

SD500철근 커플러 이음의 편익/비용분석에 관한 연구

A Study on Benefit/Cost Analysis of Re-Bar Connection Methods for Hyper Strength(SD500) Reinforcement

김재엽* 권여울** 김준영***

Kim, Jae-Yeob Kwon, Yeo-Wool Kim, Jun-Young

Abstract

High-rise building is taking a place as one of building types from apartment housings to commercial buildings. With taking in account of stability and durability, strength of used materials is increasing gradually in these high-rise buildings. According to this, frequency in use of SD500 re-bar is increasing gradually in high-rise buildings. However the study of SD500 re-bar is insufficient because SD500 re-bar started to be used for domestic buildings lately. Specially because there is no guide or study to refer to, people get into difficulties when to decide the method of re-bar connection in construction using SD500 re-bar.

Accordingly in this study, it suggests the method of estimating the economical efficiency on SD500 re-bar connection, and conducts benefit/ cost analysis on lapped splice and coupler splice by applying AHP theory, and then presents its result. After to analyze re-bar diameter of D25, 29, and 32, finally we attained the result that the coupler splice is advantageous in all parts of benefit/ cost more than the lapped splice.

키워드 : 겹침이음, 커플러이음, 편익/비용분석

Keywords : lapped splice, coupler splice, benefit / cost analysis

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

최근 국내에서 건축되고 있는 초고층 건축물에서는 건물의 안전성과 내구성 등을 감안하여 사용재료의 강도가 점차 증가하고 있는 실정이다. 이에 따라 철근의 경우 SD500을 사용하는 공사현장을 쉽게 볼 수 있게 되었다. 이러한 초고강도 철근의 이음은 기존의 SD400 이하강도 철근의 이음방법과 달리 높은 강도에 따른 물성 변화와 철근의 직경이 증가, 같이 사용되는 콘크리트 강도의 변화 등의 환경변화에 대응해야 할 필요성이 있다. 그러나 국내의 공사현장에서는 이러한 새로운 재료의 사용에 따른 지침이나 객관적인 연구결과의 부족으로 철근이음방법의 선정 등과 같은 의사결정과정에서 어려움을 겪고 있는 것이 사실이다.

이에 본 연구에서는 과학적 의사결정방법을 제공하고 있는 AHP기법을 이용하여 SD500의 이음법들을 평가하는 방법을 제시하였다. 이를 통하여 철근공사의 이음방법에 대한 의사결정단계에서 활용될 수 있는 수단을 제공하는 것을 본 연구의 목적으로 하였다.

1.2 연구의 방법 및 절차

본 연구는 SD500의 이음을 연구대상으로 하였으며, 비교대상 이음의 종류는 SD500에서 일반적으로 사용되는 겹침이음과 커플러이음을 비교대상으로 하였다.¹⁾ 또한 철근의 직경은 SD500에서 가장 많이 사용되는 것으로 알려진 D25~32를 연구의 범위로 하였다.

연구방법으로는 우선 기존 문헌과 연구에 대한 고찰과 현장 전문가와의 면담 등을 통해 구체적인 연구의 방향을 설정하고, 철근이음법의 선정요인 도출과 쌍대비교 평가를 위해 두 차례에 걸친 현장 실무전문가에 대한 설문을 실시하였다.

설문 결과의 분석에는 AHP(Analytic Hierarchy Process)의 편익/비용분석이 이용되었으며, 사용된 도구는 AHP분석에 가장 일반적으로 사용되는 EC2000이 사용되었다.

1.3 기존 연구

1.3.1 철근공사 및 SD500관련 연구 현황

철근공사와 관련된 연구는 가공손실의 최소화, 철근공사방

본 연구는 건설교통부 건설핵심연구개발사업의 연구비 지원(06건설핵심C24)에 의하여 수행되었음.

1) 김재엽 외(2007), SD500고강도 철근용 커플러이음의 경제성 평가에 관한 연구, 한국건설관리학회논문집, p. 141.

* 충주대학교 건축공학과 조교수, 공학박사

** 서울시립대학교 대학원, 석사과정

*** 충주대학교 산업대학원, 석사과정

법의 개선, IT기술을 이용한 철근공사개선 등 여러 분야에 걸쳐서 활발하게 이루어지고 있었다. 그러나 국내실정에 알맞은 SD500에 관한 연구는 아직까지 미흡한 실정이다. 표 1과 같이 철근공사에 대한 기존의 연구들은 공사방식과 공사관리 방법에 대한 개선방안들이 대부분 이었다.

표 1. 철근공사 및 초고강도 철근(SD500)관련 주요 연구

연구 분야	연구자	연구 내용
가공손실의 최소화	김선국 외1 (1991. 6)	철근손실감소를 위한 최적화 알고리즘 개발
	조훈희 외1 (1996. 10)	자재손실을 중심으로 한국내 철근가공공사의 실태
철근공사 방법의 개선	김광희 외2 (2002. 5)	국내 철근공사 품질·원가개선을 위한 시스템 개발
	주진규 외2 (2003. 12)	철근공사 생산성 향상을 위한 작업모델연구
IT기술을 이용한 철근공사 개선	박우열 외2 (2003. 10)	GA를 이용한 철근공사 배근상세의 최적화
	이민우 외5 (2006. 10)	철근공사의 RFID기술 적용에 대한 기초연구
철근이음의 구조성능	이용재 외2 (1999. 8)	강관슬리브를 이용한 철근이음의 해석모델
	최희복 외4 (2003. 3)	TEMPCORE철근의 마디·리브 나사식 기계적 이음법 개발
	이용재 외1 (2004. 9)	강관슬리브를 이용한 철근이음
	오광남 외5 (2005. 10)	SD500 고강도 철근용 강관 스플라이스 슬리브철근이음
철근이음의 경제성 평가	김재엽 외1 (2007. 4)	SD500 고강도 철근용 커플러이음의 경제성평가

표 2. 편익/비용분석을 이용한 연구

연구 분야	연구자	연구 내용
편익/비용분석을 이용한 연구	김지현 외1 (2002. 4)	환경을 고려한 하천정비사업의 편익/비용분석
	이우연 외5 (2002. 10)	군인아파트의 재건축과 리모델링 결정
	정일훈 외2 (2004. 10)	특성가격함수의 적용을 통한 토지이용계획대안 개발편익 측정방법노후
	이영성 (2005. 8)	청계천복원사업의 경제적 효과
	문희정 외1 (2005. 11)	도시환경정비사업에서의 인센티브정책 효과분석
AHP를 이용한 편익/비용분석 연구	이관호 외2 (2001. 2)	환경비용을 고려한 건물에너지 절약방안의 경제성분석방법
	신윤석 외4 (2006. 2)	초고층 건축공사의 바닥판 거푸집시스템선정
	이지영 외3 (2008. 2)	합성지하옹벽공사의 거푸집선정

본 연구의 대상인 철근이음에 대한 대표적 연구사례에는 최

근 발표된 김재엽·김광희의 SD500 고강도 철근용 커플러이음의 경제성 평가를 실시한 연구를 들 수 있다. 이 밖에 나머지 철근이음에 대한 연구들은 구조성능실험이 주류를 이루고 있는 것으로 파악되었다. 이에 본 연구에서는 '편익/비용분석'을 이용하여 SD500이음법 선정에 체계적인 방안을 제시하고자 한다.

1.3.2 편익/비용분석을 이용한 연구

편익/비용분석은 여러 가지 적용 가능한 대안들을 평가분석하여 최적의 대안을 선정하는 의사결정문제의 해결도구로서 사용되고 있다. 편익/비용분석을 이용한 연구는 표 2와 같이 재건축과 리모델링, 토지이용계획, 도시환경정비사업, 건축 재료선정 등 다양한 분야에서 의사결정과정에 활용되고 있다.

2. AHP이론 고찰 및 SD500이음 실태

2.1 AHP(계층적 의사결정)기법과 편익/비용분석

AHP는 이론의 단순성 및 명확성, 적용의 간편성 및 적용성이라는 특징으로 말미암아 여러 의사결정분야에서 응용되어 왔으며, 이론구조 자체에 관해서도 활발한 연구가 진행되고 있다. AHP는 먼저, 상위계층에 있는 요소²⁾을 기준으로 하위계층에 있는 각 요소의 가중치를 측정하는 방식을 통하여, 상위계층의 요소 하에서 각 하위요소가 다른 하위요소에 비하여 우수한 정도를 나타내 주는 수치로 구성되는 쌍대비교행렬³⁾(pairwise comparison matrix)을 작성하게 된다. 그리고 이 행렬로부터 고유치 방법(eigenvalue method)을 이용하여 계층의 각 레벨마다 정규화한 하나의 우선순위벡터를 산출한다. 마지막으로 계층의 최상위에 위치한 의사결정의 목적을 달성할 수 있도록 해주는 최하위 단계에 있는 대안들의 상대적인 우선순위를 나타내 주는 전체 계층에 대한 하나의 복합 우선순위벡터(priority vector)를 산출하게 된다.

AHP에서 편익/비용분석을 행하고자 할 때, 몇 가지 방법의 적용이 가능한데, 대표적인 방법으로 세 가지가 있다. 첫째, 단순 편익/비용분석(Simple Benefit/Cost Analysis)은 비용에 관한 항목으로 구성되는 비용계층(Cost hierarchy)과 편익에 관한 항목으로 구성되는 편익계층(Benefit hierarchy)을 따로 설계하여 각 계층별로 대안에 대한 우선순위를 구하고, 비용계

2) 요소(element) : 속성(attribute)이라고도 하며, 계층에 따라서, 전략이 될 수도 있고, 평가항목 또는 기준이 될 수도 있다.

3) 쌍대비교행렬은 두 행렬을 곱하여 행간을 더한 행렬을 구한 다음, 전체 합에서 각 행의 비율을 산정하는 것으로 자체적으로 행렬 곱을 연산해서, 상호 중요도를 수학적으로 도출해 낼 수 있는 행렬을 말한다.

층에서의 대안의 우선순위(Cost priority)를 편익/비용 비율(Benefit/Cost ratio)로 계산하여 편익/비용분석을 행하는 방법이다. 단순 편익/비용분석은 분자(편익)나 분모(비용) 양쪽에 동일한 가중치가 주어지는 1:1의 선호를 가정한 방법으로서, 편익계층에서 높은 가중치는 높은 선호를 나타내는 것이지만, 비용계층에서의 높은 가중치는 낮은 선호를 나타낸다. 둘째, 한계 편익/비용분석(Marginal Benefit/Cost Analysis) 역시 AHP계층을 비용과 편익으로 나누어 구성하지만, 두 계층에서 나온 가중치를 단순한 비율이 아닌 한계 편익/비용(Marginal Benefit/Cost)으로 계산하는 방법이다. 셋째, 조정 편익/비용분석은 단순 편익/비용분석이나 한계 편익/비용분석에서 처럼, 편익우선순위와 비용우선순위가 각각의 계층에서 도출되는 한, 편익/비용 비율은 의사결정자로 하여금 잘못된 결정에 이르게 할 수 있다. AHP에서는 기본적으로 우선순위 벡터의 합이 1이 되도록 정규화하기 때문에 최적적인 값은 원자료가 가지고 있던 단위가 상실되기 때문이다.

AHP를 이용한 편익/비용분석은 의사결정 문제를 상호 관련된 의사결정사항들의 계층으로 분류하고 비용 및 편익계층 내의 쌍대비교를 통한 판단자료를 수집하여 요소들의 상대적 가중치를 산정, 우선순위를 종합화하는 절차를 거쳐 이뤄진다. 일반적으로 의사결정문제는 서로 상반된 기준과 불완전한 정보 및 제한된 자원 하에서 파악되는 다수 대안들의 우선순위를 선정하는 문제를 다루게 된다.

AHP를 이용한 편익/비용분석은 일반적으로 4단계의 작업을 수행하며 AHP방법과 유사하다, 의사결정 문제를 상호 관련된 의사결정 사항들의 계층으로 분류하여 의사결정계층을 설정한다. 이 단계에서는 비용측면의 평가기준으로 구성된 비용계층과 편익측면의 평가기준으로 구성된 편익계층을 각각 설계하게 된다, 그 내용은 다음 그림 1과 같다.

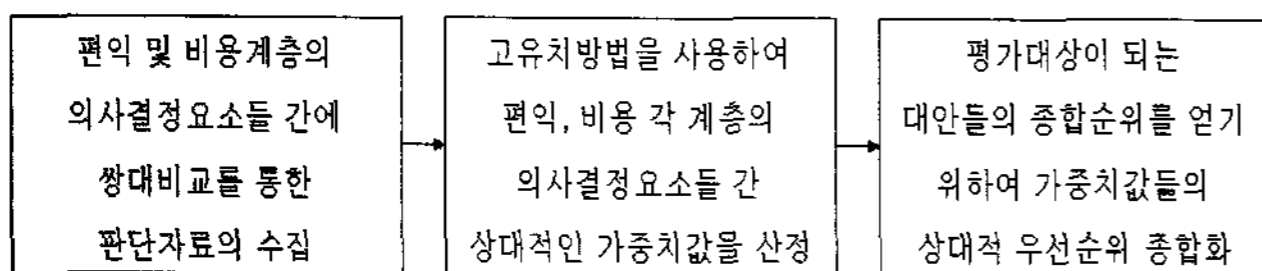


그림 1. 비용계층과 편익계층의 설계

세 번째 단계에서는 비용측면의 우선순위, 편익측면의 우선순위, 두 측면의 비율(편익/비용의 비율)의 순위를 각각 구하여, 이를 통해 최종대안을 설정하게 된다.⁴⁾

2.2 SD500이음법에 대한 고찰

철근은 운반, 가공 및 시공 등의 필요에 따라 일정한 표준 길이로 생산되기 때문에 구조물 시공과정에서는 철근 간의 이

음이 필연적으로 발생한다. 철근의 이음방법에는 겹침이음(Lap splice), 커플러이음(Coupler splice), 가스압접이음(Gas splice)등이 있으며, D35를 초과하는 철근의 경우에는 콘크리트 구조설계 기준 등에 의해 이음을 제한하고 있어 이음법선정에 주의를 기울여야 한다.⁵⁾

표 3. 겹침이음과 커플러 이음 비교

구 분	겹침이음	커플러이음
이음형태		
이음방법	철근 끝단에 일부 길이를 맞대어 결속	철근마디와 리브부위 절삭 후 누름방식으로 나사를 가공하여 커플러체결
이음위치	응력분포하중 적은 부위	무관
적 용	기둥, 보, 슬래브(D13~32)	기둥, 보(D16~51)

세가지 방법 중에서 수동가스압접의 경우는 일반적으로 기공도와 기후에 따라서 품질의 변화가 크고, 자동가스압접은 시공속도와 시공장비 등이 시공성을 좌우하게 됨으로써 경제성이 떨어지는 단점을 가지고 있다. 또한 SD500과 같은 초고강도 철근에서는 압접을 위해 철근을 가열하는 시간이 매우 길어지는 단점이 있기 때문에 거의 사용되지 않고 있다. 따라서 본 연구에서 대상으로 하고 있는 SD500철근에서는 주로 겹침이음과 커플러이음이 사용되고 있는데, 이를 비교해 보면 표 3과 같다.

2.3 SD500이음법의 적용실태

2.3.1 이음방법 적용 비율

SD500철근의 사용 실태를 분석하기 위해 국내의 10개 대형 건설회사에서 2000년 이후에 착공하여 최근에 공사를 완료하였거나 현재 공사가 진행 중인 52개 건축현장의 공사자료를 수집하여 분석하였다. SD500을 사용한 현장에서 이음방법의 적용 비율을 살펴보면, 그림 2와 같이 겹침이음이 전체의 75%로서 대부분을 차지하고 있는 것으로 나타났다. 겹침이음이 SD400이하의 철근뿐만 아니라 SD500에서도 가장 일반적인 이음방법으로 자리잡고 있는 것으로 조사되었다.

커플러이음은 약 16%의 현장에서 사용하고 있는 것으로 나타났으며, 이외에서 겹침이음과 커플러이음을 함께 사용한 현장이 3개 현장이었고, 2개의 현장에서는 겹침이음과 커플러이음을 주로 사용하면서 가스압접이음을 부분적으로 채택한

4) 조근태 외(2003), 앞서가는 리더들의 계층분석적 의사결정, 동현출판사 서울, pp. 1~131.

5) 대한건축학회(2005), 건축구조설계기준, 기문당, p. 263.

것으로 나타났다. 이것은 초고강도에서는 특수한 현장조건이 있는 경우를 제외하고는 겹침이음과 커플러이음으로 철근이음을 채택하고 있다는 것으로 분석할 수 있다.

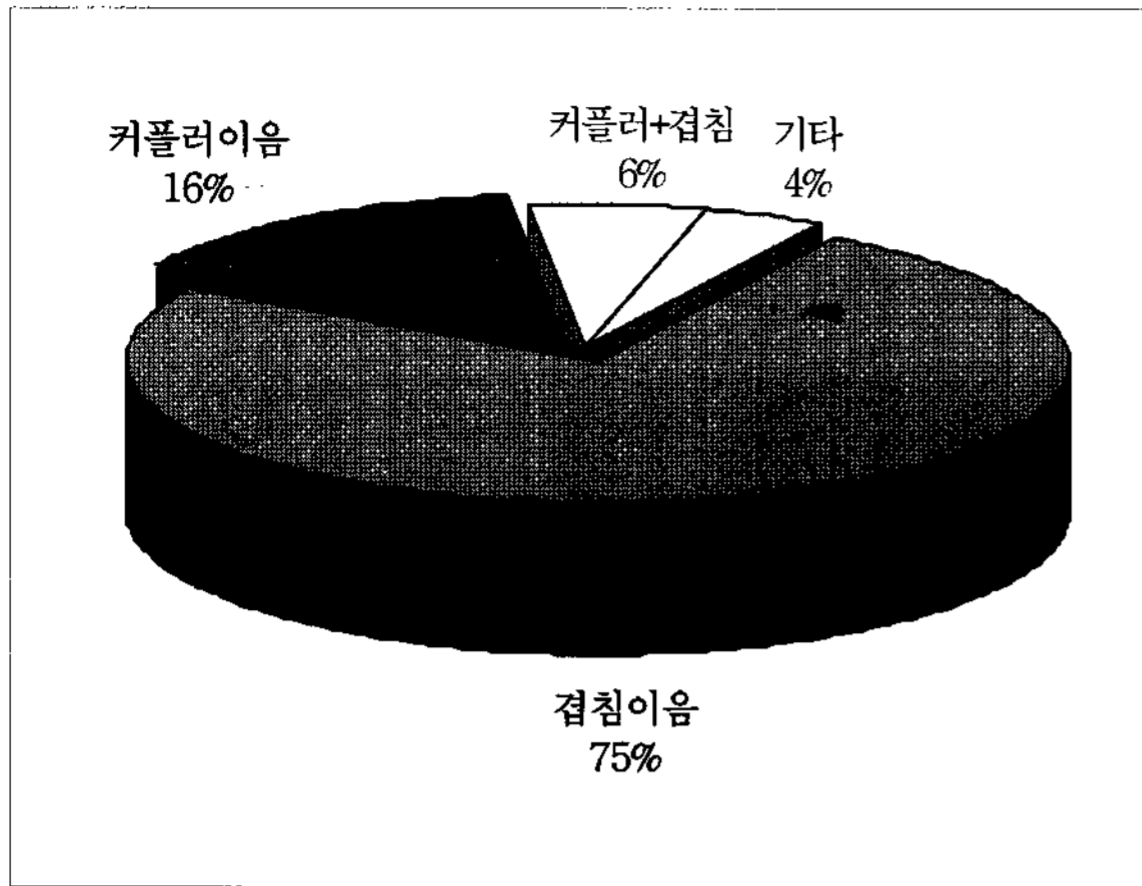


그림 1. 이음방법별 적용 비율

2.3.2 철근의 직경

철근의 직경 별로 이음방법 적용실태를 분석하여 그림 2와 같은 결과를 얻을 수 있었다. 한 개의 현장에서 다양한 직경의 철근을 사용할 수 있기 때문에 그림 2는 이를 복수로 계산한 결과이다.(한 개의 현장에서 D29와 D32를 동시에 사용하였다면 직경에 복수로 산정하는 방식으로 계산)

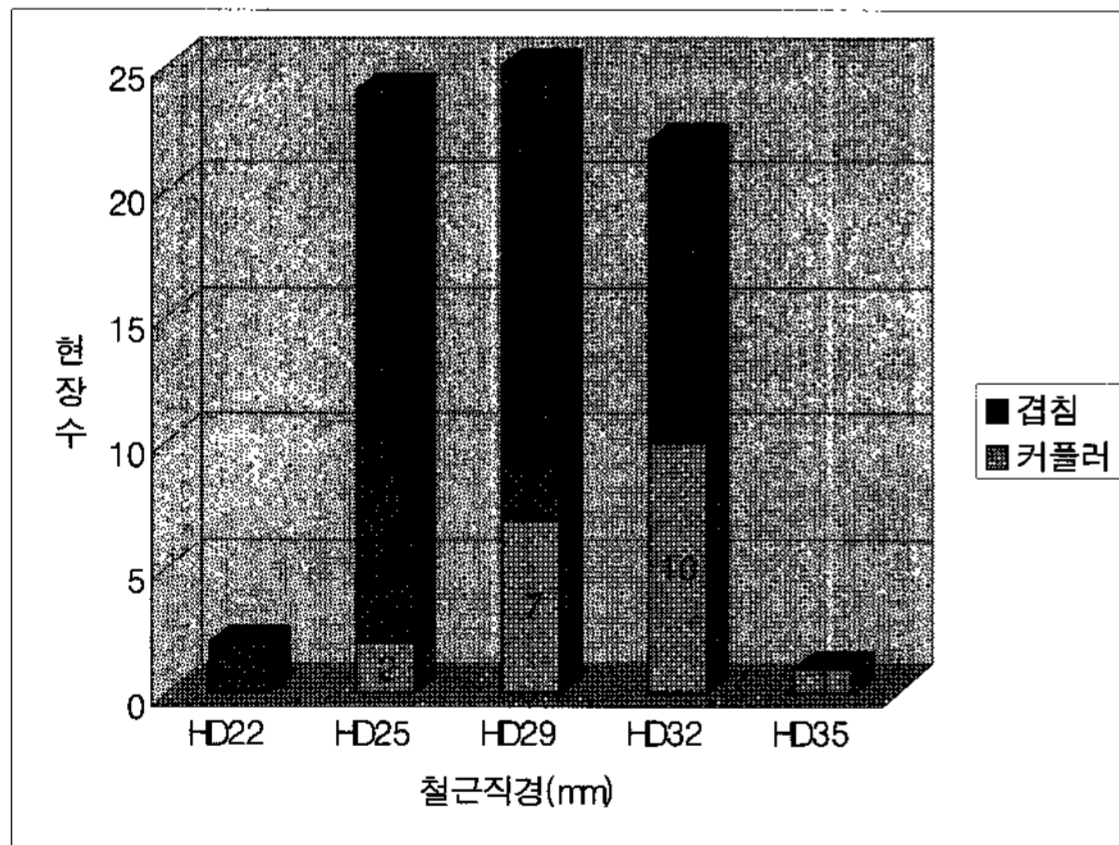


그림 2. 철근직경별 이음방법 적용 실태

겹침이음은 D22에서 D32까지 다양한 직경에서 사용되었으며, 커플러이음은 그림과 같이 D29, D32등의 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.⁶⁾

6) 김재엽 외(2007), SD500고강도 철근용 커플러이음의 경제성

3. 이음법의 편익/비용분석

3.1 SD500철근이음의 평가기준

SD500이음법선정에 필요한 평가기준을 결정하기 위해 전문가 설문조사가 실시되었다. 설문조사는 4개 건설회사의 실무경력 10년 이상인 전문가를 대상으로 하였으며 분석에 사용된 유효설문은 총 30부였다.

설문결과 그림 3과 같이 '구조적 안정성'이 36.70%로 가장 높은 중요도를 가지는 것으로 나타났고, '시공성'(19.94%), '공사비'(18.92%) 등이 다음으로 중요도가 높게 평가되었다. 이외의 항목들은 10%이하로 중요도가 평가되었고, 상위 3가지 항목과 중복의미를 가질 수 있는 것으로 판단하여 철근 이음에 대한 중요 평가기준으로 상위 3가지 항목을 설정하여 연구를 진행하였다.

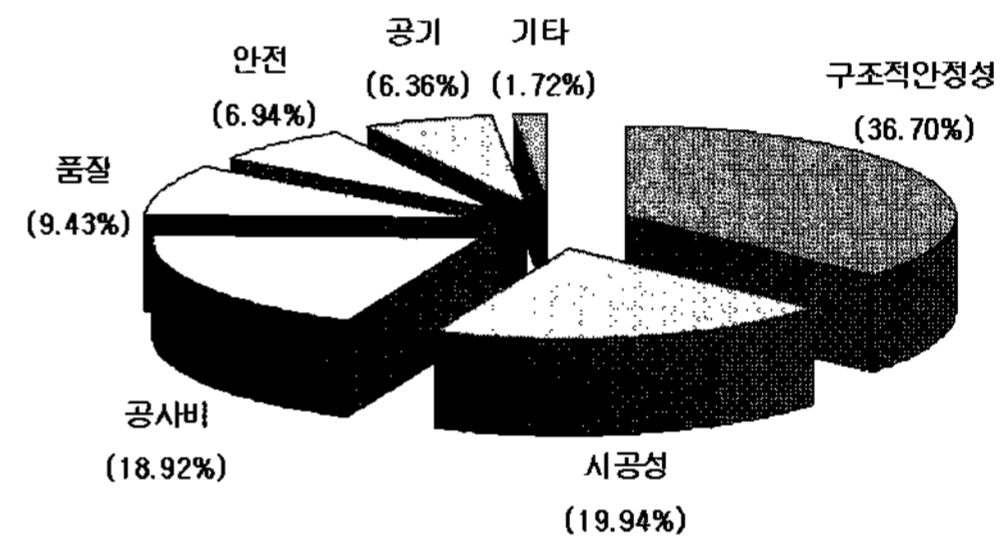


그림 3. 철근이음 선정기준에 대한 설문조사 결과

AHP를 이용한 편익/비용분석을 하기 위해서는 편익적 측면의 평가항목과 비용적 측면의 평가항목이 각각 설정되어야 한다. 따라서 전문가 설문에 의해 선정된 3개의 평가기준을 상위평가 항목으로 하고, 하위 평가항목은 표 4, 5와 같이 다시 6개의 항목으로 세분하여 연구를 진행하였다.

표 4. 편익측면의 평가기준

평가항목	평가요소	평가내용
구조적 안정성	이음강도 확보	철근 이음부위의 소요강도 확보
	신뢰도 향상	시공오류 감소에 따른 이음부위의 구조적 신뢰도 향상
시공성	작업의 용이성	철근이음 작업의 용이성
	타 공정과의 연계성	거푸집설치→콘크리트타설→거푸집 해체에 걸친 철근이음법 별 타 공정과의 연계성
공사비	수익성 증가	철근공사 및 관련공사의 전체적인 수익성 증가
	현장관리비 감소	현장정리 및 민원처리 등으로 소요되는 현장 관리비 감소

평가에 관한 연구, 한국건설관리학회

표 5. 비용측면의 평가기준

평가항목	평가요소	평가내용
구조적 안정성	하자보수비	철근이음의 불량 등으로 발생하는 각종 하자를 보수하기 위해 투입되는 비용
	품질관리비	품질검사 등의 이음품질 확보를 위해 투입되는 비용
시공성	철근가공 및 조립비	철근가공 및 조립작업에 대한 작업의 난이도, 작업량의 다소에 따라 발생하는 비용
	철근손실비	철근의 공장 및 현장가공으로 인해 발생하는 철근의 손실에 따른 비용
공사비	재료비	철근공사에 관련된 자재를 구입하는데 투입되는 비용
	노무비	철근공사에 관련된 인력에 투입되는 비용

3.2 AHP를 이용한 편익/비용분석

3.2.1 평가기준의 계층화

AHP를 이용한 편익/비용분석을 실시하는 과정으로 평가기준의 가중치를 산정하기 위해서 편익적 측면과 비용적 측면을 구분하여 평가기준의 요인들을 그림 4, 5과 같이 각각 계층화하였다.

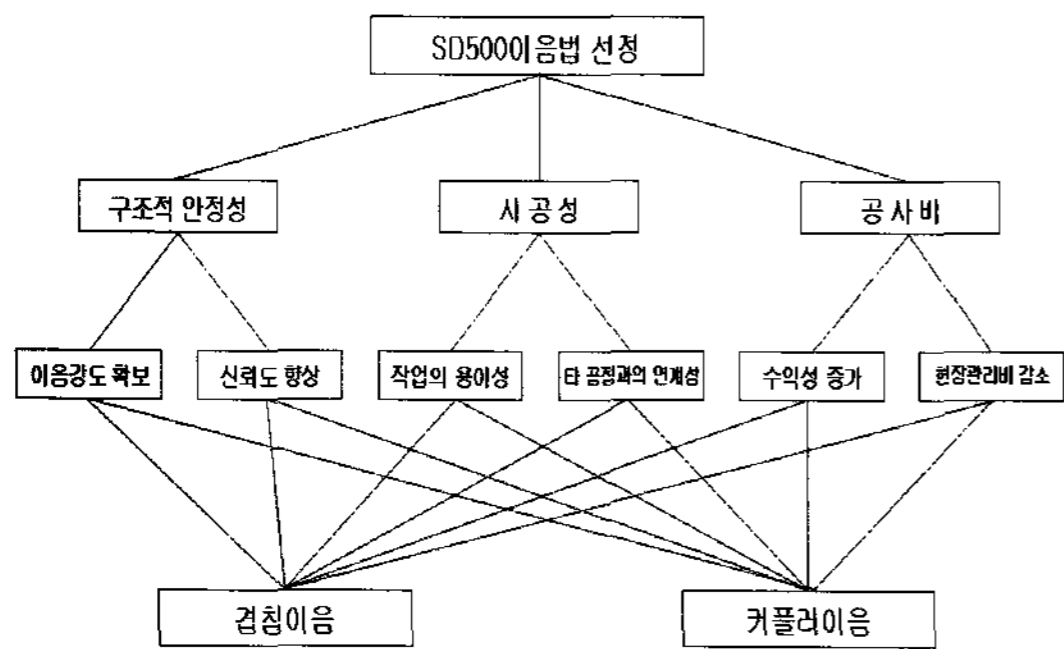


그림 4. 편익측면의 계층평가 구성도

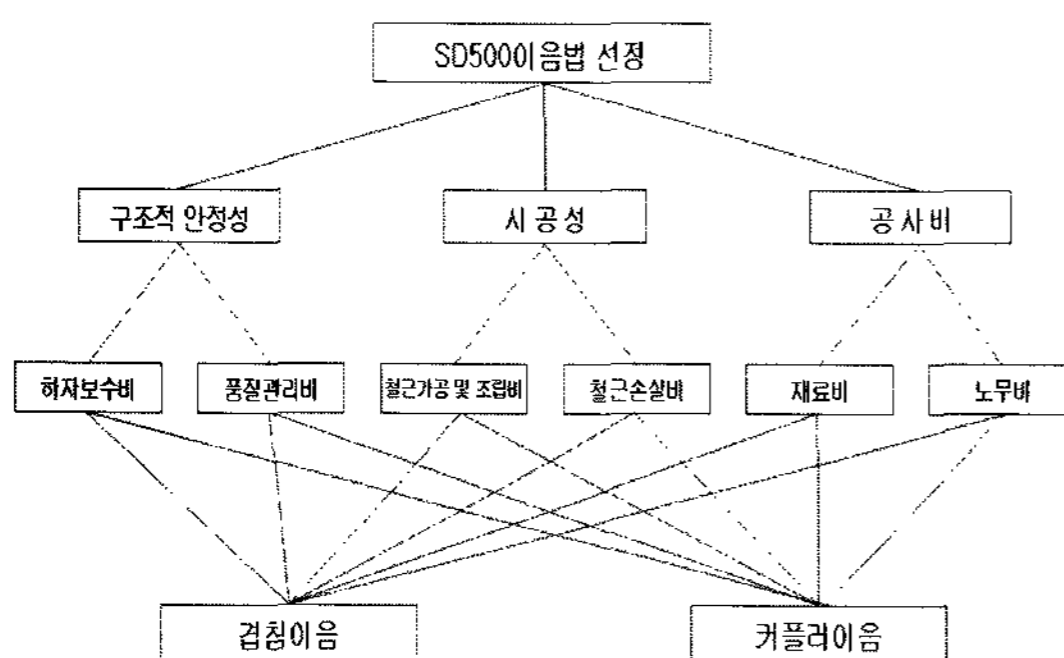


그림 5. 비용측면의 계층평가 구성도

3.2.2 쌍대비교 평가

평가항목과 평가요소의 계층화를 통해 구성된 각 속성들을 쌍대비교하기 위해서 표 6과 같이 설문을 실시하였다. 설문

은 총 5곳의 건설회사에서 근무하는 16명의 실무전문가들을 대상으로 하였다. 수집된 16부의 설문 중 일관성 비율(CR)이 0.1을 초과하여 논리적인 일관성이 결여되었다고 판단되는 4부의 설문을 제외, 유용한 12부의 설문을 가지고 EC2000프로그램을 사용하여 SD500이음법 선정 평가기준의 가중치를 산출하였다. 쌍대비교는 편익과 비용적 측면 모두에서 수행하였으며 각각의 최종가중치로 편익/비용분석을 실시하여 최적대안을 도출하였다.

표 6. 설문 조사 내역

분류	설문조사자(명)	유효설문지(부)	평균 실무경력
시공분야(현장)	9	7	14년
시공분야(본사)	3	2	15년
구조업무	3	2	11년
기타(건축연구)	1	1	6년
계	16	12	-

3.3 분석 결과

AHP를 이용한 편익/비용분석 결과, 표 7, 8과 같은 각 계층의 중요도 가중치를 얻을 수 있었다. 두 계층 모두 평가항목의 구조적 안정성에 대한 중요도 가중치가 현저히 높은 것으로 분석되었다. 이와 같은 결과는 초고층 건축공사에 주로 사용되는 SD500의 특성상 철근이음 부위의 소요강도를 확보함은 물론 이음부위의 구조적인 신뢰도를 중요시함으로써 시공 오류를 감소시키는 문제가 철근 공사의 평가에 있어 매우 중요한 요인으로 작용하기 때문이라 생각된다. 이는 공사 전체의 품질과 더불어 안전에 대한 요구와 중요성이 보다 크게 작용하는 동시에 비용적 측면의 하자보수 비와 품질관리비로 이어져 두 계층 모두 같은 결과를 나타낸 것으로 판단된다.

표 7. 편익계층의 중요도 가중치

목적	상위평가항목		하위평가항목		대안	
	평가항목	가중치	평가요소	가중치	견침이음	커플러이음
고강도 철근 (SD500) 이음법 선정	구조적 안정성	0.600	이음강도 확보	0.714	0.145	0.304
			신뢰도 향상	0.286	0.121	0.045
	시공성	0.284	작업의 용이성	0.697	0.140	0.054
			타 공정과의 연계성	0.303	0.021	0.061
	공사비	0.116	수익성 증가	0.744	0.019	0.061
			현장관리비 감소	0.256	0.008	0.021
평가대안의 종합 가중치					0.454	0.546

표 8. 비용계층의 중요도 가중치

목적	상위평가항목		하위평가항목		대안	
	평가항목	가중치	평가요소	가중치	겹침이음	커플러이음
고강도 철근 (SD500) 이음법 선정	구조적 안정성	0.588	하자 보수비	0.303	0.051	0.127
			품질 관리비	0.697	0.292	0.139
	시공성	0.295	철근가공 및 조립비	0.889	0.067	0.187
			철근 손실비	0.111	0.023	0.004
	공사비	0.117	재료비	0.286	0.024	0.006
			노무비	0.714	0.060	0.022
평가대안의 종합 가중치					0.516	0.484

전체적인 두 계층의 종합 가중치는 커플러이음이 겹침이음보다 편익과 비용의 모든 측면에서 더 유리한 것으로 표 9와 같이 나타났다.

1) 편익적 측면에서는 신뢰도 향상, 작업의 용이성을 제외한 나머지 평가요소의 가중치가 겹침이음보다 커플러이음이 더 높은 편익을 갖는 것으로 나타났다.

(1) 구조적 안정성의 이음강도 확보에서는 커플러이음이 겹침이음보다 유리하나 시공과정이 단순한 겹침이음에 비해 다소 복잡한 시공과정을 거치면서 발생할 수 있는 시공오류에 대한 문제로 인해 커플러이음이 신뢰도 향상에서는 불리하다는 결과가 나왔다.

(2) 시공성의 타 공정과의 연계성에서는 커플러이음이 겹침이음보다 유리하나 철근성형에서부터 커플러이음이 신뢰도 향상에서는 불리하다는 결과가 나왔다.

(3) 공사비의 수익성 증가와 현장관리비 감소에서는 두 평가요소 모두 겹침이음보다 커플러이음이 더 유리하다는 결과가 나왔다.

2) 비용적 측면에서는 하자보수비, 철근가공 및 조립비를 제외한 나머지 평가요소의 가중치가 겹침이음보다 커플러이음이 더 낮은 결과치를 갖는 것으로 나타났다⁷⁾.

(1) 구조적 안정성의 품질관리비에서는 커플러이음이 겹침이음보다 유리하나 철근이음의 불량 등으로 발생하는 각종 하자보수 시 철근의 매듭만으로 이음을 하는 겹침이음에 비해 철근을 깎고 커플러라는 이음체를 따로 사용하는 결과가 나왔다.

7) 편익계층에서의 높은 가중치는 높은 선호를 나타내는 것이지만, 비용계층에서의 높은 가중치는 낮은 선호를 나타내는 것이기 때문에 높은 가중치는 불리함을, 낮은 가중치는 유리함을 의미한다.

(2) 시공성의 철근 손실비에서는 커플러이음이 철근의 직경이 증가함에 따라 철근이 겹쳐지는 길이도 같이 증가해야 하는 겹침이음보다 유리하나 기타 부수적인 준비과정을 거치지 않고 철근 끝단에 일부 길이만을 맞대어 철근을 결속하는 겹침이음에 비해 이형철근의 마디와 리브부위를 절삭하고 누름 방식으로 나사를 가공하여 커플러를 체결해야 하는 커플러이음이 철근가공 및 조립비에서는 불리하다는 결과가 나왔다.

(3) 공사비의 재료비와 노무비에서는 두 평가요소 모두 겹침이음보다 커플러이음이 더 유리하다는 결과가 나왔다.

표 9. 편익/비용분석 결과

대안	편익 (Benefit)	비용 (Cost)	편익/비용 (B/C)	순위
겹침이음	0.454	0.516	0.880	2
커플러이음	0.546	0.484	1.128	1

최종적으로 편익/비용분석을 통해 단위비용 당 편익을 비교한 결과, 커플러이음이 겹침이음보다 좋은 대안으로 나타났다. 물론 커플러이음이 철근의 가공과 커플러라는 부속품을 사용하여 철근을 결속한다는 점 때문에 이것으로부터 발생하는 비용과 더불어 신뢰도, 작업의 용이, 하자보수 면에서 겹침이음에 비해 불리하다는 결과가 부분적으로 지적되었지만 철근공사에서 가장 중요시 여겨지는 이음강도의 확보에서 겹침이음의 2배에 상하는 가중치를 차지하는 등 그밖에 다른 면에서도 적게는 2배에서 많게는 4배에 가까운 가중치를 확보하여 편익/비용분석결과를 적용하였을 때 가장 유망한 대안으로 판명되었다.

4. 결 론

본 연구에서는 철근 직경 D25, 29, 32를 기준으로 SD500이음법의 편익/비용분석을 진행하여 최적 대안을 선정하였다. 이를 통해서 커플러이음을 SD500이음에 적용하는 것이 겹침이음을 적용하는 경우보다 편익과 비용측면에서 더 유리하다는 결과를 얻을 수 있었다.

본 연구는 좀더 실질적인 국내 건축공사의 상황 및 여건을 고려하고자 모든 설문과정에 일정 기준을 두어 대상을 선택함은 물론 '비교를 통한 우선순위' 즉 '대안의 상대적 가중치를 평가하는 방법'을 수단으로 AHP를 이용한 편익/비용분석을 통해 자료에 대한 일관성과 신뢰성을 높일 수 있도록 하였다. 따라서 본 연구의 결과가 향후 철근 공사를 계획하는 실무자들에게 SD500이음법을 선택하는데 있어, 유용한 자료로 활용

될 수 있을 것이라 기대해 본다.

하지만 이번 연구의 최적 대안으로 선정된 커플러이음이 아무리 객관성이 확보된 연구방법을 거쳐 도출된 결과라고 할지라도 효과적인 철근공사를 위해 최상의 대안이라고는 할 수 없다. 결과분석에서도 설명했다시피 커플러이음이 모든 면을 완벽하게 만족시킬 수는 없기 때문에 커플러이음법 안에서도 다양한 활용이 이루어져 새로운 이음법이 추가적으로 개발되고 있으며 커플러이음이 가지고 있는 철근결속 부위의 약점도 보완된 이음법이 고안될 수도 있을 것이다. 그렇기 때문에 부분적인 이음법의 종류를 두고 최상의 대안이라고 확정짓기에는 무리가 있는 것이다.

연구의 범위 또한 광범위해지는 추세에 적합하게 적용하여 인장강도 500MPa에 국한되지 않고 그 이상의 강도를 가진 재료에 적용해도 별 다른 문제점이 발생하지 않는 초고강도 철근을 대상으로 하는 이음법의 폭넓은 연구가 진행되어야 할 것이다. 연구과정에 있어서도 국내 건축공사실정에 알맞은 세부적이고 구체적인 정확한 평가항목과 평가요소의 계층이 구성될 필요가 있다. 물론 한 연구에서 다방면에 요인들을 모두 고려하는 데에는 한계가 있다. 그렇지만 보다 나은 결과를 얻기 위해서는 이러한 과정이 반드시 동반 되어야 할 것이다.

편익/비용분석의 적용에 있어서도 본 연구에서는 편익과 비용의 가중치산정과 그 비교의 과정에서 동일한 산정법을 적용하여 결과를 도출하였으나 더욱 정확한 자료를 얻기 위해서는 각 측면에서 고려해야 할 각각의 부분적 상황에 알맞은 분석방법에 대한 연구가 선행되어야 할 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

- 권철신 외, AHP를 이용한 비메모리 반도체칩 제품군성정에 관한 연구, 한국경영과학회 경영과학. 2001.
- 김광희 외, 국내 건축물 철근공사 품질원가개선을 위한 시스템 개발에 관한 연구, 대한건축학회논문집 구조계. 2005.
- 김동진, 비용-편익분석, 박영사. 2004.
- 김선국 외, 철근 손실을 줄이기 위한 최적화 알고리즘개발에 관한연구, 대한건축학회논문집. 1991.
- 김재엽 외, 건축물의 합성 지하옹벽 거푸집에 대한 편익·비용 분석 연구, 한국생태환경건축학회논문집. 2008.
- 김재엽 외, SD500고강도 철근용 커플러이음의 경제성 평가에 관한 연구, 한국건설관리학회논문집, 제 8권 제2호 pp. 136~145. 2007.
- 김지현 외, 환경을 고려한 하천정비사업의 비용편익분석, 대한국토·도시계획학회지. 2002.
- 대한건축학회, 건축구조설계기준, 기문당, pp. 263. 2005.
- 박우열 외, 유전자알고리즘을 이용한 철근공사 배근 상에 최적화에 관한 연구, 대한건축학회논문집 구조계. 2003.
- 신윤석 외, 초고층 건축공사의 바닥판 거푸집시스템 선정에 관한 연구, 대한건축학회논문집 구조계. 2006.
- 아이 앤 아이 스틸(주), SUPER-BAR, 강도특수철근(SD500), www.inisteel.com. 2003.
- 오광남 외, SD500고강도 철근용 강관 스플라이스 슬리브 철근이음의 구조성능에 관한 실험적 연구, 대한건축학회 창립60주년기념, 학술발표대회논문집. 2005.
- 이용재 외, 강관슬리브를 이용한 철근이음에 관한 실험적 연구, 대한건축학회논문집 구조계. 2004.
- 이우연 외, 비용-편익분석을 이용한 노후 군인 아파트의 재건축과 리모델링 결정에 관한 연구, 대한건축학회, 학술발표논문집. 2002.
- 정일훈 외, 토지이용계획대안 개발 편익 측정방법에 관한 연구, 대한국토·도시계획학회지. 2004.
- 조근태 외, 앞서가는 리더들의 계층 분석적 의사결정, 동현출판사, 서울, pp. 3~131. 2003.
- 조근태 외, AHP를 이용한 CT 및 MRI의 비용편익분석, 한국경영과학회. 2004.
- 주진규 외, 철근공사 생산성 향상을 위한 작업 모델 연구, 대한건축학회논문집 구조계. 2003.
- 최희복 외, TEMPCORE철근의 마다-리브나사식 기계적 이음법 개발에 관한 연구, 대한건축학회논문집 구조계. 2003.