

## 조임쇠 경사길이에 따른 체결식 커플러의 이음성능 평가

정현석<sup>1</sup>, 최창식<sup>2\*</sup>

### Splice Performance Evaluation of Fastening Coupler According to the Slope Length of Internal Fasteners

Hyun-Suk Jung<sup>1</sup>, Chang-Sik Choi<sup>2\*</sup>

**Abstract:** In this study, in order to improve the splice performance of mechanical couplers, two new mechanical couplers with different connection modes were developed with rebar(SD400). The stress analysis of mechanical couplers with two different connection modes was carried out. Uniaxial tensile tests were carried out with type of steel, connection mode and the slope length of internal fastener as variables to analyze the influence on the maximum tensile strength. Building upon this previous work, the specimens that met the code in uniaxial tensile test were fabricated and static loading test and cyclic loading test were performed on the basis of Korean code(KS D 0249). The results of this research are as follows; (1) The tensile strength of steel and the slope length of internal fasteners have a certain influence on the maximum tensile strength. (2) The connection mode has some influence on the stiffness, slip and stiffness reduction rate of the connecting rebars. The results verify the feasibility of the proposed enhanced mechanical coupler in the field.

**Keywords:** Coupler, Mechanical splicing, Internal fasteners, Slope length, Splice performance evaluation

## 1. 서 론

철근 콘크리트 시공 현장에서는 철근 길이에 따라 제작 및 운반의 한계로 인해 철근 이음을 해야 하며, 주로 사용하는 철근 이음 방식은 겹침이음, 용접이음과 기계식이음이다. 겹침이음은 시공이 편리하기 때문에 널리 사용하는 공법이지만 철근의 지름은 크면 클수록 이음부나 접합부 철근량이 급격하게 증가함에 따라 콘크리트 타설이 어려우며 용접이음은 시공성 저하, 전문적인 기술력과 장비 및 기후 등의 조건이 필요하여 현장에서 활용하기가 어렵다. 이에 비해 기계식 이음은 겹침이음과 용접이음의 단점을 보완하기 위하여 새로 제시된 철근이음 공법으로 1970년대부터 현재까지 현장에 다양하게 적용되고 있다. 그러나 기계식 이음은 사용방식과 이음상세에 따라 이음 성능의 차이가 발생하는 문제점이 있다. 따라서 본 연구에서는 기존 이음공법에 대한 문제점을 보완하기 위해 새로운 기계식 이음장치를 제안하고, 이음성능 시험

을 통해서 검증하고자 한다.

현재 기계식 이음장치의 종류는 약 30여종이 개발되었으며 나사이음, 강관 압착이음과 충전식이음으로 구분된다 (한국주택공사, 1997). 나사이음은 철근을 나사와 같이 이음철근에 돌려 끼워 접합하는 방식으로 현장에서 시공성이 좋지만 이음부위를 렌치로 돌려 끼우기 위한 공구를 사용해야 하는 번거로움이 있다 (Bae, 2015). 나사이음은 큰 직경을 갖는 철근(D29 이상)을 사용 시 이음효과가 좋지만, 철근 단부에 미리 나사산을 가공하기 때문에 단면 감소로 인해 철근 직경이 작을 경우 (D16 이하) 이음된 철근의 최대 인장강도가 떨어질 수 있다 (Kwon et al, 2011). 충전식 이음은 신뢰성이 충전재의 밀실도에 따라 좌우되며, 경화시간이 긴 충전재 특성상 시공성이 떨어진다는 단점이 있다 (Lee, 2018). 또한 철근의 이음강도가 철근 매입길이의 영향을 미치기 때문에 철근량이 늘 어날 수도 있다 (Kim, 2002).

반면 본 연구에서 제안된 체결식 커플러는 미리 가공할 필요가 없으며 손으로 조립할 수 있는 장점이 있다. 또한, 나사산 커플러는 철근의 정착을 확인하기가 어렵지만 체결식 커플러는 몸체에서 견시창이 있기 때문에 철근의 체결상태를 쉽게 확인할 수 있다. 그리고 충전식 커플러에 비해 충전재를 사용하지 않아서 공기단축이 가능하다.

본 연구에서는 새로운 철근 기계식 이음장치를 제안하고

<sup>1</sup>정회원, 한양대학교 대학원 건축공학과 박사수료

<sup>2</sup>정회원, 한양대학교 건축공학부 교수

\*Corresponding author: ccs5530@hanyang.ac.kr

Department of Architectural Engineering, Hanyang University, Seoul, 04763, Korea

•본 논문에 대한 토의를 2022년 9월 30일까지 학회로 보내주시면 2022년 10월호에 토론결과를 게재하겠습니다.

이음성능 시험을 통해 그 결과를 국내의 기준과 비교하여 본 연구에서 제시된 커플러의 성능과 사용성에 대해 검증하고자 한다.

## 2. 커플러 이음성능 평가 계획

### 2.1 철근 기계식 이음의 국내외 기준

KDS 14 20 52에서 인장 이형철근의 기계식 이음 시 인장강도는 철근의 설계기준 항복강도의 1.25배 이상의 강도를 발휘할 수 있도록 규정하고 있다. ACI 318-14에서는 철근 기계식 이음의 인장강도를 설계기준 항복강도의 1.25배 이상의 강도를 발휘할 수 있도록 규정하며, CSA-A233-04에서 철근 기계식 이음의 인장강도를 철근 설계기준 항복강도의 1.20배 인장강도를 발휘할 수 있는 동시에 기계식 이음된 철근의 인장강도를 실제 항복강도의 1.10배 이상 만족한다는 규정이 있다. 따라서 국내·외 기준을 비교하면 커플러의 이음성능에 대한 철근 설계기준 항복강도의 1.25배 이상 동일하게 규정되는 것을 확인했다. 국내·외 기계식 이음의 설계기준 비교는 Table 1에 나타내었다.

### 2.2 커플러의 체결방식 및 원리

본 연구에서 제안하는 커플러의 체결방식에 따라 밀착식

(Tight-lock Coupler)과 압착식 (Press-on Coupler)으로 나누고 있으며, 커플러의 구성은 몸체, 조임쇠와 슬리브로 구성된다.

체결식 커플러 상세는 Fig. 1과 Fig. 2에 나타냈다. 압착식 커플러는 철근과 조임쇠를 먼저 연결하고 몸체 양단에서 구멍에 들어가서 몸체의 견시창을 통해 철근에 정착이 되는지 맨눈으로 확인할 수 있으며, 슬리브를 외단에서 체결하고 슬리브를 렌치로 고정된 방식이다(Yoojin, 2020).

밀착식 커플러는 철근과 연결하기 전 조임쇠, 슬리브 그리고 몸체의 순서로 체결하고 철근을 양단에 삽입하면 몸체의 견시창을 통해 철근의 정착을 육안으로 확인할 수 있다.

본 연구의 커플러의 이음 원리는 슬리브와 조임쇠를 서로 밀착하게 유지하고 조임쇠를 통해 철근에 반력을 주는 것이다. 이에 따라 철근이 축방향으로 인장하중이 작용하면 커플러의 조임쇠가 반력을 받아 철근을 고정하는 역할을 한다. 슬리브로 조임쇠를 고정하여 조임쇠와 철근의 슬립현상을 방지시킬 수 있다. 커플러의 이음효과는 조임쇠와 슬리브의 접촉면적이 가장 큰 영향을 미친다고 판단된다. 내부의 응력 분포도는 Fig. 3과 Fig. 4에 나타냈다.

### 2.3 강제 재료시험

모재 철근은 KS D 3504 (철근콘크리트용 봉강) 규정에 근거한 지름이 D19 고장력 철근 (SD 400)을 사용하였다. 커플러

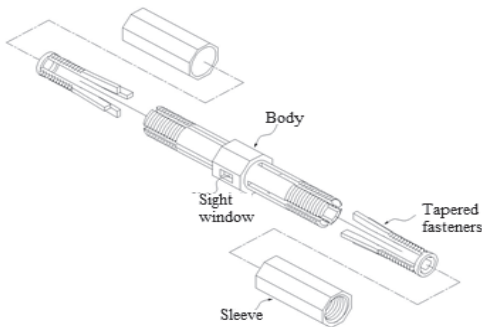


Fig. 1 Detail of Press-on coupler

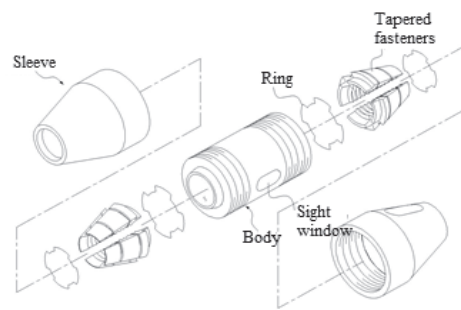


Fig. 2 Detail of Tight-lock coupler

Table 1 Code provisions of mechanical splicing

Code	Scope	Content
KCI 2017	8.6.1(3) Mechanical and welded splices shall be in accordance with the following provisions	- Mechanical spliced greater than 125% of specified minimum yield strength $f_y$
ACI 318-14	25.5.7 Mechanical and welded splices of deformed bars in tension or compression	- At least 1.25 $f_y$ of the bar.
CSA A233-04	12.15 Splices of deformed bars and deformed wire in tension	- At least 120% of the specified yield strength $f_y$ of the bar but not less than 110% of the actual yield strength of the bar

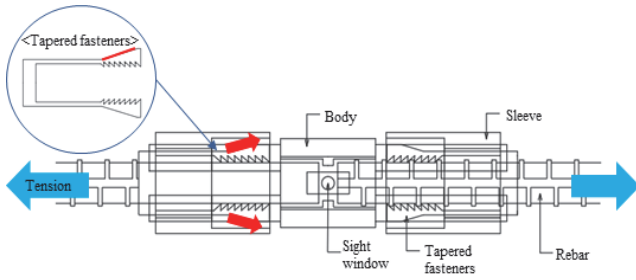


Fig. 3 Force distribution of Press-on coupler

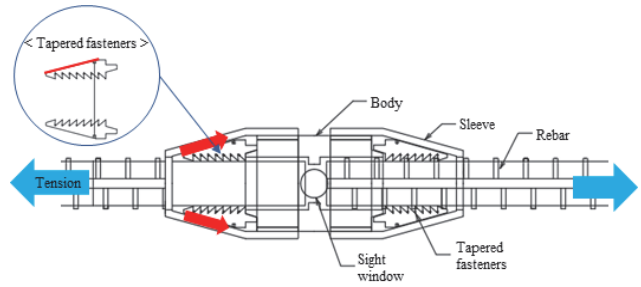


Fig. 4 Force distribution of Tight-lock coupler

에 사용된 강재는 SM 45C와 SCM 440이다. Table 2는 사용한 철근의 기계적 성질을 확인하기 위해 시편을 3개씩 제작하고 재료시험을 한 결과를 나타내었다. 재료시험결과, 모든 강재의 항복강도는 공칭항복강도를 상회하는 결과를 나타내었다. 그리고 SM45C 강재는 모재 철근의 실제 항복강도보다 낮은 결과가 나타났다.

#### 2.4 시험체 상세 및 변수 설정

재료시험 결과에 따라 강재 강도에 대한 영향 확인을 위해 SM45C와 SCM440을 변수로 설정하였다. 조임쇠와 슬리브 사이의 상호작용이 커플러 이음성능에 큰 영향을 미친다고 판단되며, 따라서 조임쇠의 상부 길이(d), 각도( $\theta$ )와 경사길이(l)는 이음성능에 큰 영향이 미친다고 판단된다. 시험 방법 중 먼저 일방향 인장시험을 수행하여 이음성능에 미치는 변수를 파악하고자 하였다. 강재, 체결방식, 조임쇠 경사길이를 변수로 설

정하여, 시험체를 제작하였다. 커플러 조임쇠 상세는 Fig. 5에 나타냈고, 일방향 인장시험의 변수표 다음 Table 3에 나타냈다.

#### 2.5 커플러 이음성능 시험방법 및 평가기준

현재 국내에서 기계식 이음과 관련된 성능 요구 조건 및 시험방법은 한국산업표준 규격인 KS D 0249에 명시 되어 있다. 본 연구는 KS D 0249에 따라 일방향 인장시험을 수행하여, 목

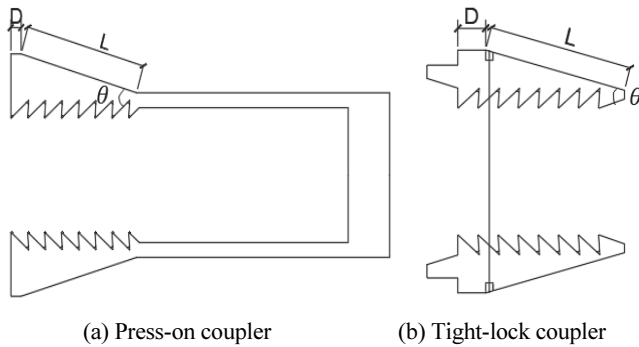


Fig. 5 Detail of Tapered fasteners

Table 2 Material test results

Specimens	Yield strength (MPa)	Tensile strength (MPa)
Rebar (SD400)	482.4	607.3
SM 45C	450	688.6
SCM 440	661.3	908.9

Table 3 Specimens list

Specimens	Materials of coupler	method of contract	Tapered fasteners		
			$\theta$ (°)	d (mm)	l (mm)
P-SM-L11	SM 45C	Press-on	17.5	4	11
P-SM-L19-1					19
P-SM-L19-2					23
P-SM-L23	SCM 440	Press-on	17.5	4	19
P-SCM-L23-1					23
P-SCM-L23-2					23
P-SCM-L23-3	SCM 440	Press-on	17.5	4	23
T-SM-L11					11
T-SM-L19-1					19
T-SM-L19-2	SM 45C	Tight-lock	17.5	4	23
T-SM-L23					23
T-SCM-L19					19
T-SCM-L23-1	SCM 440	Tight-lock	17.5	4	19
T-SCM-L23-2					23
T-SCM-L23-3					23

\*Note :

- P-SM-L19-1 Specimen ID: 1, 2, 3
- Slope length: 11mm, 19mm, 23mm
- Materials: SM(SM 45C), SCM(SCM 440)
- Method: P (Press-on), T(Tight-lock)

표 강도(철근의 설계기준항복강도 125% 이상)를 만족한 시험체를 모델로 제작하고 정적 내력시험과 고응력 반복 내력 시험으로 진행한다. 모든 시험체 및 시험방법은 KS B 0801 및 KS D 0249에 준하여 실시한다.

### 2.5.1 일방향 인장시험

일방향 인장시험은 UTM(100t) 시험기에서 실행하며, 일정한 속도로 가력하고 철근이 파단 될 때까지 하중을 가한다.

### 2.5.2 정적 내력시험

정적 내력시험은 UTM(100t) 시험기에서 실시하며,  $f_y$ (철근의 설계기준항복강도)의 90% 상한점까지 가력한 후에 바로  $0.02f_y$ 의 하한점으로 재하하고 다시 철근 파단까지 하중을 가하는 시험방법이다. 가력곡선은 Fig. 6(a)에 나타났다.

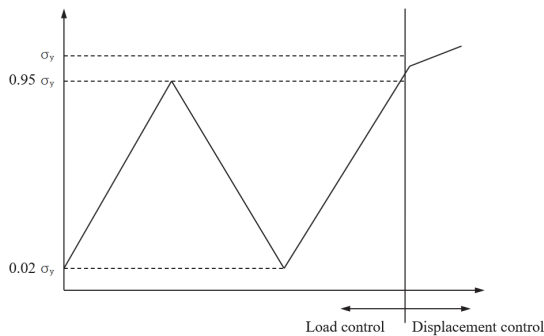
### 2.5.3 고응력 반복 내력시험

본 시험은 철근의 설계기준항복강도의 5%( $0.05f_y$ )에서 90%( $0.90f_y$ )까지 30회 반복 가력을 실시한다. 모든 시험 결과는 KS D 0249에 따라 이음성능을 평가하였고, 평가 기준은 Table 4에 나타났다. 가력곡선 그래프는 Fig. 6(b)에 나타났다.

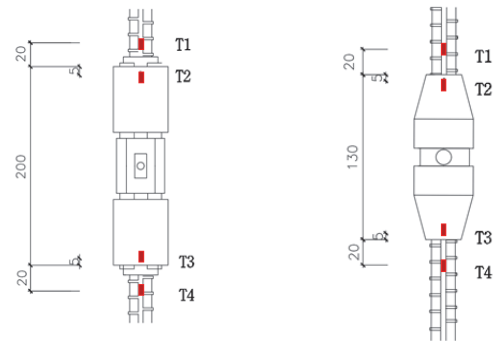
Table 4 Splice performance evaluation

Tensile strength ( $f_t$ ) (MPa)	$f_t \geq 1.25f_y$
Slip ( $L_{slip}$ ) (mm)	$L_{slip} = \epsilon \times L \leq 0.3$
Stiffness ( $E$ ) (MPa)	$E_{0.9\sigma_y} \geq 0.9E_{0.7\sigma_y}$
Reduction rate of stiffness (%)	$\frac{E_{30} - E_1}{E_1} \times 100\%$

$f_y$  = Yield strength of rebar  
 $L$  = Length of the specimen  
 $\epsilon$  = Rebar strains



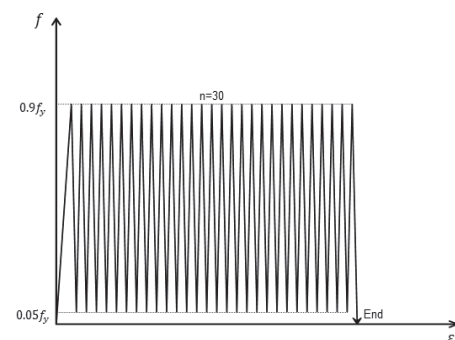
(a) Static loading test



(a) Press-on Coupler

(b) Tight-lock Coupler

Fig. 7 Location of strain gauge



(b) Cyclic loading test

Fig. 6 Loading protocol

## 2.6 게이지 계획

커플러의 이음 성능을 확인하기 위해 모재 철근의 실제 항복강도와 최대강도 및 파괴 양상을 관찰하였다. 커플러 이음된 철근은 하중을 받을 때 철근의 항복점 및 변형률과 커플러 본체의 변형률을 관찰하기 위해서 Strains gauge를 시험체마다 4개씩 붙이고, Date logger로 값을 측정하였다. 게이지 상세는 Fig. 7에 나타냈다.

## 3. 인장시험 결과 및 검토

### 3.1 일방향 인장시험 결과

인장시험의 결과는 Table 5에 나타났다. 압착식 커플러의 경우는 P-SM-L11, P-SM-L19-1, P-SM-L19-2는 슬립이 발생하여 철근이 항복하기 전에 뽑힘으로 인해 시험이 종료되었고, P-SM-L23 시험체는 슬리브 파단으로 인해 시험이 종료되었다. P-SCM-L19 시험체가 목표 강도에 도달한 후 조임쇠 파단으로 인해 시험이 종료되었다. P-SCM-L23-1, P-SCM-L23-2, P-SCM-L23-3 시험체는 목표 강도를 초과하여 최종적으로 철근 파단으로 인해 시험이 종료되었다. 밀착식 커플러의 경우

T-SM-L11, T-SM-L19-1는 시험체가 슬립이 발생하여 철근이 항복하기 전에 뽑힘으로 인해 시험 종료되었다. T-SM-L19-2, T-SM-L23 시험체는 철근 항복하기 전에 슬리브 파단으로 인해 시험이 종료되었다. T-SCM-L19 시험체는 목표 강도를 도달한 후에 조임쇠 파단으로 인해 시험이 종료되었다. T-SCM-L23-1, T-SCM-L23-2, T-SCM-L23-3 시험체는 목표 강도를 초과하여 최종적으로 모재 철근 파단으로 인해 시험이 종료되었다.

목표 강도를 초과한 시험체 중 대표적인 것을 선택하여 응력-변형률 곡선을 Fig. 8에 나타냈다. P-SCM-L23-1, T-SCM-

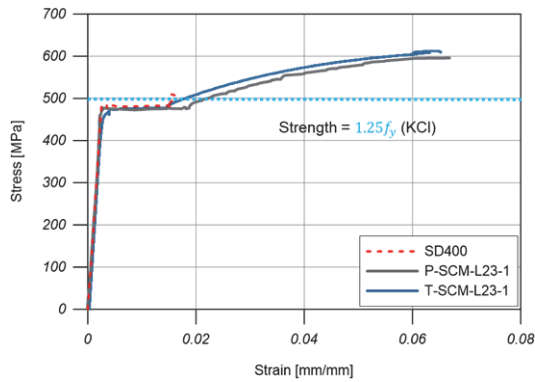


Fig. 8 Stress-strain curve of tensile test

Table 5 Tensile test results

Specimens	$f_t$ (MPa)	$f_t/1.25f_y$ ( $\geq 1, OK$ )		Failure mode
P-SM-L11	270.6	0.54	-	Slip failure
P-SM-L19-1	320.5	0.64	-	Slip failure
P-SM-L19-2	377.5	0.76	-	Slip failure
P-SM-L23	488.2	0.98	-	Fracture of sleeve
P-SCM-L19	550.6	1.10	OK	Fracture of tapered fasteners
P-SCM-L23-1	580.0	1.16	OK	Fracture of rebar
P-SCM-L23-2	603.9	1.21	OK	Fracture of rebar
P-SCM-L23-3	601.7	1.20	OK	Fracture of rebar
T-SM-L11	300.0	0.60	-	Slip failure
T-SM-L19-1	345.1	0.69	-	Slip failure
T-SM-L19-2	278.4	0.57	-	Fracture of sleeve
T-SM-L23	244.8	0.49	-	Fracture of sleeve
T-SCM-L19	600.5	1.20	OK	Fracture of tapered fasteners
T-SCM-L23-1	579.7	1.16	OK	Fracture of rebar
T-SCM-L23-2	613.6	1.23	OK	Fracture of rebar
T-SCM-L23-3	615.6	1.23	OK	Fracture of rebar

$f_t$  = Tensile strength of rebar

$f_y$  = Yield strength of rebar

L23-1 시험체가 철근의 설계기준항복강도의 125% 값을 초과한 후 철근 파단에 의해 시험이 종료되었다. 파단 시 시험체의 변형률이 0.06~0.07 정도의 범위에 있었으며, 이에 따라 철근의 변형능력을 충분히 발현한다는 것을 확인하였다.

### 3.2 시험체 파괴양상

시험체 파괴양상은 Fig. 9~12에 나타냈다. Fig. 9에서는 강

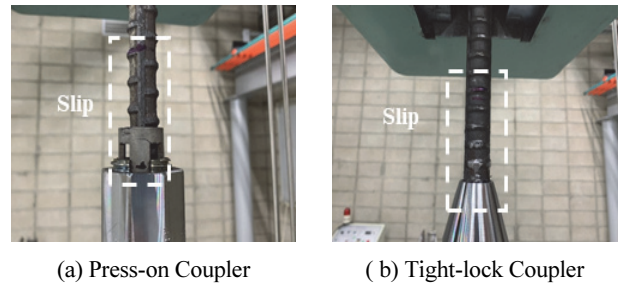


Fig. 9 Slip failure

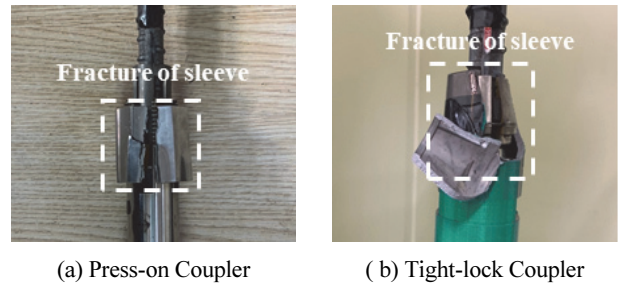


Fig. 10 Fracture of sleeve

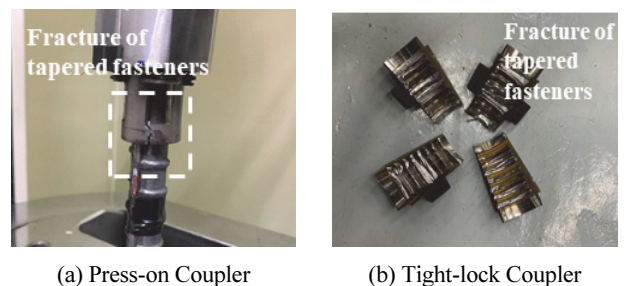


Fig. 11 Fracture of tapered fasteners

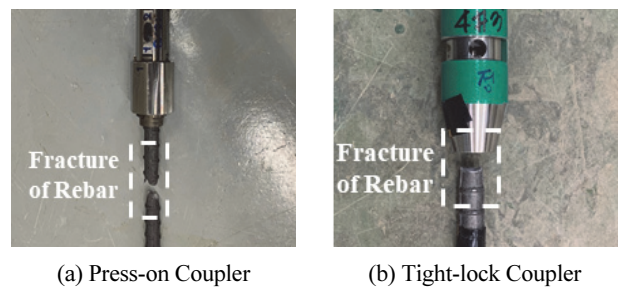


Fig. 12 Fracture of rebar

재 SM 45C를 사용하는 압착식과 밀착식 커플러가 체결방식에 상관없이 경사길이 11mm, 19mm인 경우, 모든 시험체가 슬립으로 인해 시험이 종료되었다. Fig. 10에서는 경사길이 23mm인 경우 슬립이 발생하지 않았지만, 슬리브 제작 강종의 강도가 부족하여 목표 강도를 도달하기 전에 슬리브 파단으로 인해 시험이 종료되었다. Fig. 11에서는 강제 SCM 440을 사용하는 압착식과 밀착식 커플러, 경사길이 19mm인 경우, 모든 시험체가 조임쇠 파단으로 인해 시험이 종료되었다. Fig. 12에서는 경사길이 23mm인 경우, 시험체가 목표 강도를 초과한 후 철근 파단으로 인해 시험이 종료되었다.

#### 4. 정적 내력시험 및 고응력 반복 내력시험

##### 4.1 시험개요

일방향 인장시험 결과를 바탕으로 밀착식 커플러와 압착식 커플러의 이음성능 검증 및 평가를 위해 정적 내력시험과 고응력 반복 내력시험을 시행하였다. Table 5에서 모재 철근 파단으로 인해 종료된 시험체를 동일한 크기로 제작하여 본문 2.5 2), 3)절에서 제시된 시험방법에 따라 시험을 수행하였다. 시험체 명칭은 Table 6에 나타났다.

##### 4.2 정적 내력시험 결과

정적 내력시험 응력-변형률 곡선은 Fig. 13에 나타났다. T-

SCM-L23-SI와 P-SCM-L23-SI 시험체의 최대강도는 597.2MPa, 576.6MPa로 나타났다. 철근의 설계기준항복강도의 125% 값보다 T-SCM-L23-SI와 P-SCM-L23-SI 시험체인 97.2MPa, 76.6MPa 보다 높게 나타났으며, T-SCM-L23-SI 시험체의 최대 변형률은 0.09로 나타났고, 시험이 종료됨에 따라 철근의 성능을 충분히 발현한 것으로 판단된다. 시험체의 변형량은  $0.02f_y$ 에 재하 시 게이지의 변형률과 커플러의 길이를 통해 계산하였으며, 0.17mm, 0.07mm로 산출하여 모두 기준 내인 0.3mm 이내의 변형량을 만족하였다.

T-SCM-L23-SI 시험체가 철근의 항복점의  $0.7f_y$  과  $0.9f_y$ 에 도달할 때 강성이 151,741MPa, 176,335MPa로 나타났고, P-SCM-L23-SI 시험체 같은 경우가 강성이 180,086 MPa, 204,357MPa로 나타났다. 모든 시험체의 강성은  $0.9f_y$  점의 경우에 90% 이상을 만족한다. 정적 내력시험 결과는 Table 7에 나타냈고, KS D 0249에 근거하여 평가한 결과 이음성능을 만족하는 것을 확인 하였다.

##### 4.3 고응력 반복 내력시험 결과

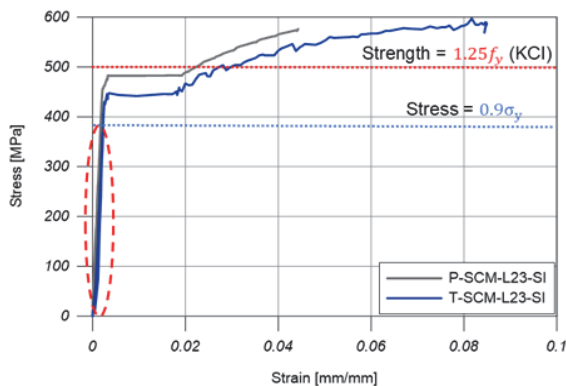
T-SCM-L23-CI, P-SCM-L23-CI 시험체는 철근의 설계기준항복강도의  $0.05f_y$ 에서  $0.9f_y$ 까지 1주기로 총 30주기 반복 내력 시험을 수행하였다. Data logger를 통해 얻은 응력-변형률의 관계 곡선을 Fig. 14에 나타냈다. 시험체의 30주기 반복

Table 6 Specimens list

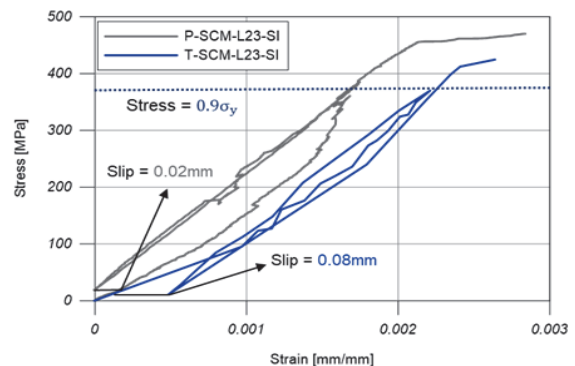
Specimens	Rebar	Experimental Methods
T-SCM-L23-SI	D19 (SD 400)	Static loading
P-SCM-L23-SI		
T-SCM-L23-CI		Cyclic loading
P-SCM-L23-CI		

Table 7 Static loading test results

Specimens	T-SCM-L23-SI	P-SCM-L23-SI
Tensile strength (MPa)	597.2	576.6
Stiffness( $0.7f_y$ ) (MPa)	151,741	180,086
Stiffness( $0.9f_y$ ) (MPa)	176,335	204,357
Slip (mm)	0.08	0.02
Failure mode	Fracture of rebar	Fracture of rebar



(a) Stress-strain curve of static loading test



(b) Slip of static loading test

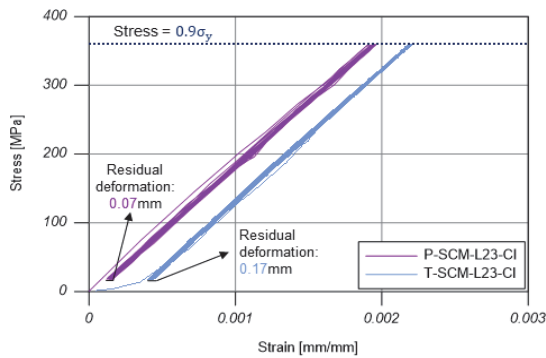
Fig. 13 Stress-strain curve of static loading test

가력 이후에 그래프를 통해서 최대 변형률이 0.002로 나타났다. 잔류 변형률을 양단 삽입된 철근에서 붙인 게이지의 값을 통해 0.07mm, 0.17mm의 결과를 확인하였으며, KS D 0249에 규정된 0.3mm를 만족하는 것을 확인하였다.

시험체 30주기 반복 가력 이후 강성 변화율을 Fig. 15에 나타냈다. 모든 시험체의 강성 변화율이 3% 이내로 나타나고 첫 가력 시의 강성보다 90% 이상이므로 합격 기준 내에 포함되었다. 따라서, 시험체의 결과는 평가 기준에 만족하여 이음성능을 만족하는 것으로 판단된다. 고응력 반복 내력시험 결과는 Table 8과 같이 나타났다.

**Table 8** Cyclic loading test results

Specimens	T-SCM-L23-CI	P-SCM-L23-CI
Stiffness ( $E_1$ ) (MPa)	188,519	188,076
Stiffness ( $E_{30}$ ) (MPa)	184,615	185,164
Reduction rate of stiffness ( $\frac{E_{30} - E_1}{E_1} \times 100\%$ ) (%)	2.1	1.5
Residual deformation (mm)	0.17	0.07



**Fig. 14** Stress-strain curve of cyclic loading test

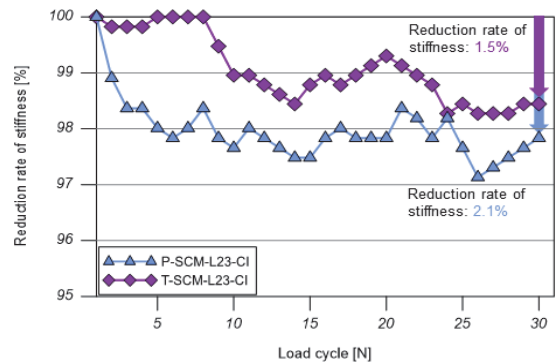
#### 4.4 커플러의 응력-변형률 관계

Fig. 16과 Fig. 17은 정적 내력시험 및 고응력 반복 내력시험에서 커플러 본체에 부착한 게이지를 통해 응력-변형률 관계를 나타냈다. 정적 내력시험에서 커플러의 변형률이 0.002를 초과하지 않고, 모재 철근의 파단이 일어날 때 탄성영역에서 거동하고 있는 것을 확인하였다. 고응력 반복 내력시험에서 커플러의 변형률이 0.0012를 나타냈다. 따라서 커플러 이음된 철근이 안전성을 가지는 것으로 판단된다.

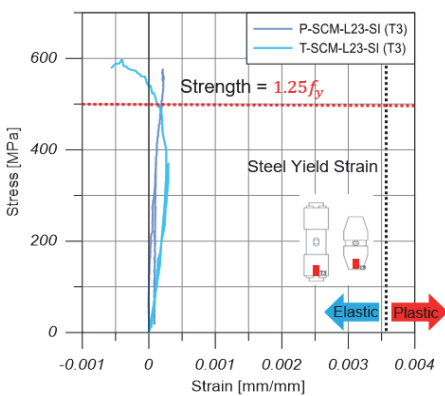
### 5. 결론

본 연구는 기존 기계식 이음공법의 단점을 개선하기 위해 체결방식에 따른 두 종류의 커플러 이음장치를 개발하였다. 커플러의 이음성능을 확인하기 위해서 이음성능 시험을 수행하여, 그 결론은 다음과 같이 나타났다.

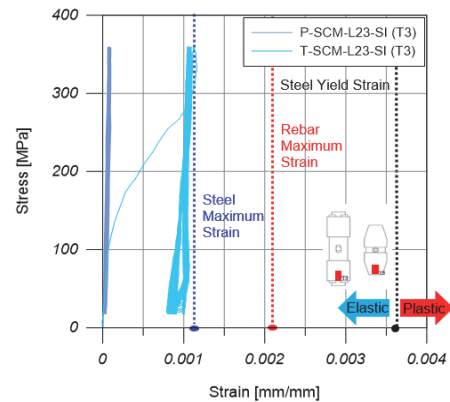
- 1) 본 연구에서 제안된 커플러는 SM45C, SCM440의 강재를 사용하였으며, 인장시험 결과 SM45C의 경우 목표 강도의 도달하기 전 슬리브 파괴가 발생하였으며, SCM440의 경우는 목표 강도에 도달 후 철근의 파단이 발생하였



**Fig. 15** Reduction rate of stiffness under cyclic loading test



**Fig. 16** Stress-strain curve of static loading test



**Fig. 17** Stress-strain curve of cyclic loading test

다. 이에 따라 사용된 강재의 강도에 따라 파괴양상이 다른 것을 확인하였다.

- 2) 조임쇠의 경사길이는 11mm, 19mm, 23mm로 나누어 비교하였다. 인장시험 결과, 경사길이가 증가함에 따라 인장강도가 증가하는 결과를 확인하였으며, 경사길이에 따라 파괴양상이 다른 것을 확인하였다.
- 3) 체결방식은 밀착식과 압착식으로 나누어 비교 하였다. 밀착식의 잔류 변형량은 0.17mm로 강성 변화율은 2.1%로 나타났고, 압착식의 잔류 변형량은 0.07mm, 강성 변화율은 1.5%로 나타났다. 두 방식 모두 기준을 만족하였지만, 압착식이 밀착식 보다 잔류 변형량은 58%, 강성 변화율은 29% 낮게 측정되었다.
- 4) 본 연구에서 커플러 이음장치에 대한 일방향 인장시험, 정적 내력시험과 고응력 반복 내력시험을 수행하여 커플러의 이음성능을 확인하였다. 그러나 커플러 이음된 철근을 사용할 경우 콘크리트 부착성능과 소성범위의 내진성능이 명확하지 않기 때문에 철근콘크리트 구조부재에서의 안전성 평가가 필요할 것으로 판단된다.

## 감사의 글

이 연구는 2021년도 정부(과학기술정보통신부) 연구비 지원에 의한 결과의 일부임 (과제번호: NRF-2020R1A4A1019074)

## References

1. Korea Design Standard (2021). "Concrete seismic design standards", Korea construction standards center, KDS 14 20 80
2. Park, S. K., Lee, K., & Ko, W. J. (2000). An experimental research on the flexural behavior of concrete beam with lock joint coupler bars, *Journal of Korea Institute for Structural Maintenance and Inspection*, 4(3), 197-204.
3. Lee, S. S., & Chun, H. M. (2018). Development of filler type mechanical splice for high strength re-bar. *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, 19(12), 686-693.
4. Sim, J. S., Park, C. W., Kang, T. S., & Kim, T. S. (2008). An experimental study of tension properties on new developed up set coupler, *Journal of Korea Institute for Structural Maintenance and Inspection*, 12(5), 109-115.
5. Kim, H. K. (2002). Experimental study on tensile strength and ductility of high strength grout-filled splice sleeve, *Architectural institute of Korea*, 18(2), 35-42.
6. Kim, H. K. (2001). Structural performance of high strength grout-filled splice sleeve system, *Journal of the Korea Concrete Institute*, 13(5), 516-524.
7. Kim, H. K. (1998). Performance of grout-filled splice sleeve system under cyclic loading, *Journal-Architectural institute of Korea Structure and Construction*, 14(9), 73-81.
8. Ling, J. H., Rahman, A. B. A., & Ibrahim, I. S. (2014). Feasibility study of grouted splice connector under tensile load, *Construction and Building Materials*, 50, 530-539.
9. Choi, H. B., Kim, G. H., Kim, J. Y., Seo, D. S. & Kang, K. I. (2003). A study on development of tempcore re-bar mechanical connection by making screw on node and rib, *Journal of the Architectural Institute of Korea*, 19(3), 99-106.
10. Kim, E. H. (2008). An Experimental Study of the Beam Members to Develop the Friction Type Coupler for Big Size Steel bars, Seoul, Hanyang University.
11. Bae, S. H. (2015). Evaluation on the Limit State Strain and Necking Region of the Rebar with Mechanical Splice, Busan, Busan National University.
12. Kim, D. J., Lee, J. M., Lee, J. S., & Lee, J. W. (2016). Construct-ability of preformed bar arrangement with threaded reinforcing bars and connectors, *Magazine of the Korea Concrete Institute*, 28(5), 43-47.
13. Lee, S. S. & Chun, H. M. (2018). Development of Filler Type Mechanical Splice for High Strength Re-bar, *Journal of the Korea Academia-Industrial Cooperation Society*, (19)12, 686-693.
14. Kim, J. M., Choi, S. W. & Kim, B. M. (2019). Mechanical Splicing Characteristic of the Threaded Bar according to the Contact Conditions of the Transverse Rib, *Transactions of Materials Processing*, 28(3), 145-153.
15. Kwon, K. J., Park, D. S., & Joung, W. S. (2011). Experimental evaluation on structural performance of large diameter reinforcing steel bars with spliced sleeves, *Journal of Korea Institute for Structural Maintenance and Inspection*, (15)1, 180-188.
16. Liu, X., Cui, T., Wu, M., & Li, J. (2011). Test on seismic behavior of pre-cast shear walls with vertical reinforcements spliced by grout sleeves, *Journal of Inner Mongolia University of Science and Technology*, 35(2), 195-200.
17. American Concrete Institute. (2019). Building Code Requirement for Structural Concrete and Commentary. ACI 318-19. (in America)
18. American Concrete Institute. (2013). Code Requirements for Nuclear Safety-Related Concrete Structures and Commentary. ACI 349-13. (in America)
19. Canadian Standards Association. (2004). Design of Concrete Structures. CSA-A23.3-04.(in Canada)
20. Korean Agency for Technology and Standards. (2007). Test Pieces for Tensile Test for Metallic Materials, Korean Standards Association. KS D 0801. (in Korea)
21. Korean Agency for Technology and Standards. (2019). Method of Inspection for Mechanical Splicing Joint of Bars for Concrete Reinforcement, KS D 0249.(in Korea)
22. Yoojin Engineering. (2020) Development of YG-Smart coupler, Seoul, Ministry of SMEs and Startups.

Received : 04/28/2022  
 Revised : 06/23/2022  
 Accepted : 06/24/2022



---

**요 지** : 본 연구에서는 기계식 커플러의 이음성능을 향상시키기 위해 다른 접합방식을 가진 두 가지의 새로운 커플러를 개발하였다. 두 가지 방식의 기계식 이음장치에 대하여 응력 해석을 수행하였다. 커플러의 재료특성, 접합방식, 내부 조임쇠의 경사길이를 변수로 최대 인장강도의 영향성을 분석하기 위해 일축인장시험을 수행하였다. 일축인장시험결과를 만족하는 시험체를 대상으로 KS D 0249에 의거하여 정적내력 시험 및 반복하중 시험을 수행하였다. 이에 대한 연구결과는 다음과 같다. (1) 커플러의 인장강도와 내부 조임쇠의 경사길이는 최대 인장강도에 영향을 끼친다. (2) 연결 방식에 따라 접합된 철근의 강성, 슬립량, 강성감소율에 영향이 있다. 연구결과는 새롭게 제안된 향상된 기계식 이음장치의 현장 적용에 대한 가능성을 검증하였다.

**핵심용어** : 커플러, 기계식 이음, 내부 조임쇠, 경사길이, 이음성능평가

---