

# 슬라브 교량 해석을 위한 윈도우 환경 프로그램의 개발

## Development of Graphic Simulator on Window System for Slab Bridge Analysis

○김병완\* 김만철\*\* 이종현\*\*\* 이인원\*\*\*\*

### 1. 서론

슬라브교는 중소형 교량에서 많이 채택되는 교량 형태로서 보(Beam)로 단순화시켜 해석 및 설계를 수행하는 것이 일반적이었다. 그러나 정확한 해석 및 설계를 위해서는 보 해석보다는 평판요소를 통한 유한요소해석이 더 적합하며 실무에 있어서도 차츰 평판요소를 도입한 유한요소해석으로 나아가는 추세다. 그런데 유한요소 모델링 및 결과 해석이 대단히 번거로운 작업이기 때문에 시간과 경비가 많이 소요되므로 모델링과 결과 해석에 있어서 실무자의 편이를 고려한 전산프로그램의 개발이 요구되었으며 그 요구에 따라 다양한 윈도우용 그래픽 시뮬레이터들이 개발되었다.

본 프로그램은 슬라브 교량이라는 특화된 구조물에 초점을 맞춘 그래픽 시뮬레이터로서 모델링과 결과 해석이 용이하면서도 추가적으로 슬라브 교량의 특성을 최대한 반영할 수 있도록 하였다.

### 2. 프로그램의 구성

본 프로그램을 통한 작업 수행 과정은 크게 세 단계로 분류할 수 있다. '데이터 입력', '수치해석' 그리고 '결과 출력' 등이 그것이다. '데이터 입력'은 슬라브 교량의 제원 입력, 절점 및 요소 형성, 하중 입력 등의 작업을 통해 입력 파일을 자동으로 형성시키는 과정이며 '수치해석'은 입력 과정에서 자동으로 생성된 입력 파일을 읽어서 유한요소해석을 실시하여 출력 파일을 생성시키는 과정이다. 수치해석을 통해 생성된 출력 파일을 읽어들이어 각종 결과들을 그래픽 및 텍스트로 출력시키는 과정이 '결과 출력'이다.

각 과정 별로 본 프로그램의 제원을 간략히 소개하자면 데이터 입력, 결과 출력 등의 과정에서 수반되는 각종 윈도우 알고리즘은 비주얼 베이직 언어로 작성되었으며 Main Program에 해당하는 수치해석 알고리즘은 포트란 언어로 작성되었다.

#### 2.1 데이터 입력

---

\* 한국과학기술원, 석사 과정

\*\* 한국과학기술원, 박사 후 과정, 공학박사

\*\*\* 경일대학교, 토목공학과 교수, 공학박사

\*\*\*\* 한국과학기술원, 토목공학과 교수, 공학박사

슬라브 교량의 형태(사교 또는 곡선교), 사각, 총 길이, 총 폭, 연석 폭, 보도 폭, 중앙분리대 폭 그리고 베어링의 위치 등을 일차적으로 입력하면 그것들의 위치를 토대로 요소 모델링의 기준선이 되는 수 개의 가이드 라인들이 자동으로 생성된다. 그 가이드 라인들을 토대로 절점 및 평판 요소의 모델링이 용이하게 이루어진다. 물론, 가이드 라인의 자유로운 편집이 가능하다.

절점 및 평판 요소의 모델링이 이루어지면 사용자는 구속 조건(탄성 지점 포함), 하중 조건(분포하중, 절점하중, 요소내 집중하중, 온도, 지점 침하 등) 등을 입력할 수 있다. 모든 작업의 내용이 곧바로 그래픽 및 텍스트로 출력므로 작업 내용의 확인과 작업의 수정이 용이하다. 또한 각종 하중 재하시 하중 경우(Load Case)를 부여하여 하중 조합(Load Combination)을 고려할 수 있도록 하였다.

## 2.2 수치 해석

데이터 입력이 완료되면 본격적인 해석 수행에 들어간다. 이때 '모델링 체크' 기능이 있어서 해석 수행 이전에 모델링의 적합성 여부를 파악할 수 있다.

본 프로그램에서 사용된 평판 요소는 민들린(Mindlin) 평판 요소<sup>1</sup>이며 강성 매트릭스 형성 과정에서 대체 변형률 장<sup>2</sup>을 이용함으로써 Shear Locking 을 방지하였고 해를 구하는 알고리즘으로서 Sky Line Technique 을 채택하였다.

## 2.3 결과 해석

수치해석이 끝나면 프로그램은 출력 상태로 진입한다. 처짐형상, 모멘트 및 전단력 컨투어 등이 그래픽으로 출력되며 특정 절점이나 특정 요소를 지정하여 그 부분의 결과만 따로 이출될 수가 있다. 모든 출력은 사용자가 지정한 하중 경우 및 하중 조합에 따라 구분이 되어 출력된다. 결과력 컨투어 뿐만 아니라 특정 절점을 관찰점으로 하는 영향면 컨투어의 출력도 가능하도록 하였다.

텍스트 폼이 따로 있어서 제반 출력 내용을 텍스트로 확인할 수 있다. 텍스트 및 그래픽은 곧바로 인쇄기로의 출력이 가능하며 파일 형태 인쇄도 가능하므로 타 윈도우용 소프트웨어를 이용한 편집이 가능하다.

데이터 입력 및 결과 출력에 포함되는 각종 항목들을 표 1에 정리해 놓았으며 해석 결과의 그래픽 출력의 예가 그림 1 및 그림 2에 제시되어 있다.

## 3. 결론

슬라브 교량이라는 특화된 구조물에 대해 보가 아닌 평판 유한요소를 도입하여 정확한 구조해석을 도모하고 데이터 입력 과정에서 슬라브 교량의 제원이 포함되도록 하여 슬라브 교량의 특성이 반영된 모델링이 가능하게 한다는 취지 아래 본 프로그램이 개발되었다.

본 프로그램은 본격적인 윈도우 환경 프로그램으로서 윈도우 상에서 타 프로그램과의 다중 작업이 가능하다. 또한 모든 작업 내용이 텍스트 및 그래픽으로 곧바로 출력되므로 입력 및 출력 작업이 용이하다. 한편, 모든 결과의 출력은 사용자가 지정하는 하중 경우 및 하중

조합에 따라 이루어진다.

단순한 구조 해석 이외에도 특정 절점을 관찰점으로 하는 영향면 해석이 가능한 것도 본 프로그램의 특징 중 하나다.

표 1. 데이터 입력 및 결과 출력의 항목

	항 목	비 고
데이터 입 력	슬라브교 제원	형태(사교,곡선교), 길이, 총폭, 사각 입력 연석폭, 보도폭, 중앙분리대 폭 입력 교각 및 베어링(지점)의 위치 입력
	Guide Lines	슬라브교 제원에 따른 일차적 Guide Line 생성 추가, 수정, 삭제 기능
	절점 생성	마우스 방식, 타이프 방식 추가, 수정, 삭제 기능
	요소 생성	마우스 방식 Automatic Generation(특정영역 지정 - 영역 내 요소 자동 생성) 삭제 기능
	요소 속성 및 속성 부여	속성 정의 - 요소 선택 - 택일된 속성 부여
	구속 조건	절점 선택 - 구속조건 또는 탄성지점의 스프링 강성 부여
	하중 조건(절점)	절점 선택 - 절점하중 또는 지점 침하량 부여
	하중 조건(요소)	요소선택 - 분포하중, 집중하중, 온도 부여
	Load Cases 및 Load Combinations	Load Case 정의 - Load Combinations 정의(Scale Factor 부여)
결 과 출 력	결과력	변위, 모멘트, 전단력 출력 (치침형상, 컨투어 및 텍스트)
	반력	구속조건이 부여된 절점에서의 반력 출력
	영향면	관측 대상 절점 지정 - 영향면 컨투어 출력

#### 4. 추후 연구 과제

트럭하중 내지 차선하중은 재하 위치가 불변하지 않고 수시로 변한다. 따라서 그러한 하중의 해석 결과로서 포락면이 필수적으로 요구되며 포락면은 곧바로 설계에 적용된다. 그러나 포락면의 해석 및 출력 시간이 절점수가 증가함에 따라 기하급수적으로 증가하므로 시간을 단축할 수 있는 알고리즘의 개발이 필요하다. 따라서, 시간을 최대한 단축할 수 있는 포락면 출력 알고리즘을 개발, 본 프로그램에 추가하여 설계에 곧바로 응용될 수 있는 프로그램으로 향상시키는 것을 추후 연구 목적으로 하고 있다.

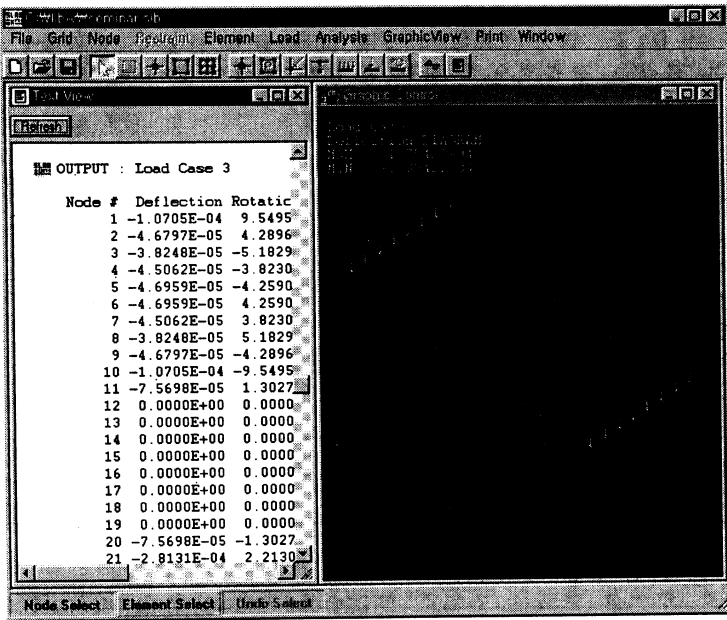


그림 1. 해석 결과의 그래픽 출력의 예 (온도에 의한 처짐 형상)

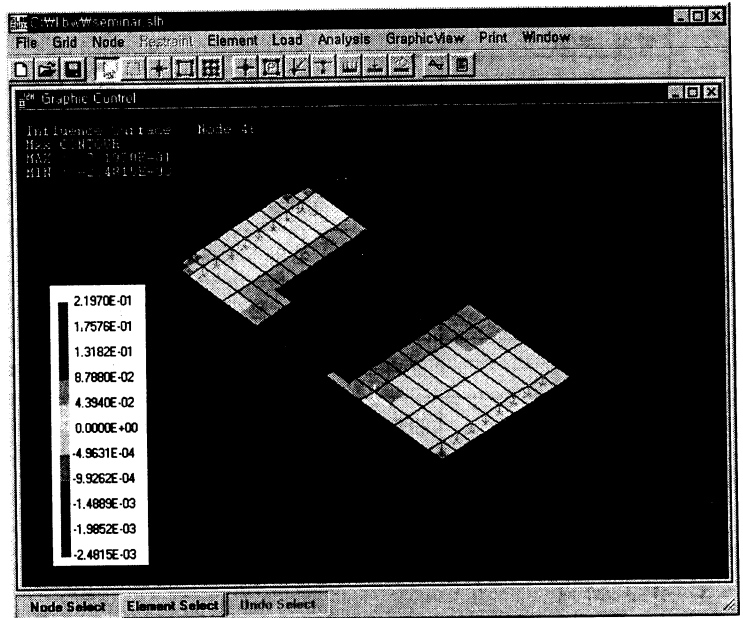


그림 2. 해석 결과의 그래픽 출력의 예 (영향면 컨투어)

## 5. 참고 문헌

1. Robert D. Cook, Finite Element Modeling for Stress Analysis, John Wiley&Sons Inc, 1994
2. J.Donea and L.G.Lamin, "A Modified Representation of Transverse Shear in C<sup>0</sup> Quadrilateral Plate Elements", Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering 63, 1987