

## ATB의 전처리 프로그램 개발

### Development of a Preprocessor Program for Articulated Total Body

이동재\*, 손권\*\*, 최경현\*\*\*, 전규남\*  
Dongjae Lee, Kwon Son, Kyunghyun Choi, Kyunam Jeon

#### ABSTRACT

Computer simulations are widely used to analyze passenger safety in simulated traffic accidents. ATB, Articulated Total Body, is a computer simulation model developed to predict gross human body response to such dynamic environments as vehicle crashes and pilot ejections. ATB, whose code is open, has high flexibility and application capability that users can easily insert defined modules and functions. ATB is, however, inconvenient as it was coded in FORTRAN and it needs a formatted input file. Moreover, it takes much time to make input files and to modify coding errors. This study aims to increase user friendliness by adding a preprocessor program, WINATB(WINDOWS ATB), to the conventional ATB. WINATB, programmed in Visual C++ and OpenGL, uses ATB IV as a dynamic solver. The preprocessor helps users prepare input files through graphic interface and dialog box. An additional postprocessor makes the graphical presentation of simulated results. In these case of the frontal crash, the rear impact and the side impact, the simulation results obtained by WINATB and MADYMO(MATHEMATICAL DYNAMIC MODEL) are compared to validate the effectiveness of WINATB.

주요기술용어 : ATB(Articulated Total Body), Safety(안전도), Preprocessor(전처리기), WINATB(WINDOWS ATB), Vehicle crash, Human body segment(인체 지체)

#### 1. 서론

차량의 고속화에 따라 승객의 안전을 최대한 고려한 차량의 설계와 해석이 중요시되고 있다. 자동차 충돌시 차량의 충돌 현상 및 승객의 안전도를 해석하기 위한 방법으로 충돌모의시험(sled test)과 컴퓨터 시뮬레이션 해석이 있다. 충돌시험은 동적인 상태에서 이루어지므로 많은 실험

횟수와 고가의 측정장비, 그리고 높은 비용이 요구된다. 그리고 시험의 결과는 같은 조건하에서도 시간과 장소에 따라 상이한 결과가 발생할 수 있기 때문에 매개변수에 대한 정확하고 정량적인 평가가 어려워진다. 고비용의 충돌시험의 횟수를 줄이고 승객의 안전과 관련된 매개변수들을 보다 정확하고 정량적으로 평가하기 위한 방법으로 운동법칙에 근거한 컴퓨터 시뮬레이션 해석 모델을 이용하고 있다.<sup>1,9)</sup>

컴퓨터 시뮬레이션 해석에는 ATB, MADYMO, PAM-SAFE 등이 사용되고 있다. MADYMO는 네

\* 회원, 부산대학교 대학원

\*\* 회원, 부산대학교 기계공학부

\*\*\* 회원, 제주대학교 기계생산에너지공학부

덜란드의 TNO에서 개발되어 상용으로 사용되고 있는 인체 안전도 해석 프로그램으로 다물체 동역학 해석과 유한요소 해석을 지원하고 있다. PAM-SAFE는 프랑스의 ESI Group에서 개발되어 상용으로 사용되고 있는 인체 안전도 해석 프로그램이다. 본 연구에서는 비교 시뮬레이션을 위하여 MADYMO 5.4 버전을 사용하였다. ATB는 자동차 충돌과 비행기 조종석 탈출과 같은 다양한 동역학 환경에서 인체거동을 예측하기 위하여 사용되고 있다. 1975년에 기존의 인체 거동 해석 프로그램인 CVS(Crash Victim Simulation)에 공기역학과 하니스 벨트 해석 기능을 추가하여 만들어졌다.

ATB의 장점으로는 다른 고가의 상용 프로그램과 달리 공용으로 사용되며 소스 코드가 공개되어 있다는 점이다. 사용자는 해석목적에 따라 사용자 정의 모듈을 추가하여 기능을 추가할 수 있기 때문에 확장성 및 응용성이 크다는 장점도 있다. 그러나 포트란 언어로 만들어졌으며 정해진 형식의 입력파일을 요구하므로 입력형식을 학습하는데 상당한 시간이 요구된다. 또한 입력형식을 학습하였더라도 입력파일을 구성하고 수정하는데 있어서 불필요한 시간이 추가되며 사용자 에러가 발생하기 쉽다. ATB는 후처리기로서 VIEW라는 프로그램을 제공하고 있으나, 도스 기반 프로그램으로 사용하기 어렵고 사용자 인터페이스는 제어입력 파일을 사용하기 때문에 실시간 처리가 불가능하다. ATB의 사용상의 불편함과 입력파일 작성시 생기는 에러를 줄이기 위해서는 전용 전처리기의 개발이 요구되어진다.<sup>3,6)</sup>

본 연구에서는 ATB 전용 전·후처리기인 WINATB를 개발하였다. 해석기로는 실험실에서 보유하고 있는 ATB 4 버전을 사용하였다. WINATB는 ATB 입력파일 작성을 위하여 대화상자방식에 의한 방법과 그래픽 사용자 인터페이스에 의한 모델링 방법을 제공하고, ATB가 해석한 결과 파일을 이용하여 사용자가 후처리작업을 실시간으로 제어할 수 있는 3차원 그래픽의

후처리기를 제공한다. WINATB는 Visual C++ 언어를 기반으로 하였으며, 그래픽 부분은 OpenGL을 사용하였다.

## 2. ATB의 분석과 수학적 접근

### 2.1 좌표계의 정의와 변환

ATB에서는 해석을 위하여 많은 좌표계를 사용하고 있다. 관성 좌표계는 해석에서 사용되는 모든 좌표계의 기준이 되는 좌표계로서 차량의 위치와 운동, 기준 물체의 위치와 자세, 물체의 자세는 관성 좌표계에 대해서 정의된다. 차량 좌표계는 차량에 부착된 좌표계이며, 관성 좌표계에 대해서 정의된다. 물체 좌표계는 물체에 부착된 좌표계로서 물체의 질량중심에 위치하며, 조인트, 접촉타원, 물체 주축 좌표계 등이 물체 좌표계에 대해서 정의된다. 조인트 좌표계는 조인트 기구학을 결정한다. 물체 주축 좌표계는 물체의 주관성모멘트를 결정한다. 접촉타원 좌표계는 접촉타원의 중심에 위치하며, 물체에 부착된 접촉타원의 위치와 형상을 결정한다. Fig. 1은 ATB의 좌표계를 보여준다.<sup>4)</sup>

ATB에서 물체 좌표계에 대해서 정의되는 구속모델을 그래픽 구현을 하기 위해서는 관성 좌표계에 대한 정보로 변환하였다. 그래픽 인터페이스를 위하여 사용한 OpenGL은 점, 선 등의 개체를 관성 좌표계에 대해서 정의하므로 OpenGL

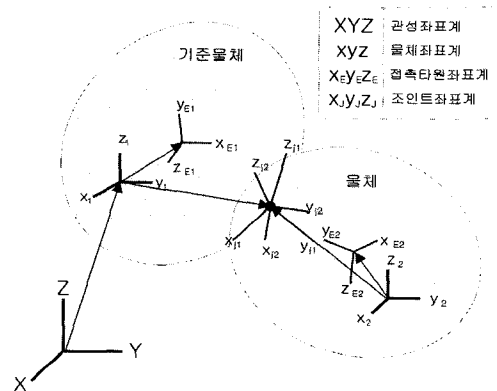


Fig. 1 Coordinate systems of ATB

을 이용하여 구속 모델을 그래픽으로 표현하기 위해서는 물체 좌표계에 대해서 정의된 정보를 관성 좌표계에 대한 정보로 변환해야 한다. 이를 위해서 식 (1)의 좌표변환식을 사용하였다. Fig. 2는 좌표변환의 개념을 보여주고 있다. 식 (1)에서  $A$ 는 관성 좌표계( $XYZ$ )에서 물체 좌표계( $x'y'z'$ )로의 변환행렬이다.  $s^p$ 는 점  $p$ 의 물체 좌표계에서의 좌표벡터이다.<sup>2)</sup>

$$r^p = r + A s^p \quad (1)$$

### 2.2 인체모델과 트리 자료구조

인체모델은 지체와 지체를 연결하는 관절로 구성되며, 지체는 물체로 표현되고 관절은 조인트에 의해 표현된다. 지체는 동역학 모델을 구성하기 위한 질량, 관성모멘트의 관성 물성치와 인체모델과 구속모델과의 상호작용을 정의하기 위한 접촉타원의 정보를 가진다. 하나의 물체에는 1개 이상의 접촉타원이 존재해야 하며 접촉타원은 물체의 기하학적 형상을 결정한다. 관절은 지체와 지체를 연결하며, ATB에서는 관절을 표현하기 위하여 자유 조인트(free joint), 핀 조인트(pin joint), 미끄럼 조인트(slip joint), 볼 · 소켓 조인트(ball and socket joint), 오일러 조인트(Euler joint)를 사용한다. 조인트에서는 스프링과 댐퍼 요소에 의해 운동에 대한 조인트 저항력을 정의

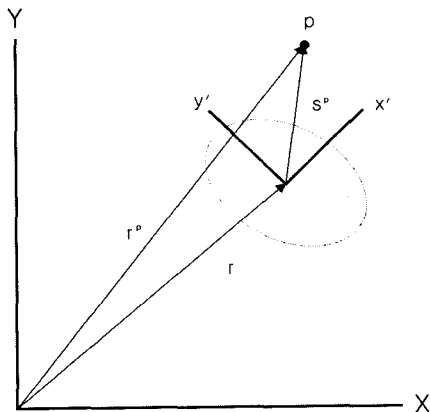


Fig. 2 Coordinate transformation

할 수 있다. 자유 조인트는 조인트 구속이 없는 조인트이며, 이 조인트에 대해서 조인트 복원력을 정의할 수 있다. 조인트 복원력은 조인트 좌표계의 방위각(azimuth)과 휨각(flexure)에 대해서 조인트 저항력을 정의한다. 오일러 조인트는 3개의 핀 조인트의 조합으로 z-x-z축에 대한 오일러 각으로 회전을 정의한다. 따라서 3개의 회전 자유도를 가지며 각각의 회전 자유도에 대해서 독립적인 조인트 저항력을 정의한다. 오일러 조인트의 경우에는 precession(z축 회전), nutation(x축 회전), spin(z축 회전)에 대해서 각각의 독립적인 조인트 저항력을 다항식 형태로 정의할 수 있다.<sup>4)</sup>

ATB에서 인체 모델은 하나의 물체에서 다른 물체로 가는 유일한 경로가 존재하는 트리구조를 이루고 있다. 트리구조인 인체 모델을 그래픽으로 표현하기 위해서 트리 자료구조를 사용하였다. 인체모델에서 임의의 지체의 위치정보는 트리구조상에서 상위에 있는 지체의 물체좌표계에 대해서 주어진다. 상위 지체의 물체좌표계에 대하여 위치정보가 주어진 지체를 OpenGL을 사용하여 그래픽으로 표현하기 위해서는 절대 좌표계상에서의 위치정보로 변환해야 한다. 이와 같은 위치정보의 변환을 위해서는 트리구조를 이루는 각각의 지체의 경로정보를 저장하여 상위 지체에 대한 검색이 가능해야 한다.

본 연구에서는 Fig. 3의 이진 트리를 기본개념으로 하여 한 개의 노드가 두 개 이상의 노드를 가질 수 있는 변형된 트리 구조인 CTreeList 클래스를 제작하여 사용하였다. CTreeList 클래스는 경로정보로서 각 노드의 위치 정보를 저장하기 위하여 연결리스트 클래스인 COBList형의 객체를 멤버변수로 가진다.

### 2.3 차체와 물체의 운동

ATB에서는 차량물체와 기준물체에 대해서 운동을 지정할 수 있다. 차량물체는 질량과 관성량의 정보가 없으며 차량에 대해 주어진 운동은 인체모델의 관성력을 결정한다. 기준물체는 질량과 관성량을 가지며 하나의 시스템에서 하나

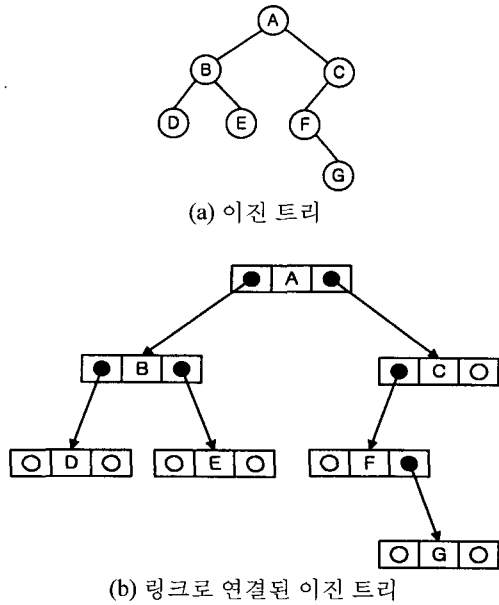


Fig. 3 Binary tree

만 존재한다. 기준 물체는 하나의 시스템에서 물체들의 위치의 기준이 되는 물체이며 시스템의 트리구조상에서 가장 상위의 물체로서 지면과 널 조인트(null joint)에 의해 연결된다.<sup>3,4)</sup>

운동을 부여하는 방법에는 4가지 방법이 있다. 첫 번째 방법은 단방향의 병진 감속도를 반사인파 형태로 입력한다. 두 번째 방법은 단방향의 병진 감속도를 표형태로 입력한다. 세 번째는 병진 감속도와 회전 가속도의 6개의 성분을 시간에 대해서 입력한다. 네 번째는 위치, 속도, 가속도 정보의 하나를 시간에 대해서 입력한다. 가속도 정보를 이용하여 운동을 정의할 때는 병진 운동 정보는 감속도 형태로 입력하고 회전 운동 정보는 가속도 형태로 입력해야 한다. 운동이 부여된 물체는 외부의 어떠한 영향도 고려하지 않으며 주어진 운동만을 한다. 시스템에 있는 기준 물체에만 운동을 부여할 수 있기 때문에 시스템을 구성하는 각 물체들의 개별적인 운동을 정의할 수 없다.<sup>3,4)</sup>

## 2.4 구속모델과 연결리스트 자료구조

구속 모델은 인체 물체에 부착된 접촉타원과

의 접촉에 의해 인체 물체에 구속력을 발생시켜서 차량에 대하여 인체 모델을 구속한다. 구속 모델과 인체 모델의 상호작용은 접촉에 의해서 정의된다. 접촉에는 미끄럼(slip)과 관통(penetration)이 있다. 미끄럼은 상수형태의 마찰계수에 의해 표현되며, 관통은 힘-변형량의 함수로 표현된다.<sup>4)</sup>

ATB에서 사용되는 구속 모델에는 접촉평면, 접촉타원, 벨트, 하니스 벨트, 에어백, 스프링-댐퍼, 풍력이 있다. 접촉평면은 세 점에 의해 정의된다. 접촉평면의 형상은 세 점에 의해 결정되는 두 벡터를 모서리로 하는 사각형이다. 접촉힘은 두 벡터의 외적 벡터의 방향으로 발생한다. Fig. 4는 접촉평면에 대한 그림이다. 접촉타원은 x, y, z축에 대한 타원 반축에 의해 크기가 결정되는 타원체이다. 벨트는 2개의 차량 고정점과 1개의 물체 고정점으로 구성된다. 하니스 벨트는 여러 개의 기준점들로 구성되며 벨트의 변형, 미끄럼, 관통 등은 기준점에 대해서 계산된다. Fig. 5는 하니스 벨트에 대한 것이다.<sup>4)</sup>

구속 모델의 개체정보를 효율적으로 수정, 삭제, 삽입, 검색하기 위하여 연결리스트 자료구조를 사용하였다. 해석 모델은 많은 복잡한 정보를 포함하고 있으며 어떤 개체의 정보를 수정하거나 삭제할 때 관련있는 개체의 정보에 영향을 미칠 수도 있다. 또한 모델링을 수행할 때 해석모델의 빈번한 수정이 발생하며, 복잡한 해석 모델의 경우 메모리의 효율적인 관리가 중요하다. 연결

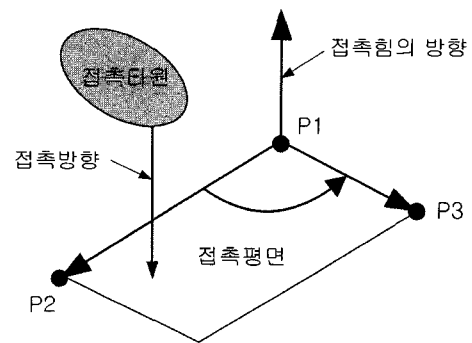
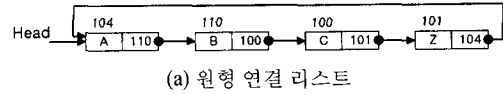


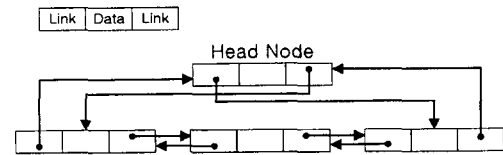
Fig. 4 Contact plane

리스트 자료 구조를 사용하면 동적인 데이터 관리가 가능하고, 임의의 위치에 있는 항목을 삭제하거나 삽입할 때 데이터들의 대이동이 일어나지 않는다. 차원을 미리 정해주어야 하는 배열 구조와 비교할 때 이 구조는 모델링을 위한 자료구조로서 장점을 가진다. 항목들간의 관계는 위치 지시를 통해서 이루어지므로 항목들을 순서대로 기억할 필요가 없고, 단지 데이터 외에 주소가 붙은 연결 부분을 별도로 갖추어야 한다.

Visual C++을 사용하여 구조화된 클래스 라이브러린 MFC(Microsoft Foundation Class)에서는 연결리스트 구조를 가진 COBList라는 클래스를 지원해 준다. 이 클래스는 다중 연결 리스트 구조를 가지며, 항목에 대한 접근, 삭제, 추가 등의 연결 리스트 구조에 필요한 여러 가지 기본 기능들을 제공하고 있다. 본 연구에서는 잘 구조화



(a) 원형 연결 리스트



(b) 다중 연결 리스트

Fig. 7 Structure of multiple linked list

된 COBList 클래스를 이용하여 모델링 개체를 저장하는 연결 리스트 구조를 설계하였다. Fig. 6은 연결리스트에서 데이터의 추가와 삭제 방법을 보여주고 있다. Fig. 7은 본 연구에서 구축모델의 모델링 정보를 저장하기 위해서 사용되어진 다중 연결리스트의 구조를 보여준다.

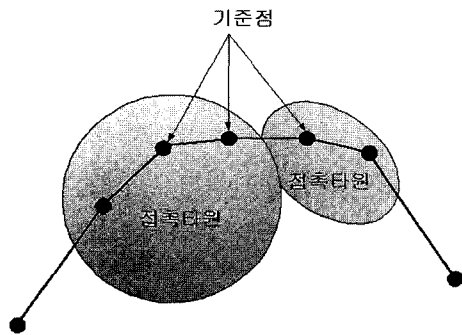
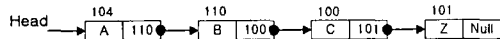
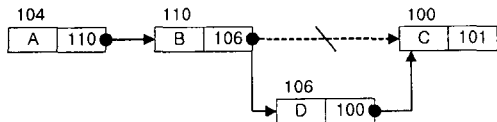


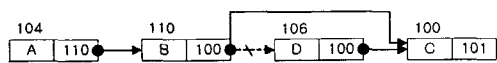
Fig. 5 Harness belt



(a) 연결 리스트 구조



(b) 삽입



(c) 삭제

Fig. 6 Insertion and removal of data in linked list

### 3. WINATB 프로그램

WINATB는 인체, 차량, 구축모델의 모델링을 수행하는 전처리기, 해석을 수행하는 해석기, 그리고 해석결과 파일을 이용하여 시뮬레이션과 그래프 기능을 제공하는 후처리기로 Fig. 8과 같이 구성된다.

전처리기를 이용하여 모델링한 정보는 해석기에 의한 해석을 위해서 ATB의 입력파일을 구성하고, ATB의 MAIN함수에서 호출된 CALL 서브루틴이 이 입력파일을 읽어들이게 된다. 해석을 수행한 결과는 OUTPUT 서브루틴에 의해서 시간이력 형태의 결과파일로 출력된다. 출력된 결과를 이용하여 시뮬레이션을 수행하고 그래프를 이용하여 결과를 확인할 수 있다.<sup>5)</sup>

ATB의 입력파일은 정해진 형식을 요구하며, 전용 전처리기가 없기 때문에 메모장과 같은 문서편집기를 이용하여 입력파일을 작성해야 한다. 문서편집기를 이용하여 작업할 경우에는 해석에러가 발생하거나 사용자의 의도와는 다른 입력값으로 인해 전혀 다른 결과가 발생할 수 있다. 또한 전처리용 그래픽 인터페이스가 없기 때

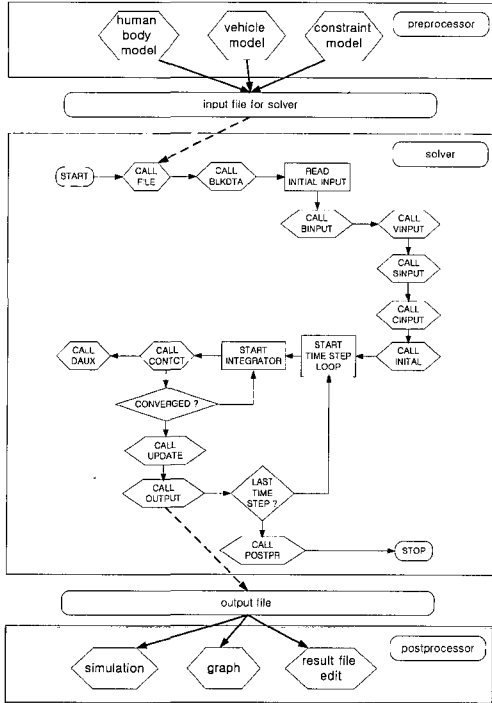


Fig. 8 Structure of WINATB

문에 모델링이 정확하게 이루어졌는지 확인하는데도 어려움이 있다. 이러한 입력파일 작성시의 문제를 해결하고 모델링의 정확성을 시각적으로 확인할 수 있도록 그래픽인터페이스를 제공하고 대화 상자 방식을 사용하는 전처리를 구현하였다. 대화상자 방식을 사용하여 모델링을 수행함으로써 사용자는 ATB의 입력형식을 고려할 필요가 없으며, 모델링을 수행할 때 생길 수 있는 에러를 최대한 감소시킬 수 있다. ATB에서 사용하는 인체모델은 트리구조이다. 트리구조인 인체모델을 그래픽으로 표현하기 위해서 트리구조의 자료구조를 사용하였다. 접촉타원, 접촉평면, 벨트 등의 구속모델은 연결리스트의 자료구조를 사용하여 표현하였다.

**3.1 전처리기**

전처리기는 인체, 차량, 구속모델에 대한 부분으로 구성되어 있다. 인체 안전도 해석에서 해석 모델은 크게 해석의 목적이 되는 인체모델과 인

체에 운동을 발생시키는 차량모델, 차량의 운동에 대해서 인체를 구속하여 상해를 유발시키는 구속모델로 구성된다. 전처리기에서는 대화상자방식과 그래픽 선택기능을 제공하여 모델링 작업시 발생할 수 있는 오류를 방지하였으며 그래픽 인터페이스를 통하여 모델링 결과를 시각적으로 확인하면서 작업할 수 있도록 하였다. 전처리기의 그래픽 인터페이스는 Fig. 9와 같고, 전처리기 메뉴의 구성은 Fig. 10과 같다.

**3.2 인체모델**

인체모델 부분에서는 인체모델을 구성하는 작업을 수행하며 지체정보, 관절 기구학, 관절 저항력 부분으로 세부적으로 나누어 구성하였다. 지체정보는 지체의 형상, 질량과 관성 모멘트 등으로 구성된다. 지체의 형상은 지체에서 정의되고 고정된 접촉타원에 의해서 정의된다. 접촉타원은 지체의 형상을 결정할뿐만 아니라 구속모델과의 접촉에 의해 지체의 구속을 결정한다. 관절기구학은 관절의 종류, 두 개의 관절좌표계의

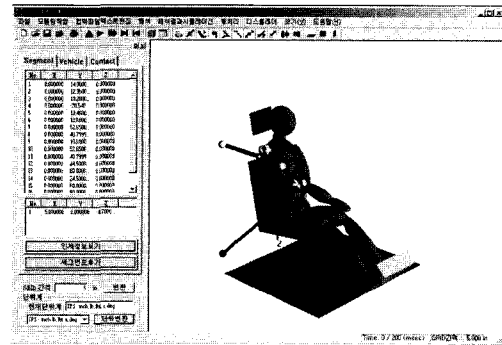


Fig. 9 Preprocessor

프로그램명	기능/설명	부모/원형	목적	사용방법	참조문서	특성
인체 모델링	인체 모델링	-	인체 모델링	인체 모델링	인체 모델링	인체 모델링
인체 모델링	인체 모델링	인체 모델링	인체 모델링	인체 모델링	인체 모델링	인체 모델링
인체 모델링	인체 모델링	인체 모델링	인체 모델링	인체 모델링	인체 모델링	인체 모델링
인체 모델링	인체 모델링	인체 모델링	인체 모델링	인체 모델링	인체 모델링	인체 모델링
인체 모델링	인체 모델링	인체 모델링	인체 모델링	인체 모델링	인체 모델링	인체 모델링
인체 모델링	인체 모델링	인체 모델링	인체 모델링	인체 모델링	인체 모델링	인체 모델링
인체 모델링	인체 모델링	인체 모델링	인체 모델링	인체 모델링	인체 모델링	인체 모델링
인체 모델링	인체 모델링	인체 모델링	인체 모델링	인체 모델링	인체 모델링	인체 모델링
인체 모델링	인체 모델링	인체 모델링	인체 모델링	인체 모델링	인체 모델링	인체 모델링
인체 모델링	인체 모델링	인체 모델링	인체 모델링	인체 모델링	인체 모델링	인체 모델링
인체 모델링	인체 모델링	인체 모델링	인체 모델링	인체 모델링	인체 모델링	인체 모델링
인체 모델링	인체 모델링	인체 모델링	인체 모델링	인체 모델링	인체 모델링	인체 모델링
인체 모델링	인체 모델링	인체 모델링	인체 모델링	인체 모델링	인체 모델링	인체 모델링
인체 모델링	인체 모델링	인체 모델링	인체 모델링	인체 모델링	인체 모델링	인체 모델링
인체 모델링	인체 모델링	인체 모델링	인체 모델링	인체 모델링	인체 모델링	인체 모델링
인체 모델링	인체 모델링	인체 모델링	인체 모델링	인체 모델링	인체 모델링	인체 모델링
인체 모델링	인체 모델링	인체 모델링	인체 모델링	인체 모델링	인체 모델링	인체 모델링
인체 모델링	인체 모델링	인체 모델링	인체 모델링	인체 모델링	인체 모델링	인체 모델링
인체 모델링	인체 모델링	인체 모델링	인체 모델링	인체 모델링	인체 모델링	인체 모델링
인체 모델링	인체 모델링	인체 모델링	인체 모델링	인체 모델링	인체 모델링	인체 모델링
인체 모델링	인체 모델링	인체 모델링	인체 모델링	인체 모델링	인체 모델링	인체 모델링

Fig. 10 Menu of preprocessor

위치와 자세정보로 구성된다. 관절 저항력은 강성력과 점성력으로 구성된다. 인체모델링 대화상자를 이용하여 직접 인체를 모델링할 수 있으며, 인체자료생성 프로그램인 GEBOD(GENERATOR of BOdy Data)과의 연동을 가능하도록 하여 GEBOD에서 생성된 인체모델을 이용할 수도 있다. Fig. 11은 인체모델링 대화상자이다.

### 3.3 차량모델

차량과 기준 지체에 대한 운동을 정의하는 부분이다. 차량 지체는 질량과 관성량에 대한 정보가 없으며 벨트, 에어백, 접촉평면과 같은 구속모델의 기하학적 기준이 된다. ATB에서는 차량 지체뿐만 아니라 인체 지체에도 운동을 부여할 수 있다. 단지 운동을 부여할 수 있는 지체는 기준 지체이어야 한다. 기준 지체는 모체가 없고 시스템의 기준이 되는 지체이다. 운동을 부여하는 방법에는 4가지 방법이 있으며, 운동부여 대화상자를 이용하여 사용자가 직접 운동 정보를 입력 및 수정할 수 있도록 하였다. 3번째와 4번째 방법은 운동정보를 시간에 대하여 입력하는 방법으로 사용자가 직접 운동정보를 입력할 경우 상당한 시간이 소요된다. 이를 해결하기 위해서 범용 차량 동역학 해석 프로그램인 아담스에서 해석한 차량 운동 정보를 이용할 수 있도록 하였다. Fig.12는 차량모델링 대화상자이다.

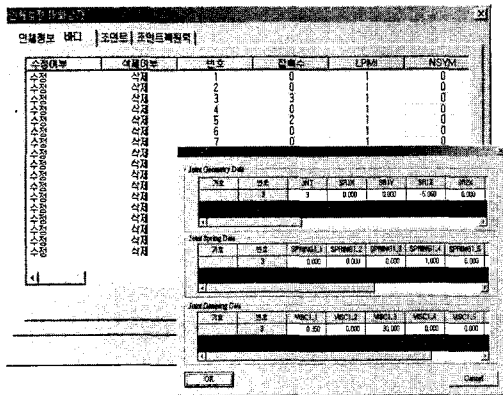


Fig. 11 Dialog box for human modeling

### 3.4 구속모델

접촉평면, 접촉타원, 벨트, 하니스 벨트, 에어백 등의 구속모델을 정의하는 부분이다. 또한 구속모델과 인체모델의 상호작용의 특성을 결정하는 힘함수를 정의한다. 구속모델이 인체를 구속하는 효과는 접촉에 의해 정의되며 접촉 특성은 다항식이나 표형태로 표현되는 힘함수에 의해 정의된다. 인체의 동역학 해석시 인체를 구성하는 각 지체는 차체나 다른 지지체, 구속모델과 접촉하게 되고 탄성변형이나 소성변형이 발생하게 된다. 이러한 접촉에 의한 힘을 동역학 해석에서 고려하기 위하여 힘·변형률 함수가 접촉정보로 사용된다. ATB에서는 동역학 계산시 접촉이 되는 순간을 감지하여 접촉시 내부의 힘·변형률 상태를 입력파일에서 입력된 힘·변형률 함수 자료를 통해 계산하고, 이를 다시 동역학 해석과정에 포함시킨다.<sup>3,7,8)</sup> 각 구속모델을 정의하는 대화상자를 만들고 리스트를 이용하여 입력된 값을 수정 및 확인하도록 하였다.

### 3.5 후처리기

후처리기는 시뮬레이션, 그래프 보기, 결과과 일편집의 기능을 제공한다. 해석기에서 해석된 결과는 지체의 운동정보와 관절에서의 힘과 모멘트 정보이다. ATB에서 지원하는 출력장치의 갯수에는 제약이 있다. 이러한 제약으로 인해 지

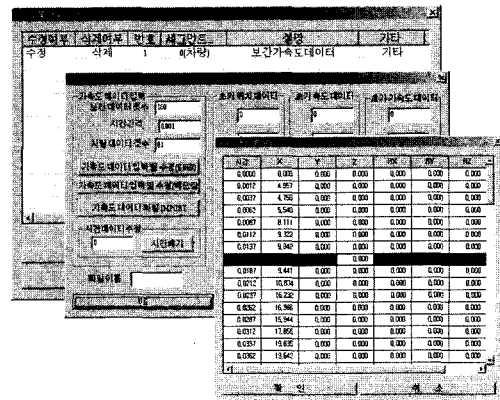


Fig. 12 Dialog box for vehicle modeling

체 정보와 관절 정보를 동시에 결과로 획득하는 것은 불가능하다. 사용자 선택에 따라 지체의 정보와 관절 정보를 선택적으로 획득할 수 있도록 하였다. 획득되어진 결과는 시간이력형태로 출력된다. 출력된 결과파일을 이용하여 시물레이션 기능을 구현하였다. 시물레이션에는 구간기능을 부여하여 시간에 대해서 운동 결과를 시각적으로 확인할 수 있도록 하였다. 그래프 기능을 구현하여 각 지체와 관절에 대해서 해석결과를 확인할 수 있도록 하였다. 해석된 결과파일을 다른 프로그램에서 이용할 수 있도록 결과파일을 임의의 형태로 사용자가 편집할 수 있는 기능을 구현하였다. Fig. 13은 후처리기이다.

#### 4. 결론

본 연구에서 ATB의 사용상의 편의성을 위하여 전용 전후처리기를 개발하고 얻은 결론은 다음과 같다.

- 1) 대화상자방식과 그래픽 인터페이스를 통한 개체 선택에 의한 모델링 기능을 구현하여 모델링 작업중에 발생할 수 있는 사용자 오류와 모델링 시간을 감소시켰다.
- 2) 시점변화, 확대, 축소 등의 그래픽 인터페이스 구현하여 모델링 결과를 시각적으로 쉽게 확인할 수 있도록 하였다.
- 3) 후처리기를 구현하여 해석결과를 시물레이션하고 그래프로 확인할 수 있도록 하였다.

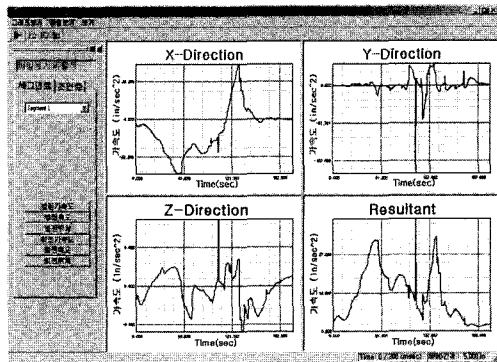


Fig. 13 Postprocessor

ATB는 전후처리기의 부재로 인한 사용상의 불편함과 해석 가능한 물체수의 제한 등의 단점이 있으나 짧은 해석시간과 신뢰할 수 있는 해석을 수행하는 장점이 있다. 또한 다른 인체안전도 해석 프로그램에서는 지원하지 않는 유체의 유동 환경에서 인체의 거동을 해석하는 기능을 제공하고 있다. ATB의 전후처리기를 개발하고 다양한 시물레이션을 통하여 모델링 시간이 감소하고 사용자의 오류가 발생하지 않음을 확인하였다. 본 연구에서 전후처리기는 연결리스트의 자료구조를 사용하여 소프트웨어 차원에서는 처리 가능한 자료량에 제한이 없으나 해석기인 ATB는 배열구조를 사용하기 때문에 처리 가능한 자료량이 제한되어 있다. 따라서, 복잡한 동역학 환경의 해석에서는 모델의 단순화가 필요하고 이로 인해 정확한 해석을 기대할 수 없다. ATB를 보다 광범위한 동역학 환경에서 효율적으로 사용하기 위해서는 ATB의 공개된 소스에 대한 연구가 수행되어 연결리스트의 자료구조를 이용하는 방법에 대한 연구가 수행되어야 한다.

#### 후 기

본 연구는 과학재단 목적기초연구(97-0200-10-01-5)의 지원으로 수행되었음.

#### 참 고 문 헌

- 1) T. B. Khalil, M. Y. Sheh, "Vehicle Crashworthiness and Occupant Protection in Frontal Impact by FE Analysis-an Integrated Approach," Proceedings of the NATO-ASI on Crashworthiness of Transportation Systems Structural Impact and Occupant Protection, 1996.
- 2) P. E. Nikravesh, Computer-Aided Analysis of Mechanical System, Prentice-Hall International Editions, 1988.
- 3) L. A. Obergefell, T. R. Gardner, I. Kaleps, J. T. Fleck, Articulated Total Body Model Enhancements Volume 2: User's Guide, Harry G. Armstrong Aerospace Medical Research Laboratories,



- 1988.
- 4) H. Cheng, A. L. Rizer, L. A. Obergefell, Articulated Total Body Model Version V User's Manual, United States Air Force Research Laboratory, 1998.
  - 5) L. A. Obergefell, "Harness Belt Restraint Modeling," Ph. D. Dissertation, University of Cincinnati, 1992.
  - 6) M. Ziejewski, B. Anderson, "Effect of Initial Body Rotation on Human Body Dynamics in Frontal Collisions," Proceedings of the 9th International Pacific Conference, 1997.
  - 7) 박경진, 박영선, 이주영, 정근섭, 서명원, 위인혁, "승객 거동해석의 시뮬레이션에 관하여," 자동차공학회지, 제14권 제6호, pp.29-35, 1992.
  - 8) 신문균, 박경진, 이완익, 김형중, 정근섭, "승용차 충돌시 승객해석을 위한 모델링의 예," 자동차공학회지, 제14권 제2호, pp.88-98, 1992.
  - 9) 임재문, 최우석, 최중원, 박경진, 신윤재, 이재협, 김규현, 윤경환, "충돌모의시험시 시험결과와 해석결과에 대한 변수 조절에 관한 연구," 자동차공학회 추계학술대회논문집, pp. 456-461, 1995.