

# MSC.Dytran을 이용한 ELT Body-case의 낙하충격 시뮬레이션

## Drop/Impact Simulation of ELT Body-case with MSC.DYTRAN

백종진\*, 정도희((주)엘림시스)

### 1. 서 론

ELT(emergency locator transmitter - 항공기 탑재용 비상위치 송신기)는 항공기용 구명 무선설비로서 항공기의 조난 시에 A3X 전파 121.5MHz 및 243MHz를 사용하여 조난자의 표류 지점을 탐지할 수 있도록 사람의 개입 없이 신호를 자동적으로 송신하는 장치이다.<sup>(1)</sup> 외국의 경우, 캐나다, 프랑스, 러시아, 미국 등은 COSPAS-SARAST 시스템을 구축하여 국제적으로 공동 운영하고 있으며, 항공 SAR 무선장비는 주로 미국 및 유럽 지역 업체를 중심으로 생산되고 있다. 그에 반해, 국내의 경우는 COAPAS-SARSAT 회원국임에도 불구하고 해당 기술의 R&D가 전혀 이루어지지 않고 있어, 국내 민간 및 군용 항공기에 사용되는 ELT는 모두 외국회사 제품이다. 자동차 및 선박 등에 GPS를 이용한 위치 추적 기술이 응용되고 있으나 SARSAT과 같은 조난 항공기의 글로벌 위치 추적기술은 개발된바 없다.

2009년부터 406MHz의 ELT가 단독 운용되고, MEO 및 GEO 위성을 COSPAS-SARAST에 추가 연동시키는 방안이 진행됨에 따라 세계적으로 ELT 시장이 확대 되고 있는 실정이다. 이러한 실정에 발맞춰 국내에서 ELT 개발이 시급한 상황이다. 따라서 본 연구에서는 ELT의 국산화를 위해서 ELT 개발의 기반을 마련하고자 한다.

### 2. 본 론

#### 2.1 ELT의 기본고찰

ELT의 개념은 다음과 같다. 첫 번째, 조난 시 구조 요청위한 비상위치 송신기 작동. 두 번째, 탐색 구조 위성이 수신. 세 번째, 위성이 수신한 신호를 지역 기지국에 송신. 네 번째, 지역 기지에서 중앙 통제 센터로 송신. 다섯 번째, 구조 지원시설에 통보 및 구조작업 수행 등으로 이루어진다. ELT는 매우 복잡한 인터페이스 기술이

소요되며, 항공사고시 발생하는 극한 환경상황에 노출되었을 경우 대응기술이 요구된다.

항공기 사고는 대부분 극한 환경상황에 의해 부품의 파손을 초래할 수 있는 낙하충격과 Impact Shock와 같은 위험에 쉽게 노출될 수 있다.

본 논문에서는 ELT 제작의 처음 단계로서 시간과 경제적 손실을 최소화하기 위하여 제작 실험 이전에 ELT의 기본형상을 구상한 후 시뮬레이션을 수행하고자 한다. 현 시점에서 물리적 실험이 불가능하므로 낙하 충격에 대한 신뢰성을 확보하기 위하여 Karas' example의 이론식과 MSC.Dytran을 통한 시뮬레이션 결과를 비교하고자 한다. 궁극적으로 신뢰도 높은 해석기법을 제시하여 ELT의 다양한 낙하 충격에 대한 시뮬레이션을 수행하는데 그 목적이 있다.

ELT가 구조적으로 갖춰야할 기본적인 조건은 다음과 같다. 첫번째, 25kg의 물체를 15cm 높이에서 낙하시킬 경우. 두번째, 낙하시 100G, 500G의 충격량이 약 4초 동안 인가되는 경우. 세번째, 10G의 진동이 가진된 경우이다. 본 연구에서는 위의 첫 번째 단계를 시뮬레이션 하고자 한다.

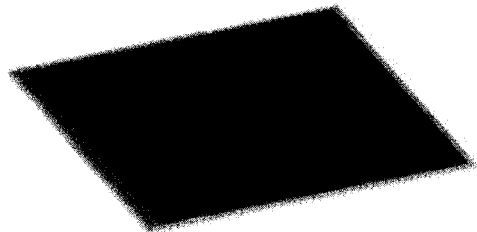


그림 1 FE modeling of a Karas example

#### 2.2 낙하충격 조건 및 FE 모델링<sup>(5)~(6)</sup>

ELT의 구성은 그림.1처럼 Body-case, Rear\_case, Battery Pack, Antenna로 구성되어 있다. 본 논문에서는 Body-case만 시뮬레이션 하였다. 먼저

해석의 신뢰성 확보를 위해 200mm×200mm×8mm 크기의 *steel plate*에 직경 10mm의 *Ball*을 자유낙하 시키는 *Karas' example(Rigid Ball & Plate)*을 해석하여, 이론식 결과와 비교하였다.

	Ball	Body
Young's modulus(Pa)		$2.08 \times 10^{11}$
Poisson' ratio		0.3
Mass density(kg/m <sup>3</sup> )		7850
Ultimate tensile...(MPa)		$4 \times 10^8$
mass(kg)	25	
velocity(m/s)	1.7146	

표 1 Mechanical properties in a Karas example

해석에 사용된 본체의 경우 재질은 알루미늄(AL-5056-TD)이며 해석시간과 오류를 최소화하기 위하여 모서리를 직각으로 수정하였다. (그림.2).

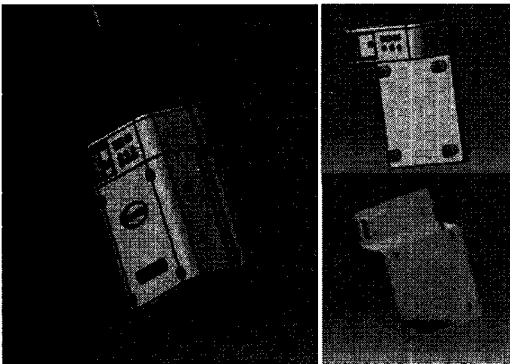


그림 2 Shape of ELT and CAD data for simulation

	Ball	Body
Young's modulus(Pa)		$7.1 \times 10^{10}$
Poisson' ratio		0.33
Mass density(kg/m <sup>3</sup> )		2640
Ultimate tensile...(MPa)		414
mass(kg)	25	
velocity(m/s)	1.7146	

표 2 Mechanical properties in a Body-case

25kg의 *Ball*을 15cm 높이에서 *Body-case*에 낙하시키는 해석 조건은 다음과 같다. *Ball*은 직경 20mm이며 두께는 2mm로 하였다 *Karas example*의 형상은 *MSC/Patran*을 이용하여 *Shell*로 표현하였다. *ELT Body-case*의 3차원 형상은 *Catia*를 이용하여 *solid*로 표현하였다. 낙하충격 시뮬레이션을 위한 *CAE* 프로그램으로 *MSC/Dytran*을 사용하였다.

*ELT Body-case*에 대한 유한요소 모델의 전체 요소의 수는 45845개, 전체 노드 수는 11345개이다. 요소의 수가 많을수록 시뮬레이션 시간이 길어지기 때문에 시뮬레이션에 큰 영향을 미치지 않는 부분에서는 요소를 줄였다. 또한, 돌출부위에 대해서는 평면으로 가정하여 모델을 단순화하였으며 충격특성을 갖는 유한요소 모델을 생성하기 위해 요소의 크기를 2.5(*meshing* 설정치)로 동일하게 하여 절점의 질(*mesh quality*)을 향상 시켰다.<sup>(2)</sup> 낙하물체와 *ELT Body-case*의 충격지점 *node* 위치를 일치시켜 해석의 정확성을 높였다.

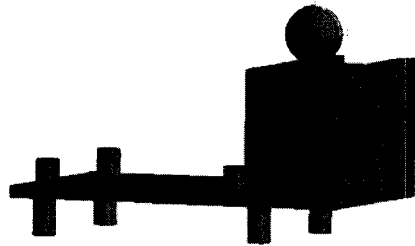


그림 3 FE modeling of a ELT Body-case

Time	Force (N)
0.00019615	0
0.00020004	46.955
~	~
0.00022011	1357.7
0.00022416	1296.6
~	~
0.00024407	33.91
0.00024811	0

표 3 Force at karas simulation

### 3. Karas' example 시뮬레이션 결과

이론식에 따른 계산결과와 시뮬레이션을 통한 결과를 비교하였다. *Max. contact force*의 경우 이론식 값은 1732.1N, 시뮬레이션 결과는 1357.7N이다. *Impact duration*의 경우 이론식 결과는 69  $\mu$ s, 시뮬레이션 결과는 52  $\mu$ s이다.<sup>(13)</sup>

이론식 결과와 시뮬레이션 결과의 차이는 15% 정도 나타나고 있다. 이론식과 시뮬레이션 이러한 결과의 차이는 이론적 구속조건과 실제 해석 조건과의 차이로 인해 발생하는 것으로 생각할 수 있다. 또한, 수십 차례의 해석결과 같은 경계 조건에서 요소와 노드의 개수에 따라서 최고 약 30% 정도의 결과 차이를 보이는 경우가 있었다. 즉, 좀더 세밀하게 메쉬를 나눌수록 더 높은 신뢰도를 확보할 수 있었다. 이의 경우 메쉬 설정치를 4로 하였기 때문에 *Body-case*의 경우는 좀더 신뢰할 수 있을 것으로 사려된다.

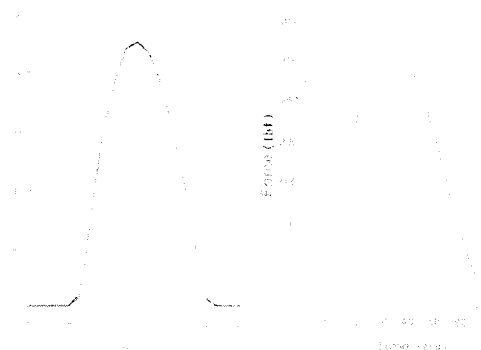


그림 4 Karas simulation and Theory

### 4. Body-case에 대한 낙하 충격 시뮬레이션 결과

*Karas example*의 해석 시뮬레이션 기법을 이용하여 *Body-case*를 해석하였다. Ball의 자유낙하시 속도는 1714.6mm/s이며 Ball과 *Body-case*의 접촉면과의 거리를 1mm로 하였으므로 충격 시간을 0.001초 동안 해석하였다. 해석 결과 충격시간 0.00058초에서 최대응력이 414MPa로 계산되었다. 충격시간 0.00058초는 두 물체가 접촉하는 순간을 나타내며, 이것은 재료의 항복응력이 414MPa이므로 낙하충격에 의해 *Body-Case*가 파괴된 것으로 판단할 수 있다. 이는 모델의 형상보다는 재질 선정에 있어 더 많은 노력이 필요한 것으로 사료된다.

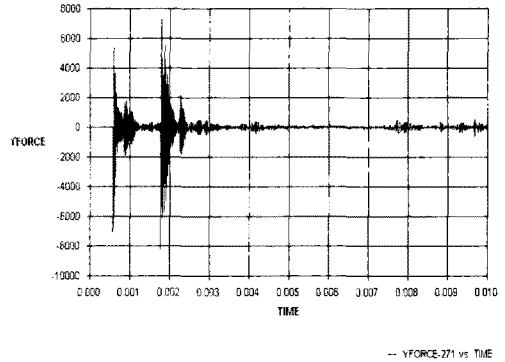


그림 5 Von-Mises stress of a Body-case

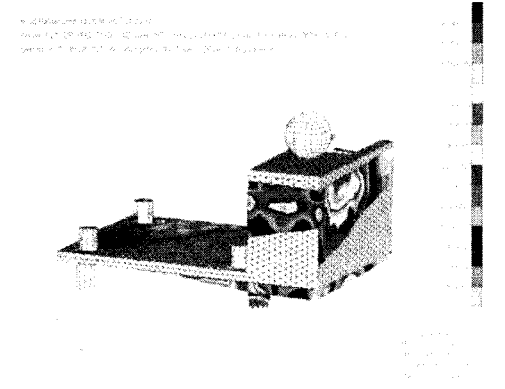


그림 6 Von-Mises stress contour of a Body-case

## 5. 결 론

ELT 설계에 있어서 구조의 안정성을 확보하기 위한 충격실험은 그 비용이 과다하므로 설계단계에서 시뮬레이션으로 문제점을 개선 할 수 있는 방법을 개발하고자 하였다. 또 시뮬레이션 방법은 충격 시 내부의 동적 거동을 관찰할 수 있다. 따라서 제품의 상대적 취약부분을 파악할 수 있으므로, 설계 수정 시 기초자료로 활용할 수 있다.

시뮬레이션 결과의 신뢰성을 확보하기 위하여 실험적 검증이 필요하지만 현 시점에서 실험이 불가능하여 *Karas example* 이론식 결과를 시뮬레이션하여 신뢰성 확보에 근접시키고자 하였다.

*Body-case*의 시뮬레이션 결과에서 충격 후의 응력값들은 항복응력을 초과하여 낙하 충격에 대한 파괴가 일어나므로 재질 선택 및 재설계가 불가피한 상황으로 판단되어진다. 향후 복합재질을

선정하여 시뮬레이션을 수행 한 후 그 결과에 따라 두 번째, 세 번째 조건을 시뮬레이션 하고자 한다.

### 참고문헌

- 1) 김태중, “왕복동형 압축기의 낙하충격 시뮬레이션 및 실험적 검증”, 한국소음진동학회논문집, 제17권 제6호, 2007, PP. 484~490.
- 2) 정도희, “위성 기반 항공 탐색구조시스템의 개념과 구성 기술”, 한국항공운항학회, 제13권 제4호, 2005, PP. 100~110.
- 3) *Serge Abrate, "Impact on Composite Structures" Cambridge Univ. Press, Illinois, 1998, pp.101~132.*
- 4) *W. J. Stronge, "Impact Mechanics" Cambridge Univ. Press, Illinois, 2000, pp128~130*
- 5) *MSC.Patran/Nastran, "User Manual, Linear Static, Normal Modes, and Buckling Analysis Using MSC.Nastran and MSC.Patran" 2003, MSC.Software Corporation*
- 6) *MSC.Dytran, "Instruction to MSC.Dytran DYT101 Seminar Workbook" 2005, MSC.Software Corporation.*