청구 스플라이스 슬리브 시스템 개발에 관한 연구

A Study on the Development of Chonggu Splice-Sleeve System

곽철승* 이용재** 이동우*** 김병균**** 이리형*****
Kwak, Chul Seung Lee, Yong Jae Lee, Dong Woo Kim, Byung Kyun Lee, Li Hyung

Abstract

The purpose of this paper, having chosen the connection method, filled by High-strength mortar, in connection of PC member, is to study the mechanical behaviour and practical usage of the method.

The paper estimates the connection ability of Reinforced-bar, that is, Sleeve considering the effect of Reinforced-bar's diameter, Sleeve's length and diameter in the structural behaviour of mortar-filled connection, therefore the behaviour of Splice-Sleeve exists in concrete practically. This paper discusses the effect of the concrete in Splice-Sleeve.

Also, to estimate structural behaviour in a practical wall panel, the upper and bottom wall panels are produced and the behaviour of Splice-Sleeve is discussed. And then Vertical Tie Bar being designed by using Precast method, this paper presents the various application and the practicable method using Splice-Sleeve.

1. 서 론

건축물의 고층화.대형화.다양화 등 건축생산에 미치는 사회적 요인에 따라 보다 합리적인 구조형식의 실현이나 공기 단축과 건설비 절감 등이 급선무인 국내상황을 고려해 볼 때, 젊은 노동인력의 감소추세와 동시에 노동의식의 변화, 고령화의 문제로 인해 건축업계의 노동력 감소는 필연적이다. 이러한 시대적 상황에 대처하기 위해 여러가지 공업화 공법이 개발되고 있으며, 이러한 공법화 공법, 자동화 공법의 개발은 단지 현장 작업의 간소화, 공기 단축이라는 작업의 효율적인 측면에서 뿐만아니라 철근

* 정회원, (주) 청구 기술연구소 연구원
** 정회원, 한양대학교 건축공학과 박사과정
*** 정회원, (주) 청구 기술연구소 팀 장
**** 정회원, (주) 청구 기술연구소 소 장, 구조기술사
***** 정회원, 한양대학교 건축공학과 교수, 공학박사

콘크리트조 본래의 품질을 확실히 보증하기 위해서도 필요한 공법이다.

본 연구에서는 프리캐스트 콘크리트부재의 철근 이음법에 합리적이라 판단되는 기계적 이음의 한 종류인 강관내 고강도 모르터 충전 이음방식을 채택하여 그 역학적 거동을 파악하고 현장 적용을 통한 청구 스플라이스 슬리브 시스템의 개발에 그 목적이 있다.

2. 청구 스플라이스 슬리브 시스템

2.1 시스템 개요

청구 스플라이스 슬리브 시스템은 프리캐스트(이하 PC)부재 접합 이음공법으로 강관과 이형철근의 사이에 무수축 모르터를 충전하여 이형철근의 마디에서 모르터, 모르터에서 강관으로 응력을 전달하는 철근 이음 공법으로 인장력에도 압축력에도 견디는 신뢰성 높은 이음 공법이다. 또한, 슬리브와 고강도 모르터간의 마찰력을 증대시키기 위해서 원통형 슬리브 내면에 요철을 두기도 한다. PC부재의 한쪽 단부는 슬리브 내에 철근을 두고, 다른쪽 단부는 철근을 부재에서 돌출한 상태로 PC부재를 제작하여, 현장에 부재를 반입한 후 부재 조립시 슬리브에 부착된 주입구를 통해 모르터를 압입 충전함으로써 이음 공정은 마무리된다.

2.2 시스템의 특징

스플라이스 슬리브 시스템은 직경이 가는 철근에서 직경이 굵은 철근에 이르기까지 동일한 방법으로 프리캐스트 철근콘크리트 부재의 이형철근을 접합하는 이음공법으로, 다음과 같은 특징을 가지고 있으며 해외에서는 이미 각종 건설공사에 폭넓게 사용되어 좋은 평가를 받고 있다.

(1) 슬리브내에 고강도 모르터의 주입에 의해 시공이 마무리되므로 시공이 간단하며, 숙련공 이 필요하지 않다.

(2) 슬리브의 내경과 철근과의 간격이 충분하므로, 부재 제작오차, 조립시 오차 등을 용이하게 흡수할 수 있다.

(3) 현장시공은 고강도 모르터를 충전하므로, 확실한 이음성능을 얻을 수 있으며, 철근의 형상 및 종류에 관계없이 동일한 작업으로 확실한 이음성능을 얻을 수 있으며, 층별 동시작업 으로 효율적인 시간관리를 할 수 있다.

(4) 특수기계가 필요하지 않으므로 작업 소음이 없다

3. 실 험

3.1 일반사항

강관내 무수축성 고강도 모르터를 충전한 스플라이스 슬리브의 구조적인 성능을 평가하기 위해 스플라이스 슬리브 이음성능 실험, 콘크리트 피복에 의한 이음성능 실험, 벽체 내에서의 스플라이스 슬리브 이음성능 실험 등으로 구분하고 고강도 무수축 모르터는 동양시멘트 중앙연구소에서 배합설계 및 제조하였으며, 물/그라우트재의 배합비를 13.5%로 배합하여 주입하였다.

3.2 실험체 설계 및 제작

3.2.1 스플라이스 슬리브 이음성능 실험

일반적으로 강관내 모르터 충전 슬리브는 이형철근 마디에서 모르터, 모르터에서 강관으로 응력을 전달하므로, 이에 대한 구조적인 거동을 파악하기 위해 철근 직경(HD19, 22, 25)에 대한 슬리브 직경, 두께, 길이 등을 주요 실험 요인으로 하여 표 3.1과 같이 시험체를 제작하고, 28일 후에 실험을 실시하였다.

3.2.2 콘크리트 피복에 의한 이음성능 실험

콘크리트의 피복두께는 (주)청구에서 사용하는 벽체두께를 적용하여 14cm로 계획하였으며 또한, 슬리브의 길이는 슬리브 이음성능 실험을 통해 구한 길이로 30cm로 계획하였다. 하중집중이 슬리브 중앙에서 일어나므로, 나사산의 위치를 단부에 설치하여 시험체를 표 3.2와 같이 제작하여 실험하였다.

3.2.3 벽체 내에서의 스플라이스 슬리브 이음성능 실험

실제 프리캐스트 콘크리트 구조물에 슬리브를 배근한 경우 생기는 응력은 철근콘크리트로 인한 슬리브의 구속효과와 철근의 인장력에 대한 저항증진 효과로 대별할 수 있으므로, 벽체에 배근된 슬리브의 내력증진 효과를 검토하고, 프리캐스트 구조물의 수평하중에 대한 슬리브의 구조적인 성능을 평가하기 위해 실험방법을 순수 인장과 휨 전단실험으로 구분하여 실험체를 계획하여 표 3.3과 같이 제작하여 실험하였다.

표 3.1 슬리브 이음성능 시험체

시험체	철 근 직 경	슬리브 직 경	슬리브 길 이	시험체 갯 수
F1SM	HD19	48.6	300	3
F1SL		48.6	400	3
F1LM		60.5	300	3
F2SM	HD22	48.6	300	3
F2SL		48.6	400	3
F2LM		60.5	300	3
F2LL		60.5	400	3
F3LM	HD25	60.5	300	3
F3LL		60.5	400	3

표 3.2 콘크리트 피복 이음성능시험체

시험체	슬리브 직 경	사 용 철 근	시험체 갯 수
F2SM	48.6	HD22	2
F3SM	48.6	HD25	2
F2LM	60.5	HD22	2
F3LM	60.5	HD25	2

표 3.3 벽체내에서의 이음성능 시험체

시험체	실 험 방 법	슬리브 길 이	시험체 갯 수
TF	순수인장	300	2
SF	휨 전단	300	2

4. 실험 결과

4.1 스플라이스 슬리브 이음성능

실험결과는 그림 4.1과 표 4.1과 같다. 전체 시험체는 모두 철근과 고강도 그라우트 모르터와의 부착력이 충분하여 고강도 그라우트 모르터에서 철근이 빠지는 시험체는 없었다. 슬리브와 모르터의 부착효과를 증진시키기 위해 슬리브내에 나사산을 형성하였고, 나산산이 중앙부에 위치한 시험체는 나사산으로 인한 슬리브의 단면결손으로 나사산이 형성된 부위의 슬리브가 절단되어 최종파괴되었다.

또한, 합리적인 슬리브 길이를 산정하기 위해 슬리브의 길이를 30cm, 40cm로 구분하여 실험한 결과 슬리브 길이별 최대 내력을 차이는 미소하였다. 그리고, 슬리브의 직경이 최대내력에 미치는 영향

을 평가하기 위해서 슬리브 직경을 48.6, 60.5mm로 구분하여 실험한 HD22 철근이 배근된 시험체의 최대내력을 비교 분석한 결과 60.5mm를 사용하는 것이 합리적이라 판단된다.

표 4.1 슬리브 이음 성능 실험결과

시험체	철 근 직 경	슬리브 직 경	슬리브 길 이	최대내력 (TON)
F1SM	HD19	48.6	300	9.39
F1SL		48.6	400	10.21
F1LM		60.5	300	12.15
F2SM	HD22	48.6	300	9.56
F2SL		48.6	400	10.69
F2LM		60.5	300	12.16
F2LL		60.5	400	14.34
F3LM	HD25	60.5	300	13.03
F3LL		60.5	400	15.44

표 4.2 콘크리트 피복이음성능 실험결과

시험체	슬리브 직 경	사 용 철 근	최대 내력 (TON)
F2SM-a	48.6	HD22	11.67
F3SM-a	48.6	HD25	11.25
F2LM-a	60.5	HD22	18.57
F3LM-a	60.5	HD25	18.25

표 4.3 벽체내에서의 이음성능 실험결과

시험체	실 험 방 법	슬리브 길 이	최대 내력 (TON)
TF	순수인장	300	21.0
SF	휨 전단	300	8.78

4.2 콘크리트 피복에 의한 이음성능 실험결과

그림 4.2와 표 4.2에서와 같이 피복 시험체가 피복을 하지 않은 이음성능 시험체에 비해 최대 내력이 높게 평가되었다. 이러한 실험결과는 슬리브의 나사산 위치를 응력집중이 일어나는 슬리브 중앙에 설치하지 않고 슬리브 단부에 설치하였기 때문인 것으로 판단된다. 파괴상황은 전체 시험체가 동일하게 슬리브파괴에 의한 콘크리트의 인장파괴로 나타났으며, 슬리브를 거푸집에 고정시키기 위해 사용한 P.V.C.판으로 인해 콘크리트의 인장 저항 효과는 충분히 기대할 수 없었다.

4.3 벽체 내에서의 슬리브 이음성능 실험결과

실험결과는 그림 4.3과 표 4.3과 같다. 파괴상황은 전체 시험체에서 철근콘크리트 피복에 의해 최대내력이 증가하여 나타났으나, 몇몇 시험체는 하부벽체 철근 정착길이가 확보되지 않아 슬리브의 이음성능을 발휘하지 못한 것으로 나타났다.

순수인장 시험결과로 볼 때 슬리브에 작용하는 인장력에 대해 벽체 철근의 구속 및 인장저항 효과가 최대 내력에 많은 기여를 한 것으로 판단되며, 모든 시험체의 최종파괴 상황이 슬리브의 파괴에 의한 것으로 슬리브 내력이 충분히 전달 되었음을 알 수 있었다. 벽체 내에서의 슬리브에 작용하는 응력 전달이 슬리브내에 배근된 철근에서 고강도 모르터, 고강도 모르터에서 슬리브, 슬리브에서 벽체에 배근된 철근으로 응력이 전달되는 것을 고려할때, 슬리브에 의해 접합부가 형성된 부위의 벽체 철근을 보강한다면 접합부의 내력이 증진될 것으로 기대된다.

또한 휨 전단시험에서는 최대 내력이 매우 낮게 평가되었는데, 이는 콘크리트의 전단저항 단면적이 14cm×20cm로 적게 계획되었고, 배근된 철근의 단면적(3.87cm^2)도 매우 적게 계획되었기 때문에 시험체의 최종파괴가 슬리브의 변형에 선행되어 접합부 콘크리트가 파괴되었기 때문인 것으로 판단된다.

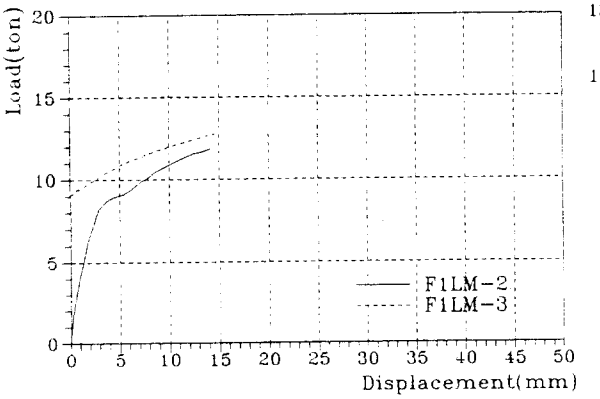

그림 4.1 슬리브 이음성능 실험

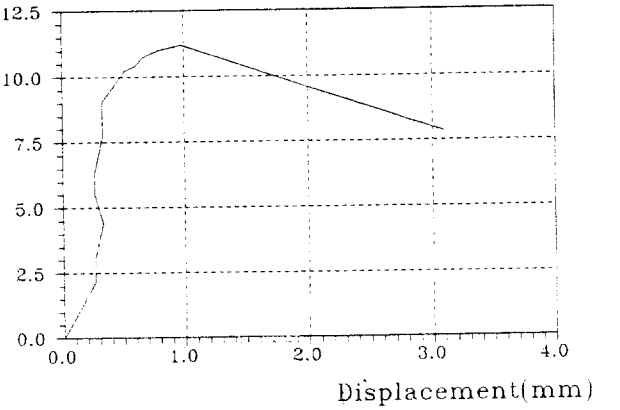

그림 4.2 콘크리트 피복 이음성능실험

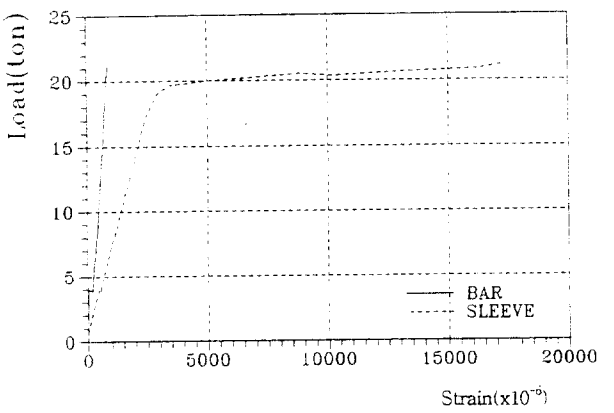

그림 4.3 벽체내에서의 이음성능실험

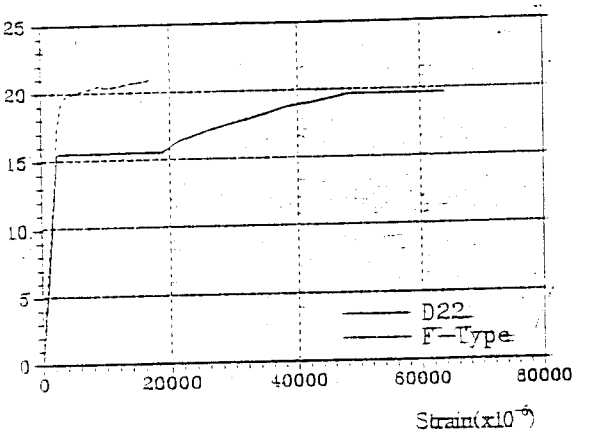

그림 4.4 슬리브이음과 철근재료시험비교

4.5 철근 재료실험과 인장 실험 결과와의 비교

벽체 내에서의 슬리브 이음성능 인장실험에서 구한 하중-변형도 곡선과 철근실험에서 얻은 하중-변형도 곡선을 그림 4.4에 나타내었다.

그림에서와 같이 슬리브의 항복강도는 철근의 항복강도에 비해 높게 나타났으며, 항복 변형도도 철근의 변형도와 거의 같게 나타났다. 또한 탄성계수도 높게 평가되었으나, 항복이후의 구간에서 연성적인 거동이 다소 불리한 것으로 나타났다. 그러나 슬리브의 항복강도가 철근에 비해 매우 우수한 점을 고려할때, 프리캐스트 구조의 수평접합부 Vertical Tie Bar이음 성능에 우수한 이음공법으로 기대된다.

5. 현장 적용 및 향후 추진방향

5.1 현장 적용

본 연구를 통해 얻은 결과를 가지고 (주)청구공영 오산원동지구 PC아파트 320세대의 수평접합부 수직철근이음 중 구조내력상 충분한 이음성능이 있다고 판단되는 HD19에 한해서 적용하였다.(세대당 약 30 개소) 주입기간은 '95. 8.~ '96. 3월까지 8개월이었으며 동절기에도 시공하였다. 본 프로젝

트팀이 직접 현장관리를 실시하였으며, 현장에서 직접 배합함으로 물/그라우트재비를 정확히 조절하기 위해 그라우트재는 20kg포로 주문하였으며, 물용기는 일정용기를 지급하여 실시하였다. 동절기 공사시에는 강도관리를 위해서 물의 온도를 섭씨 20도씨 이상 유지하면서 강도 체크도 병행하여 700kg/cm^{2}이상을 유지하였다.

5.2 향후 추진방향

스플라이스 슬리브 이음시공 결과 몇개소는 접합부 Joint 콘크리트가 밀실하게 충전되지않아 밖으로 유출되는 부분도 있었으나 대부분의 접합부 이음은 거의 완벽하게 시공되었으며, 시공성 또한 기존의 기타 철근이음법과 비교할 때 충분한 시공성 향상이 이루어졌다고 판단되며, 향후 아래와 같은 보강 연구를 통해 다양하게 적용 가능한 스플라이스 슬리브 시스템의 개발이 필요하리라 판단된다.

(1) 스플라이스 슬리브 시공시 하부수직철근과 상부 슬리브내경과의 위치가 조립오차로 인해 정확하게 맞지 않은 경우 슬리브 이음성능에 구조적인 문제점이 발생하리라 예상된다. 따라서, 현장에서 발생할 수 있는 시공오차를 구분하고 각각의 시공오차가 이음성능에 미치는 영향을 분석하여 허용 시공오차를 제시할 수 있는 실험적 연구가 필요하리라 판단된다.

(2) 슬리브에 의해 전달되는 철근의 응력흐름을 파악할 수 있도록, 현재 콘크리트 구조물의 비선형 해석에 사용되고 있는 범용 프로그램을 이용하여 슬리브의 해석적 연구와 함께 HD22 이상의 철근이음에도 사용가능한 이음시스템의 개발이 필요하리라 판단된다.

(3) 무수축 고강도 모르터의 압축강도 변화에 따라 현장 시공성과 생산원가에 미치는 영향에 대해서 검토하여, 생산원가를 절감하고, 시공성을 향상시킬 수 있는 방안의 마련이 요구된다.

● 참고문헌 ●

1. 大久保全陸 外, "機械式鐵筋繼手を有する部材の曲降伏後の荷重上昇について", 日本建築學 會大會學術講演概要集, 1993. 9, pp. 143-144
2. 今井弘, "鐵筋繼手の分類と性能判定基準の流れ-鐵筋繼手の有するRC部材の關する研究 その 2-", 日本建築學會大會學術講演概要集, 1993. 10, pp. 557-558
3. 大久保全陸 外, "チョーフ型機械式繼手を有する鐵筋の應力學動に關する實驗研究", 日本建築學 會大會學術講演概要集, pp. 141-142.
4. 中野清司 外, "機械式鐵筋繼手の研究, 特にその 背景と研究計劃-鐵筋繼手を有するRC部材の 學動に關する研究 その1果", 日本建築學會大會學術講演概要集, 1993. 10, pp. 555-556