

철근공사의 공장가공 현황분석과 활성화 방안

Analysis of re-bar manufacturing system in plant and its facilitate method

조 훈 회* 박 우 열** 강 태 경*** 박 현 용**** 윤 석 현***** 허 영 기*****

Cho, Hun-Hee Park U-Yeol Kang, Tai-Kyung Park, Hyun-Yong Yun, Seok-Heon Hur, Young-Ki

요 약

철근 공장가공은 현장가공에 비하여 가공의 정밀도를 향상시킬 수 있을 뿐 아니라 철근의 절단 손실을 줄일 수 있는 장점이 있다. 최근 도심지 공사의 증가로 야적장이 부족하고 숙련된 현장 노동인력의 확보가 어려워짐에 따라 향후 철근의 공장가공 방식은 점차 확대될 것으로 예상된다. 본 연구에서는 철근가공 공장방식의 중요성을 인지하고 그간의 연구들이 배근작업과 전문건설업체를 중심으로 이루어졌다는 점에 착안하여 18개 철근가공 공장을 대상으로 실태조사를 실시하였다. 실태조사 결과를 토대로 철근공장가공 활성화를 위한 방안으로 철근가공 형상 표준화, 시공성이 반영된 배근상세도 작성 및 철근가공형상표 산출 업무 전산화, 배근작업의 표준화와 ADC기반의 철근자재 추적시스템을 개발을 제안하였다.

키워드 : 철근공사, 공장가공, 배근상세도, 철근가공 형상

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

철근공사는 콘크리트공사와 더불어 건축물의 내구성과 안전에 큰 영향을 주는 주요공사로, 철근공사의 양부에 따라 시설물의 품질성과 구조적 안정성이 좌우된다. 또한 철근공사는 직접공사비의 약 9.8%를 차지하며(한국건설기술연구원, 1999), 현장에서의 작업시간이 많기 때문에 시설물의 사업비관리 및 공정관리 관점에서도 매우 중요한 공사이다.

이와 같은 철근공사의 중요성을 인지하여 철근 공장가공, 선조립 철근 및 조달시스템 개선과 같이 철근공사의 생산성과 품질을 향상시키기 위한 많은 노력들이 시도된 바 있다. 그러나 이러한 노력들에도 불구하고 철근공사는 여전히 대표적인 노무 의존 공종으로 현장작업에 의한 불확실성과 숙련인부 확보의 어려움 등과 같은 고질적인 문제점이 여전히 개선되지 못하고 있는 실정이다.

철근 공장가공은 철근의 절단 및 절곡작업을 자동화 시설을 갖춘 공장에서 실시하여 현장에 반입하는 것으로 가공된 철근의 품질이 우수하고, 도심지와 같이 야적장이 부족한 환경에 유리할 뿐 아니라, 현장작업을 줄여줌으로써 공기단축과 현장노동인력의 감소를 가져다 줄 수 있는 장점이 있다. 또한 향후 숙련노동인력의 부족과 도심지 공사 증가가 예상된다는 점을 고려한다면 철근 공장가공은 향후에 그 수요가 더욱 증대될 것으로 예상되며, 선조립 철근 및 배근자동화 등과 같은 혁신적인 철근공사 합리화를 위한 사전과정으로서도 큰 의미를 갖는다.

그러나 이와 같은 기대효과에도 불구하고 철근 공장가공 방식은 1990년대 중반에 국내에 도입된 이후 현재까지 활성화되지 못한 실정이다. 김광호(2005)에 의하면 2000년 현재 철근공장가공 물량은 약 47.2천 톤(ton)으로 전체 가공물량의 5.2%를 차지하는 것으로 추정되고 있어, 이의 활성화 대책이 요구되는 실정이다.

* 종신회원, 한국해양대학교 해양공간건축학부 조교수, 공학박사, hhcho@hhu.ac.kr

** 일반회원, 안동대학교 건축공학과 조교수, 공학박사(교신저자), wypark@andong.ac.kr

*** 종신회원, 한국건설기술연구원 건설코스트연구센터 센터장, 공학박사, tkkang@kict.re.kr

**** 일반회원, 한국건설기술연구원 건설코스트연구센터 연구원, hypark@kict.re.kr

***** 일반회원, 경상대학교 건축학부 조교수, 공학박사, gfyun@gsnu.ac.kr

***** 종신회원, 부산대학교 건축학부 조교수, 공학박사, ykhu@pusan.ac.kr

본 논문은 건설교통부가 출연하고 한국건설교통기술평가원에서 위탁시행한 2005년도 건설기술기반구축사업(과제번호 : 05 기반구축 D05-01)의 지원으로 이루어졌습니다.

이에 본 연구에서는 국내 철근 공장가공 현황 및 실태를 분석하고 이를 활성화하기 위한 방안을 제시해 보고자 한다. 이를 통하여 국내 철근공사의 생산성 향상에 기여하고자 한다.

1.2 연구의 범위 및 수행방법

철근공사는 철근가공 작업과 배근작업으로 구성되는데 본 연구는 철근의 가공작업 중 공장가공작업으로 연구의 범위로 한정하였으며, 다음과 같은 절차로 연구를 수행하였다.

우선 국내 철근공사의 기술개발 및 연구동향을 문헌분석을 통해 살펴보았으며, 철근가공 공장의 현황과 작업실태 등을 전문가 면담을 통해 살펴보았다.

문헌분석과 전문가면담결과를 토대로 철근가공공장을 대상으로 한 설문지를 준비하여 설문조사를 실시하였는데, 설문조사의 주요내용은 철근의 발주에서부터 가공 및 배송, 배근작업에 이르는 전체과정의 현황과 문제점으로 구성하였다. 설문조사 결과의 분석내용과 전문가면담 등을 통하여 철근가공공장 활성화 및 철근공사 생산성 향상을 위한 개선방안을 제시하였다(그림 1 참조).

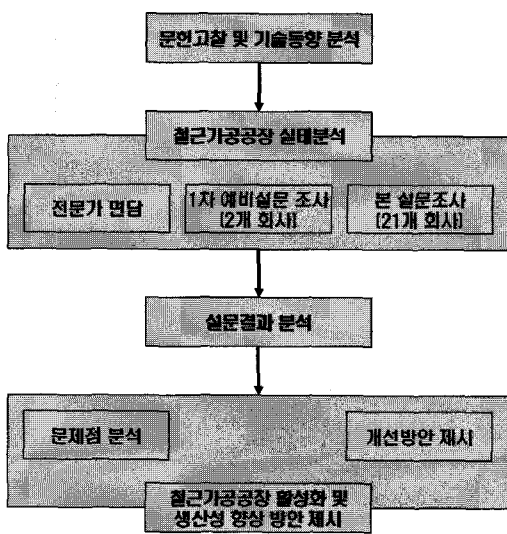


그림 1. 연구의 내용 및 절차

2. 선행 연구동향 분석

철근 공장가공과 관련된 연구들은 양지수 외(1993)의 철근기계화 가공 시범사업 성과분석 이후 철근의 손실 최소화관점과 철근공사의 정보화 관점, 그리고 생산시스템의 개선관점에서 다양한 연구들이 진행되어 왔다.

철근 손실실태 분석 및 철근 손실 최소화를 개선하기 위한 연

구들로는 김선국 외(1991), 조훈희 외(1996), 김광희 외(2002)의 연구가 있는데, 이들 연구에서는 견적단계의 할증률 기준인 3~5%인 철근의 손실률이 이를 훨씬 초과하고 있다는 점을 규명하고 이를 개선하기 위한 방안을 제시하고 있다. Dunston et al.(2000)는 CIC 기반의 자동화된 철근절곡작업을 위한 관리방안과 springback값의 예측을 위한 신경망 등 최적화 알고리즘의 비교하기도 하였다.

다음으로 유전자 알고리즘을 이용한 철근 배근상세 최적화연구(박우열 외, 2004)와 철근가공공장, 건설현장, 일반건설업체 및 전문건설업체간의 정보교환을 위한 통합시스템 구축(박우열, 2005), 자동화된 철근 CAD/ CAM시스템의 경제성 및 현장적용성 평가 연구(Navon et al., 1996) 등과 같은 철근 가공작업의 정보화연구도 진행되어 왔다.

또한 이들 연구와 함께 생산시스템의 개선을 위한 연구들도 다수 진행되었다. 김동진 외(2004)는 철근 공장 가공을 중심으로 철근 시공상세도 작성, 공장가공, 조립단계의 현황과 문제점 분석하였으며, 문정문(2001)은 철근조립공정의 현장가공조립에 대해 린 원리를 적용하여 가치 분석하였고, 주진규 외(2003)는 워크 샘플링과 시뮬레이션 기법을 통한 철근생산성 개선 모델을 구축하였다. 이들 선행연구의 분석결과는 다음의 표 1과 같다.

표 1. 선행 연구분석

구 분	주요 연구내용 및 방법
양지수 외 (1993)	• 철근 기계 가공법을 시범 적용하여 향후의 시행착오 시 문제점 최소화
김선국, 김문현(1991)	• 정적 최적화 방법론에 의한 철근 손실 최소화 알고리즘 구현 • Turbo-C를 이용한 프로그래밍
조훈희, 강경인(1996)	• 국내 아파트 현장 철근가공 공사 대상으로 철근가공작업의 실태 분석 및 철근가공과 현장가공 철근의 손실율을 분석
김광희 외 (2002)	• 수량산출단계에서 가공조립에 이르는 전과정의 문제점 도출 및 전산시스템을 이용한 개선방안 제시
Dunston et al. (2000)	• CIC 기반의 자동화된 철근절곡작업을 위한 관리방안 제시 • springback 예측을 위한 신경망 등 최적화 알고리즘의 비교
박우열 외(2003)	• 유전자알고리즘을 사용한 철근의 가공현황, 수량, 크기, 위치 등 배근상세 최적화 연구
박우열(2005)	• 철근가공공장에서 철근정보를 통합관리 할 수 있는 철근정보 통합관리 시스템 개발
박우열 외 (2004)	• 견적부서와 건설현장을 대상으로 철근공사의 현황 및 문제점을 분석하고 개선 방안 제시 • 철근 물량 산출, 철근 자재의 발주와 구매, 철근의 가공, 배근단계로 나누어 설문조사 실시
Navon et al. (1996)	• 자동화된 철근 CAD/CAM시스템의 경제성 및 현장적용성을 평가
김동진, 김옥중(2004)	• 철근 공장 가공을 중심으로 철근 시공상세도 작성, 공장가공, 조립단계의 현황과 문제점 분석 • 철근공사 프로세스, 시공 상세도, 가공현황, 발주방식등을 두 오피스텔 현장을 통해 비교
문정문(2001)	• 비 가치 창출 작업 최소화 및 작업간에 재고를 최적화하여 건설생산시스템의 효율성 증대에 목적 • 골조공정 중에서 철근조립공정의 현장가공조립에 대해 린 원리를 적용하여 가치 분석
주진규 외 (2003)	• 철근 공사의 효율적인 공사관리를 위한 작업 모델 구축 • 워크 샘플링과 시뮬레이션 기법을 통한 철근생산성 개선 모델 구축

3. 철근공사의 수행형태 및 절차

3.1 국내 철근공사 수행실태 및 유형

철근공사는 철근의 가공과 배근작업으로 구성된다. 1980년대 이전까지는 철근가공방식은 현장에서 인력가공 후 조립하는 방식으로 진행되어 왔다. 1995년 건설기술법 개정을 통하여 배근 시공도 작성이 의무화되고, 1999년 건축공사표준시방서에 기계적 방법에 의하여 가공하여야 한다고 규정되면서 철근 가공의 정밀도와 품질향상이 요구됨에 따라 점차 절곡기와 절단기 등의 현장 기계화 가공방식으로 전환되었다.

이후 기계화장비가 자동화·대형화되어 대규모 공사현장에서 전문건설업체(철근공사업체)가 직접 현장에 철근가공시스템을 도입하는 사례도 있으나, 최근 도심지공사의 증가와 숙련 노무인력 확보의 어려움으로 대형 철근가공시스템을 갖춘 전문 철근가공공장에서 가공된 철근을 현장에 반입하여 배근하는 사례가 증가하고 있는 추세이다.

철근가공공장 공장의 운영주체는 표 2와 같이 크게 ①철근콘크리트공사 면허를 소지한 전문건설업체(유형 A), ②철근콘크리트공사 면허를 소지하고 있으나 배근작업 보다는 가공작업이 주 수익모델인 전문 철근가공공장 운영업체(유형 B), ③제강사(유형 C), ④일반건설업체가 지분을 갖는 전문회사(유형 D)로 구분할 수 있다.

표 2. 철근가공 공장의 운영 유형

구분	공장운영주체				주력사업부문			
	일반 건설업체	전문 건설업체	철근 가공업체	제강사	철근 가공	철근 배근	철근 용역	제강 유통
유형 A		◎			△	◎	△	
유형 B			◎		◎	△	△	
유형 C				◎	△			◎
유형 D	◎				△		△	

주) ◎주업무, △부업무

유형 A는 철근콘크리트공사 면허를 소지한 전문건설업체가 철근가공공장을 소유하고 있는 형태로 이 유형의 주력사업 부문은 철근배근이며, 공장생산 한도 내에서 타 회사의 철근을 가공하여 판매하기도 한다. 유형 A에서 철근가공의 기본이 되는 철근배근 상세도(shop drawing), 철근일람표(bar-list), 철근가공형상표(bar-schedule)도의 작성(이하 철근용역)은 전문건설업체에서 수행하는 것이 일반적이다. 따라서 철근의 가공 시 가공손실의 최소화보다는 배근작업의 용이성에 우선순위를 두게 되며, 현장과의 의사소통체계가 비교적 원활한 특징이 있다.

유형 B는 대형화된 전문 철근가공업체가 여러 전문건설업체(또는 일반건설업체)로부터 철근가공물량을 주문 받아 철근가공 후 현장에 반입시켜주는 형태이다. 유형 B의 경우 가공을 의뢰한 업체에서 철근용역을 수행하기도 하지만, 가공업체 자체적으로 수행하고 있으나, 별도의 전문회사를 이용하는 것이 일반적이다. 따라서 자재의 손실은 줄일 수 있으나 작업성에 대한 검토가 부족하여 현장작업에 어려움이 자주 발생한다.

유형 C는 최근 일부 제강사를 중심으로 제강공장 인근에 가공공장을 설치하여 철근가공업을 겸업하는 형태로 아직 일반화된 형태는 아니지만, 운송비를 절감할 수 있다는 점과 우월한 자본력 및 안정적 공급능력을 토대로 점차 사업영역을 확대할 수 있을 것으로 예상된다.

마지막으로 유형 D는 일반건설업체가 지분을 갖는 전문회사로 하여금 철근가공과 배근작업을 수행하게 하는 구조이다. 이는 철근공사의 중요성을 인지하고 일반건설업체가 해당 작업에 직접 관여함으로써 철근공사의 품질을 향상시킨다는 장점이 있지만, 대기업의 중소기업 업역 침해라는 주장이 제기되고 있다.

3.2 철근공사 수행절차

국내 철근공사의 일반적인 진행과정을 살펴보면 그림 2와 같다. 일반건설회사는 공사를 수주한 후에 실행예산을 편성하기 위해 철근의 물량을 산출한다. 여기서 산출된 물량은 철근규격과 총별로 나누어 중량으로 집계하며, 실제 시공될 철근형상과 길이를 고려하지 않는 것이 일반적이다(박우열 2004). 따라서 철근자재와 관련된 정보를 생성하는 초기단계에서 확실한 정보가 만들어지고 이를 바탕으로 조달관리가 이루어진다.

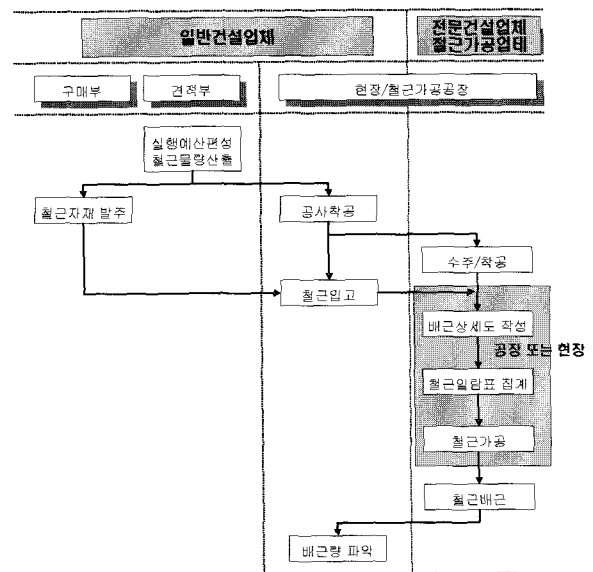


그림 2. 철근공사 수행 프로세스

철근 전문 건설업체는 철근공사 수주 후 철근배근 상세도 (shop drawing)를 작성하고 작성된 상세도를 바탕으로 철근의 형상별, 규격별 소요물량을 집계하여 철근일람표(bar-list)와 철근가공형상표(bar-schedule)를 작성한다. 이들 자료를 이용하여 철근을 가공하게 되는데, 철근 가공방식은 현장가공방식과 공장가공방식이 있다. 현재는 현장가공방식이 대부분을 차지하고 있으나 도심지공사의 경우 야적장이 부족하거나 시공품질을 개선하기 위해 공장에서 가공하는 경우도 늘고 있는 추세이다.

철근가공이 완료되면 가공된 철근은 각 설치장소로 운반되어 현장 철근 배근공들에 의해 정해진 위치에 조립된다. 배근이 완료되면 현장관리자는 일정기간(통상적으로 한 달)마다 시공된 철근물량(조립량)을 파악하고 실행예산 편성 시 작성된 물량과 현장에 반입된 철근물량을 비교하여 전문건설업체에게 기성금을 지불하게 된다.

4. 철근공장 가공의 실태 분석

4.1 조사 및 분석방법

본 연구에서는 국내 철근가공 공장의 실태를 조사하기 위해 기존 문헌분석 결과와 전문가면담을 통하여 예비 설문문항을 결정하였다. 이를 토대로 2곳의 철근가공공장을 방문하여 1차 설문을 실시한 후 연구진의 토의를 거쳐 이를 보완하여 최종 설문문항을 구성하였다.

본 설문조사는 철근가공업협동조합의 협조를 통한 설문조사와 공장직접방문 방식으로 2006. 5월 29일부터 7월 19일 까지 45개 회원을 대상으로 진행되었다. 이중 총 21개의 설문지가 회수되었으나 중복되거나 부적절하게 작성된 설문지 3부를 제외한 18부를 분석대상으로 설정하여 유효 회수율은 40%이다. 설문지의 주요 설문내용은 표 3과 같다.

표 3. 설문조사 내용

항 목	주요 설문조사 내용
일반사항	<ul style="list-style-type: none"> • 공장 일반 현황 • 전산화 S/W • 배근작업 수행 및 고용현황
공장가공현황	<ul style="list-style-type: none"> • 자재의 손실률 • 가공철근의 단순화 정도 • 철근의 계약 및 구매방식 • 구매철근의 규격 및 조달 소요일자 • 현장과의 Communication 수단 • Tag 제공정보
개선방안	<ul style="list-style-type: none"> • 공장가공 활성화의 저해요인 • 공장가공 활성화를 위해 필요한 사항

본 장에서는 위의 설문조사 결과를 토대로 도면화 작업, 가공 작업 및 업무처리시스템과 같이 3가지 영역에서 현행 철근 가공공장의 실태를 분석해 보고자한다.

4.2 철근가공공장의 도면화 작업

도면화 작업이란 설계도면과 시방서 및 구조도면을 바탕으로 배근상세도를 준비하는 과정으로 이 작업의 결과 철근일람표와 철근가공형상표가 산출되게 된다. 철근일람표와 철근가공형상표는 철근가공의 주문서와 같은 것으로 철근가공작업의 기초가 된다.

설문분석 결과 이들 작업을 위해 조사대상 업체 모두 전산 프로그램을 사용하고 있는 것으로 나타났다. 그러나 이중 4개 업체는 MS사의 MS-Excel을 사용한다고 응답하여 실질적인 도면화 작업 보다는 단순집계작업만 전산화되어 있는 것으로 나타났다. 이들 회사를 제외한 나머지 업체는 자체 개발 프로그램을 사용하거나(6개 업체, 33%), 상용 프로그램을 사용(9개 업체 67%) 하는 것으로 나타났다.¹⁾

이들 회사에서 사용하고 있는 프로그램들은 다음의 그림 4에서 보는 바와 같이 주로 배근상세도 및 철근가공형상표를 작성하는 기본기능 이외에 주문 및 재고관리를 위한 생산관리 기능과 손실 최소화를 위한 시뮬레이션 기능 및 출하 시 바코드(bar-code) 등을 이용한 태그(tag)를 출력하는 출하관리 기능을 제공하고 있다.

표 4. 주요 프로그램의 기능분석

구분	사용환경		기본기능		가공 및 자재관리		
	GUI	CAD	Bar Sch.	Shop Dwg.	생산 관리	시뮬레이션	출하 관리
L 시스템	Windows	2D	◎	◎	◎	×	◎
B 시스템	//	간이 3D	◎	◎	◎	손 울 배근방법	◎
E 시스템	//	2D	◎	◎	◎	정척길이	◎
J 시스템	Dos	2D	◎	◎	◎	×	×

주) ◎ 기능지원, × 기능 미지원

그러나 사용자들의 면담결과 타 기능은 비교적 만족스러우나 배근상세도 작성 시 복잡한 슬래브 등의 작성과 수정이 어려워 배근상세도 작성 기능에 대한 만족도가 낮은 것으로 분석되었다. 배근시공도는 각종 시방서에 정의된 바와 같이 철근가공 및 배근작업을 위해 작성하는 상세도(detail drawings)로서, 구조

1) 자체개발 프로그램과 상용 프로그램을 동시에 사용하는 경우가 있어 응답수가 조사표본인 18개사를 초과할 수 있음

도면·시방서 등의 각종 설계도서와 공사계획 등을 바탕으로 작성되며, 철근가공형상표와 철근일람표는 물론 철근의 이음위치, 조립순서 및 부재접합부의 배근상세 등을 포함하도록 규정하고 있다. 그러나 기존의 연구(박우열 2004)를 살펴보면 배근시공도의 활용정도는 7점 척도를 기준으로 4.2정도의 값을 나타내고 있어 그다지 활용도가 높지 못한 것으로 보고되고 있다. 그 이유로서는 현재의 배근시공도가 현장의 시공성을 반영하지 못하다는 것과 배근시공도를 작성할 수 있는 전문인력이 부족하다는 것이 가장 큰 요인으로 나타나고 있다. 특히 철근의 가공 배근을 위한 가공형상이 표준화되어 있지 않아 주문 및 가공작업의 효율을 저하시킬 뿐 아니라, 배근작업의 생산성도 저하시키는 것으로 분석되었다.

물론 철근 도면화 작업은 이근형(1996) 등의 연구에서와 같이 CAD 도면을 직접 읽어 들여 자동으로 후속작업이 진행되도록 하는 연구가 진행된 적은 있으나, 이는 이론적인 대안일 뿐 현업에서는 CAD 도면의 부정확성으로 실용화되지 못한 실정이다. 따라서 완성도 높은 철근 도면작성 지원 프로그램의 개발이 요구된다.

4.3 철근가공공장의 생산현황

철근 공장가공 방식의 가장 큰 장점은 자재의 손실이 작다는 점이다. 표준품셈에서 규정하고 있는 철근의 손실률은 원형철근은 5%, 이형철근은 3%로 규정하고 있다. 그러나 실제 현장가공의 경우 이 손실률을 크게 상회하는 것으로 알려져 있다. 철근가공공장을 대상으로 한 설문조사 결과 1개사를 제외한 17개사 모두 손실률이 3% 이하로 나타나 자재 손실률 저감측면에서 공장가공이 장점이 있는 것으로 나타났다.

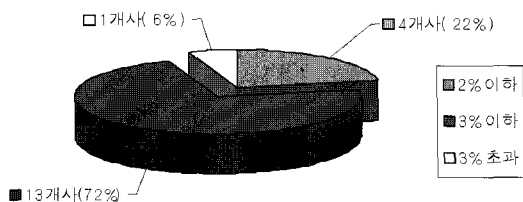


그림 3. 철근 자재 손실률

철근 가공공장에서는 자재 손실률을 줄이기 위해 규격별 사전 조합 시뮬레이션, 다양한 정착길이 철근의 주문, 잔철재의 재사용 등과 같은 방법을 사용하는 것으로 나타났다.

그런데 철근 공장가공 철근의 가장 큰 문제점은 작업성이 떨어지는 것이라 할 수 있는데 가공작업의 편의성과 시공성 향상을 위해 5개사(27.8%)에서는 가공길이를 단순화하는 것으로 조사되었다.

가공길이의 단순화는 자재의 손실측면에서는 불리하지만 작업의 혼선을 줄일 수 있을 뿐 아니라 현장 작업의 생산성 향상에는 도움을 줄 수 있기 때문에, 주로 배근작업팀의 요청에 의해 단순화하는 경우가 많은 것으로 조사되었다.

4.4 철근가공공장의 업무처리시스템

앞 절(3.1 국내 철근공사 수행실태 및 유형)에서 살펴본 철근가공 공장 운영체계의 4가지 유형 중 국내에서 일반적인 방식은 유형 A와 유형 B로, 이들의 업무연계 흐름은 다음의 그림 4와 같다.

그림 4를 보면 전문건설업체 또는 전문철근가공업체 모두 현장에서 가공공장으로 주문을 하게 되는데 설문조사 결과 평균 현장반입 7.2일전에 주문을 실시하는 것으로 나타났는데, 공장가공 측면에서는 적정 가공을 위해서는 평균 8.6일 이전에 주문을 하는 것이 바람직하다고 응답하였다.

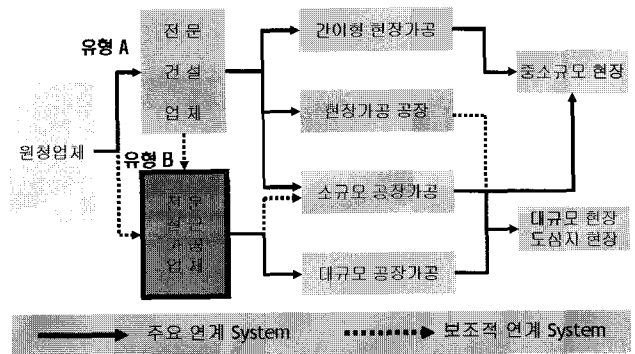


그림 4. 철근 공장가공 연계 시스템

이는 아래의 그림 5에서 보는 바와 같이 조사대상 업체의 55.6%(10개사)가 철근 주문이후 가공시간에 소요되는 여유가 부족하거나 매우 부족하다고 응답하였으며, 1개 사만이 충분한 여유가 있다고 응답한 것으로 나타나 공장가공 작업의 최적화를 위해서는 충분한 가공시간의 확보가 필요한 것으로 분석되었다.

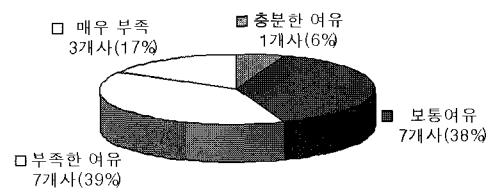


그림 5. 주문 이후 철근가공 소요시간 여유 정도

현장에서 가공 요청 시 사용되는 통신수단에 대한 설문결과는 그림 6에서 보는 바와 같이 16개사가 팩스를 사용하고 있으며 프로그램과 연계된 이메일이나 인터넷 기반의 통합시스템을 이용하는 경우는 3개사로 나타나 주문과정에서의 오류발생 및 작업과정의 모니터링이 어려운 것으로 분석되었다. 가공 완료 이후 꼬리표(tag)의 부착은 12개사가 프로그램을 이용하여 전산관리하고 있으나, 6개사는 수작업으로 기입하고 있는 실정으로 조사되었다.

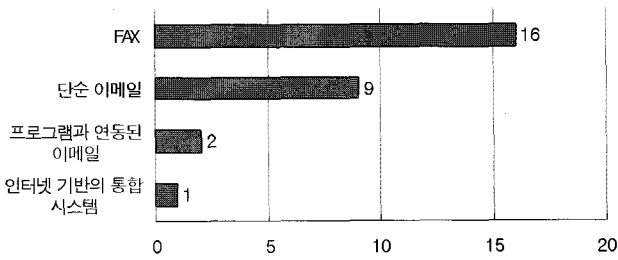


그림 6. 철근가공 주문 요청 통신수단(복수응답)

철근공장가공 활성화를 저해하는 요인에 대한 설문분석 결과는 그림 7에서 보는 바와 같이 철근배근상세도에 대한 표준의 부재와 배근인부들의 기피가 중요한 요인으로 지적되었다. 이는 배근상세도의 기준이 미비하여 각기 상이한 형태로 가공 및 배근작업을 수행함으로써 배근 작업시의 혼선과 비현실성이 문제시되고 있다. 특히 공장생산 철근의 경우 통상 현장에서의 작업성 보다는 공장에서의 생산효율이 우선 고려되는 측면이 있기 때문에, 현장 배근공들이 선호하지 않는 것으로 나타나, 배근상세도 및 철근일람표의 작성에 공장생산 효율성과 배근 작업 용이성에 대한 상호고려(최적화)가 필요한 것으로 분석되었다. 또한 현장에서의 빈번한 설계변경도 공장가공 활성화를 저해하는 요인으로 도출되었다. 현장에서는 이에 대비하여 공장가공을 하는 경우에도, 현장에 간이 가공시설을 두는 것으로 조사되었는데, 건설현장의 경우 공사수행도중 설계변경은 필수적인 것이며, 설계변경 발생시 공장가공의 경우 철근가공에 필요한 충분한

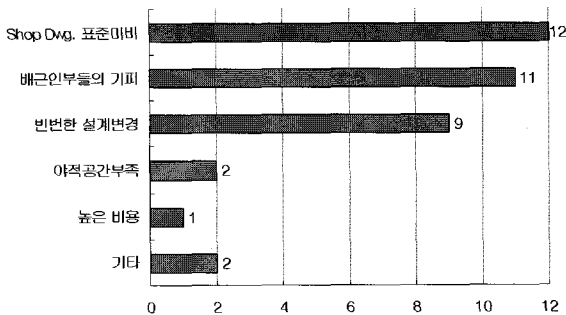


그림 7. 철근가공 공장 활성화 저해요인(복수응답)

한 시간을 확보하기 곤란하기 때문에 공장가공의 한계로 지적되고 있는 부분이다.

5. 철근 공장가공 활성화 방안

5.1 기본방향

공장 철근 가공방식은 현장 가공방식에 비하여 가공품질이 우수할 뿐 아니라, 협소한 공사현장에 쉽게 적용될 수 있기 때문에 일본 등에서는 널리 사용되고 있다. 반면 국내의 경우 이러한 장점에도 불구하고 설계변경에 따른 대응미흡과 표준적인 배근상세도 및 가공형상의 부재, 작업자들의 비선호 등으로 활성화되지 못하고 있는 실정이다. 최근 들어 건설공사들이 대형화, 복합화 되어감에 따라 도심지 공사가 많아지고, 국민의 삶의 질 향상에 따라 건설공사의 품질확보에 대한 요구가 많아질 것으로 예상되는 바, 향후 철근생산 방식은 현재의 부정적인 인식에도 불구하고 점차 공장가공 방식으로 전환될 것으로 예측된다.

이에 본 절에서는 앞서 살펴 본 기존의 철근조달 및 공사 수행상의 문제점을 개선하여 철근공장가공을 활성화할 수 있는 기본 방향을 제시해 보고자 한다. 문제점의 개선방안 도출을 위해 관련 전문가의 자문의견 등을 토대로 철근가공형상 표준화 및 사용자 중심의 전산지원 시스템의 개발 등을 착안하였으며 이에 대한 세부적인 사항은 다음과 같다.

5.2 철근가공 형상 표준화

철근 가공 기본형상은 철근의 가공 뿐 아니라 배근작업의 효율화에도 영향을 주는 중요한 사항이다. 즉 철근형상을 표준화함으로써 공장 및 현장에서의 철근가공 작업의 혼선을 제거하고 손실을 줄일 수 있을 뿐 아니라 배근 작업시에도 작업속도를 향상시킬 수 있으며, 후술하게 될 배근상세도 작성 및 철근일람표 산출 업무 전산화를 위해서도 매우 중요한 의미를 지닌다.

표준 가공형상의 설정방식은 아래의 표 5와 같이 기본 형상방식(미국의 ACI형)과 다양한 형상방식(주공형)으로 구분하여 살펴볼 수 있다.

기본형상형은 미국의 ACI형과 같이 26개 기본형상 14개의 변형형상(스트립용 형상)을 골격으로 하고 각 형상 중 값이 없는 부분은 "0"으로 처리하여 철근형상을 가공하여 배근할 수 있도록 하는 방식인 반면, 다양한 형상(주공형)은 발생할 수 있는 대부분의 가공형상을 미리 작성해 두고 사용하는 방식으로 주공형의 경우 135개의 형상(일자형, L자형, U형, □형, 굴곡형 등)이 표준화되어 있다.

표 5. 철근 가공형상 표준화 방안 비교

구 분	기본 형상(ACI형)	다양한 형상(주공형)
형상의 표현력	보 통	우 수
철근가공 편의성(공장)	보 통	우 수
철근가공 편의성(현장)	보 통	보 통
배근작업 편의성	우 수	보 통
보급 및 활용성	우 수	보 통

다양한 형상 방식은 형상의 표현력과 공장가공시의 철근가공의 편의성은 기본형상 방식에 비해 우수하다고 할 수 있으나, 배근작업의 혼선을 야기할 수 있고, 표준형상의 보급과 활용에는 매우 불리하다고 할 수 있다.

따라서 미국의 ACI형과 같이 철근 가공형상을 단순화/그룹화하여 표준화된 가공형상을 제시한 후, 이를 토대로 배근상세도 작성 및 철근일람표 산출 업무 전산화와 배근작업의 표준화를 추진하는 것이 필요하다.

5.3 시공성이 반영된 배근상세도 작성 및 철근가공항상표 산출 업무 전산화

철근 배근작업자를 대상으로 한 배근시공도의 활용정도가 미흡하다고 조사되고 있으며 그 원인으로 배근시공도가 현장의 시공성을 반영하지 못하다는 것과 배근시공도를 작성할 수 있는 전문인력이 부족하다는 점이 제시되었다. 이러한 분석결과는 반대로 배근시공도가 시공성을 반영하고, 전문인력이 양성된다면 배근시공도의 활용성이 증대될 것이라는 점을 시사한다. 그런데 배근시공도 작성은 예전의 수작업에 의한 방식에서 전산화된 프로그램을 이용하는 방향으로 전개되기 때문에 배근상세도 작성 및 철근일람표 산출 업무 전산화 프로그램의 작성시 현장 철근배근 작업인부들이 요구하는 시공성을 충분히 고려할 수 있도록 하는 것이 필요하다. 실제로 기존의 프로그램들은 철근 배근작업의 효율성 보다는 자재의 손실(loss) 절감에 초점이 맞추어져 있으며, 구조기준 역시 새로운 기준과 부합하지 못한 측면이 많다.

따라서 시공성이 부족한 기존의 유사 프로그램의 문제점들을 개선하고, 표준화된 가공형상을 라이브러리로 구축하여 개체지향(Object Oriented) 개념을 기반으로 배근상세도와 철근일람표의 작성을 가능하게 하는 전산프로그램의 개발이 필요하다.

5.4 배근작업의 표준화

배근상세도에도 불구하고 도면의 미숙지와 과거 작업관행들로 인하여 종종 재작업과 철근 물량의 부족이 발생되곤 한다. 이

는 시공성을 무시한 배근상세도에도 원인이 있지만, 이와 함께 표준화된 배근작업이 제시되지 않은데도 주요한 원인이 있다. 즉 철근작업의 경우 실제 도면과 가공철근의 형상을 정확히 확인 하지 않고 과거의 경험에 의존하여 배근하는 관행이 남아있고 이로 인한 설계변경 요인이 상존하고 있는 실정이다. 따라서 철근가공 및 배근작업의 효율화를 위해서는 단순히 시공성이 반영된 전산화된 시스템 뿐 아니라 현장작업 표준지침의 마련과 같은 작업 프로세스의 표준화도 병행되어야 할 것이다.

5.5 ADC기반의 철근자재 추적시스템

기존의 철근 자재관리는 태그에 의한 방식으로 이루어져왔으며, 철근의 반입 시 수백 개의 태그가 동시에 출/입고됨에 따라 자재의 검수 및 배근 시 자재의 탐색에 지나친 시간이 소요되는 문제가 있다. 반면 RFID(Radio Frequency Identification) 등을 이용하여 현장반입 자재의 속성을 실시간으로 파악할 수 있는 ADC(Automatic Data Collection) 시스템은 여러 개의 태그(tag)를 동시에 인식할 수 있으며 기존의 바-코드에 비해 상당히 많은 정보를 저장할 수 있기 때문에 타 산업분야의 자원조달에 급속히 활용되고 있다. RFID 개발 초창기의 문제점으로 제기되었던 급속성 자재에 대한 인식오류도 상당부분 줄어들고 있으며, 가격 경쟁력도 커지고 있다는 점을 감안하여, 본 연구에서는 RFID를 기반으로 하는 철근자재 추적시스템의 활용을 제안하였다.

특히 RFID 기반의 ADC 시스템은 PDA 등을 이용한 자재관리도 용이하기 때문에 현장에서의 작업결과와 소요자재에 대한 사항을 실시간으로 모니터링 할 수 있는 장점도 제공된다.

6. 결론 및 향후의 연구방향

철근 공장가공은 현장가공에 비하여 가공의 정밀도를 향상시킬 수 있을 뿐 아니라 철근의 절단 손실을 줄일 수 있는 장점이 있다. 특히 최근 도심지 공사의 증가로 야적장이 부족하고 숙련된 현장 노무인력의 확보가 어려워짐에 따라 향후 철근의 공장가공 방식은 점차 확대될 것으로 예상된다.

본 연구에서는 철근가공 공장방식의 중요성을 인지하고 그간의 연구들이 배근작업과 전문건설업체를 중심으로 이루어졌다는 점에 착안하여 18개 철근가공 공장을 대상으로 실태조사를 실시하였다. 또한 분석결과를 토대로 향후 확대가 예상되는 철근 공장가공 방식의 활성화를 위한 방안을 제시하였다. 이는 그간 철근 공장가공의 많은 장점에도 불구하고 표준적인 배근상세도 및 가공형상의 부재, 작업자들의 비선호로 활성화되지 못하

고 있던 철근 공장가공의 활성화를 위한 기반조성에 큰 기여를 할 것으로 기대된다.

본 연구에서 제안된 개선방안의 구현을 위한 철근공사 통합관리 시스템의 개발과 표준 철근 가공형상 데이터베이스 구축 및 국가표준의 정비 등과 같은 후속연구가 요구된다.

참고문헌

1. 김광희, 박우열, 강경인, “국내 건축물 철근공사 품질·원가 개선을 위한 시스템 개발에 관한 연구”, 『대한건축학회논문집 구조계』, 18(5), 2002, pp. 121-128
2. 김광호, 한국 철근 가공업의 어제와 오늘 그리고 향후 발전 전망, 부산대학교 경영대학원 최고경영자과정 수료 논문집, 1999
3. 김동진, 김옥중, 철근공사 공장가공 합리화 방안, 대림산업기술연구소 2004-6 여름호
4. 김선국, 김문한, “철근 손실을 줄이기 위한 최적화 알고리즘 개발에 관한 연구”, 『대한건축학회논문집』, 12(9), 1991, pp. 385-391
5. 김선국, 김치경, “철근 콘크리트조의 구조설계-철근공사관리 자동화 연구”, 『대한건축학회논문집』, 10(1), 1994, pp. 113-122
6. 김용일 외 3인, “철근물량산출 및 손실 최적화 시스템 개발 연구”, 『대한건축학회논문집』, 10(1), pp. 173-179
7. 대한건축학회, 『Negative Prefab 표준화』, 서울: 기문당, 2001.11.8.
8. 대한주택공사, 『철근콘크리트조의 배근 시공도작성실무』, 서울: 기문당, 2000.
9. 문정문, 가치흐름분석을 통한 건설 프로세스의 낭비제거 방법 - 철근공사를 중심으로 -, 광운대학원 건축공학과 석사논문, 2001
10. 박우열, 김광희, 강경인, “국내 철근공사 실태분석 및 개선방안에 관한 연구”, 『한국건축시공학회논문집』, 2004.9
11. 박우열, 건설공사 철근정보관리 개선방안에 관한 연구, 한국건축시공학회 논문집, v.5 n.4(통권 제18호)(2005-12)
12. 윤영호, 정희용, 철근기계화 가공 시범사업 성과 분석, 대한주택공사, 1993. 12
13. 『한국건축시공학회 학술논문발표회』, 제1권, 2001
14. 조훈희, 강경인, “국내 철근가공공사의 실태에 관한 연구: 자재손실을 중심으로”, 『대한건축학회논문집 학술발표대회논문집』, 16(2), 1996, pp. 771-774
15. 주진규, 김태희, 김선국, 철근공사 생산성 향상을 위한 작업 모델 연구, 대한건축학회논문집(구조계), v.19 n.12(2003-12)
16. 태연기계, 『한국 철근가공의 현주소』, 태연기계(주), 2001.
17. 함치선 외 4인, “CAD시스템을 이용한 공동주택 철근 시공 상세도 및 물량산출시스템 개발에 관한 연구”, 『대한건축학회논문집 구조계』, 15(8), 1998, pp. 111-119
18. 현대산업개발 구조설계팀, 『2002철근콘크리트 배근 상세도』, 개정판, 서울: 현대산업개발, 2002. 8. 26
19. American Concrete Institute, 『ACE DETAILING MANUAL-1994』, Detroit : American Concrete Institute, 1994
20. Benold, Leohard E., Md. Salim, “Placement-oriented design and delivery of concrete reinforcement”, Journal of Construction Engineering and Management, ASCE, 119(2), 1993, pp. 323-335
21. Dunston, Phillip S., Leonhard E. Bernold, “Adaptive control for safe and quality rebar fabrication”, Journal of Construction Engineering and Management, 126(2), 2000, pp.122-129
22. Navon, Ronie, Ya'acov Rubinovitz, and Mendi Coffler, “Fully automated rebar CAD/CAM system: Economic evaluation and field implementation”, Journal of Construction Engineering and Management, ASCE, 122(2), 1996, pp.101-108
23. Salim, Md., Leohard E. Benold. “Design-integrated process planner for rebar placement”, Journal of Computing in Civil Engineering, ASCE, Vol. 9(2), 1995, pp. 157-167

논문제출일: 2006.07.24

심사완료일: 2006.12.22

Abstract

Rebar work is a labor intensive operation, and with labor shortage and high-wage era, the cost is rising, so re-bar manufacturing system in plant is adapted. However there remains a lot of problems. Although manufacturing system in plant, which greatly effects the building's safety, endurance, and construction time, is an important phase in construction, it holds serious problem of quality and productivity deterioration due to its characteristic of intensive-labor and maintaining of old work methods resulting in poor management, and costs increase. Therefor in this study to investigate current situation and problems of rebar work in plant and to find methods of betterment, a survey was conducted to factory engineers in 18 companies.

Keywords : re-bar work, manufacturing system in plant, shop drawing, standard manufacturing shape
