

# 철근콘크리트와 강을 합성한 복합 단면보의 구조거동평가

## Structure Behavior Evaluation of Beams composited with Steel and Reinforced Concrete

김 인 석<sup>1)</sup> · 김 학 수<sup>2)</sup>  
*Kim, In Seok · Kim, Hak Soo*

요 약 : 최근 장대 건설 구조물에 사용이 증가되고 있는 합성형 구조물에서 나타나고 있는 예기치 못한 일부 균열 현상의 구조적 원인을 분석하기 위하여, 강재복부의 수직보강재, stud 및 dowel bar의 유무, 전단철근의 간격과 콘크리트 강도 등을 실험변수로 하여 4점 재하 휨시험을 통해 강재와 철근콘크리트간의 구조적 합성거동 효과를 분석 하였다. 실험결과, 수직보강재는 강재의 국부좌굴 방지와 파괴시 강재와 콘크리트의 부착파괴를 방지하여 구조적 합성거동에 따른 단면내력(파괴하중)의 증진에 효과적인 것으로 나타났으나, 추가적으로 설치한 stud 및 dowel bar, 콘크리트의 강도와 전단철근량 등은 합성보의 휨거동에 큰 영향을 주지 않는 것으로 나타났다.

ABSTRACT : The composite structures of steel and reinforced concrete, which have been widely used in large-scale concrete structures, were studied to investigate the cause of unexpected cracks and to verify the composite actions between the two materials. Vertical stiffeners between flanges, studs and dowel bars, stirrups, and concrete strength were chosen as experimental variables in a four-point loading test. The results showed that the vertical stiffener prevented not only the local web buckling, but also bond failures between steel and concrete. It increased the flexural resistance (fracture loads) due to the composite action of two materials, compared with those of any experimental variable. However, the composite behavior of steel reinforced concrete beam was not affected seriously by additional studs, dowel bars, stirrups, and concrete strength.

핵심용어 : 합성거동, 수직보강재, 스티드, dowel bar, 전단철근

KEYWORD : composite behavior, vertical stiffener, stud, dowel bar, stirrup

### 1. 서론

철근콘크리트와 강부재가 합성되어 이루어지는 구조물은 일반적으로 두 재료를 합성한 형태로 강재와 콘크리트의 합성거동에 의하여 단면효과의 상승을 가져올 수 있으며, 설계시 강재와 콘크리트의 완전한 합성을 가정하고 있다. 따라서 설계시 전단연결재 등의 사용으로 강재와 콘크리트 슬래브 사이의 종방향 전단력을 전단연결재가 부담하도록 하여 완전히 일체화 시켜 합성거동을 유도하도록 설계되고 있다. 그러나 강재가 콘크리트 단면 내에 매립되는 경우, 종방향 전단력의 전달은 강재와 콘크리트의 부착, 마찰, 콘크리트의 전단강도에 의해 이루어지며, 콘크리트의 탈락방지를 위하여 전단철근, 철망(鐵網, mesh) 또는 기타의 방법을 사용하게 되어 있으나 세부사항이 명시되어 있지 않으며, 현재 강재의 국부 좌

굴에 관한 별도의 수직보강재의 배치에 관한 규정 또한 명시되지 않고 있다[대한건축학회, 1995]. 부재 내에 강재가 매립되는 경우 국내의 규준이 미흡하여 외국규준에 의존하거나 국내 기술자들의 경험에 의해 설계 및 시공이 이루어지고 있어, 해석과 설계가 상대적으로 복잡한 단점에도 불구하고 단면효과가 우수하여 장기간의 교각 코핑부에 사용이 증가하고 있다[김필중 외, 1990; 김희규, 1997].

이 경우, 강재와 콘크리트간의 불확실한 구조거동으로 예상치 못한 균열이 발생하여 설계단면내력과 강성 감소 및 내구성 저하 등의 문제점이 발생할 수 있다[이원호 외, 1996]. 본 연구에서는 강재가 철근콘크리트 부재 내부에 매립된 합성보의 구조적 거동을 규명하기 위하여 일체거동에 영향을 줄 수 있는 변수를 선정하여 이에 따른 합성보의 구조내력과 휨 거동의 비교 및 단면 변형을 분포 특성을 비교 분석하였다.

1) 호남대학교 토목공학과, 박사과정

2) 교신저자, 정회원, 호남대학교 토목공학과, 교수

(Tel. 062-940-5466, Fax. 062-940-5080, E-mail. haksoo@honam.ac.kr)

본 논문에 대한 토의를 2009년 4월 30일까지 학회로 보내주시면 토의 회답을 게재하겠습니다.

## 2. 관련 기준분석

현재 국내에서는 강재가 콘크리트 단면내에 주 부재로서 매립되는 보에 관련된 규준은 매우 미흡한 상태이며, 도로교 표준시방서[건설교통부, 1996] 및 콘크리트 표준시방서[건설교통부, 1996]에서는 강재가 노출되는 합성보에 관련된 규준만 소개하고 있다. 한편, 강구조 한계상태설계 규준(안) 및 해설 작성에 관한 연구에서는 합성보를 매립형과 노출형으로 나누어 규준하고 있으며, 매립형인 경우, 강재보의 측면과 하부는 피복두께가 최소 50mm 이상이어야 하며, 강재보의 상단은 슬래브의 상부면에서 최소 40mm 아래에, 슬래브 하부면에서 최소 50mm 위에 설치되어야 한다고 규정하고 있다[조효남 외, 1995; Jack, et al, 1995]. 또한 콘크리트는 탈락방지를 위하여 전단철근, 철망 또는 기타 철물로 적절하게 보강되어야 한다. 강재가 단면내에 매립되는 합성보는 횡 좌굴 및 국부좌굴의 가능성이 현저하게 줄어들며 강재단면의 항복이 일어나기 전까지는 콘크리트와의 부착파괴가 일어나지 않고, 부착파괴가 일어나도 강재보 자체만의 설계휨강도를 저하시키지 않는다고 가정하고 있어, 강재와 콘크리트면간의 부착 파괴 이후 수직보강재의 역할을 평가하고 있지 않으며 기타의 규준도 실제 설계 및 시공에서 반영되고 있지 않다.

## 3. 실험

### 3.1 실험변수

본 연구에서는 역학적 합성효과와 구조거동에 영향을 줄 수

있는 여러 변수 중에서 강재단면에 관한 변수로 콘크리트와의 합성거동에 관련된 수직보강재(vertical stiffener)의 유무와, stud 및 dowel bar의 유무를 변수로 선정하였다[Deric, 1995]. 철근 콘크리트단면에 관한 변수로는 단면의 거동에 영향을 줄 수 있는 것으로 판단되는 전단철근 간격과 콘크리트 강도를 변수로 선정하여 강부재가 매립되는 경우의 합성보에 대한 구조거동을 분석하였다. 실험변수별 시험체를 나타내면 다음 표 1과 같다.

### 3.2 사용재료

본 실험에서의 콘크리트는 굵은 골재 최대치수 13mm, 슬럼프는 120mm로 설계강도 21 및 35MPa으로 설계된 레미콘 제품을 사용하였다. 사용된 철근 및 강재에 대한 재료적 특징을 다음 표 2에 나타내었으며, Stud의 제원은  $\Phi = 13\text{mm}$ ,  $h = 50\text{mm}$ 를 사용하였다.

표 2. 철근과 H형강의 재료특성

종 류	항복강도 (MPa)	인장강도 (MPa)	탄성계수 (MPa)	연신률 (%)
철 근 (SD30A)	300	450 ~ 610	2.0E5	16이상
H형강 (SS400)	240	410 ~ 520	2.1E5	17이상

표 1. 변수에 따른 시험체의 분류

일련번호	시험체명	압축강도	스터립	Stud 및 Dowel Bar	수직 보강재
1	A-SP1-O-V	21MPa	D13@300mm	×	○
2	A-SP1-O-N				×
3	A-SP1-SD1-V				○
4	A-SP1-SD2-V			압축부 설치	
5	A-SP1-SD3-V			인장부 설치	
6	A-SP2-O-V			압축 및 인장부 설치	
7	A-SP3-O-V				
8	B-SP1-O-V	35MPa	D13@300mm	×	
9	B-SP1-O-N				×

\* 시편 코드 : X-Y-Z-Q

· 배합 Type 코드 : X = A(21MPa), B(35MPa)

· 전단철근 코드 : Y = SP1(전단철근 간격 300mm), SP2(전단철근 간격 150mm), SP3(전단철근 간격 500mm)

· Stud 및 Dowel Bar 코드 : Z = O(Stud 및 Dowel Bar 무사용), SD1(Stud 및 Dowel Bar 압축부 사용), SD2(Stud 및 Dowel Bar 인장부 사용), SD3(Stud 및 Dowel Bar 압축 및 인장부 사용)

· 수직 보강재 Code : Q = V(수직보강재 보강), N(수직보강재 무보강)

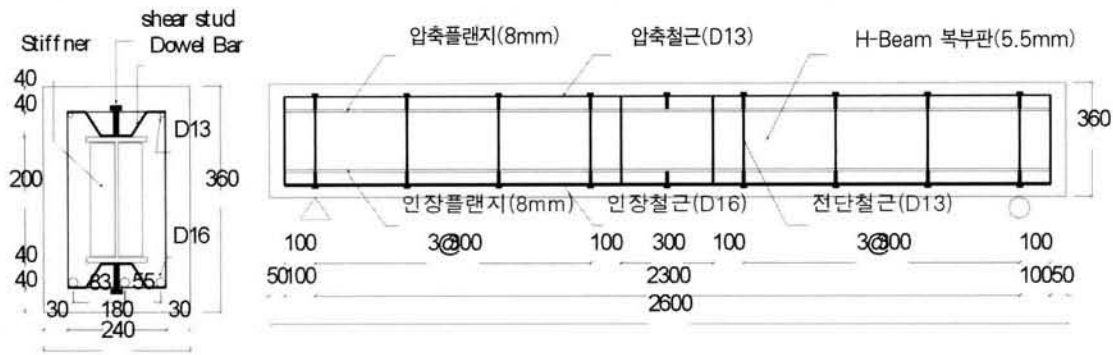


그림 1. 시험체 상세도

### 3.3 시편 및 실험방법

#### 3.3.1 시편의 제작 및 단면형상

시험체에 사용된 H형강은 국내 K산업의 H200×100×5.5×8이며 단위 길이당 중량은 0.213N/mm, 단면적은  $A=271\text{mm}^2$ , 단면2차 모멘트는 강축에 대해  $I_x=18,400,000\text{mm}^4$ , 약축에 대해  $I_y=1,340,000\text{mm}^4$ , 단면계수는 강축에 대해  $Z_x=184,000\text{mm}^3$ , 약축에 대해  $Z_y=26,800\text{mm}^3$ 이며 H형강의 길이는 2,500mm이다.

합성보 시험체의 크기는 그림 1에 나타난 바와 같이 단면치수 240mm×360mm이며 시험체 총길이는 2,600mm이다. 사용한 수직보강재는 SS400 강재를 두께 6mm 폭 40mm, 길이 180mm의 치수로 하중재하 점 및 지점부에 용접하여 사용하였다. 사용한 인장철근은 SD30A 철근으로 3D16를 사용하였으며 압축철근은 모든 시험체에 동일하게 2D13을 배근하였다. 전단철근은 파괴 시 전단파괴가 발생하지 않도록 D13철근을 변수에 따라 150mm, 300mm, 500mm로 배근하여 전단에 충분히 저항하도록 하였다 [Oehlers, 1989]. Dowel Bar는 D13를 사용하였으며 Stud와 Dowel Bar를 300mm간격으로 배치하였다.

#### 3.3.2 가력 및 측정방법

시험체의 구조내력 및 거동을 평가하기 위한 하중재하는 지간중앙에서 양쪽으로 15cm의 거리를 두고 4점 재하 하였으며, 가력은 100ton 용량 Shimadzu사 만능시험기를 사용하여, 분당 1mm의 변위 제어로 파괴 시까지 하중을 재하하였다. 변위는 LVDT를 사용하여, 중앙 및 지간의 1/4지점 양쪽에서 측정하였으며 변형률은 Strain Gauge를 부착하여 데이터 로거(datalogger)를 사용하여 측정하였고 균열의 발생 및 진전 상태를 육안으로 면밀히 관찰하였다. 측정방법 및 게이지 부착위치는 그림 2에 나타내었다.

- 강재 및 철근 게이지 부착위치
  - 단면하단에서 부터 4, 8, 13, 18, 23, 28cm
- 콘크리트 게이지 부착위치
  - 단면하단에서 부터 8, 13, 18, 23, 28, 36cm

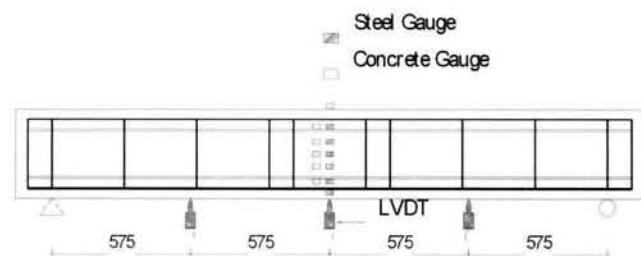


그림 2. Gauge 부착위치 및 LVDT의 설치위치

## 4. 실험결과 및 고찰

### 4.1 파괴양상

시험체별 초기균열 발생하중은 표 3에 정리된 바와 같이 약 5.5~7.0kN 사이에서 발생하였고, 수직보강재를 설치한 A-SP1-O-V(6.4kN), B-SP1-O-V(7.0kN)에 비하여 수직보강재를 설치하지 않은 A-SP1-O-N(5.54kN), B-SP1-O-N(6kN)가 낮은 하중단계에서 균열이 발생하였다. 수직보강재를 설치한 시험체(그림 3 참조)와 비교시 파괴양상에서 특이한 것은 수직보강재를 설치하지 않은 시험체에서 A-SP1-O-N의 경우 최대하중의 91%에서 B-SP1-O-N의 경우 최대하중의 94%에서 압축플랜지 부근에서 물결모양의 수평균열이 발생하는 것을 관찰 할 수 있었고(그림 4 참조), 이는 강재와 콘크리트면간의 부착파괴 현상으로 나타난 슬립 현상에 의한 균열로 사료되며, 따라서 수직보강재의 설치로써 강재의 국부좌굴 방지와 더불어 파괴 시까지 강재와 콘크리트의 부착파괴 방지에 상당히 효과적인 것으로 나타났다.

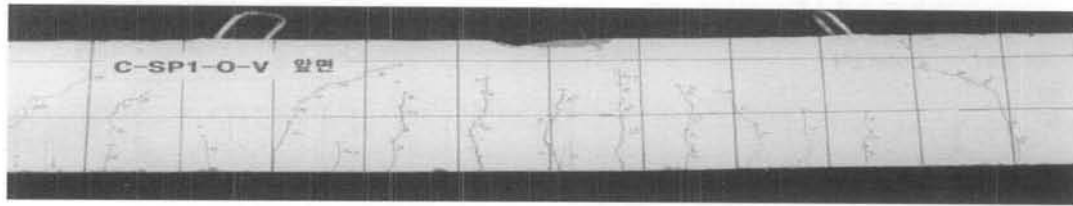


그림 3. C-SP1-O-V의 파괴형상

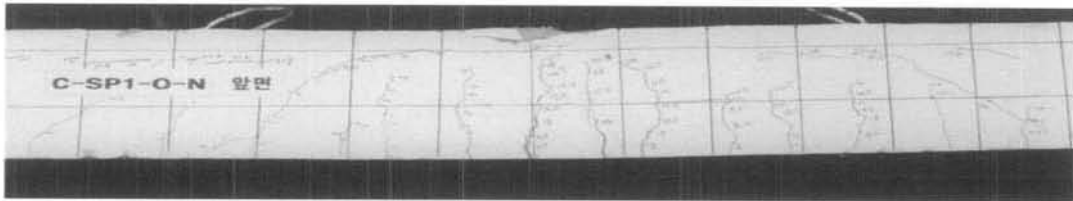


그림 4. C-SP1-O-N의 파괴형상

Stud 및 Dowel Bar의 설치에 따른 균열양상에서 인장부에 설치한 Stud의 위치와 비슷한 위치에서 균열이 다수 발견되었으며, Stud 및 Dowel Bar의 설치유무와 전단철근량에 따른 초기균열 하중은 수직보강재를 설치하지 않은 시험체 비해서는 다소 높은 하중단계에서 초기균열이 발생하였으나, 수직보강재를 설치한 시험체와는 비슷한 초기균열 하중을 나타내었다. 따라서 합성보의 초기균열 발생 시기를 기준으로한 초기강성에는 수직보강재의 설치가 가장 큰 영향을 주는 것으로 판단되며, 추가적으로 설치한 Stud 및 Dowel Bar와 전단철근간격 및 콘크리트 강도는 큰 영향을 주지 않는 것으로 판단된다.

표 3. 시험체별 초기균열 하중

시험체	초기균열 하중 (kN)	시험체	초기균열 하중 (kN)
A-SP1-O-V	6.4	A-SP2-O-V	6.5
A-SP1-O-N	5.5	A-SP3-O-V	6.0
A-SP1-SD1-V	6.5	B-SP1-O-V	7.0
A-SP1-SD2-V	6.1	B-SP1-O-N	6.0
A-SP1-SD3-V	6.3	-	-

## 4.2 수직보강재의 영향

### 4.2.1 단면내력

수직보강재를 설치한 합성보의 내력은 표 4에서와 같이 수직보강재를 사용하지 않은 합성보에 비하여 배합강도 B-type(35MPa)의 경우  $M_{cu}$ 는 4%,  $M_{max}$ 는 6%로 다소의 단면내력 증가가 나타났다. 이는 수직보강재의 설치에 의한 강성증가 및 강재와 콘크리트의 부착파괴 방지로 인한 효과로

판단된다.

콘크리트 설계기준 강도에 따른(21MPa→35MPa) 내력증가는 수직보강재를 사용한 합성보의 경우  $M_{cu}$ 는 7%,  $M_{max}$ 는 8%증가를 보였으나 수직보강재를 사용하지 않은 합성보의 경우  $M_{cu}$ 는 3%,  $M_{max}$ 는 5%증가를 보이고 있음을 볼 때 강도증가에 따른 내력증가율은 수직보강재를 설치한 합성보가 수직보강재를 설치하지 않은 합성보에 비하여 약 2배의 내력증가율을 보이고 있으며 이는 콘크리트 강도증가에 따른 내력증가의 효과가 수직보강재를 설치한 합성보에서 더 크다고 볼 수 있다.

표 4. 수직보강재의 설치에 따른 합성보의 단면내력

시험체	$M_{cu}$ (N-mm)	$M_{max}$ (N-mm)	내력비 ( $M_{cu}$ )	내력비 ( $M_{max}$ )
A-SP1-O-V	1.448-①	1.563-⑤	②/① = 0.99	⑥/⑤ = 0.97
A-SP1-O-N	1.443-②	1.517-⑥		
B-SP1-O-V	1.552-③	1.684-⑦	④/③ = 0.96 ③/① = 1.07 ④/② = 1.03	⑧/⑦ = 0.94 ⑦/⑤ = 1.08 ⑥/⑧ = 1.05
B-SP1-O-N	1.491-④	1.589-⑧		

$M_{cu}$  :  $\epsilon_{cu} = 0.003$  때의 단면내력

$M_{max}$  : 보의 최대내력

### 4.2.2 하중-변위 및 변형률

재하하중 2.5kN, 3.0kN에서의 수직보강재 설치 유무에 따른 상대강성비는 표 5에 보인 바와 같이 수직보강재 설치 시험체를 1.00로 했을 경우 수직보강재를 설치하지 않은 시험체의 상대강성은 재하하중 2.5kN에서 0.73(A-type)

0.86(B-type) 3.0kN에서 0.75(A-type), 0.79(B-type)로 수직보강재의 설치로 인한 강성증가 효과는 2.5kN에서 20.0%(A-type), 16.0%(B-type), 3.0kN에서 33.3%(A-type), 26.1%(B-type)를 나타내고 있으며, 콘크리트강도 증가에 따른 상대적인 강성증가는 매우 미약하였다. 따라서 매립형 합성보의 강성증가는 콘크리트강도 증가보다는 수직보강재의 설치가 더 지배적인 것으로 나타났다. 그림 5와 6같이 최대하중에 근접 할수록 상대강성비의 차이는 커짐을 알 수 있으며, 이는 수직보강재를 설치하지 않은 시험체의 강재와 콘크리트간의 부착과괴에 의한 불확실한 합성거동에 의한 강성의 감소로 판단된다.

표 5. 수직보강재 설치에 따른 상대 강성비 (P=25ton, 30ton)

시험체		시험체	
		A-SP1-O-V	A-SP1-O-N
하중(kN)	처짐(mm)	6.11	7.35
	강성비	1.00	0.83
P=3	처짐(mm)	10.06	13.41
	강성비	1.00	0.75
시험체		시험체	
		B-SP1-O-V	B-SP1-O-N
P=2.5	처짐(mm)	6.21	7.20
	강성비	1.00	0.86
P=3.0	처짐(mm)	9.61	12.12
	강성비	1.00	0.79

또한 하중증가에 따른 인장철근과 인장플랜지의 변형률은 표 6과 그림 5~9에서 보듯이 수직보강재 설치에 의하여 재하하중 200kN에서 인장철근의 경우 상대적으로 A-type의 시험체는 27.2%, B-type은 25.7% 만큼 변형능력이 향상되었으며, 인장플랜지는 A-type의 시험체에서 30.6%만큼의 상대적인 변형능력 향상을 나타내고 있으며, 강도증가에 따른 인장철근과 인장플랜지의 상대적인 변형능력 증가는 각각 19.3%, 3.0%로 철근과 강재의 상대적인 변형능력 향상은 콘크리트 강도의 증가보다는 역시 수직보강재 설치에 의한 효과가 더 큼을 알 수 있다. 따라서 수직보강재의 설치로서 강재만의 좌굴방지와 더불어 강재와 콘크리트의 부착과괴 방지에 따른 단면내력과 강성증가 및 인장철근의 변형능력 증가에 상당한 효과를 발휘하는 것으로 생각된다.

이러한 변형능력 향상은 단면내력의 향상으로 휨 부재로서 사용 시 저항모멘트를 증가시킬 수 있을 것으로 생각된다.

표 6. 수직보강재 설치에 따른 인장철근 및 인장플랜지의 변형률(P=2.0kN)

시험체	A-SP1-O-V	A-SP1-O-N	B-SP1-O-V	B-SP1-O-N
인장철근 변형률(E-6)	1730	2200	1450	1823
인장플랜지 변형률(E-6)	1103	1440	1071	-

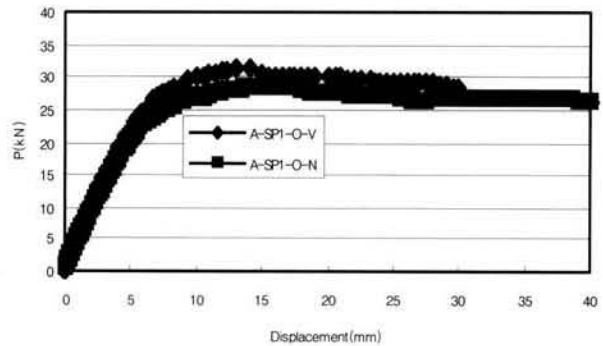


그림 5. 수직보강재의 설치 유무에 따른 하중-변위 곡선(A-type)

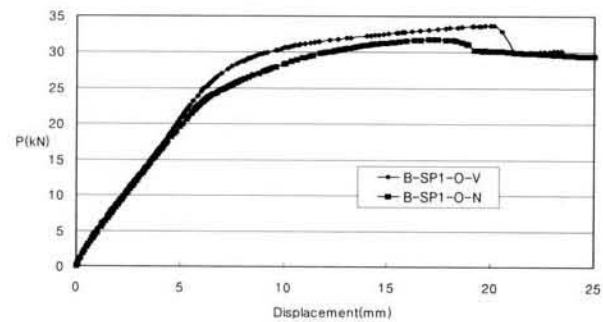


그림 6. 수직보강재의 설치 유무에 따른 하중-변위 곡선(B-type)

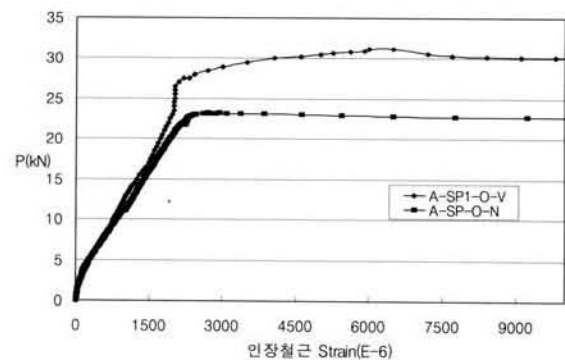


그림 7. 수직보강재의 설치 유무에 따른 하중-인장철근의 변형률곡선(A-type)

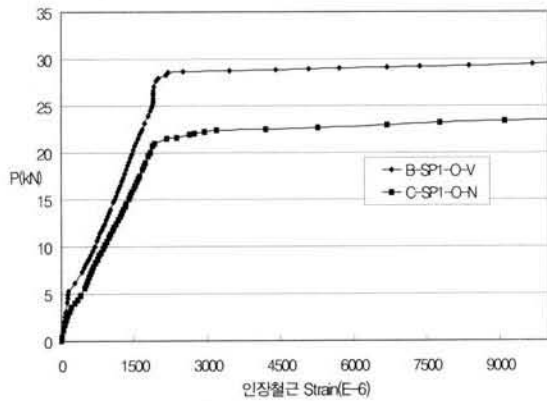


그림 8. 수직보강재의 설치 유무에 따른 하중-인장철근의 변형률 곡선(B-type)

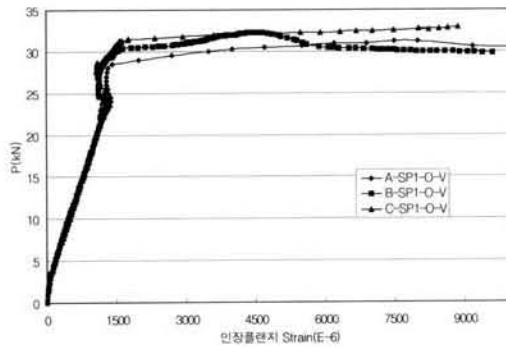
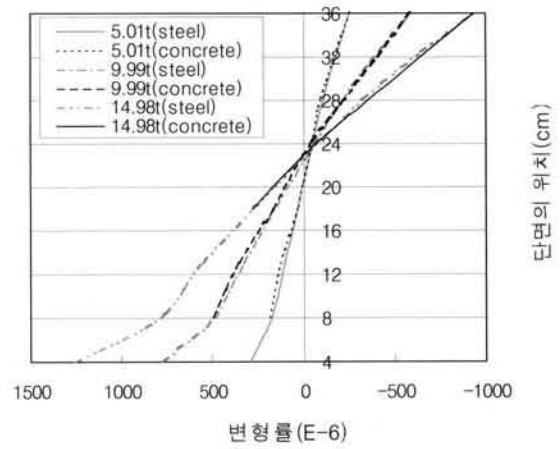
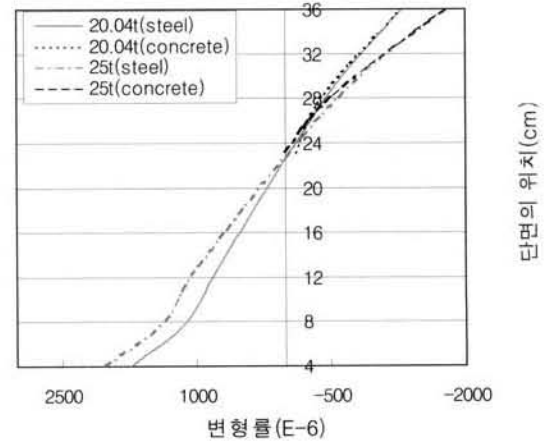


그림 9. 수직보강재의 설치 유무에 따른 하중-인장플랜지의 변형률곡선

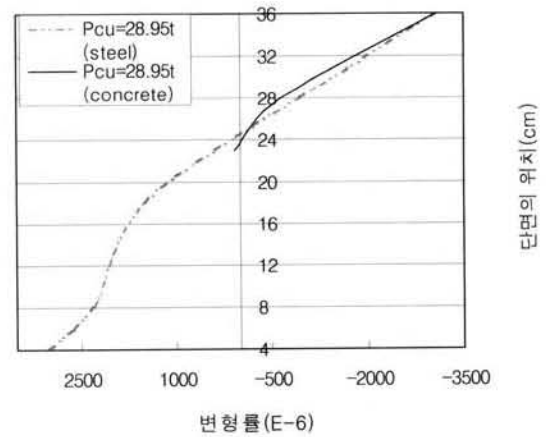
그림 10과 11은 시험체의 강재 및 철근에 부착한 게이지 변형률과 강재 및 철근과 동일한 위치에 부착한 콘크리트 게이지 변형률의 단면분포를 비교한 것으로 수직보강재를 설치한 시험체의 경우 재하하중 2.5kN까지 강재 및 철근과 콘크리트의 변형률이 일치하고 있으며(그림 8(b)) 반면에 수직보강재를 설치하지 않은 시험체에서는 재하하중 20ton에서 부터 강재 및 철근과 콘크리트의 변형률이 불일치하고 있음을 알 수 있다. 또한 그림 8(c)와 9(c)의 비교로서 수직보강재의 설치가 강재와 콘크리트의 합성거동을 파괴 시까지 유지할 수 있으며, 합성보의 설계 시 강재와 콘크리트의 완전한 합성거동의 가정을 수직보강재의 설치로써 만족하고 있음을 알 수 있다.



(a) A-SP1-O-V (0.5kN, 1kN, 1.5kN)

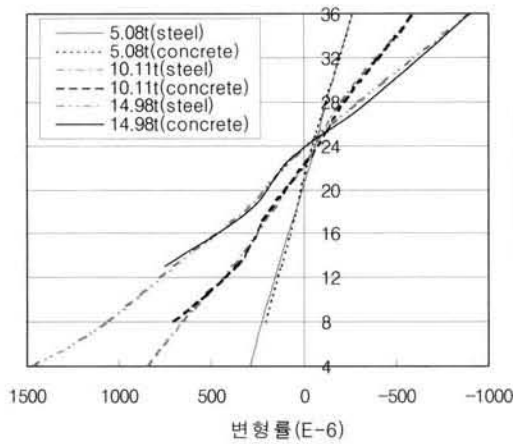


(b) A-SP1-O-V (2kN, 2.5kN)

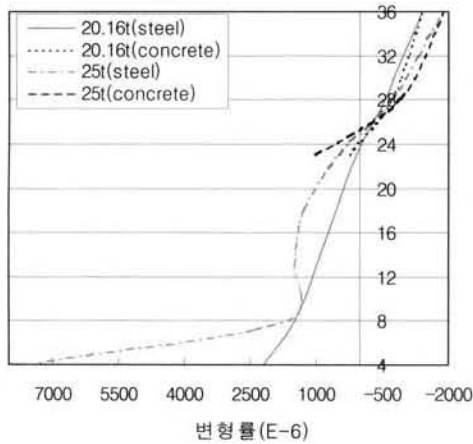


(c) A-SP1-O-V

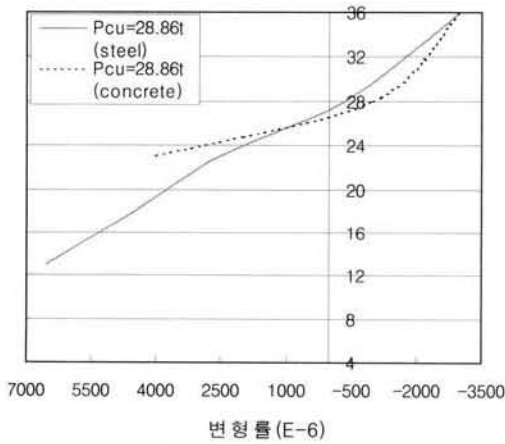
그림 10.  $\epsilon_{cu}=0.003$ 때의 부재별 변형률 분포



(a) A-SP1-O-N (0.5kN, 1kN, 1.5kN)



(b) A-SP1-O-N (2kN, 2.5kN)



(c) A-SP1-O-V

그림 11.  $\epsilon_{cu}=0.003$ 때의 부재별 변형률 분포

### 4.3 Stud와 Dowel Bar의 영향

#### 4.3.1 단면내력

수직보강재 설치에 Stud와 Dowel Bar를 추가 설치한 합

성보의 내력은 압축부에만 설치한 A-SP1-SD1-V가  $M_{cu}=1.368N\text{-mm}$ ,  $M_{max}=1.458N\text{-mm}$ , 인장부에만 설치한 A-SP1-SD2-V가  $M_{cu}=1.379N\text{-mm}$ ,  $M_{max}=1.508N\text{-mm}$ 이며, 인장 및 압축부에 설치한 A-SP1-SD3-V는  $M_{cu}=1.389N\text{-mm}$ ,  $M_{max}=1.529N\text{-mm}$ 로 Stud 및 Dowel Bar를 설치하지 않은 A-SP1-O-V( $M_{cu}=1.448N\text{-mm}$ ,  $M_{max}=1.563N\text{-mm}$ )와 비교하여 단면내력의 증가는 나타나지 않고 있다(그림 12 참조). 따라서 Stud 및 Dowel Bar의 추가 설치에 강성증가 효과에 비하여 구조내력에는 영향을 주지 않는 것으로 판단된다.

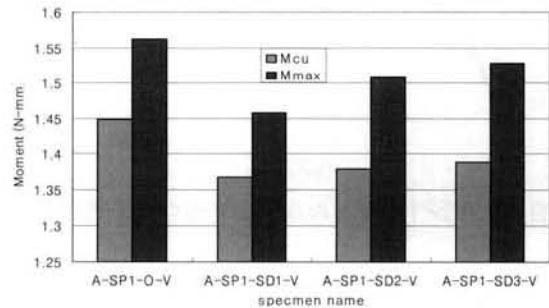


그림 12. 시험체별 단면내력

#### 4.3.2 하중-변위 및 변형률

재하하중 2.5kN에서의 Stud와 Dowel Bar의 추가 설치 유무에 따른 상대강성비는(표 7 및 그림 13-15 참조). Stud와 Dowel Bar를 추가 설치하지 않은 시험체(A-SP1-O-V, 수직보강재만 설치한 시험체)를 1.00로 했을 경우 압축부에만 설치한 A-SP1-SD1-V는 1.09, 인장부에만 설치한 A-SP1-SD2-V는 0.87, 압축 및 인장부에 설치한 A-SP1-SD3-V는 1.15로 압축부 또는 압축과 인장부에 Stud와 Dowel Bar를 설치한 시험체에서 합성거동의 증진 효과에 의한 9~15%의 강성증가 효과를 알 수 있었다. 인장측에만 Stud와 Dowel Bar를 설치한 시험체에서 강성의 감소가 나타나고 있는 것은 인장측의 Stud위치와 균열의 시작 위치가 일치하는 부분이 다수 나타나는 것에 비추어 인장측에만 Stud와 Dowel Bar를 설치하는 것은 오히려 단면의 강성에 좋지 않은 영향을 미치는 것으로 사료된다. Stud와 Dowel Bar의 추가 설치에 따른 인장철근 및 인장플랜지의 변형능력은 Stud와 Dowel Bar의 설치하지 않은 시험체(A-SP1-O-V, 수직보강재만 설치한 시험체)와 유사 하였으며, 변형능력의 증가 효과는 나타나지 않았다.

표 7. Stud와 Dowel Bar 설치에 따른 강성비(P=2.5kN)

시험체	A-SP1-O-V	A-SP1-SD1-V	A-SP1-SD3-V
처짐(mm)	6.11	5.62	5.33
강성비	1	1.09	1.15

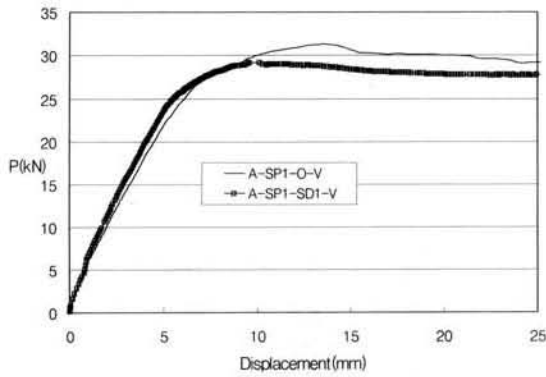


그림 13. A-SP1-O-V와 A-SP1-SD1-V의 하중-변위 곡선

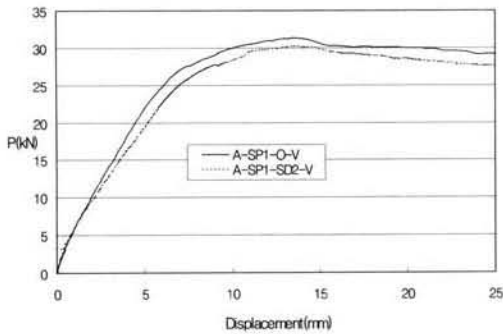


그림 14. A-SP1-O-V와 A-SP1-SD2-V의 하중-변위 곡선

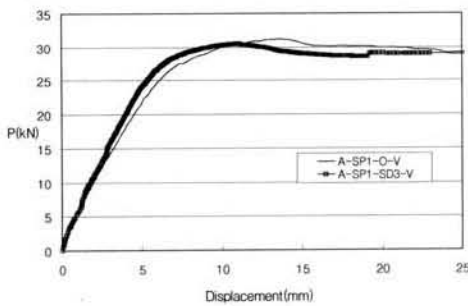


그림 15. A-SP1-O-V와 A-SP1-SD3-V의 하중-변위 곡선

#### 4.4 전단철근량의 영향

전단철근의 간격에 따른 합성보의 내력은 전단철근 간격이 150mm인 A-SP2-O-V가  $M_{cu}=1.435N\text{-mm}$ ,  $M_{max}=1.544N\text{-mm}$ , 전단철근 간격이 500mm인 A-SP3-O-V가  $M_{cu}=1.379N\text{-mm}$ ,  $M_{max}=1.522N\text{-mm}$ 로서, 전단철근 간격이 300mm인 A-SP1-O-V에 비하여  $M_{cu}$ 는 95~99%,

$M_{max}$ 는 97~99% 수준으로 전단철근의 간격은 합성보의 구조내력에 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다.

또한 단면의 강성과 인장철근 및 인장플랜지의 변형능력 역시 전단철근의 간격에 영향을 받지 않는 것으로 나타났다. 이것은 일반 RC보와 달리 매립형 합성보는 전단철근 이외에 수직 보강재의 추가설치로 수직보강재가 전단력을 부담하기 때문인 것으로 생각되며 수직보강재의 유무가 실험결과 단면의 강성 및 인장철근, 인장플랜지의 변형능력에 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다.

#### 5. 결론

강부재가 철근콘크리트 내부에 매립되는 합성형 구조의 강재와 콘크리트 간 합성거동 유무를 분석하기 위해 휨 시험을 실시하여 얻어진 결과를 정리하면 다음과 같다.

- (1) 초기균열 발생시기를 기준으로한 초기강성에는 수직보강재의 설치가 가장 큰 효과를 나타냈으며, 수직보강재를 설치하지 않은 시험체의 최대하중 부근에서 압축 플랜지 부분에 발생된 물결 모양의 수평균열은 강재와 콘크리트면간의 부착파괴로 인한 슬립현상으로 판단되어, 매립되는 합성보의 수직보강재는 강재의 좌굴방지 뿐만 아니라 강재와 콘크리트면간의 부착파괴 방지에 도 상당히 효과적인 것으로 생각된다.
- (2) 수직보강재를 설치한 경우, 파괴 시까지 강재단면과 콘크리트 단면의 변형률 분포가 거의 일치함을 비교함으로써 수직보강재의 설치로 강재와 콘크리트간의 일체 거동을 확인하였다.
- (3) 수직보강재에 Stud와 Dowel bar를 인장축에 설치한 경우, 수직보강재만을 설치한 시험체에 비하여 강성증가 효과는 없는 것으로 나타났으며, 압축부 및 인장과 압축부에 설치한 시험체에서는 Stud와 Dowel bar의 추가 설치에 따른 합성거동 증진에 의한 강성증가 효과가 있는 것으로 나타났다.
- (4) 매립형 합성보의 설계시 수직보강재 설치 시험체의 단면 변형률 분포 결과로부터 인장철근 및 인장플랜지의 항복이후에도 휨에 저항 하고 있는 강재 복부의 탄·소성영역을 확인 할 수 있었으며, 이를 고려하지 못하는 현재의 설계법을 개선하여 강재가 매립되는 합성보의 단면 변형률 특성을 합리적으로 반영할 수 있는 설계법에 관한 연구가 필요한 것으로 판단된다.



참 고 문 헌

- 건설교통부(1996). 도로교표준시방서, 1996년.  
 건설교통부(1996). 콘크리트표준시방서, 1996년.  
 대한건축학회(1995). 강구조 한계상태 설계기준(안) 및 해설 작성에 관한 연구, 1995년.  
 조효남, 한봉구(1993). 강구조공학, 구미서관.  
 Jack C. McCormac(1995). STRUCTURAL STEEL DESIGN, 구미서관, 1993년.  
 김필중, 김규석, 김상섭(1990). 반복수평하중을 받는 양단강절 합성보의 거동에 관한 연구, 대한건축학회논문집, 1990년 7월.  
 김희규(1997). 합성보의 내력산정과 섬유보강재의 보강효과에 대한 연구, 홍익대학교, 1997년.  
 이원호, 이재연, 이리형(1996). 합성보 실험에 의한 쉬어 코넥 터의 강도에 관한연구, 대한건축학회논문집, 12권 4호 통권 90호, pp.223~229.  
 Deric J. Oehlers and Mark A. Bradford.(1995). COMPOSITE STEEL AND CONCRETE STRUCTURAL MEMBER, PERGAMON.  
 Oehlers, D. J.(1989). Splitting Induced by Shear Connectors in Composite Beams, *Journal of Structural Engineering*, ASCE, Vol.115, No.2.  
 Sakata, H. and Wada, A.(1995). A Methd to Estimate the Moment and Rotation Angle Relationships of SRC Beam Members, Proceedings EASEC-5.  
 Mirza, S.A., Hyttinen, V. and Hyttinen, E.(1996). Physical Tests and Analyses of Composite Steel-Concrete, *Journal of Structural Engineering*, 11, pp.1317-1326.  
 (접수일자 : 2008. 7. 30 / 심사일 2008. 8. 21 / 게재확정일 2008. 9. 8)