

# 이형 용접철망을 전단철근으로 사용한 철근콘크리트 연속 깊은 보의 구조적 거동에 대한 실험적 연구

## An Experimental Study on the Structural Behavior of Reinforced Concrete Continuous Deep Beams Using Welded Deformed Wire Fabric as Shear Reinforcements

양 근 혁\*                      정 현 수\*\*  
Yang, Keun-Hyeok          Chung, Heon-Soo

### ABSTRACT

The objective of this experimental study was to understand the structural behavior of reinforced concrete continuous deep beams with welded deformed wire fabric(WWF) as shear reinforcement. The structural behavior of deep beams reinforced with WWF was compared with that of deep beams reinforced with orthogonal shear reinforcement which had standard anchorage corresponding to ACI 318-02. Test results showed that the load transferring capacity and the control of splitting cracks in the strut of WWF were almost as effective as those of orthogonal shear reinforcement with standard anchorage.

### 1. 서론

전단철근으로서 용접철망의 사용은 프리캐스트, 프리스트레스트 콘크리트 분야에서는 보편화 되어 있는 것<sup>1</sup>에 비해 철근콘크리트 보 부재에 적용되는 경우는 매우 드물다. 전단보강 철근으로서 연속된 용접철망의 개념도입에 대한 이론적 근거는 PCI/WRI Ad Hoc 위원회<sup>2</sup>의 보고서에 제안되어 있다. 하지만 제안된 이론적 근거는 보 폭이 좁은 일반 보에서 일방향 단일 용접철망을 사용한 경우로서 제한하고 있다.

수직, 수평전단철근의 배근을 필요로 하는 깊은 보의 특성 상 이방향 용접철망을 전단철근으로 사용할 수 있다면 선조립·선가공에 의한 공기단축 및 경제적인 효과가 매우 클 것이다. 본 연구에서는 이방향 이형 용접철망을 수직, 수평방향의 전단보강철근으로 대신한 철근콘크리트 깊은 보의 구조적 거동을 실험적으로 평가하였다.

### 2. 실험

#### 2.1 시험체 계획

주요 변수는 전단경간비와 전단철근의 종류이다. 전단경간비는 0.5와 1.0으로 하였다. 전단철근은 용접철망을 이용한 경우와 직교배근한 경우로 구분하였다. 직교배근한 전단철근의 정착은 ACI 318-02에 따라 하였다. 수직전단철근은 135°의 갈고리와 철근직경의 6배의 여장길이를 갖는 폐쇄형으로 하였으며 수평전단철근은 지점까지 연장하여 양 단부에 180° 갈고리를 두었다. 이방향 용접철망은 보 양 측

\* 정회원, 목포대학교 건설공학부 건축공학전공 조교수

\*\* 정회원, 중앙대학교 건축공학과 교수

면에서 단일로 배근하고 별도의 정착을 제공하지 않았다. 바깥쪽 수평 방향의 철근 및 철선은 상·하부 주철근 위치에서 20mm 이격하였다.

그림 1에는 시험체 단면 및 배근상세를 표 1에는 시험체 일람을 각각 나타내었다. 콘크리트 설계강도는 27MPa이다. 시험체 단면 폭( $b_w$ )과 전체 깊이( $h$ )는 각각 160mm와 600mm로 일정하다. 시험체 길이는 전단경간비에 따라 변하며 단부지점을 지나 150mm의 여장길이를 두었다.

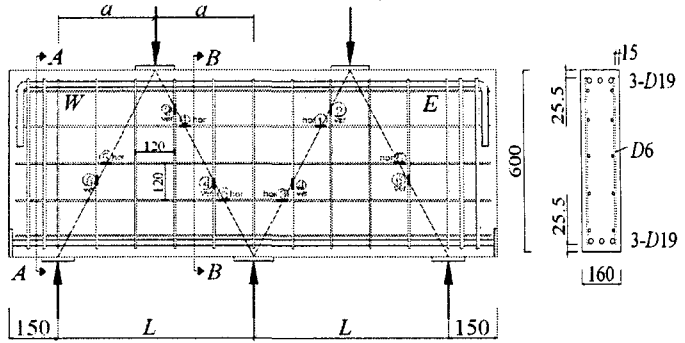


그림 1. 시험체 단면 및 배근상세

상·하부 주철근 배근은 3-D19( $A_{st}=861\text{mm}^2$ )로서 주철근비는 약 1%이다. 하부 주철근의 정착은 시험체 양 단부에 설치된 강판에 용접하였다. 상부 주철근은 ACI 318-02<sup>9</sup> 기준에 따라 지점을 지난 시험체 단부에서 90° 갈고리를 두어 정착길이를 확보하였다.

### 2.2 전단철근(용접철망)의 역학적 성질

용접철망은 냉간성형하여 이형화 한 직경 6mm의 가로철선과 세로철선을 직각으로 배열시켜 그 교차점을 전기저항 용접한 이방향으로서 가로와 세로 망눈 간격이 고정된 WFP 레굴러이다. 표준정착에 제공된 수직, 수평전단철근은 용접철망 제조에서 이용되는 6mm의 이형철근(이하 D6)을 이용하였다.

용접철망은 용접점을 포함하여 가로선이 없는 상태에서 인장실험을 하였다. 인장실험 결과를 표 2에 나타내었다. 표 2에서 용접철망의 인장강도( $f_{su}$ )와 용접점 전단강도( $f_{vw}$ ) 항목의 괄호는 기준에서 제한하는 최소 값을 의미한다. 용접철망은 냉간성형에 의해 제조되었으므로 명확한 항복강도가 나타나지 않고 연신율은 저하되었다. 항복강도는 0.2% off-set 법에 의해 평가하였다.

### 2.3 가력 및 측정방법

철근콘크리트 깊은 보에서 전단철근의 균열제어 및 하중분담에 대한 역할은 단순지지일 때에 비해 연속 경간에서 중요하게 되므로 2경간 연속으로 가력하였다. 두 경간은 각각 W-경간과 E-경간으로

표 1. 시험체 일람 및 결과

Specimen	$f_{ck}$ (MPa)	$a/h$	$a$ (mm)	$L$ (mm)	Shear reinforcements				Diagonal cracking load ( $P_{cr}$ ) and shearing force ( $V_{cr}$ ), (kN)				Failure load ( $P_u$ ) and Ultimate shearing force ( $V_u$ ), (kN)		
					Vertical		Horizontal		W-span		E-span		$P_u$	$V_u$	
					$s_v$ (mm)	$\rho_v$	$s_h$ (mm)	$\rho_h$	$(P_{cr})_I$	$V_{cr}$	$(P_{cr})_I$	$V_{cr}$		W-sp7an	E-span
5N	32.4	0.5	300	600	-	0.0	-	0.0	852	255	816	244	1,635	473	456
5S					120	0.003	120	0.003	814	247	980	293	2,117	607	583
5W					120	0.003	120	0.003	1,032	309	861	258	1,975	560	571
10N	32.1	1.0	600	1,200	-	0.0	-	0.0	537	173	537	171	880	264	262
10S					120	0.003	120	0.003	521	166	452	148	1,177	357	352
10W					120	0.003	120	0.003	490	155	685	216	1,164	305	347

□

전단철근 종류 : S(=□+□), W(=용접철망)

전단경간비 : 5(=0.5), 10(=1.0)

구별하였다. 지압파괴를 방지하기 위해 가력점 판의 폭( $l_p$ )과 중앙 지지점 판의 폭은 150mm로 하였으며, 단부 지지점 판의 폭은 100mm로 하였다.

가력은 3,000kN 용량의 만능시험기를 사용하여 30kN/min의 속도로 대칭 집중가력 하였다. 하중분배와 작용 전단력을 정확히 평가하기 위하여 양 단부 지점에 1,000kN 용량의 로드셀을 설치하였다. 경사균열 폭은 가력점과 지지점을 연결하는 잠재적인 경사균열 면에 수직으로 부착된 PI형 게이지로부터 측정되었다. 하중진전에 따른 균열 진전 양상은 육안으로 확인하고 기록하였다. 전단철근 및 용접철망의 거동은 내, 외부 전단경간의 잠재적인 경사균열 면과 교차하는 위치에서 부착된 W.S.G를 통해 기록되었다.

표 2. 전단철근(용접철망)의 역학적 성질

항목 종류	$f_y$ (MPa)	$\epsilon_y$ (*10 <sup>-6</sup> )	$f_{su}$ (MPa)	$f_{sw}$ (MPa)	$E_s$ (GPa)	연신율 (%)
WFP (D6)	483	4,375	549 (490이상)	480 (250이상)	199	10.0

### 3. 실험결과 및 분석

#### 3.1 하중-변위 관계

그림 2에는 하중-변위 관계를 나타내었다. 변위는 파괴가 발생한 내부 경간의 최대처짐 위치에 설치된 LVDT에서 측정된 값이다. 용접철망을 전단철근으로 배근한 시험체에서 균열발생 후의 감소된 강성기울기, 최대내력 이후의 취성파괴 경향, 콘크리트 강도 및 전단경간비의 변화에 따른 강성의 변화 등이 표준정착 시험체의 거동과 차이가 없었다.

#### 3.2 하중-최대 균열 폭 관계

그림 3에는 하중과 최대 경사균열 폭 진전의 관계를 나타내었다. 최초 경사균열 발생 시 경사균열 폭의 증가는 무보강에 비해 최소 전단철근이 배근된 시험체에서 1/2 수준으로 있었으며, 하중진전에 따른 경사균열 폭의 증가도 작았다. 이형 용접철망이 배근된 시험체의 하중-경사균열 폭 관계는 표준정착 시험체와 동일한 경향을 보였다. 특히 전단경간비 1.0에서는 용접철망 시험체에서 오히려 균열 폭이 작게 나타났다. 따라서 표준정착이 제공되지 않았지만 용접철망은 용접점 전단강도에 의해 콘크리트 스트럿의 균열 폭 제어에 효율적으로 작용하고 있다고 판단된다.

#### 3.3 하중분배

그림 4에는 전단경간비 0.5일 때 지점반력과 전체 작용하중의 관계를 나타내었다. 일반적으로 내부 전단경간에서 경사균열이 발생하면서 강성이 급격히 감소하고 상대적으로 강성이 큰 외부 전단경간으

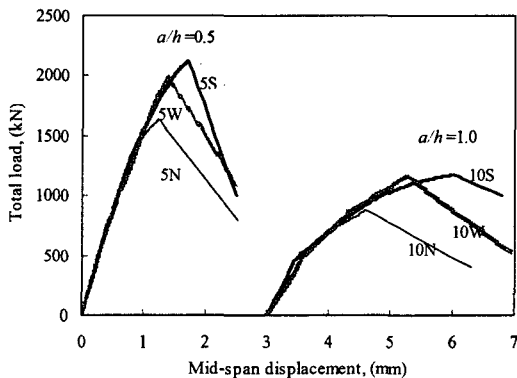


그림 2. 하중-변위 관계

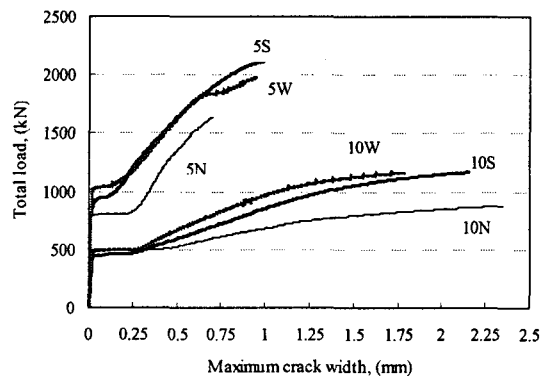


그림 3. 하중-최대 균열 폭 관계

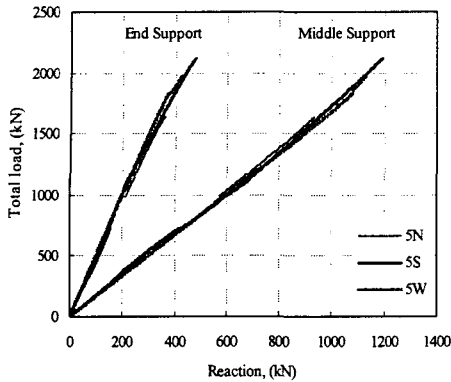
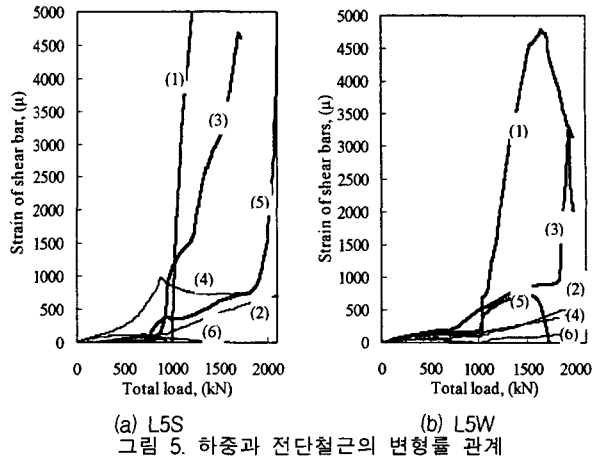


그림 4. 지점반력과 전체하중의 관계( $a/h=0.5$ )



(a) L5S (b) L5W  
그림 5. 하중과 전단철근의 변형률 관계

로 재분배된 하중전달이 증가하는 경향을 보였다. 단부지점 및 중앙지점으로 전달하는 하중은 전단철근 종류에 관계없이 동일한 경향을 보였다.

### 3.4 전단철근의 거동

그림 5에는 전단경간비 0.5일 때 하중진전에 따른 전단철근의 변형률을 나타내었다. 그림 내에 나타난 번호는 그림 1에 나타난 게이지 번호로서 파괴가 발생한 경간에서의 것들을 이용하였다. 일반적으로 경사균열 발생과 함께 수평철근의 변형률이 급격히 증가하며 항복에 이르렀으며 수직철근은 파괴 시 까지 탄성범위에 있었다. 반면 그림에는 나타내지 않았지만 전단경간비 1.0일 때에는 전단경간비 0.5일 때와는 반대로 수평보다는 수직철근이 균열제어와 하중전달에 효율적으로 작용하였다. 이와 같이 용접철망의 거동은 표준정착된 전단철근의 거동과 비슷한 거동을 보였다. 특히 용접철망의 경우 정착에 불리한 콘크리트 스트럿 상, 하부에서의 경사균열 면과 교차하는 수직철선도 파괴 시 까지 충분한 응력발휘를 보였다.

### 3. 결론

- 1) 용접철망을 전단철근으로 배근한 철근콘크리트 깊은 보의 하중-변위 관계, 하중-균열 폭 관계 및 하중분배는 ACI 318-02 기준에 따라 표준정착된 동일 조건의 시험체와 동일한 경향을 보였다.
- 2) 하중진전에 따른 균열면에서의 용접철망의 응력발휘도 표준정착된 전단철근과 동일함으로서 용접철망을 깊은 보에서의 전단철근으로 활용할 수 있는 가능성을 확인하였다.

### 감사의 글

이 논문은 2004년도 한국학술진흥재단의 지원에 의하여 연구되었음(KRF-2004-041-D00740)

### 참고문헌

1. ACI Committee 318, "Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary-(318R-02), American Concrete Institute, 2002
2. Joint PCI/WRI Ad Hoc Committee on Welded Wire Fabric for Shear Reinforcement, "Welded Wire Fabric for Shear Reinforcement," Journal of the Prestressed Concrete Institute, Vol. 25, No. 4, July-Aug., 1980
3. Ashour, A. F., "Tests of Reinforced Concrete Continuous Deep Beams," ACI Structural Journal, V.94, No.6, Nov.-Dec., 1997, pp.3-12