

MSC.Dytran을 이용한 100G, 500G 추락충격에 대한 ELT 시뮬레이션

100G, 500G Shock Simulation of ELT Body-case with MSC.DYTRAN

백종진*, 정도희((주)엘림시스), 조태균((주)사라콤)

1. 서 론

캐나다, 프랑스, 러시아, 미국등 주요관련국이 COSPAS - SARSAT 시스템을 구축하여 해상, 항공, 육상의 어느 장소에서나 조난자의 긴급구조신호를 수신하여 해당지역 구조대로 조난구조요청을 지원하는 시스템으로 LEO SAR(저궤도 구조위성) 7기, 와 GEO SAR(정지궤도 구조위성) 3기가 지구상공에서 조난자의 구조신호 406MHz, 121.5MHz의 구조신호를 수신하고 있다. 국제적으로 운영하고 있는 탐색구조시스템을 이용하기 위해서는 엄격한 COSPAS-SARSAT의 국제시험기준 T.001, T.007을 만족하여야 한다. COSPAS-SARSAT 구조시스템을 이용하는 단말기는 아주 엄격한 국제표준을 만족하여야 하며, 단말기가 결정적인 순간 제대로 작동되어 소중한 인명을 구조한다는 소명의식, 꾸준한 연구 및 기술투자가 뒷받침 되어야 한다.

국내 IT기반기술의 저변확대로 인하여 ELT 제품의 국내개발은 어렵지 않으나, 국제표준을 만족할 수 있는 국내개발은 쉽지 않다.⁽¹⁾

금번 국내에서 최초로 개발하는 ELT가 제대로 사용되려면 이러한 기술기준을 만족할 수 있도록 설계 및 개발이 되어야 된다. 따라서 본 연구는 현재 개발중인 ELT가 이러한 국제기준에 맞도록 하기 위하여 시험 및 평가방안을 도출하여 분석하였다. 이러한 분석을 통하여 국제시험기준을 이해하고 물리적 실험이전에 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 시간적 경제적 손실을 줄이고자 한다.

본 논문에서는 최적의 재료선정 및 형상에 대한 재설계 기초안 마련을 위해 송신기의 외부구조물의 컴퓨터 시뮬레이션을 수행하였다.

2. 본 론

2.1 비상위치 송신기 시험평가 분석⁽¹⁾

우리나라는 COSPAS - SARSAT 회원국임에도 불구하고 해당기술의 R&D가 전혀 이루어지지 않고 있어, 국내 민간 및 군용 항공기에 사용되는 무선 수색 및 구조장치는 모두 외국사 제품이며, 항공기 및 승객용 긴급 위치정보 송신 개인장비의 개발 및 사용은 사용 실적이 없다. 이에 따른 연구가 절실히 요구되었다. 뿐만 아니라 유럽의 경우 갈릴레오 계획의 수립과 동시에 단말기 개발이 시작되었다.

항공기 및 승객용 긴급 위치정보 송신 장치는 조난 시 구조 요청 장치로서 작동을 시작하면 탐색구조 위성이 그 신호를 수신 받아 지역 기지국에 발신하며, 지역 기지국에서 중앙 통제 센터로 발신하고, 구조 지원시설이 이를 통보 받아 구조 작업을 수행하는 개념이다. 개발된 단말기의 요구사항 대비 시험결과 및 시험방법은 다음과 같다.

2.1.1. ELT 하드웨어(Hardware) 시험 및 검증

반송파 주파수 : 406.037 ± 2 kHz

주파수 안정도

- 단기: $2 \times 10^{-9} / 100\text{ms}$ 이하

- 중기 Mean Slope : $\pm 1 \times 10^{-9} / \text{minutes}$ 이하

Variation : 3×10^{-9} 이하

출력 : $5\text{W} \pm 2\text{dB}$

데이터 부호화 : Bi-phase L

변조 : 침두치 ± 1.1 라디안

오류 모드 : 반송파 연속송신 45초 미만

반복 주기 : 50초 $\pm 5\%$

송신 시간 : 440 ms (단문), 520 ms

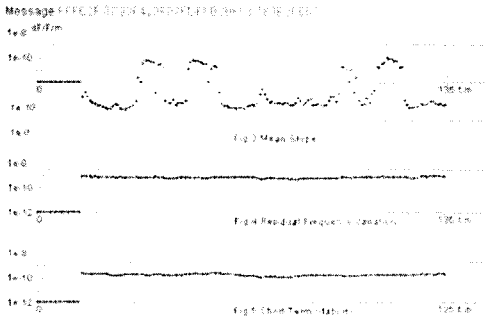


그림1. 주파수 안정도 시험

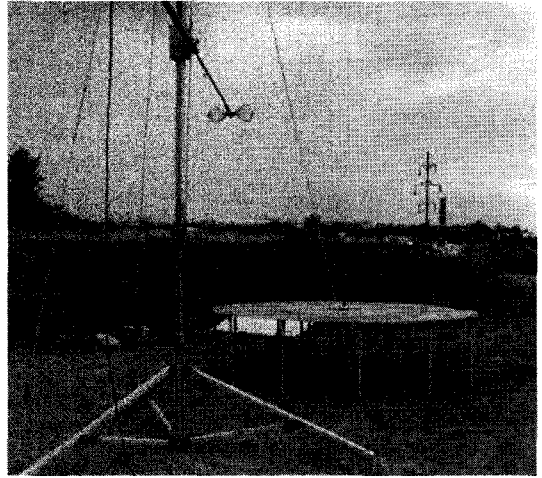


그림4. 안테나 방사패턴도 시험시설

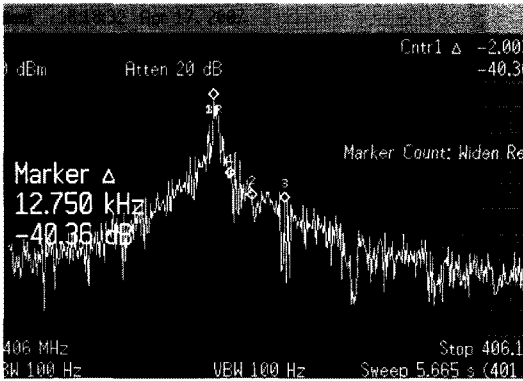


그림2. 출력 스펙트럼 분석도

2.1.2. ELT 안테나 방사패턴 검증

방사패턴 : hemispherical (반구)
 편파 : RHCP(회전편파), 직선편파
 이득 : -3dBi ~ 4dBi
 (각각 5° ~ 60°)
 이득편차 (방위각기준) : 3dB 이하
 VSWR : 1.5 : 1 이하

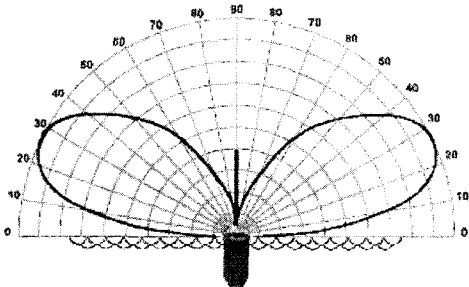


그림3. 안테나 방사패턴도

2.1.3. 기구물 및 환경요건

- 1) 자동송출기능 : 충격센서를 장비내부 또는 기체내부에 부착하여 기체에서 심한 충격이 감지되면 자동으로 작동(Activation) 되는 기능
- 2) 온도 요건
 - 저온저장온도 : -55° C
 - 고온저장온도 : +85° C
 - 운용온도 : +55 ~ -20° C
- 3) 최소운용시간 : 24 시간, 운용온도 범위 내.
- 4) Shock Test 요건

적용문서

TSO-C91A 또는 TSO-C126

시험항목

- Penetration Test (항공기 추락시 장비의 생존성 시험)
 - 질량 25 kg의 경화 금속편을 ELT 15cm 상공에서 낙하시킴.
- Impact Test(추락 생존성 시험)
 - 23±2 milliseconds동안 100G의 충격을 가함(추락 충격하중 시험, 이때 ELT가 활성화되어야 함)
 - 4±1 milliseconds동안 500G의 충격을 가함(경착륙시험, 이때 ELT가 활성화되어서는 않됨)
- Thermal Chamber Test(배터리의 수명 및 ELT 안정성 시험)
 - Thermal Chamber에서 -40도/+55도 사이에서 시험.
- 진동 요건
 - 10G로 가진
- 5) 압력 시험: 권고사항

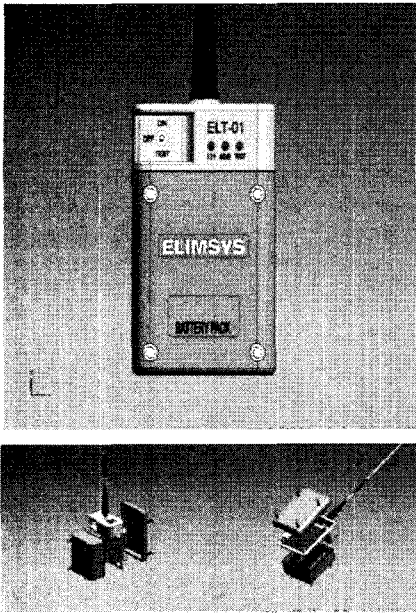


그림 5. 개발 ELT 기구부의 형상

2.2 FE 모델링⁽⁶⁾⁻⁽⁷⁾

해석에 사용된 모델의 경우 재질은 알루미늄 (AL-7076-TD)이며 해석시간과 오류를 최소화하기 위하여 모서리를 직각으로 수정하였다. (그림.6).



그림 6. 시뮬레이션을 위한 형상 수정

100G, 500G 상황에서 낙하충격에 대한 컴퓨터 시뮬레이션 전체리 과정은 다음과 같다. 유한요소 모델의 전체 요소의 수는 32938개, 전체 노드 수는 28470개이다. 송신기가 추락시에 발생하는 경우이므로 모델을 바닥에 부딪치는 상황을 모사하였다(그림 7).

100G의 경우 바닥과 모델의 간격 1mm에서 1400mm/s의 속도로 부딪치도록 하였다. 충격시간이 대략 0.7ms이므로 송신기가 활성화되어야 할 시간동안의 응력상태를 보기위하여 충격시간 범위를 5ms 까지 설정하였다.

500Gf의 경우 바닥과 모델의 간격 1mm에서

3130.5mm/s의 속도로 부딪치도록 모사하였다. 충격시간이 대략 0.32ms이므로 송신기가 활성화가 되어서는 안 되는 시간동안의 응력상태를 보기위하여 충격시간 범위를 5ms 까지 설정하였다.

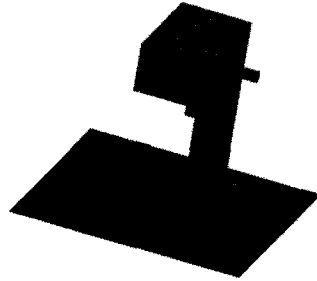


그림 7 시뮬레이션을 위한 유한요소모델링

	Floor	Body
Young's modulus(Pa)		72×10^9
Poisson' ratio		0.33
Mass density(kg/m^3)	7850	7850
Ultimate tensile...(MPa)		4×10^8
mass(kg)		
velocity(m/s)		

표 1 시뮬레이션을 위한 재료 물성치

2.3 추락충격에 대한 시뮬레이션 결과

송신기가 활성화되어야 할 추락 충격하중 시험에 대한 100G의 충격을 가하였다. 충격시작 시간인 0.7ms에서 응력이 발생하기 시작해서 0.9ms에서 항복응력에 도달한 후 3ms에서 모델이 파괴되었다.

또한, 송신기가 활성화 되어서는 안 되는 충격하중 시험에 대한 500G의 충격을 가하였다. 충격시작 시간인 0.322ms에서 응력이 발생하기 시작해서 0.44ms에서 항복응력에 도달한 후 이 경우 또한 재질의 특성으로 인해 3ms에서 모델이 파괴되었다. 위의 두 경우 각각의 노드점을 그래프로 확인한 결과 항복응력 값에 주로 다다른 부위는 모델의 가장자리와 나사 체결을 위해 설계된 돌출부위가 모사되는 곳에서 나타났다.

그 외 부분에서는 항복응력에 훨씬 못 미치는 응력 값을 나타내었다.

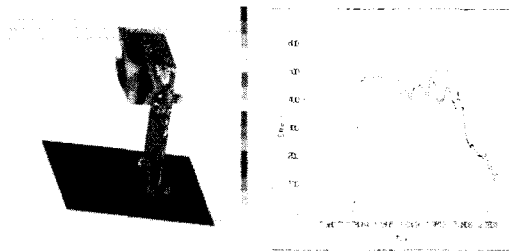


그림 8 100G 충격에서의 응력분포도와 그래프

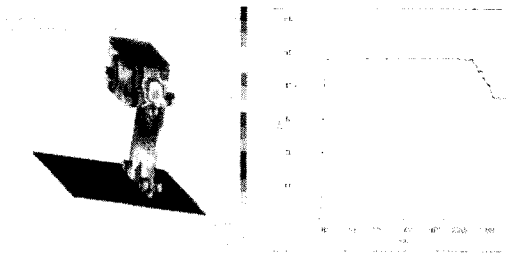


그림 9 500G 충격에서의 응력분포도와 그래프

3. 결 론

GPS를 이용한 항공기 탑재용 ELT는 항공기 조난 시 조종사가 신호 발생뿐만 아니라 항공기의 위치정보를 송신해주어 GPS 좌표정보의 확인이 가능한 기능이 부가 되어서 신속 정확한 구조 활동과 인명구조를 극대화 시킬 수 있는 필수적인 장비의 개발이다. 즉, 요구사항의 충족을 위해 철저한 개념설계와 비교검증의 필요에 따라 송신기 개발단계의 하나인 하드웨어 시험 및 검증의 시작인 컴퓨터 시뮬레이션을 수행하였다. 송신기가 직접 바닥에 부딪치는 극단적인 상황을 모사하였다. 모사결과 재질이 파괴되는 상황으로 인해 요구되는 규격에 도달하지 못하였다. 항복응력값에 도달하여 파괴가 이루어지는 곳으로 예측되는 곳을 확인할 수 있었다. 차후 이러한 점을 보완하기 위해 재질의 재선정 및 댐퍼 부착과 같은 재설계가 필요하다고 사료된다.

참고문헌

- 1) 정도희, “비상위치 송신기(ELT) 제작 및 시험평가”, 항공우주학회
- 2) 김태중, “왕복동형 압축기의 낙하충격 시뮬레이션 및 실험적 검증”, 한국소음진동학회

논문집, 제17권 제6호, 2007, PP. 484~490.

3) 정도희, “위성 기반 항공 탐색구조시스템의 개념과 구성 기술”, 한국항공운항학회, 제13권 제4호, 2005, PP. 100~110.

4) Serge Abrate, "Impact on Composite Structures" Cambridge Univ. Press, Illinois, 1998, pp.101~132.

5) W. J. Stronge, "Impact Mechanics" Cambridge Univ. Press, Illinois, 2000, pp128~130

6) MSC.Patran/Nastran, "User Manual, Linear Static, Modal Modes, and Buckling Analysis Using MSC.Nastran and MSC.Patran" 2003, MSC.Software Corporation

7) MSC.Dytran, "Instruction to MSC.Dytran DYT101 Seminar Workbook" 2005, MSC.Software Corporation.