

# VSDS(Ventilation System Design Software)의 개발

창원대학교 환경공학과, 한국산업안전공단\*

김태형 · 진명국 · 이인섭\*

--- Abstract ---

## Development of VSDS(Ventilation System Design Software)

Tae-Hyeung Kim · Myeung-Gook Jin · In-Seup Lee\*

*Department of Environmental Engineering, Changwon National University,  
\*Korean Industrial Safety Corporation*

Industrial ventilation is one of crucial engineering measures to protect workers from hazardous airborne contaminants. Designing a ventilation system is not an easy task. To solve this problem, U.S. computer programs and softwares have been developed. In Korea, a software, called as VPMC(Velocity Pressure Method Calculation), was developed by Korean Industrial Safety Corporation. Since VPMC is a DOS-based software, it could not be a user-friendly one. In this study, a Windows-based software was thus developed to overcome the difficulty in using a software for designing the ventilation system. As far as we know, this kind of Windows-based software is the first in the world. But this software should be kept being revised. The future work would include introduction of GUI(Graphic User Interface) and enhancement of editing functions by using Data-Base programs.

### I. 서 론

우리나라는 산업화에 따른 고속경제성장에 힘입어 선진국 대열에 들어서려는 단계에 와 있긴 하지만 작업장의 환경상태는 경제성장속도를 따라잡지 못하고 있는 실정이다. 그 부작용으로 원진 레이온, LG전자 부품과 같은 대형 사건들이 발생되고 있으며, 노동조합의 주 관심사 중의 하나로 작업환경문제가 대두되고 있다.

현재까지의 작업환경관리는 작업환경측정과 건강진단에 주로 힘을 쏟아 왔으나 직업병의 근본적 예방책은 도외시되어 온 것이 사실이다. 근본적인 예방책의 상당 부분을 차지하는 공학적 제어방법은 과거의 감각적 계산에 입각한 설계 및 시공으로 인하여 작업장에서 상당한 문제점을 야기시키고 있으며, 그 수준 또한 결음마 단계에 있다고 하겠다. 예를 들어 관막힘 현상에 의한 배기시설의 무용지물화, 분지관거리의 압력조정불량에 의한 배기능력의 불균형, 송풍기 용량의 과다설계에 의한 동력비의 낭비 및 초기 시설

설치비의 증가 등 많은 문제점이 발생되고 있다.

이의 근본적인 원인으로는, 과거의 배기시스템 설계가 주로 대기오염 방지시설업체에 의해 이루어짐으로 해서 작업장 환경개선 목적보다는 환경법을 준수하기 위한 배출구 허용농도에만 관심을 기울여 왔기 때문에, 작업환경 개선을 위한 배기시스템의 설계수준은 낙후될 수밖에 없었다. 설계방법 또한 과학적인 근거가 결여되어 있어 시공 후에 많은 문제점이 발생됨으로 인해 국가 전체적으로 볼 때 엄청난 손실을 야기시켜왔다.

이러한 문제점을 해결하기 위하여 한국산업안전공단에서는 설계 및 시공업체를 선정하여 정기적인 교육을 실시하고, 시범사업을 시행하여 작업공정별 국소배기 표준모델을 만드는 등 부단한 노력을 경주하고 있다. 또한 기업체에서도 형식적인 국소배기시스템의 설치관행을 탈피하여 최소한의 투자로 작업환경 개선을 극대화시킬 수 있는 배기시스템의 필요성을 절감하고 있다. 근로자 또한 정기적인 작업환경측정 및 건강진단에만 의존하지 않고 진정한 작업환경개선 대책을 요구하고 있다.

작업환경개선을 위한 공학적인 대책으로는 적절한 환기시스템을 적용하여 근로자를 유해물질로부터 보호하는 방법으로, 전체환기와 국소배기로 분류할 수 있다. 전체환기는 자연환기와 기계환기로 분류할 수 있는데, 이의 설계는 경험에 의존하는 경우가 많으므로 이에 대한 체계적인 연구가 필요하다. 이보다 더욱 시급한 문제는 국소배기시스템의 설계로서, 앞서서도 지적하였듯이 과학적인 설계방법을 사용하지 않는 경우도 많을 뿐 아니라 과학적인 설계방법을 사용하더라도 설계오류를 범할 확률이 높다. 과학적인 설계방법을 사용할 경우 설계계산이 상당히 복잡하여 이 방법에 경험이 풍부한 설계자라도 후드의 개수가 많아지면 설계계산에 상당한 시간과 노력을 투자해야 한다.

미국의 경우 ACGIH(미국 정부 산업위생전문가 협의회)에서 권장하는 "산업환기매뉴얼(Industrial Ventilation Manual(ACGIH, 1995))"에 기본적인 설계자료 및 설계방법이 상세히 기술되어 있다. 그러나 이 설계지침서를 따라 수계산으로 설계하는 것은 쉬운 일이

아니다. 국소배기시스템이 복잡해질수록 설계계산 중에 덕트합류점에서의 압력평형, 합성동압 계산에 의한 가속손실의 평가 등을 거치면서 설계를 해야되기 때문에 설계 오류를 범할 확률이 높을 뿐 아니라, 설계를 변경하여 재계산할 경우에는 처음부터 다시 계산해야하는 어려움이 따른다. 이러한 수계산의 문제점을 해결하기 위하여 최근 몇 년 전부터 컴퓨터를 이용한 설계 소프트웨어가 미국에서 개발되어 그 적용범위를 확대시켜가고 있다. 기본적인 설계지식을 가진 설계자가 컴퓨터 소프트웨어를 이용하여 설계함으로써 수작업에 따르는 오류를 최소화시킬 수 있다. 나아가서 압력손실을 최소화시킬 수 있는 다양한 설계대안을 빠른 시간에 정확하게 비교·평가할 수 있는 장점을 갖는다.

그러나, 우리 나라에서는 미국 ACGIH의 설계지침이 보급되어 이용되고 있지만 수작업 또는 스프레드시트 프로그램에 주로 의존하고 있는 실정이며, 이미 상용화된 소프트웨어를 미국에서 비싼 값을 치르고 구입하더라도 소프트웨어의 사용에 상당한 어려움이 따른다. 그리고 모든 단위가 English Unit으로 되어 있으며 미국의 닥트공급회사에서는 상용화된 닥트의 치수를 미리 정해놓았기 때문에 컴퓨터 설계 소프트웨어도 그 기준에 맞추어 사용하도록 되어 있어 우리나라에 미국 소프트웨어를 바로 적용하기란 거의 불가능하다(김태형, 1995).

이러한 문제점을 해결하기 위하여 한국산업안전공단에서 1995년 초에 VPMC(산업안전공단, 1995)라는 소프트웨어를 개발했으나, 프로그래밍 언어(Fox-Pro) 자체의 한계뿐만 아니라 DOS환경에서 구현되기 때문에 사용자들이 상당한 불편을 느끼고 있는 실정이다. 또한 본 연구자는 1995년 말에 Windows 환경에서 개방조 후드, 캐노피 후드, 전체환기 설계를 할 수 있는 C-VENT(김태형 등, 1995)라는 소프트웨어를 개발한 바 있으나 이 소프트웨어만으로는 전체적인 국소배기시스템을 설계할 수 없다.

따라서 본 연구에서는 최근 개인용 컴퓨터의 기본운영체제로 자리잡고 있는 Windows 95 환경에서 구동되고, 우리나라 설계환경에 적합하고, 우리말로 된 국소배기시스템 설계소프트웨어를 개발함으로써 외화낭

비를 막고 국내 산업환기분야의 발전에 조금이나마 기여코자 하였다. 본 연구에서 개발된 소프트웨어는 일회성 연구에 그치지 않고 계속적인 Version-Up을 실시하여 국산 국소배기시스템 설계소프트웨어를 완성시킬 예정이다.

## II. 연구내용 및 방법

본 연구에서는 이미 개발된 C-VENT에 국소배기시스템 설계부분을 접목시켜 하나의 독립적인 산업환기시스템 설계소프트웨어를 만들었다. 가능한 한 산업환기매뉴얼의 Calculation Sheet에 의한 계산방식을 따르고 화면에 나타내는 방식도 Calculation Sheet와 유사하게 하여 Calculation Sheet에서 반 자동 설계계산을 해오던 설계자가 생소함을 느끼지 않도록 한다.

한 번 설계한 후 필요에 의해 입력자료를 수정할 경우에 편집이 자유롭도록 하였으며, 설계결과를 파일이나 프린트로 인쇄할 수 있도록 하였고, 작업을 마친 후 작업결과를 저장해 두었다가 다시 설계할 수 있도록 하였다. 또 도움말 기능을 추가하여 사용자가 매뉴얼이 없이도 편리하게 사용할 수 있도록 하였고,

각종 설계자료는 필요에 따라 사용자가 참고할 수 있도록 하였다.

### 1. VSDS 소프트웨어

새로운 운영체제로 자리잡고 있는 Windows 환경에서 작동하도록 만드는 개발용 소프트웨어들은 그 수를 헤아리기 힘들 정도로 많이 있으나 본 연구에서는 Visual Basic Version 4.0을 사용하여 소프트웨어의 개발하였으며 그 이름을 VSDS(Ventilation System Design Software)라고 명하였다. 이하 이 산업환기설계 소프트웨어를 VSDS라 부르기로 한다.

먼저 VSDS는 "한글 윈도우 95" 환경에서 사용하도록 만들어 졌으며 32비트 코드로 작성되어 있다. 따라서 기존의 DOS환경에서는 사용할 수 없고 화면의 해상도를 800×600 mode 이상으로 설정하여야 전체화면을 보면서 설계가 가능하다.

### 2. VSDS의 사용 방법

#### 1) 주메뉴 화면

VSDS는 Fig. 1과 같은 구조로 설계되어 있다.

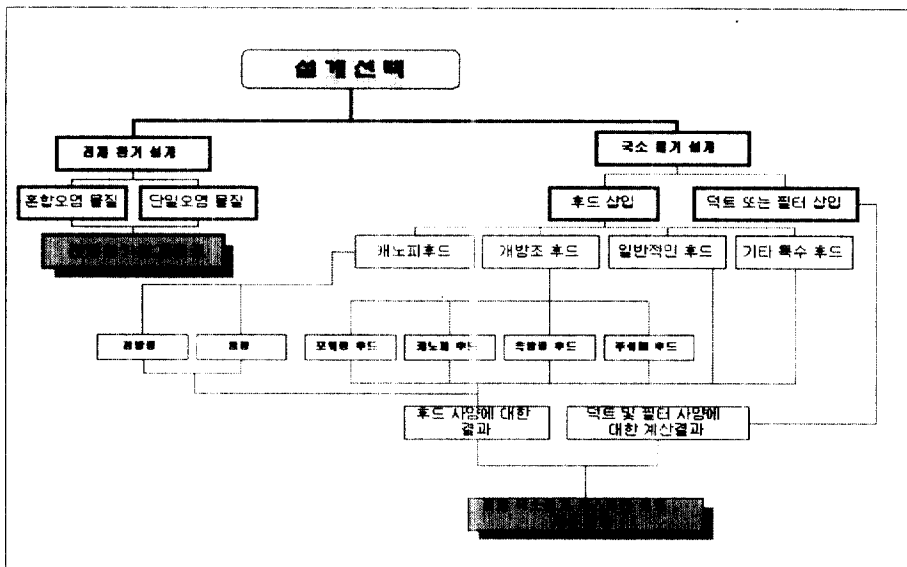


Fig. 1 Structure of VSDS

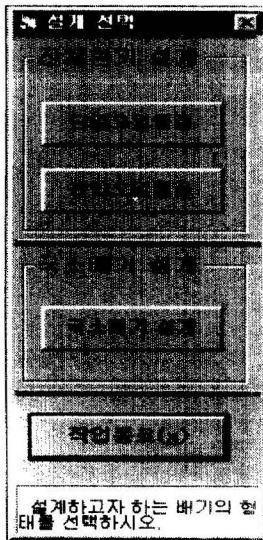


Fig. 2 Main menu of VSDS

VSDS를 실행시키면 로고 화면이 나타난 후 Fig 2와 같은 화면이 나타난다.

주메뉴 화면에는 4개의 버튼이 자리잡고 있는데 각 버튼의 기능은 아래와 같다(Table 1)

설계의 선택을 크게 2가지로 구분하여 전체환기 설계와 국소배기 설계로 나뉘어져 있으며 전체환기에도 발생하는 물질의 성상에 대하여 혼합발생인 경우와 단일오염물질로 나뉘어져 있다 국소배기 부분도 설계 후드의 종류 선택에 따라 후드 부분과 덕트 연결, 필터 삽입, 송풍기 삽입과 같은 후드부분 이외의 기타 파일 입출력에 관련된 부분으로 구성되어 있다

Table 1. Function of buttons in main menu

버튼	버튼의 기능
단일오염물질	작업장에서 발생하는 단일 오염물질의 TLV와 혼합계수, 사용량에 따른 작업장의 필요 환기량 계산
혼합오염물질	작업장에서 발생하는 혼합 오염물질의 TLV, 혼합계수, 사용량에 따른 작업장 필요 환기량을 물질별로 계산한 다음 물질의 상가작용과 독립작용을 고려해서 전체 혼합물질의 필요 환기량 계산
국소배기설계	작업장의 국소배기시설을 설치하고자 할 때 각각의 후드모양과 형태에 따른 압력손실과 최종 송풍기의 정압 및 유량을 자동으로 계산한다 또한 개방조의 설계를 할 수 있다
작업종료	작업을 종료하고 VSDS를 마친다.

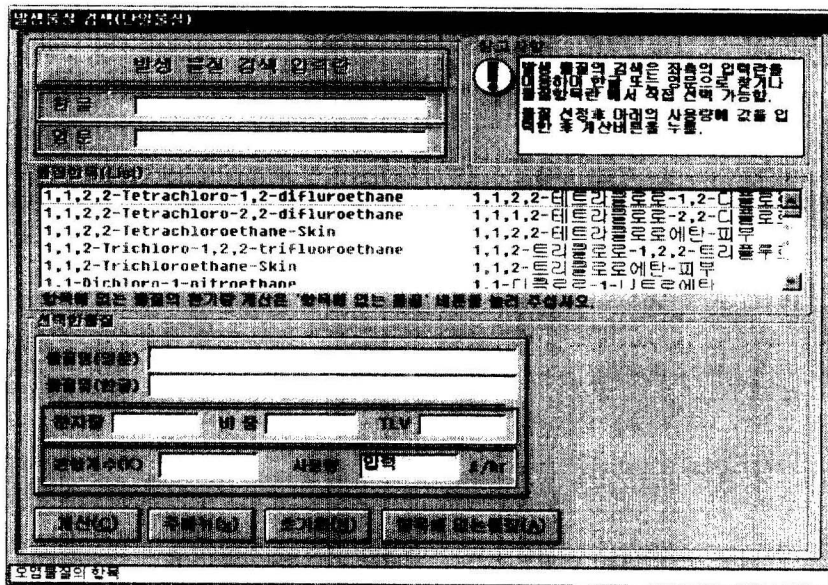


Fig. 3 Contaminant search screen

## 2) 전체환기 설계

### 가) 단일 오염물질 발생시 환기량 계산

주메뉴화면에서 “단일오염물질” 버튼을 선택하면 혼합계수 K선택에 필요한 도움말 그림이 화면 전체에 나타난다. 설계자는 그 그림을 참조해서 현재 계산하고자 하는 작업장의 혼합계수 K값을 입력한 후 다음화면으로 넘어간다.

이 화면에는 약 340개의 유해 물질에 대한 자료들이 한글과 영문으로 각각 저장되어 있으며 사용자는 “발생물질 검색 입력란”을 통하여 보다 빠르게 작업장에서 발생하는 물질을 찾아낼 수 있다. “물질항목(List)”에서 어떤 물질이 선택되면 아래의 “선택한 물질”란에 영문 및 한글 물질명이 자동으로 나타나며, 분자량, 비중, TLV, 혼합계수(K)를 보여준다. 여기서 “사용량”은 노란색 박스로 기본값 1이 입력되어 있는데 사용자가 시간당 사용량을 반드시 입력하여야만 하고 혼합계수(K)는 앞에서 입력한 값이며, 나머지 부분들은 사용자가 입력할 필요 없이 자동적으로 선택한 물질에 따른 값을 보여주는 것이다.

Fig. 3에서 물질을 선택하고 사용량을 정확히 입력한 후 “계산” 버튼을 눌렀다면 “단일 물질의 환기량계

산”화면이 열리면서 계산 결과를 보여준다. 여기에서 유효환기량은 작업장 내의 환기가 이상적으로 이루어진다고 가정할 때의 값이며 실제환기량은 유효환기량에 혼합계수(K)값을 곱한 결과이다. 사용자는 작업내용을 파일로 저장하거나 프린트로 인쇄할 수 있다.

### 나) 항목에 없는 물질

“물질항목(List)”에서 찾을 수 없는 물질에 대해서는 “항목에 없는 물질(A)”버튼을 눌러 영문으로 물질명을 적고 “물질명(한글)”란에는 한글명을 적는다. 이때 물질의 이름을 정확히 모르면 적당한 이름으로 입력하여도 상관은 없다. 하지만 그 아래의 입력란에 있는 분자량, 비중, TLV(ppm), 혼합계수(K)(단일물질인 경우 앞서 입력한 값이 자동으로 값이 올라온다), 사용량( $\ell$ /hr)을 정확히 입력하여야 한다. 입력이 끝났으면 “환기량 계산”버튼을 눌러 유효 환기량과 필요 환기량을 구한다.

### 다) 혼합오염물질 발생시 환기량 계산

VSDS소프트웨어의 주메뉴 화면에서 “혼합오염물질” 버튼을 누른다. 단일오염물질 계산에서와 같은 “K값의 설정”화면이 나타난다. “확인(O)”을 누르면 단일오염물질의 계산에서와 같은 “혼합계수”화면은

혼합물질의 계산결과

선택한 물질: 1

1,1,2-Trichloro-1,2,2-trifluoroethane

1,1,2-트리클로로-1,2,2-트리플루오로에탄

선택한 물질은 총 2 개입니다.

물질명 필요환기량

1,1,2-Trichloro-1,2,2-trifluoroethane 5.060 m³/min

각물질의 적용비율에 따른 필요환기량

합계적용 5.185 m³/min

특정적용 5.060 m³/min

미적용한(B)

인쇄(P)

파일로 인쇄(D)

도움말

Fig. 4 Calculation result of air flow rate for mixed contaminants

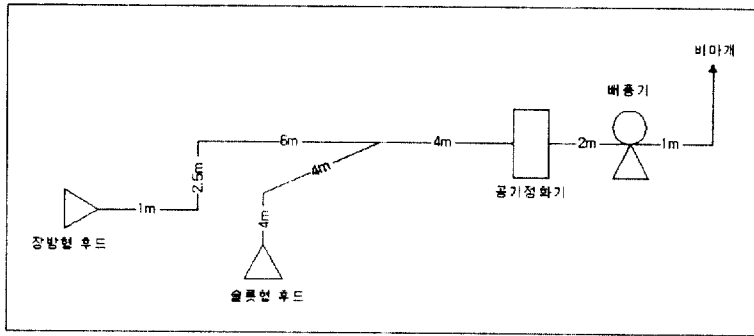


Fig. 5 General example of local exhaust ventilation system

나타나지 않는다. 혼합물질의 추가에서 주의해야 할 사항은 물질을 하나씩 선택할 때마다 각각의 물질에 따른 혼합계수(K)값을 입력해야 한다. 혼합물질의 추가 개수는 현재 20개로 한정되어 있다. 오염물질의 선택이 끝난 후 "혼합물질계산(C)"버튼을 누르면 사용자가 선택한 물질의 각각에 대한 필요환기량과 상가 작용 및 독립작용시의 필요환기량을 보여준다.

### 3) 국소배기 설계

오염물질이 발생하는 사업장에 대한 배기시설을 국소배기 시스템으로 배출할 경우 각 공정에 따른 후드의 사양과 덕트사이의 정압손실에 대한 정확한 계산을 필요로 한다. 이에 대한 설계치와 설계 방법에 대한 기술은 산업환기매뉴얼에 상세히 기술되어 있으나 현장에서 적용하기에는 상당한 어려움이 있다. 따라서 기존의 상용화된 외국 소프트웨어에는 없는 Pre-Processor기능을 추가하였다.

Fig. 5와 같은 국소배기 시스템을 설계하고자 한다면 먼저 장방형 후드에 대한 사양을 설계하고 슬롯 후드에 대한 설계를 하여야 하므로 각각의 후드에 대한 기본 설계치를 구하는 계산을 먼저 하여야 할 필요가 있다. 이러한 문제를 보다 쉽게 해결하기 위해 VSDS에서는 고열원용 캐노피 후드의 설계와 개방조 후드에 대하여 전체국소 배기시스템 설계와 관계없이 독립적으로 계산 할 수 있도록 하였다.

먼저 국소배기 설계를 하고자 한다면 VSDS의 초기 화면에서 "국소배기 설계"란에서 "국소배기 설계" 버튼을 누른다. 작업장의 일반사항인 사업장명과 공정명을

입력한 후 "확인(o)" 버튼을 누르면 Fig. 6이 나타난다.

VSDS는 산업환기매뉴얼의 국소배기 시스템 설계의 순서를 적용하였기 때문에 설계의 시작점은 항상 송풍기로부터 가장 멀리 있는 "후드"이다. "덕트"나 "송풍기" 또는 "필터"가 설계의 시작이 되지 않게 프로그래밍 되어 있다. Fig. 6 "국소배기설계의 주화면"에 나타나 있는 버튼 및 입력상자의 기능을 아래의 Table 2에 나타내었다.

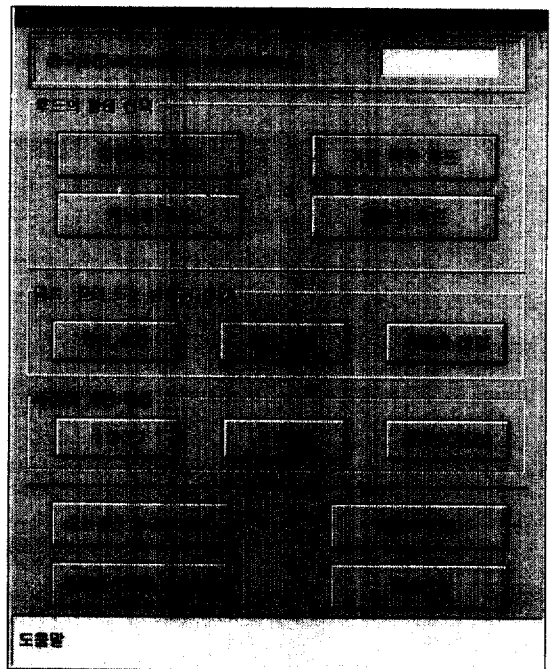


Fig. 6 Main menu of local exhaust ventilation system design

Table 2. Function of buttons in local exhaust ventilation system design

버튼	기능
관구분	설치하고자 하는 후드나 덕트 등의 이름을 입력한다.
일반적인 후드	일반적으로 가장 널리 사용되는 슬롯 및 장방형 후드를 8개의 그림으로 나타내어 사용자가 선택하여 설치한다.
기타 특수후드	산업환기매뉴얼에 입각하여 사용자가 직접 유량이나 기타 설정등을 입력한다.
캐노피 후드	국소 배기시스템내에 캐노피 후드를 삽입할 경우 그 열원의 형태에 따라서 장방형 또는 원형 캐노피 후드를 설계함.
개방조 후드	국소 배기시스템내에 제어하고자 하는 공정의 형태에 따라서 측방형, 푸쉬폴형, 포위형, 캐노피형으로 설계할 수 있다.
덕트 삽입	설계중인 관내에 덕트를 삽입한다.
필터 삽입	설계중인 관내에 필터를 삽입한다. 이때 필터의 압력손실단위는 mmAq를 사용한다.
송풍기 삽입	설계 중에 송풍기를 설계관 내에 삽입하여 둔다. 송풍기의 정압과 유량을 보고자 할 때는 최종 계산결과보기를 누른다.
수정	설계 중에 설계값들을 수정할때에 사용한다.
추가	설계 중에 덕트나 후드를 추가할 때에 사용한다.
불러오기(O)	작업한 내용을 불러온다.
중간 계산 결과보기(V)	설계 중에 작업 한 곳까지 계산 결과를 볼 경우에 사용한다.
최종계산 결과보기(O)	최종 작업한 계산 결과 내용을 볼 경우에 사용한다.
새로 시작(S)	새로운 국소배기 설계를 시작한다.
취소(C)	작업을 취소하고 주 화면으로 돌아간다.

#### 가) 일반적인 후드의 설계

국소배기로 설계하고자 하는 후드가 일반적인 후드라고 한다면 국소배기의 주화면에서 적당한 관이름을 입력하고 난 후 "후드의 형태"란의 "일반적인 후드" 버튼을 누른다. 이때 관이름은 어떤 문자나 관계가 없지만 "관이름"이 주어져 있지 않은 상태에서 후드의 형태를 선택하거나 "덕트삽입" 또는 "필터삽입"을 선택하고자 한다면 관이름을 입력하라는 메시지가 나타난다

#### 아) 후드 형태 결정

관이름을 "I-A"라고 입력한 후 "일반적인 후드" 버튼을 눌렀다면 Fig. 7과 같은 화면이 나타난다.

여기에서 설계자는 "이전그림", "다음그림" 버튼을 이용하여 기본적으로 저장되어 있는 8개의 후드형태를 사용할 수 있다. (Fig. 8)

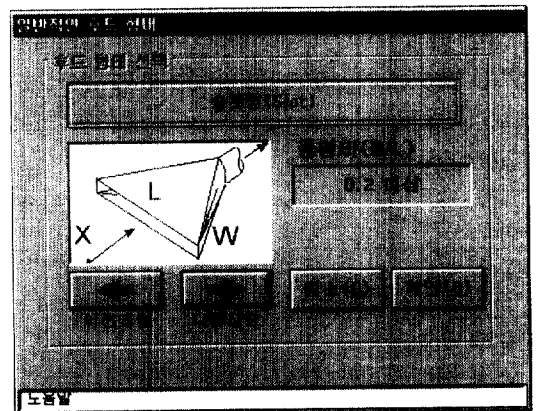


Fig. 7 Selection of general hood

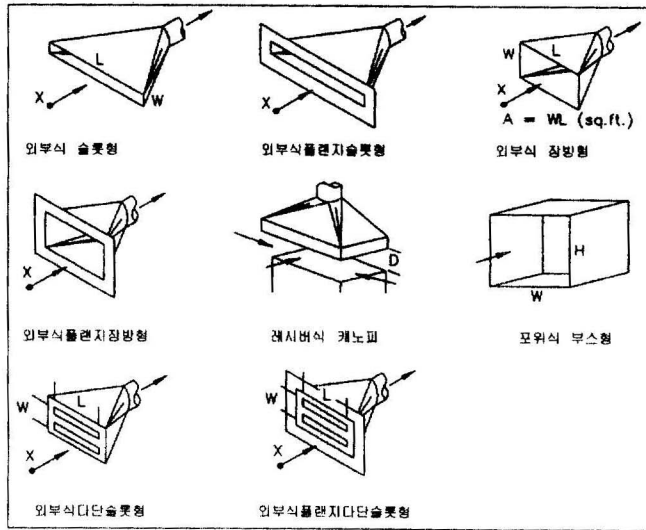


Fig. 8 Types of general hoods

후드의 형태를 결정하고 "확인" 버튼을 누르면 후드의 크기, 포착속도, 포착거리 등의 기본 데이터의 입력을 묻는 화면이 열린다. 이들은 후드의 형태에 따라 달라지며 설계자가 슬롯의 크기나 속도, 포착거리등을 입력한 후 "확인" 버튼을 누르면 다음 화면인 Fig. 9와 같이 "값입력"화면이 나타난다.

b) 덕트 일반 부분 값 입력

아래의 Fig. 9화면에서 보면 설계자가 현재 설계 중인 관의 이름이 나와 있고 일반후드에서 선택한 슬롯형 후드에 대한 유량이 54m<sup>3</sup>/min으로 계산되어져 나와 있다.

최소반송속도는 기본 값으로 10m/sec가 주어져 있

으며 "권장하는 원형관의 직경"은 내부적으로 계산되어 335mm 또는 0.335m임을 보이고 "관의 형태선택"란은 원형관과 장방형관을 선택할 수 있다. 설계자가 또는 설계상의 문제점으로 인하여 반드시 장방형 관을 선택 할 경우에는 "관의 형태선택"란에서 장방형 관을 선택하고 관의 직경은 권장하는 원형관의 직경에 맞게끔 가로×세로 입력 상자에 입력을 한다. 이때 입력상자 바로 아래 "덕트의 상당직경"란에 입력하는 숫자에 따라 그 값이 자동 계산되므로 상당직경을 "권장하는 원형관 직경"에 맞추어 설정하기가 용이하게 되어 있다.

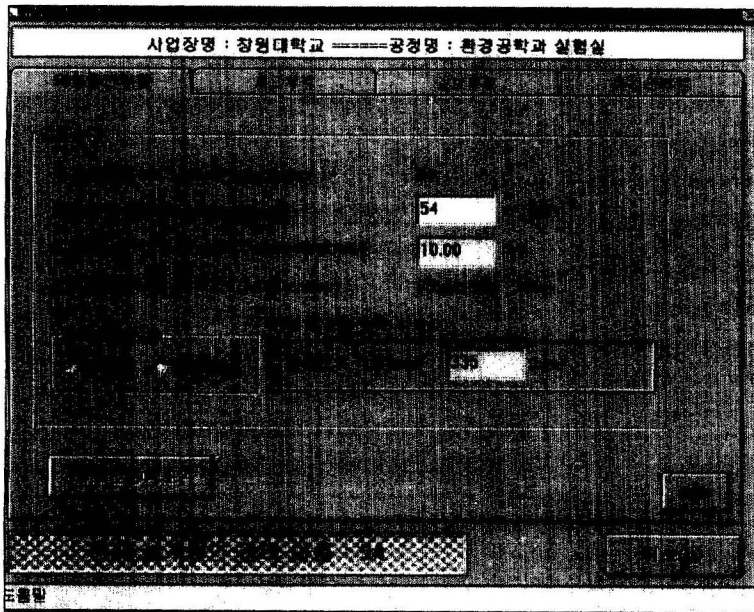


Fig. 9 Input screen for general duct information



### c) 후드 부분 값 입력

후드부분의 값 입력에서는 후드의 사양이 슬롯인지 일반 장방형인지를 설계자가 직접 입력할 수 있고 사용하는 관의 재질을 선택하고 후드유입손실 계수 및 관길이를 입력하여 줄 수 있다. 만약 관길이를 입력하지 않았거나 0보다 적은 값을 입력한 상태에서 다음 작업인 엘보부분으로 넘어 가려 하였다면 다시 수정하라는 메시지를 보이고 엘보부분으로 넘어 가지 않는다.

설계치 입력이 모두 끝났으면 ➡버튼을 눌러 Fig. 11과 같은 엘보부분으로 간다.

Fig. 10 Input Screen for hood information

### d) 엘보 부분 값 입력

엘보 부분 값 입력 창은 Fig. 11에서 보는 것과 같다.

위 Fig. 11에서 설계중인 관이 엘보를 가질 때 엘보 손실계수를 입력한다. 기본값으로 R/D가 2인 경우가 주어지 있다. 만일 R/D가 아닌 경우나 엘보손실계수를 모를 경우 "엘보 손실계수 참고 화면"버튼을 눌러 엘보 손실계수를 참고한다. 엘보 개수는 설계 자료에 따라 각도별 입력란에 각각 입력 하면된다. 엘보가 없으면 "0"을 입력하고 ➡버튼을 누르면 다음화면 유입관 부분으로 이동된다. (Fig. 12)

Fig. 11 Input Screen for elbows

### e) 유입관 부분 설계부분

유입관은 현재 설계중인 관이 다른 후드나 덕트에 서부터 유입되어 오는 관과 연결되어 있는가를 체크한다. 만일 유입관과 연결되었다면 유입각도란이 선택

가능하게 될 것이다. 유입각도는 설계 자료에 따라 선택하며 특수접속부손실은 현재 설계중인 관에 있어서 특수한 접속방법을 사용하여 생기는 압력손실을 설계자가 직접 입력하게 되어 있다

“압력 평형을 구할관”은 현재의 설계중인 관이 어느 덕트나 후드와 연결이 되어 있어서 압력평형을 맞추어야 할 경우 연결된 관을 선택하는 항목이다. 만일 관이름 “54”가 이전에 설계한 관이름 3b와 연결되어 있다면 “연결된 관이름 선택” 상자를 눌러 연결된 관을 찾아 눌러 준다. (Fig. 13)

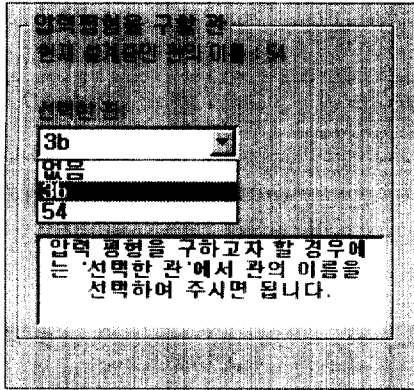


Fig. 13 Selection of connected ducts

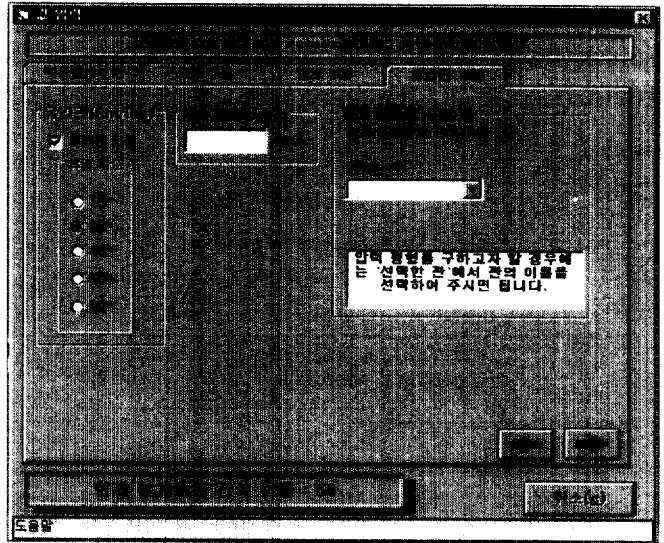


Fig. 12 Input Screen for entries

만일 여기서 연결되어 있다고 지정한 관들의 지배성압/비자배정압의 정압비가 20%를 넘을 경우 피자배정압을 가진 관에 대해서 덕트의 직경을 줄여 압력보정을 한다. 만일 정압비가 20%이내 일 경우에는 비자배정압에 대하여 유량을 보정하여 준다. Fig. 14는 한 개의 관에 대한 결과값을 나타낸 것이다.

2. 설계입력 (Design Input)		27.18	mmHg
3. 설계입력 (Design Input)		17.78	mmHg
4. 설계입력 (Design Input)		170	mm
5. 설계입력 (Design Input)		10227	mm
6. 설계입력 (Design Input)		19.9559	mmHg
7. 설계입력 (Design Input)		24.3632	mmHg
8. 설계입력 (Design Input)		0.0	mm
9. 설계입력 (Design Input)		0	mmHg
10. 설계입력 (Design Input)		0.0	mmHg
11. 설계입력 (Design Input)		0	mmHg
12. 설계입력 (Design Input)		0	mmHg
13. 설계입력 (Design Input)		0	mmHg
14. 설계입력 (Design Input)		0.0	mmHg
15. 설계입력 (Design Input)		0.25	
16. 설계입력 (Design Input)		1	
17. 설계입력 (Design Input)		1.25	
18. 설계입력 (Design Input)		24.2342	mmHg
19. 설계입력 (Design Input)		0	mmHg
20. 설계입력 (Design Input)		30.454	mmHg
2. 설계입력 (Design Input)		0.914	m
3. 설계입력 (Design Input)		12409	
4. 설계입력 (Design Input)		11134	
5. 설계입력 (Design Input)		0.667	
6. 설계입력 (Design Input)		0.18	
7. 설계입력 (Design Input)		1	
8. 설계입력 (Design Input)		0.18	
9. 설계입력 (Design Input)		0.0	
10. 설계입력 (Design Input)		1.4734	
11. 설계입력 (Design Input)		11.5335	mmHg
12. 설계입력 (Design Input)		41.9875	mmHg
13. 설계입력 (Design Input)		0	mmHg
14. 설계입력 (Design Input)		43.8887	mmHg
15. 설계입력 (Design Input)		27.7885	mmHg
16. 설계입력 (Design Input)		25.4664	mmHg
17. 설계입력 (Design Input)		23.7471	mmHg

Fig. 14 Design result for one line of hood and duct

현재까지의 설명을 간단히 도식화 하면 다음과 같다.  
(Fig. 16)

[illegible]

Fig. 15 Design result for a whole ventilation system

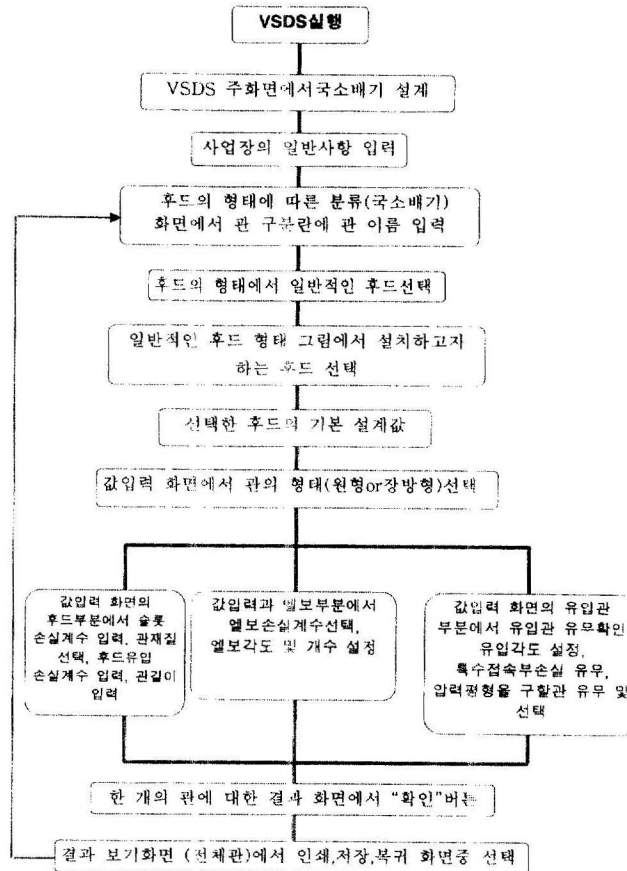


Fig. 16 Schematic diagram of system design

## 나) 기타 특수 후드의 설계

Fig. 6의 “국소배기 설계 주화면”에서 “기타 특수 후드 설계” 버튼을 누르면 어떠한 종류의 후드를 선택해도 곧 바로 “값 입력” 화면으로 들어간다.

기타 특수 후드의 설계가 일반적인 후드의 설계와 다른 점은 일반적인 후드가 유량이나 슬롯에 대한 값이 프로그램내에서 계산되어져 입력되는 반면 기타 특수 후드의 설계에서는 사용자가 모든 값들을 “값입력” 화면에서 하나씩 입력하여 주어야 한다. 기타 사용방법은 앞서 설명한 “일반적인 후드”의 설계방법과 동일하다.

## 다) 캐노피 후드의 설계

먼저 여기서 말하는 캐노피 후드의 개념은 열원이 상당히 고열원인 경우를 말하며 개방조 후드의 설계에서 나타날 캐노피 후드 설계는 비교적 저열원을 가진 캐노피 후드의 설계에 적용한다는 것이다. 따라서 설계자는 자신이 설계 하고자 하는 캐노피 후드의 열원이 고열원인지 저열원인지를 먼저 파악 할 필요가 있다고 할 수 있다.

### 가) 캐노피 후드의 선택

Fig. 6의 “국소배기 설계 주화면”에서 관이름을 입력하고 “캐노피 후드” 버튼을 누르면 설계하고자 하는 후드의 열원 형태를 묻는다.(Fig. 17) 이 열원 형태에 따라 장방형 열원은 장방형 캐노피 후드로만 설계를 할 수 있고 원형 열원은 원형 캐노피와 장방형 캐노피후드로 각각 설계가 가능하도록 하였다. 장방형 캐노피 후드나 원형 캐노피 후드의 경우 캐노피 후드로부터 후드 개구면까지의 높이가 오염원 직경보다 작거나 0.9 m이하 일 때는 낮은 후드로 설계가 이루어지며, “후드형태”란에 낮은 후드임을 자동으로 표시해 준다

캐노피 후드의 기본설계가 마쳐 졌으면 Fig. 18에서 “다음” 버튼을 눌러 Fig. 9와 같은 “값입력” 화면으로 들어 가서 사용자는 설계유량이 정확히 넘어 왔

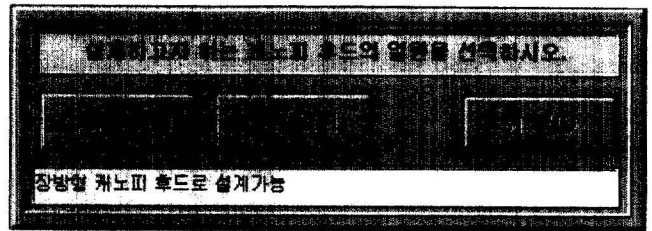


Fig. 17 Selection of heat source for canopy hood design

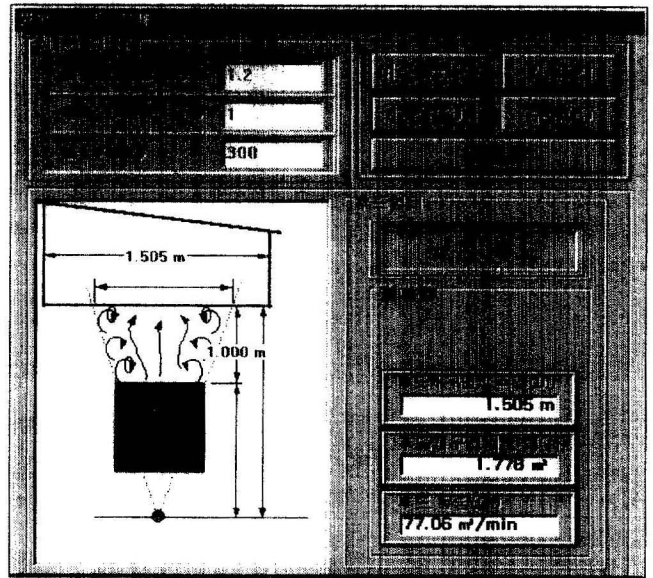


Fig. 18 Design result for a circular canopy hood

는지 확인한다. 다음부터 설계하는 방법은 일반적인 후드 설계부분과 동일하다.

### 라) 개방조의 설계

개방조 후드의 설계에 대한 후드의 종류 및 적용범위는 금속표면처리, 전기도금, 스트리핑, 기타 공정 등에 적절한 후드로서 후드의 종류에는 포위형 후드, 캐노피형 후드, 측방형 후드, 푸쉬-풀 후드의 설계가 가능하다.

### 가) 개방조 작업 공정의 선택

Fig. 6의 “국소배기설계 주화면”에서 “개방조 후드” 버튼을 누르면 Fig. 19 개방조의 공정 선택 및 조 크기 입력 화면이 나타난다. 사용자는 설계하고자 하

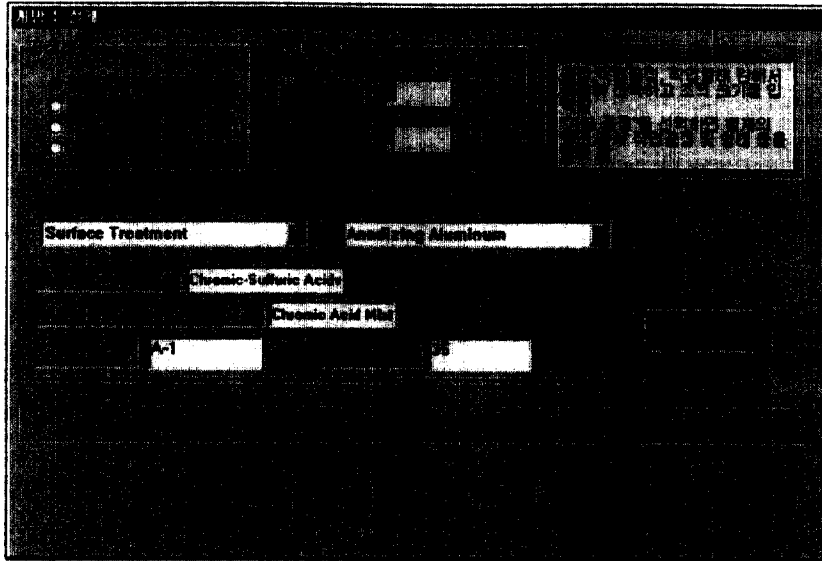


Fig. 19 Initial input screen for open surface tank design

는 개방조의 크기 및 공정을 선택 또는 입력하여야 한다. 만약 적절한 공정이 소프트웨어 상에 없을 경우 설계자가 직접 공정명, 작업형태, 유해준위, 방출률, 온도차를 입력 할 수 있도록 하였다.

사용자가 입력한 조의 길이나 폭에 따라서 설계할 수 있는 후드의 종류가 달라지게 된다. 즉 조의 폭이 50 cm이하 일 때는 양쪽 측면의 슬롯을 이용할 수 없으며, 50-90 cm일 때는 양쪽 측면 슬롯이 바람직하므로 한쪽 측면 슬롯을 이용할 수 없고, 90-120 cm일 경우는 반드시 양쪽 측면 슬롯, 중앙 슬롯 또는 푸쉬-풀 후드를 사용하여야만 하고, 120 cm이상일 경우에는 푸쉬-풀 후드만을 사용하여야 한다. 길이에 대한 제한으로는 조의 길이가 1.8 m 이상이면 다중흡입방식을 사용하도록 권장하고 있다. 이러한 설계시의 고려사항들은 산업환기매뉴얼에 상세히 기술되어 있으며, VSDS소프트웨어에서도 사용자가 이러한 경우를 인식하지 못할 경우에 대비하여 후드의 선택에 대한 설명이나 다중후드의 사용에 대하여 적절한 도움말을 삽입하여 사용자로 하여금 올바른 설계에 이르도록 하고 있다.

#### b) 후드의 선택

설계자가 설계하고자 하는 공정을 선택하고 조의 크기를 입력하였으면 설치하고자 하는 후드를 선택하게 되는데 설계자는 포위형 후드, 캐노피 후드, 측방형 또는 푸쉬-풀 후드중 하나를 선택하여 설계 할 수 있다. 참고로 캐노피 후드의 경우 여기서는 주메뉴의 "캐노피 후드 설계"에서 사용했던 배기량 산출식과는 다른 식을 적용하고 있다. 왜냐하면 주메뉴의 "캐노피 후드 설계"가 열원에 대한 후드를 설계해주는 반면에 개방조는 심각한 열원으로 볼 수 없기 때문에 배기량 산출식인  $Q=PHV$ 를 적용한다. 단, 여기서 "네쪽면 개방"일 경우는 P값으로 조의 둘레를 사용하고, "세쪽면 개방"일 경우는 P값으로 개방된 쪽의 조 둘레를 사용한다. 또한 유해 등급이 A-1 또는 A-2인 경우에는 캐노피 후드의 사용을 금지하고 있기 때문에 설계가 불가능하여 이 두 가지의 유해 등급을 제외하고는 캐노피 후드의 사용이 가능하다. 하지만 캐노피 후드는 가급적 사용하지 않는 것이 작업자 보호 측면에서 볼 때 바람직 하다.

포위형 후드는 각각 한쪽면이 개방된 경우와 두쪽면이 개방된 경우로 설계 할 수 있으며 캐노피 후드의 경우 세쪽면 개방 또는 네쪽면 개방으로 설계 가능하고, 측방

형 후드의 경우 조의 한쪽에 설치 하거나 조의 양쪽 또는 중앙에 설치하는 것으로 설계가 가능하며, 푸쉬-풀 후드의 경우 푸쉬측 설계와 풀측을 각각 설계하여 결과 화면에서 하나로 보여주는 방법을 사용하고 있다

Fig. 20 Design result for enclosing hood

Fig. 21 Design result for push nozzle of push-pull hood





Fig. 22 Design result for pull hood of push-pull hood

마. 덕트 삽입

설계 중인 관내에 덕트를 삽입할때 사용한다. 한 예로 아래의 Fig. 23에서 "1-A"와 "1-B"관을 연결하는 덕트 A-B를 삽입 하게된다.

덕트삽입을 하기 위해서 국소배기 설계 주화면에서 관이름을 "A-B" 라고 입력하고 "덕트삽입" 버튼을 누르면 Fig. 24화면이 나타난다. 그러면 ↓버튼을 이용하여 "1-A", "1-B"을 선택한다. 그러면 아래 부분에 총유량이 나온다. "확인" 버튼을 누르면 "값입력"화면으로 이동한다.

이후 부타의 설계는 앞서 후드별로 기술한 내용을 참고하여 설계를 진행하면 된다.

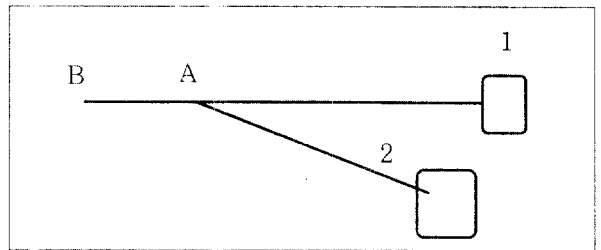


Fig. 23 1-A and 2-B duct connected A-B duct

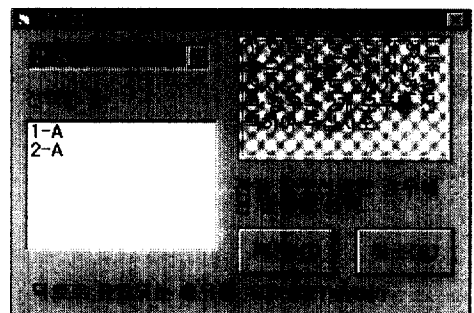


Fig. 24 Selection of duct being inserted

#### 바. 필터 삽입

설계중인 관내에 필터를 삽입할 때 사용한다. 이때 필터의 압력 손실단위는 mmAq를 사용한다. 필터 삽입을 하기 위해서는 Fig. 6의 국소배기 설계 주화면에서 "필터 삽입" 버튼을 누르면 Fig. 25 "필터 삽입" 화면이 열린다. 여기서 유입관을 선택하면 아래에 덕트로 유입되는 총유량이 보여지고 필터의 정압손실 입력한다. 그리고 "확인" 버튼을 누른다.

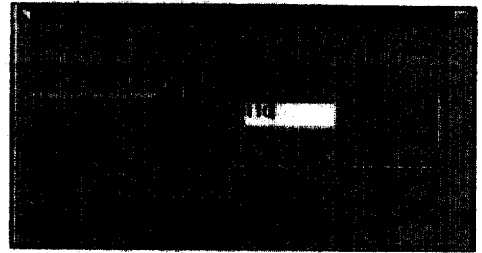


Fig. 25 Insertion of air-cleaning device

다음 화면인 "결과보기" 화면에서 "확인" 버튼을 선택하면 Fig. 26 "필터삽입결과" 화면이 나타난다. 즉 필터가 추가된 것을 볼 수 있을 것이다.

124.6997	124.6997	124.6997
10	10	0
510	510	0
0.204	0.204	0.0
10,1901	10,1901	0
6.35261	6.35261	0

Fig. 26 Design result after air-cleaning device is inserted

#### 사. 송풍기 삽입

설계 중에 송풍기의 위치를 삽입하여 둔다. 최종 설계관 다음에 송풍기를 설치하여 송풍기의 정압과 유량을 보여준다. 송풍기를 삽입하기 위해서는 Fig. 6의 "국소배기 설계 주화면"에서 "송풍기 삽입"에서 "송풍기 삽입" 버튼을 누르면 "Fig. 27 송풍기 삽입" 화면이 열린다.

유입되는 관을 선택하면 유입정압과 동압을 표시해준다. 예로 "L-FAN"을 선택할 경우에 유입정압과 동압이 53.491 mmAq, 22.791 mmAq로 표시되었다. 송풍기정압과 유량을 보기 위해서는 "Fig. 7의 국소배기 설계" 주화면에서 "최종 계산 결과보기" 버튼을 누르면 Fig. 28 "송풍기 삽입 결과" 화면을 볼 수 있을 것이다

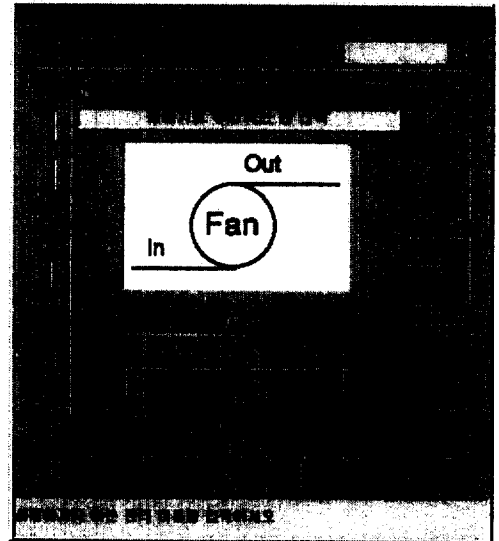
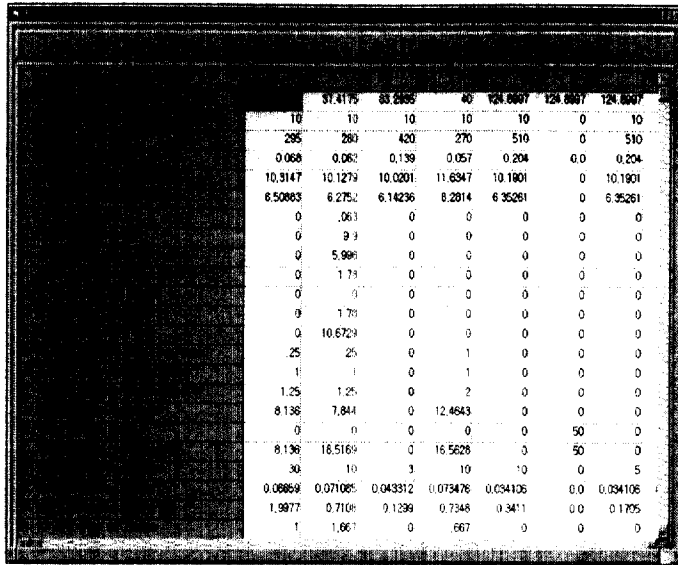


Fig. 27 Insertion of fan





	51.4175	63.2505	40	124.0007	124.0007	124.0007
10	10	10	10	10	0	10
285	280	420	270	510	0	510
0.068	0.062	0.139	0.057	0.204	0.0	0.204
10.3147	10.1273	10.0201	11.6347	10.1901	0	10.1901
6.50863	6.2752	6.14236	8.2814	6.35281	0	6.35281
0	.063	0	0	0	0	0
0	9.9	0	0	0	0	0
0	5.996	0	0	0	0	0
0	1.73	0	0	0	0	0
0	9	0	0	0	0	0
0	1.73	0	0	0	0	0
0	10.6729	0	0	0	0	0
25	25	0	1	0	0	0
1	1	0	1	0	0	0
1.25	1.25	0	2	0	0	0
8.136	7.844	0	12.4643	0	0	0
0	0	0	0	0	50	0
8.136	16.5169	0	16.5628	0	50	0
30	10	3	10	10	0	5
0.06869	0.071085	0.043312	0.073476	0.034136	0.0	0.034106
1.9977	0.7108	0.1239	0.7348	0.3411	0.0	0.1795
1	1.667	0	.667	0	0	0

Fig. 28 Design result after fan is inserted

아. 수정, 추가, 불러오기

새로운 국소배기의 설계중이나 이미 설계한 국소배기 시설의 덕트나 후드의 사양을 변경하여 재계산을 하고자 할 경우 현재 덕트를 설계 중일 때에는 Fig. 29 화면에서 "수정" 버튼을 누르고 기존의 저장된 설계파일은 "불러오기" 버튼을 눌러 파일을 불러 온 다음 수정을 하거나 추가를 할 수 있다.

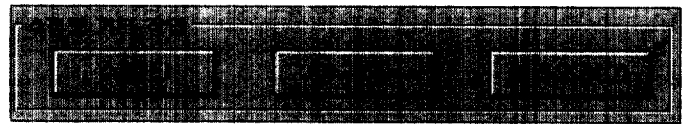


Fig. 29 Revision related buttons

아쉬운점은 기존에 설계된 관과 관사이에 새로운 관을 추가 하거나 기존의 관을 삭제 할 수 없다는 점이다. 현재로서는 이미 설계한 관에 대한 기본 자료들을 변경하거나 뒤에 이어서 설계할 수 있을 뿐이다.

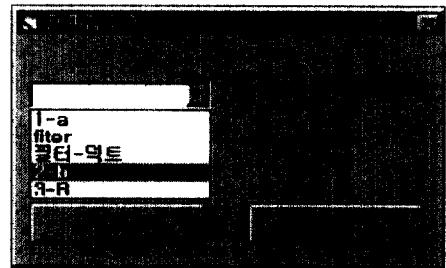


Fig. 30 Duct editing screen

설계한 관을 수정하기 위하여 "수정" 버튼을 누르면 아래와 같은 Fig. 30이 나타나면서

수정하고자 하는 관을 선택 하라는 문자가 나타난다. 콤보박스를 누르면 기존설계 파일에 저장된 관의 "관구분 이름"들이 나타난다. 여기서 사용자는 수정하고자 하는 관의 이름을 선택 한후 "확인" 버튼을 누른다.

이 값을 가지고 있으므로 설계하였을 당시의 화면을 돌아가 설계송풍량, 최소반송속도, 덕트의 크기, 엘보 개수 등을 수정 할 수 있다. 이후의 과정은 기존의 설계 방식과 동일하며 수정을 한 관에 대한 결과는 Fig. 31에 나타나 있다.

선택한 관의 이름에 따라서 기본적인 입력 자료들

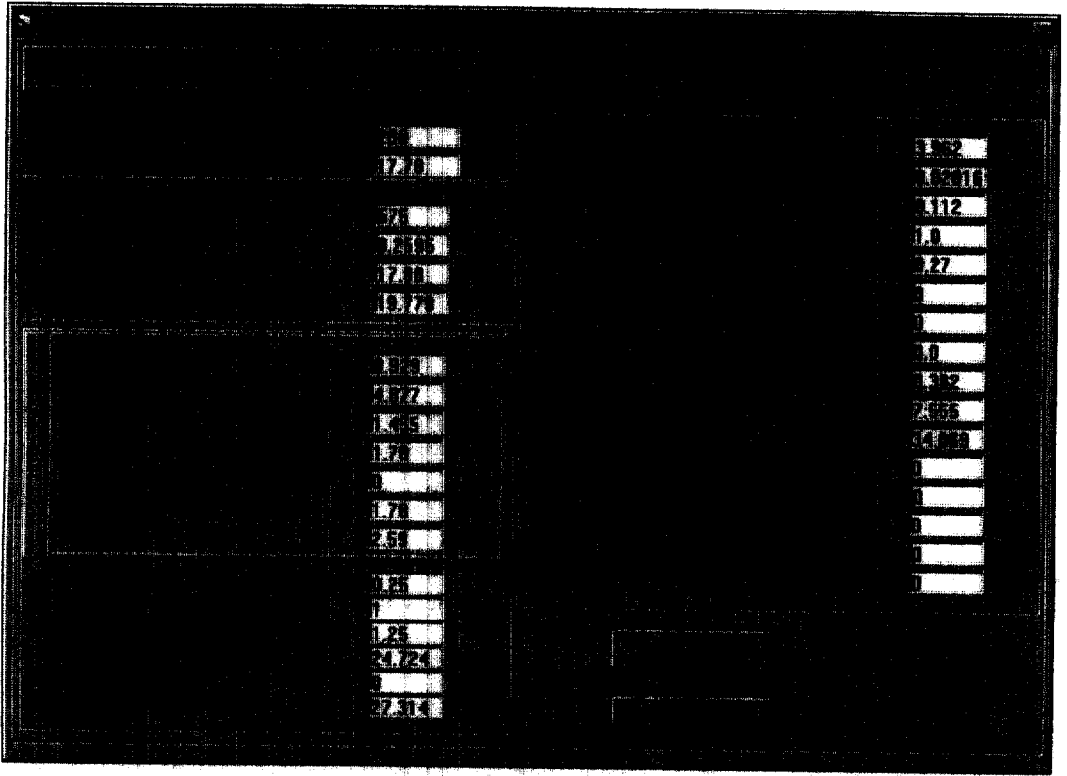


Fig. 31 Design result after revision

"1개의 라인에 대한 결과값"화면을 보면 기존에 있던 "확인"과 "취소" 버튼이 없어지고 "다른관수정" 버튼과 "수정 끝내기" 버튼이 화면에 나타나있다. 다른관을 계속 수정하고자 한다면 "다른관 수정" 버튼을 눌러 Fig. 30의 관 편집화면으로 다시 돌아가서 다른관을 선택하여 수정을 하고 수정을 끝내고 결과를 보고자 한다면 "수정 끝내기" 버튼을 누른다.

"수정 끝내기" 버튼을 누르고 나면 Fig. 32와 같이 참고화면이 나타난다.



Fig. 32 Recalculation start message

"확인" 버튼을 누르면 사용자의 시스템성능과 입력한 관의 개수에 따라 다소의 차이가 있겠지만 사용자가 입력한 관의 처음부터 끝까지 재계산을 자동으로 하게되므로 다소 시간이 소요된다. 잠시후 수정한 결과에 대한 최종결과 화면이 나타난다.

### III. 결론 및 향후계획

본 연구에서는 과거에 개발된 C-VENT에 국소배기시스템 설계부분을 추가하여 VSDS라는 소프트웨어를 완성하였다. 사용자입장에서 가능한 한 편리한 소프트웨어를 만들어 보려고 노력하였으나 기존 설계된 배기 시스템에 새로운 덕트나 후드를 추가하거나 삭제하는 부분에 있어서는 현재 버전에서는 실행할 수 없었다. 또한 개방조 후드의 설계에 있어서 개방조 후드의 유량이나 후드 정압손실등은 계산하여 그

결과를 보이고 인쇄 할 수 있으나 다른 후드나 덕트로 연결하여 송풍기 까지 끌고 나갈 수는 없게 되어 있다. 이는 개방조 후드의 설계 자체에서 오는 문제점으로 특히 길이가 긴 작업조의 경우 다중흡입구를 사용 설계를 하게 되는데 이것이 산업환기매뉴얼에 의한 국소배기시스템 설계에 적용하는데 문제점을 가져온다. 즉 산업환기매뉴얼에 의한 설계는 어디까지나 한 개의 후드에 하나의 덕트가 나와서 연결 되는 것으로 되어 있기 때문에 개방조 설계시의 한 개의 후드에서 여러개의 덕트가 나오는 부분에 대해서는 계산상 어려움이 있다. Windows 응용프로그램의 장점이라고 할 수 있는 GUI(Graphic User Interface), 즉 그림을 통해서 보다 쉽게 접근할 수 있는 소프트웨어로 개발 하고자 노력 하였으나 Visual Basic 관련 Tool들의 미비와 언어 자체가 가지는 한계성, 개발자의 한정된 능력 등 으로 인하여 전체 배기 시스템의 도면화를 이루지 못하여 사용자가 도면을 보면서 작업을 하여야 하는 단점이 있다.

그러나 산업환기매뉴얼 상의 예제 설계계산을 수행함에 있어서는 별다른 문제없이 계산을 끝낼 수 있었다. 또, 기존의 국내외 국소배기 시스템 설계 소프트웨어들이 이룩하지 못한 최초의 Windows용 32비트 국소배기 시스템 설계 소프트웨어이다. 소프트웨어를 좀더 쉽게 사용할 수 있도록 다듬은 후에 무료로 관련 업체, 기관, 산업안전공단에 배포하여 테스트를 받음으로써 정확한 계산을 할 수 있을 뿐만 아니라 User-Friendly한 소프트웨어를 완성하고자 한다.

완성된 소프트웨어를 PC통신에 띄워 산업환기분야 종사자들이 사용할 수 있게 함으로써 새로운 환기시스템을 설계할 때부터 과거의 경험에 바탕을 둔 주

먹구구식 설계를 지양하도록 유도할 수 있다. 또한 방지시설업체에서 설계한 설계서를 감리해 주는 기관에서도 똑같은 소프트웨어를 사용하여 설계의 타당성을 보다 쉽고 빠르게 평가할 수 있다. 이렇게 함으로서 우리 나라 산업위생분야, 특히 직업병 예방의 견인차 역할을 하는 산업환기분야에 일조할뿐만 아니라 값비싼 외국산 소프트웨어를 구입함으로써 발생하는 외화낭비와 사용법 교육에 드는 시간도 줄일 수 있을 것으로 본다.

VSDS를 개발하는 과정에서 지원하지 못한 여러 가지 기능에 대해서는 차후 Visual Basic의 업그레이드와 Visual Basic이 구현 하지 못하는 기능들 가진 다른 프로그래밍 언어와 접목 시키는 방향으로 해결을 해 나갈 계획이며 각각의 관에 대한 완벽한 데이터 베이스를 구축하여 추가와 삭제 기능이 가능한 프로그램으로 도약하고자 한다. 이렇게 함으로써 VSDS를 외국의 소프트웨어 수준 이상으로 끌어올려 우리 나라 산업환기설계분야에 일조하고자 한다.

## 참 고 문 헌

김태형의 3인; 산업환기시스템 설계소프트웨어의 평가 및 활용도 제고, 1995

김태형의 6인; 산업환기시스템 설계소프트웨어 개발, 1995.

한국산업안전공단; VPMC매뉴얼, 1995.

American Conference of Governmental Industrial Hygienists, *Industrial Ventilation-A Manual of Recommended Practice*, 22nd Ed., 1995.