

IFV의 ROC도출을 위한 동시공학기법의 적용

Implementation of Concurrent Engineering Principles for ROC Development of an IFV

선 승 규 · 이 회 각 · 김 충 관
 군사과학대학원

ABSTRACT

This paper treats the implementation of concurrent engineering principles for ROC development of a future infantry fighting vehicle. Based on the acquisition process of weapon systems and operational requirements provided by users, Quality Function Deployment(QFD) is used to translate the requirements of the user into specific trade-off analysis. Results of these studies and the use of concurrent engineering principles are presented.

1. 서론

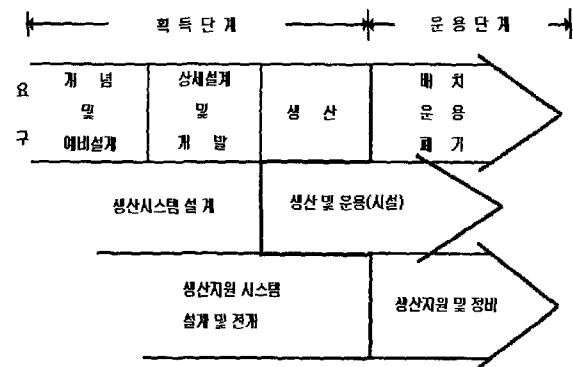
오늘날 공업설계 과정의 궁극적인 목표는 적기에 양질의 제품을 저렴한 가격으로 수요자의 요구에 맞게 만들어 내는 것이다.

군사분야에서도 오늘날 크고 작은 전쟁에서 주도권 확보와 전쟁종식의 차원에서 전투기를 비롯하여 미사일, 전투차량, 포병화기 등 재래식 무기의 역할은 계속 강조될 것이며 세계각국의 경쟁력 강화로 인해 장차 무기체계 개발은 성능개량, 비용절감 및 개발기간 단축이 그 어느 때 보다 더욱 강조되고 있는 실정이다.

동시공학은 기본적으로 리드타임을 줄이면서 품질을 높이고 비용을 줄임으로써 경쟁력을 증대시키는 접근방식으로 표현되고 있다. 이 접근방식은 개발자로 하여금 처음부터 품질, 비용, 계획, 유지, 수리 등과 같은 생산자와 사용자의 요구사항을 포함하여 개념에서부터 폐기에 이르기까지 제품수명주기의 모든 요소

를 고려하여 여기에 관계되는 모든 관련 인자들을 최적화하고 통합하며 설계, 개발 및 지원이 평행하고 빠르게 동시적으로 이루어진다.(그림1)

동시공학의 가장 두드러진 특징중의 하나는 여러 전문분야에서 기능간 협동이 가능한 팀에 의해 통합을 구현하는 것으로 지금까지 동시공학의 토대가 되는 많은 기술과 도구가 개발되어 왔다. 최근 많이 알

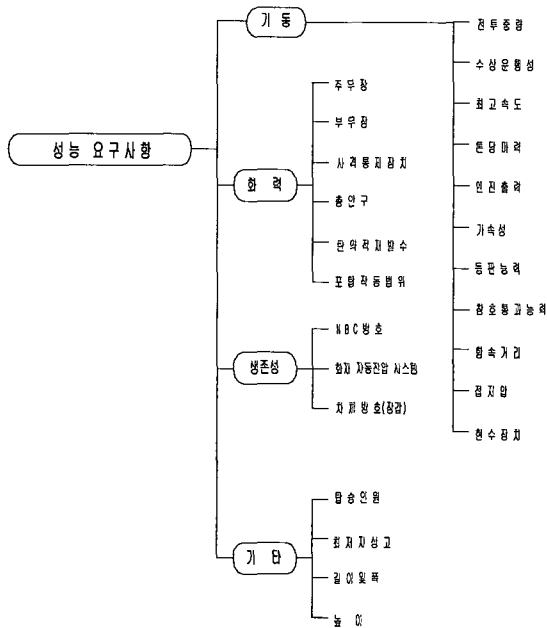


(그림 1) 생산, 공정 및 지원의 동시공학적 수명주기

비하여 사표 1 차세대 IFV의 ROC*용할 기동 무기체계 중 경제성이 있고, 전략적 배치가 가능하며, 전술적 기동력을 보유하고, 적 표적에 치명상을 입힐 수 있는 화력을 보유하고, 적의 공격으로부터 높은 생존성과, 군수 및 훈련 부담을 최소화하면서 지속능력을 보유한 시스템이다.

차세대 IFV의 ROC는 크게 성능특성과 운용특성으로 나누어지며 이 특성들은 다시 사용자 요구사항(Customer Requirement)과 설계 요구사항(Design Requirement)으로 구분되어진다. 성능특성은 IFV가 임무를 수행함에 있어 발휘되는 전투능력을 대표하는 요소이며, 운용특성은 IFV의 성능을 최대한 발휘할 수 있도록 전체시스템 운용의 전반적인 분야로서 전체성을 결정짓는 중요한 요소이다.

그림 3과 4는 각 특성별로 분류한 것으로 이를 토대로 특성별 ROC를 구체적으로 나타내면 표 1과 같다.(1)

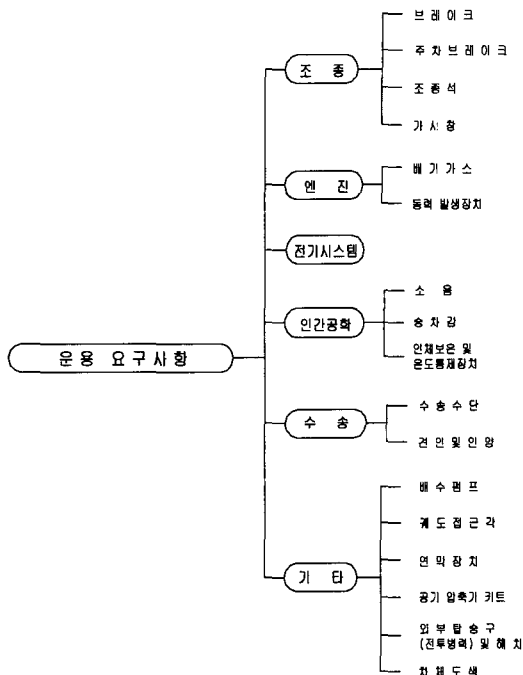


(그림 3) 차세대 IFV의 성능특성 분류

(표 1) 차세대 IFV의 ROC*

구분	항 목	요 구 조 건		
성 능 특 성	기	전투중량	25 ~ 30 ton	
		수상 운행성	보조키트장착 운행 (0.70~0.83 ton/m.)	
		최고 속도	노상 : 77 km/h 이상, 야지 : 54km/h. 수상 : 6km/h	
		수직 장애물 통과능력	0.8 ~ 1 m	
		톤당 마력	25 ~ 30 hp / ton	
		연진 출력	600 ~ 700 hp	
	동	가속성	8초 이하 (0~32 km/h 도달)	
		등판 능력	종경사 : 60%, 횡경사 : 30% 등판가능	
		참호통과능력	2.1 ~ 2.82 m	
		항속 거리	555 km 이상	
		접지압	0.6 kg / c 이하	
		현수 장치	유기압 + 고강도 토션바	
화 력	주무장	주무장	25 ~ 30 mm Cannon	
		부무장	7.62 mm, TOW	
		총연구	2 ~ 4개	
	사격통과장치	사격통과장치	포탑 안정화장치, 자동 표적탐지 장치, 열영상상면, 라이다 거리측정기	
		주/부무장 탄약적체량	주무장 : 600 발, 부무장 : 2,000 발, TOW 6발	
		포탑 작동범위	360도회전, 고각 : 60o, 저각 : -10o	
	생존성	NBC 방호	양 압 장치	
		방호력	전면 : 30mmAP탄, 측면 : 14.5mm AP탄, 후면 : 12.7mmAP탄, 상부 : 155mm 공중파탄, 하부 : 대인지뢰방호 수준	
			탈출 인원	6 ~ 8 명(보병)
	기타	최저 지상고	= 0.45 m	
		길이 및 폭	길이 : 7.05m, 폭 : 3.27m	
		높이	포탑 : 1.022, 전체높이 : 2.932m	
운 용 특 성	조종	브레이크	급 제동거리 1.25 m 이하	
		조종석	조종석에서 한눈에 통제 가능한 계기판	
		가시창	서리 제거장치, 투시성이 양호한 가시창	
	동력장치	엔진	디젤엔진, 소형 및 고효율	
		배기 가스	국제 기준치 적용	
		소음	내부 : 100 db 이하, 외부 : 140 db 이하, 내부 총격음(사격음) : 140 db 이하	
	기 타	인간공학	승차감	노면시속 48km/h에서 상·하 흔들림 1.5inch이하
		배수능력	배수능력	LST, TMI - 60트럭일터
			배수펌프	분당 100갤런 이상 배수능력, 최소 20시간 연속가동
			레도 절근각	60o이상

* 표상의 수치는 보편적인 IFV 자료임



[그림 4] 차세대 IFV의 운용특성 분류

Hows	기 동				화 력			생존	기 타								
	진투중량성	수직장애물극복	토양압박력	가속성	차체회전	접지압	현수장치	주무장	시격통제장치	총인구	적재탄약량	정검두께	피검지	최저지상고	길이및폭	높이	획득비용
기동	엔진출력 증가	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	속도증가	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	향속거리 증가	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	승차감	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
화력	파괴력 증가	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	탑승진투	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
생존	장갑 방호력	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	피탄면적 최소화	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	화생방 방호	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
기타	화재탐지 및 소화	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	탑승인원	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
기타	차체부피 최소화	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	차체도색	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

[그림 5] 성능특성 분야의 상관관계 QFD Matrix

4. ROC 상관관계 분석

ROC 상관관계 분석에서는 먼저, 각 특성별 사용자 요구사항과 관련 영향요소들을 분석한 후 상호관계 및 영향 정도를 판단하여 주요 설계인자를 선택한다. 이어서 선택된 설계인자들과 특성별 사용자 요구사항의 매트릭스를 구성하고 상호관련 및 영향관계를 분석한다. 그림 5는 성능특성 분야의 선택된 사용자 요구사항(Whats)과 설계인자(Hows)간의 상관관계 QFD Matrix이며 그림 6은 운용특성 분야의 상관관계 QFD Matrix이다.

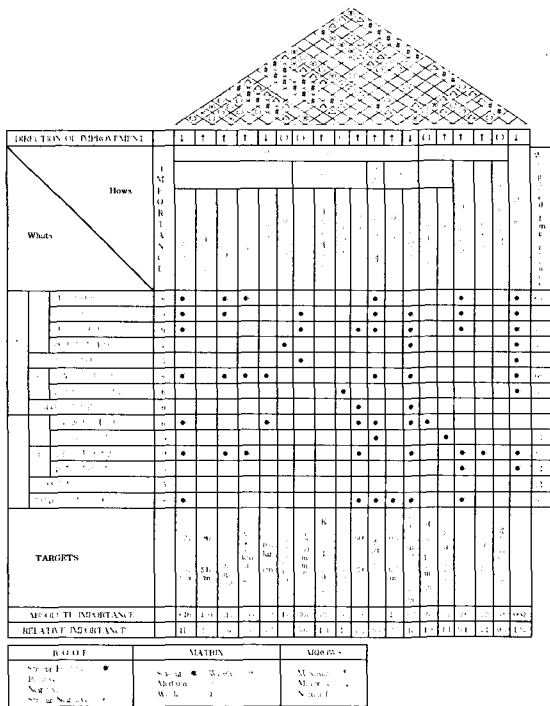
그림 5에서 사용자 요구사항의 엔진 출력, 속도, 향속거리, 장갑 방호력 등은 성능특성의 설계변수에 매우 강한 영향 요소로 관련되어 있음을 알 수 있다. 차체부피 최소화는 설계변수와 강하게 관련되어 있긴하

Hows	조 종		엔 진	인간 공학		기 타			
	주브레이크	주차브레이크	출력시스템	전기시스템	내부온도통제장치	공기정화장치	탑승구	차체도색	획득비용
조종	높은 재동력	●	○	○	○	○	○	○	○
	조종 편의성	○	○	○	○	○	○	○	○
엔진	효율적엔진시스템	○	○	○	○	○	○	○	○
	환경오염감소	○	○	○	○	○	○	○	○
기타	낮은 소음	○	○	○	○	○	○	○	○
	수송성(군용장비사용)	○	○	○	○	○	○	○	○

[그림 6] 운용특성 분야의 상관관계 QFD Matrix

나 차세대 IFV 설계시 중량의 증가가 불가피하기 때문에 차후 고려대상에서 제외키로 한다. 또한, 설계변수 항목에서 전투중량, 톤당마력, 가속성, 주무장, 길이 및 폭, 획득비용은 사용자 요구사항의 항목과 강한 영향요소로 관계되어 있음을 알 수 있다.

상기 절차에 의해 선택된 특성별 주요 인자를 성능 특성인자와 운용특성인자 간의 매트릭스를 구성하고 분석하여 최종적인 주요인자를 도출함으로써 통합 관계 매트릭스를 구성한다. 그림 7은 ROC 상관관계에 관한 통합 QFD Matrix를 나타낸다.



(그림 7) 통합 QFD Matrix

그림 7에서 상부의 roof는 설계특성 인자들 상호 영향관계에서 상반성 및 불균형의 부정적인 면과 보완적인 긍정적인 면을 판단할 수가 있으며 이를 분석한 후 차후 TOA를 통하여 상반성 및 불균형관계의 항목

은 사용자 요구사항의 제한조건을 만족하도록 상호 가치충족 및 가치양의 증감을 통해 최적의 대안을 찾고 상호보완적인 관계항목은 가치의 증대를 무한대로 발전시킬 수 없기 때문에 획득비용과 전체 시스템의 성능발휘 면에서 조화, 중량, 작전환경, 합리성 등을 고려하여 최적화 시킨다.

또한, 개선방향(Direction of Improvement)의 화살표는 설계인자의 TOA 방향(최대화 또는 최소화)을 나타내고 있으며, 중요도(Importance)는 10을 기준으로 한 사용자 요구 가중치를 나타낸다. 우측 가장자리 Weighted Importance는 설계특성인자와의 관련성에 대한 사용자요구 가중치의 합이며, 매트릭스 하단의 Absolute Importance와 Relative Importance는 사용자 요구사항에 대한 설계특성인자의 절대적 중요도와 상대적 중요도(%)를 나타낸다.

이상과 같이 종합된 통합 QFD Matrix는 전술한 성능특성 및 운용특성 분류에서 사용자 요구사항과 설계특성인자간에 강한 관련성을 갖는 항목만을 대상으로 매트릭스를 구성한 것이다.

구성된 매트릭스를 분석해 보면 전체적인 사용자 요구사항과 설계특성인자는 IFV의 전투중량에 가장 밀접하게 관련되어 기동력, 화력, 생존성 분야에 지배적으로 영향을 미치고 있음을 알 수 있다. 따라서 전투중량을 기준으로 사용자 요구사항과 관련 설계인자에 대해 대안분석을 실시함으로써 차세대 IFV의 개선된 ROC를 도출하도록 한다.

5. 대안분석

IFV의 주요 성능인자는 화력(fire power), 방호력(Protection), 기동력(mobility)으로 나타나며 본 대안분석에서는 IFV의 전체적인 성능과 관련되어 있는 전투중량을 기준 구속조건으로 한다. 물론 TOA는 전투중

량 뿐만 아니라 Cost, RAM-D, Subsystem 까지 고려하여 실시한 후 이를 통합한 IFV 시스템 전체 ROC의 도출이 이루어져야 하나 여기서는 기동, 화력, 생존성에 가장 큰영향을 미치는 전투중량과 관련한 TOA만을 실시한다.

IFV의 전투중량과 관련되어 있는 인자는 탑승보병을 포함한 승무원수, 무장, 탄약적재량, 내·외부 부착물 및 부수장비, 현수장치 및 궤도, 동력장치, 연료 및 연료탱크, 휠과 포탑 구조물 및 장갑, 화생방 양압장치, 수상 보조키트 등이다. 따라서, 전투중량은 이들 구성품들의 무게를 합산한 값이다.(2)

차세대 IFV의 사용자요구 전투중량은 25~30ton이었으며 여기서는 요구한계의 최대치인 30ton을 기준으로 하고 전투중량과 관련된 성능요구 변수를 분석, 수립된 방정식을 산출하여 각각의 변수를 대안분석하여 성능/운용 ROC를 정량화 하도록 한다. IFV의 전투중량은 전술한 구성부분의 중량을 합산한 것으로

각 구성 부분에 관련된 전투중량 식을 정리하면 표 2와 같다.

이상과 같이 하부 시스템에 대한 중량분석과 구성 방정식을 종합하면 다음과 같은 총 전투중량 방정식이 된다.(1)

$$\begin{aligned}
 WO = & (220 \times C) + (0.1252 \times 10^{-2} \times E) + 776 \\
 & + [(0.1242 \times 10^{-4} \times E) + 1.83] \times N \\
 & + (0.1272 \times WO) + (0.2332 \times WO) \\
 & + (0.5268 \times 10^{-2} \times H \times WO) + 674 \\
 & + (0.1263 \times 10^{-3} \times R \times WO) \\
 & + (39.075 \times t) \times \{(47 \times C) \\
 & + (0.8571 \times 10^{-5} \times E) \\
 & + [(0.1823 \times 10^{-6} \times E) - 0.0392] \times N + (0.6724 \\
 & \times 10^{-4} \times H \times WO) \\
 & + (0.2581 \times 10^{-5} \times R \times WO) + 97.1\} \\
 & + 1638
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

[표 2] 각 구성부분 관련 전투중량식

구 성 부 분	전 투 중 량 식	비 고
승무원	$WC = 220 \times C$	WO : 장갑차 총 전투중량 (lb),
무장중량	$WG = (0.1252 \times 10^{-2} \times E) + 684$	WA : 탄약중량 lb,
포구 에너지	$E = WP \times VP / 2g$	WAE : 조립체 및 장비의 중량 (lb),
탄약중량	$WA = [(0.1242 \times 10^{-4} \times E) + 1.83] \times N$	WC : 승무원 중량,
내·외부착물 및 부수장비	$WAE = (0.1272 \times WO) - 309$	WF : 연료 및 연료통크 중량 (lb),
현수장치 및 궤도중량	$WS = (0.2332 \times WO) - 527$	WG : 장착된 포의 중량(포미 및 주퇴 기계장치) (lb)
동력전달장치 중량	$WPT = (0.5268 \times 10^{-2} \times H \times WO) + 1185$	WH : 동체와 포탑의 중량 (lb),
연료 및 연료탱크 중량	$WF = 0.1263 \times 10^{-3} \times R \times WO$	WPT : 동력전달장치 중량 (lb),
동체 / 포탑구조 중량	$WH = (39.075 \times V \times t) + 1638$	WS : 현수장치 및 궤도 중량 (lb),
승무원실 체적	$VC = 47 \times C$	V : 총 장갑체적(ft ³),
주무장 체적	$VG = (0.8571 \times 10^{-5} \times E) + 5.04$	VA : 장갑차에 탑재된 탄약체적 (ft ³),
탄약 체적	$VA = [(0.1823 \times 10^{-6} \times E) - 0.0392] \times N$	VAE : 조립체 및 장비체적 (ft ³),
조립체 및 장비 체적	$VAE = 23ft^3$ (보병전투장갑차 평균값)	VC : 승무원실 체적 (ft ³),
동력장치 체적	$VPT = (0.6724 \times 10^{-4} \times H \times WO) + 69.03$	VF : 연료 체적(ft ³),
연료체적	$VF = 0.2581 \times 10^{-5} \times R \times WO$	VG : 주무장 체적 (ft ³),
장갑차 총체적	$V = VC + VG + VA + VAE + VPT + VF$	VPT : 동력 장치 체적 (ft ³),
		C : 승무원의 수(명),
		E : 추진 포구에너지 (ft-lb),
		H : 장갑차의 톤당 마력 (hp/ton),
		N : 주무장 탄약적재량 (발),
		R : 항속거리 (mile),
		t : 동일한 재질의 평균 장갑 두께 (inch),
		VP : 포구에서 30mm Cannon 탄자의 속도(ft/sec)

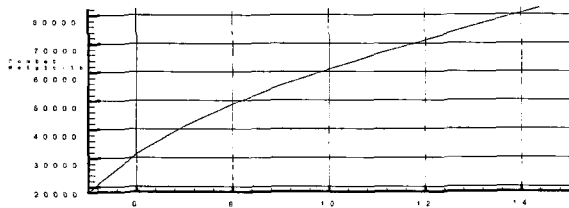
여기서 변수와 관련된 상수(사용자 요구사항)는 다음과 같다.

C : 11(명), WP: 0.8(lb), VP: 3,542(ft/lb),
 N : 600(발) H: 25.7(hp/ton), R: 344(mile),
 E : 0.16×10^6 (ft-lb)

(1) IFV 전투중량 1차 TOA

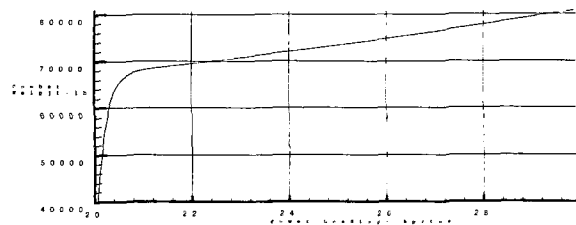
식 (1)을 이용한 차세대 IFV의 중량분석 결과 총 전투중량은 74,408lb(33.7ton)으로 사용자 요구사항의 전투중량 66,138 lb(30ton)에 비해 3.7ton이 증가한 값으로 나타났다. 따라서, 사용자 요구사항을 충족시키기 위한 TOA가 필요하다.

차세대 IFV의 전투중량에 대한 사용자 요구사항을 기준으로 탑승인원, 톤당마력, 항속거리, 포구에너지, 주무장 적재탄수, 평균 장갑두께에 대해 식 (1)을 이용 1차 TOA한 결과가 그림 8 ~ 그림 13에 나타나 있다.



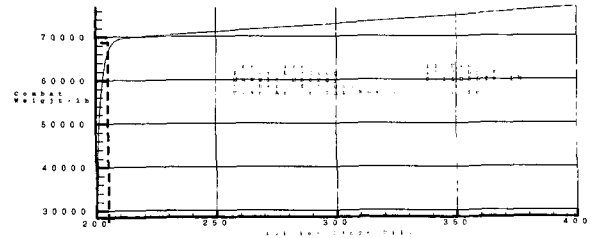
(그림 8) 전투중량기준 탑승인원 1차 TOA 결과

전투중량 30ton(66,138lb) 기준시 탑승인원은 사용자 요구사항 11명을 충족하는 것으로 나타났다.



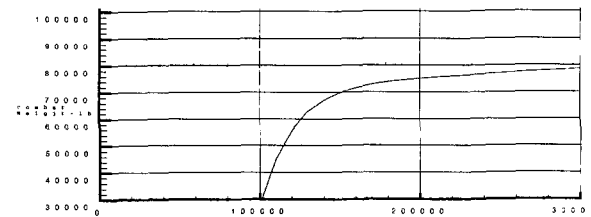
(그림 9) 전투중량기준 톤당마력 1차 TOA 결과

톤당마력은 사용자 요구사항 25.7ton/hp 보다 오히려 작은 20.6ton/hp로 산출되어 사용자 요구사항을 충족시키지 못하는 것으로 나타났다.



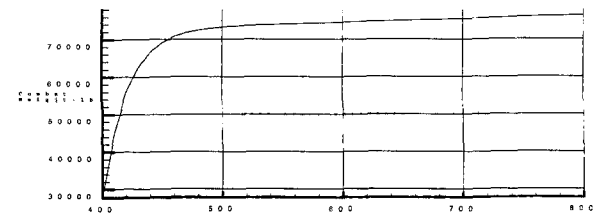
(그림 10) 전투중량기준 항속거리 1차 TOA 결과

항속거리는 사용자 요구사항인 555km(344mile) 보다 매우 짧은 330km(205mile)로서 요구사항을 충족시키지 못하는 값으로 나타났으며 이는 전체중량에 비해 엔진출력이 낮음을 의미한다.



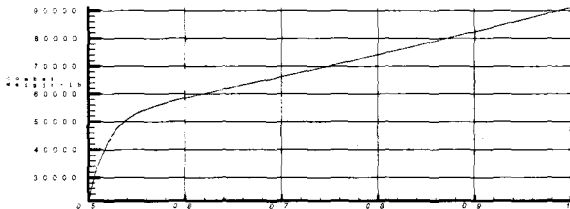
(그림 11) 전투중량기준 포구에너지 1차 TOA 결과

포구에너지 역시 사용자 요구사항 $0.16E+06$ ft-lb 보다 작은 $0.14E+06$ ft-lb로 나타났으며 이는 주포 구경이 사용자 요구사항인 30mm포를 충족시키지 못하며 30mm보다 작은 구경을 탑재해야 하는 것을 의미한다.



(그림 12) 전투중량기준 주무장 탄약 적재량 1차 TOA 결과

주무장 탄약적재량은 운용형태 종합 및 임무유형 (Operation Mode Summary and Mission Profile : OMS-MP)분석에 의해 산출된 500~600발에는 못 미치는 440발로 나타났다.



[그림 13] 전투중량기준 장갑두께 1차 TOA 결과

장갑두께는 사용자 요구사항 20mm(0.8 inch)를 충족하지 못하는 17.78mm(0.70 inch)로 나타났다.

1차 TOA를 실시한 결과 탑승인원을 제외하고는 모든 항목이 사용자 요구사항을 만족시키지 못함을 알 수 있다. 이는 요구사항을 충족하기 위해서는 엔진 시스템, 적재 탄약량, 탑승인원 및 포탑중량의 감소가 요구됨을 알 수 있다.

산출된 값을 사용자 요구사항에 만족시키기 위하여 설계자는 1차 TOA 결과를 사용자에게 제시하고 사용자 와 토의 및 분석을 통해 각각의 성능인자 관련변수에 대해 가능한 제한조건 범위 내에서 관계 방정식을 다시 수립하여 TOA를 다시 실시해야 한다. 표 3은 지금까지 실시한 1차 TOA 결과와 사용자 요구사항을 비교한 것이다.

[표 3] 전투중량기준(30ton) 관련변수 1차 TOA결과

구 분	R O C	1차 TOA 결과	비 고
톤당마력	25.7 hp/ton	20.6 hp/ton	-5.1hp/ton
탑승인원	11명(승무원포함)	11명(승무원포함)	0
항속거리	344 miles(555km)	205 miles(330km)	-139 miles
포구에너지	0.16 × 10 ⁶ ft-lb	0.14 × 10 ⁶ ft-lb	-0.02 × 10 ⁶ ft-lb
적재탄약량	600 발	440 발	-160발
장갑두께	0.79 inches(20mm)	0.17 inch(17.78mm)	-0.09inch

(2) IFV 전투중량 2차 TOA

대안분석에 포함되어 전투중량에 가장 크게 영향을 미치는 요소로는 탑승인원, 장갑두께, 엔진의 부피 및 중량, 적재 탄약량 및 주무장 등을 들 수 있다.

탑승인원은 사용자 요구사항에서 장차 작전개념과 전투력 발휘의 최소규모로 설정되었기 때문에 고정된 상수로 취급하며, 주무장 탄약적재량 및 장갑두께 역시 작전지속성 보장을 위한 사용자 요구사항의 하한 값이므로 고정된 변수로 취급하고, 주무장 역시 고정된 상수로 취급해야 한다.

결국, 가변성이 있는 항목은 탑재엔진의 부피 및 중량으로 이 요소에 대해 중량감소를 시도하여야 한다. 따라서, 탑재엔진은 1차 TOA시에 대상으로 선택했던 GM-12V71T(미국 M60 계열에 탑재) 디젤엔진보다 가격은 30% 비싸지만 알루미늄 합금의 엔진블록으로 제작된, 터보차저 방식의 독일제 MTU MB-837 엔진으로 한다. 이 엔진은 엔진출력이 720hp로 GM-12V71T 보다 부피는 30% 작고 중량은 25% 작은 것으로 이 엔진에 기초하여 다시 계산된 엔진중량(Weng)은 3.533(hp)+222 이고, 엔진 주변 구성 및 조종 시스템 중량(WDT)은 4.37(hp)+963이며, 동력장치 총중량(WPT)은 Weng+WDT로서 7.903(hp)+1185이 된다.

따라서, 동력장치에 관련하여 다시 계산된 결과를 가지고 종합된 총전투중량식을 쓰면 다음과 같다.

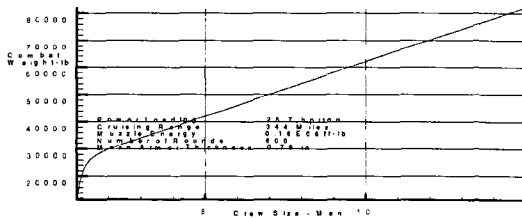
$$\begin{aligned}
 WO = & (220 \times C) + (0.1252 \times 10^{-2} \times E) + 776 \\
 & + [(0.1242 \times 10^{-4} \times E) + 1.83] \times N \\
 & + (0.1272 \times WO) + (0.2332 \times WO) \\
 & + (0.3951 \times 10^{-2} \times H \times WO) + 674 \\
 & + (0.1263 \times 10^{-3} \times R \times WO) \\
 & + (39.075 \times t) \times \{(47 \times C) \\
 & + (0.8571 \times 10^{-5} \times E)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &+ [(0.1823 \times 10^{-6} \times E) - 0.0392] \times N + (0.4704 \times 10^{-4} \times H \times WO) \\
 &+ (0.2581 \times 10^{-5} \times R \times WO) + 97.1 \\
 &+ 1638 \qquad \qquad \qquad (2)
 \end{aligned}$$

여기서 변수와 관련된 상수(사용자 요구사항)는 다음과 같다.

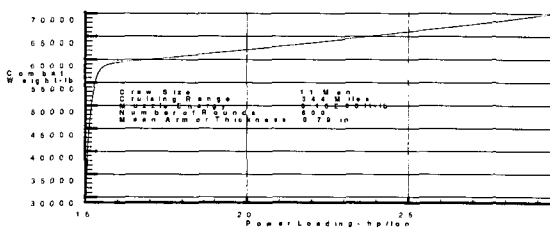
C: 11(명), WP: 0.8(lb), VP: 3,542(ft/lb), N: 600(발)
 H: 25.7(hp/ton), R: 344(mile), E: 0.16×106(ft-lb)

이상과 같이 다시 구해진 방정식 (2)를 이용하여 TOA 구속조건인 전투중량 30ton을 기준으로 2차 TOA를 실시한 결과는 그림 14 ~ 그림 19에 나타나 있다.



(그림 14) 전투중량기준 탑승인원 2차 TOA 결과

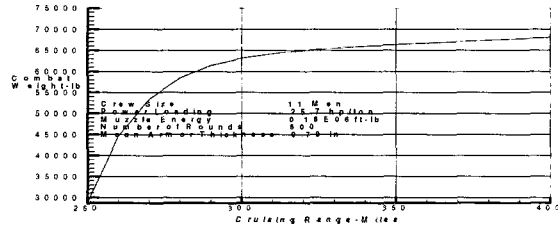
2차 TOA에서 탑승인원수의 변화는 사용자 요구사항보다 0.1명이 증가한 것으로 큰 변화는 없다.



(그림 15) 전투중량기준 톤당마력 2차 TOA결과

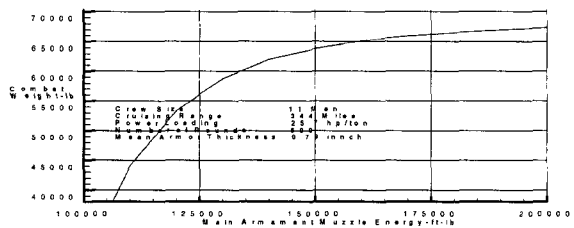
톤당마력의 2차TOA는 1차 TOA에 비해 25.2ton/hp으로 향상되었지만 사용자 요구사항인 25.7ton/hp을 충

족하기 위해서는 약간의 수정이 필요함을 알 수 있다.



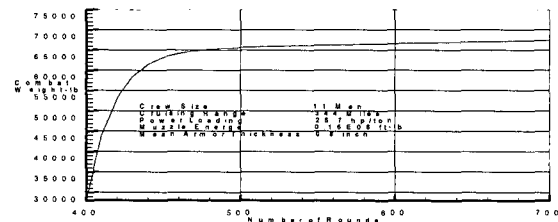
(그림 16) 전투중량기준 항속거리 2차 TOA 결과

항속거리에서는 사용자 요구사항 555km(344mile) 이상을 충족하는 563km(348mile)로 나타났으며 이는 장갑 방호력과 적재 탄약량 등 IFV 성능향상과 관련된 변수들을 향상시킬 수 있고, 작전공간이 확대될 수 있음을 말해준다.



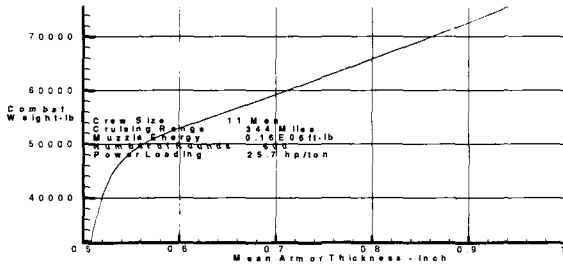
(그림 17) 전투중량기준 포구에너지 2차 TOA결과

포구에너지는 사용자 요구사항 0.16E+06ft-lb 보다 향상된 0.175E+06ft-lb로서 사용자 요구사항을 충족시킬 뿐만 아니라 주포의 구경을 35mm까지도 증가시킬 수 있음을 보여주고 있다.



(그림 18) 전투중량기준 주포 탄약적재량 2차 TOA 결과

주포 탄약적재량은 1차 TOA시보다 550발로 향상되었지만 최초사용자 요구사항 600발을 만족시키지는 못한다. 하지만 OMS-MP 분석에서는 작전 지속일수 최저 소요량인 500발을 충족하기 때문에 이는 사용자와 토의를 통해 3차 TOA 여부를 결정할 수 있다.



(그림 19) 전투중량기준 장갑두께 2차 TOA 결과

장갑두께는 2차 TOA 결과 사용자 요구사항 20mm (0.80inch)를 충족하는 20.6mm(0.81 inch)로 나타났다. 여기서 고려된 장갑재질은 RHA Steel을 적용하였지만 장갑재질을 복합재 또는 알루미늄합금 등 경량의 특수 합금으로 하였을 경우 전투중량에 대한 사용자 요구사항을 충족하면서 장갑두께는 증가시킬 수 있을 것이다.

이상과 같이 탑재엔진의 새로운 선택후 2차 TOA 결과 톤당마력과 적재탄약량 외 전체적으로 IFV의 성능 관련 설계값이 최초 사용자 요구사항을 충족하였다.

물론, 1차 TOA 후 엔진의 다른 관련 변수에 대해서도 중량분석을 다시 해야할 뿐만 아니라 사용자 요구사항의 수정과 시스템 구성품목의 선택변화에 따라서 TOA 결과 값은 다르게 나타날 수도 있다.

또한, 전투중량에 대해서만 대안분석을 하는 것이 아니라 TOA 대상 변수를 Cost, RAM-D, Subsystem 등으로 확대하는 종합적인 TOA를 실시하여야 한다. 사용자 요구사항에 대한 1차 TOA와 2차 TOA 결과를 표 4에 수록하였다.

차세대 IFV의 전투중량과 관련된 ROC를 TOA로

(표 4) 탑재엔진 및 탄약 적재량 수정후 TOA 결과값 비교

구 분	사용자요구	1차 TOA 결과값	2차 TOA 결과값	비 고 (사용자요구: 2차TOA)
톤당마력	25.7 hp/ton	20.6 hp/ton	25.2 hp/ton	-0.5 hp/ton
탑승인원	11명 (승무원포함)	11명 (승무원포함)	11.1명 (승무원포함)	+0.1 명
항속거리	344 miles (555km)	205 miles (330km)	348 miles (627km)	+4 miles
포구에너지	0.16 × 106 ft-lb	0.14 × 106 ft-lb	0.175 × 106 ft-lb	+0.015 × 106 ft-lb
적재탄약량	600 발	440 발	550발	-50발
장갑두께	0.79 inches (20mm)	0.7 inches (17.78mm)	0.815 inches (20.6mm)	+0.025 inches

최적화하여 산출된 값을 국가별로 비교하면 기동, 화력, 전투공간 및 방호력 면에서 매우 우수한 성능의 IFV가 설계되어질 수 있음을 알 수 있다.

그러나 수상 운행성을 좌우하는 전투중량 대 체적비는 사용자 요구사항인 보조키트 장착으로 수상운행 가능조건(0.70~0.83)에 대해 2차 TOA후 전투중량 대 체적비가 0.89로서 사용자 요구조건을 충족하지 못함을 알 수 있다.

(표 5) 국가별 IFV의 전투중량과 관련된 설계값 (성능치) 비교

구 분	차세대 IFV	프랑스 (AMX -10P)	독일 (Mader -1A3)	이탈리 (VCC -80)	러시아 (BMP -3)	영국 (Warrior)	미국 (M2 Bradley)
전투중량(ton)	30	14.5	29.21	21.7	18.7	24.5	29.94
톤당마력 (hp/ton)	25.2	20.68	20.54	24	25	22.45	20.38
탑승인원(명)	11.1	11	9	9	10	10	9
항속거리(km)	563	600	520	500	600	660	483
주무장(mm)	30(cannon)	20	20	25	100/30	30	25
적재탄약(발)	550	760	1250	400	40/500	250	600
장갑두께 (inches)	0.81 (20.7mm)						
엔진출력(hp)	720	280	720	520	600	550	500
전투중량 체적 (ton/m)	0.89		0.91		0.69	0.92	0.83

따라서, IFV 전체 체적에 대해 관련된 사용자 요구 사항을 가능범위에서 다시 계산하고 전투중량을 IFV 체적에 관련시켜 방정식을 구성하여 TOA를 해야하는데 이 분야는 차후 연구과제로 하였고 표 5는 전투중량과 관련된 IFV 설계값(성능치)을 국가별로 비교한 것을 보여주고 있다.

6. 결 론

무기체계 획득과정에서의 동시공학기법적용은 체계적인 접근법을 사용함으로써 장차 개발될 무기의 ROC 도출 나아가 무기의 품질 및 개발기간 등을 현저히 개선시킬 것으로 보인다. 본 논문에서 시도하고 있는 동시공학적인 기법은 주로 QFD 와 TOA이며 IFV의 성능 및 운용 특성을 중심으로 한 ROC 도출에 초점을 맞춘 것으로 방법론을 강조한 것이나 보다 실질적인 것이 되기 위해서는 군수지원개념, 인원 및 교육훈련, 비용 등 다양한 고려사항을 포함한 IFV ROC 도출이 이루어져야 할 것이다.

참 고 문 헌

1. 선승규, "동시공학을 이용한 차세대 보병 전투장갑 차량의 개념설계", 군사 과학대학원, 석사논문, 1998.
2. J. M. Owen et al, "Application of Trade-off Method to Armored Vehicle Design Evaluation", DDC, Virginia, 1963.
3. Singh, N., "Systems Approach to Computer-Integrated Design and Manufacturing", John Wiley & Sons, Inc., pp.103-143, 1995.
4. 이희각, "무기체계 개념설계를 위한 동시공학의 적용", 군사과학 학회 / 군사 연구 세미나, 1996.
5. 무기체계개념 특화연구센터 기동분야, "차세대 기동장비 개발을 위한 기술획득 방안 연구", 1998.
6. Dr.-Ing. Dr.h.c. Dipl.-Wirt.Ing., "Simultaneous Engineering", Springer-Verlag, 1995.
7. Benjamin S. Blanchard, "Systems Engineering and Analysis", Prentice Hall, 1990.