

Original Article

<https://doi.org/10.12985/ksaa.2022.30.4.132>
ISSN 1225-9705(print) ISSN 2466-1791(online)

국내 표준계기도착절차(STAR)의 활용도 및 연속강하접근 운항 비율 분석

이충섭*, 이주환**, 박장훈***, 백호중****

An Analysis on the Utilization of STAR (Standard Terminal
Arrival Route) and CDO (Continuous Descent Operation)
Flight Ratio in the Domestic Airport

ChoongSub Lee*, JuHwan Lee**, JangHoon Park***, HoJong Baik****

ABSTRACT

In response to the recent surge in aviation demand, major airport and aviation authorities continue to make efforts to formulate arrival procedures that take into account efficient aircraft separation, noise and environmental issues related to carbon (CO₂) emissions. In order to ensure efficient traffic control and environmental issues, as a result, a new concept Trombone, Point Merge, etc. have been introduced and widely used. However, these new concept incisions are becoming a factor that hinders operational efficiency and stability due to the restricted domestic airspace such as military airspace and excessive constraints of altitude, speed, etc. which do not reflect the concept of continuous descent operation and eventually needs to be modified to make continuous descent operation as feasible as possible. We herewith analyze and propose the way of improving flight safety and efficiency in the arrival operation procedure by supplementary modification which consequently contribute to the aviation industry international competitiveness.

Key Words : STAR(표준계기도착절차), CDO(연속강하접근), TOD(강하시작지점), Trombone(트롬본), Point Merge(포인트 머지)

I. 서 론

1.1 연구배경 및 목적

인천국제공항을 비롯한 국내 주요 공항 당국은 효율

적인 항공교통관제와 수용량 확대를 목적으로 표준계기도착절차(standard terminal arrival route, STAR)를 중심으로 국제적으로 많은 관심을 받고 있는 새로운 개념의 트롬본(trombone), 포인트 머지(point merge), 연속강하접근(continuous descent operation, CDO) 절차를 도입하여 운영하고 있다. 표준계기도착절차(STAR)에 적용하고 있는 신개념의 트롬본, 포인트 머지 기법은 기존의 관제 유도 방식에 비해 관제사와 운항승무원의 통신 업무량을 줄여 주고 항공교통의 예측성을 증가시켜 운항 안전성을 높일 수 있을 뿐만 아니라, 좁고 제한된 공역에서 수용량 증대가 가능해 증가하는 항공 교통량의 효율적 처리가 가능한 것으로 보고되고

Received: 28. Oct. 2022, Revised: 21. Nov. 2022,
Accepted: 01. Dec. 2022

* 한국항공대학교 항공교통물류학과 박사과정

** 한국항공대학교 항공교통물류학과 석사과정

*** 한국항공대학교 항공교통물류학과 이학박사

**** 한국항공대학교 항공교통물류학부 교수

연락처자 E-mail : okcloud9@hanmail.net

연락처자 주소 : 경기도 고양시 덕양구 항공대학로 76

있다. 표준계기도착절차(STAR)와 계기접근절차(instrument approach procedure, IAP)에 적용하는 연속강하접근(CDO)은 강하시작지점(top of descent, TOD)부터 최소추력(idle power)의 사용 시간을 최대화하여 연료 소비 절감 효과를 통한 경제적이고 친환경적인 운항을 위한 절차로 주목받고 있다.

그러나 현실적 측면에서 인천국제공항을 비롯한 국내 주요 공항에 적용된 표준계기도착절차(STAR) 및 계기접근절차(IAP)의 설계 내용과 운영실태를 고찰해 보면 교통량이 매우 많은 시간대에 관제 편이성과 공역의 일시적 수용량 확대를 위하여 필요할 수도 있는 추가적인 비행경로가 비현실적으로 확대, 설치되어 있거나 고도 제한사항이 공역 제한 및 관제 편이성 등의 이유로 지나치게 많이 설정되어 있다. 고도 제한사항 또한 상대적으로 높거나 낮게 설정되어 있어 불필요한 추력의 낭비나 항력 장치 등의 사용을 요구하고 있다.

연속강하접근(CDO)절차도 군 공역을 비롯한 여러 관제상 제약 등의 문제로 인하여 매우 제한적으로 이루어지고 있다. 실질적인 의미의 연속강하접근 방식의 표준계기도착절차는 심야시간대 등 항적이 드문 시간에 제한적으로 운영되고 있다. 그리고 항적이 많지 않은 시간대에 적용할 수 있는 연속강하접근(CDO) 개념이 반영된 표준계기도착절차(STAR)가 별도로 설정되어 있지 않아 항적이 많은 시간대를 위해 적용된 트롬본(trombone) 및 포인트 머지(point merge) 개념이 포함된 절차가 상시로 발부되고 있어 절차의 제한사항으로 인하여 강하 준비 단계부터 연속강하접근의 실현이 어려운 것이 현실이다.

본 연구에서는 국내 주요 공항에 설치되어 운영 중인 표준계기도착절차의 활용도와 연속강하접근의 운영 실태를 항적을 중심으로 분석, 고찰하였다. 이에 추가하여 국내 공역 사정에 적합하며, 연속강하접근(CDO)이 실질적으로 구현될 수 있는 절차 수립을 위한 기초 자료를 제시함을 목적으로 한다.

1.2 연구 범위 및 방법

연구의 공간적 범위는 트롬본(trombone) 및 포인트 머지(point merge) 기법을 표준계기도착절차에 적용하여 운영 중인 인천 및 제주국제공항의 절차 수립 공역이다. 시간적 범위는 코로나19 사태 전 교통량이 가장 많았던 2018~19년도를 대상으로 하였으며, 트롬본(trombone) 기법을 적용한 절차 관련 분석은 해당 절차가 최초 적용된 2020년 10월부터 12월까지 3

개월간으로 한정하였다. 내용적 범위 및 방법은 1) 연속강하접근의 기본 개념 및 연속강하접근의 주요 고려 사항과 저해 요인 분석, 2) 표준계기도착절차에 적용 중인 새로운 기법의 기본 개념 고찰, 3) 현행 절차와 실제 운항 항적과의 비교를 통한 실질적인 활용도 및 연속강하접근 운항 비율 분석, 4) 항공기 강하성능과 연속강하접근 관점에서 절차 설계의 보완 및 개선 가능성을 검토하였다.

II. 본 론

2.1 기본 개념 고찰

2.1.1 연속강하접근(CDO)

항공기의 경제적 강하 접근을 위해 운영되고 있는 연속강하접근절차(continuous descent operation, CDO, descent with idle thrust and no speedbrakes usage)는 엔진 추력의 사용을 최소화하는 경제적이고 효율적인 운항으로 소음과 배출가스의 감소에 기여하고 있다. 연속강하접근절차는 첨단항법 장비인 비행관리시스템(flight management system, FMS)를 활용하여 강하 도중 수평비행(level off) 구간을 최소화하고, 활주로의 최종 접근지점까지 가장 최적의 강하 각도로 비행하도록 함으로써, 경제적 운항을 실현할 수 있는 진전된 개념의 접근 절차라고 할 수 있다. 절차의 수행을 위해서는 지역항법(area navigation, RNAV) 개념이 적용된 표준계기도착절차가 수립되어 있어야 하고, 항공기에 비행관리시스템(FMS) 장비가 장착되어 있어야 한다. FMS 항법 장비를 통하여 제공되는 최적의 강하 경로와 강하각은 항공기 유형 및 중량 그리고 외적인 비행 여건 등의 변수에 따라 달라진다.

2.1.2 이상적인 강하 접근

최근 항공사에서 운용하는 운송용 항공기들은 연속강하접근을 실현하기 위해 FMS 장비가 제공하는 시간적으로 구현된 강하접근계획과 강하시작지점(top of descent, TOD) 정보를 따라 운항하고 있다. 이렇게 수평비행 구간이 최소화된 정보를 따라 운항할 경우, 항공기는 불필요한 연료 소모, 과도한 소음 및 탄소(CO₂) 배출량을 최소화할 수 있다.

Fig. 1은 ICAO¹⁾가 추천한 연속강하접근 개념도다. 활주로 말단으로부터 95 NM 떨어진 지점을 기준으로 최고고도 34,000 FT, 최저 고도 20,600 FT에서 연속

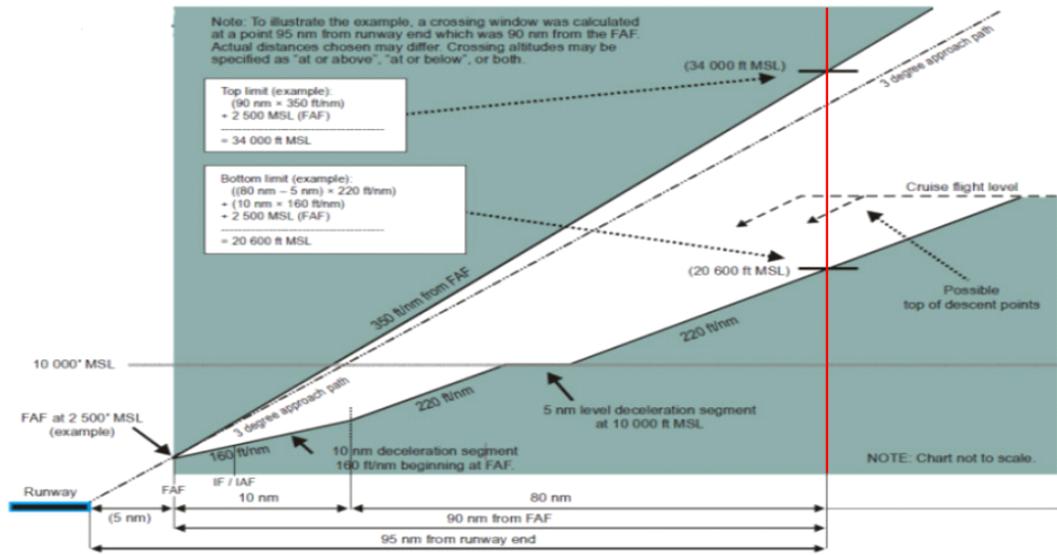


Fig. 1. Instrument approach procedure in optimized CDO procedure (ICAO CDO Manual Doc 9931, p. A-1-10)

강하를 시작하는 최적의 강하 개념을 설명하고 있다.

일반적으로 운항승무원은 효율적이고 경제적인 강하를 위하여 목적 공항으로부터 대략 35 NM 지점을 240~250 KT의 속도로 10,000 FT AGL을 통과하는 것을 목표로 하며, ICAO 추천 연속강하접근 개념에서도 같은 개념을 설명하고 있다.

ICAO에 따르면 항공기는 1.8km를 운항하는 동안 대략 11kg의 연료를 소모하며, 이 과정에서 사용된 연료량의 약 3배에 달하는 약 35kg의 이산화탄소와 질소산화물 등의 오염물을 배출하며, 기존 강하 방식이 아닌 연속강하접근 방식으로 운항하는 경우 항공기 연료 소모량 기준 약 40%, 배출가스(CO₂, NO_x) 및 공항 주변 항공기 소음의 경우 50% 이상 감소 효과가 있는 것으로 알려져 있다.²⁾ 기대효과의 구현을 위해 항공기 강하 성능에 최적화된 강하 경로를 반영한 공역 및 절차 설계가 필요하다. 연속강하접근은 Fig. 2와 같이 수평비행구간을 최소화할 수 있어 구간 감소분만큼의 소음감소 효과가 있는 것으로 보고되고 있다.

표준계기도착절차(STAR)의 일반적인 접근 강하각 (descent slope)은 대략 2°와 3.3° 사이가 되도록 설계하는 것을 추천하고 있다. 계기착륙장치(instrument landing system, ILS)를 사용하는 정밀계기접근절차로

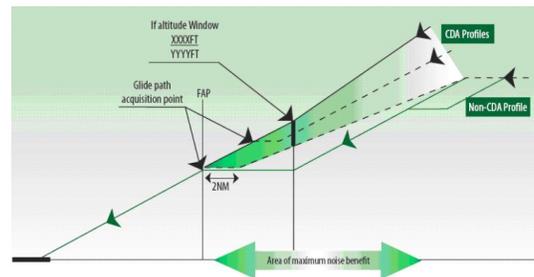


Fig. 2. Noise reduction effect of descent approach (Euro Control, Continuous Descent Approach Implementation Guidance Information, 2008, p.13)

연결되는 경우는 중간접근지점(intermediate fix, IF)과 최종접근지점(final approach fix, FAF) 사이는 3°보다 완만한 경사로 설계하고, 중간 접근지점(IF)에서 착륙 활주로 최종접근지점(FAF)까지는 접근 강하각을 최대 3°로 설계하여 최종적으로 착륙 외장 변경에 적합한 속도로 감속하고 안정된 접근을 할 수 있도록 하고 있다. 항공기 제작사들은 항공기를 처음 설계할 때부터 연속강하접근 절차를 고려하여 강하 단계에서 대략 1,500 FPM(ft/min) 이상, 최종착륙단계에서는 700 FPM 또는 330ft/NM, 즉 3°로 강하 접근이 가능

1) 국제민간항공기구(International Civil Aviation Organization).

2) Park and Moon, "Technical trends of continuous descent operations and effects of extended CDO for Korean domestic airport", Fall Conference of KSAA, KSAA, 2015, p.74.

하도록 제작하고 있다. 따라서 운항승무원들은 강하 접근 계획에 이러한 강하율과 강하 절차 경사도에 추가하여 감속을 위한 여력을 고려하여 강하 접근을 계획하고 있다.

그러나 1) 표준계기도착절차와 최종접근절차가 3°보다 큰 강하각으로 설계된 경우, 2) 고도 제한사항이 과도하게 설정된 경우, 3) 중간의 감속구간이 없을 경우 그리고 4) 공역의 수용량과 효율적 관제를 위한 트럼본(trombone) 및 포인트 머지(point merge) 기법을 적용한 절차가 설정된 경우, 운항승무원은 관제사의 지시나 고도 및 속도 제한에 따라 항력 장치를 장시간 사용하거나 속도를 증가시켜 강하율을 증가시키는 등의 불필요한 절차를 수행하게 된다. 이는 연속강하접근이 추구하는, 추력 최소화(engine Idle power)를 통한 경제성 확보, 관제 및 항공기 조작 단순화를 통한 운항 안전성 확보가 사실상 어려워짐을 의미한다.

2.1.3 연속강하접근의 주요 고려사항

강하는 항공기의 에너지를 점진적으로 감소시켜 최종 접근에 필요한 에너지 단계로 줄여가는 과정을 의미한다. Fig. 3, 4와 같이 항공기의 에너지는 운동에너지(kinetic energy)와 위치에너지(potential energy)로 구성되며 고도, 중량, 속도 등의 다양한 요소에 의하여 결정된다. 그중에서 강하속도와 시점이 이상적인 강하에 많은 영향을 미치는 중요한 요인으로 분석되고 있다. 강하속도는 강하각과 비례관계에 있기에, 강하속도를 줄이게 되면 강하각이 줄어들게 되고 체공시간이 길어져서 강하에 더욱 많은 시간이 소요되는 등, 강하속도의 유지 또는 증속, 감속 여부에 따라 강하각이 결정된다.

경제적인 운항 측면에서 강하시작시점은 연료 소모량에 큰 영향을 미치는 것으로 알려져 있다. Fig. 5는

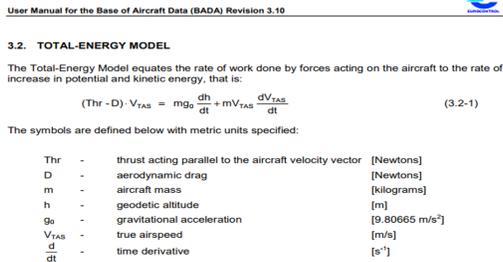


Fig. 3. Total energy model (Euro Control 제공 User Manual for the Base of Aircraft Data(BADA) Rev. 3.10)

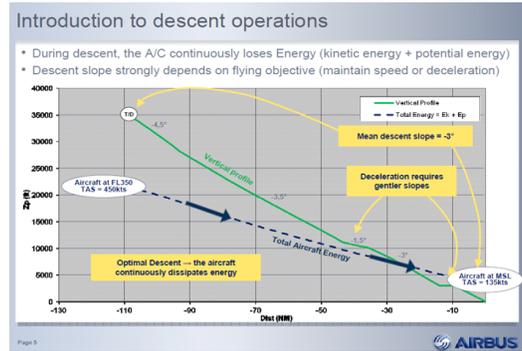


Fig. 4. 강하 항공기의 속도에 따른 강하각과 에너지 변화 (AIRBUS社 Aircraft Energy management in descent phase using FMS, 2013, p.5)

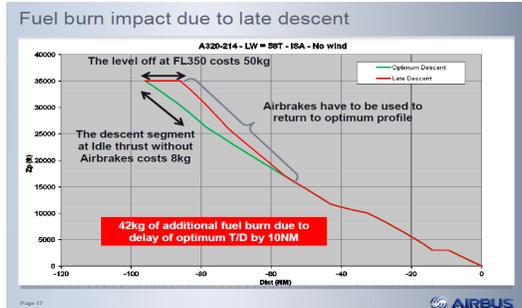
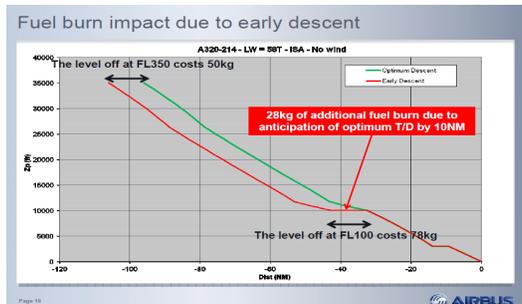


Fig. 5. TOD and fuel consumption (AIRBUS社, Aircraft energy management in descent phase using FMS, 2013, pp.16-17)

조기 강하와 지연된 강하가 연료 소모에 미치는 영향을 보여주고 있다. 강하 시점이 빨라지게 되면 낮은 고도에서 수평비행을 하게 되고 소모되는 연료가 동일 시간 고도에서 순항하는 것보다 많게 되고, 강하 시점이 늦어지면 반대의 결과가 되어 경제적 운항에 부정적인 영향을 주는 것으로 분석되고 있다.

일단 초기 강하를 시작하면 항공기와 엔진 종류, 중량, 강하 방법 그리고 바람 및 외기 온도 등의 많은 요소가 강하성능에 영향을 미치게 되며, 표준계기도착절

차 및 계기접근절차의 제한사항도 강하성과와 운항 경제성에 많은 영향을 미치게 된다. FMS에 입력되는 CI(cost index) 값에 따라 항공기의 강하성능도 변화한다. Fig. 6과 같이 낮은 CI 수치는 “Minimum Fuel” 개념으로 강하 시점이 빨라지게 되어 추력 사용을 줄이고 연료 소모량을 절감하게 된다. 강하는 “Idle Power Descent” 개념으로 계획되기에 순항 비행을 적게 하고 강하를 많이 할수록 연료 소모량이 줄게 된다. 반대로, CI 수치가 커질수록 “Minimum Time” 개념으로 반대의 경우가 되어 강하시작지점(TOD)이 멀어지게 된다. CI 값이 작을수록 조기에 강하가 시작되어야 반대의 경우와 같은 강하 결과를 이룰 수 있다.

Fig. 7은 위에서 언급한 여러 요인으로 깊은 강하각으로 접근하게 될 경우, 불안정한 접근이 될 가능성을 설명하고 있다. 적정 강하각인 파란색 실선보다 깊은 강하각으로 접근을 하는 경우는 강하각이 깊어질수록 불안정한 접근이 될 가능성이 상승하는데, 50% 이상 깊은 강하각으로 접근하게 되면(붉은색 실선 참고) 저고도에서 불안정한 접근이 될 확률이 2.3배 높아진다.

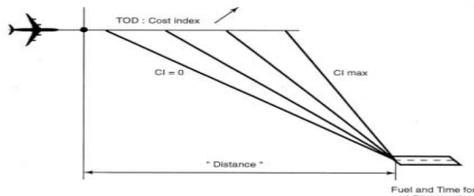


Fig. 6. Correlation between CI and TOD (AIRBUS社, “Flight Operations Support & Line Assistance: Getting to grips with the COST INDEX, 1998, p.51)

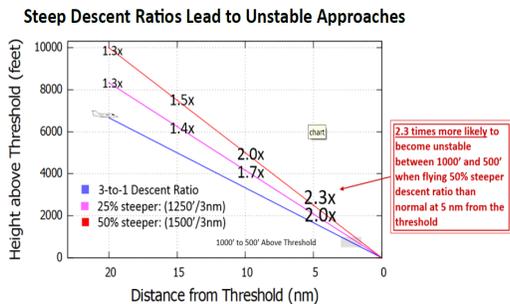


Fig. 7. Descent rate and stable approach (FAA Aviation Safety, “Stabilized Approach and Landing”, 2022, p.2)

따라서 이러한 요소들과 감속 구간의 설치 여부 및 강하성능 등을 종합적으로 고려하면, 터미널 지역 내에 진입하면 활주로 말단으로부터 대략 잔여 거리 30 NM에 9,000 FT, 15 NM에 3,000 FT 정도의 최저고도제한을 접근 절차에 반영하는 것을 추천하고 있다.3)

2.1.4 이상적인 강하접근의 저해 요인

2.1.4.1 Radar Vector 및 ATC 관제 지시

대부분 주요 공항에 입항하는 항공기는 해당 공항의 표준계기도착절차(STAR)를 거치는 것이 원칙이나, 인천국제공항과 같이 공역이 협소하고 다른 공항이 인접하여 있는 경우에는 표준계기도착절차(STAR)가 발간되어 있음에도 불구하고 좀 더 효율적인 항공기 분리와 접근을 위해 Radar Vector를 통하여 관제 업무를 수행하고 있다. 이러한 경우에 항공기의 운항승무원은 관제기관이 제공하는 입항 순번(sequence number) 이나 항공기 계기에 표시되는 항적의 파악을 통해 예상 강하거리를 추정하거나, FMS 장비 등을 활용하여 강하 경로를 예상하는 등 가능한 방법을 사용하여 강하를 조절한다. 그러나 이러한 가용한 방법을 사용하더라도 최종접근지점까지의 잔여 거리를 정확하게 예상하고 경제적 운항을 실현하는 것은 매우 어려운 일이다.

군과 관련된 공역 MOA(military operation area), 제한/금지공역(restricted/prohibited area) 등의 공역에 출입 통제가 필요로 하지 않는 경우, 이 공역을 통과하는 항공기에 지름길에 해당하는 직선 경로로 비행 허가를 주기도 하는데, 이 경우에도 FMS가 계산한 전체 거리와는 차이가 있어 효율적인 강하가 어렵다.

2.1.4.2 기상으로 인한 Deviation

항공기의 기상 레이더(weather radar)로 탐지되는 적운(CB, cumulus nimbus), 웅대 적운(TCU, towering cumulus) 등의 악기상이 운항 강하 경로상에 존재하는 경우, 운항승무원은 관제 허가를 통해 우회 절차를 수행하게 되는데 우회한 거리만큼 강하거리도 늘어나게 된다. 문제는 사전에 우회 비행 거리를 추정하기가 쉽지 않아, 우회를 유발하는 기상이 경제적인 강하를 어렵게 하는 요소로 작용하게 된다. 항공기의 기상 레이더로 탐색이 어려운, 난기류(turbulence) 구간의 운항에서도 정상 순항속도에 비해 감속 운항하게 되어 정확한 잔여 거리 계산이 어렵게 된다.

3) AIRBUS社, “Descent Management, Flight Briefing Notes”, 2006, p.3.

2.1.4.3 FMS 기상 자료의 오차

효율적인 항공기 운항을 위하여 FMS 장비에 출발 전 예보된 기상 DATA를 입력하게 되는데, 변화하는 기상현상을 정확히 예측하기 어려우므로 실제 기상과 다를 경우 운항에 오차가 발생하게 된다. FMS는 track mile(또는 distance to Go)을 기준으로 강하시작지점(TOD)를 결정하는데 바람의 영향으로 실제 대지속도(groud speed)가 변화하게 되면 그만큼의 강하 시간에 오차가 발생하게 된다. 최신 항공기에 장착되는 GPIRS(global positioning and inertial reference system) 장비를 활용할 수 있는 경우에는 항공기 이동 거리와 비행시간 계산을 통해 비교적 정확한 위치를 파악할 수 있지만, 첨단 장비를 활용하고 있음에도 오차의 발생을 완벽하게 극복하기는 어렵다.

2.1.4.4 경험이 미숙한 공항에서의 운항

일반적으로 강하 접근 과정에 어려움이 예상되는 공항에서, 운항승무원은 복잡한 절차 및 항적 등의 이유로 보수적으로 강하 지점을 결정하는 경향이 강하다. 경제적 운항을 위해 접근 과정에서 불안정한 운항을 시도하는 것보다 고도 강하 및 속도 감속을 신속하고 보수적으로 수행하는 것이 오히려 안전한 운항이라 생각하기 때문이다. 더하여, 운항 경험이 적은 공항에서 관제기관의 유도 경로와 운항승무원의 경로 예측이 차이가 발생하는 때에도 경제성 있는 운항은 어렵게 된다.

2.1.5 포인트 머지(point merge)

오늘날 세계의 주요 공항들은 증가하는 항공 수요에 대한 공역의 항적 처리와 혼잡문제를 해결하기 위해 대부분의 터미널 공역에서는 개방형 루프(open loop) 형태의 레이더 벡터 관제 기법을 가장 많이 사용하고 있다. 개방형 루프 형태의 레이더 벡터 관제 기법은 좁은 공간에서 많은 교통량을 유연하게 처리해야 할 때 공역을 가장 효과적으로 이용할 수 있다는 장점이 있다. 그러나, 숙련된 관제사의 빠른 판단과 운항승무원의 즉각적인 이행이 요구되며, 관제사가 운항승무원에게 필요한 순간마다 항공기의 침로(heading), 속도, 고도 지시의 발부에 따른 업무량을 증가시키고 항공관제

용 무선 주파수 혼잡을 유발한다는 단점이 있다.⁴⁾

이러한 관제상의 문제점들을 해결하기 위해 새롭게 등장한 개념이 바로 Fig. 8의 포인트 머지 기법(point merge procedure)이다. 이 관제 기법은 Eurocontrol Experimental Centre(EEC)에서 개발한 기법으로 좁고 제한된 공역에서 효과적인 항공기 분리와 흐름관리를 가능케 한다. 그뿐만 아니라, 항공기에 대한 관제 지시를 최소화함과 동시에 FMS 장비를 활용한 연속강하접근(CDO)을 실현하는 것을 목적으로 하고 있다.

2.1.6 트롬본(trombone)

트롬본 기법은 다중의 waypoint로 되어 있는 병렬 구간의 트롬본 모양 RNAV 접근 절차이다. 기법의 적용이 가능한 공역 내에서는 항공기 수용량을 최대한 확장시킬 수 있고, Fig. 9와 같이 미리 설정된 waypoint와 경로를 통하여 간격과 방향을 예상할 수 있게 한다. 그리고 교통 사정에 따라 효율적인 흐름관리를 위해 다음 구간까지의 지름길(short cut)을 제공할 수 있다.

Fig. 10은 간소화된 트롬본 기법의 예를 보여주고 있다. 두 개의 서로 다른 트래픽(traffic) 흐름에 대하여 각 진입 지점(entry point : EPa, EPb)으로 접근하는 절차를 표현한 것으로 설정된 전체 경로(흑색 선)를 비행해야 한다. 만약 관제 지시에 따라 임의의 waypoint에서 지름길을 제공받게 되면 적색 점선으로 비행할 수 있게 되며, 이 경우는 기준 경로 대비 비행거리의 감소를 의미한다.⁵⁾

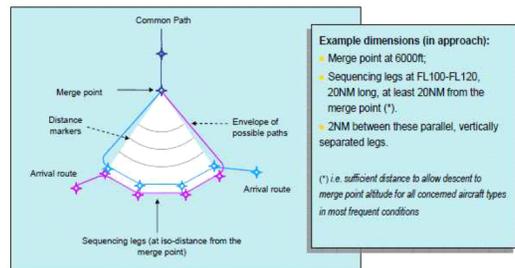


Fig. 8. Concept of point merge procedure (Point Merge Integration of Arrival Flows Enabling Extensive RNAV Application and Continuous Descent: Operational Services and Environment Definition Ver2.0, EEC, 2010, p.20)

4) Park, B.-M., "A simulation study on point merge system in arrival phase", Master Thesis, Korea Aerospace University, 2013. 2.
 5) Raúl S´aez, Xavier Prats, Tatiana Polishchuk, and Valentin Polishchuk "Traffic synchronization in terminal airspace to enable continuous descent operations in trombone sequencing and merging

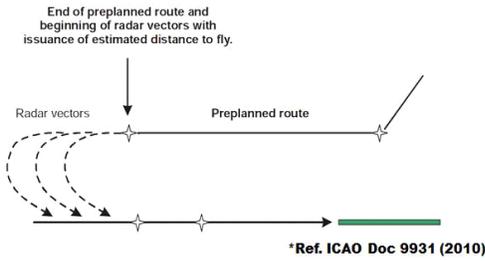


Fig. 9. Concept of trombone vectoring (ICAO CDO Manual, Doc 9931, 2011, p.A-1-6)

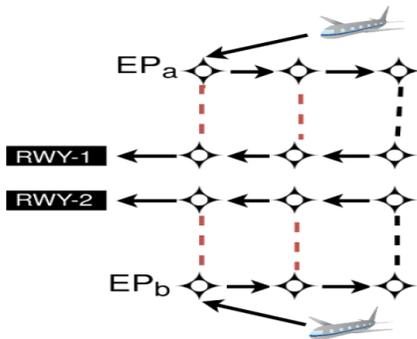


Fig. 10. Concept of trombone procedure

그러나 이러한 장점에 비해, 트롬본 형태의 벡터 기법은 미리 설정된 많은 waypoint로 인하여 항적의 획적 변화가 어렵고, 특히 교통량이 많은 경우에 필요한 관제사의 분리 조절이 어렵다. 관제 지시에 따라 운항 승무원의 복잡한 경로 조작이 필요할 수 있어 운항 승무원의 혼란과 실수 가능성도 존재한다. 무엇보다 과도한 경로와 제한사항의 설정으로 FMS가 제공하는 최적화된 강하 수행이 어렵다.

2.1.7 절차의 설계 기준

2.1.7.1 표준계기도착절차(STAR)

국토교통부의 “비행절차설계요령”⁶⁾에 따르면 표준계기도착절차(STAR)는 항공로 비행, 즉 순항 단계로부터 시작하여 첫접근지점(IAF)까지의 비행항로를 의미한다. 표준계기도착절차는 국지적인 항공교통 흐름과 조화를 이루며, 가능한 범위 내에서 일치를 이룰 수 있

도록 설정되어야 하고, 항공교통업무(ATS)에 사용되는 항공로 상의 주요 지점을 계기접근절차가 시작되는 지점들과 연결해 항공로 비행 단계로부터 접근 단계로의 전이 비행이 이루어지도록 수립하여야 하며, 도착 비행로의 길이는 항행안내신호를 제공하는 시설들의 기술적 운영 범위를 벗어나지 않도록 해야 한다고 규정하고 있다.

절차의 설계는 최대한 운항 편의성과 효율성 차원에서 단순하고 이해하기 쉽게 수립되는 것이 이상적이다. 비행로를 한정하고 항공교통관제 목적을 달성하기 위해 필요한 항행안내전무선시설, 픽스들만 포함되어야 하고 다양한 항공기 범주(category)를 수용할 수 있도록 개발하여야 한다. 비행경로는 레이더 관제의 수요를 감소시킬 수 있는 비행로를 따라 항행하는 것을 허용해야 하고 동일 접근관제구역(terminal maneuvering area, TMA)내 복수의 공항을 지원하기 위한 목적으로 수립될 수도 있다. 비행 속도와 고도의 제한은 설정 시, 항공운송사업자들의 자문도 수렴하여 항공기의 운항 성능을 고려하고, 교차점 대신 디엠이 픽스(DME FIX)나 길목으로 설정한 지점들을 최대한 이용하도록 하는 것이 바람직하다.

2.1.7.2 계기접근절차(ILS 접근)

국토교통부 “비행절차설계요령”에 의한 ILS 정밀계기접근의 최초 접근 부분은, 항공기가 Localizer 코스 진입(interception)을 쉽게 할 수 있도록 Localizer 신호 전달 범위에 위치되는 것이 보장되어야 한다. 최초 접근 궤도(track)와 중간 접근궤도 사이의 진입(interception) 각도는 90°를 초과하지 않는 것이 바람직하다. Localizer 코스로 진입하는 지점과 활공로(glide path)에 진입하는 지점 사이의 거리는 진입 각도를 고려하여, 항공기가 활공로에 진입하기 전에 Localizer 코스 상에 위치하고 안정한 자세를 취하기에 충분한 정도의 거리로 정하는 것이 바람직하다.

계기착륙장치(ILS)를 활용한 정밀접근절차의 설계를 위한 접근 강하각은 CAT 1 정밀접근의 경우 3.5° 이내, Cat II 및 III 의 경우 3°로 설계한다. 실패접근지점은 활공로와 결심고도 (DA/H)가 만나는 지점으로 정해진다. 결심고도 (DA/H)는 OCA/H로 정해지거나 그보다

procedures: An implementation study for Frankfurt airport”, Transportation Research Part C: Emerging Technologies, 121, 2020, p.3.

6) 국토교통부 예규 제274호, “비행절차설계요령”, 2019, p.1-4-1.

더 높은 고도로 정해진다. 일반적으로 설정된 고도가 순차적 하강이 가능하도록 설계된 경우, 대략 3.3 NM 에 1,000 FT를 처리할 수 있도록 설정하고 있으나, 국내의 경우 대부분 3.0 NM에 걸쳐 강하, 처리하도록 설계되어 있어 고도 처리가 쉽지 않고, 배풍(tailwind) 등의 외적 변수가 발생하는 경우 고도 처리 등 절차 수행에 다소 어려움을 경험할 가능성이 있다.

2.2 국내 STAR 활용도와 CDO 강하 비율

2.2.1 표준계기도착절차(STAR) 현황

현재 인천국제공항과 제주국제공항에 수용량 증대를 위해 트롬본 및 포인트 머지 방식의 선진형 항공기 분리 기법이 도입되어 RNAV 방식의 연속강하접근절차와 병행하여 적용하고 있다. 그러나 협소한 공역 및 인접 공항 등의 문제로 인하여 고도 및 속도 등의 제한사항이 많이 설정되어 있어 연속강하접근이 제한적으로 운영될 수밖에 없는 구조적 한계점을 내포하고 있다. 신개념 절차의 많은 waypoint과 경로는 교통량이 적은 시간대에도 FMS가 잔여 거리를 실제보다 과다하게 계산하게 되어 최초 강하시작지점(TOD)을 부정확하게 제공하게 된다. 결과적으로 접근 운항편의 순항 구간이 길어지고 연료 소모가 증가하게 되고, 지속적인 연속강하접근의 실현이 어려운 구조로 되어 있는 단점이 존재한다.

2.2.2 분석 자료

연구는 Fig. 11과 같이 Flight Radar24 항적자료를 활용하여 인천국제공항의 표준계기도착절차(STAR)의 활용도 분석과 함께 연속강하접근의 실적분석을 진행하였다. 인천국제공항 AIP 절차에 수록된 연속강하접근절차(CDO)의 운영시간(23:00-04:00 KST) 대의 활용 실적을 별도로 분석하였다. 제주국제공항의 포인트 머지(point merge) 절차의 활용도를 분석하고 연속강하접근(CDO)의 실현 가능성을 연구하였다.

2.2.3 분석 방법

활용도 분석을 위하여 먼저 인천국제공항은 표준계기도착절차(STAR)의 entry point(KARBU, GUKDO, OLMEN, REBIT)를, 제주국제공항은 Entry Point(DOTOL, MAKET, TAMNA, SOSDO, TOLIS)를 절차의 설정 거리와 실제 항적의 운항 거리를 비교하기

flight_id	aircraft_reg	equip	callsign	flight	schd_from	schd_to	real_to	reserved	propagol_latitude	heading	latitude	longitude	radar_id	speed	squawk	
2.00E+09	7429090		FREB	ICN					1.51E+09	27900	83	37.12029	124.4984	1753	554	45
2.00E+09	7808113	B738	CCS4620	SC4620	ICN	TAO	TAO		1.51E+09	20800	84	37.133	124.6561	1753	548	45
2.00E+09	7451240	HL8098	8770W	KEHLD08	ICN				1.51E+09	23175	84	37.12365	124.8831	1584	505	45
2.00E+09	7451256	HL7248	87163	AA0317	ICN	TAO	TAO		1.51E+09	20715	84	37.13111	125.1335	1584	485	45
2.00E+09	1084480	MA529A	8744	PAC352	POS82	LEJ	ICN	ICN	1.51E+09	18900	84	37.18881	125.3371	1584	460	45
2.00E+09	5024411	EREP	A332	AZ4758	AZ758	FCO	ICN	ICN	1.51E+09	17200	85	37.19873	125.4706	1584	442	45
2.00E+09	7454085	HL7585	A333	KAJ394	KE934	DPS	ICN	ICN	1.51E+09	16700	85	37.20335	125.5327	1584	414	45
2.00E+09	4959462	CHL70A	A333	FR077	AJ77	MEL	ICN	ICN	1.51E+09	15825	85	37.20809	125.6335	1584	400	45
2.00E+09	4959555	CHL70B	A333	FR087	AJ87	MEL	ICN	ICN	1.51E+09	14800	86	37.21169	125.7262	1584	386	45
2.00E+09	7454939	HL8077	8771L	KAL330	KE330	FRA	ICN	ICN	1.51E+09	13850	86	37.21572	125.7754	1584	382	45
2.00E+09	4959896	TCJ04	A333	TH988	TK88	IST	ICN	ICN	1.51E+09	13050	86	37.21944	125.8319	1584	379	45
2.00E+09	1126640	N8670A	8772	DL217	DL217	ATL	ICN	ICN	1.51E+09	12375	86	37.22382	125.8302	1584	337	45
2.00E+09	7454737	HL8011	8777W	KAL306	KE306	ATL	ICN	ICN	1.51E+09	10875	86	37.22826	125.8836	1584	324	45
2.00E+09	7864412	B6651	300	COH9389	PC9389	PVG	KIX	KIX	1.51E+09	10350	86	37.23265	126.0055	1584	300	45
2.00E+09	7454273	HL7841	A388	AA0542	QZ542	FRA	ICN	ICN	1.51E+09	9050	86	37.23769	126.0303	1584	274	45
2.00E+09	9015146	B14719	77W	EVARD05	B05	LAX	TYE	TYE	1.51E+09	9400	86	37.23876	126.0457	1584	212	45
2.00E+09	1120185	N803AL	8788	AA1183	AA183	LAX	PVG	PVG	1.51E+09	8700	87	37.23987	126.0719	1584	309	45
2.00E+09	7454484	HL7714	772	KAL352	KE352	DWB	ICN	ICN	1.51E+09	8200	87	37.23962	126.0828	1584	306	45
2.00E+09	9045421	PKG-C	A333	GA870	GA870	DPS	ICN	ICN	1.51E+09	7800	87	37.23127	126.1135	1584	299	45
2.00E+09	11220127	N821AN	789	AA2381	AA381	DFW	ICN	ICN	1.51E+09	7375	87	37.23203	126.1339	1584	290	45
2.00E+09	4832141	QK19A	330	CSA190	QK190	PVG	ICN	ICN	1.51E+09	6825	87	37.23265	126.1545	1584	280	45
2.00E+09	7454513	HL7351	A333	KAL350	KE350	DPS	ICN	ICN	1.51E+09	6675	86	37.23363	126.1716	1584	270	45
2.00E+09	1259419	CRJ7J	8789	AC4061	AC61	YYZ	ICN	ICN	1.51E+09	6500	86	37.2345	126.1836	1584	256	45
2.00E+09	7455386	HL8286	A333	AA0748	QZ748	HKT	ICN	ICN	1.51E+09	6300	86	37.23537	126.2094	1584	246	45
2.00E+09	7455384	HL7614	A388	KAL082	KE82	JKK	ICN	ICN	1.51E+09	6025	86	37.23628	126.2265	1584	241	45
2.00E+09	7455348	HL8274	8777W	KAL042	KE42	SYD	ICN	ICN	1.51E+09	5700	86	37.23714	126.2438	1584	237	45
2.00E+09	7454284	HL7638	8748	KAL306	KE306	FRA	ICN	ICN	1.51E+09	5400	86	37.23797	126.2598	1584	230	45
2.00E+09	7808209	RA002	A333	KAL318	Q118	KUL	PVG	PVG	1.51E+09	5100	86	37.23881	126.2716	1584	221	45
2.00E+09	7454176	HL8010	8770W	KAL094	KE94	HAD	ICN	ICN	1.51E+09	4800	85	37.23922	126.2823	1584	221	45
2.00E+09	1084931	MA539A	8744	PAC3075	PO375	LEJ	NRT	NRT	1.51E+09	4700	85	37.24022	126.3003	1584	230	45
2.00E+09	7454653	HL8085	8789	KAL074	KE74	YYZ	ICN	ICN	1.51E+09	4600	85	37.24072	126.3086	1584	228	45
2.00E+09	7455384	HL8284	8772	AA0502	QZ502	CDG	ICN	ICN	1.51E+09	4450	85	37.24123	126.3166	1584	228	45
2.00E+09	7454464	HL7700	8772	AA0221	QZ221	JKK	ICN	ICN	1.51E+09	4300	85	37.24175	126.3246	1584	228	45

Fig. 11. Flight Radar24 information table

위한 기준 지점으로 설정하였다. 이들 지점으로부터 시작하는 표준계기도착절차와 개별 계기접근절차의 최종 접근지점(final approach fix)까지의 거리를 계산하여 기준으로 하고, 실제 항적의 운항실적 거리와 비교하며, 이를 백분율로 표시하여 절차의 활용도를 분석하였다. 그리고 항적의 강하접근을 분석하여 연속강하접근의 실현도를 연구하였다. 항적의 강하 접근을 Fig. 12, 13과 같이 파란색 원으로 표시된 부분과 같이 수평비행을 수행한 Step-Down 접근과 지속적인 강하의 CDO를

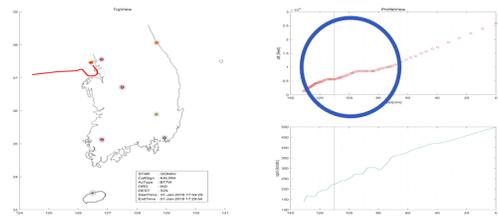


Fig. 12. Step-down flight 예시

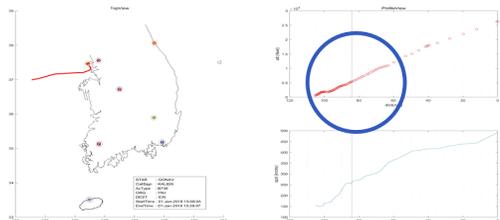


Fig. 13. CDO flight 예시

수행한 항적으로 구분하여 분석하였다. 항공기 운항 및 위치 정보를 이용하여 대상 항공기를 식별 및 판단하였고 EURO CONTROL European CCO/CDO Action Plan 기준⁷⁾을 적용하였다. 세부 기준은 300ft/min 이하의 강하 또는 비행이 20초 이상 지속된 경우는 수평 비행으로, 그 외의 경우를 연속강하접근(CDO)비행으로 분류하였다.

2.2.4 분석 결과

인천국제공항과 제주국제공항의 표준계기도착절차 활용도 및 연속강하접근(CDO) 운항실적 분석의 기준인 절차의 거리는 설정된 각각의 entry point로부터 개별접근절차의 최종접근지점(FAF)까지의 거리로 아래 Table 1-2와 같다. Table 3-6은 실제 활용도를 분석한 결과로, Table 1-2의 기준 거리와 실제 항적의 운항거리를 비교하여 기준 대비 그 아래 표에 병행하여 그 결과를 백분율로 표시하여 개별 entry point의 해당 표준계기도착절차의 활용도를 분석하였다.

2.2.5 인천국제공항 트롬본 절차 분석

인천국제공항 활주로 33L/R, 34에 첫접근지점(IAF) ENPIL을 기점으로 트롬본(trombone) 기법을 적용한 절차가 최초로 설치 운영된 2020년 10월을 기준으로 3개월간의 절차 활용도를 조사하였다. 활용도 분석의 기준인 절차의 설정 거리는 Table 7과 같이 각각의

Table 1. Information of STAR (ICN)

활주로	절차 시작점	거리(NM)
33/34	KARBU	82.7
	GUKDO	79.1
	OLMEN	115.7
	REBIT	109
활주로	절차 시작점	거리(NM)
15/16	KARBU	122.3
	GUKDO	127.9
	OLMEN	101.1
	REBIT	72.8

Table 2. Information of STAR (CJU)

활주로	절차 시작점	거리(NM)
07	DOTOL	107.3
	MAKET	124.7
	TAMNA	134.3
	TOSAN	122.4
	SOSDO	122.7
	TOLIS	214.6
활주로	절차 시작점	거리(NM)
25	DOTOL	77.2
	MAKET	60.5
	TAMNA	110.4
	TOSAN	107.6
	SOSDO	107.9
	TOLIS	188.7

entry point로부터 개별 계기착륙장치(ILS)를 이용한 정밀계기접근절차의 최종접근지점(FAF)까지 거리를 기준으로 하였다. 실제 항적의 운항거리와 비교하여 분석 결과는 Table 8과 같이 정리하였다. COVID-19 사태로 인한 항적 감소 상황에 따라 정확한 경향성을 분석하기는 어렵지만 OLMEN을 기점으로 하는 항적의 활용도는 양극화 경향을 보여주었고 그 밖의 지점에서는 대다수의 항적이 80%를 밑도는 활용도를 보여주었다.

2.2.6 인천국제공항 CDO 운항 분석

인천국제공항에 입항하기 위한 실질적인 강하 접근이 시작되는 entry point의 전 지점(BIKSI, CUN, MAKSA, GONAV)을 기점으로 하여 EURO Control의 연속강하접근 기준을 충족하는 강하접근비행을 분석하였다. 2018-19년 2년간의 비행 항적 분석을 통하여 아래 Table 7-12와 같이 연속강하접근이 10% 내외의 매우 낮은 비율로 이루어지고 있었음을 발견할 수 있었으며, 잦은 수평비행으로 인하여 운항 경제성을 확보하기 어려움이 있었음을 알 수 있다.

7) Euro Control, "European CCO/CDO Action Plan", Appendix E, 2020, p.79.

Table 3. Utilization of STAR (ICN, 2018)

단위: 대(%)

활주로 ENTRYPOINT		활용도					합계
		60% 미만	60% 이상 70% 미만	70% 이상 80% 미만	80% 이상 90% 미만	90% 이상	
15/16	KARBU	3 (0.3%)	135 (11.9%)	550 (48.4%)	288 (25.3%)	161 (14.2%)	1,137 (100%)
	GUKDO	25 (0.2%)	988 (7.2%)	6,469 (47.1%)	4,162 (30.3%)	2,099 (15.3%)	13,743 (100%)
	OLMEN	6 (0.0%)	309 (1.7%)	7,504 (42.2%)	5,777 (32.5%)	4,166 (23.5%)	17,762 (100%)
	REBIT	13 (0.1%)	2,585 (20.6%)	4,059 (32.3%)	1,978 (15.7%)	3,924 (31.2%)	12,559 (100%)
33/34	KARBU	- (0.0%)	1 (0.0%)	1,651 (44.5%)	1,178 (31.8%)	876 (23.6%)	3,706 (100%)
	GUKDO	1 (0.0%)	19 (0.0%)	22,751 (54.1%)	10,378 (24.7%)	8,930 (21.2%)	42,079 (100%)
	OLMEN	44,089 (78.8%)	5,076 (9.7%)	3,076 (5.5%)	1,915 (3.4%)	1,813 (3.2%)	55,969 (100%)
	REBIT	17,755 (48.7%)	11,912 (32.7%)	4,069 (11.2%)	1,439 (3.9%)	1,294 (3.5%)	36,469 (100%)
합계		61,892 (33.7%)	21,025 (11.5%)	50,129 (27.3%)	27,115 (14.8%)	23,263 (12.7%)	183,424 (100%)

Table 4. Utilization of STAR (ICN, 2019)

단위: 대(%)

활주로 ENTRYPOINT		활용도					합계
		60% 미만	60% 이상 70% 미만	70% 이상 80% 미만	80% 이상 90% 미만	90% 이상	
15/16	KARBU	- (0.0%)	127 (10.5%)	638 (52.9%)	306 (25.4%)	134 (25.4%)	1,205 (100%)
	GUKDO	4 (0.0%)	820 (6.1%)	6,665 (49.7%)	4,118 (30.7%)	1,790 (30.7%)	13,397 (100%)
	OLMEN	3 (0.0%)	301 (1.7%)	8,043 (44.5%)	5,921 (32.7%)	3,820 (32.7%)	18,088 (100%)
	REBIT	17 (0.1%)	1,819 (13.8%)	4,587 (34.9%)	2,475 (18.8%)	4,236 (18.8%)	13,134 (100%)
33/34	KARBU	- (0.0%)	1 (0.0%)	1,778 (44.7%)	1,428 (35.9%)	770 (35.9%)	3,977 (100%)
	GUKDO	- (0.0%)	31 (0.1%)	24,013 (55.3%)	11,488 (26.5%)	7,860 (26.5%)	43,392 (100%)
	OLMEN	52,183 (85.2%)	4,596 (7.5%)	2,366 (3.9%)	1,175 (1.9%)	919 (1.9%)	61,239 (100%)
	REBIT	19,608 (49.8%)	13,494 (34.2%)	4,424 (11.2%)	1,233 (3.1%)	651 (3.1%)	39,410 (100%)
합계		71,815 (37.0%)	21,189 (10.9%)	52,514 (27.1%)	28,144 (14.5%)	20,180 (14.5%)	193,842 (100%)

Table 5. Utilization of STAR (CJU, 2018)

단위: 대(%)

활주로 ENTRYPOINT	활용도					합계	
	60% 미만	60% 이상 70% 미만	70% 이상 80% 미만	80% 이상 90% 미만	90% 이상		
7	DOTOL	11,367 (31.7%)	8,441 (23.6%)	6,964 (19.4%)	4,928 (13.8%)	4,129 (11.5%)	35,829 (100%)
	MAKET	3,411 (28.5%)	3,407 (28.5%)	2,510 (21.0%)	1,371 (11.5%)	1,260 (10.5%)	11,959 (100%)
	TAMNA	200 (34.4%)	152 (26.2%)	100 (17.2%)	80 (13.8%)	49 (8.4%)	581 (100%)
	TOSAN	9 (50.0%)	2 (11.1%)	2 (11.1%)	2 (11.1%)	3 (16.7%)	18 (100%)
	SOSDO	1,568 (60.5%)	253 (9.8%)	261 (10.1%)	235 (9.1%)	273 (10.5%)	2,590 (100%)
	TOLIS	416 (54.7%)	99 (13.0%)	69 (9.1%)	79 (10.4%)	98 (12.9%)	761 (100%)
25	DOTOL	4,085 (19.6%)	3,976 (19.1%)	3,317 (15.9%)	2,805 (13.5%)	6,629 (31.9%)	20,812 (100%)
	MAKET	22 (0.3%)	278 (4.0%)	3,054 (43.4%)	1,671 (23.8%)	2,008 (28.6%)	7,033 (100%)
	TAMNA	206 (67.3%)	19 (6.2%)	23 (7.5%)	8 (2.6%)	50 (16.3%)	306 (100%)
	TOSAN	10 (58.8%)	2 (11.8%)	1 (5.9%)	3 (17.6%)	1 (5.9%)	17 (100%)
	SOSDO	618 (41.7%)	314 (21.2%)	194 (13.1%)	115 (7.8%)	240 (16.2%)	1,481 (100%)
	TOLIS	1 (0.2%)	83 (20.2%)	104 (25.4%)	111 (27.1%)	111 (27.1%)	410 (100%)
합계	21,913 (26.8%)	17,026 (20.8%)	16,599 (20.3%)	11,408 (13.9%)	14,851 (18.2%)	81,797 (100%)	

Table 6. Utilization of STAR (CJU, 2019)

단위: 대(%)

활주로 ENTRYPOINT	활용도					합계	
	60% 미만	60% 이상 70% 미만	70% 이상 80% 미만	80% 이상 90% 미만	90% 이상		
7	DOTOL	8,701 (25.5%)	7,503 (22.0%)	7,067 (20.7%)	6,032 (17.7%)	4,791 (14.1%)	34,094 (100%)
	MAKET	2,461 (21.6%)	3,279 (28.8%)	2,701 (23.7%)	1,553 (13.6%)	1,386 (12.2%)	11,380 (100%)
	TAMNA	167 (27.4%)	179 (29.3%)	105 (17.2%)	81 (13.3%)	78 (12.8%)	610 (100%)
	TOSAN	13 (52.0%)	3 (12.0%)	3 (12.0%)	4 (16.0%)	2 (8.0%)	25 (100%)
	SOSDO	1,761 (55.6%)	302 (9.5%)	306 (9.7%)	361 (11.4%)	435 (13.7%)	3,165 (100%)
	TOLIS	489 (45.6%)	140 (13.0%)	137 (12.8%)	155 (14.4%)	152 (14.2%)	1,073 (100%)
25	DOTOL	3,870 (16.1%)	3,996 (16.6%)	3,597 (14.9%)	3,385 (14.0%)	9,253 (38.4%)	24,101 (100%)
	MAKET	24 (0.3%)	319 (4.0%)	3,178 (39.5%)	1,939 (24.1%)	2,585 (32.1%)	8,045 (100%)
	TAMNA	244 (64.9%)	31 (8.2%)	18 (4.8%)	15 (4.0%)	68 (18.1%)	376 (100%)
	TOSAN	10 (45.5%)	3 (13.6%)	2 (9.1%)	2 (9.1%)	5 (22.7%)	22 (100%)
	SOSDO	960 (39.7%)	491 (20.3%)	310 (121.8%)	184 (7.6%)	471 (19.5%)	2,416 (100%)
	TOLIS	1 (0.2%)	113 (15.3%)	176 (23.8%)	206 (27.9%)	243 (32.9%)	739 (100%)
합계	18,701 (21.7%)	16,359 (19.0%)	17,600 (20.5%)	13,917 (16.2%)	19,469 (22.6%)	86,046 (100%)	

Table 7. Information of STAR (ICN)

활주로	절차 시작점	거리(NM)
33 L/R 34	KARBU	102.8
	GUKDO	109.7
	OLMEN	98.8

(TROMBONE 2020년 10월 기준)

Table 8. Utilization of STAR (ICN, 2020)
단위: 대(%)

활용도	ENTRY POINT			합계
	KARBU	GUKDO	OLMEN	
60% 미만	0 (0.0%)	0 (0.0%)	2,878 (53.6%)	2,878 (29.2%)
60% 이상 70% 미만	10 (1.9%)	7 (0.2%)	743 (13.8%)	760 (7.7%)
70% 이상 80% 미만	290 (55.0%)	2,618 (66.0%)	486 (9.1%)	3,394 (34.4%)
80% 이상 90% 미만	71 (13.5%)	402 (10.1%)	186 (3.5%)	659 (6.7%)
90% 이상	156 (29.6%)	939 (23.7%)	1,076 (20.0%)	1,076 (22.0%)
합계	527	3,966	5,369	9,862

Table 9. CDO ratio (ICN, 2018)

RWY33	CDO 편수	접근 편수	비율(%)
BIKSI	314	3,252	9.7
CUN	4,102	32,575	12.6
MAKSA	3,874	47,107	8.2
GONAV	1,136	17,941	6.3
합계	9,426	100,875	9.3

RWY34	CDO 편수	접근 편수	비율(%)
BIKSI	22	444	5.0
CUN	471	4,656	10.1
MAKSA	1,098	13,706	8.0
GONAV	2,302	18,542	12.4
합계	3,893	37,948	10.4

Table 10. CDO ratio (ICN, 2019)

RWY33	CDO 편수	접근 편수	비율(%)
BIKSI	303	3,614	8.4
CUN	3,966	32,845	12.1
MAKSA	3,621	50,026	7.2
GONAV	868	19,340	4.5
합계	8,758	105,825	8.3

RWY34	CDO 편수	접근 편수	비율(%)
BIKSI	14	397	3.5
CUN	406	4,080	10.0
MAKSA	1,207	17,647	6.8
GONAV	1,519	20,069	7.6
합계	3,146	42,193	7.5

Table 11. CDO ratio (ICN RWY33/34, 2018)

RWY33/34	CDO 편수	접근 편수	비율(%)
BIKSI	336	3,696	9.1
CUN	4,573	37,231	12.3
MAKSA	4,972	60,813	8.2
GONAV	3,438	36,483	9.4
합계	13,319	138,223	9.6

Table 12. CDO ratio (ICN RWY33/34, 2019)

RWY33/34	CDO 접근	접근 편수	비율(%)
BIKSI	317	4,011	7.9
CUN	4,372	36,925	11.8
MAKSA	4,828	67,673	7.1
GONAV	2,387	39,409	6.1
합계	11,904	148,018	8.0

III. 결 론

본 연구를 통하여 항공기 강하 접근 단계에서의 표준계기도착절차의 활용도가 전체적으로 약 80% 정도를 하회하는 수준을 보임에 따라 입항 경로의 합리적인 수정을 통한 경제성 확보 및 체공시간 합리화의 필

요성을 입증하였다. 표준계기도착절차의 활용도와 인천국제공항의 입항하는 항공기의 연속강하접근의 실태를 분석한 결과, 절차의 개선을 통한 운항 효율성과 경제성의 확보 방안이 시급히 요구되고 있음을 인지할 수 있었다. 특히 항적이 많은 시간과 그렇지 않은 시간을 구분하여 적용할 수 있는 세분화된 표준계기도착절차의 필요성과 연속강하접근의 확대 적용방안의 필요성이 제기되었다.

본 연구는 운항승무원과 관제사의 무선 교신량 감소, 수용량 확대 등의 효과가 있는 새로운 개념의 트롬본(trombone) 및 포인트 머지(point merge) 기법과 2019년 기준 10% 수준에 머물러 있는 연속강하접근(CDO)과의 조화를 이룰 수 있도록 표준계기도착절차를 수정, 개선하여 국내 공역의 현실에 적합한 절차 설계를 위한 기초적 자료를 제시한 데 의미가 있다고 할 수 있다. 이러한 분석 결과는 운항 항공기의 강하 및 접근 경로상에서 체공시간을 최소화하고, 실질적이고 효율적인 운항 절차 수립을 통한 항공기 운항의 경제성, 안정성 확보 및 공역의 합리적 활용에 기여할 수 있을 것으로 기대된다. 향후 표준계기도착절차 활용성 확대 및 연속강하접근 개념의 확대 적용 그리고 좁은 공역을 보다 효율적으로 활용할 수 있는 항공기 운항 성능에 친화적인 절차의 개발을 위하여 복합적이고 체계적인 연구 필요성의 환기를 기대한다. 마지막으로 향후 관련 기관과 관제기관과 더불어 첨단 시뮬레이션 프로그램을 통한 꾸준한 연구가 진행되어야 할 것으로 생각된다.

감사의 글

본 연구는 국토교통과학기술진흥원 “데이터기반 항공교통관리 기술개발(과제번호: 21DATM-C162722-01)”의 연구지원으로 수행되었습니다.

References

1. Park T., and Moon, W., “Technical trends of continuous descent operations and effects of extended CDO for Korean domestic airport”, Fall Conference of KSAA, KSAA, 2015, p.74.
2. AIRBUS社, “Descent Management, Flight Briefing Notes”, 2006, p.3.
3. Park, B.-M., “A simulation study on point merge system in arrival phase”, Master Thesis, Korea Aerospace University, 2013. 2.
4. Raúl S´aez, Xavier Prats, Tatiana Polishchuk, and Valentin Polishchuk, “Traffic synchronization in terminal airspace to enable continuous descent operations in trombone sequencing and merging procedures: An implementation study for Frankfurt airport”, Transportation Research Part C: Emerging Technologies, 121, 2020, p.3.
5. 국토교통부 예규 제274호, “비행절차설계요령”, 2019, p.1-4-1.
6. Euro Control, “European CCO/CDO Action Plan” Appendix E, 2020, p.80.