

# 소형화된 블랙박스의 관통저항력 해석을 통한 최적화 Optimization of Minimized Blackbox by Penetration Resistance Analysis

조용래† · 이석규\* · 최지호\*\* · 이병호\*\*  
Ungrae Cho, Sockkyu Lee, Jiho Choi and Byungho Lee

## 1. 서 론

항공기는 추락사고와 같은 극한조건에서 비행시 기록된 비행데이터를 보존하는 기록장치가 필요한데, 흔히 블랙박스라고 부르는 장치이다. 최근 소형 고용량 블랙박스의 세계적인 개발추세에 따른 소형화 요구가 대두되고 있으며, 따라서 블랙박스의 소형화는 필수불가결 하다고 할 수 있다. 본 연구에서는 관통저항력 해석을 통하여 기존 자사 블랙박스의 강건설계를 유지하면서 소형화를 달성할 수 있는 방안을 제시하였다.

## 2. 본 론

### 2.1 항공용 블랙박스 구조

이미 개발된 블랙박스의 형상은 Fig. 1과 같다. 여기서, 비행 데이터 및 음성신호등이 저장되는 곳은 자료보호모듈내의 메모리보드이며, 따라서 자료보호모듈은 극한환경에서 살아 남아야 하는 가장 중요한 구성요소라고 할 수 있다. 블랙박스의 기본 구조는 장치의 핵심인 자료보호모듈을 극한의 충격 및 열로부터 보호하기 위하여 하우징, 상변화물질, 단열재, 하우징, 단열재, 하우징, 자료보호모듈의 구조로 설계되어 있다.

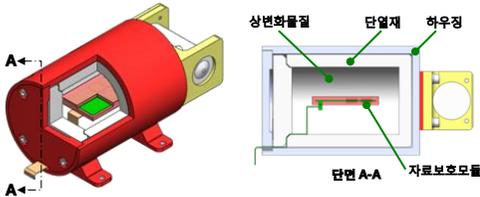


Fig. 1 Structure of Blackbox

### 2.2 관통저항력 시험조건 및 시험규격

Fig. 2는 ED112<sup>(1)</sup>규격에 나온 관통저항력 시험장치를 보여준다. 관통저항력 시험방법은 227kg의 무게 추를 3m 높이에서 소형화 블랙박스의 가장 취약한 부위로 낙하시켜 관통저항력을 검증하는 시험이다. 블랙박스는 모래 위 Plate 위에 놓여지며, Plate는 두께 6.35mm이며, 최소 0.06m<sup>2</sup>의 넓이를 가지며, 모래중양에 위치한다.

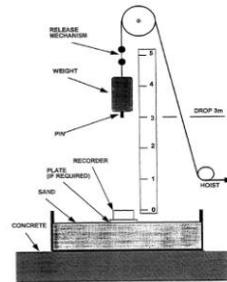


Fig. 2 Tester

Plate를 지지하는 모래의 깊이는 0.5m이며, 모래 15L 당 물 1L의 비율로 수분을 유지해야 한다.

무게 추에 장착된 원형 Pin은 직경 6.35 ± 0.1mm, 경도는 Rockwell C39-C45이며, 무게 추에서 40mm ± 0.1mm 정도 돌출되어야 한다. 시험목표는 극한관통시험 규격을 만족하여야 하기 때문에 관통시험 최대응력이 1100Mpa 이하가 되도록 설정하였다.

### 2.3 유한요소 해석 모델

#### 2.3.1 물성정보

블랙박스 하우징 및 하우징을 지지하고 있는 Plate의 물성치는 일반적인 티타늄과 철의 물성치를 적용하였으며 Pin은 점질량을 이용하여 Rigid 요소로 구성하였다. 모래는 모래조건 규격에 따른 모래입도분포와 Lee<sup>(2)</sup>의 연구결과를 참조하여 응력-변형률곡선을 추정하여 사용하였다.

† 교신저자; 조용래, LIG 넥스원(주)

E-mail: Ungrae.cho@lignex1.com

Tel : 031-8026-4914, Fax : 031-8026-7100

\* LIG 넥스원(주)

\*\* LIG 넥스원(주)

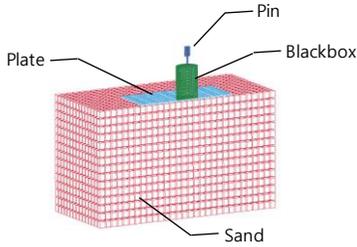


Fig. 3 Finite Element Model

#### 2.4.2 경계조건

FE모델은 해석의 용이성을 위해 Fig. 3과 같이 대칭모델로 구축하였으며 경계조건은 모래의 최외각 부위의 자유도를 구속하였고, Symmetric 면의 수직 방향을 구속하였으며, 추의 충돌 시 초기속도는 7.67m/s를 적용하였다. 또한 Contact 조건은 Auto-matic Surface to Surface로 주었으며, 모든 시험 물체에 중력가속도 9.8m/s<sup>2</sup>를 적용하였다

Table 1 Material Properties

	Young's Modulus(GPa)	Poisson's Ratio	Yield Strength(MPa)
Box	114	0.3	860
Pin	200	0.3	1200
Plate	200	0.3	270

Table 2 Sand Fineness Spec

% By Mass	Particle Size (Micrometers)
1 Max	Greater than 710
2-4	500-710
10-14	355-500
25-35	250-355
25-35	180-250
15-23	125-180
4-7	90-125
2 Max	Less Than 90

### 2.4 블랙박스 관통해석 수행

#### 2.4.1 설계인자 설정

본 연구에서는 블랙박스를 소형화를 위해 장비의 형상, 사이즈 및 내부몸체 재료 체적비에 따른 3가지 인자에 대한 열특성을 분석과 연계하여 관통해석을 통해 구조적으로 안정한 두께를 검토한다. 이를 위한 설계 인자는 Fig. 4와 같이 하우징 형태와 두께 그리고 내부상변화 물질을 위한 일정 부피 확보로 설정하였다. 하우징 형상은 기존 미국 및 유럽의 항공선진국업체(Honeywell, GE Aviation, Smith Aerospace, L3 EDI등)의 모델을 반영하여 원통과 사각기둥 형태로 선정하였으며, 하우징의 두께는

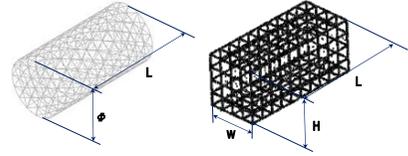


Fig. 4 Blackbox Design Parameters

소형화 목표달성을 위해 기존자사에서 개발한 블랙박스 두께인 6.5t보다 얇은 조건을 설정하였다.

#### 2.4.2 관통저항력 해석을 통한 최적화 수행

앞에서 제시된 설계인자를 적용한 모델에 대한 관통저항력 해석을 수행하였다. Fig.5는 블랙박스가 Pin에 의해 관통될 때와 관통되지 않았을 때의 모습을 보여주고 있다. 대표적인 모델의 결과는 Table 3과 같으며 원통일 때 두께 5.5t가 형상 대비 최적화된 두께임을 알 수 있다.

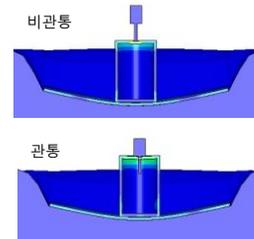


Fig. 5 Deformed Shape of Blackbox

Table 3 Summary of results

Shape, Size, Thickness	Stress(GPa)	Penetration
Cylinder, Ø105x113, 6.0t	1.04	No
Cylinder, Ø105x113, 5.5t	1.12	No
Cylinder, Ø105x113, 5.0t	1.32	Yes
Cylinder, Ø100x118, 5.5t	1.09	No
Box, 95x95x109, 5.5t	1.17	No
Box, 95x95x109, 5.0t	1.35	Yes

### 3. 결 론

본 연구에서는 항공용 블랙박스에 대해 수행해야 하는 극한환경시험 중 관통저항력시험에 대한 해석을 기술하였다. 본 연구결과를 통해 블랙박스의 관통저항력 해석 수행 절차를 확립하고, 소형·경량화할 수 있는 최적형상 및 하우징 두께 값을 확인하였다.

#### 참조문헌

- ED-112, Minimum Operational Performance Specification for Crach Protected Airborne Recorder Systems, March 2003
- K. 상태에서 모래의 전단강도 특성에 관한 실험적 연구(이영생, 최재원), 대한토목학회논문집 vol.20.No.7 [2000]