

고강도 철근용 충전형 기계적 이음장치 개발 연구

이성수¹, 전호민^{2*}

¹군산대학교 건축해양건설융합공학부, ²초당대학교 건축학과

Development of Filler Type Mechanical Splice for High Strength Re-bar

Seongsoo Lee¹, Homin Chun^{2*}

¹Department of Architecture Ocean Construction Convergence Engineering, Kunsan National University

²Department of Architecture, Chodang University

요약 철근 콘크리트 구조물에 다양한 종류의 철근 이음 방법이 개발되고 이를 현장에서 적용하여 왔다. 지난 여러 연구들에 따르면 철근의 직경이 굵어지고 철근의 강도가 커질 경우, 원가 효율 면에서 기계적 이음이 겹침이음보다 상대적으로 우수한 것으로 나타났다. 본 연구에서는 철근 콘크리트 구조물의 고강도 철근(SD600)에 대한 에폭시 충전형 기계적 이음장치를 제시하고 실험을 실시하였다. 이형 철근을 원형 튜브형 강재로 된 커플러에 삽입하고 고강도 에폭시 충전재를 커플러 안으로 주입하면 커플러 안에서 충전재가 경화되면서 이음 장치가 구성된다. 에폭시의 압축강도, 커플러의 길이, 철근의 지름 등에 따른 에폭시 충전형 기계적 이음장치에 대한 일방향 인장시험을 수행하였으며, 실험체의 파괴하중 및 파괴 양상을 관찰하였다. 실험 결과, 실험체의 실제 파괴하중은 에폭시 충전재의 예상 파단 내력의 약 2배 이상으로 나타나 강재 커플러의 구속으로 인하여 경화 에폭시 충전재의 파괴하중이 크게 증가했다는 것을 확인하였다.

Abstract Various types of re-bar splicing methods have been developed and applied to reinforced concrete (RC) structures in the field. According to previous studies, the coupler splice is relatively superior to the lap splice in terms of cost efficiency when the diameter or strength of the re-bar is larger or higher. This study was performed to develop a filler type mechanical splice for a high-strength re-bar (SD600) in reinforced concrete structures. The deformed re-bars were inserted into a circular steel tube coupler and high-strength epoxy filler was then injected into the coupler. The splice system was completed by hardened filler in a coupler. The epoxy filler was used as the manufactured production epoxy to conduct experiments of filler type mechanical splice specimens, and to observe the failure loads and failure aspects of the specimens. For this goal, the experiment of one-way tensile test was conducted for the epoxy filler type mechanical splices specimens according to the compressive strength of epoxy, length of coupler, and diameter of re-bar. The shape of failure of the re-bar coupler splice showed that the re-bars were pulled between the lugs of the re-bars as a result of the shear fracture of the hardened epoxy. The actual failure load of the experiment specimen was approximately 2 times higher than the expected failure load of the epoxy filler, which greatly improves the failure load of the hardening epoxy filler due to the restraint of the steel coupler.

Keywords : Filler, Coupler, Epoxy, Mechanical splice, High-strength re-bar

1. 서론

철근콘크리트 구조에서 철근의 이음은 일반적으로 겹침이음을 사용하고, 대구경 철근 또는 특수한 경우에 기계적이음을 사용한다. 철근의 강도가 높거나 대구경인

1.1 연구배경 및 목적

*Corresponding Author : Homin Chun(Chodang Univ.)

Tel: +82-61-450-1285 email: hm2095@cdu.ac.kr

Received October 10, 2018

Accepted December 7, 2018

Revised (1st November 5, 2018, 2nd November 14, 2018, 3rd November 19, 2018)

Published December 31, 2018

경우는 철근이 부담해야 할 응력이 커지게 되어 겹침길이 증가하고, 이는 철근비용의 증가와 과밀배근을 초래하므로 철근이 고강도일수록, 대구경일수록 겹침이음보다 기계적이음을 선호하게 된다.

수년 전만 해도 철근의 강도는 SD400이 일반적이었으나 최근에 들어 SD500 이상의 철근으로 설계되는 경우가 증가하고 있고, 구조기준도 SD600 강도의 철근까지 사용이 가능하게 개정되었으므로 SD600 철근을 사용한 설계도 빈번해 지고 있다.

이러한 추세에 따라 철근의 기계적이음에 대한 수요가 급증할 것이므로 SD600 강도 이상의 철근에 사용할 수 있는 새로운 기계적 이음장치를 개발하고자 하는 것이 본 연구의 목표이다.

본 연구에서는 커플러에 고강도 충전재를 주입하고, 경화된 충전재가 철근이음 내력을 확보하는 원리의 기계적 이음장치를 제안하고, 기술적 가능성을 확인하고자 한다.

충전재를 이용한 기존의 기계적 이음장치는 주로 무수축모르타르나 용융금속을 사용한 것이 주를 이루고 있다. 그러나, 무수축모르타르는 입자의 크기와 충전성 문제로 충전재가 채워지는 내부 공극을 크게 설계해야 해서 커플러 전체 외경이 철근 직경의 3배 내외가 되는 단점과 경화시간이 오래 걸리는 단점이 있고, 용융금속을 사용하는 방법은 금속가루와 화약을 사용하는 것으로서 가격이 비싸고 건설현장에 일반화되지 못하였다.

본 연구는 예폭시의 고강도성, 침투 충전성, 낮은 재료비, 24시간 이내의 경화시간 등에 착안하여 예폭시를 충전재로 이용하는 새로운 충전형 기계적 이음장치를 제안하는 것이다.

1.2 연구 범위 및 방법

경화된 고강도 충전재를 사용한 커플러형 기계적 이음장치를 개발하고 그 효과를 확인하기 위하여 기계적이음체의 KS규준(KS D 0249; 철근 콘크리트용 봉강의 기계식 이음의 검사 방법)의 판정식 중에서 일방향 인장 실험을 실시하였다. 인장실험을 통해 시험편의 파괴 양상과 파괴하중을 파악하였다.

1.3 연구 동향

충전형 철근이음에 대한 연구는 주로 모르타르 충전형에 대한 연구가 이루어졌다. An, Kim, & Park은 모

타르 충전형 철근이음에서의 구속효과를 파악하기 위한 실험을 실시하여 슬리브 표면의 변형률 분포로부터 철근이음에 작용하는 구속력을 산정한 결과, 구속응력은 철근 정착길이가 감소할수록 커지는 경향이 있다는 결론을 제시하였다[1].

Kim은 각종 그라우트 충전형 철근이음의 구조성능을 비교 분석하고 슬리브에 작용하는 하중과 기존 슬리브를 비롯한 주요한 설계조건에서의 슬리브 보유내력을 비교 평가하여 향후에 새로운 슬리브 제작 시에 보다 합리적인 설계를 위한 기초자료를 제시하였다. 또한 강관 슬리브에 고강도 모르타르를 충전한 철근이음에 대한 설계방법 및 강성에 대한 연구도 진행하고 슬리브 철근이음의 영향인자가 철근이음의 강도에 미치는 영향에 대해서도 연구하였다[2-7].

Oh, & Moon은 스플라이스 슬리브에 대한 실험 및 해석 연구를 수행하여 그라우트의 강도와 철근의 정착길이는 슬리브 실험체의 강성 및 강도에 거의 영향을 미치지 않음을 확인하였다[8].

본 연구는 충전형 기계적 이음장치의 충전재로 예폭시를 활용하는 방법에 대한 연구라는데 기 연구와 차별성이 있다고 할 수 있다.

2. 철근이음에 대한 현황

2.1 철근이음 방법 현황

건축구조기준 KBC-2016에 따르면 철근의 설계기준 항복강도(F_y)는 600MPa(SD600)이하이다. 철근의 이음은 겹침이음 또는 기계적이음으로 할 수 있고, 기계적이음으로 하는 경우는 철근 설계기준항복강도의 125% 이상을 발휘할 수 있는 완전 기계적 이음이여야 한다. 기본 정착길이는 철근의 직경과 철근의 항복강도에 비례하므로 철근의 직경이 굵어지거나 강도가 높아질수록 겹침길이는 길어지게 되어 겹침이음의 경제성이 떨어지고 기계적이음의 경제성이 높아지게 된다.

일반적인 철근의 이음방법은 겹침이음, 가스압접, 전기압접, 나사식, 압착식, 충전형식, 편체식 등이 주로 이용되고 있으며, Table 1에는 겹침이음, 가스압접, 편체식, 나사식 이음을 정리하였다.

Table 1. Type of re-bar splices

	lap splice	Gas pressure welding
shape	 [9]	 [10]
	Taper jack joint coupler	Threaded steel coupler
shape	 [11]	 [12]

2.2 기계식 이음의 경제성 분석

Table 2~4는 철근의 강도와 직경, 콘크리트의 강도별로 겹침이음의 비용을 분석한 것이다. 굵은 글씨 부분은 겹침이음 철근비용이 기계적이음의 커플러 비용을 초과하는 부분이다. 즉, 커플러에 의한 기계적이음이 겹침이음 보다 시공단가가 낮아지는 구간이다. 철근의 강도가 높아질수록 겹침이음 길이가 길어지므로 커플러에 의한 기계적이음의 경제성이 높아지는 것을 확인할 수 있다. 600MPa를 상회하는 초고강도 철근을 사용하는 경우에는 대부분의 경우에 기계적 이음이 겹침이음보다 경제적인임을 확인할 수 있다.

Table 2. Re-bar(SD400[^]) cost for lap splice unit:₩

f_{ck} (MPa)	HD22	HD25	HD29	HD32	HD35	HD38
21	3,010	4,495	6,587	8,963	11,847	15,299
24	2,831	4,204	6,151	8,389	11,055	14,355
27	2,666	3,967	5,821	7,933	10,461	13,530
30	2,528	3,755	5,524	7,524	9,913	12,817
35	2,350	3,465	5,089	6,950	9,167	11,873
40	2,185	3,260	4,792	6,494	8,573	11,108
50	1,967	2,917	4,257	5,841	7,682	9,926

*Note: ₩660,000/ton (As of April 2017)

Table 3. Re-bar(SD500[^]) cost for lap splice unit:₩

f_{ck} (MPa)	HD22	HD25	HD29	HD32	HD35	HD38
21	4,004	5,936	8,715	11,907	15,666	20,300
24	3,745	5,572	8,148	11,123	14,665	18,984
27	3,535	5,236	7,693	10,507	13,825	17,920
30	3,339	4,984	7,301	9,940	13,146	16,975
35	3,108	4,599	6,776	9,205	12,145	15,722
40	2,891	4,319	6,314	8,638	11,354	14,721
50	2,597	3,843	5,642	7,721	10,199	13,160

*Note: ₩700,000/ton (As of April 2017)

Table 4. Re-bar(SD600[^]) cost for lap splice unit:₩

f_{ck} (MPa)	HD22	HD25	HD29	HD32	HD35	HD38
21	5,130	7,643	11,228	15,278	20,168	26,115
24	4,808	7,133	10,508	14,295	18,870	24,435
27	4,538	6,743	9,900	13,500	17,798	23,025
30	4,290	6,390	9,375	12,803	16,898	21,818
35	3,990	5,910	8,693	11,865	15,600	20,205
40	3,720	5,520	8,130	11,078	14,588	18,930
50	3,330	4,958	7,260	9,908	13,065	16,913

*Note: ₩750,000/ton (As of April 2017)

2.3 충전형 이음의 개념

충전형 이음은 접합하고자 하는 두 철근을 슬리브에 삽입한 후 슬리브 내에 충전재를 채워 넣어 접합하는 방식이다. 용융금속 충전형 이음과 모르타르 충전형 이음이 있으며 충전형 이음의 성능은 충전재의 밀실도에 따라 좌우된다. 인장시험시 이음부에서 철근이 빠져 나오지 않고 모재에서 파단되면 정상적인 작업이 수행된 것으로 판단해도 무방하다. 반면에, 철근이 이음부로부터 인발될 경우 철근 본래의 인장강도에 훨씬 못미쳐서 파단되기 때문에 인장시험을 수행하여 충전형 이음의 파단 형태를 확인하는 것이 중요하다[13].

3. 충전형 기계적 이음체 성능 실험

3.1 충전형 기계적 이음체

본 연구에서 고안하는 기계적 이음장치는 원형강관 형태의 커플러에 이형철근을 삽입하고, 커플러 내부에 충전재를 주입하여 충전재가 경화됨으로서 철근의 이음 기구가 완성되는 시스템이다. 철근의 단부를 나사로 가공할 필요도 없고, 나사체결 공정 등이 없으므로 기존의 기계적이음 방법에 비하여 공정이 단순하고 경제적인 철근 이음방법이다.

철근에 작용하는 외력에 대하여 이음체 내부의 경화 충전재에는 전단저항기구가 형성되는데 충전재는 강재 커플러에 의해 프와송 변형이 구속되어 있으므로 충전재의 본래 전단내력에 비해 월등히 큰 저항내력을 형성하게 된다. 이는 강관에 충전된 콘크리트의 압축내력이 크게 높아지는 것과 유사한 개념이다. (Fig. 1. 참조)

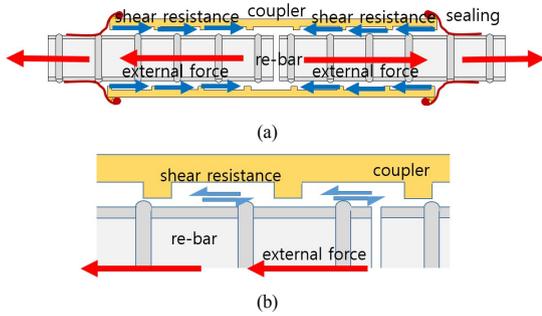


Fig. 1. Filler type mechanical splice mechanism
(a) Filler type mechanical splice mechanism
(b) Shear resistance

3.2 에폭시 충전형 기계적 이음체의 일방향 인장 실험

3.2.1 실험의 기술적 배경

커플러 내부에서 경화된 에폭시는 커플러 내부마디 또는 철근의 마디 사이에서 전단 파단하는 극한 하중 상태에서 전단의 직교방향으로 강재 커플러에 의해 강하게 구속되어 있으므로 파괴강도가 높아진다. 즉, 에폭시의 재료적 전단강도 보다 매우 높은 전단내력 향상 효과가 있을 것으로 기대할 수 있다.

3.2.2 실험체 재료

1) 철근

기계적 이음체의 실용적 사용은 D25이상이어야 하나 적용이 가능한 최고 강도가 SD600이므로 실험하중의 편의상 철근 직경은 D19로 한다.

2) 커플러

시험체별 커플러의 제원을 Table 5와 Fig. 2에 나타내었으며 Fig. 3은 커플러 시험체 모습을 나타낸다. 커플러는 S45C($F_y = 350\text{MPa}$, $F_u = 550\sim 580\text{MPa}$) 강관을 사용하고, 철근의 인장 파단 내력 이상인 강도로 단면을 설계한다.

3) 충전제

국내 A사에서 제조하는 저점도 건식 에폭시를 사용하였다. 시험에 사용한 에폭시 제품은 Fig. 4와 같으며 주요 시험성적은 Table 6과 같다.

Table 5. Specification of couplers unit:mm

No	specimen*	EA	T1	T2	L	S1	S2	D1	D2	D3	hole	SLOT		
												L	W	
1	C142-1.5-26	1		1.5										
2	C142-1.5-26	1		1.5	142		26		25	36				
3	C142-1.0-12	1		1.0			12		24	35				
4	C198-1.5-26	1		1.5										
5	C198-1.5-26	1	5.5	1.5	198	2	26	22	25	36	7	40	5	
6	C198-1.0-12	1		1.0			12		24	35				
7	C254-1.5-26	1		1.5										
8	C254-1.5-26	1		1.5	254		26		25	36				
9	C254-1.0-12	1		1.0			12		24	35				

*Note: □□□□ : coupler total length (L)
○ ○ : coupler inner lug depth (T2)
△ △ : length between the inner lugs of the coupler (S2)

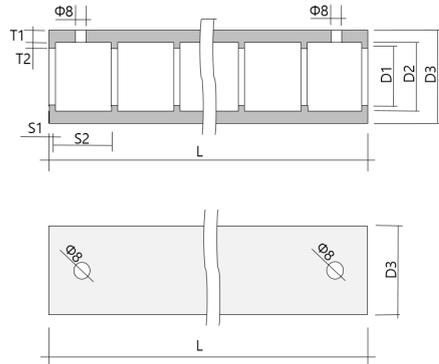


Fig. 2. Specification of Couplers



Fig. 3. Specimen of Couplers



Fig. 4. Epoxy filler

Table 6. Specification of epoxy filler

Mix ratio	main(2):cure(1)	Tensile strength	54.2 N/mm ²
Curing time	24~36 minute	Bond strength	9.3 N/mm ²
Compressive strength	57.3 N/mm ²	Shrinkage ratio	0.6%

4) 고무 튜브

커플러 단부의 에폭시 실링용으로 커플러 외경과 철근 직경을 모두 감쌀 수 있는 충분한 연성 및 탄성을 갖고, 충전재의 누출 방지에 충분한 수축탄성을 가지며, 작업 중 파열되지 않는 수준의 두께를 가져야 한다. 본 연구에서는 중이를 넘기는 데 사용하는 골무를 고무 튜브 용도로 사용하였으며 Fig. 5와 같다.



Fig. 5. Rubber Tube

3.2.3 실험방법 및 내용

200 ton UTM에서 실시하는 에폭시 충전형 커플러 이음체에 대한 최초 실험으로서 기술적 개념의 가능성을 확인하기 위한 실험이기 때문에 일방향 인장실험만 실시하였다. 주입된 에폭시의 예상 파단내력과 실험체 파괴하중을 비교하여 경화 에폭시에 대한 커플러의 구속효과를 확인하였으며, 이에 따라 실험의 주요 관찰 사항은 실험체별 파괴하중과 파괴된 실험체의 파괴 양상이다. Fig. 6는 시험에 사용된 UTM과 에폭시 충전형 커플러 이음체의 모습이다.



Fig. 6. UTM and Specimen of Mechanical Splice

3.2.4 실험 결과

실험 결과를 Table 7과 Fig. 7에 나타내었다.

Table 7. Result of experiments

No	specimen	expected failure load of hardened epoxy(kN) ①	demand load' (kN) ②	failure load (kN) ③	③/①	③/②
1	C142-1.5-26	44.6	215.25	98	2.20	0.46
2	C142-1.5-26	44.6		96	2.15	0.45
3	C142-1.0-12	44.6		117	2.62	0.54
4	C198-1.5-26	62.2		141	2.27	0.66
5	C198-1.5-26	62.2		157	2.52	0.73
6	C198-1.0-12	62.2		183	2.94	0.85
7	C254-1.5-26	79.7		201	2.52	0.93
8	C254-1.5-26	79.7		188	2.36	0.87
9	C254-1.0-12	79.7		197	2.47	0.92

*Note: demanded load = 1.25×P_y(yield load)

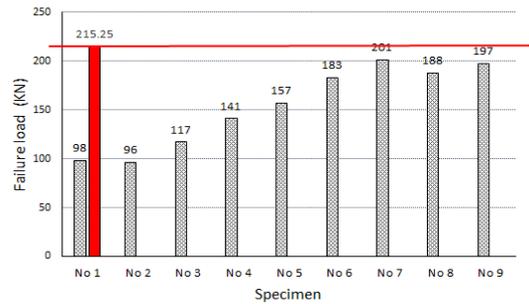


Fig. 7. Comparison of failure loads

1) 경화 에폭시의 예상 파단내력

Table 7에서 경화 에폭시의 예상 파단내력은 전단내력과 접착내력 중 큰 값이며 아래와 같이 구하였다.

- 예상 파단내력 =
지향면적 × MAX(전단강도, 접착강도)
- 에폭시 압축강도 = 57.3 N/mm²
- 에폭시 전단강도=
 $1/6 \sqrt{f_{ck}} = 1/6 \sqrt{57.3} = 1.26 \text{ N/mm}^2$
- 에폭시 접착강도 = 9.3 N/mm²
- 접착지향면적 =
철근마디외경×3.14×이음길이/2
(D19 마디외경 21.5mm, 마디간격 15mm)

A사에서 제공한 에폭시의 시험성적서(Table 6 참조)에는 접착강도(9.3 N/mm²)가 전단강도(1.26 N/mm²)에 비해 현저히 커서, 접착내력이 전단파괴를 억제하므로 에폭시의 예상 파단내력은 접착강도로 계산하였으며 아래와 같다.

- C142 : (21.5×3.14)×142/2×9.3 = 44.6kN
- C198 : (21.5×3.14)×198/2×9.3 = 62.2kN
- C254 : (21.5×3.14)×254/2×9.3 = 79.7kN

2) 기계적 이음의 소요 내력

- 철근의 항복내력(추정) = $287 \text{ mm}^2 \times 600 \text{ N/mm}^2 = 172.2\text{kN}$
(SD600, D19)
- 기계적이음 소요내력 = 항복내력 $\times 1.25 = 215.25\text{kN}$

3) 실험결과와 분석

철근이음체 파괴 양상은 Fig. 8(a)와 같이 철근의 마디와 마디 사이에서 경화 에폭시의 전단파괴로 철근이 뽑히는 것으로 나타났다. D19 철근이음체에 대한 경화 에폭시의 예상 파단내력은 C142의 경우 44.6kN, C198의 경우 62.2kN, C254의 경우 79.7kN으로 계산되었으나 실험 결과는 이보다 2.15배 이상의 높은 파괴하중에서 경화 에폭시의 전단파괴에 의하여 철근이 뽑히는 것으로 나타났다. 강제 커플러에 의한 구속효과로 경화 에폭시의 파단내력이 매우 크게 향상된 것으로 추정할 수 있다.



Fig. 8. Failure of filler type mechanical splice
(a) Specimen No. 1(C142-1.5-26)
(b) Total specimen

커플러와 에폭시에 의한 철근이음체의 파괴하중은 SD600-D19 철근의 기계적이음 소요내력(목표하중)인 215.25kN을 만족시키지는 못하였으나 커플러의 길이가 증가(142mm, 198mm, 254mm) 함에 따라 평균적인 파괴하중이 각각 103.7kN, 160.3kN, 195.3kN으로 증가하고 있다. 본 연구의 이음체는 소요내력에 미치지 못하였으나 커플러의 길이를 길게 설계하면 충전재의 전단파단 내력이 증가하게 되어 소요내력을 상회할 수 있음을 보여주고 있다.

커플러의 길이가 길어진다는 것은 S2(커플러 내부 마디의 간격)의 개수가 증가한다는 것을 의미한다고 볼 수 있다. 이에 T2(커플러 내부 마디 높이)와 S2의 길이에 대한 효과를 분석하였다. Table 7과 Fig. 7에서 확인할 수 있듯이 C145 시험체군에서는 No 3 시험체(T2:1.0mm, S2:12mm)가 No 1, No 2 시험체(T2:1.5mm, S2:26mm)

보다 파괴하중이 증가한 것으로 나타났으며, C198 시험체군에서도 No 6 시험체(T2:1.0mm와 S2:12mm)가 No 4, No 5 시험체(T2:1.5mm, S2:26mm)보다 파괴하중이 증가한 것으로 나타났다. 다만 C254 시험체군에서는 No 9 시험체(T2:1.0mm와 S2:12mm)가 No 8 시험체(T2:1.5mm, S2:26mm)보다 파괴하중이 크게 나타났으나 No 7 시험체(T2:1.5mm, S2:26mm)보다는 약간 작게 나타났다.

예비시험 성격의 본 실험결과에 따른 경향을 보면 T2(커플러 내부 마디 높이)와 S2(커플러 내부 마디 간격)이 충전재의 전단저항성에 큰 영향을 미친다는 것을 알 수 있었으며, 커플러의 길이가 동일할 경우 내부의 마디 간격이 작은 것에서 더 큰 전단저항성을 나타내었다. 따라서 사용 철근의 마디 간격에 따른 충전재의 전단저항성 영향 및 커플러 내부 마디의 최적 간격을 추후 연구를 통해 확인할 필요가 있다고 판단된다. 이는 전체 커플러의 길이를 결정하는 주요 변수가 될 것이기 때문이다.

그러나, 커플러의 길이가 길어질수록 이음체의 경제성이 불리해지므로 커플러의 길이를 짧게 설계하기 위해서는 충전재 재료 자체의 강도에서 전단파단내력을 확보할 필요가 있다. 따라서 고강도 에폭시 충전재를 개발이 필요하다.

즉, 실용 가능하고 경제적인 범위에서 에폭시 충전재의 강도를 높이고, 경제성이 확보되는 커플러의 길이를 결정하는 것이 본 이음체 개발의 최종적인 목표가 될 것으로 판단된다.

시험체에서 충전재의 강도가 일정한 상태에서 커플러의 길이에 따른 추론 파괴하중을 계산한 것을 Table 8에 나타내었다.

Table 8. Coupler Length and Expected Compressive Strength of Epoxy

Specimen	Experiments		Expected Value	
	Compressive strength ②	Minimum failure load ③	Coupler Length Proportional failure load (96×①/142)	Expected compressive strength for demand load (57.3×215/③)
C142-1.5-26	57.3 MPa	96kN	96kN	128MPa
C198-1.5-26	57.3 MPa	141kN	134kN	87MPa
C254-1.5-26	57.3 MPa	188kN	172kN	66MPa
①	②	③	(117×①/142)	(57.3×215/③)
C142-1.0-12	57.3 MPa	117kN	117kN	105MPa
C198-1.0-12	57.3 MPa	183kN	163kN	67MPa
C254-1.0-12	57.3 MPa	197kN	209kN	63MPa

추론 파괴하중을 시험결과와 최소 파괴하중과 비교하였을 때 오차가 5~11% 나타났다. 이것은 시험체의 최소 파괴하중은 다른 시험체의 조건이 동일하다는 전제하에 커플러의 길이에 비례한다고 할 수 있을 것이다. 따라서 본 시험체에서 소요내력(215.25kN)을 충족시키기 위한 충전재의 압축강도는 시험결과를 토대로 역산하면 Table 8과 같다. 커플러 길이 142mm의 경우 105~128MPa, 198mm의 경우 67~87MPa, 254mm의 경우 63~66MPa를 나타내었다. 따라서 동일한 커플러 길이의 이음 시험체에서는 충전재의 압축강도를 높여야 전단저항내력이 높아져서 시험체의 소요내력을 충족시킬 수 있을 것이다. 따라서 높은 강도의 충전재를 확보하는 것이 우선되어야 할 것으로 판단된다.

4. 결론

본 연구는 고강도 철근(D600)의 기계적 이음에 대한 대안으로 에폭시를 충전재로 사용하는 충전형 기계적 이음장치를 제안하고, 이에 대한 개발 가능성을 확인하고자 하여 기초적인 실험연구를 수행하였으며 아래와 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- 1) 에폭시 충전재 철근이음체의 파괴 양상은 철근의 마디와 마디 사이에서 경화 에폭시의 전단파괴로 철근이 뽑히는 형태로 나타났다. 본 실험결과에 따른 경향을 보면 커플러 내부 마디의 높이와 간격이 충전재의 전단저항성능에 큰 영향을 미친다는 것을 알 수 있었으며, 커플러 길이가 동일할 경우 커플러 내부의 마디 간격이 작은 것에서 충전재의 전단저항성능이 더 크게 나타났다. 따라서 전체 커플러의 길이를 결정하는 데 커플러 내부 마디의 간격이 주요 변수가 될 것으로 판단된다.
- 2) 철근 이음체를 구성하는 경화 에폭시의 예상 파단내력에 비하여 시험체의 실제 파괴하중이 2.15배 이상 높게 나타났으며, 이것은 강재 커플러에 의한 구속효과로 인해 경화 충전재의 파단내력이 매우 크게 향상된 것으로 확인되었다.
- 3) 에폭시 충전재 철근이음 실험체의 파괴하중은 SD600-D19 철근의 기계적이음 소요내력(목표하중)인 215.25kN을 만족시키지는 못하였으나 커플러의 길이에 따라 96-201kN으로 나타나서 커플러의 길이를 증가시킨다면 기계적이음의 요구수준을 만족시킬 수 있을 것으로 확인되었다. 그러나 커플러의 길이는 경제성과 시공성에 직결되는 요인이므로 이후 연구에서는 경제적인 길이로 커플러를 설계하면서 이음체의 소요내력을 확보할 수 있는 보다 높은 강도의 충전재를 확보하는 것이 우선적으로 필요한 것으로 검토되었다.

4) 따라서 본 실험에서 사용한 중간 커플러 길이인 198mm의 경우 적합한 에폭시 충전재의 강도에 비해 1.17배~1.51배 이상 높은 재료를 확보하는 것이 향후 추가 연구의 핵심이 될 것으로 판단되며 24시간 내에 50% 이상의 경화 강도를 확보할 수 있는 충전재 재료의 개발이 필요할 것으로 판단된다.

References

- [1] B. I. An, H. K. Kim, B. M. Park, "Confining Effect of Mortar Grouted Splice Sleeve on Reinforcing Bar", *Journal of the Korea Concrete Institute*, Vol.15 No.1, pp.102-109, 2003.
DOI: <http://doi.org/10.4334/JKCI.2003.15.1.102>
- [2] H. K. Kim, "Comparative Evaluation on Strength of Several Grout-filled Splice Sleeve", *Journal of the Korea Concrete Institute*, Vol.16 No.5, pp.635-643, 2004.
DOI: <http://doi.org/10.4334/JKCI.2004.16.5.635>
- [3] H. K. Kim, "Study on Load Transfer Process and Design of Mortar Grouted Splice Sleeve", *Journal of the Architectural Institute of Korea*, Vol.20 No.12, pp.19 - 26, 2004.
UCI : <http://uci.or.kr/G704-B00167.2004.20.12.011>
- [4] H. K. Kim, "Analysis about the Estimation Method of Failure Mode in Steel Pipe Sleeve Splice", *Journal of the Regional Association of Architectural Institute of Korea*, Vol.12 No.4, pp.279-286, 2010.
UCI : <http://uci.or.kr/G704-001715.2010.12.4.033>
- [5] H. K. Kim, "Evaluation on Stiffness of Mortar-filled Sleeve Splice Using Estimation Method of Failure Mode", *Journal of the Korea Institute for Structural Maintenance and Inspection*, Vol.16 No.1, pp.27-34, 2012.
DOI: <http://doi.org/10.11112/jksmi.2012.16.1.027>
- [6] H. K. Kim, "Evaluation on Stiffness of Mechanical Sleeve Bar Splice Filling High-strength Mortar Under Monotonic Loading", *Journal of the Korea Institute for Structural Maintenance and Inspection*, Vol.16 No.4, pp.79-88, 2012.
DOI: <http://doi.org/10.11112/jksmi.2012.16.4.079>
- [7] H. K. Kim, "Strength of Mechanical Reinforcement Splices Filling High-strength Grout", *Journal of the Regional Association of Architectural Institute of Korea*,

Vol.15 No.5, pp.215-223, 2013.

UCI : <http://uci.or.kr/G704-001715.2013.15.5.009>

- [8] Y. H. Oh, J. H. Moon, "Analytical and Experimental Studies on Splice Sleeves for SD500 Rebars", *Journal of the Korea Concrete Institute*, Vol.25 No.2, pp.165-173, 2013.
DOI: <http://doi.org/10.4334/JKCI.2013.25.2.165>
- [9] <https://civilsnapshot.com/>
- [10] <http://www.semyeong.net/>
- [11] <http://blog.naver.com/PostList.nhn?blogId=yonwoobm>
- [12] <https://www.fletcherreinforcing.co.nz/page/Ancon/>
- [13] S. Kim, Experimental study on the mechanical performance of the joint Structure Grout rechargeable, Master Dissertation, p7, Dongshin University, 2013.
- [14] S. S. Lee, "A Base Study on Filling Material of Filler-Type Mechanical Splice for Steel Rebars", *Proceedings of the Architectural Institute of Korea Academic Conference*, pp.738-739, fall 2017.

이 성 수(Seongsoo Lee)

[정회원]



- 1991년 2월 : 연세대학교 대학원 건축공학과 (공학석사)
- 2000년 8월 : 연세대학교 대학원 건축공학과 (공학박사)
- 1992년 5월 ~ 1998년 3월 : (주)대우건설기술연구소 주임연구원 삼우종합건축사사무소 대리
- 2001년 3월 ~ 현재 : 군산대학교 건축해양건설융합공학부 교수

<관심분야>

건축구조, 구조진동

전 호 민(Homin Chun)

[정회원]



- 1989년 2월 : 연세대학교 대학원 건축공학과 (공학석사)
- 1998년 2월 : 연세대학교 대학원 건축공학과 (공학박사)
- 1999년 3월 ~ 현재 : 초당대학교 건축학과 교수

<관심분야>

건축구조, 구조진동, 구조해석