I-DEAS System Dynamic Analysis의 紹介

최 상 식*

1. 서론

미국 SDRC(Structural Dynamics Research Coorperation)社의 I-DEAS(Intergrated Design Engineering Analysis Software)는 복잡한 기계구조물의 설계, 제도, 해석, 시험 및 가공등을 위한 종합적인 기계설계 자동화 소프트웨어 팩키지이다.

I-DEAS 소프트웨어 팩키지의 한 모듈인 System Dynamics Analysis는 대화식 및 그래픽방식기능을 이용하여 기계 시스템의 동적성능을 시뮤레이션하기 위한 소프트웨어이다. System Dynamic Analysis을 이용하여 기계적인 시스템을 모델링할 수 있고, 모드 변수 등을 계산하여, 작용력과 강제진동에 대한 반응을 계산한다.

시스템 모델은 유한요소해석, 3차원 솔리드 모델링 및 시험적 모드 해석으로부터 정의된 요소들을 조합하여 구성된다.

2. 본론

I-DEAS System Dynamics Analysis의 세부기능을 살펴보면 다음과 같다.

1. 요소 정의(COMPONENT DEFINITION)

시스템 모델링 과정은 기계 시스템을 서로 연결된 요소의 조합으로 시각화하여 진행된다. I-DEAS System Dynamics Analysis에서 요소를 나타내는 방법은 다음과 같다.

• 해석적 모델 요소(Analytical Model Component) :

I-DEAS Model solution, ANSYS, MSC/NATRAN 등의 소프트웨어를 이용하여 유한요소 모델에 대한 고유치 해석으로부터 얻어지며, 고유진동수와 모드형상(Mode Shape)으로 구성된다.

• 부구조 요소(Substructure Component) :

부구조는 유한요소 모델을 Guyan reduction 방법을 사용하며 독립자유도(Master d.o.f.)로 축소시킴으로써 정의된다.

종속자유도(Slave d.o.f)를 독립자유도(Master d.o.f)와 관련 지어주는 구속행렬과 축소 강성 및 질량 행렬이 생성된다.

• 구속 모드 요소(Constraint Mode Component)

구속 모드 접근 방법은 유연성이 있는 요소가 다른 요소 또는 기초에 강결되어 있을때 매우 효과적이다.

이 방식은 Craig-Bampton 방법을 이용하며 유한 요소해석에 의해 형성된 정적 및 동적 구속 모드를 조합하는 Hybrid 모델링 기법을 사용한다.

• 시험 모드 요소(Test modal Component) :

시험 모드 요소는 대상구조물의 실험적 진동 모드를 나타내는 모드 데이타로 정의되며 그 동적 특성은 시편으로부터 측정된 주파수 응답함수의

* 三星物産(株) CIM事業팀 代理

모드해석으로부터 얻어진다.

시험 모드 요소는 I-DEAS for Test 또는 SDRC Modal-Plus를 사용해서 얻을 수 있다.

• 강체 운동 요소(Rigid Body Component):

강체 운동 요소는 관심있는 진동수 범위내에서 유연성이 없는 대상물을 나타내는데 사용된다. 질량 및 관성치는 I-DEAS Solid Modeling으로부터 유니버셜파일 또는 키보드로 입력될 수 있다.

• 일반 매트릭스 요소(General Matrix Component):

일반 메트릭스 요소는 선형 보와 쉘 요소를 포함한다. 이 방법을 이용하여 점성 및 이력 감쇄 뿐 아니라, 도형 및 물성치를 정의할 수 있다.

2. 커넥터 정의(CONNECTOR DEFINITION)

커넥터는 하나의 요소의 어느 한 절점과 다른 요소의 한 절점사이에 질량, 강성, 감쇄를 정의하여 요소등을 연결한다.

커넥터는 전형적으로 Vibration Isolation Mount, 집중 질량 및 관성, 베어링 강성, 다음의 세 종류의 커넥터가 지원된다.

• 스칼라 커넥터:

스칼라 커넥터는 하나의 질량/관성, 점성 감쇄, 자기이력 감쇄 및 강성을 정의하며 커플이 아닌 비대칭 거동을 나타내는 마운트 또는 스프링을 쉽게 표현할 수 있다.

- 1~6개의 자유도를 정의하는 일반 스칼라 커넥터
- 1~3개의 이동 자유도를 정의하는 이동 스칼라 커넥터
- 1~3개의 회전 자유도를 정의하는 회전 스칼라 커넥터

• 행렬 커넥터:

행렬 커넥터는 상호 종속적인 거동이나 또는 대칭인 거동을 나타내는데 유용하다. 3가지 유형의 행렬 커넥터는 다음과 같다.

- 1~6개의 자유도를 정의하는 일반 행렬 커넥터
- 1~3개의 이동 자유도를 정의하는 이동 행렬 커넥터
- 1~3개의 회전 자유도를 정의하는 회전 행렬 커넥터

• 베어링 커넥터:

베어링 커넥터는 유막 베어링의 상호 종속적이며 대칭인 거동을 나타내기 위해 사용된다.

3. 시스템 정의(SYSTEM DEFINITION)

시스템은 사전에 정의된 요소, 커넥터 및 부시스템 엔티티등을 조합하여 구성된다. I-DEAS System Dynamics는 전체 시스템 모델내의 각 요소, 커넥터 좌표계 및 유니트 데이타(Unit Data)를 자동으로 처리한다.

요소의 오리엔팅 커넥팅및 시스템을 입증하는 기능에는 다음과 같은 것들이 있다.

• 엔티티의 오리엔팅(Orienting Entities):

- 이동과 회전

• 커넥션의 생성:

- 직접 커넥션은 이동 및 회전의 조합으로써 독립한 두개의 절점을 강체로 연결하는 것이다.
- 커넥터는 이동 및 회전의 조합으로써 인접한 두개의 절점 사이에 질량, 강성 또는 감쇄의 관계를 정의하여 준다.
- 구속 방정식은 두개 또는 그 이상의 절점 사이의 관계를 정의하여 하나의 시스템내에서 두개의 엔티티를 연결한다.

• 시스템 모델의 입증:

시각적인 기능과 정량적인 기능이 있으며, 이 두 기능은 시스템 모델이 사용자의 의도대로 구성되었는지를 완벽하게 입증할 수 있도록 해준다.

- 커넥터 및 구속된 자유도의 위치를 나타내주는 그래픽 디스플레이가 가능.
- 요소, 커넥터 및 부시스템의 명칭 및 형태의 리스트를 제공

• 매개변수의 연구(Parametric Studies):

매개변수의 연구를 용이하게 하기 위해서, 시스템을 저장할 수도 있고 저장된 시스템을 다시 불러올 수도 있다.

• 테스트 코리레이션(Test Correlation):

실험적 모드해석 자료와의 상호관계를 쉽게 파악하기 위해서 시스템을 I-DEAS for Test에 복사할 수도 있다.

4. 시스템 해석(SYSTEM SOLUTION)

조합시스템(Assembled System)의 공진 진동수와 진동모드가 해석과정에서 결정된다. 부가하여 에너지 분포가 각 엔티티와 모드 자유도(Modal Degree of Freedom)에 대하여 계산될 수 있다. 다음의 두가지 유형의 해석방법(Solver)이 제공된다.

• 반복적 해석방법(Iterative Solver):

Simultaneous Vector Iteration 알고리즘을 채용하여 비교적 큰 모델에 대하여 1회 해석당 비교적 적은 모드수를 계산하는데 적합하다.

Restart Solution 기능을 이용하여 관심있는 진동수 범위내의 전체 모드를 연속적으로 구할 수 있다. 비대칭 행렬을 갖는 요소로 구성된 시스템 뿐만 아니라 보존 및 비보존(Conservative and Non-Conservative) 시스템의 해석도 가능하다.

• 변환 해석방법(Transformation Solvers):

Similarity Transformation Solver는 비교적 적은 시스템모델에 대해서 전체 모드를 계산하는데 적합하다.

다음의 4가지의 알고리즘이 제공된다.

- Householder QL(보존 시스템에 적합한 In-Core 알고리즘)
- Jacobi(보존 System에 적합한 Out of Core 알고리즘)
- QZ(실수 및 복소수 또는 비대칭 행렬을 갖는 비보존 시스템에 적합한 In-Core 알고리즘)
- QR(복소수 또는 비대칭 행렬을 갖는 비보존 시스템에 적합한 In-Core 알고리즘)

• 솔버 옵션(Solver Options):

차후의 추가정보 계산의 옵션에는 다음의 것들이 있다.

- 외력에 대한 운동
- 구속힘의 복원(Constraint Force Recovery)
- 에너지 계산
- 프로젝트 문서화

• 외부 솔버(External Solver):

조합된 시스템(Assembled System)에 대한 솔루션 행렬(Solution Matrix)의 유니버셜 파일을 만들어서 I-DEAS가 아닌 외부해석 프로그램(External Solver)을 사용할 수도 있다.

• 솔버결과 프로세싱:

고유진동수, 모드형상, 모드질량 및 강성, 모드 감쇄, 감쇄비, 직교성비(Ovthogonality Ratio), 에너지값

• 직교성 계산(Orthogonality Calculation):

직교성 계산은 솔버가 계산한 모드형상이 커플이아닌지의 여부를 결정하기 위해서 시스템 레벨에서 이용가능하다. 또한, 시험모드 형상을 해석요소 모드형상과 비교하기 위해서 사용될 수도 있다.

5. 그래픽스 디스플레이(GRAPHICS DISPLAY)

광범위한 도형 디스플레이 기능이 제공된다.

6. 퍼포먼스 평가(PERFORMANCE EVALUATION) 시스템 또는 모드 요소가 작용된 동적 하중에 어떤 반응을 보일지를 예측하기 위해서 여러가지 기능이 제공된다.

동하중 각 경우의 정의, 하중에 대한 시스템의 응답, 요소 사이의 상호내력(Interconnect Load) 및 Constraint에서의 힘등의 계산이 가능하다.

7. EXCITATION 정의

동하중 또는 강제운동에 대한 입력은 I-DEAS System Dynamic 내에서 해석적으로 생성이 가능하며, I-DEAS for Test로부터 얻어질 수 있다. 하나 또는 여럿의 작용력에 대한 입력은 강제응답의 수행, 요소 하중 또는 Constraint의 힘 계산을 위한 하중 경우(Load Cases)에 결합될 수 있다.

• Excitation 생성-존재하는 함수에 대한 3차 스플라인의 피팅(Fitting)

• 힘의 입력:

- 주파수 영역 또는 시간 영역함수(정상간격 또는 배율간격)
- 특정한 위상과 회전방향을 갖는 회전력
- 특정한 위상과 회전방향을 갖는 비균형 회전

• 강제운동:

- 주파수 영역 또는 시간 영역함수(정상간격 또는 배율간격)

– 변위, 속도, 가속도

• 하중 경우 :

– 시간 또는 주파수 영역

– single 또는 Multiple Excitation

– 여러가지 하중 경우에 대한 매니지먼트가 가능

8. 응답

한가지의 하중 경우에 대한 시스템 또는 모드 요소의 응답을 평가할 수 있다.

• 주파수 영역응답 :

Steady상태의 주파수 영역 하중에 대한 응답은 특정 주파수 범위에서 계산된다.

– 특정주파수의 상한을 초과하는 모드들은 Residual Flexibility Modal Component에 대한 계산에서 선택적으로 포함시킬 수 있다.

– 응답은 변위, 속도, 가속도로 계산될 수 있다.

• 시간 영역응답 :

Transient하중 경우에 대한 응답은 특정한 시간 범위에 대해 계산된다.

– 3가지의 시간적분 알고리즘을 선택할 수 있다.

: Adams Moulton, Closed Form, or Newmark

– 응답은 변위, 속도, 가속도로 계산될 수 있다.

• Transfer Function평가 :

단위 사인함수의 힘 혹은 또 다른 자유도에 가해진 비틀림 하중에 대한 물리적 자유도에서의 응답은 주파수의 함수로서 계산된다.

• 모드 기여도(Modal Participation) :

모드 기여도는 정의된 모드 자유도에서 강제 응답 계산으로 결정될 수 있다.

9. 하중 평가

특정 주파수 또는 시간에서 시스템내의 임의의 유연한 요소 또는 커넥터에서의 하중을 계산할 수 있다.

• 하중은 다음의 자유도에서 구해진다.

– 커넥션 자유도

– 구속된 자유도(Restrained d.o.f)

– Active Load Case에서 하중이 작용되는 자유도

• 동적응력, 변위 및 힘을 계산할 수 있다.

10. 구속부의 힘

시스템 커넥션에 포함된 자유도에서 힘의 균형을 유지하기 위해 필요한 Constraint의 힘은 임의의 하중 경우에 대해서 쉽게 구할 수 있다.

• 주파수 영역에서 Constraint의 힘 :

Steady 상태의 주파수 영역 하중에 대한 Constraint 의 힘을 계산한다.

• 시간 영역에서 Constraint의 힘 :

Transient 하중에 대한 Constraint의 힘을 계산한다.

• 전달함수(Transfer Function) 평가 :

11. 기능 메니지먼트(FUNCTION MANAGEMENT)

• 다음 함수의 수학적 연산이 가능하다.

– 기초연산

– 미분, 적분

– 복소함수의 처리

– FFT(Fast Fourier Transform)

– 스케일, 가로값의 이동

– 선형 보간(Linear Interpolation)

– Exponentiate

– RMS(Root Mean Square)

12. 기능 디스플레이(FUNCTION DISPLAY)

Excitation 응답 및 Constraint의 힘은 XY 플롯으로 나타내어질 수 있는 함수이다.

• 다음형태로 플롯팅이 가능하다.

– Modulus와 위상

– Modulus

– 실수부와 위상

– 실수부

– 허수부와 위상

– 허수부

– 실수부, 허수부 및 위상

• 기능 디스플레이는 사용자의 요구에 부응토록 처리가능하다.

13. 프로젝트 도큐멘테이션

해석결과는 물론 요소, 커넥터 또는 시스템의 정의에 대한 데이타의 하드카피리포트도 만들 수 있는 기능이 제공된다.

3. 결론

이상에서 기술한 바와같이 I-DEAS System Dynamics Analysis는 컴퓨터에 의한 해석적 동특성 파악이 어려운 구조요소와 해석적 동특성 파악이 가능한 구조요소가 함께 결합되어 있는 복잡한 구조물에 대하여, 전자의 구조 요소에 대해서는 실험에 의해 추출된 동특성을 후자의 구조요소에 대해서는 컴퓨터 해석에 의한 동특성을 사용하여 전체 구조 시스템에 대한 동적해석을 가능하게 하는 프로그램이다.