

권총용 화약잔사의 실측 및 발화 특성

글 김진표 · 김동환 국립과학수사연구소 화재연구실

1. 머리말

2009년 11월 부산 실내사격장에서 화재가 발생하여 업소 관계자 및 일본인 관광객 등 총 15명이 사망하는 사고가 발생하였다. 우리나라에서는 관계기관의 허가를 받는 경우, 실제 총기를 사용하는 실내사격장 영업이 가능하며, 전국적으로 15개의 사격장이 영업 중에 있는 실정으로 실내사격장에서 화재사고 및 인명 피해에 대한 잠재적 위험성을 지니고 있다. 부산 실내사격장의 경우 구경 0.357인치 권총 및 구경 9mm 권총의 2종류가 사용되었으며, 화재 발생 및 연소 확대 과정에서 화약잔사가 원인제공 또는 급속한 화염 진행의 매개체로 작용하였을 것으로 추정된다.

여기에서는 실내사격장에서 사용된 권총과 유사한 제품을 이용하여 격발과정에서 발생되는 화약잔사를 2가지 조건에 따라 측정하였다. 또한 권총 발사 과정에서 분출된 화약잔사를 수거하여 충격감도, 마찰감도, 정전기감도 및 발화점 등의 발화특성을 측정하였으며, 비교 평가를 위하여 권총에 사용되는 사용전의 화약을 대상으로 화약잔사와 동일한 시험을 수행하였다. 실험결과 충격감도 및 마찰감도는 화약잔사가 사용전의 화약에 비해 다소 높게 측정되었고, 발화점 시험에서는 화약잔사가 비교대상인 사용전의 화약에 비해 낮은 온도에서 발화되는 특성을 나타내었다. 정전기감도 측정에서는 화약잔사 및 사용전의 화약 모두 18kV의 정전기 전압에서 발화되지 않는 특성을 나타내었다. 이러한 실험결과는 실내사격장 및 권총 화약 제조과정에서 발생될 수 있는 화재사고에 대한 현장조사기법 제공 및 화약과 화약잔사에 대한 화재 위험성 연구의 기초 자료로 활용 가능할 것으로 기대한다.

2. 화약잔사의 측정

실내사격장에서 사용되는 총기는 대부분 권총으로 권총은 탄창의 방식에 따라 [사진 1]과 같이 리볼버(Revolver) 및 피스톨(Pistol)로 구분할 수 있다. 리볼버는 원형 탄창이 회전하

면서 순차적으로 격발되는 방식으로 탄피가 총기 내에 남게 되는 구조이고, 피스톨 방식은 별도의 탄창을 결합하여 격발과정에서 탄피가 외부로 배출되며 아래쪽 총탄이 자동으로 밀려 올라오면서 장전 및 격발이 이루어지는 구조이다.



(a) 리볼버



(b) 피스톨

[사진 1] 리볼버 및 피스톨 권총의 사진

부산 실내사격장에서 사용된 총기는 미국 Smith & Wesson사의 모델 686, 구경 0.357인치 7연발 리볼버 권총이다. 리볼버 권총은 [사진 1]에 나타난 바와 같이 원통형 탄창에 권총탄이 장착되는 구조로, 격발 시 탄환은 총구를 통해 발사되고 탄피는 탄창 내부에 남아 있게 된다. 권총이 발사될 때에는 약실 및 총구를 통해서 화약잔사가 발생되는데 격발 시 발생하는 화약잔사의 양을 실측하기 위하여 국내 경찰에서 사용되는 총기 2종류에 대하여 총기 사용에 따른 화약잔사의 양을 측정하였다. 측정에 사용된 총기는 구경 0.38인치 권총 및 구경 9mm 리볼버 권총으로 [사진 2]와 같이 사대 측을 밀폐한 상태에서 각각 5발을 발사하고, 밀폐 공간 내에 남겨진 화약잔사의 양을 측정하였다.



[사진 2] 사대를 밀폐한 상태에서 권총 격발 모습

5발 발사 후, 측정된 화약잔사의 모습은 [사진 3]과 같으며, 부산 실내사격장 내에서 검출된 화약잔사와 동일한 것으로 분석되었다. 또한 사고현장인 실내사격장의 조건을 모의하기 위하여 [사진 4]와 같이 사대를 개방한 상태에서 사대 주변에 백지를 펼쳐놓고, 구경 0.38인치 권총을 100발 발사하는 경우, 사대 정면 및 측면에 떨어지는 화약잔사의 양을 검출하였다.

2가지 조건에 따라 격발과정에서 발생하는 화약잔사의 양은 <표 1~2>에 나타난 바와 같이 검출되었다. <표 1>은 사대를 밀폐한 상태에서 측정된 것으로 구경 0.38인치 리볼버 실탄의 추진제의 양은 약 5gr(0.324g)로 잔류화약의 양은 사용전과 비교할 때 약 11.2%의 화약잔사가 발생하는 것으로 추정된다. 구경 9mm 권총탄의 추진제는 약 6gr(0.389g)으로 사용 전에 비해 8.9%의 화약잔사가 발생되었다.



(a) 검출된 화약 잔사



(b) 화약잔사의 현미경 사진

[사진 3] 권총 격발 과정에서 검출된 화약 잔사



[사진 4] 사대를 개방한 상태에서 권총 격발 모습

<표 1> 사대를 밀폐한 조건에서 검출된 화약 잔사

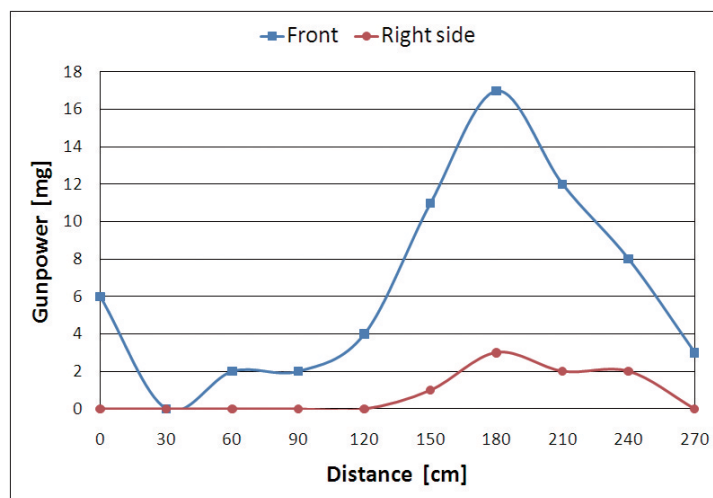
구 분	0.38 inch 권총	9mm 권총
1	0.028g	0.034g
2	0.057g	0.035g
3	0.032g	0.030g
4	0.031g	0.037g
5	0.034g	0.038g
평균	0.036g	0.035g

〈표 2〉는 사대를 개방한 후 구경 0.38인치 권총을 100발 발사하였을 때, 사대와외의 거리에 따라 잔류된 화약잔사의 양으로 5×8.3cm 면적의 테이프에 부착되는 화약잔사의 양을 측정하였다. 측정 결과, 화약 잔사는 사대 직하단 및 사대와외의 거리 60cm에서 270cm 사이에 주로 분포되었으며, 권총을 발사한 사대 우측 120cm 떨어진 부분에서는 150cm에서 240cm 사이에서만 화약잔사가 검출되었다. 총구 우측 190cm 떨어진 부분에서 화약잔사는 검출되지 않으며, 검출된 화약잔사의 양은 거리에 따라 0.001~0.017g으로 측정되었다.

〈표 2〉 사대를 개방한 조건에서 검출된 화약 잔사

정면		120cm 우측면	
거리(cm)	화약잔사량(g)	거리(cm)	화약잔사량(g)
0	0.006	0	-
30	0	30	0
60	0.002	60	0
90	0.002	90	0
120	0.004	120	0
150	0.011	150	0.001
180	0.017	180	0.003
210	0.012	210	0.002
240	0.008	240	0.002
270	0.003	270	0

권총 격발과정에서 발생하는 화약 잔사의 분포를 도식화하면 [도표]와 같이 나타나는데 사대의 직하단 및 사대와외의 거리 150cm에서 240cm 사이에서 집중적으로 화약잔사가 분포하는 특성을 나타낸다.



[도표] 거리에 따른 화약잔사의 양

3. 화약잔사의 발화특성 시험

화약류는 충격 및 정전기 등에 의해 폭발 연소하기 쉬운 물질로 충격, 마찰, 정전기에 대한 특성평가를 수행한다. 따라서 본 연구에서도 화약잔사에 대한 발화특성을 평가하기 위하여 낙추시험, 마찰시험, 정전기 인가시험 및 발화점 시험을 실시하였으며, 비교 평가를 위하여 [사진 5]에 나타난 바와 같이 사용전의 화약에 대해 동일한 특성 시험을 수행하였다.



[사진 5] 사용 전 화약의 사진

본격적인 발화특성 시험에 앞서 담뱃불을 이용한 모의 착화실험을 수행하였으며, 권총 격발과정에서 발생된 화약잔사에 [사진 6]과 같이 담뱃불을 근접시키는 경우, 담뱃불을 근접 시킴과 동시에 일시적으로 착화되어 순식간에 연소되는 특성을 나타내었다.



(a) 담뱃불 근접

(b) 착화

(c) 연소

[사진 6] 화약잔사에 대한 간이 연소실험

화약잔사 및 사용 전 화약에 대한 발화특성 시험을 수행한 결과, <표 3~5>에 나타난 것과 같은 결과를 얻었다.

<표 3>은 충격감도 시험결과를 나타낸 것으로 충격감도는 5kg의 추를 수직 낙하시켜 6회 시험에서 1회 이상 기록되는 위치를 충격감도로 선정하는 시험으로, 그 결과 화약잔사의 충격감도는 20cm이었다. 사용 전의 화약에 대해 동일한 낙추시험을 수행하였으며, 그 결과 사용 전 화약의 충격감도는 10cm로 측정되었다.

〈표 3〉 낙추시험 결과

시 료	감 도	기폭 에너지
화약잔사	20cm	9.8Joule
사용전 화약	10cm	4.9Joule

〈표 4〉는 금속재의 마찰감도 시험 장치를 이용하여 측정하였으며, 화약잔사의 경우, 최소 36kgf의 마찰력에서 기폭되는 특성을 나타내었다. 사용전의 화약은 화약잔사에 비해 상대적으로 낮은 21.6kgf의 마찰력 강도에서 기폭되는 특성으로 화약잔사에 비해 낮은 마찰력으로 폭발 또는 연소되는 특성을 갖는 것으로 판단된다.

〈표 4〉 마찰시험 결과

시 료	마찰 감도
화약잔사	36kgf
사용전 화약	21.6kgf

〈표 5〉는 화약잔사와 사용전의 화약에 대한 발화점을 측정한 것으로 발화점 시험기(KRS-RG-9000)를 이용하여 온도를 상승시키는 시점에서 3회 및 온도를 하강시키는 시점에서 3회의 총 6회에 대한 측정 온도로 시험 대상물이 5초 이내에서 발화되는 온도를 나타낸 것이다. 실험 결과 화약잔사는 약 255℃에서 발화되며, 사용 전 화약은 약 273℃에서 발화되는 특성을 나타내었다.

〈표 5〉 발화점 측정 결과

시 료	발화점
화약잔사	255℃
사용전 화약	273℃

이러한 결과에서 알 수 있듯이 화약잔사는 사용 전 화약에 비해 충격감도 및 마찰감도는 비교적 둔감해지는 경향을 보이며, 상대적으로 낮은 온도에서 발화되는 특성을 가지는 것으로 평가되었다. 정전기감도에 대한 시험에서는 화약잔사 및 사용 전 화약 모두 정전기 시험기의 최대 발생전압인 18kV까지 기폭되지 않았다. 화약류는 정전기에 대해서는 기폭되지 않는 특성을 가져야 하는 것으로 사용 전 화약 및 화약잔사는 정전기에 대해서는 안정된 특성을 갖는 것으로 평가되었다.

이상의 시험결과, 화약잔사는 사용 전 화약에 비해 상대적으로 낮은 발화점을 가지는 것으로 평가되었으며, 충격감도 및 마찰감도는 사용전의 화약에 비해 기폭되는 높이 및 마찰력이 높게 나타나는 결과를 보였다. 이와 같은 실험결과로부터 화약잔사 및 사용 전 화약 모두 충격이나 마찰 및 외열에 의한 발화특성은 상대적으로 위험 수준에 있는 것으로 추정할 수 있다. 다만 정전기에 대해서는 유증기나 가스 등에 비해 상대적으로 둔감한 특성으로 정전기에 의해 기폭되지 않는 특성을 가지는 것으로 판단된다. ☺