

전차 Dimension 예측에 관한 방법론

(A Methodology for Predicting Overall Tank Dimension)

양 동 순*

요 약

전차의 Dimension은 다음과 같은 전차의 기능에 영향을 미친다. 즉 Firepower, Mobility, Armorthickness and Target detection Instrument 등, 이들은 서로 상관성을 가지고 있다. 승무원(crew)을 보호한다고 하여 지나치게 장갑(thickness)에 중점을 두면 전차의 속도가 감소되어 적의 대전차포에 취약해지며 기습적인 기동력을 발휘하지 못한다. 반면에 공격적인 기동력을 중요시하여 속도에 치중한다면 Engine의 크기가 커지며 그 원인은 전차의 크기를 더하여 좋은 Target의 대상이 된다.

여기에서 한가지 예를들었지만 이러한 상관관계는 많이 존재하며 이러한 약점을 제거하고서도 좋은 전차를 설계하는 것이 목적이다. 좋은 Horse Power를 내면서도 재래식 Engine 보다 Engine의 크기를 작게하는 방법은 없을까? 하는 점을 여기서 엿볼 수 있다. 시간과 예산을 절약하려면 생산전에 충분한 Design과 연구가 필요함을 강조하고 있다.

하는 구성 단위로서 서로 밀접한 관계를 갖고 있다.

1. 서 론

1977년도에 우리는 미군의 철수를 여러번 들어왔고, 실제 양국간에 철수 시기 및 방법에 대하여 회의를 가진바도 있다. 이제 자주 국방은 우리의 임무요 사명으로서 장차 장비의 국산화는 우리가 직접 담당 하여야할 방위산업의 일익이 될것이다. 여기 소개 하고자 하는 전차의 Dimension에 관한 예측은 나비, 길이, 높이 및 무게 등으로서 이는 전차의 속도와 무게(규모)에 대한 토의에 기초가 되는 것이다. 전차의 Dimension은 각각 독립된 변수로서 구성 부분을 대표한다. 그러나 이 독립변수는 모든 전차의 무게와 크기등을 결정

2. Design과 Trade Off

전차는 주로 그 기능을 대별하여 화력(Firepower), 기동(Mobility) 장갑(Protection), 표적탐지(Target Detection Instrument)등으로 구별할 수 있다. 이러한 기능들은 서로 다른 기능과 관련성을 가지고 있으며 한 기능을 우수하게 할때 그 여파는 다른 기능에 장애를 불러 일으킬 가능성이 많다. 그렇기 때문에 이러한 제조조건을 잘 조화 시켜서 요망하는 최적의 전차를 생산하게 된다. 예를들면 사용자는 속도도 빠르고 장갑도 두터우면서 그렇게 크지 않는 전차의 생산을 요구하여 왔을때, 기술자(Design-

* 한국 과학기술연구소

ner)는 기술적인 면과 시간 및 경제적인 면등 여러 각도로 심사 숙고하게 된다. 속도는 장갑과 관계가 되므로 이 두가지 요구 조건을 동시에 만족 시키기란 힘든 일이며, 전차의 크기는 화력, 승무원 수, 엔진 및 기타 조건에 의하여 영향을 받기 때문에 상호간의 절충 문제(Trade off)가 대두되게 된다. 일선에서 전차를 직접 사용하는 군인은 좀 더 좋은 성능을 갖은 전차를 요구 할 것이며, 이에 반하여 전차를 설계 생산하는 기술자는 여러가지 제한된 문제에 부딪히게 될 것이다. 그리하여 이와같은 많은 문제를 사전에 해결하고 군의 전투 발전 목표에 부합 되도록 군 기획관과(Planner), 설계자 사이에 QMR(Qualitative Material Requierement)라고 하는 일종의 작업 계획서를 작성하여 작업전에 충분한 검토로 시간과 예산상의 낭비를 방지 하도록 한다 참고로 미국의 QMR 작성 부서와 관계 기관을 알아 보면 다음과 같다.

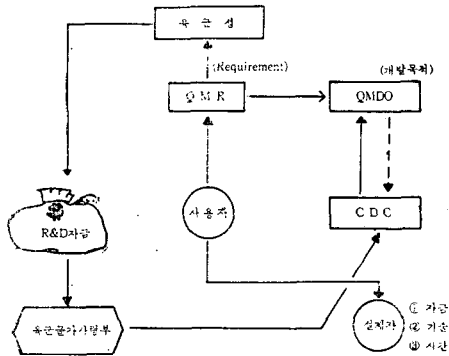


그림 1. QMR 계통도

3. 전차 제원과 상호관계

전차의 각종 제원, 즉 높이(Height), 길이(Length), 나비(Width) 및 무게등은 무기 체계 설계 이전에 고려 하여야 할 중요 사항들이다. 전차의 속도(Speed)와 장갑의 두께(Armor'sthickness)는 상호 관련된 제원으로서 우리는 이 두개의 특성관계를 가려 내어야 한다. 전차는 대별하여 운전병실, 포탑전투실 엔진실의 세 부분으로 구분한다.

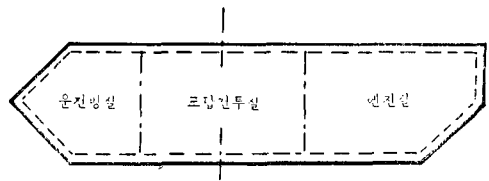


그림 2. 전차 내부 단면도

전차내부의 나비 X_H $X_0 = X_H + 2X_1 + 2X_2 \dots (1)$
 장갑두께 X_3
 적도의나비 X_4
 전차전퇴나비 X_5

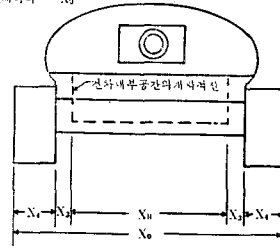


그림 3. 전면도

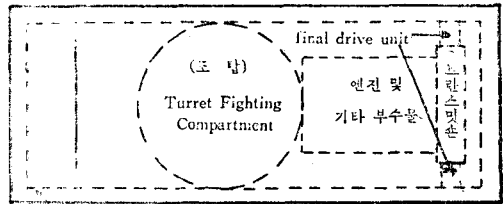


그림 4. 위에서 본 전차의 포탑 및 엔진의 위치

포탑의 위치 및 엔진의 위치를 그림 4에서 볼 수 있다. 이 그림 4에서 우리는 X_H 의 나비는 포탑의 크기 아니면 엔진의 크기(Power Train)에 의하여 결정지워 진다는 것을 알 수 있다. 포탑 내부는 승무원이 충분히 활동할수 있을 만큼 충분한 공간을 제공하여 주어야 하며, 고장시 정비할 수 있는 공간, 승무원이 모든 충격으로부터 보호를 받을 수 있도록 안전 하여야 한다.

포탑 전투실의 지름(The Turret Fighting Compartment Diameter)

그림 5는 포탑 전투실의 내부를 위에서 본 그림이다. 이 그림에서 X_1 은 포 중심 선으로부터 포수 안전판(Gunner's Guard)까지의 수평 거리이며 X_2 는 나머지 포탑의 반경이다.

X_{tp} 는 포탑 지름의 전체 거리이며 그 내부는 1) 사수의 좌석이 포 중심선 우측으로 차지하였고 2) 전차장(commander)의 자리는 사수바로 뒤에 위치 하였으며 3) 탄약수는 포 좌측 후면에 위치 하였다. 그림 5에서 포탑 지름 X_{tp} 는 다음과 같이 표시할 수 있다. $X_{tp}=2(X_1+X_2)$ (2)

여기에서 X_2 는 포수 안전판과 의자 사이거리, 포수의 의자 나비, 포수의 행동 범위를 위시하여 포탑의 끝 부분의 공간을 포함 한다. X_1 의 크기는 포의 지름(Main Armament System) 내부의 최대압력 및 포수 안전판(Gunner's Guard Shield)의 두께등에 따라서 변화된다. X_2 의 크기는 승무원의 편안한 공간, 안전 요구도, 정비의 편리성에 따라서 변화하게 된다

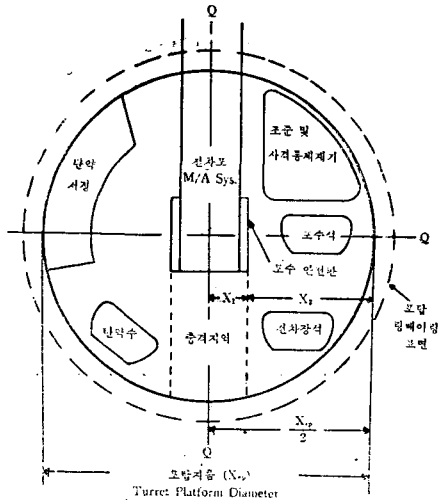


그림 5. 전차의 포탑 내부

전차에 대한 X_1 , X_2 및 X_{tp} 에 관한 수치가 아래 표에 있다. 전차포의 구경이 커지면서 X_1 의 값은 커진다는 것을 알 수가 있다. 그러나 구경이 제일 큰 M551(152mm포) 전차포는 X_1 의 값이 오히려 9.0'로 다른 3개의 전차포보다도 작다는 것을 알 수 있다. 이것은 M551 전차포의(Main Armament System) 사격 기제가 전에 생산된 M41A1, M48, 및 M60 A1 전차포 보다 우수하다는 것을 입증하고 있다 결과적으로 여기에 제시된 제원을 가지고 포의 구경을 결정 지을때 X_1 의 크기는 포 구경 뿐 아니라 사격 후 포가 주는 충격 감소의 설

계, 또는 포수 안전판의 두께를 여하히 줄일 수 있는가에 대한 새로운 국면으로서의 연구가 필요한 것이다. (M551은 Shillelagh라는 Missile을 발사할 수 있다)

표 1 4개의 전차 X_1, X_2 및 X_{tp} 에 관한 수치

전 차	X_1	X_2	X_{tp}
M551 (152mm포)	※ 9.0'	22.0'	62'
M60 (105mm포)	11.5'	29.5'	82'
M48 (90mm포)	10.0'	31.0'	82'
M41A1 (76mm포)	9.5'	24.0'	67'

엔진의 크기가 전차의 나비를 결정하게 하는 요인중의 하나인 이상 X_2 의 수치가 . 전차의 최소치가 될수없다. 그러나 과거의 전차 설계 경험에 입각하여 볼때 M551 전차의 X_2 의 값 22인치는 이 전차의 모든 제원을 고려하여 볼때 최소한의 값이라 인정된다.

다. 엔진의 나비(Power Train Width)

전차의 크기는 엔진의 크기(Power train)에 따라 영향을 받으며 이 엔진은 트랜스밋손(transmission), The final Drive units. 주유 순환계통(기름탱크, 기름펌프, 기름 흐름 계통)을 포함하여엔진에 부착된 부속물(accessories) 및 기계와 기계사이의 공간으로 형성된다. 이 공간은 정비를 가능하게 하고 냉각 목적에도 중요한 역할을 한다. 엔진의 크기와 위치는 그림 6에서 나타내고 있다.

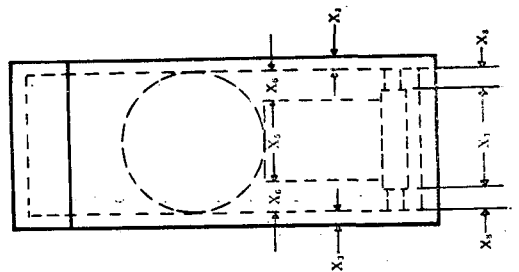


그림 6. 전차 엔진 부분

X_5 는 엔진의 전 나비를 나타내고, X_6 는 엔진과 전차 내부벽 사이의 공간을 나타낸다. X_7 는 트랜스밋손(Transmission) 나비, X_8 는 양측 final drive units이다. 전차 내부의 너비

를 X_{Hpt} 로 표시하였다면 $X_{Hpt} = \max[(X_5 + 2X_6), (X_7 + 2X_8)]$, (3)

여기서 X_6 는 엔진과 전차내부 벽 사이의 최소 수평거리이다.

전차 M551, M60, M48 및 M41A1에 대한 엔진종류 및 그 위력을 표 2에 제시 하였다. 이 4가지의 전차는 각각 상이한 엔진을 가지

고 있다. 전차 M551, M60, 및 M48은 각각 “V”형 디젤엔진이며 공냉식이나 M41A1 전차는 직열 6 씨린다 점화식(ignition) 개소링 엔진이다. 최신 M551 전차는 XT식 트란스밋손 인데 반하여 나머지 3개 전차는 Cross drive (CD) 트란스밋손 형이다. (final drive)가 별도로 있음)

표 2 X_5, X_6, X_7 및 X_8 에 대한 수치

전 차	X_5	X_6	X_7	X_8	엔진명칭, 형태, 마력(GHP)	트란스밋손 °
M551	36.6''	12.7''	46.0''	0	6V53T V6디젤 300GHP	XTG-250-1A
M50	56.6''	12.7''	53.5''	23.3''	AVDS-1790-2 V-12디젤 750GHP	CD-850-6
M48	58.8''	11.6''	53.5''	23.3''	AVDS-1790-78 V-12디젤 810GHP	CD-850-4
M41A1	51.5''	7.75''	44.7''	26.0''	ADS-895-3 OPP-6개소린 500GHP	CD-500-3

X_5 및 X_7 에 대한 값은 일정하게 주어지는 것이 아니고 엔진구성(개소링이나, 디젤이나 터빈이나, CD 밧손이나 등) 형태에 따라 여러가지로 변화되기 때문에 X_5 및 X_7 의 값을 결정할때는 엔진 구성 형태를 심사숙고 하여야 함은 당연하다. 어떤 주어진 형태의 엔진에 있어서 엔진의 크기(폭)는 마력수(GHP)와 관계가 있다. 마찬가지로 트란스밋손의 길이 X_7 이나 final drive X_8 의 크기도 엔진의 마력수에 따라 변화한다. 표 2에 주어진 제원들은 “V”형 엔진, 공냉식, 디젤엔진 및 CD형 트란스밋손에서는 “最少自乘法”(least square)으로 X_5 및 X_7 를 식에 의하여 계산해보면 다음과 같은 결과를 얻을 수 있다.

$$\bar{X}_5 = .0438G_{Hpt} + 23.6, \text{ 인치} \dots\dots\dots(4) \text{ 및}$$

$$\bar{X}_7 = .0284G_{Hpt} + 30.5, \text{ 인치} \dots\dots\dots(5)$$

여기에서 \bar{X}_5 및 \bar{X}_7 은 X_5 및 X_7 의 linear “least Squares”의 예측이 가능하다. 여기에서 한가지 강조하고 싶은것은 이 식은 극소수의 제원을 기초로 만들어졌기 때문에 방법론만을 설명하기 위하여 제시되었지 미래의 엔진 구성의 규모(dimensions)를 예측하는데 전적으로 사용하도록 권장은 못한다. 부가적인 제원들이 엔진 및 트란스밋손 제작자들로부터 입수되어야 하겠으며, 그러므로서 더 의미심장한 “최소 자승법” 관계식이 유도될것이다. 우리가 여기서 알고 넘어가야할 일은 어떤 사람

이 특수한 엔진 구조를 구상하고 있다고 할때 제작자(manufacturers)가 이 엔진 dimension에 대한 평가를 할때 그는 과거의 제원에 많은경험을두고 판단하기 때문에 우수한 평가가 될 수 있다는 것이다. 미래의 엔진 구성 부품의 크기(dimension)를 예측하기 위하여 둘 혹은 셋의 제원만을 사용하는 위험성은 표 2의 X_8 제원표에서 볼 수 있다. 이 표란에서는 마력(GHP)이 증가함에 따라 X_8 의 값이 증가 된다는 가정에 위배 되는것 같다. 표 2의 M551전차를 제외한 3대의 전차에서 M41A1은 제일 적은 마력을 갖고 있지만은 제일큰 X_8 의 수치(분리된 final drive)를 갖고있다.

또한 X_6 의 값은 충분한 정비 공간을 제공해 주어야하며, 충분한 연료탱크, 엔진을 냉각시키기 위한 공냉 공간(aircooling space)등이 포함되어야한다. 포탑의 지름이나 트란스밋손(transmission)의 크기가 전차 내부의 나비가 될때 X_6 의 demension은 여유있는 공간의 크기(Waste Space)도 이 값에 포함시킨다.

라. 전차 내부 나비(Hull Width)

전차 내부의 나비 X_H 가 포탑 지름이나 엔진 크기(Power train system)에 의하여 결정지워진다고할때 그 나비는

$$X_H = \max[X_{tp}, X_{Hpt}], \dots\dots\dots(6)$$

여기서 X_{tp} 는 식 (2)에서 X_{Hpt} 는 식 (3)에

서 각각 정의를 내렸으므로 식 (2)와 (3)에서

$$X_H = \max [2(X_1 + X_2), (X_5 + 2X_6), (X_7 + 2X_8)]$$
 (7)

식 (1)에서 $X_0 = \max [2(X_1 + X_2), (X_5 + 2X_6), (X_7 + 2X_8)] + 2X_3 + 2X_4$ (8)

전차 양측의 장갑 두께 X_3 은 보호효율 정도에 따라 그 두께가 결정지워진다. 이 장갑의 두께는 예상되는 적의 위협, 장갑에 사용된 자료 적의 위협에 대한 취약성 및 설계된 전차의 기술적 운영등에 따라서도 장갑의 두께는 결정된다.

마. 전차의 길이

그림 7에서 전차의 길이를 Y_0 라고 했을 때

$$Y_0 = Y_H + Y_1 + Y_9, \dots \dots \dots (9)$$

여기에서

$$Y_H = \sum_{i=2}^8 Y_i \dots \dots \dots (10)$$

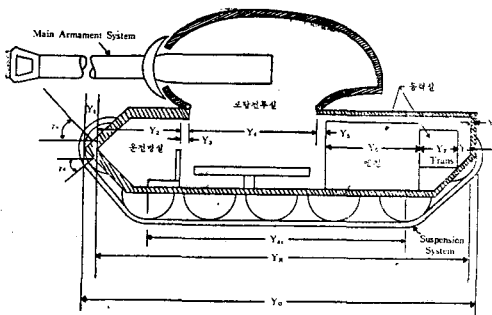


그림 7. 전차 길이의 구분

Y_H = 내부 전차 길이

Y_1 = 전차 전면부분 장갑 두께

Y_2 = 전차 내부벽(Y_1 에서 정의한)에서 운전병 의자 후면 까지의 수평거리

Y_3 = 운전병 의자 후면에서 포탑 운전선 까지의 수평거리

Y_4 = 포탑의 운전선 지름(the turret ring ball race diameter)

Y_5 = 포탑 운전선부터 엔진 전면까지의 수평거리

Y_6 = 엔진의 거리

Y_7 = Transmission의 길이

Y_8 = 전차 내부 후면벽과 Transmission간의 수평공간

Y_9 = 전차 후면 상단 장갑의 두께

바. 전차 길이(Y_0)와 접지패도(Y_{gc})간의 상호관계

패도의 접지 부분의 길이 Y_{gc} 는 전차의 전체길이 Y_0 에 의하여 결정된다. 그러나 많은 기타 주요 사항들이 고려되어야 한다. 그림 8은 패도를 그린 측면도로서 패도의 접지 길이 Y_{gc} 와 전차의 길이 Y_0 간의 관계와 그 구성 부분의 dimension을 나타내고있다.

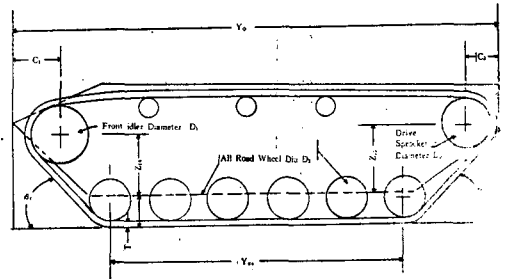


그림 8. 전차 길이와 접지패도간의 상호관계

$$Y_{gc} = Y_0 - \left[C_1 + C_2 + \frac{2 \cos \beta_f [Z_{14} + Z_1 - (T + \frac{D_3^2}{2})] - (D_1 - D_2)}{2 \sin \beta_f} + \frac{2 \cos \beta_r [Z_{15} + Z_1 - (T + \frac{D_3^2}{2})] - (D_2 - D_1)}{2 \sin \beta_r} \right] \dots \dots \dots (11)$$

여기에서

C_1 = 전면 車體 외부 끝부터 유동윤(idler) 중심까지의 수평거리

C_2 = 후면 車體외부 끝부터 기동윤(sprocket) 중심까지의 수평거리

β_f = 지면과 패도가 형성하는 앞각(Lead Angle)

β_r = 지면과 패도가 형성하는 뒷각(Trail Angle)

Z_{14} = 유동윤(Idler) 중심부터 車體 하부까지의 수직거리

Z_{15} = 기동윤(Sprocket) 중심부터 車體 하부까지의 수직거리

Z_1 = 차체 하부와 지면 사이의 공간

T = 패도의 두께

D_1 = 유동윤(front idler)의 지름

D_2 = 기동운(drive sprocket)의 지름

D_3 = 보기운(road wheel)의 지름

식(9) (10) 및 (11)에서 독립변수(Independent Variable)의 평가방법 및 과거의 전차 설계 수치로서 독립변수의 평가 방법을 알아 보기로 하자.

전차 길이의 각 구성 부분의 크기(dimension)판단

표 3에서는 4개의 전차에 대한 Y_1, \dots, Y_9 에 대한 값이 기록되어 있다. 여러가지 요소(factors)들은 이 Data에 영향을 미쳤을 것이며, 또한 이 factor들은 장차의 생산에 있어 $Y_1 \dots Y_9$ 의 값에 영향을 줄 것이다.

전차 앞부분의 장갑 수평 두께 Y_1 은 뒷장갑의 경사각 혹은 아래 장갑의 경사각과 장갑의 두께에 따라서 결정된다.

$$Y_1 = \frac{thfu}{\cos r_u} = \frac{thfl}{\cos r_d} \quad (12)$$

여기에서

$thfu$ = 앞 부분 윗 장갑의 두께

$thfl$ = 앞 부분 아랫 장갑의 두께

r_u = 앞 부분 윗 장갑의 경사각

r_d = 앞 부분 아랫 장갑의 경사각

운전병의 운전실 길이 Y_2 는 표 3에서 큰 변화는 없으며, Y_2 의 평균수치($\bar{Y}_2 = 56.5$ 인치)는 4개의 전차 모두에 대하여 과거의 경향을 토대로한 가장 알맞는 길이로 판단된다.

표 3 4개의 전차에 대한 Y_1, \dots, Y_9 까지의 수치

전 차	Y_1	Y_2	Y_3	Y_4	Y_5	Y_6	Y_7	Y_8	Y_9	엔진명, 형태, 마력	트랜스미션
M551	*	58	11.0"	77"	0	44.9"	30.6"	12.0"	*	6V53T V-6 디젤 300GHP	XT'G-250-1A
M60	11"	57"	1.0"	85"	0	66.5"	29.0"	17.0"	1.5"	AVDS-1790-2 V-12 디젤 750GHP	CD-850-6
M48	7"	57"	-1.25"	85"	0	68.0"	29.0"	18.5"	1.5"	AVDS-1790-7B V-12 디젤 810GHP	CD-850-4
M41A1	1.5"	54"	-1.0"	76"	0	45.4"	34.2"	7.0"	0.8"	ADS-895-3 OPP-6 휘발유 500GHP	CD-500-3

표 3표에서 Y_3 의 값은 전차에 따라 여러가지로 다르다. 표 3에서 M551 전차의 Y_3 값이 다른 전차의 값과 비교하여 큰것은 M551 전차는 다른 전차보다 6인치 더 긴 탄약을 취급하기 때문이다. (Y_3 의 값과 탄약 길이에 관한 방법론은 전차의 높이에서 다시 논의된다, 결과적으로 M551 전차의 Y_3 값을 제외한 나머지 3개 종류의 전차 Y_3 평균치 $\bar{Y}_3 = -.083$ 인치는 M551의 Y_3 값 보다는 더욱 재래식(conventional) 전차 설계의 대표적인 수치라고 말할 수 있다. 왜 그런가하면 여기 Y_3 에서 M48 및 M41A1의 전차에서 음수(-)의 값은 운전병의 의자등 뒤가 포탑의 원둘레(Turret Platform)까지 나와서 turret-ring bearing circle

(Y_4)내에 위치하였을 때 표시한다. 재래식 전차에서는 turret-ring diameter가 turret Platform(그림5 참조)보다 크다.

turret-ring diameter (Y_4)를 판단하기 위하여 $Y_4 = X_{tp} + K_1$,

여기에서

X_{tp} = turret platform diameter 및 K_1 = turret platform과 turret ring 사이의 간격. X_{tp} 의 지름은 전차포의(M/A)크기와 승무원에 따라서 결정지어지나 전차의 설계에 주로 그 영향을 받는다. Turret-ring diameter는 다음의 식 한 도내에 있게 된다. $X_{tp} < Y_4 < Y_6$. K_1 의 값이 M551이 15인치, M60이 3인치, M48-3인치, M41A1이 9인치이다. 이들 평균 K_1 의 값은 7.

5인치가 된다.

어떤 엔진(engine)이나 트랜스미션(transmission)에 있어서 엔진의 길이 Y_6 , 트랜스미션 길이 Y_7 은 총마력(GHP)과 관계가 있다. 이것은 다시 말해서 총 마력수가 커지면은 Y_6 및 Y_7 의 값이 각각 커진다는것을 의미한다. “최소 자승법”(The linear, least Squares)식에서 $\bar{Y}_6 = .0463GHP + 31.09$, (14)가 유도되었다.

길이 제원(length data)은 (표 3)에서 3개의 V형태 엔진, 공냉식, 디젤엔진이 사용되었다 식 (14)에서 단위는 “인치”이다. 이 최소 자승법 “least squares”에서는 오직 3개의 제원(Data)만을 사용하였다. 이 식의 신빙성은 다른 엔진 제원들에 의하여 발전되어 나가게 될것이며, 이 제원들은 여러 엔진 생산자들에 의하여 획득할 수 있을것이다. 그러나 전에도 기술한바와 같이 어느 사람이 엔진설계(particular power train system)를 생각하고 있다고 할때 엔진 제조자들이 식 (14)를 기초로해서 이 엔진의 dimension를 평가한다면 더욱 좋을 것이다. M60, M48 및 M41A1 전차들은 모두 CD(cross drive) 트랜스미션 사용하고 있으며, 이 3개의 전차를 고찰하여볼때 M41A1 전차는 총 마력수는(GHP) 적지만 Y_7 의 규모는 가장 크다. (표3 참조) 표 3에서 이 제원은 먼저 지적한 Y_7 의 값이 GHP와 같이 증가한다는 가설에 반대되고있다. 그 이유는 M60이나 M48 전차에 새롭게 설계된 현대 트랜스미션을 사용하기 때문이다. M60 및 M48 전차는 750~810GHP로서 트랜스미션 길이(Y_7)의 값은 미래에도(M41A1 트랜스미션 길이보다) 알맞는 규격으로서 대표적인 전차가 되리라고 믿는다.

트랜스미션(Transmission)과 전차 후면과의 수평공간 Y_8 은 엔진(Power train) 고장시 정비를 용이하게 해주고 또한 공기의 순환을 순조롭게하여 엔진의 과열을 방지한다. 전차 후면 상단 Y_9 장갑의 두께와 전면 상단 $thfu$ 장갑의 두께는 설계 매개변수(Design Parameters)로서 요망되는 보호정도와 고안된 전차의 구조 여하에 따라서 영향을 받는다.

전차의 전면 끝 부분의 장갑 두께 Y_1 은 식

(12)에 의하여 $thfu$ 와 r_u 의 변화에 따라서 영향을 받는다. 전차 전면 상단 각도 r_u 의 증가는 장갑의 두께를 더하여 탄환의 관통 능력을 저하시키고 경사 각도를 제공하므로써 탄환이 빗나가게 된다. M551 전차의 전면상단 장갑의 경사각은 83도이며 M60은 64도, M48은 58도, M41A1은 59도이다. 특수급속으로 제조된 M551 전차는 r_u 의 값이 대단히 크다. 나머지 전차는 r_u 의 값이 크게 차이가 없으며 M551 전차에 비하면 대단히 작은 편이다. M551 전차를 제외한 3개의 전차는 강철 장갑(Steel Armor)으로 되었으며, r_u 의 평균값은 $r_u 60$ 도로 보는것이 적당하다.

접지 패도 기장 매개변수(Track Ground Contact Length Parameters) 4개의 상이한 전차에 대한 접지패도 길이 매개변수값이 식 (11)에 의하여 표 4에 제시되었다. (그림8 참조). 패도의 두께 T , 전후면 패도와 지면사이각 B_f 및 B_r , 차체 하부와 지면 사이의 공간 Z_1 , 유동윤(idler), 기동윤(sprocket), 및 보기윤(road wheels)의 지름(D_1, D_2 및 D_3) 등은 전차의 전체 기장보다는 필요로하는 전차의 속도에 의하여 결정된다. 한편 Z_{14}, Z_{15}, C_1 및 C_2 의 길이는 전차 전체의 길이에 영향을 받는다. C_1 및 C_2 의 대략적인 길이는

$$C_1 = \frac{D_1}{2} + T \quad \text{및} \quad C_2 = \frac{D_2}{2} + T, \quad \text{여기에서 } T \text{는}$$

패도의 두께.

유동윤(idler)과 앞부분 보기윤(front road wheel, 기동윤(sprocket)과 뒷부분 보기윤(Real road wheel)은 서로 방해되지 않는한, Z_{14} 와 Z_{15} 은 다음과 같은식을 만족시켜야 한다 (그림8 참조)

$$Z_{14} \geq \left[\sqrt{\left(\frac{D_1 + D_3}{2}\right)^2 - \left(\frac{D_1 - D_3}{2}\right)^2} + \frac{D_1 - D_3}{2 \tan \beta_f} \right]$$

$$\sin \beta_f + T + \frac{D_3}{2} - Z_1 \quad (15)$$

$$\text{및 } Z_{15} \geq \left[\sqrt{\left(\frac{D_2 + D_3}{2}\right)^2 - \left(\frac{D_2 - D_3}{2}\right)^2} + \frac{D_2 - D_3}{2 \tan \beta_r} \right]$$

$$\sin \beta_r + T + \frac{D_2}{2} - Z_1 \dots \dots \dots (16)$$

D_1, D_2 및 D_3 의 지름을 결정하는데는 일정한 절차는 없고 기동윤(Sprocket) 지름 D_2 의 결정은 동력전달장치(gear)의 변형 및 공간의

가용 정도를 감안하여 결정한다. 일반적으로 유동윤(idler), 보기윤(road wheel)의 지름은 서로 양립하여 주어진 공간에서 충분히 완충 작용을 할 수 있는 범위에서 지름을 결정한다

Bogie형(보기윤을 2개씩 묶어서 완충작용한) road-wheel은 독립된(M60, M48) road wheel의 지름보다 작으며, 독립 road wheel은, Bogie형 road wheel보다 그 지름이 18인치 정도크다.

표 4 접지궤도 길이 매개변수

°	°	C_1	C_2	B_f	B_r	Z_{14}	Z_{15}	Z_1	T	D_1	D_2	D_3	Y_{gc}
M551		7.75"	25"	31.0°	29.0°	11.5"	9.5"	19.0"	2.3"	15.5"	16.73"	28.0"	140.0"
M60		22.0"	11"	34.75°	44.5°	20.5"	24.0"	18.25"	4.5"	26.0"	24.5"	26.0"	166.72"
M48		19.0"	22"	36.0°	39.0°	19.0"	24.8"	18.0"	4.5"	26.0"	24.5"	26.0"	167.5"
M41A1		15.0"	19"	31.0°	33.0°	12.8"	14.0"	17.75"	3.7"	22.5"	23.4"	25.5"	127.0"

그러면 다음은 전차 높이에 관하여 토의하여 보기로 하자.

사. 전차의 높이(Overall Vehicle Height) 전차에 있어서 그 높이는 지면(Ground Level)으로부터 포탑 상단(top of the turret)까지의 수직길이를 말한다. 이 높이는 3개 부분으로 나누워, 첫째 지상으로부터 앞 혹은 뒤 전차 몸통 높이(front or real deck)까지의 수직길이이며, 두개의 몸통높이중 높은것을 기준한다. 둘째 전차의 몸통(deck)으로부터 포축선 중심(trunnion center line)까지의 거리, 셋째 포축선 중심으로부터 포탑(Turret) 상단까지의 거리. 이 제원명시는 그림 9에 표시되어있다. 전차 앞 몸통높이(front deck)는 운전병의 활동에 충분하여야 하며, 뒷 몸통높이(real deck)는 엔진의 크기와 일치 하여야 한다. 이 두가지의 dimension은 전차 몸통과 지면간의 간격(clearance) 및 전차 몸통(hull) 하부와 상부의 장갑 두께에 대한 균형을 제공하여 주어야한다. 포중심 축선(軸線)은 전차 몸통 상단 부분에 위치하여 포가 최저각 도로 방향을 변경하더라도 전차 몸통에 부딪치지 말아야 한다. 여기서 전차 몸통이란 포탑 부분을 고려하지 않은 몸통 부분만을 말한다. (그림 2 참조). 포 중심선 부터 포탑내부 천정까지의 거리는 포가 최저 각도는 포적을 사격할시 탄약을 장전 하더라도 탄약이 천정에 부딪치지 않도록 충분한 높이를 제공하여야한다. 부가적으로 포탑 천정은 승무원이

곧바로 섰을때도 닿지 않도록 충분히 높아야 한다. 이런 경우 이 3가지의 요소들의 합은 승무원의 키를 고려하면서 전체 전차 높이와 비교하여야 한다. 이중 2가지의 요소는 적어도 전차 높이를 결정하는데 고려 되어야 한다.

전차 몸통 앞(Hull front deck) 및 뒷부분(real deck) 높이

지면으로부터 전차 몸통 앞 부분까지의 높이(hull front deck)는 완충 공간 Z_1 , 전차 및 부분 장갑두께 Z_2 , 전차 내부마루부터 운전실 천정까지의 수직높이 Z_3 및 deck의 장갑두께 Z_4 의 합이다.

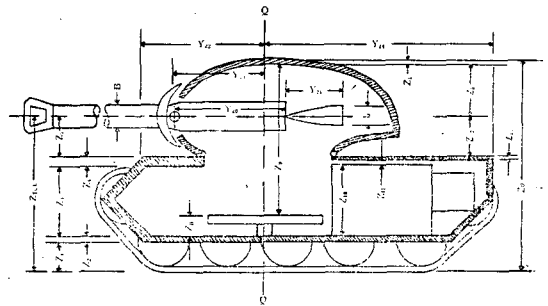


그림 9. 전차 높이

지면으로부터 전차 몸통 및 뒷 부분까지의 높이(hull real deck)는 Z_1, Z_2 , 엔진의 높이 Z_{10} , 엔진과 deck와의 공간 Z_{11} 및 deck의 장갑 두께 Z_{12} 의 모든 합이다.

지면으로부터 포 중심 축선 (Trunnion Center Line)까지의 높이

이 장에서는 포 중심 축선에 대한 높이와 포가 하향 포적을 사격하기 위하여 포구를 최저

각도로 내렸을시 전차 몸체와 충돌되지 않게 하기위하여 앞 뒤 전차 높이에 관한 수식을 생각해본다. 그림 9에서 포 중심이 축선 Z_{CPL} 은 2개의 부등식 $Z_{TCL} \geq Z_1 + Z_2 + Z_3 + Z_4 + Z_1$ (17) 및

$Z_{TCL} \geq Z_1 + Z_2 + Z_{10} + Z_{11} + Z_{12} + Z_{13}$ (18)을 만족 시킨다. 여기에서 우리는 Z_{TCL} 을 다음과 같이 표시할 수 있다.

$$Z_{TCL} = Z_1 + Z_2 + \max[(Z_3 + Z_4 + Z_5), (Z_{10} + Z_{15} + Z_{12} + Z_{13})], \quad (19)$$

여기에서

Z_1 = 지면에서 전차 몸통까지의 높이

Z_2 = 전차 및 장갑의 두께

Z_3 = 차내 마루부터 운전병 머리위 천정까지의 수직거리

Z_4 = 운전병 머리 바로 위의 장갑의 두께 (front deck)로 수직 기장을 말하며 이 부분은 포구가 최저각도로 회전할시 닿기쉬운 부분이다.

Z_5 = Z_4 에서 정의한 deck 상단(Front upper hull)에서 포중심 축선까지의 수직거리.

Z_{10} = 엔진 및 그 주위 부속물을 포함한 Power plant의 수직높이.

Z_{11} = 엔진 상단부터 뒤 몸통 상단(real deck of the hull)까지의 공간수직 거리.

Z_{12} = Real deck의 장갑 두께의 이 부분도 Z_4 의 부분과 같이 포의 최저 각도로 회전시 닿기쉬운 부분이다.

Z_{13} = Z_{12} 의 상단부터 포중심 축선(main armament trunion center line)까지의 수직거리.

포 중심축선(trunion center line)부터 포탑지붕까지의 높이

포구가 하향 표적을 사격하기 위하여 그 각도를 최저로 하였을시 탄약을 포미에 장전할 때 긴 탄약의 끝부분이 포탑의 천정을 때려서는 안되며 어떠한 충격도 있어서는 안되도록 충분한 공간을 부여하여야 한다. 그림 9에서

$$Z_6 = (Y_{20} + Y_{21})\sin L_f + \frac{b}{2}\cos L_f, \quad (20)$$

여기에서

Z_6 = 포중심 축선으로부터 포탑 천정까지의

수직거리,

Y_{20} = 포중심 축선(trunion center line)부터 포미까지의 수평거리,

Y_{21} = 제일큰 탄약의 길이 혹은 사격하였을시 L_f = 포신이 최저 각도를 이루었을때의 각도

b = 포 지름

식(20)에서 우리는 L_f 의 각도가 후면 deck와 포신이 이루는 최저각도보다 적지않다고 가정하였다. 만약 Z_7 이 전체 높이의 일부분이라고 하기보다 포지붕의 장갑 두께라고 생각한다면 Z_0 는 다음과 같이 표시할 수 있다.

$$Z_0 \geq Z_{TCL} + Z_6 + Z_7, \quad (21)$$

위 식은 승무원(특히 탄약수)이 포탑 전투실에서 충분한 공간을 갖고 전투하는 상황을 고려되지 않았다. 만약 미래의 전차 설계에서 이러한 공간이 고려된다면 Z_0 는 다음과 같은 부등식을 만족 시켜야한다.

$$Z_0 \geq Z_1 + Z_2 + Z_8 + Z_9 + Z_7, \quad (22)$$

여기에서

Z_7 = 포미 윗부분의 포탑지붕 장갑두께.

Z_8 = 전차 및 내부부터 포탑 마루까지의 내부 수직거리.

Z_9 = 포탑 마루부터 포탑지붕 내부까지의 수직거리.

만약 여기에서 식(21) 및 (22)를 만족시키고 Z_0 의 최소가 되는 Z_0 의 값을 구한다면,

$$Z_0 = Z_1 + Z_2 + \max[(Z_3 + Z_4 + Z_5 + Z_6),$$

$$(Z_{10} + Z_{11} + Z_{12} + Z_{13} + Z_6), (Z_8 + Z_9)] + Z_7 \quad (23)$$

다음은 Z_1, Z_2, \dots, Z_{13} 의 dimension을 4개의 상이한 전차의 Data을 빌려 평가하는 토의를 하여 보자.

아. 전차 높이를 구성하는 Parameter들의 예측

그림 9에서 우리가 생각해본 전차 높이의 수치들이 표(5)에 제시되었다. 이러한 제원을 장차 전차에대한 높이 Z_1 부터 Z_{13} 까지 여하히 사용할것인가에 대한 설명을 하여보자. 전차의 높이는 지상으로부터 차체의 하부까지의 길이 Z_1 에 의하여 크게 좌우된다. 현재, 내부

분 전차의 Z_1 길이는 17인치부터 $20\frac{5}{8}$ 인치로 그 통계가 나오고 있다. 이렇게 몇 인치 차이가 나는것은 그 전차가 요구하는 속도에 기초를 두고 차이가 나는 것이다.

그 다음으로 전차 하부의 Z_2 의 장갑 두께는 요망되는 보호정도와 전투지역에 있어서의 전차에대한 위협이 얼마나 크느냐에 따라 달라질 수 있다. 그러니까 이 Z_2 의 값은 요망되는 보호정도에 기초를 두고 결정하여야 할 문제이다.

표 (5)에서 전차 전면부분 몸통내부의 높이 Z_3 의 값이 어떤 일 치를 갖일수가 없다. 그 이유는 포 중심 축선 높이 Z_{TCL} (식19) 참고)은 Z_{01} , Z_{11} , Z_{12} 및 Z_{13} (후면 높이)의 합으로 결정되고 전면 부분 높이로 결정되지 않기 때

문이다. Z_{TCL} 의 높이는 엔진의 높이(Z_{10} , Z_{11})에 의해서 결정될 수도 있다. 이런 경우에는 전면 부분 deck의 높이를 줄인다고 해서 전차의 높이가 줄지 않기 때문이다. 결과적으로 Z_3 의 값이 전차의 높이 dimension을 평가하는데 있어서 하나의 좋은 기준이 된다. 전면 deck 장갑의 두께 Z_4 는 예상되는 적의 위협과 요망되는 보호정도에 따라 결정 지워져야 하는 것은 Z_2 의 장갑 두께의 경우와 같다. Z_4 의 표면으로부터 포 중심 축선(M/A trunnion center line)까지의 수직높이 Z_5 는 포가 L_f 의 각도로서 전면 몸통 부분을 회전할때 부딪히는 장애물 없이 포신이 자유롭게 회전할수 있어야 한다.

표 5 전차 높이에 따른 제원

전 차	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4	Z_5	Z_6	Z_7	Z_8	Z_9	Z_{10}	Z_{11}	Z_{12}
M551	19.0"	1.5"	43.0"	※※	12.0"	13.0"	1.0"	7.5"	61.5"	38.8"	1.2"	1.0"
M60	19.5"	0.75"	42.5"	3.0"	16.0"	20.5"	1.25"	16.25"	67.5"		11.8"	1.0"
M48	18.0"	1.0"	41.5"	3.6"	13.5"	21.5"	1.25"	14.5"	67.2"	39.8"	15.2"	1.0"
M41A1	18.0"	0.5"	38.0"	2.5"	13.5"	17.75"	0.75"	9.5"	64.5"	34.2"	7.7"	0.75"
	Z_{13}	B	Y_{20}	Y_{21}	Y_{22}	Y_{23}	Y_{24}	b	L_f	L_r	$\frac{X_0}{2}$	
	14.5"	11.0"	36.0"	43.7"	62"	38.0"	102"	6.1"	8.0°	8.0°	55.0"	
	5.0"	5.0"	50.5"	36.8"	75"	42.5"	—	4.14"	9.0°	0.0°	71.5"	
	5.5"	4.0"	49.5"	37.6"	76"	42.5"	—	3.54"	9.0°	0.0°	71.5"	
	11.75"	4.0"	50.5"	33.8"	83"	36.0"	85"	3.0"	9.75°	9.75°	63.0"	

만약 패도위의 fender(흙받이)가 전차 몸통과 같은 높이라 할때 Z_5 의 크기는

$$Z_5 = \left\{ \left[(Y_{22})^2 + \left(\frac{X_0}{2} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} + \frac{B/2}{\sin L_f} - Y_{23} \right\}$$

$$\tan L_f \quad (24)$$

$$0^\circ < L_f < 90^\circ,$$

여기에서

Y_{22} = 포탑 중심축에서 Z_4 끝부분 까지의 수평거리

X_0 = 전차의 나비

B = 전차포의 외부 지름으로 포신은 포구를 최저각도(L_f^0)로 전면 및 후면(L_f^0)으로 회전할때 이 포신에 장애물이 닿아서는 않되겠다

L_f 및 L_r = 포신을 최저로 하였을시 이루는

전후면의 각도

Y_{23} = 포탑 중심축으로부터 포 중심 축선 이축(trunnion center)까지의 수평거리.

같은 이치로서 포신이 최저 각도로서 후방으로 회전하였을시(L_r), Z_{13} 의 크기는

$$Z_{13} = \left\{ \left[(Y_{24})^2 + \left(\frac{X_0}{2} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} + \frac{B/2}{\sin L_r} - Y_{23} \right\}$$

$$\tan L_r, \quad (25)$$

$$0^\circ < L_r < 90^\circ,$$

여기에서

Y_{24} = 포탑 중심축(turret axis of rotation)부터 Z_{12} 의 끝 부분까지의 수평거리.

포탑 중심축으로부터 포중심 축선 이축

(trunnion center line)까지의 수평거리 Y_{23} 전차포의 설계 및 포탑의 지름(turret ring diameter)에 따라서 달라질 수 있다.

Y_{22} 를 예측하기 위하여 설명 목적상 전차앞부분의 경사상단, 경사 하단으로 나누고 전차의 가장부분을 그림 10과 같이 나누었을 때 Y_{22} 는

$$Y_{22} = Y_1 + Y_2 + Y_3 + \frac{Y_4}{2} - \left(\frac{Z_1 + Z_2 + Z_4}{2} \right) \tan r_u \quad (26)$$

Y_{24} 를 예측하기 위하여 편의상 우리는 후면 deck가 평평한 표면으로 간주하여 생각한다면

$$Y_{24} = \frac{Y_4}{2} + (Y_5 + Y_6 + Y_7 + Y_8) \quad (27)$$

최소 장승식(The linear "least Squares" equation)

$$B = 2.42(b) - 4.15 \text{인치} \quad (28)$$

포(M/A tube)의 외부 지름 B 를 표(5)에 있는 Data를 사용 수식 (28)에 적용시켜 표시하였을때, b 는 포(M/A)의 내경의 지름이다.

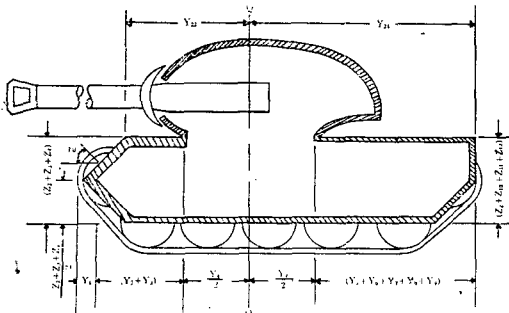


그림 10 Y_{22} 및 Y_{24} 를 예측하는 부분적 고도

포 중심 축선으로부터 포탑 천정까지의 높이 Z_6 는 식(20)에서 잘 말해주고 있다. 그러나 표(5)에서 보는 Z_6 의 수치는 승무원이 작업을 원만하게 그 높이를 주었을 때는 한계치를 초과하는 것으로 나타나고 있다. 포탑 지붕 Z_7 의 장갑 두께는 적의 위협과 승무원의 보호요망 정도에 따라서 결정하게 된다. 전차 밑바닥에서 부터 포탑마루(turret platform)까지의 높이 Z_8 는 유류나 탄약이 마루밑에 저장되었으나 앓되었느냐에 따라 달라지며 그중 어느 것 하나 마루밑에 저장 되었다면 얼마나 많은 양이 저장 되었느냐에 따라 달라질 것이다.

포탑 마루(Platform)부터 포탑 천정까지의 높이는 인간의 조건(human factors)을 고려하

지 않으면 안된다. 예를들면 승무원의 신장, 탄약수의 장전기술 정도, 탄약의 무게등...

Z_9 에대한 수치를 각각의 전차에서 본 결과 그 높이는 61.5부터 67.5인치 범위내이다. 이러한 수치는 95% 이상의 사람이 72인치 이상 크다고 하더라도 받아 들일 수 있는 수치이다 전차 설계를 위한 이 분야 조사에서 승무원 신장은 포탑의 높이를 결정하는데 생각되어 오지 않은것 같다. 표(5)에서 3개의 V형태 디젤엔진은 총마력(GHP)에 따른 그 높이를 예측하는데 있어 "최소 자승법" (least Squares equation)은 $Z_{10} = .0056GHP + 36.62$ 인치 (29)

이 "최소 자승법"식은 오직 3개의 Data만을 갖고 값을 내었기 때문에 더 세밀한 값을 얻기 위해서는 추가적으로 다른 엔진 및 트랜스 및손에서 얻은 Data를 더 포함시킨다면 신빙성은 더욱 좋아질 것이다.

Z_{11} 의 극한치(limiting value)는 정비시 접근용이 정도(accessibility)와 엔진을 냉각시키는데 흐르는 공기의 양에 따라 달라진다. 전차에 있어서 특별히 공인 되거나 확실한 증거가 없는한은 년차적으로 내려오는 dimension을 중요시 할 필요가 있다. 다시말해서 생각지도 못한 기발한 형태의 전차가 하루아침에 만들어 질 수 없다. 전차의 하부 장갑의 두께나 앞 deck의 장갑 두께가 적의 위협 정도와 보호요망 정도에 영향을 받듯이 후면 deck의 두께 (Z_{12})도 같은 이치에 따라 결정하게 된다. 앞에서 언급했지만 전차의 높이를 판단함에 있어서 여기 제시된 표(5)의 제원만을 기준으로 할수는 없는 것이다. 여기에서는 방법론을 제시해 나감에 필요한 몇개의 예를 든것에 불과하기 때문이다.

4. 결 론

이상에서 우리는 전차의 나비(width), 길이(Lengh) 및 높이 (Height)에 대하여 그 예측 방법과 "최소 자승법"의 수식, 각 Parameter 등과 상호 관계성을 알아보았다. 다음 호는 전차 무게(weight)에 대하여 토의하고 전차 무게와 속도의 관계를 알아 보기로 한다.