

# 防空壕의 設計

李昌男  
(세 構造研究所)

## 1. 耐爆構造

일본이 망하러는 시기에 소학교에 들어가서 소련군 구경도 하고 마침내 김일성의 명령으로 정든 고향을 떠나야만 했고 겨우 찾은 자유마저 6.25사변으로 빼앗기고 가족들을 잃었으며 집안의 기둥인 아버지는 반신불수가 되었으니 전쟁이란 이땅에 다시는 없어야 한다는 생각 간절하나 그래도 싸움 좋아하는 일부 고향사람들이 있는한 전쟁에 대비한다는 것은 필연적인 것입니다.

그러면 건축인들이 전쟁에 대비하는 방법은 무엇일까요? 우리가 살고있는 집, 사무실, 학교 기타 모든 건물은 비, 바람, 추위, 더위등 외부의 침해로부터 보호받도록 설계하고 시공합니다. 그러나 특수한 건물을 제외하고는 폭격에 전혀 무방비 상태여서 가끔 그 생각만 나면 암담할 따름입니다.

여기서 내폭구조물의 전문적인 내용까지를 다룰수는 없으며 또한 다루어서는 안될것이므로 건축설계를 하는데 참고가 될 극히 상식적인 사항만을 추려서 설명하겠습니다.

우선 공격용 무기의 종류만을 나열해도 한이 없으므로 폭격기나 전폭기에 탑재 운반되는 폭탄(재래식)을 대상으로 하겠습니다.

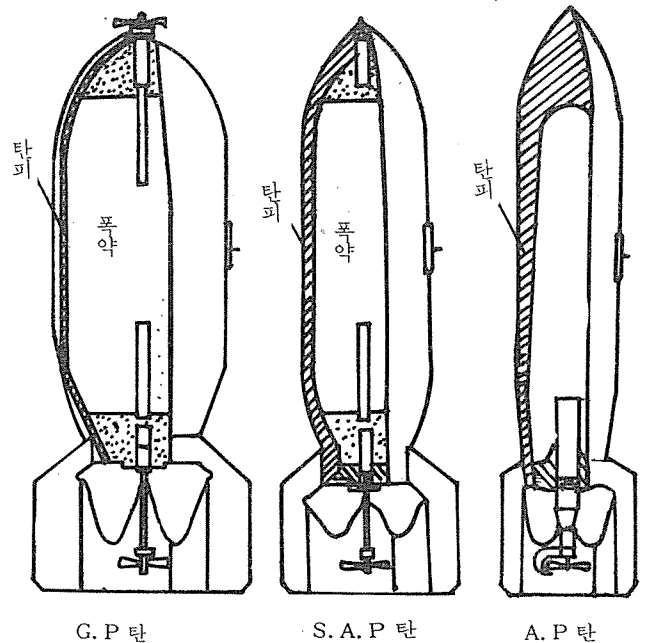
2차대전 말에 핵폭탄이 사용되고부터 일반인들은 이제 구식폭탄은 박물관에서나 보게되지 않나 하고 생각하기도 했습니다. 그러나 월남전쟁, 더 실감나게는 6.25사변때에도 재래식 폭탄은 너무나 많이 사용되었고 현재도 매우 무서운 전략, 전술무기로 취급되고 있습니다. 스위스, 이스라엘 같은 나라에서는 물론 우리에게 가장 골치거리인 북괴에도 모든 시민이 전쟁 났을때 대피할 수 있는 대피호가 마련되고 있다고 합니다.

재래식 폭탄이란 그 자체가 어떤 추진력을 갖고 있지는 않습니다. 폭격기에서 폭탄을 떨어뜨리면 중력가속도에 의해서 아래로 떨어질 뿐입니다. 폭격기의 비행고도가 높으면 폭탄이 지면에 떨어지는 속도가 커지고 낮으면 적습니다. 이를 Level Bombing이라 부릅니다. 전폭기에 탑재한 폭탄을 낙하했을 경우는 조금 다를수가 있습니다. 전폭기의 진행방향속도가 가산됩니다.

폭탄의 생김새는 대략 다음 그림과 같습니다. 건축사지에다 폭탄의 종류를 소개한다고 나무랄분이 계실지 모르지만 건물이 폭탄에 견디도록 설계하기 위하여

는 폭탄의 성질을 알아야 하겠기에 하느수 없이 그려놓은 것이니 양해 바랍니다.

폭탄에는 대체로 세가지 종류가 있는데 제일 흔한것이 G. P. (General Purpose)이고 S. A. P. (Semi-Armor Piercing)와 A. P. (Armor Piercing)는 특수 용도에 쓰이는 것입니다. G. P. 는 人馬殺傷用이라 하여 폭탄의 껍질(탄피)이 얇은 대신 폭약이 많이 들어있는 폭탄입니다.



(그림 1) 폭탄의 종류

예를들어 1,000파운드 G. P. 라고 하면 폭탄의 전 중량이 1,000파운드이고 폭탄 내부에는 폭탄 전중량의 약 50%에 해당하는 무게의 폭약이 들어있는 폭탄을 말합니다. 이 G. P. 폭탄의 주된 파괴효과는 폭약의 폭발력입니다. 한편 S. A. P. 와 A. P. 폭탄은 반철갑판 및 철갑탄이라 하며 같은 무게의 폭탄이라도 폭약이 약 30%, 5-15% 내외밖에 안들어 있는 반면 대부분의 무게가 껍질에 할애된 말하자면 끝이 날카로운 총알같아서 단단한 목표물을 뚫고 들어가는 초기 침철효과(侵徹效果)를 크게 기대할때 사용되는 重構造 파괴용입니다. 그러므로 S. A. P. 나 A. P. 는 비행기의 운항고도가 높을수록 효과가 큼니다. 하지만 폭탄은 역시 날으는 비행기에서 바람의 영향을 받아가며 떨어지는 것이므로 비행고도가 높으면 높을

수록 목표에 명중되기는 어려우므로 공격효과를 줄이는 요소가 됩니다.

폭탄이 움직이는 비행기에서 낙하된것이기 때문에 이것이 목표물에 떨어지는 순간 수평면과는 항상 직각을 유지하지는 않습니다. 목표물이 수평면이라면 떨어지는 폭탄이 이 목표물에 직각으로, 즉 수직방향으로 낙하할 때가 폭탄 폭발 이전에 목표물을 뚫고 들어가는 깊이가 최대가 됩니다.

폭탄의 두 파괴효과 즉 불발탄일 경우 쇠덩어리 무게와 빠른 끝으로 뚫고 들어가는 초기 침철효과와 폭약의 폭발로 인한 폭발효과는 폭탄에 부착된 신관의 조정에 의하여 일치시킬수도 있고 지연시킬수도 있습니다. 시한폭탄이란 잘 알려진 용어이니 다시 설명을 약하겠습니다. 폭약의 폭발압력에 의한 파괴효과는 폭탄에 들어있는 폭약의 중심에서 목표물까지의 거리가 가까울수록 커집니다. 다시 말하면 목표물에 닿자마자 터지는 것 보다는 폭탄이 모로 누어서 폭발할때가 더 큰 효과를 냅니다.

폭탄은 폭발위치에 따라 주위에 파급하는 압력의 크기가 크게 다릅니다. 공기중에서 폭발했을때가 오히려 압력이 쉽게 약화됩니다. 개략적인 수치이기는 하나 폭탄의 폭발 압력은 폭약의 중심(Ground Zero 라고 표현함)에서의 거리에 따라 다음과 같이 약화됩니다. 공기중에서는 거리의 3승에 반비례하고 땅속에서는 거리의 2승에 반비례하는데 물속에서는 거리에 반비례합니다. 즉 땅속에서 터졌을때가 더 큰 압력을 발생하고 물속에서는 더 심하다는 뜻입니다. T. N. T. 약간만 가지고도 물속에서 고기잡는 것은 그런 원리입니다.

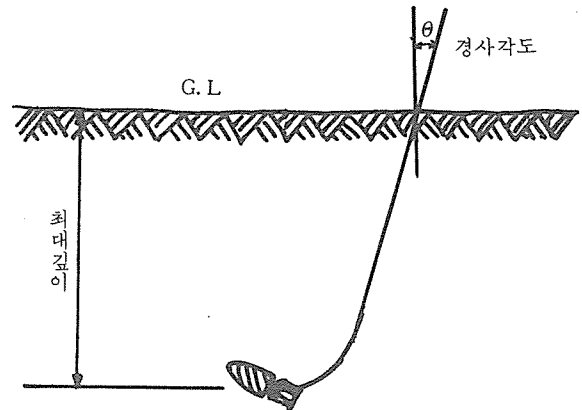
내폭구조라고 하면 무조건 땅속에 묻혀야 하는 것처럼 생각하는 분들이 있는데 설불리 묻혔다가는 오히려 더 큰 피해를 보게 됩니다. 밀폐된 방공호 속을 폭탄이 뚫고 들어가 그 속에서 폭발한다면 그 속에 있던 사람은 살아남을 수 없습니다. 방공호를 잘 만들어 놓고 그 위에 흙을 덮었을 경우 만약 폭탄이 떨어져서 흙을 뚫고 들어가 폭발한다면 오히려 더 큰 압력을 방공호에 주게 됩니다. 공사장에서, 채석장에서 보는 일이지만 폭파하고자 하는 바위에 구멍을 뚫고 그 속에 폭약을 넣고는 구멍을 진흙으로 막은 후에야 도화선에 점화합니다. 만약 진흙마개 없으면 바위는 잘 깨지지 않습니다. 바위를 깰때 구멍을 기구나 시간이 없으면 바위 위에다 폭약을 얹고 진흙으로 그 폭약을 덮어 싸우고 폭발시킵니다. 진흙으로 덮지 않으면 바위가 깨지지 않기 때문입니다.

폭약이 폭발함으로써 생기는 압력 또는 충격의 지속시간은 극히 짧아서 약 9/1,000 초동안 압력이 커졌다가 후에는 오히려 압력이 줄어드는데 이 負壓의 지속시간은 약 18/1,000 초입니다. 이렇게 순간적인 압력임에도 불구하고 그 압력의 크기가 너무나 크기 때문에 파괴력이 큰 것입니다.

방공호의 설계도를 보면 상부 슬래브 보다 땅속에 묻힌 벽체의 두께가 더 두꺼운 것을 알게 되는데 위에 설명한 지중, 공기중의 압력전달효과를 읽었으면 그 원인을

알 수 있을 것입니다. 또한 방공호의 주위는 될수록 건조하게 물을 빼주는 이유도 알았을 것입니다.

폭탄이 땅에 떨어졌을때 땅을 뚫고 들어가는 궤도는 항상 직선이 되지는 않습니다. 일반적으로 흙은 깊이가 깊어질수록 비중이 커집니다. 즉 더 단단해집니다. 땅에 떨어진 폭탄은 흙을 뚫고 들어갈때 처음에는 낙하경사각도와 같은 각도로 진입하다가 흙이 점점 단단해지면 방향을 오히려 뚫기 쉬운 약한 쪽으로 틀어주는 경향이 있습니다. 다음 그림(그림 2)은 폭탄의 지하침투경로를 표시합니다. 이 폭탄의 성질을 알면 방공호의 벽체나 바닥이 어떤때는 폭발중심에서 가장 가까울수도 있다는 것에 이해가 갈 것입니다. 이러한 폭탄의 궤도가 영문자의 J형을 닮았다 하여 J-Effect라고 부릅니다.



(그림 2) 폭탄의 J-Effect

내폭구조물에서 가장 효과적인 것은 폭탄이 폭발 이전에 목표물을 뚫고 들어가는 초기침철효과를 막는 것입니다. 직격탄이 아닌 경우는 문제가 다르겠지만... 하기는 폭탄이 목표에 명중한다는 것은 아마도 골프치는 사람들이 흘린원 하는것만큼이나 어렵다고 합니다. 전쟁터에서 병사들은 폭탄으로 파헤쳐진 구덩이에 곤잘 몸을 숨긴다고 합니다. 한번 떨어진 구멍에 또다시 폭탄이 떨어지는 확률은 극히 적다는 경험에서 비롯된 것입니다.

이런뜻에서는 적의 폭탄에 가장 안전하고 손쉬운 방호법은 위장입니다. 폭격기에서 목표물을 발견하지 못하도록 하는것입니다. 곤충이나 동물들의 보호색, 얼룩무늬 예비군복과 같이 지형에 조화되는 구조물, 자연의 일부분인것처럼 꾸미는것이 가장 좋은 방법입니다.

이런것은 토목이나 조경에서 말할 분야이고 건축구조분야에서는 별도의 대책이 필요한데 문제는 그 어마어마한 공사비입니다. 슬래브 두께가 3M, 벽체 두께가 4M, 이런것이 내폭구조물입니다. 그것도 철근이 뻑뻑히 들어가서 말입니다.

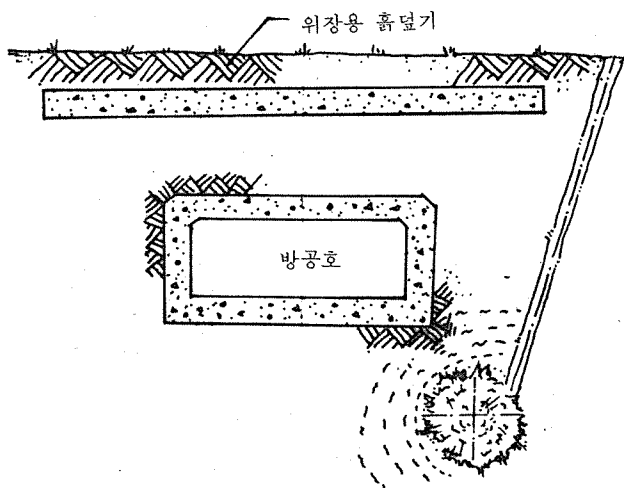
내폭구조물을 설계함에 있어 기본조건으로 알아야할 사항은 폭탄의 종류, 낙하각도, 비행고도입니다. 이것을 모르고 내폭구조물을 설계한다는 것은 마치 병명도 모르면서 치료한다고 덤벼드는 돌팔이 의사와 같습니다. 위 조건을 알면 그 다음은 보호하고자 하는 시설물 또는 인원

의 중요도입니다. 단지 병력이나 시민을 일시 대피시키는 목적이려면 폭격받았을때 약간의 균열이 간다거나 하는 정도는 감수하는 것이 현실적입니다. 모든 내폭구조물을 완벽하게 안전하도록 설계한다는것은 경제사정이 허락될수 없습니다.

만약 피보호물이 전략상 적이 노리는 중요한 것이라면, 또는 구조물에 생기는 약간의 진동이나 균열에도 기능이 마비되는 정밀장비라든가 잠시도 기능이 정지되어서는 안된다는가 하는것이라면 피해를 최소한으로 줄이는 비싼 구조물로 설계됩니다.

남산터널과 같이 바위를 뚫고 들어간 동굴은 훌륭한 방공호가 됩니다. 물론 터널의 입구나 출구에서 폭탄이 폭발했을 때는 예외입니다. 폭탄이 흙이나 구조물을 뚫고 들어가는 깊이는 역시 폭탄의 종류와 낙하고도, 비행속도에 따라 다르므로 일반적으로 말하기는 어려우나 소위 전시에 인명을 보호하기 위한 일시적인 대피호는 폭탄의 불발탄일 경우 뚫고 들어가지 못하는 정도의 두께면 될 것입니다. 물론 이경우 직격탄을 맞은 바로 밑은 폭약의 폭발력으로 크게 파괴되고 피해를 받게되지만 그 이상 튼튼하게 하지는 않는듯합니다.

폭탄의 파괴효과는 크게 두가지로 분류된다고 했는데 이 두 효과를 막는데도 두가지로 분류하여 설계하면 경제적이때가 있습니다. 그림 3과 같이 방공호의 상부에 모래나 흙을 덮고 그 위에 콘크리트 슬래브를 덮는 방법입니다. 슬래브 위에는 위장을 위한 최소 두께의 흙을 덮습니다. 이 흙의 두께가 너무 크면 오히려 손해본다는 것은 앞에서 설명한바 있습니다.



(그림 3)

이런 형태의 구조물은 다음과 같은 장점이 있습니다. 우선 폭탄이 떨어졌을때 슬래브를 뚫지 못할 상태에서 폭발하도록 두께와 배근을 하면 폭탄의 폭발위치는 슬래브 근처일 것입니다.

그렇게 되면 폭약의 폭발중심(Ground Zero)과 피보호물과의 거리는 흙의 두께만큼 멀어지며 따라서 폭발압력과 충격은 그만큼 감소합니다. 위 슬래브의 시공범위를

방공호 평면보다 사방으로 연장하면 폭탄의 벽체 바로 옆에서의 폭발이나 앞에 설명한 J-Effect에 의한 방공호 밑에서의 폭발 가능성이 줄어드는것입니다. 그러나 이러한 방식이 많이 채택되지 않은 이유는 지상에서 방공호까지의 깊이가 깊어지는 단점 때문입니다.

서울시에서는 지하철을 계속 공사중입니다. 이것이 어떤종류의 폭탄에 안전한지는 계산해보지 않았지만 만약 현재의 Asphalt 도로를 폭탄폭발 이전에 뚫지 못한다면 아주 훌륭한 방공호가 될것입니다. 다만, 이는 남산터널과 마찬가지로 길게 터져 있으므로 만약에라도 어느 위치에서 뚫고 들어가 그 속에서 폭발한다면 오히려 더 큰 피해를 입게 되는것입니다.

건물의 지하실은 방공호로 사용하는데 큰 효과가 있습니다. 지상층 바닥슬래브들은 역시 초기 침철효과를 막는 역할을 할수 있어야 합니다.

건물에 폭탄이 떨어지면 지진때도 마찬가지이지만 직접 폭탄과 파편이나 폭풍에 의한 피해뿐만 아니라 폭격으로 파괴되는 건물의 파편, 전기, 상하수도, 난방, gas, 화재 등에 의한 피해가 더 크다는 것이 알려진 사실입니다. 그런 면에서는 우리 서울의 건물들이 너무나 허술합니다. 조적조의 간벽이나 외벽들, 유리창, 겨우 매달려 있는 천장들, 전동기구, 가구, 난로, 생각만 해도 소름 끼칩니다. 폭탄이 건물의 어느 부위에 떨어졌을때 그 파괴된 구조재의 변형이 다른부위를 덮쳐 연쇄반응적인 파괴가 이루어지는 경우는 허다합니다. P. S. 콘크리트구조에서 피아노선의 끝을 물고있는 정착단부만 풀리면 그 부재는 전혀 힘을 쓸수 없으며 오히려 그 부재가 부러지면서 다른 부분에까지 영향을 주게되는 것입니다. 고무풍선에 구멍을 뚫으면 풍선이 형체를 잃는것은 물론 큰 소리를 내는 것 같이 P. S. 콘크리트도 파괴되면 폭발음을 낸다고 합니다. 좀 끔찍한 얘기 같지만 이리연열차폭발사고의 원인이 되는 T. N. T. 위에 촛불을 켜놓고 잠자는격이 아닐까 두렵습니다.

이러한 파괴하기 쉬운 구조물이 오히려 전략적으로 장점이 되기도 합니다. 부득이 일시적이거나 작전상 후퇴하면서 교량을 파괴할때, 건물을 파괴하여 도로를 차단할때는 이런 구조물이 적격입니다. 구조적으로 중요한부분만 소량의 폭약으로 폭파하면 구조물은 제 무게로 쉽게 주저앉게 되기 때문입니다. 여러분이 기거하는 건물은 어떤것에 속합니까? 우리나라와 같이 계속 전쟁의 위협속에서 사는곳에서는 작전상 이런것도 염두에 둔 설계가 되는것이 좋을 듯 합니다.

내폭구조물은 일체식구조가 효과적입니다. 부정정차수가 높을수록 좋습니다. 그런점에서는 조립식건물이나 조적조건물은 불리합니다. 내폭구조물은 구조물 전 단면에 걸쳐 급작스러운 단면의 변화를 피해야 하며 그러므로 철근의 배근도 전단면에 걸쳐 균등배근하는 방향으로 설계함이 바람직합니다. 구조단면이 커서 그렇기도 하지만 철

근배근을 입체적으로 4면 8방 고르게 하는것이 좋습니다. 콘크리트 강도는 클수록 좋으나 사용철근은 고강도강을 조금쓰는것보다 강도가 적드라도 많이 배근하는편이 좋습니다. 철근배근은 가급적 용접이음하는것이 좋고 콘크리트의 시공이음 위치에 특별한 주의를 기울여야 합니다.

작년 '재미로 읽는 구조' 36장에서 장기하중과 단기하중에 관한 얘기를 한바 있습니다. 단기하중은 시간으로 따져 몇분간 작용하는것인지는 규정된것을 보지 못했습니다. 그저 지진이니 바람이니 하는 일시적인 작용하중을 단기하중이라 부릅니다. 적설하중이 단기하중으로 취급되는 것은 모순이 아니겠느냐 하는것이 필자의 소견이라고 했습니다. 그러면 폭탄의 폭발하중은 무슨하중일까요? 단기하중쪽에 든다는 것은 누구나 잘 알것입니다. 앞에 9/1,000초니 18/1000 초니 하는 수치까지 적어 놓았으니 단기하중도 초단기하중임에 틀림없습니다. 그러면 이 초단기하중에 대한 재료의 허용응력도는 얼마나 될까요? 단기하중에 대한 허용응력도 보다는 물론 큼니다. 그러나 다음 수치를 보면 놀랄것입니다.

일반적으로 폭탄의 폭발하중에 대한 재료의 허용응력도(정확히는 허용응력도라는 용어가 적합하지 않음)는 전혀 파괴되지 않도록 할때 철근의 인장이 항복강도의 2.22배 콘크리트의 압축이 이른바 Ultimate Strength의 2.22배에 달합니다. 재료의 파손을 어느정도 인정할 때는 철근, 콘크리트가 다 같이 ultimate strength의 3.33배~16.7배가 됩니다. 엄청난 큰 값입니다. 그런데도 폭발압력이 또한 엄청난게 크므로 구조물이 커지는 것입니다.

2차대전 당시 일본의 방공규정은 220파운드의 폭탄에 대비한 기준이었는데 철근콘크리트슬래브의 두께를 40cm 이상, 철근과 콘크리트의 용적비 0.04 이상을 용접배근하도록 했습니다. 이것은 규준상의 최소치이고 일반적으로 그들은 슬래브두께 1m로 설계했었습니다. 복피는 1,000파운드 2,000파운드 이상의 폭탄도 보유하고 있으며 운반능력도 충분하니 거기에 대비한 설계결과는 독자의 상상에 맡기겠습니다.

방공호는 적으로부터의 폭격이 예견될때 신속히 대피할수 있어야 합니다. 그러나 또한 방공호는 출입구가 많을수록 불리합니다. 최소 두개소는 있어야 하지만 출입구가 폭탄이 폭발할 가능성이 있는 외부에 직접 노출되어서는 안됩니다. 그래서 터널은 완전한 대피호가 되지 못합니다. 출입구는 직선이 아니고 꼬불꼬불해야 효과가 좋습니다. 건축계획상의 동선은 짧으면서도 멀어야 하는 이중적인 요구조건입니다.

방공호에는 환기구가 있어야 하는데 그 구멍으로 폭탄이 들어가거나 주위에서 폭발한 폭탄의 압력이 전달되는 개구부 역할이 되지 않도록 Damper를 두어야 합니다. 이 Damper는 만약의 경우 출입구나 기타 다른 경로를 통해 방공호 내부에 진입될지 모르는 폭발압력이 빠져나가는 통로 역할도 하게 됩니다.

건축법상 건물 지하실에 두게 되어있는 주차장이 유사시 대피호로 사용되면 자동차 진입로를 어떤 방법으로 차단할 것인지, 계단과 환기구는 어떻게 활용할것인가도 생각해둘 필요가 있습니다.

지하실이 대피호로 사용되려면 지상층이 폭탄에 맞아 무너지드라도 그 무게에 짓눌려 주저앉지 않아야 합니다. 외국에서는 이들 건물의 무너질때의 하중 즉 붕괴하중을 개략적으로 규정하고 있는데 철근콘크리트건물일 경우 다음과 같습니다.

층수	독일, 영국	스위스
2	1,000	2,200
3	1,500	3,300
4	1,500	4,400
5	2,000	5,500

전장에서는 소총탄환이나 각종 포탄, 폭탄의 파편으로부터 보호받기 위하여 철모를 씩니다. 소총탄이 철모의 철판에 직각방향으로 맞으면 속도가 약화된 것이라도 능히 뚫고 들어갑니다. 그러나 운이 좋아 철모에 빗맞았다면 튕겨나가서 목숨을 건질때가 있습니다.

내폭구조도 폭탄투하에 튕겨나가기 쉬운 형태로 설계하면 더 효과적입니다. 내폭구조재료로는 철근콘크리트나 철판이 주로 쓰입니다. 탱크나 장갑차에는 특수강이 사용됩니다. 모래주머니도 소총탄에는 큰 방패역할을 합니다. 그러나 우리 군에서도 특수배합된 방탄재료를 사용하는지 모르겠습니다. 방탄재료란 단단하기만 하면 우수한 것이 아닙니다. 충격을 흡수하면서도 질긴 재료이어야 합니다. 영국에서 개발했다는 Plastic Armor에는 석회석, 화강석 및 아스팔트를 적당히 배합하여 철판과파를 조합한 우수재료 같은것은 우리도 연구개발하기에 큰 어려움이 없을줄 압니다. 다만 이를 시험하여 확신을 얻을 뒷받침이 필요할것입니다.

## 2. 放射能落塵防禦建築

앞장에서는 재래식폭탄에 대처하기 위한 내폭구조물에 관한 개략적인 설명을 하였습니다. 거기에 곁들여 핵폭탄의 폭발로 야기되는 가공할 방사능으로부터 보호받을수 있는 구조의 설계방식을 다루어 보겠습니다.

35년전 일본에 떨어진 두개의 20KT 원자폭탄으로 죽은 사람도 많으나 현재까지 살아남아 치료를 받아야 하는 우리동포도 많습니다. 핵전쟁이 일어나면 다 죽는것으로 생각되기도 하나 적은규모의 제한된 핵폭발에는 보호받을수 있는 대책도 마련해둘 필요가 있을것입니다. 그것이 큰 비용이 드는것이 아니라 우리 건축설계하는분들이 조금만 신경쓰면 해결되는것이라면더욱 그럴것입니다.

한마디로 말해서 앞장에 설명한 내폭구조는 거기에 간단한 설비를 추가하는 것만으로도 핵폭발로부터 상당한

보호를 받는다는 것입니다.

핵무기로부터 보호를 받기 위하여는 역시 핵무기의 성능부터 알아야겠습니다.

핵폭발의 효과는 크게 폭발, 열, 표면충격, 폭파구, 방사선 등 5종으로 구분됩니다. 이들중 폭발은 건축설계에서 항상 다루는 바람의 효과를 연장하여 생각하면 되고 열효과는 내화구조물의 설계에 익숙한 건축인들에게는 생소한것이 못됩니다. 또한 표면충격은 지진과 같이 취급하면 되며 폭파구의 생성은 재래식폭탄효과와 다를바 없습니다. 다만 한가지 특이한사항은 방사선효과로서 이는 지금까지 건축물에 작용하는 외력들과는 색다른것이므로 이것에 관한 내용을 중점적으로 다루겠습니다.

방사선은 초기핵방사선과 잔류방사선으로 구분되는데 전자는 앞에 열거한 네가지 다른 효과와 거의 같은 부위에 동시작용 됩니다.

방사선을 외력으로 취급하는 구조설계는 별다른 방법이 없습니다. 응력상의 증가는 없다는 뜻입니다. 다만 방사선 차폐상 효과적인 건물형태와 단면이 간접적으로 구조응력에 영향을 줄 따름입니다.

핵폭탄은 그 폭발위치에 따라 앞서 말한 다섯가지. 위력발휘효과가 다릅니다. 일본에서 폭발한 원자탄은 공중폭발이었으며 화구(Fireball)가 표면에서 폭발하면 표면폭발이라 하고 지중 또는 수중에서 폭발하면 표면하폭발이라 부릅니다.

다음표는 핵폭탄의 폭발형태와 효과를 비교한것입니다.

폭발 형태와 효과의 비교

효과 형태	폭 풍	열	지면충격	폭 파 구	초기핵 방사선	사 능 낙 진
공중폭발	최대전 Energy 중 50%	대	-	-	최대 5%	소 10%
표면폭발	대	중	중	중	중	최대
표면하폭발	소	소	최대	최대	소	대 (Ground zero부근)

폭풍효과는 폭탄이 폭발하면서 생성된 태양의 온도와 같다는 초고온의 화구의 열에 의하여 팽창된 공기의 이동으로 유발되는 고압효과(1차효과)와 일단 밀려나서 회복한 저압상태가 되었던 원위치로 공기가 다시 밀려들어올때 생기는 2차효과로 분류됩니다. 건물에 피해를 주는 양상은 우선 1차효과때 부서진 건물의 파편이 2차효과로 날아다녀 또 다른 파괴를 일으키는 것입니다.

열효과는 그 발생되는 기간이 불과 수초간이므로 Ground Zero 부근에서 큰 피해를 주게되는데 노출된 피부에 화상을 입히고 건물에는 화재를 발생시킵니다. 그 외에도 고열에 수반되는 섬광은 일시적인 시각장애도 일으킵니다. 그러나 그 열은 투과력이 매우 약하고 물질에 쉽게 흡수되므로 발화점이 낮은 재료를 택함과 아울러 건물의 색깔은 밝은것을 쓰는것이 좋습니다. 일본에서 폭발한 원자폭탄의 경우도 노출된 피부와 검은옷을 입은사람이 큰

화상을 입은 기록이 있습니다.

지면충격은 앞에 말한대로 지진과 흡사하며 폭파구는 지면충격도 마찬가지로 지진과 흡사하며, 표면하폭발일때만 문제되는데 참고로 폭탄의 크기에 따르는 폭파구의 크기를 예로들면 다음과 같습니다.

20KT(직경 107m, 깊이14m) 1MT(직경366m, 깊이37m)

초기핵방사선은 화구로부터 방사되며  $\alpha \cdot \beta \cdot \gamma$ 선 및 중성자로 분류됩니다. 이들의 방사기간은 대략 폭발후 1분 이내입니다.

잔류방사선은 폭탄자체내와 폭탄 주위에 있던 물질이 방사능에 오염된것이 떠돌아다니면서 방사선을 방사하는 것을 말하는데 공중폭발일때는 그 양이 적고 그 입자도 비교적 작습니다. 그러나 표면폭발 또는 표면하폭발일때는 그 양도 많을뿐 아니라 크기, 형상이 각각이어서 낙하범위도 다르고 시간도 가지각색이 됩니다.

이들 방사능낙진에서는  $\alpha \cdot \beta \cdot \gamma$ 선이 방사되는데  $\gamma$ 입자는 투과력이 약하여 음식물, 호흡작용 또는 상처난 피부부를 통해 침투되는것을 방지하면 됩니다. 방공호 내부로의 환기구에 Filter)를 설치하면 유효합니다.

$\beta$ 입자는  $\alpha$ 입자의 약 100배에 달하는 투과력이 있으며 인체조직내의 투과력은 2.3mm로서 피부에 접촉하면 심한 화상을 입힙니다. 그러나 이정도는 건물의 외벽이나 지붕정도로 충분히 차폐됩니다. 문제는  $\gamma$ 선인데 X선과 같은 전자파로서 투과력이  $\alpha$ 입자의 10,000배정도이며 공중에서 1,100 - 1,650m나 투과됩니다. 따라서 방공호 설계에서는 주로 이  $\gamma$ 선의 차폐를 대상으로 삼습니다.

방사선은 눈에 보이지도 않고 느낄수도 없으며 냄새도 안나지만 과도량이 인체에 조사되면 방사선병에 걸리게 됩니다. 방사선은 세포를 Ion화 시키고 조혈세포를 파괴하며 생명을 단축시킬뿐만 아니라 자손에게도 영향을줍니다. 우리같은 포유동물은  $10^3$  rontgen에도 죽으나 곤충은  $10^5$  r, 세균은  $10^7$  r에 죽는다니 핵전쟁 후에 살아남을 생물은 곤충과 세균뿐일듯한 상상도 하게됩니다. 사람이 방사선에 노출되었을때 사상자가 나지 않는 범위는 대략 125r/주, 100r/3일, 75r/일 입니다. 이 수치는 과거나 그후에 다시 방사선에 노출되지 않는다는 가정이므로 병원에서 가급적 X선사진촬영을 안하는것이 좋다는 이유입니다.

방사능낙진은 시간이 흐름에 따라 그 강도가 약화되는데 시간이 7의 배수로 증가함에 따라 방사능감도는 대략 0.1의 배수만큼 감소됩니다. 즉 7시간 후에는 1/10, 49시간 지나면 1/100, 343시간이면 1/1,000이라는식입니다.

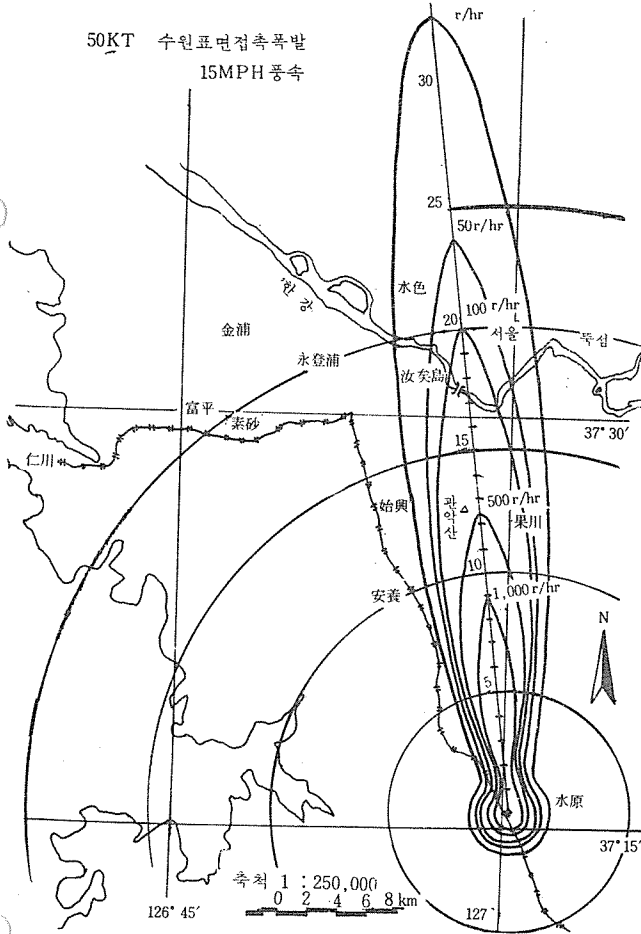
방사능낙진지역은 풍향과 풍속에 따라 크게 달라지는데 그 계산식을 일일이 소개할수는 없으므로 필자가 계산한 예제를 놓고 설명하면 다음과 같습니다.

만약 수원에서 50KT의 원자폭탄이 표면접촉폭발 했다면 풍속이 15MPH로 서울방향일때의 방사능분포도가 그림 4입니다. 이 그림에서 안양은 수원에서 불과 16km 지

점인데도 10r/hr 이하인데 30km가 넘는 서울중앙지는 100 r/h내외의 위험지구가 됩니다. 또한 같은 거리의 독섬, 영등포는 안전하며 인천지방은 전혀 위험이 없습니다.

그러면 이제 방사선의 개략적인 성질과 분포상황을 알았다고 치고 다음은 이로부터 보호받는 방법을 논해보겠습니다.

앞장 내폭구조에서도 언급했지만 가장 좋은 방법은 피하는것입니다. 김일성의 목표가 되는 시설물이나 지역으로부터 멀리 또한 그곳으로부터 바람이 지나가지 않는곳이면 되겠습니다. 그러나 그것은 역시 건축설계하는 사람의 할 일은 아닙니다.



(그림 4) 방사능 낙진 분포도

다음에 가능한 방법은 방사능낙진을 주위에서 제거하는 것입니다. 건물의 외형 및 표면은 방사능낙진이 쉽게 집적하지 못하도록 설계하고 또한 쉽게 제거할 수 있도록 미끄러운 재료를 선택합니다. 건물 주위의 조경은 그런 면에서 불리합니다. 지붕은 경사져야 좋고 건물주위는 주차장같이 포장하며 유사시 씻어내기 쉽도록 지붕이나 건물 주위의 sprinkler를 설치해 두면 좋을것입니다.

그러나 이것도 또한 받아들여지기에는 어려운점이 많습니다. 그래도 가장 가능성이 있는것은 다음방법 즉 방사선원(放射線源)과 사람과의 사이를 차폐물질로 막아약화시키는 것입니다.

방사능으로부터의 방사선방출은 화학적 또는 물리적인

방법으로 중지시킬수는 없습니다. 다만 차폐물로서 그 강도가 줄어들게 하는것만 가능합니다.

차폐물 함에 있어 가장 큰 대상이 되는  $\gamma$ 선은 물질을 통과하는 도중에 물질을 구성하고 있는 원자의 전자와 충돌하여 에너지를 상실하므로 전자를 많이 보유하고 있는 물질 즉 밀도가 큰 물질일수록 차폐효과가 큽니다.

납, 철판, 콘크리트, 흙 등은 좋은 차폐재료이며 물은 나무보다 효과가 좋습니다.

방사능낙진은 마치 눈이 내리는것과 같은 모양으로 떨어집니다. 그러므로 건물 안에 있는 사람은 지붕에서 입사되는 방사선, 건물 주위의 지상에서 방사되는 방사선 또한 이들 방사선원으로부터 방출된후 공기분자 또는 주위물질과 충돌하여 진행방향이 변한 산란된 방사선 및 공기중에 떠돌아 다니는 미소방사선입자로부터의 방사선에 노출됩니다. 그렇다면 이들로부터 보호받기 위한 건물 형태는 자동적으로 머릿속에 그려질 것입니다.

여기 그 요령을 간단히 열거하겠습니다.

- 1) 지붕과 외벽은 비중이 큰 재료를 사용하고 그 단면은 클수록 좋습니다. 지금까지 기를쓰고 공부한 단면 줄이기는 여기에 위배됩니다.
- 2) 창이나 문의 면적은 될수록 줄이고 개구부는 가능한 높은곳에 돌것.
- 4) 건물 높이는 높을수록 좋습니다.
- 5) 지붕 표면은 미끄러운 재료로 하되 경사는 클수록 좋습니다. 평지붕은 가장 불리합니다.
- 6) 건물이 밀집된 지역이 유리합니다.

그러나 이들보다 가장 좋은것은 지하실입니다. 지금까지 설명한 모든 사항은 이 지하실의 중요성을 설명하기 위한것입니다. 지하실에는 될수록 개구부를 줄이되 그 필요한 출입문에는 내폭구조와 마찬가지로 Door Barricade를 설치하여야 합니다. 통기구에는 Filter를 붙여야 합니다. 그러면 내폭구조물과 다름게 하나도 없는듯한데 그렇지 않습니다. 내폭구조는 폭탄이 떨어지는 짧은순간만 피신하면 되므로 지하 주차장을 겸용해도 되겠으나 방사능낙진에 대비한 방공호에는 다음 필수조건이 있습니다. 즉 먹고 마시고 자고 배설하는데 필요한 최소한의 시설입니다. 짧게는 며칠동안, 길게는 몇달동안 그 속에서 살아야 하는 시설입니다. 통신시설이나 바깥 사정을 아는 라디오의 안테나설비같은것도 준비하여야 합니다. 또한 바깥 방사능낙진원의 강도가 어느정도 감소되었을 때에는 안전지대로 재빨리 탈출할 수 있는 준비가 되어 있어야 합니다. 대개의 경우 방공호로는 보름동안 머무를 수 있도록 설계하면 좋을것입니다.

이상 방사능낙진방어건축이란 제목의 구령이 담넘어가는식의 이야기는 18년전 필자의 논문에서 발췌한것임을

밝혀두며 그 당시 국내 건축물에는 지하실이 별로 없던 것을 개탄하여 다음과 같은 경고를 하였고 아울러 용비어천가를 표절한 전방진 글로 끝을 맺었습니다.

불휘 기쁜 남은 브르매 아니될썩 곳도코 여름하느니 지하실 기쁜 고센 방사선 아니 미칠썩 그날이 오면 피란처 되리니

“歷史가 있기 以前 洞窟속 生活로부터 現在에 이르기까지 建築의 構造와 形態는 時代의 潮流, 地域의 條件, 其他 여러가지 要因에 의하여 各樣各色으로 變하여 왔고 앞으로 계속 變할것임은 틀림없는 사실입니다. 그러나 이렇게 變하여 온 中에서도 變하지 않은 뚜렷한 要素는 이들 모두가 비, 바람을 포함한 外部로부터의 侵害로부터 保護받도록 設計되어 있다는 점입니다.

20세기에 들어서면서 發達의 極에 達한 各種建築 材料와 構造法은 壁面全體를 유리로 덮는가 하면 Shell Construction의 發達은 불과 몇 cm 두께의 철근콘크리트로 넓은 空間을 造成할 수 있게 되었습니다. 그러나 이들은 과거의 外敵으로부터는 保護받을 수 있다 하더라도 放射線의 侵害에 對하여는 대단히 無力하다는 것을 알게 되었습니다.

建築의 目的이 外部의 侵害로부터 人間을 保護하는데 있다면 가장 危險한 放射能落塵의 侵害를 어떻게 無視할 수 있겠습니까?

여기서 새삼스럽게 建築이 藝術이나 아니냐를 가지고 논쟁하는것은 아니로되 視覺的인 效果만을 위하여 人間을 殺人放射線에 내맡기는 誤謬를 犯할 만치 建築家는 殘忍할 수가 없다고 생각합니다.

그러면 일어날지 안일어날지도 모르는 核戰爭에 대비

하여 모든 建築物를 木質하고 堅固한 材料의 덩어리로만 들어 自然의 아름다움과 完全히 遮斷시켜야 하겠는가 라는 하나의 難關에 부딪치게 됩니다.

그러나 한가지 다행한 일은 放射能落塵에 가장 安全한 곳이 地下室이라는 사실입니다. 核戰爭에 特別히 安全한 避難處는 부산이나 제주도가 아닙니다. 설사 그곳이 직격탄을 맞지 않는다 하더라도 하루에 몇번씩 變하는 風向과 風速에 의해 운반되는 放射能落塵이 그곳에는 못간다고 아무도 壯談할 수 없기 때문입니다.

흔히 말하기를 現代戰은 總力戰이라고 합니다. 앞으로 있을 敵의 侵略에 對備하기 위하여 莫大한 國民의 税金을 消費하여 國防力을 기르는데는 게을리 하지 않으면서도 그 税金을 負擔하는 國防力의 主人인 國民의 生命을 保護할 避難處 하나도 마련하려 試圖하지 않는것은 놀랄만한 일인바 그 責任의 一部를 擔當하고 있는 建築家들 만이라도 우선 이 사실에 留意하여야 하겠습니까.

앞으로 設計하는 建物에는 반드시 地下室을 두어야 합니다.

地下室 없는 집은 지붕 없는 집만도 못합니다.”

이제 18년전 필자가 걱정하던 사항은 해결되었습니다. 그러면 거기에서 한가지 더 부탁하겠습니다. 지하실 속에 화장실과 물탱크를 추가하는 일입니다. 그 밖의 안테나나 축전지니 하는 것들은 만약의 경우에 일어날지 모르는 비상시에 준비해도 늦지 않을 것입니다. ■

\*\*\*건축가들과 자라온 20여년\*\*\*

기술 문화 사 도서 안내

★ 주택계획과 디자인 ₩ 15,000

- 최우수입선 작품 400여작품, 단지계획, 각 방향의증개축
- 평면도, 투시도, 코스트 계획

★ 건축설비의 기본계획 ① 설계편 ₩ 7,000 ② 계획편 ₩ 10,000

- ① 설계편 : 사무소, 호텔, 병원, 집합주택, 연구소, 단지계획· 각종 건축설비의 설계
- ② 계획편 : 건물, 인간, 환경, 급수, 에너지, 수송, 열처리 . 건축인 필휴의 설비편

★ 구조계획과 알기쉬운역학 상·하 각 3,500

- ㉔ 보, 기둥편 ㉕ 가구, 내진요소, 바닥, 코스트편

★ 최신건축공사 표준상세도 ₩ 8,000

- 바닥, 벽, 천장, 창호, 실벽상세

★ 건축 시공의 급소<sup>감수</sup> 허중오 ₩ 4,000

- 초보자를 위한 현장 유의사항



기술 문화 사

중구 을지로 5가 77-1 무궁화BD205호

TEL : 266-7348 (을지전화국 옆)