

울산공항 활주로 18 LPV 계기접근절차 개발

Development of Localizer Performance with Vertical Guidance Instrument Approach Procedure on Runway 18 in Ulsan Airport

조현수¹ · 김은정² · 김성엽³ · 이명식^{1*}

¹한국공항공사

²이노스카이

³한국교통안전공단

Hyunsoo Cho¹ · Eunjung, Kim² · Sung-Yeob Kim³ · Myeongsik, Lee^{1*}

¹Korea Airport Coporate, Seoul, 07505, Korea

²INOSKY, Gyeonggi-do, 10386, Korea

³Korea Transportation Safety Authority, Gyeongsangbuk-do 39660, Korea

[요 약]

한국형 위성기반보정시스템(KASS)의 운영으로 LPV (localizer performance with vertical guidance) 계기접근절차를 개발 및 운영할 수 있게 되었다. 본 연구에서는 장애물로 인해 ILS 설치가 어려운 울산공항의 18 활주로를 대상으로 하여 LPV 절차를 개발해 보고 결항 감소 효과를 연구하였다. 연구 결과 LPV 계기접근절차 개발시 결심고도는 380 ft, 시정제한치는 1,200 m가 예상된다. 이에 따라 LPV 계기접근 개발시 18 방향 활주로 이용시 시정과 운고에 따른 결항은 2023년 결항횟수 기준 92%가 감소할 것으로 예상되므로 울산공항 활주로 18 LPV 계기접근절차의 개발 및 운영은 반드시 필요해보인다.

[Abstract]

With the operation of the Korean satellite-based augmentation System (KASS), it has become possible to develop and implement localizer performance with vertical guidance (LPV) instrument approach procedures. In this study, we developed an LPV procedure for Runway 18 at Ulsan Airport, where the installation of an instrument landing system (ILS) is unable due to obstacles, and examined the potential reduction in flight cancellations. The study results suggest that, when developing an LPV instrument approach procedure, the decision altitude would be 380 feet, and the visibility minimum would be 1,200 meters. Consequently, it is expected that flight cancellations for Runway 18, based on 2023 cancellation data, could be reduced by 92% under the given visibility and ceiling conditions if LPV instrument approach procedure is developed. Therefore, the development and operation of the LPV instrument approach procedure for Runway 18 at Ulsan Airport is deemed essential.

Key word : Satellite based augmentation system (SBAS), Korea augmentation satellite system (KASS), Localizer performance with vertical guidance (LPV), Ulsan Airport.

<https://doi.org/10.12673/jant.2024.28.5.594>



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Received 22 September 2024; Revised 25 October 2024

Accepted (Publication) 28 October 2024 (31 October 2024)

*Corresponding Author ; Myeongsik Lee

Tel: *** - **** - ****

E-mail: 20305lms@naver.com

I. 서론

1-1 연구의 배경 및 목적

항공기 운항은 여러 가지 기술의 발전에 따라 보다 효율적이고 안전하게 진화해왔다. 특히 항행에 있어 GNSS (global navigation satellite system)의 활용은 RNAV (area navigation), RNP (required navigation performance) 항법에 있어 획기적인 발전을 이뤄왔다. 하지만 GNSS 항법은 위치 오류(position error)가 내제되어 있어 보정이 필수적이다. 보정 방법은 항공기 기반 보정시스템(ABAS; aircraft based augmentation system), 지상 기반 보정시스템(GBAS; ground based augmentation system), 위성 기반 보정시스템(SBAS; satellite based augmentation system, 이하 SBAS)이 대표적이며 이러한 보정시스템이 뒷받침해줄 때 위성 항법시스템은 보다 안전하고 효율적이게 된다. 이중 SBAS는 정지궤도위성을 이용하며, 미국에서는 2003년부터 WAAS(wide area augmentation system : 미국 SBAS)을 개발하여 항공에 활용하고 있으며, 한국의 경우 2024년도에 KASS라는 이름으로 SBAS를 운영하기 시작하였다.

SBAS를 통해 항공운항에서 얻을 수 있는 이점으로는 RNP 접근을 통해 결항률을 줄일 수 있으며 보다 효율적인 항로설계를 통해 항공기 연료 소모를 줄일 수 있다. 하지만 항공운항에 있어 가장 큰 이점으로는 항공기가 공항에 계기 접근 시 (instrument approach)에서 APV(approach procedure with vertical Guidance) 중 하나인 LPV(localizer performance with vertical Guidance) 계기접근절차 (IAP; instrument approach procedure)와 같이 정밀한 수직 유도(vertical guidance)를 제공할 수 있다는 점이다. 특히 계기착륙시설 (ILS; instrument landing system, 이하 ILS)이 설치되어 있지 않은 공항에서 유용하며, ILS와 유사한 수준의 수직 유도가 제공된다는 점에서 공항의 기상제한치(운고, 시정)가 낮아져 결항률을 줄일 수 있으며 이를 통해 항공사는 회항과 같은 불필요한 연료 낭비를 줄일 수 있고 여객의 불편을 줄일 수 있다.

본 연구에서는 지형지물로 인해 ILS가 설치가 되어 있지 않으며 시정(visibility) 및 운고(ceiling)의 제한치가 높은 울산공항의 18 활주로를 대상으로 LPV 접근절차의 개발 및 결항률 개선 가능성에 관하여 연구하였다.

1-2 기존 문헌 검토 및 시사점

유병선, 송병흠(1999)은 GPS가 미국에서 항행의 수단으로서 실용화됨에 따라 한국에서도 GPS 절차의 개발이 필요하다고 주장하였으며 그에 대한 예시로 제주국제공항을 대상으로 GPS 계기접근절차를 고안하였다[1].

전향식(2010)은 차세대 CNS/ATM 기술 동향 분석에서 ICAO, 유럽, 미국의 항행시스템에 대한 기술개발의 동향과 국내의 기술 수준 등을 비교하였다[2].

FAA(2011)는 Advisory Circular 90-107에서 WAAS 운영에

다른 LPV, LP(localizer precision) 계기접근절차의 제한치, 성능, 항공기 탑재장비 등에 대해 안내하고 있다[3].

조경현(2021)은 항공기 수직유도에 의한 계기접근절차 국내 적용방안 연구에서 델파이 분석을 통해 APV 절차의 국내공항 도입의 중요성에 대해 연구하였다[4].

양윤성 외(2022)는 SBAS APV-I 계기접근절차에 관한 실증 연구를 통해 인천국제공항 15L 활주로를 대상으로 SBAS APV-I 계기접근 절차를 설계하였다[5].

국토교통부(2022)는 성능기반항행(PBN; performance based navigation) 비행절차 및 공역 효율적 운영에 관한 연구보고서에서 SBAS APV I급 접근절차에 관한 연구를 하였으며, SBAS APV I 접근절차가 ILS 대체 절차로 활용이 가능함에 따라 모든 공항에 도입할 필요가 있으나 경제적 효율을 분석하였을 때 무안공항-제주공항-여수공항-울산공항-포항공항-양양공항 순으로 도입이 필요함을 제시하였다. 또한 항공기의 장비 탑재율도 함께 고려하여 정책 결정이 필요하다고 언급하였다[6].

기존 연구에서는 SBAS의 개발, LPV 계기접근 개발의 필요성, 장애물이 큰 영향을 미치지 않는 공항의 LPV(SBAS APV-I) 계기접근절차의 설계였다면 본 연구는 장애물로 인해 많은 결항이 발생하는 공항을 대상으로 하여, LPV 계기 접근 절차를 설계 하여 실제 기상과 비교하여 얻을 수 있는 운항상의 이점을 연구한 점에서 차별화된다.

1-3 연구의 범위

연구의 공간적 범위는 지형지물로 인해 기상제한치가 높은 울산공항의 18 활주로를 대상으로 하며, 결항률 감소에 관한 연구의 시간적 범위는 2023.01-2023.12이다.

II. 울산공항 활주로 18 LPV 접근절차 개발

2-1 울산 공항 현황

울산 공항은 울산광역시에 위치하고 있으며, 공항 및 주변지형은 그림 1과 같으며, 활주로 18 시단 주변 북서쪽부터 시작하여 서쪽에 이르기까지 산악지형이 장애물로 위치하고 있다. 최근 울산공항의 5년간의 교통량은 표 1과 같다.

표 1. 최근 5년간 울산공항 운항횟수

Table 1. The number of flights in Ulsan Airport for last 5 years.

Year	The Number of Flights
2019	6,544
2020	6,259
2021	7,391
2022	7,256
2023	4,754



그림 1. 울산공항 및 주변 위성사진 (Google Earth)
 Fig. 1. Ulsan Airport satellite image (Google Earth).

울산공항의 활주로는 1본으로 방향은 18-36이며, 활주로의 길이는 2,000m 이며 폭은 45m이다. 활주로의 표지는 정밀접근 활주로이며, 활주로등과 유도로등이 설치되어 있다. 18방향의 진입등은 SSALF(short simplified approach light system with sequenced flashing light)가 330m 길이로 설치되어 있으며 36방향의 진입등은 ALSF-I(approach light system with sequenced flashing light type-I)가 720m 길이로 설치되어 있다. 활주로 양 방향에 모두 PAPI(precision approach path indicator)가 설치되어 있으며 36방향은 3도이나, 18방향에 설치되어 있는 PAPI는 3.8도로 설치되어 있으며 장애물로 인해 좌측 7도 넘어서는 장애물로 인해 사용하지 못하며, 우측 10도 밖은 각도 문제로 사용하지 못한다. 울산공항에 설치되어 있는 항행안전시설은 36방향 ILS(LOC, GP, DME)와 VOR/DME(terminal)가 있다[7].

울산공항의 이륙제한치는 다발엔진 항공기의 경우 활주로 양방향 모두 시정 400m(1,200ft)이며, 단발엔진 항공기의 경우 착륙제한 기상치가 이륙제한치가 된다. 착륙제한치는 36방향은 ILS가 있어 DH(decision height) 218ft AGL에서 시정 800m이며, 18방향의 경우 표 2와 같다[7].

표 2와 같이 울산공항 18 활주로는 장애물로 인한 활주로의 정렬문제와 깊은 접근각도로 인해 조종사에게 접근 및 착륙시 높은 부담감을 준다. 깊은 접근 각도는 조종사에게 높은 강하율을 요구하며 실제 운항시 바람상황에 따라 강하율을 변경할 경우 강하율이 1,000FPM(feet per minute)을 초과할 수 있으며, 이 경우 안정된 접근(Stabilized Approach)을 위한 운항정책에 의거 조종사는 복행을 항상 대비해야한다[8].

특히 VOR, RNP Y의 경우는 통상적으로 ILS가 설치되어 있는 공항의 일반적인 착륙 기준인 결심고도 200ft AGL¹⁾과 시정 800m(또는 RVR²⁾ 550m)와 비교 시 운송용 항공기의 통상적인

표 2. 울산공항 활주로 18 계기접근절차 및 착륙기상제한치
 Table 2. IAP and landing minima in Ulsan Airport Runway 18.

IAP NAME	DA or MDA (DH or MDH)	Landing Minima				Remarks
		Approach Category				
		a	b	c	d	
VOR RWY18	1090 (1048)	3600m		4600m	N/A	Runway Centerline Offset: 11°, Descend Angle : 3.7°
RNP Y RWY 18 (LNAV)	990 (948)	3600m		3900m	N/A	Runway Centerline Offset: 14°, Descend Angle : 3.8°
RNP Z RWY 18(AR)	690 (648)	3100m				GNSS, RF Required, Authorization Required, RNP 0.3

접근속도 범주(approach category) C를 기준으로 할 때 매우 높은 기상제한치로 시정제한치가 3,900m, 4600m에 이르며 운고 제한도 약 1000ft, 1100ft이다. RNP Z AR 접근의 경우 조종사에게 활주로의 정렬문제와 접근각도에 대한 부담은 덜 수 있으나, 시정제한치가 항공기 접근속도 범주 C의 경우 3,100m로 높은 편이다. 그리고 RNP AR 계기접근절차를 활용하기 위해서는 별도의 조종사 훈련 및 항공기 장비가 뒷받침되어야한다는 단점이 있다[9].

2-2 SBAS와 LPV 계기접근절차

ICAO는 국제적으로 공항의 접근성과 효율성을 향상하기 위해 수직유도정보에 의한 접근절차인 APV(LNAV 및 LNAV/VNAV) 절차의 설계 및 운용을 계속해서 권장하는 한편 더 발전된 형태로서 SBAS를 이용한 계기접근절차의 개발을 장려하고 있다. 또한 지상 ILS 시설의 유지보수를 위한 비용을 저감하기 위한 방안으로 SBAS 기반의 계기접근절차를 도입하는 공항이 늘고 있다. 전세계 SBAS의 운영현황은 그림 2과 같다. SBAS의 정밀도(accuracy)와 관련한 ICAO 기준치, FAA의 기준치 및 실제성능은 그림 3과 같다. 한국형 SBAS인 KASS는 현재 APV-I(LPV) 성능의 서비스를 우선 제공하고 2035년 이후 CAT-I 서비스 제공을 목표로 기술을 개발하고 있으며 KASS의 경우 성능 시험결과에서 정밀도는 수평 1.24m 수직 2.47m로 나타났고 99.438%의 무결성을 보였다[10].

1) Above Ground Level
 2) Runway Visual Range

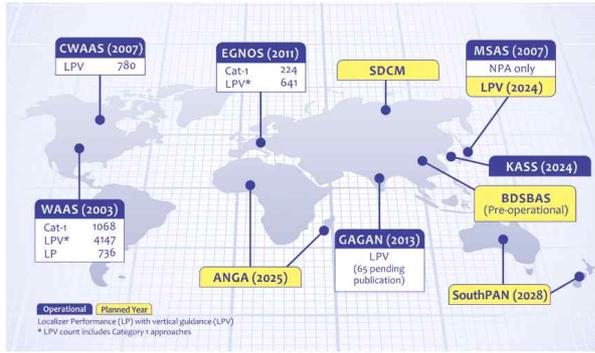


그림 2. 세계 SBAS 운영현황(FAA)
Fig. 2. World SBAS operational status(FAA).

	Horizontal 95%	Vertical 95%
ICAO (LPV-200) Requirements	16m	4.0m
WAAS (LPV-200) System Specifications	1.5m	2.0m
WAAS (LPV-200) Actual Performance*	0.63m	1.0m

그림 3. 위성기반보정시스템의 정밀도 요구사항(ICAO, FAA) 및 실제성능(FAA)
Fig. 3. SBAS accuracy standard (ICAO, FAA) and actual performance(FAA) for LPV.

SBAS를 기반으로 LPV 계기접근절차를 설계했을 때 이를 사용하기 위해서는 항공기의 GPS 수신기가 SBAS를 이용할 수 있어야 하며, 성능 기준은 TSO-C145C (airborne navigation sensors using the global positioning system augmented by the SBAS) 또는 TSO-C146C (stand-alone airborne navigation sensors using the global positioning system augmented by the SBAS)을 충족하여야 한다[3].

그림 4와 같이 LPV 계기접근시 조종사는 SBAS를 통해 더 정밀해진 수직/수평 GNSS 신호를 따라 ILS CAT-1과 유사하게 접근한다[3]. LPV접근은 ILS와 마찬가지로 결심고도(DA)까지 수직유도로 이끌어주며 LNAV/VNAV 계기접근과의 차이점으로는 LNAV/VNAV의 경우 최종 접근구간에서 보장범위가 좌우 0.3 해리로 고정되어 있지만 활주로와 가까워질수록 로컬라이저와 비슷하게 활주로 시단 좌우 700 ft의 폭까지 정밀도 (sensitivity)가 증가한다.

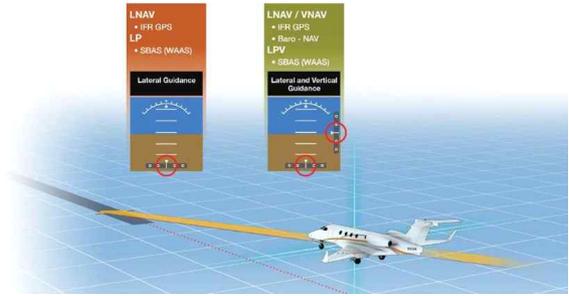


그림 4. GNSS 계기접근의 개념도(계기접근 종류, 코스 안내, 요구 장비)(AOPA)

Fig. 4. A conceptual diagram (type of GNSS IAP, course guidance, required equipment) (AOPA).

2-3 울산 공항 LPV 계기접근절차 개발

국토교통부는 SBAS APV-I 접근비행절차를 모든 공항에 도입할 필요가 있다고 판단하였으나[6] 본 연구에서는 착륙 최저치 개선 효과가 좋을 것으로 예상되는 울산공항 18 활주로를 대상으로 하여 ICAO DOC 8168 Vol 2.[11]을 기준으로 SBAS APV-I 계기접근절차를 개발하였다.

APV-I 접근비행절차는 RNP(LNAV 또는 LNAV/VNAV)와 동일한 경로로 설계하여 동일 차트에 발간하는 것이 일반적이거나 울산공항 활주로 18방향의 RNP 접근절차는 활주로 중심선으로부터 약 12° 오프셋한 경로로 구성되어 있어 SBAS APV-I(LPВ) 접근절차를 적용하는데 어려움이 있다. 또한 울산공항 18방향 활주로는 정대하여 SBAS APV-I 접근하는 경로로 검토시 최종접근구간에 통계 장애물로 인하여 너무 높은 최저치 설정이 불가피하다. 따라서 그림 5와 같이 비행경로를 5° 오프셋하고 강하각을 3.5°로 조정하여 설계하였다.

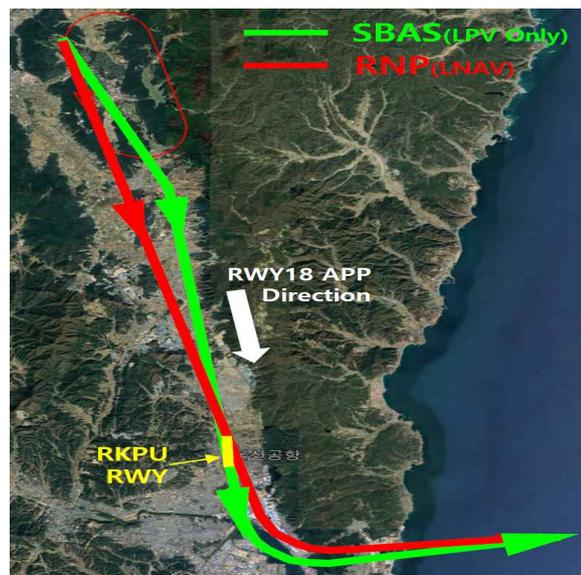


그림 5. 활주로 18 LPV 및 LNAV 계기접근 절차 경로 비교

Fig. 5. Comparison between LPV and LNAV instrument approach Rwy 18.

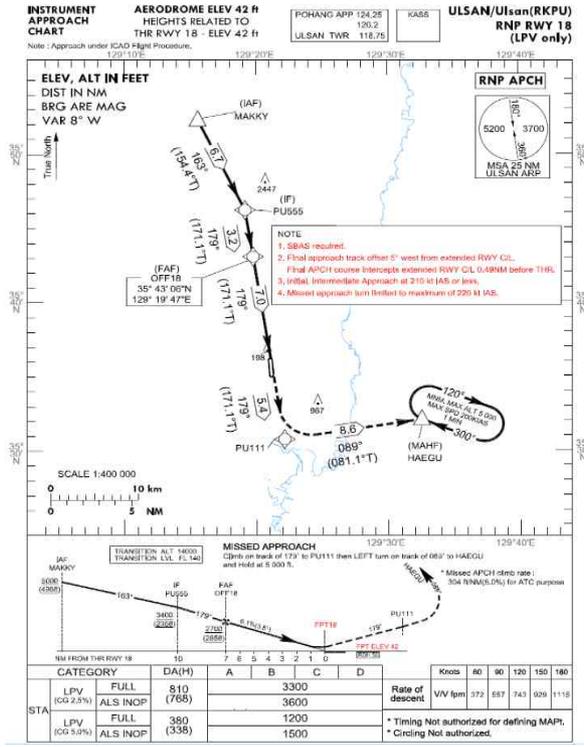


그림 6. LPV 계기접근 절차 활주로 18 설계
 Fig. 6. Blueprint of LPV instrument Approach Rwy 18.

실제결과는 그림 6과 같으며 실폐접근(missed approach) 상승률 5%일 시 결심고도 380 ft, 시정제한치 1,200 m가 예상된다. 이 절차가 실제로 개발될 경우 기존 계기접근절차 대비 상대적으로 적은 오프셋과 강하각, 낮은 제한치와 함께 수직정보가 제공될 것이라는 점에서 조종사들에게 기존 절차대비 많은 부담을 덜어줄 수 있을 것이다.

2-4 울산 공항 LPV 계기접근절차 개발 시 결항횟수 감소 검토

울산공항의 결항횟수는 표 3과 같다. 하지만 2022년까지는 결항원인에 대해 기상, 항공기 연결 등 연결 사유에 대해 대략적으로만 수집하였으므로 정확한 원인분석이 어렵다. 하지만 2023년부터는 국토교통부에서 운항편에 대한 세부적인 결항 및 지연 사유를 수집하고 있으므로 2023년도 결항 자료를 검토하였다.

표 3. 최근 5년간 울산공항 결항횟수
 Table 3. The number of canceled flights in Ulsan Airport for last 5 years.

Year	The Number of Canceled Flights
2019	174
2020	221
2021	172
2022	64
2023	185

표 4. 2023년도 울산공항 결항원인 및 횟수(회항횟수 포함)
 Table 4. Causes and frequencies of canceled flights of Ulsan Airport in 2023 year (including diversions).

Causes	The Number of Canceled Flights	Ratio(%)
Visibility Decrease	80	41.2%
Heavy Wind	29	14.9%
Typhoon	11	5.7%
Other weather Reason	12	6.2%
Maintenance	48	24.7%
Connection	11	5.7%
Other (Ground handling, Security, etc)	3	1.5%

울산공항의 2023년도 1월부터 12월까지 1년동안의 세부적인 결항 사유 및 횟수(회항 포함)는 표 4와 같다. 울산공항의 운항통계를 분석하였을 때 특징은 울산공항은 항공사의 모기지로서 쓰이지 않으므로 항상 타 공항에서 도착한 항공기가 연결하여 운항을 하는 형태이다. 하지만 바람 방향에 따라 18 활주로를 사용할 경우 시정, 운고가 안좋아서 결항이 되면, 그 도착 항공편과 연결된 다음 출발 항공편도 함께 결항이 된다. 즉 울산공항에서는 출발편의 경우 이륙시정(400m)이 확보되었다고 하더라도 도착편이 착륙을 하지 못해 연결문제로 추가적인 결항이 더 발생하는 것이다.

만약 활주로 18의 LPV 계기접근절차 개발이 본 연구와 같이 되어 계기접근이 가능하게 될 경우 결심고도 380ft(338ft)에서 접근등이 켜져있을 경우 1,200m의 시정제한치를 가지게 된다.

울산공항 결항횟수가 LPV 계기접근의 도입 시 어느정도 감소하는지 연구하기 위해 1월부터 12월까지의 시정 및 운고의 제한으로 인해 결항이 발생했던 날, 도착편의 도착시간(standard time arrival)과 그 시간의 기상관측 데이터(metar)를 운고(ceiling)와 시정(visibility)을 비교하여 LPV 계기 접근이 가능(ceiling 380ft, vis 1,200m 이상)한지 조사하였다. LPV 계기 접근을 통해 착륙하였을 경우 연결 출발편의 출발시각(Standard Time Departure)에 시정이 400m 가 넘는다면 운항이 가능한 것으로 판단하였다. 운고의 경우 운량이 BKN³⁾, OVC⁴⁾인 최저층으로 가정하였으므로 실제 운항시와는 착륙가능 여부와는 다를 수 있다. 실제 운항시 DA/MDA에서 운량이 FEW⁵⁾ 또는 SCT⁶⁾, 그리고 시정제한치가 기준치보다 좋을지라도 활주로를 식별하지 못할 수 있기 때문이다.

- 3) Broken, 구름이 하늘의 5/8-7/8을 가릴때
- 4) Overcast, 구름이 하늘의 전부를 가릴때
- 5) Few, 구름이 하늘의 1/8 - 2/8을 가릴때
- 6) Scattered, 구름이 하늘의 3/8-4/8를 가릴때

표 5. 착륙기상제한으로 인한 결항편의 기상자료(METAR)와 LPV 계기접근 기상제한치와의 비교

Table 5. Comparison between weather data(METAR) of Canceled Flights due to landing weather limitations and LPV Instrument approach weather minimum.

Date (2023)	The Number of Canceled Flight (Reason : Less than Landing Weather Minima/connection)	The Number of Canceled Flight would be available with LPV RWY 18	Remarks
01/13	6	4	FG
01/15	3	3	
04/05	10	10	
04/18	2	2	
04/29	2	2	
05/05	5	5	
05/29	2	2	
06/01	2	2	
06/21	10	10	
06/26	8	7	FG
06/30	4	4	
07/03	2	2	
07/07	1	1	
07/11	3	0	CB, TS
07/16	6	6	
07/18	6	6	
08/24	8	8	
09/16	2	2	
12/11	2	2	
Total	84	78 (92.8%)	

표 5는 그 조사 결과로 2023년 한해 동안 발생했던 착륙시정 관련 84편의 결항 및 회항이 LPV 계기접근 개발 시 78편이 운항이 가능했을 것으로 나타났다. 이는 LPV 적용시 92%의 개선효과이다. LPV 접근절차의 착륙제한치와 비교시 운항이 어려운 6편 중 3편은 안개가 시정제한치보다 좋지 않았으며 나머지 3편의 경우 낮은 운고와 더불어 적란운과 천둥번개로 인해 운항이 어려웠다.

III. 결 론

한국형 SBAS인 KASS의 운영을 바탕으로 한국에서도 LPV 계기접근이 가능하게 되었다. 울산공항의 활주로18과 같이 ILS 가 설치가 어려운 곳의 LPV 계기접근 절차의 설계를 연구하였으며, 이 연구를 통해 착륙 제한치를 기존(결심고도 690ft, 시정 3,100m 또는 결심고도 990ft, 시정 3,900m)보다 많이 낮출 수 있을 것(결심고도 380ft, 시정 1,200m)으로 예상한다. 이 경우 2023년 한해 동안 착륙제한치로 인해 결항이나 회항을 했었던 84편 중 78편이 정상 운항을 기대할 수 있을 것이다.

이러한 개선은 항공사에게 있어 경제적으로도 큰 효과일 것이며, 연결편의 취소와 같은 불필요한 스케줄의 재수립을 예방

할 수 있어 운항효율성도 증가할 것이다. 아울러 결항으로 인한 여객불편의 감소도 기대할 수 있을 것이다.

References

- [1] B. S. Yoo, and B.H. Song, "A design for gps approach procedure in Cheju international airport," *Journal of the Aviation Management Society of Korea*, Vol. 7, No. 1, pp. 41-55, 1999. Retrieved from <https://scienceon.kisti.re.kr/commons/util/originalView.do?cn=JAKO199928835894867&dbt=JAKO&koi=KISTI1.1003%2FJNL.JAKO199928835894867>.
- [2] H.S. Jun, D.M. Kim, and C. H. Yeom, "Analysis of CNS/ATM technology trend," *Aerospace Industries Technology Trends*, Vol. 8, No. 2, pp. 113-123, 2010. Retrieved from <https://scienceon.kisti.re.kr/commons/util/originalView.do?cn=JAKO200474057799395&dbt=JAKO&koi=KISTI1.1003%2FJNL.JAKO200474057799395>.
- [3] FAA, AC90-107, *Guidance for Localizer Performance with Vertical Guidance and Localizer Performance without Vertical Guidance Approach Operations in the U.S. National Airspace System*, 2011. Retrieved from https://www.faa.gov/regulations_policies/advisory_circulars/index.cfm/go/document.information/documentid/903350.
- [4] K.H. CHO, "Application plan of aircraft approach procedure with vertical guidance to the domestic airports," Master's thesis, Korea Aerospace University, Republic of Korea, 2021. Retrieved from https://www.riss.kr/search/download/FullTextDownload.do?control_no=c3f11801a203941effe0bdc3ef48d419&p_mat_type=be54d9b8bc7cdb09&p_submat_type=f1a8c7a1de0e08b8&fulltext_kind=a8cb3aaead67ab5b&t_gubun=&convertFlag=&naverYN=&outLink=&nationalLibraryLocalBibno=&searchGubun=true&colName=bib_t&DDODFlag=&loginFlag=1&url_type=&query=%EC%A1%B0%EA%B2%BD%ED%98%84+%EC%88%98%EC%A7%81&content_page=&url=&dbName=&dbId=&an=&dbNameDpShort=&pissn=&eissn=
- [5] Y. S. Yang, S. I. Choi, H. M Kim, and H.Y. Kim, "An empirical study on the instrument approach procedure for satellite based augument system (SBAS) APV-I," *Journal of the Aviation Management Society of Korea*, Vol. 30, No. 1, pp. 28-37, Mar. 2022. DOI : <https://doi.org/10.12985/ksaa.2022.30.1.028I>.
- [6] Ministry of Land, Infrastructure and Transport, *A Study on Performance-Based Navigation (PBN) Flight Procedures and Airspace Efficiency*, 2022.
- [7] Republic of Korea, AIP(Aeronautical Information Manual) AD RKPU, 2024. Retrieved from <https://aim.koca.go.kr/caipPub/Package/2024-09-19/html/index-en-GB.html>.

- [8] K. H. Lee, S. Y. Kim, and J. H. Choi, "A study on the calculation of the FPM for the descent angle," *Journal of the Aviation Management Society of Korea*, Vol. 31, No. 2, pp. 28-37, Jun. 2023, DOI: <https://doi.org/10.12985/ksaa.2023.31.2.001>.
- [9] FAA, AC90-101A, *Approval Guidance for RNP Procedures with AR*, 2016, Retrieved from https://www.faa.gov/regulations_policies/advisory_circulars/index.cfm/go/document.information/documentid/903610.
- [10] H. S. Kim, M. H. Son, B. S. Lee, and B. J. Lee, "KASS performance analysis for operational test," *Journal of Positioning, Navigation, and Timing*, Vol. 13, No. 2, pp. 167-177, Jun. 2024, DOI : <http://dx.doi.org/10.11003/JPNT.2024.13.2.167>.
- [11] ICAO, *Procedures for Air Navigation Services – Aircraft Operations(PANS-OPS)*, Volume II, Doc. 8168, 7th Ed. 2022.



조 현 수 (Hyunsoo Cho)

2020년 3월 - 현재 : 한국항공대학교 항공교통학 박사수로
2012년 3월 - 2022년 2월 : 한국교통연구원 연구원
2022년 2월 - 현재 : 한국공항공사 선임연구원
※관심분야 : 항공교통관리, 공항운영, 공역안전



김 은 정 (Eunjung Kim)

2022년 3월 - 2024년 2월 : 한국항공대학교 항공교통물류학과 (이학석사)
2014년 5월 - 2021년 2월 : 문엔지니어링 (공역검토 및 비행절차설계)
2021년 3월 - 현재 : 이노스카이 (공역검토 및 비행절차설계)
※관심분야 : 공역, 비행절차 설계, UAM



김 성 엽 (Sung-Yeob Kim)

2020년 8월 - 현재 : 한국항공대학교 항공운항관리학 박사수로
2003년 8월 - 2015년 9월 : 육군항공 조종사(예비역 소령)
2018년 7월 - 2020년 3월 : 진에어 운항승무원
2023년 12월 - 현재 : 한국교통안전공단 항공안전실 선임연구원
※관심분야 : 항공운항, 항공정책, UAM, 드론



이 명 식 (Myeongsik, Lee)

2021년 3월 - 2024년 2월 : 한국항공대학교 항공교통물류학과 (이학박사)
2015년 7월 - 현재 : 한국공항공사
※관심분야 : 공항최적화, 항공기소음, 조종사훈련