

설계 및 해석지원을 위한  
PC용 단면계수계산 소프트웨어 개발에 관한 연구<sup>†</sup>  
- A Study on the Development of PC-based Section  
Property Calculation Software for Design Engineers-

장 성 국\*  
Jang, Sung-Kuk  
강 신 한\*  
Kang, Shin-Han

**Abstract**

In this paper described is the software developed to calculate the physical properties of arbitrary section shape. The software consists of arbitrary section display module(ASDM) and section property calculation module(SPCM). ASDM defines and displays the shape of arbitrary section and SPCM calculates its properties such as area, centroid, moment of inertia, torsional constant, etc.. In many cases, calculation of section properties is not easy because user has to define the vertex coordinates which are difficult to do so in the case of arbitrary section.

In the developed software, however, since user is asked to define only points of central lines and thickness of arbitrary section, the calculation task of arbitrary section is very effective.

**1. 연구배경 및 목적**

최근 자동차 사용이 급증되고 있는 가운데 이를 구매하는 수요자의 요구가 다양해 지고 있다. 이에 부응하기 위해 업계에서는 주행 및 내구 성능을 증대하기 위한 편의장치와 충돌안전 대책을 위한 고기능, 고성능화를 이루는 방향으로 연구, 개발을 진행하고 있다. 그러나 이를 고려한 자동차에서는 차체중량이 증가하게 되고, 이는 연비저하를 가져오는 요인이 된다. 따라서 차체경량화 또한 자동차 설계에 있어서 중요한 요소가 되어가는 상황이다[1]. 경량화를 염두에 둔 자동차 개발시 각종 검증을 위해 컴퓨터 모의실험(simulation)이 사용되고 있는데 CAE (Computer Aided Engineering) 시스템에 의한 해석작업도 한 부분이라 할 수 있다.

---

† 이 논문은 1996년도 한국학술진흥재단의 공모과제 연구비에 의하여 연구되었음.

\* 한라공과대학교 기계공학부

초기설계 시에는 구조물에 대한 상세형상을 정의하기 어렵고, 초기설계의 목적 중 하나가 전체 자동차의 특성에 대한 경향을 분석하기 위한 것이므로 구조물형상을 상세형상 대신에 빔(beam)으로 정의하여 계산하는 것이 효과적이다.

빔으로 구성된 구조물을 구성하는 데 필요한 정보가 단면계수(section property)로 해석의 입력정보로 반드시 있어야 하는 값이다. 단면계수는 빔의 물리적 특성을 결정하는 중요한 요소로 빔의 형상과 변형을 계산하는데 사용된다. 기존 상용소프트웨어에서는 빔의 단면계수를 계산하는 기능을 내장하고 있으나, 단면형상이 규격화 또는 정형화되어 있는 빔을 정리하여 라이브러리로 내장하는 정형단면 빔(library section beam)인 경우만 주로 처리할 수 있다. 단면형상이 정형화된 틀을 벗어나 있는 임의단면 빔(arbitrary section beam)인 경우에는 설계자가 별도로 계산을 하여 값을 입력하여야 하며, 때에 따라서는 이 자체가 또 하나의 작업이 되어 많은 시간을 소요해야 하는 경우가 발생하게 된다.

사용하는 데이터 량이 많고 계산과정이 복잡하고 이에 따른 계산량 증대로 인하여 해석작업에 공학용 Workstation이 주로 이용되어 왔으나 최근 PC 기능이 향상됨에 따라 PC버전의 시스템이 개발되어 사용되기 시작하고 있다. Workstation 버전 해석 시스템에서도 대부분 정형단면 빔에 대한 처리기능만 제공하고 있고, 임의단면 빔에 대한 처리기능은 없었다. 최근 임의단면을 처리할 수 있는 소프트웨어가 등장하긴 하였으나, 단면형상을 구성하는 각 꼭지점을 일일이 계산하여 좌표값으로 입력하여야 하기 때문에 사용이 불편한 점이 있다. PC 버전 시스템 역시 정형단면 빔만 처리하고 임의단면 빔에 대한 계산기능은 아직 없다[2]. 따라서 해석 소프트웨어 패키지(package)를 이용하더라도 사용자는 임의단면 빔에 대한 단면계수계산에 시간을 요하게 되는 상황이 발생하고 있는 것이다.

본 연구에서는 이러한 점을 개선하기 위해 PC를 이용하여 임의단면 빔에 대한 단면계수를 손쉽게 계산하여 설계자가 구조물에 대한 설계평가를 신속히 처리하여 설계시간 단축에 기여할 수 있는 윈도우즈 응용소프트웨어를 개발함을 목적으로 하였다.

## 2. 설계를 위한 해석작업과 단면계수

초기설계를 위해 먼저 구조물에 대한 평가가 수행되며, CAE 해석작업 결과를 설계자가 검토하는 것으로 이루어 진다. 이 해석작업은 구조물 모델링, 하중 및 구속조건부여, 알고리즘선정 및 계산과 같은 일련의 과정을 통해 진행되는데, 본 장에서는 이에 관해 다음과 같이 간략히 서술하고자 한다.

### 2-1. 구조물 모델링과 해석과정

구조물해석을 위해서는 제일 먼저 행하는 작업이 형상모델링(geometric modelling)이다. 간략히 모델링이라고도 하는 모델링은 해석대상물의 형상과 기하학적 특성을 정의하는 것으로 정의할 수 있다[3]. 이 작업은 CAD 시스템이나 CAE 시스템의 pre-processor를 이용한다. 모델로 정의된 형상에 대해 해석기법을 적용하게 되는데 가장 일반적인 방법이 FEM(finit element method)이다. 때에 따라서는 이 방법을 적용하기 위해 형상을 다시 조정하게 되는데 이를 FE 모델링이라 하기도 한다. FE 모델링의 대표적인 방법에는 쉘(shell)모델링과 빔모델링이 있다.

셀모델은 화면 상에 구조물의 모든 형상을 있는 그대로 표현하는 것으로 설계도면으로 부터 손쉽게 모델링할 수 있는 장점이 있으나, 상세설계도면이 있어야 해석에 돌입할 수 있고 계산량과 시간이 많이 필요하며 해석결과에 대한 개념파악이 어려워 지는 면이 있다.

빔모델은 화면 상에서 직선을 이용하여 표현된 모델이다. 각 직선은 특정 형상을 갖고 있는 것으로 설정되며, 화면 상에서는 모두 동일한 직선으로 보이더라도 각 직선마다 설정된 단면정보가 다르면 시스템 내부적으로 서로 다른 것으로 인식하게 한 모델이다. 빔 단면형상에 따른 여러 정보는 설계자가 직접 설정해 주어야 하는데, 단면이 정형화 되어 있는 경우에는 어려움 없이 계산할 수 있으나 단면형상이 복잡한 경우에는 별도의 계산을 수행하여야 하므로 모델링 시간이 길어진다. 때에 따라서는 이 계산과정이 실제 해석작업 대부분의 시간을 소비하는 경우도 존재할 수 있다.

모델링시간이 증가하는 단점에도 불구하고 직선만 사용하므로 전체 모델이 단순해지며 개발 초기단계에서 해석결과에 대한 개념을 손쉽게 파악할 수 있는 장점 때문에 빔모델을 많이 사용하고 있다. 빔모델의 단면형상을 특징지어주기위해 입력되는 각종 정보를 단면계수라 하는데 이에 대해서는 2-2절에서 설명한다.

구조물에 대한 FE 모델링이 이루어지면 이 구조물에 가해지는 힘과 반드시 점검하여야 할 조건을 정의하게 되며, 이를 각각 하중조건과 경계조건이라 한다. 이 조건은 설계회사에서 경험과 시험을 통해 축적되어 있는 것으로 설계자가 적절히 적용해야 한다.

형성된 모델에 하중 및 경계조건이 부여되면 적절한 해석 알고리즘을 이용하여 계산을 수행하게 된다. 해석결과는 구조물의 변형과 굽힘, 비틀림 상태 등에 대한 값이다. 이 결과를 분석하여 설계가 제대로 이루어 졌는지 또는 구조상 나타나는 문제점은 없는지 확인한다. 계산에 이용되는 알고리즘은 상용 시스템의 경우 여러 가지가 제공되며, 주어진 구조물 상황에 맞추어 적절히 사용할 수 있도록 되어있다.

## 2-2. 단면계수

해석작업의 목적은 주어진 구조물 형상과 하중조건에 의해 발생하는 현상 즉, 구하고자 하는 목적에 따라 굽힘(bending), 좌굴(buckling), 처짐(deflection), 비틀림(torsion) 등의 값을 얻는 것이라 할 수 있다. 이들 변형값을 계산하기 위해서는 기본적으로 빔의 단면적, 도심(centroid of the cross-sectional area), 관성모멘트(moment of inertia) 등의 정보가 필요하다[4]. 이들 정보를 단면계수라 한다. 단면계수는 사용자가 계산하여 입력하여야 하는 정보로, 단면형상이 원, 삼각형, 사각형 등과 같은 정형도형이라면 계산이 간단히 이루어 질 수 있으나 형상이 조금만 복잡해져도 계산을 직접 수행하기가 쉽지 않다. 이를 해결하기 위해 규격화된 단면의 경우 단면계수를 미리 계산하여 작성된 참조 테이블과 공식을 참조하여 직접 입력하기도 하고[5], 해석소프트웨어에서 제공되는 단면계수 입력절차에 따라 시스템에서 제공하는 정보도 이용하기도 한다[6]. 이와 같이 해석 소프트웨어에서 제공하는 단면 중 빔에 관련된 것을 보통 빔 라이브러리(beam library)라 한다.

빔 라이브러리에는 각 형상과 이에 해당하는 계산루틴이 내장되어 있으며 계산에 필요한 높이, 폭, 두께 등과 같은 형상정보만 사용자가 입력해 주면 단면계수가 계산된다[7]. 그러므로 구조물이 라이브러리에 있는 정형단면 빔으로 이루어져 있으면 어려움 없이 작업을 진행할 수 있어 시스템 사용효율이 증대될 수 있다. 그러나 구조물 단면이 정형화된 틀을 벗어나 있는 임의단면 빔인 경우에는 이를 해결할 수 있는 소프트웨어가 거의 없는 형편이고, 있다고 하더라도 단면형상을 구성하는 도형의 각 꼭지점 좌표를 하나하나 별도로 계산하여 입력해야하기 때문에 형상이 복잡한 경우에는 사용에 불편한 점이 있다. 자동차 구조물의 경우 라이브러리에 따르지 않는 임의단면 빔이 자주 등장하고 있으며, 업계에서는 이를 해결할 소프트웨어를 요구하게 되었다.

### 3. 단면계수계산 그래픽 소프트웨어 구현

구조물해석에 이용되는 빔 모델링은 직선을 이용하여 구조물 윤곽을 표현한 후 물리적 성질을 단면계수로 표현하여 입력하는 방법을 취하고 있음은 앞서 설명한 바와 같다. 단면계수를 구하기 위해서는 단면형상정보가 필요하며, 만일 정형화 되어있는 규격 빔을 사용하는 경우라면 각종 표와 해석 소프트웨어에서 제공하는 빔 라이브러리를 이용해 간단히 그 정보를 이용할 수 있다. 그러나 단면형상이 규격을 따르지 않는 형상을 갖게되면 사용할 자료가 없어 해석 담당자가 직접 처리하여야 한다. 자동차의 경우 외형, 차체 중량, 안전도 등 고려 사항이 증가함에 따라 구조물 단면형상이 규격화된 빔을 사용하기 어려운 부분이 많아지게 되고, 이 경우 설계에 따라 프레스 등의 방법에 의해 구조물을 제작하여 사용해야하는 상황이 발생한다. 이에 따른 해석을 위해서는 임의빔에 대한 단면계수를 별도로 계산을 해야 한다. 본 연구에서는 이를 처리할 수 있는 그래픽 소프트웨어를 개발하였으며, 그 내용은 다음과 같다.

#### 3-1. 소프트웨어의 기능설정

다양한 소비자욕구는 제품 주기가 짧아지게 하고 이에 따른 개발 주기또한 단축을 요구하는 바, 설계 및 해석과정에서 임의단면에 대한 단면계수를 구하는 방법 또한 간단하고 정확하게 그리고 빠르게 구할 수 있어야 할 필요가 있다. 이를 고려하여 본 연구에서는 임의단면의 단면계수 계산 프로그램이 갖춰야 할 기능을 다음과 같이 설정하여 소프트웨어를 구현하였다.

첫째, 단면형상을 상대적으로 쉽게 정의할 수 있어야 한다. 따라서 단면형상을 계산이 복잡한 꼭지점 좌표가 아닌 중심선에 의한 윤곽설정 후 두께값 입력에 의해 정의할 수 있게 한다. 이렇게 하여 꼭지점 좌표값 계산에 따른 시간을 단축하고, 이에 따른 설계효율 증대가 이루어지도록 한다.

둘째, 빔 단면형상은 별도 파일로 저장하여 관리하고 활용할 수 있게 하여 차후 발생할 수 있는 설계변경 시 새로 빔 단면을 정의하지 않고 기존 형상의 변형만으로 단면계수를 구할 수 있게 한다.

셋째, 작업환경 구축에 필요한 비용을 절감하기 위해 프로그램은 고가의 워크스테이션에 비해 상대적으로 저가이면서도 기능은 향상되고 있는 PC를 이용하는 것으로 한다. 그리고 PC의 운영시스템이 윈도우즈로 되어가는 상황에 맞춰 MS Windows 95 환경에서 동작하는 윈도우즈 응용프로그램으로 구축한다.

#### 3-2. 구조 및 입출력정보

개발된 소프트웨어는 Fig.1에서와 같이 크게 임의단면 그래픽모듈(arbitrary section graphic module)과 단면계수 계산모듈(section property calculation module)로 구성되어 있다. 그래픽모듈은 크게 폴리라인입력부(polyline input routine), 라인입력부(line input routine), 두께입력부(thickness input routine), 두께고려 점 계산부(calcualtion of vertex with thickness routine), 단면형상표시부(section shape display routine) 등으로 이루어져 있으며, CAD 시스템에서 작업하는 것과 같이 사용자가 마우스를 통하여 대화형으로 단면형상을 정의할 수 있게 하는 기능을 담당하게 된다. 계산모듈은 단면형상 정의 후 사용자가 계산메뉴를 클릭하는 것에 의해 그래픽모듈로부터 정의된 형상정보를 입력받아 해당 단면에 대한 단면계수를 계산하는 기능을 담당하며, 형상정보입력부(shape data input routine), 계수계산부(property calcualtion routine), 단면계수 출력부(section property output routine)로 구성되어 있다.

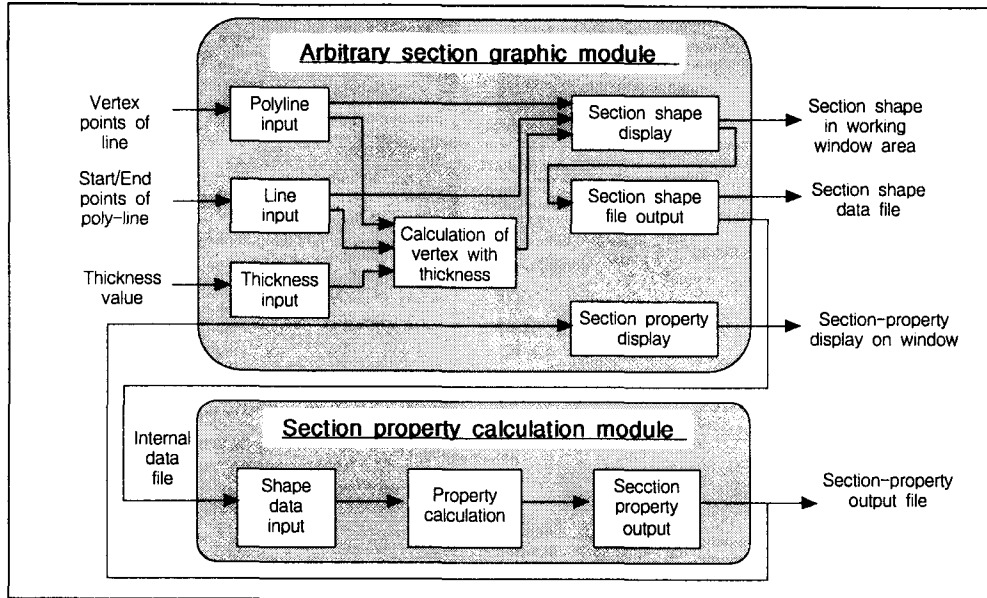


Fig.1. Blockdiagram of property calculation software for arbitrary section

그래픽모듈에서는 사용자가 메뉴에서 라인을 선택하면 직선입력부에서 시작점과 끝점을 입력받는다. 만일 사용자가 폴리라인을 선택하면 각 점을 연속적으로 지정할 수 있는 폴리라인입력부가 동작하게 된다. 각 입력부에 의해 입력된 좌표값을 이용하여 단면형상표시부가 윈도우 작업영역에 라인 또는 폴리라인을 도시한다. 라인과 폴리라인에 의해 형상이 이루어지면, 사용자는 두께입력부에서 제시하는 대화상자를 통해 두께값을 입력한다. 두께값이 입력되면 두께고려 점계산부가 동작한다. 직선에 두께가 주어지면 주어진 직선은 직사각형으로 표시할 수 있으며, 직사각형 각 꼭지점좌표를 알아야 화면상에 도시할 수 있다. 두께고려 점계산부가 이 기능을 담당하며 얻어진 점좌표는 단면형상표시부에 의해 새로운 형상으로 표현된다. 이에 대한 자세한 사항은 3-3절에서 설명한다. 단면에 대한 두께정의를 완료되어 화면에 표시된 형상을 검토한 후, 이상이 없으면 사용자는 단면계수계산 메뉴를 클릭하여 계산모듈을 구동시킨다. 이때, 사용자가 단면형상을 파일로 저장하기 원하면 사용자는 파일메뉴에 있는 저장메뉴를 이용하면 단면형상파일출력부(section shape file output routine)에 의해 단면형상을 파일로 저장하여 활용할 수 있다.

단면계수 계산모듈은 형상정보입력부에서 그래픽 모듈의 단면형상 정보를 입력받아 계수계산부로 인계하여 단면을 구성하는 점정보와 두께정보로부터 단면적, 중심점 좌표, 관성모멘트 값, 비틀림 상수(torsional constant;  $J$ ) 등을 계산할 수 있게 한다. 계산된 결과는 단면계수 출력부가 텍스트파일로 저장하며, 저장된 텍스트파일은 그래픽 모듈의 단면계수표시부(section property display routine)에 의해 윈도우상에 그 내용이 표시된다.

그래픽 모듈은 윈도우즈 응용프로그램으로 Microsoft Visual C++ 컴파일러를 이용하였으며 MFC(Microsoft Foundation Class)를 활용하여 구성되었다[8,9]. 단면계수 계산모듈은 본 소프트웨어의 핵심 부분으로 FORTRAN언어를 이용하여 별도의 실행파일로 동작하도록 되어 있으며 전체적인 실행관리는 그래픽 모듈에 의해 나타나는 주 윈도우에서 메뉴를 이용하여 구동되도록 하였다. 그러므로 윈도우 환경이 바뀌어도 GUI(graphic user interface) 부분만 새로 구성하면 그대로 활용할 수 있다. 워크테이션에서도 컴파일, 링크만으로 계산루틴을 사용할 수 있게 되어 운용효율을 증대시킬 수 있다.

### 3-3. 임의단면형상에 대한 그래픽 표현

개발된 프로그램에서는 임의단면 빔 형상을 폴리라인과 라인을 이용하여 표시하도록 하였는 바, 먼저 단면이 직선형태를 갖는 단면을 고려해 본다. 이 단면이 두께를 갖게되면, 단면의 모습을 정확히 표현하기 위해서 단면형상을 직사각형으로 표현해야 한다. 직사각형을 화면에 도시하기 위해서는 직사각형을 구성하는 4개의 꼭지점 좌표가 필요하며, 수직 또는 수평을 이루는 직선요소라면 중심선에서 두께의 1/2을 고려하여 나름대로 쉽게 꼭지점 좌표를 얻을 수 있다. 그러나 기울어진 직선요소에 대한 직사각형 꼭지점을 구하기란 간단한 문제가 아니다.

Fig.2에서와 같이 점  $P_1$ 을 시작점으로 하고  $P_2$ 를 끝점으로 하는 중심선을 생각해 보자. 이 직선이 두께  $t$ 를 갖게 되는 경우 점선과 같은 사각형으로 표현될 것이고 4개 꼭지점  $V_1, V_2, V_3, V_4$ 의 좌표를 계산하여 연결해야 완전한 단면의 모습을 표현할 수 있다. 기존 상용소프트웨어에서는  $V_1, V_2, V_3, V_4$ 의 좌표를 직접 입력해야 단면계수를 얻을 수 있었다. 그러나 본 연구에서는  $P_1, P_2$ 를 지정하고 두께만 입력하면 꼭지점의 좌표를 계산할 수 있게 하여 단면계수를 손쉽게 구할 수 있도록 하였으며, 다음과 같은 방법을 이용하여 처리하였다.

입력된  $P_1, P_2$ 점으로 부터 직선의 방정식을 유도한다. 직선의 방정식은 다음과 같이 Canonical form을 취하도록 하였으며 이는 NC(numerical control)공작기계를 이용하기 위해 많이 이용되는 APT(automatically programmed tool) 언어에서 이용되는 표현방식이다[10,11].

$$Ax + By - D = 0 \quad \text{----- (1)}$$

$$\text{이 때, } A^2 + B^2 = 1$$

$$D \geq 0$$

식(1)에서 표현된 계수  $A, B$ 로 부터 다음과 같은 단위수직벡터(unit normal vector)  $u$ 를 얻을 수 있다.

$$u = Ai + Bj \quad \text{----- (2)}$$

식 (2)와 같은 단위수직벡터를 이용하면 다음과 같은 방향벡터  $v_{ref}$ 를 얻는다.

$$v_{ref} = (t/2)u \quad \text{----- (3)}$$

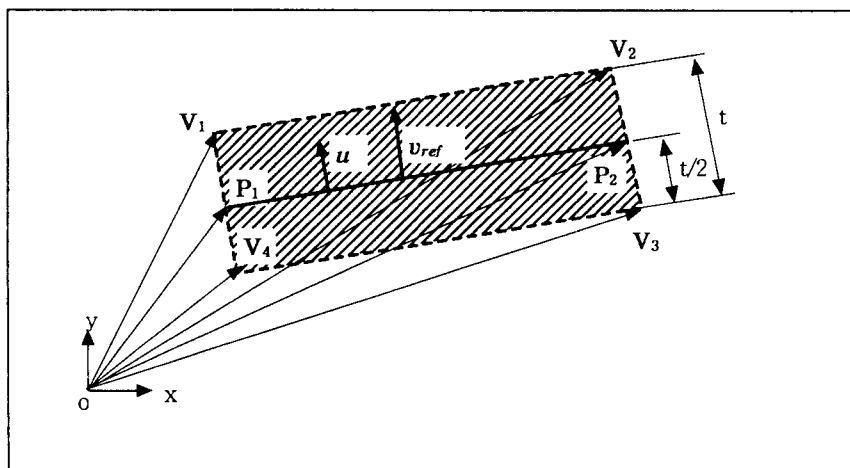


Fig. 2. Drawing line segment with thickness  $t$

$v_{ref}$  는 직선 위쪽으로  $t/2$  만큼 떨어진 수직위치를 나타내게 되므로 이 벡터와  $P_1, P_2$ 점에 의한 벡터와 조합하면 다음과 같이 두께를 고려한 직선요소를 표현할 좌표값을 얻을 수 있다.

$$V_1 = P_1 + v_{ref} \quad \text{----- (4)}$$

$$V_2 = P_2 + v_{ref} \quad \text{----- (5)}$$

$$V_3 = P_2 - v_{ref} \quad \text{----- (6)}$$

$$V_4 = P_1 - v_{ref} \quad \text{----- (7)}$$

식 (4)~(7)에 의해 얻어진 벡터 성분값으로부터 점의 좌표를 얻을 수 있고, 이 점들을 직선으로 이어주면 중심직선 좌표와 두께를 입력으로 하는 단면형상을 표현할 수 있다. Fig.3은 실제 프로그램 실행중에 중심 직선을 정의한 것이고 Fig.4는 두께를 입력한 후 생성된 단면형상을 보여주고 있다.

임의단면 빔의 단면형상은 직선하나만으로 이루어지기 보다는 굴곡된 형상을 갖는 경우가 많다. 굴곡단면은 중심선을 폴리라인(polyline)으로 표현하면 쉽게 표현할 수 있다. 단면형상이 곡선인 경우에도 조밀하게 직선화하면 보다 정확한 결과를 얻을 수 있을 것이다. 예를 들어 단면의 중심선을 Fig.5와 같은 폴리라인으로 구성한 경우, 두께값을 입력하면 식(1)~(7) 과정의 반복에 의해 Fig.6과 같은 단면형상을 얻을 수 있다. 단면계수는 별도의 꼭지점좌표 계산없이 이 형상으로 부터 직접 계산한다. 만일 두께를 고려하여 얻어지는 새로운 직선간의 교점을 단면형상의 꼭지점으로 처리하면 단면을 보다 정확하게 표현할 수는 있겠지만 단면계수 계산이 용이하지 않게 된다. 그리고 'Thin shell theory'에 의해 Fig.6과 같은 정보로 부터 단면계수를 계산하더라도 직선간 교점에 의한 꼭지점을 이용한 결과와 차이가 크지 않다. 계산결과에 약간의 오차가 있더라도 해당 값에 비해 매우 작은 오차이고 단면계수를 수월하게 계산할 수 있는 장점 때문에 이 방식을 응용하였다.

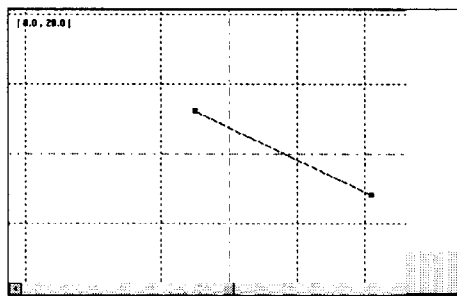


Fig.3. Definition of center line

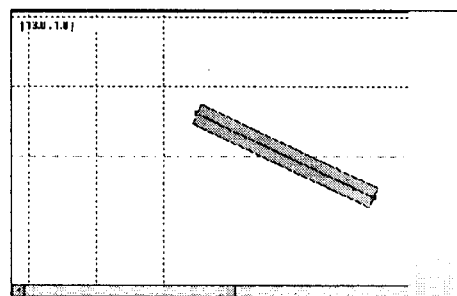


Fig.4. Line segment with thickness

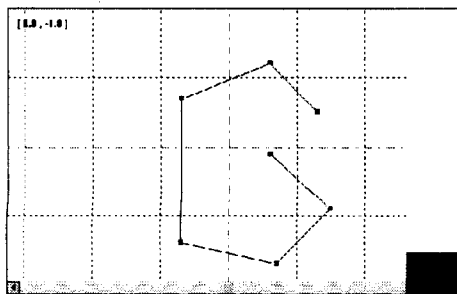


Fig.5. Polyline shape of arbitrary section

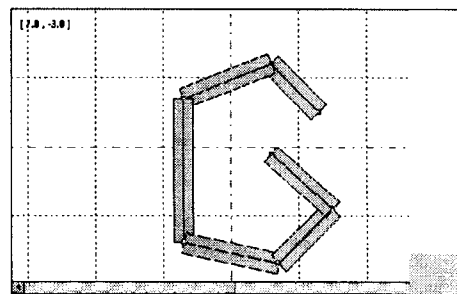


Fig.6. Arbitrary section shape with thickness

#### 4. 실행사례 및 고찰

실행파일을 구동하면 Fig.7과 같은 윈도우가 나타난다. 이어서 'Draw'메뉴를 이용하여 중심 직선을 표시한다. 'Draw'메뉴에는 'Line'과 'Polyline'의 2개 세부메뉴가 있고 이 중 하나를 선택 하면 된다. Fig.8은 단면을 'Polyline'을 이용하여 단면정의를 하는 모습이다. 작업윈도우 좌측 상단에는 마우스를 이동할 때마다 좌표값이 표현되고 직선을 그리는 동안의 정보, 즉 직선에 선택된 점의 좌표와 상대거리 등이 함께 표현되어 사용자가 형상을 정의하기에 수월하도록 하였다. Fig.9는 중심선을 이용하여 표현한 임의단면 형상이다.

중심선에 의한 단면정의를 이루어지면 사용자는 'Edit' 메뉴안에 있는 두께입력메뉴를 선택한다. 이 메뉴를 선택하면 화면에 Fig.10과 같은 대화상자가 나타난다. 대화상자 내부에서는 요소의 두께와 꼭지점좌표 등을 표현하고 있다. 만일 폴리라인의 좌표값이 틀리거나 변경하고 싶으면 이 대화상자에서 직접 수치를 입력하므로써 변경이 가능하다. 두께값을 입력한 후 'OK' 버튼을 클릭한다. 그러면 화면에는 Fig.11과 같은 두께를 갖는 단면형상이 도시된다. 형상을 확인한 후 이상이 있으면 앞에 설명한 과정을 반복하여 두께를 다시 입력할 수 있다.

단면형상의 두께설정이 끝나면 주메뉴에서 'Sect-Property'를 클릭한다. 이 메뉴를 클릭하면 계산프로그램이 실행되어 계수값을 얻은 후 Fig.12와 같이 화면에 그 결과를 보여준다.

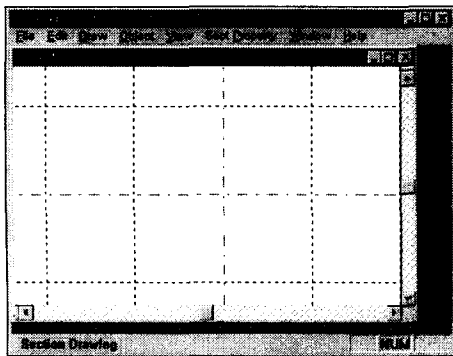


Fig.7. Initial window of developed software

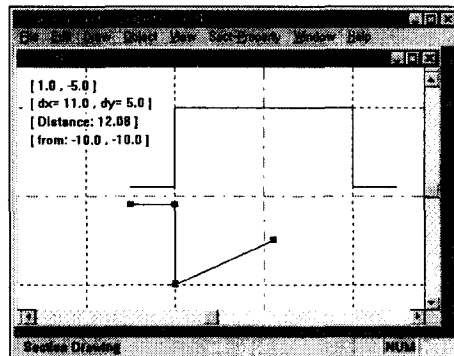


Fig.8. Drawing section with polyline

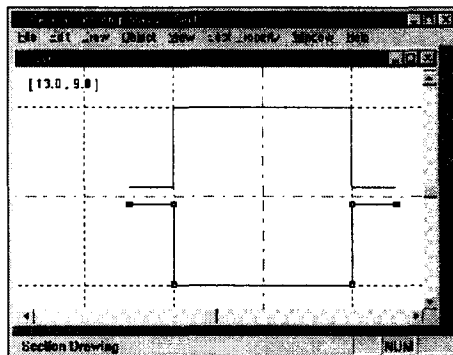


Fig.9. The shape of section by central line

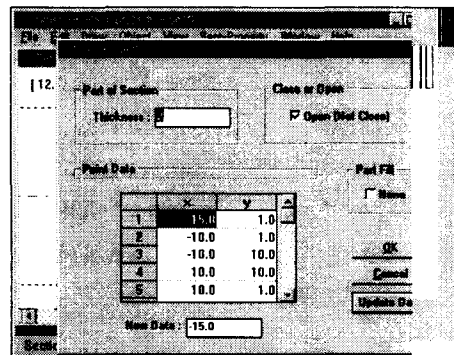


Fig.10. Definition of polyline properties



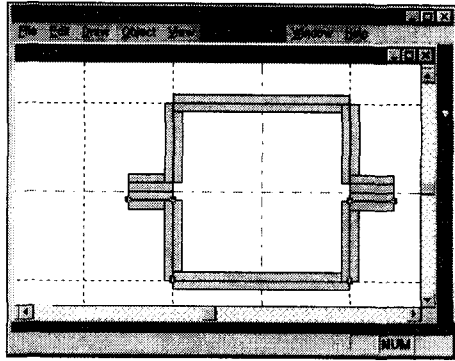


Fig.11. Arbitrary section with thickness

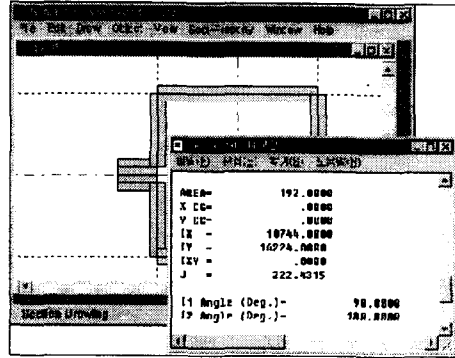


Fig.12. Calculated properties of section

앞에 언급된 실행과정에 있어 Fig.9 또는 Fig.11과 같은 상황에서 형상을 검토한 결과 형상 변경이 필요한 경우가 발생할 수 있다. 만일 형상이 틀린 경우 이를 다시 입력하게 되면 작업 효율이 저하될 것이다. 이를 방지하기 위해 본 프로그램에서는 'click-and-drag'기능[12]을 이용하여 좌표를 쉽게 변경하거나 요소이동이 가능하도록 하였다. 즉 커서를 위치를 변경하고자 하는 점 위에 위치시킨 후 마우스 왼쪽버튼을 누른 상태에서 이동하면 형상이 동적으로 변화된다. Fig.13은 이 기능을 이용하여 단면형상을 변경하는 모습을 보여주고, Fig.14는 요소를 이동시킨 모습이다. 그리고 요소에 대한 지우기, 복사 그리고 붙이기 기능도 추가하여 편리성을 도모하였다.

이상과 같이 임의단면 형상에 대한 단면계수 계산 프로그램을 개발하여 그 실행과정을 서술하였다. 개발된 프로그램의 기능은 국내/외 사용자들에 의해 검토 중에 있으며 긍정적인 평가를 얻게 되어, 실용화를 검토 중에 있다.

실용화를 위해 각종 정형빔 중 각종 설계에 많이 이용되는 것을 추출하여 빔 라이브러리를 구축하고 있다. 따라서 이 정형빔 라이브러리가 구성완료되어 추가될 경우 그 효율은 더욱 증대할 것으로 기대된다. 그리고 단면계수 계산은 해석 및 설계과정의 하나이므로 궁극적으로는 상용소프트웨어에서 계산결과를 효과적으로 사용할 수 있어야 한다. 따라서 현재 텍스트 파일로만 출력되는 계산결과를 각 상용소프트웨어 시스템에서 이용하는 데이터파일 형태로 포맷을 맞추어 주는 후과정 기능을 추가하기 위한 작업을 진행하고 있다.

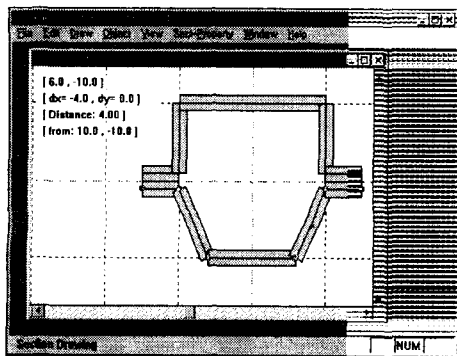


Fig.13. Modifying the section shape

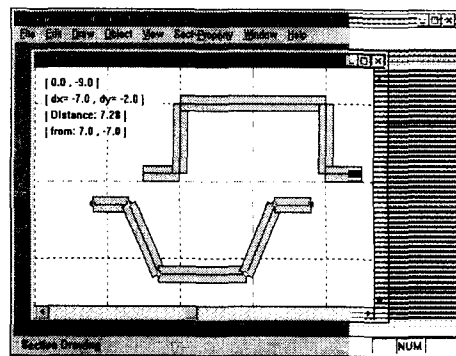


Fig.14. Moving the section segment

## 5. 결 론

본 연구를 통하여 임의단면 형상에 대한 단면계수를 효율적으로 구할 수 있는 프로그램을 개발하였다. 프로그램은 PC와 Windows 95 환경에서 구동되는 윈도우즈 응용프로그램으로, 설계 및 구조해석 시 임의단면에 대한 단면계수 계산시간 단축을 목적으로 개발되었다. 이 프로그램이 갖는 기능 및 특징을 간략히 정리하면 다음과 같다.

- 1) 단면형상을 꼭지점이 아닌 중심직선과 두께만을 이용하므로 단면정의가 간편하다.
- 2) 출력정보는 단면적, 도심위치, 관성모멘트, 비틀림상수 등과 같은 단면계수이다.
- 3) 입출력정보는 파일로 저장하여 모델변경이나 설계변경 시 활용이 가능하다.
- 4) 복사, 이동 등의 기능을 이용하여 단면도형 편집이 수월하다.
- 5) 계산모듈은 워크스테이션에서도 사용할 수 있다.
- 6) 설계 및 해석에 필요한 기초계산 시간단축에 의한 능률향상을 기대할 수 있다.

이상의 연구결과에 이어 규격화된 정형빔에 대한 라이브러리가 완성되고, 상용 소프트웨어와 연계가 가능한 파일포맷 변환모듈이 추가되면 사용효율은 더욱 증대될 것이다.

## 참 고 문 헌

- [1] 안병하, 자동차편람, pp.29~34, 한국교재, 1995
- [2] *MSC/NASTRAN for Windows Installation and Application Manual Version 2.0*, The MacNeal-Schwendler Coporation, 1995.
- [3] Mortenson, M. E., *Geometric Modeling*, p 1, John Wiley & Sons, 1985.
- [4] Crandall, S. H., Dahl, N. C., Lardner, T. J., *An Introduction to the Mechanics of Solid*, McGraw-Hill, Inc., 1978.
- [5] Eisenberg, M. A., *Introduction to the Mechanics of Solid*, pp.513~540, Addison-Wesley Publishing Company, 1980.
- [6] *MSC/PATRAN MSC/NASTRAN Preference Guide Volume 1: Structural Analysis*, pp. 2-123~2-126, The MacNeal-Schwendler Coporation, 1996.
- [7] *MSC/PATRAN User's Manual Vol. 1 Part 2: Basic Functions*, pp. 8-39~8-45, The MacNeal-Schwendler Coporation, 1996.
- [8] Shammas, N. C., *Secrets of the Visual C++ Masters*, SAMS Publishing, 1993.
- [9] 윤정균, Visual C++ MFC 프로그래밍, 도서출판 PCBOOK, 1996.
- [10] Faux, I. D., Pratt, M. J., *Computational Geometry for Design and Manufacture*, p 124, Ellis Horwood Limited, 1981.
- [11] White, P. A., *Vector Analytic Geometry*, pp.90~100, Dickenson Publishing Company, 1965
- [12] Foley, J.D., Dam, A., Feiner, S.K., Hughes, J.F., *Computer Graphics Principles and Practice*, 2nd Ed., p 386, Addison-Wesley Publishing Company, 1990.