
철근 배근시공도 설계 자동화 프레임워크

A Framework for the Computer-aided Shop Drawing

맹승렬, 공헌택
공주대학교 공과대학 컴퓨터공학부

SeungRyol Maeng(sрмаeng@kongju.ac.kr), HeonTaek Gong(htgong@kongju.ac.kr)

요약

본 논문에서는 철근 배근시공도를 자동으로 생성하기 위한 CAD 소프트웨어 프레임워크를 제안한다. 철근 배근시공도는 콘크리트 구조물의 철근 배치계획을 나타내는 도면으로 시공명세와 설계규칙을 기반으로 구조도면 위에 작성되는데, 배근도 작성은 어느 정도 정형화된 작업흐름을 가지기 때문에 자동화가 가능하다.

설계 자동화 소프트웨어의 핵심은 사용자의 입력을 최소화하면서 설계명세를 자동으로 인식하여 도면의 모양과 크기, 위치 등을 결정하는 것이다. 그래픽 파이프라인을 시공명세 DB, 도면속성 추출, 속성 바인딩, 렌더링 단계로 구성하고, 속성 추출과 바인딩을 효과적으로 수행하기 위해 계층적 접근방법을 사용한다; 도면의 속성을 공통, 구조물, 도면 속성으로 구분하고 작업과정에서 자동으로 추출하며, 최종적으로 도형과 바인딩 한다. 이를 AutoCAD 환경에서 구현하였으며, 설계자의 요구에 따라 쉽게 프로그램을 수정할 수 있었다.

■ 중심어 : | 배근도 | 설계자동화 | 리바-리스트 | 소프트웨어 프레임워크 |

Abstract

In this paper, we propose a CAD software framework to automatically generate a shop drawing. Shop drawing is to draw the geometric figures representing an arrangement of steel bars for a concrete building on its structural design, based on its construction specifications and the design rules, and its well-formed process lead to be automated.

A key point of the design automation is to minimize the user interactions by automatically recognizing the design specifications and to finally generate the shape of the geometric figures. The graphic pipeline of the proposed framework consists of four stages; a specification DB, specification extraction, binding, and rendering. To effectively extract all specifications only for a figure from the DB and bind them to its shape, we use a hierarchical approach; the specifications are classified into three common, structural, and figure classes, and each attribute is extracted in design phases. Based on our framework, we implemented a specialized CAD for shop drawing using AutoCAD and could easily update it according to user's demands.

■ keyword : | Shop Dawing | Design Automation | Rebar-list | Software Framework |

I. 서론

배근시공도는 콘크리트 구조물에서 철근의 배열과

조립에 필요한 계획, 즉 모양, 길이, 위치, 개수를 그림과 표로 나타내는 도면이다. 이 도면은 건축물의 구조도면(structural design)을 바탕으로 시공시방서에 따라

* 본 논문은 2008년도 공주대학교 학술연구지원사업의 연구비지원에 의하여 연구되었음

접수번호 : #090805-006

접수일자 : 2009년 08월 5일

심사완료일 : 2009년 12월 03일

교신저자 : 맹승렬, e-mail : sрмаeng@kongju.ac.kr

작성되는데, 구조도면이 건축물의 공간구조와 공사시방을 명시하는 반면, 배근시공도는 철근의 배치계획을 나타낸다. 그림으로 표현된 철근의 배치계획은 철근배근도(shop drawing)이라 부르고, 철근의 구부림 명세를 정리한 일람표는 철근표(bar list)로 불린다. 전자는 공사현장에서 철근의 조립, 배근을 위한 것이고, 후자는 철근 가공을 위해 사용한다.

선진국의 경우는 모든 건축시공에서 구조물의 설계자로부터 배근시공도에 대한 검토와 승인을 받고서 시공하는 반면, 우리는 아직 철근을 아외에 적재하고 현장에서 가공하며 작업자가 직관적으로 배근하는 경우가 많다. 이 경우, 철근의 정확한 절단과 절곡 가공의 정밀도가 저하되고, 정밀한 조립이 불가능하게 되어 구조물에 균열이 발생하고 결국 구조물의 안전에 심각한 영향을 주게 된다. 또한 숙련 기술자의 인력난으로 인한 공기 지연 등의 경제적 손실이 야기할 수 있다[3]. 1995년 건설기술관리법에 의하면 시공 상세도의 일부로서 배근시공도의 작성을 의무화하고 있으므로 이러한 상황은 개선될 것으로 보인다.

그동안 국내에서 배근시공도가 작성되지 않는 이유는, 첫째 전문적인 기술자가 부족하고, 둘째 추가비용이 든다는 점이다. 구조도면과 시방서를 해석하여 배근시공도를 그리는 작업은 비용과 많은 시간이 소요된다. 따라서 배근시공도를 빠르게 작성할 수 있는 전문 CAD의 개발이 필요하다.

배근시공도 작성 시간을 줄이기 위한 방법 중 하나는 반복 작업을 범용 CAD의 매크로로 정의하는 것이다. 이 방법은 작은 단위의 반복 작업을 줄일 수 있지만 전체 작업 단계를 자동화하는 데는 한계가 있다[5]. 산업 현장에서 요구하는 고수준 설계 자동화 시스템을 개발하려는 시도 중 하나는 (주)아이언의 Speed shop이다 [6]. 그러나 프로그램 구조에 대한 논의는 다루어지지 않았고, 모든 속성을 도면 프리미티브에 동일하게 바인딩하는 방법을 사용하는데, 이는 프로그램 개발을 복잡하게 하고 수정이나 개선을 어렵게 하는 요인이 된다. 최근 제이엠디(주)와 라바테크(주)는 3D 배근 CAD, Marvel Shop과 Bar-Sys를 개발하였다[7][8]. 이 CAD는 자동화보다는 3D 표현에 중점을 두어, 배근도 표현

면에서는 고수준이고 설계결과를 사실적으로 보여준다는 장점은 있으나, 도면이 복잡하여 2D 도면을 사용하는 시공기술자에게는 오히려 부적절한 면이 있다.

2D 배근 시공도는 3D 도면과 달리 모든 철근 배치계획을 표시하지 않고 동일한 모양과 치수의 철근 도면에 대해서는 하나의 도면으로 표시하고 개수, 길이, 모양 등은 텍스트로 표시한다. 철근배근도를 2D로 설계하는 것은 구조도면과 일관성을 유지하고, 작업자 입장에서 3D보다 편리하기 때문이다.

본 논문에서는 사용자 개입을 최소화하면서 2D 배근시공도를 설계하도록 지원하는 설계 자동화 소프트웨어의 프레임워크를 제시한다. 도면의 모양과 치수를 결정하는 도면속성을 프리미티브 별로 구분하고 설계 프로세스와 프리미티브 종류에 따라 도면속성을 부분적으로 바인딩하는 전략을 사용한다. 이렇게 함으로써 프로그램이 간단해 지고, 프로그램의 수정과 보안을 쉽게 할 수 있다.

설계 자동화는 자동화 수준에 따라 다양한 접근 방법이 있을 수 있는데, 본 논문은 배근도 설계 시 가능한 한 사용자 인터랙션을 최소화하는 수준에서 자동화를 수행하는 것을 전제로 자동화 프로그램의 구조를 제시한다. 제안하는 프레임워크는 설계 자동화 프로그램 개발에서 배근시공도를 결정하는 시공명세 DB, 도면의 속성을 선택하는 모듈, 속성과 도면을 바인딩하는 모듈, 도형 렌더링 모듈로 구성된다.

다음 장에서는 배근시공도 자동화 요소를, 3장에서는 배근시공도 CAD의 프레임워크, 4장에서는 구현결과를 설명한다. 그리고 마지막으로 5절에서는 향후과제를 제시한다.

II. 배근시공도 설계 절차와 자동화 요소

1. 기존 배근시공도 설계절차 분석

배근시공도는 구조도면 설계 이후 구조도면 위에 작성되는데, 철근 배근도를 작성하고, 공장가공을 위한 리바-리스트를 작성하는 과정은 [그림 1]과 같다. 구조도면은 보통 설계도면이라 부르며 건축물의 공간구조를 2

차원으로 표시한 도면으로 기둥, 벽, 슬라브, 보, 기초 등에 대한 두께, 깊이, 길이 등과 시공명세에 대한 정보를 포함한다.

배근시공도 작성의 첫 단계는 구조도면을 범용 CAD 화면에 복사하는 것이다. 설계자는 AutoCAD와 같은 범용 CAD를 사용하여 구조도면과 시공명세를 작성하므로 배근시공도를 작성하기 위한 자료는 파일형태로 존재한다. 따라서 구조도면을 밑그림으로 배근도를 작성하기 위해 파일로부터 구조도면을 복사하게 된다. 그런데 배근시공도 작성은 보, 기둥, 벽 등에 대해 부분 단위로 설계되는 점에 유의해야 한다. 예를 들면, 입력단계에서 보여주는 구조도면은 양쪽 벽에 걸쳐있는 보의 평면도로 하나의 보가 보 배근도 작성의 기본 단위가 된다.

철근배근도 작성을 위한 두 번째 데이터는 시공명세이다. 이는 철근의 두께, 영역별 철근 개수, 배열 등을 기술하고 있는데, 자세히 보면 하나의 보에는 여러 층(layer)의 철근이 시공되고, 이 층수와 철근 직경이 보마다 다를 수 있다. 이 작업이 모든 철근에 대해 동일하게 반복되기 때문에 보통 매크로를 정의하여 사용한다. 일반적으로 시공명세는 매우 복잡하여 이를 해석하는데는 상당한 경험과 기술이 필요하다. 슬라브, 기둥, 기초, 벽과 같은 구조물도 같은 방법으로 시공명세가 기술된다.

처리단계는 구조도면을 복사한 후 설계자는 구조도면 철근 도형을 그리기 위해 필요한 계산을 수행하는 단계이다. 시공명세를 해석하고 배근규칙을 적용하여 철근의 도형형태, 길이, 개수, 위치, 텍스트 등을 계산한다. 예를 들면, 설계자가 철근을 도형으로 표현하기 위해서는 도형의 정점을 대화적으로 입력해야 하는데, 그러기 위해서는 배근규칙에 따라 현재의 철근 직경과 철근의 위치에 따른 도형의 시작점과 끝점 계산, 철근의 끝 모양 결정, 끝 모양의 길이, 개수, 등을 계산해야 한다.

표준 배근규칙은 많은 부분이 건축물의 안전과 관련되어 있다[4]. 예를 들면, 철근의 직경별 이음길이, 정착 길이 등은 건축물 길이 등을 고려해서 일일이 작업자가 계산하여야 한다. 실제로 배근시공도를 작성하다보면 이러한 부분에서 계산시간이 많이 걸리며 작업오류가

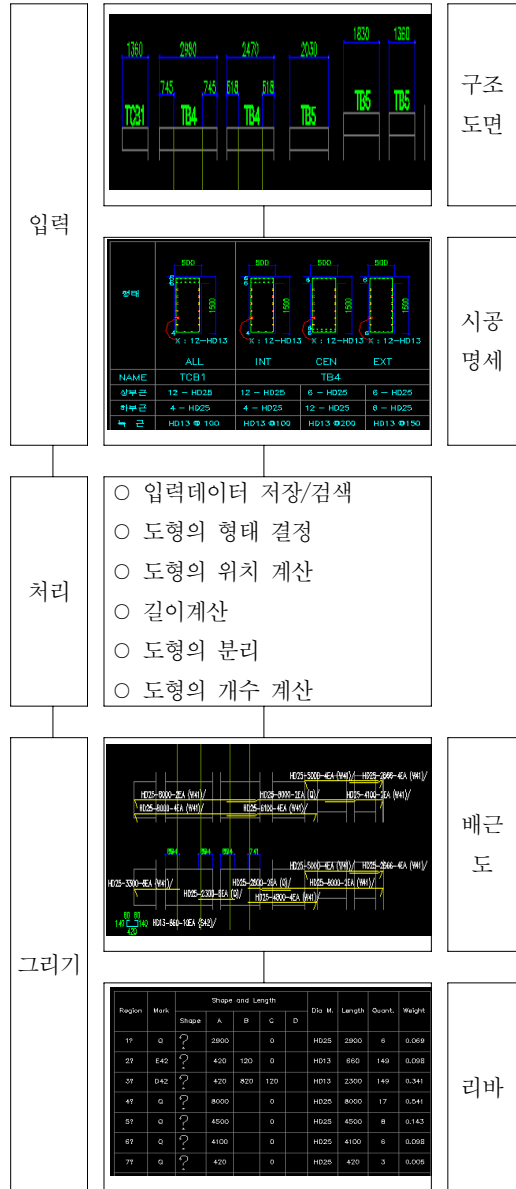


그림 1. 철근 배근도 설계과정

발생한다. 일부 배근규칙은 안전도 범위에서 경제적인 측면을 고려한 규칙도 있다. 예를 들면, 하나의 철근을 두 개의 잔여 철근으로 배근하면, 잔여 철근을 재사용할 수 있으므로 철근을 경제적으로 사용할 수 있다. 현장에서는 이러한 규칙이 의외로 중요한 요소이다.

마지막 단계는 그리기 단계이다. 입력과 처리단계를

거치면서 도형의 종류, 모양, 치수, 개수, 텍스트 등이 결정되므로 이를 그래픽 소프트웨어가 제공하는 프리미티브 함수에 적용하여 대화적으로 도형을 그린다. AutoCAD의 경우 도면 작성에 필요한 여러 표준 도형이 프리미티브 함수로 정의되어 있고, 정의된 매크로는 메뉴에 등록할 수 있는 사용자화 방법을 지원한다.

그리기 단계의 마지막 작업은 설계된 철근배근도를 이용하여 리바-리스트를 작성하는 것이다. 앞서 언급한 바와 같이 배근시공도는 철근을 가설하는데 기준이 되지만 철근을 가공하는 데는 적절한 형태가 아니다. 철근을 가공할 때는 철근의 직경, 모양, 길이, 개수가 중요하므로 배근 시공도와 시공명세를 참고하여 이러한 정보를 추출하고 범용 CAD의 표 만들기 기능으로 표를 완성한다. 이 리바-리스트는 후에 가공공장으로 전송되어 철근의 가공시기와 전체 물량을 계산하는데 사용된다[1].

2. 배근시공도 자동화 요소

여기서는 앞의 설계절차를 토대로 자동화가 필요한 요소에 대해 살펴본다. 배근시공도 작성용 CAD를 개발할 때 자동화 부분은 작업의 편의성, 오류발생 가능성, 작업의 반복성 등을 고려하여 결정한다.

먼저 일반적인 대화형 설계 시스템을 생각해 보자. 사용자는 대화적으로 기본 도형의 종류를 선택하고, 도형의 굵기와 색 등의 속성을 지정하며, 마지막으로 도형의 위치를 지정한 후 크기를 조절하여 도면을 작성하게 된다. 메뉴를 기반으로 할 때, 기본 도형이 메뉴에 나열되어 있고 사용자는 일일이 메뉴를 선택하므로 도형을 하나 그리는 데도 많은 시간이 걸린다. 물론 단축키가 있어 숙련자는 작업속도를 단축할 수 있으나, 여전히 인터랙션의 횟수는 줄지 않는다. 마우스를 이용하여 좌표를 입력할 때도 한 번에 정확한 위치를 지정하기 위해서는 숙련이 필요하다.

첫 번째 자동화 요소는 설계정보를 자동 입력하는 것이다. 앞 절에서 살펴본 바와 같이 입력단계에서는 설계에 필요한 정보를 입력하는데 이 정보는 [표 1]과 같이 매우 다양하고 많다. 이 데이터는 대부분 모든 건축물에 동일하게 적용되지만 특정 건축물에 한해서만 적용되는

표 1. 철근 배근도 설계 속성

속성명	의미
도면종류	도면 도형의 구분, 철근,보조,텍스트,치수 등
철근 구분	일반강도, 고강도
직경	철근의 직경
상부하부근	철근의 층을 상하로 구분
이음길이	철근의 이음길이
분리철근	강제 분리 길이
피복길이	철근과 외벽의 여백
장철길이	고정 철근길이
가변장철	가변 철근길이
정착길이	내벽에 덧대는 길이
올림길이	철근길이 올림치수
후크각도	끝모양 각도
후크길이	끝모양 길이
강제분리	강제분리여부
단	단위 구조물을 배근 영역으로 구분,
보조늑근	주철근 보조
보조늑근 종류	보조철근 종류
보조늑근 개수	보조철근의 개수
철근의 길이	철근 도형의 길이
철근의 각도	철근의 기울기
단철근	상하단 철근 수
철근간격	철근간격
단가중치	단위 구조물의 영역구분 가중치
늑근타입	보조철근의 형태

데이터도 있다. 또한 하나의 건축물에 대한 배근시공도를 작성하는 경우라도 보, 슬라브, 기둥 등 구조물의 종류에 따라 각각 적용되는 배근속성이 다르다.

그러나 대화형 설계 시스템으로 배근도를 설계하는 경우 작업자는 항상 많은 데이터를 기억해야 하고, 반복해서 입력해야하므로 작업의 능률을 떨어뜨리게 된다. 특히 입력해야하는 배근속성이 많은 경우 입력오류를 야기할 가능성이 높아지므로, 매번 입력하지 않고 저장한 후 재사용한다면 이런 문제를 해결할 수 있다.

두 번째 자동화 요소는 전체 속성 중에서 특정 도면에 적용될 부분 속성만을 추출하는 것이다. 범용 대화형 CAD를 사용하여 배근도면을 설계하는 경우, 배근도면을 구성하는 도형도 기본 도형의 범위를 넘지 않는다. 다만 도면의 좌표를 결정할 때, 단순히 모양에 중점을 둔 좌표선정이 아니라 건축물의 구조적 특성과 안전

성을 고려해야 하므로 전문적인 배근규칙에 따라 정해진다. 그런데 이 배근규칙은 많은 배근속성에 의해 결정되기 때문에 대화적으로 도형을 그리기 전에 계산하고 고려할 사항이 많다. 따라서 부분 속성의 추출과 배근규칙 적용을 자동화하면 설계 시간을 줄일 수 있다.

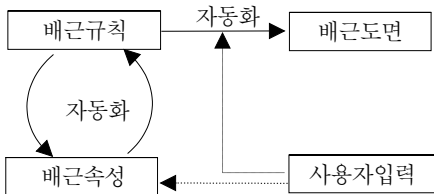


그림 2. 배근도 CAD의 설계 자동화 개념

세 번째 자동화 요소는 도형의 모양과 위치를 자동 계산하는 것이다. 배근 도형의 위치와 길이는 입력좌표에 의해 결정되지만 많은 경우는 구조도면의 해석과 배근규칙에 의해 계산된다. 또 어떤 경우는 입력좌표에 의해 결정된 배근 도형의 길이를 강제로 나누거나, 합치거나, 반올림하거나, 절삭해야 하는 경우도 있다. 배근도에서는 철근의 위치와 형태가 같으면 가독성을 위해 하나의 선분으로 그리고 개수를 텍스트로 표시하는데, 이 경우 동일한 배근을 탐색하고 개수를 세는 연산을 수행해야 한다. 이런 연산도 처리부분도 자동화해야 하는 부분이다.

[그림 2]는 자동화 요소가 반영된 설계 시스템의 개념을 나타낸다. 모든 배근속성을 재사용하도록 저장하고, 사용자가 선택하는 도면의 종류에 따라 부분 속성을 추출하며, 배근규칙을 적용하여 자동으로 도면을 완성하는 과정을 나타낸다. 도면의 종류에 따라 배근규칙을 프로그램 코드로 구현함으로써 기존 대화형 CAD와 달리 배근도를 자동으로 생성할 수 있다.

네 번째 자동화 부분은 리버-리스트를 작성하는 작업이다. 리버-리스트 작성은 배근도면이 완성된 후 도면에 그려진 철근을 배근의 모양, 치수, 직경에 따라 표로 집계하는 작업이다. 설계자가 일일이 도면의 배근형태를 조사하여야 하므로 시간이 많이 걸리고, 오류의 가능성이 있다.

다음 장에서는 이들 세 가지 자동화 요소를 구현하기

위한 소프트웨어 프레임워크를 제시한다. 여기에는 설계 자동화 모형, 소프트웨어 구조, 그리고 도면 종류별 부분 속성 추출방법이 포함된다.

III. 철근 배근시공도 설계 자동화 프레임워크

1. 배근도 설계 자동화 모형

제 2장에서 설명한 바와 같이 범용 CAD를 이용하여 배근 시공도면을 작성하는 기존 방법은 숙련자 입장에서 어느 정도 정형화되어 있지만, 이 과정을 자동화하는 방법은 자동화의 수준과 시스템화하는 방법에 따라 다를 수 있다. 본 절에서는 배근도 설계 자동화 모형을 제시하고, 이를 토대로 한 소프트웨어 구성을 방법은 다음 절에서 설명한다.



그림 3. 철근 배근도 설계 자동화 흐름

본 논문에서 제시하는 자동화 프레임워크의 그래픽 파이프라인은 속성추출, 도형과 속성 바인딩, 렌더링으로 구성된다. 여기서 특정 도면의 속성을 효과적으로 추출하고 바인딩 하기위한 기본 아이디어는 도면 전체 프리미티브의 속성을 공통 속성과 구조물 속성, 도면 속성으로 구분하고 계층적으로 접근하는 방법이다. 이를 요약하면, [그림 3]과 같이 배근규칙을 적용하기 전에 구조물의 종류와 도면의 종류가 결정된 후 전체속성에서 공통속성, 구조물 특성, 도면 속성을 추출하는 과정을 거친다. 이렇게 하면 프리미티브 컴포넌트를 계층적으로 구성할 수 있어 자동화 프로그램의 구조가 단순화되고, 기능의 추가나 수정이 용이해진다.

전체 도면속성은 [표 1]에 예시한 것처럼 배근도를 설계하는데 필요한 모든 속성을 의미하며, [그림 3]의 전체 도면속성 설정 단계는 시공명세에서 요구하는 내

용과 배근규칙에 따라 적용될 데이터, 철근 가공을 위한 데이터를 기반으로 속성값을 입력하는 단계이다. 이 전체속성은 아파트 건축과 같이 하나의 작업환경에서는 모든 구조물에 반복적으로 동일하게 적용되는 특징이 있다. 수작업으로 진행하는 기존의 배근도 설계에서는 이 전체 속성은 시공명세, 설계자의 경험과 지식으로 존재하지만 자동화 시스템에서는 하나의 지식기반 데이터로 저장되며, 필요할 때 부분적으로 인출되어 도면을 자동으로 생성하는데 사용된다.

다음 단계는 배근도를 설계하기 위해 기초 도면을 준비하는 단계이다. 배근도는 구조도면 위에 작성되므로 전체 구조도면에서 구조물 종류별, 즉 기초, 벽, 보, 슬라브 등의 도면별로 구분하여 복사한다. 이 때, 구조물의 종류가 결정되고, 전체 속성에서 구조물 종류에 종속된 속성을 추출할 수 있다.

구조물 속성 추출 단계는 현재 그려지는 구조물에 적용될 속성을 추출하는 단계이다. 보 구조물을 예로 들면, 하나의 보는 여러 층의 철근이 배치되는데 각 층에 대해 철근의 수와 직경이 다르며, 또 철근을 이어서 설치하는 경우 직경에 따라 중첩되는 길이가 다르다.

도면 속성은 프리미티브 도형에 따라 적용될 배근명세와 지식 데이터를 인출한다. 예를 들면, 보 구조물의 주철근은 다중선분으로 그려지므로 길이, 위치, 모양, 다중선분의 분리 여부, 개수 등을 결정하는 속성만을 추출한다.

마지막으로 도면 프리미티브를 렌더링하기 위해 필요한 부수적인 계산을 수행하고 이를 도형으로 표시한다. 이 계산은 앞의 단계에서 지정한 속성에 따라 이루어지며, 기하학적인 문제가 대부분을 차지한다. 주철근을 예로 들면, 주철근을 나타내는 다중선분의 정점좌표 계산, 주철근 끝 모양 속성에 따른 정점의 추가, 분리 선분의 좌표, 분리된 다중 선분들의 길이 계산 등이 있다. 보조철근의 예는, 구조물 속성으로부터 획득한 보의 두께 속성을 이용하여 주철근을 감싸는 보조철근의 길이 계산, 보조철근의 간격과 개수 계산, 주철근을 지탱하는 보조대근의 길이계산 등이 있다.

다음 절에서는 [그림 3]이 제시하는 자동화 모형을 전제로 설계자동화 프로그램을 구현하기 위한 소프트

웨어 구조를 설명한다.

2. 배근도 설계 자동화 CAD의 소프트웨어 구조

앞절에서 제시한 자동화 모형을 소프트웨어에 반영하기 위해 속성의 추출과 도면 렌더링 과정을 분리하여 [그림 4]와 같이 계층적으로 소프트웨어를 구성한다. 물론, 이러한 구조의 자동화 소프트웨어를 구현하기 위해서는 도면의 형태, 위치, 크기, 개수 등을 결정하는 속성을 공통속성, 구조물 속성, 도면 속성으로 구분하고 자료형을 분석하는 작업이 선행되어야 하는데, 본 논문에서는 소프트웨어 구조에 중점을 둬서 구체적인 설명은 생략한다.

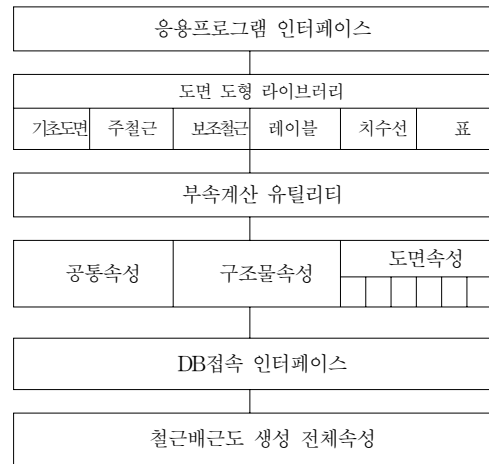


그림 4. 배근도 설계자동화 S/W 구조

하단의 DB 인터페이스와 속성추출 모듈은 속성의 분류별로 존재하며, 전체 속성 DB에 접근하여 해당 속성만을 추출하는 함수이다. 공통 속성 인터페이스는 모든 도면 설계에 적용되는 속성만을 추출하고, 구조물 속성은 설계하고 있는 구조물의 종류에 따라 해당 구조물에만 적용되는 속성을 추출한다. 마지막으로 도면 속성 인터페이스는 설계하는 도면의 특정 프리미티브에 해당하는 속성만을 추출하는데, 도면의 프리미티브는 기초도면 도형, 주철근 도형, 보조철근 도형, 레이블 도형, 치수선 도형, 그리고 사이드-바를 위한 테이블 도형에 대한 속성을 추출하는 함수로 이루어진다.

각 종류별 속성이 결정되면 이 속성들은 사용자가 입력하는 좌표정보와 함께 도면의 수치 정보를 자동 계산하는데 사용된다. 여기서 도형의 수치정보를 계산하기 위해 부수적인 계산이 필요한 경우가 많은데 이를 지원하는 유틸리티 함수를 별도로 정의하여 라이브러리화하면 소프트웨어 개발이 쉽고, 확장성을 높일 수 있다.

[그림 4]에서 도면 도형 라이브러리는 하위 단계에서 계산된 속성정보와 부속계산 함수로부터 얻어진 결과를 이용하여 완전한 도형정보를 구성하고 이를 도면으로 렌더링하는 함수이다. 이 렌더링 함수의 원형을 잘 정의함으로써 쉽게 자동화 프로그램을 구현할 수 있다.

다음 절에서는 [그림 4]의 소프트웨어 구조를 기반으로 속성 DB 추출함수의 원형과 도면 도형함수의 원형을 정의한다.

3. 배근도 자동설계 프로그램의 인터페이스 명세

앞 절에서 살펴본 바와 같이 배근도 설계 자동화 프로그램을 효과적으로 개발하는 방법은 구조화되고, 잘 정의된 라이브러리 함수를 계층적으로 결합하는 것이다. 본 절에서는 [그림 4]의 프로그램 구조를 기반으로 설계 자동화 프로그램을 개발하기 위한 인터페이스 명세를 기술한다.

속성 추출 함수의 기능은 전체 배근속성 DB로부터 해당 클래스에 속하는 속성만을 추출하는 기능을 수행하므로 공통속성, 구조물속성, 그리고 도면속성을 추출하는 각각의 함수에 대한 인터페이스 명세는 [표 2]와 같이 정의할 수 있다.

도면의 기본 도형을 결정하는 좌표를 계산하기 위해서는 여러 부속 계산함수가 필요한데, 이들에 대한 입력 데이터는 보통 사용자 입력좌표와 추출된 속성정보이다. [표 3]은 대표적인 부속 함수의 예를 보여준다.

도면 도형 라이브러리 함수는 사용자가 대화적으로 입력하는 좌표정보와 자동으로 추출된 속성정보를 기반으로 도면 도형을 출력하는 기능을 수행한다. 따라서 도면을 구성하는 기본 도형에 대해 응용 프로그램 인터페이스를 [표 4]와 같이 정의할 수 있다. 여기에 포함된 도형함수들은 도면을 설계하는데 사용되는 기본 도형들이다.

표 2. 속성추출 DB 접속 인터페이스

클래스	기능	함수원형	입력	출력
공통	공통속성	CommonAttr()	속성코드	속성리스트
구조물	벽 속성 기둥 속성 슬라브 속성 기초 속성 보 속성	WallAttr() PillarAttr() SlabAttr() UnderAttr() BeamAttr()	속성코드	속성리스트
도형	구조도면속성 주철근속성 부철근속성 텍스트속성 치수선속성	BaseDrawAttr() MainStAttr() SubStAttr() LabelAttr() MetrLineAttr()	속성코드	속성리스트

표 3. 부속계산 함수 예

클래스	기능	함수원형	입력	출력
정점	기본도형정점	VertexFrom() VetrByLine() VertexAuto() VertexList()	정점, 벡터, 거리 라인, 간격 도면길이, 철근간격 정점	정점좌표 정점좌표 정점좌표 좌표리스트
라인	동일라인 수 라인절단 라인길이 정점추가 좌표재설정 라인탐색	LineCount() LineCut() LineLength() AddVertex() Reassign() SameLine()	정점, 라인타입 배근규칙, 절단길이 정점리스트 정점리스트, 정점 정점리스트 리스트1, 리스트2	라인 수 리스트의 리스트 라인길이 정점리스트 정점리스트 불린값
텍스트	텍스트생성 텍스트해석	EncodeText() DecodeText()	철근형, 직경, 숫, 용도 스트링	스트링 철근형, 직경, 숫자, 용도

표 4. 도면 도형 프리미티브 함수

클래스	기능	함수원형	입력	출력
라인	수평배근 수직배근	Polyline() Arc() Circle()	정점리스트 시작, 끝, 중심 중심, 반지름	선분 원호 원
마커	라인경계	PolyMark()	정점리스트	마커
다각형	도면단면 끝모양	Polygon()	정점리스트	다각형
치수도형	도면치수	Metric()	정점쌍	화살표
표만들기	리바	Table()	행열 수	표
텍스트	선분라벨	Label()	문자열좌표	문자열

IV. 구현 결과 및 분석

1. AutoCAD의 응용 프로그램 개발환경

철근 배근도 CAD의 기능을 구현하는데 있어 중요한

고려사항은 기존의 건축물 설계과정 및 결과에 연동하는 것이다. AutoCAD는 산업계에서 건축물 설계 시 많이 사용하는 CAD중 하나이므로 이를 기반으로 제안하는 자동화 프레임워크를 구현하였다.

AutoCAD 응용 프로그램을 개발하는 방법은 두 가지로 나눌 수 있다. 첫째는 비주얼베이직 응용 프로그램에서 AutoCAD를 임베드하여 동작시키는 방법, 둘째는 AutoCAD에서 VBA를 동작시키는 방법이다. 첫 번째 방법은 VB 프로젝트가 주프로그램이 되고 AutoCAD를 보조 수단으로 사용하는 방법으로, AutoCAD 객체를 참조하여 독립프로그램으로 CAD 기능을 제어하는 방법이다. 사용자 컴퓨터에 AutoCAD 객체 라이브러리를 설치해야 하며, 다른 객체와 충돌할 가능성 때문에 안정적이지 못한 방법이다. 반면, 두 번째 방법은 비주얼베이직을 AutoCAD에 중속시키는 방법으로 AutoCAD를 먼저 수행시키고, 여기서 제공하는 VB 기능을 사용한다. 이 방법은 처리속도가 빠르고, CAD와 자료를 쉽게 공유할 수 있으며, 다른 응용 프로그램, MS word, Exel 등과도 쉽게 연동할 수 있는 장점이 있다[5]. 본 연구에서는 구조도면의 처리와 일관성을 유지하기 위해 두 번째 접근방법으로 배근도 CAD를 구현하였다.

[그림 5]는 제안하는 설계 자동화 프레임워크를 구현할 AutoCAD 윈도우버전의 통합적 프로그래밍 환경을 보여준다. AutoCAD 윈도우즈 버전은 MS윈도우 시스템에서 동작하므로 프리미티브 함수들은 AutoCAD 라이브러리 함수를 통해 MS의 저수준 그래픽 라이브러리와 바인딩 된다.

철근 배근 CAD 응용프로그램		
Primitive Functions		사용자인터페이스
AutoCAD	AccessDB	VB
윈도우즈		그래픽 라이브러리

그림 5. 철근 배근 CAD 응용프로그램의 계층구조

2. 배근도 설계자동화 CAD구현

사용자 인터페이스는 배근 설계자가 시스템에 접근하는 통로로서 사용자의 작업환경과 밀접한 관계를 가진다. MS 윈도우를 기반으로 설계자동화 프로그램을 개발하기 위해 입력화면 설계는 AutoCAD에 임베드되어 있는 비주얼베이직 컨트롤을 사용한다[2].

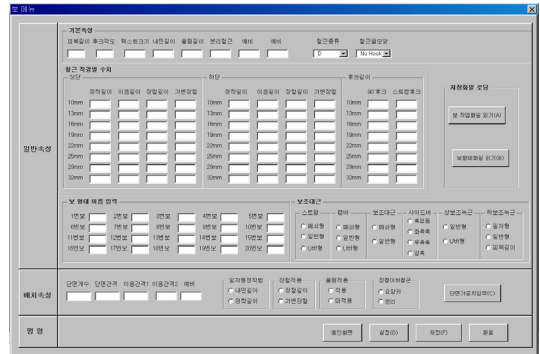


그림 6. 배근시공도 CAD의 사용자 인터페이스

설계자는 먼저 AutoCAD 작업화면에서 구조도면 작업을 수행하고, 배근작업을 수행하고자 할 때는 배근도 사용자 입력화면을 이용하여 배근도 자동 설계작업을 진행한다. [그림 6]은 보 구조물 설계를 위한 사용자 인터페이스를 보여주는데, 여기에는 [표 1]의 배근속성이 모두 포함된다. 배근속성을 일반속성과 도면 배치속성으로 나누어 배열하였다. 일반속성은 배근도 도형을 결정하고, 렌더링하는데 필요한 속성이며, 배치속성은 화면에 배근도를 배열하기 위한 속성이다.

설계자는 입력 폼의 각 컨트롤에 해당 데이터를 입력하고, 저장 버튼을 클릭하면 모든 속성값을 저장할 수 있다. 저장된 속성값을 재사용하고자 하면 우측 작업화일 읽기 버튼으로 모든 속성값을 설정할 수 있다. 모든 속성값이 설정되어 추가입력이 필요하지 않으면, 설정 버튼을 클릭한다. 이 버튼의 조작으로 모든 컨트롤의 입력값이 광역변수에 할당된다. 마지막으로 완료 버튼을 클릭하면 프로그램 제어가 AutoCAD로 넘어가고 AutoCAD로부터 이벤트 발생 메시지를 받을 때까지 배근도 자동설계 프로그램은 대기상태로 들어간다. 설계자가 AutoCAD 작업 화면에서 클릭 이벤트를 발생하면 AutoCAD는 이벤트를 캡처하여, 대기중이던 VBA 응

용 프로그램, 즉 설계 자동화 프로그램으로 전송하게 되고, 설계규칙에 따라 배근도 도면을 그리게 된다.

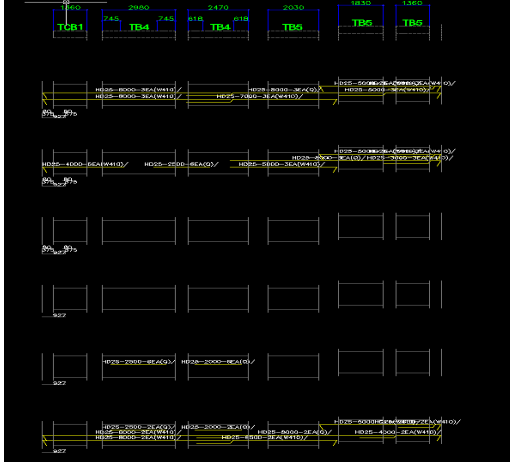


그림 7. 배근시공도 CAD를 이용한 배근시공도 설계

[그림 7]은 배근도 설계 자동화 CAD에 의해 자동으로 설계된 배근도를 보여준다. 배근도의 회색도면은 구조도면, 노란색 선분은 철근을, 흰색은 텍스트를, 파란색은 치수선을 각각 나타낸다.

한편, 텍스트 정보는 철근 가공 집계표인 리바-리스트를 자동 생성하는데 입력 자료로 사용된다. 한 화면의 도면이 완성되면 설계자는 도면내의 모든 텍스트를 그룹핑하여 리바-리스트 생성 프로그램으로 전달하면, 텍스트를 직경, 길이, 형태, 개수 정보로 분리하여 [그림 8]과 같은 표로 나타낸다.

Region	Mark	Shape and Length				Dia M.	Length	Quant.	Weight
		Shape	A	B	C				
1#	Q		2900		0	HD25	2900	6	0.069
2#	E42		420	120	0	HD13	660	149	0.098
3#	D42		420	820	120	HD13	2300	149	0.341
4#	q		8000		0	HD25	8000	17	0.541
5#	q		4500		0	HD25	4500	8	0.143
6#	q		4100		0	HD25	4100	6	0.098
7#	q		420		0	HD25	420	3	0.006

그림 8. 배근시공도를 집계한 리바-리스트

3. 구현결과의 분석

제안하는 프레임워크의 특징은 속성의 설정과 이를 프리미티브 도형에 바인딩하는 과정을 분리하여 계층적으로 구성하는 것이다. 대화형 그래픽 도구는 그래픽 라이브러리 구현과 달리 작업자의 동작으로부터 프리미티브 속성을 단계별로 자동 추출하는 것이 자연스러운데 이를 구현하는 방법이 계층적 속성추출 방법이다. 이렇게 함으로서 일반적으로 프로그램의 모듈화와 계층화가 가지는 장점을 얻을 수 있다.

표 5. 기존 설계 자동화 CAD와의 비교

프로그램 명	범위	주용도	자동화율	확장성
제안 프레임워크	2D	배근도,리바	100%	3D
Speed Shop	2D	수치계산,리바	60%	2D
Marvel Shop	3D	배근도,리바	50%	2D

현재까지 배근도 설계 프로그램의 효과적 구현 방법에 대한 학술적 고찰은 보고되어 있지 않기 때문에 개략적 비교가 곤란한 점이 아쉽다. 다만 현재까지 개발된 설계 자동화 CAD를 사용범위, 특징, 장단점 측면에서 비교하면 [표 5]와 같다. 특이점은 원래 3D 배근도를 2D로 표현하는 2D 자동화가 3D 자동화 보다 쉽다는 점이다. 차원을 줄임으로써 기하학적 문제는 더 복잡해 질 수 있다.

앞서 언급한 바와 같이 배근도를 설계하는 가장 큰 목적은 시공을 위한 것이지만, 때로는 일반인의 이해를 돕기 위해 2D보다 3D 배근도가 필요한 경우가 있다. 이 경우도 제안하는 프레임워크를 적용할 수 있을 것으로 기대한다.

V. 결론 및 향후과제

본 논문에서 제안하는 설계 자동화 프레임워크의 핵심은 자동화 과정에서 필수적인 속성 바인딩을 설계 공정별로 구분하고, 계층화하여 소프트웨어를 구성하는 것이다. 도면을 결정하는 100여개의 속성을 공통속성, 구조물속성, 도면 속성으로 구분하고, 이들의 값을 설

계공정에서 획득한 후, 그래픽 파이프라인의 최종 단계에서 각 도면 프리미티브에 바인딩한다. 이렇게 함으로써 설계규칙에 적용되는 속성을 구분하기 쉽고, 도면 프리미티브 구현이 용이해 진다.

본 논문의 의의는 배근도 자동 설계 CAD의 구조에 대해 학술적으로 다루었다는 점이다. 현재까지 몇 개의 자동 설계 CAD가 개발되었으나 소프트웨어 구조에 대한 논의가 체계적으로 다루어지지 않았다. AutoCAD를 이용하여 제안하는 프레임워크를 구현하였으며, 이를 산업현장에 적용한 결과 설계속도가 향상되었으며, 설계의 피로도를 경감할 수 있었다.

철근 배근도 CAD를 개발하는 데는 많은 기하학적인 문제가 있다. 본 연구의 범위는 시공자 중심의 2D 설계이었으나, 산업계에서는 부분적으로 사용자 중심의 3D 변환을 요구하고 있으므로 2D 설계도를 3D로 변환하는 연구도 필요하다. 이를 위해서는 좀더 체계적으로 기하학적인 문제를 다룰 필요가 하고, 별도의 연구과제로 남겨둔다.

참 고 문 헌

- [1] 김동지, 김옥중, “철근공사 공장가공 합리화 방안”, 대한건축공학회 학술발표논문집, 제24권, 제1호, pp.419-422, 2004.
- [2] 고용남, *비주얼베이직 프로그래밍*, 한빛미디어, 2007.
- [3] 대한주택공사 주택연구소, *철근콘크리트조의 배근시공도 작성 실무*, 기문당, 2006.
- [4] 안주욱, 서영갑, *철근 콘크리트 공학*, 사이텍미디어, 2007.
- [5] Joe Sutphin, *AutoCAD 2006 VBA-A Programmer's Reference*, Apress, 2005.
- [6] <http://www.e-iron.co.kr>
- [7] <http://www.jmdeng.co.kr>
- [8] <http://www.rebartech.co.kr>

저 자 소 개

맹 승 렬(SeungRyol, Maeng)

정회원



- 1984년 2월 : 충남대학교 전산학과(공학사)
- 2004년 2월 : KAIST 전산학과(공학박사)
- 1984년 9월 ~ 1994년 3월 : 한국표준과학연구원 선임연구원
- 1994년 3월 ~ 현재 : 공주대학교 컴퓨터학부 교수 <관심분야> : 컴퓨터그래픽스, 지리정보시스템, 계산기하학

공 헌 택(HeonTag Kong)

정회원



- 1984년 5월 : Northeast Missouri State University 전산학과(학사)
- 1987년 12월 : Utah State University 전산학과(석사)
- 1998년 2월 : 단국대학교대학원 전산학과(박사)
- 1988년 1월 ~ 1990년 3월 : 한국국방연구원 연구원
- 1990년 4월 ~ 현재 : 공주대학교 컴퓨터학부 교수 <관심분야> : 병렬처리 알고리즘, 객체지향 데이터베이스