

전기집진기 설계 소프트웨어 개발
(Development of Software for Electrostatic Precipitator Design)

조현덕*, 박기서**, 양민양***

*경북산업대학교 기계공학과, **한국 코트렐(주), ***한국과학기술원 정밀공학과

ABSTRACT

Electrostatic precipitator is the equipment that separates dust particles from the gas in which they are suspended. Specially, in establishing industrial electrostatic precipitator, corporations would send to a customer technical papers to accept an order. And, they design detail drawing after accept an order. Then, since the basic technical design of electrostatic precipitator is very complex, it takes long time. Thus, for competitiveness in these industries, the development of software about technical design is important. In this study, the developed software is called 'KOCO', the simpler form for K0rea C0ttrell Co. Ltd., deals with a basic technical design of industrial electrostatic precipitator. From using the software, design time was very short, design errors reduced largely, and the standardization of design could be carried out.

Key Words: Electrostatic Precipitator(전기집진기), Loading Data(작용력 데이터), Discharge Electrode
(방전극), Collecting Electrode(집진극), KOCO(본 연구의 소프트웨어 명칭)

1. 서 론

세계적으로 환경보호에 대한 관심이 급증하고 있는 현재, 대기오염 방지시설인 전기집진기(electrostatic precipitator)의 설치가 증가하고 있다. 전기집진기는 1906년 F.G. Cottrell에 의해 최초로 실용화되었으며, 크게 미국식과 유럽식의 두 형태로 대별되고 있다. 각각의 시스템을 개발해 온 미국의 Cottrell사와 유럽의 Lurgi사의 기술개발력에 의한 기초설계의 도움을 받아 여러 제작사가 제품을 설치하여 왔다. 특히 최근에는 동일한 집진기 규격에서 각종 성능의 향상을 피하기 위한 각종 기술개발이 이루어지고 있으며, 적용 분야의 확대로 인해 분진특성에 대한 연구, 주 처리 설비와의 통합 운영 시스템의 연구, 분진 이송설비의 자동화등에 관한 연구등이 병행되고 있다. 또한 새로운 형상의 방전극 개발이나 탈분진 설비의 설계는 집진 대상 분진의 물리적 화학적 특성과 연관되므로 이에 대한 연구도 활발하게 이루어지고 있다.

전기식 집진기란 직류 고전압에 의하여 코로나 방전(corona discharge)을 발생시켜 가스(gas)중의 입자가 대전

토록하여 대전입자를 전기장내에서 전기력에 의해 가스(gas)와 분리하는 작용으로 입자를 정전기력에 의해 포집하는 기능을 갖춘 장치로서 각종 공조시설 또는 설비에 적용 산업용에서부터 생활환경용(가정용)에 이르기까지 광범위하게 활용되고 있다. 전기집진기는 0.1μm이상의 분진을 90%이상 제거할 수 있으며, 집진기내의 gas특성이 미약한 전기 저항만을 갖는 경우 분진의 물리적, 화학적 특성에 따라 SO₃ 또는 NH₃를 자동제어에 의한 주입으로 gas의 특성을 변화시켜 분진을 제거하고 있으며 99%이상의 분진을 제거할 수 있다.

공해문제의 심각성이 대두되는 시대적 조류와 더불어, 대형 프로젝트이면서 디파운드 소량 주문생산(설치) 체제인 전기집진기 제작회사의 기술적 설계업무량은 매우 증가하였다. 특히 프로젝트 수주 이전에 수행되어야 하는 기술적 작업이 많은 전기집진기(Electrostatic Precipitator: E.P.) 산업에서는 설치위치, 환경평가기준 및 대기 오염원의 종류 등에 따라 다양한 전기집진기의 규격을 결정하는 문제와 함께 견적의 산정에 필요한 기본 설계 데이터의 확보는 매우 급한 업무에 속한다. 그래서 본 연구는 상세설계 단계 이전의

설계업무를 전산화하여 소프트웨어로 구성하였으며, 소프트웨어에 포함되어 있는 내용은 다음과 같다. 기본 데이터에 의한 전기집진기의 치수를 결정하고, 본체의 자중을 계산하고, live load, wind load, seismic load 등을 계산하고, support structure를 해석하여 지반에서의 필요하중을 구하고, support structure를 구성하는 member들의 적합성을 판정하고, 전기집진기를 지지하는 column과 support structure와의 연결방법을 판정하고, 전체 치수를 표현하는 설계도면을 2, 3차원으로 화면상에서 확인할 수 있도록 하고, LISP언어에 의한 Auto CAD상에서 도면 출력을 할 수 있도록 하였다.

본 연구에서 개발된 소프트웨어의 활용으로 설계 소요시간을 1/10 내지 1/20로 단축하였고, 정확성 향상과 설계오류 감소, 설계자료 작성과 수정의 체계화, 표준화 측면 등의 성과가 있었다.

2. 본론

2.1 전기집진기의 원리

전기집진기는 금속판으로만 이루어져 있어 필터 교체없이 반영구적으로 사용이 가능하고, 또한 집진면적이 커 효율이 높다. 전기집진기는 gas 중의 먼지입자를 집진하는 물리적인 장치로, 집진원리는 음극을 갖는 방전극(discharge electrode:D.E.)에서 코로나 방전(corona discharge)이 발생하여 방전극 주위에 있는 먼지 입자(dust particle)를 전기적으로 활성화시킨다. 활성화된 먼지 입자는 방전극에 가까이 있을 수록 더욱 활성화되어 분자의 이온화가 발생하여 전자를 방출하게 된다. 이온화되어 분리된 전자는 빠른 속도로 빠져나가게 되며 다른 입자에 부딪치면서 분자의 이온화를 촉진한다. 빠른 속도의 전자가 다른 분자와 충돌함으로서 공기중의 전자 수는 기하급수적으로 증가하게 되지만 공기중의 전자의 이동 속도는 점점 떨어지게 된다. 코로나 방전이 발생하는 영역을 코로나 방전 영역(region of corona discharge)이라고 하며, 전자가 코로나 방전 영역을 벗으나면 전자가 갖고 있는 에너지는 분자를 이온화 시키기에 부족하여 먼지 입자와의 충돌에서 분리되지 못하고 먼지 입자가 (-)극성을 갖도록 한다. (-)극성을 띠는 먼지 입자는 양극인 집진극(collecting electrode:C.E.)에 포집되게 된다. 집진극의 포집량이 일정치 이상이 되면 충격장치에 의해 탈진되어 집진기 하부의 고임장치(hopper)에 모이게 되고 일정량 이상이 되면 분진처리장치(ash handling system)에 의해 바깥으로 처리된다. 따라서 Fig.1에서와 같

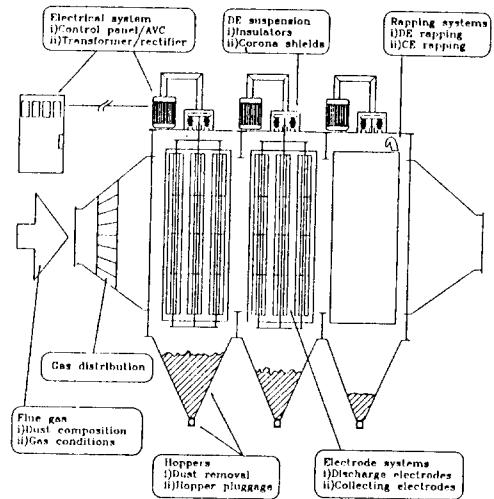


Fig. 1 Electrostatic precipitator

이, 흡입구(inlet plenum)로 유입한 오염된 gas는 내부의 방전극과 집진극 사이를 통과하면서 먼지 입자가 집진되어 청결한 공기만이 배출구(outlet plenum)로 나오게 된다.

2.2 소프트웨어의 구성

전기집진기는 공기중의 담배연기를 제거하는 탁상용 집진장치(desk-top device)에서부터 산업용 집진설비에 이르기 까지 다양한 크기(size)가 있다. 본 연구는 대용량인 산업용 전기집진기를 대상으로 설정하였으며, 산업용 전기집진기의 상세 설계를 위해서는 집진기의 크기 결정, 설치 환경에 따라 구조물의 크기 결정, 견적을 산출하기 위한 철풀자재의 중량 산출, 결정된 전기집진기의 개념도등의 사전(事前) 준비가 필요하다. 특히 대상물이 대용량인 경우 이러한 초기 작업은 매우 중요하며 많은 기술인력이 투입되어야 했다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 개발한 본 소프트웨어는 다음과 같은 내용을 담고 있다.

2.2.1 전기집진기의 기본 치수 결정

전기집진기의 형태 및 치수 결정을 위해서는 먼저 precipitator number, field number, chamber number, 1개의 room 크기 등이 동시에 결정된다. 이러한 것들을 결정하기 위해서는 gas 유량, 집진효율, 업체의 표준화된 내장재 규격 및 형태 등이 고려되어야 한다.

2.2.2 작용 하중

작용력에 관한 데이터/loading data)는 견적, 바닥의 기

초공사동을 위해 상세설계 이전에 정확하게 예측되어야 한다. 본 소프트웨어에는 dead load, live load, wind load, seismic load 등을 KS규정에 따라 계산하도록 하였다. 그리고 전기집진기의 높은 운전온도로 열팽창이 크기 때문에 column의 지지형태의 결정이 중요한데, 하중을 고려하여 표준화된 형태내에서 결정이 가능하도록 하였다.

2.2.3 프레임(frame) 해석

전기집진기를 빙쳐주는 support structure의 frame을 해석하도록 하였다. 위에서 계산한 하중과 자체 자중에 의하여 frame member들의 항복판정 및 바닥면의 지지점에서의 작용력을 계산한다. 여기서 도입된 방법은 "direct stiffness method"이며, 복잡한 데이터 입력을 편리하게 하기 위하여 support structure를 몇 가지 형태로 규격화하였고 표준화된 beam을 data-base로부터 불러 오도록 하여 소프트웨어를 구성하였다.

2.2.4 그래픽 및 도면 출력

소프트웨어상에서 도면 출력 파일(file)이 생성되도록 하였으며, 설계자가 원하는 부분만을 도면화할 수 있도록 옵션 선택이 가능하도록 하였다. 도면 출력 파일을 메인 소프트웨어상에서 읽어 들여 2차원 도면 및 3차원 형상으로 확인하여 설계자가 설계중 쉽게 수정할 수 있도록 유연성을 부여하였다. 또, LISP 프로그램을 구성하여 Auto CAD상에서 도면 출력 파일을 읽을 수 있도록 하였다. 그리고 표준화된 support structure 형태, beam들의 규격 및 계산된 loading data 등을 모니터(monitor)상에서 VIEW MENU로 볼 수 있게 하였고, 지정된 형태에 따라 프린터로 출력되도록 하였다.

2.2.5 소프트웨어의 구성

본 연구의 소프트웨어 개발 도중에 전기집진기 설계방법의 부분적 표준화/규격화가 도입되고 결정되었다. 소프트웨이는 MS-C 언어로 프로그래밍되었으며, 내부적으로 여러 개의 프로그램을 병렬식으로 연결하여 수행되도록 하여 컴퓨터의 메모리에 제약받지 않도록 하였으며 계속적으로 프로그램을 참가하여 확장할 수 있도록 하였다. Fig.2는 소프트웨어의 기능과 구성방식을 개괄적으로 보여주고 있다.

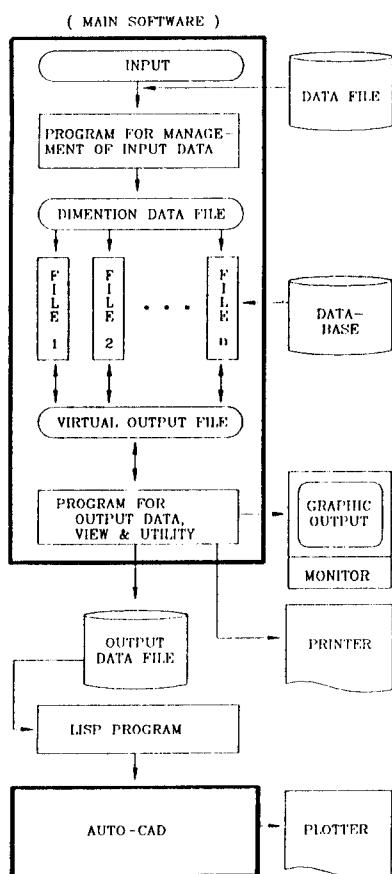


Fig.2 Schematic block diagram of software

3. 결과

본 연구 결과 개발된 소프트웨어는 전기집진기 설계를 위한 것이며, Fig.3은 소프트웨어상에서 직접 입력하는 양식을 보여 준다.

빔(beam)들의 복잡한 데이터를 손쉽게 입력하기 위하여 데이터 베이스(data-base)를 구축하였고 설계양식을 표준화하였는데, Fig.4(a)는 support structure의 표준화된 형태

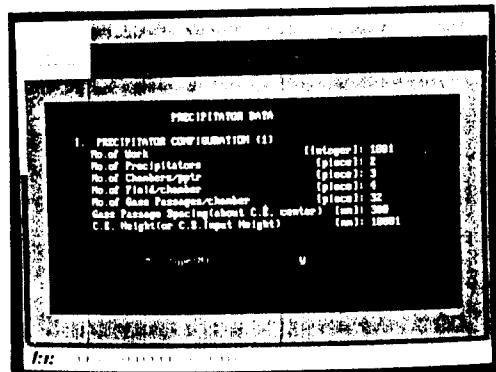
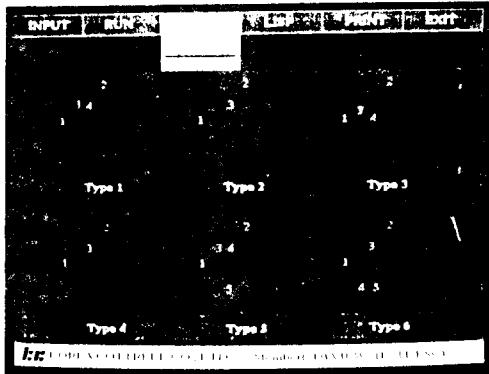
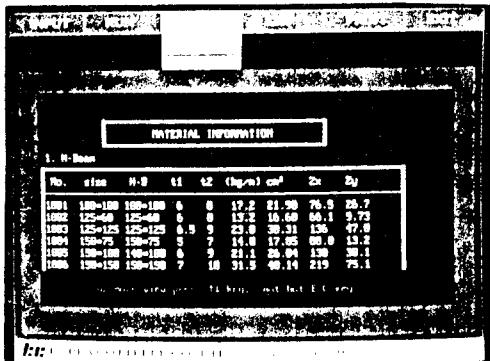


Fig.3 INPUT area of the software for INPUT



(a)

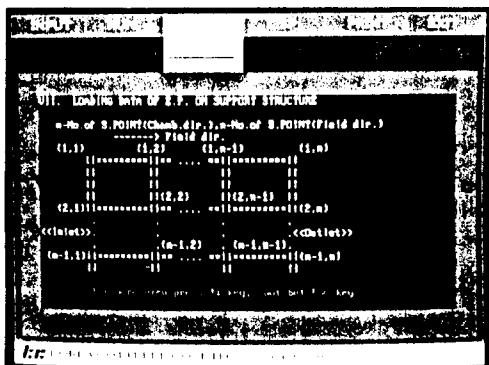


(b)

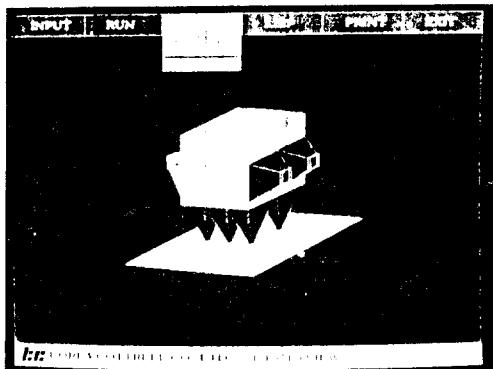
Fig.4 Standardized support structure and structure of data base on VIEW area of the software

들을 보여주며 Fig. 4(b)는 표준화된 상용 beam들의 데이터 구조를 보여준다.

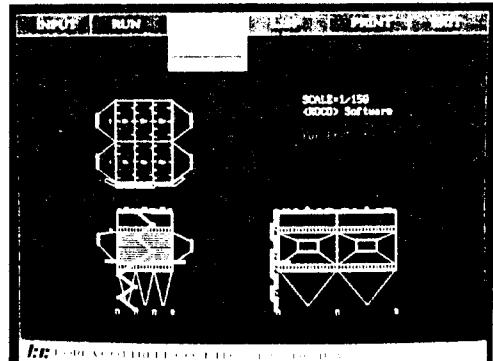
Fig. 5(a)는 전기집진기 설계에서 가장 중요한 기초설계 결과를 보여 주는 것으로, 산업용 전기집진기의 규격결정 결과, 총 자재의 중량계산 결과, 하중계산 결과, support structure의 해석결과와 member들의 좌굴 확장 결과, 전기



(a)



(b)



(c)

Fig. 5 Designed results for technical papers

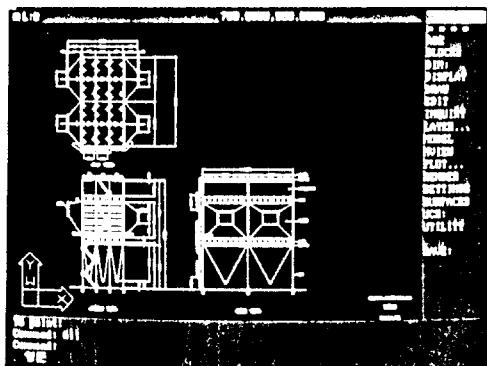


Fig. 6 Drawing on Auto CAD by Auto LISP computer language

집진기의 지지방법 판정 결과등이 포함되어 있으며 소프트웨어의 VIEW MENU상에서 확인할 수 있으며 프린터할 수 있다. Fig.5(b)는 소프트웨어상에서 설계된 전기집진기 규격을 3차원 형상으로 전체적인 윤곽을 VIEW MENU에서 보여 주며, Fig.5(c)는 Auto CAD상에 띄워진 형상인 2차원 도면으로 VIEW MENU에서 미리 확인할 수 있다.

Fig. 6은 메인 소프트웨어상에서 설계된 결과 데이터를 이용하여 Auto CAD상에서 불리들인 전기집진기의 2차원 도면이며 플로터(plotter)를 통하여 출력할 수 있다.

따라서 개발된 산업용 전기집진기 설계 소프트웨어는 수요자의 요구에 신속히 대응할 수 있는 기본 설계 데이터와 집진기 규격 등을 묘사하는 전체 윤곽 도면을 출력한다.

4. 결 론

전기집진기 설계 소프트웨어의 활용으로 설계 소요시간이 1/10 내지 1/20로 단축되었고, 설계의 정확성 향상과 설계 오류가 크게 감소되었고, 설계자료의 작성과 수정이 용이하였다. 그리고 본 연구로 표준화 측정등의 성과가 있었다.

참고문헌

1. D.A.Lloyd, "Electrostatic Precipitator Handbook", Adam Hilger, 1988
2. American Institute of Steel Construction, "Structural Steel Detailing", the United States of America, 1971
3. William Weaver, Jr. and James M. Gere, "Matrix Analysis of Structures", 2nd Edition, VNR, 1980
4. AISC, "Manual of STEEL CONSTRUCTION Allowable Stress Design", the United States of America, 1989
5. Charles G. Salmon and John E. Johnson, "STEEL STRUCTURES Design and Behavior", Harper & Row, Publisher, INC., 1990
6. William T. Segui, "Fundamentals of Structural Steel Design", PWS-KENT PUBLISHING COMPANY, 1989
7. "Graphics Programming with Microsoft C and Microsoft Quick C", Microsoft Press, 1990
8. "Microsoft C Run-Time Library Reference", Microsoft Press, 1990
9. 박병규, "Auto LISP(CAD) 활용", 한국이공학사, 1990
10. "Products Information", 효성철강(주), 1990
11. "전기집진기 설계 자료 및 도면", 한국 코트렐(주)