KOSACS

J. Korean Soc. Adv. Comp. Struc.
Vol. 2, No. 2, pp.7-12, June, 2011

슬립앵커를 이용한 강-콘크리트 합성 거동 연구
A Study on the Composite Behavior of Steel-Concrete with Slip Anchor

원덕희 Won, Deok-Hee* · 한택희 Han, Taek-Hee ** · 김승준 Kim, Seung-Jun*** ·
한승룡 Han, Seung-Ryong**** · 강영종 Kang, Young-Jong*****†

(Received April 18, 2011 ; Revised May 25, 2011 ; Accepted May 31, 2011)

ABSTRACT

Presently, composite method for steel and concrete is often used the stud. Steel properties of composite column could be changed by increasing of welding. The changed properties is possibly to cause local-buckling. Composite column had a large effect by slip instead of pull-out force in comparison composite girder. Improvement of adhesive force had effect by contact area rather than height of stud in composite column. This paper proposed new type of stud and analyzed performance through experimental study. This method would be effect steel structure with curvature.

요 지

현재 강재와 콘크리트를 합성화 시키는 방법으로 대표적인 것이 스터드를 이용하는 것이다. 그러나 이 방법을 강합성 기둥에 적용할 경우에 용접량이 많아져 이로 인하여 강재의 성능이 변하여 국부좌굴로 유도될 가능성이 매우 크다. 외부가 구속된 CFT 부재나 내부 구속 중공 CFT 부재 그리고 내부가 강관으로 내부 구속 중공 RC 부재에 적용할 경우에 합성 거더에 비하여 강재와 콘크리트가 분리되려는 인발력 대신 슬립에 의한 분리현상이 더 크게 발생한다. 이렇기 때문에 스터드의 높이 보다는 콘크리트와 강재가 합성되는 면적을 넓혀주는 것이 더 필요하다. 이러한 목적을 달성하기 위하여 일정부분 강관에 용접을 하여 부착을 하고 ㄷ자 형으로 제작된 슬립앵커의 철근이 콘크리트 속에 삽입되어 강재와 콘크리트의 일체 거동성을 높였다. 이러한 방법의 경우에는 곡률을 가진 강구조물 등에 적용될 경우 큰 효과를 발휘할 것으로 판단된다. 본 연구에서는 제안된 슬립앵커를 H빔에 설치를 하여 축하중을 가하는 Push-over Test를 통하여 거동 특성을 분석하였다.

Key Words: Slip Anchor(슬립 앵커), Adhesive force(부착력), steel(강재), concrete(콘크리트)

1. 서 론

최근 콘크리트 구조물의 취성파괴를 방지하고 연성도 및 강도를 증가시키기 위하여 강합성 구조물이 다양한 분야에서 연구되고 있다.

가장 대표적인 합성방법으로는 합성 거더에서 스터드를 사용하여 합성하는 것이다. 이러한 연구는 김형렬(2006)등에 의하여 많은 연구가 진행되어졌다. 전단연결재는 전단력에 대한 충분한 내하력을 가짐과 동시에 바닥판이 들뜨는 것을 방지하는데 유효한 구조가 되어야 한다. 전단연결재의 최대간격은 콘크리트 두께의 3배로 하고 60cm를 초과하지 않도록 하나, 연속교의 내부 지점과 같이 높은 인장응력이 발생되는 곳에서의 전단연결재 설치 시 이 간격을 넓힐 수도 있다.

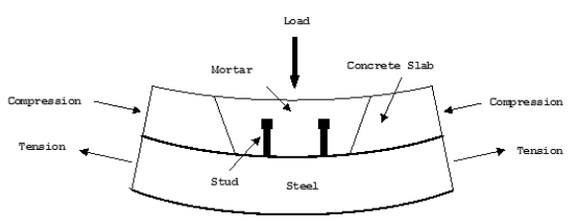

Fig. 1 콘크리트와 강재의 합성

합성형 구조에서 콘크리트와 강재가 일체로 거동하기 위해서는 전단연결재는 충분한 강성과 강도를 지니고 있어야 한다. 콘크리트와 판형의 경계면에서 수직 또는 수평 방향으로 미끄러짐이 발생하지 않는다면 전단연결재는 무한 강성으로 표현되어지고 이상적으로

* 학생회원 · 고려대학교 건축사회환경공학과 박사과정
** 정회원 · 한국해양 연구원 연안개발 에너지 연구부 선임 연구원
*** 정회원 · 고려대학교 초고층 초장대 기술연구소 연구교수
**** 정회원 · 고려대학교 초고층 초장대 기술연구소 연구교수
*****† 정회원 · 고려대학교 건축사회환경공학과 교수 교신저자(yjkang@korea.ac.kr)

완전 합성거동을 하는 것으로 가정한다.

Fig. 1은 합성 거더를 나타낸 것으로 충분한 강도와 강성을 가진 전단연결재를 배치하여 단일 부재로 구성시킨 것을 보여주며, 이때 정해진 하중 상태에서 강재 및 콘크리트에 발생하는 응력이 반드시 허용응력 이하여야 한다는 조건을 만족시켜야한다.

합성 작용은 완전 합성 작용과 부분 합성 작용으로 구분가능하다. 완전 합성 작용의 경우 무한 강성의 전단연결재로 인하여 어떠한 슬립이나 변형률이 일어나지 않는 것으로 가정한다. 이에 반해 부분 합성 작용은 스터드와 유사하며, 유연성을 가진 연결재가 콘크리트와 강재 사이에서 슬립이 일어날 경우로 그림 2와 같이 불완전 합성 작용이 일어날 수 있다.

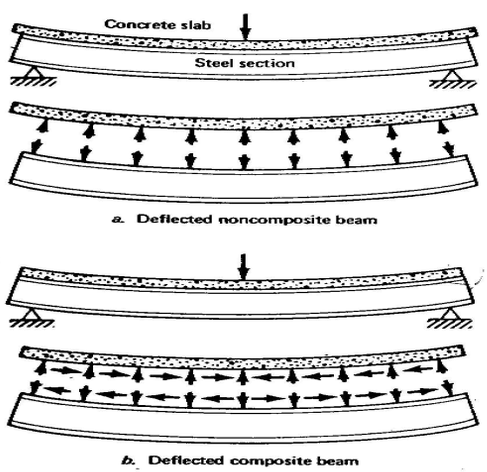

Fig. 2 합성 작용 유무에 대한 비교

이렇듯 전단연결재는 보의 합성거동에 매우 중요한 역할을 한다. 전단연결재의 가장 대표적인 것은 스터드로서 점용접을 통하여 거더에 접합된다.

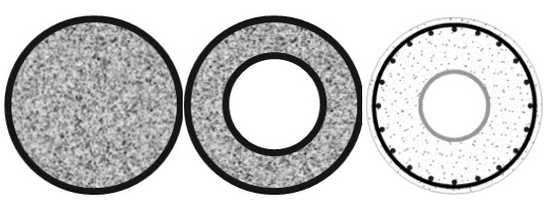

Fig. 2 CFT, ICH CFT, ICH RC 단면(좌측부터)

이러한 합성 구조는 거더뿐만 아니라 기둥에서도 강합성 구조가 많이 있는데, 이에 대표적인 예로는 콘크리트 충전 강관 기둥(Concrete Filled Tube, CFT)이 있으며 또한 한택희(2010), 원덕희(2010) 등에 의하여 연구된 내부 구속 중공 CFT(Internally Confined Hollow CFT, ICH CFT)기둥과 내부 구속 중공 RC(Internally Confined Hollow RC, ICH RC)기둥 등 매우 다양한 합성 기둥이 있다.

이러한 기둥의 경우에는 기존에 사용되는 스터드를 점용접을 통하여 접합한다면 그 성능이 매우 뛰어나지만 많은 용접으로 인하여 부분적으로 강재의 성능이 감소할 가능성이 매우 크다.

본 연구에서는 기존의 스터드를 점용접하는 방식과는 다르게 슬립앵커를 강재에 필렛 용접을 하여 슬립앵커와 콘크리트 사이에 전단강도를 높이고 또한 콘크리트에 삽입되어 있는 슬립앵커를 통하여 완전 합성거동 할 수 있도록 하는 방법을 제안하고 이를 실험적 연구를 통하여 거동 특성을 분석하였으며 향후에 진행될 해석 연구를 위한 검증데이터를 구축하였다.

슬립 앵커법의 경우에는 Fig. 3과 같이 곡률을 가진 강관 등에 적용하기가 쉽고 기존의 거더와는 다르게 기둥의 경우에는 횡철근이나 외부튜브에 의하여 구속되어 있기 때문에 거더에 비해 콘크리트와 강관이 떨어지려는 힘이 적으므로 상대적으로 큰 강성을 가진 전단 스터드를 설치하지 않아도 합성화시킬 수 있다.

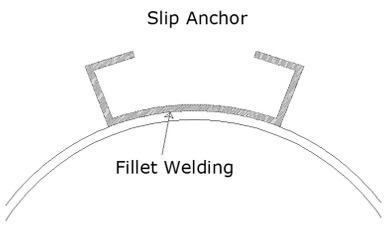

Fig. 3 슬립앵커의 설치

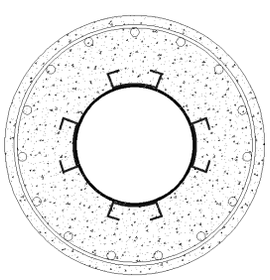

Fig. 4 ICH RC 기둥에 슬립앵커 적용

Fig. 4는 ICH RC 기둥에 슬립 앵커를 적용한 형상을 나타낸 것으로 각 단계 마다 4부분만 용접을 하여 합성화 시킨다. 이러한 방법을 적용하여 CFT 기둥, ICH CFT 기둥의 강관과 콘크리트를 합성화 시킬 수 있다.

본 연구에서는 Push-out Test를 통하여 슬립앵커를 설치하였을 경우에 합성작용 특성을 연구하였다.

2. 시험체 설계 및 제원

Table 1은 시험체 내역을 나타낸 것으로 총 4개의 시험체를 선정하였다. 슬립앵커의 지름은 13mm의 이

형 철근을 사용하였고, 콘크리트의 압축강도는 다음과 같이 39MPa로 설계하였으며, 앵커의 개수는 양단에 2개씩 설치하였다.

Table 1 시험체 내역

시편명	콘크리트 압축강도(MPa)	앵커 직경(㎜)	앵커 개수	시험체 크기 (mm)
1) SA 1-1	39.5	13	2	450
2) SA 1-2	38.8	13	2	550
3) SA 2-1	40.8	13	2	450
4) SA 2-2	39.8	13	2	550

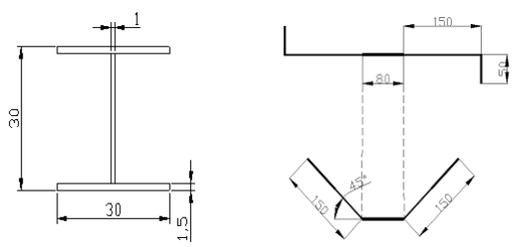

Fig. 5 강재 및 슬립앵커 일반도

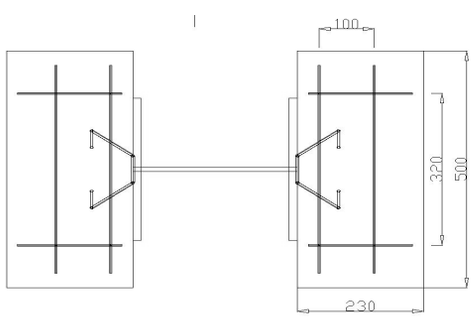

Fig. 6 시험체 평면도

한쪽 길이가 150mm의 정착길이를 확보하였으며 선단은 L형의 갈고리 형태를 취하였다. 슬립앵커와 강재와의 연결은 6mm 필렛 용접을 하였다. 본 시험 연구에서는 Push-out Test를 통하여 탄성 구간에서의 슬립 앵커 강성 값을 얻는 것과 동시에 성능향상을 확인하는 것을 목표로 하였기 때문에 시험체의 크기, 앵커 개수, 앵커 직경은 변수로 두지 않고 설계를 하였다. 콘크리트가 먼저 파괴되는 것을 방지하기 위하여 콘크리트에 철근을 배근하여 구속하였다.

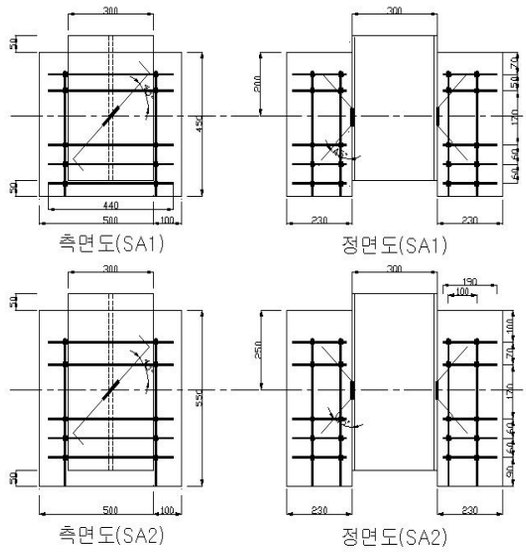

Fig. 7 시험체 형상 및 철근 배치

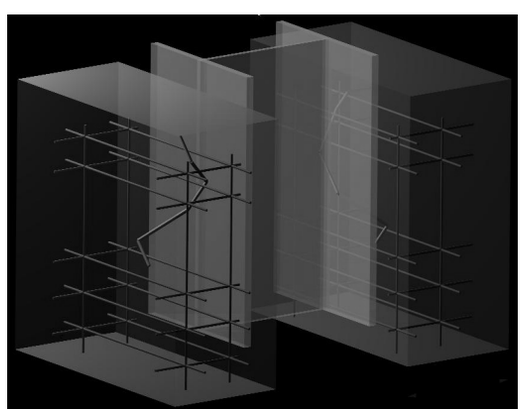

Fig. 8 입체 조감도 (철근삽입)

Fig. 5~7은 시험체의 일반도 및 평면도 그리고 철근배치 도면을 나타낸 것으로 H 빔에 슬립앵커를 용접하여 설치하며 슬립앵커는 콘크리트 사이에 삽입되어 콘크리트 타설이 되어 합성거동을 하도록 한다.

3. 시험체 제작 및 시험 수행 결과

Fig. 9는 시험체 제작을 위하여 콘크리트를 타설하기 위한 거푸집 및 철근배근도를 나타낸 것이다. 이 평면도를 입체 조감도로 나타내면 Fig. 10과 같다. 중간에 H 빔에 삽입되어 양면에 콘크리트를 타설하는 방법을 적용하였다.

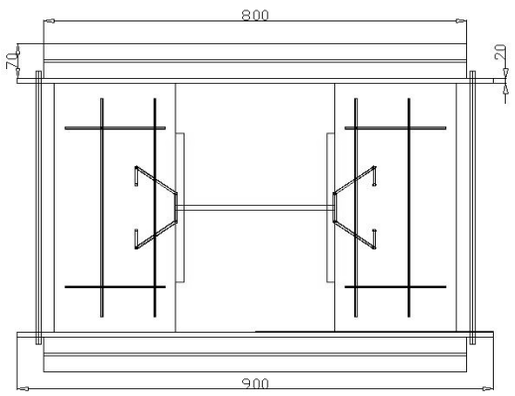

Fig. 9 구속조건 평면도

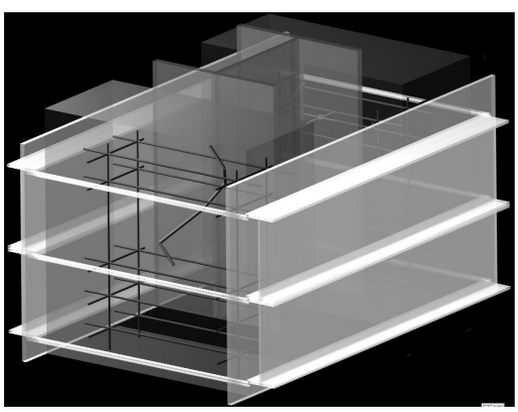

Fig. 10 입체 조감도 (구속조건)

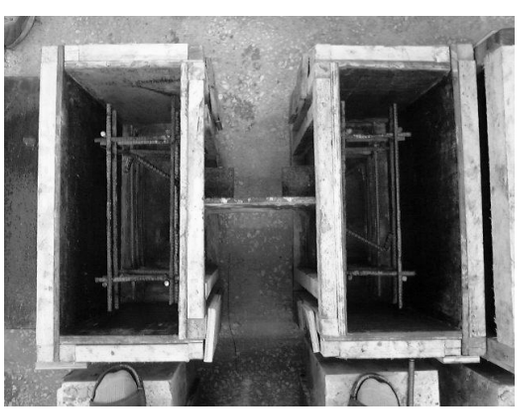

Fig. 11 거푸집

설계도를 이용하여 Fig. 11과 같이 거푸집을 설치하여 4개의 시험체를 제작하였다.

위와 같은 방법으로 제작된 시험체의 거동 특성을 분석하기 위해서는 가장 일반적으로 적용되고 있는 시험 방법인 Push-out 방법을 이용하였기 때문에 시험체를 Fig. 12와 같이 세팅하였다.

H 빔의 최상단 하중에 의해 콘크리트와 강재사이에 슬립이 발생하는 것을 측정하기 위하여 H빔의 내측에 다이얼 게이지를 설치하여 변위를 측정하였다.

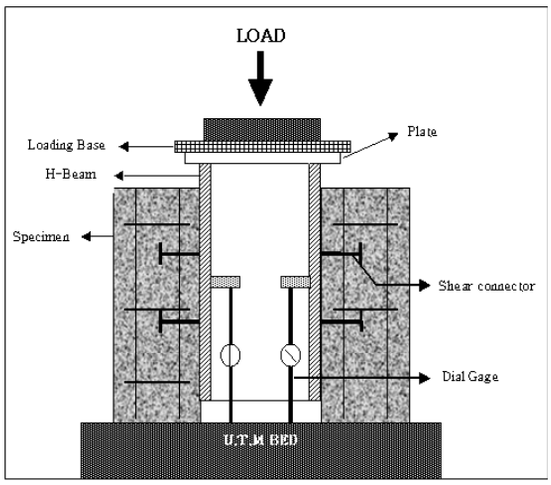

Fig. 12 시험체 형상 및 게이지 설치 상황

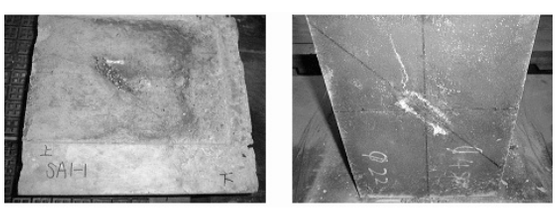

Fig. 13 SA 1-1의 파괴모드

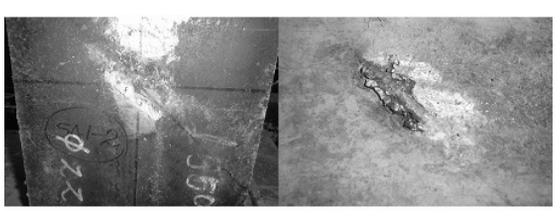

Fig. 14 SA 1-2의 파괴모드

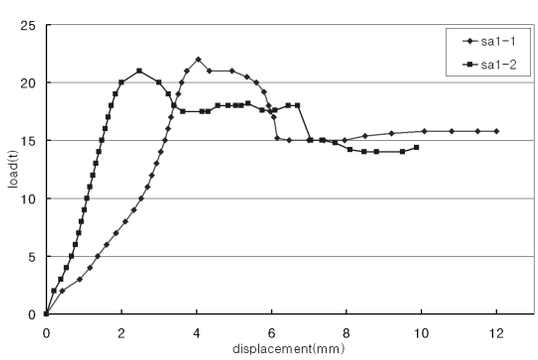

Fig. 15 SA 1-1, 1-2 하중-슬립 곡선(Load-Slip Curve)

Fig. 13과 14는 각각의 파괴모드를 나타낸 것이다. 모두 콘크리트에 균열이나 파괴가 발생하지 않고 강재

와 앵커를 연결시킨 용접부위가 절단되면서 파괴가 발생한 것으로 나타났다. 두 시험체는 유사한 제원을 가진 시험체들임에도 불구하고 강성이 매우 차이가 나는 것을 볼 수 있는데 이는 철근과 강재의 용접상태에 따른 성능으로 볼 수 있다. SA 1-1의 용접이 더 균질하였다고 판단되며, 두가지 시험체 모두 부착 강도는 약 220kN 정도로 나타났으며, 최대 강도 도달 이후에 서서히 용접부가 파괴되면서 강도가 감소하였다. 그러나 슬립이 증가하여도 급작스런 파괴는 발생하지 않았다.

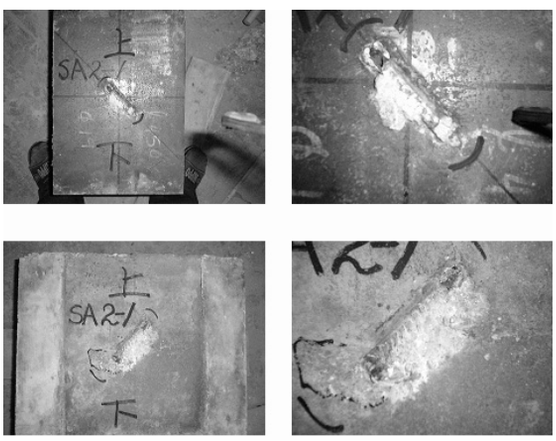

Fig. 16 SA2-1의 파괴모드

Fig. 17 SA 2-2 시험과정 및 파괴모드

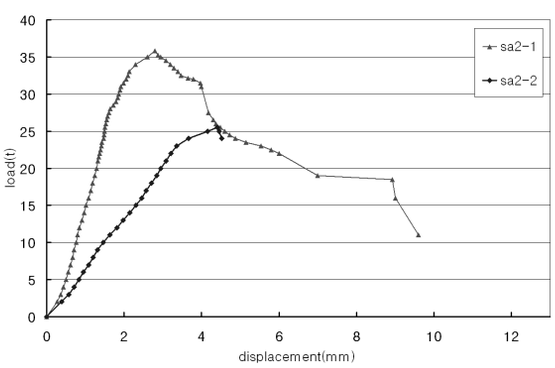

Fig. 18 SA 2-1, 2-2 하중-슬립 곡선(Load-Slip Curve)

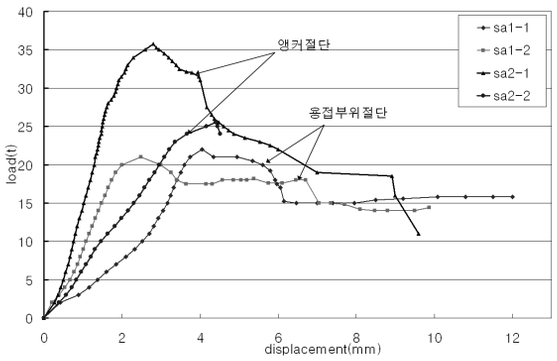

Fig. 19 SA 1-1, 1-2, 2-1, 2-2 하중-슬립 곡선(Load-Slip Curve)

Fig. 18은 SA 2-1,2-2의 하중-슬립 곡선을 나타내고 있다. Fig. 19에서 SA2-1,2는 이전의 SA 1-1,1-2와는 다른 거동 특성을 보이는 것으로 나타났다. SA 2-1,2-2는 모두 슬립앵커의 항복파괴가 발생한 것으로 판단된다. Fig. 16, 17을 살펴보면 Fig. 13, 14와는 다른 특성을 보이는데 Fig. 13, 14는 용접부가 파괴되어 콘크리트는 거의 파괴되지 않은 것을 볼 수 있다. 이는 슬립앵커를 용접할 때 가해진 열에 의하여 앵커가 변형되어 취성화 된 것으로 판단된다. 반면 Fig. 16, 17은 콘크리트가 좌측방향으로 길게 늘어지면서 인장에 의하여 항복파괴가 발생한 것으로 판단된다.

Fig. 19는 4가지 시험체의 하중-슬립곡선을 비교한 것으로 용접상태에 따라서 강도 및 강성에 큰 영향을 미침을 보여준다. SA 2-1은 강도가 350kN으로 그 성능이 매우 크게 발현되는 것으로 나타났다. 이 밖에도 용접상태에 따라 차이가 발생하지만 약 23~25tonf의 부착강도가 발생하는 것으로 나타나 부분적인 용접에 의하여 큰 성능을 발휘 하는 것으로 나타낸 것으로 볼 수 있다.

이 슬립앵커를 용접 설치할 경우 부분적으로 4방향으로 설치한 후 종방향으로 지그재그로 설치한다면 그 성능이 매우 개선될 것으로 판단된다. 또한 철근의 경우 용접시 철근이 녹아 그 성능이 발휘되지 않아 취성적으로 변하는 것으로 나타났는데 철근을 보강하여 용접한다면 더욱 좋을 것으로 판단된다.

Fig 19를 통해서 얻을 수 있는 각 시험편의 탄성구간에서의 강성을 평균하여 산출한 결과 58.048kN/mm인 것으로 나타났다.

5. 결 론

본 연구는 슬립앵커를 이용한 강과 콘크리트의 합성거동 특성에 대하여 연구를 수행하였으며, 다음과 같은 거동특성을 나타냄을 고찰하였다.

(1) 슬립앵커는 곡률이 있는 구조물인 강관 등에 용접을 통하여 접합을 한 후 강과 콘크리트를 합성 거동

하게 함으로써 Slip을 억제하는 기능을 한다.

(2) 기둥과 같은 압축과 휨을 동시에 받는 강합성 구조물에서 횡철근 또는 외부 튜브에 의하여 외부가 구속되어 있기 때문에 스터드의 높이는 큰 영향을 발휘하지 못한다. 또한 ICH CFT, ICH RC 기둥과 같이 콘크리트의 두께가 얇은 부재의 경우에는 기존의 스터드를 통하여 시공할 경우 스터드에서부터 콘크리트 균열이 발생하여 진전될 가능성이 크다.

(3) 기둥부에서 점용접을 하는 스터드 보다는 가로방향으로 길게 용접하는 슬립앵커가 더욱 개선된 성능을 발휘할 것으로 판단된다.

(4) 슬립앵커의 용접 길이가 성능을 발휘할 것으로 판단되며, 콘크리트 심부로 삽입되는 철근으로 인하여 강관과 콘크리트가 완전합성거동을 할 수 있도록 유도한다.

(5) 슬립앵커는 용접상태에 큰 영향을 받는 것으로 나타났다.

(6) 슬립앵커의 탄성구간에서의 강성은 시험결과를 평균하여 산출한 결과 58.048kN/mm인 것으로 나타났다.

(7) 슬립앵커를 용접 설치할 경우 부분적으로 4방향으로 설치한 후 종방향으로 지그재그로 설치한다면 그 성능이 향상될 것이며, 용접성능만 확보된다면 매우 좋은 방법이라 판단된다.

참고 문헌

1. 고려대학교(2005) 강관삽입 중공 RC 고교각 개발, 건설 교통부 연구보고서.
2. 김형열, 구본현(2006) 강-콘크리트 합성 바닥판용 전단연결재의 합성 거동 연구, 대한토목학회 논문집 26권 1A호 pp.91~9.
3. 원덕희, 한택희, 박종섭, 강영종(2009) 내부 구속 중공 CFT 기둥의 내화성능에 대한 해석 연구 , 한국강구조학회 논문집, 제21권 5호 pp.461~2009.
4. 원덕희, 한택희, 이규세, 강영종(2010) 원형 내부 구속 중공 철근콘크리트 기둥의 내화성능, 한국강구조학회 논문집 제 22권 2호 pp.139~150.
5. 한택희, 염응준, 한상윤, 강영종(2007) 구속효과를 고려한 내부 구속 중공 CFT 부재의 비선형 콘크리트 모델 개발, 한국강구조학회 논문집 제19권 1호 pp. 43~52.
6. 한택희, 한상윤, 강영종(2007) 내부 구속 중공 철근콘크리트 부재의 빗선형 재료 모델 개발, 대한토목학회 논문집 제27권 1A호 pp.11~26.
7. 한국콘크리트학회(2007) 콘크리트 구조설계 기준 해설, 기문당.
8. Commties Euro-International Du Beton, Fire Design of Concrete Structures-in accordance with CEB/FIP Model Code 90 (Final Draft), CEB Bulletin D'
9. Taek Hee Han, Ki Yong Yoon, and Young Jong Kang, Compressive strength of circular hollow reinforced concrete confined by an internal steel tube , Construction and Building Materials , Volume 24, Issue 9, September 2010, Pages 1690-1699