

## MIDAS/CIVIL의 소개

이 형 우\*

MIDAS/CIVIL은 범용구조해석기능과 시공단계를 고려한 PSC BOX, 현수교, 사장교, 수화열해석 등 토목구조물의 해석에 필요한 제반기능을 집적하여 개발된 최상의 Integrated Civil Engineering Solution입니다.

### 1. (주)마이다스아이티(www.midasIT.com) 소개

#### 1.1 회사연혁

|          |                                       |
|----------|---------------------------------------|
| 1989     | POSCO 그룹 MIDAS개발 착수                   |
| 1996     | MIDAS Family Program 발표               |
| 1997     | 건설 구조해석분야 최우수 S/W 선정                  |
| 2000     | 범용구조해석S/W MIDAS/GENw 발표               |
| 2000. 11 | MIDAS/MESH 발표                         |
| 2001     | 국내최초 과학기술용S/W 미주 일본지역 수출              |
| 2001. 1  | 세계 CAD시장 점유율 2위사인 미, 벤트리의 전용해석S/W로 채택 |
| IR52     | 장영실상 수상                               |

|          |                             |
|----------|-----------------------------|
| 2001. 6  | 국산신기술(KT마크) 인정              |
| 2001. 11 | 기술혁신형 중소기업(INN-BIZ)으로 선정    |
| 2001. 11 | 토목전용 구조해석S/W MIDAS/CIVIL 발표 |

#### 1.2 주요사업내용

##### 1.2.1 기반사업

- MIDAS프로그램 개발 및 판매사업
- Structural Engineering S/W 개발사업
- 국내외 High-end Level Structural Engineering Consulting 사업
- Design Automation & Structural Engineering Research 사업

##### 1.2.2 신규진출사업

- 3D CAD based EIT Solution구축 사업
- 해외 CAD개발사와 기술 제휴 사업
- CAD S/W 판매 및 Solution구축 사업
- Internet based Engineering Service(ASP) 사업
- Internet Web Site 구축 사업

\* (주)마이다스아이티, 대표이사

## 2. MIDAS/CIVIL의 개요

현대적 구조해석 프로그램의 핵심기술인 구조해석 Solver 및 Computer Graphic기술 분야에서 이미 세계적 수준으로 인정받고 있는 쥘마이다스아이티는 이러한 기술력을 바탕으로 범용구조해석 프로그램에 시공단계를 고려할 수 있도록 기존의 프로그램을 혁신적으로 개조하였다. 뿐만 아니라 특수교량 해석을 위하여 대변형해석, 시간의존적 재료의 물성치변화를 고려할 수 있는 해석기능 등을 개발함으로써 토목구조물 설계에 필요한 범용해석에 토목 전용해석기능을 접목하여 최상의 Total Integrated Solution인 MIDAS/CIVIL개발을 완료하였다.

MIDAS/CIVIL은 무제한의 절점, 요소를 사용한 골조구조물해석, 정교한 모델링을 통한 FEM상세 해석 및 이동하중해석 등과 더불어 PSC교, 현수교, 사장교 등의 특수장대교량에 대한 시공단계별 해석기능을 보유한 명실공히 국내외에서 유일한 토목전용 해석 및 설계시스템이라 할 수 있다.

## 3. 조직 구성도

|                    |         |  |
|--------------------|---------|--|
| Development Center | 개발 1팀   | · Graphics Technology<br>· Engineering Database<br>· MIDAS Modeler/Evaluator |
|                    | 개발 2팀   | · FEA Technology<br>· Mesh Generation<br>· MIDAS Solver                      |
|                    | 개발 3팀   | · Optimal Design Tech.<br>· Design Code Analysis<br>· MIDAS Design Module    |
|                    | 구조기술팀   | · 구조 System 개발<br>· 공법개발 및 컨설팅<br>· 구조기술관련 R&D                               |
| Engineering Center | 토목구조팀   | · 토목 구조해석 및 설계<br>· 특수교량 구조검토<br>· 정밀 구조 안전진단                                |
|                    | 건축구조팀   | · 건축 구조해석 및 설계<br>· Value Engineering<br>· 내진성능평가 및 검증                       |
| IT Center          | CAD 사업팀 | · 3D CAD 판매 및 솔루션 구축 사업(Bentley Sys. : Microstation 등)<br>· E&C 분야 IT 사업     |

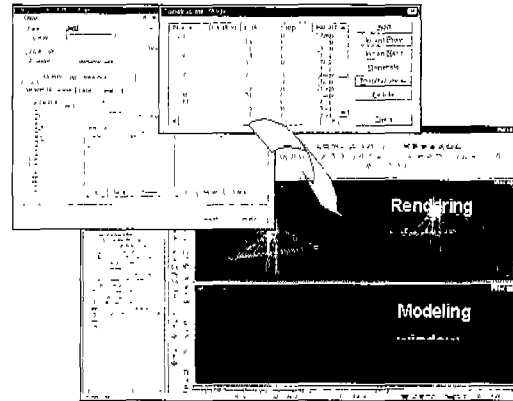
|                          |         |  |
|--------------------------|---------|--|
| IT Center                | 인터넷 사업팀 | · Cyber 교육 System 개발 사업<br>· Internet Web Site 구축 사업<br>· Project Portal Web 구축 사업 |
| Staff/ Supporting Center | 해외사업팀   | · MIDAS 해외영업 및 기술지원<br>· 해외 엔지니어링 컨설팅  |
|                          | 기술영업팀   | · MIDAS 국내영업 및 기술지원<br>· MIDAS 고객지원  |
|                          | 행정지원팀   | · 경영기획, 관리<br>· 인사, 노무, 재무, 총무   |

## 4. Analysis

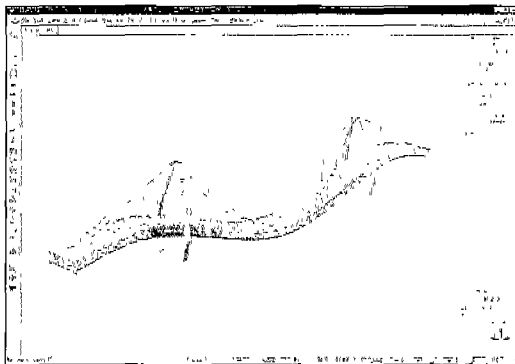
MIDAS/CIVIL은 무제한의 절점과 요소에 대하여 구조해석을 수행할 수 있으며, 단위하중조건 및 하중조합조건에 수에도 제한이 없습니다. 또한 여러 개의 모델데이터를 순차적으로 호출하여 해석하는 *Batch analysis* 기능이 지원됩니다.

- Static Analysis
  - Linear Static Analysis
  - Thermal Stress Analysis
- Dynamic Analysis
  - Free Vibration Analysis
  - Response Spectrum Analysis(SRSS, CQC, ABS)
  - Time History Analysis
- Geometric Non-linear Analysis
  - P-delta Analysis
  - Large Displacement Analysis
- Buckling Analysis
  - Critical Buckling load factor
  - Buckling Modes
- Moving Load Analysis
  - Influence Line Analysis
  - Influence Surface Analysis
- Heat Transfer Analysis(Conduction, Convection, Radiation)
  - Steady State Analysis

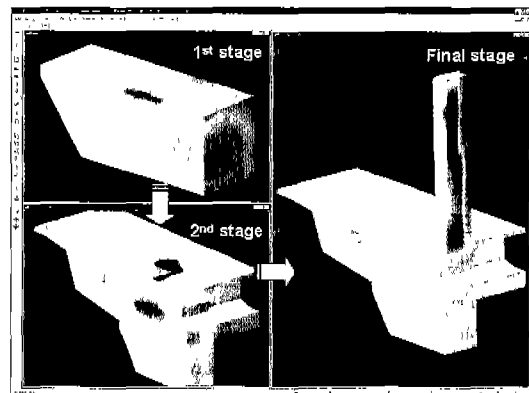
- Time Transient Analysis
- Hydration Heat Analysis(수화열 해석)
  - Thermo-elastic Analysis(Temperature stress)
  - Maturity, Creep, Shrinkage, Pipe Cooling
- 시공단계별 해석(Construction Stage Analysis)
  - 재료의 시간의존적 특성(Time dependent Material)
  - Boundary Group
  - Static Load Group
- 기타 해석기능
  - 최적화 기법을 사용한 미지하중의 해 산출기능
  - 교량구조물의 지점침하를 자동 고려한 해석
  - 강함성교의 합성전,후 단면성질변화를 고려한 해석



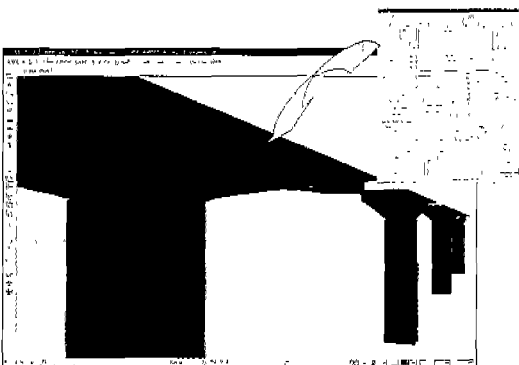
Construction Stage를 사용하여 단계별로 정의한 서해대교의 시공단계 해석모델, Stage Group을 사용하여 시공단계별 모델을 나타낸 화면



대변형해석 기능과 P-delta 해석 기능을 이용한 영종대교의 고유치해석 결과(수직 1차 모드 : 0.485Hz)



분할타설을 고려한 시공단계별 Extradosed PSC Box 주두부 수화열 해석결과(응력분포)



PSC Box의 단면제원, 단면상의 텐던배치, 교각 및 Segment의 분할 등을 입력하여 교량모델과 시공단계를 구성해 주는 FCM Bridge Wizard를 이용하여 생성한 시공단계모델

## 5. Finite Element Library

MIDAS/CIVIL은 실무 구조해석에 필요한 다양하고 정확도 높은 최신의 요소알고리즘을 내장하고 있습니다.

- Compression only
- Tension only
- Gap
- Hook
- Cable(현수선 요소 이상)
- General Beam
- Plate(Thick/Thin, In plane/Out-of-plane Thickness,
- Tapered Beam
- Plane Stress
- Plane Strain
- Stiffened Plate
- Truss
- Axisymmetric

Orthotropic)

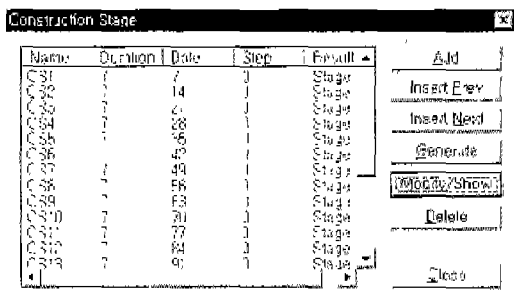
- Solid Element(Hexagon, Wedge, Tetrahedron)

### 6. Construction Stage Analysis

MIDAS/CIVIL에서는 임의 재령을 가진 요소의 생성 및 소멸, 경계조건의 변화, 하중의 변화 등을 고려할 수 있는 Construction Stage Analysis 기능을 제공하여 가설구조물의 설치 및 철거, 현수교와 사장교 같은 특수 장대교량해석, PSC박스교량 가설공법에 따른 단계별해석, 콘크리트 타설단계를 고려한 수화열 해석 등을 수행할 수 있습니다.

#### 6.1 Construction Stage의 입력

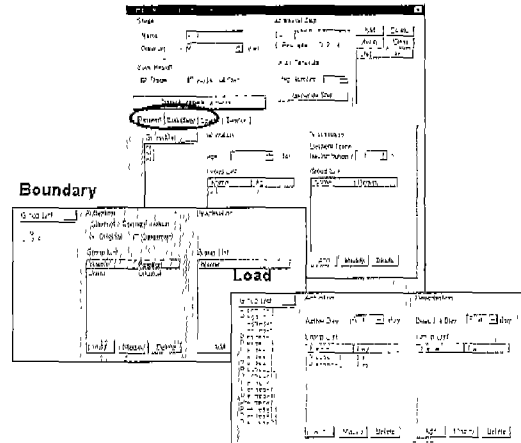
- 부재의 생성과 소멸, 경계조건의 변화 등 구조계가 변화하는 단계를 각각 Stage로 정의.
- 시공단계 내에서 구조계의 변화 없이 하중의 제하와 제거가 이루어지는 시점(T-step)정의 가능.



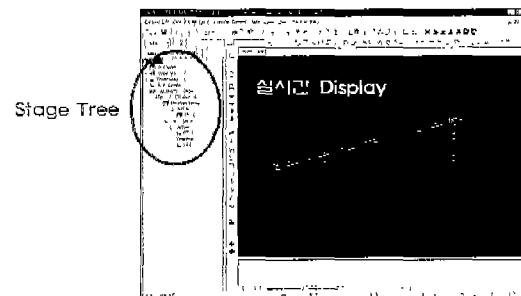
단계별 소요일수의 입력만으로 시공단계를 순차적으로 생성하고 정의된 시공단계를 삭제하거나 새로운 시공단계를 삽입

#### 6.2 Stage Tree

- 전 시공단계를 일목요연하게 파악할 수 있도록 각각의 시공단계를 Tree 구조로 표현.
- 특정 시공단계에 정의된 내용을 편리하게 수정하는 기능.
- 정의된 시공단계를 삽입 또는 삭제하는 기능.
- 정의된 시공단계의 순서를 바꾸는 기능.



요소 그룹, 하중 그룹, 경계조건 그룹을 간편하게 activation 또는 deactivation 시켜 시공단계 구성



특정 시공단계에 대한 구조계와 하중조건 변화를 Stage Tree와 연계하여 실시간 표현

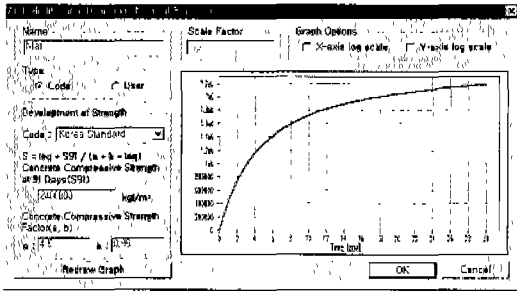
- 해당 시공단계의 구조계와 하중조건의 변화를 일목요연하게 확인 및 수정할 수 있는 Works Tree 기능

## 7. PSC Box Girder Bridge

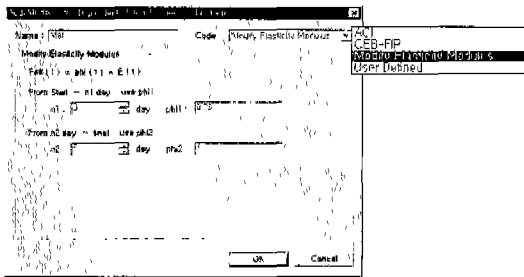
### 7.1 Time Dependent Material

재료의 시간의존적 특성(콘크리트 부재의 재령에 따른 탄성계수의 변화, Creep 및 Shrinkage에 의한 장기처짐의 효과)을 고려하기 위한 재질 정의 기능.

- 시간별 콘크리트 강도에 따른 해석.
- 동일 Stage에서 Creep & Shrinkage 해석의 세분화 기능.
- 각 국가별 Code를 DB화 시켜 입력 용이.



ACI, CEB-FIP 등의 규준에 따른 콘크리트의 강도발현 함수정의

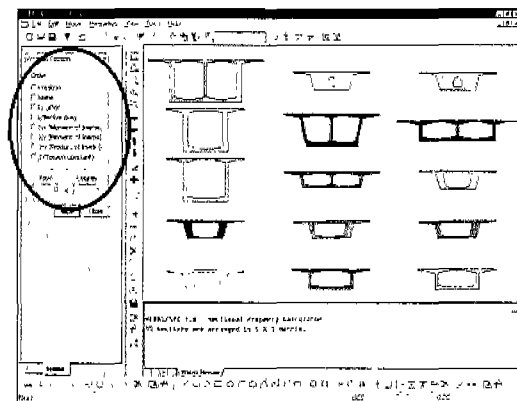


DB화된 ACI, CEB-FIP 등의 규준에 따른 콘크리트의 시간의존적 특성정의

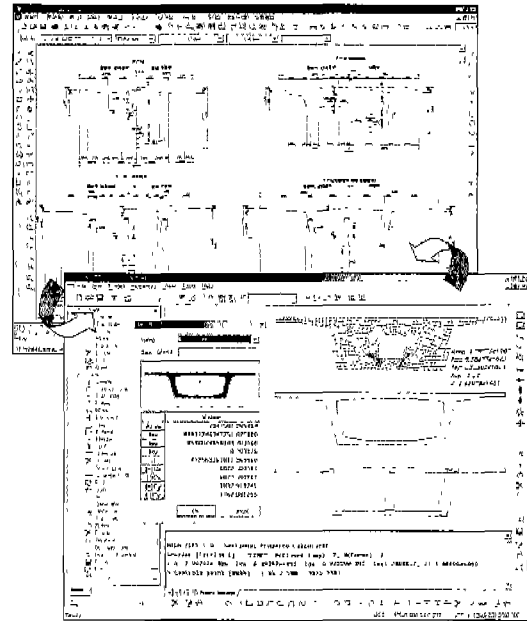
## 7.2 Sectional Property Calculator

Sectional Property Calculator를 이용하여 복잡한 형상의 단면성질을 단시간내에 효과적으로 계산할 수 있습니다.

계산된 단면특성들은 구조모델링시 Section Import 기능으로 쉽게 입력됩니다.



여러 개의 단면을 단면적 크기 순서대로 정렬하고 각각에 대한 단면성질 계산



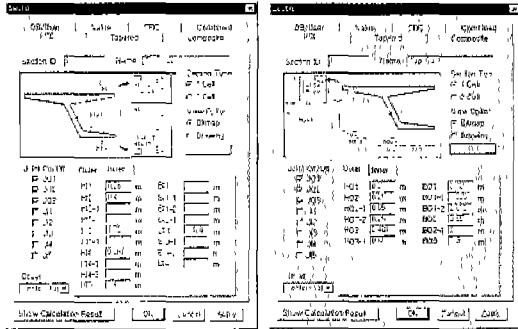
AutoCAD의 DXF 파일을 불러들여 임의 형상에 대한 단면성질을 계산하는 Sectional Property Calculator

- AutoCAD DXF 파일 형식을 이용한 단면 형상의 Import 기능.
- 다양한 모델링 기능을 이용한 간편한 입력.
- 입력 단면에 대해 완전 자동으로 최적의 요소망을 생성하여 단면성질 계산.
- 여러 개의 재질로 구성된 복합단면 계산 가능.

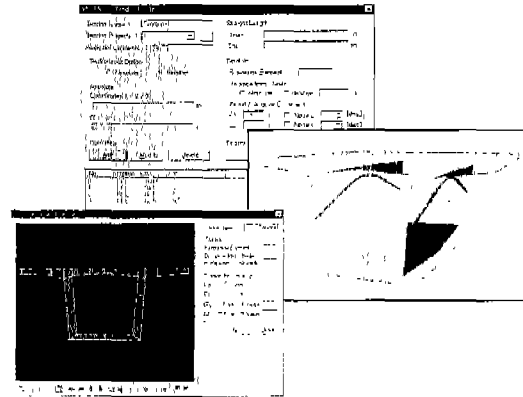
## 7.3 PSC Box Section & Tapered Section

MIDAS/CIVIL은 PSC Box Girder Bridge의 모델링 및 해석을 용이하게 할 수 있도록 실무에 주로 사용되는 정형화된 형식의 PSC Box Section을 제공합니다.

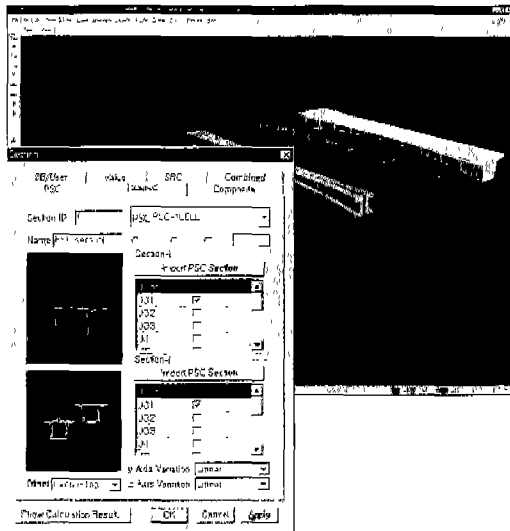
- FCM 교량과 같이 단면이 변하는 구조물의 경우 양단의 단면 형상과 곡률을 정의함으로써 자동으로 단면성질을 산정.
- 종/횡단면의 변단면 입력 가능.
- 변단면 자동 생성 후 일부 데이터 변경시 관련된 단면들의 자동 보정 기능.
- 도로교 설계기준에 따른 유효폭 자동계산 및 해석시 적용 기능.



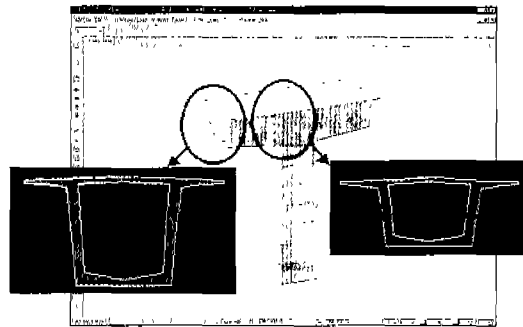
기울기의 변화점을 활성화시키고 간단한 치수 입력에 의한 정형화된 PSC Box 단면 정의



입의 위치에 기준점, 변곡점, 편심거리만을 입력한 후 3차원 텐던 자동 배치



시/중점에서의 단면만을 입력한 후 중간구간의 변단면 부재를 자동으로 형성시킨 화면



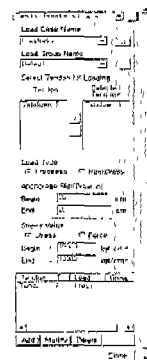
입의 위치에 텐던 배치 형태를 횡단면상에서 확인 가능

#### 7.4 프리스트레스 도입을 위한 텐던 배치

- 입의 배치형상을 갖는 3차원 Tendon Profile의 입력과 3차원 곡률에 따른 손실 계산.
- 텐던의 긴장 방법(Pre-/Post-tension) 및 배치 방법(Internal /External)에 따른 효과 고려.
- 절점과 관계없이 자유로운 텐던 배치.
- 횡단면상에서 자유로운 텐던 배치가 가능하고 입의 요소 선택시 텐던 배치상황을 횡단면상에서 확인 가능.
- 텐던의 긴장시에 발생하는 정착장치의 확동, 텐던과 쉬스관 사이의 마찰, 콘크리트의 탄성변형에

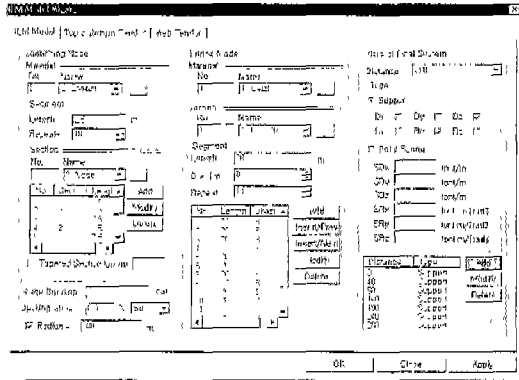
의해서 발생하는 프리스트레스의 즉시손실을 고려.

- 콘크리트의 Creep 및 Shrinkage, 텐던의 Relaxation에 의해서 발생하는 프리스트레스의 장기손실 고려.
- 하중이나 온도의 변화에 의해서 발생하는 텐던의 프리스트레스의 변화 고려.



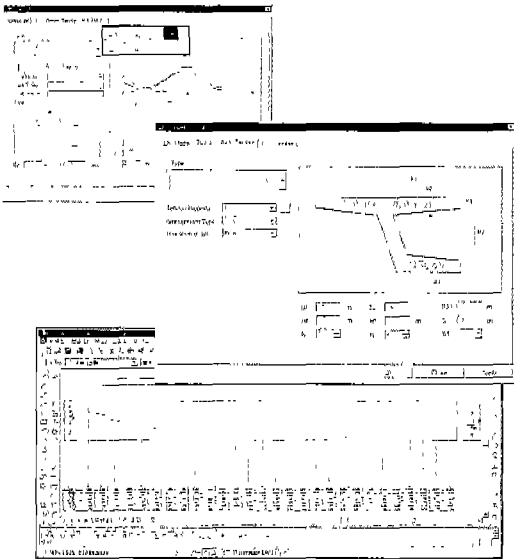
#### 7.5 ILM Bridge Model Wizard

ILM Bridge Model Wizard를 이용하여 Segment의 제원과 개수를 입력하여, 전체 교량모델을 생성할 수 있으며 입력된 Segment의 개수에 맞는 기본적인 시공단계(Segment의 Activation)를 자동으로 생성할 수 있습니다.



ILM Bridge Wizard를 이용하여 Nose를 포함한 ILM 교량의 Segment 별 전체 모델링과 완성 후 경계조건 입력

- 시공일수만을 입력함으로써 Construction Stage에서 자동으로 재령 및 하중을 계산.
- 텐던의 변곡점 및 정착 위치만을 입력함으로써 최적의 곡률을 계산한 후 자동배치.
- 내장된 텐던 배치 형식을 이용하면 ILM 교량에서 최적의 Tendon Profile 자동생성 가능.

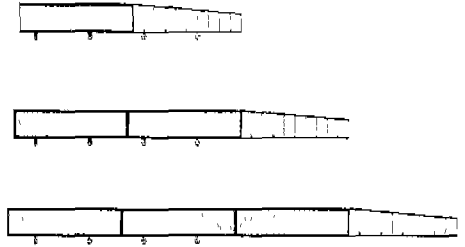


Model Wizard에 내장된 텐던형식을 선택하여 슬래브텐던과 복부텐던 자동배치 및 도면생성

### 7.6 ILM Bridge Stage Wizard

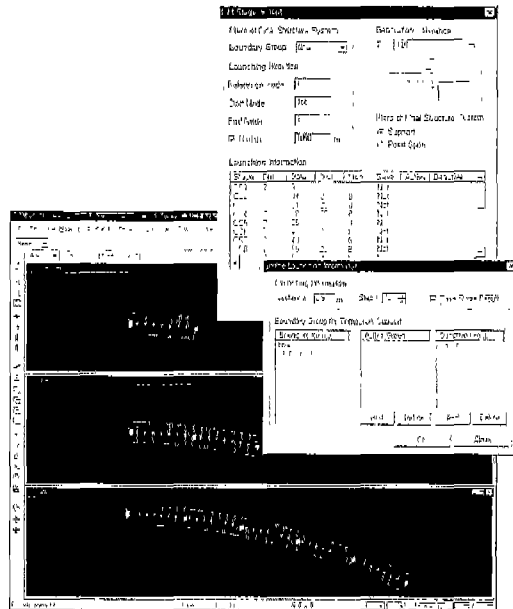
교량제원, Segment별 시공일수, 1회 압출길이를

입력하면 압출단계별 세부시공단계(지점조건의 Activation 및 Deactivation)를 자동으로 생성합니다.



ILM 교량의 시공단계별 모델과 경계조건 및 하중을 자동으로 생성하는 ILM Stage Wizard

- ILM 공법의 시공단계 중 압출시 시간의 변화 없이 경계조건 변화만 일어나는 G-Step 기능.



곡선 교량의 ILM 시공단계별 압출시점 정의 및 경계조건을 포함한 각 시공단계별 구조계의 활성화모델도

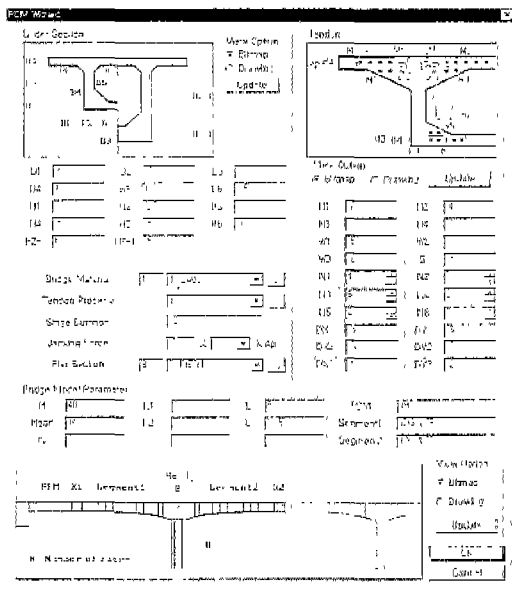
- 하나의 파일에서 모든 시공단계를 고려함으로써 각 Stage 별로 각각의 요소, 경계조건 및 하중의 Activation/Deactivation 용이.

- 재령 변화에 따른 Creep과 Shrinkage 영향을 쉽게 고려.
- 곡선교에 대한 Wizard 포함.

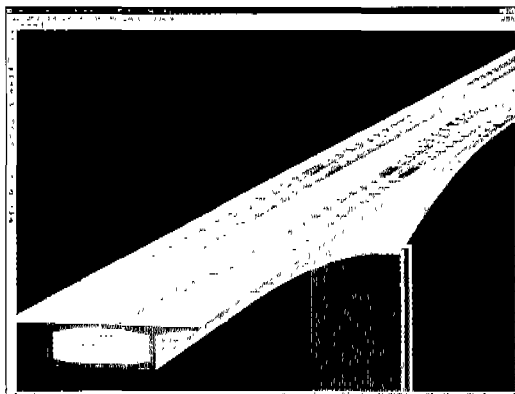
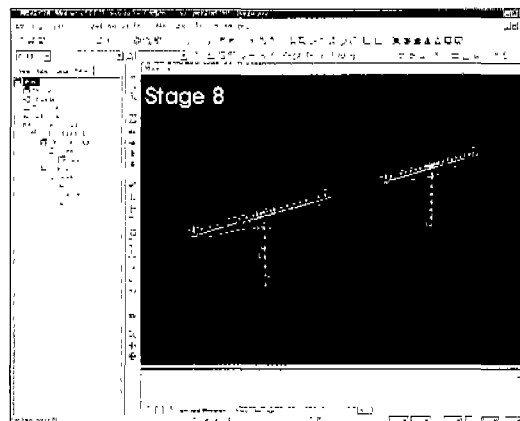
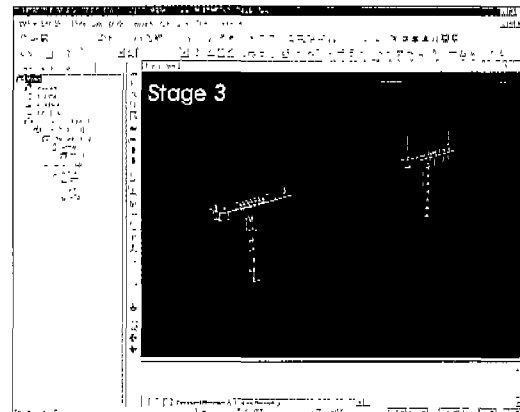
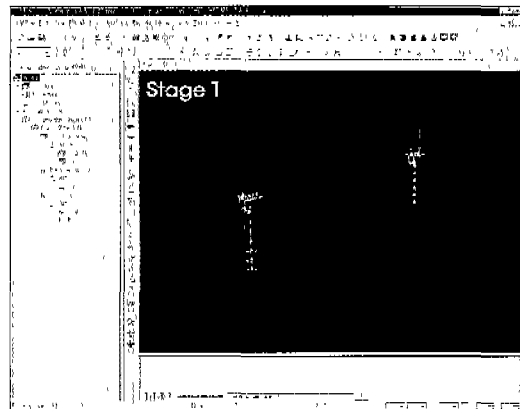
- Wizard 내에서 단면 정의 및 텐던 배치 정의 기능.
- 교각 및 Key Segment를 포함한 전체 교량의 모델링 기능.
- FCM Bridge Wizard로 자동 생성되는 실시간 Display 기능.

### 7.7 FCM Bridge Wizard

단면형상, 텐던 세원, 교량제원의 입력만으로 FCM 교량의 모델 및 시공단계별 Stage를 자동으로 구성합니다.

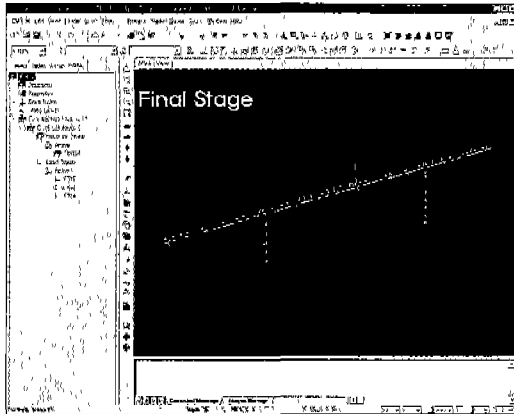


FCM 교량의 자동 텐던배치 및 도면 생성, 교각을 포함한 시공단계별 Stage를 자동으로 구성해주는 FCM Bridge Wizard



FCM Bridge Wizard를 이용하여 손쉽게 완성한 FCM 교량 모델 및 텐던배치 형상

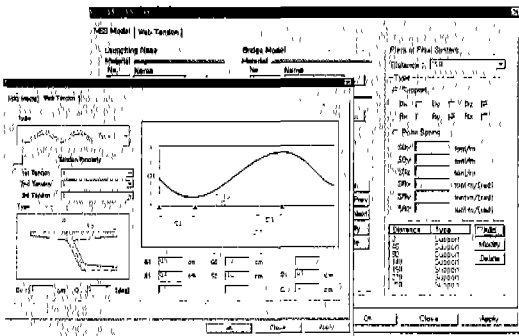




Model View에서 FCM 교량의 시공단계별 요소생성, 하중재하 과정을 실시간 Display 확인

### 7.8 MSS Bridge Wizard

MIDAS/CIVIL은 MSS 공법 교량의 시공단계별 Stage 구성과 모델을 자동으로 생성합니다.



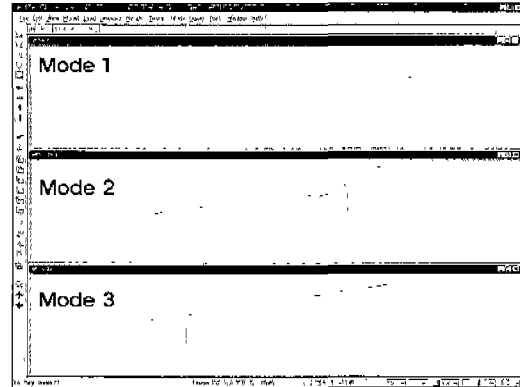
MSS Bridge Wizard 기능을 사용한 편리한 텐던 배치 및 도면생성

### 4.9 특정 가설단계에 대한 별도의 해석 기능

임의 시공단계(Stage)를 Final Stage로 Export 함으로써 시공구조계에 대한 시간이력해석, 지진해석, 이동하중해석 등을 수행할 수 있습니다.

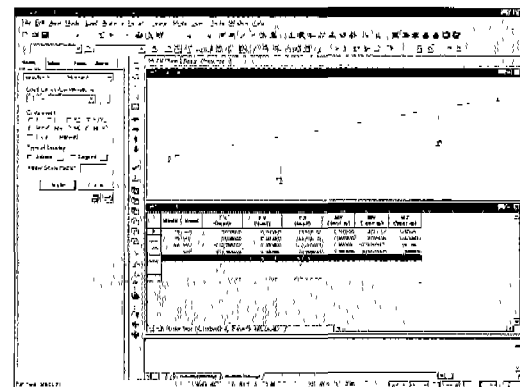
### 4.10 Post-processing

- 곡선교에서 횡단면상의 좌우측 최대응력 산출 기능.

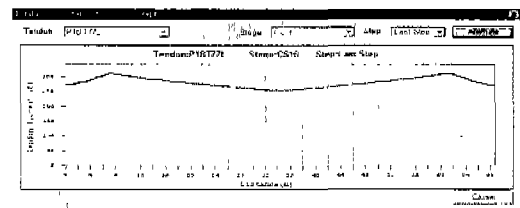


FCM 교량의 가설시 임의 시공단계에서 고유치해석 결과

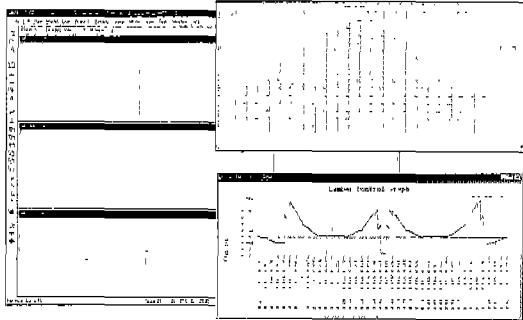
- 이동하중해석에 의한 최대 부재력 발생시 동시성을 갖는 다른 부재력 출력 기능
- 시공단계(Stage, Time Step)별 결과분석을 위한 다양한Diagram(부재력, 응력, 처짐, 반력 등) 출력 기능.
- 임의 해석결과에 대한 시공단계별 동영상 제공. 임의 단면에 대한 상세 해석 결과 출력.
- 곡률 및 시간에 따른 프리스트레스 손실량 출력.



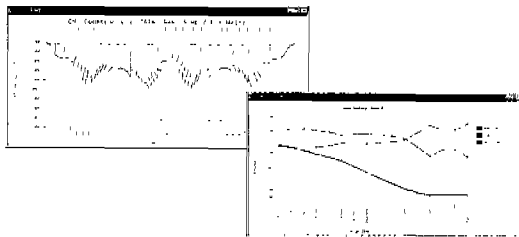
시공단계별 반력 및 부재력 최대값을 테이블에서 확인



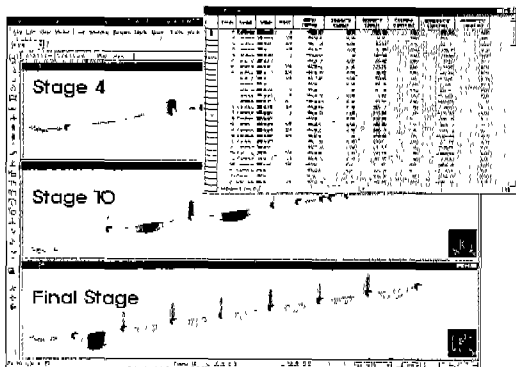
3차원 곡률 및 Relaxation에 따른 프리스트레스 손실량 산정 그래프



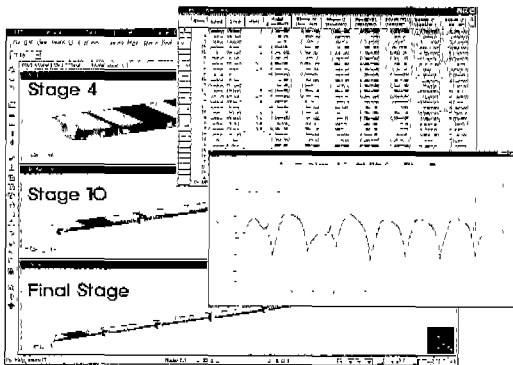
현장에서 시공관리를 위한 FCM 교량의 시공단계별 멤버 관리도 및 처짐도



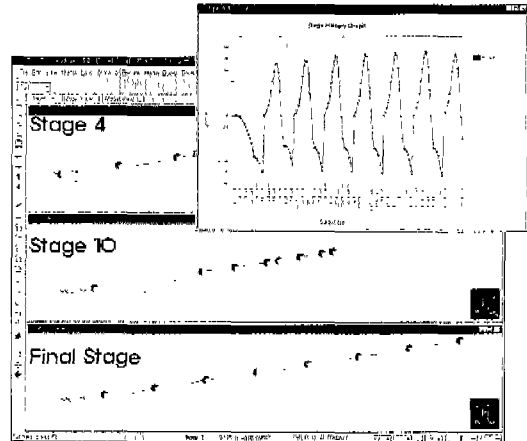
FCM 교량의 특정단계의 응력도 및 시공단계별 응력이력곡선



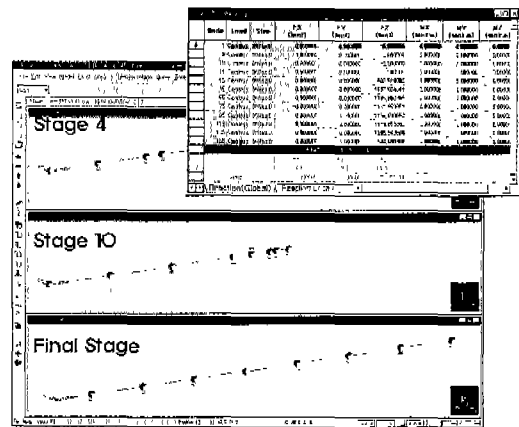
시공단계별 모멘트도 및 결과 테이블(ILM 공법)



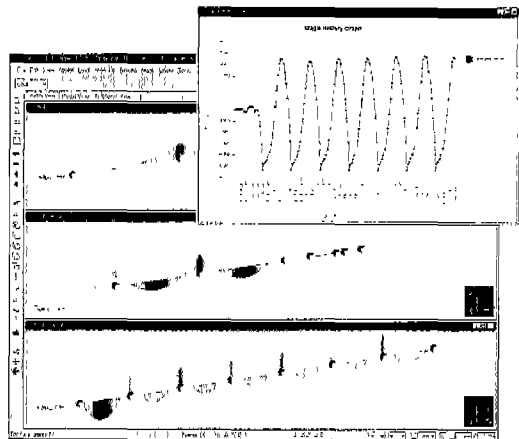
시공단계별 응력도 및 결과 테이블



ILM 교량의 시공단계별 노즈선단에 발생하는 변위 테이블



시공단계별 교각, 교대 및 벤트에서의 반력 테이블

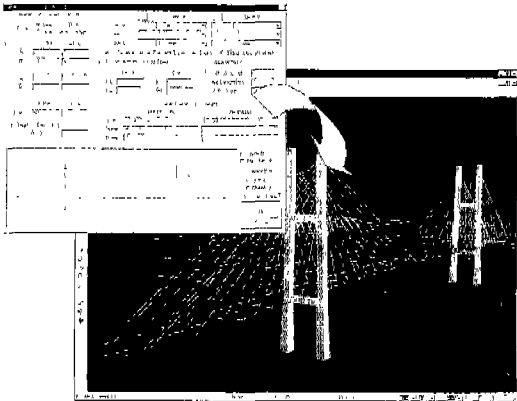


특정 위치에서 발생하는 시공단계별 부재력 및 변위 테이블

## 8. Cable-Stayed Bridge Analysis

MIDAS/CIVIL에서는 사장교의 완성계 모델을 단 시간 내에 입력할 수 있는 Wizard 기능을 제공하며, 초기평형상태 해석에 필요한 초기 케이블 긴장력을 최적화기법으로 산출합니다. 또한 사장교의 시공단계에서 요소의 생성 및 소멸, 경계조건의 변화, 하중의 변화 등을 고려할 수 있는 Construction stage기능을 제공합니다.

- MIDAS/CIVIL의 Cable Stayed Bridge Wizard 기능.
- 대칭 및 비대칭 사장교 모델링.
- 트러스 및 박스 보상형 모델링.
- 보강형의 중단선형을 고려한 모델링.



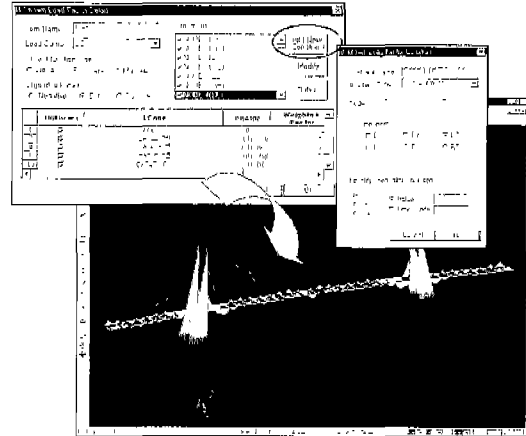
사장교 Wizard 기능을 이용하여 완성한 삼천포대교 완성계 모델

### 8.1 최적화기법을 사용한 케이블 초기긴장력 계산

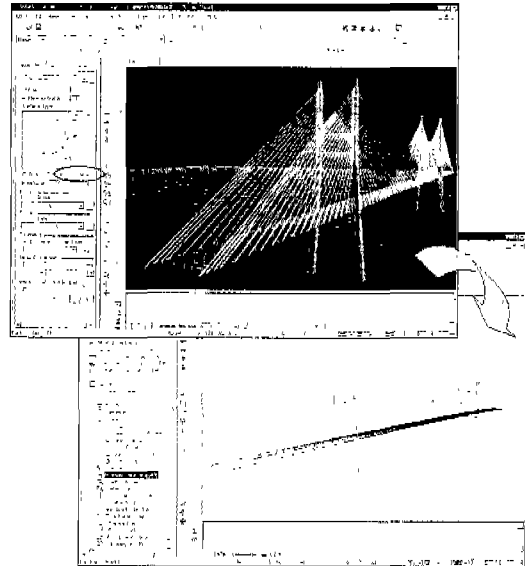
- 최적화기법을 사용한 케이블 초기긴장력 계산.
- 다양한 구속조건을 사용하는 Unknown Load Factor기능.
- 주탑 및 보강형 구속조건을 만족하는 하중계수 산출.

### 8.2 케이블요소를 사용한 비선형해석

- Truss element와 Cable element의 선형 및 비선형해석
- 케이블 부재에 Pretension하중입력.



사장교의 케이블 초기긴장력을 Unknown Load Factor 기능으로 계산하고 사장교 완성계의 초기평형상태를 해석한 결과



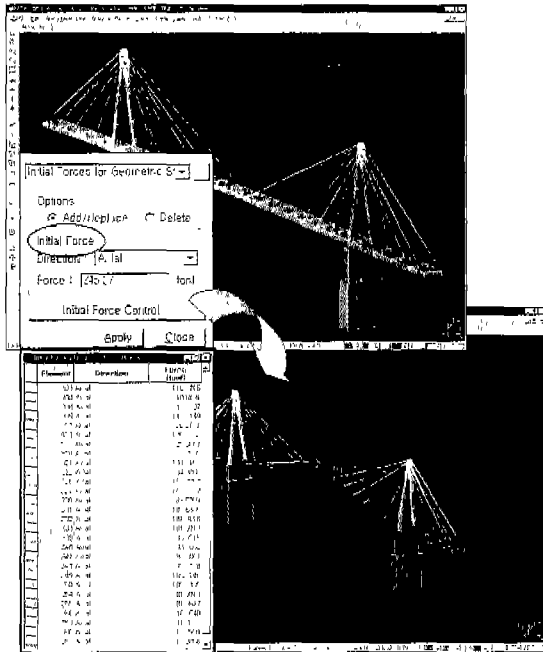
케이블요소를 사용한 서해대교의 완성계 비선형해석 결과

### 8.3 기하강성을 고려한 정적 및 동적해석

- 초기하중을 입력하여 사장교의 기하강성 구성.
- Initial Force for Geometric Stiffness의 기하강성을 고려한 정적 및 동적해석.

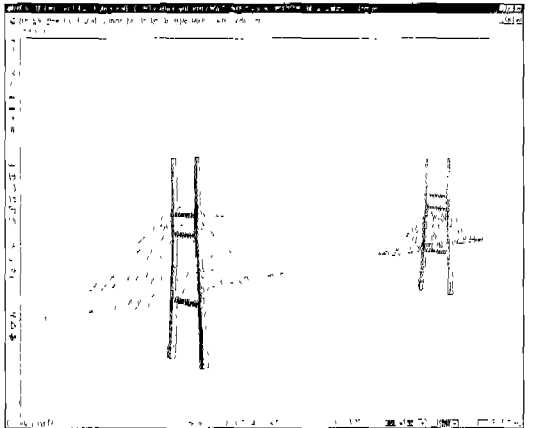
### 8.4 시공단계별해석

- Construction Stage 기능을 이용한 시공단계 정의.

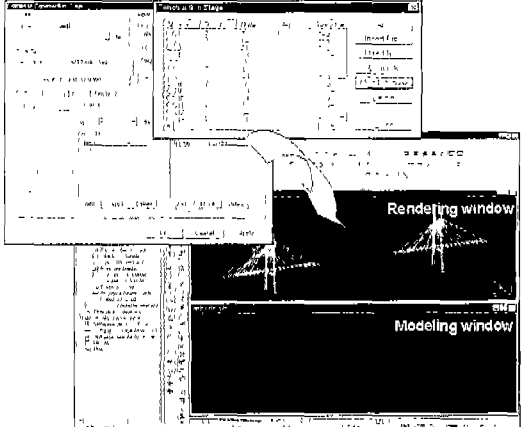


Initial Force for Geometric Stiffness 기능을 사용하여 초기하중을 입력한 다음 기하강성을 고려한 등산대교 고유진동해석

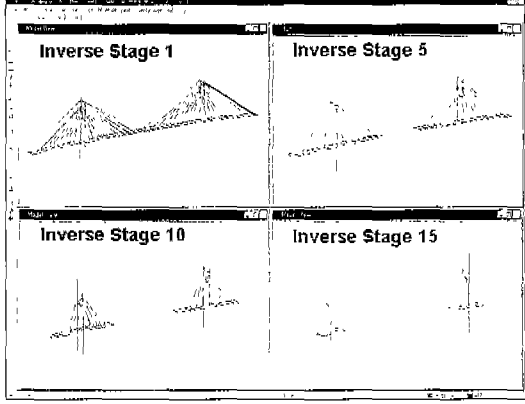
- 기하학적 비선형을 고려한 단계별 해석.
- 역방향 및 순방향 시공단계해석.
- Base stage와 Final stage의 변환 기능.
- 각 시공단계별 변위, 부재력, 응력 산출.
- 시공단계별 케이블장력 변화량 계산.



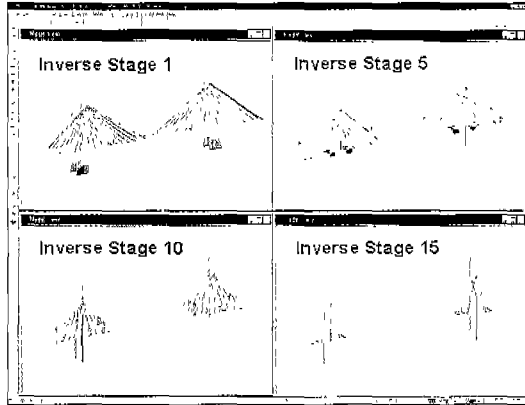
서해대교의 시공단계별 해석모델을 Rendering 처리한 화면 시공단계별 해석으로 역방향 및 순방향 해석 가능



Construction Stage 기능을 이용하여 단계별로 정의한 서해대교의 시공단계 해석모델



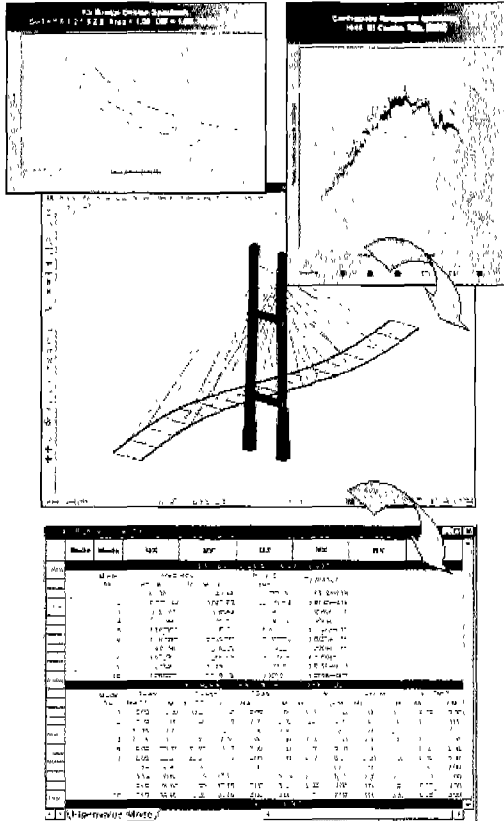
삼천포대교의 역방향 시공단계별 해석모델을 나타낸 화면



역방향해석을 수행한 삼천포대교의 시공단계별 해석결과(모멘트도)

### 8.5 가설시 특정단계의 정적 및 동적해석

- 가설시 특정단계에 대한 정적 및 동적해석.
- 가설시 풍하중에 대한 동적해석.



삼천포대교 가설시 지진하중에 대하여 해석한 결과

## 9. Suspension Bridge Analysis

현수교는 케이블로 구성되는 유연한 구조물이므로 일반적인 구조물과 달리, 현수교 특유의 해석적 접근이 필요합니다.

MIDAS/CIVIL의 Suspension Bridge Wizard 기능은 완성계상태의 케이블의 좌표와 상력을 자동 계산합니다. 그리고 3차원 탄성현수선요소 및 등가 트러스요소가 탑재되어 있으므로 케이블의 비선형성을 고려할 수 있습니다. 또한 변형 후의 형상을 고려하는 기하학적 비선형해석(Geometric nonlinear analysis)과 시공단계별해석을 지원합니다.



Suspension Bridge Wizard 기능을 이용한 광안대교 완성계해석 모델

### 9.1 완성계해석

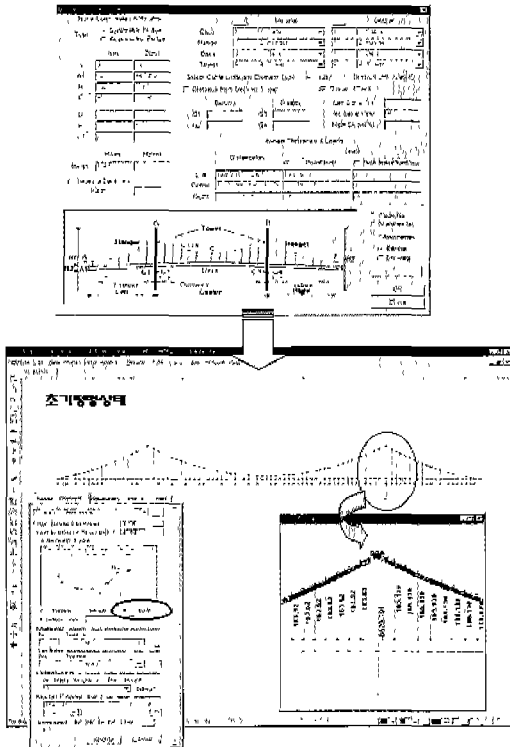
- Initial Force for Geometric Stiffness를 이용한 선형해석(선형화 유한변위해석)
- 이동하중해석(영향선해석)
- 고유치해석, 응답스펙트럼해석, 시간이력해석

### 9.2 Suspension Bridge Wizard

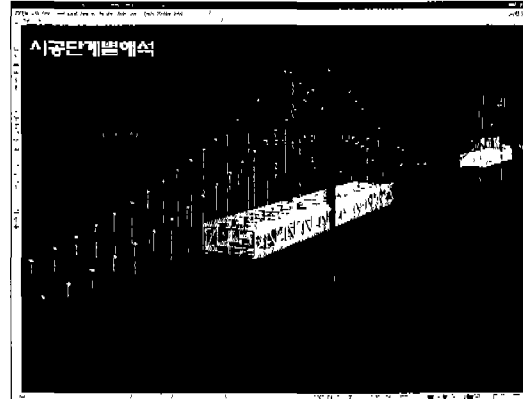
- 새그(sag)량, 보강형의 자중 등 설계조건을 입력하면, 주케이블을 비롯한 현수교의 모든 좌표를 자동으로 결정.
- 완성계상태에서 주케이블과 행어에 작용하는 장력을 자동으로 계산.
- 계산된 주케이블과 행어의 장력을 Initial Force for Geometric Stiffness로 전환하여 자동으로 기하강성 형성.
- Suspension Bridge Wizard 기능을 이용하여 쉽게 초기평형상태를 결정한 다음, 이를 이용하여 완성계해석 및 시공단계별해석 수행.
- Suspension Bridge Wizard기능을 이용한 초기 평형상태해석

### 9.3 완성계해석 결과

정적 및 동적해석에 대한 결과를 Model View, 테이블, 그래프 등으로 출력



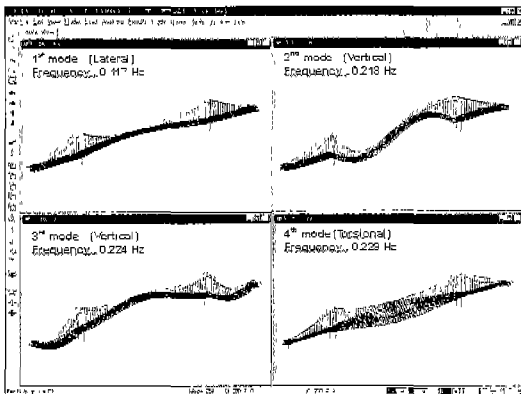
Suspension Bridge Wizard기능으로 완성계 형상과 케이블 및 행어의 장력 산출



광안대교의 시공단계별해석을 위한 역방향해석 과정의 실시간 Display 기능

### 9.5 시공단계 정의

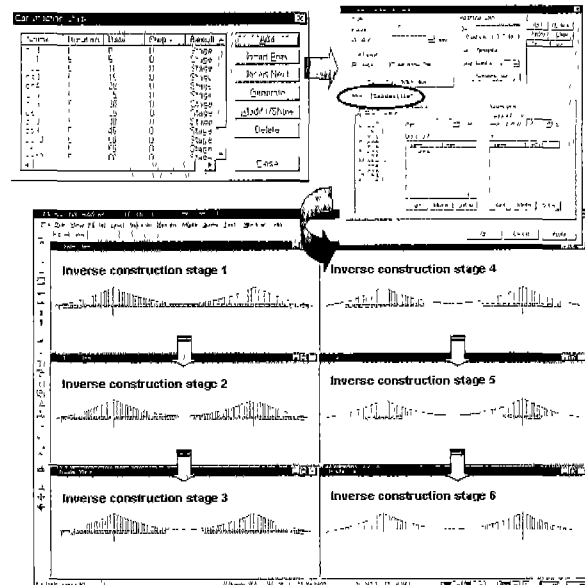
- Construction Stage 대화상자를 통해서 각 시공단계에 해당하는 부재, 경계조건, 하중을 쉽게 정의.
- 가설하중 및 가설시 작용하는 하중에 대해서 추가, 삭제 가능.
- 실시간 시공단계 Display 기능 지원.



현수교의 고유치해석 후 Mode Shape을 나타낸 화면

### 9.4 시공단계별해석

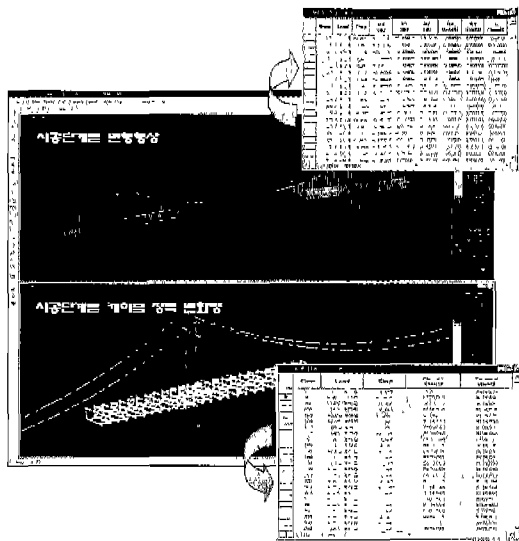
MIDAS/CIVIL은 기하학적 비선형해석(대변위해석)과 시공단계별해석을 지원하므로, 각 시공단계의 부재력과 변형형상을 다음 단계의 해석에 반영하여 정확히 해석을 수행할 수 있습니다.



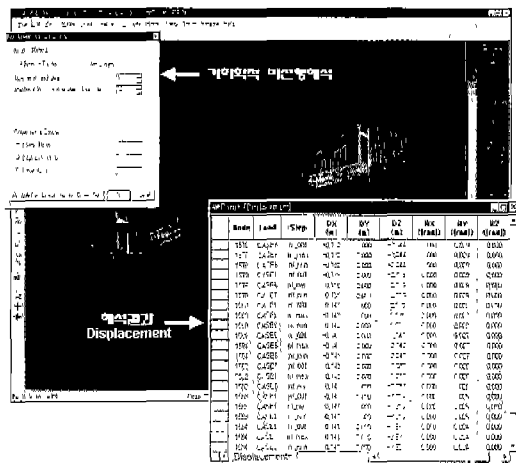
Construction Stage 대화상자에 각 시공단계에 해당하는 부재, 경계조건, 하중을 정의한 다음, 역방향 시공 단계별해석 모델을 나타낸 화면

### 9.6 시공단계별해석 결과

- 각 시공단계별 변위, 부재력, 응력 등을 출력.
- 가설단계에 작용하는 가설하중과 풍하중에 대한 결과 출력.
- 가설시 특정단계에 대한 동적해석 결과 출력
- 세트백량 및 가설시의 새그량 출력.



역방향 시공단계별해석을 수행한 후, 각 시공단계별도 변형형상과 케이블 장력변화를 출력한 화면과 테이블

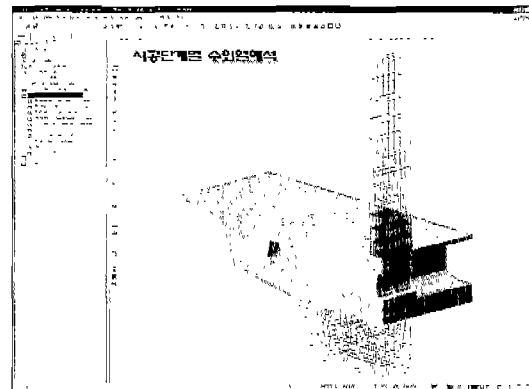


광안대교 가설시 특정단계에 발생한 풍하중의 해석결과를 출력한 화면과 테이블

### 10. Hydration Heat Analysis

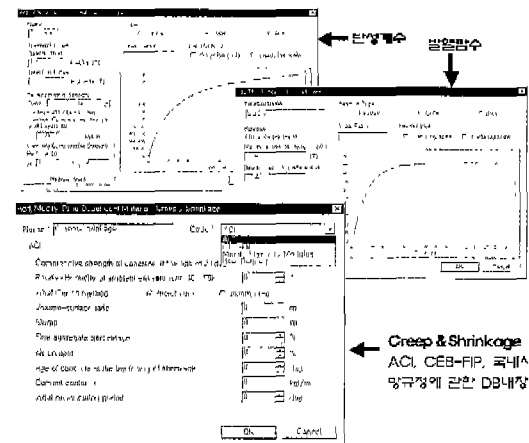
MIDAS/CIVIL은 열전달해석과 열응력해석을 통한 수화열 해석 기능을 제공합니다. 수화열해석시 콘크리트 부재의 지령에 따른 탄성계수 변화와 Creep & Shrinkage의 영향, 그리고 Pipe Cooling의 효과 및 분할타설 효과 등을 고려한 시공단계별 수화열 해석을 수행할 수 있습니다.

#### 10.1 수화열해석 모델링



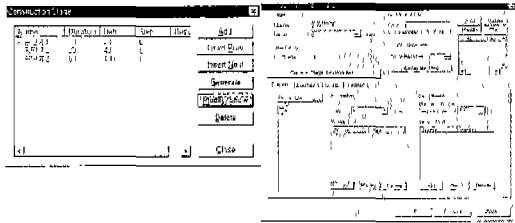
분할타설을 고려한 Extradosed PSC Box 주두부 수화열해석 모델

- 콘크리트의 열특성 및 시간의존적 재료특성 입력

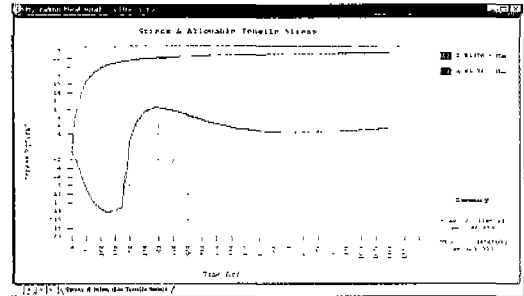


부재의 재령에 따른 탄성계수의 변화와 열특성 및 시간의존적 재료특성 대화상자

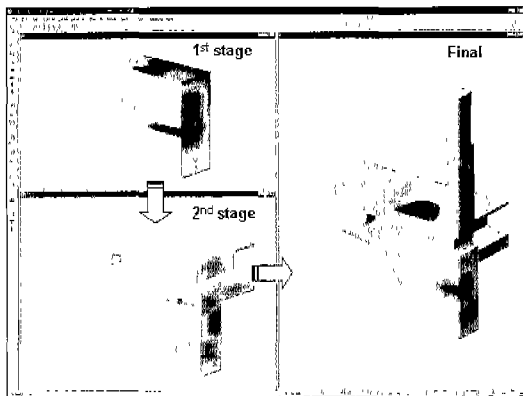
- 시공단계 정의



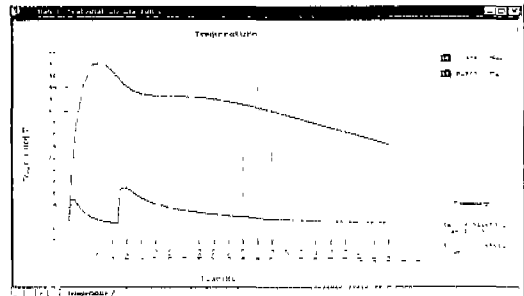
분할타설을 고려하기 위한 Construction Stage 대화 상자(각 시공단계의 요소, 경계조건 등을 정의)



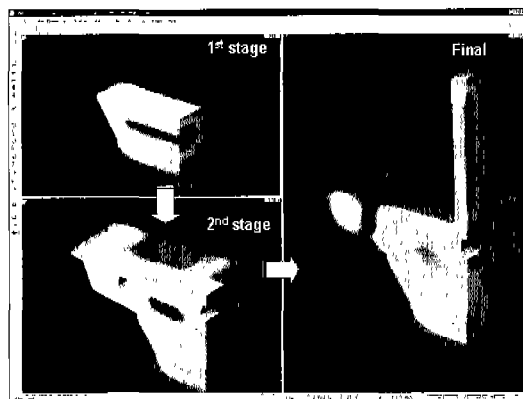
분할타설을 고려한 PSC Box 주두부의 허용응력/발생 응력 이력곡선



PSC Box 주두부의 분할타설을 고려한 시공단계별 수화열해석 결과(응력분포)



분할타설을 고려한 PSC Box 주두부의 내·외부 온도 이력곡선



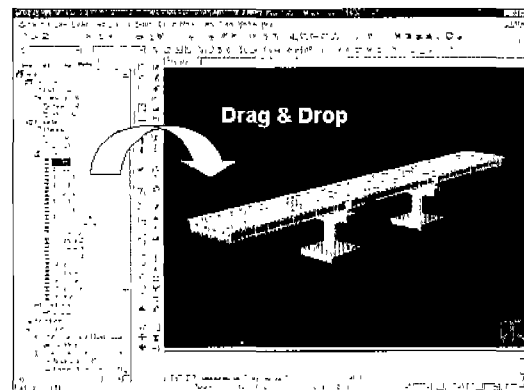
PSC Box 주두부의 분할타설을 고려한 시공단계별 수화열해석 결과(온도분포)

- 해석결과 그래프

허용응력, 발생응력, 온도변화, 균열지수 등 다양한 결과를 그래프로 출력할 수 있습니다.

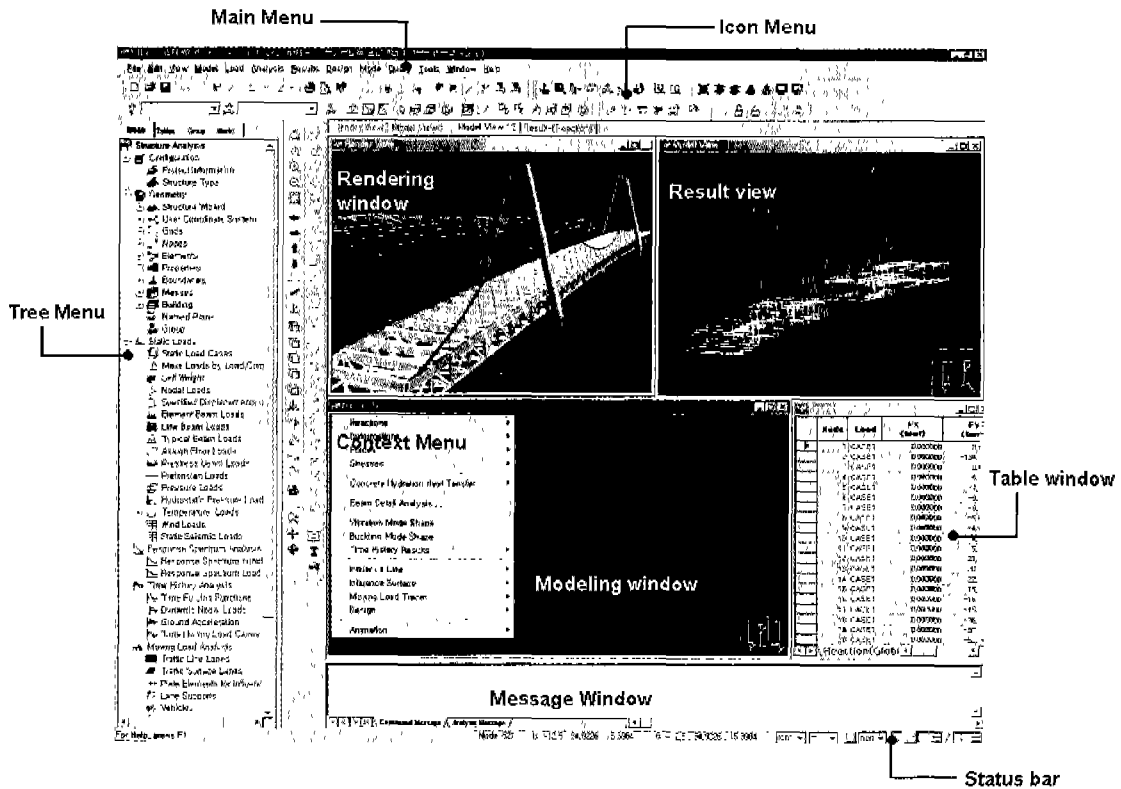
## 11. Menu/Input System

MIDAS/CIVIL의 Menu System은 입출력과 해석 및 설계전처에 필요한 모든 기능을 쉽게 호출하고, 화면에서 마우스의 이동을 최소화하여 작업 효율을 극대화할 수 있도록 구성되어 있습니다.



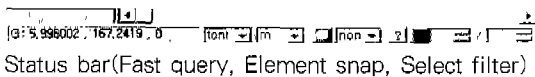
PSC Beam 단면을 Works Tree 탭의 Drag & Drop 기능으로 간단히 변경하는 화면





모델링과 해석 및 설계절차를 체계화한 Tree Menu의 Works 탭에는, 현재의 모델 데이터 입력 상황을 한눈에 확인하고, 이를 수정할 수 있는 Drag & Drop 방식의 모델링기능이 제공됩니다.

화면의 최하단에 출력되는 Status Bar에는 작업과정 중에 언제나 사용중인 단위계와 스냅된 절점 또는 요소의 기본 정보, 그리고 Fast Query와 Element Snap 및 Select Filter를 조절할 수 있는 기능이 제공됩니다.

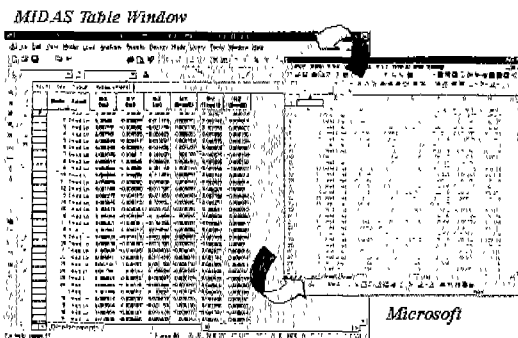


또한 모델링도중 사용자의 오류를 수정하기 위한 무제한의 Undo 및 Redo 기능이 제공됩니다.

MIDAS/CIVIL의 Input System은 Dialog를 통한 기본입력 방식 이외에 Table과 Text형식의 입력기능을 제공합니다.

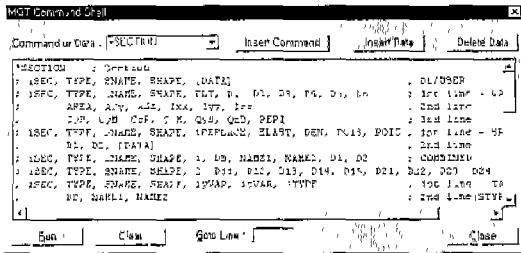
Spread Sheet 형식으로 제공되는 Structure & Result Table은 MS-Excel과 직접 호환이 되므로

다량의 데이터를 일괄적으로 입력하거나 수정할 때 매우 효과적입니다.



Microsoft EXCEL 호환기능으로 Data를 상호 교환하는 화면

명령어를 이용한 Text 형식의 입력은 MGT Command Shell을 통해 수행되며, 모델데이터 전체를 Text 형식의 fn.MGT file로 임·출력할 수도 있습니다.

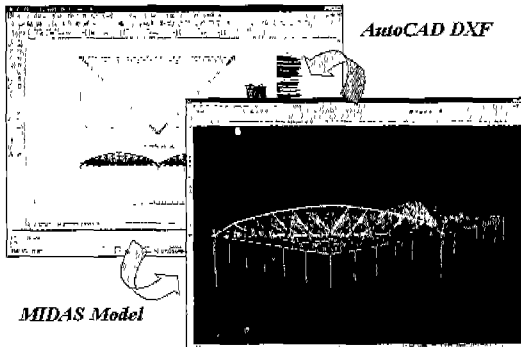


MGT Command Shell에서 원하는 명령을 선택한 다음, 안내된 입력 형식에 따라 Data를 Text 형태로 입력하는 화면

### 12. File Manipulation

MIDAS/CIVIL에서는 절점과 요소를 이용한 모델링기능 이외에도 다른 형식의 파일을 직접 모델로 변환하는 다양한 파일 입출력기능이 제공됩니다.

AutoCAD의 DXF파일과 타 구조해석 프로그램 (SAP2000, GT/STRUDL 등)의 모델데이터 그리고 MESH 등 MIDAS Family Program과의 완벽한 데이터 호환이 가능합니다.

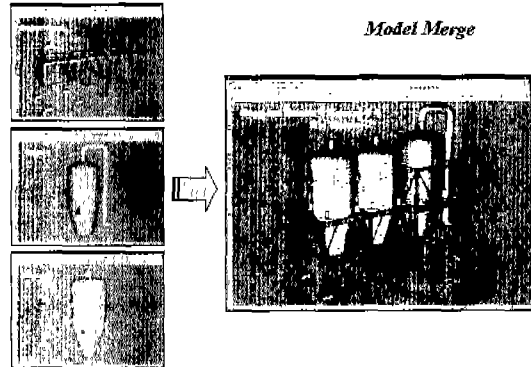


격납고 모델을 AutoCAD DXF 파일을 이용하여 생성한 화면

모델데이터의 병합기능(Merge Data File)을 이용하면 복잡한 구조물을 분할하여 여러 사람이 동시에 모델링하고 이를 하나로 통합하여 구조해석을 수행할 수 있습니다.

### 13. View Control

MIDAS/CIVIL에는 Wire Frame, Hidden, Shrink, Perspective, Rendering, Blending Effect 등 화면



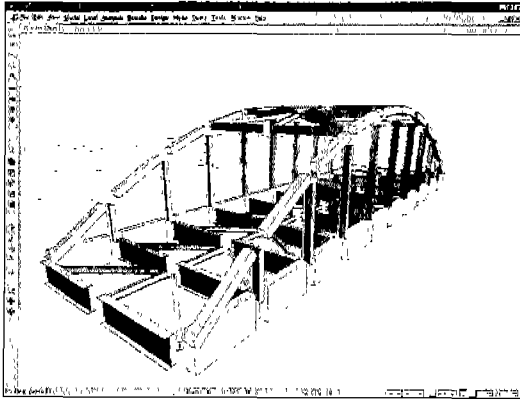
Support Frame과 Vessel 종류별로 별도로 모델링하여 Model Merge 기능으로 통합하는 화면

에 표현되는 모델의 형상을 마음대로 조절할 수 있는 다양한 모델 형상 표현기능이 제공됩니다.

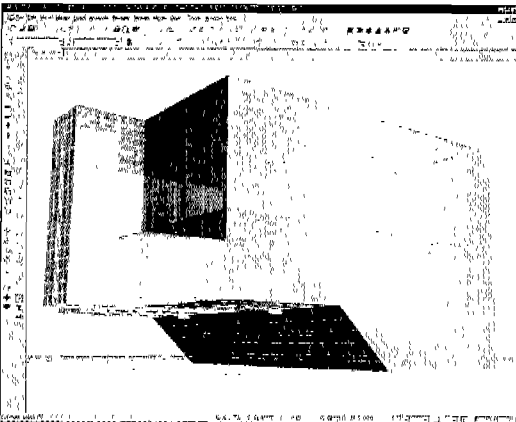
Blending Effect는 구조물에 입력된 재질이나 요소 종류 등의 속성별로 대상 요소면의 투명도를 조정하여, 복잡한 구조물의 외곽부를 삭제하거나 비활성화하지 않고 구조물 내부를 사실감있게 투시할 수 있도록 합니다.

- Dynamic View
  - Zoom
  - Pan
  - Rotate
- View Control
  - Previous View Status
  - Shrink Elements
  - Perspective View
  - Remove Hidden Lines
  - Render View
  - Rendering Option

또한 Zoom, Pan, Rotate 등의 시각 조절기능과 함께, 마우스를 이용하여 실시간으로 모델의 형상을 파악할 수 있는 동적시각조절기능도 제공됩니다. Render View와 연계하여 사용하면 구조해석을 수행한 구조물의 내부로 진입하여 변형과 응력 등을 세밀하게 관찰하는 효과를 연출할 수 있습니다.



아치교 모델을 Rendering, Perspective, Shrink 기능으로 나타낸 화면



하수종말 처리장의 벽체를 Blending 기능으로 내부를 투시할 수 있도록 처리한 화면












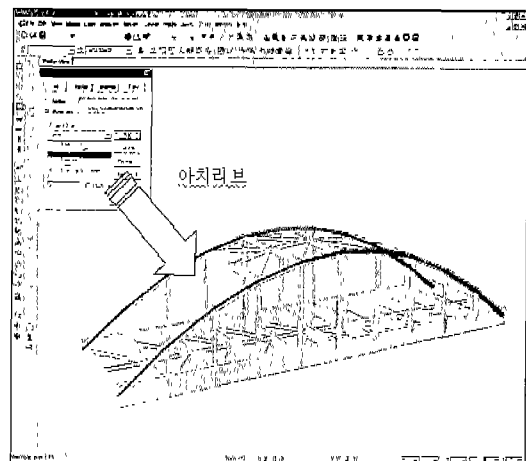
Walk Through 기능으로 지하철 내부를 진입하면서 각 부분의 주응력을 실시간대로 관찰하는 화면

## 14. Selection/Activity

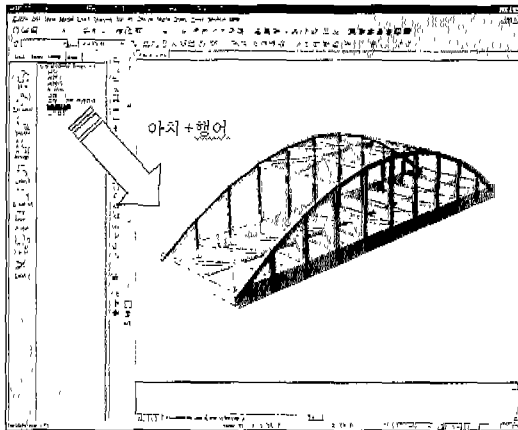
선택 및 활성화 기능은 모델링 및 결과확인과정에서 항상 수반되는 중요한 기능입니다. MIDAS/CIVIL에서는 다양한 화면선택기능(Graphical Selection)과 부여된 속성(재질, 단면, 두께, 경계조건 등)별로 대상을 선택하는 Specified Selection 및 Group, Named Plane, Select Filter등을 이용하여 적용할 대상을 쉽게 지정할 수 있습니다. 또한 모델의 일부분을 화면에 표현하는 Activity기능으로 부분적인 정밀 모델링 및 결과의 확인이 가능합니다.

### · Graphical Selection

-  Select Single
-  Select Window
-  Select Polygon
-  Select Intersect Line
-  Select Recent
-  Select Volume
-  Select All
-  Select Previous Entities
-  Select Plane



Select Identity 기능으로 부재속성(단면, 재질 종류 등)별로 선택하는 기능

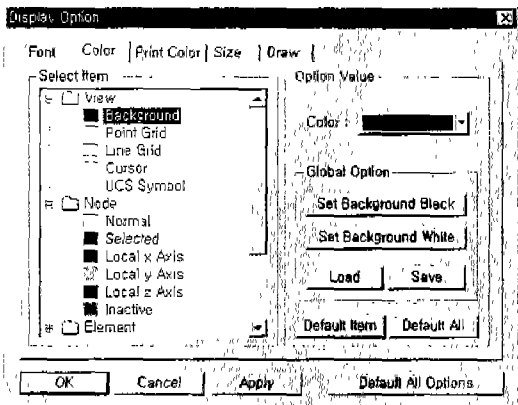


미리 명칭(Group)을 부여하여 선택하는 Select Group 기능의 화면

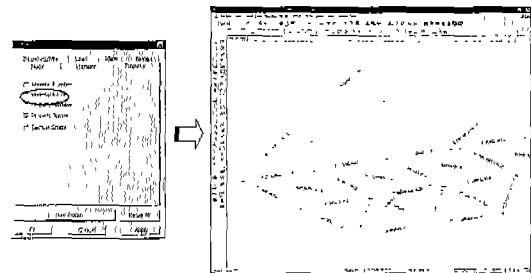
### 15. Display

절점과 요소의 속성 및 경계조건, 하중 등 모든 모델데이터의 입력과 동시에 해당 Label을 화면에 표시하는 Dynamic Display기능과 각종 Display기능 그리고, 모델링 오류를 자동으로 검토하여 수정하는 Check & Remove Duplicate Element와 Display Free Edge(Face)기능으로 모델링과정에서 사용자의 오류를 최소화할 수 있습니다.

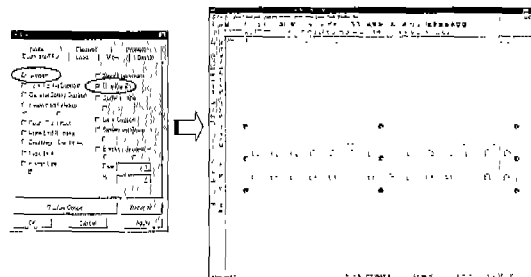
Display Option에서는 화면에 표현되는 모든 Objects에 대하여 사용자가 원하는 대로 색상과 크기를 변경할 수 있습니다.



화면에 나타나는 모든 Objects(절점, 요소, 하중 입력 상태)의 선굵기 색상, 글자체를 임의 변경할 수 있는 Display Option 기능



Display 기능에서 부재의 ID를 표시한 화면

















Display 기능에서 차선 및 지점을 표시한 화면

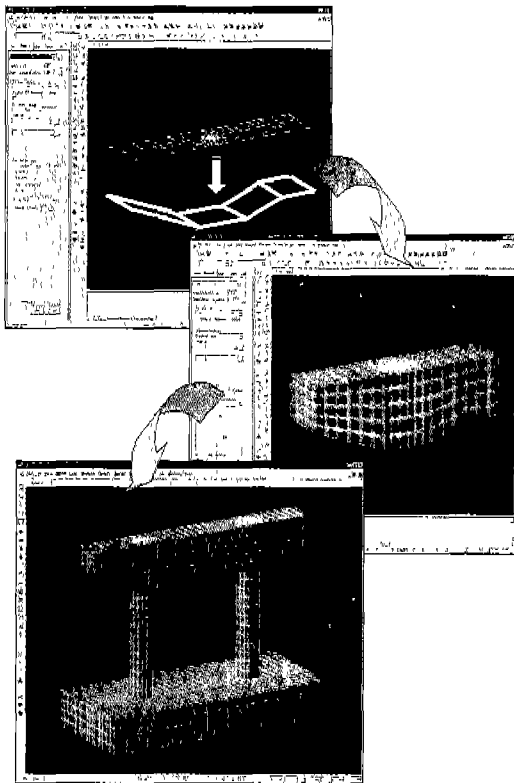
### 16. Modeling

MIDAS/CIVIL에서는 CAD용 프로그램에서 지원되는 대부분의 기능을 이용하여 그림을 그리듯이 쉽게 절점과 요소를 생성할 수 있습니다.

- Node Generation
  - Create
  - Delete
  - Translate
  - Rotate
  - Project
  - Mirror
  - Divide
  - Merge
  - Scale
  - Compact Number
  - Renumbering
  - Start Number

· Element Generation

-  Create(by coordinate, Node)
-  Create Line Element on Curve
-  Delete
-  Translate
-  Rotate
-  Extrude
-  Mirror
-  Intersect
-  Divide (by Pattern)
-  Merge
-  Compact Number
-  Renumbering
-  Start Number
-  Change Element Parameters



17형 교각을 Extrude(Projection) 기능으로 생성하는 화면










특히 Project Nodes는 입력된 절점을 임의의 선 또는 면에 투영복제 또는 이동하는 기능으로, 기하형상이 복잡한 정밀 해석용 모델링시 유용합니다.

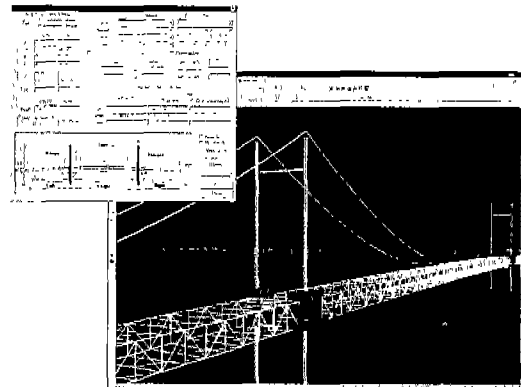
Extrude Elements는 대상의 차원을 증가시키면서 요소를 생성하는 기능입니다. 즉, 절점을 선요소로, 선요소를 판요소로, 판요소를 입체요소로 확장하여 새로운 요소를 생성합니다.

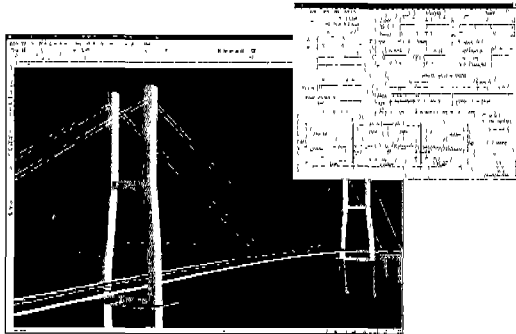
그외에도 효율적인 모델데이터의 입력을 위해 다양한 편의기능(Point Grid, Line Grid, Snap, 사용자 좌표계(UCS))과 Structure Wizard, Automesh generator 등의 모델링 자동화 기능이 제공됩니다.

특히 Bridge Wizard는 다양한 형태의 사장교와 현수교를 모델링하는데 소요되는 시간을 최소화하여 좀더 정확하고 다양한 해석을 가능하게 합니다.

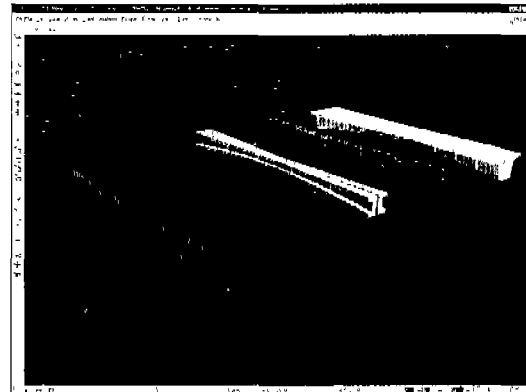
· Structure Wizard

-  Beam
-  Column
-  Arch
-  Truss
-  Frame
-  Plate
-  Shell
-  Suspension Bridge
-  Cable Stayed Bridge





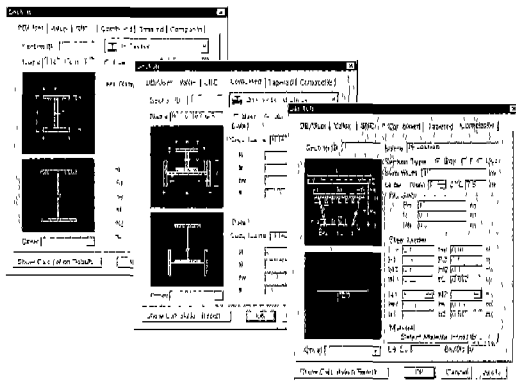
Suspension Bridge/Cable Stayed Bridge의 완성계 모델(cable tension 포함)을 Wizard 기능으로 자동 생성한 화면



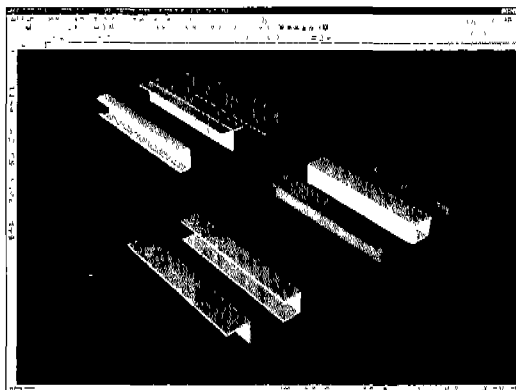
DB로 구축되어 있는 변단면 형상(DB/User, PSC Type)

### 17. Material & Sectional Property

MIDAS/CIVIL에서는 KS, ASTM, AISC, JIS, DIN, BS, EN등의 재질과 단면데이터가 DB로 구



단면 입력 화면(DB/User, Combined, Composite Section)



DB로 구축되어 있는 일반 단면 형상(DB/User Type)


축되어 있고, 사용자정의의 재질과 단면을 사용할 수 있습니다. SRC를 포함한 총 37가지의 단면형상을 선요소에 적용할 수 있으며, 강합성교의 합성전·후 단면성질 변화를 반영하여 해석을 수행할 수 있습니다. 또한 임의의 단면형상에 대하여 단면성질을 자동으로 계산하는 Sectional Property Calculator가 제공됩니다.

### 18. Boundary Conditions

MIDAS/CIVIL의 경계조건에는 파일의 횡방향 강성을 고려하기 위한 General Spring Supports와 지반의 압축전담 특성을 고려하기 위한 압축전담 및 인장전담 경계요소가 제공됩니다.

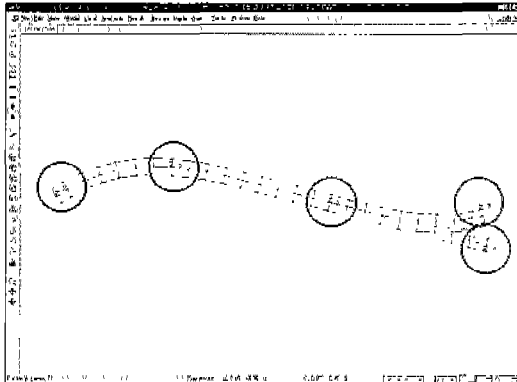
· Boundary Condition

- Supports Beam
- Point Spring Supports
- General Spring Supports
- Surface Spring Supports
- Elastic Link
- Beam End Release
- End Offset
- Plate End Release
- Rigid Link
- Diaphragm Disconnect
- Panel Zone Effect

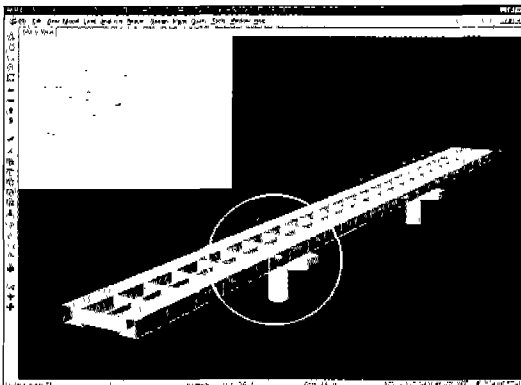
 Node Local Axis

Surface Spring Supports는 기초판이나 터널과 같이 지반과 접하는 구조물의 경계조건 입력시 판 요소나 입체요소의 유효접촉면적과 지반반력계수를 사용하여 등가의 스프링 강성을 자동계산 입력하는 기능입니다. Elastic Link는 교량의 구조해석시 탄성받침을 모델링할 때 가상의 보요소를 사용할 필요없이 해당 방향의 강성치만 입력해 주면 각 지점부에서의 반력값을 계산해 줍니다. Plate End Release는 Beam End Release와 함께 해당 요소의 단부해제조건을 입력하는 기능입니다. 강제연결은 Rigid Link 기능을 사용하면 편리합니다.

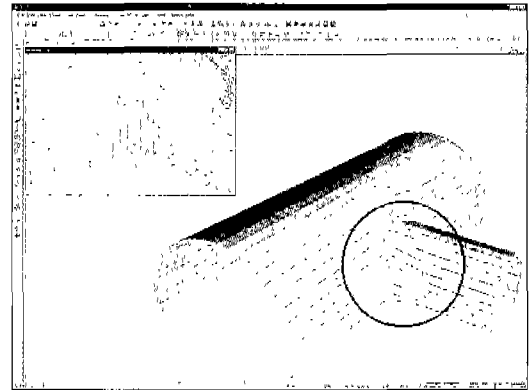
Node Local Axis는 Skew된 교량의 교각지점과 같이 전체좌표계의 축에 대해 경사방향으로 경계조건을 입력하여 반력을 출력하는 경우 사용됩니다.



확폭구간이 있는 곡선교의 boundary 조건을 묘사한 화면

















강박스교의 주거터와 교각의 이격 상태를 Rigid Link 기능으로 입력한 화면



피난 통로구가 있는 터널라이닝 모델과 등가의 Soil Spring을 자동 생성한 화면

19. Static Loads

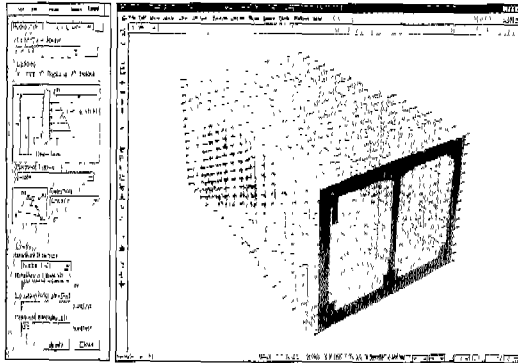
• Static Load

-  Static Load Case Typical
-  Self Weight Prestress
-  Nodal Loads
-  Specified Displacements
-  Element Beam Loads
-  Line Beam Loads System
-  Define Floor Load Type
-  Node Temperature
-  Beam Loads
-  Beam Loads
-  Pretension Loads
-  Pressure Loads
-  Hydrostatic Pressure Loads
-  Temperature
-  Temperature Gradient

MIDAS/CIVIL에서는 강제변위를 하중조건으로 고려하므로, 다른 하중조건과 선형조합이 가능합니다.

Hydrostatic Pressure Load는 판요소나 입체요소에 대하여 토압 또는 유체에 의한 횡방향 하중을 자동연산 입력하는 기능입니다. 요소에 입력된 하중은 요소의 분할(Divide) 또는 병합(Merge)시

에도 자동 변환됩니다. 온도하중은 구조물 전체 또는 절점별 온도변화를 적용할 수 있고, 선요소의 요소좌표계 축방향을 따라 변화되는 온도 구배하중을 입력하여 해석을 수행할 수 있습니다.

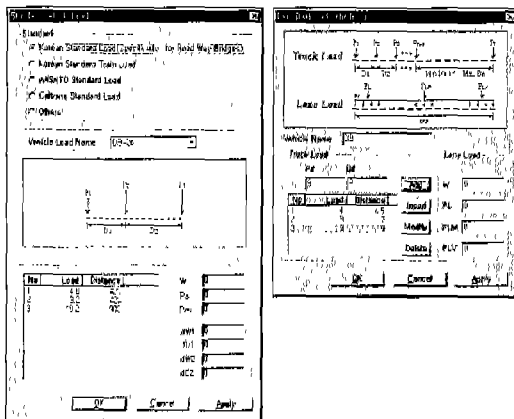


Hydrostatic Pressure Loads 입력하면

## 20. Moving Load Analysis

차량이동하중 해석을 위해 다음과 같은 표준차량하중이 DB로 구축되어 있으며, 사용자가 차량하중을 별도로 정의하여 사용할 수도 있습니다.

- 도로교표준시방서
- 표준열차하중
- AASHTO
- Caltrans



MIDAS의 이동하중 DB로부터 활하중 입력 화면과 사용자 정의 하중 입력 화면

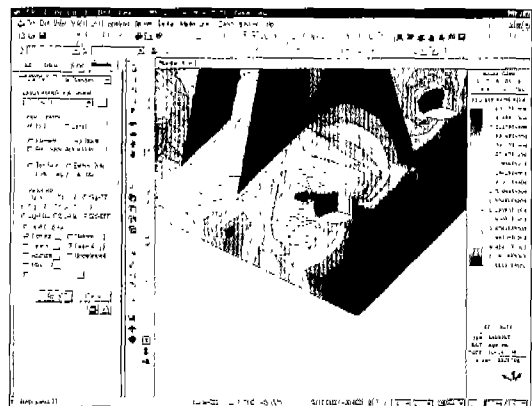
## 21. Post-processor

MIDAS/CIVIL의 후처리기능에서는 설계기준에 의한 하중조합조건을 자동생성할 수 있고 원하는 하중조합조건을 편리하게 추가하거나 수정할 수 있습니다.

Type of Display 기능을 이용하여 다양한 형태의 Graphic Output을 제작할 수 있습니다. 여기에는 1/2 또는 1/4 모델의 해석결과를 이용하여 전체 모델에 대한 결과를 출력하는 Mirrored 기능이 포함되며, 모드형상이나 변위/부재력의 시간이력 등 동적 해석결과 및 정적 해석결과에 대한 동영상 제작 기능(Animation)이 지원됩니다. 또한 특정 Graphical Output에 대하여 일괄적으로 여러 하중조건에 대한 출력물을 자동으로 제작/출력하는 Batch Output Generation 기능이 제공됩니다.

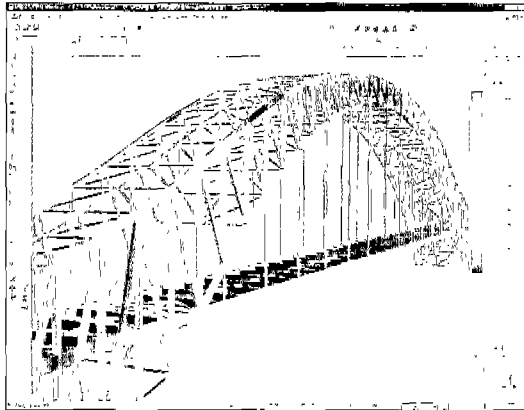
| No | Name                | Type   | Dead(G) | Live(L) | Wind(W) | Earth(E) | Temp(T) | Shrink(S) | Swelling(S) | Creep(C) | Other(O) |
|----|---------------------|--------|---------|---------|---------|----------|---------|-----------|-------------|----------|----------|
| 1  | DL                  | Linear | 1.0000  | 1.2000  |         |          |         |           |             |          |          |
| 2  | DL+LL               | Linear | 1.0500  | 1.2700  |         |          |         |           |             |          |          |
| 3  | DL+LL+W             | Linear | 1.0500  | 1.2700  | 1.2000  |          |         |           |             |          |          |
| 4  | DL+LL+E             | Linear | 1.0500  | 1.2700  |         | 1.2000   |         |           |             |          |          |
| 5  | DL+LL+W+E           | Linear | 1.0500  | 1.2700  | 1.2000  | 1.2000   |         |           |             |          |          |
| 6  | DL+LL+W+E+T         | Linear | 1.0500  | 1.2700  | 1.2000  | 1.2000   | 1.2000  |           |             |          |          |
| 7  | DL+LL+W+E+T+S       | Linear | 1.0500  | 1.2700  | 1.2000  | 1.2000   | 1.2000  | 1.2000    |             |          |          |
| 8  | DL+LL+W+E+T+S+O     | Linear | 1.0500  | 1.2700  | 1.2000  | 1.2000   | 1.2000  | 1.2000    | 1.2000      |          |          |
| 9  | DL+LL+W+E+T+S+O+C   | Linear | 1.0500  | 1.2700  | 1.2000  | 1.2000   | 1.2000  | 1.2000    | 1.2000      | 1.2000   |          |
| 10 | DL+LL+W+E+T+S+O+C+O | Linear | 1.0500  | 1.2700  | 1.2000  | 1.2000   | 1.2000  | 1.2000    | 1.2000      | 1.2000   | 1.2000   |

하중조합 자동생성 기능으로 콘크리트 시방서에 따른 하중조합 조건을 내부 DB로부터 자동 입력한 테이블

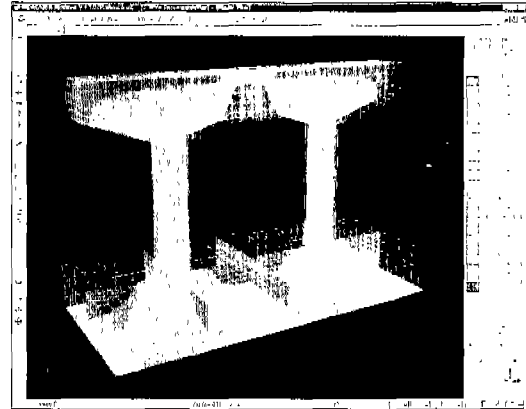


판요소를 사용한 구조물의 해석후 상부와 하부의 Stress contour를 동시에 확인할 수 있는 화면

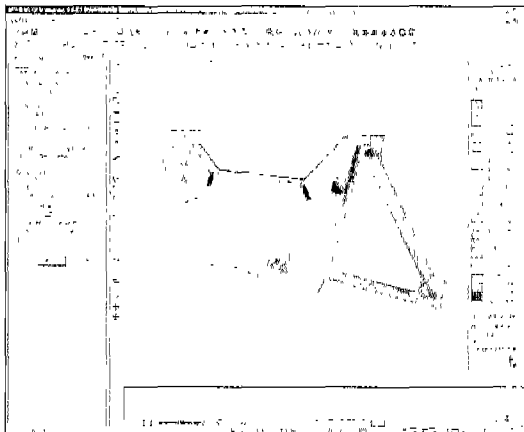




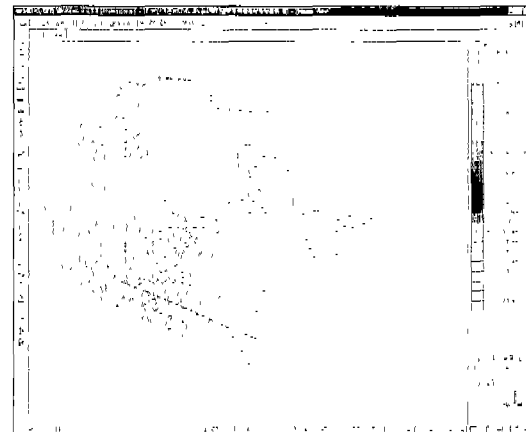
방화대교의 보오스 조합응력 등고선도



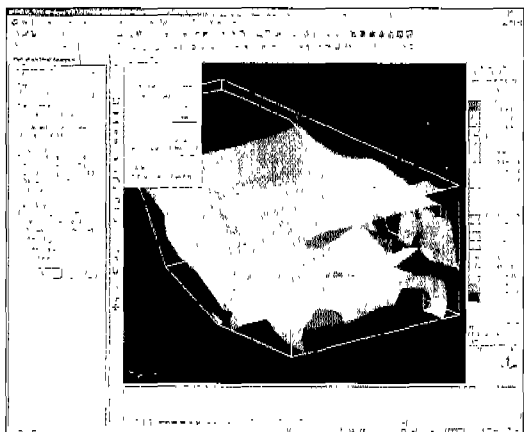
I형 교각의 임의 절단면에 대한 다중 주응력면도



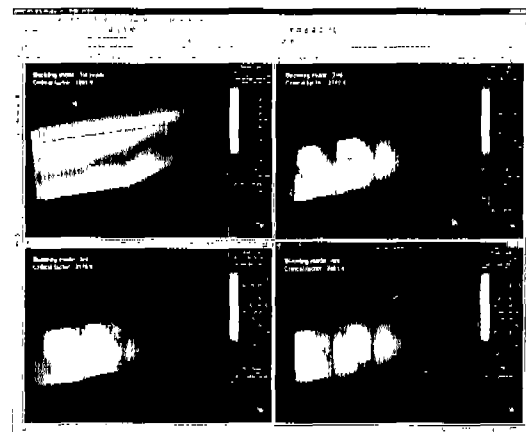
개구제형 강합성교의 지점부 주거더 Diaphragm부에 대한 von Mises stress 등고선도



터널 라이닝부의 최대/최소 주응력도

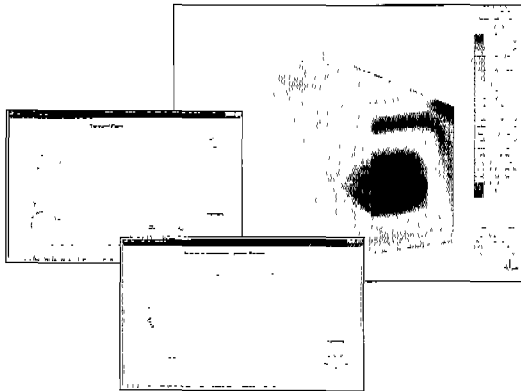


교각 주두부의 수화열 응력 분포에 대한 등응력면도



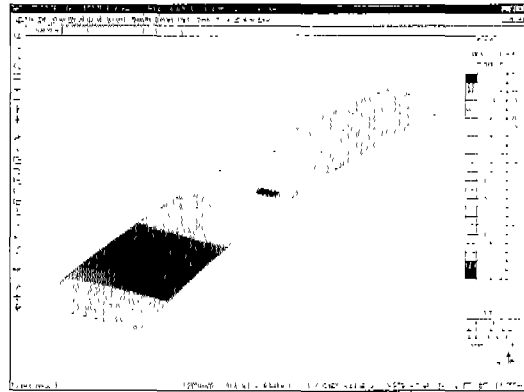
포항제철 대형 Crane Girder의 좌굴해석 결과(좌굴 모드 및 임계 좌굴하중 계수)

이동하중 해석에서 최대 부재력이 발생되었을 때의 차량하중 위치를 추적하는 Moving Load Tracer, 보 부재의 상세한 단면력을 확인하기 위해 요소별

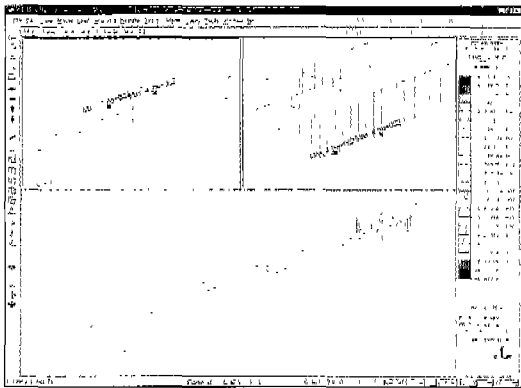


PSC 박스교의 교각 주두부에 대한 수화열해석 결과 (임의 시각 단계별 Stress Animation 및 온도 변화, 응력 변화 그래프)

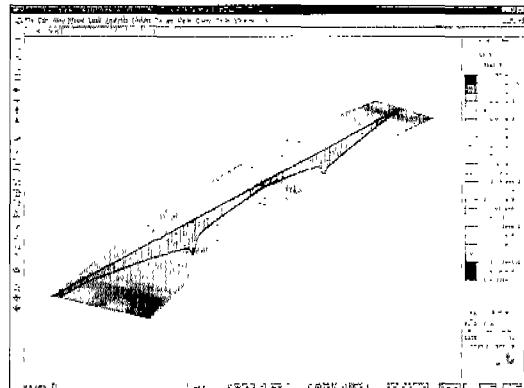
상세해석을 수행한 결과를 보여주는 Beam Detail Analysis, 그리고 환요소나 입체요소의 임의위치에서의 절점력을 조합하여 부재력으로 계산해주는 Local Direction Force Sum 기능 등이 제공됩니다. [2]



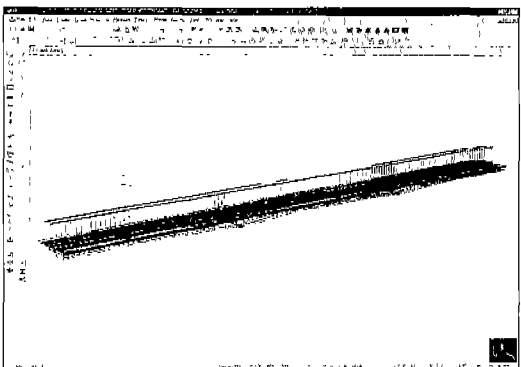
3연속 슬래브교의 모멘트에 대한 영향면 해석 결과



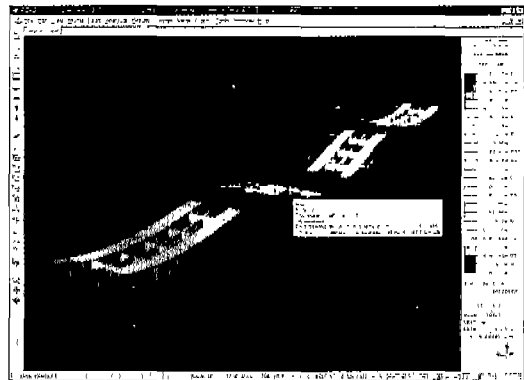
강박스교의 각 하중조합 조건의 최대 및 최소 모멘트를 Envelope 형태로 동시에 나타낸 화면



이동하중에 의한 슬래브교에서의 부모멘트 확인



강합성교의 영향선 해석 결과 및 최대 부재력 유발 조건의 차량하중 위치 추적도



강박스교의 변형등고선도 및 해석 상세결과의 Tooltip 제공 기능 화면