

## 단기하중하의 국내 합성 더블티 슬래브 댁단부 전단거동 평가

유승룡<sup>1)\*</sup>

<sup>1)</sup>PS 콘크리트 구조연구실, 동국대학교 건축공학과  
(2002년 5월 27일 원고접수, 2002년 8월 31일 심사완료)

### Evaluation on Shear Behaviors of the Dapped Ends of Domestic Composite Double Tee Slabs under the Short-Term Loading

Sung Yong Yu<sup>1)\*</sup>

<sup>1)</sup> Prestressed Concrete Laboratory, Dongguk University, Seoul, 100-715, Korea  
(Received May 27, 2002, Accepted August 31, 2002)

#### ABSTRACT

Shear behaviors of eight dapped ends of four full-scale domestic single-tee slabs were evaluated. The dapped ends with 10cm topping concrete were designed based on live load requirements for the domestic parking lot of 500 kgf/m<sup>2</sup> and for the large market of 1,200 kgf/m<sup>2</sup>. All specimens were designed by the ACI 318-99 design. The variations of the experiment were the shape of hanger reinforcements as followings: 1) general PCI design method( currently used in domestic), 2) 90 degree bent-up, 3) 60 degree bent-up. All experiments were conducted with 1.2 m shear span. The results obtained in this study were 1) all specimens fully complied with the shear strength requirements as specified by ACI 318-99 except for one strand bond slip specimen, 2)a specimen with the 60 degree bent up hanger reinforcing detail showed the best shear behaviors under full service and ultimate load, and 3)a specimen with the 90 degree bent up hanger reinforcing detail resulted in the worst shear behaviors.

**Keywords :** shear, double tee, dapped end, hanger reinforcement, prestressed, precast, Concrete

## 1. 서 론

### 1.1 연구목적

프리스트레스트 더블티 슬래브의 단부가 턱이 진 형태를 댁단부(dapped end)라 하며, 건물층고를 낮추려는 목적으로 사용되고 있다. 일반적으로 더블티 슬래브 전체 깊이의 1/2까지 단부 깊이를 절단하여 지점에 단순지지 되므로, 축소된 만큼의 층고를 낮출 수 있다. 이 단부는 높은 지가의 국내 도심지 건축물에 주로 활용되어 왔다.

이 경우 축소된 깊이의 댁 요각부는 복잡한 응력을 유발하며, 댁단부의 전단내력 저하는 보의 휨효율성을 저해하는 치명적인 요소가 될 수 있다. 또한, 복부두께가 얇은 보로서, 전단스팬-보깊이 비가 낮을 경우 보 중립축 부위에서 시작되는 복부 전단균열은 강선 정착부착부위로 연결되어, 강선슬립을 일으키며, 조기 정착부착파괴를 초래할 수 있다.

PCI Design Handbook<sup>1)</sup>에 제시되어 있는 댁단부 설계 방법은, 70년대 후반에서 80년대 초기에 제안된 방법으로

합리적인 예측식을 제시하고 있다. PCI Design Handbook에 의하면 이 설계 방법은 발생 가능한 다양한 균열(니브(nib)부분 휨, 전단, 수평전단; 복부부분 휨 전단)에 대하여 각기 다른 배근으로 대응하도록 고려되어 있으므로 결과적으로 과도한 중복배근을 초래한다. 과도한 철근배근은 단부의 복부에서 철근간격, 강선과의 간격, 피복두께, 최대 골재크기에 대한 요구를 만족시키기 어려우며, 콘크리트의 타설과 다짐이 용이하지 않다. 보다 효과적인 배근방법을 위하여, 구미의 각 PC공장은 고유의 배근방법을 활용하고 있다.

댁단부에서 가장 큰 응력을 받는 철근은 니브와 본체를 연결시키는 역할을 하는 걸이철근(hanger reinforcement)이다. 이 철근은 수직성분의 지점반력 요소와 복부 전단 균열의 억제에 위한 경사 성분을 같이 담당하고 있으므로, 이 철근에 주로 응력집중 현상이 나타나는 것으로 기존연구<sup>2)</sup>에서 언급되었다.

걸이철근 배근방법으로는 경사철근에 의한 걸이철근 방법과, 수평 루프핀(hair-pin type reinforcement)에 의한 방법, 단부 표면을 따라 배근하되 보 상부에서 루핑(looping)되는 배근 등 수많은 방법이 제안되고 있다. 또한 각 절단부에서 철골재와의 용접 등을 통하여 철근의 정착길이(development length)를 대체하기 위한 기구를

\* Corresponding author

Tel : 02-2260-3361 Fax : 02-2260-3361

E-mail : ysy@dgu.ac.kr

어떻게 설계하는가에 따라서 다양한 방법이 고려되고 있다.

본 연구에서 더블티 시스템의 국내활용을 위하여, 과도한 철근배근의 필요성과 생산의 난이도 사이에서 실험과 분석에 의하여 단부설계의 단순화, 합리화, 강도와 연성을 증진시킬 수 있는 합리적인 배근방안에 관하여 연구하였다. 이를 위하여, 더블티 슬래브 댁단부의 효율적인 전단 보강방법에 대하여 PCI Design Handbook에서 제안한 방법과 본 연구에서 고려한 방법에 대하여 실험을 통하여 비교, 검토하였다.

## 1.2 연구동향

Mattock과 Chan<sup>3)</sup>은 수직력만 받는 더블티 슬래브의 댁단부와 수직력과 수평력을 동시에 받는 더블티 슬래브의 댁단부를 실험하였다. 이 연구에서의 실험결과를 토대로 PCI에서 제안한 평형조건을 고려한 프리스트레스트 댁단부의 설계절차를 검증하였으며 설계예시를 제안하였다.

Mattock과 Theryo<sup>2)</sup>은 댁단부의 단면형태가 60°경사로 된 더블티 슬래브의 댁단부와 90°직각형태로 된 프리캐스트 더블티 슬래브의 댁단부의 5개의 배근방법에 대하여 비교, 검토하였고, 댁단부 복부가 경사단면의 형태일 때 기울어진 배근형상을 가진 댁단부 길이 철근의 효과와 강선의 위치에 따른 댁단부의 성능개선에 대해서도 연구하였다.

본 연구는 경제성을 위하여 기존 PCI 단면보다 단면적을 최대한 축소시킨, 국내 합성 더블티 단면을 최대한 50%까지 절단하였을 때 그 단면의 사용성과 극한 거동을 평가하였고 그 생산성 등을 비교하였다. 아울러 현재 국내공사에서 활용하는 기존 PCI 댁단부 배근범위에 90°절곡배근과 60°절곡배근의 활용성도 함께 고려하였다.

## 2. 실험

### 2.1 시험체 제작

시험체는 S사 음성 PC공장에서 제작되었다. 시험체 제작 몰드는 10mm철판을 사용한 철제 프레임으로 제작하였고, 긴장용 버팀대 외부에 강선 높이를 교정하기 위한 50mm 철판을 Fig. 1과 같이 활용하였다. 전단 보강근으로 지름 6mm의 철근망을 'ㄱ'자 형태로 제작하여 더블티 복부에 삽입하였다.

댁단부의 각각의 보강근에 대하여서는 Fig. 2와 같이 스트레인게이지를 설치하여 하중증가에 따른 철근의 변형률을 측정하였다.

PS강선을 설치한 후 20 tonf용량의 유공 유압잭으로 강선을 긴장하였다. 강선의 긴장력은 20 tonf용량의 유공 로드셀로 측정하였으며(Fig. 3), 초기 2~3 tonf만큼 긴장한

후 각 강선의 위치를 재 교정하였다. 그 후 정해진 14tonf까지 강선을 긴장하였다. 자동화 배치 플랜트설비의 회전식믹서에 의해 배합된 콘크리트를 진동기를 사용하여 타설하였다.

플랜지 상부는 토평 콘크리트와의 부착확보를 위하여 약 5mm깊이 빗질로 거칠게 마감하였다. 콘크리트 공시체는 2개의 시험체가 한번에 제작되는 관계로 콘크리트를 타설할 때마다 20개의 표준공시체(Φ15×30cm)를 제작하여 지속적으로 압축강도를 측정하였다. 공시체 압축강도가 300 kgf/cm<sup>2</sup>에 도달하였을 때 산소 프레임으로 강선을 절단하였고 시험체의 캠버(camber)를 측정한 후, 바로 토평 콘크리트를 타설하였다.

### 2.2 재료

PS강선은 저이완률의, 직경 12.7mm, 270 Gr. 7연 강선으로, 국내 제조업체 K사 것을 사용하였다. 일반 철근은 항복강도 4,000 kgf/cm<sup>2</sup> 이형철근을 사용하였고, 전단 보강근으로 항복강도 3,000 kgf/cm<sup>2</sup>, 지름 6mm 150x150 철근망을 사용하였다.

본 실험에서는 프리캐스트 콘크리트는 420 kgf/cm<sup>2</sup>의 강도와 토평콘크리트는 270 kgf/cm<sup>2</sup>의 강도가 도달할 때 실험을 실시하였고 프리캐스트 콘크리트의 배합표는 다음의 Table 1과 Table 2와 같다.

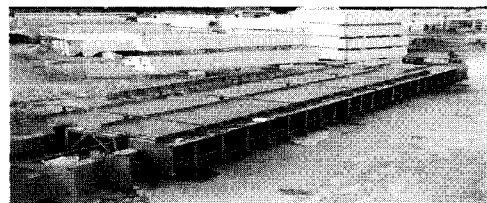


Fig. 1 Form of specimens

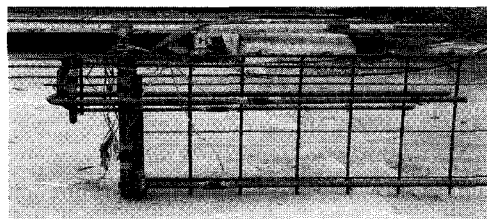


Fig. 2 Strain gauges installed on specimen (DT-2D-P-A)

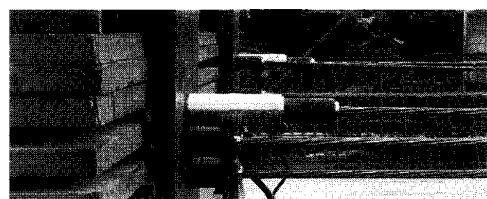


Fig. 3 Measuring prestressing forces

### 2.3 실험계획

본 연구에서는 순 스패 10 m, 플랜지 폭 1.2 m, 주차장 적용을 위한 활하중 500 kgf/m<sup>2</sup>의 시험체와 대형 매장 적용을 위한 활하중 1,200 kgf/m<sup>2</sup>의 시험체에 대하여 각 4개의 단부 시험체 총 8개의 각 단부에 대하여 전단 실험을 실시하였다(Table 3참조). 4개의 단부 시험체는 Fig. 4에서 Fig 7과 같이, 1) PCI 배근 1점 절곡 강선, 2) PCI 배근 수평 강선, 3) 제안하는 수직 길이철근 배근방법, 4) 제안하는 경사 길이철근 배근방법으로 설계되었다.

시험체 기호에서 P는 일반 PCI제안 배근형태이며 M은 본 연구에서 제안하는 배근방법으로서 1은 주차장 적용을 위한 활하중 500 kgf/m<sup>2</sup>의 시험체 2는 매장을 위한 활하중 1200 kgf/m<sup>2</sup>의 시험체 D는 절곡 강선배근, S는 수평 강선배근을 의미한다. 활하중 1200 kgf/m<sup>2</sup> 시험체의 각 단

부의 상세는 다음의 Fig. 4에서 Fig. 7과 같다. 활하중 500 kgf/m<sup>2</sup> 시험체의 철근 배근형태는 활하중 1200 kgf/m<sup>2</sup> 시험체와 유사한 배근형태이며 각 단면의 크기와 철근량은 Table 3에 첨부하였다.

스팬 10 m인 4개 시험체의 각 단부에 대하여 전단 실험을 실시하여 총 8개의 전단 실험 결과치를 얻었다. 순수 전단 강도를 산출하기 위하여 Fig. 8과 Fig. 9와 같이 4점 제하 실험을 실시하였다. 전단스팬은 모든 시험체에 대하여 Grade 270 지름12.7 mm 저이완율 7연 강선의 전체 정착길이(development length)를 고려하여 1.2 m를 고정 적용하였다. 계측 장비의 설치가 완료된 후 가력속도는 균열이 발생되기 전에는 3 tonf씩, 균열발생 후에는 2 tonf씩, 균열양상이 파괴에 이른다 고 판단될 때에는 1 tonf씩 하중을 증가시키면서 균열양상과 진행방향을 표시하였다. 시험체는 종국 파괴까지 계속 가력하였고 그 파괴양상

Table 1 Concrete mix design(1)

Design strength (kgf/cm <sup>2</sup> )	Maximum size of aggregate (mm)	Slump (cm)	Air content (%)	Fine aggregate ratio (%)	Watercement ratio (%)	Unit fine aggregate (kg/m <sup>3</sup> )
420	25	12	1.8	41	34	49

Table 2 Concrete mix design(2)

Unit water (kg/m <sup>3</sup> )	Unit cement (kg/m <sup>3</sup> )	Unit coarse aggregate (kg/m <sup>3</sup> )	Unit fine aggregate (kg/m <sup>3</sup> )	Unit add-mixture (kg/m <sup>3</sup> )
165	485	1,011	708	4.9

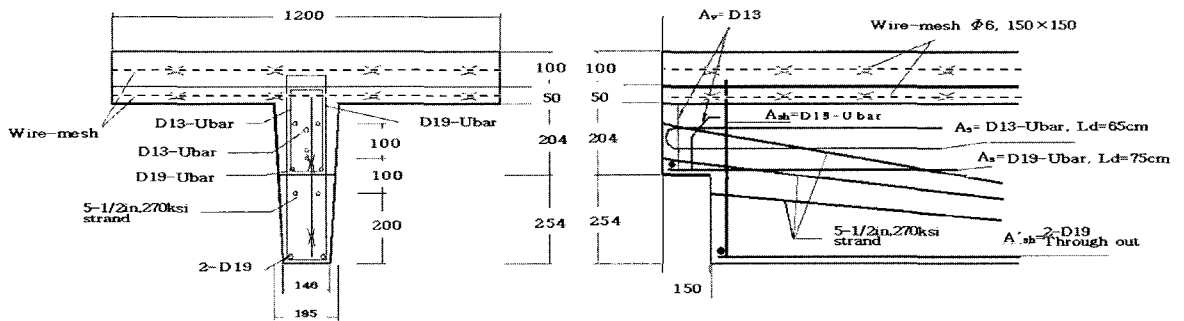


Fig. 4 DT-2D-P-A

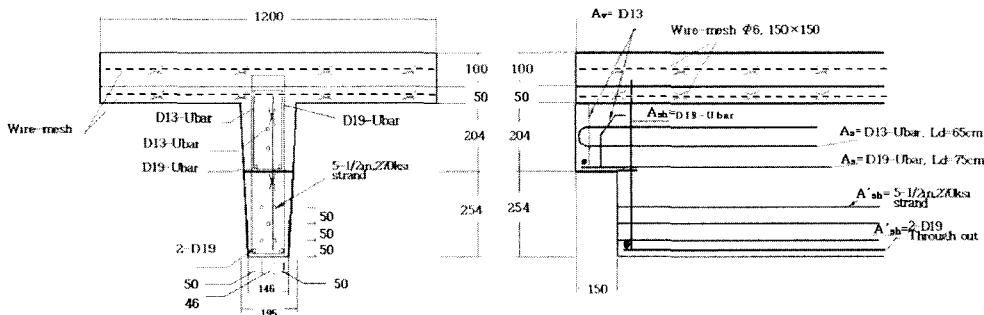


Fig. 5 DT-2S-P-B

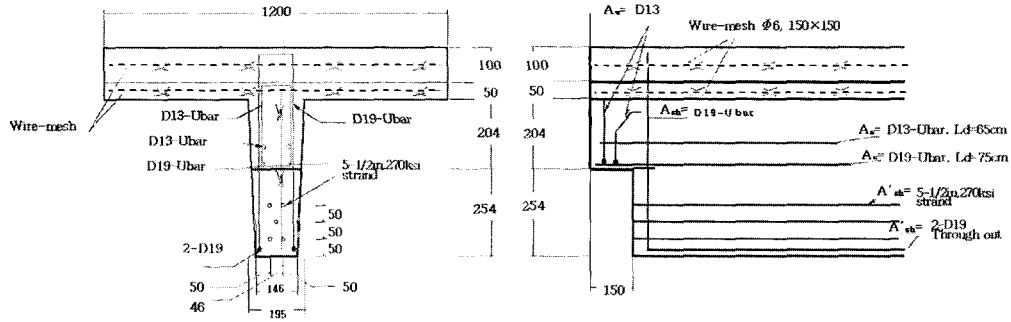


Fig. 6 DT-2S-M-A

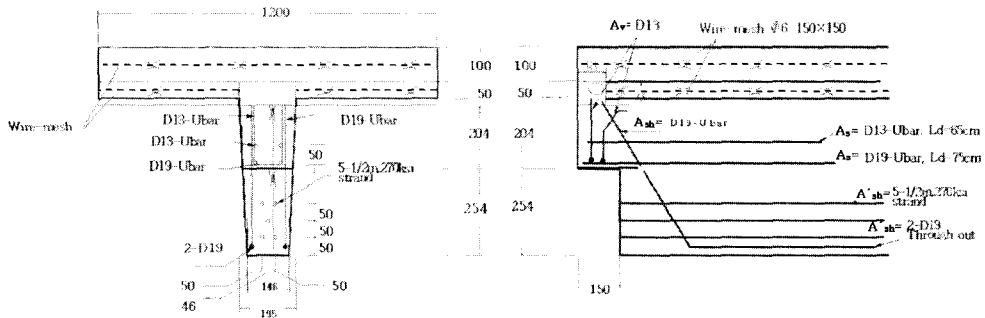


Fig. 7 DT-2S-M-B

Table 3 Summary of test variables

Beam ID	Live load ( $W_l$ , kg/m <sup>2</sup> )	Total depth* (cm)	Nib depth* (cm)	$A_h$ (U-bar)	$A_{sh}$ (U-bar)	$A_s$ (U-bar)	$A_v$ (U-bar)	$A'_{sh}$	Shape of hanger reinforcement	Strand profile
DT-1D-P-A	500	48.2	29.1	D10	D13	D16	D10	2-D13	90°U-bar	O.D‡
DT-1S-P-B	500	48.2	29.1	D10	D13	D16	D10	2-D13	90°U-bar	S.T‡
DT-1S-M-A	500	48.2	29.1	D10	D13	D16	D10	2-D13	90°S.T-bar†	S.T‡
DT-1S-M-B	500	48.2	29.1	D10	D13	D16	D10	2-D13	60°S.T-bar†	S.T‡
DT-2D-P-A	1,200	60.8	35.4	D13	D19	D19	D13	2-D19	90°U-bar	O.D‡
DT-2S-P-B	1,200	60.8	35.4	D13	D19	D19	D13	2-D19	90°U-bar	S.T‡
DT-2S-M-A	1,200	60.8	35.4	D13	D19	D19	D13	2-D19	90°S.T-bar†	S.T‡
DT-2S-M-B	1,200	60.8	35.4	D13	D19	D19	D13	2-D19	60°S.T-bar†	S.T‡

Notes\* : The total and nib depth include the depth of topping concrete

† : The hanger reinforcement developed from straight flexural reinforcement with angles of 90° or 60°

‡ : O.D - One point depressed type, S.T - Straight type

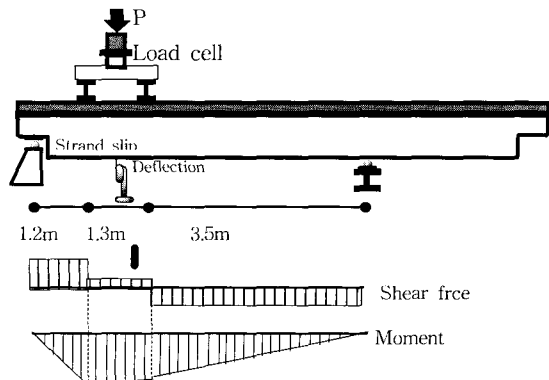


Fig. 8 Test scheme

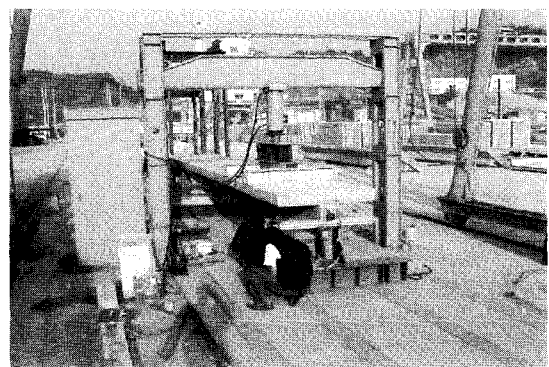


Fig. 9 View of a test in progress

을 기록하였다.

### 3. 실험결과 및 분석

#### 3.1 파괴거동

모든 시험체는 공통적으로 맵단부 절곡부 모서리(수평 너브와 수직단부의 경계점)에서 45°방향으로 초기 맵 모서리 균열이 발생하였다. 활하중 500 kgf/m<sup>2</sup>의 시험체는 단부 최대 전단력이 7.06 tonf에서 8.79 tonf사이에서 초기 맵모서리균열이 발생하였고, 활하중 1,200 kgf/m<sup>2</sup> 시험체는 단부 최대 전단력이 10.38 tonf에서 15.38 tonf사이에서 발생하였다. 전체 사용하중(full service loading)과 비교할 때 DT-1S-M-A 시험체를 제외한 모든 시험체는 전체 사용 하중을 초과하여서 초기 균열이 발생하였다. 초기 균열발생과 결이 철근의 배근형태를 비교하면 작은 차이지만 60°절곡배근 시험체가 가장 높은 하중에서 초기 균열이 발생하였다. 복부 중앙에서 발생하여 보의 상, 하부로 진행되는 복부 전단균열은 강선의 슬립에 직접적인 영향을 주는 것으로 판단되었다. 복부 전단균열은 활하중 500 kgf/m<sup>2</sup>의 시험체는 단부 전단력이 10.58 tonf에서 13.42 tonf 사이에서 발생하였고, 활하중 1,200 kgf/m<sup>2</sup>의 시험체는 전단력이 17.5 tonf에서 20.28 tonf사이에서 발생하였다. 특이한 사항은 결이철근이 휨 보강철근에서 90°절곡되어 연장된 M-A시험체들이 가장 낮은 하중에서 복부전단균열이 발생하였고, 60°절곡배근 시험체가 가장 높은 하중에서 복부 전단균열이 발생하였다.

약 5mm깊이 빗질로 거칠게 마감한 플랜지 상부는 모든 시험체에서 종국파괴까지 토핑콘크리트와 일체 거동하였다. 각 시험체별 종국 파괴형태는 결이철근을 90°절곡시켜 배근한 시험체가 공칭 전단강도는 만족을 시키지만 가장 낮은 하중에서 종국 파괴되었고, 60°절곡배근된 시험체 저하를 가중시키므로 이 경우 기존의 PCI 방법과 같이 수

가 가장 높은 하중에서 종국 파괴하였다.

Fig. 10은 결이 철근이 90°절곡배근된 시험체의 파괴형상이다. 복부 전단균열이 발생하여 상, 하부로 진행하였고 결이철근은 굴곡부위가 절단되며 콘크리트의 탈락과 함께 균열폭이 상당히 벌어지며 매우 취성적으로 종국 파괴하였다. 90°절곡배근 방법은 그 절곡부위가 복부 끝부분에 위치하므로 주 인장근과 결이철근에서 초래되는 인장응력이 복합되어 굴곡부위에 인장 응력집중을 초래하므로 바람직하지 못한 배근형태로 판단된다. 아울러, D13철근과 D19철근을 90°굴곡시킬 때 발생하는 내력손실이 전단내력 직철근과 수평철근을 가로질러 용접하는 것이 보다 바람직한 배근방법으로 판단된다. Fig. 11은 결이철근이 60°절



Fig. 10 Example of web shear failure (DT-2S-M-A)



Fig. 11 Example of web shear failure(DT-1S-M-B)

Table 4 Test results

Specimens	Concrete strength		Calculated value			Experimental value			⑥/③ Test/ Calculated	Failure mode
	PC (kgf/cm <sup>2</sup> )	Topping (kgf/cm <sup>2</sup> )	① Design load (tonf)	② Service load (tonf)	③ Norminal strength (tonf)	④ First cracking (tonf)	⑤ First shear cracking (tonf)	⑥ Failure strength (tonf)		
DT-1D-P-A	483.5	375.4	11.21	7.37	13.87	8.79	12.59	14.70	1.06	Web-shear failure
DT-1S-P-B	483.5	375.4	11.21	7.37	13.87	7.61	12.73	14.50	1.05	Web-shear failure
DT-1S-M-A	483.5	375.4	11.21	7.37	13.87	7.06	10.58	14.25	1.03	Web-shear failure
DT-1S-M-B	483.5	375.4	11.21	7.37	13.87	8.17	13.42	16.61	1.20	Web-shear failure
DT-2D-P-A	468.7	340.4	18.68	11.81	23.48	12.64	17.5	23.29	0.99	Web-shear failure
DT-2S-P-B	468.7	340.4	18.68	11.81	23.48	13.38	19.93	19.93	0.85	Strand bond failure
DT-2S-M-A	468.7	340.4	18.68	11.81	23.48	13.17	17.85	23.35	0.99	Web-shear failure
DT-2S-M-B	468.7	340.4	18.68	11.81	23.48	15.38	20.28	29.66	1.26	Web-shear failure & re-bar bond failure

곡배근된 시험체의 파괴형상이다. 길이철근을 60°절곡배근한 시험체에서 복부전단균열은 모서리 단부에서 상당거리를 두고 발생하였다. 이는 균열 양상이 Fig. 12의 90°절곡배근된 시험체와는 명백한 차이를 보여주었다. 댄단부에 멀리 발생한 복부 전단균열은 근접하여 발생한 균열의 시험체 같이 강선의 정착부착파괴나 길이철근 파단에 의한 단부 전단 성능저하를 초래하지는 않았다. 이 시험체는 복부 전단균열과 휨 전단균열이 복합되며 종국 파괴하였다.

Fig. 12는 강선 정착부착파괴를 일으킨 시험체의 파괴형상이다. DT-2S-P-B 시험체의 경우 중립축 주변에서 발생한 초기 복부 사인장 균열은 강선 정착부착파괴로 연결되어 종국 파괴하였다. 이 시험체에서 다른 균열이 발생하지 않았고, 복부 전단균열만이 발생하였다. 복부 전단균열이 발생하면서 단부 강선슬립이 0.02 mm에서 갑작스럽게 2.0 mm까지 증가하였고, 가력하중의 감소를 초래하였다. 이후 계속 가력하였으나 강선슬립만 증가되었고 하중의 증가는 없었다.

### 3.2 처짐

시험체의 하중-처짐곡선은 Fig. 13에서 활하중 500 kgf/m<sup>2</sup> 시험체에 대하여 Fig. 14에서 1,200 kgf/m<sup>2</sup> 시험체에 대하여 분리하여 도시하였다. 강선이 절곡 배근된 DT-1D(50.39 mm)와 DT-2D (30.06mm) 시험체가 비교적 많은 변형을 일으키며 연성적으로 파괴된 것을 알 수 있다. 그러나 절곡된 강선의 시험체는 댄 전단강도 증가에는 많은 영향을 주지 못했다. 반면, 조기 강선 정착부착파괴(premature strand bond failure)가 발생한 DT-2S-P-B 시험체의 경우 가장 작은 처짐을 발생하며 파괴하였다.

### 3.3 철근 변형률

철근 배근 방법에 따른 각 시험체의 하중-철근 변형률 관계를 철근 종류별로 Fig. 15에서 Fig. 18에 도시하였다.

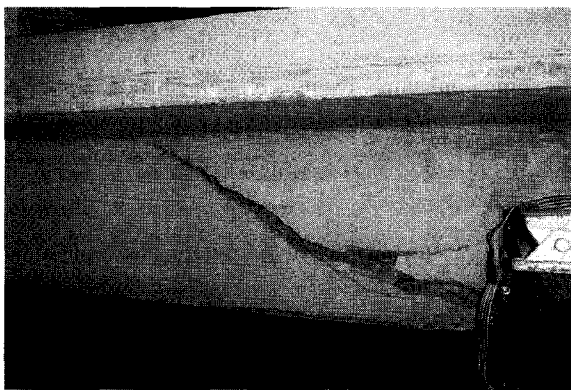


Fig. 12 Example of a strand bond failure (DT-2S-P-B)

모든 시험체에서 공통적으로, 최하단의 수평 보강근(A<sub>sh'</sub>)와 길이철근(A<sub>sh</sub>)의 변형률은 시험체가 파괴에 이를 때 거의 항복변형률에 도달하거나 많은 변형이 발생한 반면에 니브 중앙의 수평 철근(A<sub>h</sub>)와 수평 인장 보강근(A<sub>s</sub>)은 시험체가 파괴에 이를 때까지 철근의 변형곡선은 1차 선형구간을 벗어나 더 이상 증가되지는 않았다. 이는 실험

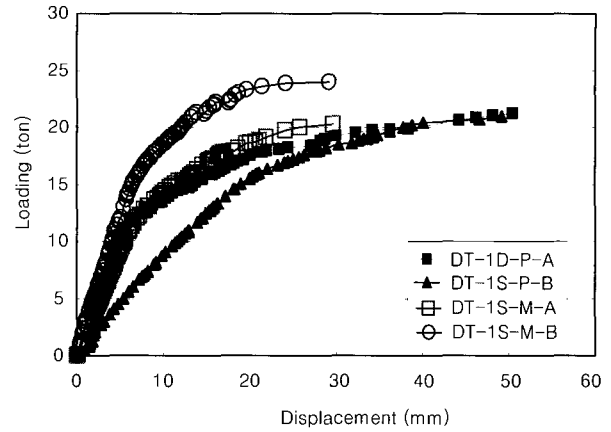


Fig. 13 Load-displacement curves for specimens with live load of 500 kgf/m<sup>2</sup>

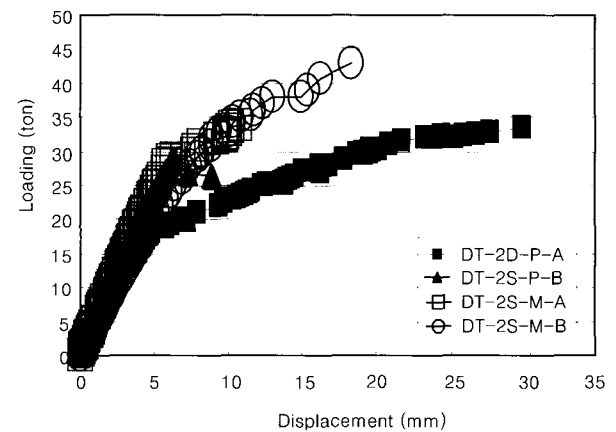


Fig. 14 Load-displacement curves for specimens with live load of 1,200 kgf/m<sup>2</sup>

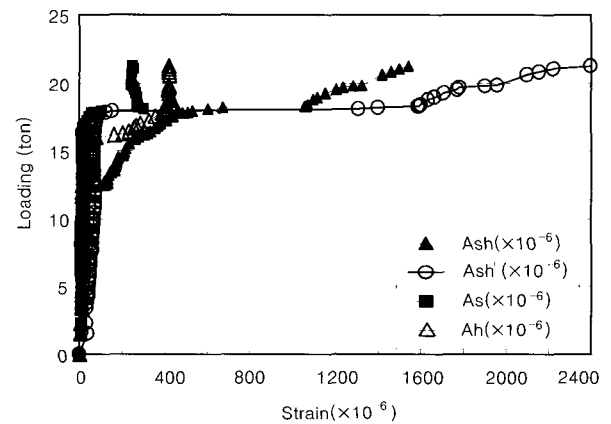


Fig. 15 Load-strain curve (DT-1D-P-A)

조건에서 최대한 수평구속을 해제하였던 데에서 기인한 결과이다. 콘크리트의 전단 분담력을 초과하여 적용이 되는 하중 하에서 뿔단부 길이철근과 최하단 축방향 보강근의 변형률은 급격히 변형하는데 이는 복부 전단균열이 발생한 시점과 거의 일치한다.

길이철근의 배근형태 별로 하중-변형률의 관계를 고려하여 보면 길이철근 상부의 경우 모든 시험체에서 변형률이 거의 일정하게 발생하였으나 길이철근 하부에서는 60° 절곡배근 형태의 시험체가 가장 큰 변형률을 보였다. 이는 약 35°에서 45°각도로 발생하는 복부 전단균열에 직각으로 대응되는 배근형태의 철근만이 균열에 대응하여 전단면에 일정한 인장응력이 발생되고 있는 결과이다. 반면, 길이철근이 복부 전단균열과 약 45°에서 55°각도로 배근되어 있는 다른 시험체의 경우 철근의 상부와 하부의 변형률이 큰 차이를 보여 이는 보강근의 전 단면이 적절하게 균열에 대응하지 못한 것을 알 수 있다.

### 3.4 강선 슬립

각 시험체의 하중-슬립 곡선을 Fig. 19에 첨부하였다. 강선 정착구 파괴로 판별되는 기준인 슬립량 25 mm(0.1 in)을

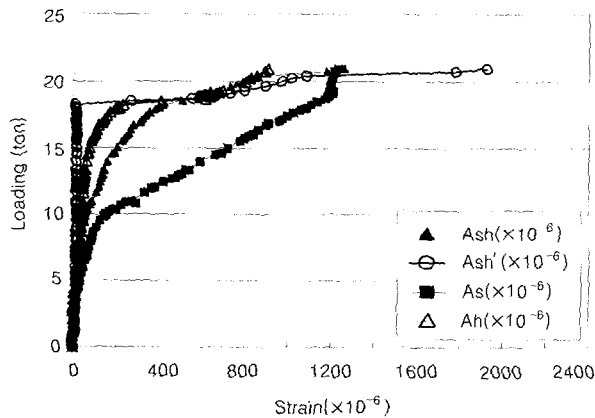


Fig. 16 Load-strain curve (DT-1D-P-B)

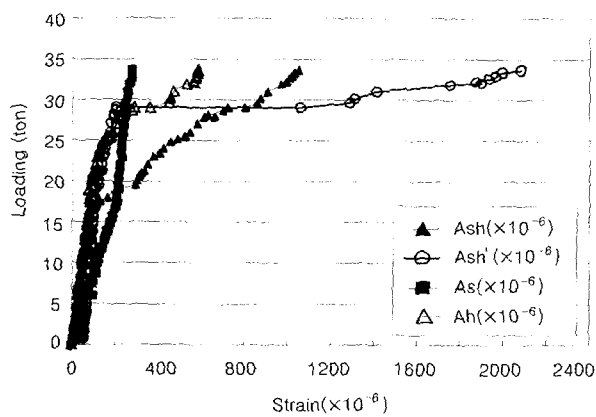


Fig. 17 Load-strain curve (DT-2S-M-A)

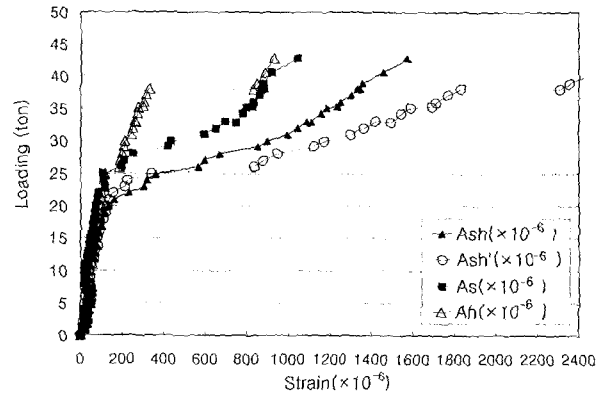


Fig. 18 Load-strain curve (DT-2S-M-B)

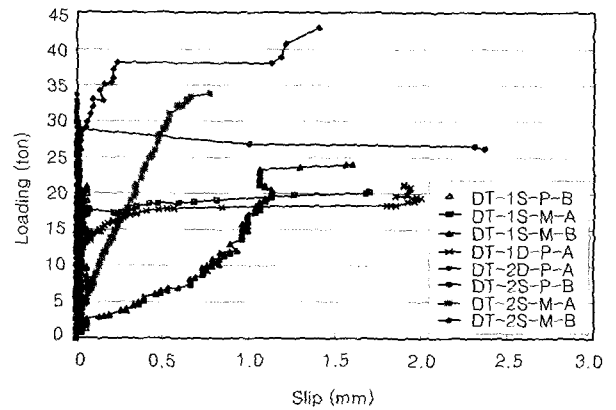


Fig. 19 Load-slip curves

나타낸 시험체는 DT-2S-P-B 시험체이며 다른 모든 시험체는 최종 슬립이 매우 미소하였다. 시험체의 슬립 발생 양상을 살펴보면 복부 전단균열이 발생함과 동시에 갑작스럽게 발생되어 미소하게 진행이 되거나 그 진행을 멈추는 양상이 나타났다.

정착구 파괴로 파괴된 DT-2S-P-B 시험체의 경우 하중의 증가 없이도 지속적으로 슬립의 증가 현상이 계속되는 양상이 관찰되었다. DT-1D-P-A 시험체의 경우 복부 전단균열의 발생과 동시에 급격한 슬립의 증가 양상이 관찰되어 하중을 고정된 후 그 양상을 관찰하였으나 슬립은 더 이상 증가하지 않았다. 시험체의 처짐은 강선 슬립 시작 후 강선슬립에 영향을 주는 것으로 판단되었다.

## 4. 결 론

본 연구에서는 총 8개의 뿔단부 시험체에 대하여 각각의 단부를 전단 실험하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 5mm깊이 빗길로 거칠게 마감한 플랜지 상부의 모든 시험체는 종국파괴까지 토핑콘크리트와 일체 거동하였다. 강선의 정착구 파괴로 인한 조기 파괴된 하나의 시험

체를 제외하고서 주어진 강도규준 설계를 대체로 만족시켰다.

2) 결이 철근의 여러 가지 형태를 변수로 두어 실험한 결과 복부 전단균열과 수직으로 배치된 60°절곡 배근 형태의 시험체가 사용하중과 종국하중하에서 가장 우수한 전단거동을 보여주었다.

3) 90°절곡배근 방법은 그 절곡부위가 복부 끝부분에 위치하므로 주 인장근과 결이철근에서 초래되는 인장응력이 복합되어 굴곡부위에 인장 응력집중을 초래하므로 바람직하지 못한 배근형태로 판단된다. 또한, 철근을 90°굴곡시킬 때 발생하는 내력손실이 전단내력저하를 가중시키므로 이 경우 기존의 PCI 방법과 같이 수직철근과 수평철근을 가로질러 용접하는 것이 보다 바람직한 배근방법으로 판단된다.

4) 모든 시험체는 공통적으로 복부에서 발생하는 큰 전단 균열에 의하여 파괴되었다. 이 복부 전단균열은 단부 강선슬랩에 가장 큰 영향을 주는 것으로 판단되었다.

5) 각 시험체는 공통적으로 결이철근과 최하단의 전단 보강철근을 제외하고는 그다지 큰 변형을 보이지 않았는데 설계시 반영하는 수평력은 장기적인 하중인 반면에 실험시 적용된 수평력은 그에 비하여 단기 하중으로서 설계 고려치 보다 미소하기 때문이라 사료된다.

6) 본 연구 결과의 실용성을 증진하기 위하여 장기하중을 고려한 추가적인 실험연구가 필요한 것으로 판단된다.

## 참고문헌

1. PCI "Design Handbook-Precast and Prestressed Concrete," Fifth Edition, Prestressed Concrete Institute, Chicago, Illinois, 1999.
2. Mattock, A. H. and Theryo, T. S., "Strength of Prestressed Concrete Members with Dapped Ends," *PCI Journal*, Vol. 31, No. 5, September-October 1986, pp.58~75.
3. Mattock, A. H. and Chan, T. C., "Design and Behavior of Dapped End Beams," *PCI Journal*, Vol. 24, No. 6, November-December 1979, pp.28~45.
4. Russel, B. W. and Paulsgrove, G. A., "Fundamental Mechanism for the Development of Pretensioned Strands," University of Oklahoma, July.7. ACI Committee 318, (1996).
5. Hamoudi, A. A., Phang, M. K. S., and Bierweiler, R. A., "Diagonal Shear in Prestressed Concrete Dapped Beams," *ACI Structural Journal*, Vol. 42, No. 7, July 1975, pp.347~350.

## 요 약

본 연구에서는 국내에서 활용하고있는 지간거리 10 m인 실물크기 4개의 싱글터 슬래브의 댄 단부에 대하여 8번의 전단실험을 실행하였다. 시험체는 국내 규준의 주차장을 위한 활하중 500k gf/m<sup>2</sup>와 매장용도를 위한 활하중 1,200 kgf/m<sup>2</sup>을 적용하여 설계하였다. 강도설계규준을 모두 만족시키면서 시험체에 적용시킨 변수는 결이철근의 배근방법을 다르게하여 적용시켰다. 현재 국내에서 활용하는 PCI배근방법에의한 단면과, 90°절곡배근, 60°절곡배근에 대한 각 실험결과를 비교 분석하였다. 1) 5 mm깊이 빗질로 거칠게 마감한 플랜지 상부의 모든 시험체는 종국파괴까지 토핑콘크리트와 일체 거동하였다. 강선의 정착구 파괴로 인한 조기 파괴된 하나의 시험체를 제외하고서 주어진 강도규준 설계를 대체로 만족시켰다. 2) 결이철근의 여러 가지 형태를 변수로 두어 실험한 결과 복부 전단균열과 수직으로 배치된 60°절곡 배근형태의 시험체가 사용하중과 종국하중에서 가장 우수한 결과를 나타냈으며, PCI 형태의 일반배근, 90°절곡배근의 순으로 전단성능이 좋게 평가되었다.

**핵심용어 :** 전단, 더블터, 댄단부, 결이철근, 프리스트레스트, 프리캐스트, 콘크리트