




ETABS[®]

Integrated Building Design Software

Welcome to ETABS (한글판)

User's Guide (한글판)

Introductory Tutorial (한글판)

케이블텍(주)[®] 

<http://www.cabletek.co.kr>

tel: 031-785-8200(대) fax: 031-785-8282

ETABS®

Integrated Building Design Software

Welcome to ETABS



Computers and Structures, Inc.
Berkeley, California, USA

Version 9
November 2005

Copyright

The computer program ETABS and all associated documentation are proprietary and copyrighted products. Worldwide rights of ownership rest with Computers and Structures, Inc. Unlicensed use of the program or reproduction of the documentation in any form, without prior written authorization from Computers and Structures, Inc., is explicitly prohibited.

Further information and copies of this documentation may be obtained from:

Computers and Structures, Inc.
1995 University Avenue
Berkeley, California 94704 USA

Phone: (510) 845-2177

FAX: (510) 845-4096

e-mail: info@csiberkeley.com (for general questions)

e-mail: support@csiberkeley.com (for technical support questions)

web: www.csiberkeley.com

© Copyright Computers and Structures, Inc., 1978-2005.
The CSI Logo is a registered trademark of Computers and Structures, Inc.
ETABS is a registered trademark of Computers and Structures, Inc.
"Watch & Learn" is a trademark of Computers and Structures, Inc.
Windows is a registered trademark of Microsoft Corporation.
Revit and Autodesk are registered trademarks of Autodesk.
Adobe and Acrobat are registered trademarks of Adobe Systems Incorporated.

DISCLAIMER

CONSIDERABLE TIME, EFFORT AND EXPENSE HAVE GONE INTO THE DEVELOPMENT AND DOCUMENTATION OF ETABS. THE PROGRAM HAS BEEN THOROUGHLY TESTED AND USED. IN USING THE PROGRAM, HOWEVER, THE USER ACCEPTS AND UNDERSTANDS THAT NO WARRANTY IS EXPRESSED OR IMPLIED BY THE DEVELOPERS OR THE DISTRIBUTORS ON THE ACCURACY OR THE RELIABILITY OF THE PROGRAM.

THE USER MUST EXPLICITLY UNDERSTAND THE ASSUMPTIONS OF THE PROGRAM AND MUST INDEPENDENTLY VERIFY THE RESULTS.

— |

| —

— |

| —

Welcome to ETABS

1 서론

ETABS의 역사와 장점들	1-1
ETABS가 할수있는일들!	1-3
통합적 접근	1-4
모델링 특징	1-5
특징 분석	1-6

2 시작하기

ETABS의 설치	2-1
업그레이드	2-2
매뉴얼에 대해서	2-2
“Watch & Learn”™ Movies	2-3
기술적 지원	2-3
Help Us Help You	2-3
전화상 지원	2-4
온라인 지원	2-4

3 ETABS 시스템

Overview of the Modeling Process	3-1
Physical Modeling Terminology	3-2
Story Definition	3-3
Units	3-4
Coordinate Systems and Grids	3-5
구조적 객체들	3-5
Groups	3-7
Properties	3-7
Static Load Cases	3-8
수직하중	3-9
온도하중	3-9
Automated Lateral Loads	3-10
Functions	3-11
하중조합	3-12
Design Settings	3-13
출력과 옵션의 표시	3-14
더 많은 정보	3-15

4 ETABS 모델링 기술

Auto-Select Properties	4-1
수직하중의 이동	4-2
풍, 지진의 측하중	4-3
Panel Zone Modeling	4-4
활하중의 감쇠	4-5
Rigid and Semi-Rigid Floor Models	4-5

Edge Constraints	4-6
Modifiers	4-7
Construction Sequence Loading	4-7
Steel Frame Design and Drift Optimization	4-8
더많은 정보	4-9

5 ETABS Analysis Techniques

Linear Static Analysis	5-1
Modal Analysis	5-2
Mass Source	5-2
Eigenvector Analysis	5-3
Ritz-Vector Analysis	5-3
Response Spectrum Analysis	5-4
Time History Analysis	5-5
Nonlinear Time History	5-6
Initial P-Delta Analysis	5-6
Nonlinear Static Analysis	5-7
More Information	5-8

서론

ETABS 는 정교하고, 사용하기 쉽고, 특별한 목적의 분석과 건물시스템을 위해 개발된 디자인 프로그램이다. ETABS 버전 9 에서는 공통적인 데이터베이스를 이용한, 일치하지 않는 모델링(unmatched modeling), 분석, 설계 처리 절차들을 직관적이고 강력한 그래픽 인터페이스로 구축된다는 특징을 가지고 있다. 간단하고 쉬운 구조로부터 크고 복잡한 건물 모델에까지 넓은 범위의 비선형적 거동을 다룰 수 있으며 이런 특징으로 인해 이 프로그램은 건설 산업에서 구조기술자들에게 선택되는 도구가 되고 있다

ETABS의 역사와 장점들

ETABS 의 전신인 TABS 의 개발기원은 30 년 전으로 거슬러 올라간다. ETABS 이전의 프로그램은 건축물을 특별한 종류의 구조물을 구성된다고 인지되었었다. 초기에 발표된 ETABS 는 건물의 종류에 따른 특징을

고려한 입력과 출력, 수치적 해석 기술을 제공하여 막대한 시간을 절약하고 일반적인 목적의 프로그램으로서의 정확성을 높이는 툴이었다..

컴퓨터와 컴퓨터 인터페이스의 발전에 따라 ETABS 는 동적 비선형 거동과 powerful CAD 와 같은 그래픽적이고 객체 기반의 인터페이스와 같은 복잡한 컴퓨터 해석 옵션을 추가했다. 비록 ETABS 버전 9 는 30 년 전의 ETABS 와는 다르게 보이지만 그 목적은 같다. 건물의 설계에서 전문적이고 가장 효율성을 제공하는 것이다. 즉, 최근 버전의 프로그램은 기존의 것과 같은 철학적 접근을 따른다.

- 대부분의 건물들은 수평의 보들과 수직의 기둥들로 구성된 간단한 형상이다. 물론 어떤 형상도 ETABS 에서 가능하지만, 대다수의 경우에, 간단한 Grid system 으로 평면의 바닥과 수직의 기둥 선들에 의해 정의된 그리드 시스템은 최소의 노력으로 건물 형상을 정의할 수 있다.
- 건물에서 많은 층들은 유사하다. 이러한 공통성은 모델링과 설계 시간을 줄여준다.
- 입력과 출력의 규정들은 보통 일반적 건축 용어와 유사하다. 이탤릭으로 바닥과 바닥, 기둥과 기둥, 구획과 구획 그리고 벽과 벽이 정의 된다. 그러므로 구조적 정의는 간단하고 간결하고, 의미있다
- 대부분의 건물에서 경간과 층고에서의 부재 치수는 크다. 이러한 치수들은 건물의 뼈대 강성에 있어서 중요한 효과를 가진다. 일반적인 부재 중심간 치수로 작업을 하는 프로그램과 달리 ETABS 는 부재강성을 이와 같은 효과에서 수정한다.
- 결과물은 프로그램에 의해 생성되어야 하며 이러한 결과물은 엔지니어에 의해 바로 사용될 수 있는 형식 이어야 한다. 일반적인 프로그램들은 일반적인 형식의 결과들을 생산하고 이러한 결과물들은 추가적인 작업을 거쳐야 엔지니어들이 구조설계에 사용할 수 있다.

ETABS 가 할수 있는 일들!

ETABS 는 구조기술자들에게 폭 넓은 디자인 툴과 다양한 종류의 분류들을 제공한다. 다음의 리스트는 ETABS 가 쉽게 다룰 수 있는 시스템 타입과 해석의 일부분을 표시한 것이다.

- 주상복합, 행정기관, 건강관리 시설들
- 원형과 직선의 진입로가 있는 주차 차고
- 엇갈린 트러스 건물
- 철골, 콘크리트, 합성또는 장선 바닥 framing 건물
- 임의의 개구부가 있는 복합 전단벽
- Multiple rectangular 건물, cylindrical 그리드 시스템 건물
- 플랫, 와플 슬래브의 콘크리트 건물
- 수직적 수평적 하중과 풍하중, 지진하중등 복합하중을 받는 건물들
- Input curve 가 내장되어 있는 Multiple response spectrum load cases
- 바닥에서의 보로 바닥에서 벽으로의 수직하중 이동
- 정적 또는 동적 분석을 통한 P-Delta 분석
- Explicit panel-zone 변형
- Construction sequence loading analysis
- 여러 방향에서의 복합적 선형, 비선형 시간이력 하중
- 기초/지지의 정착
- 큰 변위 분석

- Nonlinear static pushover
- 격리체와 댐퍼를 설치한 건물
- 강구조와 철근 콘크리트조의 Drift 에 대한 최적화
- 바닥 모델링에서의 Rigid 나 semi-rigid diaphragm
- 자동적 수직 활하중 감소

그이상들..

통합적 접근

ETABS 는 완전히 통합되어 있는 시스템이다. 간단하고 직관적인 유저인터페이스는, 단순한 이해 가능한 데이터베이스로부터 수치 해석, 설계 절차와 국제적 설계 코드를 이용할 수 있다. 이는 당신이 그리는 바닥 시스템의, 수직, 수평 골조를 모델링 하는 것만으로 이 건물 전체의 설계와 분석을 할 수 있음을 의미한다.

당신이 필요로하는 것은 한 다양한 분석과 설계 패키지가 하나의 윈도우 윈도우 기반의 그래픽 유저 인터페이스이다. 이 프로그램은 외부 모듈은 필요로 하지 않는다. 한 부분에서 일어나는 변화는 자동적이고 즉각적으로 다른 부분에서도 변화를 일으킨다. 그 통합적인 요소는 다음을 포함한다.

- 모델을 생성하기 위한 Drafting module.
- 지진, 풍하중 생성 모듈.
- 판에 휨을 일으키게 하는 요소가 바닥과 한 시스템이 아닐 때 기둥과 보에 대한 수평 하중의 배분을 위한 Gravity load distribution module
- 유한 요소기반의 선형정적과 동적 분석 모듈.

- 유한 요소 기반의 비선형 정적 해석과 동적 해석 모듈 (ETABS Nonlinear version 에서만 사용됨).
- 출력 디스플레이와 보고서 생성 모듈.
- 스틸 프레임 설계 모듈(기둥, 보, 가새).
- 콘크리트 프레임 설계 모듈(기둥, 보).
- 합성보 설계 모듈
- 스틸 장선 설계 모듈
- 전단벽 설계 모듈

ETABS 버전 9 는 2 개의 버전으로 사용 가능하다.

- **ETABS Plus.** 비선형 정적, 동적 해석을 제외한 모든 기능을 제공한다. 스틸, 콘크리트 프레임, 합성보, 스틸 장선, 전단벽 설계 모듈이 포함되어있다.
- **ETABS Nonlinear.** ETABS Plus 의 모든 기능에 비선형 정적, 동적 해석들이 추가로 제공된다.

모델링 특징

ETABS building 은 면, 선, 점의 조합으로서 이상화 되어있다. 이러한 objects 들은 벽, 바닥, 기둥, 보, 가새 그리고 link/spring 요소를 나타낸다. 기본적 프레임 geometry 는 삼차원 그리드 시스템과 관련하여 정의 되고 비교적 간단한 모델링 기술로 모델링을 수행할 수 있다.

건물들은 평면상 비대칭적이며 직각화 되어있지 않다. 바닥과 바닥들 상호적 비틀림 거동은 결과에 정확하게 반영된다. 이 방법은 건물이 비교적 가까운 거리의 기둥을 가지고 있을 때, 3 차원의 상호적 변형을 도출해 낼 수 있다.

Semi-rigid floor diaphragm 은 평면상 바닥 변형의 영향을 고려하기 위해 만들어졌을 것이다. Floor object 는 경사진 바닥 (램프)를 만들기 위해서 인접한 두 레벨에 위치한다. 이는 주차장 구조물을 모델링 하는데 있어서 유용하게 사용된다.

mezzanines, setbacks, atriums, floor openings 같은 모델링은 인공적인 (더미) 바닥과 기둥 없이도 가능하다. 이것은 또한 한 레벨에서 각각의 다이어프램을 생성할 수도 있어서 한 건물에서부터 올라가는 몇 개의 타워를 모델링 할 수도 있다.

기둥, 보, 가새 요소들은 non-prismatic 하다. 그리고 그것들의 끝 연결부는 부분적으로 고정되어있다. 이 요소들은 또한 등분포나 사다리꼴 형태 하중분포를 보이며 온도 하중 또한 고려 된다. 유한 요소인 보와 기둥의 강성은 자동적으로 계산되는 end offset 의 사용이 포함되어있다.

바닥과 벽은 막 요소로 바닥 내 강성만을 가지는 면 요소나 면 외 강성과 면 내 강성을 모두 가지는 shell 타입 요소로서 모델링 될 수 있다. 바닥과 벽 개체는 면 내나 면 외에서 등분포 하중을 가지며 온도 하중을 가진다. 기둥, 보, 가새, 바닥, 벽 들은 각 객체에 영향을 미친다.

특징 분석

사용자가 지정한 수직적, 수평적 하중, 바닥 하중에 대한 정적 해석 또한 가능하다. 휨 성능이 있는 바닥 요소가 모델링 된다면 바닥의 수직 등분포 하중은 휨으로 보와 기둥으로 전달 된다. 그렇지 않으면 수직 등분포 하중은 인접한 보들의 경간 하중으로 전환 되거나 인접한 기둥에 집중하중으로 전환된다. 따라서, 이에 대한 모델링이나 secondary framing 없이도 바닥 하중을 전이시키는 것이 자동적으로 가능하다.

본 프로그램은 다양한 빌딩 코드를 고려하기 위하여 자동적으로 풍하중과 지진하중 load case 를 생성한다. Three-dimensional mode shapes and frequencies, modal participation factors, direction factors, participating mass percentag-

es 는 eigenvector 나 ritz-vector 해석을 이용하여 해석된다. P-Delta 효과는 정적 또는 동적 분석을 포함한다.

Response spectrum analysis, 선형 시간 이력 분석, 비선형 시간이력 분석, 정적 비선형 분석은 모두 가능하다. 정적 비선형 분석은 또한 incremental construction analysis 를 가능하게 해서 건설 과정을 포함할 수 있게 한다.

다양한 static load case 의 결과는 각각 또는 dynamic response spectrum 이나 time history analysis 와 조합된다.

결과 값은 그래프나 표로서 보여지고, 프린터가 가능하고, 데이터베이스 파일로 전환되고, ASCII 파일로 저장된다. 결과 값으로는 반력과 부재력, mode shapes 과 participation factors, 정적 동적 층간 변위, 층간 접합부 변위, 시간 이력 등을 포함한다.

데이터의 import 와 export 는 Autodesk 의 Revit 또는 ProSteel 3D 의 본래 형식이나 CIS/2 또는 IFC 데이터를 모델을 지원하는 다른 프로그램의 의 사용도 가능하다.

제 2 장

시작하기

ETABS 는 사용하기 편리하고 강력하고 건물 시스템을 신속하게 생성하기 위한 목적의 프로그램이다. 이번 장에서는 이 프로그램을 시작하는데 필요한 사항을 설명할 것이다

ETABS 의 설치

아래의 ETABS 패키지에 포함되어있는 분리된 installation 파일의 사용설명서를 보고 따라 하거나 시스템 관리자에게 프로그램의 설치를 받을 수도 있다

제 2-1

업그레이드

최신 버전으로 업그레이드 하고 싶다면, 모델은 새 형태의 object 로 정의되고 이것은 자동적으로, 그리고 내부적으로 해석중 mesh element 로 인식된다.

이 중요한 변화는 프로그램의 성능을 향상시키고, 이 프로그램을 좀더 편하게 사용하고 싶다면 이 매뉴얼을 읽어보고 새로운 기능들에 익숙해지기를 권한다.

매뉴얼에 대해서

여기서는 당신이 이 프로그램을 빠르게 사용하게 하기 위해 디자인 되어있다. 프로그램에서는 *Welcome to ETABS manual*, a *User's Guide* and an *Introductory Tutorial* 을 제공한다. *Welcome to ETABS* 의 다음 장은 ETABS 에서 사용되는 용어들이 개략적으로 설명되어있다. 그리고 4, 5 장에서는 기술의 모델링과 분석에 관해 설명되어 있다. *User's Guide* 의 13 장에서는 모델을 만들고 분석하고 설계하는 메뉴의 절차가 소개되어 있다. *Introductory Tutorial*에서는 모델을 만들고, 분석하고, 디자인 하는 과정들을 예제 모델을 통해 보여줄 것이다.

ETABS 를 프로젝트를 완성하기 전에, 이 매뉴얼을 읽고 튜토리얼 비디오 (see “Watch & Learn”™ Movies) 를 보기를 권한다.

추가적인 정보는 ETABS 유저 인터페이스 안에 있는 온라인 Help 에서 상세 코드 알고리즘이 있는 Technical Note 를 포함한 그래픽 유저 인터페이스 내의 항목이 사용 가능하다. 이 문서들은 ETABS CD 에 포함된 Acrobat PDF 포맷이고, 프로그램 내의 Help 메뉴 내에서도 사용 가능하다

제 2-2

“Watch & Learn”™ Movies

ETABS 프로그램에 관한 가장 유용한 자료 중 하나는 “Watch & Learn” 동영상이고, ETABS CD 를 통해서나 CSI 웹사이트인 <http://www.csiberkeley.com> 를 통해서 확인 할 수 있다. 이 동영상은 초보자나 숙련자를 위한 유용한 정보가 수록되어 있으며 넓은 범위의 주제를 다루고 있으며, 기본적 작업에서부터 복잡한 모델링까지를 다룬다. 동영상은 2~13 분 가량 정도의 분량이다

기술적 지원

Computer and Structures 로부터의 무상 지원도 가능한데, CSI 에 전화나 e-mail 을 통해서, 프로그램 구매 후 90 일 이후에는 e-mail 로 지원 받을 수 있다. 90 일 이 지난 이후에는, **Support, Upgrade and Maintenance plan (SUM)**고객에게만 가능하다. SUM 에 가입되어 있지 않은 소비자는 이메일을 통해서만 비우선적 차원에서의 기술적인 지원을 받을 수 있다. CSI 나 SUM 에 관해서 관련 상담자에게 문의한다.

소프트웨어의 사용 관련 의문 사항이 있으면:

- 제품 안에 있는 사용 에 의해 도움을 얻는다.
- 프로그램 내의 온라인 도움을 확인한다.

원하는 답을 얻을 수 없으면, 다음과 같이 도움을 요청하라.

Help Us to Help You

언제든지 기술적인 문제에 관한 문의사항이 있으면, 당신을 도울 수 있게 다음과 같은 정보를 제공해 주어야 한다

제 2 - 3

- 프로그램 레벨이나 사용 버전 넘버(PLUS 혹은 Nonlinear). 이 사항은 Help menu > About ETABS command 에 가면 확인 할 수 있다.
- 사진을 포함한 모델에 관한 설명
- 어떤 작업을 할 때 어떤 문제가 일어났는지에 관한 설명
- 화면에 나타난 정확한 에러 메시지의 내용.
- 어떤 방식으로 문제를 해결 하려 했는지에 대한 설명
- 컴퓨터의 세부사항(모델명, 프로세서, 운영체제, 하드 디스크 사이즈, 램 사이즈).
- 성명, 회사 이름, 연락처

전화상 지원

우선 전화 지원은 SUM 에 가입되어 있는 사람에 한해서 아침 8.30~저녁 5:00 까지, 월요일부터 금요일까지 공휴일은 제외(미국 공휴일)하고 이용 가능하다. CSI 회사에 다음의 연락처로 연락할 수 있다. (510)845-2177.

전화 하실 때에는 컴퓨터 앞에서 매뉴얼을 들고 전화를 한다.

온라인 지원

온라인 지원은 아래의 내용을 포함하고 있다:

- 이메일을 보내고, 모델 파일을 support@csiberkeley.com 주소로 보낸다.

제 2 - 4

- CSI 웹사이트 <http://www.csiberkeley.com> 에 접속하고, CSI 교육 서비스와 온라인 트레이닝을 이용하여 배운다.

만약에 이 메일을 보낼 때에는, 앞의 “Help us to help you” 에서 요구되었던 모든 정보를 포함하여 보내야 한다.

제 2 - 5

ETABS 시스템

ETABS 는 그래픽 유저 인터페이스를 이용해 만들어진 건축구조 모델을 분석하고 설계한다. ETABS 를 잘 활용하는 방법은 이 프로그램이 모델링 빌딩 시스템에 독특하고 영향력 있게 접근한다는 사실을 이해 하는 것이다.

Overview of the Modeling Process

ETABS 프로그램을 사용한 모델이 다른 여러 구조 해석 프로그램을 이용해 만들어진 모델들과 차이점은 두 가지가 있다:

- ETABS 는 모델링 시스템이 최적화 되어 있다. 따라서 모델링 절차와 설계 범위는 건축물의 종류에 따라 달라진다.
- ETABS 의 모델은 object 에 기반한다. 이 모델은 점, 선, 그리고 면 요소로 이루어져 있다. 이러한 대상들이 보, 기둥, 가새, 바닥, 벽,

램프, 스프링과 같은 구조적 특성을 부여한다. 또한 이와 같은 object 에 하중을 결정하도록 할 수도 있다.

가장 간단하게 모델을 전개시키더라도 필요한 기본적인 세가지 단계가 있다.

- 그래픽 인터페이스에서 가능한 여러 종류의 그리기 툴을 이용하여 건축물을 대표하는 일련의 점과 선 그리고 공간을 그려 넣는다.
- Assign 메뉴 옵션에서 개체에 구조적 특성(단면과 재질과 같은)과 하중을 입력한다. 구조적 특성에 관한 작업이 그리기 명령을 사용하였을 때 보여지는 Properties of Object 형식을 이용한 그리기와 동시에 수행될 수도 있다는 사실을 알아 둔다.
- area object 에 면을 설정하는 것은, 부재가 수직인 부재가 아니라면, slab 나 deck/plank 단면에 대해서는 프로그램이 자동적으로 해석 모델에 필요한 요소에 면을 생성한다.

모형이 완성되면, 분석이 시작 된다. 이 때, 프로그램이 자동적으로 개체 기반의 모델을 요소 기반의 모델로 변환한다. 이것은 해석에 사용되는 해석 모델이라고 알려진 것이다. 해석 모델은 개체 기반의 모델이 점, 선, 면 개체로 구성되는 것과 구별되게 joint, frame, link, shell (membrane, plate) 요소로 이루어져 있다. 해석 모델로의 변환은 프로그램 내부에서 일어나는 일이고, 기본적으로는 사용자에게 보여진다.

Physical Modeling Terminology

ETABS 에서, 우리는 종종 대상과 개체, 부재와 요소에 대해서 말한다. 개체란 모델에서 물리적인 구조 부재들을 말하는 것이다. 반면, 부재란 강성 매트릭스를 만들기 위한 프로그램에 의해 내부적으로 이용되는 유한 요소들을 일컫는다. 여러 경우에서, 대상과 물리적 멤버들은 일대일 대응을 가지며, 부재는 사용자가 ETABS 인터페이스 안에서 “그리는”

대상이다. 개체는 물리적 부재를 정확하게 표현하기 위해 사용된다. 사용자들은 대개 위에 언급된 대상들을 모델에서 면을 생성하는데 요구되는 수학적, 혹은 해석적 모델을 고심할 필요가 없다. 예를 들어, 몇 개의 보가 프레임을 구성 하는 것이나 얼마의 하중이 작용 하는 것과 관계 없이, 하나의 선 개체는 완전한 보로 모델링 된다. ETABS 를 이용하면 모델 생성, 결과 확인이 개체 수준에서 수행된다.

사용자가 큰 물리적 부재로 이루어지는 하위 구성 요소의 유한 요소를 정의하고자 할 때, 이것은 전통적인 해석 프로그램과는 다르다. ETABS 에서는 개체, 혹은 사용자에 의해 그려진 물리적 부재가 따로 사용자의 명령이 없이 내부적으로 해석 모델에서 필요로 하는 유한 요소로 더 많이 세분화 된다. 사용자가 오직 개체를 기초로 한 물리적 부재로만 작업을 하기 때문에, 해석 결과가 설계 절차에 좀 더 적절하다는 이점이 때문에 더 짧은 시간에 모델을 생성하고 결과를 이끌어 낸다.

구조 모델에서 개체라는 개념은 아마도 당신에게 새로울 수 있다. 이 개념을 잡는 것은 매우 중요한데, 이는 ETABS 에서 모델을 생성하는데 기초가 되기 때문이다. 개념을 이해하고 또 이 프로그램으로 작업을 해본 후에는 개체 기반의 물리적 모형의 단순함과 개체를 이용함으로써 쉽게 모델을 생성할 수 있다는 것, 그리고 복잡한 모델을 수정하거나 생성하는데 유용하다는 것을 알게 될 것이다.

Story Definition

ETABS 가 제공하는 가장 강력한 특징 중에 하나가 바로 논리적이고 편리한 방법으로 건물 데이터 입력을 허용하면서 층계 레벨을 인지하는 점이다. 사용자는 floor-by-floor, story-by-story 기반, 설계자가 설계 도면을 그리는 방법과 유사하게 정의된다. 층고 설정은 모델의 자세한 면이나 객체를 위치시키거나 보는데 도움을 준다; 기둥과 보 개체는 plan 위치와 story level label 을 통해서 쉽게 식별된다.

ETABS 용어에서, story level 은 건물에 특정한 입면을 잘랐을 때 수평한 평면과 이 평면 아래에서부터 다음 층까지의 모든 개체를 나타낸다. 왜냐하면 ETABS 내재적으로 건물 시스템의 형상을 이해하기 때문에, 사용자는 평면 안에서 모든 층에 대해 개체를 그리거나, 사용자에게 의해 정의된 모든 비슷한 층에 대해 개체를 그릴 수 있다. 이 옵션은 반복되는 층 골조뿐만 아니라 기둥과 벽을 그리는데 사용한다. 사용자에게 의해 story label, 각 층의 층고, similar story 가 정의 될 수 있다.

Units

ETABS 4 개의 기초적 단위들을 사용한다: 힘, 길이, 온도 그리고 시간에 대한 단위를 사용한다. 이 프로그램은 "Kip, in, F" 또는 "N, mm, C"와 같은 호환성이 있는 많이 다른 힘, 길이 그리고 온도 단위들로부터 고르기 위한 일련의 집합들을 제공한다. 시간은 항상 초의 단위가 사용된다.

질량과 무게의 차이는 중요하다. 질량은 지면 가속도에 의한 동적 관성 모멘트 계산에 사용 된다. 무게는 다른 하중과 같이 적용할 수 있는 힘이다. 힘의 단위는 무게와 특정한 질량 값이 주어졌을 때 질량 단위 (force-sec²/length)를 설정한 후 사용해야 한다는 점을 유의하라.

당신이 새로운 모델을 시작할 때, 단위를 설정해야 한다. 이것은 모델을 위한 "기초 단위"가 된다. 만약 임의의 단위 체계를 선택한 상태에서 입력 값과 출력 값을 확인할 때, 이 값들은 모델에서 단위가 변함에 따라 값이 변환되어 나타난다.

각의 측정은 항상 다음의 단위들을 사용한다:

- 축의 방향과 같은 형상은 항상 각도로 측정된다.
- 회전 변위는 항상 라디안으로 측정된다..
- 주파수는 항상 Hz 로 측정 된다.

Coordinate Systems and Grids

모델안에서 모든 위치들은 궁극적으로 global coordinate system 으로 정의된다. Global coordinate system 은 삼차원이고, 오른손 법칙이 적용되며, 데카르트 좌표계 시스템이다. X, Y, Z, 3 개의 축은 상호간에 수직이고 오른손 법칙을 만족한다. ETABS 는 항상 +Z 방향을 위쪽이라 생각한다. 초기값으로 중력 방향은 -Z 방향이다.

추가적 좌표의 시스템은 모델을 생성하고 보기 위해 정의될 수 있다. 각각의 좌표의 시스템, 삼차원 그리드 시스템은 모델 안에서 객체를 위치시키기 위해 사용되는 “Construction” 선들의 구성으로 정의될 것이다. 각각의 좌표/그리드 시스템은 아마도 데카르트 좌표계 시스템 또는 cylindrical definition 이며 글로벌 좌표계와 관련되어 위치한다. 그리드 선을 이동할 때, 모델의 객체가 그리드 선과 함께 이동하는지의 여부를 설정해야 한다.

그리기 옵션에서는 초기 설정 값으로, 이 옵션을 끄지 않는다면, 그리드 라인의 교차점에서 “snap”이 적용된다. 다수의 다른 snap 에 대한 옵션도 이용 가능하다, 이 옵션은 선 끝과 중간점, 교차점, 등 포함한다. 정확한 모델링을 위해서 언제라도 이 유용한 옵션을 이용하라. 이 옵션을 사용하지 않으면 개체 사이의 “공간”을 생기게 할 수 있고, 이것은 모델의 연결에 대해 에러를 발생 시킬 수 있다.

각 개체는 자신의 상대 좌표를 가지고 있는데, 이 상대 좌표는 개체의 특성, 하중, 반응을 정의하기 위해 이용된다. 각 상대 좌표의 축은 1(빨강), 2(흰색), 그리고 3(파랑색)으로 표시된다. 상대 좌표 시스템은 그리드를 가지지 않는다.

구조적 객체들

앞에서 언급한 것처럼, ETABS 은 물리적 구조 부재들을 표현 하기 위해 개체를 사용한다. 모델을 생성할 때, 사용자는 개체의 형상을 그리기

시작하고, 구조를 완전하게 정의하기 위해 특성과 하중을 정의하고 지정한다.

다음과 같은 객체 유형이 사용 가능하고, 기하학적 수치 순으로 나열되어 있다:

- 두 가지 유형들의 점 객체들:
 - joint 객체들은 자동적으로 모퉁이들 또는 개체의 끝에서 생성되며, 모델의 어떤 곳에서도 생성된다.
 - 지면에 (한개 joint) link 객체들은 isolator, damper, gap, multi-linear spring 과 같은 특수한 support 거동의 모델에 사용된다.
- 두 가지 유형들의 선 객체들:
 - 골조 객체들은 보, 기둥, 가새 그리고 트러스를 모델링하기 위해 사용된다.
 - 연결된 (두개 joint) link 객체들은 isolator, damper, gap, multi-linear spring 과 같이 특별한 support 거동을 모델링하기 위해 사용된다. 골조 객체들과 달리 link 객체들은 길이 값으로 0 을 가질 수 있다.
- 면 객체는 벽, 슬래브, 데크, 판, 그리고 마든 얇은 벽의 부재를 모델링하기 위해 사용된다. 면 객체들은 수평 부재가 membrane 으로 정의된 상태라면 해석을 위해 자동적으로 면이 mesh 가 생성될 것이다; 그렇지 않으면 사용자는 면을 생성하기 위한 옵션을 설정해야 할 것이다.

일반적 법칙으로서, 객체의 형상은 물리적 부재와 일치 해야 한다. 이것은 모델의 시각화는 간단하게 하고 설계 과정을 돕는다.

해석을 수행 할 때, ETABS 은 자동적으로 해석 과정에서 객체 기반 모델(어떤 면적 객체들을 제외; 앞의 bullet item 을 본다)을 요소 기반 모델로 전환한다. 이 요소 기반 모델은 해석 모델이라 불리어지고 유한 요소와 joint 로 구성된다. 해석 후, 객체 기반 모델은 여전히 분석전과 동일하게 같은 수의 객체를 가지고 있다.

비록 대부분의 객체에 대해 mesh 가 자동적으로 수행된다, 각도의 정리와 교차점을 어떻게 조정할 것 인지와 같은 meshing 을 조정할 수 있다. 사용자 정의로 모델을 분리 시키는 것에 대한 옵션도 가능한데, 이 때 모델은 하나의 물리적 객체 기반의 모델에서 해석 모델의 크기와 수에 맞는 다중의 객체로 분리된다.

Groups

그룹은 객체의 집합이 정의되는 것이다. 그룹은 모든 유형의 모든 수의 객체를 포함한다. 그룹은 다음과 같이 이용된다:

- 편집과 지정을 위해 객체들의 빠른 선택.
- 단면을 정의할 때.
- 같은 설계가 수행되는 객체들의 집합
- 선택적인 출력값

필요한 만큼 많은 그룹들을 정의한다. 그룹들을 사용하는 것은 큰 모델들을 관리하기 위한 좋은 방법이다.

Properties

특성은 모델 안의 각 객체의 구조적 거동을 정의하기 위해서 각각의 객체에서 “assigned” 된다. 재료와 단면 특성과 같은 특성은 객체로 지정하기 전에 반드시 정의되어야 한다. 예를 들어, 모델은 다음과 같은 특성을 가진다:

- CONCRETE 과 같은 물질 특성
- 사각형 단면 특성은 RECTANGLE, 그리고 원형의 골조 단면은 CIRCULAR 로 이름 지어지며, 둘 다 재료의 특성 CONCRETE 를 사용한다.
- 벽/슬래브 단면 특성은 SLAB 라 불리어지며 또한 재료의 특성 CONCRETE 를 사용한다.

만약 당신이 골조 단면 특성 RECTANGULAR을 선택 객체로 할당하면, 단면 RECTANGULAR의 정의에서 또는 재료의 CONCRETE 에 변화가 적용되면 자동적으로 객체에 적용 된다. 정의된 특성은 그 특성을 가진 개체가 존재하지 않는다면 모델에서 효과가 없다.

골조의 구속조건과 같은 다른 특성들은 곧바로 객체에 할당된다. 그러한 특성은 같은 특성을 가지는 객체에 다른 assignment를 적용하는 것 만으로도 변화가 적용된다; 이것은 개체가 아니고 객체와 독립하여 존재할 수 없다.

Static Load Cases

하중은 구조체에 적용되는 힘, 압력, 지지 변위, 온도 효과들, 그리고 등등과 같은 상황을 말한다. 구조체에서의 하중 분포는 static load case 라고 불리어진다.

필요한 만큼 많은 하중 경우들이 정의된다. 전형적으로, 분리된 load case 정의가 사하중, 활하중, 정적지진하중, 풍하중, 설하중, 온도 하중 등으로 사용된다. 설계 목적을 위해서 또는 건물에 적용되는 방법 때문에 독립적으로 변화가 필요로 하는 하중들은 분리된 하중 경우들로서 정의된다.

하중 경우 이름을 정의 한 후, 당신은 load case 로의 값을 입력하고, 지진 하중과 풍하중의 경우 automated lateral load 를 정의한다. 하중 값은 하중(힘, 변위, 온도)의 유형, 크기, 방향을 설정한다. automated lateral

load 에 따라 같은 load case 에서 다른 부재에 대해 다른 하중이 작용할 수 있다. 각 부재는 다중의 load case 를 받을 수 있다.

수직하중

수직 하중들은 점, 선 그리고 면 객체에 적용된다. 수직 하중들은 전형적으로 gravity 또는 Z 방향이다. 점 객체들은 집중 하중 또는 모멘트를 받을 수 있다. Frame object 는 점 하중 (힘 또는 모멘트) 또는 분배된 하중 (균등하거나 사다리꼴) 어떤 것이든 적용되어 진다. 등분포 하중은 면 요소에 적용된다. 수직 하중은 자중을 포함한다.

건물 구조들에 사용되어지는 어떤 전형적인 vertical load case 는 다음을 포함할 수 있다:

- Dead load
- Superimposed dead load
- Live load
- Reduced live load
- Snow load

만약 수직 하중이 reducible live load case 로 정의 되었다면, ETABS 은 설계 단계에서 사용된 활하중을 줄일 수 있는 옵션을 제공한다. 많은 종류의 코드에 따른 활하중 감소 공식이 이용 가능하다.

온도하중

선과 면적 객체들에서 온도 하중들은 ETABS에서 온도 변화들을 설정함으로써 생성된다. 그러한 온도 변화들은 곧바로 객체의 균일한 온도

변화로서 설정되거나 점 온도 하중으로 정의되거나 혹은 둘의 조합으로 정의된다.

만약 그 점 온도 하중이 선택되었을 때, 프로그램은 온도 변화를 선 부재의 길이에 따라 다르게 분포되고, 면에 따라 선형적이라고 가정한다. 비록 당신이 점 온도 하중을 설정할지라도, 온도 하중은 선과 면 객체들에서만 작용한다.

Automated Lateral Loads

ETABS 은 UBC, BOCA, ASCE, NBCC, BS, JGJ, Mexican and IBC 을 포함하는 지진하중과 풍하중에 대한 수치적 코드 규준을 자동적으로 생성한다. 두 개의 automatic static lateral load 는 같은 load case 가 될 수 없다. 그러므로, 분리된 하중 경우에서 각각의 automatic static lateral load 을 정의한다. 그러나, 추가적인 사용자 정의 하중들은 automatic static lateral load 를 포함할 수 있다.

지진 하중이 load type 으로 선택되었을 때, 다양한 automatic static lateral load 의 코드가 이용 가능하다. 코드의 선택 에서 지진의 하중 형태는 초기값이 나타나고 사용자의 편집에 의해 설정을 볼 수 있다. 프로그램은 그러한 값들을 질량의 정의에 의한 무게에 근거하여, 또는 재료 특성의 정의에 의해 lateral load 를 산출한다. ETABS 가 지진의 하중에 의한 한 층의 힘을 산정하고, 이 힘은 층의 입면에서의 각 절점에 질량에 비례하여 분배된다.

풍하중이 적용될 때에는, 다양한 auto lateral load 코드가 사용가능 하다. 코드의 선택에서, Wind loading form 이 나타나고 여기서 default 값과 특성이 사용자에게 의해 정의된다. ETABS 에서, 자동적으로 계산된 풍 하중들은 diaphragm (rigid 또는 semi-rigid), 벽체나 프레임, non-structural wall 과 같은 cladding, open structure 에서의 프레임에 적용된다. 만약 rigid diaphragm 옵션이 선택되면, 한 층에서의 각각의 rigid diaphragm 에서의 하중이 계산된다. 풍하중은 입면의 어떤 층에서, 층고의 윗부분과

아랫부분을 노출 너비라 가정하고, 다양한 코드에 의한 wind coefficient 에 의해 계산된다. 이 하중은 에 적용되며 ETABS 이 형상 중심으로 계산한 rigid diaphragm 에 적용되어진다.

Semi-rigid diaphragm 에 적용된 풍하중은 각 층에서 rigid diaphragm 과 같은 방법으로 각 층에서 계산된다. 그러나 diaphragm 을 통한 모든 joint 에 적용된다. 비록 diaphragm 의 모든 joint 에서 하중을 받지만, 힘의 분배는 diaphragm 의 기하학적 중심을 통과하는 풍하중의 합력으로 계산된다.

만약 이 옵션이 선택 되었다면, 풍하중은 wall 로 정의된 면 요소에 적용되고 계산된다. 여기서 wind pressuer coefficient 는 노출되는 면 요소에 반드시 적용되어야 하고, windward 나 leeward 가 선택 되어야 한다. 다양한 코드 요소와 사용자로부터 정의된 coefficient 와 exposure 에서, ETABS 는 각 면 요소에서의 풍하중을 계산하고, 객체의 모서리에 작용하는 집중하중을 적용한다. 추가적으로, 풍하중은 노출된 frame member 에 대해 생성되고, 그런 경우 프로그램은 선택된 코드와 solid 의 총 면적에 따라 절점 하중을 계산한다.

Functions

함수들은 주기, 시간 또는 진동수에 따라 변하는 하중의 분포를 기술하는 것으로 정의된다. 함수는 오직 특정한 해석에 필요하다; 이 해석은 정적 분석에 이용되지 않는다. 함수는 가로 좌표의 데이터 쌍을 계수화 한 것이다.

함수의 두 가지 유형이 있다

- **Response spectrum function** 은 응답 스펙트럼 해석에 사용되는 pseudo-spectral 가속도와 주기간의 함수 관계이다. 이 프로그램에서, 함수에서의 가속도는 표준화된다고 가정된다; 즉, 함수는 단위를 가지지 않는다. 대신에, 단위는 scale factor 를

함수에 곱한 값에 관련이 있고, 이것은 응답 스펙트럼 case 를 지정할 때 결정된다.

- **Time history function** 는 시간 이력 해석에서 하중의 크기와 시간 함수와의 관계를 나타내는 함수이다. 시간 이력 함수에서 하중은 지면 가속도이거나 지정된 load case 에 따른 계수로 지정될 수도 있다.

함수는 필요한 만큼 정의될 수 있다. 함수는 객체로 설정되지 않지만 응답 스펙트럼 해석과 시간 이력 해석에서 사용된다.

하중조합

ETABS 은 하나의 또는 다수의 load case/combination 를 조합하는 것을 허용한다. 하중이 설정되었을 때, 하중은 모델의 모든 객체에 작용한다.

다음과 같이 조합들의 네 가지 유형들이 있다:

- **Linear Add**: 포함된 load case 와 load combination 에 의한 하중 조합
- **Envelope**: 포함된 load case 와 최대값 또는 최소값을 찾기 위한 load combination 의 결과에 의한 하중 조합
- **Absolute Add**: 절대값의 load case 와 load combination 의 결과에 의한 하중 조합
- **SRSS**: load case 와 load combination 의 제곱에 대한 전체의 제곱근

Envelope type 을 제외하고, 하중 조합은 보통 선형 해석인 경우에 적용하는데, 왜냐하면 비선형 결과들은 일반적으로 겹침을 허용하지 않기 때문이다.

설계는 load case 가 아닌 load combination 에 기초 한다. 단일 load case 를 포함한 load combination 의 생성도 가능하다. 설계 알고리즘은 default 조합을 생성한다; 만약 필요하다면 사용자가 지정한 load case 의 적용도 가능하다.

Design Settings

ETABS 은 다음과 같은 통합된 설계 후처리 프로그램을 제공한다:

- 스틸프레임 설계
- 콘크리트 프레임설계
- 합성보 설계
- Steel Joist 설계
- 전단벽 설계

첫 번째 네 가지의 설계 절차들은 선 객체에 적용 가능하고 프로그램은 해석을 수행하고 있을 때, 선 객체를 위한 적당한 설계 절차를 결정한다. 선택된 설계 절차는 선 요소의 위치,단면 특성, 재료 타입, 연결 상태를 바탕으로 진행된다.

전단 벽 설계는 미리 pier 나 spandrels 로 지정된 객체에 적용 가능한고, pier 와 spandrel 은 면과 선 요소로 구성될 수 있다.

설계 절차 이후에, 몇몇 설정은 모델의 설계에 영향을 미칠 수 있다:

- 각 요소에 대한 특정한 설계 코드를 설정되어 있는데, 예를 들어, steel frame 에는 AISC-LRFD2001, concrete frame 에서는 EURO-CODE 2-1992, 전단벽 에서는 BS8110 97 코드가 사용된다.
- 코드가 적용되는 방법에 대한 preference
- 확인된 설계 결과에 대한 load combination

- 같은 설계에 적용되는 객체의 Group
- 선택적 “overwrite” 값들은 프로그램에서 사용된 설계 코드에 대한 coefficient 와 매개변수의 default 을 대신하는 값이다.

Steel frame, 복합 보, 그리고 steel joist 설계를 위해, ETABS 은 자동적으로 당신이 정의한 목록에서 최적의 단면을 선택한다. 그 단면은 또한, 설계 과정에서 사용자에게 의해 변경 가능하다. 그 결과, 각각의 선 객체는 다음과 같은 사항에 따라 두 가지 다른 특성을 가질 수 있다.

- “해석 단면”은 이전에 사전 해석에 사용된다.
- “설계 단면”은 현재 설계로부터의 결과다.

설계 단면은 다음 해석을 위한 해석 단면이 되고, 반복되는 해석과 설계 과정은 두 개 단면이 같아 질 때까지 계속된다.

설계 단면에 대한 설계 결과는, 사용가능 할 때, 이 속의 모든 설정과 함께 모델의 부분이다.

출력과 옵션의 표시

ETABS 모델과 해석과 설계 결과는 다음과 같은 다양한 방법으로 보여지고 저장될 수 있다:

- 모델의 2 차원 그리고 3 차원 View
- 입력/출력 데이터에 대한 text, 스프레드시트, 또는 데이터베이스 형식
- 해석 결과의 함수적 표현
- 설계 report
- 다른 프로그램으로의 Export

View, 표, Function plot 의 정의는 모델의 부분으로 저장될 수 있다. Group 의 사용과 조합되어, 이것은 모델이 생성되는 동안 효과적으로 속도를 향상 시킬 수 있는 방법이다.

더 많은 정보

이번 장은 ETABS 모델의 기초 구성 요소들의 개괄을 설명하였다. 추가적인 ETABS 그래픽 유저 인터페이스의 온라인 Help 에서 확인할 수 있고, 여기에는 설계 알고리즘의 코드가 포함되어 있는 Technical Note 를 포함한다. 이 문서는 Adobe Acrobat PDF 형태로 ETABS CD 에서 사용가능하고, Help 메뉴를 사용한, 프로그램에서도 이용 가능하다.

ETABS 모델링 기술

ETABS 은 건물 시스템들과 거동에 대한 광범위하고 다양한 툴을 제공한다. 이번 장에서는 ETABS 로 실제의 또는 복잡한 일들을 빠르고 쉽게 하는 기술을 설명한다.

Auto-Select Properties

Steel 선 객체 (골조, 복합 보, 장선)를 포함한 ETABS 모델을 생성할 때, 해석을 위해서는 부재의 크기를 결정할 필요가 없다. 대신에, Auto-select section property 를 하나 또는 모든 steel line object 에 적용한다. 이 목록에는 부재의 단면이 될 수 있는 모든 단면 크기를 포함하고 다중의 목록을 정의할 수 있다. 예를 들어, Auto-select section list 중 하나는 steel 기둥이 될 수 있고, 또 다른 목록은 floor joist 로 사용될 수 있고, 세 번째 목록은 steel beam 과 girder 로 사용가능하다.

최초의 해석을 위해, 프로그램은 자동 선택 목록에서 중앙값의 단면을 선택할 것이다. 해석이 완료된 후에, auto-select section list 에서만 단면이 결정되는 특정 부재에 대해 설계 최적화 프로세스를 실행하면, 프로그램은 자동적으로 이 목록으로부터 가장 경제적, 적당한 단면을 선택 할 것이다. 설계 활용 단계가 단면을 선택한 후에, 분석 모델은 만약 설계 단면이 이전의 해석 단면에서 다르다면 다시 실행해야 한다. 이 과정은 분석과 설계 단면들이 동일시 될 때까지 반복 되어야 한다.

효과적인 auto-select section property 는 예비 부재 크기를 수립하는 것과 관련하여 많은 시간을 절약할 수 있다.

수직하중의 이동

ETABS 은 건설에서 사용되는 가장 대표적인 세 가지 시스템에서의 수직 하중 이동을 계산하는 강력한 알고리즘을 제공한다: concrete slab, steel deck with concrete fill, concrete plank 가 있다. 수직 하중으로는 고정 하중, 활 하중, 부가적 고정 하중, 감쇠 활하중이 있고, 필요한 경우 고정 하중에 자중을 포함한다.

수직 하중 이동에서 주요 논점은 해석 모델에서 면 개체인 바닥에서 점, 선, 면 하중의 분포이다. ETABS 해석에서 수직 하중의 이동은 바닥 개체가 membrane 의 거동만을 하는지, plate 휨 거동을 하는지에 따라 다르다. 다음은 바닥 객체가 membrane 으로 거동할 경우의 해석에 관해 설명한다:

- Floor type 의 면 요소가 deck 나 plank 의 단면을 가질 때 면외 하중 전이: 이 경우, 해석 모델에서, 하중은 membrane 요소의 테두리를 따라서 보로 또는 다수의 중요한 규칙과 조건에 따라 membrane 부재의 모서리로 이동한다(자세한 사항은 Help 에서 Technical Note 를 참고한다). 하중 이동은 deck 또는 plank 에서 하나의 방향만을 고려한다.

제 4-2

- Floor type 의 면 요소가 slab 단면을 가지는 membrane 거동을 할 때, 면외 하중 전이: 이런 경우, 해석 모델에서, 하중은 membrane 부재의 경계나 모서리를 통해서 또는 다수의 중요한 규칙들과 조건 (자세한 사항은 Help 에서 Technical Note 를 참고한다)에 따라 변형된다. 이 때 하중 이동은 슬라브 스패의 두 방향으로 변형된다.

바닥 면 객체는 휨 거동을 가지고 있기 때문에, ETABS 은 하중을 전이시키기 위해 bilinear interpolation function 을 이용하여 해석 모델에서 면 요소나 shell/plate 부재의 모서리에 하중을 전달한다.

ETABS 에서는 해석을 위해 자동적으로 membrane 의 특성을 가진 바닥 요소에 mesh 가 형성된다. 일반적으로, 휨 거동을 하는 판에 대해서는 해석 이전에 meshing 이 설정되어 있어야 한다(waffle 이나 ribbed slab 는 template 을 이용하여 생성되기 때문에 이런 경우 휨 거동에 대해 자동적으로 mesh 가 생성된다).

여기서 하중 이동이 설명된 것과 같이, 프로그램은 자동적으로 할 하중 감소 요소를 적용하기 위해서 각각의 부재에 의해서 옮겨지는 하중 분배를 계산한다. 다양한 code-dependent 공식은 그러한 계산에 이용된다; 그러나, 이 값은 사용자에게 의해 특정한 값으로 적용될 수 있다.

풍, 지진의 측하중

횡하중은 바람 또는 지진 하중이 될 수 있다. 하중들은 내장된 building code 에 근거하여, 구조의 치수들과 특성들로부터 계산된다.

Rigid diaphragm system 에서, 풍하중은 rigid floor diaphragm 의 도심에 적용된다. Semi rigid floor diaphragm 에서는, 풍하중이 diaphragm 의 모든 점에 적용된다. 여러 개의 타워 모델링에서, 하나 이상의 rigid 나 semi-rigid floor diaphragm 이 어떤 한 층에서 적용된다.

지진의 하중은 code-dependent 계수와 기본 진동 주기를 이용하여 층의 질량 분포에 따라 계산된다. Semi-rigid floor system 에서는 다수의 질량

점이 있는데, ETABS 는 하중 종속적 Ritz 벡터 알고리즘을 이용하여 pre-dominant time period 의 계산을 빠르게 수행한다. 지진의 하중들은 관성력이 발생하는 부분에 적용되는데, 이 때 이 부분은 꼭 층의 레벨이어야 할 필요는 없다. 추가적으로, Semi-rigid floor system 에서, 질량 분포에서 관성 하중은 질량 분포에 따라 수평적으로 비례하여 적용된다. 그래서 floor diaphragm 을 통과하는 전단력을 정확히 계산할 수 있다.

ETABS 은 또한, 기본적인 응답 스펙트럼 해석부터 비선형 시간 이력 해석까지 다양한 동적 해석 옵션을 가진다. 코드에 따른 응답 스펙트럼 곡선은 시스템 내에 내장되어 있어서, 기본 모델 생성 이후에 동적 해석을 수행하는 것은 어려운 일이 아니다.

Panel Zone Modeling

기존의 연구에서 밝혀졌듯이 beam-column panel zone 의 변형을 고려하지 않는 것은 해석 결과와 건물의 물리적 거동 사이에 차이를 발생 시킨다. ETABS 은 beam-to-column 이음 부에서의 변형이 심각하다고 생각되는 패널존의 전단 거동을 명백히 고려하는 것을 허용한다.

수학적으로, 패널 존의 변형은 패널 존 크기의 강체가 모델에 springs 의 연결을 이용하여 더해진 것이다. ETABS 은 패널 존 "property"의 설정을 허용한다. 패널 존의 특성들은 다음의 4 가지 방법들 중 하나로 결정된다:

- 기둥의 탄성적 특성으로부터 자동적으로 프로그램에 의해서
- 어떤 두 개의 판의 조합이 있는 기둥의 탄성적 특성으로부터 자동적으로 프로그램에 의해서
- 사용자 지정에 의한 spring 값들
- 패널 존의 거동이 비선형 적이고, 비선형적 시간 이력 분석 수행될 때, spring 에 대한 사용자 지정

제 4 - 4

활하중 감쇠

특정 설계 코드에서는 특정한 부재에 의해 지지되는 면적에 대해 활하중을 감소시킨다. ETABS 는 설계 후 처리 과정에서 선 객체 (기둥, 보, 가새 등)과 벽 유형 객체 (벽 특성 정의로 면 객체)의 활하중을 감소시킨다. 이 프로그램은 바닥-유형 면 객체에 대한 활하중들의 감소를 허락하지 않는다.

ETABS 은 활 하중 감쇠에 대한 다양한 옵션을 제공하고 어떤 방법들은 두 개의 최소값을 감쇠 활하중 factor(RLLF)에 적용한다. 하나의 최소값은 한 층의 하중을 받는 부재에 대해서만 적용되고, 다른 한 값은 여러 층으로부터의 하중을 받는 부재에 적용된다. 프로그램은 이 최소값에 default 값들을 제공하지만 사용자는 임의로 적용할 수 있다. 활하중은 오직 후처리 과정에서만 감쇠된다는 것에 유의한다; 활 하중들은 절대 초기 해석의 출력 값에서 감소될 수 없다.

Rigid and Semi-Rigid Floor Models

ETABS 은 바닥 시스템의 다양한 유형을 모델링하기 위한 세 가지의 기초적 옵션을 제공한다. Floor diaphragm 은 rigid 나 semi-rigid(flexible)이 될 수 있으나 사용자는 diaphragm 에 관한 사항을 임의로 지정할 수 없다.

Rigid diaphragm 모델의 경우, 각 층의 판은 평면으로 옮겨지고 강체로서 수직 축에 대해서 회전한다고 가정된다, 여기서 바닥 판에서는 평면내의 변형이 없다는 것을 기본 가정으로 한다. 건물에서 rigid floor diaphragm 의 개념은 컴퓨터를 이용한 프로세스에서 유용하게 사용되어 왔다. 왜냐하면 rigid diaphragm 과 관련된 자유도의 감쇠된 각도 때문인데, 이 기술은 특히 구조 동역학과 관련된 해석에서 매우 효과적임을 입증되었다. 그러나 이러한 접근의 단점은 diaphragm 상의 전단력이나 면 내의 수평 부재의 축력에 대한 어떤 정보도 고려하지 못한다는 단점이 있다.

이러한 제한은 가새 골조 구조와 diaphragm flexibility 의 특징을 가지는 건물 등의 결과에 중요한 영향을 미친다. 횡하중의 영향 하에, 막대한 전단

응력이 바닥 시스템에서 발생하고 그로 인해 바닥판은 semi-rigid diaphragm 으로 모델링 되어 diaphragm 변형이 해석에 포함되어 있게 하고, 바닥을 지탱하는 보/strut 를 통해 축력이 회복된다.

다행스럽게, ETABS 을 이용하면 semi-rigid diaphragm 거동을 모델링을 쉽게 접근할 수 있고, rigid 와 semi-rigid 거동간의 변환도 자유롭다. 사실, ETABS 는 효과적인 수치 해석 기능과 물리적 부재 기반-객체 기반의 접근을 통해, 본래 정의된 rigid diaphragm 을 이용하는 것이 더 이상 적절하지 않다는 많은 이유를 밝혀 낸다.

ETABS 의 객체 기반 접근은 semi-rigid floor diaphragm 의 자동적 모델링을 허락하여, 각 바닥 판은 본질적으로 바닥 객체가 된다. Opening property 는 바닥 부재에 구멍을 “뚫음”으로써 사용된다. 바닥 개체와 바닥 개체의 상대적 개구부는 유한 요소 모델의 해석에서 변환되며, 이 변환은 concrete slab, metal deck system, 면내 membrane 거동(앞의 Vertical load transfer section 을 참조)에 사용되는 concrete plank 의 일반적인 타입의 floor system 에 사용된다. 이와 같은 floor system 에서, 사용자는 바닥 개체에 대한 meshing parameter 를 쉽게 설정할 수 있는데, 이 때, diaphragm 변형이 정확하게 산출되기 위해서는 mesh 가 지정될 필요가 없다는 것을 알아두어야 한다.

Edge Constraints

전통적 유한 요소법 모델링이 시간이 많이 소요 되는 이유 중 하나는, 적절한 mesh 를 생성 해야할 때, transition zone 의 인접 요소들의 mesh 가 일치하지 않기 때문이다. 이것은 매우 일반적으로 일어나는 문제이며 벽과 바닥 사이의 교차점에서 흔히 일어난다. 일반적 목적 프로그램들은 곡면 벽과 바닥과 사이와 벽과 경사진 램프에서 meshing transition 에 어려움을 겪어 왔다.

그러나, ETABS 에서는 이웃한 객체에 부여된 절점 구속 조건을 이용하여 mesh compatibility 를 이용하기 때문에, 사용자가 mesh transition 에 대해 고려하지 않아도 되게 한다. 이러한 절점 수축 조건에서 일어나는 변형은

제 4-6

자동적으로, mesh 형상이 불일치하는 요소의 교차점에서, 유한 요소 해석 모델링의 한 부분으로 해석된다(완전히 프로그램의 내부적으로 일어난다). 따라서, 하나의 유한 요소를 생성하는 것과 마찬가지로, ETABS 의 사용자들은 mesh compatibility 에 대해서 걱정할 필요가 없다.

Modifiers

ETABS 은 선과 면적 객체 에서 모두 modification factor 를 지정하는 것을 허용한다. 선 객체에서, frame property modifier 는 지정된 단면 특성에 곱해져서 최종 해석 단면을 구하고 frame element 로 사용된다. 면 요소에서, shell stiffness modifier 는 설정된 단면 특성으로부터 계산된 shell 요소 해석 강성에 곱해져 계산된다. 이 두 modifier 는 해석 결과에만 영향을 미치고 설계 결과에는 영향을 미치지 않는다.

Modifier 는 해석 부재 거동을 제한하기 위해 사용 된다. 예를 들어, steel struss 가 콘크리트 슬래브를 지지하고 있다고 가정하면, slab 는 truss 의 플랜지로 거동하는 것은 우리가 원하지 않는 사항이다; 모든 플랜지 힘은 트러스의 상현재에 의하여 이동한다. Area object modifier 를 이용해서, 콘크리트 슬래브가 전단력을 받을 수 있게 설정할 수 있어서, 콘크리트로부터 면내의 “축력”에 의한 거동을 없앤다. 그로 인해 트러스의 수직 방향의 강도와 강성이 없어진다. 다른 예로는, modifier 를 콘크리트 단면의 모델링에 사용될 때 유용한데, 이 때 단면은 균열 때문에 단면을 감소시켜야 할 경우나, lateral diaphragm 을 생성하여 floor object 가 전단과 그에 대한 힘을 diaphragm chord 까지 직접 전달해야 할 경우이다.

Construction Sequence Loading

모델의 해석 과정에 잠재적으로 가정하고 있는 사항은 어떤 하중도 완전히 모델이 완성되기 전 까지는 작용하지 않는다는 것이다. 이것은 활하중, 풍하중, 지진하중 및 다른 부가적 하중에 대해 적절한 가정이다. 그러나, 실제로는 구조물이 건설되고 있는 도중에도 구조물은 연속적으로 고정 하중을 받는다. 즉, 아래층에서는 위층에 대한 고정 하중을 이미 받고

있다는 것이다. 기술자들은 지금까지 비현실적이게 큰 보의 모멘트에 의한 잘못된 해석 결과를 알고 있었는데, 그 이유는 구조물이 지어진 이후에 즉각적으로 고정 하중이 발생한다는 가정이 있었기 때문이다.

많은 경우에서, 특히 고층 건물에서는 이 효과가 누적되기 때문에 construction sequence 에 의한 해석은 일반적 해석 결과와 상당한 차이를 나타낸다. 특정한 상황에서 construction sequence 에 의한 결과는 민감하게 작용하는데, differential axial 변형이 작용하는 경우, transfer girder 이 층에 걸쳐 있는 경우, 트러스의 조합으로 이루어진 구조물이 건설 중에 있는 경우이다.

ETABS 은 특별한 load case 에 대해 비선형의 staged construction 에 대한 옵션을 가지고 있다. 이 절차는 구조물이 지어지는 과정에서 하중이 작용하도록 한다. 일반적으로 다른 설계 단계에서 해석된 load combination 을 staged construction 단계의 하중을 해석하는데 사용한다.

Steel Frame Design and Drift Optimization

다양한 설계 코드 알고리즘은 Steel member 단면, 응력 확인과 drift optimization 은 1 축 방향과 2 축 방향의 휨모멘트, 설계 코드에 의한 설계 하중 조합, K-factor 의 영향, 비지지 길이와 second order effect, 모멘트 확대법, utilization factor 를 계산에 포함한다.

Energy diagram 은 구조물에서의 부재에 단위 부피에 대한 에너지의 분포를 보여준다. 이런 표시는 횡하중의 영향에 의한 drift resistance 가 가장 크게 작용하는 부재를 식별하는데 도움을 준다. Drift 를 조정하기 위해서, 부재들의 단면 증가는 재료를 더하는 방법으로 가장 효과적이다..

같은 선을 통해서, ETABS 은 사용자가 층마다 일련의 점을 선택하고 그 점에 대하여 drift target 을 지정한 것에 따라, 자동적으로 부재의 크기를 최적화 시킨다. Drift optimization 은 여기에 설명되어 있는 에너지 법을 이용한다. 여기서 프로그램은 특정한 load case 에서 계산된, 단위 부피에 대한 에너지 량에 비례하게 부재의 크기를 늘린다.

제 4-8

더 많은 정보

이번 장 ETABS 에서 시스템과 거동에 관한 효과적인 모델을 제공하기 위해 사용된 기술을 설명하는 것이 목적이었다. 추가적인 정보는 상술된 설계 알고리즘을 설명한 기술적 기록들을 포함한 ETABS 그래픽 사용자 인터페이스 안에 사용 가능한 Help 기능을 이용하여 온라인에서 찾을 수 있다. 그러한 문서들은 Adobe Acrobat PDF 형식의 ETABS CD 에서 사용가능하고, Help 메뉴를 사용하여, 프로그램에서도 이용할 수 있다. 추가적으로, "Watch & Learn" 이라는 동영상은 CSI's 웹 사이트 www.csiberkeley.com 에서 찾을 수 있다.

ETABS 분석기술

5 장에서는 ETABS 에서 사용할 수 있는 Analysis 방법에 관해 설명한다. 분석 유형은 linear static analysis, modal analysis, response-spectrum analysis, time-history analysis, P-Delta 분석, nonlinear analysis 이다.

분석 수행 후에는 initial P-Delta 분석, modal analysis, 다중 case 의 linear static, response-spectrum, time-history analysis 를 분석할 수 있다. Multiple nonlinear static analysis cases 또한 수행될 수 있는데, 이 경우는 다른 분석과는 분리되어 수행할 수 있다.

선형 정적 분석

선형 정적 분석은 정의된 각 하중들을 자동적으로 생성한다. 다른 하중들의 결과들은 다른 하중 조합과 복합적으로 결과를 생성할 수 있다.

예를 들어 response spectrum analyses 와 같은 다른 선형 분석과 조합될 수 있다.

initial P-Delta 분석 효과가 모든 하중에 포함되는 것을 제외하고 기하학적 성질과 물질 비선형성은 선형 분석에서 고려되지 않는다. 예를 들어, 중력 하중을 위한 최초의 P-Delta 분석이 정의되면, 변형과 모멘트는 lateral static load cases 에 의해 증가할 것이다

선형 정적 분석의 경우 initial P-Delta analysis 가 수행되었을 때 결합될 수 있는데, 그 이유는 initial P-Delta load 는 모든 정적 하중과 response-spectrum case 에서 같은 값을 가지기 때문이다.

Modal Analysis

Modal analysis 는 요소와 매스의 강성에 의거하는 구조물의 진동 모드를 계산한다. 이 모드는 구조적 거동을 조사하는데 이용되기도 하고, response spectrum and time history analyses 의 기초적 연구로서 사용된다.

이 프로그램에서는 두 종류의 modal analysis 가 가능하다: eigenvector analysis 와 Ritz-vector analysis 인데, 이 중 오직 한가지의 해석 case 만을 사용해야 한다.

Mass Source

진동모드(modes of vibration)를 계산하기 위해 모델은 질량을 포함하고 있어야 한다. ETABS 에서는 질량이 다음과 같은 접근에 따라 결정되고 분배 될것이다.

- ETABS 는 물체의 고유 질량을 기초로 한 건물의 질량과 사용자가 추가적으로 지정하는 질량에 따라 결정된다. 이는 디폴트(default) 접근이다.
- 사용자가 지정하는 하중으로부터 질량을 결정한다.

- ETABS 는 고유질량(self masses)을 기초로 한 질량, 사용자가 지정하는 추가적인 질량, 사용자가 지정하는 하중에 의한 결정, 이 두 방법을 복합적으로 사용한 방법으로 질량을 결정한다.

일반적으로 질량은 6 개의 자유도에 의해 결정된다. 하지만, ETABS 는 X 와 Y 축 방향에서 translational mass 와 해석에서 고려되는 Z 축에 대한 2 차 모멘트만을 고려하는 옵션이 있다. 이 옵션은 모델에서 수직적 동적 거동이 고려되지 않을 때 유용한 옵션이다. 또한, lateral mass 가 발생하지 않는 story level 이 존재하지 않는 상황에서는 그 story level 의 아래나 위로 질량이 합쳐지게 되는 옵션이 존재한다. 이 방법은 주로 의도되지 않은 층간 병에서 dynamic out-of-plane 현상이 발생하는 것을 막기 위한 것이다.

Eigenvector Analysis

Eigenvector/eigenvalue 분석은 억압되지 않은 자유로운 진동모드 형체와 주파수를 결정한다. 이 모드는 구조 거동에 대한 우수한 예측 모델을 제공한다. Ritz vectors 를 사용하도록 권장되어지지만, Eigenvector/eigenvalue 또한 response spectrum or time history 분석을 위한 기초로서 사용될 수 있다.

아이젠벡터 모드는 프로그램에서 순서모드 1 부터 n 까지 수에 의해 확인된다. 확인할 모드의 수를 N 를 기입하면 프로그램은 N 부터 가장 낮은 frequency (longest period)까지의 모드를 찾을 것이다.

아이젠벨류는 circular frequency 의 제곱이다. 사용자는 모드를 찾기 위해 주기적인 주파수 범위(원형주파수/ 2π)를 지정한다. 모드는 주파수를 증가시키며 찾고, 대부분의 동적 해석에 알맞은 0 값부터 시작하지만 ETABS 는 사용자가 “shift frequency”를 입력하여 시작점을 지정하도록 한다; 이것은 진동이 많은 기계류와 같은 높은 주파수가 적용되는 건물의 경우 유용하게 쓰인다.

ETABS 는 옵션으로 아이젠 효과 분석에 대해 residual-mass (missing-mass)계산을 제공한다. 이러한 방식으로 ETABS 는 mass participation ratio 가 가속하중(acceleration load)의 주어진 방향에서 100% 보다 작을 때의 high-frequency 에서의 대략적 거동을 알아본다.

Ritz-Vector 분석

ETABS 는 Modal analysis 에서 정밀한 Ritz-vector 기술을 이용할 수 있도록 하고 있다. 최근의 연구는 자유 진동 모드 형상은 동적 하중을 받는 구조물을 superposition analysis 하는데 있어 최적의 모델이 아님을 밝혀냈다. 연구에 따르면, 하중에 의존하는 Ritz vectors 에 의한 동적 해석이 eigenvalue/eigenvector mode shapes 의 사용보다 더 정확한 결과를 나타낸다고 한다.

Ritz-vector 의 결과는 동적 하중의 공간적 분포를 고려하면서 생성되기 때문에 우수한 결과를 도출한다. Natural mode shape 의 직접적인 사용은 이 중요한 정보를 무시한다.

Ritz-vector 모드는 mode shape 과 주파수로 구성된다. 충분한 경우의 Ritz-vector mode 를 찾았을 때, 그 중 일부는 natural mode shape 의 주파수와 거의 일치 할 수도 있다. 그러나 일반적으로 Ritz-vector mode 는 natural mode 의 본질적 특성을 나타내지 않는다. 왜냐하면 natural mode 시작 하중 벡터에 의해 한쪽으로 치우쳐 있기 때문이다.

Natural mode 에서와 유사한 방법으로, Ritz 모드의 수를 지정한다. 그리고 가속 하중, static load case 나 nonlinear deformation load 가 될 수 있는, 시작 load vector 를 설정한다.

응답 스펙트럼 분석

응답 스펙트럼 분석을 위해 각 방향과 지진 가속도와 건물의 주기에 의해 스펙트럼 가속 응답의 응답 스펙트럼이 곡선으로 나타난다. 이 접근은 full time history 보다 최대 응답을 결정하기 위한 것이다.

ETABS 는 superposition 과 eigenvector 또는 Ritz vector 를 사용하여 해석을 수행한다. Ritz vector 는 일반적으로 사용되는데, 그 이유는 같은 숫자의 모드에 비해 정확한 결과를 나타내기 때문이다.

입력된 응답 스펙트럼 곡선은 3 방향에서 되지만, 각 응답 결과에서 단 하나의 양의 값이 나타난다. 응답 결과는 변형, 힘, 또는 응력이다. 각 출력된 결과는 그 응답에 대한 최대값을 나타낸다. 모든 결과가 양수로 나타나기 때문에, 실제 응답은 이 값의 음의 값에서부터 양의 값까지로 나타난다.

Time History Analysis

시간 이력분석은 임의의 하중에 대한 동적 응답을 해석하기 위해 사용된다. ETABS 는 많은 시간 이력 case 를 수만 한번의 실행으로 수행 가능하다. 각 경우는 해석의 종류와 하중에 따라 다르게 수행된다. 시간 이력 해석의 세 타입은 다음과 같다:

- **Linear transient:** 구조물은 0 의 초기 조건에서 시작하거나 사용자가 지정한 특정 previous linear transient time history case 에 의한 값으로 시작한다. 모든 요소는 해석 동안에 선형적 거동을 한다고 가정한다.
- **Periodic:** 초기 조건은 해석 끝 주기에서와 같은 값으로 조정된다. 모든 요소는 해석 동안에 선형적 거동을 한다고 가정한다.

- **Nonlinear transient:** 초기 조건인 0 값에서 시작하거나 사용자가 지정한 특정 previous linear transient time history case 에 의한 값으로 시작한다. Link 요소는 해석 동안 비선형 거동을 할 수도 있다. 다른 요소는 선형으로 거동한다.

응답 해석에서 표준 모드인 superposition 방법은 완전한 구조물의 거동에 대한 동적 평형 방정식을 풀기 위해 프로그램에 의해 사용된다. Eigenvector 나 하중에 의존하는 Ritz vector 모드를 이용할 수 있고, 구조물의 damping 은 modal damping 을 이용하거나 proportional, classical damping 을 이용한다. Ritz vector 는 비선형적 link 변형 하중이 시작 vector 로 작용할 때와 같이 비선형적 시간 이력 해석으로 수행하는데 사용되어야 한다.

비선형 시간 이력 분석

ETABS 에서 사용하는 비선형 시간 이력 해석의 방법은 Fast Nonlinear Analysis (FNA) 방법으로부터 확장된 방법이 사용된다. 이 방법은 상당히 효율적이고 주로 선형 구조적 시스템에서도 이용된다. 그러나 이 방법은 base isolator/damper 와 같은 비선형 요소가 한정되어 있다. ETABS에서는 모든 비선형성은 비선형 link 요소로 제한된다.

FNA 방법은 적합한 Ritz vector 모드가 사용될 때 매우 정확하다. 그리고 속력에 있어 전통 time-stepping 방법보다 우월하고, damping 을 제어하고 높은 mode effect 를 가진다.

Initial P-Delta 분석

Initial P-Delta 분석 옵션은 구조물에서 보요소가 큰 압력과 인장에 관한 영향이 중요함을 설명한다. 압축은 측면 강성을 줄이고 인장을 증가시킨다. 이것은 형상 비선형성의 유형인 P-Delta 효과로 알려져 있다. 이 옵션은 특히 특정한 디자인 코드에 의해 측면 강성을 갖는 구조물에 중력 하중의 효과를 고려하는 것에 유용하다.

ETABS 의 Initial P-Delta 분석은 구조에 하나의 하중을 실은 상태의 P-Delta 효과를 고려한다. 하중은 두 가지 방법으로 입력할 수 있다:

- Static load case 의 경우의 지정된 조합; 이것은 P-Delta load combination 으로 불린다. 예를 들어, 활하중의 일부에 고정 하중을 더한 것과 같은 것이다. 이 접근은 반복적으로 P-Delta 효과를 결정해야 한다.
- 구조물에서 질량에 따라 자동적으로 층마다 하중이 계산된다. 이 접근은 개략적이지만 반복적인 해결을 필요로 하지 않는다.

최초의 분석이 필요할 때 해석을 수행하기 이전에, 선형 정적, modal, 응답 스펙트럼, 시간 이력 해석이 모두 같은 해석에 포함되어 있어야 한다 - initial P-Delta 해석은 비선형-정적 해석에서는 아무런 효과가 없다. initial P-Delta 분석은 연속적 해석이 수행되는 결과에 의해 구조물의 특성을 본질적으로 수정한다. 왜냐하면 P-Delta 효과가 모든 선형 분석에서 P-Delta 효과는 같기 때문이다. 이 결과는 아마 load combination 에 중첩되어 있을 것이다.

Initial P-Delta 분석은 또한 연속적 해석을 통해서 건물에서 좌굴 하중을 추정하는데 사용되며 이 때, 매번 해석에서 P-Delta load combination 의 크기를 좌굴이 발생 할 때까지 증가시킨다. (만약 프로그램에서 좌굴이 발견되면, 해석은 종료되고 결과값은 생성되지 않는다.) 각각의 static load case 로부터의 상대적 비율은 해석을 수행하는 사이에 load case 의 scale factor 를 증가시켜, P-Delta load combination 에서도 그 비율은 같아진다.

마지막으로, 빌딩 코드는 일반적으로 두 종류의 P-Delta 효과를 인식한다: 하나는 구조물 전체적인 sway 로 인한 효과, 두 번째는 부재 사이의 양단에서의 처짐 때문이다. ETABS 는 이 두 가지 경우를 모두 모델링 할 수 있다. Initial P-Delta 옵션을 사용해 후자의 경우가 해석 된 후에, bulding code moment-magnification factor 를 이용한 전자의 효과가 해석되는 것을 추천한다. ETABS 의 설계 절차는 다음과 같이 작동한다.

비선형 정적 해석

ETABS 의 비선형 정적 분석은 여러가지 방법을 제공한다. 이에 다음이 포함된다:

- 보와 기둥에서의 비선형적 재료.
- 링크에서 비선형 gap, hook, link 에서의 소성 변형
- 큰 변형과 P-Delta 효과를 포함하는 기하학적 비선형.
- 증가 건설 단계 해석
- 정적 pushover 분석.

다중의 비선형 정적인 해석 경우가 정의될 수 있다. 각 해석의 case 는 하중의 형상, linear static load case 의 하중 조합, 가속도 하중, vibration mode shape 을 고려한다. 하중은 해석 case 내에서 점진적으로 증가하여 적용된다.

하중 패턴은 하중 또는 변형 제어에 의해 적용될 것이다. 하중 제어는 알려진 하중의 크기를 적용하는 것인데, 건설 단계 해석에서 중력하중을 사용하는 것과 같다. 변형 제어는 Pushover analysis 에서 사용되는 것과 같이 하중이 지정된 변위를 달성할 때까지 증가하며 적용된다.

비선형 정적 해석은 다른 해석 case 와 독립적이며, 하중 패턴을 정의하기 위하여 이전에 계산된 mode shape 는 제외한다.

더 많은 정보

이 장에서는 구조물의 선형 및 비선형적 해석을 위한 ETABS의 기초적 해석 기술에 대한 일반적 사항을 소개하였다. 추가적인 정보는 온라인에서 ETABS 그래픽 사용자 설명서에서 찾을 수 있고 여기에는 특정한 코드 설계 알고리즘을 설명하는 Technical Note를 포함되어 있다. 이 문서는 Adobe Acrobat PDF 형식이며 ETABS CD나 프로그램의 Help 메뉴로부터 제공 받을 수 있다. 또한 “Watch & Learn” 동영상은 CSI의 웹사이트 www.csiberkeley.com에서 이용할 수 있다.