

# 120미리 박격포용 고체 로켓추진제 연구

조준현\* · 권태수\* · 정덕진\* · 임유진\*\*

## Study on Solid Rocket Propellants for 120mm Mortar

Joonhyun Cho\* · Taesoo Kwon\* · Deokjin Jeong\* · Yoojin Yim\*\*

### ABSTRACT

The mortar system is useful for infantry because of effectiveness to position operation and to attack at opposite slope that can not reached by direct-firing guns and howitzers. The Army continuously has researched on 120mm mortar system, and insist needs for 120mm mortar system with advanced accuracy, mobility and range. In this study, we had designed the formulation of solid rocket propellants applied on 120mm rocket assisted projectile, and fabricated a prototype, and investigated feasibility of rocket assisted projectile for 120mm mortar results from static firing and flight test.

### 초 록

박격포는 근거리 진지전이나 직사화기·곡사화기로는 사격할 수 없는 배사면의 적을 큰 낙각의 탄도를 그리는 포탄으로 공격할 수 있으므로 보병부대에서 효율적으로 운용되고 있다. 육군에서는 정확성, 기동성 및 사거리가 증대된 120미리 박격포의 도입 필요성을 제기하고 있으며, 관련 연구도 꾸준히 진행되고 있다. 본 연구에서는 120미리 박격포탄 중 사거리연장탄에 사용되는 로켓추진제의 조성을 설계하여 시제품을 제조한 후 지상연소시험과 발사시험을 통해 120미리 박격포용 사거리연장탄의 개발 가능성을 알아보았다.

Key Words : 120mm Mortar(120미리 박격포), Rifle(강선포), Solid Propellants(고체추진제), Rocket Assisted Projectile(RAP, 사거리 연장탄)

### 1. 서 론

박격포는 구조가 간단하고 초탄 발사속도가 빠르며, 고지 후방이나 참호를 효과적으로 공격할 수 있고, 살상효과도 우수하다. 이러한 박격

포의 장점으로 인해 한국군에서는 1950년을 전후하여 60mm, 81mm, 4.2"박격포를 도입, 현재 까지 효과적으로 운용하고 있다. 그러나 연구개발을 통해 성능이 향상된 81mm 박격포에 비해 4.2" 박격포는 성능 향상이 이루어지지 않아 대대운용화기인 81mm 박격포보다 연대운용화기인 4.2" 박격포가 사거리가 더 짧고, 노후화 되어 정확성, 기동성에서도 떨어지는 단점이 나타났다. 이러한 단점을 극복하고 최대사거리를 연장

\* (주) 풍산 방산기술연구소

\*\* 국방과학연구소 1기술연구본부 6부 4그룹

연락처, E-mail: joon-hyun.cho@poongsan.co.kr

시키기 위해 노후화된 4.2" 박격포를 대체할 새로운 120mm 자주 박격포의 개발 필요성이 제기되었다.

(주)풍산은 120mm 박격포용 고폭탄(HE), 사거리연장탄(RAP), 이중목적성형작약고폭탄(DPICM) 세가지 탄종에 대해 자체개발을 진행하여 개발 완료하였고, 시연을 통해 그 성능을 입증하였다.

본 연구에서는 120mm 박격포탄 중 RAP탄에 사용된 혼합형 고체로켓추진제의 조성 및 형상을 설계하고 시제품을 제조하였다. 또한, 연소속도, 기계적 물성등 추진제의 기본적인 특성을 파악한 후 지상연소시험, 발사시험을 통해 그 성능을 확인하였다. 이러한 일련의 과정을 거쳐 120mm RAP탄용 혼합형 고체로켓추진제의 국내 개발 가능성을 입증하였다.

## 2. 추진제 설계

### 2.1 조성

HTPB/AP 추진제는 우주발사체와 군사용 로켓, 유도탄에 가장 널리 활용되고 있다.<sup>[1]</sup> 본 연구에서는 HTPB/AP계열 추진제인 BASE 조성을 기본으로 하여 비추력을 향상시키기 위해 3가지 조성을 설계하여 총 4종의 추진제를 제조하였다. 설계된 조성은 CEA (Chemical Equilibrium and Applications) Code로 특성을 분석하였다. 각 조성별 비추력은 Fig. 1과 같다.

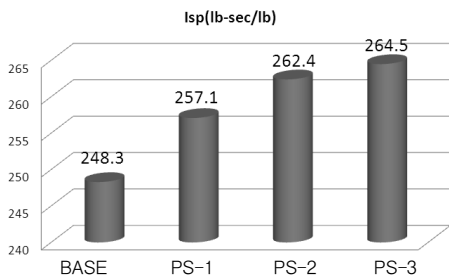


Fig. 1. Specific impulse of propellants formulation

비추력 분석 결과, 설계된 조성 모두 BASE 조성보다 비추력이 높을 것으로 예상되었다.

### 2.2 형상

일반적으로 조성이 동일한 추진제는 목적에 적합하도록 그레인(Grain) 형상을 변경하여 연소속도를 조절한다.<sup>[2]</sup> Table 1은 당사에서 제작한 추진제 단면과 예상 압력-시간 곡선이다.

Table 1. Propellant grain and P-t curve (predict)

Grain	Slotted-tube#1	Slotted-tube#2	Cylinder
Section			
P-t Curve (predict)			

Slotted-tube#1형은 일반적으로 널리 사용되는 형상으로 Regressive 연소특성을 나타내지만 회전하는 발사체에서는 Neutral 특성을 가진다.<sup>[3]</sup> 따라서 Slotted-tube#1형이 적합할 것으로 예상되었으나 Slotted-tube#2와 Cylinder형도 함께 제작하여 특성을 비교하였다.

## 3. 특성 시험

### 3.1 연소속도

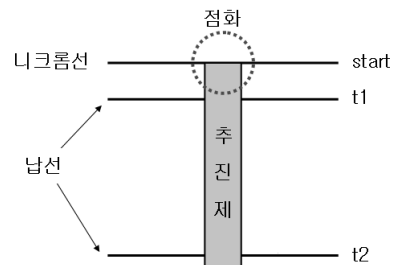


Fig. 2. Specimen of strand burning test

연소속도는 추진제 시편을 Fig. 2와 같은 일정한 길이의 막대(Strand) 모양으로 제작한 후 추진제 상단을 점화시켜 측정한다. 점화된 추진제는 하단으로 연소되며 t1, t2를 통과하는데 소요되는 시간을 측정하여 연소속도를 구한다. 압력

에 따른 연소속도는 식 (1)과 같은 연소속도방정식을 따른다.<sup>[4]</sup>

$$r = aP^n \quad (1)$$

r = 추진제 연소속도 (mm/sec)

P = 시험 압력 (psi)

a = 추진제 온도에 따른 상수

n = 연소 속도의 압력 지수

Base추진제의 압력구간별 연소속도 Graph를 Fig. 3에 나타내었다. 각 조성별 연소속도와 온도상수, 압력지수를 Table 2에 나타내었다.

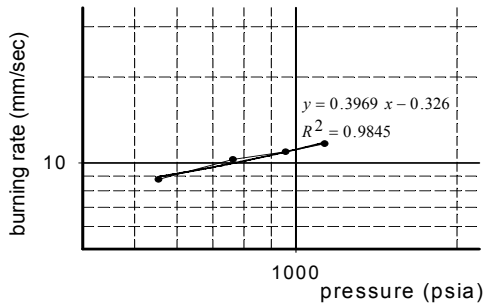


Fig. 3. Burning rate vs. pressure of base propellant

Table 2. Burning rate

Formulation	a	n	Burning rate (mm/sec @1,000psia)
BASE	0.722	0.397	11.20
PS-1	0.709	0.393	10.73
PS-2	0.644	0.401	10.22
PS-3	0.619	0.407	9.50

비추력이 가장 높은 PS-3의 연소속도가 가장 느렸으며, 추력을 증가시키기 위해 BASE조성에 첨가한 물질로 인해 연소속도가 느려지는 것으로 판단되었다. 동일한 HTPB/AP계열의 추진제이기 때문에 압력지수가 유사함을 알 수 있었다.

### 3.2 기계적 물성

로켓추진제는 로켓모터 내부의 압력 및 가속도를 견디기 위해 적절한 기계적 물성이 요구된다.<sup>[5]</sup> 기계적 물성 시험용 추진제 시편은 Fig. 4

와 같으며, Instron 33R4204 인장시험기로 시험을 실시하였다. 시험 결과를 Table 3에 나타내었으며, 인장시험 결과 모든 조성에서 참조규격을 만족하였다.

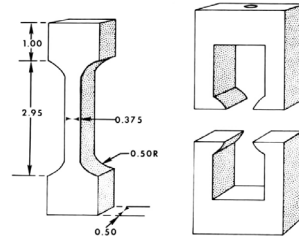


Fig. 4. JANNAF specimen

Table 3. Mechanical properties

Formulation	Stress at max load (bar)	Strain at max Stress (%)	Strain at Break (%)	Modulus (bar)
OO*	6이상	30이상	참고	20~60
BASE	10.46	40.69	47.31	49.64
PS-1	8.81	38.34	46.82	48.14
PS-2	7.46	36.68	45.10	45.72
PS-3	6.67	34.15	46.28	43.93

\* HTPB/AP 추진제 참조규격

### 3.3 지상연소 시험

실제 발사에 앞서 무회전 지상연소시험으로 연소현상, 추력 및 연소관 압력을 확인하였다. 시험장치 및 결과를 Table 4, Fig. 5, 6, 7에 나타내었다.



Fig. 5. Static firing test

Table 4. Static Firing test result

No.	Formulation	Grain*	P max (psia)	F max (lbf)	Total Impulse (lbf·sec)
1	PS-1	St#1	1,100	425	611
2	PS-2	St#1	910	353	572
3	PS-3	St#1	750	296	564
4	BASE	St#1	1,000	385	553
5	BASE	St#2	640	250	561
6	BASE	Cyl	560	230	565

\* St : Slotted-tube, Cyl : Cylinder

Table 1의 CEA Code 결과와 달리 PS-1의 총 추력이 가장 높았다. PS-3은 불완전 연소가 발생하였거나 2Phase 연소를 하기 때문인 것으로 판단된다.

그레인 형상은 Slotted-Tube#2가 Neutral 연소 특성을 나타내었으며 회전하는 연소관에 대한 검증은 불가능하였다. 실제 발사 시 회전으로 인한 원심력을 받으므로 연소특성이 달라질 것으로 예상된다.<sup>[3]</sup>

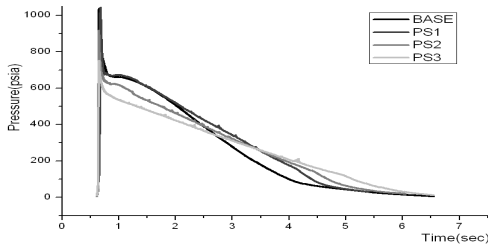


Fig. 6. P-t curve by formulation

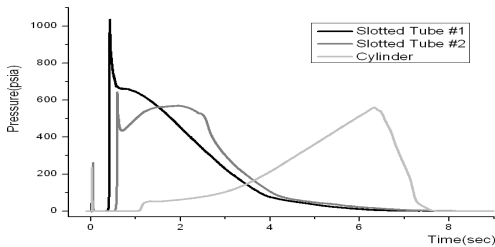


Fig. 7. P-t curve by propellant grain

#### 4. 발사 시험

120mm 강선형 박격포로 발사시험을 실시하여 사거리연장탄 성능을 확인하였다. 시험결과를 Table 5에 나타내었다.

형상에 따른 결과는 큰 차이가 없는 것으로 나타났다. 발사 시 풍속, 풍향 및 기타 조건을 감안하면 무시할만한 수준의 차이를 보였다. 조성은 지상연소시험과 동일하게 PS-1이 가장 좋은 결과를 보였다. PS-3의 사거리가 PS-1과 동일하나 초속( $V_0$ )이 높았기 때문에 로켓추진제의 성능은 PS-1이 가장 우수한 것으로 판단되었다.

Table 5. Flight test result

No.	Formulation	Grain	$V_0$ (mps)	Elevation (degree)	Range (km)
-	HE*	-	383	45	8.4
1	BASE	St#1	378	45	12.4
2	BASE	St#2	372	45	12.5
3	BASE	Cyl	372	45	12.5
4	BASE	St#1	379	54	14.3
5	PS-1	St#1	380	54	14.5
6	PS-2	St#1	382	54	14.3
7	PS-3	St#1	398	54	14.5

\* HE : High Explosive Projectile (without Rocket Motor)

#### 5. 결 론

본 연구에서 BASE 조성 및 당사에서 설계한 조성으로 목표 성능을 만족시키는 120mm 사거리 연장탄용 로켓추진제를 개발할 수 있었다. 또한, 특성시험으로 확인된 로켓추진제를 자체 개발한 120mm 박격포 RAP탄에 적용시켜 사거리가 8.4km인 HE탄에 비해 최대 14.5km의 사거리를 달성, 70% 이상 사거리를 증대시켰다.

#### Acknowledgement

본 연구는 국방과학연구소 1기술연구본부 6부 4그룹의 "HTPB계 혼합형추진제 제조기술" 기술이전을 바탕으로 한 자체연구 결과입니다. 이에 감사의 뜻을 전합니다.

#### 참 고 문 헌

1. 황갑성, 임유진, "고체 추진제 연구 개발 및 발전 방향" 2007
2. George P. Sutton; Donald M. Ross; "Rocket Propulsion Elements", 4th edition, John Wiley & Sons, Inc., 1976, pp. 378-379
3. George P. Sutton; Donald M. Ross, "Rocket Propulsion Elements", 4th edition, John Wiley & Sons, Inc., 1976, pp. 365
4. 노만균, "고체 추진제", 민음사, 1998, pp.200
5. "Solid Propellant Mechanical Behavior Manual", CPIA Publication No. 21, 1963