

SD500 고강도 철근용 커플러이음의 경제성 평가에 관한 연구

A Study on Economic Evaluation Method of Coupler Splice for High Strength(SD500) Reinforcement

김 재 엽* · 김 광 희**
Kim, Jae-Yeob · Kim, Gwang-Hee

요 약

우리나라의 초고층 건축물은 초고층아파트가 대도시 주거건축의 대표적인 유형으로 등장하면서 점차 증가하고 있다. 최근 건축되고 있는 이러한 초고층 건축물에서는 건물의 안정성과 내구성 등을 감안하여 사용재료의 강도도 점차 증가하고 있다. 이에 따라 철근의 경우 SD500철근을 사용하는 공사현장을 쉽게 볼 수 있게 되었다. 이에 본 연구에서는 국내의 건축공사에서 사용되는 SD500철근의 사용 실태를 분석하였다. 또한 SD500철근의 이음방법으로 많이 사용되고 있는 겹침이음과 커플러이음에 대한 경제성 평가방법을 제안하고, 이를 2006년 12월 서울을 기준으로 평가하였다. 경제성 평가 결과, 커플러이음은 철근직경이 클수록 콘크리트의 강도가 낮을수록 겹침이음에 비해 공사비용 측면에서 상대적으로 유리한 것으로 분석되었다.

키워드: 고강도철근, 커플러 이음, 겹침 이음, 경제성 평가

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

국내의 초고층 건축은 1990년대 말부터 용적률이 1,000%에 달하는 주상복합건물이 본격적으로 계획되고 건립되면서 대도시 주거건축의 대표적인 유형으로 등장하게 되었다. 최근 건축되고 있는 이러한 초고층 건축물에서는 건물의 안정성과 내구성 등을 감안하여 사용재료의 강도가 점차 증가하고 있는 실정이다. 이에 따라 철근의 경우 SD500철근을 사용하는 공사현장을 쉽게 볼 수 있게 되었다.

이러한 초고강도 철근의 이음은 기존의 SD400 이하 강도 철근의 이음방법과 달리 높은 강도에 따른 물성 변화와 철근의 직

경이 증가, 같이 사용되는 콘크리트 강도의 변화 등의 환경변화에 대응해야 할 필요성이 있다. 그러나 국내의 공사 현장에서는 이러한 새로운 재료의 사용에 따른 지침이나 객관적인 연구결과와 부족으로 철근이음방법의 선정 등과 같은 의사결정과정에서 어려움을 겪고 있는 것이 사실이다.

이에 본 연구에서는 국내 건축공사 현장의 SD500철근의 사용실태와 이음방법 적용 실태를 분석하고, SD500철근의 이음방법에 대한 경제성을 평가하기 위한 방법을 제안하였다. 이를 통하여 철근공사의 이음방법에 대한 의사결정단계에서 활용될 수 있는 수단을 제공하는 것을 본 연구의 목적으로 하였다.

1.2 연구방법 및 범위

국내 건축공사에서의 초고강도 철근 사용 실태를 분석하기 위하여 SD500철근을 사용한 현장에 대한 공사자료를 수집하였다. 공사자료의 수집대상은 국내의 대형 건설회사 10개사¹⁾에서

* 일반회원, 충주대학교 건축공학과 조교수, 공학박사, kimjy67@cjnu.ac.kr

** 일반회원, 목포대학교 건설공학부 건축공학전공 조교수, 공학박사 (교신저자), ghkim@mokpo.ac.kr

이 논문은 2006년 정부(교육인적자원부)의 재원으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 수행된 연구임(KRF-2006-331-D00644).

1) 2006년 도급한도액 기준 1위~5위까지의 5개 회사와 6위~30위 이내의 5개사를 임의로 선정하여 조사하였다.

표 1. 실태 분석에 사용된 공사자료(예)

번호	공사명	회사	건축규모	공사기간	이음방법	철근직경	적용부위
1	한강 OO아파트2	D1	36/6	2000.7-2003.7	겹침	D32	보
2	한강 OO아파트3	D1	31/3	2002.2-2004.4	겹침	D32	기둥, 보
3	한강 OO주상복합	D1	22/7	2004.5-2006.10	겹침	D29	슬러리월
4	서울 서초 OO아파트	S	43/8	2005.2-2008.5	겹침	D32	기초
5	서울 잠실 OO아파트	S	36/2	2005.6-2008.8	겹침	D25	기둥, 기초, 보
6	대구 성당 OO아파트	S	20/2	2006.2-2008.06	겹침	D25	기둥, 기초
7	인천 간석 OO아파트	S	26/2	2005.7-2008.2	겹침	D25	기둥, 기초
8	서울 용산 OO아파트	S	40/4	2005.6-2008.8	커플러, 겹침	D25, 29, 32	기둥, 기초
9	서울 목동 주상복합	H	41/4	2003.2-2006.11	커플러, 겹침	D29, 32, 25	기둥, 기초, 보, 벽체
10	대구 주상복합	H	32/3	2003.10-2007.3	겹침	D25, 29, 32	기둥, 보, 기초
11	서울 용산 주상복합	H	41/5	2005.6-2008.10	겹침	D25, 29, 32	보, 벽체, 기둥, 기초
12	서울 잠실 OO재건축	H	36/2	2005.5-2008.8	겹침	D25	기둥, 보, 벽체
13	서울 은평 OO아파트	H	20/2	2006.2-2008.12	겹침	D25	기둥, 보
14	인천 논현 OO아파트	H	30/3	2005.12-2008.7	겹침	D25	기둥, 보
15	경남 창원 주상복합	D2	34/4	2005.1-2008.2	겹침	D29,32	기둥
16	대구 성당 OO아파트2	D2	20/2	2006.2-2008.6	겹침	D25,29,32	보, 기둥
17	부산 해운대 주상복합	P	50/3	2002.4-2005.11	커플러	D29,32	기초
18	서울 OO주상복합	P	58/3	2003.6-2006.11	겹침	D22, 25, 29	코아월, 기둥, 슬래브
19	서울 서초 주상복합	P	32/4	2002.12-2006.2	겹침, 압접	D25-D32	기초, 기둥
20	부산 해운대 OO아파트	P	60/5	2004.12-2008.12	커플러	D25, 29, 32	기둥, 슬래브, 기초

2000년 이후에 착공한 현장으로 하였으며, 기존문헌과 전문가 면담을 통하여 조사시트를 작성한 후 건설회사 본사의 관련업무 담당자를 대상으로 전화, 이메일, 직접방문 등의 방법으로 각 회사에서 SD500철근을 사용한 현장에 대한 자료를 수집하였다. 조사 내용은 공사개요, 공사규모, 공사기간, 철근이음방법, 철근 직경, SD500철근 적용 건축부위 등으로 하였다. 수집된 자료의 수는 52개 공사자료였으며 표1은 수집된 자료의 예를 나타낸 것이다.

철근 이음방법별 경제성을 평가하기 위한 기초자료를 기존 문헌을 통하여 수집하였고, 노무생산성과 재료비 및 노무비 자료를 수집하기 위하여 현장 전문가에 대한 설문조사도 병행하였다. 설문조사는 2006년 12월 현재 SD500철근을 사용하여 공사를 진행하고 있는 8개 현장²⁾을 직접 방문하여 과장 이상의 철근 공사 전문가를 대상으로 설문을 실시하였다.

연구의 범위는 SD500철근으로 국한 하였으며, 이음방법은 현장에서 가장 많이 사용되고 있는 겹침이음과 커플러이음을 대상으로 하였다.

1.3 기존 연구

철근공사에 대한 기존연구를 살펴보면 표 2와 같이 가공손실 최소화 방안, 철근공사의 공사방법 개선, IT기술을 이용한 철근

공사 개선 연구 등이 주류를 이루고 있으며, 철근이음에 대한 연구는 실험에 의한 구조성능 연구가 대부분이다.

표 2. 철근공사 관련 기존 연구

연구 분야	연구자(년도)	연구 내용
가공손실 최소화	김선국(1991)	손물 감소를 위한 알고리즘 개발
	조훈희(1996)	가공공사의 자재손실 실태
철근공사 방법 개선	김광희(2002)	공사품질·원가 개선방안
	주진규(2003)	생산성 향상을 위한 작업 모델
IT기술을 이용한 철근공사 개선	박우열(2003)	UA를 이용한 배근상세 최적화
	이민우(2006)	RFID기술의 적용실험
철근이음의 구조성능	최희복(2003)	나사식 기계적 이음법 개발
	이용재(2004)	광관슬리브에 의한 이음 성능실험

본 연구에서 대상으로 하고 있는 철근이음에 대한 연구의 대표적 사례를 살펴보면 다음과 같다. 최희복(2003)은 새로운 철근제조 방법인 TEMPCORE 방식에 의해 제조된 SD400철근의 이음방법을 개발하고 실험을 통하여 구조성능을 규명하는 연구 결과를 발표하였다³⁾. 이용재(2004)는 직경이 큰 철근의 이음에 사용할 수 있는 광관슬리브를 이용한 철근이음방법을 제안하고, 이음체의 구조적 성능에 대한 실험결과를 제시하였다⁴⁾. 또한 오

2) 겹침이음은 신도림의 D현장을 비롯한 5개 현장, 커플러 이음은 용산의 S현장을 비롯한 3개 현장을 대상으로 하였다.

3) 최희복외(2003), TEMPCORE 철근의 마디·리브 나사식 기계적 이음법 개발에 관한 연구, 대한건축학회논문집 구조계.

4) 이용재외(2004), 광관슬리브를 이용한 철근이음에 관한 연구, 대한건축학회논문집 구조계.

광남(2005)은 SD500철근에서 사용할 수 있는 강관 스플라이스 슬리브 철근이음방법을 제안하고, 이를 구조성능 실험에 의해 기준치를 만족함을 제시하고 있다⁵⁾.

이와 같이 철근공사에 대한 기존의 연구들은 공사방법과 공사 관리 방법에 대한 개선방안들이 대부분이고 철근이음에 대한 연구들은 구조성능 실험이 주류를 이루고 있는 것으로 조사되었다. 이에 본 연구에서는 SD500철근의 이음방법 결정시 필요한 경제성 평가방법을 연구를 통하여 제시하고자 한다.

2. 철근공사 및 철근이음에 대한 고찰

2.1 철근이음의 종류

철근콘크리트 또는 철골철근콘크리트 구조물을 건설하는데 필수적인 재료로 철근이 사용된다. 구조물에 적용하는 철근은 일정한 길이로 생산되어 운반 등의 과정에서 용이하도록 되어 있다. 그러나 건물과 같은 구조물에서 건물의 높이 또는 길이만큼 철근을 연속적으로 배근하여야 한다. 따라서 생산이나 운반 등의 이유에 의해서 일정한 길이로 절단된 철근을 구조물에 설치할 때는 연속성을 확보하기 위해서 연결을 해야 한다.

철근이 연속적인 형태로 설치되면서 철근의 역학적 성질(인장강도)의 변화가 연결부분에서 발생하지 않도록 하는 각종 공법이 적용되는데, 이음방법은 그림 1과 같이 나눌 수 있다. 우리나라의 건축공사 현장에서 일반적으로 적용되는 철근의 이음방법으로는 겹침이음, 가스압접, 기계적이음(커플러이음) 등이 대표적으로 사용된다.

겹침이음은 시공적인 측면에서는 특별한 기능이나 별도의 가공 없이 적용이 가능한 공법이다(그림2 참조). 그러나 굵은 철근(D35 이상)에서는 시방서 등에서 사용을 제한⁶⁾하고 있을 뿐만 아니라 구조적인 측면에서도 응력 전달과정에서 편심이 발생하고, 철근사이의 응력 이동은 철근과 콘크리트 사이 응력 이동의 2배에 이른다. 또한, 극한 상태에서는 철근사이의 압축력이 철근 축과 직각이 되면서 콘크리트를 바깥쪽으로 무리하게 펼치려는 힘이 발생하기 때문에 콘크리트에 균열이 발생하는 문제가 발생할 수 있다.⁷⁾

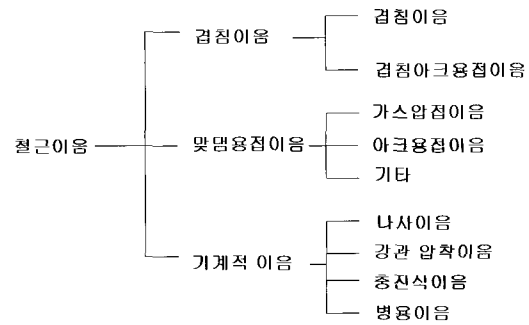


그림 1. 철근이음의 종류

수동가스압접의 경우는 일반적으로 기능도와 기후에 따라서 품질의 변화가 크고, 자동가스압접은 시공속도와 시공장비 등이 시공성을 좌우하게 됨으로써 경제성이 떨어지는 단점을 가지고 있다. 그리고 가스압접의 경우는 철근길이가 줄기 때문에 수평 부재에 적용하는 데는 어려움이 있다.



가) 겹침이음

나) 가스압접이음

그림 2. 겹침이음과 가스압접이음

커플러이음은 겹침이음이나 가스압접의 단점을 보완하기 때문에 최근에 건설공사에서 적용이 급증하는 추세에 있다(그림3 참조). 그러나 최근 제강회사에서 새로운 철근생산 공법을 도입하여 철근을 생산하고 있는데, 이러한 철근에 기존의 기계적이음방식을 적용할 경우 품질상의 문제가 발생할 수 있다.

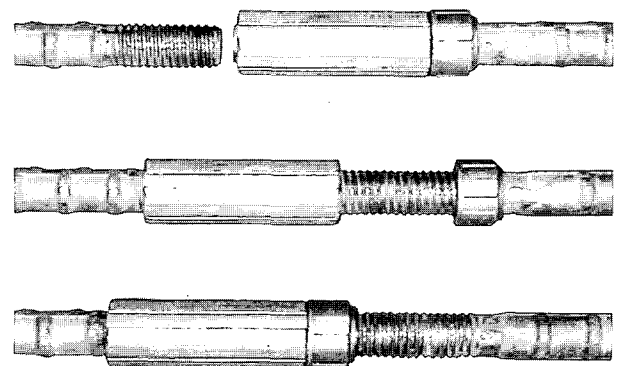


그림 3. 커플러 이음

5) 오광남외(2005), SD500고강도 철근용 강관 스플라이스 슬리브 철근이음의 구조성능에 관한 실험적 연구, 대한건축학회 창립60주년기념 학술 발표대회논문집.

6) 대한건축학회(2005), 건설교통부고시 건축구조설계기준, 기문당, p. 263.

7) Ralejs Tepfers(1982), Lapped Tensile Reinforcement Splices, ACI journal, January, pp. 283-301.

2.2 이음종류별 특성

SD500철근에서 적용될 수 있는 이음방법은 그림1의 이음 종류 중에서 겹침이음, 가스압접이음, 커플러 이음 등을 들 수 있다.

표 3. 철근 이음종류별 특성

구 분	겹침이음	커플러이음
작업내용	겹침이음 후 철선 조임	모재철근 단부에 경사지게 나사가공 후 커플러에 삽입, 결합, 조임
작업장소	현장	현장, 가공공장
이음위치	응력분포하중이 적은부위	무관
투입인원	2인/조(설치)	2인/조(설치)
이음검사	외관	커플러결합, 외관확인 후 고정렌치로 규정치 조임 확인
시공성	겹침이음 위치를 계획해야 함	커플러결합, 조임이 용이하고, 불량률이 적다.
장 점	<ul style="list-style-type: none"> 전문 기능공이 필요 없음 소형부재의 이음에 효과적 이음방법중 시공이 가장 간단하며 경제적 	<ul style="list-style-type: none"> 접합시 이음길이 신축없음 숙련된 기능공이 필요없음 콘크리트 타설시 품질관리가 용이
단 점	<ul style="list-style-type: none"> 철근이 굽어지면 순 간격의 확보에 어려움 굵은 철근은 콘크리트 밀실 충진이 어려움 이음길이의 관리가 철저해야 함 이음부위가 한 곳에 집중되는 현상 발생 	<ul style="list-style-type: none"> 철근 마디 형태에 영향을 받음 나사 가공식인 경우 철근 단면 손실발생 시공성에서 겹침이음보다 힘들고 가스압접보다 간편

그러나 가스압접이음은 SD500철근이 고강도이기 때문에 가열시간 증가하여 공사기간이 지연될 수 있고, 품질관리가 어려워 특수한 경우 이외에는 거의 사용되지 않는다. 따라서 주로 사용되는 방법은 겹침이음과 커플러 이음으로서 특성을 정리하면 다음 표3과 같다.

3. 국내 건축공사의 SD500철근 사용 실태

3.1 실태조사 개요

SD500철근의 사용 실태를 분석하기 위해 10개의 국내 대형 건설회사를 대상으로 각 회사에서 SD500철근을 사용하여 시공한 건축공사에 대한 자료를 수집하였다. 공사자료의 수집하기 위해 우선 예비조사를 통하여 SD500철근 사용실태 분석을 위한 조사시트를 작성하였다. 작성된 조사시트를 이용하여 건설회사 본사의 근무자를 대상으로 직접방문조사, 전화 및 이메일 조사 등에 의하여 공사자료를 수집하였다.

SD500철근을 사용한 공사자료를 수집한 결과는 그림 4와 같다. D1사를 포함한 10개의 건설회사에서 2000년 이후에 착공하여 최근에 공사를 완료하였거나 현재 공사가 진행 중인 52개 건

축현장의 공사자료를 수집하였다.

자료의 분포를 지역별로 보면, 서울이 31개 현장으로 가장 많았으며, 영남지역이 12개, 인천 및 경기지역이 5개, 충청지역이 4개였다. SD500철근이 주로 고층 또는 대형 건축물에서 사용되고 있는 것으로 나타났으며, 용도별로는 초고층아파트와 같은 주거용 건축물이 대부분을 차지하고 있는 것으로 분석되었다.

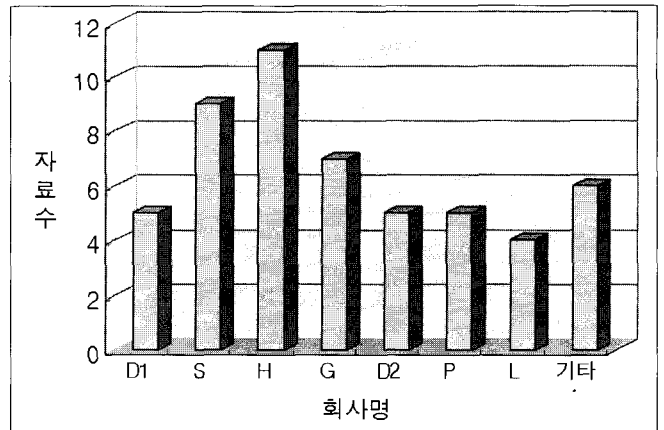


그림 4. 회사별 공사자료 수

3.2 SD500철근 사용 실태

1) 착공연도

공사의 착공시기별로 자료를 분석해보면, 국내 현장에 SD500철근이 사용되기 시작한 시기는 1990년대 후반에서 2000년대 초반정도인 것으로 추정된다. 또한, 수집된 공사자료의 수가 충분하지 못하여 모집단을 정확하게 추정하기는 어렵지만, 그림5와 같은 연도별 추이를 통해서 최근에 SD500철근을 사용하는 현장이 늘어나고 있음을 간접적으로 확인할 수 있었다. 국내의 건축공사는 초고층아파트를 중심으로 고층건축물이

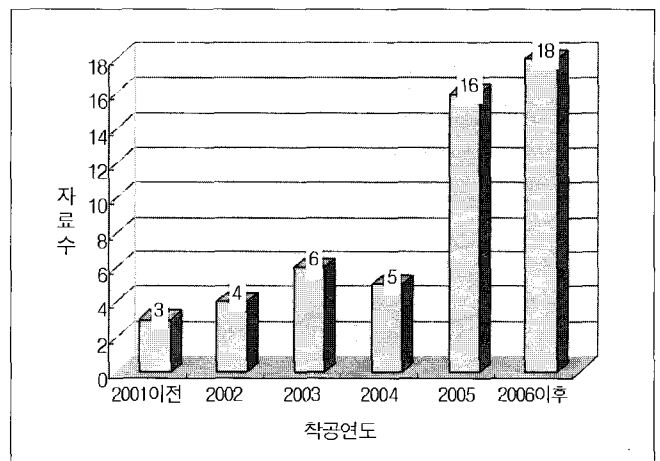


그림 5. 연도별 SD500철근 사용 현장 분포

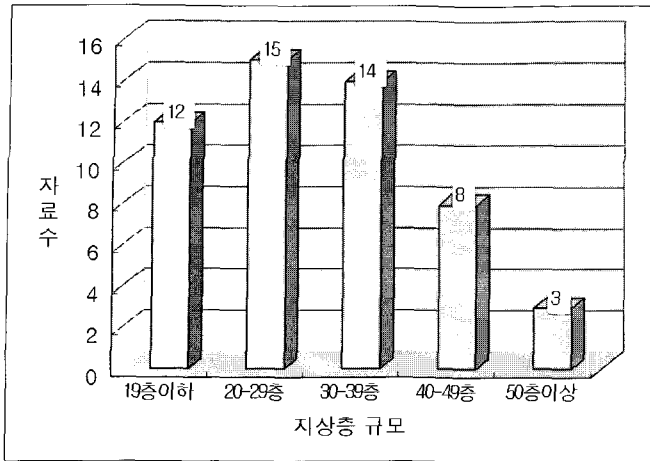


그림 6. 건축규모별 SD500철근 사용 실적

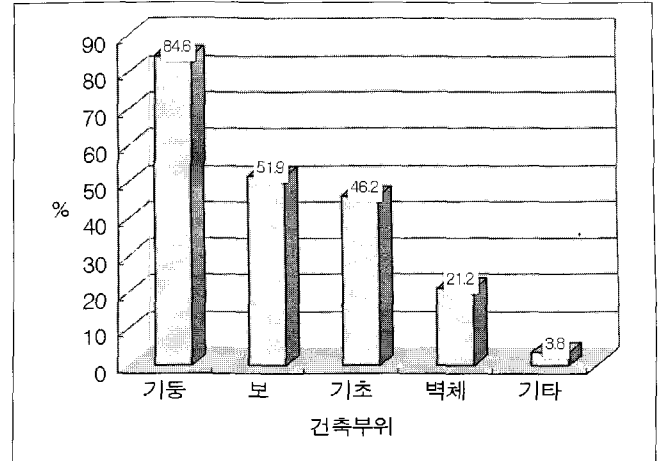


그림 7. 건축부위별 적용 비율

점차 증가할 것으로 예측된다. 이에 따라 본 연구에서 대상으로 하고 있는 SD500철근과 같은 고강도 재료의 사용량도 증가할 것으로 생각된다.

2) 건축규모

SD500철근을 사용한 건축공사 현장의 공사규모를 지상층을 기준으로 분석해 보면 그림6과 같다. 19층 이하의 중규모 건축물에서 60층 이상의 초고층 건축물까지 다양한 규모의 건축물에서 SD500철근이 사용되고 있는 것으로 나타났다. 20층 이상 29층 이하의 건축물이 15개로 가장 많았고, 30층대와 19층 이하 규모의 건축물 순으로 SD500철근 많이 사용된 것으로 조사되었다. 이러한 결과는 고강도 재료의 사용이 40층 이상의 초고층 건축물에서 시작되어 중규모 이하의 건축물에서도 보편화되어 가고 있는 것으로 분석된다.

3) 건축부위

SD500철근이 적용된 건축부위를 분석해 보면, 그림 7과 같이

기둥에 SD500철근을 사용한 현장이 전체의 약 85%(52개 현장 중에서 44개의 현장)로 가장 많은 것으로 나타났다. 다음으로 보, 기초, 코아벽체 등에서 주로 사용되고 있는 것으로 조사되었으며, 이외에도 슬래브, 슬러리월 등에서도 일부 현장에서 적용한 것으로 조사되었다. 또한 기초나 지하주차장과 같은 저층부에서 많이 사용되고 있는 것으로 나타났다. 부위별 분석에서도 주로 기둥과 같은 수직부재 뿐만 아니라 보와, 슬래브 등의 다양한 부위로 확장되고 있는 것으로 분석할 수 있다.

4) 철근의 직경

SD500철근의 직경별 사용실태를 살펴보면 그림 8과 같이 D22에서 D35까지의 굵은 철근들이 주로 사용되고 있는 것으로 조사되었다. 52개의 수집자료 전체 현장을 기준으로 D25, 29, 32가 사용된 비율이 전체의 96%로서 거의 대부분을 차지하고 있는 것으로 나타났다. 이것은 SD500철근과 같이 초고강도 철근에서는 많은 수의 가는 철근으로 배근하는 것보다 적은 가닥 수의 굵은 철근을 사용하여 철근의 순 간격을 확보하고 부재의

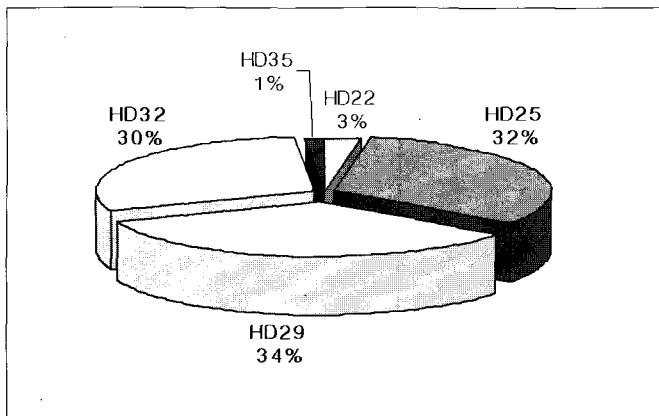


그림 8. 철근직경별 사용 실적

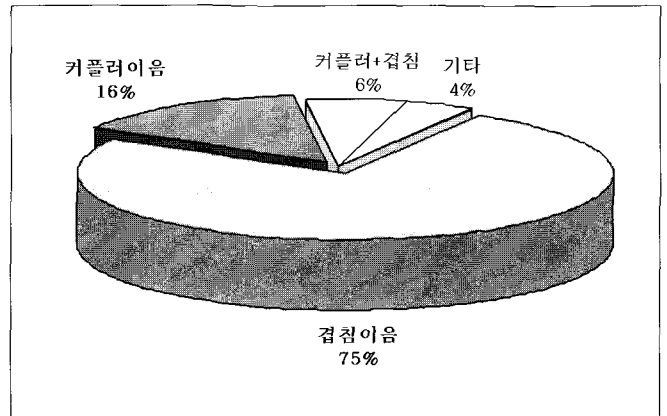


그림 9. 이음방법별 적용 비율

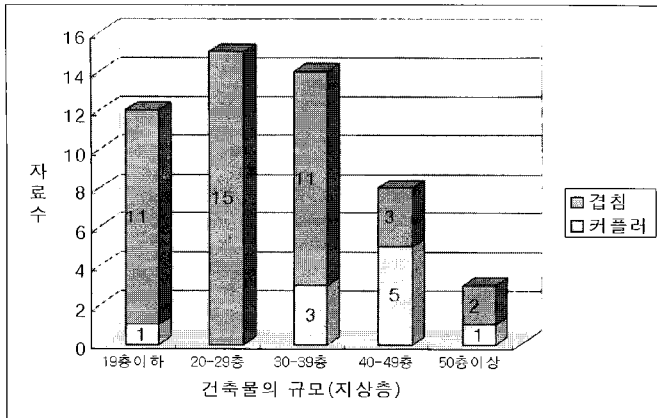


그림 10. 건축규모별 이음방법 적용 실태

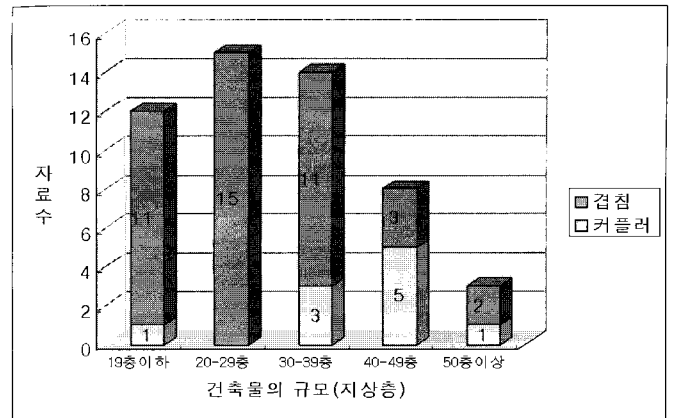


그림 11. 철근직경별 이음방법 적용 실태

크기도 최소화할 수 있기 때문인 것으로 사료된다.

3.3 SD500철근의 이음방법 적용 실태

1) 이음방법 적용 비율

SD500철근을 사용한 현장에서 이음방법의 적용 비율을 살펴 보면, 그림 9와 같이 겹침이음이 전체의 75%로서 대부분을 차지하고 있는 것으로 나타났다. 겹침이음이 SD400이하의 철근 뿐만 아니라 SD500철근에서도 가장 일반적인 이음방법으로 자리 잡고 있는 것으로 조사되었다. 커플러 이음은 약 16%의 현장에서 사용하고 있는 것으로 나타났으며, 이외에서 겹침이음과 커플러이음을 함께 사용한 현장이 3개 현장이었고, 2개의 현장에서는 겹침이음과 커플러 이음을 주로 사용하면서 가스압접이음을 부분적으로 채택한 것으로 나타났다.

이것은 초고강도에서는 특수한 현장조건이 있는 경우를 제외하고는 겹침이음과 커플러이음으로 철근이음을 채택하고 있다는 것으로 분석할 수 있다. 또한 가스압접이음은 고강도화에 따른 가열시간의 증가와 공사관리의 어려움 등에 의해 SD500철근에서는 적용빈도가 매우 적은 것으로 판단된다.

2) 건축규모

겹침이음은 그림 10과 같이 19층 이하에서부터 50층 이상의 고층 건축물에 이르기까지 다양한 건축규모에서 사용되고 있는 것으로 나타났다. 반면에 커플러 이음을 사용한 현장은 19층 이하에서는 1개 현장에서만 사용하였고, 나머지 9개는 30층 이상의 건축물에 사용된 것으로 조사되어 주로 고층 건축물에 많이 사용되고 있는 것으로 조사되었다. 이것은 고층 건축물일수록 저층부에서 철근사용량이 늘어나기 때문에 커플러 이음이 철근

의 순간격 확보에 유리하고, 선조립 공법 채택이 용이하여 공기 단축에도 유리하기 때문인 것으로 사료된다.

3) 철근의 직경

철근의 직경별로 이음방법 적용 실태를 분석하여 그림 11과 같은 결과를 얻을 수 있었다. 한 개의 현장에서 다양한 직경의 철근을 사용할 수 있기 때문에 그림 11은 이를 복수로 계산한 결과이다⁸⁾. 겹침이음은 D22에서 D32까지 다양한 직경에서 사용되었으며, 커플러 이음은 그림과 같이 D29, D32 등의 상대적으로 굵은 철근에서 많이 사용되고 있는 것으로 조사되었다.

이것은 굵은 철근에서 겹침이음을 적용할 경우 이음길이가 직경이 클수록 길어져서 재료비가 상승하고 편심거리가 커져서 구조적으로도 불리해지기 때문인 것으로 판단된다.

4. 철근이음의 경제성 평가

4.1 철근이음의 경제성 평가 방법 제시

1) 분석 대상 및 범위

실태 분석에서 SD500철근의 이음방법으로 겹침이음과 커플러이음이 주로 사용되고 있는 것으로 조사되었다. 따라서 경제성 분석은 이 두 가지의 이음방법을 대상으로 하였으며, 이음 한 개소당 공사비를 분석의 범위로 하였다.

두 가지의 이음방법 간의 차이는 재료비 측면에서 겹침이음은 이음길이가 추가로 발생하고, 커플러 이음은 커플러가 추가로 발생하는 것이다. 또한 겹침이음길이는 사용되는 철근의 직경과 강도, 같이 사용되는 콘크리트의 강도를 변수로 하여 결정되는 값이다. 따라서 철근의 직경은 실태조사에서 분석된 D22~D35까지를 범위로 하였고, 콘크리트의 강도는 SD500철근과 함께 일반적으로 사용되는 범위인 27~50MPa를 분석범위로 하였다. 노무비는 현장조건이 같은 것을 가정할 경우 생산성이 변수

8) 한 개의 현장에서 D29와 D32를 동시에 사용하였다면 직경에 복수로 산정하는 방식으로 계산하였다.

가 되기 때문에 두 방법 간의 생산성을 조사하여 적용하는 것으로 하였다.

2) 경제성 평가를 위한 가정

(1) 재료비

① 겹침이음

겹침이음의 개소당 재료비를 결정하는 변수는 이음길이, 활중률, 철근의 단위가격 등을 들 수 있다. 이러한 변수들을 시간적, 공간적 상황에 따라 변화하는 값들이기 때문에 객관적인 경제성 평가를 위해서는 일정한 기준과 가정을 설정하여야 한다. 따라서 본 연구에서는 표4와 같이 각 변수에 대한 산출근거와 가정 값을 설정하여 경제성 평가에 사용하였다.

우선, 겹침이음의 길이는 발생 응력의 종류, 이음의 위치, 콘크리트 강도, 철근 직경 등에 따라 산출되는 값이다. 그러나 이러한 다양한 모든 변수를 고려하여 적용하는 것은 거의 불가능하기 때문에 이음길이 산출의 가장 기본이 되는 다음 식 (1)을 기준으로 하여 산출하는 것으로 하였다.⁹⁾

$$l_d = \frac{0.6d_b f_y}{\sqrt{f_{ck}}} \text{ 또는 } \geq 30 \text{ cm} \quad (\text{식-1})$$

l_d : 인장철근의 이음길이 (mm)

d_b : 철근의 공칭지름 (mm)

f_y : 철근의 설계기준항복강도(MPa)

f_{ck} : 콘크리트의 설계기준 강도(MPa)

또한, 겹침이음은 철근 가공과정에서 절단 손실이 발생하기 때문에 이에 대한 활중률을 적산기준에 따라 3%를 적용하였다¹⁰⁾. SD500철근의 단가는 2006년 12월의 서울을 기준으로 시중 거래가를 조사하여 적용하는 것으로 하였다.¹¹⁾

표 4. 재료비 변수의 가정치 및 산출근거

변 수	가 정 값	산출근거
이음길이 산출	-이음길이 산출 기본식	건축구조설계기준 2005
활중률	-3%	적산기준
철근단가	-528,000원/ton (서울기준)	한국물가정보
커플러 단가	- HD29 : 4,200원/개 - HD32 : 4,500원/개	실행 단가의 평균

② 커플러 이음

커플러의 재료비는 커플러 및 철근가공 기업에서 현장에 공급하는 실행가의 평균값을 조사하여 적용하였으며 그 값은 표4와 같다.

(2) 노무비

노무비를 산출하기 위해서는 노무 생산성과 철근공의 노무단가에 대한 조사가 필요하다. 그러나 노무생산성은 노무자의 숙련도, 현장조건 등에 따라 변화하는 값이고 노무단가도 시간과 장소를 변수로 변화하는 값이다.

따라서 본 연구에서는 노무생산성은 현장 전문가 집단에 대한 면담조사를 실시하여 그 결과를 반영하였으며¹²⁾, 노무단가는 정부발주 공사에 적용되는 2006년 하반기 표준 노임단가의 철근공 노무단가를 기준으로 설정하였다¹³⁾. 이에 따라 경제성 분석에 적용된 값은 표5와 같다.

표 5. 노무비 변수의 가정치 및 산출근거

구 분	가 정 값	산출근거
노무 생산성	-커플러이음 : 1.1톤/2인·1일 -겹침이음 : 1톤/2인·1일	현장조사 평균값
노무 단가	-커플러이음 : 16만원/2인(절단가공비 제외) -겹침이음 : 20만원/2인	2006하반기 표준 노임단가

3) 경제성 평가방법 제시

앞에서 결정된 각 변수들을 이용하여 이음방법별 경제성을 평가하기 위해 마이크로소프트사의 상용소프트웨어인 엑셀시트를 이용하여 이음방법별 개소당 공사비용을 산출하였다. 그림 12는 본 연구에서 제안한 공사비 산출 방법의 예를 보여주고 있는 것이다. 본 연구에서 제시된 평가방법은 임의의 공사현장에 대한

표 4. 재료비 변수의 가정치 및 산출근거

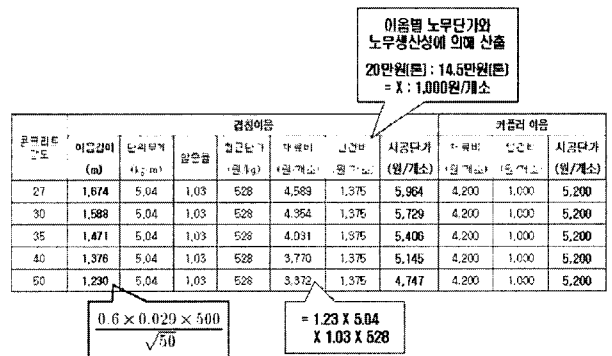


그림 12. 경제성 평가방법 예

9) 대한건축학회, 전게서, pp. 254~267.
10) 강경인외(2003), 건축측산 및 응용, 문운당, p.127.
11) http://www.kpi.or.kr/

12) S사의 초고층아파트 공사현장을 비롯한 8개 공사현장(겹침이음 5개, 커플러이음 3개 현장)의 전문가를 직접면담, 전화 등의 방법으로 조사하였다.
13) 대한건설협회(2006), 건설부분표준노임단가, (철근공: 99,590원 /일)

공사조건, 시간, 장소 등을 결정하여 엑셀시트에 입력하면 해당 현장에 맞게 이음방법별 경제성을 평가할 수 있도록 하였다.

4.2 경제성 평가방법 적용 결과

1) 평가방법의 적용

4.1절의 가정 내용과 2006년 12월, 서울을 기준으로 겹침이음과 커플러이음의 공사비를 산출한 결과 표6과 같이 나타났다. 평가결과 철근의 직경이 클수록 공사비용은 높아지는 것으로 나타났다는데, 이것은 직경이 클수록 겹침이음의 길이가 길어지고, 커플러의 크기가 커져서 재료비가 상승하기 때문이다. 또한 철근의 직경이 같을 경우에는 콘크리트의 강도가 클수록 이음길이 가 짧아져서 재료비가 낮아지는 것으로 나타났다.

표 6. 공사비용 산출 결과

변 수	겹침이음(원/개소)			커플러이음(원/개소)			
	콘크리트 강도	재료비	노무비	공사 비용	재료비	노무비	공사 비용
D22	27MPa	2,100	1,375	3,475	3,600	1,000	4,600
	30MPa	1,992	1,375	3,367	3,600	1,000	4,600
	35MPa	1,844	1,375	3,219	3,600	1,000	4,600
	40MPa	1,725	1,375	3,100	3,600	1,000	4,600
	50MPa	1,543	1,375	2,918	3,600	1,000	4,600
D25	27MPa	3,124	1,375	4,499	3,900	1,000	4,900
	30MPa	2,964	1,375	4,339	3,900	1,000	4,900
	35MPa	2,744	1,375	4,119	3,900	1,000	4,900
	40MPa	2,567	1,375	3,942	3,900	1,000	4,900
	50MPa	2,296	1,375	3,671	3,900	1,000	4,900
D29	27MPa	4,589	1,375	5,964	4,200	1,000	5,200
	30MPa	4,354	1,375	5,729	4,200	1,000	5,200
	35MPa	4,031	1,375	5,406	4,200	1,000	5,200
	40MPa	3,770	1,375	5,145	4,200	1,000	5,200
	50MPa	3,372	1,375	4,747	4,200	1,000	5,200
D32	27MPa	6,260	1,375	7,635	4,500	1,000	5,500
	30MPa	5,938	1,375	7,313	4,500	1,000	5,500
	35MPa	5,498	1,375	6,873	4,500	1,000	5,500
	40MPa	5,143	1,375	6,518	4,500	1,000	5,500
	50MPa	4,600	1,375	5,975	4,500	1,000	5,500
D35	27MPa	8,253	1,375	9,628	4,800	1,000	5,800
	30MPa	7,830	1,375	9,205	4,800	1,000	5,800
	35MPa	7,249	1,375	8,624	4,800	1,000	5,800
	40MPa	6,781	1,375	8,156	4,800	1,000	5,800
	50MPa	6,065	1,375	7,440	4,800	1,000	5,800

2) 철근 직경에 따른 철근이음의 경제성 분석

평가결과를 분석해보면 철근의 직경에 따라 가장 의미있는 결과가 도출되었으며, 이를 철근 직경의 범위별로 분석해보면 다음과 같다.

(1) HD22, HD25

철근의 직경이 D22, D25인 경우에는 모든 콘크리트 강도(27

~50MPa) 범위에서 커플러 이음보다 겹침이음의 공사비가 낮은 것으로 분석되었다(그림13 참조). 또한 철근의 직경이 작을수록 공사비용의 차이는 커지는 것으로 나타났고, 콘크리트의 강도가 클수록 겹침이음의 길이가 짧아지기 때문에 겹침이음의 공사비용이 낮아지는 것으로 나타났다. 따라서 D25이하의 철근에서는 단순 공사비 측면에서는 겹침이음이 유리한 것으로 분석되었다.

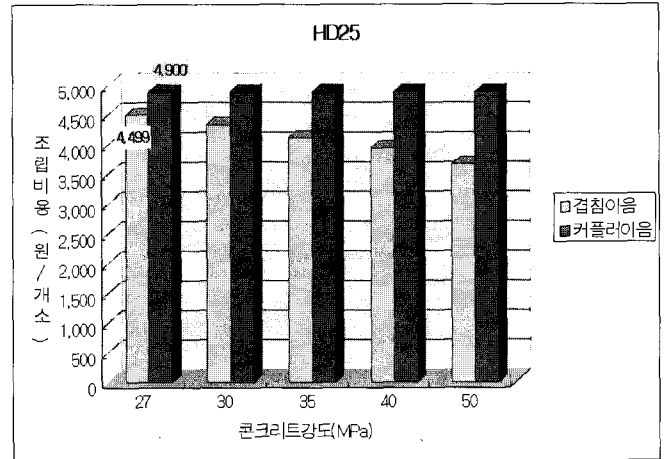


그림 13. 이음종류별 공사비용 비교(HD25)

(2) HD29

철근의 직경이 D29인 경우에는 그림 14와 같이 콘크리트 강도가 40MPa이상일 때는 겹침이음이 35MPa이하에서는 커플러이음이 유리한 것으로 나타났다. 따라서 철근과 함께 사용하는 콘크리트를 어떤 강도로 선택하느냐에 따라 공사비의 차이가 발생하는 것으로 조사되었다.

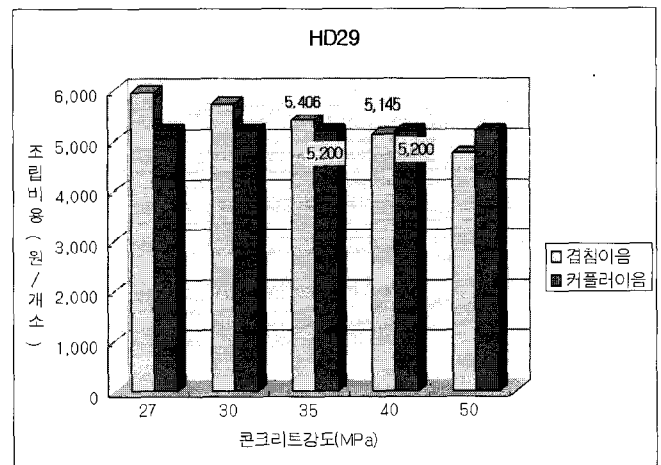


그림 14. 이음종류별 공사비용 비교(HD29)

(3) HD32, HD35

철근의 직경이 D32에서는 그림 15와 같이 모든 콘크리트 강

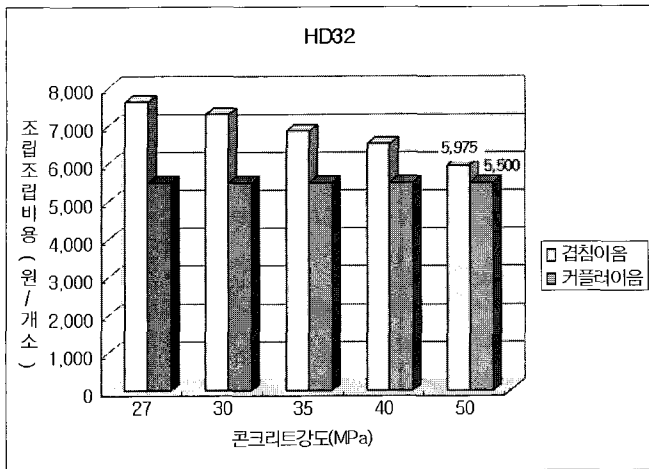


그림 15. 이음종류별 공사비용 비교(HD32)

도(27~50MPa) 범위에서 커플러 이음의 공사비가 낮은 것으로 분석되었다. 또한 철근의 직경이 클수록 공사비용의 차이는 커지는 것으로 나타났다. 따라서 D32이상의 철근에서는 단순 공사비 측면에서는 커플러 이음이 유리한 것으로 분석되었다.

5. 결 론

본 연구에서는 국내의 건축공사에서 사용되는 SD500철근의 사용 실태를 분석하고 SD500철근의 이음방법으로 많이 사용되고 있는 겹침이음과 커플러이음에 대한 경제성 평가방법을 제안하였다. 또한 이를 2006년 12월 서울을 기준으로 하여 이음방법별 경제성을 평가하여 다음과 같은 결과를 얻을 수 있었다.

우선, 국내 건축공사의 SD500철근 사용실태 분석에서는 국내 건축공사 현장에서 SD500철근의 사용이 보편화되어 가고 있는 것으로 나타났다. 커플러 이음은 철근의 직경이 클수록, 고층일수록 많이 적용되고 있는 것으로 조사되었다.

커플러 이음과 겹침이음의 경제성 평가 및 적용에서는 공사비를 구성하는 변수는 매우 다양하고 이러한 변수들은 시간, 장소, 공사조건 등에 따라 변화하기 때문에 이러한 조건을 해당현장에 맞게 입력할 수 있는 방법 제안하였다. 이러한 방법에 의해 2006년 12월 서울을 기준으로 철근이음의 경제성을 분석해 본 결과, 커플러 이음은 철근직경이 클수록 함께 사용되는 콘크리트의 강도가 낮을수록 겹침이음에 비해 상대적으로 공사비용 측면에서 유리한 것으로 분석되었다.

향후 건축공사의 고층화·대형화가 지속될 것으로 예측되고 이에 따라 본 연구에서 대상으로 한 SD500철근과 같은 고강도 재료의 사용량도 증가할 것으로 예상된다. 따라서 이러한 고강도 재료의 사용에 따른 문제점과 의사결정 기준 등에 대한 지속적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

1. 강경인의(2003), 건축적산 및 응용, 문운당, p.127.
2. 김광희외(2002), 국내 건축물 철근공사 품질·원가 개선을 위한 시스템 개발에 관한 연구, 대한건축학회논문집 구조계.
3. 김선국외(1991), 철근 손실을 줄이기 위한 최적화 알고리즘 개발에 관한 연구, 대한건축학회논문집.
4. 박우열외(2004), 국내 철근공사 실태분석 및 개선방안에 관한 연구, 한국시공학회논문집.
5. 박우열외(2003), 유전자 알고리즘을 이용한 철근공사 배근상세 최적화에 관한 연구, 대한건축학회논문집 구조계.
6. 대한건축학회(2005), 건설교통부고시 건축구조설계기준, 기문당, pp. 254~267.
7. 오광남외(2005), SD500고강도 철근용 강관 스플라이스 슬리브 철근이음의 구조성능에 관한 실험적 연구, 대한건축학회 창립60주년기념 학술발표대회논문집.
8. 이민우외(2006), 철근공사에서의 RFID 기술 적용성 기초 연구, 대한건축학회논문집 구조계.
9. 이용재외(2004), 강관슬리브를 이용한 철근이음에 관한 연구, 대한건축학회논문집 구조계.
10. 조훈희외(1996), 국내 철근가공공사의 실태에 관한 연구, 대한건축학회 학술발표논문집.
11. 주진규외(2003), 철근공사 생산성 향상을 위한 작업 모델 연구, 대한건축학회논문집 구조계.
12. 최희복외(2003), TEMPCORE 철근의 마디·리브 나사식 기계적 이음법 개발에 관한 연구, 대한건축학회논문집 구조계.
13. Ralejs Tepfers(1982), Lapped Tensile Reinforcement Splices, ACI Journal, January, pp.283-301.

논문제출일: 2007.02.14

심사완료일: 2007.04.05

Abstract

This study analyzes the current usage of SD500 high-strength re-bar in domestic construction sites. Also, an evaluation method was developed to measure economic efficiency of lap splice and coupler splice, which are most commonly used in connection SD500. The evaluation method was applied to construction sites in Seoul in December 2006, and the result revealed that coupler splice is relatively superior in terms of cost efficiency when the re-bar diameter is bigger and the concrete strength is lower.

Keywords : high strength re-bar, coupler splice, lap splice, economic
