

발사 후 은닉형 배꼽연결기 분리장치에 관한 연구

A Study on the Hidden Type Separation Device for Missile Umbilical Connector

안 수 흥*

Soo-Hong Ahn

ABSTRACT

After the missile is launched, the umbilical connector should be separated from it without any physical interference. The umbilical separation device, for this purpose, was developed by means of new concept. Using the investigation of various methods to separate the umbilical connector, a suitable method was selected and a corresponding device was designed and manufactured. To ensure the performance of the developed device, numerical analysis and performance test were conducted and correction was followed. The umbilical separation device was applied to real system operation test and its operation performance was tested. In consequence, several problems were founded, however, good results were generally obtained.

Keywords : Umbilical Connector(배꼽 연결기), Umbilical Separation Device(배꼽 분리장치)

1. 서론

배꼽은 유도탄이 발사되기 전까지 유도무기와 지상 장비와의 교신, 점검 등의 임무를 수행하는 통로가 되지만, 유도탄 발사 이후에는 기능이 필요 없으므로 분리되어야 하며, 분리 시 유도탄이나 발사관과의 간섭이 없어야 한다. 이와 같이 유도탄으로부터 배꼽을 분리하는 장치를 일반적으로 배꼽 분리장치라 부른다^[1,2].

배꼽은 유도탄의 다양한 위치에 장착될 수 있으나 본 논문에 있어서는 측면에 장착되며, 발사 후 은닉이 요구되는 배꼽연결기를 위한 분리장치의 필요성이 요

구되었다. 따라서, 기존에 개발된 다양한 배꼽 분리장치를 고찰하였으나, 운용개념, 유도탄 발사방식 등의 요구조건에 부적합하여 새로운 분리장치 시스템을 개발할 필요성이 대두되었다.

분리장치 개념설계를 수행하기 위하여 배꼽 연결기 분리력, 분리 소요시간, 장착 위치 등의 설계 요구조건이 도출되었고, 이를 바탕으로 스프링 구조를 이용한 배꼽 분리장치를 연구하였다.

분리장치 설계 초기에 거동을 예측하기 위한 수치 해석 프로그램이 개발되었고, 많은 가정 및 단순화 과정이 도입되었다. 이 과정 중 무시되었던 케이블의 구조적 특성 등의 변수들은 실제 시스템의 거동에도 영향을 미칠 것으로 판단되어 상용 동역학 프로그램인 ADAMS를 이용한 시뮬레이션을 추가적으로 수행하였다. 해석 모델은 실제 분리장치 체윈을 바탕으로 구

† 2013년 6월 20일 접수~2013년 9월 13일 게재승인

* 국방과학연구소(ADD)

책임저자 : 안수흥(ahn4207@add.re.kr)

성되었으며, 케이블과 구성품 등이 모델링에 포함되었다.

본 논문에서는 배꼽 분리장치의 개발 및 검증과정 그리고, 분리장치의 거동을 모사하기 위한 시뮬레이션 과정 등에 대해 소개하고자 한다.

2. 배꼽 분리장치 설계

가. 배꼽 분리방식 고찰

배꼽 분리방식은 일반적으로 유도무기의 발사위치(해상, 지상, 공중, 수중)에 따라 설계조건이 크게 달라지며, 배꼽 형태도 다소 차이를 보이게 된다. 해상 또는 지상운용 비행체(유도무기, 표적기)의 경우, 배꼽은 통상 비행체 몸체 중앙 또는 후방 끝단에 설치된다. 하푼의 경우, 배꼽은 몸체 후방 끝단인 부스터 끝에 설치되어 있으나, 이 경우에는 기미부 구조물과 엔진 노즐 사이의 공간이 상대적으로 큰 경우이거나, 배꼽 연결기가 기체 외부로 돌출되어도 상관없는 경우이다. 비행체 몸체 중앙에 배꼽이 설치된 경우로는 Exocet의 분리장치와 표적기(MQM-107D)가 있다. Exocet의 경우, deadface type의 배꼽을 사용하여 배꼽 분리 후 습기 등의 영향을 고려할 필요가 없으므로 분리된 배꼽면이 탄 외부로 노출되어 있어도 무방한 경우이다. 배꼽 분리장치는 스프링을 사용하는 방식으로 별도의 점검문 없이 탄내배꼽과 탄외배꼽 연결기 및 분리장치의 조립이 가능하다는 장점이 있다. 그러나, 이런 분리방식은 deadface type의 배꼽 확보가 선결되어야 하며, 컨테이너(Exocet는 컨테이너에 장입되어 사용됨)에 분리장치 설치 공간이 많이 확보되어야 한다. 표적기의 경우, 배꼽 분리는 JATO가 점화되기 60여초 전에 수행되며, 탄내 배꼽이 외부로 노출되어 있으므로 짧은 시간동안 비행하는 무기체계에 주로 사용되는 유형이다. 또한 이와 같은 유형은 발사관이 따로 존재하지 않는 경우에 사용되며, 배꼽을 분리하기 위하여 압축공기를 제공하는 지상장비가 부가적으로 필요하다.

나. 배꼽 분리장치 설계요구조건

시스템에 적용할 배꼽 연결기는 축방향으로 임의의 하중을 가하면 분리되는 Break away 형태의 연결기이며, 분리력이 선정된 배꼽 연결기의 체결력보다 큰 경우에 분리가 이루어진다. 분리각도에 따른 분리력 조건은 Table 1 및 Fig. 1과 같다.

Table 1. The condition of connector separation

분리력 각도	0° Pull	15° Pull
분리력(Kgf Max)	40.82	45.36

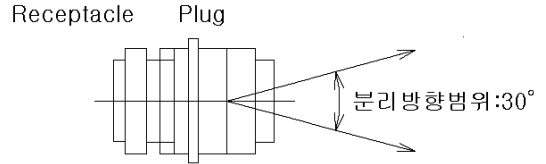


Fig. 1. The condition of connector separation

본 논문에서 기술하는 분리장치가 적용되는 유도탄은 발사관을 사용하게 되므로 적층 시 발사관과의 간섭이 없어야 한다. 또한, 유도탄 발사 후 배꼽 분리장치의 위치로 후방의 돌출부가 지나가게 되므로 유도탄과 연결되어 있는 연결기, 케이블, 발사관부 분리장치 등은 이와 간섭이 발생하지 않도록 이동하여야 한다.

다. 배꼽 분리장치 개념 설계

탄내 배꼽 연결기는 기체 외피의 일부가 되는 탄내 배꼽면에 조립되며, 탄외 배꼽 연결기는 발사관부 분리장치에 조립된 후 연결기가 체결된다. 유도탄과 발사관 분리 후 탄내 배꼽 연결기는 배꼽면에 조립된 상태로 기체 외피 내부로 이동되어 외부의 환경에 노출되지 않도록 설계하였다. 탄외 배꼽 연결기는 발사관부 분리장치에 의해 발사관 외부 상간의 덮개 내부로 이동되도록 설계하여 돌출부와와의 간섭을 피하고 화염의 직접적인 노출로 보호되도록 하였다.

Fig. 2에 배꼽 분리장치의 개략도 및 설계 개념을 도시하였으며, 관련 설명은 아래와 같다.

- ① 배꼽연결기 조립
- ② 유도탄이 발사되면서 배꼽 연결기 분리
- ③ 분리된 연결기가 상단으로 운동
- ④ 분리된 연결기가 멈춤바 통과
- ⑤ 연결기는 계속 상단으로 운동하며 멈춤바는 초기 위치로 되돌아 감.
- ⑥ 정점에 도달한 배꼽 연결기 하강 운동
- ⑦ 하강 운동하던 배꼽이 멈춤바에 걸림
- ⑧ 배꼽 연결기는 스프링력에 의해 진동하며 평행상태에 도달

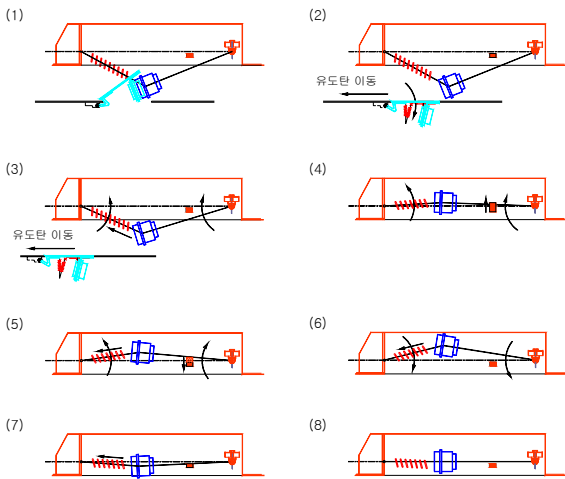


Fig. 2. The design concept of separation device

라. 배꼽 분리장치 세부 설계

배꼽 분리장치 설계는 크게 유도탄부 배꼽문 설계와 발사관부 분리장치 설계로 나뉜다. 배꼽 분리장치의 각 부품들은 그 치수가 작고 배꼽 연결기의 분리력과 직접적으로 연관되는 부품(예를 들면 연결기 어댑터 등) 이외에는 특별히 큰 외력이 작용하는 부분이 없으므로 구조 강도상 취약한 부분은 없다고 판단되었다. 또한, 외력이 작용하지 않는 부분 중 작동 중에 변형을 유발시킬 요인이 있는 경우도 거의 없는 것으로 사료되었다. 따라서, 설계는 주로 배꼽 분리장치의 기능성 및 안정성을 감안하여 수행되었고, 그 기능에 따른 각 부품의 세부적인 형상 및 치수 결정에 중점을 두었다.

배꼽문은 배꼽 분리 후 닫혀서 기체 외형과의 연속성을 유지하기 위해 기체 곡률과 동일하게 설계하였고, 탄내 연결기를 조립할 수 있도록 설계하였다. 아래에 배꼽문 세부 구성품의 기능을 나타내었고, 개략 형상은 Fig. 3에 나타내었다.

- ① 배꼽문 : 배꼽 분리 후 스프링으로 닫혀서 기체표면과의 연속성을 유지한다.
- ② 연결기 어댑터 : 배꼽문 쪽에 체결되어 유도탄부 배꼽 연결기를 지지한다.
- ③ 개폐 브래킷 : 지지대와 핀으로 연결되어 배꼽문의 개폐를 조절한다.
- ④ 지지대 : 개폐 브래킷이 핀으로 연결되어 배꼽문과 기체의 상대운동/체결 지지

- ⑤ 걸림장치 : 유도탄 발사 후 배꼽문이 닫힌 상태를 유지하도록 한다.

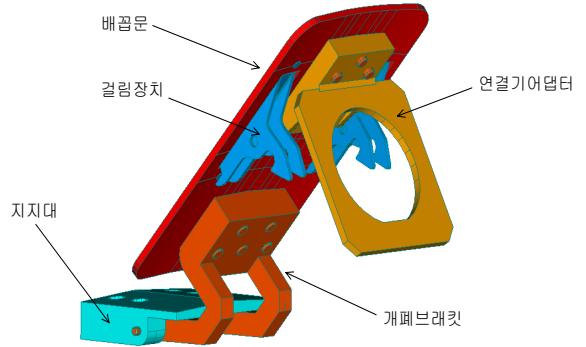


Fig. 3. The components of umbilical door

탄외부의 발사관부 분리장치는 발사관에 부착되고, 유도탄 발사 전에는 배꼽 연결기에 의해서 탄내 케이블과 체결되며, 유도탄 발사 후 분리된 배꼽 연결기와 케이블을 발사관 상단의 덮개 안으로 이동시켜서 돌출부와의 간섭을 피하고 화염으로부터 연결기와 케이블을 보호하도록 설계하였다. 아래에 발사관부 분리장치 세부 구성품의 기능을 나타내었고, 관련 형상은 Fig. 4에 나타내었다.

- ① 고정용 마운트 : 발사관부 배꼽분리장치와 발사관을 체결한다.
- ② 연결기 연결바 및 연결축 : 배꼽 연결기를 체결하고 배꼽 분리 후 힌지를 중심으로 스프링력에 의한 거동을 유도한다.
- ③ 장력조절바 : 발사관부 분리장치에 조립되어 스프링 장력을 조절할 수 있게 한다.
- ④ 고정 덮개 조립체 : 연결기 연결바와 배꼽 연결기를 체결한다.
- ⑤ 멈춤바 : 연결기 연결바와 이에 조립된 배꼽 연결기가 발사관 상단으로 이동한 후 내려오지 못하도록 한다.
- ⑥ 스프링 : 배꼽 분리 후 발사관부 분리장치를 운동시킨다.
- ⑦ 힌지 마운트 : 고정용 마운트와 연결기 연결바를 체결한다.
- ⑧ 분리장치 덮개 : 화염, 습기 등 외부환경으로부터 발사관부 분리장치를 보호한다.

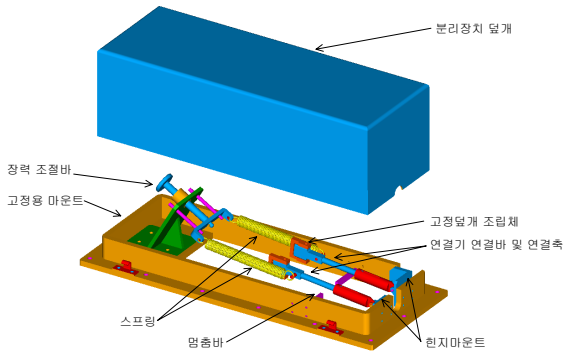


Fig. 4. The components of separation device in canister

3. 분리거동 시뮬레이션

분리장치 개발 초기에 간단한 수치해석으로 분리장치의 거동을 예측하였다. 그러나, 이 과정 중 무시되었던 케이블의 구조적 특성 등의 변수들은 실제 시스템의 거동에도 영향을 미칠 것으로 판단되어 상용 동역학 프로그램인 ADAMS를 이용한 시뮬레이션을 수행하였다.

가. 모델링 과정

분리장치 모델링에는 크게 다음의 가정을 사용하였다. 첫째, 힌지부분에 발생할 수 있는 마찰은 무시한다. 둘째, 연결기 연결바에는 구조적 굽힘이 존재하지 않는다. 셋째, 케이블의 강성은 균일하며, 질량은 균일하게 분포되어 있다.

이러한 가정을 바탕으로 케이블의 구조적 강성 및 감쇠의 영향을 고려하기 위하여 다수의 강체와 그 강체 사이를 연결하는 등가강성을 구하여 모델링하였다. 또한 가상의 파트 2개를 이용하여 스프링의 질량을 모델링하였으며 멈춤바는 굽힘강성을 구하여 스프링으로 모델링하였다.

1) 모델의 구성

배꼽 분리장치는 크게 운동 파트와 비운동 파트로 구분할 수 있다. 운동 파트는 배꼽 연결기 및 케이블, 연결기 연결바, 스프링 등으로 구성되며, 비운동 파트는 장력조절바, 연결바가 고정되어 있는 힌지부, 발사관에 고정된 마운트 등으로 구성되어 있다. Table 2에 강체로 모델링한 운동 파트의 질량을 정리하였고, 모델링에 사용된 구속조건을 Table 3과 Fig. 5에 나타내

었다. 모든 파트는 실제 제원과 물리량을 바탕으로 모델링하였다.

Table 2. Mass of moving parts

항	목	질량(kg)	비고
운동 파트	배꼽 연결기	0.0500	
	연결기 연결바	0.2781	2EA
	배꼽 케이블	0.1026	
	스프링	0.0685	2EA

Table 3. Used constraint in modeling

항목	구속 조건	조인트 수	파트
운동 파트	Revolute 조인트	1	연결바-힌지축
	Revolute 조인트	1	케이블-마운트
	Spring-Damper	2	스프링
비운동 파트	그라운드	1	마운트
	Fixed 조인트	1	연결바-연결바
	Fixed 조인트	1	연결바-연결기
	Fixed 조인트	1	장력조절바-마운트
Fixed 조인트	1	케이블-연결기	

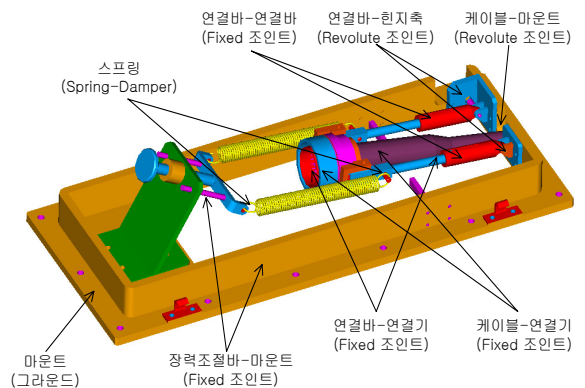


Fig. 5. Used constraint in modeling

2) 케이블 모델링

케이블은 배꼽 분리 후 연결기 및 연결바와 함께 움직이며 굽힘 운동을 한다. 따라서, 케이블의 굽힘 운동

을 적절하게 모델링하는 것은 매우 중요하다.

강체 동역학에서 구조물의 유연성을 고려하여 해석하는 일반적인 방법으로는 유한요소 모델로부터 여러 개로 나누어진 집중 질량체로 가정하여 등가의 강성 행렬과 댐핑행렬을 구하는 Discrete Method와 유한요소 모델의 고유치 해석을 통해 구한 고유벡터(Eigen Vector)를 이용하는 Modal Flexibility Method가 사용되고 있다^[3]. 본 논문에서는 Discrete Method를 이용하여 마운트에서 연결기까지의 케이블을 8개의 강체와 이를 연결하는 등가강성으로 모델링함으로써 케이블의 굽힘 운동을 고려하고자 하였다.

케이블을 집중질량과 이를 연결하는 등가강성으로 모델링하는 데 필요한 강성 E 값은 케이블의 한 쪽 끝단을 구속하고 자유단 쪽에 임의의 하중을 가하여 자유단에서의 처짐량을 측정 한 후 이 값을 동일한 경계 조건을 적용하여 유한요소해석으로 계산한 처짐량과 비교함으로써 구할 수 있다. 사용된 배꼽 케이블은 길이 155mm, 직경은 위치에 따라서 16, 20, 25mm이다. 임의의 하중을 가한 상태에서 측정 한 자유단의 처짐량은 80mm 이었다. 유한요소해석을 수행하기 위하여 17개의 절점과 16개의 빔 요소로 케이블 모델을 구성하였으며(Fig. 6 참조), 해석 결과로부터 자유단에서의 처짐량이 80mm가 되는 케이블의 E값은 2.191mN/mm²임을 알 수 있었다.

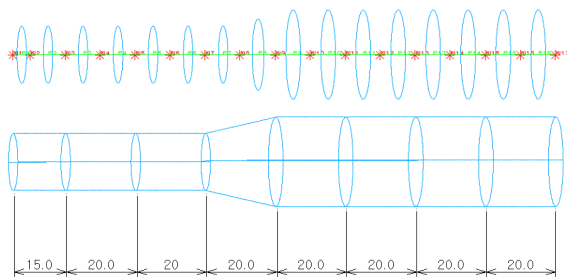


Fig. 6. Mass concentrated cable model

16개의 빔 요소로 구성된 케이블은 NASTRAN의 Superelement 기법을 이용하여 8개의 집중질량체와 질량체를 연결하는 등가 강성행렬로 변환되었다^[4]. Fig. 9에 이 모델들을 나타내었으며, Table 4는 케이블 집중질량 모델의 물성치를, Table 5는 케이블 집중질량을 연결하는 강성행렬을 나타낸 것이다. 집중질량 모델에서 요소 1-4와 5-8까지는 각각 동일한 단면이므로 이들을 연결하는 강성행렬은 동일하다.

Table 4. Properties of mass concentrated cable model

Super element	질량(kg)	관성모멘트(kg · mm ²)		
		I _{xx}	I _{yy}	I _{zz}
1	5.57E-3	1.78E-1	1.74E-1	1.74E-1
2	7.44E-3	2.38E-1	3.72E-1	3.72E-1
3	7.44E-3	2.38E-1	3.72E-1	3.72E-1
4	9.53E-3	2.38E-1	4.65E-1	4.65E-1
5	1.82E-2	1.422	9.08E-1	9.08E-1
6	1.82E-2	1.422	9.08E-1	9.08E-1
7	1.82E-2	1.422	9.08E-1	9.08E-1
8	1.82E-2	1.422	9.08E-1	9.08E-1

Table 5. Stiffness matrix connecting concentrated mass of cable

요소	행렬 요소	강성(mN/mm ²)	행렬 요소	강성(mN/mm ²)	
요소1-2	K ₁₁	0.2160039225D+06	K ₂₂	0.4325168481D+05	
	K ₆₂	-0.4325168481D+06	K ₃₃	0.4325168481D+05	
	요소2-3	K ₅₃	0.4325168481D+05	K ₄₄	0.2679116753D+07
		요소3-4	K ₃₅	0.4325168481D+05	K ₅₅
K ₂₆	-0.4325168481D+05		K ₆₆	0.7781229093D+07	
요소4-5	K ₁₁	0.4115925329D+06	K ₂₂	0.1053740899D+06	
	K ₆₂	-0.1274416991D+07	K ₃₃	0.1053740899D+06	
	K ₅₃	0.1274416991D+07	K ₄₄	0.9280397339D+07	
	K ₃₅	0.1274416991D+07	K ₅₅	0.2738477420D+08	
	K ₂₆	-0.1274416991D+07	K ₆₆	0.2738477420D+08	
요소5-6	K ₁₁	0.5273533013D+06	K ₂₂	0.1401002852D+06	
	K ₆₂	-0.1401002852D+07	K ₃₃	0.1401002852D+06	
	요소6-7	K ₅₃	0.1401002852D+07	K ₄₄	0.1596877639D+08
		요소7-8	K ₃₅	0.1401002852D+07	K ₅₅
K ₂₆	-0.1401002852D+07		K ₆₆	0.3460980378D+08	

집중질량 모델의 검증을 위하여 케이블 유한요소해석과 동일한 경계조건에 대하여 ADMAS로 정해석을

수행하였으며, 이 결과를 NASTRAN 유한요소해석 결과와 비교하여 Fig. 7에 나타내었다. 이 결과로부터 케이블 유한요소 모델이 ADAMS 모델로 적절히 변환되었음을 확인할 수 있었다.

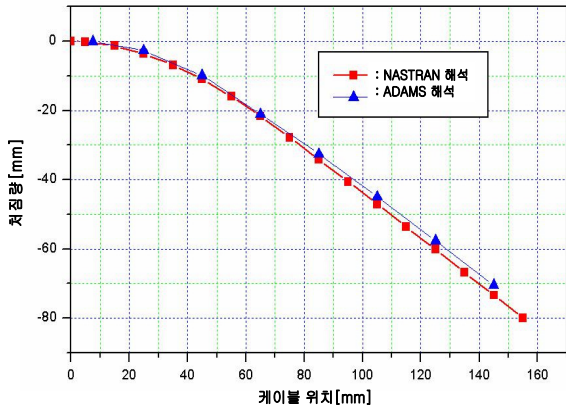


Fig. 7. Comparison of cable deflection

3) 멈춤바 모델링

분리장치는 배꼽 분리 후 스프링력에 의해서 상승하다가 다시 하강하여 멈춤바에 걸린 후 다시 상승하는 거동을 보인다. 즉 분리장치는 멈춤바에 걸리기 이전에는 스프링력에 의한 거동을 보이며, 멈춤바에 걸린 이후에는 스프링의 복원력 뿐만 아니라 반력에 의해서 거동한다고 볼 수 있다. 연결바와 멈춤바의 접촉은 연결바와 멈춤바 사이의 거리를 계산하여 판단할 수 있으며, 멈춤바에 의한 반력은 멈춤바를 스프링으로 모델링함으로써 계산할 수 있다. 여기에 필요한 멈춤바의 스프링 상수값은 멈춤바와 분리장치의 운동 파트가 접촉하는 부위에 탄성한계 내의 임의의 하중을 가하고 그 지점에서의 처짐량을 유한요소해석한 결과로부터 계산하였다. 멈춤바는 길이가 43mm, 단면은 변의 길이가 각각 4.8mm와 7mm인 직사각형 형상이며, Fig. 8과 같이 30개의 절점과 29개의 빔 요소로 모델링하였다.

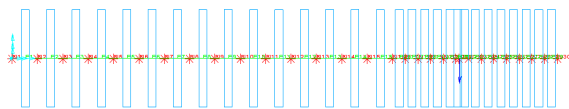


Fig. 8. FEM model for stopper

멈춤바와 분리장치의 운동 파트가 접촉하는 곳에 임의의 탄성한계 내의 하중 100000mN을 적용하였을 때,

하중이 가해지는 지점 35.25mm의 처짐량은 $5.676 \times E-2$ mm이었으며(Fig. 9 참조), 이 값으로부터 멈춤바의 스프링상수 값이 1.7618×106 mN/mm 임을 알 수 있었다.

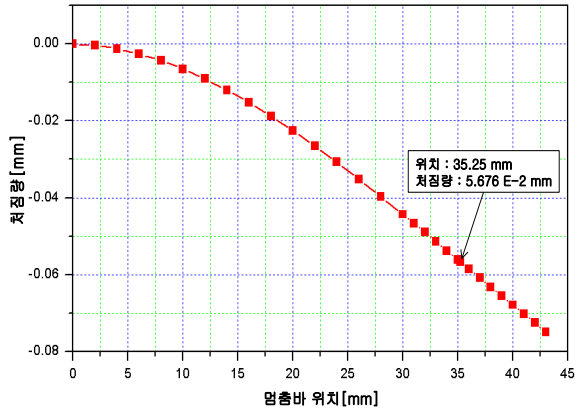


Fig. 9. Deflection at stopper location

4) 스프링 질량 모델링

스프링은 연결바의 운동에 따라 그 길이가 변하며 질량중심 위치와 관성모멘트값도 변하게 된다. 이 현상을 모델링하기 위하여 Fig. 10과 같이 2개의 가상 강체를 정의하였다. 1번 가상 강체는 스프링의 질량을 고려하기 위한 강체로서 장력조절바와 Revolute 조인트로 구속하고, 2번 가상 강체는 Translational 조인트로 구속함으로써 연결바의 운동에 따른 스프링 길이변화를 모사할 수 있게 하였다. 2번 가상 강체는 연결바와 Revolute 조인트로 구속하여 연결바의 운동에 따라 회전하도록 정의하였다.

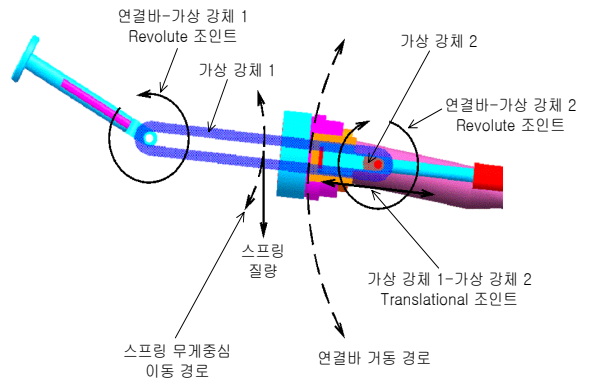


Fig. 10. Conceptual view of rigid modeling

나. 해석 결과 및 고찰

배꼽 분리장치의 거동에서 관심 있는 시간대는 배꼽 분리 후 짧은 구간이므로 이 부분의 거동을 증점적으로 해석하였다.

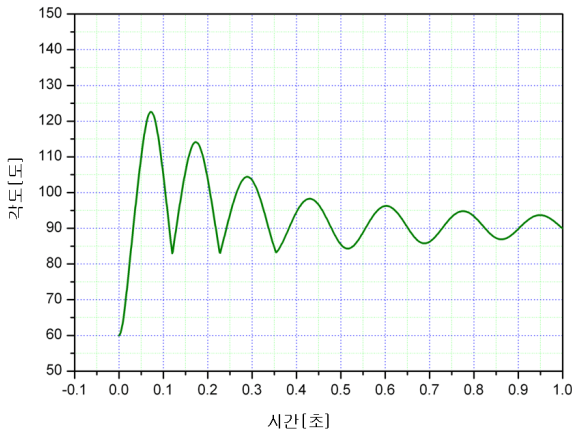


Fig. 11. A result of simulation

4. 성능시험을 통한 배꼽 분리장치 검증

먼저, 배꼽 분리장치 설계의 타당성을 검증하고 발생가능한 문제점을 미리 파악하여 설계 수정 및 보완 설계를 수행할 목적으로 성능시험장치를 제작하여 성능시험을 수행하였다.

가. 성능시험장치

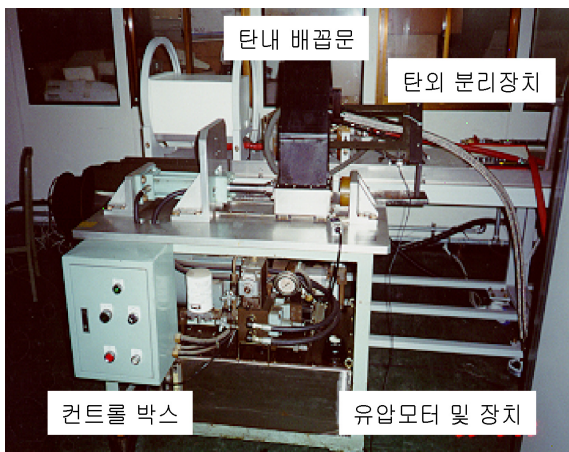


Fig. 12. The performance test equipment

설계 및 제작된 배꼽 분리장치의 동작상태를 성능시험을 통해 확인하기 위하여 성능시험장치를 설계하였다. 성능시험장치는 유압시스템을 이용하여 유도탄의 분리거동을 모사할 수 있도록 제작하였다.

시험장치의 고정부에 탄외 발사관부 배꼽 분리장치 및 케이블을 조립하고, 이동부에는 탄내 배꼽문과 탄내 배꼽 케이블을 조립한 후 연결기를 연결한다. 제어장치를 이용하여 신호를 인가하면, 시험장치의 이동부가 이동하면서 연결된 배꼽 연결기가 분리된다. 발사관부 분리장치의 거동 데이터는 배꼽 연결기가 조립되어 있는 연결기 연결부에 설치된 전위차계를 통하여 획득된다. 성능시험장치는 Fig. 12에 나타내었다.

나. 검사항목 및 방법

배꼽 분리 성능시험 수행 후 동작상태를 확인하기 위하여 다음과 같은 검사항목 및 검사방법은 설정하였다.

1) 분리 후 돌출부와의 간섭 여부

전위차계의 신호를 측정하여 배꼽 연결기 분리 후 발사관부 분리장치가 돌출부와 간섭을 일으키지 않는 안전한 범위 내에서 거동함을 검사하였다.

2) 멈춤바의 기능

분리장치가 다시 내려오는 거동을 제한하도록 설계된 멈춤바가 정상적으로 동작함을 확인하였다.

3) 발사관부 분리장치의 안정성

유도탄의 화염 등으로부터 배꼽 연결기 등이 보호되도록 발사관부 분리장치가 덮개 내에 안전하게 유지됨을 육안확인 하였다.

4) 배꼽문의 닫힘성

배꼽 분리후 완전히 닫혀서 기체와의 연속성을 유지함을 육안확인 하였다.

다. 성능시험 결과 및 고찰

Fig. 13은 성능시험 후 얻은 결과 그래프의 한 예이다. 여기에서 A는 배꼽 분리 시점, B는 멈춤바 위치까지 최초 도달시점, C는 하강 후 멈춤바에 걸리는 시점을 나타낸다. 그래프에서 알 수 있듯이 A에서 C까지 소요되는 시간이 설계요구시간보다 짧으므로 성능을 만족시킴을 알 수 있으며, 다른 검사항목들도 모

두 만족되었음을 확인하였다.

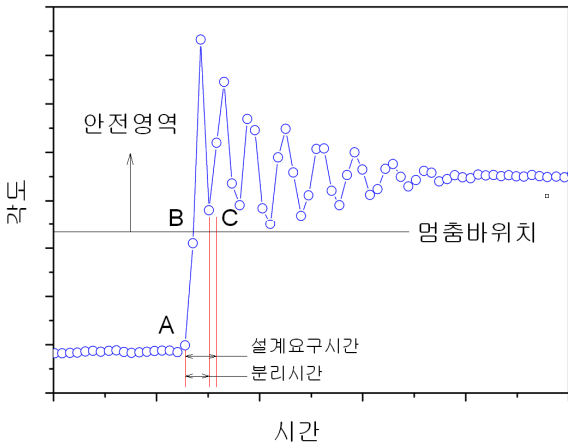


Fig. 13. An example of performance test

5. 체계 종합시험을 통한 배꼽 분리장치 검증

성능시험을 통하여 입증된 배꼽 분리장치는 최종적으로 다수의 체계 종합시험에 적용되었다. 배꼽 분리장치의 거동에 대한 계측 데이터는 지상계측 장비를 통하여 획득하였다.

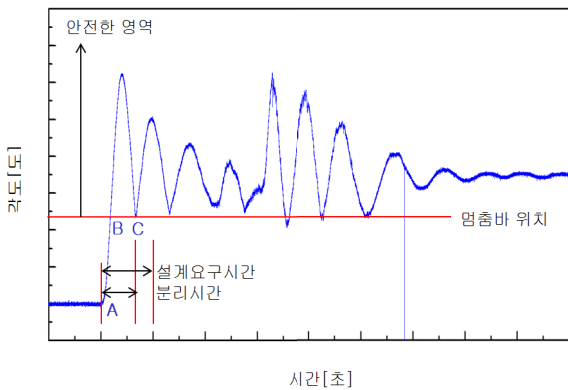


Fig. 14. An example of system operation test

Fig. 14는 체계 종합시험 후 얻은 결과의 한 예이다. 여기서 A는 배꼽 분리 시점, B는 멈춤바 위치까지 최초 도달시점, C는 하강 후 멈춤바에 걸리는 시점을 나타낸다. 그래프에서 알 수 있듯이 A에서 C까지 소요되는 시간이 설계요구시간보다 짧으므로 성능을 만

족시킴을 알 수 있다. 이 결과는 성능시험의 결과들과 비교해볼 때 매우 유사하였다. 이 그래프에서 중반 이후에 관찰되는 오실레이션 거동은 유도탄 후류 화염 등의 영향으로 판단된다.

ADAMS로 해석한 결과를 체계 종합시험 결과와 비교하여 Fig. 15에 나타내었다. 그림에서 해석결과는 배꼽 분리 초반에는 체계 종합시험 결과와 매우 유사하지만, 그 이후부터는 다소 다른 경향을 보임을 알 수 있다. 이것은 모델링 시 도입했던 가정과 배꼽 케이블의 감쇠력, 분리장치 스프링력의 변화, 실제 시스템의 질량 공차 등과 같은 복합적인 영향으로 판단되므로 이들 변수에 대한 보다 자세한 검토가 필요하리라 생각된다. 그러나, 관심 있는 시간대에서는 분리장치의 전반적인 거동 특성을 파악하기에 충분하다고 판단된다.

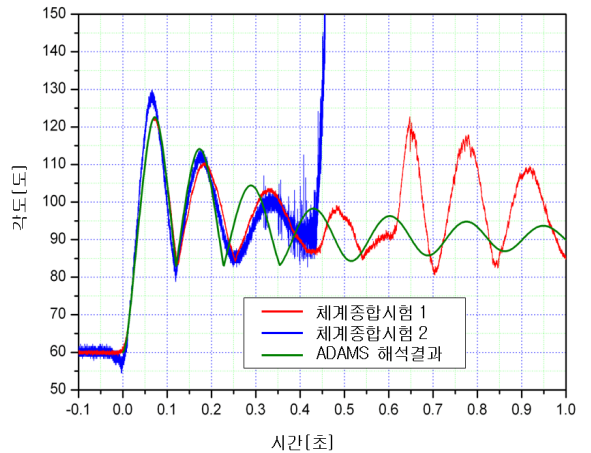


Fig. 15. Comparison of the results of simulation and system operation test

6. 결론

본 논문에서는 유도탄 배꼽 분리장치의 개발과정과 시뮬레이션 기법에 대하여 서술하였다. 개발된 배꼽 분리장치는 개념 설계 및 상세 설계를 거친 후 성능 시험을 수행하여 설계의 타당성을 검증하였으며, 체계 종합시험에 적용하여 만족스런 결과를 얻었다. 또한, 분리장치의 거동을 모사하기 위하여 ADAMS를 통한 시뮬레이션을 수행하였으며, 이 해석 과정 및 기법은 유사한 분리장치 시스템 개발 시 설계 도구로 유용하

리라 판단된다.

References

- [1] 김기연, 이동환, 안수흥, 김진형, “배꼽 분리장치개발”, MSDC-516-970788, 국방과학연구소, 1997.
- [2] 김기연, 안수흥, 김진형, “배꼽 분리장치(’99)”, MSDC-S516-000065, 국방과학연구소, 2000.
- [3] 안진수, 임범수, “유도탄의 유연성을 고려한 발사 초기 동역학 해석”, 한국군사과학기술학회지, 제2권 제2호(통권 제3호), pp. 92~98, 1999.
- [4] MSC/NASTRAN Superelement Analysis User's Guide
- [5] ADAMS/View User's Guide, Mechanical Dynamics.
- [6] ADAMS/View User's Reference Manual, Mechanical Dynamics.
- [7] ADAMS/Solver Reference Manual, Mechanical Dynamics.