

설치 위치 정보를 포함한 배근시공상세도 작성 및 가공철근 자동 물량산출 시스템 개발

Developing an Automatic System for Making a Placing Drawing and Quantity taking-off Cut and Bent Re Bar with Work Zone Information

박 현 용* 이 승 현** 강 태 경*** 이 유 섭****
Park, Hyeon-Yong Lee, Seung-Hyun Kang, Tai-Kyoung Lee, Yoo-Sub

Abstract

Reinforcing steel work plays an important role in terms of its structural performance or weight of construction cost for reinforced concrete structures. Precise estimation of re-bar quantity gives a basis for managing the reinforcing steel work effectively. However, the estimation process is still performed ineffectively based upon the expert's experience or manpower in spite of the advanced technology or improvement efforts.

Therefore, the purpose of this research is to develop a prototype system for taking-off the quantity of reinforcing steel bars quickly and accurately in an order consistent with the specific members identified on the drawings. An estimate algorithm considering the connection, settlement and coating thickness of re-bars was suggested regarding to their replacement conditions which places more emphasis on constructibility. Also, this system produces the shop drawings automatically with the calculation results with work zone information.

키 워 드 : 철근공사, 철근물량산출, 철근가공, 물량산출 알고리즘, 설치위치정보

Keywords : Reinforcing Steel Work, Quantity Take-off, Cutting and Bending of Re-Bar, Quantity Take-off Algorithm for Re-Bar, Work Zone Information

1. 서 론

1.1 연구의 목적

철근콘크리트 구조물 형태의 건설공사에 있어 철근공사는 거푸집 공사 및 콘크리트 공사와 함께 안정성과 내구성 및 공사기간에 많은 영향을 미치는 공사이며(김광희 외 2002) 거푸집 공사와 더불어 구조물이 제대로 기능을 발휘하도록 하는데 있어 기본적인 공사라 할 수 있다. 또한 콘크리트에 비하여 적은 물량을 차지함에도 불구하고 비용 면에서 매우 중요한 요소로 구분되어 진다(Salim, Leohard, 1995). 따라서 철근 자재에 대한 물량 산출 및 집계, 발주 및 계약, 가공, 조립 등의 철근공사와 관련된 전반적인 과정들이 효과적으로 관리되어야 한다.

이와 관련된 노력의 일환으로 국내의 경우도 철근공사 실태 분석 및 개선방안, 철근물량 산출방식의 개선, 철근공사 품질

및 원가관리, 자재의 적정재고방안 등 다양한 연구들이 수행되어 왔으며, 그에 따른 많은 개선방안들을 제안하고 있다. 선행연구에서 제시한 철근 공사의 문제점중 하나는 철근 자재의 발주부터 가공, 조립에 이르는 과정동안 철근 숙련공의 경험과 인력에 의존함으로써 자재와 인력의 손실에 대한 개선이 이루어지지 않으며(박우열 외 2003), 이러한 숙련공에 의존한 시스템의 경우 공장가공의 적용효과 또한 의사결정시 불안정하고 위험한 요소로 작용될 수 있다는 것이다(Linguang, Simaan, 2006). 철근공사 관리의 기본이 될 수 있는 물량산출 방식도 그 중요성이 강조되고 정확성을 높이기 위한 방법들이 개발되고 있으나 여전히 전 근대적인 방식에서 벗어나지 못하고 있는 실정이다. 특히 물량산출은 신속함과 정확성을 가지고 이루어 져야 하나, 기존의 방식은 현장에서 현장기사 또는 철근반장 등이 수작업을 통하여 철근길이나 물량 등을 산출하기 때문에 작업시간이 과다하게 발생하는 경우가 많다(함치선 외 1999). 또한 자재의 적정재고방안과 관련하여 철근 등과 같은 건설자재의 경우 자재적치를 위한 넓은 공간을 확보해야 하므로 실질적으로 필요한 공간사용에 제약을 주고, 현장 내 물류이동에 비효율성을 초래하게 된다(임건순 외 2008)는 점에서 철근가공조립관련 공종들이 건설 현장 내에서 비효율적으로 관리되고 있다는 것을 보여준다.

이에 본 연구는 배근상태를 감안하여 정확한 이음 및 정착

* (주)도화종합기술 기술연구원 연구원(주저자), 정회원
** 홍익대학교 과학기술대학 건축공학부 조교수(교신저자), 정회원
*** 한국건설기술연구원 건설코스트연구센터 선임연구원, 정회원
**** 한국건설기술연구원 건설코스트연구센터 센터장, 정회원

본 논문은 건설교통부가 출연하고 한국건설교통기술평가원에서 위탁 시행한 2005년도 건설기술기반구축사업(과제번호 : 05기반구축D05-01)의 지원으로 이루어졌습니다.

길이 등을 고려하여 현장에서 활용할 수 있는 배근 시공 상세도를 시스템 환경설정을 통하여 자동으로 작성하고 이에 따라 신속하게 부재별/배근별로 물량을 산출하는 시스템 및 철근의 최종 설치위치정보를 배근시공상세도 작성시스템에서 처리함으로써 Bar-List, Bar-Schedule 및 철근의 꼬리표에 정보를 부여하여 현장 내 입고된 또는 가공된 철근의 설치위치에 따른 현장 내 운반을 최소화할 수 있는 시스템 개발 기반을 구축하는 것을 목적으로 한다.

1.2 연구의 범위 및 방법

철근공사 업무 프로세스는 건설업체와 가공방식 등에 따라 약간씩 차이가 발생하나, 일반건설업체와 철근 전문건설업체의 일반적인 업무 프로세스를 간단히 도식화하여 표현하면 그림 1과 같이 정리될 수 있다. 일반건설업체는 공사 수주 후 실행예산 편성과 철근 자재 발주 및 도급계약을 위하여 철근을 산출한 부분의 Span길이의 할증률을 고려하는 방식으로 철근 물량을 산출하게 되며, 이때 산출된 물량은 계약물량이 되나, 정확한 이음길이나 정착 길이를 고려하지 않으므로 정확성이 떨어지게 된다. 전문건설업체는 철근공사를 수주하게 되면 철근 시공 상세도를 작성하고, 철근 가공을 위한 Bar-list 및 Bar-schedule을 작성하며, 이를 바탕으로 현장 혹은 공장가공을 통해 철근을 가공하고, 현장에서 정해진 위치에 이를 설치하는 작업을 하게 된다.

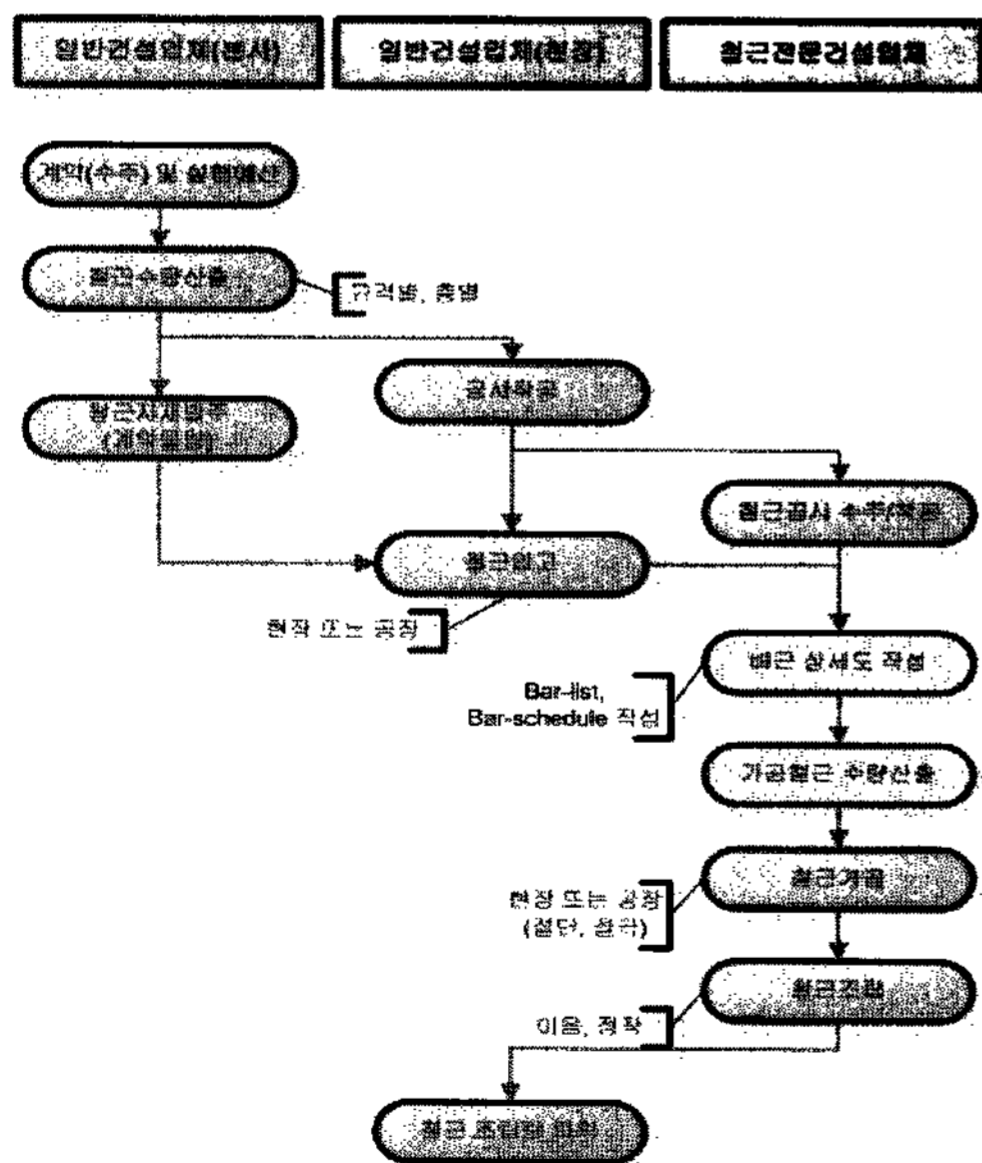


그림 1. 철근공사 업무 프로세스

본 연구의 범위는 철근공사 업무 프로세스 중에서 철근전문 건설업체가 철근공사 관련 계약이 이루어진 후에 설계도면으로부터 추출한 정보에 따라 배근 시공 상세도 작성 과정 및 그에 따른 가공 철근의 수량을 산출하는 단계에 초점을 맞추고 있다. 계약 시 활용되는 물량전적 방법은 기본적으로 부재의 Span단위로 물량을 산출하는데 반하여 공사 수주후 철근 전문

건설업체의 경우 물량산출을 하기 위하여 연결된 부재 Span 전체에 해당하는 물량을 산출한다. 하지만 일반적으로 공사 수주후 철근 물량을 산출하는 과정은 숙련된 인력이 과도한 시간을 들여 철근 시공 Bar-list 및 Bar-schedule을 작성하는 형태로 업무가 진행되었다. 이에 본 연구에서는 서로 연결된 부재 Span의 철근배근 상태를 감안하여 이음길이와 정착 길이 등의 산출을 정확하고 신속하게 처리할 수 있는 알고리즘을 바탕으로 배근 시공 상세도를 자동으로 생성함과 동시에 자동적으로 물량을 산출하는 프로세스를 갖는다. 또한 철근의 설치 위치정보를 배근 시공 상세도 작성시스템에서 처리할 수 있게 하여 가공 철근 적하 작업 시 작업 시간을 단축시킬 수 있으며, 현장 내 소운반 작업의 효율을 개선할 수 있으며, 철근의 조달과정에서 그 정보에 따라 Barcode tag 및 RFID tag를 활용한 자재tracking 시스템 적용에 유연하게 대처할 수 있게 처리하였다. 다만 본 연구에서 제시한 물량산출 알고리즘은 현장 중심의 시공성을 강조한 배근상태를 반영한 것이며, 공장가공을 통한 철근가공을 중심으로 한다.

2. 철근물량 산출현황 고찰

2.1 할증처리 방식

이 방식은 연결된 부재와 배근형태에 따라 철근의 이음이나 정착 길이를 고려하지 않으며, 수평근의 경우 열별로 표시된 Span별 길이 값과 수직근의 경우 층 높이의 길이 값을 이용하여 집계된 결과에 대하여 할증률을 적용하여 물량을 산출하는 방식이다. 이는 부재별로 배근도와 구조평면도에서 필요한 자료를 발췌하여 물량을 산출하며, 철근의 정착과 이음, loss 등을 감안하여 철근 규격별 할증을 적용한다. 이 할증은 오랫동안 수작업에 의한 철근 산출과정에서 적용되었던 할증을 그대로 사용하고 있으며, 시공사 및 전문건설업체 마다 서로 할증의 차이를 보이고 있다. 따라서 할증에 의한 물량산출 방식은 견적이라는 특성에 따라 정확성은 어느 정도 유지를 하면서 작업의 편의성과 신속성을 고려한 것이라 볼 수 있다. 김석회와 임철순(2007)의 사례분석 현장의 철근의 할증률 예는 표 1과 같으며 시공현장에서 적용하는 방식으로 철근의 규격별 할증을 적용하는 사례를 보여준다.

표 1. 철근 규격별 적용할증(김석회, 임철순, 2007)

철근 규격	적용할증	철근 규격	적용할증
D10	8%	D19	16%
D13	10%	D22	20%
D16	13%		

※ 표 1은 22개동의 초고층주상복합 골조공사의 실적자료를 기초로 한 자료임

또한, 한국건설기술연구원(2008)의 “건설공사 표준품셈”에 제시된 철근 재료의 할증률에 의하면 이형철근일 경우 보통의 경우 3%, 교량지하철 및 이와 유사한 복잡한 구조물의

주철근일 경우 6~7%로서, 이는 기관별, 공사별, 현장별로 상이한 수치를 적용하고 있음을 보여주는 한 예로서 신뢰성 높은 할증률을 제시하기 위하여 보다 정확한 적산방법을 통한 많은 적용 대상별 실적자료의 축적 및 분석을 통하여 철근의 할증률을 제시해야 할 것이다.

2.2 콘크리트 구조설계기준의 극한강도 설계방식에 의한 산출방식

극한강도 설계방식은 “Span 단위의 내진구조 산출방식”이라고 표현할 수 있으며, 철근 물량 산출시 연결된 부재와 배근 형태에 따라 철근의 이음이나 정착 길이를 고려하는 방식이다. 수평근의 경우 산출의 정확성을 높이기 위하여 열별로 표시된 Span별 길이 값, 안목길이 값을 사용하며, 수직근의 경우 층 높이를 이용하여 산출하고, 이음 길이 값을 적용하여 계산한 후 집계된 결과에 대하여 3% 할증률만을 적용하여 산출하는 방식으로써 부재별로 배근도를 작성하고 구조평면에서 자료를 발췌하여 물량을 산출하는 방식이다. 산출결과 분석을 예로 들면 주근은 상부근과 하부근으로 구분하여 연결된 보의 상부근과 하부근을 각각 비교하여 콘크리트 강도에 따라 각각 인장 및 압축 정착 값을 적용하여 계산하며, 늑근의 경우는 피복두께를 감안하지 않고 보 둘레로 늑근의 길이를 산정한다.

할증처리 혹은 극한강도 설계방식에 의한 철근물량 산출은 모두 정확한 철근의 가공형태, 이음 및 정착, 피복두께 등을 가공철근과 같이 고려하지 않고 처리하는 과정상의 한계가 있어 정확성이 다소 떨어진다고 볼 수 있다.

2.3 시공 상세도작성에 의한 방식

철근공사 프로세스는 크게 현장가공과 공장가공에 의한 방식으로 구분된다. 일반적으로 현장가공의 경우는 시공 상세도를 작성하지 않고, 전문건설업체의 작업반장이 가공해야할 철근의 가공도를 수기로 작성하고 가공 후 현장에서 조립을 하는 과정을 거치게 된다. 반면에 공장가공의 경우 시공 상세도의 작성을 통하여 bar list를 추출하고, 공장가공 후 배근시공상세도에 의하여 조립을 하는 과정이 일반적이라 할 수 있다. 이때 시공 상세도를 작성하는 주요한 목적은 물량산출에 있지 않으며, 시공 시 정확한 철근 배근을 위하여 시공 상세도를 작성하는 것이라 할 수 있다. 시공 상세도 작성을 통하여 시공물량을 산출할 수 있으며, 이때에 산출되는 물량정보는 정확도가 현장가공의 경우보다 높다고 볼 수 있다. 다만 시공 상세도를 작성하는 그 자체에 시간이 많이 소요되기 때문에 적산의 측면에서 보았을 때는 신속성이 떨어지는 문제가 있을 수 있다.

3. 배근시공상세도 작성 및 자동 물량산출 시스템

3.1 시스템 개요

본 연구에서 제안하고자 하는 배근시공상세도 작성 및 자동

물량산출시스템은 설계도면에 주어진 데이터를 이용하여 철근 배근을 논리적으로 구성한 알고리즘에 의하여 배근 시공상세도를 작성하고 이에 따라 가공철근의 물량을 자동으로 산출하는 시스템으로, 현장에서 수행주인 시공상세도 작성 시간을 단축함과 동시에 철근공사의 효율적인 관리도구로 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

본 시스템의 개략적인 수행절차는 그림 2에서 보는 바와 같이 먼저 현장개요 부분에서 철근공사를 수행할 현장을 등록하고, 현장별 동별 정보를 입력하는 것으로 시작한다. 여기에는 알고리즘에 의한 물량산출 처리과정 중에 사용할 층의 정보 및 층고 그리고 콘크리트 강도별 정착 및 이음길이를 자동으로 적용시키기 위한 층별 콘크리트 강도 등의 정보를 입력한다. 현장 및 동에 대한 자료입력이 끝나면 크게 두 가지로 나누어 프로세스를 진행하게 된다. 하나는 부재별 배근도의 입력 작업이며, 또 다른 하나는 구조평면의 자료를 입력하는 것이다. 이 두 가지 자료를 이용하여 철근의 가공형을 결정하고, 구조평면에 나타난 Span의 치수와 현장 개요부분에서 입력한 각 동별 층별 정보를 이용하여 철근의 길이를 산출한다. 이 때 다양한 구조 형상에 대한 탄력적인 처리를 위하여 사용자가 작업환경을 설정할 수 있다.

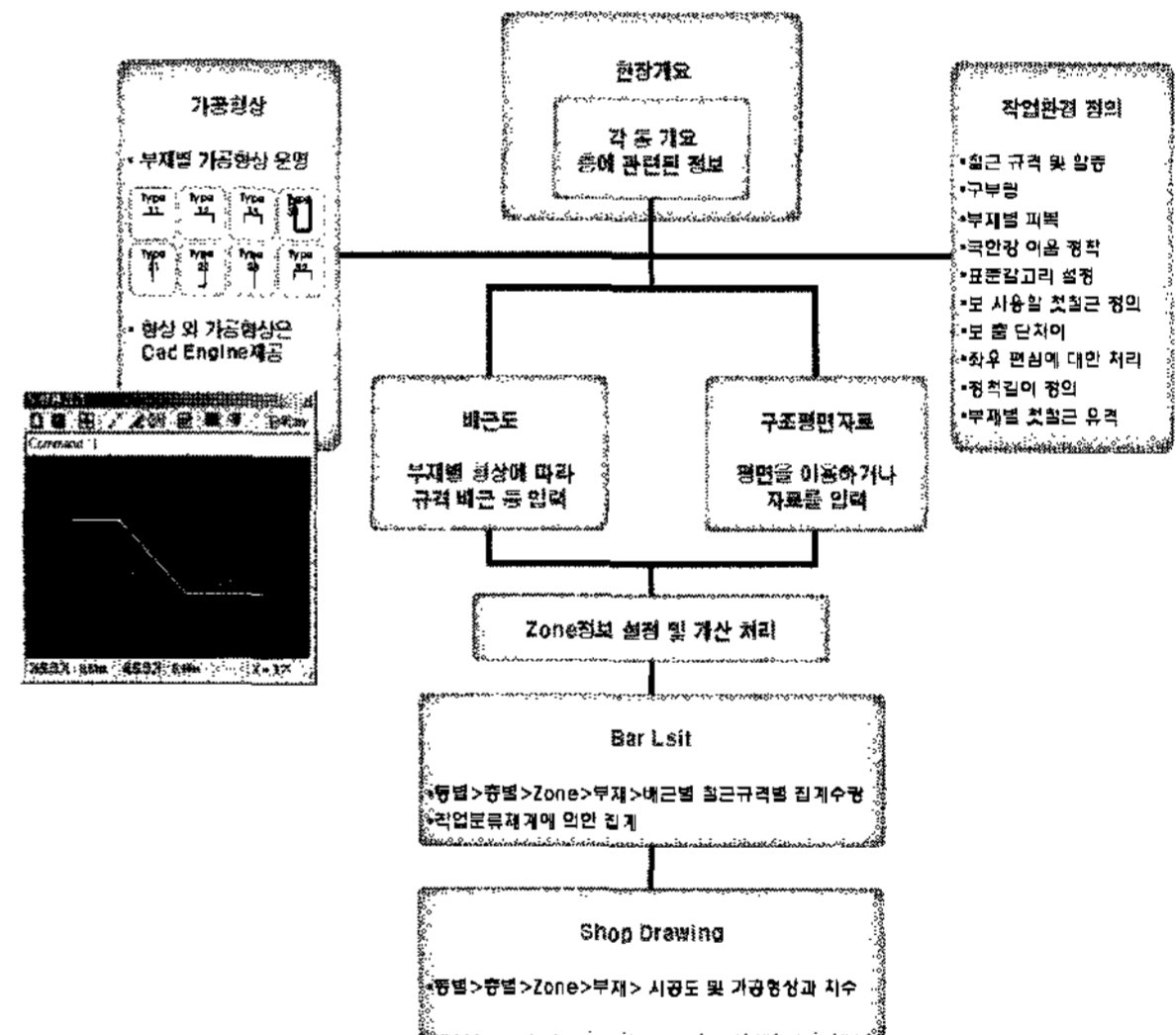


그림 2. 시스템 구성도

3.2 시스템 처리과정

본 절에서 설명하고자 하는 시스템의 처리과정은 우선 설계 단계 성과물중 철근가공과 관련한 주심도, 구조평면도, 배근도, 상세도등을 입력함으로써 시스템 내에서 최종 산출물인 배근시공상세도 작성단계까지의 전 단계에 단계별 절차를 설명하고자 하며, 시스템 내부적으로 자동 처리할 수 있는 부분 및 사용자 환경설정에 따른 처리기능을 간략히 설명하고자 한다.

그림 3은 시스템 전체 흐름을 나타내며, 시스템 처리를 위한 설계 성과물을 시스템으로 Import하여 시스템 내부적인 처리절차에 따라 부재별 정보를 구축하고, 작업분류체계 및

철근표준형상등 기본적인 부재별 속성을 정의하면, 시스템에서 자동적으로 계산하기 위하여 개발된 산출 논리를 적용하여 집계 및 배근시공상세도를 작성한다. 그림 3의 시스템 프로시처(procedure)에 따른 간략한 설명을 하면 다음 6단계로 구분되어 질 수 있다.

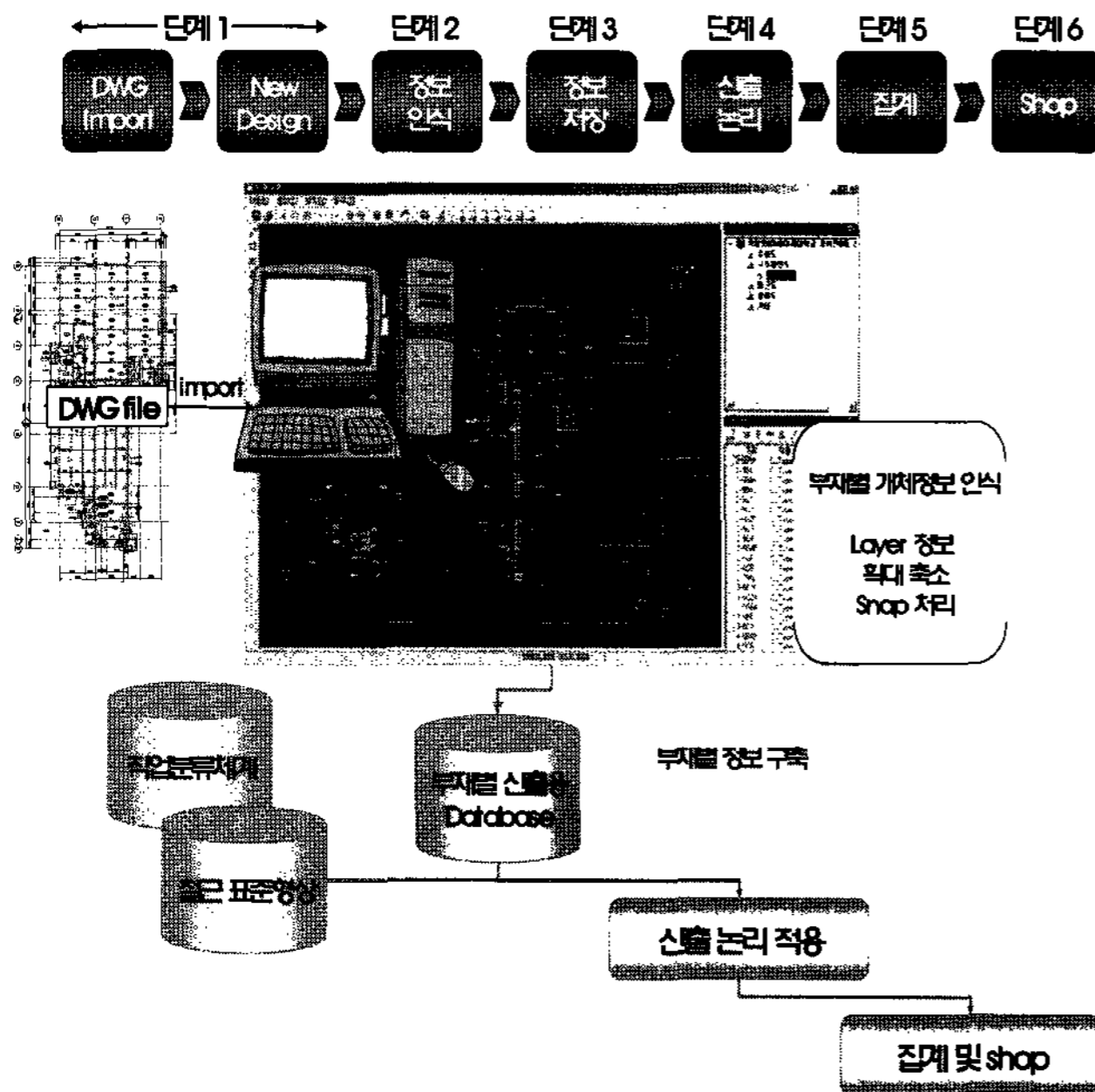


그림 3. 시스템 Procedure별 흐름도

- 1단계(입력) : 설계단계 성과물중 CAD Drawing파일(이하, Dwg파일이라고 함)을 시스템에 입력하고, 입력된 파일의 정보를 빠르게 취할 수 있도록 Dwg파일을 ND(new design)으로 변환하는 단계, 이때 ND는 기존의 Dwg파일의 복사본을 활용함과 동시에 2단계 이후에 처리 가능하도록 입력된 파일간의 상호관계를 정의하는 단계
- 2단계(처리) : 변환된 설계파일을 바탕으로 도면의 부재별 기호 등을 정보로 취하기 위한 자동인식 단계
- 3단계(처리) : 인식된 Data의 정보저장단계
- 4단계(처리) : 저장된 정보를 바탕으로 개발된 산출알고리즘에 따라 산출논리 적용
- 5단계(처리) : bar-list 등 집계처리 단계
- 6단계(출력) : 배근시공상세도 작성 및 출력 단계

3.3 처리정보인식을 위한 부재 인식

본 절에서는 시스템의 최종 결과물인 배근시공상세도를 산출하기 위한 필수 요소인 부재 인식 과정을 간략히 소개할 것이다. Dwg파일형태의 설계 성과품이 시스템에 입력된 후 시스템 내부적인 처리를 할 수 있도록 Dwg파일을 변환하고 새로이 변환된 설계 Dwg파일을 기본으로 부재별 배근도 및 기본 속성을 입력하는 과정과 각 Layer의 정보에 따른 길이 및

위치정보를 인식하는 단계를 설명하고자 한다.

부재별 배근도 입력과정은 시스템에서 처리를 하기 위해 변환된 Dwg파일상의 기둥, 보 등과 같은 부재를 입력받은 구조 평면도정보에 정의를 하여 해당 부재에 규격, 기호, 상하부 및 배근형상등과 같은 설정을 통하여 각 부재의 특성을 정의하는 과정으로서 배근시공상세도의 자동 산출을 위한 기초적인 정보입력단계로서 그림 4와 같다. 이는 물량산출 및 배근시공상세도를 작성하기 위한 건축물 전체를 대상으로 구현할 수도 있으며, 동 및 층으로 대상을 한정할 수도 있다. 부재별 배근도 입력과정에서 시스템에 Data Base(DB)화되어 있는 철근표준형상을 바탕으로 구성할 수 있으며, 만일 철근표준형상이 존재하지 않는 특수한 형태의 배근형상인 경우 간이 CAD방식을 적용하여 해당 부재 배근형태에 맞도록 사용자가 임의 형태를 구현할 수도 있다. 부재별 배근도 입력과정은 부재별 기본 속성을 정의하는 것 이외 구조평면도에 존재하는 부재정보와 뒤에 설명할 Layer탐색을 통한 인식된 부재정보의 연결을 원활히 하기 위한 매칭(matching)영역을 제공하는 것으로서 시스템을 사용하는 사용자가 입력을 해야 한다.

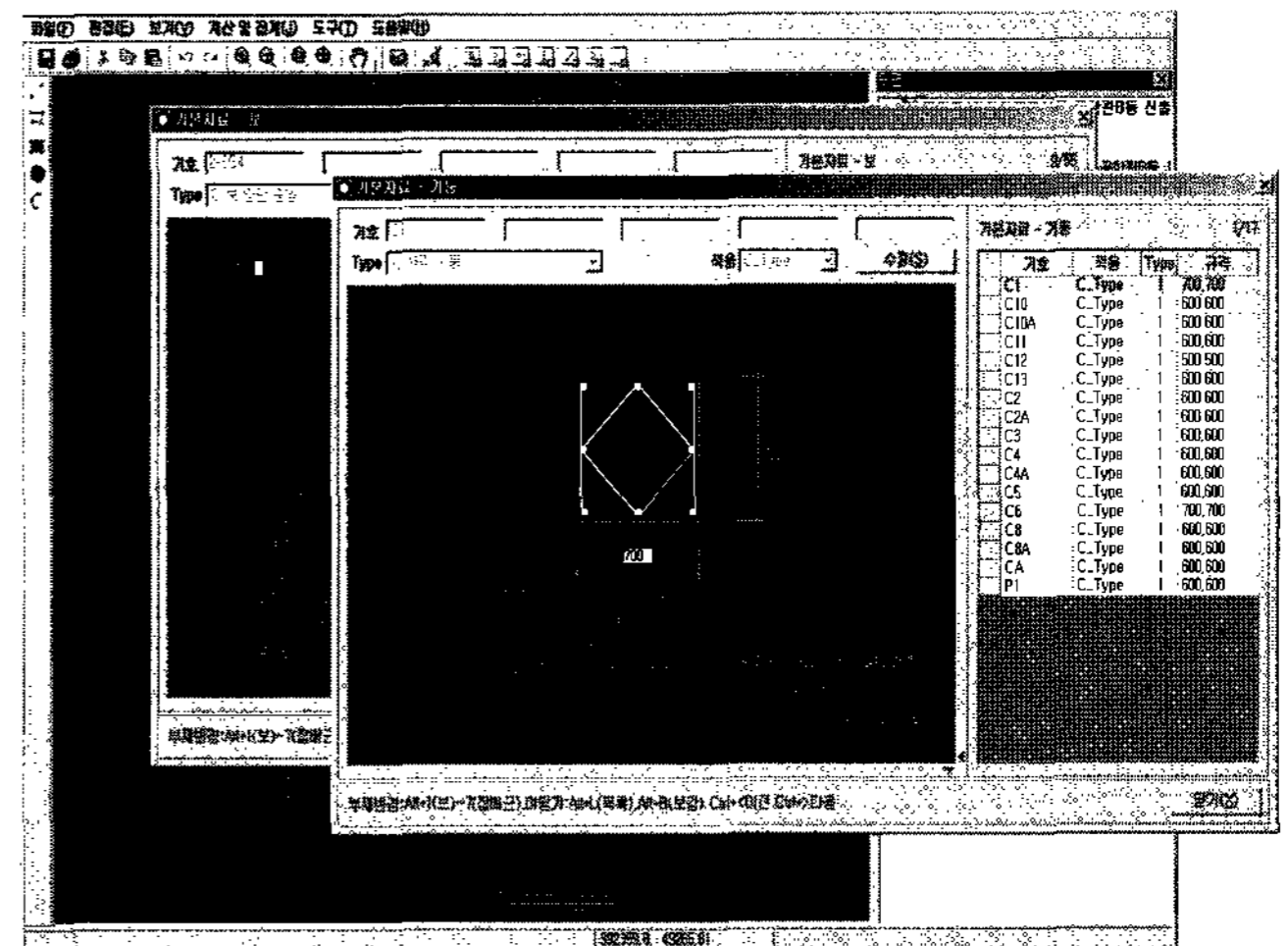


그림 4. 부재별 배근도 입력

그림 4와 같이 부재별 배근도 입력이 완료되면 변환된 파일 내부의 Layer탐색을 통하여 각 Layer의 속성 값을 분석함으로써 각 Layer에 담겨져 있는 고유정보를 활용하여 보, 기둥, 슬래브와 같은 부재별 길이정보 및 위치정보를 시스템에서 자동으로 인식하는 과정이 뒤따르게 된다. 이때 최종산출물의 위치정보를 용이하게 인식하기 위하여 시스템 사용자는 시스템에서 제공하는 좌표값이외 그리드 방식을 활용하여 위치를 지정해야 하며, 지정된 그리드를 바탕으로 해당 부재별 위치 및 길이에 대한 정보를 그리드를 통하여 표현할 수 있다. Dwg파일을 활용한 대부분의 설계 성과품은 Layer를 통하여 보, 기둥, 슬래브등과 같은 부재의 고유 설계정보가 각 각의 Layer에 포함되어 있으며 그림 5와 같이 Layer정보를 탐색하여 해당 Layer의 부재정보를 선택 적용할 수 있다.

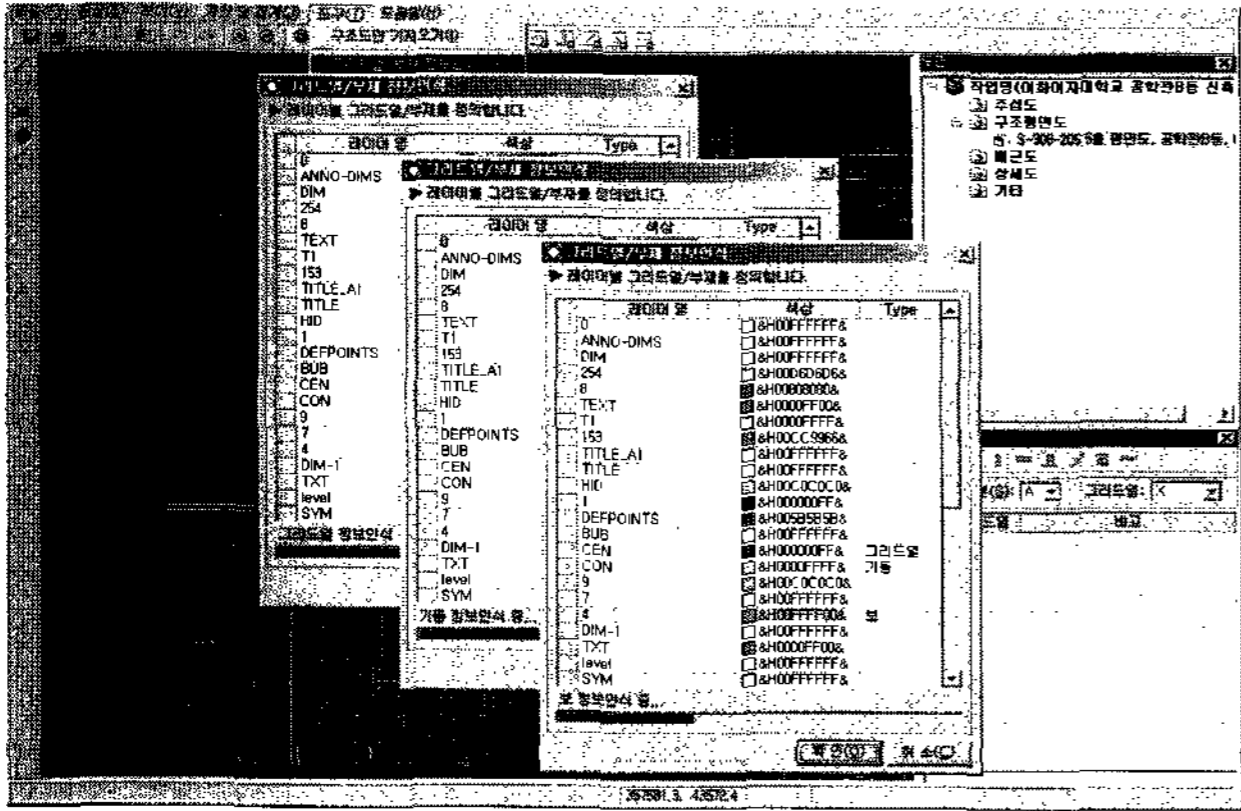


그림 5. 설계도면의 Layer정보

또한 그림 5와 같이 Layer정보에 따른 분류가 되어 있는 경우는 Layer정보에 따른 부재별 정보를 추출하여 자동적으로 산출할 수 있으며, 그림 6과 같이 화면의 왼쪽 편에 위치한 도구를 활용하여 부재별 정보를 인식시킴으로서 시스템 사용자의 설정에 따라 수동으로 인식하는 기능을 포함함으로써 여러 설계환경에 대처를 용이하게 하였다.

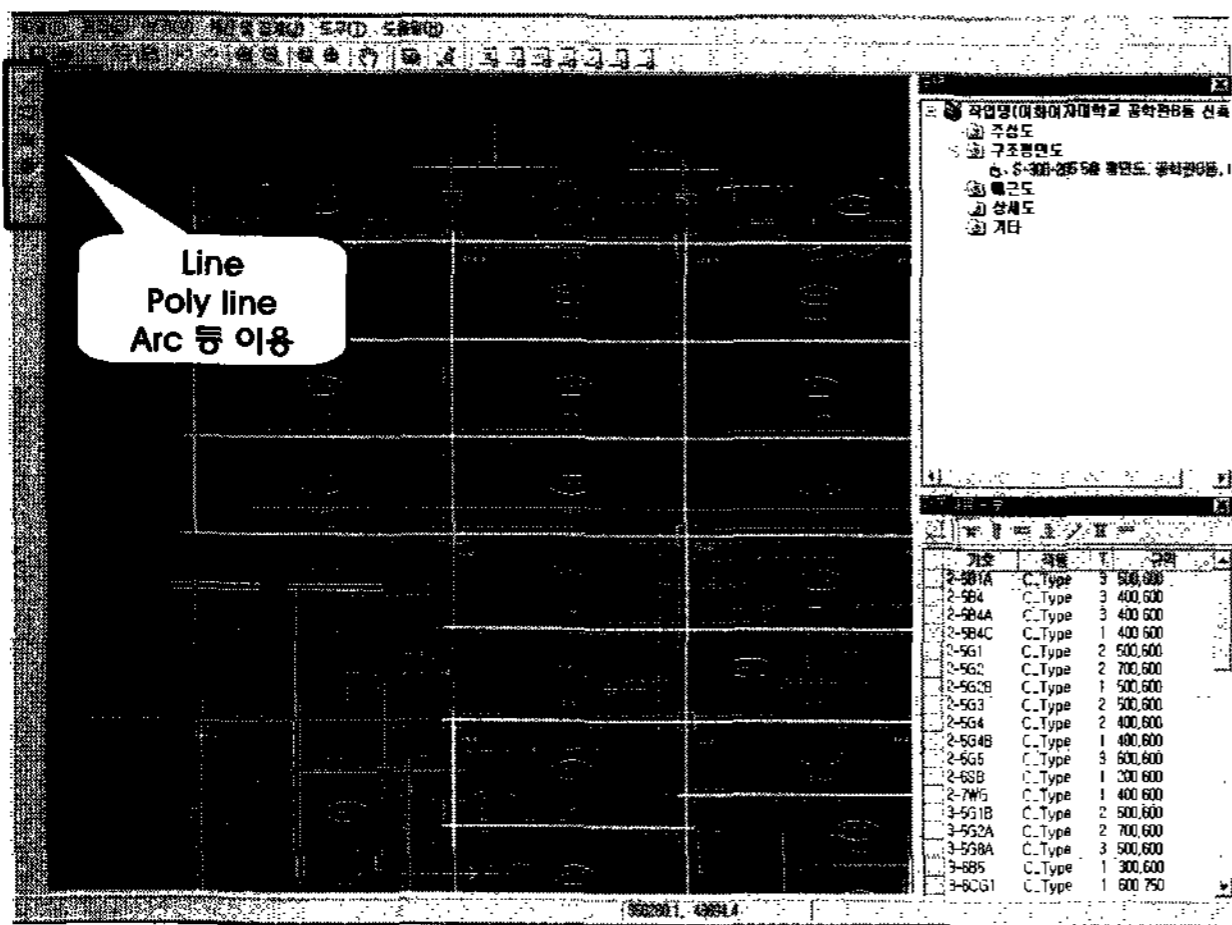


그림 6. 사용자정의에 따른 수동 인식

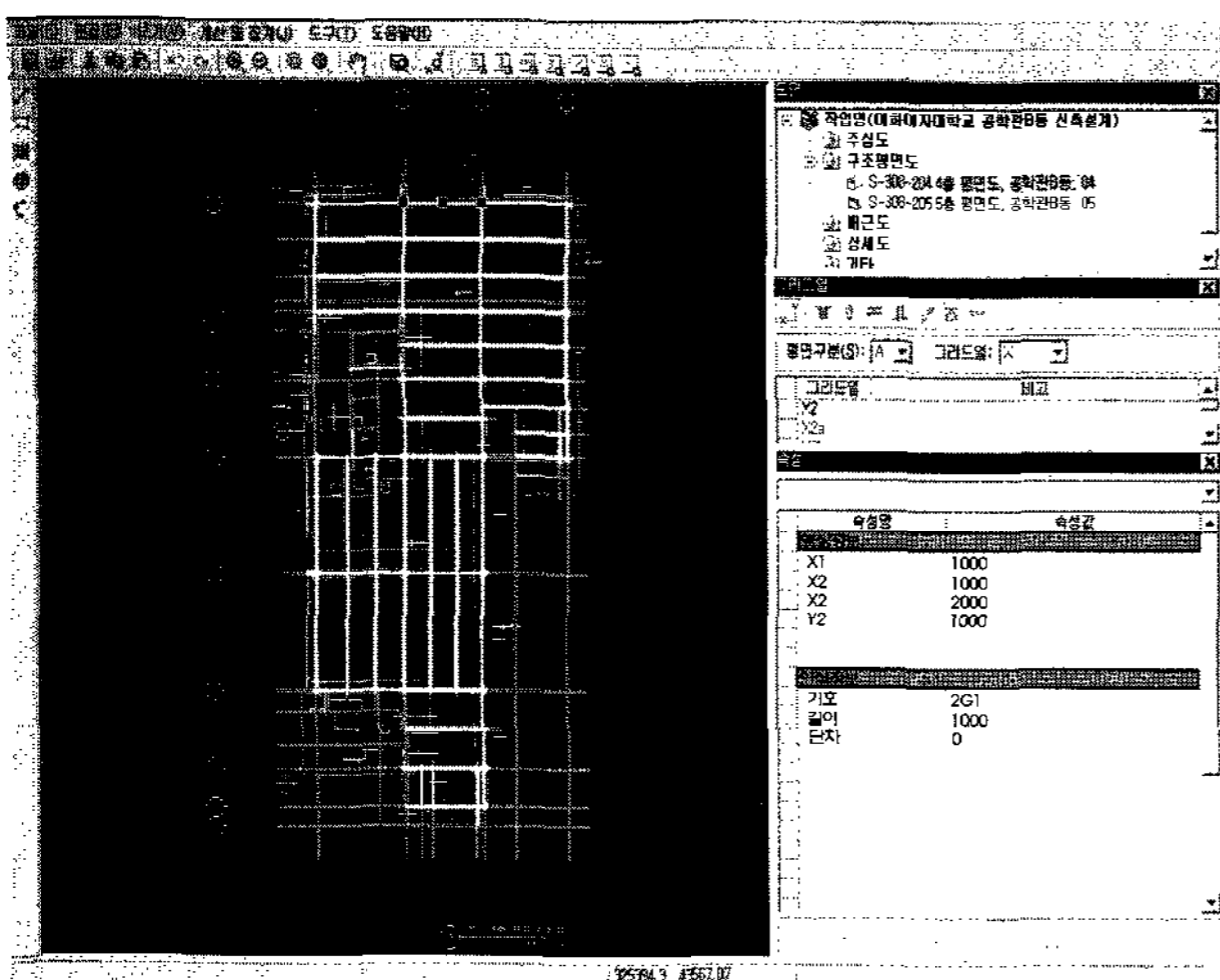


그림 7. 인식된 정보보기

부재별 정보를 추출하기 위한 자동인식 및 사용자 정의에 따른 수동 인식이 완료되면 시스템은 내부적인 처리 논리에 의하여 정보를 저장 할 것이며, 이와 같은 Layer에서 취한 부재별 위치 및 길이정보와 부재별 배근도 입력단계에서 입력된 정보가 일치하게 되면 그림 7과 같이 인식된 정보를 시스템 사용자가 파악할 수 있도록 화면에 정보를 표현할 수 있으며, 사용자는 인식된 부재별 정보를 확인하면서 누락된 부분 및 오류부분을 검토할 수 있다.

3.4 설치 위치(zone) 정보 설정

시스템의 환경설정 및 부재의 배근정보 인식이 완료되면 시스템의 최종적인 결과물인 배근시공상제도, Bar-List, Bar-Schedule 및 철근 가공 전표(tag)를 산출하기전의 중간단계로서 Zone정보를 설정하여 가공된 부재의 설치위치정보를 시스템에서 확인할 수 있게 하였다. 그리고 출력된 결과물에서도 가공된 철근의 설치위치를 표현함으로써, 가공자는 설치위치별 부재별 묶음을 구분하는 것이 용이하며, 시공자의 경우는 부재별 설치위치에 대한 정보를 알려줌으로서 적하 및 설치위치로의 운반 최적화 및 가공부재의 식별을 용이하게 함으로써, 운반 및 적하에 소요되는 작업시간의 절감효과가 기대할 수 있을 것으로 사료된다. 또한 현장의 야적장 관리 측면에서도 설치위치정보에 따른 적하를 유도할 수 있어 현장의 효율적인 운영을 할 수 있을 것으로 판단된다. 그림 8은 zone정보 설정을 보여주는 화면이며, 왼쪽의 도구상자를 활용하여 해당 설치장소를 선택하면 해당 구간의 모든 부재에 대하여 Zone정보를 부여하게 된다. 이와 같은 설치위치정보는 시스템 서버에 저장되어 향후 PDA 및 Web을 통한 현장에서의 설치정보 확인 및 검수시 물량집계에 따른 입고량 파악, 입고된 물량의 적하장 이동 또는 설치장소로의 즉각적인 이동을 통한 현장 내 물류이동비용을 절감시킬 수 있을 것으로 예상된다. 이와 같이 웹을 통하여 서비스가 이뤄진다면 발주처 및 시공사에서는 물량의 입고고 현황, 설치위치추적에 의한 작업 공정률까지도 파악 가능할 것이라 예상된다.

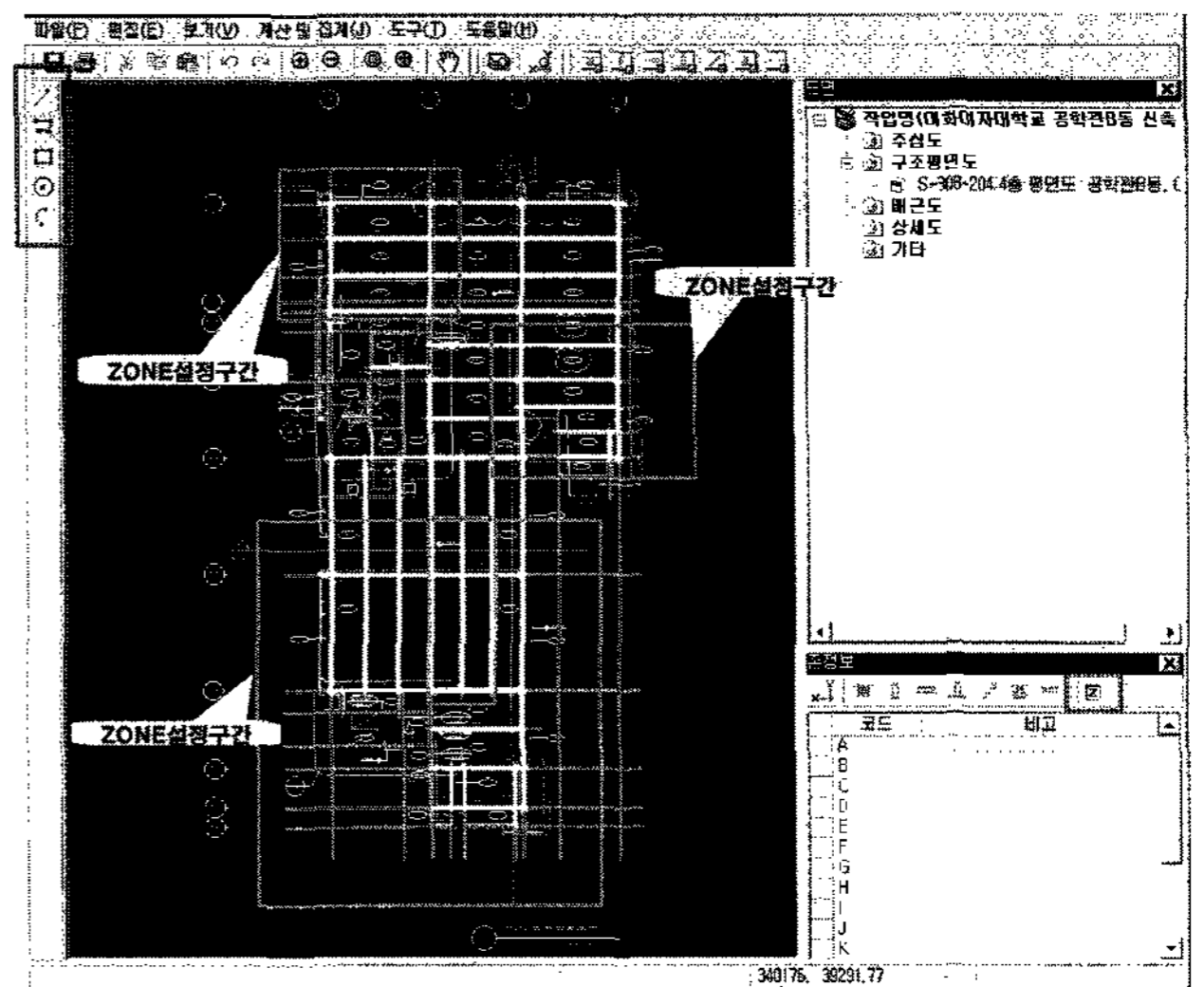


그림 8. ZONE정보 설정

3.5 물량산출 알고리즘 제시 및 시공 상세도 작성

본 절에서는 시스템에서 적용한 철근물량산출 알고리즘에 관해 간략히 설명하고자 하며, 이와 더불어 생성되는 시공 상세도의 예를 보여주하고자 한다. 다만 지면관계상 물량 산출이 까다로운 보(상부부분) 위주로 설명하고자 하며, 기둥 및 슬래브의 경우도 간략히 설명하고자 한다.

3.5.1 보

보 철근의 경우 층별로 평면을 구성하여 연결된 보의 열에 대한 철근 물량, 즉 연결된 보의 배근 및 Span의 치수 정보에 따라 철근의 이음과 정착을 판단하고, 대수 및 형상을 결정하게 되며, 결정된 형상별 길이에 의하여 가공철근의 물량을 산출한다.

주근의 경우를 예로 들면, 연결된 보의 열에 대한 각 Span 별 부재의 상하부 주근을 각각 비교하고, 대수를 비교한 후에 정착과 이음을 판단하는 알고리즘을 적용하는데, 먼저 대상 열에 대한 전체 길이를 산정한 후 같고리로 처리할 부분의 피복을 공제 하여 배근할 길이를 산정한다. 각 Span별로 상하부 철근 대수를 각각 비교하여 가장 작은 수치를 전체 열에 배근되는 것으로 판단하고 이 길이에 대한 형상을 판단하여 길이를 적용한다. 전체 열에 대하여 직선으로 처리하므로 시작되는 부분에 같고리 처리를 한 후 사용되는 정착 철근을 배근한다. 이 때 이음길이를 적용하여 정착철근의 대수를 추출한다. 그리고 맨 끝부분의 정착을 처리하면 전체 열에 대한 가공형상별 철근을 산출하게 되고, 각 Span에서 이 대수를 공제한 후 남은 철근에 대한 절단근의 처리를 거치면 전체 열에 대한 보의 상하부 근의 가공형상에 의한 철근을 산출할 수 있다. 이러한 알고리즘 적용을 바탕으로 해당열의 길이와 배근되는 길이를 이용하여 좌표를 계산함으로써 시공도를 자동으로 생성하게 된다. 그림 9부터 그림 14는 상기 서술한 물량산출 과정과 시스템 상에서의 시공도 생성과정을 단계별로 구분하여 보여준다. 각 단계에서 보이는 계산과정은 시스템에 구성된 알고리즘을 통해 자동으로 처리된다.

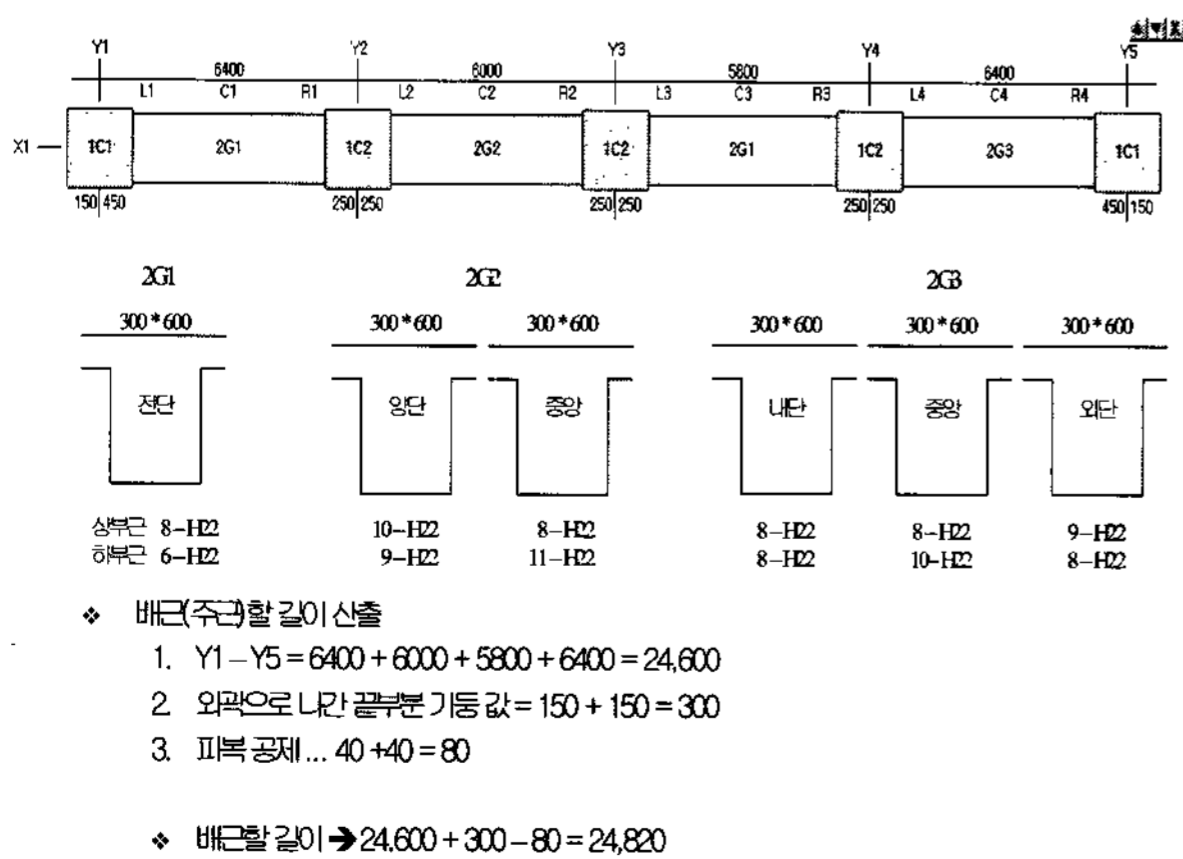


그림 9. 보 주근을 산출할 열전체 대상길이 선정

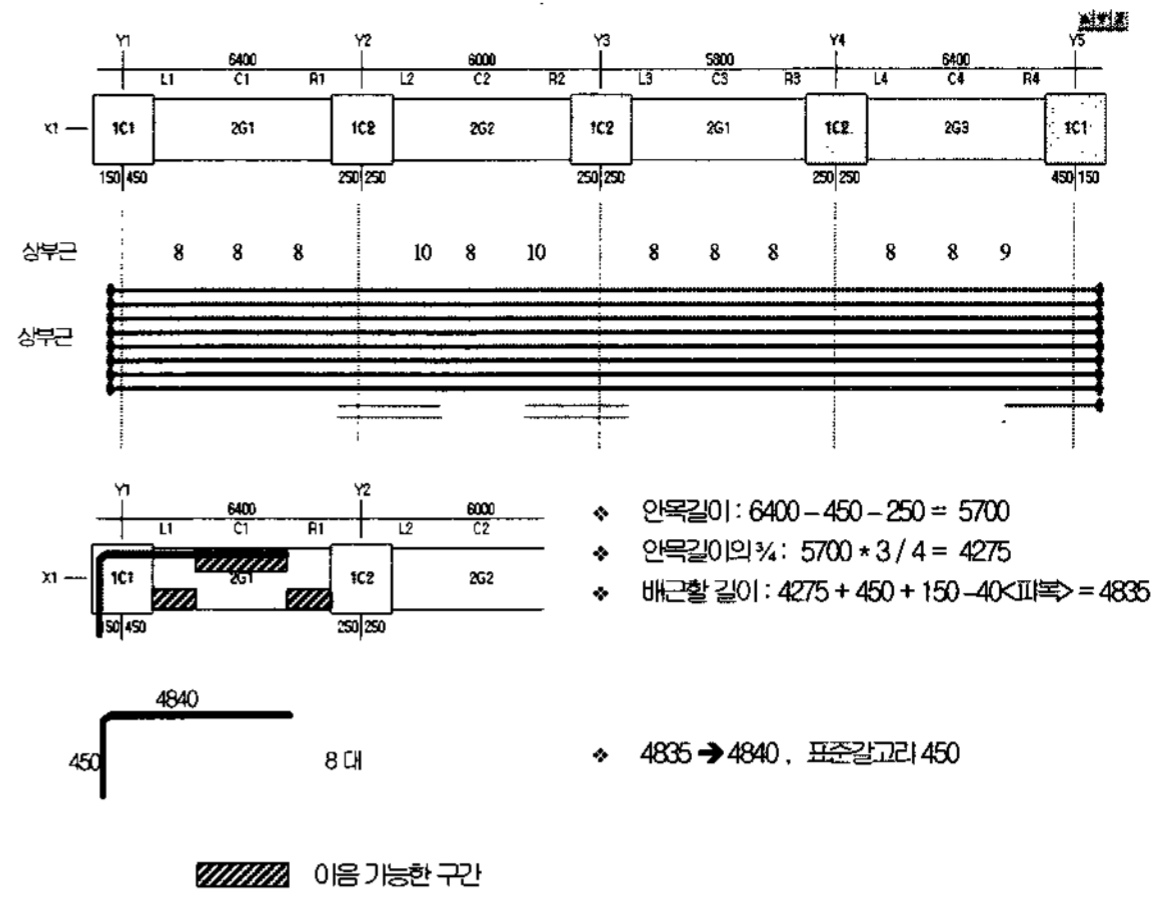


그림 10. 상부근 철 배근에 대한 처리

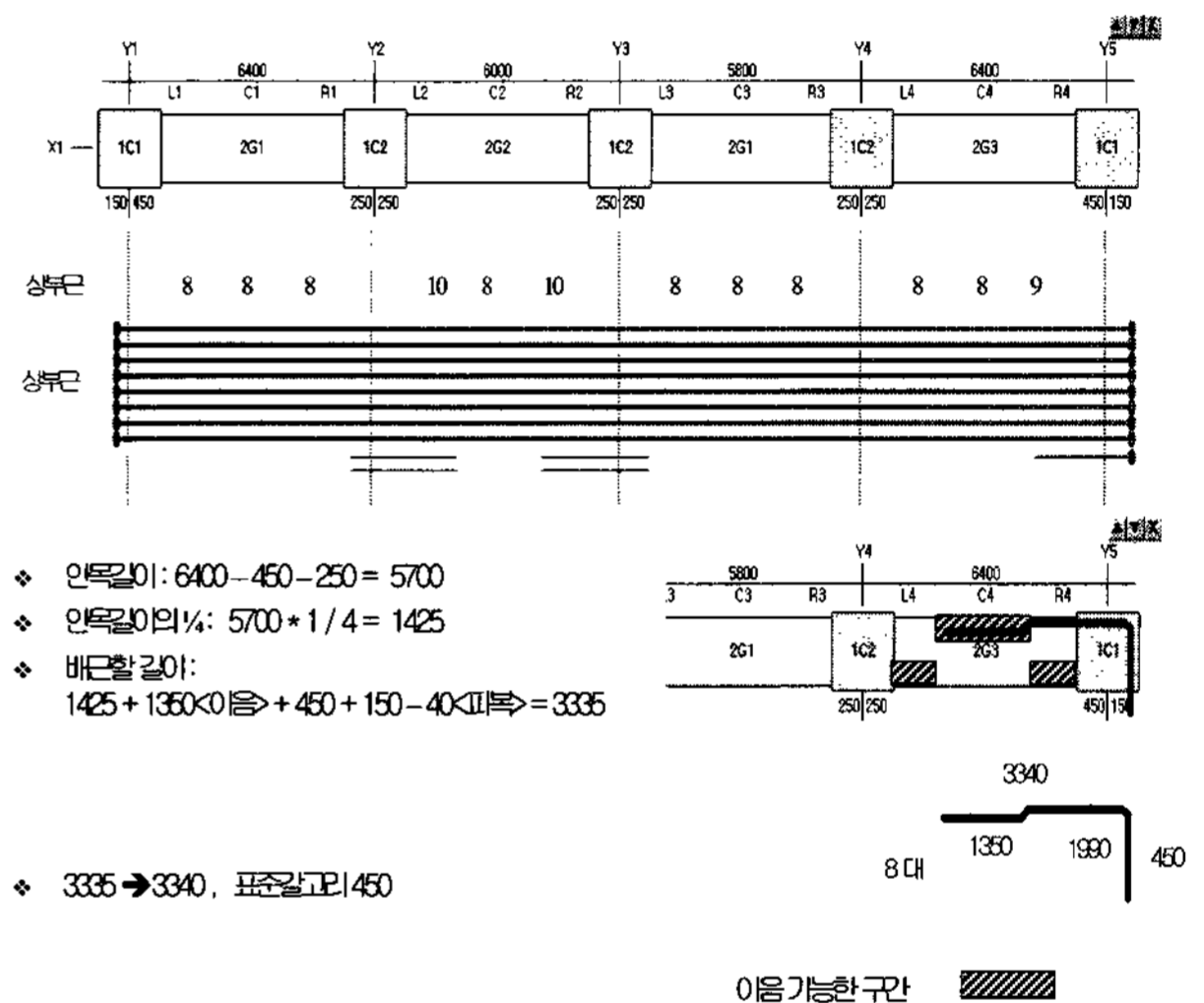


그림 11. 끝부분의 배근

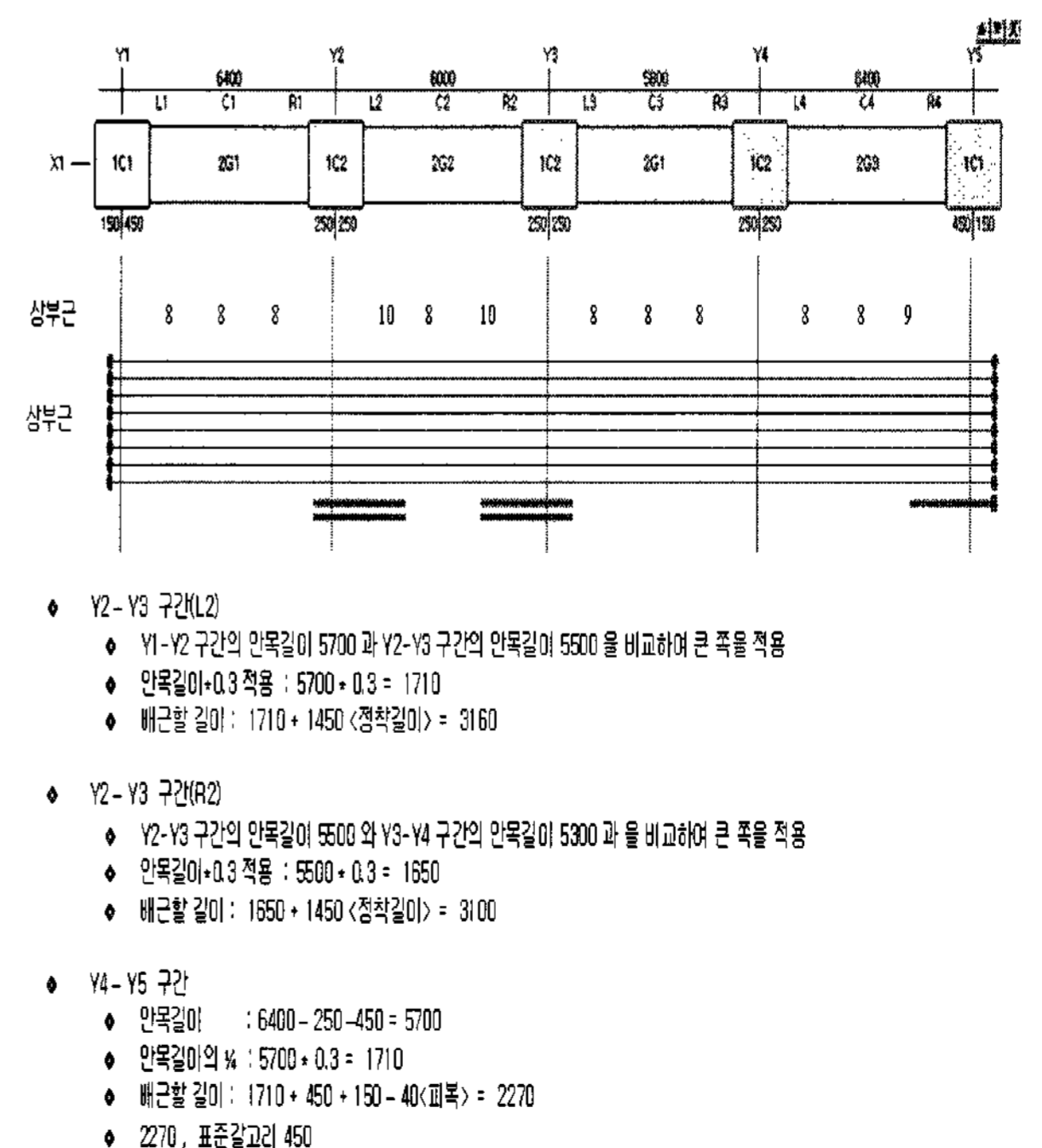
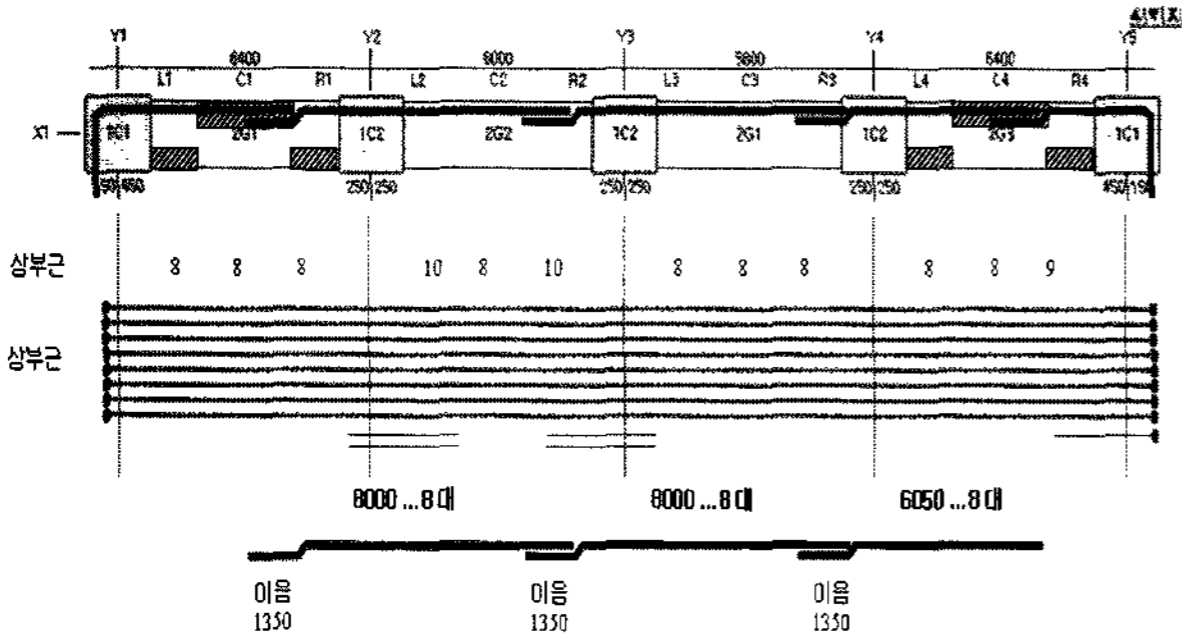


그림 12. Cut Bar에 대한 처리



- ◆ 총길이 24820 - 4835 - 3335 = 16,650 ... 양쪽으로 이음 1350 이 있으므로
- ◆ 16650 + 1350<이음길이> + 1350<이음길이> = 19350
- ◆ 19350 / 8000<정착길이> = 2.41875
- ◆ 정수부분 처리 : 2 추출 ... 즉 8000<정착> 2대 추출
- ◆ 소수부분 처리 : 19350 - 8000 * 2 + 이음길이<1350>*2 = 6050 추출

그림 13. 직선근 처리 및 중앙부 연결 철근 처리

3.5.2 기둥

보 철근에 비해 기둥철근의 물량은 비교적 간단히 계산될 수 있다. 구성된 평면의 각 노드부분의 기둥은 층 단위로 시공이 이루어지므로, 산출하고자 하는 층의 기둥과 상부로 연결되는 기둥의 정보를 이용하여 해당 층의 층 높이 그리고 주근 대수를 이용하여 주근의 물량을 산출한다. 이 때 연결되는 기둥의 철근과 연결되는 철근들은 콘크리트 강도에 따른 이음길이를 적용하여 산출하고, 연결되는 않는 철근들은 정착길이를 적용하여 물량을 산출하게 된다. 대근의 물량은 주어진 안목높이와 대근간격을 이용하여 대근의 대수를 산정하고, 기둥의 규격에서 피복두께를 제외한 가공형상을 적용하여 구한 기둥둘레 길이를 곱하여 산출한다.

3.5.3 슬래브 및 계단

슬래브와 계단의 경우는 주간대와 주열대로 구분하여 산출하고자 하는 철근 규격별 연결된 Span의 폭과 배근간격을 비교하여 대수를 산출하고, 배근되는 철근의 길이를 산정할 때 첫 철근을 갈고리 처리한 후 콘크리트 강도별 이음길이를 적용한 가공형상을 판단하여 그 길이를 산정함으로써 가공되는 철근의 물량을 산출한다.

3.6 시스템 특성

배근 시공상세도 작성 및 자동 물량 산출 시스템은 설계 도면을 전자파일형태로 입력받아 사용자 환경설정을 통하여 배근관련 정보를 입력하고, 입력된 값과 도면의 정보를 바탕으로 필요한 철근의 형상과 그 길이 값을 알고리즘을 바탕으로 추출해 내며, 동시에 배근 시공상세도를 작성해 주는 시스템이다. 본 시스템은 현장중심의 시공성을 고려한 가공형상별 철근 길이 값을 추출하는 알고리즘을 개발하여, 이에 따라 산출된 가공형상별 길이 값을 집계하고 물량을 산출하며 Bar List를

생성하게 된다. 또한 이 정보를 활용하여 집계와 동시에 배근 시공상세도를 자동으로 작성토록 하고 있다.

배근 시공상세도를 산출하는 과정에서 발생하는 철근의 물량 산출방식은 기존의 인력에 의한 산출방식에 비해 많은 차이점을 가지며 정리하면 표 2와 같다. 현장에서 사용하는 기존의 물량산출방식은 먼저 인력에 의하여 부재별 배근 상태를 판단하고, 그에 맞는 형상별 길이를 결정하고 시공 상세도를 작성 후 가공형상별 철근 규격별로 Bar list를 산출하며, 이러한 과정은 수기 또는 전산으로 처리된다. 반면에 가공철근에 의한 자동물량산출 방식은 도면에 표기된 자료를 이용하여 가공철근을 논리적으로 자동 추출 후 이를 집계하고, 동시에 시공 상세도를 작성하는 순서로 작업이 신속하게 이루어진다고 볼 수 있다. 즉 전문 인력의 판단에 의하여 가공형상을 판단하고 시공 상세도를 작성하는 것이 아니라, 형상과 철근의 대수 및 형상별 치수를 시공성 위주의 논리적인 알고리즘에 의해 설정된 조건과 입력된 자료에 따라 한꺼번에 처리하여 시공 상세도를 작성하는 동시에 자동으로 물량을 산출하는 방식이라 할 수 있다. 이는 현장에서 활용하는 기존 방식처럼 좀 더 정확한 철근 물량을 산출하되 그 과정을 보다 신속하게 처리할 수 있다는 것을 의미하며, 잦은 설계변경에 대한 대처가 가능해 진다는 장점이 있다.

표 2. 현장의 기존 물량산출 방식과 시스템을 통한 물량산출 방식의 비교

구분	현장의 기존 물량산출 방법	시스템을 통한 물량산출
WBS 적용범위	층 단위까지	층 하위로 부재별 배근 타입까지 분류
처리방식	수작업에 의한 형상추출 및 Shop drawing 작성	입력된 배근도와 구조평면 정보를 이용하여 논리적인 알고리즘에 의해 처리
Bar list	Shop drawing 작성 후 수작업 또는 전산처리에 의해 Bar list작성	자동으로 추출

그림 14. zone정보를 포함한 Bar-List 예

또한, 작성 프로그램에서 Zone정보를 입력함으로써 가공부재의 현장 입고시 송장에 의한 검수절차를 빠르게 진행할 수

있으며, 설치위치 파악을 통한 현장 내 운반용이 및 운반실수로 인한 시공 지연을 줄일 수 있을 것으로 기대된다. 그림 15는 Zone정보를 포함한 Bar-List의 예를 나타낸 것이다.

4. 결 론

철근공사 관리의 기본이 될 수 있는 철근물량산출 방식에 대한 지속적인 개선노력은 여전히 전문 인력의 투입과 수작업 등에 의존하는 기존의 전근대적인 물량산출방식의 틀을 벗어날 수 있는 기회를 제공할 수 있다. 본 연구는 이러한 노력의 일환으로 철근수량을 부재별/배근별로 가공형태에 따라 시공성을 고려한 이음 및 정착을 고려하여 보다 정확하고 신속하게 자동으로 물량을 산출할 수 있는 시스템 개발 기반을 구축하고, 이에 필요한 산출 알고리즘을 제시하여 보여주었다.

기존 방식들을 살펴보면 일반적으로 설계 및 계약물량은 할증처리나 극한강도 설계방식에 의해 산출이 이루어지며, 이들 방식들은 정확한 철근의 가공형태, 이음 및 정착, 피복두께 등을 고려하는 데 제한적이어서 정확성이 다소 떨어진다고 볼 수 있으며, 철근공사 계약 후 시공 상세도 작성에 의한 물량산출방식은 정착이나 이음을 고려하여 정확성은 높다 할 수 있으나, 시공 상세도를 작성하는 데 시간과 노력이 많이 소요된다는 단점이 있다. 이에 비해 배근시공상세도 산출 시스템은 현장중심의 시공성을 고려한 부재별/배근형태별 가공철근에 의한 물량을 알고리즘을 통해 자동으로 산출함으로써 정확성을 유지하며, 동시에 이를 신속하게 처리할 수 있는 장점을 가지고 있다. 이는 설계변경이 잦은 철근공사에 유연하게 대처할 수 있다는 의미도 갖게 된다.

또한, 제안하고자 하는 시스템은 설치위치정보를 배근시공상세도의 작성 전에 설정함으로써 시공자로 하여금 입고 및 가공된 철근의 설치위치 파악을 용이하게 하며, 검수시 설치위치 정보 확인을 통한 최적의 적하장 및 설치장소에 자재를 이동시킬 수 있어 현장 내 소운방 작업의 효율을 개선할 수 있을 것으로 예상된다. 그리고 현재는 웹을 통하지 않은 오프라인 시스템에서 작업이 진행되어 결과물을 출력하여 처리하여야 하지만 웹을 통한 온라인 서비스의 구축이 된다면 발주처/시공사/철근전문건설업체/가공공장 등의 다양한 최종사용자(End-User)가 구성이 되어 철근물량산출, 가공정보 및 위치정보등 다양한 결과를 제시할 것으로 판단된다. 또한 설계파일의 입력정보를 Dwg파일로 처리함에 있어 CAD파일의 버전이 상위버전으로 업그레이드(upgrade) 되었을 경우에 따른 호환성부분을 보완하기 위하여 자료가 공개된 2차원 CAD의 표준파일 Dxf의 활용방법도 고려되어야 할 것으로 판단된다. 이외 시공성 이외의 요소를 고려하여 철근 자재의 Loss율을 최소화할 수 있는 배근 알고리즘의 개발이나 배근형상에 대한 기준 마련 및 물량산출 비교등과 같은 현장 적용성 테스트 등 향후

철근공사 효율성 제고를 위해 연구가 지속적으로 이루어질 필요가 있다.

참 고 문 헌

1. 김광희, 박우열, 강경희, 국내 건축물 철근공사 품질·원가 개선을 위한 시스템 개발에 관한 연구, 대한건축학회논문집 구조계, 제18권 5호, pp. 121~129, 2002. 05.
2. 김석희, 임철순, 초고층 주상복합 골조공사의 공사비 예측모형에 관한 연구, 대한건축학회논문집 구조계, 제23권 7호, pp. 151~159, 2007. 07
3. 박우열, 조성수, 강경인, 유전자 알고리즘을 이용한 철근공사 배근상세 최적화에 관한 연구, 대한건축학회논문집 구조계, 제19권 10호, pp. 125~132, 2003. 10.
4. 임건순, 한승헌, 정도영, 유충규, 최석진, 원자재 조립·가공과정을 갖는 건설공사 프로세스의 적정 재공관리 방안에 관한 연구, 제9권 2호, pp. 187~198, 2008. 02.
5. 조훈희, 박우열, 강태경, 박현용, 윤석현, 허영기, 철근공사의 공장가공 현황분석과 활성화 방안, 한국건설관리학회논문집, 제8권 1호, pp. 57~65, 2007. 02.
6. 한국건설기술연구원, 건설공사 표준품셈, 한국건설기술연구원, 2008.
7. 한국콘크리트학회, 콘크리트구조설계기준, 한국콘크리트학회, 2004.
8. 함치선, 박종배, 박준규, 정재영, 김인한, CAD시스템을 이용한 공동주택 철근 시공상세도 및 물량산출시스템 개발에 관한 연구, 대한건축학회논문집 구조계, 제15권 8호, pp. 111~121, 1999. 08.
9. Lingguang Song, Simaan M. Abourizk, Virtual shop model for experimental planning of steel fabrication projects, Journal of computing in civil engineering, 20(5), pp. 308~316, 2006. 09.
10. Salim, Md, Leohard E. Benold, Design integrated process for re-bar placement, Journal of computing in civil engineering, 9(2), pp. 157~167, 1995. 04.