

F-5E 戰鬥機의 概要

魏 祥 奎 (서울大學校航空工學科
教授·工學博士)

F-5 開發經緯

모든 動物은 빠른 速度로 뛰어가고 싶어하고, 특히 強力한 推進力을 낼수 있는 제트엔진의 開發이 가능해지자 人間은 飛行機의 速度에 대해서 더 많이 關心을 갖게 되었다. 특히 軍用機의 開發은 이미 音速의 3倍 이상을 飛行할 수 있는 段階까지 도달했다. 果然 軍用機의 速度는 音速의 몇 倍까지 갈까? 勿論 로케트엔진을 장치한 宇宙船은 秒速 약 12km까지 飛行할 수 있지만 大氣圈內를 飛行하는 有翼飛行機, 특히 軍用機의 性能에서 空戰能力을 판단하는 데는 數 많은 基準이 있지만 飛行速度는 아직까지 重要한 萬能要素가 못되고 있다. 이것은 거북이와 토끼의 경쟁에서도 證明되고 있다.

美國의 F-80, F-84, F-86과 소聯의 MIG-15 등은 제트機로서 韓國戰에서 처음으로 實戰에 參加한 것들이다.

당시의 F-86과 MIG-15는 에프터 버너(After Burner, (AB), 또는 Tailpipe Burning)裝置를 갖추지 못했기 때문에 最大速度가 $M=0.9$ 근방으로, 最適 巡航速度도 역시 $M=0.9$ 에 가까운 速度를 낼수 있었다.

韓國戰 후에도 戰鬥機의 速度向上의 꿈은 에프터 버너(AB)의 技術과 性能이 발달함에 따라 $M=1$ 를 넘는 소위 超音速戰鬥機를 출현하게 했다.

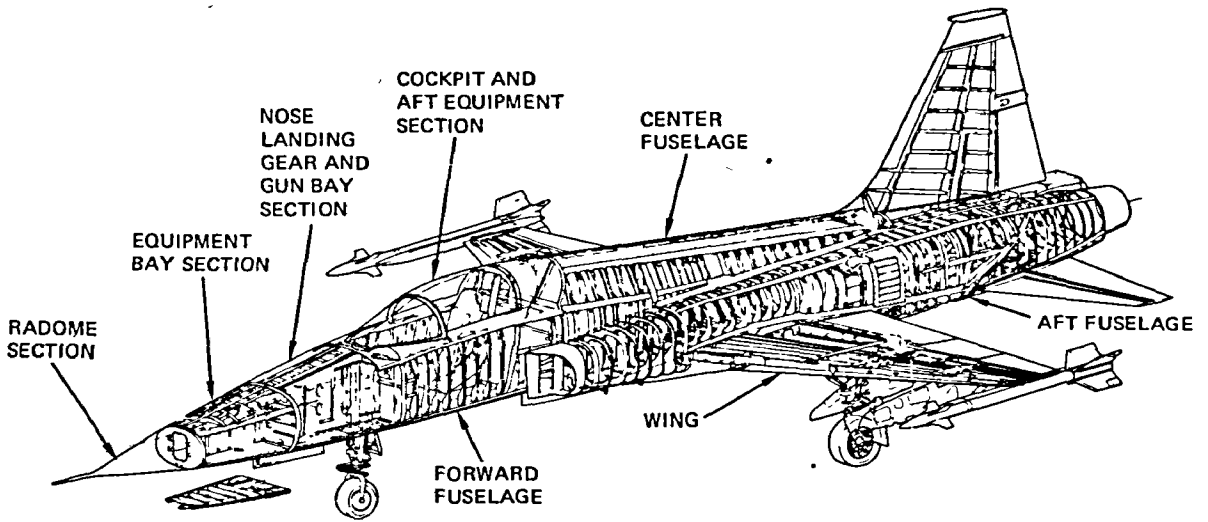
美國의 F-100, 소聯의 MIG-19 등은 Century Series 戰鬥機로 등장했고, 이런 飛行機의 最大速度는 最適巡航速度의 150% 까지 되어 亞音速

戰鬥機(AB가 없었던 것)에서는 생각도 못했던 것으로 AB의 效果가 그만큼 크다는 것을 알수 있다.

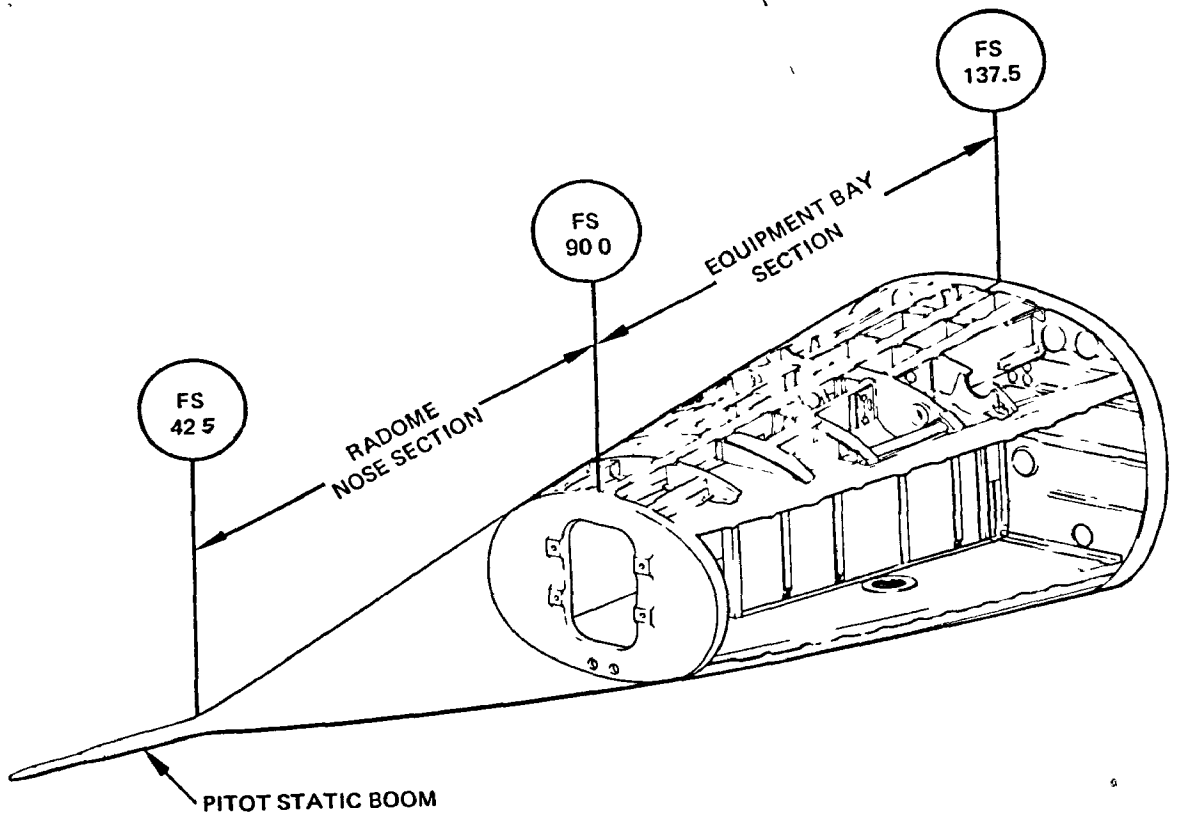
美國 Northrop 航空社는 50年代末에 超音速 戰鬥機開發에 착수할 때, ① 低廉한 價格, ② 複雜하지 않고 간단한 構造로서 運用費가 적게 들면서도 미사일發射裝置가 가능하고, ③ 推力/重量比가 적어서 整備가 쉽고, ④ 戰鬥待機性이 卓越한 機種을 軍事援助計劃(MAP: Military Assistance Program)과 對外軍事販賣計劃(FMS: Foreign Military Sales Program)下에서 受援國家 또는 購買國의 立場에서 이런 機種을 보유함이 有利한 航空機를 考案했다.

1954年 2월에 이미 美國은 F-104와 같은 輕量, 小型 제트戰鬥機의 試驗飛行을 성공시켰다. 이에 따라 F-84, F-86 같은 機種保有國이 次期 戰鬥機로서 F-104 보다 싸고, 取扱이 간단하며, 最大速度는 F-104 보다 적지만 戰鬥速度까지의 加速과 旋回性能을 重要視할 것이라는 機體設計의 構想下에 오늘날의 F-5의 原型인 N-156F를 지금부터 26年前 1954년에 설계하고, 1956年 7월에는 複座인 訓練機 N-156T의 發展型 T-38을 정식으로 空軍과 契約開發하는데 成功했다. 이에따라 航空社 自力으로 戰鬥機인 N-156F의 개발에 最終決定을 내린것이 1958年 2月이다.

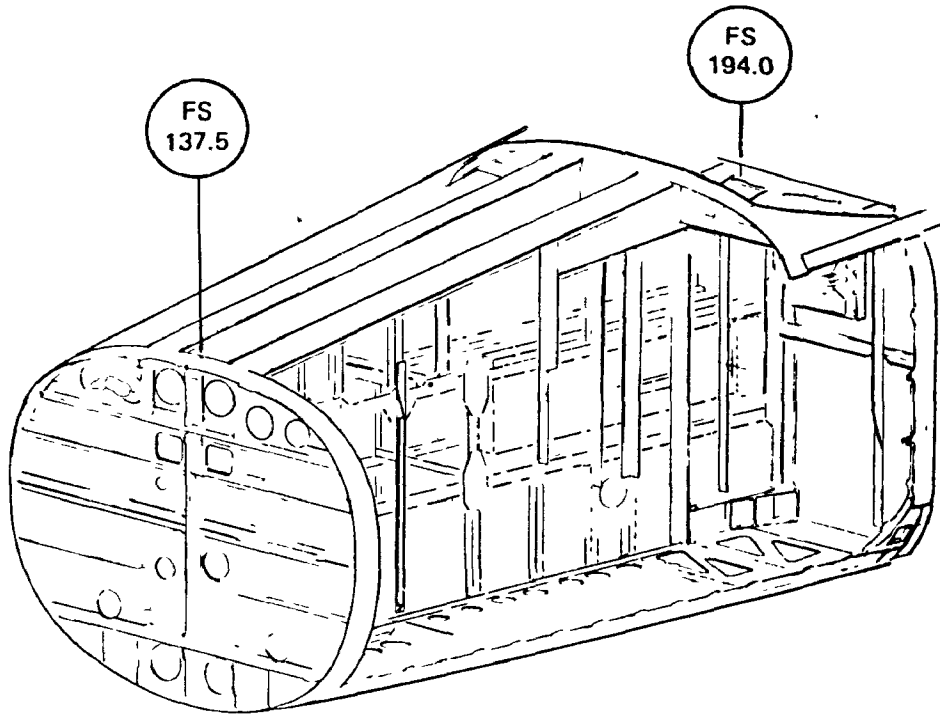
이때 美國空軍이 對外援助用 戰鬥機의 候補機種이 될만한 것으로 짐작해서 58年末에 3臺를 注文했는데도 正式機種名稱을 받지 못하고, 1959年 7月 30일에 1號機의 試驗飛行에 성공하여 軍當局의 關心을 얻기 시작했다.



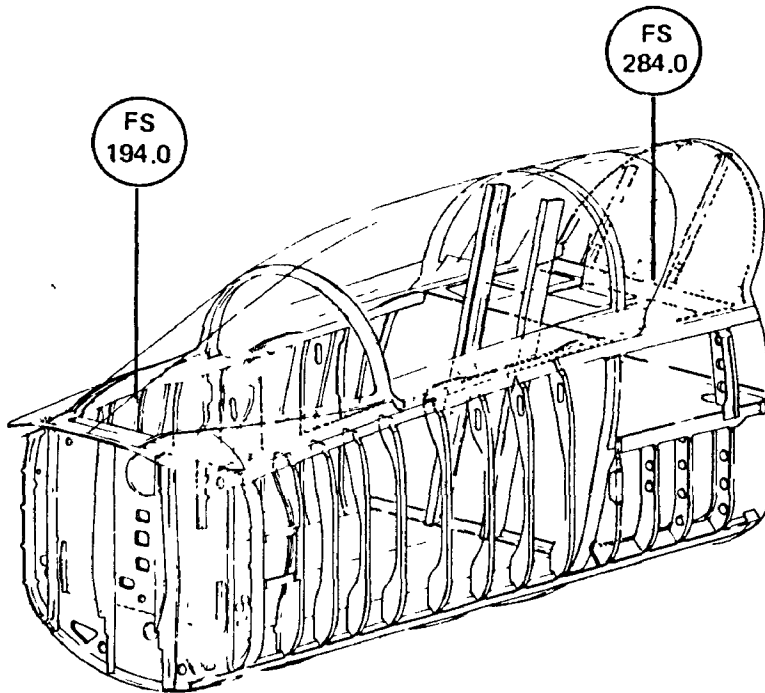
〈그림 1〉 F-5 E의 飛行機體 構造圖



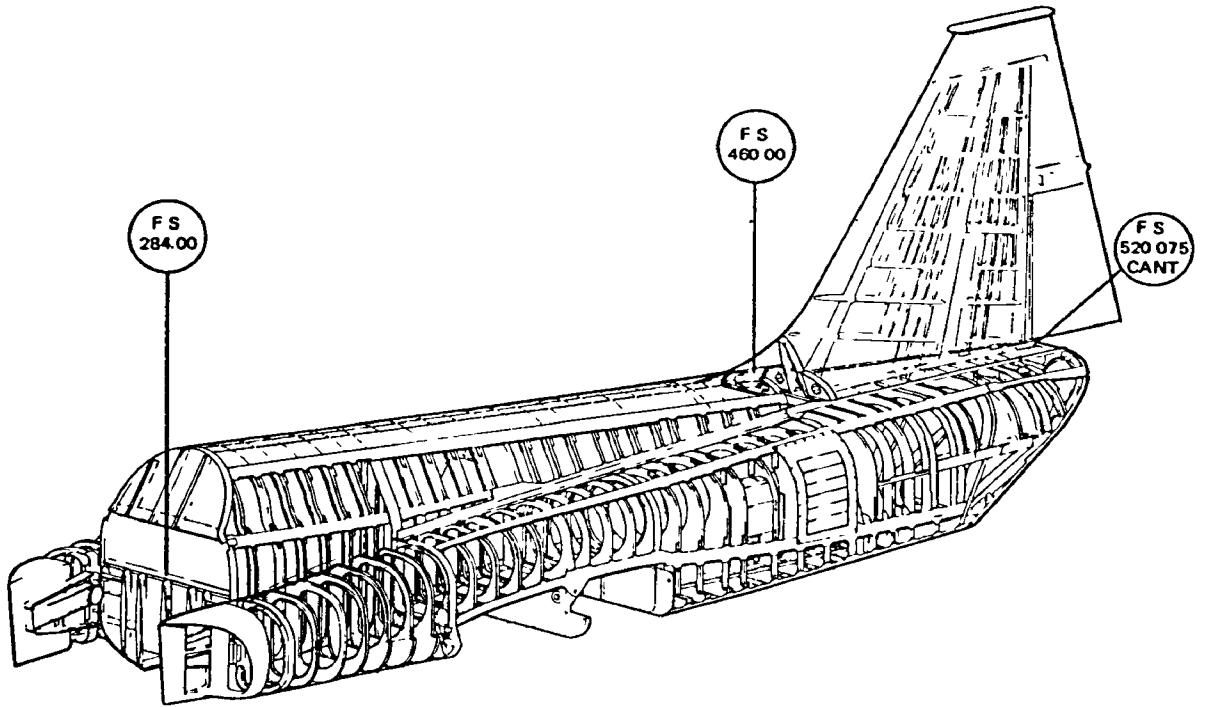
〈그림 2 (a)〉 F-5 E의 레이더室과 裝備室部分



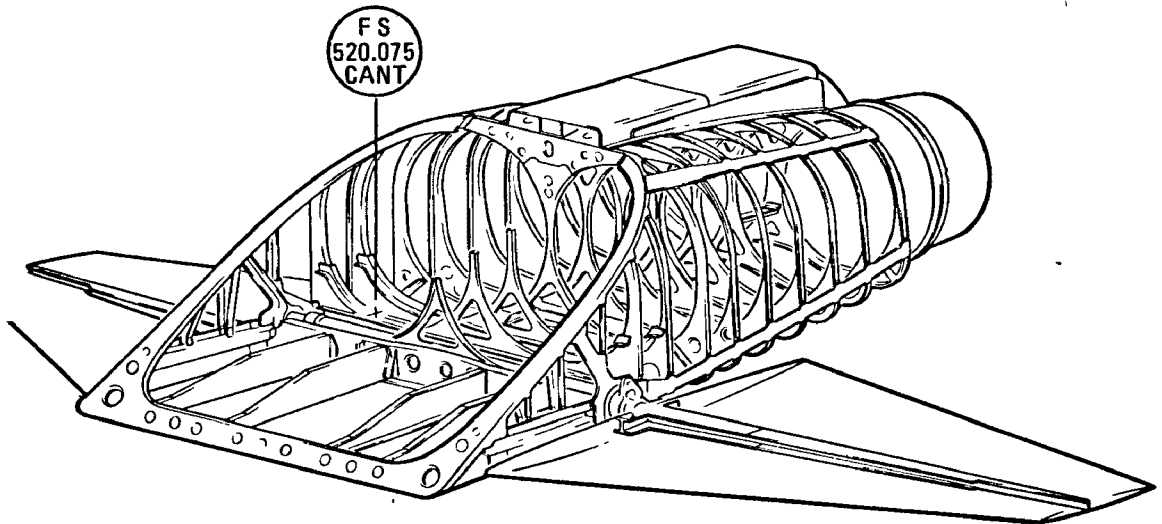
〈그림 2 (b)〉 F-5 E의 앞바퀴 다리와 機關砲 裝置部分



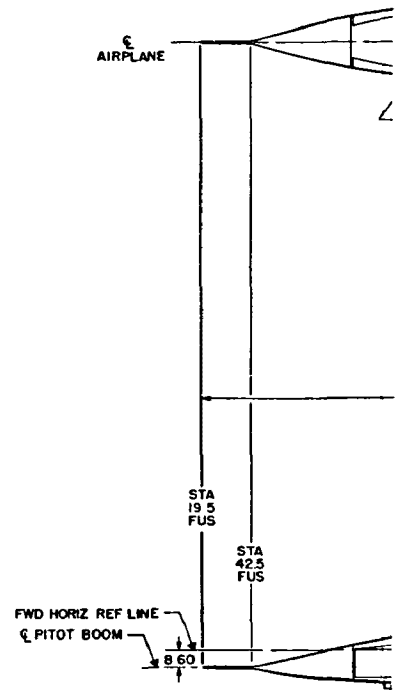
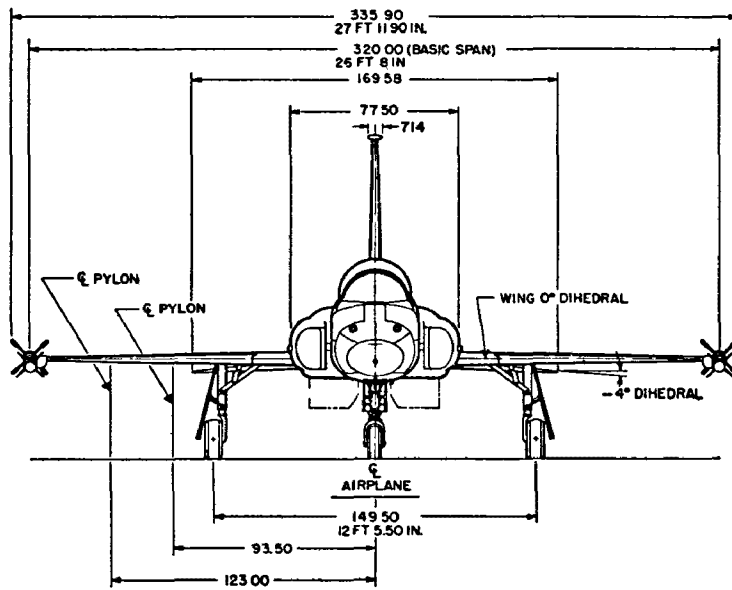
〈그림 2 (c)〉 F-5 E의 操縱室과 裝備室部分



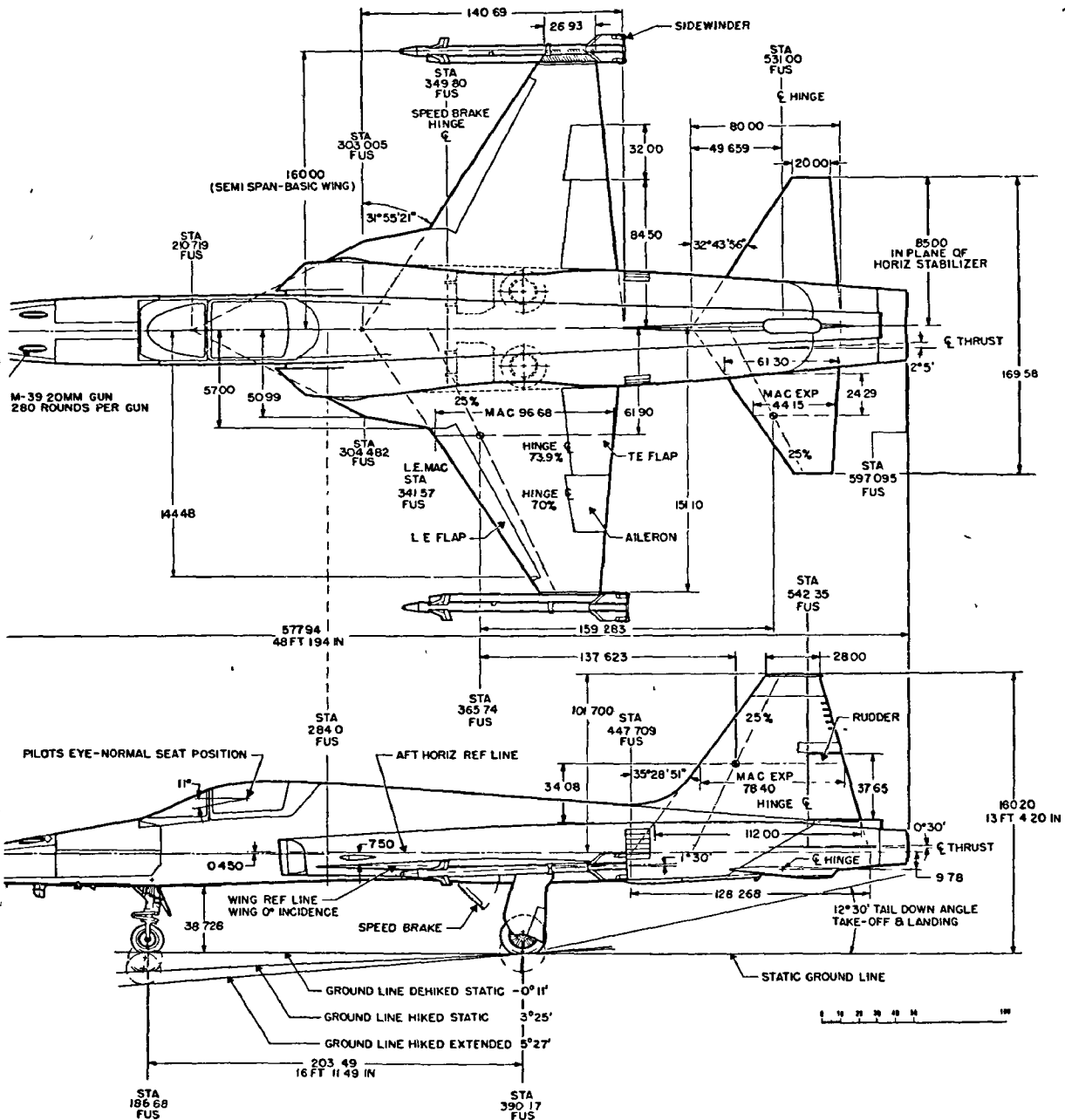
<그림 2 (d)> F-5 E/F의 中央胴體部와 垂直尾翼



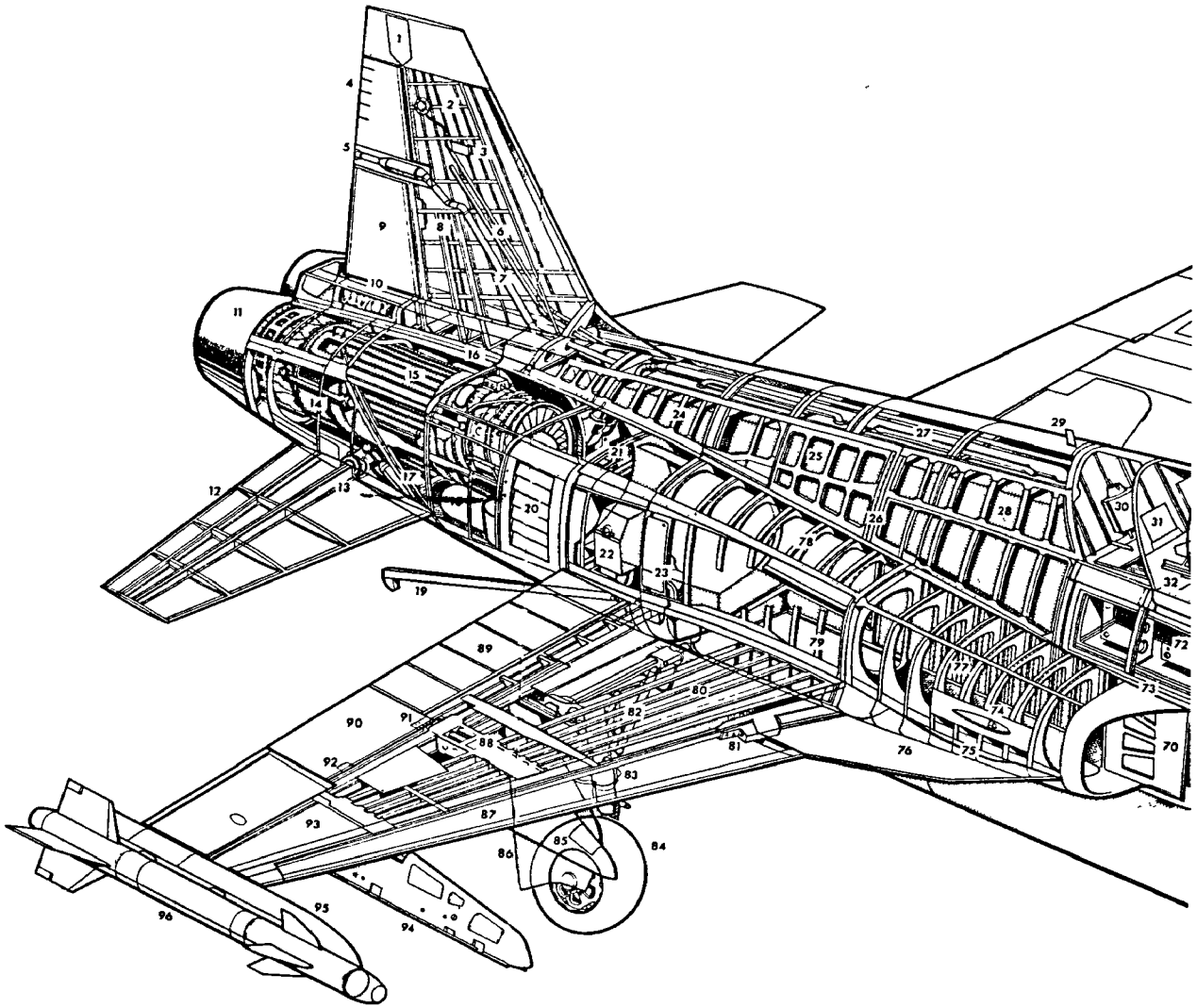
<그림 2 (e)> F-5 E/F의 뒷胴體와 水平尾翼



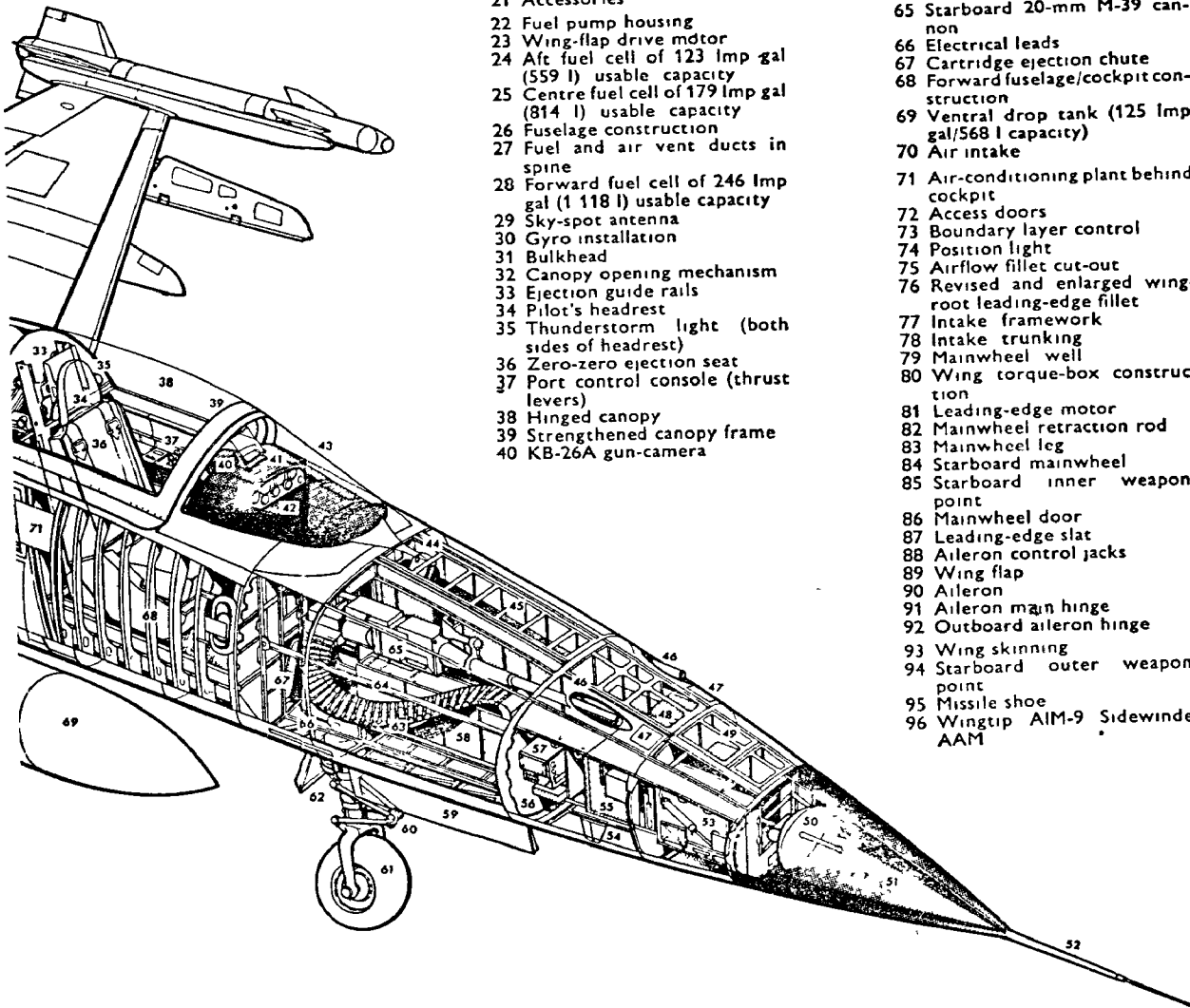
〈그림 3〉 F-5 E의 三面圖



Northrop F-5E Tiger II



〈그림 4〉 F-5E의 構造圖



- 1 UHF antenna
- 2 Tail light
- 3 Anti-collision beacon
- 4 Antennæ (Tacan, IFF)
- 5 Fuel vent outlet
- 6 Electrical conduits
- 7 Fuel pipe
- 8 Rudder hinge
- 9 Rudder
- 10 Drag chute
- 11 Variable-nozzle exhaust outer casings
- 12 Horizontal tailplane (anhedral)
- 13 Tailplane hinge point
- 14 Nozzle control jack
- 15 General Electric J85-GE-21 engine
- 16 Rudder servo units
- 17 Tailplane actuating jack
- 18 Generator
- 19 Arrestor hook (partially extended)
- 20 Auxiliary inlet doors
- 21 Accessories
- 22 Fuel pump housing
- 23 Wing-flap drive motor
- 24 Aft fuel cell of 123 Imp gal (559 l) usable capacity
- 25 Centre fuel cell of 179 Imp gal (814 l) usable capacity
- 26 Fuselage construction
- 27 Fuel and air vent ducts in spine
- 28 Forward fuel cell of 246 Imp gal (1 118 l) usable capacity
- 29 Sky-spot antenna
- 30 Gyro installation
- 31 Bulkhead
- 32 Canopy opening mechanism
- 33 Ejection guide rails
- 34 Pilot's headrest
- 35 Thunderstorm light (both sides of headrest)
- 36 Zero-zero ejection seat
- 37 Port control console (thrust levers)
- 38 Hinged canopy
- 39 Strengthened canopy frame
- 40 KB-26A gun-camera
- 41 Gunsight
- 42 Instrument panel shroud
- 43 Strengthened windshield
- 44 Windshield rain repellent
- 45 Avionics growth area in centre-box upper
- 46 Gun ports
- 47 Gun-blast deflector doors
- 48 AN/ARN-65 Tacan
- 49 Central air data computer
- 50 Radar antenna
- 51 Radome
- 52 Pressure head
- 53 Search and range track radar
- 54 UHF/IFF antenna
- 55 Battery (11 amp/hr)
- 56 Avionics growth area
- 57 Transformer rectifier
- 58 Centre-box nosewheel well
- 59 Nosewheel door
- 60 Nosewheel leg
- 61 Nosewheel
- 62 Nosewheel door aft
- 63 Ammunition feed
- 64 Ammunition box
- 65 Starboard 20-mm M-39 cannon
- 66 Electrical leads
- 67 Cartridge ejection chute
- 68 Forward fuselage/cockpit construction
- 69 Ventral drop tank (125 Imp gal/568 l capacity)
- 70 Air intake
- 71 Air-conditioning plant behind cockpit
- 72 Access doors
- 73 Boundary layer control
- 74 Position light
- 75 Airflow fillet cut-out
- 76 Revised and enlarged wing-root leading-edge fillet
- 77 Intake framework
- 78 Intake trunking
- 79 Mainwheel well
- 80 Wing torque-box construction
- 81 Leading-edge motor
- 82 Mainwheel retraction rod
- 83 Mainwheel leg
- 84 Starboard mainwheel
- 85 Starboard inner weapons point
- 86 Mainwheel door
- 87 Leading-edge slat
- 88 Aileron control jacks
- 89 Wing flap
- 90 Aileron
- 91 Aileron main hinge
- 92 Outboard aileron hinge
- 93 Wing skinning
- 94 Starboard outer weapons point
- 95 Missile shoe
- 96 Wingtip AIM-9 Sidewinder AAM

1962年 4月 25日에는, 비로서 援助用機種으로 美空軍이 購入할 것을 決定했고, N-156F를 F-5A型으로 10月 22日에 命名하여 生産發注가 進行됐다.

F-5A의 生産 1號機가 1963年 7月에 最初飛行하는데 까지는 9年の 歲月이 소요되었다. 1964年 2月 24日에는 複座訓練機인 F-5B도 處女飛行을 실시했다.

最初의 F-5A/B를 援助받은 나라는 이란國으로 1965年 1月이었으며, 自由陣營國家에서 F-5機種을 원조받았거나 共同生産 등으로 F-5機를 보유하고 있는 國家는 自由中國을 비롯하여 이란, 부라질, 캐나다, 칠레, 이디오피아, 그리스, 요르단, 리비아, 말레이지아, 모로코, 和蘭, 노르웨이, 파키스탄, 필리핀, 사우디아라비아, 터어키, 베네주엘라, 이집트, 共產化된 越南 등이며, 1974年 11月 4日까지, 訓練機 T-38 1,187臺, F-5 1,313臺로 2,500臺를 生産했다고 하니 F-5機는 F-100, F-104, F-8, F-4, 프랑스의 미라주 III, MIG-15, 17, 19, 21 등의 生産臺數 1,000臺를 돌파한 世紀의 戰鬥機로서 아직도 自由陣營의 自由의 투사(Freedom Fighter)로서 名聲을 높이고 있다.

F-5機는 越南戰에서의 經驗뿐만 아니라 世界 여러나라에서의 運用實績을 土臺로한 輕量小型 戰鬥機로서 自由陣營國家와 대결하고 있는 소련의 MIG-21과 比較해 볼때, 손색이 없는 戰鬥機로 까지 成熟한 것을 보면 한 機種이 발전하여 오늘날의 E型, F型까지 성능을 補完한 戰鬥機는 아마 F-5 뿐일 것이다.

따라서 F-5E/F는 옛날의 戰鬥機가 아니라 새로운 技術을 도입한 第2世代(Second Generation)의 超音速戰鬥機란 것을 알아야 한다.

現在 美國과 共同生産하는 國家는 自由中國, 캐나다, 스위스, 스페인, 和蘭 등으로 라이선스 生産하고 있다.

1969年末에 美國防省이 70年代의 自由陣營에 대한 援助機種의 候補를 결정하는데 F-5 A,B,D 다음의 機種選定用 設計提案要求를 발표해서 록 카드航空社의 F-104의 發達型인 CL-1200, 맥 더넬 더글레스의 F-4 裝備簡單型, F-5의 發達型 F-5-21의 3기종이 應募했으며, F-5-21이

國際戰鬥機(International Fighter)로 最終決定을 본것이 1970年 11月 20日이다.

따라서 F-5-21의 正式이름을 F-5E라 했고 以前까지의 F-5의 愛稱이 Freedom Fighter이 었는데 반해 Tiger-II란 이름을 붙이고, 1972年 8月 11日에 F-5E의 最初飛行이 實施되었고, 複座訓練機인 F-5F도 곧 製作하기 시작했다.

F-5E Tiger-II의 構造

F-5E(單座) 또는 F-5F(複座, 訓練機)를 보통 F-5E/F로 쓰는데 F型은 訓練機이기 때문에 基本構造는 E型과 동일하지만 複座이고, M-39 20mm 機關砲가 E型은 들인데 1臺 뿐이고, 彈丸도 E는 560發인데 F는 140發 뿐이다. 따라서 性能面에서는 약간의 差異가 있지만 이 글에서는 E와 F를 합쳐서 F-5E/F로 쓰기로 한다.

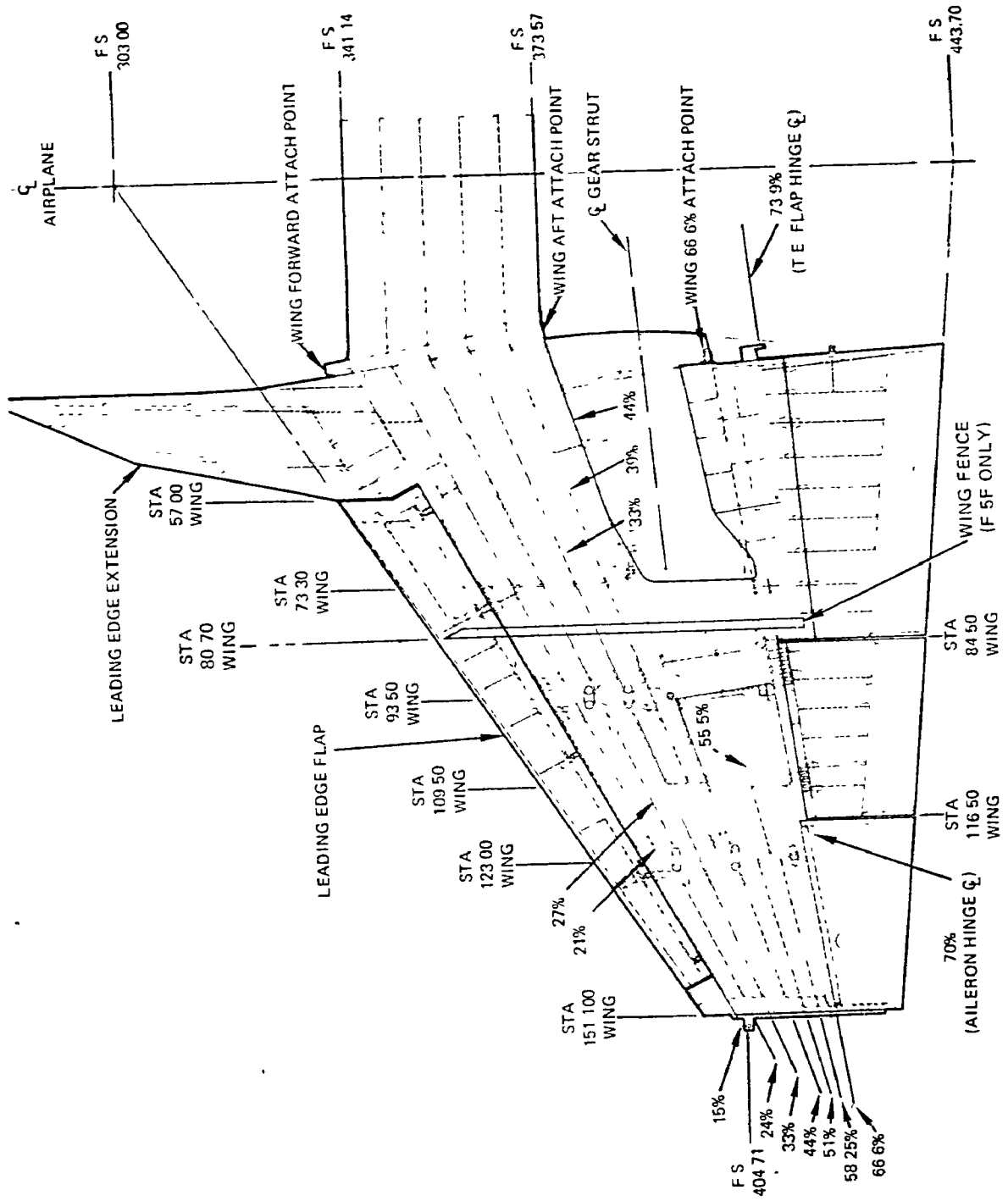
F-5E의 構造는 그림 1,2에서 說明한 바와 같이,

- 가) Forward Fuselage(앞胴體)=Radome section(機首, 레이더裝置室)
+Equipment Bay Section(裝備室)
+Nose Landing Gear, Gun Bay Section(앞바퀴 다리, 機關砲室)
+Cockpit and Aft Equipment Section(조종실, 뒷쪽 裝備室)
- 나) Center Fuselage(中央胴體) and Vertical Stabilizer(垂直尾翼)
- 다) Aft Fuselage(뒷胴體) and Horizontal Stabilizer(水平尾翼)
- 라) Wing(主翼)

의 4개 部分으로 構成되며, 이런 形體部分으로 제작된 것을 그대로 조립한다. 飛行體構造外에도 動力裝置(엔진系統), 燃料, 操縱系統, 油壓, 環境調節, 電氣, 武裝火器系統과 計器, 火器制御系統 및 航空電子裝置 등으로 완전한 戰鬥機를 構成하게 된다.

機體外形

三面圖 그림 3에서 보면 主翼平面形은 前緣(LE: Leading Edge)에 後退角이 있고, 後緣(TE:



〈圖 5〉 F-5E/F の 主翼構造

Trailing Edge)은 前進角이 있기 때문에 低速飛行機의 主翼처럼 보여서 Tapered Wing(細先翼) 같이 생각되지만, 翼弦의 25%線이 24度の 後退角이 있기 때문에 航空力學特性과 構造上의 문제점들은 後退翼으로 취급한다.

後退角은 前緣이 약 32度이기 때문에 $M=1.5$ 以上の 機體로는 약간 적은 角이지만 翼型은 NACA 65A-004.8의 모양을 前緣에서 修正하여 약간의 Drooped Leading Edge(1%정도) 形式으로 하고, 翼型의 40%까지는 65A-004.8形을 쓰며 後緣角이 7度가 되도록 82% 翼弦부터는 直線으로 했다.

날개의 平面形이나 날개끝에 관한 設計理念에서 超音速에서의 造波抵抗 때문에 最大速度가 低下하더라도 着陸時의 低速때 혹은 空中戰으로 가장 좋은 速度範圍인 遷音速과 超音速領域에서 좋은 操縱性을 나타내려고 苦心한 점을 볼수 있다.

主翼은 그림 1, 2, 3, 4, 5에서 보면 날개는 Main Wing Box, 前緣 Flap, 後緣 Flap, 補助翼, 날개

와 胴體의 連結部에서 機首쪽으로 넓게 날개를 擴張한 Leading Edge Extension部, Speed Brake로 構成되어 있다.

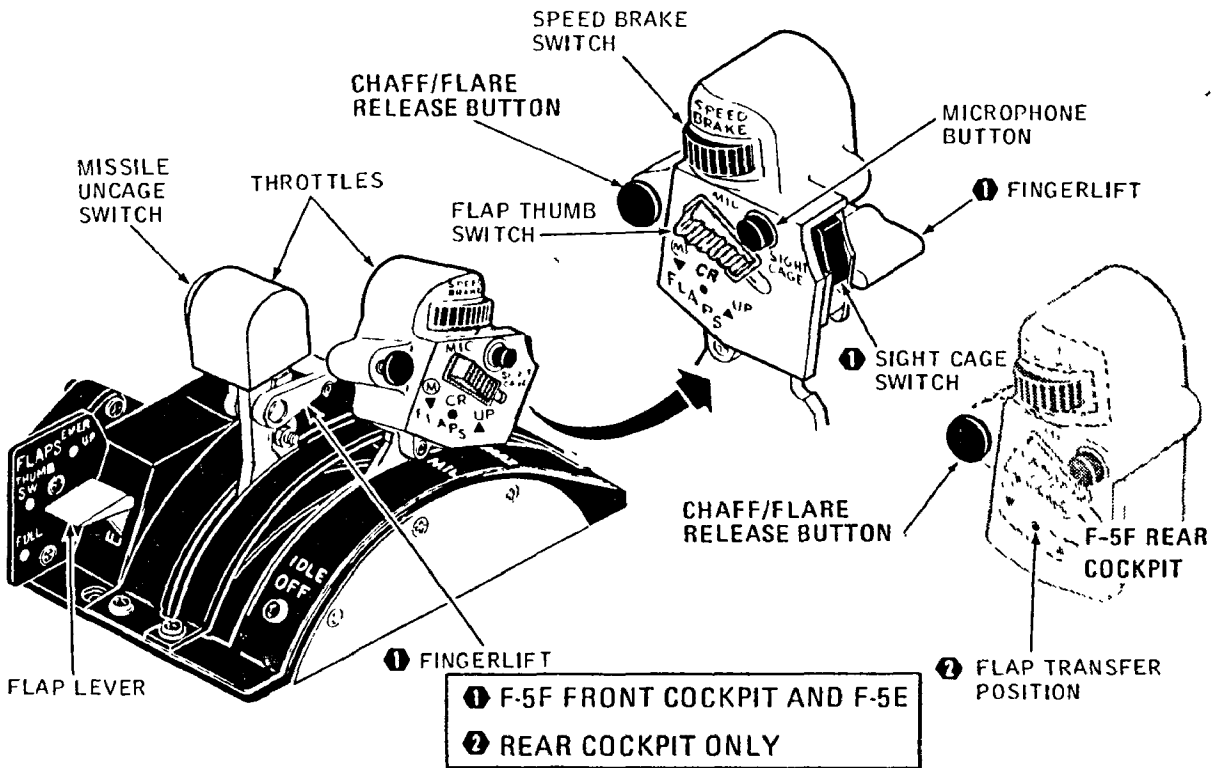
Main Wing Box는 Multispar(多桁) 알루미늄 構造인데 바퀴다리 和 翼端外部增槽(Wingtip External Store)를 부착하는 部分은 鐵材리브(rib)를 쓰고 있다.

主要強度를 分擔하는 날개外板은 厚板부터 깎아낸 한장으로 된것으로 上反角이나 下反角이 있는 날개에서는 이렇게 外板全體를 한장으로 할수 없다.

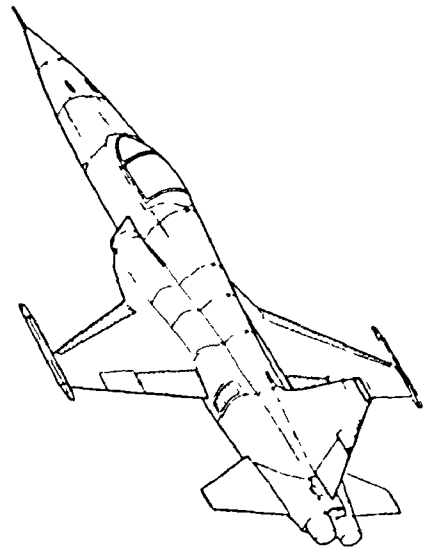
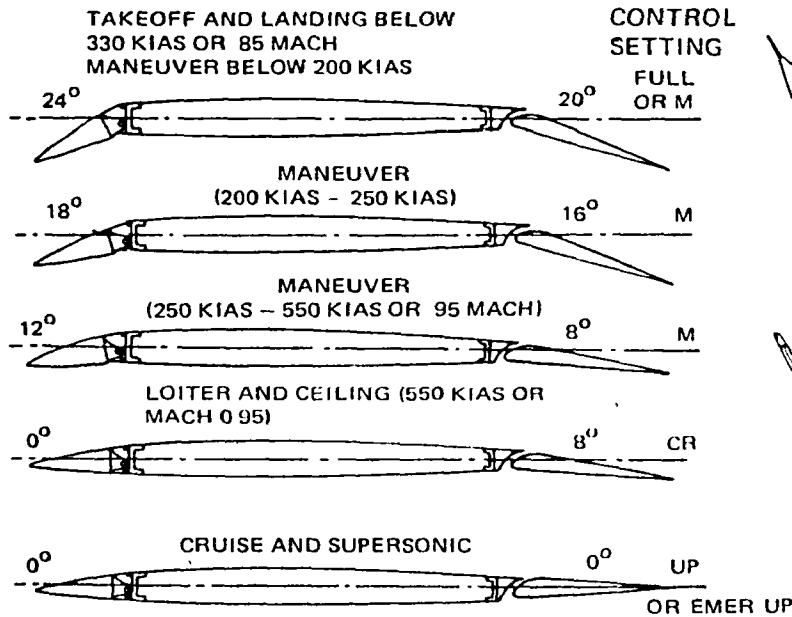
F-5의 設計에서 構造設計陣과 空氣力學設計陣 사이에 老練한 솜씨를 보인 點을 알수 있으며, 胴體와 連結하는 데는 6개의 볼트를 쓰고있다.

前緣, 後緣 Flap들은 Honeycomb 構造인데 前緣 Flap은 Wing Box의 15% 翼弦부터 앞으로 내릴 수 있도록 Wing Station WS 57부터 WS 141.10까지 한개로 되었으며, 알루미늄합금으로된 普通 飛行機의 구조와 같다.

後緣 Flap은 胴體부터 WS 84.50까지만이고,



<그림 6> F-5 E/F의 엔진파우어 調節손잡이



〈그림 7〉 F-5E/F의 Flap 角度

補助翼(aileron)은 後緣 Flap 끝부터 WS 116 50 까지인데 Hinge線은 翼弦의 70%에 있다.

Speed Brake는 左右 날개에 한개씩 있는데 한개마다 3토막으로 되어있다.

F-5E의 前緣擴張部(Leading Edge Extension)의 目的이 큰 迎角때 날개上面의 氣流를 안정시키는 役割을 할수 있는 것이기 때문에 높은 迎角에서의 飛行을 할수 있다. F-5系列의 戰鬥機처럼 補助翼(aileron)을 사용하는 操縱法에서는 (spoiler를 쓰는 戰鬥機가 많이 있다. F-15, F-16 등) 높은 迎角에서 補助翼의 기능이 低下하여 翼端失速현상을 發生하기 쉬운데 Leading Edge Extension을 붙이면 이런 현상을 防止할수 있다. 勿論 Spoiler 대신에 補助翼을 쓰면 後緣 Flap의 크기에 制限을 받는다.

또 F-5系列의 戰鬥機처럼 큰 迎角에서의 Aileron Reversal 현상을 防止하기 위하여 Aileron을 날개 끝부터 胴體쪽으로 들어와서 附着했기 때문에 後緣 Flap의 길이는 점점 작아진다.

F-5E/F의 前緣과 後緣의 Flap는 그림 6,7에서 보면 Flap Lever와 Throttle에 있는 Flap Thumb Switch로 動作한다. Thumb Switch에는 UP, CRUISE(CR), Maneuver(M)의 3개의 Position이 있는데, M位置에서는 空中戰때 CA

DC(Central Air Data Computer)의 情報에 따라 自動的으로 Flap角을 調節하게 되어있다. 만일에 飛行速度가 M=0.95를 넘으면 警報器가 울리게 되어있다.

水平尾翼(Horizontal Stabilizer)과 垂直尾翼(VERTICAL Stabilizer)

胴體 뒷끝에 있는 두가지 尾翼들은 모두 Single Spar(單桁) Honeycomb 構造의 일반적인 구조인데 水平尾翼은 操縱할때 통체로 움직이게 되어 있다. 水平尾翼은 25% 翼弦에서 25度 後退角을 갖으며, 날개끝은 NACA 65A-004로 主翼보다는 두터운 것으로 面積은 主翼이 17.5m²인데 水平尾翼은 5.48m²으로, 下反角이 4度, 舵角은 +5度, -20度다. 下反角이 있어서 Pitch Up 현상을 發生하는 Down Wash를 피하게 했다.

垂直尾翼은 25% 翼弦에서 後退角이 25度이며 舵角이 左右 30度이지만, Landing Gear Up 상태에서 高速飛行中에는 큰 舵角이 필요 없으니까 ±6度로 制限하고 있다.

胴體(Fuselage)

F-5E/F의 胴體를 옆에서 보면 胴體中央線이 波形처럼 생겼는데 이는 水平尾翼을 主翼보다

밑으로 내려오도록 했고, 胴體의 앞부분은 操縱席上部에 생기는 負壓때문에 Nose Up(頭上)하려는 空氣力을 下部의 空氣力으로 相殺하려면 正壓이 發生하도록 해야하나 自然히 앞胴體가 약간 휘어진 形體가 된다. 面積法則을 써서 主翼上面의 胴體部分은 斷面이 콜라瓶 처럼 생겼다.

推進系統

F-5E/F에는 J-85-GE-21A 엔진 2대를 쓰고 있다. Afterburner를 사용해서 海面高度에서 靜推力 5,000 lb를 낼 수 있으니까 이때의 推力/重量比는 엔진의 Dry Weight를 675 lb로 하면 7.5에 도달한다. 壓縮機는 티타늄합금을 사용한 9段으로 되었고, 터어빈은 2段이다.

엔진의 細部構造와 諸元 및 性能은 그림 8과 表 1에 說明되어 있다.

엔진의 空氣吸入口로 胴體側面に 低速때의 補助空氣구멍을 부착했는데 CADC의 情報에 따라 飛行速度가 210kt 以下에서는 自動적으로 Close 되도록 했다.

油壓 및 操縱系統

F-5에는 操縱系統과 Utility系統에 완전히 獨

립된 油壓系統을 사용하고 있다. 油壓펌프는 各 엔진에 한개씩 있는데 油壓은 3,000psi이고, 右側엔진은 操縱系統, 左側엔진은 Utility系統에 油壓펌프를 驅動하고 있다.

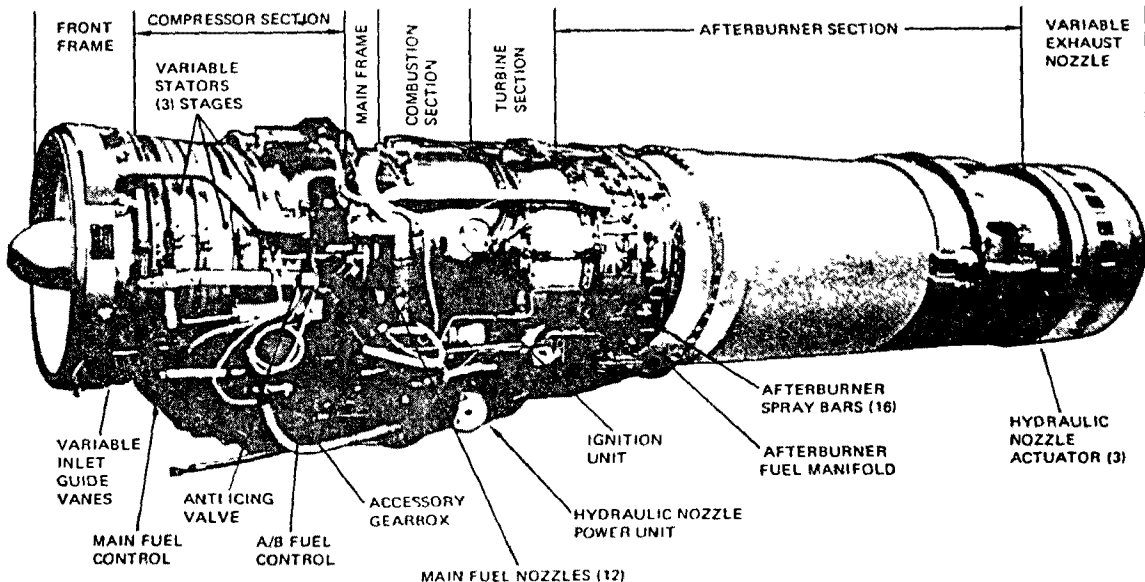
操縱系統의 油壓系統은 操舵에만 쓰이고, Utility系統은 降着裝置의 作動, 브레이크, 스피드 브레이크의 作動, SAS(安定增強장치), 機關砲 가스의 排氣등에 쓰이고 있다. 두 系統은 항상 並行해서 使用되며, 3舵의 操作時 한 系統이 故障나도, 通常飛行에 支障이 없도록 操舵力이 供給된다.

操縱室 裝備

操縱室 內部는 高度 23,100ft 까지는, 高度 8,000ft의 氣壓으로 與壓되며, 이 이상의 高度까지도 最大差壓 5psi로 與壓된 에어콘裝備가 되어 있다. 射出裝置는 120kt 이상의 速度에서 脫出式으로 되어 있다. 酸素裝置는 液體式이고, 容量은 5l나 된다.

計器에는 그림 9에서 보는바와 같이 中央上部에 光學照準器, 그 밑에 Radar Scope가 있다.

ADI, HSI, 速度 Mach計, 高度計, 昇降率計



〈그림 8〉 F-5 E/F의 J-85-GE-21A 엔진

<표 1>

J-85-GE-21A 엔진의 諸元 및 性能

PARAMETER	VALUE		
WEIGHT (DRY)	684 POUNDS (MAXIMUM)		
LENGTH (MAXIMUM HOT)	117 4 INCHES		
DIAMETER (MAXIMUM HOT)	20 4 INCHES		
COMPRESSOR STAGES	9		
COMPRESSOR PRESSURE RATIO	8 1 (100% RPM SEA LEVEL STATIC)		
AIR FLOW	51 9 LB/SEC		
TURBINE STAGES	2		
ENGINE MILITARY SPEED	16,600 (100% RPM)		
ENGINE IDLE SPEED	8,300 (50% RPM)		
FUEL	[MIL-T-5624, GRADE JP-4, NATO F-40 [MIL-T-83133, GRADE JP-8, NATO F-34 (JET A-1)*		
OIL	MIL-L-7808 OR NATO 0-148		
SEA LEVEL STATIC RATING	RPM	GUARANTEED THRUST (POUNDS)	SPECIFIC FUEL CONSUMPTION (LB/HR/THRUST)
MAXIMUM WITH AFTERBURNER	16,600	5,000	2 13
MILITARY	16,600	3,500	1.00
NORMAL	—	3,280	0 99

*JET A-1 FUEL WITH CORROSION/ICING INHIBITORS

AOA(迎角計), 旋回傾斜計, 加速度計, 補助姿勢指示器, 時計, 엔진計器, 油壓計등 일반 戰鬪機의 標準計器들이 장치되었다.

電 源 系 統

主電源으로는, 엔진으로 驅動되는데 3相 320~480Hz, 115/200볼트, 出力 13/15KVA인 2台의 交流發電機를 엔진 기어박스에 1台씩 장치하고 있다. 補助電源으로는 24V, 13 Amp Hour의 Nickel Cadmium 乾電池로된 直流電源이 있으나 보통때는 26~32V, 33 amp의 2台的 TR(整流變壓器)로 直流를 공급받는다.

武 裝

F-5E의 基本武裝으로는, 機首에 장비한 2개의 20mm M39 機關砲와, 翼端의 誘導彈發射台(Launcher)에 장비한 AIM-9 2發이며, 外部兵裝用의 Hardpoint는 胴體밑에 한개, 날개밑에 4개가 있다. MK 82 爆彈 5發, MK 83 4發를 搭載할 수 있어서 合計 7,000 lb(3,160kg)의 武裝을 할 수 있다.

이상과 같은 各 系統과 構造部分 외에도 燃料

系統, 通信航法裝置등 중요한 것들이 있으나 紙面上 省略한다.

F-5E/F의 構造와 各 시스템의 說明에서 記述한 것을 綜合하기 위하여 表 2에 重量을, 表 3에 諸元을, 表 4에 여러가지 任務와 武裝에 따른 離陸時의 重量表를 列記한다.

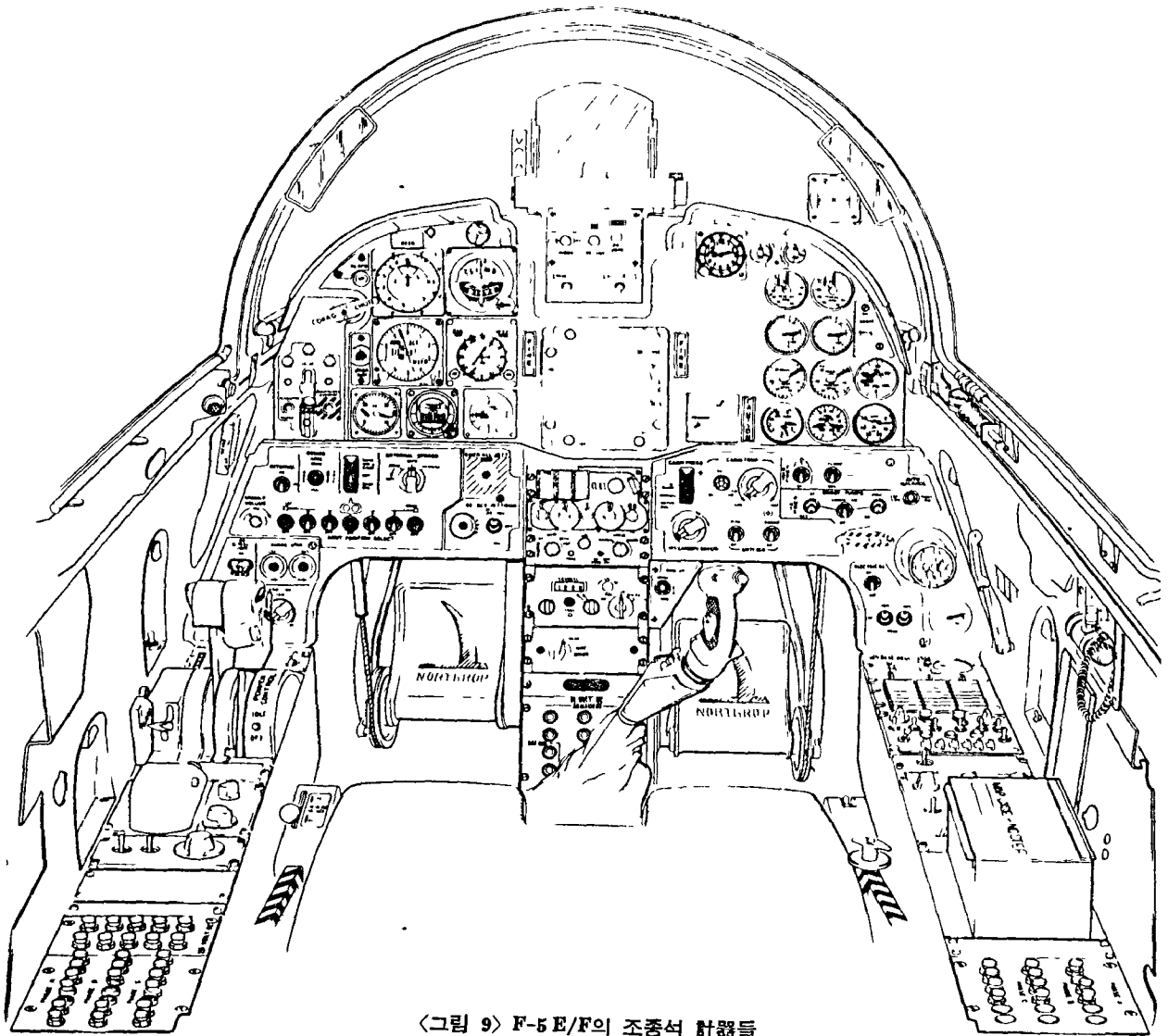
構造設計 基準

F-5E/F의 構造設計 基準은 MIL-A-8860, MIL-A-8871, AFSCM 80-1(HIAD)에 따른 것인데 F-5E/F는 Class F II 戰鬪機로서 Flight Envelope(飛行포락線圖)의 空戰領域에서 7.339g의 Load Factor까지도 견디도록 設計되었다.

그림 10에 燃料가 半減했을 때의 荷重倍數와 Mach 數에 따라 海面高度 15,000ft, 30,000ft高度에서 變化하는 構造荷重倍數圖를 표시했고 表 5에 여러가지 武裝과 燃料搭載때에 따른 設計荷重倍數를 나타내고 있다.

性能과 空中戰能力

F-5E/F까지의 開發史에서 說明했지만 이 戰



〈그림 9〉 F-5E/F의 조종석 계器들

鬪機는 運動性和 操縱性이 조화되었고, 操縱과 整備가 쉽다는데 그 特性이 있다. 70年代 鬪機에서 空戰機動性의 강화는 全天候鬪能力, 對地攻擊能力과 같이 3大開發目標였지만 세가지를 完全히 만족하는 鬪機는 드물다.

表 6에 F-5E, F-105D, MIG-21, MIG-23과 같은 鬪機의 諸元과 성능의 比較를 해왔다. F-5E는 重量이 제일가볍지만 速度는 高空에서 M=1.6까지 낼수 있어서 北韓이 보유하고 있는 MIG-21과 比較하면 高空最大速度만 약간의 差

異가 있을뿐 다른 性能面에서 탁월한 鬪機란 것을 알수 있다. 사실 最大速度는 空戰이나 다른 任務에서 그다지 중요한 要素가 되지 못할 때도 있다는 것을 알아야 한다.

勿論 空戰機動性이 우수한 鬪機로서는 F-15, F-16 같은 機種도 있지만, 가령 MIG-21과 같은 鬪機와 對抗할 경우, 상대방의 性能特性을 充分히 알고 不利한 狀況下에서 交戰을 피하고 언제나 優位에 설수 있는 때에 交戰해야 함은 누구나 아는 事實이지만, 機體의 特性달고도

AN-9103D GROUP		WEIGHT - LB	
		F-5E	F-5F
WING		1,349	1,355
TAIL		328	398
BODY		2,621	2,899
ALIGHTING GEAR		770	781
SURFACE CONTROLS		422	485
ENGINE SECTION		170	183
PROPULSION		2,249	2,267
INSTRUMENTS		166	213
HYDRAULICS		160	162
ELECTRICAL		319	331
ELECTRONICS		167	193
ARMAMENT		383	369
FURNISHINGS		257	524
AIR CONDITIONING AND ANTI-ICING		170	206
AUXILIARY GEAR		88	95
BASIC BALLAST		44	69
CONTINGENCY*		20	37
WEIGHT EMPTY		9,683	10,567
PILOT AND EQUIPMENT		240	480
INTERNAL FUEL - USABLE (JP-4)		4,400	4,390
INTERNAL FUEL - UNUSABLE (JP-4)		140	140
ENGINE OIL AND OXYGEN		31	31
GUN INSTALLATION AND CAMERA		541	263
AMMUNITION AND LINKS		394	98
LAUNCHER RAILS		98	98
SURVIVAL KIT		23	46
VARIABLE BALLAST		-	137
TAKEOFF WEIGHT (LAUNCHER RAILS)		15,550	16,250



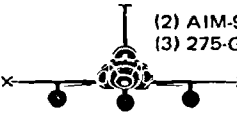
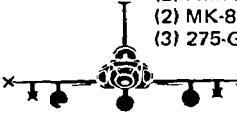
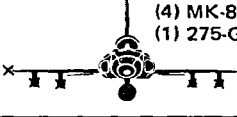
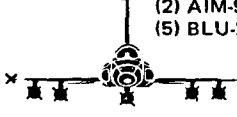
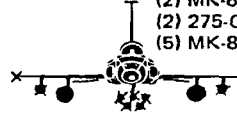
EXTERNAL TANKS AND FUEL	VOLUME, USABLE (U.S. GAL.)	TANKS, EMPTY (WT - LB)	FUEL, USABLE (WT - LB)
☐ PYLON TANK	150	148	975
☐ PYLON TANK	273	229	1,775
INBD PYLON TANKS (2 X 150)	300	306	1,950
INBD PYLON TANKS (2 X 275)	520	454	3,380

FUEL WEIGHT COMPUTED AT 6.5 LB/GAL
 EMPTY TANK WEIGHTS INCLUDE RESIDUAL FUEL OF 13 LB FOR EACH 150-GAL PYLON TANK AND 10 LB FOR EACH 275-GAL PYLON TANK

SECTION		
WING	AREA TOTAL (INCLUDING AILERONS, FLAPS, 57.5 FT ² OF FUSELAGE, AND EXPOSED LEADING-EDGE EXTENSION)	194.42 FT ²
	AREA BASIC (REFERENCE) (INCLUDING AILERONS, FLAPS, 57.5 FT ² OF FUSELAGE, BUT EXCLUDING LEADING-EDGE EXTENSION)	186.25 FT ²
	TAPER RATIO - BASIC WING	0.19
	ASPECT RATIO - BASIC WING (SPAN: 26 FT 8 IN; AREA: 186.25 FT ²)	3.82
	SWEEPBACK AT 5% CHORD	24°
	AIRFOIL SECTION	NACA 65A-004.8 MODIFIED
	FLAP AREA - TRAILING EDGE (TOTAL)	21 FT ²
	FLAP AREA - LEADING EDGE (TOTAL)	12.30 FT ²
	FLAP MOVEMENT: LEADING EDGE (ROOT)	24° DOWN
	TRAILING EDGE	20° DOWN
	AILERON AREA - AFT OF HINGE - PER AILERON	4.62 FT ²
	AILERON MOVEMENT: GEAR DOWN	35° UP, 25° DOWN
	GEAR UP	18.5° UP, 14° DOWN
HORIZONTAL TAIL	AREA TOTAL (INCLUDING 25.97 FT ² OF FUSELAGE)	59.00 FT ²
	AREA EXPOSED	33.03 FT ²
	TAPER RATIO (EXPOSED)	0.33
	ASPECT RATIO (EXPOSED)	2.88
	SWEEPBACK AT 25% CHORD	25°
	AIRFOIL SECTION	NACA 65A-004
	SURFACE MOVEMENT TRAILING EDGE	F-5E 17° UP, 5° DOWN F-5F 20° UP, 5° DOWN
VERTICAL TAIL	AREA EXPOSED	41.42 FT ²
	TAPER RATIO (EXPOSED)	0.25
	ASPECT RATIO (EXPOSED)	1.22
	SWEEPBACK AT 25% CHORD	25°
	AIRFOIL SECTION	NACA 65A-004 MODIFIED
RUDDER	AREA - AFT OF HINGE MOVEMENT (MAXIMUM)	6.10 FT ² 30° RIGHT, 30° LEFT
SPEED BRAKE	AREA TOTAL SURFACE POSITION (MAXIMUM DOWN)	6.42 FT ² 45° (RELATIVE TO HRL)
USABLE FUEL	INTERNAL VOLUME (AT 6.5 LB/GAL)	F-5E 4400 LB (677 GAL) F-5F 4390 LB (675.5 GAL)
POWER PLANT	TURBOJETS WITH AFTERBURNERS	(2) J85-GE-21A
LANDING GEAR	MAIN GEAR TIRE SIZE	24 x 8.0-13
	NOSE GEAR TIRE SIZE	18 x 6.5-8
WEIGHTS	EMPTY	9,683 LB (E) 10,565 LB (F)
	T.O. WEIGHT (LAUNCHER RAILS) (AIM-9 CONFIGURATION) (MAXIMUM GROSS WEIGHT)	15,550 LB (E) 16,250 LB (F) 15,890 LB (E) 16,590 LB (F)
	WEIGHTS INCLUDE FULL AMMO & CREW	24,664 LB (E) 25,147 LB (F)

〈표 4〉

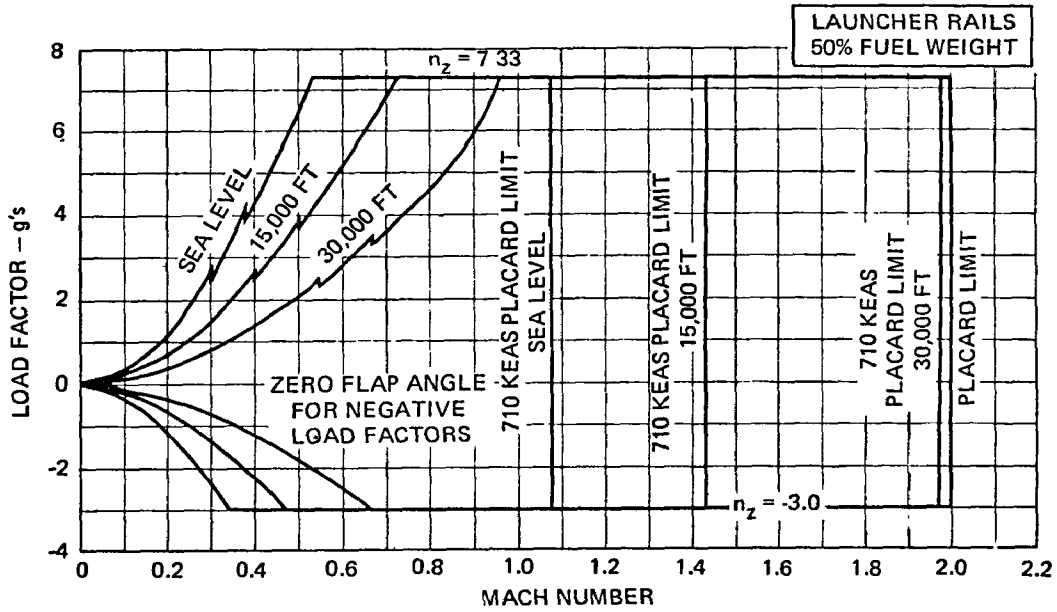
任務와 武裝에 따른 離陸重量

CONFIGURATION	LOADING	T O GROSS (LB)	TOTAL USABLE FUEL LOAD (LB)	TOTAL ORDNANCE LOAD* (LB)
LAUNCHER RAILS ONLY	RAILS 	15,550	4,400	394
INTERCEPT (INTERNAL FUEL)	(2) AIM-9 	15,890	4,400	734
INTERCEPT OR COMBAT AIR PATROL (MAXIMUM FUEL)	(2) AIM-9 (3) 275-GAL TANKS 	22,222**	9,555	734
INTERDICTION OR CLOSE AIR SUPPORT (MAXIMUM FUEL)	(2) AIM-9 (2) MK-82 GP BOMBS (3) 275-GAL TANKS 	23,540**	9,555	1,796
INTERDICTION OR CLOSE AIR SUPPORT	(2) AIM-9 (4) MK-82 GP BOMBS (1) 275-GAL TANK 	20,688	6,175	2,858
INTERDICTION OR CLOSE AIR SUPPORT (INTERNAL FUEL)	(2) AIM-9 (5) BLU-27/B(F) 	20,830	4,400	5,004
MAX GROSS WT	(2) AIM-9 (2) MK-82 SE BOMBS (2) 275-GAL TANKS (5) MK-82 SE BOMBS 	24,664**	7,780	4,724***





*INCLUDES FULL AMMO AND MISSILES IF CARRIED

**INCLUDES 80 LB OF VARIABLE NOSE BALLAST REQUIRED WHEN INBOARD TANKS ARE INSTALLED

***NOT INCLUDING 200-LB C MER WEIGHT



〈그림 10〉 F-5 E/F의 構造荷重倍數圖

CONFIGURATIONS (ALL WITH FULL AMMO)		DESIGN LOAD FACTOR	
		+n _z	-n _z
 BASIC MISSION	100% INT FUEL	7.33 ⁽¹⁾	-3.00
	50% INT FUEL	7.33	-3.00
 ALTERNATE I	100% INT FUEL	5.00	-2.00
	75% INT FUEL	5.00	-2.00
	LESS ϕ STORE	SEE BASIC MISSION	
 CENTERLINE TANK	100% INT/EXT FUEL	4.00 ⁽⁴⁾	-2.00
	100% INT FUEL/EXT TANK EMPTY	6.00 ⁽⁵⁾	-2.00
	75% INT FUEL/EXT TANK EMPTY	6.00 ⁽⁵⁾	-2.00
 ALTERNATE III	100% INT FUEL	5.00	-2.00
	75% INT FUEL	5.00	-2.00
	LESS ϕ STORE	6.50 ⁽²⁾	-2.00
	LESS INBD STORES	6.50 ⁽³⁾	-2.00
	LESS OUTBD STORES	SEE BASIC MISSION	
EXTERNAL STORE LEGEND	NOTES		
<ul style="list-style-type: none"> × AIM-9 MISSILE ○ 275-GAL FUEL TANK ⊗ MK-84 BOMB ⊗ BLU-27 (FINNED) BOMB 	<ul style="list-style-type: none"> (1) ABOVE 0.95 M TO 2.0 M 6.5g (F-5E) ABOVE 0.90 M TO 2.0 M 6.5g (F-5F) (2) LINEAR REDUCTION ABOVE 0.85 M TO 5.0g AT 1.0M (V_L) (3) LINEAR REDUCTION ABOVE 0.85 M TO 5.0g AT 1.4M (V_L) (4) 275-GAL FUEL TANK LIMITATION - FULL (5) 275-GAL FUEL TANK LIMITATION - EMPTY 		

〈표 5〉

F-5 E/F의 構造設計基準

파이로트의 熟練度, 戰鬥意志외에 무장과 兵器의 性能이 重要하다.

F-5E의 高度——飛行可能領域을 표현해 주는 Flight Envelope(飛行포락線圖)를 보면 AAM 發射裝置(launcher rail)를 부착하고 1g 상태에서 飛行할때 高度 35,000ft에서 最大 Mach=1.6을 낼수 있다. 이 速度는 MIG-21의 M=2.1에 比하면 劣勢하지만 그림 11에서 보는 바와같이 越南戰이나 其他 戰訓에 따르면 空戰이 많이 이루어질 수 있는 速度範圍가 遷音速領域 보다 低速한 領域이기 때문에 劣勢한 속도 자체는 地上管制所의 레이더의 지원을 받을 수 있는 상황하에서 空中戰을 한다면 速度劣勢는 絶대로 큰 問題가 못된다.

空戰에서 문제된 性能은 上昇能力, 旋回性能(旋回率)이다. 그림 12에 F-5E의 旋回性能을 나타내고 있는데 維持旋回率은 약 10度/秒, 瞬間最大值가 17.7度/秒(高度 15,000ft에서)이고 F-4F가 9.5度/秒, 16.0度/秒, F-104S가 8.2度/秒, 13.6度/秒이라고 해서 F-5E가 F-4나 F-104에 比較해서 空戰能力이 優세하다고 단정할 수도 없다. 空中戰에서는 자기의 性能을 충분히 發揮할 수 있는 유리한 高度와 速度에서 敵機와 格

鬪해야 한다.

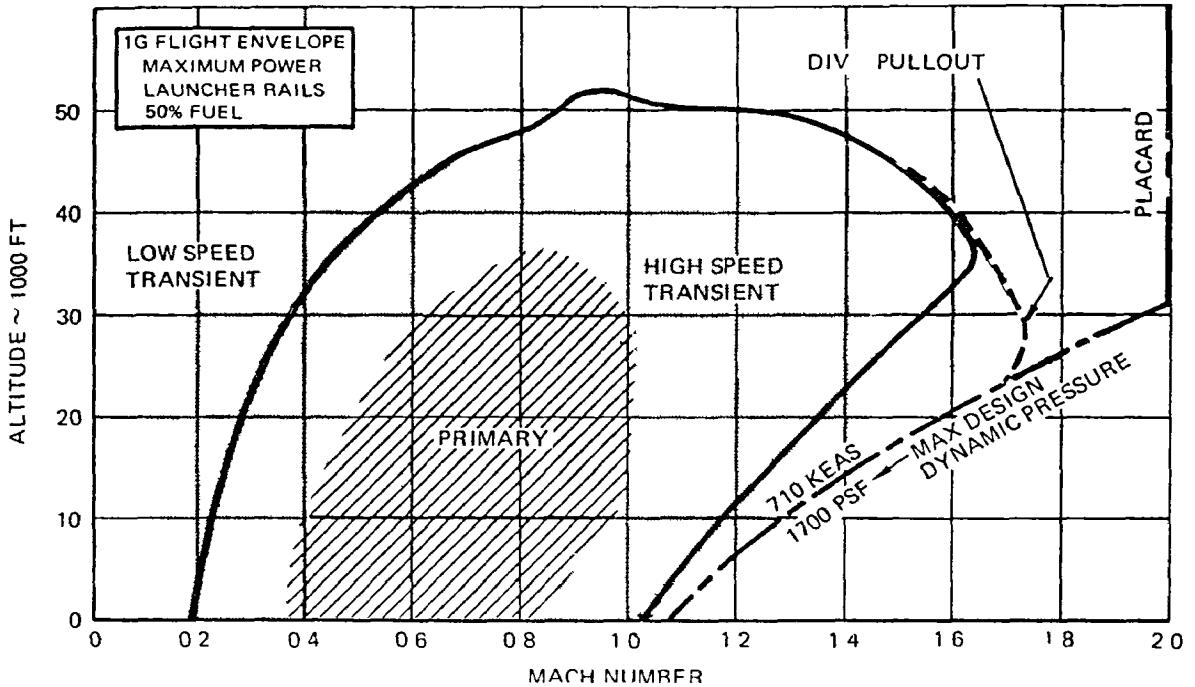
戰鬥機의 機動性能에서 重要한 것으로 上昇率(F-5E 35,500ft/min. MIG-21 33,000ft/min)과 Roll 性能이 있는데 遷音速에서 Roll 하면서 機首 Up運動을 하면 縱運動과 橫運動이 서로 Coupling 해서 不安定한 運動을 誘發하기 때문에 Roll速度를 크게 하면 나쁘다.

맺음말

지금은 生産中止되고 또 老朽化된 F-86과 其間 이미 導入한 F-5E, 그리고 F-4D로 近接支援(CAS), 航空阻止와 攻撃, 航空優勢確保를 위한 要擊任務 또 防空任務까지 담당해야 하니 땅덩어리는 협소하나, 우리 空軍의 힘으로 지켜야 할 하늘은 너무도 넓다.

6.25動亂 3年동안 共産軍과 싸웠던 經驗과 戰法은 지금이나 또 未來에도 큰 影響을 미칠 것이며, 또 우리 祖國을 守護하는데 歲月이 흘러가 아무리 武器가 발달하고 性能이 좋은 飛行機가 나오더라도 계승되어야 한다.

우리들은 싸워야 할 相對方과 싸워야 할 땅도 알고 있지만 이 두가지에 알맞은 兵力과 武器를



〈그림 11〉 F-5E의 飛行포락線圖

U. S. A

	F-5E	A-7D	F-105D	A-10A	A-6E	A-4M
全 幅	8.13m	11.80m	10.65m	17.53m	16.15m	8.38m
全 長	14.68m	14.06m	20.50m	16.26m	16.69m	12.29m
全 高	4.06m	4.90m	6.01m	4.47m	4.93m	4.57m
翼 面 積	17.29m ²	34.83m ²	35.77m ²	47.01m ²	49.13m ²	24.16m ²
運 用 自 重	4,470kg	9,350kg	12,700kg	10,970kg	11,675kg	4,900kg
機 內 燃 料	1,930kg	4,420kg	4,760kg	4,850kg	7,230kg	2,450kg
外 部 燃 料(最大)	2,430kg	3,540kg	4,740kg	5,470kg	3,640kg	2,760kg
離 陸 重 量(크린)	6,980kg	14,220kg	13,150kg	16,020kg	19,305kg	7,600kg
最 大 離 陸 重 量	10,940kg	19,050kg	24,040kg	21,500kg	27,397kg	11,113kg
正 規 最 大 推 力	1,590kg	6,800kg	7,300kg	4,110kg	4,220kg	5,080kg
A/B 最 大 推 力	2,270kg	—	12,300kg	—	—	—
엔 진 臺 數	2 台	1 台	1 台	2 台	2 台	1 台
最 大 速 度(高空)	M 1.6	M 1.07	M 2.03	M 0.68	M 0.94	M 0.94
(低空)	M 1.02	M 0.91	M 1.08	M 0.59	M 0.86	M 0.88
實 用 上 昇 限 度	16,300m	13,700m	15,240m	10,700m	14,480m	14,950m
海 面 上 昇 率	175m/sec	76.5m/sec	160m/sec	30.5m/sec	43.5m/sec	43m/sec
체 리 航 續 距 離	1,590nm	2,420nm	2,075nm	2,300nm	2,530nm	1,785nm
固 定 武 裝	20mm砲×2	20mm발칸×1	20mm발칸×1	30mm발칸×1	—	20mm砲×2
機 關 砲 彈 數	560發	1,280發	1,029發	1,350發	—	400發
A A M 搭 載 數	AIM-9×2-4	AIM-9×2	AIM-9×2	—	—	AIM-9×2
하 아 드 포 인 트 數	5	8(6)	5	11	5	5
外 部 兵 裝 重 量(最大)	3,960kg	6,800kg	10,890kg	7,260kg	8,165kg	4,080kg
(機內燃料滿載)	3,850kg	4,830kg	7,710kg	5,480kg	8,090kg	3,510kg
戰 鬪 行 動 半 徑(H-L-H)	250nm	550nm	250nm	400nm	850nm	400nm
(L-L-L)	120nm	300nm	150nm	200nm	450nm	290nm
同 搭 載 量	2,360kg	3,000kg	5,440kg	4,100kg	5,440kg	1,815kg
乘 員 數	1 名	1 名	1 名	1 名	2 名	1 名

가져야만 하는데 武器中에서 航空兵器의 선택은 중요한 國防政策의 樹立過程에서 반드시 심중히 다루어야 할 問題라고 본다.

남의 强要에 따를 수도 없으며 自主國防의 기반을 서서히 構築해 나가는 現時點에서 F-5E/F 機種을 軍이 主導하던 民間業者가 主가 되던 美國의 Northrop 航空社와 公同組立하려는 基礎作業이 추진되고 있다는 것은 온 國民이 바라는 일이다.

F-5E/F의 開發史와 構造, 성능의 說明에서 이 航空機의 특징을 알아 봤지만 이미 F-5機는 우리들에게 생소한 戰鬪機는 아니며 長期間 整備, 運用, 訓練, 戰術訓練飛行등 많은 分野에

서 因緣이 있어서 우리나라 航空人은 이 땅에 數10種의 軍用機가 운용되었지만 F-5機種 만큼 손과 몸, 그리고 마음까지 익혀져 있는 飛行機는 없다.

初期의 F-5A형 보다는 性能면에서 優세한 E형을 도입하여 軍作戰과 訓練에 사용한 우리 空軍의 技術은 많은 臺數를 시급히 保有해서 老朽化된 F-86機와 교체하고, 保有臺數나 火力 및 戰術技術에서 F-5E機의 성능을 충분히 發揮한다면 現在 數的으로 優位에 있는 北傀의 空軍力을 능가할때 自由國防의 기반이 成熟할 것이다.

F-5E機의 公同組立에서 組립된 戰鬪機는 公認된 성능이 保障될 것이지만 生産價格이 直接

U. S. S. R

	MIG-19 SF	MIG-21 MF	Su-7 B MK	Yak-28	MIG-27	Su-25
全 幅	9.00m	7.15m	8.93m	12.95m	14.25m	14.25m
全 長	14.50m	15.76m	17.08m	21.65m	16.15m	14.00m
全 高	4.02m	4.20m	4.65m	3.95m	4.40m	4.50m
翼 面 積	25.00m ²	23.00m ²	31.59m ²	39.95m ²	37.15m ²	40.00m ²
運 用 自 重	5,760kg	5,900kg	8,620kg	9,525kg	8,350kg	9,000kg
機 內 燃 料	1,700kg	2,050kg	3,240kg	3,630kg	3,570kg	4,500kg
外 部 燃 料(最大)	1,250kg	1,155kg	970kg	1,620kg	1,150kg	1,400kg
離 陸 重 量(크린)	7,700kg	8,200kg	12,100kg	13,500kg	12,320kg	14,000kg
最 大 離 陸 重 量	8,700kg	9,400kg	13,600kg	15,900kg	16,830kg	16,350kg
正 規 最 大 推 力	2,600kg	5,100kg	6,450kg	4,600kg	7,950kg	5,100kg
A/B 最 大 推 力	3,250kg	6,600kg	9,500kg	6,200kg	11,500kg	6,560kg
엔 진 臺 數	2 台	1 台	1 台	2 台	1 台	2 台
最 大 速 度(高空)	M 1.34	M 2.0	M 1.60	M 1.15	M 1.60	M 0.9
(低空)	M 0.95	M 1.05	M 0.95	M 0.95	M 0.98	M 0.8
實 用 上 昇 限 度	16,800m	18,000m	15,000m	15,000m	15,500m	15,500m
海 面 上 昇 率	120m/sec	250m/sec	150m/sec	140m/sec	200m/sec	50m/sec
체 리 航 續 距 離	1,900nm	970nm	1,000nm	1,200nm	1,500nm	1,350nm
固 定 武 裝	30mm砲×3	GSH-23×1	30mm砲×2	30mm砲×1	23mm	30mm가드링
機 關 砲 彈 數	180發	200發	140發		가드링×1	×1 또는30mm
A A M 搭 載 數	AA-2×2~4	AA-2×4	AA-2×2	AA-2×2	AA-2×2	砲×2
하 아 드 포 인 트 數	4	5	6	4	7	10
外 部 兵 裝 重 量(最大)	2,000kg	2,000kg	2,500kg	2,500kg	5,000kg	4,500kg
(機內燃料滿載)	1,000kg	1,200kg	1,500kg	2,400kg	4,000kg	2,350kg
戰 鬪 行 動 半 徑(H-L-H)	350nm	300nm	270nm	450nm	450nm	650nm
(L-L-L)	200nm	150nm	90nm	200nm	230nm	300nm
同 搭 載 量	500kg	500kg	1,000kg	1,500kg	2,000kg	2,500kg
乘 員 數	1 名	1 名	1 名	2 名	1 名	1 名

導入보다 廉價해야 한다. 組立工程에서 얻어질 技術이 장차의 韓國航空技術과 工業의 발전에 필요한 過程이 될것이다.

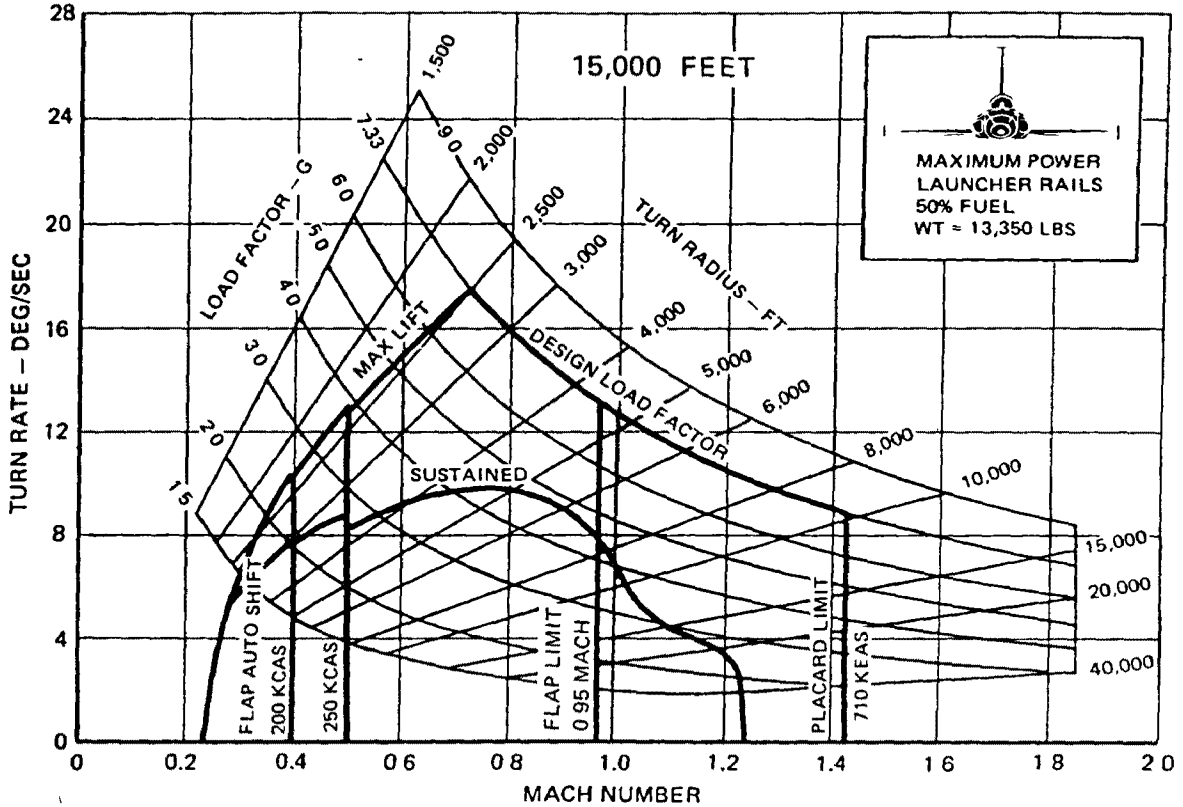
그러나 自國設計와 생산으로 國防에 필요한 航空機를 보유하기 까지는 機械工業을 비롯해서 金屬材料, 電氣電子工業이 先進工業國의 수준이 되어야만 한다.

지금까지의 防衛産業의 推進過程에서 만일 One Man Show적인 計劃으로 무리한 監督과 督勵로 底力없는 技術水準이 가져다 준 기형적인 防衛生産品이 生産되었다면 지금 당장으로 修正 되어야 한다. 왜냐하면 그런것이 F-5E機의 公同 組立과 장차의 航空工業推進에서도 念慮되기 때

문이다.

航空工業의 國內土着化를 위해서는 軍戰術에 부합되는 軍用機의 公同組立이 성공해야만 장차의 自國生産航空機의 出現이 가능해진다. 따라서 現在 重工業分野의 過剩施設을 活用할 수 있고, 가능하면 系列化하여 또는 이미 國內에 도입된 高價한 시설과 장비를 再配置하여 절대로 死藏되어 活用 못되고 있는 것이 없어야겠다.

過去 10餘年間의 重工業分野에서 특히 防衛産業分野에서 外國의 技術과 生産工程의 Know How 만 直接導入했기 때문에 때로는 우리의 國防戰術技法에 符合되지 않은 裝備도 全然 없었다고 보지 않는다.



〈그림 12〉 F-5 E의 旋回性能

이런 現象의 한 이유로서 防衛産業體의 특성 인지 모르지만 産業體와 技術教育機關 사이에 소위 產學協同體制가 全無했었던 탓이다.

新技術이 産業體에 도입되었을 때는 그 技術의 國內土着화와 다음 世代로의 繼承을 위해서는 반드시 教育機關과 밀접한 關係를 맺어야 한다. 이렇게 할 때 새로 配出된 젊은 卒業生들이 産業體에 配屬되었을 때 協同이 없을 때와는 創意力이나 技術發展에 큰 差異를 나타낼 것이다.

參考文獻

1. F-5E/F Description, Northrop Corporation, Aircraft Group.
2. Northrop F-5 Case Study in Aircraft Design, AIAA Professional Study Series, September 1978.
3. 航空ジャーナル, 1975年 2月號
4. 魏祥奎: 國防과 技術, 1979年 1月號
5. 魏祥奎: 國防과 技術, 1979年 9月號
6. 航空ジャーナル: 1979年 8月號

