

# 誘導彈의 信賴度

—무엇이 問題인가—

理學博士 具 尙 會

## 머 리 말

우리 俗談에 “가지 많은 나무 바람잘날 없고  
子息 많은 父母 근심 떠날 날이 없다”는 말이 있다.  
이는 構成要素가 많으면 많을수록 그 集合體가  
복잡하여지고 문제점도 그에 따라 늘어난다는 뜻  
이라고 본다.

科學技術의 嚆矢라 할수 있는 道具의 발명은  
人類의 生活樣相에 큰 변혁을 가져왔으며, 끊임  
없는 科學技術의 발달은 모든 製品이 그 구조에  
있어 單純形態에서 복잡하고 정교한 상태로 바  
뀌게 하였다. 이러한 高度精密한 製品들은 그 性  
能이 뛰어나 우리의 生活을 놀라울 정도로 편리  
하게 하고 있으나 오랫동안 안심하고 믿고 쓸수  
있게 하기 위하여서는 高度의 品質保證問題가  
야기된다.

이와같은 高度의 品質保證을 위하여서는 研究  
開發에서 부터 생산에 이르는 全過程을 통하여  
종합적이고 체계적인 信賴性\*技術의 重要性이 무  
엇보다도 강조되고 있다. 더욱이 한나라의 安保  
를 가름하는 모든 兵器는 最新科學의 集합체요  
極限環境與件下에서도 이상없이 運營되어야 하

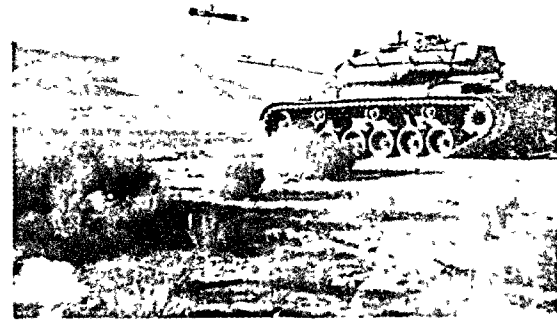
※ Reliability를 우리말로 “信賴性” 또는 “信賴度”로 쓰  
이고 있는데 일반적으로 信賴性은 어느 製品의 기능이  
經濟的 安全性을 나타내는 정도를 뜻하는 定性的인 의  
미를 갖고 있는 반면에 信賴度는 어떤 環境與件下에서  
일정기간 고장없이 規定된 성능을 발휘하는 確率로서  
定量的인 의미를 갖고 있다.

《國防과 技術 1982. 4》

기 때문에 信賴性의 重要性은 再論할 필요가 있  
다.

그중에서도 誘導彈은 高度精密兵器의 상징  
로서 各國의 武器體系속에서 王子의 位置를  
차지한 지 이미 오래다. 그런데 誘導彈은 일반적으로  
發射만 하면 百發百中 標的에 명중하는 것으로  
알고들 있다.

과연 모든 誘導彈은 그렇게 높은 信賴도와  
수한 性能을 갖고 있는 것일까? 여기에서는  
誘導彈 信賴度의 實像과 虛像을 알아보고 이에  
관련된 문제점과 그에 대한 對策을 살펴보기로  
하겠다.



〈그림 1〉 標的에 命中하기 직전의 對戰車誘導彈

## 1. 誘導彈의 信賴度特性

大部分의 사람들은 간단히 말하여 誘導彈은  
중사가 없는 飛行機에 불과하며 生命의 위험  
담이 없기 때문에 飛行機와 같이 信賴度가 높  
필요가 없다고 생각들을 하고 있다.

그러나 우리가 誘導彈에 대해 좀더 깊이 알아 다면 이것은 얼마나 커다란 잘못인가를 깨닫게 된다.

飛行機(有人)는 機種에 따라 다르겠으나 일반적으로 數千 또는 數萬個의 부분품으로 이루어 있다. 그러나 飛行中에 고장으로 인하여 飛行機가 墜落하고 乘務員을 사망하게 하는 致命인 부분품들을 보면 날개, 方向舵, 기타 構造部分品(Structural Components)등 百個미만에 불과함을 알 수 있다. 餘他의 數千 또는 數萬個의 부분품들은 飛行中 고장을 이르기더라도 操士가 그 고장난 부분품들을 사용하지 않고도 飛行機를 飛行場에 무사히 착륙시켜 飛行機와 人의 손실을 막을 수가 있다.

따라서 飛行機의 경우에는 부분품의 信賴度는 致命的인 부분품들과 같이 높은 信賴度를 유지하지 않아도 좋을 것이다.

그러면 誘導彈의 경우는 어떠한가? 誘導彈에 관해서는 전적으로 다른 문제임을 알 수 있다. 誘導彈의 경우에는 構成部分品中 어느 하나가 고장났을 때는 말할 것도 없고 심지어 납땜 한군데 잘못하였을 때도 표적을 命中할 수 없기 때문에 飛行機에서와 같이 어느 부분품이 더 致命的이고 덜 致命的이라고 할 수가 없으며 모두가 致命的인 일 뿐이다.

大部分의 誘導彈은 일단 발사되면 回收하여 再使用이 불가능하기 때문에 그 값이 얼마든 간에 完全損失일 뿐 아니라 때에 따라서는 部分品 하나만의 고장이나, 납땜 한군데의 잘못으로 發射中 暴發하거나 豫定한 彈道에서 벗어나 엉뚱한 데 떨어지므로써 막대한 人命 및 財産被害를 가져올 수도 있다.

만일 飛行機의 경우 誘導彈과 같이 飛行中 어느 部分品 하나라도 고장을 일으키거나 또는 납땜 한군데 잘못으로 致命的인 결과를 초래한다면 이러한 殺人飛行機를 조종하겠다고 감히 나서서 하는 사람은 아무도 없을 것이다.

以上으로 우리는 飛行機와 誘導彈의 信賴度에 대한 차이를 알았으며 誘導彈의 信賴度는 飛行機와는 비교할 수 없을 정도로 높아야함을 알게 되었다. 그렇다면 誘導彈의 信賴度는 도대체 어느 정도 높아야 하는 것일까? 막연히 “매우 높

아야 한다”라고 말해서는 안될 것이다.

여기에는 반드시 科學的인 해석이 뒤따라야 할 것이다. 信賴度에 대한 理解를 도모기 위하여 먼저 몇가지 用語에 대한 定義와 確率理論에 대한 이야기를 하는 것이 좋을 것 같다.

### 가. 用語의 定義

앞에서 말한 信賴度, 全體信賴度 및 部分品에 대하여 일반적으로 받아들이고 있는 定義를 해 보면 다음과 같다.

信賴度(Reliability)—信賴度에 관하여서는 앞에서 간단히 言及하였지만 흔히들 能力(Capability)으로 생각을 하고 있는데 엄격히 말하면 確率이지 능력은 아니다. 이 차이는 다음의 例로서 區分할 수 있다.

어느 小銃手가 距離 500m에 있는 停止된 표적을 사격한다고 하자. 사격한 彈丸은 전부 標的까지 도달할 수 있는 能力은 가졌더라도 표적에 命中할 確率은 극히 적을 것이다.

特等射手로 自負하려면 彈丸이 표적까지 도달할 수 있는 能力이 아니라 표적을 命中시킬 수 있는 높은 確率, 바꾸어 말하면 높은 信賴度를 가지고 있어야 한다. 이 例를 통하여 信賴度는 數學의 確率論에 바탕을 두고 있음을 알 수 있다.

信賴度에 관하여 좀더 구체적인 定義를 한다면 다음과 같이 말할 수 있다. “어떠한 裝置(部分品, 叢치(Assembly), 시스템等)의 信賴度란 사용되는 모든 環境與件下에서 意圖된 일정기간 동안 고장없이 規定된 성능을 발휘할 수 있는 確率이다”라고 할 수 있다.

全體信賴度(Overall Reliability)—많은 수(例, 50發 이상)의 誘導彈을 발사하였을 때에 표적에 命中한 百分率을 全體信賴度\*라 한다. 만일 45發이 명중하였다면 이 誘導彈의 全體信賴度는 90%라 할 수 있다.

軍에서 誘導彈의 성능을 말할 때 주로 이 全體信賴度를 意味하고 있다. 여기에서 우리가 留意할 點은 불과 몇發(5~10發)의 사격의 결과를 가지고 命中率이 얼마라고 해서는 안된다는 것이다.

※ 嚴格히 말하여 正確한 값은 標本이 無限할 때의 값이어야 함.

部分品(Component) — 部分品の 定義에는 여러가지 異論이 있어 애매할때가 많다. 오늘날 많은 사람에게 보편적으로 받아들이고 있는 定義는 叢치에서 分離할 수 있으나, 그 自體는 分解하지 않도록 되어 있는 品目을 部分품이라 定義하고 있다. 例를 들면 자이로, 날개, 구동모타 등이다.

#### 나. 信賴度에 대한 數學理論

部分品信賴度와 全體信賴度を 좀더 명확하게 理解하기 위하여 兩者의 相關關係를 알아보고자 한다. 確率理論에 따르면 全體信賴度는 각부분품의 信賴度の 積과 같다.

全體信賴度を 各部分品の 信賴度の 平均値로 알고 있는 사람이 많은데 이것은 큰 잘못이다. 詳細한 내용을 알고 싶은 사람은 參考文獻 1을 참조하기 바란다.

이를 數式으로 表示하면

$$P(\text{全體信賴度}) = P_1 \cdot P_2 \cdot P_3 \cdots P_n$$

여기에서  $P_1, P_2, \dots, P_n$ 은  $n$ 個의 部分品에 대한 각각의 信賴度이다. 例를 들어 만일 어느 誘導彈이 100個\*의 部分품으로 이루어져 있다면 誘導彈의 全體信賴度는 100個의 部分품에 대한 각각의 信賴度を 곱한것과 같다는 뜻이다. 全體信賴度는 誘導彈을 설계하고 제작하는데 가장 중요한 鍵잡이가 되고 있다.

部分品の 신뢰도가 全體信賴도에 미치는 영향이 얼마나 큰가를 알아보기 위하여 100個의 部分品으로 구성된 誘導彈을 생각하여 보자. 設計者가 各部分品の 信賴도가 99%이면 충분할 것이라고 생각하고, 위의 公式을 이용하여 全體信賴度を 계산하였다면 誘導彈의 全體信賴도가 불과 36.5%밖에 안됨을 알고 大驚失色하였을 것이다( $(0.99)^{100} = 0.36$ ). 이는 바꾸어 말하면 3發의 誘導彈을 발사하면 1發만이 표적에 命中할 수 있다는 뜻이다.

한걸음 더 나아가 어느 誘導彈이 99%의 信賴度を 갖는 部分品 400個로 구성되었다면 全體信賴度は 단지 2%에 불과하다. 이는 100發中 2發만이 표적에 命中할 수 있다는 것을 의미한다.

\* 實際의 誘導彈은 數千 또는 數萬個의 部分品으로 이루어져 있음.

그림 2는 部分品の 신뢰도가 全體信賴도에 미치는 關係를 表示하고 있다. 그림에서 보는바와 같이 部分品數가 증가하면 全體信賴度는 指數函數적으로 감소됨을 알 수 있다. 다시 말하면 주어진 全體信賴度를 유지하기 위하여서는 部分品數가 증가하면 各部分品の 신뢰도는 指數函數적으로 증가하여야 한다.

그러나 現人間의 능력으로는 信賴度 100%의 部分品生産은 불가능한 것이기 때문에 軍의 要求와 科學技術의 능력에 따라 이를 定할 수 밖에 없다.

例를 들어 總部分品數가 40,000個인 誘導彈의 전체 신뢰도를 80%로 정하였다면 各部分品の 신뢰도는 놀라울 정도인 99.9994%가 되어야 한다는 計算이 나온다. 바꾸어 말하면 各部分品の 故障率은 180,000번 사용에 1回의 故障가 나와야 한다는 이야기이다.

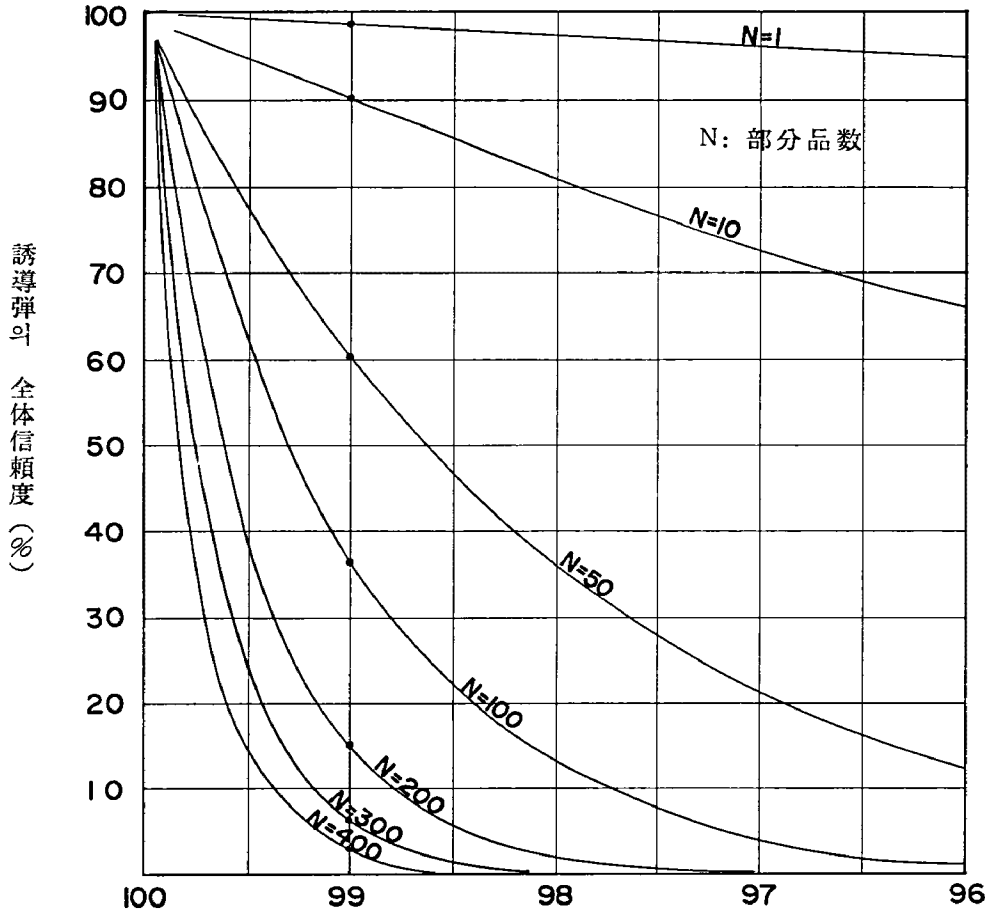
일반적으로 誘導彈의 部分品數가 40,000個면 결코 많은 것이 아니다. 이 點으로 미루어 보더라도 誘導彈 設計時의 部分品數를 최소한으로 줄여야 할뿐 아니라 各部分品の 信賴度を 최대한으로 높여야 하는 일이 얼마나 중요한가를 알 수 있다.

따라서 1,000單位 이상의 部分品數를 갖는 誘導彈의 경우, 비록 全體信賴度を 80%로 정한다 하더라도 各部分品이 지녀야 하는 신뢰도는 믿을 수 없을 정도로 높아야함을 設計者는 말할 것도 없고 生産者는 깊이 명심하여야 할 것이다.

대개의 경우 民需裝備에 있어서 99%의 部分品信賴度는 결코 낮은 것이 아니나 誘導彈의 경우 99%의 部分品信賴度는 고려할 여지도 없고 또한 도저히 받아들일 수도 없는 것이다.

간혹 誘導彈의 전체 신뢰도는 構成部分品中에서 가장 낮은 信賴度を 갖는 部品の 信賴도와 같을 것이라고 생각하는 사람들이 있는데 이는 큰 錯覺이다.

다른 部分品の 신뢰도가 100%가 아닌 限 全體信賴度는 믿을 수 없을 정도로 낮아지기 때문이다. 앞에서 보인 例에서 39,999個의 部分品信賴度는 각 99.9994%이고 하나의 部分品信賴度는 95%일 때 全體信賴度는 80%에서 75%로 떨어지게 된다.



全部分品の 平均信賴度 (%)

〈그림 2〉 部分品の 數와 信賴度가 全體信賴度에 미치는 영향

## 2. 誘導彈 信賴度達成의 問題點

이와같이 복잡한 誘導彈의 信賴度는 어떻게 하면 所期의 목표를 달성할 수 있는 것일까? 이는 말할것도 없이 設計者와 生産者가 문제의 중요성을 깊이 認識하고 공동의 노력을 함으로써만이 가능하다.

먼저 設計者는 주어진 全體信賴度를 달성하기 위하여 各部分品の 信賴度를 계산하고 確認試驗을 하여야 한다. 各部分品の 信賴度決定은 軍의 요구 및 期待性能을 토대로 誘導彈의 운영 및 환경여건, 즉 地上發射, 空中發射, 水中發射用인지, 또는 固定型인지 移動型인지 등의 제반여건에 따라 결정된다.

그러나 어느 누구도 事前에 운영 및 환경여건을 正確하게 알아낼 수 없기 때문에 試驗時 예상하지 않은 요인들로 인하여 失敗할 確率이 높다.

그러나 여기에서 중요한 것은 비록 첫 시험에 失敗하였다더라도 똑같은 失敗를 되풀이 하지 않도록 失敗原因을 精確하게 규명하여 그 對策을 수립하는 일이다.

이와같은 試驗의 失敗는 시험절차나 試驗要員의 잘못등 人間的인 요인을 제외한다면 모두가 脆弱한 部分品の 信賴度에서 오는 것임을 알수가 있는데, 그 요인을 보면 대체로 다음과 같은 경우이다.

(1) 誘導彈이 발사에서 彈着時까지 받는 振動, 衝擊, 溫度등의 諸般 環境與件이 예상하였던 것보다 더 酷甚한 경우.

(2) 構造強度의 安全係數(Safety Factor)의 不充分.

(3) 部分品の 설계를 잘못하였거나 不適當 部分品の 選定.

(4) 不良部分品の 製作.

(5) 不適合한 부분品の 管理등이다.

이와같은 部分品の 信賴度問題는 앞에서 言及하였지만 設計信賴度(Design Reliability)와 製作信賴度(Manufacturing Reliability)로 區分되는데 다루는 사람이나 그 性質이 전혀 다르기 때문에 解決方案 또한 달리 取扱하지 않으면 안된다. 이러한 문제점들을 製作과 設計의 측면에서 검토하여 보고자 한다.

### 가. 製作信賴度

먼저 製作上的 信賴度問題를 생각하여 보기로 하자. 아무리 設計者가 各部分品에 대한 규격을 완벽하게 정하였다고 하더라도 製作에 있어서 결함이 발생한다면 원하는 誘導彈의 信賴度を 얻을 수 없을 것이다. 이것은 곧 生産業體의 品質保證問題와 관련이 된다.

앞에서 論한 信賴度の 公式를 보면 모든 部分品은 設計者가 규정한 信賴도를 반드시 지켜야 함을 알 수 있다. 그렇다면 生産業體가 民需製品에 적용하는 것과 같은 裁台式 品質保證方法으로 극도로 높은 信賴도를 요하는 誘導彈의 信賴도를 과연 유지할 수 있겠는가 하는 의문이 생긴다. 通常 民需製品에 대하여서는 不良品을 가려내는데 人力, 時間, 費用을 절약하기 위하여 統計理論에 바탕을 둔 샘플링(Sampling)技法을 이용한다.

예를 들어 생산된 製品中에 1%의 不良品을 許容하기 위하여서는, 다시 말하여 99%의 信賴度維持를 위하여서는 1個롯트(Lot)當 100個를 抽出한 標本가운데서 不良品이 3個이하이면 되도록 定해져 있다(參考文獻 3 參照). 이와같은 샘플링에 의한 不良品抽出技法은 어디까지나 統計的理論에 근거를 두고 있기 때문에 實際에 있어서는 합격된 製品中에서도 不良品이 1%를 훨씬 초과할 수도 있게 된다.

한개의 不良品도 容納할 수 없는 誘導彈의 경우에는 이와같은 샘플링技法은 도저히 사용할 수

없음은 自明한 일이다. 따라서 誘導彈의 경우에는 100% 全數檢査를 하지 않으면 안된다.

그러나 誘導彈을 購買하는 軍으로서의 全數檢査로 인한 生産單價의 상승을 환영할리가 없을 것이다.

生産單價를 최소한으로 낮추면서도 所期의 信賴度を 유지하기 위하여서는 生産業體의 製作技術을 提高시켜 不良率을 최소한으로 抑制하는 一面 品質保證面에 있어서도 全數檢査와 같은 효과를 얻을 수 있는 새로운 샘플링技法을 개발하도록 하여야 할 것이다.

그러나 誘導彈의 單價를 내리는 데는 그 限界가 있다. 싼것은 비지떡이라는 말도 있듯이 誘導彈의 경우에는 어느 하나의 部分品도 致命的이 아닌 것이 없기 때문에 만일 不良部分品이 하나라도 섞여 들어갈 때는 誘導彈전부의 損失을 가져오는 點을 감안하여 小食大失의 愚를 犯하는 일이 있어서는 안될 것이다.

誘導彈이 他兵器에 비하여 그 값이 엄청난 것은 높은 信賴度維持를 위하여 도리없는 일임으로 開發費와 生産單價에 너무 인색하지 말아야 할 것이다.

### 나. 設計信賴度

設計信賴度는 앞에서 言及하였지만 製作信賴도와는 그 성격이 판이할 뿐만 아니라 문제를 해결하는데도 그 어려움은 比較할 수 없이 크다. 어느 部分品에 대하여 生産者가 設計者의 규격대로 제작하였다 하더라도 誘導彈試驗時 實際의 환경여건이 예상하였던 것보다 酷甚하여 시험이 失敗로 돌아갈 수 있기 때문이다. 이러한 結果는 말할 것도 없이 設計者의 잘못으로 결함을 가진 部分品을 가려내어 設計補完하지 않으면 안된다.

그러나 不幸히도 한번 발사한 誘導彈은 완전한 상태로 回收할 수 없기 때문에 어느 部分品이 얼마만큼 脆弱한가를 알아내는 것은 극히 어려운 일이다.

만일 推測만으로 결함이 예상되는 部分品을 補完하여 모든 문제가 해결될 때까지 誘導彈을 계속 쏘아댄다면 世界의 어느나라도 이렇게 비싼 誘導彈의 開發費用을 감당할 수가 없을 것이다.

勿論 誘導彈의 실제에 앞서 개발하려는 誘導彈의 환경여건과 이에 따른 各部分品の 信賴度를 예측하기 위하여 過去의 資料를 최대한으로 활용하고 電子計算機를 이용한 各種의 模擬試驗을 하지만 實驗室에서 實際의 환경여건을 그대로 재현한다는 것은 극히 어려운 일이다. 따라서 試驗을 거치지 않고 완벽한 部分品の 規格을 정한다는 것은 불가능에 가까운 것이다.

部分品の 規格을 정하기 위하여서는 모든 條件을 알아내어야 하는데 一般的으로 다음의 세 가지 경우를 생각한다.

### (1) 豫想보다 酷甚한 環境與件

앞에서도 이미 말하였지만 運營上의 環境與件에 대하여 정확하게 안다는 것은 거의 불가능한 일이다. 대개의 경우 實際의 환경여건은 設計者가 예측하였던 것보다 酷甚할 때가 많다.

振動이나 衝擊도 없고 溫度變化도 없는 實驗室에서 실시한 部分品の 性能試驗結果는 완벽하였을지 모르나 極寒의 北極이나, 高溫多濕의 赤道地帶에서의 시험시에는 또 推進機關이 點火되고 추진제의 燃燒時에 받는 충격과 연속적인 振動과, 高速飛行時 機體가 가열되는 環境與件下에서는 그중의 어떤 部分品은 故障할 확률이 매우 높다. 이러한 경우 誘導彈의 시험이 실패할 것은 뻔한 일이다.

### (2) 不充分한 安全係數

構造物이나 기계의 設計時 재료의 極限(또는 破壞) 強度(Ultimate or Breaking Strength)는 運營時 예상되는 最大應力(Maximum Stress)의 數倍이 되도록 하고 있다. 이것이 安全係數의 原理이다.

이와같이 높은 安全係數를 주는 이유는 設計, 製作, 維持 및 運營時 예상되는 不確實한 위험에 대비하기 위하여서이다. 일반적으로 建物, 다리, 케이블카와 같은 構造物設計에서는 安全係數를 5~10, 때로는 20까지도 許容한다.

그런데 誘導彈의 機體設計에 있어서의 安全係數는 飛行機에서와 같이 대개 1.5로 아주 낮게 定한다. 아마 독자들은 飛行機에서 가장 致命的인 部分品이 날개나 機體라고 하면서 安全係數는 왜 그렇게 輕蔑없이 적게 잡는 것일까 하는 의문이 생길 것이다.

그러나 飛行機에서의 安全係數에 대하여 그 內容을 좀더 자세히 살펴보면 결코 적은 값이 아님을 알수가 있다. 그 이유를 보면 飛行機나 誘導彈의 機體에 대한 安全係數는 그 基本材料가 되는 鋼鐵이나 알루미늄의 極限強度의 자연변화에 대처하기 위한 것이며, 機體設計者는 機體의 안전을 위하여 安全係數外에 별도로 소위 “設計荷重係數”(Design Load Factor)를 부여하고 있다.

民間飛行機의 경우를 보면 操縱士의 무리한 操縱이나 強風 등으로 날개가 받을 과도한 垂直荷重에 대비하여 荷重係數를 보통 4(2.5~3.8)를 고려하고 있다. 따라서 날개의 總安全係數는 安全係數(1.5)×荷重係數(4)로 6이 된다.

統計에 의하면 民間飛行機의 경우 惡天候일지라도 숙련된 操縱士는 날개에 걸리는 垂直荷重이 2g(重力)을 초과하지 않는 것으로 나와 있다.

따라서 最惡의 경우에도  $\frac{6}{2}=3$ 의 여유있는 安全係數를 유지하고 있음을 알수 있다.\*

그런데 誘導彈의 設計者들은 왕왕 機體나 構造部分品에 대하여서는 飛行機에서와 같이 충분한 安全係數를 부여하고 있으면서도 더 致命的이라 할수 있는 非構造部分品인 電子部分品에 대하여서는 構造部分品에서 처럼 별도의 荷重係數를 전적으로 무시하거나 가볍게 처리하는 경우가 많은데 이는 큰 문제이다.

最近에는 集積回路의 개발로 電子部分品の 信賴도가 획기적으로 향상된 것은 사실이지만 아직도 構造部分品에 비하여 훨씬 脆弱한 상태이다. 그 이유는 電子部分品들은 數도 훨씬 많거나와 外部의 영향에 대하여도 민감한 部分品이 많기 때문이다.

信賴度の 公式에서 알수 있듯이 部分品の 數가 증가함에 따라 各部分品の 신뢰도는 指數函數적으로 증가하여야 함을 알수 있다.

또하나 誘導彈이 비행기에 비하여 信賴度上 문제가 되는 것은 飛行機의 경우에는 操縱士가 飛行機에 걸리는 應力을 항상 感知하여 사전에 그

※ 飛行機의 安全上 가장 致命的이라 할수 있는 날개, 方向舵 構造部品에 대하여서는 人命安全 및 反復使用 등의 理由로 誘導彈의 경우보다 安全係數를 더 크게 適用하고 있다.

에 대한 대책을 세우게 되지만 誘導彈의 경우에는 誘導操縱의 신호에 따라 움직이기 때문에 과도한 應力이 걸리더라도 誘導彈 스스로 이에 대처할 능력이 없다.

따라서 誘導彈에 있어서는 飛行中에 예상치 않은 극심한 環境與件으로 부분품의 許容規格을 초과하게 되어 誘導彈의 損失을 가져오게 된다.

이로 미루어 볼때 誘導彈의 非構造部分品들은 더욱 細心하고 높은 安全係數를 규정하여야 함에도 불구하고 設計時 이를 충분히 反映하지 않는 경우가 많다. 더욱 골치 아픈것은 設想 設計時에 이러한 문제들을 충분히 고려하였다 하더라도 試驗으로 이를 확인하기란 매우 힘든데 있다.

그러나 그 過程이 여하튼간에 非構造品에 대하여서도 정확한 安全係數를 파악하여 이를 設計에 反映하지 않는다면 信賴度 높은 誘導彈의 개발은 기대하기 어려우리라는 것은 의심할 여지가 없다.

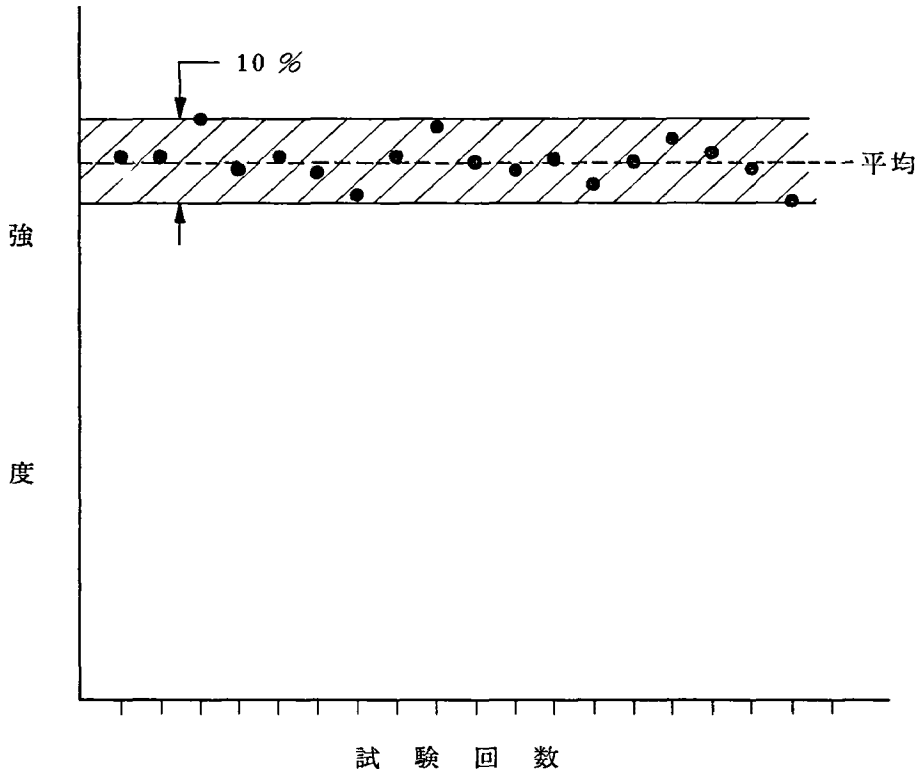
### (3) 過度한 強度變化

마지막으로 문제가 되는것은 같은 部分品들의 強度가 동일한 環境下에서도 각기 다르다는 것이다. 이러한 強度差異는 通常 그렇게 대단한 것이 아니기 때문에 設計時에 이를 무시하는데 경우가 따라서는 예상외로 커서 낭패를 겪을때가 있다. 그림 3은 어떤 鋼線의 여러곳에 대한 破壞強度를 測定한 값으로서 그 變化는 무려 10%나 됨을 볼수가 있다.

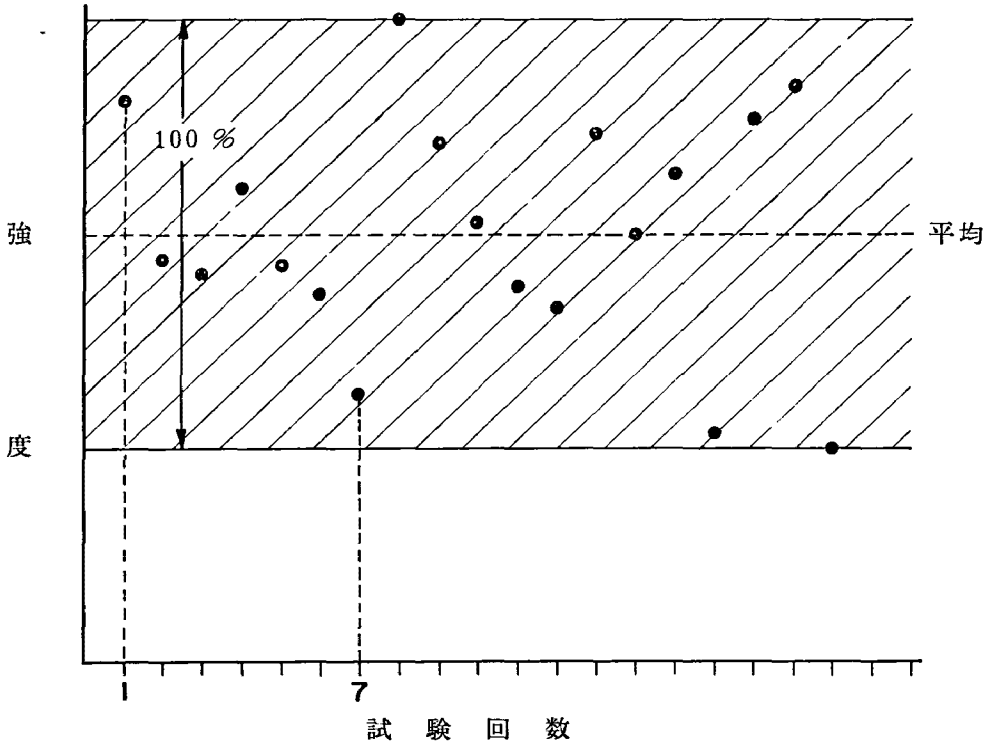
만일 部分品이 더욱 복잡하고 깨어지기 쉬운 경우에는 強度變化는 더욱 커지게 되는데 때에 따라서는 그림 4에서 보는 바와 같이 平均値에 肉薄할 때가 있다.

標本 1과 7의 경우 強度變化가 매우 큰것을 볼 수 있는데 이를 보아서도 한두번의 시험결과로 그 部分品の 強度를 결정한다는 것은 얼마나 위험한 것인가를 알수 있다. 이와같은 強度變化量을 충분히 고려하지 않고 설계한다면 誘導彈의 損失을 가져올 것은 明若觀火한 일이다.

不幸히도 強度變化量은 시험을 거치지 않고는



〈그림 3〉 鋼線의 破壞強度變化



〈그림 4〉 어떤 材料의 強度變化

다전에 알아낼 수도 없을 뿐 아니라 飛行試驗을 통하여 일일이 증명할 수도 없기 때문에 이를 위하여서는 實驗室에서 많은 部分品에 대하여 시험으로 얻어진 資料들을 바탕으로 예상되는 環境與件보다 여유있게 安全係數를 주도록 하여야 한다.

### 3. 對 策

이와같은 信賴度의 문제점들의 해결과 誘導彈 設計時 留意할 점으로 誘導彈 專門家들이 일반적으로 提示하는 4가지 事項들을 보면 다음과 같다.

- (1) 規定한 環境與件과 한정된 시험결과를 너무 過信하지 말것.
- (2) 實際의 運營 및 環境與件과 이의 變化에 대하여서는 시험과 統計的 技法으로 결정할것.
- (3) 모든 部品分에 대하여 완전한 信賴度를 保證하기 위하여서는 完全係數를 여유있게 규정할것.
- (4) 이러한 安全係數는 部分品에 대한 많은 수의 破壞試驗結果로 정할것.

### 가. 統計的 概念의 重要性

위에 記述한 4가지 事項은 確率 및 統計理論과 밀접한 關係를 갖고 있다. 品質保證問題를 검토할때 “信賴度가 매우 높다” 또는 “最高로 높다”라는 말을 흔히들 쓰는데 이러한 表現은 참으로 曖昧模糊한 말이 아닐 수 없다.

信賴度는 곧 確率이므로 信賴度에 관한 限구체적인 數字로 表示하여야 할것이다. 例를 들어 誘導彈의 電子部分品製作者가 設計者에게 제작한 電子部分品の 故障率이 시험결과 千分の 1인데 受諾할 수 있겠느냐고 물었다 하자. 이는 얼핏보아 科學的인 질문같지만 애매한 질문임에 틀림없다.

왜냐하면 만일 그 誘導彈이 불과 10個의 部分品으로 이루어졌다면 99%의 全體信賴度를 의미하는 것으로 충분한 信賴度를 갖고 있다고 할것이다.

그러나 만일 200個의 部分品으로 構成되어 있다면 全體信賴度는 6發에 1發씩 실패할 確率을 갖고 있으므로 그 部分品の 信賴度는 만족할만



한 것이라고 할수는 없기 때문이다.

部分品만이 문제가 아니다. 電氣납땜도 심각한 문제를 안고 있다. 美國의 資料에 의하면 (참고문헌 4) 誘導彈의 電子部分品을 책임맡고 있는 어느 生産業體의 監督責任者는 設計者로부터 電氣납땜에 대한 詳細한 規格書나 설명이 없었기 때문에 不良率이 정확히 얼마이어야 하는지를 전혀 모르고 있었다.

그는 다만 自己會社의 現 능력에 따라 납땜 不良率을 5千分の 1程度로 유지하고 있었고 이 程度이면 충분할 것으로 판단하고 있었다.

그런데 그 誘導彈의 電子장치에는 5,000個에 가까운 납땜이 필요하였는데 5千分の 1의 납땜 不良率은 그 自體만으로도 誘導彈의 全體信賴度를 37%로 떨어뜨리게 된다는 사실을 알고 그의 놀라움은 이만 저만한 것이 아니었다.

以上の 例에서 볼수 있는거와 같이 部分品은 말할것도 없고, 납땜 또한 얼마나 중요한가를 알았다. 뿐만아니라 이와같은 엄청난 결과는 生産者나 監督者의 잘못이 아니고 誘導彈設計者가 部分品이나 납땜에 대한 精確한 規格書를 提示하지 않은데 있다.

여기에서 우리가 깊이 생각할점은 誘導彈의 신뢰도는 製作信賴도와 設計信賴도를 다같이 총괄함으로써 이룩되는 것이지만 일차적인 책임은 어디까지나 設計信賴도에 있다는 것이다.

誘導彈設計時에 흔히들 衝擊, 振動 및 溫度 등의 중요한 몇가지 環境與件에 대하여서만 깊이 고려하는 경우가 많은데 電氣납땜의 例에서도 볼수 있는바와 같이 部分品の 信賴도에 致命的인 영향을 미칠 수 있는 요소를 보면 불과 몇가지의 환경여건이 아니라, 數百 또는 數千가지임을 알수 있다.

例를 들어 油壓系統의 油量 및 漏油問題, 各種舵를 조종할 驅動裝置의 충분한 回轉力, 推進機關의 點火裝置, 推力方向과 重心點의 일치여부, 搬送波의 安定性등 이루 다 헤아릴 수 없다.

따라서 誘導彈設計者는 이러한 모든 要素들을 빠짐없이 검토하여 部分品の 절대적인 信賴도를 보장할 수 있도록 設計를 하여야 하며, 나아가 예기치 않은 위험에 대비하여 여유있는 安全係數를 부여하여야 할것이다.

誘導彈의 높은 信賴度維持를 위하여서는 일반적으로 部分品の 故障率은 數十萬分之 1의 水準이며 극히 복잡한 誘導彈의 경우에는 數百萬分之 1에 이르고 있다. 이로 미루어 볼때 信賴度 높은 誘導彈의 개발(設計)이 얼마나 어려운 일인가를 알수 있으며 이와같은 문제의 해결을 위하여 設計者는 현재 널리 이용되고 있는 統計와 確率의 理論에 깊은 造詣를 갖고 있어야 한다.

#### 나. 設計者와 統計學

앞에서도 여러번 이야기 하였지만 信賴度는 確率 및 統計理論과 불가분의 관계를 맺고있기 때문에 設計者는 물론이고 品質保證要員들도 確率과 統計에 대하여 충분한 知識을 가지고 있어야 한다. 그중에서 設計者의 책임은 막중하다고 할것이다.

때때로 誘導彈設計者들 가운데는 信賴度는 과거의 資料와 經驗으로 대부분 해결할 수 있다고 생각하는 사람들이 있는데 새로운 誘導彈의 數千個 또는 數萬個의 部分品과 심지어 납땜에 이르기까지의 모든 信賴度問題를 과거의 資料로써 해결한다는 것은 생각할 수도 없는 일이다.

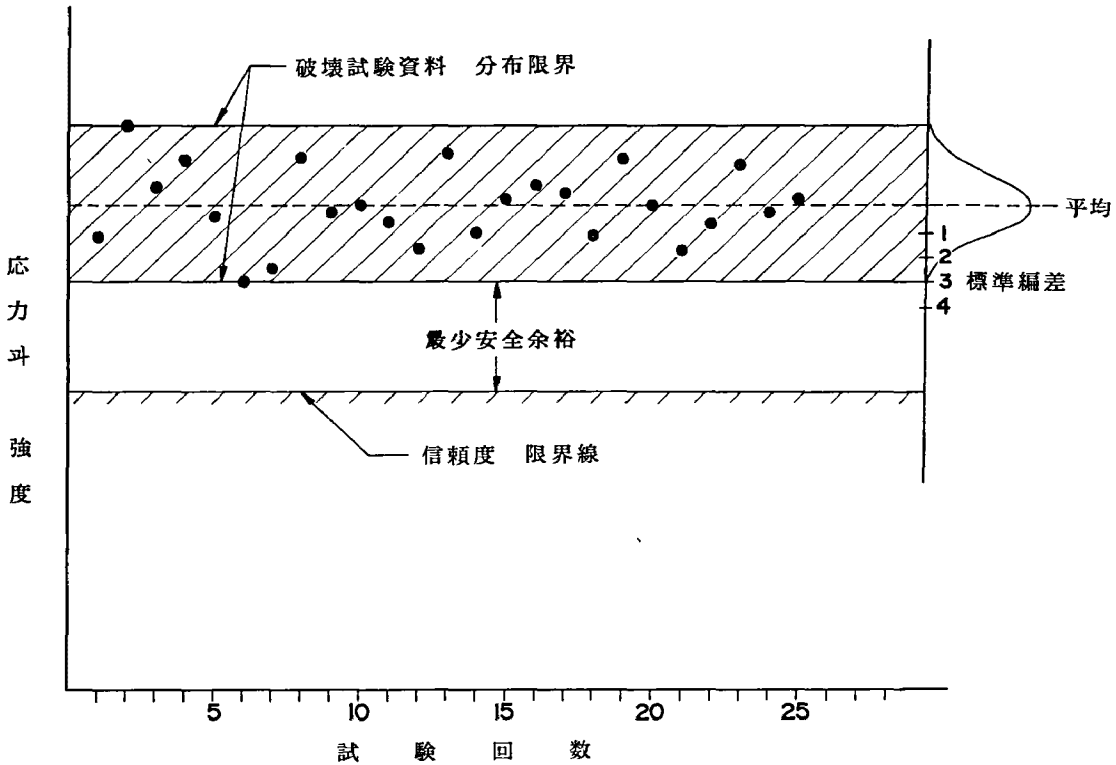
設計者는 誘導彈의 部分品하나, 電氣납땜하나의 잘못으로 값비싼 誘導彈을 완전히 잃어버리게 되는것을 항상 念頭에 두고 모든 危險負擔率과 信賴度를 통계와 確率理論을 적용하여 빈틈없이 計算하여야 할것이다.

다음은 信賴度問題를 해결하는데 널리 사용되고 있는 破壞試驗技法(Test to Failure Method)에 대하여 알아보하고자 한다.

#### 다. 破壞試驗技法

誘導彈의 시험이 실패하였을 경우 그 原因은 다음의 네가지에서 찾아볼 수 있다. (1)設計缺陷, (2)製作缺陷, (3)環境與件에 대한 불충분한 知識, (4)불충분한 安全係數이다. 일부 誘導彈設計者와 시험요원들은 이러한 缺陷事項들을 飛行試驗으로 전부 알아낼 수 있다고 잘못생각을 하고 있다.

飛行試驗時 外的 및 內的遠隔測定方式으로 주요부분品の 作動狀態를 파악할 수 있는 것은 사실이나 誘導彈은 일단 발사하면 완전한 상태로



〈그림 5〉 어떤 부분품의 最大強度分布圖

회수하는 것은 매우 힘든 것이기 때문에 모든缺陷原因과 內容을 완전히 규명한다는 것은 불가능한 일이다.

또한 費用面에서도 이와같은 方法은 도저히 감당할 수가 없다. 그래서 오늘날 널리 이용되는 것이 破壞試驗技法이다.

이 技法은 誘導彈의 모든 部分品을 실험실에서 고장날때까지 시험하여 그 部分品の 信賴度와 고장원인을 정확하게 알아내는 技法이다. 이때의 試驗條件은 최악의 環境與件을 감안하여 실시한다.

破壞試驗時 留意할 점은 너무 적은數의 試驗結果로 그 部分品에 대한 信賴도를 정하는 것은 危險千萬한 일이기 때문에 믿을수 있는 결과를 얻도록 統計理論을 적용하여 最適數를 시험하도록 하여야 한다.

하나의 例로써 그림 4는 어느 部分品の 25個에 대하여 이와같은 파괴시험을 통하여 얻은 極限強度의 分布圖이다.

앞에서도 言及한바와 같이 試驗資料의 分布範

圍는 部分品の 종류와 環境與件에 따라 크게 달라지는데 그 범위가 클수록 信賴도가 좋지않음을 의미한다.

따라서 設計者는 部分品을 설계할때 그 部分品에 대한 平均値는 말할것도 없고 標準偏差도 정확하게 알아야 한다. 이러한 試驗資料를 통하여서만이 設計者는 特定與件下에서 그 部分品の 強弱, 適否 및 信賴性與否를 판단할 수 있다. 그 외에 다른 王道는 없는것으로 알려져 있다.

또한 그림 4에서도 알수 있드시 破壞試驗法을 통하여 우리는 보다 합리적으로 應力과 強度間의 最少安全餘裕(Minimum Safety Margin)를 알아낼 수 있다. 包括적으로 적용하는 安全係數의 理論보다는 파괴시험을 통하여 얻은 資料를 기초로 하여 定한 最少安全餘裕方式이 應力과 強度의 변화에서 오는 危險負擔을 피할 수 있을뿐만 아니라 높은 信賴도를 얻을 수 있다.

破壞試驗技法은 일반적으로 誘導彈開發에 엄청난 비용과 시간이 所要될 것으로 속단하기 쉬운데 實際는 이와는 반대로 많은 利點이 있음을

알수 있다. 그 이유를 들면 첫째는 部分品の 신뢰도를 확인하는데 破壞試驗은 模擬飛行試驗보다 試驗回數가 비교적 안될 정도로 적다.

예를 들면 前者의 경우에는 約 20~30회로서 가능하지만 後者의 경우에는 數萬回의 시험이 필요하기 때문이다(참고문헌 7).

둘째는 모든 部分品에 대한 破壞試驗으로 所 要되는 諸般 費用은 계속적인 飛行試驗으로 인한 誘導彈損失에 비하면 말할 수 없이 적은 것이다. 더욱더 중요한 것은 불충분한 信賴度로 인하여 개발하는 誘導彈의 實戰配置時期가 늦어지는 것은 돈으로 換算할 수 없을것이다.

셋째는 이와같은 試驗을 實驗室에서 함으로써 그 缺陷原因을 정확하게 파악할 수 있는 점이다.

#### 라. 破壞試驗의 實施時期

그러면 이렇게 중요한 破壞試驗은 언제부터 실시하는 것일까? 종합적인 破壞試驗計劃은 성공적인 誘導彈開發과 事業管理에 무엇보다 중요한 事項이기 때문에 開發初期부터 착수하여야 한다.

破壞試驗의 實施段階를 보면 첫단계에서는 이미 規格化되어 있고 생산중인 部品에 대하여 실시한다. 많은 사람들이 生産者가 제공하는 카다로그나 說明者의 내용을 그대로 믿고 安全餘裕(Safety Margin)가 정확하게 얼마인지도 모르고 部品(Part)이나 部分品을 선정하는 경우가 있는데 이것은 앞에서 보인 여러가지 例를 통하여서도 알수 있듯이 위험하기 짝이 없는 일이다.\*

다음段階에서는 새로 개발하는 모든 部分品에 대하여 같은 시험을 되풀이한다. 모든 部分品에 대한 試驗과 補完이 끝나면 다음에는 半蒙치(Sub-Assembly), 蒙치, 그리고 최종적으로 誘導彈의 시스템에 대한 시험을 실시하여 나간다.

綜合적인 破壞試驗計劃을 수립하는데 留意할 점은 比較的 싼 部分品과 비싸고 복잡한 蒙치에 대한 시험을 잘 구분하여 실시하는 점이다. 어느 경우에도 破壞試驗이 필요하나 시험회수를 정하는 데는 全體信賴도와 費用對 效果를 고려하여 最適回數를 計算하여야 한다.

※ 嚴選된 軍事規格品에 대한 信賴度確認試驗은 과거의 履歷등 諸般資料를 참고하여 별도로 정하여야 할 것이다.

비교적 싼 部分品인 點火裝置, 繼電器 驅動모타, 콘벡다 및 電子카—드類는 試驗回數를 늘릴 수 있으나 部分品에서 半蒙치, 蒙치, 마지막으로 시스템으로 進展됨에 따라 試驗回數는 급속히 줄어들게 된다.

예를 들면 部分品의 경우에는 試驗回數가 많은 경우에 100으로부터 시작하여 半蒙치는 25회, 蒙치는 10회, 시스템의 경우에는 2~3회의 시험을 하게된다.

이러한 過程은 말은 쉽지만 實際로 그 많은 部分品들을 하나 하나 數十회에 걸쳐 破壞試驗을 해나가는 일이란 결코 쉬운 일은 아니다. 마치 千里길에다 한자(尺) 한자 레일을 깔아가는 것처럼 지루하고, 힘들고, 많은 人力과 時間과 예산이 所要되는 일이다.

그러나 誘導彈開發의 窮極의인 목표가 믿고 쓸수있는 誘導彈을 軍에 제공하여야 하는 것이라면 이 과정을 착실히 밟아 나가는 外에 旣 方法은 없을것이다.

이러한 方法이 얼핏 보기에는 時間과 費用이 많이 所要될것 같지만 開發着手로부터 實戰配置까지의 全過程을 놓고 보면 正反對입을 先進國의 資料와 例를 통하여 알수 있다.

#### 맺 음 말

誘導彈開發에는 信賴性外에 可用性(Availability)과 整備性(Maintenability)도 고려하여야 하지만 여기에서는 이 중에서 가장 중요한 信賴度와 이에 따른 문제점 및 대책에 대하여 살펴 보았다.

科學技術의 급속한 발달과 더불어 모든 武器體系가 놀라울 정도로 精巧하고 高性能化하고 있지만 성능면에서나 精巧함에서나 또 複雜性에 있어서나 誘導彈에 比肩할만한 兵器는 그리 많지않다.

오늘날 世界列強이 앞을 다투어 超精密한 誘導彈을 확보하려는 것도 武器體系속에서 차지하는 誘導彈의 役割과 比重이 그만큼 크기 때문이라고 본다.

그러나 앞서서도 얘기한 것처럼 性能이 뛰어나고 信賴度가 높은 誘導彈의 개발이란 결코 쉬

운일은 아니다. 오랜 時間과 엄청난 費用이 소요됨은 말할것도 없거니와 그 過程하나 하나가 蜀道之難과 같은 어려움의 연속인 것이다.

誘導彈개발의 窮極의인 목표가 軍에서 믿고 쓸 수 있는 誘導彈이라 한다면 誘導彈開發의 要諦가 되는 信賴度의 해결을 위하여서는 그 과정이 아무리 힘들고 어렵다 하더라도 한걸음 한걸음 밟아나가는 길외에 땀 방도는 없는 것이다. 그 중에서 破壞試驗法은 가장 적은 費用과 時間으로 信賴度높은 誘導彈을 개발하는 捷徑으로 되어 있다.

誘導彈의 개발에는 種類와 大小를 막론하고 막대한 예산과 人力과 時間이 소요됨을 감안할때 設計者는 물론이고 生産 및 試驗要員들도 事業效率의 극대화를 위하여 統計와 確率에 대한 깊은 造詣가 있어야 할 것이며, 개발과 生産單位를 결정함에 있어서도 철저한 費用對效果의 분석이 뒤따라야 할 것이다.

誘導彈을 개발한다는 것과, 믿고 쓸 수 있는 誘導彈을 개발한다는 것은 하늘과 땅과 같은 엄청난 差異가 있는 것이다. 開發段階에서는 비록 그 信賴度가 未洽하더라도 生産중에 또는 配置後에 이를 是正하면 되지 않겠느냐고 믿는 사람이 있다면 이것은 돌이킬 수 없는 큰 잘못을 저지르는 것이라고 생각한다.

처음부터 脆弱한 誘導彈은 도중에 罨질로 해결할 수 없을뿐 아니라 막대한 費用이 들게 된다.

더욱이 開發중에 蓄積된 試驗 및 技術資料들은 次期 誘導彈開發에 무엇보다도 중요한 것이기 때문에 資料銀行(Data Bank)화하는 작업을 게을리 하여서는 안될 것이다. 逆說의으로 들릴지 모르지만 誘導彈開發은 신뢰도에서 시작하여 信賴度로 끝나는 것이라면 지나친 過言일까?

### 參考文獻

1. 徐廷旭編著, 信賴性工學概論.
2. W. A. Schewart, Economic Control of Quality and Manufactured Product.
3. L. Grant, Statistical Quality Control.
4. R. Lusser, Reliability of Guided Missile.
5. R. Lusser, Production Environmental Testing.
6. R. Lusser, A Study of Methods for Achieving Reliability of Guided Missile.
7. G. Merrill, Principles of Guided Missile Design.
8. AMCP 706~110, Engineering Design Handbook, Experimental Statistics
9. AMCP 702~2, Quality Assurance.
10. MIL-HDBK-189, Military Handbook, Reliability Growth Management.

### ◇ 兵器短信 ◇

#### ◇ M47戰車 最新化 ◇

이스라엘의 IMI社와 Urdan RKM社는 미국의 M47戰車を 最新化하는 작업을 수행해왔다. 새로 변경된 戰車는 M47 RKM라 呼稱될 것이며 이 戰車는 Continental社의 AVDS1790-2C엔진과 105mm砲, 그리고 새로운 射擊統制장치를 갖게될 것이다.

戰車最新化作業은 두 段階로 수행될 것이다.

첫째 段階에는 엔진이 교체된다. 새로운 엔진을 부착하게 되면 戰車는 최고 35mph의 속력으로 달릴 수 있을 것이다.

둘째 段階에서는 105mm砲와 새로운 射擊統制장치가 설치될 것이다. 製造社에서는 이러한 作業結果로 미국의 M60A3 이상의 戰車가 될 것이라고 주장한다.

(IDR. 1981)