확대머리 이형철근 상세에 따른 콘크리트 부재 이음부의 휨강도에 대한 실험적 연구

Experimental Study on the Flexural Strength of Joints of Concrete Members for Details of Headed Deformed Reinforcing Bars

최준혁* · 박창진**

Choi, Junhyeok*, and Park, Changjin**

Abstract

An experimental study was performed to evaluate the flexural strength of reinforced concrete beams with headed deformed reinforcing bar details in order to develop joining precast concrete members. The reinforcing bar details are continuous bars, headed reinforcing bars, and combination of headed reinforcing bars and hooked bars. A four-point bending test and simple beam test were performed. The flexural behavior and strength of the members were evaluated according to the reinforcing bar details. The flexural strength increased when the headed reinforcing bar details were wrapped with stirrup, and the ductility of the beam increased with hooked bars. In addition, the flexural strength and ductility of the reinforced bars were similar to those of the continuous bars with these changes.

Key words : Joint, Headed Reinforcing Bar, Precast, Bar Details, Flexural Strength

요 지

본 연구에서는 프리캐스트 콘크리트 부재의 접합을 위한 철근 상세를 개발하기 위하여 확대머리 철근이음 상세를 가지는 보 부재의 휨강도 평가를 위한 실험적 연구를 수행하였다. 철근 상세는 철근을 연속으로 배치한 경우와 확대머리 철근을 배치한 경우 그리고 확대머리 철근과 갈고리를 복합적으로 사용한 상세이다. 실험은 4점재하 단순보 휨실험을 수행하였고 철근 상세에 따른 부재의 파괴 양상과 휨강도를 평가하였다. 그 결과, 확대머리 철근을 스티럽으로 감싼 경우 휨강도는 증가하였으며 갈고리가 있는 경우 보의 연성도는 증가하였다. 또한 확대머리 철근을 스티럽으로 감싸고 갈고리 철근으로 구속력을 증가시킨 경우는 연속철근의 경우와 동등한 수준의 휨강도와 연성도를 나타내었다.

핵심용어 : 접합부, 확대머리, 프리캐스트, 철근상세, 휨강도

1. 서 론

프리캐스트 콘크리트 부재를 현장으로 운반하여 접합하는 경우 콘크리트 부재가 연속성을 갖도록 하기 위해서는 콘크리트 부재 간의 철근의 이음 또는 다른 형태의 하중

전달 기구가 필요하다. 이를 위해서 철근의 이음, 전단 키 설치, 외부 강선에 의한 압축력 도입 등을 적용하고 있으며, 부재가 받는 하중의 형태나 크기에 따라 적용 방법이 달라진다. 특히, 콘크리트 부재가 주부재인 경우는 부재 접합부에 응력이 크게 작용하기 때문에 철근의 이음 방법이 주로

*교신저자, 정회원, 부천대학교 토목공학과 교수(Tel: +82-32-610-3311, Fax: +82-32-610-3224, E-mail: cjunh0213@daum.net)

Corresponding Author, Member, Professor, Department of Civil Engineering, Bucheon University

**정회원, (주)씨제이인스트루먼트 대표이사

Member, C.E.O. CJ-instrument Inc

사용되며, 겹이음, 기계적이음, 용접이음, 확대머리 등과 같은 철근의 이음 방법이 사용될 수 있다.

겹이음은 다른 이음 방법에 비해 철근 이음길이가 길기 때문에 프리캐스트 콘크리트 부재를 접합하는 경우는 비교적 넓은 범위의 현장 배근 및 콘크리트 타설이 필요하고 시공 공중도 많아 적절하지 않다.

기계적 이음과 용접이음은 부재 간 이음길이를 짧게 할 수 있고 철근의 연속성을 확보할 수 있기 때문에 가장 적합한 방법이지만 부재 간 철근의 위치 차이, 시공 및 제작오차 등으로 인해 실제 현장 여건에서는 시공성이 좋지 않다. 따라서, 프리캐스트 부재의 접합과 같은 이음구간이 짧은 경우는 철근의 겹이음 형태를 가지면서 철근의 이음길이를 줄일 수 있는 방법으로 확대머리에 의한 철근의 정착 방법이 대안이 될 수 있으며 최근 활용도가 높아지고 있다(KDS, 2016).

확대머리에 의한 철근의 이음 방법은 확대머리를 가지는 철근을 서로 엇갈리게 배치하여 철근의 인장력이 확대머리에 의해 발생하는 콘크리트 내부의 지압력에 의해 저항하도록 한 것으로서 철근의 간섭과 정착길이를 크게 줄일 수 있다. 확대머리 철근의 정착과 이음에 관한 연구는 철근의 정착방법에 관한 연구에서부터 계속 진행되어 왔으며 Thompson et al. (2005; 2006a; 2006b)의 연구 발표를 근거로 ACI 318 (2012) 설계기준에 정착길이에 관한 설계식과 상제가 제시되었다.

그러나 Thompson의 연구결과에 기초한 설계식은 제한된 조건하에서의 확대머리 정착효과에 관한 실험결과이고 이음 상제에 대해서는 구체적으로 제시되어 있지 않다. 확대머리를 갖는 철근의 이음의 길이는 일반적인 철근의 접촉식 겹이음 방식과는 하중 전달방식이 다르기 때문에 확대머리의 크기와 배열, 위치, 간격 등에 따른 검토가 필요하며, 확대머리를 이용한 부재의 경우 이음부에 대한 내력의 평가도 검토될 필요가 있다.

국내에서는 건축구조물에서의 보와 기둥의 연결부, 보와 보의 연결부 설계를 위하여 주로 연구되어 왔으며 확대머리 이형철근의 위치, 간격, 철근의 강도, 이음부의 위치 등 철근 상제에 대한 이음부의 내력 평가에 대한 연구 결과가 보고되었다(Seo et al., 2007; Lee et al., 2008; Kim et al., 2010; Kim, 2015). 그러나 기존의 연구 결과는 보의 연결부에 대해 직선 철근에 대한 설계 조건이나 확대머리 철근의 적용과 관련된 연구가 대부분으로서 확대머리 철근과 갈고리 철근의 적용 또는 확대머리 철근의 구속력을 높이기 위한 철근의 상제에 대한 연구는 이루어지지 않았다.

본 연구에서는 프리캐스트 콘크리트 부재를 접합하는 경우 확대머리를 이용한 부재 접합부의 내력이 연속 철근으로 배근된 부재와 거의 동등한 수준의 내력을 나타낼 수 있는 확대머리 철근 상제를 개발하는 것을 목적으로 하였다. 이를 위해서 철근 이음 상제를 확대머리만 설치한 경우,

확대머리에 갈고리 철근을 배치한 경우, 확대머리 철근에 스테럽 철근을 배근한 경우로 정하였다. 시험체는 연결상제에 대한 내력 평가가 목적이므로 프리캐스트 콘크리트 부재의 접합에 대한 부분은 고려하지 않고 일괄타설하여 제작하였다. 실험은 4점지지 휨실험을 하였고 균열 파괴 양상과 주철근의 휨거동 및 휨강도를 비교, 분석하였다.

2. 설계기준(KDS, 2016)

확대머리를 갖는 철근의 이음에 관한 규정은 현재 구체적으로 제시되어 있지 않지만 국가건설기준(KDS, 2016)에서는 ACI 318 (2012)의 기준을 준용하여 확대머리 이형철근의 정착방법에 대한 규정을 제시하고 있다.

확대머리 이형철근의 인장에 대한 정착길이는 다음과 같이 구할 수 있다.

$$l_{dt} = 0.19 \frac{\beta f_y d_b}{\sqrt{f_{ck}}} \quad (1)$$

여기서, β 는 에폭시 도막철근은 1.2, 다른 경우는 1.0이며, 정착길이는 $8d_b$, 또한 150 mm 이상이어야 한다. 여기서, 철근의 설계기준항복강도는 400 MPa 이하, 콘크리트의 설계기준압축강도는 40 MPa이고, 철근의 지름은 35 mm 이하이어야 한다. 또한, 확대머리의 순지압면적(A_{brg})은 $4A_b$ 이상, 순피복 두께는 $2d_b$ 이상, 철근 순간격은 $4d_b$ 이상이어야 한다.

3. 시험체

콘크리트 부재 접합부의 철근이음 상제에 대한 휨성능 평가를 위하여 일반적인 철근이음, 확대머리를 갖는 철근이음 등의 철근상제를 적용한 보 시험체를 제작하여 정적 휨실험을 수행하였다.

철근이음 상제는 Fig 1에 나타난 바와 같이 철근의 연결부가 없는 연속철근 시험체(REF), 확대머리 철근을 이음형식으로 교차배열하고 인접한 철근을 H13, H16 스테럽 철근으로 묶은 시험체(HB-S13, HB-S16), 스테럽 철근 없이 확대머리 끝단에서 철근을 연장하고 구부러 압축부에 정착되도록 한 시험체(HB-S0-HK), 확대머리 끝단에서 철근을 연장하고 구부러 압축부에 정착한 다음 H13 스테럽으로 이음철근을 묶은 시험체(HB-S13-HK)로 시험체 각 유형별 2개씩 총 10개의 시험체를 제작하였다.

시험체의 크기는 $300 \times 400 \text{ mm}^2$ 이고 길이는 2,800 mm이다. 주철근은 H19, SD400철근이다. 확대머리의 직경은 50 mm, 두께는 30 mm (HB-S13, HB-S16 시험체), 60 mm (HB-S0-HK, HB-S13-HK 시험체)의 원형 확대머리이고 순지압면적은 약 $6A_b$ 이다. 여기서 확대머리에서 철근을 연장

Fig. 1. Bar Details and Test Specimens

한 시험체는 확대머리의 양쪽으로 확대머리와 철근을 나사 가공을 하여 결합하는 방식으로 연결하였으므로 확대머리의 크기가 그렇지 않은 시험체의 2배가 된다. 또한, 확대머리 크기는 설계기준에서 제시하는 최소 요구조건을 만족하고

나사 가공의 길이와 강도를 고려하여 확대머리의 직경과 길이를 정하였으며, 스테럽의 직경은 철근의 구부림 가공과 주철근과의 직경비를 고려하되 스테럽 철근의 직경에 따라 철근의 구속력이 다를 것으로 예상되어 직경을 2가지로

정하였다. 확대머리는 주철근 끝을 길이 40 mm까지 나가 가공하여 체결하였고 확대머리에서 연장하는 경우는 구부린 철근이 보의 압축철근 위치에 정착되도록 충분한 길이를 확보하였다. 스테럽 철근은 보의 전단위험 단면에서는 H13 철근을 사용하였고 철근 이음부인 보의 중앙 단면 부근에서는 시험체의 종류에 따라 H13, H16을 스테럽 형태로 주철근을 감싸도록 하였으며 별도의 인장이음(Tie-down) 철근은 배근간격이 좁고 실제 현장 조립이 어려울 것으로 판단되어 배치하지 않았다. 철근 이음 구간은 교차되는 확대머리 철근의 양쪽 끝단에서 20 mm 연장한 위치를 기준으로 400 mm가 되도록 하였다. 여기서 확대머리 철근의 이음길이는 설계기준에 명확히 명시되어 있지 않으나 Eq. (1)의 정착길이를 계산할 경우 소요 정착길이는 228 mm로서 얻어진다. 그래서 이음길이를 최소 정착길이 조건을 만족하고 주철근의 약 $20d_b$ 가 되도록 겹침이음 길이를 정하였으며 갈고리 끝단부의 20 mm 이격량을 더하여 400 mm를 이음 영역으로 정하였다. 콘크리트 압축강도는 Table 1과 같이 공시체 압축강도시험 결과 약 30 MPa이며, 철근의 항복강도는 약 480 MPa, 인장강도는 약 610 MPa이었다. Table 2는 시험체와 철근 상세를 정리한 것이다.

4. 실험 방법

실험은 Fig 2에서와 같이 시험체 끝단에서 200 mm 지점에 힙지 지점을 설치하였으며 중앙에서 양쪽으로 400 mm 떨어진 위치에 하중을 재하여 4점 휨시험을 하였다. 하중은 2000 kN용량의 만능시험기를 사용하였으며 0.05 mm/min의 속도로 단조 가력하였다. 시험체의 중앙부에 압축철근 및 확대머리 철근에 변형률 게이지를 각 철근마다 부착하였으

며 시험체의 중앙 하면에는 변위계(LVDT)를 설치하여 보의 처짐을 측정하였다.

Fig. 2. Test Setup

5. 실험결과

5.1 균열 패턴 및 파괴양상

휨 실험결과 파괴시의 실험체의 균열 양상을 Fig. 3에 각각 나타내었다. 파괴 양상의 이해를 돕기 위해서 하중 재하점의 위치와 확대머리 이형철근의 겹이음 구간인 중앙부 400 mm의 위치를 표시하였다.

각 시험체별 파괴하중의 크기와 관계없이 시험체의 파괴 양상만으로 보면 겹이음을 가지는 모든 시험체에서 겹이음이 끝나는 위치, 즉 이음 영역(Lap region)으로 표시된 위치에서 비교적 큰 균열 폭을 나타내고 있다. 확대머리의 연장 철근이 없는 HB-S13, HB-S16은 보의 하면에 큰 폭의 균열이 발생한 후 경사를 가지면서 상부로 진전된 것으로 나타났다. 그러나 확대머리 연장 철근을 압축측으로 구부린 시험체 HB-S0-HK, HB-S13-HK 시험체는 ㄷ자 형태로 구부린 철근의 영향으로 거의 수직방향의 균열 양상을 나타내고 있다. 이음이 없는 연속 철근의 시험체 REF는 전형적인 휨파괴

Table 1. Compressive Concrete Strength of Test Results

Max. load (kN)	area (mm^2)	Compressive strength (MPa)	
222.34	7,850	28.3	Average 29.5 MPa
238.26		30.4	
238.16		30.3	
230.10		29.3	

Table 2. List of Test Specimens

No.	Specimen	Headed bar dia, d_b (mm)	Lap length l_s (mm)	Stirrup bar dia, d_s (mm)	Headed Anchor $\phi \times t$	Hooked bar
1	HB-S13	19	400	13	50 × 30	×
2	HB-S16	19	400	16	50 × 30	×
3	HB-S0-HK	19	400	-	50 × 30	○
4	HB-S13-HK	19	400	13	50 × 30	○
5	REF	19	400	-	-	-

Fig. 3. Crack Patterns and Failure

균열 양상으로 일정 간격으로 중앙부를 향하는 균열 양상을 나타내었다.

따라서, 확대머리 이형철근의 이음은 내부의 응력이 확대머리에 집중되어 콘크리트 표면부의 파괴에 직접 영향을 줄 수 있으므로 소정의 깊이에 정착될 필요가 있음을 알 수 있다. 또한 확대머리 연장 철근이 있는 경우는 확대머리 이후 구부린 철근으로 인해 수직방향의 철근을 따라 균열이 발생하므로 철근간의 간격을 넓히거나 구부리는 철근의 위치를 조정하는 등의 철근 상세의 일부 보완이 필요함을 알 수 있다.

5.2 하중-변위 곡선

휨 실험결과 얻어진 각 시험체의 하중-변위곡선을 Figs. 4~7에 각각 나타내었다. 그림에서 하중 $P=191.0\text{ kN}$ 는 $f_{ck}=30\text{ MPa}$, $f_y=400\text{ MPa}$ 일 때의 공칭강도 $M_n=76.6\text{ kN}\cdot\text{m}$ 에 의해 역으로 계산된 시험하중이고, 하중 $P=228.3\text{ kN}\cdot\text{m}$ 은 $f_{ck}=30\text{ MPa}$, $f_y=480\text{ MPa}$ 일 때의 공칭강도 $M_n=91.3\text{ kN}\cdot\text{m}$ 에 의해 역으로 계산된 시험하중으로 철근인장 시험결과와 철근항복강도를 이용하여 계산한 값이다.

Fig 4는 확대머리를 배근하고 H13 스테럽과 H16 스테럽

철근을 배근하였을 때를 비교한 결과이다. 두가지 형태의 시험체 모두 파괴강도가 설계강도보다 높은 것으로 나타났다. H16스터럽으로 확대머리 이형철근을 묶은 시험체 HB-H16은 H13스터럽 시험체 HB-S13 시험체 보다 최대강도가 더 높게 나타났으며 연성효과도 약간 증가하는 것으로 나타났다. 이는 하중 증가시 확대머리 철근의 휨변형을 스텐더럽이 구속해주기 때문인 것으로 판단되며 스텐더럽 철근의 직경이 클수록 최대강도를 증가시킴을 알 수 있다.

Fig. 5는 확대머리 이형철근을 H13 스텐더럽으로 묶은 시험체 HB-S13과 스텐더럽 철근 없이 확대머리 철근을 연장하여

감아 올린 시험체 HB-S0-HK를 비교한 것이다. 두 시험체 모두 설계강도에 해당하는 하중 이상의 값에서 파괴되었으나, HB-S0-HK시험체의 최대 하중은 설계강도에 해당하는 계산하중에 도달한 후 파괴가 발생하였으며, HB-S13시험체는 철근이 어느정도 항복 변형을 나타낸 후에 파괴되었다. HB-S0-HK시험체가 최대하중이후 갑작스런 파괴가 일어난 것은 감아올린 철근이 거의 수직방향으로 배열되므로 그 철근을 따라 균열 유발되고 진전되어 균열폭을 확대시키는 역할을 하였기 때문인 것으로 판단된다. 이 결과로부터 확대머리 철근의 정착은 철근을 압축영역까지 감아 올리는 것

Fig. 4. Load-displacement Curves for HB-S13 and HB-S16 Specimens

Fig. 5. Load-displacement Curves for HB-S13 and HB-S0-HK Specimens

보다 확대머리 철근을 스테럽으로 묶어주는 것이 더 효과적임을 알 수 있다.

Fig. 6은 HB-S13 시험체와 HB-S13-HK 시험체를 비교한 것으로 확대머리 철근을 스테럽으로 묶은 후 연장 철근을 감아올린 경우 그 효과를 비교한 것이다. 두 시험체 모두 최대 하중은 설계하중보다 높게 나타났다. HB-S13 시험체를 기준으로 철근을 감아 올린 HB-S13-HK 시험체의 경우 최대 강도 이후 안정적인 휨 변형을 나타내고 있으며 변위 연성도 크게 증가함을 알 수 있다. 따라서, 확대머리 철근이 스테럽에 의해 구속되어 있는 경우 연장 철근을 감아올린 정착 방법은

시험체의 연성확보와 철근의 저항능력을 효과적으로 나타낼 수 있도록 한다.

Fig. 7은 HB-S13-HK 시험체와 철근을 연속으로 배근한 REF 시험체를 비교한 것으로 연속시험체와 거의 동일한 하중-변위 거동을 나타내고 있다. HB-S13-HK 시험체는 약 27 mm 변위 이후에서 하중이 감소하기 시작하지만 그 차이는 크지 않다. 따라서, 확대머리 철근을 스테럽으로 구속시키고 연장 철근을 감아 올려 압축영역으로 정착하는 철근 상세는 연속 철근을 갖는 보의 휨 거동과 거의 유사한 결과를 줄 수 있음을 알 수 있다.

Fig. 6. Load-displacement Curves for HB-S13 and HB-S13-HK Specimens

Fig. 7. Load-displacement Curves for HB-S13-HK and REF Specimens

5.3 최대 강도

각 시험체의 철근상세에 따른 강도를 비교하기 위하여 균열 발생시의 하중과 변위, 철근의 항복하중과 변위, 최대하중과 변위를 각각 구하고 기준 시험체와의 비교 결과를 각각 Tables 3과 4에 나타내었다. 실험에 의한 균열 발생하중은 하중-변위 곡선에서 선형 탄성범위에서의 기울기가 급변하는 위치로 선정하였다. 철근의 항복은 실제 철근의 항복 변형률로 비교하기 위해서 철근에 부착한 변형률 게이지의 변형률 값이 2400μ 일 때의 하중으로 정의하였고 그 때의 변위를 항복변위로 정하였다. 최대하중은 하중-변위 구간에서 최대 강도를 나타내는 값으로 정의하였으며 변위 연성비는 항복변위에 대한 최대 변위의 비로 정의하였다.

각 시험체의 균열 하중과 그 때의 변위는 시험체 별로 약간의 차이는 있으나 기준시험체와 비교하여 약 5% 이내의 범위로 시험체의 종류에 관계없이 큰 차이가 없는 것으로 나타났다. 균열하중은 균열발생시의 하중이므로 철근의 구조상세 보다는 콘크리트의 강도에 의존하기 때문이다.

확대머리 철근을 스테럽으로 묶은 시험체 HB-S13과 HB-S16을 비교하면 항복하중과 최대하중에 있어 HB-S16 시험체가 더 높게 나타났다. 단면의 모멘트에 대해서도 공칭 강도 대비 최대모멘트 및 항복모멘트도 향상되는 것으로 나타났다.

확대머리 이후 철근을 연장하여 감아올린 갈고리 형태의 시험체에 대해 전단철근 유무의 영향을 보면 전단철근이 있는 경우가 없는 경우보다 항복강도와 최대하중이 크게 향상됨을 알 수 있다. 전단철근이 없는 HB-S0-HK 시험체는 공칭모멘트에 대해 최대모멘트 및 항복모멘트가 모두 높아

강도 자체는 문제가 없으나 항복변위와 최대변위는 거의 같은 것으로 나타나 최대하중이후 변위의 연성없이 파괴되는 것으로 나타나 갈고리만으로 확대머리 철근의 구속력을 보장할 수 없음을 알 수 있다.

전단철근을 배치하고 확대머리 연장철근을 갈고리 형태로 만든 시험체 HB-S13-HK와 HB-S13시험체를 비교하면 최대하중 및 항복하중이 크게 향상되는 것으로 나타났고 변위연성도 항복변위의 약 4배로 크게 향상된 것을 알 수 있다.

연속철근으로 배근된 기준시험에 REF와 비교하면 HB-S13철근은 항복하중 및 최대하중이 기준시험체의 약 90%수준으로 나타났다. HB-S16시험체는 HB-S13시험체에 비해 최대하중보다 항복하중이 더 크게 향상되었으나 기준시험체의 최대하중에는 다소 못미치는 결과를 나타내었다. 그러나 두 시험체의 항복모멘트 및 최대모멘트는 모두 공칭모멘트 보다 높으며 변위연성비도 2배 이상을 나타내었다.

전단철근이 없고 갈고리를 갖는 HB-S0-HK는 항복하중 및 최대하중에서 기준시험보다 낮은 강도를 나타내었으며 변위연성도 낮은 것으로 나타났다.

전단철근과 갈고리를 모두 배치한 시험체 HB-S13-HK는 항복하중과 최대하중이 기준시험체의 것과 거의 비슷한 수준을 나타내었으며 변위연성도 크게 향상되었음을 확인할 수 있다.

이상의 시험결과로부터 확대머리 철근의 이음에서는 확대머리 철근의 휨 변형을 구속시키기 위한 철근상세로 스테럽 연결이 효과가 있으며, 스테럽 직경이 클수록 효과가 커진다. 또한 확대머리 이후의 갈고리에 의한 철근의 정착은

Table 3. Test Results

Specimen	P_{cr} (kN)	δ_{cr} (mm)	P_y (kN)	δ_y (mm)	M_y (kN·m)	P_{max} (kN)	δ_{max} (mm)	M_{max} (kN·m)	M_n (kN·m)
HB-S13	78.5	1.16	215.8	6.44	86.3	240.6	16.0	96.3	76.8
HB-S16	81.2	1.03	239.5	7.49	95.8	255.0	17.4	102.0	76.8
HB-S0-HK	82.1	1.11	219.8	6.22	87.9	227.5	6.4	91.0	76.8
HB-S13-HK	78.8	0.99	231.3	6.02	92.5	270.0	23.7	108.0	76.8
REF	80.9	1.05	238.0	6.40	95.2	273.9	31.1	109.6	76.8

Table 4. Comparison of the Test Results of Each Specimen with Respect to the Reference Specimen

Specimen	$\frac{P_{cr}}{P_{cr,REF}}$	$\frac{\delta_{cr}}{\delta_{cr,REF}}$	$\frac{P_y}{P_{y,REF}}$	$\frac{\delta_y}{\delta_{y,REF}}$	$\frac{P_{max}}{P_{max,REF}}$	$\frac{\delta_{max}}{\delta_{max,REF}}$	$\frac{M_{max}}{M_n}$	$\frac{M_y}{M_n}$	$\frac{\delta_{max}}{\delta_y}$
HB-S13	0.97	1.10	0.91	1.01	0.88	0.51	1.25	1.12	2.48
HB-S16	1.00	0.98	1.01	1.17	0.93	0.56	1.33	1.25	2.32
HB-S0-HK	1.01	1.05	0.92	0.97	0.83	0.21	1.18	1.14	1.03
HB-S13-HK	0.97	0.94	0.97	0.94	0.99	0.76	1.41	1.20	3.94
REF	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.43	1.24	4.87

연장철근 갈고리만으로는 확대머리 철근을 구속하기 어렵고 스테럽과 병행하여 철근을 구속시키는 경우 연속철근거의 동일한 강도와 연성을 확보할 수 있다.

6. 결 론

본 연구에서는 콘크리트 부재의 접합부의 철근 이음 상에 대한 이음부의 성능을 비교하기 위하여 철근을 연속으로 배근한 시험체, 확대머리 철근과 스테럽을 배치한 시험체, 확대머리 철근과 갈고리를 배치한 시험체를 대상으로 정적 휨 실험을 실시하였고 그 결과를 정리하면 다음과 같다.

- (1) 시험체의 파괴양상은 하중이 증가함에 따라 확대머리가 끝나는 겹이음 영역의 위치 주변에서 수직 방향의 균열이 발생, 진전하였다. 또한 갈고리가 있는 시험체의 경우는 겹이음 영역에서 수직방향으로 철근을 감아올린 영향으로 수직방향의 균열이 유발되는 양상을 나타내었다.
- (2) 확대머리 철근의 휨 변형을 구속시키기 위해 스테럽으로 감싼 경우 스테럽의 직경이 클수록 항복하중 및 최대하중은 향상되었다. 그러나 스테럽 없이 갈고리만으로 확대머리 철근을 정착시킨 경우는 단면강도는 공칭강도 보나 높은 값을 나타내나 연성을 확보되지 못하는 것으로 나타났다.
- (3) 확대머리 철근을 스테럽과 갈고리를 모두 배치한 경우 항복하중과 최대하중은 연속철근 시험체의 것과 거의 비슷한 수준을 나타내었으며 변위연성도 크게 향상되어 연속철근 시험체와 거의 동일한 거동을 나타내었다.
- (4) 콘크리트 부재 접합상세로서 확대머리 철근의 이음에서는 확대머리 철근을 스테럽으로 구속시키고 확대머리에서 철근을 연장하여 갈고리 형태로 배근하면 연속철근의 경우와 거의 동일한 강도와 연성을 확보할 수 있다. 또한 연장철근을 감아올리는 위치를 위치와 확대머리의 위치를 분산 배치할 경우 균열발생 위험단면을 최소화 할 수 있다고 판단되며 이에 대해서는 추가 연구가 필요하다.

감사의 글

이 논문은 2018년 중소기업기술정보진흥원의 산학협력기술개발사업(S2602101)의 지원과 2018학년도 부천대학교 교내연구비를 지원받아 수행된 연구입니다.

References

- ACI committee 318. (2012). *Building code requirements for structural concrete*. American Concrete Institute.
- KDS 14 20 52. (2016). *Design specifications of developments and lap splices in concrete structures*. Korean Design Standards, Ministry of Land, Infrastructure and Transport.
- Kim, S.H. (2015). Experimental study on effect of confinement details for lap splice of headed deformed reinforcing bars in grade SD400 and SD500. *Journal of the Korea Institute for Structural Maintenance and Inspection*, Vol. 19, No. 1, pp. 62-71.
- Kim, S.H., Lee, Y.T., Kim, T.S., and Chea, S.H. (2010). An experimental study on noncontact lap splices of headed reinforcements with different effective depths. *Journal of the Architectural Institute of Korea, Structure & Construction*, Vol. 26, No. 5, pp. 3-10.
- Lee, Y.T., Kim, S.H., Chea, S.H., and Bahn, B.Y. (2008). An experimental study on the lap strength of headed steel reinforcements with lap-spliced. *Journal of the Architectural Institute of Korea, Structure & Construction*, Vol. 24, No. 3, pp. 87-94.
- Seo, S.Y., Yoon, S.J., and Kim, B.C. (2007). Hysteretic behavior of R/C corner joint with headed reinforcements. *Journal of the Architectural Institute of Korea, Structure & Construction*, Vol. 23, No. 8, pp. 27-34.
- Thompson, M.K., Jirsa, J.O., and Breen, J.E. (2006a). CCT nodes anchored by headed bars - Part 2: Capacity of nodes. *ACI Structural Journal*, Vol. 103, No. 1, pp. 65-73.
- Thompson, M.K., Ledesma, A., Jirsa, J.O., and Breen, J.E. (2006b). Lap splices anchored by headed bars. *ACI Structural Journal*, Vol. 103, No. 2, pp. 271-279.
- Thompson, M.K., Ziehl, M.J., Jirsa, J.O., and Breen, J.E. (2005). CCT nodes anchored by headed bars - Part 1: Behavior of nodes. *ACI Structural Journal*, Vol. 102, No. 6, pp. 808-815.

Received	June 25, 2019
Revised	July 1, 2019
Accepted	August 2, 2019