

강섬유와 철근집합체 조합을 이용한 초고강도 섬유보강 철근 콘크리트 I형 보의 연성거동에 관한 실험

박진영¹, 한상묵^{2*}

The Ductile Behavior Test of the Ultra High Performance Fiber Reinforced I Beam by the Combination of the Fiber and Group of Reinforcement Bar

Jin-Young Park¹, Sang-Mook Han^{2*}

Abstract: The purpose of this study is to induce the ductile behavior of the Ultra High Performance Concrete Reinforced I beam by substituting the part of steel fiber for bundle of reinforcing bars. Experiment of flexural behavior of the Ultra High Performance Concrete I shaped beam with the combination of the steel fiber and bundle of reinforcement bars was carried out. The volume fractions of steel fiber are 0%, 0.7%, 1%, 2%. The bundle of reinforcing bars and prestressing wire are used to restrain the concrete in compression zone. Length of bundle of reinforcing bar and prestressing wire is the one of test factors. The 9 Reinforced UHPC I shaped beam were made with these test factors. Not only steel fiber but also bundle of longitudinal reinforcing bar has effect to induce the ductile behavior of Reinforced UHPC I beam. The combination of 0.7% or 1.0% steel fiber and bundle of reinforcing bar showed the effective ductile behavior of I beam. The relationship of load-deflection and the crack pattern indicate the usefulness of the bundle of the longitudinal bar which has small diameter with close arrangement each other.

Keywords: Steel fiber reinforced concrete, Ultra high performance concrete(UHPC), Ductile behavior, I Shaped beam, Bundle of reinforcement bars

1. 서 론

초고강도 섬유보강 콘크리트는 보통 또는 고강도 콘크리트에 비해 매우 높은 압축강도와 인장강도를 가지고 있으며 최적충전밀도 배합으로 인한 탁월한 내구성을 가지고 있다. 초고강도 콘크리트의 높은 압축강도와 내구성으로 인해 기존의 일반콘크리트 구조물보다 단면적 및 형고를 줄일 수 있다. 구조물의 단면적과 형고가 줄어들어서 가지는 장점은 자중 감소 효과로 인해 수월한 시공 및 신속한 시공이 가능하다. 또한 형고 대비 긴 경간을 가지고 있어 형하 공간을 더 크게 확보할 수 있는 장점이 있으며, 상부구조의 경량화로 교각 및 기초에 재하되는 하중의 경감으로 교각과 기초에서 경제적인 시공이 수반된다. 최적충전밀도이론에 의해 구성된 분체콘크리트는 염화칼슘침투, 중성화, 동결융해 저항성 및 수밀성 부분에서 월등한 내구성을 가지고 있어 기존 콘크리트보다 장수명의 이점을 가지고 있다(Chan et al, 2000).

압축강도 150 MPa이상의 콘크리트는 조밀한 조직으로 인해 취성의 역학적 특성을 가지고 있다. 초고강도 콘크리트내의 강섬유는 압축영역에서는 3축 압축으로, 인장영역에서는 인장력 증진으로 구조물의 연성거동을 유도하고 있다(Han and Guo(a), 2011). 또한 콘크리트내의 강섬유는 균열의 진전을 억제하고, 전단철근 대신 전단력을 부담하는 역할을 한다.

초고강도 섬유보강 콘크리트는 1997년에 처음 보도교량에 적용된 후 현재 여러 나라에서 보도교량과 차량교량에 그 적용 예가 증가하고 있다. 1997년 캐나다 Sherbrooke UHPC 보도교량이 처음 시공되었으며, 2002년에는 한국의 UHPC 선유교, 일본의 사카다-미라이 UHPC 보도교량이 시공되었고, 2009년까지 뉴질랜드, 일본, 캐나다, 독일 등에서 파이형 거더, 박스형 거더, I형 거더의 UHPC 보도교량이 다수 시공되었다. 또한 2002년도 프랑스에 최초의 UHPC 차량교량인 Bourg-Les-Valence 교량 시공 이후 다수의 보도 및 차량교량이 시공되었고(Resplendino, 2012), 2012년에 157 m의 아치 차량교량이 오스트리아에 시공되었으며(Kalny Milan et al., 2014), 2014년에 156 m의 보도사장교가 체코에 완공되었다(Freytag and Heizle, 2012). UHPC의 재료적 장점을 이용한 새로운 형태의 구조물이 미적외관, 내구성 및 유지관리의 장점 면에서 적용

¹학생회원, 금오공과대학교 토목공학과 석사

²정회원, 금오공과대학교 토목공학과 교수, 교신저자

*Corresponding author: smhan@kumoh.ac.kr

•본 논문에 대한 토의를 2016년 2월 1일까지 학회로 보내주시면 2016년 3월 호에 토론결과를 게재하겠습니다.

예가 증가되고 있다. 초고강도 섬유보강 콘크리트가 일반 콘크리트에 비해 구조적 특성, 내구성면에서 많은 장점을 보유하고 있지만 고가의 재료비용이 원활한 적용에 걸림돌이 되고 있다(Han ang Guo, 2011).

본 연구의 목적은 실제구조물 규모의 초고강도 철근 콘크리트 I형 보에서 강섬유가 콘크리트를 3축으로 구속하여 연성 거동을 유도하는 역학적 개념과 같이 중립축 상부에 배근된 직경이 작은 중방향 철근 집합체가 콘크리트를 3축 구속하여 연성거동을 유도하는 실효성을 검증하는데 있다. 초고강도 섬유보강 철근 콘크리트 I형 보에서 강섬유 혼입률, 철근 집합체 길이, PS강연선 집합체 길이를 실험변수로 총 9개의 10 m I형 거더를 제작하여 휨실험을 수행하고 파괴거동을 파악하여, 연성거동을 유도할 수 있는 강섬유 혼입률과 철근 집합체의 경제적인 조합을 찾는 것을 목적으로 한다.

2. 시 험

2.1 UHPC 배합 및 압축강도

초고강도 섬유보강 콘크리트 배합은 Table 1과 같이 시멘트 중량을 기준으로 물 0.22, 실리카흙 0.25, 규사 1.1, 실리카 플로우 0.3, 감수제 42 L/m³을 기본 배합비로 하였다. F0 시험체에는 강섬유를 넣지 않고, F0.7, F1 그리고 F2는 강섬유를 체적대비 0.7%, 1%, 2%를 혼입하였다. 강섬유의 직경은 0.2 mm, 길이 13 mm로서 세장비가 65이며, 강섬유의 인장강도는 2500 MPa이다.

압축강도 실험용 공시체는 $\phi 100 \times 200$ mm 몰드를 사용하였으며, I형 실험체와 함께 증기양생 후 강도 실험을 수행하였다. 압축강도 실험 결과 Table 2와 같이 F0는 158.2 MPa, F0.7은 160.8 MPa, F1은 164.6 MPa, F2는 165.1 MPa로 측정되었다. 인장강도는 길이 500 mm, 단면 40×75 mm의 직사각형 공시체를 사용하여 직접인장강도 실험을 실시하였다. 직접인장

Table 1 Mixing Ratio of UHPC(weight ratio)

Cement	Water	Silica fume	Sand	Silica flour	W/B	Superplasticizer
1	0.22	0.25	1.1	0.3	0.18	42 l/m ³

Table 2 Compressive and Direct Tensile Strength of Specimen

	F0	F0.7	F1	F2
Compressive Strength (MPa)	158.2	160.8	164.6	165.1
Direct Tensile Strength(MPa)	4.1	4.6	5.8	8.4

강도 실험 결과 Table 2와 같이 F0는 4.1 MPa, F0.7은 4.6 MPa, F1은 5.8 MPa, F2는 8.4 MPa로 측정되었다.

2.2 UHPC I형 시험 부재 제작

UHPC I형 보는 Fig. 1 ~ Fig. 4와 같이 상하연폭 400 mm, 복부폭 150 mm, 높이 500 mm로서 모든 실험체는 길이 10 m, 양단에 1 m씩 직사각형 단면형태를 두고 2 m씩의 변단면 형태, 4 m의 I형 단면 형태를 가지고 있다. 실험변수로는 체적대비 강섬유의 혼입률 0%, 0.7%, 1%, 2%와 보의 지간 중앙 압축부에 D10의 철근 집합체, 15.2 mm 강연선 집합체와 집합체의 길이로 구성하였으며, Table 3과 같이 총 9개의 보를 제작하였다. 강섬유 혼입률 0%, 0.7%, 1%, 2%를 사용한 보는 각각 F0,

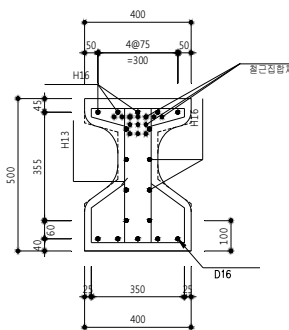


Fig. 1 Section of F0, F0.7 and F1(RC beam)

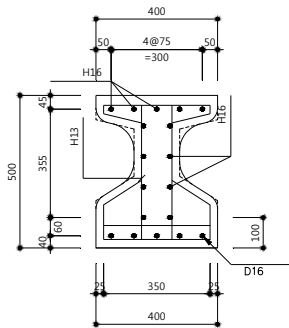


Fig. 2 Section of F2(RC beam)

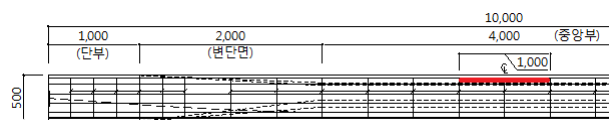


Fig. 3 Length of group bar of RC I-Beam(S1, RT1)

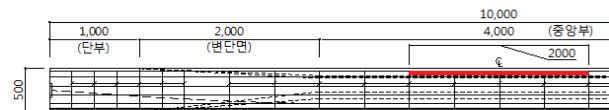


Fig. 4 Length of group bar of RC I-Beam(S2, RT2)

Table 3 Kinds of UHPC RC I-Beam

	UHPC RC I-Beam				
	group of rebar				no group of rebar
	RT1(1 m)	RT2(2 m)	S1(1 m)	S2(2 m)	
F0	F0RT2		F0S2		
F0.7	F0.7RT1	F0.7RT2	F0.7S1	F0.7S2	
F1	F1RT2		F1S2		
F2					F2

F0.7, F1, F2로 표기하였고, 보 지간 중앙의 압축부에 배근된 종방향 철근 집합체는 D10의 철근을 사용한 경우 S로, 15.2 mm 강연선을 사용한 경우 RT로 표기하였다. 종방향 철근 집합체를 보 중앙 1 m에 보강한 경우 S1, 2 m로 보강한 경우 S2로 나타냈었고, 강연선을 보 중앙 1 m에 보강한 경우 RT1, 2 m로 보강한 경우 RT2로 나타내었다. 중앙단면에 2 m의 철근 집합체를 배근하고, 강섬유를 0.7% 혼입한 경우는 F0.7S2로 표기하였으며, RC보 9개의 종류를 Table 3에 분류하였다.

Fig. 3는 중앙단면에 길이 1 M의 철근 집합체로 보강한 평면도를 나타내었고, Fig. 4는 중앙단면에 길이 2 M의 철근 집합체로 보강한 RC보의 평면도를 도시하였다.

2.3 실험체 실험 방법

시험부재 길이 10 M의 양 단부 40 cm 안쪽에 지점을 설치하여 순경간 9.2 M를 형성시켰으며, 양쪽의 지점은 힌지와 롤러로 경계조건을 형성하였다. 하중 가력점은 실험체 중앙에서 각각 50 cm 떨어진 곳에 위치시켜 두 가력점 사이 순수 휨이 발생하도록 4점 재하 하였다. 실험체에 재하된 하중은 액츄에이터를 통해 10 mm/min 속도의 변위제어 방식으로 가력하였다. 실험 데이터는 실험체 중앙에 설치한 콘크리트게이지와 휨철근에 부착한 철근게이지를 통해 변위데이터를 수집하였고 액츄에이터에서 측정된 하중, 처짐 데이터를 수집하였다.

초고강도 섬유보강 철근 콘크리트 I형 시험체는 액츄에이터 스트로크 제한 내인 280 mm를 처짐 한계로 실험을 수행하였다.

3. 시험 결과 및 고찰

3.1 하중-처짐 관계

철근 콘크리트 보는 인장구역에서 균형 철근량보다 적게 인장철근을 배근하여 연성거동을 유도하는 것이 일반적인 설계방법이다. 본 연구에서는 Fig. 1과 같이 철근콘크리트 보의

인장구역이 아닌 압축구역에 작은 직경의 종방향 집합체 철근을 중앙단면에 부분적으로 배근함으로써 철근 집합체의 3축 구속효과로 인한 보의 연성과파괴를 유도하는 현상에 대한 실험적 연구이다.

Fig. 5와 같이 강섬유 혼입률이 2%인 F2는 강섬유가 혼입되지 않은 F0계열 보보다 강성은 강하지만 항복하중 이후 최대하중에 대한 연성도가 작고, 최대하중 이후 보의 처짐이 급속히 진행되어 F0계열의 보보다 취성적 거동 특성을 보이고 있다. F0계열 보의 평균항복하중은 210.6 kN으로 F2 보가 받는 항복하중의 58%만을 받는 것으로 나타났다. 또한 항복 하중 시 F2 보의 처짐이 92.5 mm로서 F0계열 보보다 16 mm 정도 더 진행되었다.

선형의 하중-처짐 관계에서 비선형 관계로 변화할 경우 보가 항복하였다고 규정하고 항복하중과 이에 상응하는 처짐 및 철근의 변형률을 Table 4에 그리고 최대하중과 상응하는 처짐을 Table 5에 나타내었다. F2보는 항복하중과 최대하중의 차이가 7 kN이고 항복하중 이후 최대하중까지 처짐이 8.5 mm 발생하여 연성도가 작고, 최대하중 이후 내하력이 급속히 감소되는 현상을 보였다. 반면 F0계열 보는 항복하중과 최대하중의 차이가 33 kN이고 항복하중 이후 최대하중까지 처짐이 100 mm 정도, F0S2는 188 mm 정도의 처짐을 보여 연성도가 크다고 볼 수 있다. 항복 하중 이후 최대하중까지 거동을 비교해 볼 때 F0계열의 보가 F2 보보다 강섬유가 혼입되지 않은 관계로 강성은 약하지만 압축구역에서 철근 집합체에 의한 3축 구속으로 연성적 거동을 보이고 있다. 철근 집합체를 사용한 F0S2가 강연선 집합체를 사용한 F0RT2보다 항복 하중 이후 안정적 거동을 보이고 있으며, F0계열의 보는 최대하중 작용 시 압축연단에서 콘크리트 압축파괴 현상을 보이고 있다.

F0.7계열 보의 평균항복하중은 277.5 kN으로 F2 보가 받는 항복하중의 76.7%를 받는 것으로 나타났으며 평균최대하중은 322.1 kN으로 F2최대하중의 87.1%이다. 또한 항복 하중

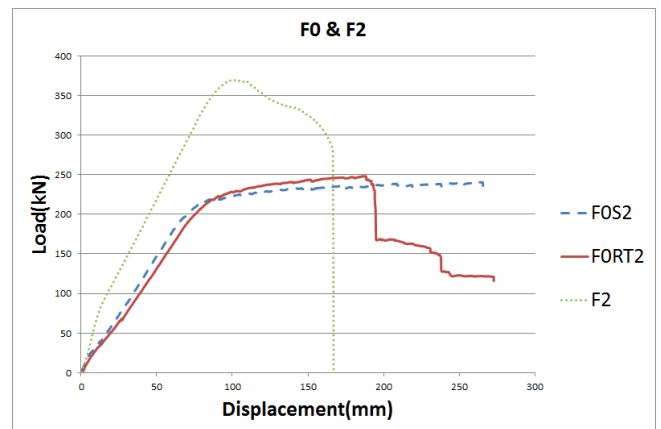


Fig. 5 Load-Displacement of F0 and F2 beam

Table 4 Displacements and Strains at Yield Load of I-Beam

	Yield Load (kN)	Displacement at Yield Load(mm)	Rebar strain at Yield Load($\mu\epsilon$)
F0S2	208.2	72.5	2658
F0RT2	213.0	80.8	2981
F0.7S1	259.8	78.8	3396
F0.7RT1	275.2	78.3	3027
F0.7S2	289.3	62.1	3338
F0.7RT2	285.6	89.5	3294
F1S2	295.0	85.3	3384
F1RT2	280.2	78.1	3227
F2	362	92.5	3568

Table 5 Displacements at Maximum Load

	Maximum Load (kN)	Displacement at Max Load (mm)
F0S2	240.1	260.3
F0RT2	246.3	181.9
F0.7S1	316.1	250
F0.7RT1	314.3	257.8
F0.7S2	333	274.7
F0.7RT2	325.0	273.6
F1S2	342.5	190
F1RT2	334.1	265.8
F2	369.7	101

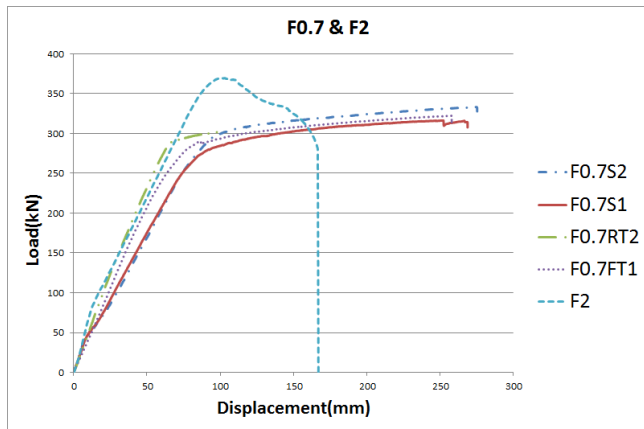


Fig. 6 Load-Displacement of F0.7 and F2 beam

시 F2 보의 처짐이 92.5 mm로 F0.7계열의 보 보다 15.3 mm 정도 더 발생되었다. 보의 하중과 처짐 관계에서 보면 F2 보가 F0.7계열 보 보다 강섬유 혼입률에 의한 인장응력 증진으로 더 높은 강성을 보이고 있음을 Fig. 6에서 볼 수 있다.

전술한 바와 같이 최대하중 이후 내하력이 급격히 감소하는 F2보와 달리 F0.7계열 보는 최대하중과 항복하중의 차이

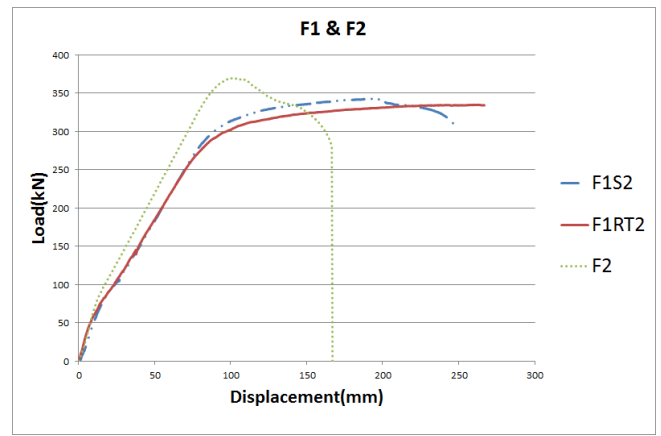


Fig. 7 Load-Displacement of F1 and F2 beam

가 45 kN 정도이고, 항복하중 이후 최대하중까지 F0.7계열의 보는 187 mm 정도의 추가 처짐을 보여 연성 파괴 거동을 보이고 있다. 내하력이 낮고 보의 항복 시 압축부의 콘크리트 파괴가 일어난 F0계열 보와 달리, F0.7계열 보는 체적대비 0.7%의 강섬유 보강효과와 철근집합체에 의한 3축 구속효과로 F0계열 보에 비해 강성과 연성도가 증진되었으며 최대하중 작용 시 압축연단에서 콘크리트의 파괴가 일어나지 않았다. 철근 집합체 보강과 강연선 집합체 보강에 의한 F0.7계열 보의 거동은 차이가 별로 없었으며, 2 m 보강보(F0.7S2, F0.7RT2)의 내하력이 1 m 보강보(F0.7S1, F0.7RT1)보다 평균 20 kN 크게 측정되어 차이에 대한 개념을 도입하기엔 미미한 수준이다. 하지만 하중이 증가함에 따라 압축응력이 압축연단에서 종방향으로 증대되므로 순수 휨 길이보다 큰 2 m의 보강길이가 안정적이라 판단된다.

Fig. 7에서 볼 수 있듯이 F1계열 보의 평균항복하중은 287.6 kN으로 F2 보가 받는 항복하중의 79.4%를 받는 것으로 측정되었으며, 평균최대하중은 338.3 kN으로 F2 최대하중의 91.5%이다. 이는 강섬유 혼입률이 1%로 증가에 따른 콘크리트의 인장응력 증가로 인해 구조물의 내하력이 증가하여 강섬유 혼입률 0% 또는 0.7% 보의 내하력 보다 F2보의 내하력에 근접하였다고 볼 수 있다. 항복 하중 시 처짐은 F2보가 92.5 mm 인데 비해 F1S2보가 85.3 mm이고, F1RT2 보가 78.1 mm로 F2 보 보다 작게 측정되었으나 최대하중에 대한 처짐은 F2보가 101 mm인데 비해 F1S2보가 190 mm, F1RT2보가 265.8 mm로 F2보에 비해 철근집합체로 보강한 F1계열 보의 처짐이 더 크게 발생하였다. F1계열 보는 항복한 후 최대하중에 이르기 까지 50 kN 정도 더 증가되었으며 처짐이 크게 증가된 점을 볼 때 F2보 보다 연성거동 특성이 향상되었다고 볼 수 있다. 즉, F2보와 같이 최대하중 이후 급격한 내하력 감소보다는 처짐이 수반되면서 하중 감소폭이 크지 않은 안정적인 연성거동을 보여준다.

Table 4와 같이 F0계열 보의 항복하중에 대한 하부 플랜지 종방향 철근의 변형률 평균이 2819.5 $\mu\epsilon$ 이고, F0.7계열 보의 종방향 철근 변형률 평균은 3263.8 $\mu\epsilon$ 이며, F1계열 보의 종방향 철근 변형률 평균은 3305 $\mu\epsilon$ 이다. 따라서 강섬유 혼입률이 0.7%와 1%인 보의 콘크리트 인장강도와 상응하는 인장변형률이 크고, 콘크리트 하부플랜지 하연에 균열을 발생시키면서 비선형 거동을 유발시키는 하중과 처짐이 크기 때문에 그 시점까지 진행되는 철근의 변형률이 F0계열 보의 변형률보다 크다는 것을 확인할 수 있다. 비선형 거동 시점부터 Table 5의 최대하중에 이르기까지 하중의 증가 형태는 철근집합체를 배근한 보가 강섬유만 혼입한 F2계열 보보다 점진적으로 증가한다. 이는 곧 보의 연성파괴 거동을 시사하고 있다. 또한 강섬유를 혼입하지 않고 철근집합체를 배근한 F0계열도 항복하중 이후 최대하중까지 급격한 취성파괴보다는 철근집합체에 의한 압축구역 구속으로 인해 완만한 형태의 거동을 보여주고 있다. 초고강도 철근 콘크리트 I형 보에 대한 항복하중 하중, 최대하중 및 상응하는 처짐에 대해 비교 분석한 결과 강섬유 0.7% 또는 1%의 혼입과 철근 집합체를 병용한 I형 보는 강섬유만 2%를 혼입한 F2보보다 안정적인 연성파괴 거동을 보이면서 경제적인 배합구성을 가지고 있다.

3.2 균열 및 파괴양상

강섬유를 혼입하지 않고 철근집합체로 보강한 F0S2보는 하중 240 kN에서 압축연단 콘크리트가 취성 파괴하여 Photo 1 and 2와 같이 상부 플랜지 위 콘크리트가 파괴된 형태를 볼 수 있다. 파괴는 왼쪽 가력점에서 처음 발생하여 휨 구간 전반에 걸쳐 피복 콘크리트가 떨어져나가 실험체 압축부에 배근된 철근집합체가 드러났다. F0RT2의 경우 50 kN에서 오른쪽 가력점 부근의 콘크리트에 균열이 발생하였고, 230 kN에서 보의 상연 표피에 종방향 균열이 발생되었다. 240 kN에서는 전단균열이 발생하였으며 194 mm의 처짐에서 휨 철근이 절

단되는 신호가 데이터로거에서 측정되었다. 이 시점에서 실험체가 받던 하중이 245 kN에서 176.4 kN으로 감소하였다. 철근집합체와 강연선 집합체로 보강한 F0계열 보 모두 유사한 균열 및 파괴양상을 보여준다.

F0.7실험체는 하중 340 kN 작용 시 처짐 250 mm가 발생하였으며, Photo 3에서 볼 수 있듯이 다중균열이 진전하여 중앙 단면에서 3개의 큰 균열로 발전하였다. Photo 3 and 4의 F0.7S2 실험체 보 압축연단에서 압축부 파괴 현상이 보이지 않는다. Photo 5의 F0.7RT2, F0.7S1, F0.7RT1 보 모두 압축연단에서 F0실험체 같은 취성파괴 현상은 발생하지 않았다. 즉,



Photo 2 Deflection Patterns of F0S2 Beam

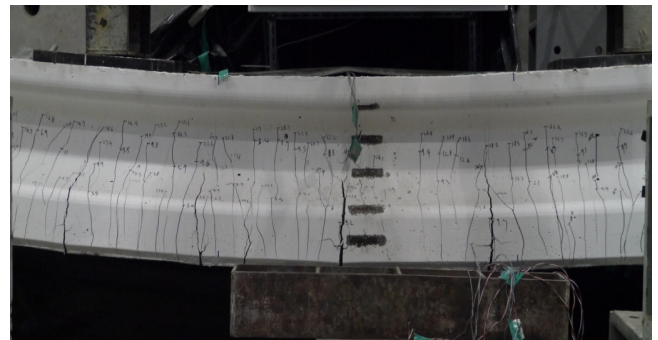


Photo 3 Typical Crack Patterns of F0.7S2 Beam

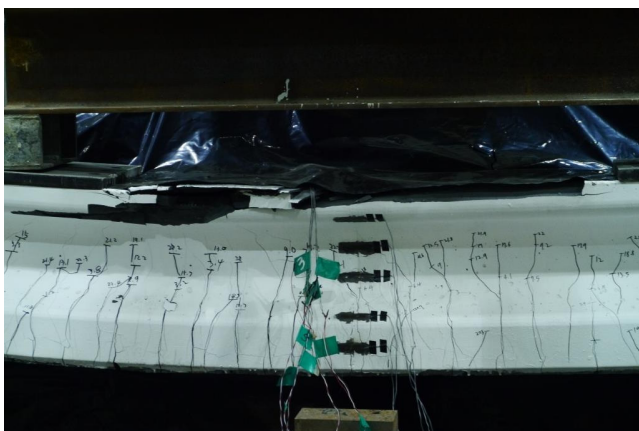


Photo 1 Typical Crack Patterns of F0S2 Beam



Photo 4 Deflection Patterns of F0.7S2 Beam

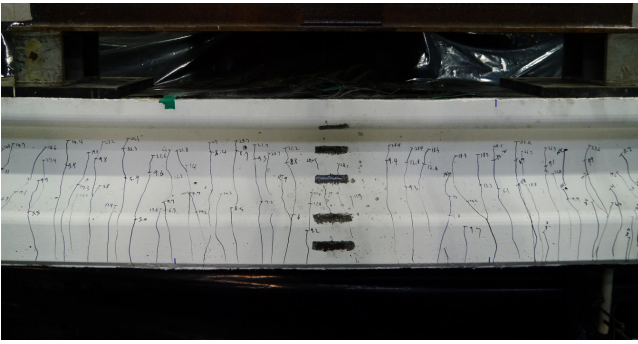


Photo 5 Typical Crack Patterns of F0.7RT2 Beam

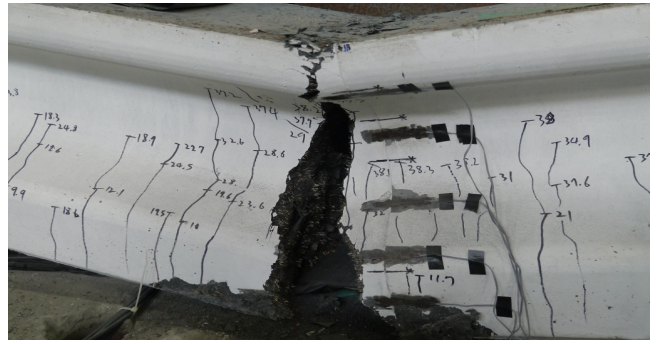


Photo 7 Typical Crack Patterns of F2 Beam

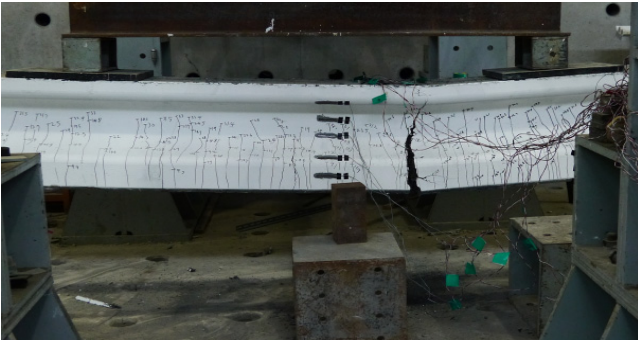


Photo 6 Typical Crack Patterns of F1S2 Beam



Photo 8 Deflection and Failure Patterns of F2 Beam

0.7% 강섬유 혼입과 철근집합체의 상호작용으로 압축연단에서 취성파괴 방지 효과가 있는 것을 볼 수 있다. 철근 집합체를 배근한 F0.7S2와 강연선을 배치한 F0.7RT2의 거동은 거의 비슷한 양상을 보여주고 있다. 1 m 철근집합체를 배근한 F0.7S1은 323 kN의 하중에서 3 kN 정도의 하중이 감소하였고, 2 m 철근 집합체를 배근한 보의 내하력 보다 약간 작게 측정되었다. 압축연단에서 응력이 상승하여 종방향으로 진전되는 것을 감안할 때 2 m의 철근 집합체가 안정적이라 생각된다.

강섬유 혼입률이 1%인 F1계열 보는 인장응력이 증진된 결과로 최대하중이 F0.7계열 보보다 5% 정도 상승되었다. Photo 6과 같이 다중균열을 형성하다가 330 kN 하중에서 1개의 큰 균열로 발전되었다. F1 계열의 보 역시 처짐이 250 mm까지 진행되어도 압축연단에서 콘크리트 취성적 파괴는 보이지 않았다.

강섬유 혼입률이 2%인 F2보는 하중 97 kN에서 최초 균열이 발생하였고, 하중 360.64 kN 이후 내하력이 감소하였다. 처짐 166 mm 진행 시 1개의 큰 균열로 발전하다가 Photo 7 and 8과 같이 급격한 취성파괴 현상을 보였다. 이는 압축영역에서 취성파괴가 아니라 인장응력이 증가하는 상태에서 균열의 크기가 증가하면서 13 mm의 강섬유로 인장력을 견지할 수 있는 한계를 초과하여 급속한 취성파괴를 하는 것으로 생각된다.

4. 결론

본 연구는 실제구조물 규모의 초고강도 섬유보강 철근 콘크리트 I 형보에서 재료원가의 비중이 높은 강섬유를 대체하면서도 연성거동을 유도할 수 있는 강섬유와 종방향 철근집합체 조합의 실효성에 대한 실험으로서 그 결과를 아래와 같이 요약 하였다.

- 1) 강섬유 체적대비 혼입률이 높을수록 콘크리트 인장응력 증진으로 보는 높은 내하력을 가지지만 강섬유만을 혼입한 초고강도 철근 콘크리트 I 형 보는 균열폭이 커질 경우 급격한 취성거동을 보일 수 있다.
- 2) 초강도 철근 콘크리트 I 형보는 강섬유 혼입률 0.7% 또는 1%와 좁은 간격을 가진 작은 직경의 종방향 철근집합체 조합 구성으로 압축구역에서 콘크리트 취성 거동을 구속하여 연성거동을 유도할 수 있다. 철근집합체와 강연선 집합체에 의한 I 형 보의 역학적 거동은 큰 차이를 보이지 않았다.
- 3) 강섬유를 혼입하지 않고 철근집합체를 배근한 초고강도 철근 콘크리트 I 형 보에 최대하중이 가해질 경우 보의 상연에서 압축파괴에 의한 부분적인 균열이 발생하지만 중립축 상부의 압축응력 상태에 있는 콘크리트를 철근 집합체로 구속하는 기능이 있어 갑작스런 취성파괴 보다는 최대하중

이후 점진적인 내하력 감소 현상을 보이고 있다.

감사의 글

본 연구는 국토교통부/국토교통과학기술진흥원 건설기술 연구사업의 연구비지원(13건설연구A02)에 의해 수행되었습니다.

References

1. Bernhard, F., and Gunter, H. (2012), "WILD-Bridge Scientific Preparation for Smooth Realisation", 3rd International Symposium on Ultra-High Performance Concrete, contribution1284.
2. Chan, S.Y.N., Feng, N.Q., and Tsang, M.K.C. (2000), "Durability of high strength concrete incorporating carrier fluidifying agent, *Magazine of Concrete Research*, 52(4), 235-242.

3. Han, S.M., and Guo Q.Y. (2011), "Flexural Experiment of Over Reinforced Prestressed High Performance Fiber Reinforced Concrete Girder.", *Journal of The Korean Society of Hazard Mitigation*, 11(5), 91-97.
4. Han, S.M., and Guo, Q.Y. (2011), "The Moment Relationship of the Rectangular Ultra High Performance Fiber Reinforced Concrete Beam", *Journal of The Korean Society of Hazard Mitigation*, 11(3), 9.
5. Kalny, M., Kvasnkcka, V., and Komanec, J. (2014), "Cable-Stayed Footbridge with UHPC Segmental Deck", *Proceedings of HPC-2014*, 1-8.
6. Resplendino, J. (2012), "State of the art of design and construction of UHPFRC structures in France, Plenary.2 3rd International Symposium on Ultra-High Performance Concrete.

Received : 04/10/2015

Revised : 06/11/2015

Accepted : 10/26/2015

요 지 : 본 논문은 강섬유의 일부를 철근집합체로 대체하여 초고강도 섬유보강 철근 콘크리트 I 형보의 연성거동을 유도하는 것을 목적으로 한다. 강섬유와 철근집합체의 조합을 가진 초고강도 콘크리트 I 형보 대한 휨거동 실험을 수행하였다. 강섬유의 혼입률은 0%, 0.7%, 1%, 1.5%, 2%이다. 철근집합체와 PS강연선 집합체가 압축구역에서 콘크리트를 구속하기 위해 사용되었다. 철근집합체와 강연선 집합체의 길이도 실험요소 중 하나이다. 이러한 실험요소를 조합하여 9개의 초고강도 철근 콘크리트 I 형보를 제작하였다. 강섬유 뿐만 아니라 종방향의 철근 집합체도 초고강도 철근 콘크리트 I 형 보의 연성거동을 유도하는데 효과를 가지고 있다. 강섬유 혼입률 0.7% 또는 1%와 철근집합체를 사용한 조합이 I 형 보의 효과적인 연성 거동을 보여주고 있다. 하중과 처짐관계 및 균열양상 등이 좁은 간격을 가진 작은 직경의 종방향 철근 집합체의 유용성을 나타내고 있다.

핵심용어 : 강섬유, 초고강도 콘크리트, 연성거동, I형 보, 철근 집합체
