누었으며, 최대용량 5,000kN UTM을 사용하여 변위제어 방식으로 재하였다. Fig. 2(e)에서 알 수 있듯이 파형강판의 골이 형성된 부분은 철물을 이용하여 제작된 지점을 사용하였고, 그 반대에는 원형강봉을 사용하여 지점을 구성하였다.

4. 파형강판의 실험 결과 및 고찰

4.1 대골형 파형강판 이음부 압축 및 휨시험

대골형 파형강판 이음부 압축시험 결과는 Fig. 3에 나타내었다. 파형강판의 두께가 증가함에 따라 극한하중이 비교적 선형적으로 증가하는 경향을 나타내었으며, 두께 6.0mm 시험체의 경우 강재의 종류에 따른 극한하중의 차이를 나타내었다. 대부분의 시험체가 약 30~35mm의

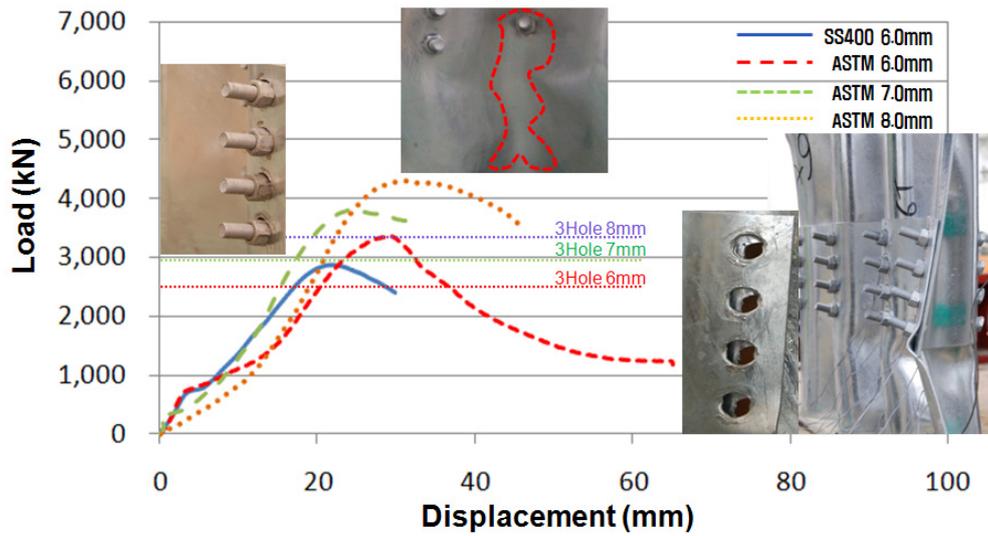


Fig. 3 Compressive test results of connected deep corrugated steel plate

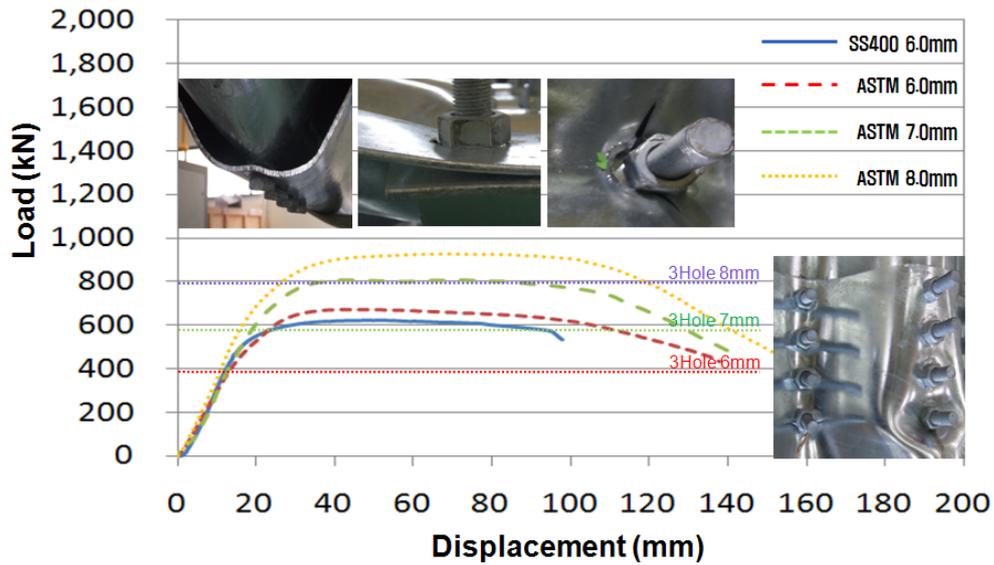


Fig. 4 Flexural test results of connected deep corrugated steel plate

변위를 발생할 때 시험체의 항복이 발생함을 확인하였다. 또한 시험체의 항복 이후 하중이 비교적 서서히 감소하는 경향을 나타내었다. 이는 파형강판이 항복이후 이음부의 지압에 의한 국부좌굴파괴로 인하여 취성적 파괴 거동을 나타낸 것으로 판단된다.

대골형 파형강판 이음부 휨시험에서는 압축시험과 유사하게 파형강판의 두께가 증가할수록 극한하중이 증가하는 경향을 나타내었고, 시험체 중심부의 수직 변형량이 약 30mm 정도 발생하였을때 극한하중에 도달함을 알 수 있다. 파형강판 각 두께별 하중-중앙부 처짐 곡선은 Fig. 4에 나타내었다.

모든 시험체의 파괴양상은 파형강판의 이음부 지압에 따라 인장단면에서는 이음부의 찢어짐 파괴가 발생하였고, 압축단면에서는 지압파괴가 발생하였다. 파형강판의 두께가 증가할수록 인장단면에서 찢어짐파괴가 발생하는 것으로 나타났다.

4.2 CBS Beam 압축 및 휨시험

Fig. 5에 나타내 바와 같이 파형강판의 두께가 증가함에 따라 이음부 극한하중이 증가하는 경향을 보였다. 또한 대부분의 시험체에서 합성부재 내부의 콘크리트 파괴

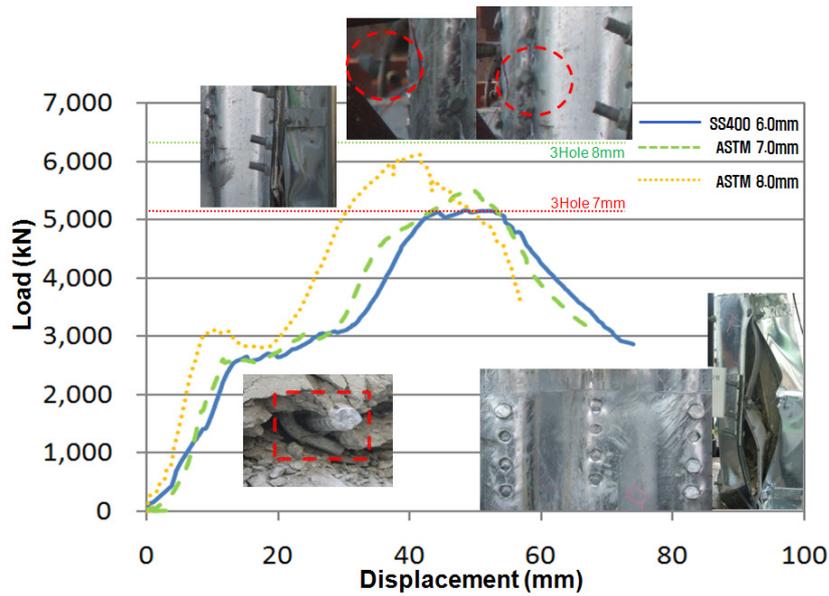


Fig. 5 Compressive test results of CBS Beam

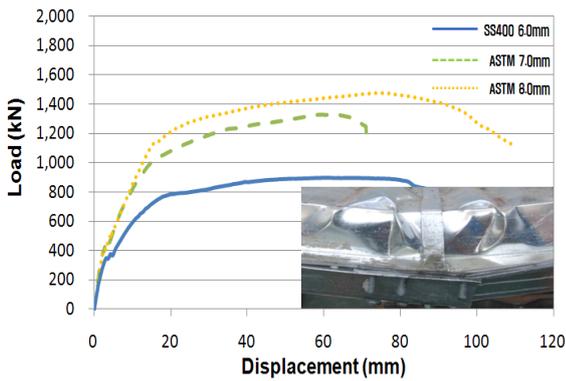


Fig. 6 Flexural test results of CBS Beam(+)

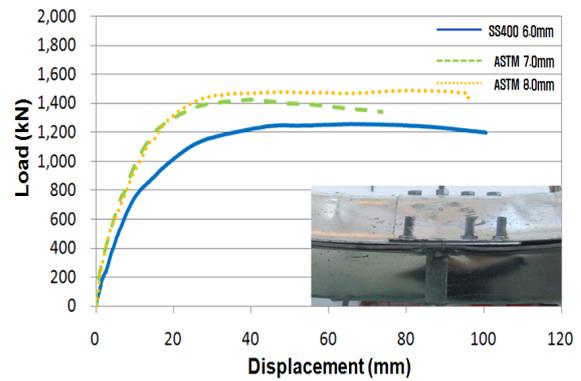


Fig. 7 Flexural test results of CBS Beam(-)

가 먼저 발생하지만 파형강판과 콘크리트의 하중분담으로 인하여 항복 발생 이후 볼트의 전단파괴 직전까지 파형강판이 연성적 거동을 일으키는 것으로 나타났다. 반면 콘크리트 설계강도의 차이에 따른 극한하중 및 시험체의 파괴거동에서는 차이점을 확인할 수 없었다. 시험체의 변위가 약 10mm 정도 발생하였을 때 콘크리트와 H32 인장철근에 작용하는 압축력으로 인하여 콘크리트 파괴가 발생하고 전단연결재인 H13 스테럽과 L형 앵커볼트, 인장철근의 연결부가 파괴됨을 알 수 있다. 그 이후 시험체가 항복하기 직전까지 파형강판의 이음부 지압파괴가 발생하고, 변위가 약 40mm 정도 발생하였을 때 시험체는 극한상태에 도달하고 볼트의 전단파괴가 발생하는 것을 확인할 수 있었다.

CBS Beam 휨시험 결과는 Fig. 6과 Fig. 7에 나타내었

으며, 정모멘트 시험과 부모멘트 시험에서 변위가 약 15mm 정도 발생하였을 때 모든 시험체가 항복하는 경향을 나타내었다.

두께 6.0mm 시험체의 정모멘트 시험 결과, 항복이후 하중은 거의 증가하지 않으면서 항복 이후 변위가 약 40mm 정도 증가함으로써 연성파괴를 일으키는 것으로 나타났다. 반면 ASTM A1018 Grade40 강재를 사용한 시험체의 정모멘트 시험 결과에서는 항복이후 변위가 미소량 증가함에 따라 하중이 증가하는 경향을 나타내었고, 하중의 증가 폭이 선형적임을 알 수 있다.

CBS Beam 부모멘트 시험 결과, 정모멘트 시험과 달리 모든 시험체가 항복이후 변위의 증가와 동시에 하중이 서서히 감소되는 연성파괴 거동을 나타내었다. 같은 종류의 강재를 사용한 두께 7.0mm 시험체와 8.0mm 시험체의

경우 항복을 나타내는 구간은 다르지만 약 40mm의 변위가 발생하였을 때 극한강도가 비슷하게 발현됨을 확인하였다. 이는 CBS Beam 내부에 배근되어 있는 인장철근의 위치가 인장측에서 압축측으로 이동함에 따라 휨응력에 대한 저항이 거의 발생하지 않음으로서 파형강판의 두께의 차이에 따른 항복강도의 차이가 미소하게 나타난 것으로 판단된다.

4.3 파형강판 설계값 및 설계응력 비교

대골형 파형강판의 현행 설계기준을 바탕으로 실험값과 비교한 결과는 Table 5와 Table 6에 나타내었다. 설계값은 압축의 경우 식 (1), (7)과 (8) 중에서 작은 값을 사용하였으며, 휨인장의 경우에는 식 (4)와 볼트에 대한 식을 적용하였다. 콘크리트 충전단면에 대해서는 설계기준이 완전히 제시되어 있지 않기 때문에 콘크리트 단면에 대해서는 고려하지 않았다. 본 연구에서 수행한 모든 시험체는 설계값보다 실험값이 높게 나타내었다. 특히 CBS Beam 휨 시험체의 경우 극한하중의 증가가 가장 높은 편이었으며, 파형강판 휨시험체보다 콘크리트와 내부에 인장철근 등을 보강하여 합성부재로서 거동할 경우 약 3배 정도 휨강성과 휨변형에 유리함을 알 수 있다.

Fig. 8에 나타난 바와 같이 두께 6.0mm 파형강판 압축

시험체의 경우 CBS Beam으로 보강함으로써 시험체의 응력이 약 175MPa 증가함을 확인할 수 있다. 또한 대골형 파형강판 이음부 압축 시험체와 CBS Beam 압축 시험체의 경우 두께 7.0mm의 ASTM A1018 Grade40 강재를 사용할 경우 다른 변수의 시험체보다 압축응력이 가장 높음을 확인할 수 있었다.

파형강판의 이음부 보강량을 동일한 간격으로 3Hole에서 4Hole로 증대시킴으로서 각 시험체의 극한하중이 약 30%정도 증대됨을 나타내었다. 시험체의 파괴거동을 선행연구결과(김태수, 2009)와 비교해 볼 때, 대부분의 시험체가 취성적 파괴거동에서 연성적 파괴거동을 나타내

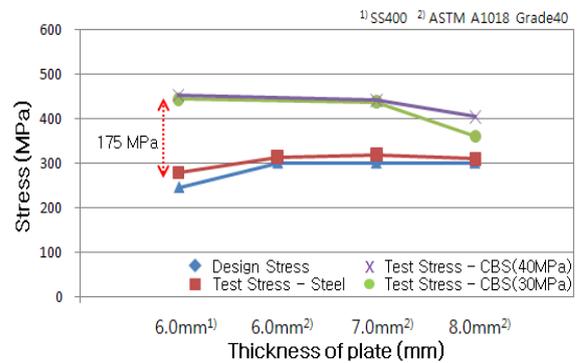


Fig. 8 Comparison of test results and design value on the compressive stress

Table 5 Summarized test results under the compressive loads

Thickness (mm)	f_{ck}	Steel Max. Load (kN)		Steel Max. Stress (MPa)		CBS Max. Load (kN)		CBS Max. Stress (MPa)		Steel
		Design	Test	Design	Test	Design	Test	Design	Test	
6.0	30	2,590.34	2,944.77	245	278.52	2,850.2	5,159.3	245	443.48	SS400
	40						5,259.2		452.07	
6.0	-	3,171.84	3,310.20	300	313.09	-	-	-	-	ASTM A1018 Grade40
7.0	30	3,690.24	3,932.37	300	318.68	3,854.4	5,614.3	300	436.97	
	40						5,659.3		440.48	
8.0	30	4,200.96	4,322.83	300	308.84	4,197.6	5,034.7	300	359.83	
	40						5,643.7		403.35	

Table 6 Summarized test results under the flexural loads

Thickness (mm)	f_{ck}	Steel Max. Load (kN/m)		Steel Max. Stress (MPa)		CBS Max. Load (kN)		CBS Max. Stress (MPa)		Steel
		Design	Test	Design	Test	Design	Test	Design	Test	
6.0	30	93.74	138.1	246.7	363.5	216.2	449.4	420.5	616.9	SS400
	40						444.3		730.6	
6.0	-	117.17	156.5	308.4	412.0	-	-	-	-	ASTM A1018 Grade40
7.0	40	136.91	181.8	310.2	411.9	331.0	588.7	542.8	740.6	
8.0	30	155.66	210.3	314.2	424.5	352.8	617.7	543.7	798.08	
	40						598.6		871.60	

었다. 파형강관 이음부 압축시험체의 경우 이음부가 4Hole로 보강할 경우 두께에 상관없이 볼트 이음부의 지압파괴후 국부좌굴에 의한 연성적 파괴가 발생하였으나, 3Hole 이음부 보강에서는 두께 7.0mm와 두께 8.0mm의 시험체에서는 볼트가 전단파괴됨으로서 취성적인 파괴모드를 나타내었다.

그러나 강관의 두께가 작은 6.0mm 시험체의 경우, 3Hole 보강의 경우에는 볼트전단보다는 지압파괴후 국부좌굴에 의하여 파괴되는 형태를 나타내었다.

5. 결론

대골형 파형강관의 이음부 보강량 증가와 합성부재의 성능평가시험 결과는 다음과 같다.

- (1) 파형강관의 이음부를 3Hole에서 4Hole로 증대시킴으로서 극한하중이 약 30% 증대되고, 파괴거동이 취성적 파괴거동에서 연성적 파괴거동으로 전환된 것을 확인할 수 있었다.
- (2) 현재 국내에서 파형강관의 구조물의 설계에서 사용하고 있는 설계법은 구조물의 성능을 과소평가하고 있음을 확인하였다. 특히 CBS Beam 합성부재의 경우 설계강도와 실험값의 차이는 약 1.2배에서 1.8배의 차이를 나타내고 안전율을 고려한 경우에도 보수적으로 평가되고 있는 것으로 판단된다. 이는 CBS Beam 합성부재가 과보강 되고 있으며, 이로 인한 경제성이 저하됨을 확인하였다. 따라서 경제적 및 합리적 설계를 위한 방안이 마련되어야 한다고 판단된다.
- (3) CBS Beam 합성부재에서 내부에 충전한 콘크리트 설계강도의 차이에 따른 극한강도 및 파괴거동의 변화는 거의 기대할 수 없었으며, 이는 시험체의 제작 과정에서 발생하는 오차로 판단되어진다. 하지만 대골형 파형강관의 사용보다 CBS Beam 합성부재로서 사용할 경우 시험체의 압축강도가 약 175MPa 증가됨을 나타내었다.
- (4) 대골형 파형강관의 성능을 평가할 수 있는 기준이 국내의 설계기준에 마련되어 있지 않기 때문에 강재와 고장력 볼트의 일반적인 식을 준용하여 계산해본 결과, 대부분의 시험체가 볼트 이음부 지압이 가장 큰 영향을 미침으로서 파형강관의 국부좌굴을 유발

하는 것으로 확인되었다.

- (5) 대골형 파형강관 이음부 압축시험에서 파형강관의 두께가 증가할수록 극한하중이 비교적 선형적으로 증가하는 경향을 나타내었지만, CBS Beam 합성부재의 압축시험에서는 SS400 6.0mm 시험체와 ASTM A1018 Grade 40 7.0mm 시험체의 극한하중이 큰 차이를 나타내지 않았다.
- (6) 대골형 파형강관의 이음부 휨시험에서 볼트의 보강량 증가에 따른 극한강도는 차이를 나타내었지만, 시험체의 항복이후 변위의 증가에 따른 극한하중의 증가는 나타나지 않았다. 반면 CBS Beam 정모멘트 휨시험에서는 강재의 종류에 따라 1차항복점이 서로 다르지만, 시험체의 항복 이후 변위의 증가에 따른 극한하중이 서서히 증가됨으로서 휨변형 성능이 증대되었음을 확인하였다.

감사의 글

본 연구는 경남과학기술대학교 기성희 연구비지원과 (주)픽슨의 지원에 의하여 수행되었으며, 저자들은 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. 강태성, "콘크리트 빔 보강된 파형강관 합성구조물의 거동", 한양대학교 대학원 토목공학과 박사학위논문, 2010.
2. 김태수, "콘크리트 충전 대골형 파형강관 구조물의 파괴거동에 대한 실험적 연구", 한양대학교 대학원 토목공학과 석사학위논문, 2009.
3. 문지호, 이종원, 최병호, 이학은, "제형 파형강관 복부판의 전단 설계", 대한토목학회 논문집 : Vol. 28 No. 4A, 2008, pp.497-505.
4. 심중성, 박철우, 김태수, 이형호, 강태성, "콘크리트 충전 브릿지 플레이트(대골형 파형강관) 부재의 성능평가", 콘크리트학회 논문집 : Vol. 22, No. 3, 2010, pp.297-303.
5. 최동호, 김원철, 김기남, "파형강관 암거의 근사해석", 한국지반환경공학회논문집 : Vol. 2, No. 4, 2001, pp.15-27.
6. 최용주, 이종원, 신철호, 이학은, "제형파형강관의 지압 거동에 영향을 미치는 기하학적 인자에 관한 연구", 한국강구조학회 논문집 : Vol. 18, No. 1, 2006, pp.81-91.
7. 황원섭, 강승표, 위영민, "파형강관 이음부의 강도 및 응력분포특성에 관한 연구", 한국강구조학회 논문집 : Vol. 16, No. 3, 2004, pp.365-376.
8. 社團法人 地盤工學會, "コルゲートメタルバート アニュアル, 第3回 改訂版", 1997.
9. AASHTO, "Standard Specification of Highway Bridges", 16th Ed., Div. I -Sect.12(Corrugated Metal Structure Interaction Systems), Div. II -Sec.26(Metal Culverts), 1996.

-
10. AISI, "Handbook of Steel Drainage & Highway Construction Products", 1994.
11. Canadian Standard Association, "Canadaian Highway Bridge Design Code(CHBDC)", Ministry of Transportation of Canada, 2003.
12. Duncan, J. M., "Behavior and Design of Long-Span Metal Culverts", Journal of the Geotechnical Engineering, ASCE, Vol. 105, No. 3, 1979, pp.399-417.
13. White, H. L. and Layer, J. P., "The Corrugsted Metal Conduit as a Compression Ring" Higheay Research Board, Proceedings of Annual Metting, 93, 1960, pp.389-397.
- (접수일자 : 2010년 7월 21일)
(수정일자 : 2010년 11월 4일)
(심사완료일자 : 2010년 11월 11일)

요 지

파형강판 구조물은 기존의 단지간 구조물에 비하여 더 큰 압축력과 활하중에 유연한 휨거동을 나타내며, 시공중에는 활하중에 의한 비대칭 토압분포가 발생하게 된다. 따라서 본 연구에서는 현재 국내에서 생산 및 시공이 이루어지고 있고 휨변형에 탁월한 대골형 파형강판의 볼트 이음부의 극한강도 및 모멘트강도 등을 검토하고자 하였다. 그리고 선행연구 결과를 바탕으로 볼트 이음부의 보강량 증가에 따른 강도 증가와 시험체의 파괴양상을 비교함으로써 대골형 파형강판 시험체의 성능을 평가하고자 하였다.

핵심 용어 : 대골형 파형강판, 볼트 이음부, 극한강도, 모멘트강도
