

철근콘크리트 기둥의 띠철근에서 135° 갈고리 대체 클립형 연결장치의 시공성 및 비용 분석

Constructability and Cost Analysis of the Clip-Type Binding Implement Substituting 135° End-Hooked Transverse Reinforcement in Reinforced Concrete Columns

박 경 언¹

윤 현 도^{2*}

Park, Koung-Yeun¹

Yun, Hyun-Do^{2*}

Manager, Kyeryong Construction Industry, Seogu, Daejeon, 35262, Korea¹

Professor, Department of Architectural Engineering, Chungnam National University, Yuseonggu, Daejeon, 34134, Korea²

Abstract

The purpose of this study is to secure the same or more structural performance and constructability for the detail off hooks cross-constructed at 135° used as external-ties standard detail in reinforced concrete columns, therefore, to the purpose of improving constructability, The clip-type binding implement was suggested. the experiment on the constructability evaluation and cost analysis of the clip-type binding implement by 90° end-hooked transverse reinforcement in reinforced concrete columns was carried out. The results of the analysis confirmed that standard detail column took about an one hour regardless of the diameter of tie. When using the clip-type binding implement, It was reduced to about 50% of the standard detail column. and regardless of the building size, it was most effective for the cost down when using the clip-type binding implement lea, it was about 32% fo labor cost reduction effect in comparison with using standard detail. as a result, Using the clip-type binding implement is shown be very effective in the working time and construction cost reduction.

Keywords : clip-type binding implement, detail of hooks cross-constructed at 135°, constructability, cost analysis

1. 서 론

1.1 연구 배경 및 목적

국내·외 구조기준에서 철근콘크리트 기둥의 폐쇄형 표준 갈고리 끝단의 절곡 각도는 Figure 1(a)와 같이 양단 135°로 구부려 교차 시공을 하고, 문힌 철근의 길이를 띠철근의 공칭 지름의 6배 연장길이($6d_b$)로 규정하고 있다[1,2].

띠철근 갈고리 단부 135° 각도를 구부려 교차 시공하는 것은 구조감리나 시공감독관의 확인이 이루어지지 않는 경우, 현장 작업자들은 90° 갈고리 상태로 마무리 하는 경향이 있다.

지진과 같은 반복하중에 대해 135° 갈고리가 기둥내 콘크리트에 최소 75mm이상 깊이로 문혀 주근의 좌굴을 방지하기 위험인데 갈고리 단부를 90°로 시공할 경우 Figure 1(b)의 포항지진 피해사례에서와 같이 갈고리가 쉽게 뽑히고 탈락된다.

이에 주근 좌굴이 크게 발생함에 따라, 기둥 전체가 파괴되는 등의 심각한 피해를 초래한다(경주 포항지진 건축물 피해조사)[3].

Received : September 26, 2020

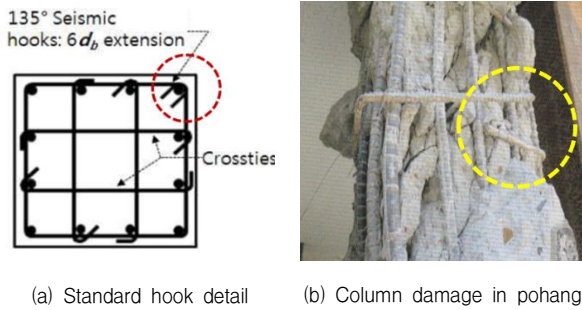
Revision received : October 7, 2020

Accepted : October 7, 2020

* Corresponding author : Yun, Hyun-Do

[Tel: 82-42-821-5622, E-mail: wiseroad@cnu.ac.kr]

©2020 The Korea Institute of Building Construction, All rights reserved.



(a) Standard hook detail (b) Column damage in pohang

Figure 1. Standard hook detail and column damage in pohang

포항지진에 의한 필로티 건축물의 피해 사례의 원인 중 철근콘크리트 기둥과 관련하여 띠철근의 135° 갈고리 시공 불량과 띠철근의 과다 피복 두께는 주요 피해 원인으로 보고 되었다[3].

표준 갈고리 상세인 띠철근 135° 갈고리와 구조성능 측면에서 대등하며 시공성을 개선할 수 있는 방법으로 띠철근 90° 갈고리에 클립형 연결장치로 결속하는 방법을 제안하였다. 또한 이와 관련 구조성능 실험을 실시하였다[4].

이를 바탕으로 이 논문에서는 시공성 및 경제성을 평가하여 표준 갈고리 상세인 띠철근 135° 갈고리 대체 방법으로 클립형 연결장치 사용의 유효성을 평가하는 데 그 목적이 있다.

1.2 연구 방법 및 범위

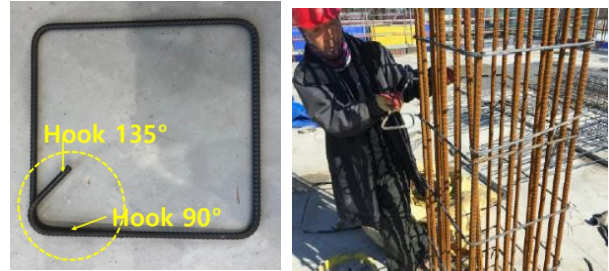
이 논문에서의 연구 목적은 진술한 바와 같이 구조성능을 바탕으로 클립형 연결장치의 현장 적용에 따른 시공성 및 경제성을 평가하는 것이다.

시공성 및 경제성 평가 방법으로 첫째, 실제 현장의 철근콘크리트 기둥을 Mock-up하여 표준 갈고리 상세를 적용할 경우와 90° 갈고리 띠철근에 클립형 연결장치를 결속하는 경우의 작업시간을 비교하여 시공성을 평가하였다.

둘째, 기준에서 제시하는 띠철근 갈고리 135° 각으로 구부릴 시 90° 갈고리 상태에서 135° 각으로 정확히 구부릴 수 있는 지에 대한 품질 상태를 평가하였다.

셋째, 경제성 평가는 표준 갈고리 상세를 적용하는 경우와 클립형 연결장치로 띠철근 90° 갈고리에 결속하는 경우 각각의 소요 비용을 산출하여 비교 평가하였다.

본 연구에서는 철근콘크리트 기둥의 띠철근 시공 방법 가운데 현장이나 공장에서 띠철근 갈고리 양단 135° 교차시공을 가공하여 기둥 상부에서 끼워넣는 방식은 배제하였다.



(a) Preprocessed tie bar (b) General hoops installation

Figure 2. General hoops installation in the field

그 이유는 기둥 상부에서 끼우는 방식은 작업해야 할 작업대 설치공간이 별도로 필요하거나, 기둥 길이가 작업대를 설치하고도 작업할 수 없을 정도의 높은 기둥이 존재할 수 있다.

그러므로 작업자가 Figure 2(a)와 같이 띠철근 갈고리 한 단 135°와 타단 90°로 가공된 띠철근을 Figure 2(b)와 같이 기둥 주근이 배근된 상태의 옆에서 끼워 배치한 다음 갈고리 90°를 135°로 구부리는 작업을 기준으로 평가하는 데 연구 범위로 한정하였다.

2. 기존 연구 사례 분석

철근콘크리트 기둥의 띠철근 갈고리 135° 교차 시공성을 개선하기 위해 국내·외에서 Figure 3과 같이 다양한 연구가 이루어지고 있다.

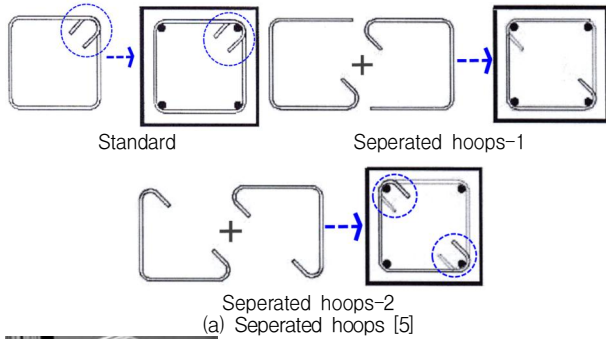
국내에서는 Figure 3(a)의 분리형 띠철근[5], Figure 3(b)의 연속후프를 이용한 보강[6] 등이 제안되었다.

국외에서는 Figure 3(c)와 같이 Lukkunaprasit and Sittipunt[7]의 90° 갈고리 클립(Hook-clip), Figure 3(d)와 같이 Castro and Imai[8]의 90° 갈고리를 갖는 이중 띠철근(Double hoops) 등이 제안되었다.

기존 연구 사례들은 대부분 기둥 단면 크기와 모양에 따라 별도 띠철근을 공장에서 사전 제작해야 하는 문제, 기존 시공 방법과 현저히 달라 새로 시공법을 습득하여 현장 적용하는데 시간이 소요되는 문제, 구조성능 검증이나 공인된 인증기관으로부터 미인증 등의 여러 문제점들을 가지고 있다.

이로 인하여 현재까지 현장 적용에 있어 일반화되고 있지 않은 실정이다.

이러한 문제점을 개선하고자 저자는 별도의 공정이나 제작없이 띠철근 135° 갈고리 시공을 대체하기 위해 90° 갈고리 상태에서 손쉽게 결속할 수 있는 클립형 연결장치를 제안 하였다[9].



(a) Initial shape-1 (b) Initial shape-2 (c) Final shape
Figure 4. Development process of clip-type binding implement

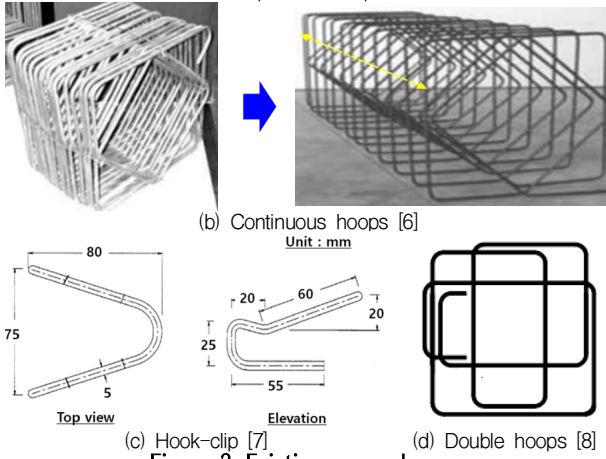


Figure 3. Existing research case

3. 클립형 연결장치

3.1 클립형 연결장치 제안

제안한 클립형 연결장치는 Figure 4에서 보는 바와 같이 2가닥의 철근을 묶는 일반적인 클립 형상이며 그 형상을 유지하기 위해 ‘c’자 모양을 하였다.

띠철근 삽입시, 분절된 클립 2개의 다리가 탄성거동을 하며, 띠철근에 밀착되어 갈고리 길이 방향으로의 움직임을 억제할 수 있도록 하였다.

콘크리트에 묻혀 갈고리가 심부 콘크리트로부터 팽창력 작용시 외부 방향으로 갈고리가 탈락되는 것을 방지하도록 제작하였다.

클립형 연결장치의 재료는 탄력성을 유지하면서 보다 쉽게 삽입될 수 있도록 항복강도(f_y) 440MPa의 특성을 가진 스프링강재(SK5M-S강)를 열처리한 고탄성 재료를 사용하여 제작하였다.

초기에 제안된 클립형 연결장치 형상은 Figure 4(a)와 같이 2개의 날개를 외부 방향으로 배치하고 기둥 심부 콘크리트에 정착성능을 향상시킬 목적으로 단면에 원형 구멍을 뚫어 콘크리트 충전을 유도하였다.

그러나, 예비실험에서 클립형 연결장치의 강판 단면에 손상만 초래할 뿐, 충전 효과가 미비하여 구멍을 제거하였다.

가해지는 하중에 2개의 날개가 외부로 벌어지는 현상이 발생하여 이를 개선하기 위해 날개를 내부에 굽혀 설치하였다.

다음 형상으로, 2개 철근이 겹쳐지는 부위에서 띠철근 일체성을 향상시킬 목적으로 Figure 4(b)와 같이 나사로 가공된 볼트와 너트로 구성된 조임장치를 설치하였다.

이는 시공성 개선 목적으로 제작한 원터치 방식의 끼우는 클립보다 나사선에 너트를 돌려야 하는 공정이 추가되고 나사선 제작을 위해 클립 두께가 2.0mm이상 두꺼워져야 하는 문제가 발생하여 배제하였다.

이러한 과정을 거쳐 Figure 4(c) 와 같이 최종 형상의 클립형 연결장치를 제안하였다.

3.2 클립형 연결장치 구조성능 평가

클립형 연결장치로 띠철근 90° 갈고리에 결속하는 방법의 구조성능에 대해 선행 연구 및 평가가 이루어져야 할 필요가 있다.

그러므로, 클립형 연결장치로 결속한 띠철근 90° 갈고리의 정착거동 실험 평가[4]를 실시하였다[4].

또한, 중력하중 등의 축하중을 받는 경우와 지진과 같은 횡하중을 받는 경우의 철근콘크리트 기둥내 표준 갈고리 상세를 적용한 기둥과 클립형 연결장치로 띠철근 90° 갈고리에 결속한 기둥과의 성능 비교 실험 평가를 실시하였다.

위와 같은 구조성능 관련 실험에서 콘크리트 압축강도 및 띠철근 직경에 관계없이 클립형 연결장치로 띠철근 90° 갈고리에 결속하는 방법은 표준 갈고리 상세에서 제시하는 띠철근 135° 갈고리와 대등한 구조성능을 발휘하는 것으로 평가되었다[4].

1) 박경언, 윤현도(2020) 클립형 연결장치로 결속된 90도 갈고리를 갖는 띠철근의 정착거동, 한국구조물진단 유지관리공학회

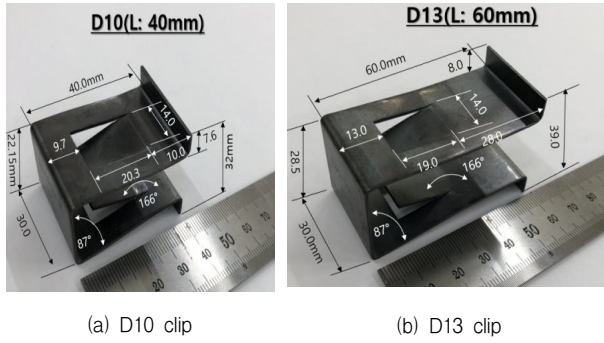


Figure 5. Applied clip-type detail

4. 시공성 및 비용분석 평가 방법

4.1 기둥 Mock-up 계획

시공성 비교 평가를 위해 기둥 크기는 5~10층 규모 중저층 건축물에 일반적으로 가장 많이 적용되고 있는 기둥 크기 3,000×400×400mm를 적용하였다.

Table 1. Specimen name classification

Specimens	Column section	Hook construction	
		Preexisting	Alternation
① 10CH		One 135°	135°
④ 13CH		the Other 90°	135° by using the pipe
② 10C1		One 135°	135°
⑤ 13C1		the Other 90°	Binding by clip-type implement
③ 10C2		One 90°	Binding by clip-type implement
⑥ 13C2		the Other 90°	Binding by clip-type implement

Note] 10 and 13 are the Diameter of tie, CH means Criteria Hoop(Standard), C1= Clip 1ea, C2 = Clip 2ea

시공성 평가의 변수는 Table 1과 같이 띠철근의 직경과 갈고리 형태로 구분하며, 띠철근의 직경은 건축공사 현장에서 띠철근으로 가장 사용성이 많은 직경 10과 13mm로 하였다.

띠철근 갈고리 형태는 3가지로 구분하는 데 첫째, 표준 갈고리 상세인 135° 교차 시공하는 경우, 둘째, 클립형 연결장치를 단부 90° 갈고리 띠철근에 결속하는 경우, 셋째, 양단 90° 갈고리 띠철근에 연결장치를 2군데 모두 각각 결속하는 경우의 3가지로 구분하였다.

Mock-up 기둥의 개수는 총 6개를 계획하였으며 적용된 클립형 연결장치의 상세는 Figure 5와 같다.

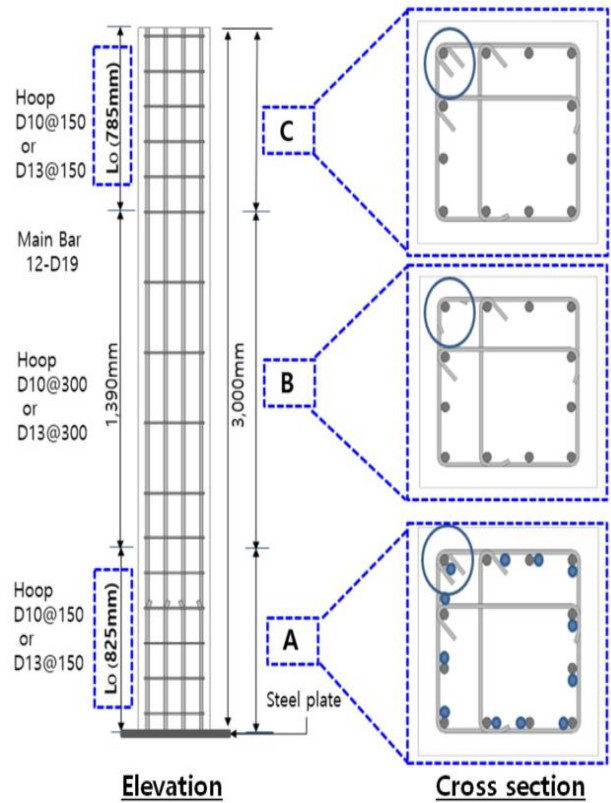


Figure 6. Specimen column section

기둥내 철근 배근은 Figure 6과 같이 현장에서 가장 사용성이 많은 중간모멘트골조 상세를 적용하였다.

기둥 단면에서 주근은 직경 19mm인 철근을 12개 배근하는 것으로 하였으며, 기둥 최하단으로부터 상단으로 1,000mm 구간에서 2개의 주근 겹침이음되는 경우를 반영하였다.

띠철근은 기둥 최하단과 최상단 지지면을 기준으로 상단의 l_0 의 길이는 785mm, 하단의 l_0 의 길이는 825mm로 각 구간내 띠철근 개수는 그 직경 차이에 관계없이 150mm 간격으로 각각 6개씩 배근하도록 계획하였다.

l_0 의 구간외인 기둥 중앙 구간에서는 150mm의 2배인 300mm 간격으로 4개의 띠철근이 배근하도록 계획하였다.

그러므로, 기둥 전체 길이에서 갈고리 135° 교차 시공된 띠철근의 배근은 총 12개, 기둥 중앙 구간에서 갈고리 단부 135°와 90°로 배근된 띠철근은 총 4개로 기둥 1개에서 띠철근은 총 16개 배근하는 것으로 계획하였다.

민약, 기둥내 특수모멘트골조상세를 적용한 경우라면 작업해야 할 띠철근 개수는 동일하나 총 16개의 갈고리 형상은 모두 135° 교차 시공되어야 할 것이다.

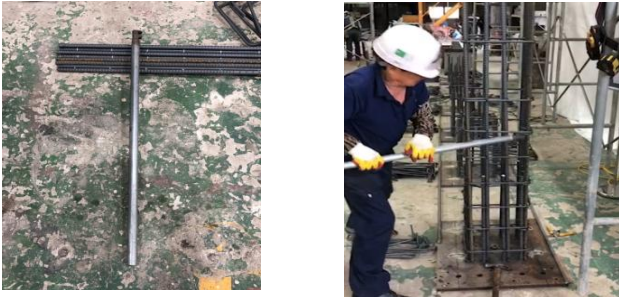


Figure 7. Pipe by bending hook

4.2 시공성 평가 방법

4.2.1 작업시간 비교를 통한 평가

작업시간 비교는 기둥내 주근 및 띠철근의 배근 조립시작에서 종료까지의 시간을 타임워치를 이용하여 분, 초단위로 측정하고 비교하였다.

첫째, 띠철근 1개의 배근 조립시간을 비교하고, 둘째, 기둥 구간중 하단 l_0 구간내 6개 띠철근 배근 조립시간을 비교한 다음, 셋째, 기둥 1개내 전체 주근과 띠철근 모두 배근 조립이 완료된 시간을 체크한 후 비교 평가하였다.

실제 현장 기둥내 철근 배근 상태와 동일하게 투입되는 자재 및 장비를 파악하여 배근 과정을 직접 관찰하고 동영상 촬영하면서 투입되는 장비명과 투입량 등을 기록하였다.

표준 갈고리 상세를 적용한 기둥에서는 각각의 단부 135°와 90° 갈고리 상세인 띠철근을 먼저 배치하고 90° 갈고리 부분에 Figure 7과 같은 파이프 끝단에 띠철근 갈고리를 끼운 다음, 135°로 구부리는 데 완료된 시간을 측정하였다.

클립형 연결장치로 결속하는 경우, 띠철근 90° 갈고리 상태에서 연결장치를 결속하는 시간을 기준으로 기둥 1개내 주근과 띠철근을 모두 배근하는 시간을 측정하였다.

4.2.2 작업자 면담을 통한 측정시간 비교

이번 시공성 평가에 대한 결과가 일반적 보편성을 갖기 위해 경력 10년차 이상의 작업자 면담을 통하여 실제 측정된 작업시간과 비교하는 데 참고하였다.

작업자 면담은 1개 기둥의 배근이 모두 완료하는 데로 면담하였으며, 면담시 철근 배근과정에서 발생하는 특이사항이나 작업시연 요인, 작업난이도를 추가하여 체크하였고 작업시간 등에 대한 의견을 청취하였다.

실제 현장 적용시 표준 갈고리 상세 적용 대비 클립형 연결장치로 결속하는 경우의 예견되는 모든 작업성에 대한 의견

도 같이 종합하여 청취한 후 비교 평가하였다.

4.2.3 갈고리 배근 상태 등 품질 상태 평가

품질 상태평가는 135° 갈고리 각 유지상태, 콘크리트 피복 두께 유지상태, 클립형 연결장치의 문힘 상태 총 3가지를 대상으로 평가하였다.

첫째, 띠철근 갈고리 배근조립 작업시간 측정과 동시에 갈고리를 90°에서 135°로 구부리는 데 있어 최종 135°각을 잘 유지하도록 시공하였는지에 대한 품질 상태를 평가하는 것은 작업시간 평가만큼 중요하다.

특히 2개의 주근이 겹침이음된 구간의 시공 난이도를 평가하기 위해 기둥 하단부에서 상부 1,000mm까지 구간에서 표준 갈고리 상세인 띠철근 갈고리가 135°로 잘 구부려지는지와 구부린 후 135° 각을 기준과 같이 준수하고 있는지 상태를 확인하였다.

둘째, 콘크리트 피복두께는 기둥에서 발휘해야 할 내력 계산에서 고려하여 할 중요 요소이므로 띠철근 갈고리 끝단을 135°로 구부리는 작업이 끝난 후 띠철근 표면에서 기둥 외부표면까지 철근콘크리트 구조기준에서 제시한 피복두께가 잘 유지되도록 시공 되었는지를 확인하였다.

셋째, 클립형 연결장치로 띠철근 90° 갈고리에 결속하는 경우 레미콘 타설 및 양생후 콘크리트내 문힘 정도를 확인하였다.

왜냐하면, 클립형 연결장치가 콘크리트내 잘 묻혀있어야 연결장치의 길이와 Figure 5의 연결장치 끝단의 상단과 하단으로 뻗어있는 7.6mm와 8.0mm길이 부분이 안정된 정착력을 갖도록 유도하기 때문이다.

4.3 비용 분석 방법

소요되는 비용 분석 평가는 실제 현장과 동일하게 작업자 2인 1조 기준으로 투입되는 노무비를 산정하여 비교 분석하였다.

1일(하루) 작업할 수 있는 기둥 개수를 우선 산정하고 5층 규모의 건축물에 작업이 필요한 총 기둥의 작업 노무비를 계산하여 비교하였다.

클립형 연결장치로 결속할 경우, 사용되는 연결장치의 재료비 합계를 노무비와 함께 총 소요비용에 계상하여 비교하였다.

건축물 규모별 소요 비용 비교분석 평가는 기둥의 단면 크기 및 높이, 기둥내 동일한 배근 상세를 갖는 것으로 가정



Figure 8. A step by step working image of each mock-up columns

한다면 건축물 규모별 연면적 차이에 대한 기둥의 총 개수 차이만 있을 뿐, 비용에 대한 증감 비율은 동일할 것으로 예상되기 때문에 소요 비용 산출 비교에서 제외하였다.

Table 2. Work time analysis and comparison of the hook state quality

Specimens	Working difficulty	Quality of the hook state	Working time
10CH	<ul style="list-style-type: none"> - Bending 135° in overlapping joint part is a bit of difficulty · Each working at the upper and the bottom is possible 	<ul style="list-style-type: none"> - Generally goodness · Cover concrete thickness in overlapping joint part is generally good 	47 min 24 sec
10C1	<ul style="list-style-type: none"> - Binding clip-type implemen is very simple 	<ul style="list-style-type: none"> - Hook state is good · Cover concrete thickness in overlapping joint part is good 	25 min 06 sec
10C2	<ul style="list-style-type: none"> - Binding clip-type implemen is very simple 	<ul style="list-style-type: none"> - Hook state is good · Cover concrete thickness in overlapping joint part is good 	25 min 48 sec
13CH	<ul style="list-style-type: none"> - Generally, very difficult · bending 135° needs 2-worker in overlapping joint part · bending 135° in overlapping joint part is very difficulty 	<ul style="list-style-type: none"> - Generally bad · Cover concrete thickness in overlapping joint part is bad because of the bending radius · It happens the deformation of main rebar 	52 min 48 sec
13C1	<ul style="list-style-type: none"> - Binding clip-type implement is very simple 	<ul style="list-style-type: none"> - Hook state is good · Cover concrete thickness in overlapping joint part is good 	25 min 02 sec
13C2	<ul style="list-style-type: none"> - Binding clip-type implement is very simple 	<ul style="list-style-type: none"> - Hook state is good · Cover concrete thickness in overlapping joint part is good 	25 min 43 sec

5. 결과 분석

5.1 시공성 및 품질 평가 결과

5.1.1 작업시간 비교 및 작업자 면담 평가 결과

각각의 경우에 작업시간 측정과정은 Figure 8과 같으며 작업시간 측정결과 및 작업난이도, 품질평가의 종합 비교는 Table 2에 나타내었다.

Table 2의 작업시간 비교에서, 표준 갈고리 상세인 띠철근 갈고리 135° 교차시공을 적용한 10CH, 13CH 기둥의 경우, 기둥 1개내 주근과 띠철근 모두 배근조립 완료하는데 10CH는 47분 24초, 13CH는 52분 48초로 띠철근 직경에 관계없이 약 50분 정도 소요되었다.

철근 배근조립 과정에서 띠철근 직경 13mm인 경우 반드시 2명의 작업자가 필요하여 상단과 하단에서 각 1명이 작업하는 것에 비해 시간이 좀 더 소요되었다.

작업자와 면담으로 실제 현장에서는 1개 기둥내 철근 배근조립은 약 1시간 소요되고 1일(하루) 작업 8시간 기준시 8개 기둥을 조립 가능하다고 하였다.

클립형 연결장치로 90° 갈고리에 결속하는 경우 띠철근 직경과 결속해야 할 연결장치의 개수에 관계없이 기둥 1개내 철근 배근조립 완료하는데 Table 2의 10C1, 10C2, 13C1, 13C2의 조립 완료시간인 각각 25분 06초, 25분 48초, 25분 02초, 25분 43초로 약 25분대로 측정되었다.

이와 같은 결과에서 클립형 연결장치를 사용하는 경우, 작업시간은 표준 갈고리 상세를 적용하는 경우에 비해 1/2로 단축되는 효과가 있는 것으로 나타났다.

작업시간 비교에서 보다 구분을 용이하기 위해 막대그래프로 나타내면 Figure 9와 같다.

이와 같이 작업시간이 1/2로 단축된 가장 큰 이유는 표준 갈고리 상세를 적용한 경우에 비해 클립형 연결장치를 사용할 경우, 띠철근 갈고리 90°인 상태에서 135°로 구부리는 시간이 불필요하기 때문이다.

이번 시공성 평가에서 클립형 연결장치를 90° 갈고리에 결속하는 방법은 Figure 10(a)와 같이 손마침을 이용하여 연결장치를 손으로 걸친 다음 가볍게 쳐서 기둥 단면 중심 방향으로 넣는 방법을 작업자에게 제안하였다.

실제 시공성 평가시 작업자들은 Figure 10(b)와 같이 클립형 연결장치를 결속하고자 하는 띠철근 상부에서 하부 방향으로 끼운 다음, 기둥 단면 중심 방향으로 밑에서 위방향으

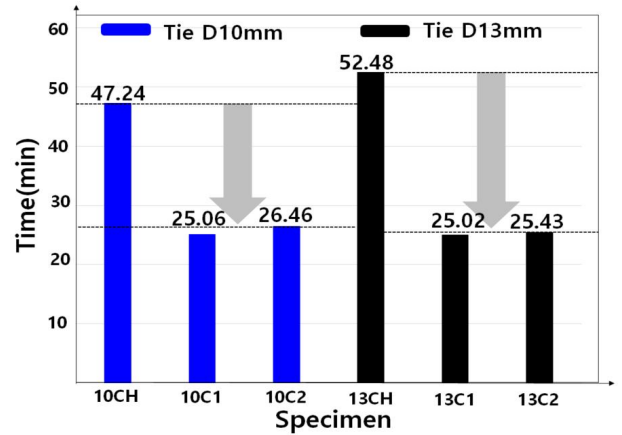


Figure 9. Comparison of work time

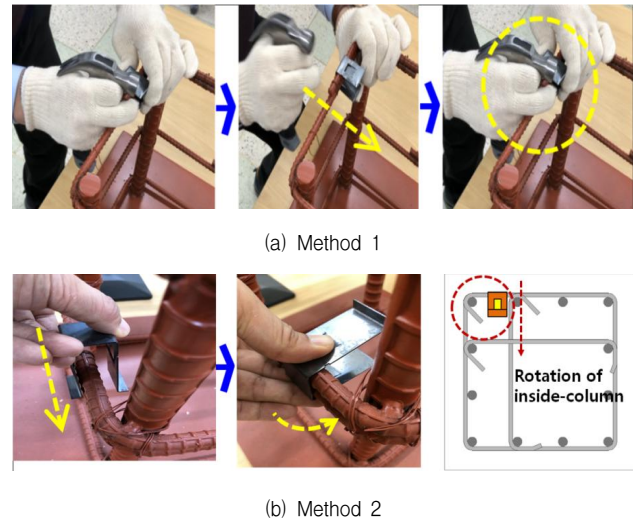


Figure 10. Clip installation method

로 회전시키면서 체결하는 방법을 제안하였다.

작업 초기에는 저자가 제안한 방법대로 작업하였으나 진행 중 작업자 편리대로 작업하여 2가지 방법을 병행하였다. 향후, 실제 현장에서는 작업자가 제안한 방법이 별도의 장비가 필요 없어 일반화될 것으로 판단된다.

5.1.2 갈고리 배근 상태 등 품질 비교 평가 결과

품질상태 비교 평가 결과는, Table 2의 갈고리 품질상태 내용과 Figure 11과 같다.

기둥내 띠철근 갈고리를 135°로 구부리는 데 파이프를 이용하여 구부리기 때문에 기둥 하단 2개 주근의 겹침이음 구간에서는 135°로 구부리기 위한 작업 공간이 우선 확보되어야 했다.

주근의 겹침이음 구간에서 하단의 이미 배근된 주근으로

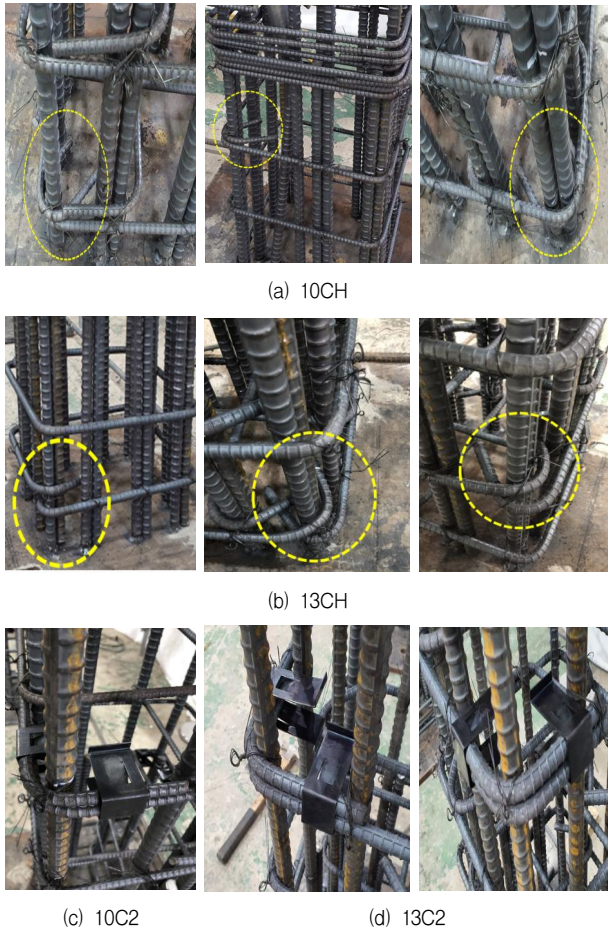


Figure 11. Comparisons of hook state

인해 135°로 구부리는 작업 공간의 확보가 되지 않아 작업이 불가능한 상태이므로 반드시 개선이 필요한 것으로 나타났다.

클립형 연결장치를 사용할 경우, Figure 11(c)와 (d)에서 보는 바와 같이 2개 주근 겹침이음 구간에서 별도로 작업공간 확보가 불필요하다.

주근을 변형해야할 작업이 없고, 갈고리 배근 상태도 연결장치를 결속만 하면 되므로 매우 양호한 갈고리 상태를 보여 주었다.

국내·외 철근콘크리트 구조기준에서 제시하는 콘크리트 피복두께 확보 측면에서도 띠철근 직경 13mm인 경우, 갈고리 135°로 구부리기 위해 힘을 가할 시 다른 인근 부분에서 동시에 변형이 생겨 바깥 방향으로 구부러졌다.

이에 따라 피복두께가 충분히 확보되지 않는 품질불량 상태가 여러 곳에서 발견되었다.

반면에 클립형 연결장치를 사용할 경우, 갈고리 90° 상태에서 연결장치를 결속하게 되므로 띠철근 직경에 관계없이 철근콘크리트 구조기준에서 제시하는 피복두께를 충분히 확보할 수 있었다.

이와 같은 결과에서 클립형 연결장치의 사용은 철근 배근 및 갈고리 상태, 콘크리트 피복두께 품질 확보측면에서도 효과적인 것으로 평가할 수 있다.

Table 3. Cost analysis by working day and using clips (unit : 1,000won)

Specimens	Hook shape	Diret labor cost	Indiret labor cost	Clips	Total cost	Cost down
10CH		- 1day(8 hour): 1day×2-man×219=438 · Total 75ea=(1day 8ea column)=9.4day · 9.4day×438/1day =4,117 ①	4,117×1.2 =4,940 ②	- None of the relevant	①+②= 9,057	Standard
10C1		- 1day(8 hour): 1day×2-man×219=438 · Total 75ea=(1day 16ea column)=4.7day · 4.7day×438/1day =2,059 ①	2,059×1.2 =2,471 ②	- 10clips /1column : total 750 clips · 750 clips×1,500won/1clip =1,125 ③	①+②+ ③= 5,655	37.6%
10C2		- 1day(8 hour): 1day×2-man×219=438 · Total 75ea=(1day 16ea column)=4.7day · 4.7day×438/1day =2,059 ①	2,059×1.2 =2,471 ②	- 20clips /1column : total 1,500clips · 1500 clips×1,500won/1clip =2,250 ④	①+②+ ④= 6,780	25.1%
13CH		- 1day(8 hour): 1day×2-man×219=438 · Total 75ea=(1day 8ea column)=9.4day · 9.4day×438/1day =4,117 ①	4,117×1.2 =4,940 ②	- None of the relevant	①+②= 9,057	Standard
13C1		- 1day(8 hour): 1day×2-man×219=438 · Total 75ea=(1day 16ea column)=4.7day · 4.7day×438/1day =2,059 ①	2,059×1.2 =2,471 ②	- 10clips /1column : total 750 clips · 750 clips×2,000won/1clip =1,500 ③	①+②+ ③= 6,030	31.9%
13C2		- 1day(8 hour): 1day×2-man×219=438 · Total 75ea=(1day 16ea column)=4.7day · 4.7day×438/1day =2,059 ①	2,059×1.2 =2,471 ②	- 20clips /1column : total 1500clips · 1500 clips×2,000won/1clip =3,000 ④	①+②+ ④= 7,530	16.9%

Note] Standard for 5-story building, (15 columns/ 1 story) ×5-story= total 75 columns, Worker in pairs and 200,000won/ 1-Reinforcement worker average wage standard, Tie D10 Clip 1,500won/ 1-Clip, Tie D13 Clip 2,000won/ 1-Clip standard



(a) Ready-mixed concrete filling



(b) Clip status check after column section cutting

Figure 12. Check the buried state of the clip

5.1.3 클립형 연결장치 콘크리트 묻힘상태 평가

철근콘크리트 기둥의 띠철근 갈고리에 클립형 연결장치로 결속하고 연결장치 두 날개 공간 사이로 콘크리트 충전이 잘 되어 묻혀있는 지 확인하기 위해 먼저 현장과 동일한 방법으로 Figure 12(a)와 같이 레미콘을 타설하였다.

콘크리트 양생후, 거푸집 탈형과 함께 클립형 연결장치를 결속한 위치에서 기둥 단면을 컷팅하여 콘크리트내 연결장치가 잘 묻혀 있는 지 그 상태를 확인하였다.

확인결과, Figure 12(b)와 같이 매우 충실하게 잘 충전되어 있었다.

또한, 다른 위치의 연결장치에서도 묻힘 상태는 동일하게 잘 충전되어 있음을 확인하였다.

콘크리트의 충전이 잘되는 이유는 레미콘 타설 과정에서 연결장치의 두 날개 공간사이로 들어갈 수 있는 크기의 잔골재와 콘크리트가 채워지고 공간사이로 들어가지 못한 굵은 골재는 자연스럽게 다른 공간에 채워지기 때문으로 분석된다. 이와 같은 결과로부터 콘크리트내 연결장치의 묻힘 상태는 결속된 위치에 관계없이 잘 충전되는 것으로 판단할 수 있다.

5.2 비용 분석 평가

철근콘크리트 기둥에서 표준 갈고리 상세를 적용하는 경우와 클립형 연결장치로 띠철근 90°갈고리에 결속하는 경우의 비용 분석은 소요되는 노무비 비교를 통하여 분석하였다. 그 분석결과는 Table 3과 같다.

Table 3에 적용한 노무비는 기둥 철근 조립에 2인(경력 10년, 경력 20년) 1조를 기본으로 하는 현장과 동일하게 적용하였다.

1인 철근 배근공의 일일 평균 임금은 2020년초에 대한건설협회에서 제시한 철근공 최근 노임단가 219,392원(2020.1.1.기준)을 적용하였다[10].

Table 3에서 적용한 간접노무비'1.2'의 비율은 2020년 조달청 시설공사 원가계산 제비율 적용기준을 적용하였다 [11].

원가계산 제비율 적용기준에 적시된 직접노무비에 7.2~8.1%의 곱으로 나타내는 간접노무비 비율과 이렇게 산출된 전체 노무비에 5.6~8.3%를 적용하는 기타 경비 비율 그리고 산재보험료 적용 비율 3.73%, 기타 각종 관리비용에 해당하는 비율을 고려하여 그 합계 비율인 약 20%로 계산 적용하였다.

건축물 규모 중에서 중저층 규모의 철근콘크리트 라멘구조 건축물에서 1층당 15개 기둥(3×5열)이 있는 평면을 기준으로 전체 5층 규모 건축물의 총 기둥 개수는 75개로 계산하였다.

작업자 면담 및 시공성 평가 결과를 바탕으로, 2인 1조가 3.0m 높이의 1개 기둥내 주근과 띠철근 모두 배근 조립 완료하는 데 소요 시간을 약 1시간을 계산하였다.

그러므로, 1일(하루) 8시간 작업 기준시 8개의 기둥을 철근 조립할 수 있는 것으로 계산하였다.

클립형 연결장치 사용시 클립 사용 개수에 관계없이, 기둥 1개내 연결장치 결속과 철근 모두를 배근 조립하는 데 걸리는 시간은 약 30분이 소요되므로 1일(하루) 16개의 기둥 조립이 가능한 노무비로 계산하였다.

사용되는 연결장치의 개수는 클립형 연결장치 1개로 결속하는 경우 1개 기둥에 10개, 클립형 연결장치 2개로 결속하는 경우 1개 기둥당 20개의 클립형 연결장치가 사용되는 것으로 재료비를 계산하였다.

클립형 연결장치 사용시, 연결장치에 각각 해당하는 가격은 판매가격인 띠철근 직경 10mm인 경우, 1개당 1500원, 띠철근 직경 13mm인 경우, 1개당 2000원을 계상하여 최종

노무비와 함께 계산 후 종합 비교하였다.

비교 분석 결과, Table 3에서의 비용절감 %에서 보는 바와 같이, 표준 갈고리 상세를 적용한 기둥에 비해 클립형 연결장치로 결속하는 경우, 띠철근 직경에 관계없이 약 17~38%의 비용절감 효과가 있었다.

이와 같이 비용절감 효과에 양호한 이유는, 기둥 1개의 철근 배근 완료하는 데 연결장치의 사용시 작업시간이 1/2로 단축됨에 따라 1일(하루) 기준 표준 갈고리 상세를 적용하는 경우보다 2배 많은 개수의 기둥을 조립할 수 있기 때문이다.

또한, 클립형 연결장치 사용에 따라 비용절감 효과에 차이가 있는 것은 연결장치 1개와 2개를 사용하는 개수에 따라 기둥 1개 조립에 소요되는 연결장치의 재료비 차이 때문이다.

분석을 종합하면, 5층 규모 기둥 총 개수 75개인 경우를 기준으로 띠철근 직경에 관계없이 클립형 연결장치를 1개 사용하는 경우, 약 32% 이상의 비용 절감효과가 있으며, 2개를 사용하는 경우 약 17% 이상의 비용 절감 효과가 있는 것으로 나타났다.

클립형 연결장치를 사용하는 것은 표준 갈고리 상세를 적용한 경우에 대비해 비용 절감 효과가 우수하며, 특히 연결장치 1개를 사용하는 경우 약 32%의 비용 절감효과가 있는 것으로 평가할 수 있다.

6. 결 론

표준 갈고리 상세에서 제시하고 있는 철근콘크리트 기둥 내 띠철근 갈고리 양단 135°교차 시공의 어려움을 대응하여 띠철근 90°갈고리 상태에서 클립형 연결장치로 결속하는 방법을 제안하였다.

각각의 시공에 대한 시공성 및 경제성 평가를 위해 현장과 동일하게 Mock-up을 통하여 평가한 결과, 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 기둥 1개를 철근 배근 조립하는 데 소요되는 시간은 표준 갈고리 상세의 경우 약 50분이 소요되는 데 비해 클립형 연결장치 사용시 약 25분으로 나타나 50%의 작업시간 단축 효과가 있는 것으로 나타났다.
- 2) 갈고리 작업 후, 품질상태를 확인한 결과, 띠철근 직경이 13mm인 경우, 2개 주근의 겹침이음 구간에서는 135° 교차 시공이 불가능하였고 무리한 작업시 주근

변형이나 피복두께의 미확보 문제가 발생할 수 있는 것으로 나타났다.

반면, 클립형 연결장치 사용시 띠철근 직경에 관계없이 규정대로 시공이 가능하고 피복 두께를 확보할 수 있었다.

- 3) 소요 비용 비교 분석결과, 클립형 연결장치를 사용하는 것이 표준 갈고리 상세를 적용한 경우에 비해 효과적이며 특히 연결장치 1개를 사용하는 경우 약 32% 비용 절감효과가 있는 것으로 나타났다.
- 4) 작업자 면담 결과, 클립형 연결장치를 사용하여 시공하는 방법은 매우 단순하고 품질 확보가 용이하다는 의견을 청취할 수 있었다.

이상과 같은 결과로부터 띠철근 135° 갈고리에 대비해 중·저층 건축물에 주로 사용되는 기둥에서 시공성 개선 및 비용절감 측면에서 클립형 연결장치는 유효한 것으로 평가할 수 있다.

그러나 이번 연구에서는 중·저층 건축물에 주로 사용되는 기둥을 기준으로 평가하였으므로 일반적으로 모든 철근콘크리트 기둥에서 클립형 연결장치의 사용이 유효하다고 단정하기에는 무리가 있다.

따라서, 향후 이에 대한 지속적인 개선과 보완을 위해 기둥 길이와 단면이 큰 고층 건축물이나 철근콘크리트 기둥내 띠철근 전체에 갈고리 양단 135° 교차시공을 적용해야하는 특수모멘트골조의 기둥 등 다양한 기둥 들에 대해 시공성 평가 및 비용분석 연구를 진행하도록 하겠다.

요 약

이 연구의 목적은 철근콘크리트 기둥에서 띠철근 상세로 이용되는 갈고리 양단 135° 교차시공에 대해 동등이상의 구조적 성능을 확보하면서, 동시에 시공성을 개선할 목적으로 클립형 연결장치를 이용하여 90° 갈고리 띠철근에 결속하는 방법을 제시하였으며, 제안한 클립형 연결장치에 따른 시공성 평가 및 소요비용을 분석하였다. 분석 결과, 기둥 1개 전체 철근 조립하는 데 작업 시간은 클립형 연결장치 사용시 50%의 작업시간을 단축하는 것으로 나타났으며, 비용분석 결과 클립형 연결장치 1개 사용시 절감효과가 가장 효과적이었고 표준 갈고리 상세 대비 약 32%의 비용 절감효과가 있는 것으로 분석되었다.

키워드 : 클립형 연결장치, 띠철근 각고리 135° , 시공성 평가, 비용 분석

Funding

Not applicable

ORCID

Kyoung-Yeun Park, <http://orcid.org/0000-0002-8151-9773>

Hyun-Do Yun, <http://orcid.org/0000-0003-4998-1543>

References

1. Korea Concrete Institute. Standard specification for concrete. Seoul (Korea): Kimoondang Publishing Company; 2017. 637 p.
2. American Concrete Institute. Building code requirements for structural concrete and commentary: ACI 318-11. Farmington Hills, MI (USA): American Concrete Institute; 2011. 503 p.
3. Architectural Institute of Korea Writing Committee. Site inspection and damage investigation of buildings by earthquake in Gyeongju and Pohang. Seoul (Korea): Architectural Institute of Korea; 2018. p. 257-63.
4. Park KY, Yun HD. Clip-type binding implement effect on anchorage behavior of 90-degree end-hooked transverse reinforcement in reinforced concrete columns. Journal of the Korea for Structural Maintenance and Inspection. 2020 Aug;24(4):72-80.
5. Kim, GY, Ryu, EM, Ryu JA, Kim HS, Shin YS. An experimental study on axial force behavior of RC columns with lapped hoops. Proceeding of Journal of the Korea Concrete Institute; 2016 11 2-4; Kangwon, Korea. Seoul (Korea): Korea Concrete Institute; 2016. p. 135-6.
6. Eom TS, Choi TW, Park HG, Kang SM, Jin JM. Seismic tests on reinforced concrete columns confined with continuous hoops. Journal of Korea Institute of Building Construction. 2013 Feb;29(2):29-37. https://doi.org/10.5659/JAIK_SC.2013.29.2.29
7. Lukkunaprasit P, Sittipunt C. Ductility enhancement of moderately confined concrete tied columns with hook-clips. Structural Journal. 2003 Jul;100(4):422-9.
8. Castro JJ, Imai H. Development of hoops with double right angle anchorage for RC columns. In Proceedings of the 13th World Conference on Earthquake Engineering; 2004 Aug 1-6; 13th World Conference Earthquake Engineering Vancouver, Canada: 13 WCEE; 2004. Paper No. 2473.
9. Park KY, Kim YJ. Band steel locking device. Daejeon (Korea): Korean Intellectual Property Office; 2020. Patent Public No.: 10-2148235; 2020.
10. Korea Construction Association. The status of wages in construction industry in the first half of 2020 investigation report. Seoul (Korea): Korea Construction Association; 2020. 9 p.
11. The Public Procurement Service, Application of the cost accounting ratio of public procurement service facilities in 2020: The Public Procurement Service – Information Provision – Work Data – Facility Construction[Internet], Daejeon: The Public Procurement Service; 2020 Jan [cited 2020 Jan 3]. 1 p. Available from. <http://www.pps.go.kr/bbs/selectBoardList.do?boardId=PPS056&faqTotal=&cateSeqNo=&searchCondition=all&searchKeyword=%EC%9B%90%EA%B0%80&pageIndex=1>