

LS-DYNA

정영구 · 한국시물레이션기술(주) CAE Team, 이사

e-mail : young@kostech.co.kr

이 글에서는 그동안 여러가지의 물리적 현상을 해석할 경우 여러 프로그램이 필요했으나, 최근 공학용 해석 프로그램은 단일 프로그램으로 다양한 물리적 현상, 그리고 동시에 여러 가지 물리적 현상을 고려한 연계 문제를 해석할 수 있도록 개발되는 추세이다. 이런 추세에 가장 잘 부합하고 있는 프로그램 중 전세계적으로 널리 사용되고 있는 비선형 유한 요소 프로그램인 LS-DYNA를 소개하고자 한다.

LS/DYNA3D는 3차원 구조물의 동적 거동 해석을 위한 비선형 유한요소 프로그램으로 현재 세계적으로 이용되고 있는 Explicit 프로그램의 모태로서 가장 널리 사용되고 있다. 다양한 종류의 접촉 이론과 복잡한 현실적인 문제를 모사할 수 있는 강력한 기능을 가지고 있고 개발회사인 LSTC(Livermore Software Technology Corporation)에서는 다양한 요소 알고리즘의 개발과 현장에서 가장 필요로 하고 적합한 기능을 지속적으로 연구, 개발하고 있다. 본 프로그램은 자동차, 조선, 항공, 건설, 전자 분야 등 산업 전반에 걸쳐 CAE (Computer Added Engi-

neering)의 선도적인 역할을 담당하고 있으며 특히 동적 거동, 충돌, 충격, 폭발, 판재 성형, 유체와 구조 간섭, 단조 및 지진 기타 접촉 문제 시물레이션에 그 효용성이 탁월하다.

현재 사용되는 LS/DYNA 971에는 함축 함수(implicit code)가 포함되어 있어 성형 해석에서 스프링백(springback) 문제를 비롯해서 고유진동수, 정적 해석을 풀 수 있도록 하고 있다. 또한 열-구조 커플링, 구조-유체 커플링 문제를 풀 수 있어 엔지니어의 각광을 받고 있다.

주요 기능

해석기능

3차원 구조물의 물리적인 거동을 해석하기 위한 기능은 여러 가지가 있으나 그 중 주로 쓰이는 것을 간단히 살펴보면 표 1과 같다.

재료 물성치

LS-DYNA는 물리적 현상을 구현할 수 있도록 160+여 개의 금속, 비금속 재료에 대한 자료를 포함하고 있는데 그 중 대표적인 것은 표 2와 같다.

요소

LS-DYNA가 지원 하는 요소 알고리즘은 Explicit code의 특성상 빠르고 거시적인 계산에 중점을 두고 있었으나, 미시적이면

표 1 LS-DYNA의 주요 기능

Dynamics Non linear	비선형의 동적 거동 해석 - Material non-linear - Geometric non-linear
충돌, 접촉문제	하중이 시간에 따라서 변하는 문제 해석 자동차, 부품, 항공기, 선박 등의 충돌, 접촉
성형해석	각종 금속의 성형 해석 - Sheet metal forming - Hydro forming - Sheet hydro forming - Hot forming
열해석 implicit	열 해석 및 구조물 - 열과의 커플링(Coupling) 문제 고유치, 고유모드 해석, 정 하중 해석
준 정적해석	동적하중에 대한 정적 해석 기능 자동차 문 인투루전(intrusion) 자동차 전복 시 지붕의 충격해석 등
음향해석	시간영역에서의 음압해석 외부 진동에 의한 차량 내부에서의 음압분포 해석
유체-구조 간섭해석	구조물과 유체의 간섭효과를 고려한 해석
강체운동	Multi-body dynamics
폭발해석	수중폭발, 기타 폭발물 해석
크랙(crack)진전, 파괴해석	구조물의 크랙 전파 및 파괴현상 해석

표 2 LS-DYNA의 주요 물성

Elastic	Elastoplastic	Elastomers(rubber, hyperelastic)
Glass	Linear Visco-elasticity	Foams / Soil
Geological	Fabrics	Honeycombs
Composites	Concrete & soils	High explosives
Propellants	Viscous fluids	Temperature material
User-defined materials		



그림 1 LS-POST Processor

서, 세밀한 거동 해석에 대한 관심이 증가함에 따라 이에 맞추어 여러 가지 고차항의 요소 알고리즘을 개발해 출시하므로, 전체 거동 및 세부 거동을 정확히 파악할 수 있게 되었다. 대표적인 요소를 살펴 보면 아래와 같다.

- 1) Quadrilateral thin shell
- 2) Plane stress plane strain
- 3) Axisymmetric fully integrated
- 4) Triangular shell
- 5) Membranes
- 6) Hexahedral thick shell
- 7) Solid elements
- 8) ALE element
- 9) 10 node Tetra element
- 10) Beams elements 등

LS-DYNA의 응용분야

3차원 구조물의 물리적인 동역학적 거동을 시뮬레이션 하기 위한 기능 및 응용분야는 여러 가지가 있으나 그 중 주로 쓰이는 분야를 간단히 살펴보면 다음과 같다.

자동차 :

LS-DYNA는 세계적으로 유명한 자동차 제조업체 및 부품업체에서 차량 충돌 및 안정성 평가 그리고 각종 시뮬레이션을 위해 사용하고 있다. 자동차 충돌 해석을 위한 특별한 기능을 살펴 보면 :

- Accelerometers
- Airbags
- Hybrid III dummy models

- Seat-belts system
- Deformable welding

자동차 및 관련 회사에서 LS-DYNA를 이용한 응용분야는 아래와 같다.

1) 자동차

- 정면충돌/측면충돌/후방충돌 /roof crush/roll over/ seatbelt anchorage ..

2) 부품 회사

- 시트 관련 해석 - 정면충돌/측면충돌/후방충돌/seatbelt anchorage/luggage ...
- 범퍼/후드/램프 관련 해석 · 저속충돌해석/보행자 보호 해석
- I.P : FMH

- Steering wheel : 고유모드/정하중 해석/ dummy impact
- AI wheel : 내구/ cleat impact
- Tire : slip angle/lateral/hydroplaning ...
- 자동차 도어 : intrusion / sagging /담힘 해석
- 배기정화 장치 : 고유치/ 열해석
- 내장재 : FMH
- 서스펜션 : dynamics / durability / pot hole 등 event based analysis
- 원도 레굴레이터
- 모든 종류의 동적 하중조건에서의 거동

성형 해석 :

세계적으로 금속 성형 해석용으로 가장 많이 쓰이는 프로그램 중 하나로써 재료의 변형, 응력집중, 주름현상 그리고 찢김현상을 정확히 예상을 할 수 있다. 어

댁티브 리메시(adaptive remeshing) 기능이 있고 함축 함수(implicit code)가 포함되어 있어 스프링백(springback) 문제를 바로 LS-DYNA에서 해결할 수 있다.

- Deep drawing
- Forging
- Hydroforming
- Multi-stage processes
- Multi-step
- Tailored blank
- Hot forming

동역학 해석 :

다물체 동역학 문제와 변형체 문제를 같이 풀 수 있는 장점이 있다. 기어간의 접촉 해석, 로봇 틱스 문제 등 여러 다물체 동역학 문제에 이용 되고 있다.

- 기어 접촉
- 로봇틱스 문제
- 브레이크 시스템
- 중장비 거동 해석 등

군사, 국방 분야 :

폭발, 군사용 무기 및 항공기

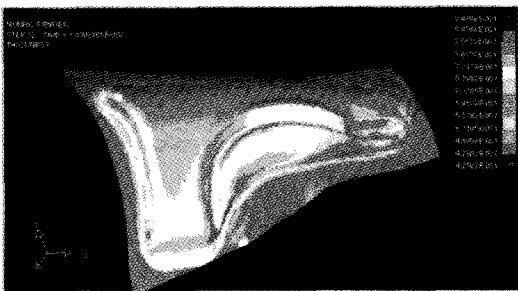


그림 2 박판성형 해석

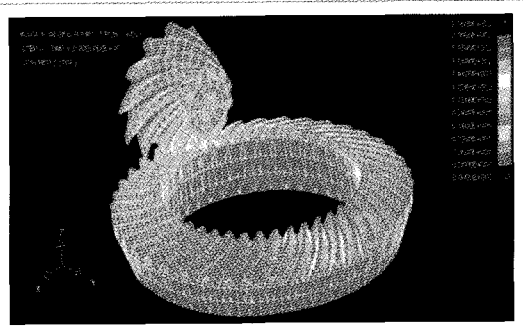
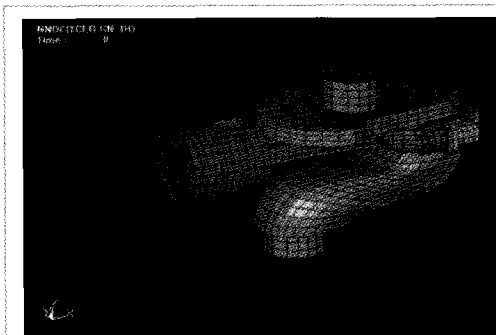


그림 3 LS-DYNA를 이용한 커넥팅 로드 및 기어의 다물체 동역학 해석

설계분야에 응용되고 있다. 총알 또는 미사일 등의 철판 관통 시 파손 거동을 해석 철판의 표면뿐 아니라 안쪽의 요소까지 접촉하도록 하였다.

- Explosives
- Penetration
- Underwater simulations
- Waste containment
- Weapon design
- 포신 진동 해석
- 마찰 해석

항공 우주산업 분야 :

우주산업 및 항공 분야의 발달과 더불어 이 분야의 전통적인 해석 프로그램과 더불어 새로운 분야의 해석에 있어서 핵심을 이루고 있다.

- Blade containment
- Bird strike
- Extraterrestrial landing delivery system
- Failure analysis

낙하·충격 해석 :

스포츠 용품, 공구, 일반기계, 전자제품, 휴대폰 등 낙하/충격/접촉시험 등을 필요로 하는 분야에 해석 툴(tool)로 이용되고 있다. 최근에는 모든 전자 제품에 대해 완전 포장된 상태에서 낙하 충격해석을 수행하고 있다.

- Baseball bats
- Can and shipping container design
- Cell phones
- Electronic component

design

- Golf clubs
- Hand tools

생체의학 :

충돌해석에 사용되는 인체 더미(dummy) 및 뼈구조, 치아 등의 인체의 학분야에 응용되고 있다. 이외에 인체의 상해도 측정 시에도 생체의학에 관련된 해석을 하고 있다.

- Dental
- Heart valves
- Orthopedics
- Prosthetics

건축/토목 :

포장도로 해석 및 설계, 건축물 지진해석, 도로 가드레일(guard rail)의 내충돌성 평가 그리고 해양 구조물의 여러 종류 해석에 응용된다.

그러나 새롭게 출시된 LS/DYNA 970에서는 함축 함수(implicit code)인 LS/NIKE3D를 사용하지 않고 정적 구조 해석을 할 수 있도록 지원하고 있다.

- Earthquake engineering
- Offshore platforms
- Pavement design

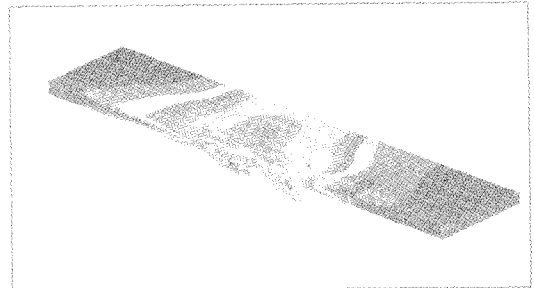


그림 4 국방분야에서의 관통 해석

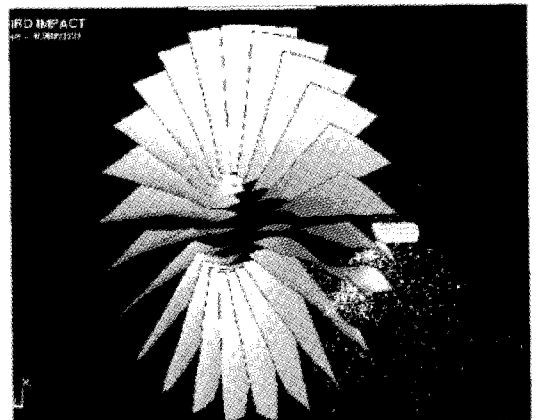


그림 5 항공기와 조류의 충돌 해석

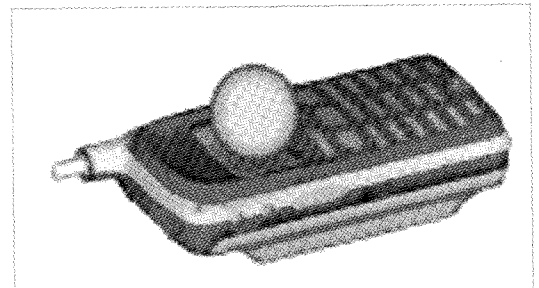


그림 6 휴대폰 낙하 해석

기타 :

그림 9는 액체를 담은 성자의 슬래시(sloshing) 현상을 보기 위해 시뮬레이션한 것으로서 유체와 구조물의 상호간섭효과를 고려하는 기능을 사용하였다.

- Glass forming
- Plastics, mold, and blow

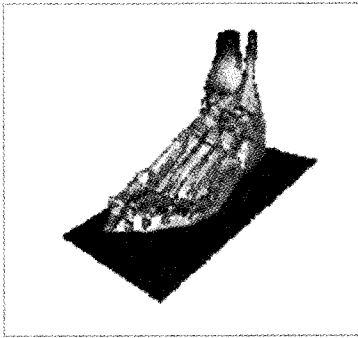


그림 7 발뼈의 생체역학 해석

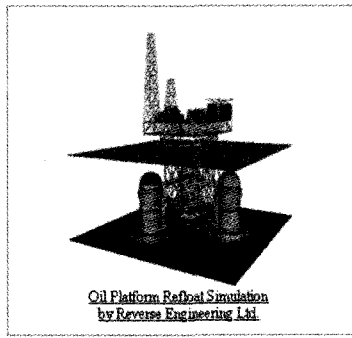


그림 8 해양구조물의 구조 해석

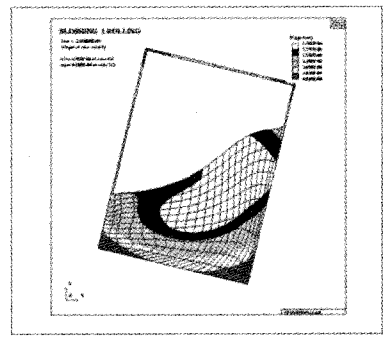


그림 9 액체 운반 컨테이너의 슬러싱 해석

- forming
- Civil engineering
 - ALE, structure and fluid interface
 - Acoustic
 - Sloshing / slamming
 - 파이프의 유동
 - 액체 탱크로리

특성 및 장점

LS-DYNA는 모듈별로 구성되어 있지 않으며 하나의 실행 파일로 해석 가능에서 명시한 해석을 할 수 있어 해석 엔지니어로부터 최고의 관심을 받고 있다.

1) Multi-physics problem을 하나의 프로그램으로 할 수 있어 엔지니어가 다른 해석을 하고자 할 때 간과할 수 있는 데이터 변환을 하지 않아도 된다.

2) 별도의 프로그램을 구입할 필요가 없어 투자 비용이 적으며, 같은 명령어 체계를 사용하고 있기 때문에 새로운 해석을 위한 기능을 익히기가 매우 용이하다.

3) 국내외 가장 범용화 되어 있

어 비선형 유한요소 해석 엔지니어가 가장 많이 사용하고 있는 프로그램 중의 하나이기 때문에 주변의 참고자료 및 전문가가 많아 문제 해결에 도움을 받을 수 있다.

4) 최근에는 요소의 크기가 작아지고 있어 요소수가 급격히 증가하고 있다. 현 추세에는 자동차 full vehicle FE modeling에 약 200만 개의 요소를 생성하고 있어 계산속도가 현저히 감소한다. 계산속도를 개선하기 위해서는 computer CPU의 개발과 더불어 프로그램의 지원이 필요하다. 이런 맥락으로 볼 때 LS-DYNA는 MPP 및 SMP를 모두 지원하고 있어 계산속도를 현저히 증가시키고 있다.

5) 사용자의 요구에 최대한 빠르게 대응하고 있어 최신의 알고리즘을 개발 출시하고 있다. SPH and EFG 등이 대표적인 최신 methodology이다.

New Version

LS-DYNA의 현 버전은 971-

7600이다. 내년도에 출시될 예정인 LS-DYNA에는 새로운 모듈이 추가될 예정이다.

1) 전산유체 해석 : 현재 FEM base의 전산유체해석을 지원하고 있으나, 새로운 형태의 알고리즘이 개발되어 탑재된다.

2) 전자기장 해석 : multi-physics program의 명성에 맞게 전자기장 해석 모듈이 추가 된다.

이로서 LS-DYNA 980이 출시되면 multi-physics를 지향하는 공학 프로그램의 선도적인 지위를 확고히 할 것이다.

지원 컴퓨터

- IBM/HP/SGI/SUN - 워크스테이션
- 슈퍼컴퓨터(MPP and SMP)
- 윈도우 98/2000/XP
- Linux
- 각종 Clustering
- RAM : 2GB
- CPU : 3.06GHz
- HARD : 40GB
- Graphic Card : 128MB