

철근 커플러 개발에 관한 연구 (인장력 시험을 중심으로)

Study of Development on Mechanical Connection of Reinforcing Bars (With Study of Tensile Force)

최 희복*

Choi, Hee-Bok

김 광희**

Kim, Gwang-Hee

강 경인***

Kang, Kyung-In

Abstract

Lap splice is used in building construction up to recently. As buildings become higher and larger, the use of high tensile bar is increasing due to increase in the use of high compression concrete. However the using of high tensile bar in lap splice causes eccentricity and difficulty in placing of concrete inside the form, therefore not allowing enough intervening material. Various mechanical connection are being developed but the coupler of today needs either a secondary intervening material or secondary processing that consumes much time.

Therefore a coupler, needing neither a secondary intervening material nor secondary processing, was made in this study which lead to following results. (1) Breaking occurred in all experimented rebar. (2) Acquirement of tension exceeding the standard requirement. (3) Acquirement of elongation percentage within the standard requirement.

키 워 드 : 커플러, 슬리브, 스플라이스, 철근

Keywords : couplers, sleeves, splicing, reinforcing bars

1. 서 론

1.1 연구배경 및 필요성¹⁾

건물이 고층화되어 감에 따라 고강도 콘크리트와 고강도 철근의 사용이 증가하고 있으며 여기에 따른 철근의 사용량도 증가하고 있는 실증이다.

철근의 경우, 운송상의 관계로 일정길이로 절단되어 있어 공사현장에서는 필연적으로 이을 수밖에 없으며 기존의 이음 방법으로는 접침이음, 가스압접이음 그리고 기계적이음 방법이 있다.

접침이음은 숙련공이 필요로 하지 않는 등, 시공상의 특별한 어려움이 없는 공법이나 구조상으로 굵은 철근의 사용시 응력전달에서 편심이 발생하고, 철근사이의 응력이동은 철근과 콘크리트 사이 응력이동의 2배에 이른다. 게다가 극한 상태에서는 철근사이의 압축력이 철근축과 직각이 되면서 콘크리트를 무리하게 펼치려는 방향으로 작용하기 때문에 콘크리트에 균열이 발생한다.¹⁾²⁾

* 고려대 대학원 석사과정

** 고려대 대학원 박사과정

*** 고려대 건축공학과 교수, 공학박사

1) Ralejs Tefers, 「Lapped Tensile Reinforcement Splices」, ACI journal, January 1982, pp. 283-301.

요즈음과 같은 심각한 노동력부족 상황에서 품질 향상 등을 생각한다면 설계단계부터 시공의 합리화를 생각할 필요가 있다. 시공의 합리화를 생각한다면 고강도·굵은 철근을 사용하고 또한 이음장소를 집중된 위치에 설치하는 것이 좋다. 그러나 현행 기준으로는 응력이 큰 위치에 집중해서 이음위치를 둘 경우는 건물의 내력을 증가시켜야 하고 더욱이 굵은 철근의 접침이음은 허용되고 있지 않다.³⁾

그래서 이러한 구조적인 문제점들의 해결방안으로 여러종류의 기계적 이음이 개발되었지만 철근에 열 또는 외력을 가하고, 철근의 단부가공이 필요하고, 무수축 콘크리트 등의 2차충진재가 요구되며, 이음을 하기 위해 무거운 장비가 필요하거나 커플러를 끼우는 작업이 어려워 작업시간이 과다하게 소요되며 철근의 가공에 따라 원가가 상승하는 등의 문제가 있다.

따라서 본 연구에서는 부재간의 접합이 단순 명쾌하고 철근에 열 또는 외력이 가해지지 않아 2차응력의 발생이 없고, 환경에 영향을 적게 받으며, 작업공정이 단순하여 작업시간을 단축할 수 있으며, 부품의 수가 적고 단순하여 가격이 저렴하고 시공이 용이한 철근 이음의 개발에 목적이 있다.

2) 건설교통부, 「콘크리트 구조설계 기준, 8.6 철근의 이음」, 1999년.

3) 한국 건설 기술 연구원, 「건설기술 정보」, 1992년 3월.

1.2 연구의 방법 및 절차

본 연구에서는 기존의 이음의 종류를 조사하고 개선할 점을 찾아 시공성·경제성이 좋은 새로운 형태의 커플러를 개발하고 D22 철근을 이용한 실험체 6개를 제조하여 단조 가력 인장시험을 통한 우리나라, 일본³⁾의 기준치와 비교 판단하여 향후 적용성을 연구하고자 한다.

2. 철근 이음에 대한 고찰

2.1 철근 이음의 종류⁵⁾

1) 겹치이음 공법

겹치이음은 철근의 단부를 단순히 겹쳐서 잇는 방법으로 오래전부터 사용되어온 공법이다. 겹치이음은 철근과 콘크리트간의 부착력, 마찰력 및 철근 리브의 기계적 저항력에 의해 철근에 가해지는 압축력 및 인장력에 저항하도록 하는 방법이다.

2) 용접이음 공법

열을 가하여 철의 조직을 연성화 시키거나 완전히 녹여 접합하는 공법이다. 접합면의 원자운동을 활발하게 하여 재배열하기 쉬운 재결정온도 이상으로 가열할 필요가 있다. 용접이음의 종류에는 아크용접, 가스압접 등 에너지 사용원에 따라 종류가 다양하다.

3) 기계적이음 공법

- (1) 나사이음: 철근을 나사와 같이 이음철물에 돌려 끼워 접합하는 방식이므로 이 이음기술에는 나선철근이 전제가 되어야 한다. 나사이음의 종류는 torque 고정방식, 충전고정방식, 단부나사가공이음방식이 있다.
- (2) 강관압착이음: 접합하고자 하는 두 철근사이에 슬리브를 끼워 넣고 슬리브를 유압잭 등으로 압착하여 접합하는 방식으로 기존 이형철근의 사용이 가능하다. 강관 압착이음의 종류로는 단속압착이음, 연속압착이음, 폭발압착이음이 있다.
- (3) 충전식이음: 접합하고자 하는 두 철근 사이에 약간 헐거운 슬리브를 끼운 후 슬리브내에 충전재료를 채워넣어 접합하는 방식이다. 충전하는 재료에 의해 모르타를 충전이음, 용융금속 충전이음의 두가지로 나눈다. 충전식 이음은 선모르타를 주입방식, 후모르타를 주입방식, 용융금속 충전방식이 있다.
- (4) 병용이음: 상기한 이음들을 조합하여 개발된 기술로서 나사이음·모르타르 충전이음과 나선이음·강관압착이음 등이 있다. 이 이음은 주로 프리캐스트 콘크리트부재의 이음을 위해 개발되었다.

2.2 기존 철근 이음의 문제점⁶⁾

1) 겹치이음

- ① 겹치부위에서 철근의 본수가 배가되므로 이 부분의 콘크리트 충전시의 문제점 및 단면결손에 의한 내력저하가 우려된다.
- ② 철근본수가 많을 경우 한 곳에서 모두 이음 할 수가 없어 시공상의 문제점이 발생한다.
- ③ 철근 자재의 손실이 많다.
- ④ 직경이 굵은 경우에는 편심이 발생하여 사용할 수 없다.

2) 용접이음

- ① 상당한 숙련기술이 필요하고 특수한 기능공이 요구된다.
- ② 외부기후의 영향에 따라 시공품질상의 문제가 발생할 가능성이 있다.
- ③ 이음부위에 불순물이 있을 경우 신뢰성이 떨어지므로 품질관리가 어렵다.
- ④ 철근 단부를 가열함에 따라 철근의 기계적, 재료적 물성이 변화한다.
- ⑤ 육안으로는 이음의 양부를 확인하기가 어려움으로 별도의 투시수단을 동원해야 하는 번거로움이 있다.

3) 기계적 이음

(1) 나사이음

- ① 나선철근의 생산이 전제되어야 한다.
- ② 조임작업에 특수한 기계가 필요하다.
- ③ 다수의 철근을 동시에 접합할 경우는 나선이 잘 물러지도록 고려할 필요가 있다.
- ④ 스크류 피치가 넓기 때문에 커플러의 길이를 길게 해야 한다.

(2) 강관 압착이음

- ① 접합시 철근이 다소 늘어난다.
- ② 철근직경이 크게 다를 경우 이음에 난점이 있다.
- ③ 압접시 특수기계가 필요하다.
- ④ 장비를 사용하기가 어려운 협소한 공간에서는 사용하기가 어렵다

(3) 충전식이음

- ① 다른 이음에 비해 크기가 다소 크다.
- ② 충전재로 모르타르 사용시 무수축 모르타르가 필요하다.

2.3 철근이음의 개선방향

본 커플러의 사용으로 다음의 철근이음의 구조적 문제점들을 개선할 수가 있다.

1) 구조적 성능의 개선

종래의 겹치이음의 경우 철근의 이음 길이의 관리가 용이하지 않아 이음 길이가 부족하거나 과도한 경우가 많았다. 또한 실제 현장에서는 압축철근은 25d, 인장철근은 40d 라는 기준에 의해 관리되나 현재 구조설계가 강도 설계법으로 행해지고 있는 실정에서 이것은 구조적인 문제점이 발생할 수가 있다.

5) 대한주택공사 주택연구소, 전체서.

3) 日本建築センタ, 「鐵筋接手性能判定基準(1982)」, ヒルディングレタ, 1983년 8월, pp.1-5.

4) 대한주택공사 주택연구소, 「철근 가스압접이음의 품질향상을 위한 기능평가 및 공법설명회」, 1997년 5월.

2) 철근 콘크리트 품질향상

접이음의 경우 철근의 응력전달에 있어 편심이 발생하고 대구경일 경우 그 영향은 더 커진다. 또한 콘크리트 단면이 좁은 경우 철근이음이 집중될 경우 콘크리트 타설이 어려워 지며 층분이 충전되지 않는 구조적인 문제가 발생한다.

3) 공기단축가능

종래의 나사편체식 이음은 철근에 결합된 나사편체에 암나사형의 커플러를 설치하는 것이 용이하지 않아 작업시간이 길어지는 문제가 있다.

4) 철근 자재 소비량의 감소

대구경 철근을 접이음 할 경우 소요길이가 길어지고 철근 가공과정에서 상당량이 고철로 되어 버리고 원가 상승의 원인이 된다

3. 현장체결용 커플러 개발을 위한 실험

3.1 철근이음 성능시험기준

1) 일본⁷⁾

표1.과 그림1에 있다.

2) 한국

(1) 대한콘크리트 설계기준⁸⁾⁹⁾

① 정적 인장실험 후 이음시험체 각각에 대한 인장강도가 모재 공칭 항복강도의 125% 이상.

(2) 대한주택공사 전문시방서¹⁰⁾

① 정적 인장실험 후 이음시험체 각각에 대한 인장강도가 모재 공칭 항복강도의 125% 이상.

② 6개 이음시험체의 평균 인장강도가 모재의 실제 인장강도의 90% 이상 또는 모재 공칭 인장강도의 100% 이상.

③ 이음시험체 모재 공칭 항복강도의 90%까지 응력을 재하한 후 등 5%까지 재하한 상태에서 측정된 잔류변형량이 0.3mm 이하.

④ 정적 인장실험 후 이음시험체의 파단위치는 이음 연결구로부터 인발 파단되지 않아야 한다.

3.2 실험체 설계 및 제작

본 커플러는 이음판 내부에 홈이 있는 한 쌍의 이음판과 이음판을 긴걸 압착하는 두 개의 커플러로 구성된다. 두 개의 철근에 먼저 커플러를 각각에 끼우고 철근을 정렬한 후, 위아래에 두 개의 이음판을 설치하고 커플러를 끼운 다음 커플러에 형성된 구멍에 볼트를 끼우면 이음판이 철근에 압착되어 철근이 연결된다.

7) 日本建築センタ, 전계서.

8) 대한콘크리트학회, 「콘크리트표준시방서, 7.철근의 정착 및 이음」, 1996, pp. 159-189.

9) 건설교통부, 「콘크리트 구조설계 기준, 8.6 철근의 이음」 1999.

10) 대한주택공사, 「전문시방서, 철근콘크리트 공사, 20220철근, 철근 기계적이음의 성능평가 지침」

슬리브내 철근의 정착길이는 6.0d(d는 철근의 공칭 직경)인 경우 Slip량은 0.3mm이하로 SA, A급의 성능을 나타낸다¹¹⁾.라는 실험결과에 따라 정착길이를 6.0d로 한다.

표 1. 성능판정기준

시험항목		SA급	A급
일방향 인장 시험	강도	$\sigma_b \geq 1.35\sigma_{y0}$ 또는 σ_{b0}	
	강성	-0.7 σ_{y0} 응력 상태에서 $E \geq E_0$ -0.95 σ_{y0} 응력 상태에서 $E \geq 0.9E_0$	-0.7 σ_{y0} 응력 상태에서 $E \geq 0.9E_0$ -0.95 σ_{y0} 응력 상태에서 $E \geq 0.7E_0$
	인성	파단시 변형률이 $\epsilon_u \geq 20\epsilon_y$ 또는 0.04이상	파단시 변형률이 $\epsilon_u \geq 10\epsilon_y$ 또는 0.02 이상
탄성역 정·부 반복 시험	강도	$\sigma_b \geq 1.35\sigma_{y0}$ 또는 σ_{b0}	
	강성	0.95 σ_{y0} 응력 상태에서 30회 반복가력 후 탄성계수가 1회재의 탄성계수의 85%이상임	0.95 σ_{y0} 응력 상태에서 20회 반복가력 후 탄성계수가 1회재의 탄성계수의 50%이상임
	변형량	20회 반복가력 후 $\delta_s \leq 0.3\text{mm}$	20회 반복가력 후 $\delta_s \leq 0.3\text{mm}$

σ_{y0} : 모재의 규격항복점 ϵ_y : 접합철근의 항복변형도
 σ_{b0} : 모재의 규격강도 ϵ_u : 접합철근의 종국변형도
 σ_b : 접합철근의 인장강도 δ_s : 접합철근의 미끄럼변형
 E_0 : 모재의 규격항복점 70%의 응력에서 모재의 할선강성

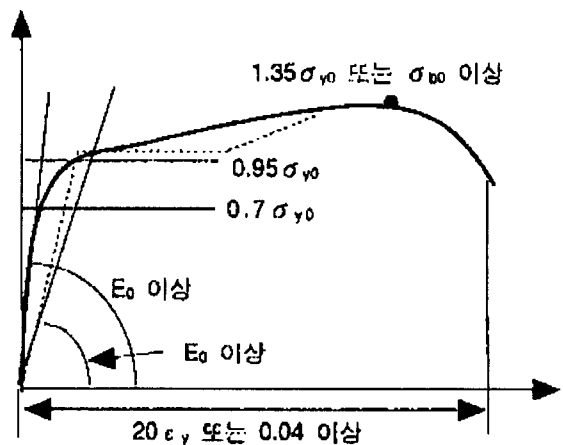


그림 1. SA급 일방향 인장시험

11) 김형기, 「철근 이음용 스플라이스 슬리브 개발 및 단조가력에 의한 구조성능의 평가에 관한 연구」, 大韓建築學會論文集 13권 3호, 1997년 3월, pp.241-250.

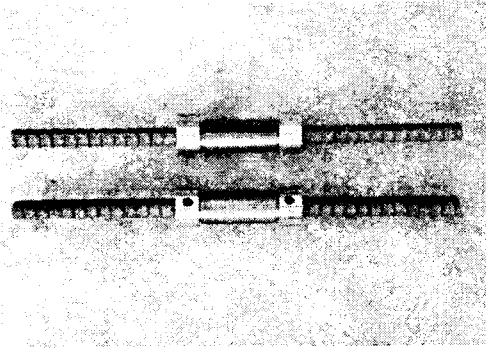


사진 1. 커플러 체결된 형상

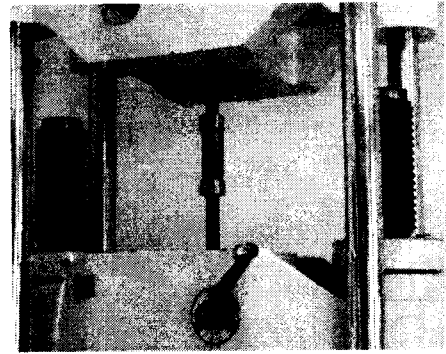


사진 2. UTM 일방향가력실험

3.3 재료의 역학적 성질

1) 철근

철근은 D22를 사용하고 인장강도 시험결과를 표2에 나타낸다.

표 2. D22 철근의 역학적 성질

구분 종류	항복강도 (kgf/mm ²)	변형도 (×10 ⁻⁶)	인장강도 (kgf/mm ²)	탄성계수 (kgf/mm ²)	신율 (%)
D22	40	2720	57.4	19100	24.9

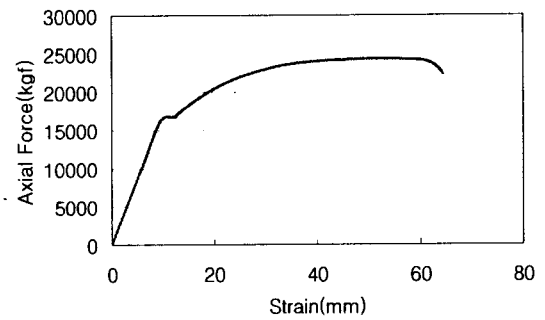


그림 4. 실험체 하중-변형곡선

2) 커플러

커플러의 인장강도 실험결과를 표3에 나타낸다.

표 3. 커플러 인장강도 실험결과

항복강도 (kgf/mm ²)	인장강도 (kgf/mm ²)	신율 (%)
45.1	56.1	16.6

표4에서 보듯이 시험체 6개 모두 D22철근의 항복강도와 최대강도 이상을 초과하였으며 탄성범위를 넘어 충분한 변형 능력을 발휘하면서 사진3.4에서 보듯이 철근파단에 의해 최종 파괴가 일어났다.

표 4. 실험결과 일람표

구분	최대하중 (kgf)	최대강도 (kgf/mm ²)	항복하중 (kgf)	항복강도 (kgf/mm ²)	연신율 (%)	비고
Test 1	24308.0	63.9541	17016.0	44.7689	10.6	모재파단
Test 2	24278.0	63.8752	16998.0	44.7216	7.8	"
Test 3	24202.0	63.6752	16942.0	44.5742	9.2	"
Test 4	24286.0	63.8962	17002.0	44.7321	11.5	"
Test 5	24198.0	63.6647	16940.0	44.5690	9.3	"
Test 6	24258.0	63.7256	16971.0	44.6384	9.7	"

3.4 측정 방법

본 실험은 UTM을 이용하여 단조가력시험을 행하며 가력은 항복 이전과 이후의 구간에서 똑같이 단순인장 가력한다. 시험체의 설치 및 가력상황은 사진2와 같다.

3.5 실험결과

대표적인 실험체의 하중-변위 곡선은 그림4와 같으며, 각 실험체의 실험결과를 표4에 나타내었으며 커플러 인장시험의 초기 단계에서 UTM의 vice사이에서 철근이 다소 밀려나는 현상이 발생하였는데 커플러가 체결되지 않은 원 철근으로 인장시험한 결과, 발생한 기준치 이상의 증가한 연신율을 실험체의 연신율에서 뺀 결과 기준치에 합당하게 나타났다. 그림4는 그래프의 초기 시작부분에서 곡선형태가 생긴 것을 일부 수정한 것이다.

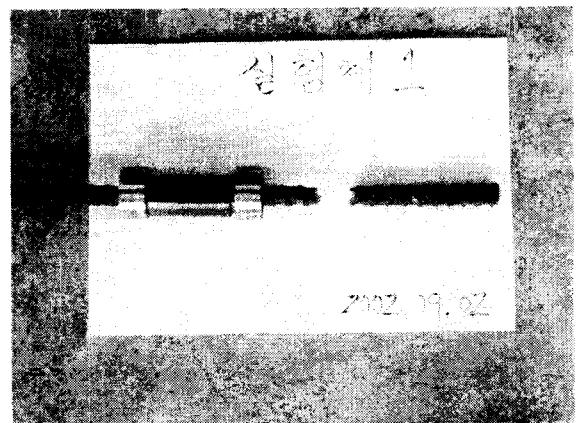


사진 3. 실험체 파단

참 고 문 헌

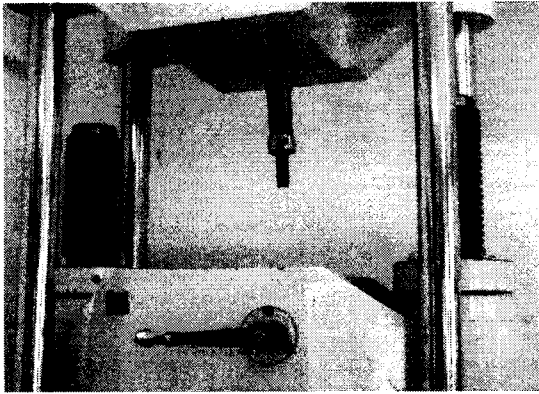


사진 4. 실험체 파단 모습

4. 결 론

시험결과는 표4와 같으며, 단조가력시험에서의 인장강도는 6개 실험체 모두 기준치보다 큰 값을 보이고 있으며 시험체 6개 모두 철근에서 파단이 발생하였다.

즉, 개발된 본 커플러를 우리나라와 일본의 기준치에 비교할 때 동등이상의 구조적 성능을 가진 것으로 다음의 결과를 얻었다.

- 1) 인장력 시험에서 시험체 6개 모두 모재에서 파단이 발생했으며 최대인장강도가 평균 159%로 기준치(125%) 이상의 최대강도가 나타났다.
- 2) 시험체 6개 평균 10%로 기준치의 연실율($\epsilon_u \geq 20 \epsilon_y$ 또는 0.04이상)을 만족한다.
향후 추가할 시험부분으로서 일방향 반복피로 시험과 이방향 반복피로 시험에 대한 실험을 통하여 내진구조물의 적용 가능성 여부를 검토하겠다.

1. Ralejs Tepfers, 「Lapped Tensile Reinforcement Splices」, ACI Journal, January 1982, pp.283-301.
2. 건설교통부, 「콘크리트 구조설계 기준, 8.6철근의 이음」, 1999
3. 한국건설 기술연구원, 「건설기술정보」, 1992년 3월.
4. 日本建築センタ, 「鐵筋綴手判定基準(1982)」, ビルデインクレタ, 1983년 8월, pp.1-5.
5. 日本建築學會, 「鐵筋コンクリト造配筋指針同解説」, 1986년, pp.271-279.
6. ACI 318 Building Code, Section 12.14.3.4.
7. 대한주택공사 주택연구소, 「철근 가스이음의 품질향상을 위한 기능평가 및 공법설명회 발표집」, 1997년 5월.
- 11). 대한콘크리트학회, 「콘크리트표준시방서, 7.철근의 정착 및 이음」, 1996, pp. 159-189.
9. 김형기, 「철근이음용 스플라이스 슬리브 개발 및 단조가력에 의한 구조성능의 평가에 관한 연구」, 大韓建築學會論文集 13권 3호. 1997년 3월, pp.241-25.
10. ACI Committee 439, 「Mechanical Connections of Reinforcing Bars」, ACI Structural Journal, vol. 88, No. 2, March-April 1991.
11. 건설교통부, 「콘크리트 구조설계 기준, 8.6 철근의 이음」 1999