

# 成形炸藥彈과 裝甲

Joseph E. Backofen

近來에 와서 많은 사람들이 戰車는 이제 無力化되었다고 主張해 왔다. 이런 主張은 既存의 모든 裝甲板을 貫通할 수 있는 成形炸藥彈의 위력과 長距離에서도 高度의 精確성을 갖고, 目標物을 명중시킬 수 있는 對戰車誘導미사일의 威力에 흔히 根據를 두고있다.

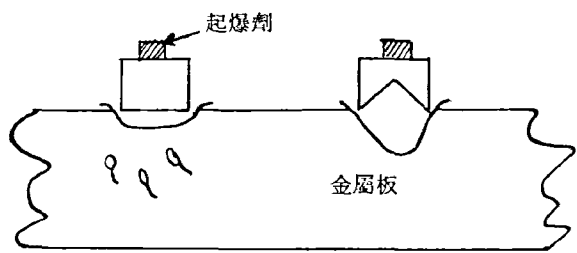
그러나 어떤 사람들은 Chobham 裝甲板 등의 特殊裝甲板의 출현으로 成形炸藥彈이 오히려 無力化되었다고 말하고 있다.

따라서 成形炸藥技術, 戰車의 部品에 대한 成形炸藥彈의 破壞效果, 成形炸藥의 武器化 및 成形炸藥彈의 戰鬪記錄 등을 설명하고 檢討하는 것은 뜻있는 일이라 하겠다.

그러나 어떤 나라들에서는 成形炸藥을 空洞裝藥(Hollow Charge, Hohlladung) 또는 累積炸藥(Cumulative Charge)이라고 부르고 있음을 알아둘 必要가 있다.

成形炸藥은 元來 方向效果를 갖는다는 特性을 갖는데, 이 方向效果는 起爆裝置의 反對쪽이 空洞으로 되도록 裝填한 爆藥으로 말미암아 일어난다. 이것은 그림1에서 說明되고 있다. 이 方向效果는 아마도 1700年代에 鑛山業에서 發見된 듯 하나, 學術的으로는 1883년에 M.V. Foerster, 그리고 1888년에 C.E. Munroe에 의해서 再發見된 셈이다.

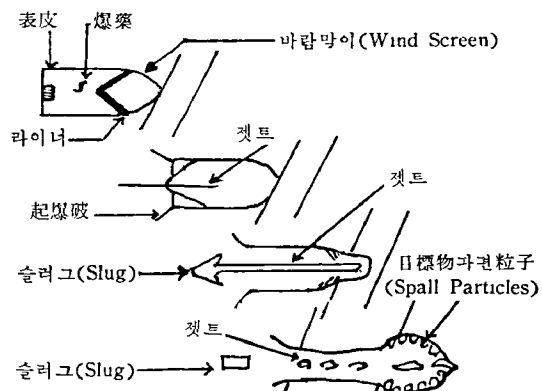
Munroe는 많은 學術論文을 발표하여 여러가지 技術的 問題를 提起하였는데, 그중에서도 특히 몇개의 다이 나이트를 金屬罐둘레에 싸놓았다가 金庫에 대하여 爆破시키면 金庫에 대해서 方向效果를 나타낸다는 點에 留意하였다(4.3kg의 炸藥으로 120mm의 鋼鐵製金庫壁에 直徑 75mm의 구멍을 뚫었다고 그는 報告하였다).



〈그림 1〉 完全充填爆藥과 空洞裝填 成形炸藥의 金屬板에 대한 效果

成形炸藥의 武器化에 대한 연구의 初期段階에서는 라이너(Liner)의 效果를 충분히 認識치 못하였고 彈發射時와 彈着時에 空洞의 형태를 維持하게 하는데 主로 사용되었다. 그런데 1938年 2月 4日에 F. Thomanck 教授가 라이너의 重要性을 발견하였던 것이다.

그 後에 X線寫眞技術의 발달로 爆破, 라이너의 분리현상, 젯트(jet)形成 및 目標物의 貫通現象들을 뚜렷하게 寫眞으로 볼수 있게 됨으로 말미암아 라이너의 에너지集中力과 젯트形成 現象에 대한 技術的 說明이 가능해졌다. (그림 2)



〈그림 2〉 成形炸藥의 기능과 目標物 貫通圖

要約해서 말하면 爆藥을 起爆하면 라이너가 炸藥의 軸方向으로 무너지게 된다. 처음엔 爆破로 인한 高壓과 또 나중에 炸藥의 軸方向 彈着 衝擊으로 인한 高壓으로 金屬은 마치 液體와도 같은 現象을 나타낸다.

即, 라이너가 軸으로 對稱移動하여 분과하는 동안에 一部는 젯트에 흘러들어가고 나머지는 슬러그(Slug)에 흘러들어간다.

裝藥 또는 라이너의 形態에 따라 젯트와 슬러그에 흘러들어가는 라이너材料의 量과 또 젯트와 슬러그의 速度를 決定할 수가 있다. 一般의 으로 젯트에 흘러들어가는 金屬은 熱을 가진 뜨거운 固體이며 녹은 쇠물은 아니다.

그 理由는 뜨거운 固體金屬片은 길게 延伸될 수 있는 反面에 녹은 젯트는 普通 작은 물방울 같은 것으로 떨어져 나가기 때문이다.

成形炸藥이 어떻게 爆藥의 에너지를 集中시킬 수 있으며, 또 高速物質의 젯트를 形成할 수 있는지를 뚜렷하게 說明하기란 어려운 편이다.

그러나 이런 現象의 基本原則을 說明해 주는 두가지의 簡單한 實驗方法이 있다. 첫째 實驗은 庭球공과 물이 가득찬 浴槽가 있으면 可能하다. 1m가량의 높이에서 공을 浴槽에 떨어뜨린다.

공이 물속으로 들어감에 따라 空洞이 생겼다가 다시 스스로 없어짐과 동시에 물기둥이 浴槽에서 솟아올라 젯트現象이 일어나게 된다.

두번째 實驗은 보다 效果的으로 또 보다 特徴的으로 集中젯트를 說明해 준다. 이 實驗에선 일부가 젖은 공을 가슴높이에서 水泳場안에 떨어뜨린다.

이 거칠고 形態가 變하기 쉬운 공이 물속으로 들어감에 따라 빈 空洞이 생겼다가 살아지면서 젯트를 形成하게 된다 때로는 머리높이 보다도 높게 솟는 작은 물방울로된 젯트를 形成하기도 한다

두번째 實驗은 液體(녹은 쇠물을 包含한) 젯트의 問題, 다시 말해서 液體의 粒子(작은 물방울)는 흩어져서 四方八方으로 날아가려는 性向을 갖는다는 事實을 보여준다.

剛性이 높은 金屬의 젯트는 불러질때까지 뻗어나간다. 그리고 金, 銅, 알루미늄과 같은 延性이 있는 金屬은 뜨거우면 아주 길게 늘어날 수

가 있다. 이런 延伸은 金이나 구리같은 延性物 質로 이뤄지는 젯트로 하여금, 쉽게 녹거나 부서지는 物質로 이뤄져서 쉽게 粒子로 흩어지는 젯트보다도 강한 貫通力을 갖게한다.

流體力學分析에 의하여 이루어진 아래 公式(Bernoulli 公式)은 普通 젯트貫通의 長이를 概算하는데 應用할 수가 있다.

$$P = L \sqrt{P_j / P_t}$$

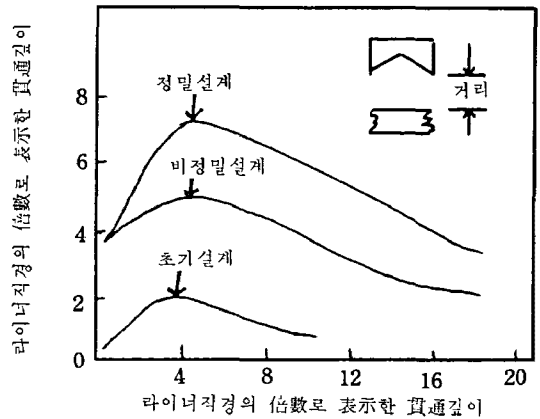
위 式에서  $P$ 는 貫通의 長이,  $L$ 은 젯트의 長이로 mm의 單位로 나타내며,  $P_j$ 는 젯트의 密度,  $P_t$ 는 標의材料의 密度로 (gram/cc)<sup>3</sup>의 單位로 나타낸다.

이 公式이 根據로 하고 있는 理論의 基礎는 두개의 假設에 立脚하고 있는데, 첫째는 젯트에서 생기는 壓力은 標의材로 하여금 液體처럼 作用하도록 할만큼 높다.

둘째는 彈에 맞아 標의 破裂口의 壁으로 밀려난 標의材는 그대로 거기에 남아있어서 다시 命中시킬 必要가 없다(流體의 流線幾何). 젯트의 長이가 같으면 金과 같은 高密度 金屬젯트가 구리같은 低密度 金屬젯트보다도 더 길게 貫通한다는 것을 위 公式에서 알 수가 있다.

金, 白金과 같이 延性和 密度가 높은 金屬은 비싸기 때문에 成形炸藥라이너로 普通 사용되는 材料는 延性和 軟性이 높은 純銅이다.

現代의 銅라이너 成炸裝藥의 裝甲板貫通力은 라이너直徑의 4~7倍인데, 이는 炸藥設計, 裝甲板의 硬度, 그리고 目標과 基本炸藥과의 距離에 의해서 決定된다. 이것은 그림 3에서 說明되고 있다.



<그림 3> 라이너成形裝藥의 裝甲板貫通과 距離

目標物의 관통은 炸藥軸과 目標物表面이 이루는 角에는 아무런 影響도 받지 않는데, 이것은 目標物의 표면이 炸藥에 너무 가까이에 있지 않아 該當된다.

다시 말해서 彈頭가 工具箱의 側面을 때릴 때에 일어나는 것과 같이 어떤 材料가 成炸裝藥彈의 가까이에 있으면 라이너에 加해지는 壓力에 影響을 주어 라이너는 對稱的으로 무너지질 못한다. 이렇게 되면 젯트는 활처럼 휘어져서 貫通力은 크게 減小된다.

젯트가 標的板을 貫通하면 板後面에 부서진 板材料의 粒子로 이뤄지는 작은 구름이 생긴다 (그림 2). 이 粒子구름은 標的板 後面에서 떨어지면서 커지는데, 마치 野外에서 얇게 묻은 爆藥을 爆破시켰을 때 일어나는 흙과 돌부스러기의 구름과 같다

粉碎된 金屬破片은 젯트의 殘留物에서 생긴 粒子와 같이 戰車內에 흩어져서 裝甲板貫通後의 損傷을 戰車內의 사람과 器材에 입히게 된다. 일반적으로 부서진 裝甲板材料의 粒子는 젯트 粒子보다도 速度가 느리고 따라서 주는 損傷도 적다.

그럼에도 戰車의 乘務員과 몇몇 器材에 대해서는 致命的 被害를 줄 수가 있다. 알미늄裝甲板일 경우엔 그 破片粒子가 아주 致命的 損害를 敵에게 입힐 수 있다.

成形炸藥젯트가 標的板을 때리면 그 變歷이 板材의 모양을 이그러지게 하여 그 溫度를 높여 준다. 鉛과 같이 板材의 融點이 낮으면 標的物은 녹아버린다. 알미늄鋼合金과 같은 일반적 裝甲板材는 材質의 可塑性 變化와 溫度의 上昇을 가져올 뿐이다. 이런 溫度의 變化는 우리가 晝類클립을 구부렸다 폈다 할 때 쉽게 느낄 수 있는 것과 같다고 생각하면 알기 쉽다.

裝甲板材의 뜨거운 破片粒子들은 板材後面에서 戰車內를 가로질러 맞은면 壁에 맞으면 衝擊熱로 因하여 더욱 뜨거워진다.

이때 破片粒子가 녹아서 液化粒子로 되어 板材表面의 酸化塗料를 떨어버리면 空氣中에서 빨리 燃燒하여 爆發現象이 일어나는데, 이것은 穀物貯藏所의 엘리베이터에서 일어나는 爆發現象과 같다. 이런 爆發은 M-113과 같은 裝甲車의

乘務員과 兵員에게 致命的 損害를 입힐 수가 있다.

그런데 多幸하게도 이런 裝甲板貫通後의 殺傷效果를 내게 하기 위하여는 特殊한 두가지의 要求條件이 따르는데 이것은 쉽게 充足시킬 수가 없는 것이다.

첫째 條件은 젯트의 標的物貫通時에 다수의 高速, 高溫의 破片粒子가 생기도록 하여야 한다는 것이다. 이것은 高硬度 알미늄合金과 直徑이 길고 速度가 빠른 젯트로써 可能하다.

그러나 破片이 생겨나는 것을 막기 위하여 사용되는 可塑性 內部板을 裝甲內部에 부착함으로써 많은 破片粒子의 발생을 制止할 수가 있다.

두번째 條件은 破片粒子의 溫度를 融點이상으로 높여 戰車內부의 맞은면 壁에 부딪혔을 때 그 衝擊으로 다시 粉碎되어 微粒子로 되어야 한다는 것이다.

微粒子는 空氣, 一酸化炭素 또는 二酸化炭素와 혼합하여 빨리 燃燒되어야만 한다. 이 두번째 條件도 內部板의 사용으로 그 充足을 막을 수가 있는데 그 理由는 破片이 戰車內의 맞은면 壁에 부딪쳐 衝擊이 생기면 內部板에 의해서 吸收되기 때문이다.

成形炸藥젯트는 개소린, 揮發性이 강한 液體, 또는 粉碎되어 熱을 띠게 되면 빨리 燃燒하기 쉬운 其他의 液體가 다소라도 들어있는 통을 通過하게 되면 알미늄粒子의 爆發과 같은 爆發을 일으킨다.

成形炸藥젯트의 爆發에 대한 知識으로 인하여 戰車와 裝甲車는 디젤油를 燃料로 사용하며 또 燃料室을 乘務員室과 떨어진 곳에 따로 마련하게 되었다.

成形炸藥彈의 가장 가공할 裝甲板貫通後의 殺傷效果는 戰車안에 있는 彈藥을 起爆케 한다는 것이다. 卽 젯트나 또는 젯트의 粉碎破片이 高爆彈頭나 혹은 推進劑火藥에 들어가게 되면 彈은 폭발하게 된다.

高爆彈頭의 경우엔 단지 導火帽(Blasting Cap)에 움푹 들어간 곳이 있다는 事實만 記憶해 두면 成形炸藥젯트의 관통으로 因한 起爆原理는 쉽게 알 수가 있다.

보조개같이 움푹 들어간 導火帽가 高性能爆藥

을 起爆하는데 보다 効果的이란 것은 이미 널리 알려진 사실이다(옴폭 들어간 導火帽 그 自體가 하나의 작은 成形炸藥이기 때문이다).

推進劑의 경우인 高性能火藥을 混合 또는 한데 묶어서 推進劑를 만들기 때문에 推進劑粉末 表面에서 高性能火藥은 일정한 率로 分解하도록 되어 있다는 사실을 記憶해야만 한다.

推進劑粉末이 젯트의 衝擊으로 紛碎되면 紛碎된 火藥粉末은 爆發하게 되는데, 단지 이때 紛碎된 火藥粉末이 空氣와 섞여지지 않고 또 젯트의 衝擊이 약하면 爆發은 일어나지 않는다.

그런데 成形炸藥彈에 의한 戰車彈藥推進劑의 爆發은 消火劑로 끄지 않으면 빨리 모든 推進劑에 전파한다. Chieftain戰車에 있어서는 推進劑袋의 돌레에 있는 液體에 의하여 이런 消火作業이 遂行되도록 設計되었다.

그러나 이 技術은 第2次世界大戰末頃 美國의 Sherman M-4A3E8型 戰車가 에절렌 굴리콜, 또는 물을 사용하는 推進劑의 소위 濕式貯藏法을 開發한데서 由來하였다고 보여진다.

車內貯藏의 彈藥이 敵彈에 맞음으로써 일어나는 爆發에서 戰車을 防禦하는데 對해선 戰車의 殘存性에 對해 別途의 論文에서 충분히 다루어야 하겠지만, 여기에서는 단지 成形炸藥彈의 젯트 또는 그의 破片은 相對的으로 좁은 幅으로 飛來하여 이 좁은 길에 있는 彈藥만이 貫通되었을 때 爆發한다는 것을 말하는 것에 끝이겠다.

따라서 彈藥이 敵의 成形炸藥젯트에 맞아 일어나는 被害를 줄이는 중요한 方法은 彈藥庫를 車의 底部, 좀처럼 敵彈에 맞거나 貫通되지 않는 곳에 設置하는 것이다.

成形炸藥彈젯트의 피해에서 戰車, 乘務員, 그리고 部品들을 保護하는 가장 확실한 方法은 高等裝甲을 사용하는 것이다. 이런 目的으로 최초로 개발된 高等裝甲의 하나는 多重空間式 裝甲(Spaced Armor)이었다. 이 多重空間式 裝甲이란 戰車의 主裝甲板 위에 空間을 두고 얇은 鋼板을 씩은것을 말한다.

예를 들면 Leopard I, AMX30, 또는 Vijayata型 戰車의 스킵트裝甲은 현재 사용중인 多重空間式 裝甲이다.

成形炸藥彈에 對항하기 위하여 처음으로 널리

사용된 多重空間式 裝甲은 1941年 7월에 獨逸軍이 시작한 裝甲改良事業의 일환으로 自軍의 많은 裝甲車와 戰車에 使웠던 스킵트裝甲이었다.

多重空間式 裝甲의 效能은 그림 3에서 보면 그 理致를 알수 있다. 初期設計의 成形炸藥彈은 彈과 主裝甲板과의 거리가 멀면 그 貫通能力이 감소되었다.

現代의 非精密設計 成形炸藥彈도 거리에 의해서 그 貫通力이 다소 영향을 받는다. 그러나 M-72, LAW, Viper, 그리고 Dragon과 같이 精密設計彈은 거리가 어느 限度까지 멀어지면 그 貫通力은 오히려 증가한다

多重空間式 裝甲의 效能은 空間에 어떤 物件을 채워 젯트의 貫通力을 저하시킴으로써 한층 증가한다. 이것은 Centurion, Vijayanta型 戰車, 화란과 東獨의 T-54/55型 戰車 그리고 소聯의 T-64, T-72型 戰車등에서 應用되고 있는데 이 戰車들은 砲塔에 工具箱子 또는 彈藥箱子를 부착하여 그 效果를 내고있다.

이렇게 戰車內의 空間을 箱子등으로 채우므로써 젯트의 貫通을 막는데, 이것은 重要하지 않은 物件을 젯트의 進路에 놓아 부서지도록 내버려 두는것이 이런 物件을 保護하여 젯트의 貫通을 가능케하여 乘務員을 殺傷하며 또 戰車內部를 破壞하도록 하는 것보다 훨씬 利롭다는 原理에서이다. 채워진 空間式 裝甲을 사용하는 技術의 原理는 바로 여기에 있는것이다.

最近에 鋼, 세라믹 및 알루미늄의 博板, 또는 各種의 異質鋼과 플라스틱의 博板이 同質性的 裝甲鋼板에 비하여 成形炸藥彈의 貫通을 저지하는데 있어서 3배나 더 效果的이라고 主張되어지고 있다.

그런데 이들 博板物質은 前述한 貫通公式의 基本假設을 違反하고 있어서 이 公式을 否認하는 것으로 여길 수 밖엔 없다. 그러나 이러한 發見은 새로운 것이 아니다. 왜냐하면 鑛山이나 油田에서의 穿孔作業에서 이런 現象은 잘 알려져 있기 때문이다.

플라스틱이나 세라믹 같은 特殊材料는 鋼鐵에 비하여 密度가 낮으므로 이것을 裝甲으로 사용하면 裝甲板의 두께는 普通 커질것으로 예상된다. 砲塔部位에선 부피가 커져서 Leopard 2型

戰車와 XM-1型 戰車의 砲塔과 같이 肉重에 보일 것이다.

그러나 車體의 側面이나 또는 엔진部位에서 이런 肉重함을 어느 程度까지 許容할 수 있는가가 어려운 問題로 登場한다. 따라서 이런 部位에선 계속해서 스킵트裝甲을 使用하는 것이 보다 實際의 일지 모른다. 그런데 Leopard型 戰車는 이런 部位의 몇몇 군데에 까지 複合裝甲(Compound Armor)을 사용하고 있기는 하다.

複合裝甲(소련의 混合裝甲(Combined Armor)은 新型戰車의 設計 또 애플리크(Applique)裝甲의 改良에 필요한 것으로 看做되어 世界的 關心을 끌고 있다.

複合裝甲의 대한 이런 關心, 그리고 소련은 이미 複合裝甲技術을 가졌고 또 이것을 이기 T-64型 戰車 또는 T-72型 戰車에 應用하였으리라는 可能性은 成形炸藥 設計師에게 커다란 關心을 갖게 하였다.

소련은 분명히 西方諸國의 武器發展에 대하여 知識을 갖고있다. 그런데 成形炸藥 設計師는 各種 켈트와 슬러그를 만들도록 組成할 수 있는 많은 設計要素들을 고려하여야만 한다. 複合裝甲도 그 要素中의 하나라고 볼수 있다.

設計師는 또 겹으로 되어있는 多重炸藥도 고려할 수가 있다. 이런 技術, 그리고 170mm 直徑

의 大形炸藥으로 인한 過度破壞技術은 대부분의 現代裝甲板을 貫通하는 方法을 考案해 내도록 하고야 말것이다.

또 成形炸藥은 아직도 小形爆彈 또는 地雷에 使用하여 複合裝甲을 使用할 可能性이 허박한 戰車의 上下部位를 攻擊하는데 使用할 수가 있다.

成形炸藥은 과거에 아주 效果的인 裝甲貫通武器였는데 앞으로도 그렇게 될것이다.

그러나 成形炸藥彈은 直徑, 부피 및 무게에 限定性이 있어서 對戰車彈의 推進力 및 誘導體系에 적합하여야 한다. 이것은 戰車와 裝甲車가 內部容積, 乘務員의 內部活動, 砲, 엔진 및 驅動裝置에 의하여 그 裝甲板의 배치에 限定性을 갖는 것과 같다.

따라서 成形炸藥을 使用하는 榴彈, 小形爆彈, 機雷와 地雷, 砲彈 및 對戰車미사일의 戰鬪記錄과 또 이들의 武器로서의 效能을 研究檢討하는 것은 아주 有益한 일이라 하겠다.

## 참고 문헌

(Shaped Charges Versus Armor; July-August 1980, Armor)

〈金明哲譯〉

