

Up-Set Coupler 이음철근의 인장특성에 대한 실험적 연구

An Experimental Study of Tension Properties on New Developed Up-Set Coupler

심종성* 박철우** 강태성*** 김태수****
Sim, Jong-Sung Park, Cheol-Woo Kang, Tae-Sung Kim Tae-Soo

Abstract

As structures are getting super-rise and large-sized, introducing the construction methods such as prefabrication of bar-meshes and complex method are being actively discussed to pursue the high quality of reinforced concrete, the simplification of field works, and the reduction of duration, as well as the study on how to connect reinforcing rods, which occurs while applying the same methods, is in progress. Also, the pressure welded joint is a kind of method that heats the ends of reinforced bars locally and joint them, and after the pressure welding, the vulnerable part in the reinforced bar occur. Thus, in the construction field, the throughout quality control is necessary because of the delayed duration and the lowered construct ability. In this study, of the traditional lap splice method and the mechanical splice one, the screw coupler, we tried to look into through experiments the prefabrication method of bar-meshes, a typical joint method usually used for the joint parts for PSC structures applying the reinforced bar with its big diameter, and a newly-developed up-set coupler method. And we also examined the characteristic of tensile.

요 지

구조물이 초고층화, 대형화 되어감에 따라 철근의 이음방법에 대한 필요성이 증대되고 있다. 현재 일반적으로 건설현장에서는 겹이음을 많이 사용하고 있으나 굵은 직경을 사용한 구조부재의 경우 겹이음 사용 시 피복두께 확보의 어려움으로 부차과파 및 접합부의 복잡한 배근으로 인한 콘크리트 타설의 시공성 저하 등이 문제가 되고 있다. 또한 압접이음은 철근의 단부를 국부적으로 가열하여 접합하는 방식으로 압접 후 철근의 취약부분이 발생할 수 있으므로 시공현장에서의 철저한 품질관리가 요구되는 단점이 있다. 이러한 단점을 해결하고자 새로운 개념의 Up-set Coupler를 적용하였다. 본 연구에서는 기계적 이음방법 중 철근 선조립공법이나 고강도, 대직경의 철근을 사용하는 PSC구조물의 접합부에서 주로 사용되는 대표적인 이음방법인 Screw Coupler와 Up-set Coupler, 그리고 이음이 없는 철근을 사용하여 각각의 인장특성과 사용성을 실험적으로 연구하고자 한다.

Keywords : Lap splices up-set coupler, Screw coupler, Tensile test, Tensile failure

핵심 용어 : 겹이음 Up-set 커플러, 나사식 커플러, 인장실험, 인장과파

* 정희원, 한양대학교 토목공학과 교수

** 정희원, 강원대학교 토목공학과 교수

*** 학생회원, 한양대학교 토목공학과 박사과정

**** 학생회원, 한양대학교 토목공학과 석사과정

E-mail : bigstar@hanyang.ac.kr 010-5126-0910

• 본 논문에 대한 토의를 2008년 10월 31일까지 학회로 보내 주시면 2009년 1월호에 토론결과를 게재하겠습니다.

1. 서 론

최근 구조물의 대형화와 초고층화에 대한 시대적인 요구에 따라서 8m 또는 10m 길이의 철근은 구조물의 고품질 확보와 현장작업의 간소화 및 공기단축 등을 함께 추구하는데 있어서 지간 길이를 만족하지 못하는 경우가 발생하게 된다. 따라서 철근의 선조립 공법이나 복합공법의 도입이 활발히 제안되고 있으며, 동일한 공법의 적용 시 발생하는 철근의 이음방법에 대한 연구가 진행되고 있다.⁽¹⁾ 현재 콘크리트구조물에 적용되고 있는 철근의 이음방법은 겹이음, 압접이음 및 기계적 이음 등이 있으며, 일반적으로 건설현장에서는 겹이음 방법이 주로 사용되고 있다. 겹이음 공법은 철근 겹이음부와 콘크리트의 부착응력을 통하여 응력을 전달하는 이음방법이며, 철근의 겹이음 길이는 철근상호의 응력을 충분히 전달하는 길이로 하며 특별한 전문기술자를 필요로 하지 않고 철근공의 철근조립 작업으로 해서 일반적으로 이루어져온 철근 이음공법이다. 그러나 콘크리트의 강도와 피복두께가 충분하지 못할 경우 콘크리트의 균열 등이 우려되고 공기와 비용의 과다 소모를 가져오는 문제점을 가지고 있으며, Fig. 1와 같이 밀집배근으로 인하여 콘크리트 타설 불량, 구조물의 내구성약화, 이음위치에 따른 시공성 저하 요인이 된다. 이처럼 철근의 겹이음 사용은 문제가 발생할 우려가 있기 때문에 현행 콘크리트구조설계기준(2003) 및 ACI Committee 18 Structural Building Code 에서는 적정지름 이상의 원형 및 이



Fig. 1 철근의 겹이음 시공

Table 1 Up-Set Coupler 제원

unit : mm

호칭명	A	B	C	D	E	F	G
D13	13	16	8	150	24	22.4	22.5
D16	16.5	19.8	10	154	30	27.6	31.3
D19	19.5	23.5	12	158	36	32.9	37.4
D22	23	27.2	14	160	42	37.9	42.3
D25	26	30.8	16	164	48	41.9	47.9
D29	29.5	34.7	18	168	54	47.1	53.7
D32	32.5	39	20	170	60	52.2	59.4
D35	36	43.2	22	174	66	57.4	66.5
D40	39.5	47.4	24	176	72	62.7	72.7
D41	42.5	50.7	25	182	78	67.1	77.9
D51	52.5	62.5	30	190	92	83	95.9

A: 시험체의 공칭 직경 B: 내륜캡 내경
 C: 성형단부의 두께 D: 가공된 압축부
 E: 체결된 커플러의 총길이 F: 외륜캡의 내경
 G: 외륜캡의 외경

형철근에 대해서 겹이음의 사용을 규제하고 있다.⁽³⁾⁽⁷⁾ 따라서 본 연구에서는 이러한 시공성저하의 원인을 근본적으로 해결하고, 시공성, 공기단축, 재료비 절감 등을 위해 철근 밀집현상을 감소시켜 시공성을 향상시킬 수 있는 새로 개념의 Up-Set Coupler를 기존의 철근 이음방식들과 비교하여 기계적·구조적 성능을 검증하고자 한다. 본 논문에서는 물리적 변형을 주어 형성된 철근 단부를 Coupler로 기계적 이음 하는 Up-Set Coupler에 대하여 이음의 기계적 특성 비교 분석 시 사용된 이음구의 종류는 Screw Coupler(나사식 커플러), 이음이 없는 철근, Up-Set Coupler로 직경별로 인장실험 하였으며 한국산업규격에서 정하고 있는 기준 이상의 인장강도 발현여부와 그 성능을 비

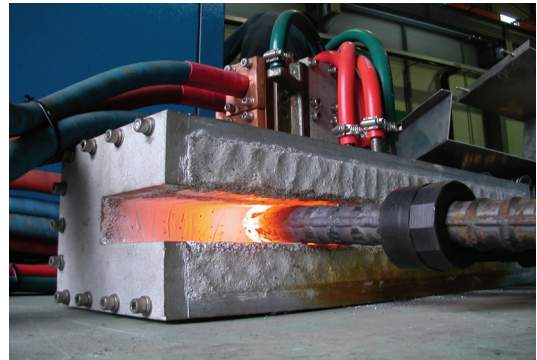


Fig. 2 철근 단부 예열

교를 통하여 효율적인 시공을 위한 기초자료를 제시하고자 한다.

2. UP-Set Coupler 철근 이음장치

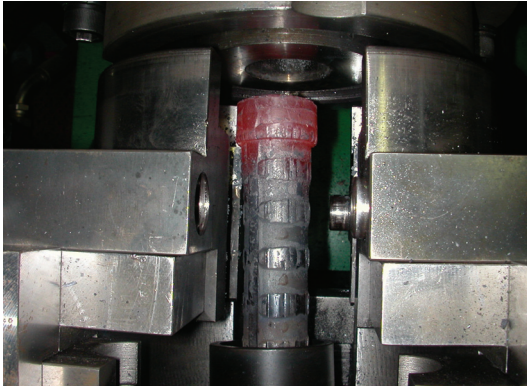


Fig. 3 예열된 단부 성형 작업

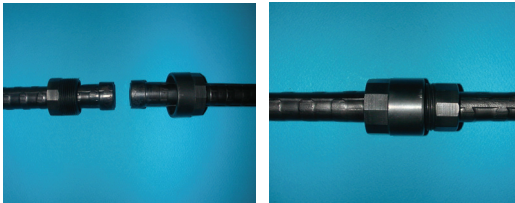


Fig. 4 Up-Set Coupler

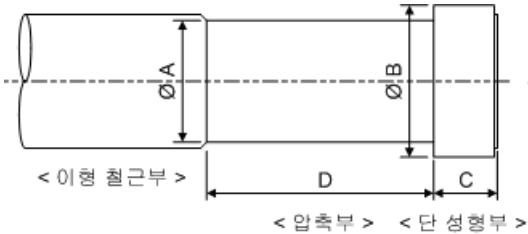


Fig. 5 커플러 압축부 형상

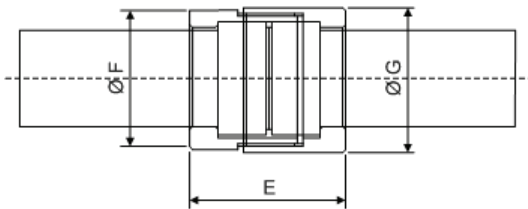


Fig. 6 체결된 커플러 형상

2.1 UP-Set Coupler 철근 이음장치의 개요

Up-Set Coupler는 Fig. 2와 같이 철근의 단부를 약 550℃로 온간 예열 후 일정한 틀(금형)에서 예열 철근 단부를 프레스로 15MPa로 가압하여 형상을 성형(Fig. 3)하며 이를 커플러를 이용하여 연결하는 이음방법이다.

본 연구에서 사용된 Up-Set Coupler의 결합방식은 기존의 나사(단부나사) 이음 방식인 모재철근과 Coupler 압나사 수나사 체결방식으로 최종적으로 철근자체를 돌려 체결하는 방법에 비하여 Up-Set Coupler는 모재철근과 Coupler의 체결 결합이 아닌 Coupler만의 체결로 모재철근과의 이음이 형성되는 새로 개념의 철근이음 방식이다(Fig. 4). 이러한 방식은 기존의 체결방식에 비해 철근을 움직이지 않고 커플러만을 이용하여 체결하므로 체결이 신속하고 규격이 큰 대구경의 철근도 쉽게 체결할 수 있는 장점이 있다.

그림 Fig. 5와 Fig. 6은 성형부와 조립부의 형상을 나타내며, 각각의 철근 직경별 성형부 제작 및 조립시의 상세는 Table 1에 나타난 바와 같다.

3. 철근이음장치의 인장 실험

3.1 실험개요

한국산업규격에서 정하고 있는 SD400을 이용하여 각 철근의 이음 방법에 따른 인장강도를 측정하고자 하였다. 기계적 이음의 종류는 부풀림 나사이음(Up-Set Coupler)과 평단면 나사이음(Screw Coupler) 그리고 이음 없는 철근에 의한 시편을 각각 제작하여 실험하였으며, 본 실험에 사용된 철근은 KS D 3504의 철근 콘크리트용 봉강이며, Table 2에 규격을 나타내었다.

3.2 실험 변수

성능평가에 대한 시험변수는 나사식이음(Screw Coupler)과 본 연구에서 개발된 Up-Set Coupler, 이음없는 철근을 선택하였으며, 한국산업규격에서 정

하고 있는 D13~D51까지 11종을 그 대상으로 하였다.

이상을 실험변수로 하여 이음 없는 철근을 포함한 시험체의 실험을 수행하였으며, 각각의 시편에 대한 변수명은 아래 Table 3과 같으며 철근 직경별 시편길이에 따른 물림길이를 한국산업규격에 근거하여 산정하였으며 목록은 Table 4에 나타난 바와 같다.

3.3 실험 방법

철근의 경우는 주로 Shimadzu 인장 2,000 kN 만능시험기를 이용하였으며, 가력은 KS D0249 [철근 콘크리트용 봉강의 기계식 이음의 검사 방법]의 규준에 따라 정적 인장가력을 수행하였다. 정적 인장가력 시험은 0.2mm/sec의 속도로 철근의 파단 시까지 수행하였다. 본 실험에서는 한국산업규격에서 정하는 KS B 0802(금속 재료 인장 시험 방법)에 따라 한국산업규격의 재료 규격에서의 인장강도의 규정 값에 해당하는 하중의 1/2하중까지는 적절한 속도로 하중을

Table 2 KS D 3504 철근의 물리적 성질

	공칭중량 (kg/m)	공 칭 규 격		공 칭 강 도	
		직경 (mm)	단면 (mm ²)	인장강도 (MPa)	항복강도 (MPa)
D6	0.2	6.3	3.1	560이상	400이상
D10	0.5	9.5	7.1		
D13	0.9	12.7	12.6		
D16	1.5	15.9	19.8		
D19	2.2	19.1	28.6		
D22	3.0	22.2	38.7		
D25	3.9	25.4	50.6		
D29	5.0	28.6	64.2		
D32	6.2	31.8	79.4		
D35	7.5	34.9	95.6		
D38	8.9	38.1	114.0		
D41	10.5	41.3	134.0		
D51	15.9	50.8	202.7		

Table 3 시험체명 설정

(S/U/C)-D13-S		
(S/U/C)	변수명	U : Up-set S : 나사식 C : 일반 철근
D13	철근의 규격	
S	Static test(정적인장)	

가하고 1/2하중을 넘은 후의 20%~80%/min이 되는 속도로 당기도록 규정되어있어 본 실험에서는 0.5N/sec의 속도로 시험하였다. 또한 KS D3504 [철근 콘크리트용 봉강]에 준하여 이음이 포함된 시편의 평균 인장강도는 같은 종류의 이음 없는 철근의 실제 인장강도 이상이어야 하며, 시험체의 판정기준은 KS D 0249에 의거하여 각 시편의 인장강도는 모재 철근의 최소 항복강도의 125% 이상의 값이어야 함으로 이 값을 판정기준으로 하여 Up-Set Coupler의 사용가능성을 검토하였다.

Table 4 시편 목록
(Up-Set Coupler/Screw Coupler/이음없는 철근)

	변수명	항복 등급	철근 직경 (mm)	시험 방법	시편 길이 (mm)	물림 길이 (mm)	
D13	U-D13-S-1	SD400	12.7	정적 인장 시험	347	127	
	S-D13-S-1						
	C-D13-S-1						
D16	U-D16-S-2		15.0		15.0	379	159
	S-D16-S-2						
	C-D16-S-2						
D19	U-D19-S-3		19.1		19.1	411	191
	S-D19-S-3						
	C-D19-S-3						
D22	U-D22-S-4		22.2		22.2	442	222
	S-D22-S-4						
	C-D22-S-4						
D25	U-D25-S-5	25.4	25.4	474	254		
	S-D25-S-5						
	C-D25-S-5						
D29	U-D29-S-6	28.6	28.6	506	286		
	S-D29-S-6						
	C-D29-S-6						
D32	U-D32-S-7	31.8	31.8	538	318		
	S-D32-S-7						
	C-D32-S-7						
D35	U-D35-S-8	34.9	34.9	569	349		
	S-D35-S-8						
	C-D35-S-8						
D38	U-D38-S-9	38.1	38.1	601	381		
	S-D38-S-9						
	C-D38-S-9						
D41	U-D41-S-10	41.3	41.3	633	413		
	S-D41-S-10						
	C-D41-S-10						
D51	U-D51-S-11	50.8	50.8	728	508		
	S-D51-S-11						
	C-D51-S-11						

3.4 인장특성 실험결과 분석 및 고찰

Table 5는 이음 없는 철근의 정적인장시험에 의한 시험 결과를 나타낸 것이다. 각각의 철근은 항복강도 400MPa 이상의 값을 나타내었으며, 파단위치는 모두 표점거리 내에서 발생하였다.

Table 5 이음없는 철근의 인장시험 결과

철근번호	시편명	항복 강도 (MPa)	비고
D13	C-D13-S-1	424.1	SD 400
D16	C-D16-S-1	412.2	
D19	C-D19-S-1	463.5	
D22	C-D22-S-1	420.9	
D25	C-D25-S-1	443.7	
D29	C-D29-S-1	499.3	
D32	C-D32-S-1	465.1	
D35	C-D35-S-1	407.6	
D38	C-D38-S-1	434.9	
D41	C-D41-S-1	410.2	
D51	C-D51-S-1	412.0	

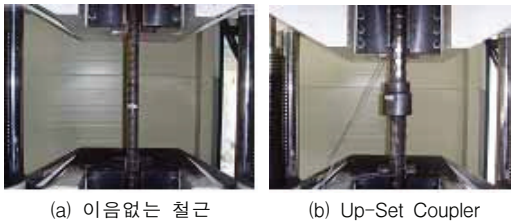


Fig. 7 인장시험 개요

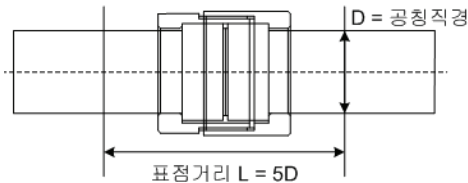


Fig. 8 커플러 표점거리

표점거리는 KS D 3504에 따라 인장시험시 표점거리는 5D로 산정하였다(Fig. 8).

Table 6은 나사식(Screw Coupler)이음 철근의 시험 결과를 나타낸 것이다. 한국산업규격에 의한 모든 시편에서 표점거리내의 모재철근에서 급격하게 파단 되었으며 각각의 시편에 대한 성능 기준인 규격 항복강도 400MPa의 125% 값인 500MPa 보다 90MPa정도 높은 성능을 나타냈으며, 모재철근 인장강도의 경우 560MPa 보다 30MPa가 높은 결과 값을 나타내었다.

Table 7은 각 지름별 Up-Set Coupler 이음철근의 정적인장시험에 의한 시험 결과이다. 실험에서 Up-Set Coupler 이음은 대부분 파단점이 표점거리 내에서 철근의 전형적인 인장파단 형상이 발생하였으

Table 6 나사식 커플러(Screw Coupler)의 인장시험 결과

철근 번호	시편명	인장강도 (MPa)	$\frac{\text{Screw Coupler의 인장강도}}{\text{이음없는 철근의 항복강도}} \times 100$
D13	S-D13-S-1	578.9	- 각각 공칭항복강도의 125%이상 (500MPa)0
D16	S-D16-S-2	586.3	
D19	S-D19-S-3	606.8	
D22	S-D22-S-4	603.2	
D25	S-D25-S-5	572.8	
D29	S-D29-S-6	602.9	
D32	S-D32-S-7	588.9	
D35	S-D35-S-8	571.6	
D38	S-D38-S-9	578.5	
D41	S-D41-S-10	606.3	
D51	S-D51-S-11	595.9	

Table 7 up-set 커플러의 인장 실험결과

철근 번호	시편명	인장강도 (MPa)	$\frac{\text{Up-set Coupler의 인장강도}}{\text{이음없는 철근의 항복강도}} \times 100$
D13	U-D13-S-1	609.9	- 각각 공칭항복강도의 125%이상 (500MPa)
D16	U-D16-S-2	562.9	
D19	U-D19-S-3	563.4	
D22	U-D22-S-4	644.4	
D25	U-D25-S-5	607.7	
D29	U-D29-S-6	630.1	
D32	U-D32-S-7	617.8	
D35	U-D35-S-8	600.7	
D38	U-D38-S-9	635.1	
D41	U-D41-S-10	613.8	
D51	U-D51-S-11	662.6	

며, 각각의 시편에 대한 성능기준인 규격항복강도 400 MPa의 125% 값인 500MPa 보다 112MPa가 높은 성능을 나타내었으며, 모재철근 인장강도 560MPa 보다 52MPa가 높은 결과 값을 나타내었다.

위 Table 8과 Fig. 10은 현재 현장에서 가장 많이 사용되고 있는 철근의 직경 D25, D29, D32를 선정하여 비교분석한 결과 이다. 대부분의 시험체에서 인장강도는 유사한 것으로 나타났으며, 전반적으로 모든 인장강도는 한국 산업규격기준에 만족하는 것으로 나타났다. 따라서 철근의 결이음으로 인한 시공 시 밀집 현상으로 인한 시공성저하의 원인을 해결하기위한 방법의 일환으로 인장 실험 이외의 피로실험 및 구조실험 등 추가적인 연구가 수행된다면, Up-Set Coupler의 사용가능성을 제시 할 수 있을 것으로 판단된다.

Table 8 시험체별 인장강도

구 분	시험체명	인장강도 (Mpa)	파단형태
Conventional Steel (이음이 없는 철근)	C-D25	584.3	인장파괴
	C-D29	566.0	인장파괴
	C-D32	585.0	인장파괴
Screw Coupler (나사식)	SC-D25	561.4	모재철근파단
	SC-D29	604.2	모재철근파단
	SC-D32	594.4	모재철근파단
Up-Set Coupler	US-D25	607.7	모재철근파단
	US-D29	630.2	모재철근파단
	US-D32	617.8	모재철근파단

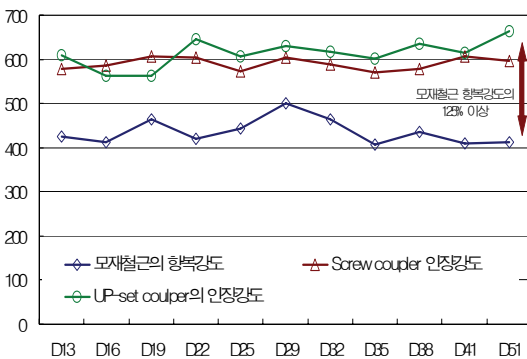


Fig. 9 시험체 종류별 강도 비교

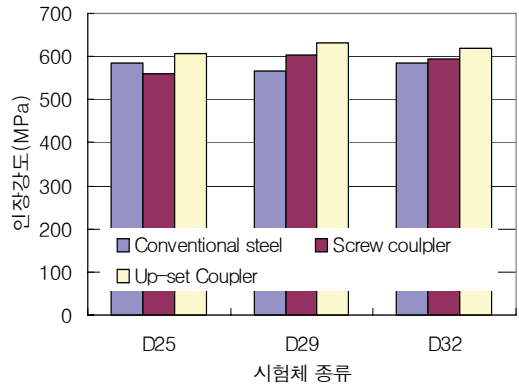


Fig. 10 시험체 종류별 인장강도

4. 결 론

본 연구는 초고층화 대형화 되어가는 구조물용 대규모 철근의 기계적 이음부의 성능 평가를 위해 수행하였으며, 기존 철근이음방식의 단점을 보완하기 위한 새로운 개념의 기계적 이음재 시편에 관한 성능을 평가하고, 쾌속시공을 위해 고안된 기계적 이음철근의 성능평가를 위한 연구로서 인장실험결과를 정리하면 다음과 같다.

- 1) 현재 사용되고 있는 Screw Coupler의 이음철근을 시험한 결과 모든 시편이 한국 산업규격기준을 만족하여 규격 항복강도 400MPa의 125% 값인 500MPa 보다 90MPa가 높게 나타났으며 모재철근 인장강도 560MPa 보다 30MPa가 높게 나타났다.
- 2) Up-Set Coupler 이음철근을 시험한 결과 모두 모재철근에서 파단 되었으며, Screw Coupler와 마찬가지로 한국산업규격기준을 만족하는 규격 항복강도 400MPa의 125% 값인 500MPa 보다 약112MPa가 높게 나타났으며 Screw Coupler 모두 유사한 인장강도를 가지는 것으로 나타났다.

참고문헌

1. 박선규, 이팔, 고원준, "커플러 이음 철근을 사용한 철

-
- 근콘크리트 보의 휨 거동에 대한 실험적 연구”, 한국 구조물진단학회 학술발표대회, 2000. 7.
 2. 이리형, 이원호, 김병균, 이용재, 이동우, ‘강관 슬리브를 이용한 철근이음에 관한 실험적 연구’, 대한건축학회논문집, 13권 3호, 통권 101호, 1997. pp. 241-250,
 3. 한국콘크리트학회, “콘크리트 구조설계기준”, 2003.
 4. 금속 재료 인장 시험편 KS B 0801.
 5. 철근 콘크리트용 봉강의 기계식 이음의 검사방법 KS D 0249.
 6. 철근 콘크리트용 봉강 KS D 3504.
 7. Rezansoff, T. and Akanni, A. and Sparling., B., “Tensile Lap Splices under Static Loading: A review of the Proposed ACI 318 Code Provisions,” ACI Structural Journal. July-August, 1993, pp. 374-384.

(접수일자 : 2008년 2월 28일)

(심사완료일자 : 2008년 6월 23일)