

Original Article

<https://doi.org/10.12985/ksaa.2024.32.3.180>
ISSN 1225-9705(print) ISSN 2466-1791(online)

복수 활주로 운영 공항의 활주로 길이 산정에 관한 연구

신중하*, 우한식*, 백호중**, 이현진***

The Study on the Process of Runway Length Determination for Airport with Multiple Runways

Joongha Shin*, Hansik Woo*, Hojong Baik**, Hyeon Jin Lee***

ABSTRACT

The determination of runway length is critical for ensuring adequate airport size and stable operating conditions. This study aims to present a methodology for calculating the optimal length of the fifth runway at Incheon International Airport, considering the operating characteristics of the aircraft, airport conditions, and environmental factors. Domestic guidelines currently lack specificity in selecting design aircraft and applying aircraft weight standards, especially for large airports with multiple runways, posing a challenge for additional runway construction. This research conducts a case study on the length determination of Incheon International Airport's fifth runway, suggesting a procedure for large airports that takes into account various factors such as design aircraft selection, weight, and airfield characteristics. Our findings recommend an optimal runway length that accommodates all aircraft operating at the airport, ensuring efficient and economic expansion tailored to the future aviation landscape.

Key Words : Incheon International Airport(인천국제공항), Runway Length(활주로 길이), Aircraft Weight(항공기 중량), Aircraft Operation Feature(항공기 운영특성)

1. 서 론

1.1 연구 배경

인천국제공항은 대한민국 중추공항으로서 내국인 여객 및 저비용항공사(LCC)의 비약적인 성장 등에 힘입어 코로나 이전 9년간(10~19) 국제선 여객이 연평

균 8.83% 성장하면서, 2019년 국제선 여객 운송 7천 만 명을 돌파하였다. 이러한 항공운송 환경변화 및 장래 항공수요 성장에 적기 대응하고자 인천국제공항은 단계적으로 확장사업을 추진하고 있으며, 현재 4단계 건설사업(17~24)을 진행 중에 있다.

장래에도 글로벌 항공운송 시장은 '24년에 코로나-19 이전 수준을 회복하여 꾸준히 증가할 것으로 전망되고 있고, 인천국제공항 역시 '45년까지 국제선 여객이 연평균 3.3% 성장률로 지속 증가할 것으로 전망됨에 따라, 제3차 항공정책기본계획, 제6차 공항개발종합계획 등 정부 항공정책과 연계하여 인천국제공항의 허브

Received: 27. Jun. 2024, Revised: 16. Jul. 2024,
Accepted: 30. Aug. 2024

* 인천국제공항 공항계획팀 과장

** 한국항공대학교 미래항공교통학과 교수

*** 한국항공대학교 미래항공교통학과 박사과정

연락처자 E-mail : steve9412@naver.com

연락처자 주소 : 경기도 고양시 덕양구 항공대학로 76

1) 제6차 공항개발종합계획(2021, 국토교통부).

경쟁력 강화 및 미래 성장동력 확보를 위해 제5활주로, 제3여객터미널 등 5단계 인프라 확충을 계획하고 있다.

공항 인프라 확충에 있어 활주로 길이 결정은 적절한 공항 규모와 안정적 공항 운영여건 확보에 큰 영향을 미친다. 따라서, 취항 항공기 운항 특성, 공항 운영 조건과 환경조건 등을 종합적으로 고려하여 경제적이고 효율적인 최적의 길이를 결정하는 것이 매우 중요하다.

이에 향후 인천국제공항 5단계 사업의 핵심시설인 제5활주로는 이미 4개의 활주로를 확보하고 있는 공항 운영 여건과 긴 이륙거리를 요구하는 노후항공기 단종 및 퇴역, 고효율/고성능 엔진을 탑재한 신 항공기 개발 동향, 제5활주로 주변 장애물 등을 종합적으로 고려하여 활주로 길이를 산정하여야 한다.

1.2 연구 목적

활주로 길이는 일반적으로 해당공항에 취항 또는 정기적인 취항이 예상되는 항공기 중 최장 활주로 길이를 요구하는 항공기를 설계항공기로 선정하고, 해당 항공기의 이륙소요거리를 산정한 이후, 고도, 온도, 활주로 경사 등 공항 특성 보정을 통하여 최종 활주로 길이를 산정하고 있다.

국내에서는 활주로 길이 산정 시 공항·비행장시설 및 이착륙장 설치기준, 공항·비행장시설 설계 세부지침 등을 통해 활주로 길이 산정 요소와 절차를 제시하고 있으나, 설계항공기 선정 기준, 항공기 중량 적용 방법 등이 모호하고, 신 공항에서의 신규 활주로 길이 선정에 집중하고 있어 이미 여러 개의 활주로를 보유한 공항에서의 추가 활주로 건설에서는 국내 기준을 적용하는데 한계가 있다.

본 연구에서는 인천국제공항 제5활주로 길이 산정 사례 연구를 통해 공항에서의 활주로 길이 산정절차를 제시하고, 활주로 길이 산정을 위한 설계기준 항공기 선정 및 항공기 중량, 비행장 특성 등 다양한 검토 요소 도출을 통해 인천국제공항에 취항하는 모든 항공기가 이착륙 가능한 최적의 활주로 길이를 산정하고자 한다.

II. 이론적 고찰

2.1 국내·외 기준

2.1.1 활주로 길이

활주로 길이 산정과 관련한 국내 기준으로는 국토교

통부에서 고시한 ‘공항·비행장시설 및 이착륙장 설치 기준’(국토교통부고시 제2022-350호, '22.6.21) 및 ‘공항·비행장시설 설계 세부지침’(국토교통부예규 제346호, '22.6.21)이 있다.

공항·비행장시설 및 이착륙장 설치기준에서는 활주로 길이 산정을 위해 반드시 고려해야 할 요소로 취항하고자 하는 항공기의 성능 및 운항 시 중량, 기후조건(특히 지상풍 및 기온), 경사 및 표면조건 등과 같은 활주로 특성, 기압 및 지형적인 장애에 영향을 주는 비행장 표고 등 비행장 위치를 제시하고 있다.

또한, 실제 활주로 길이는 동 활주로를 사용하고자 하는 항공기의 운항 상 요구조건을 만족하여야 하고 항공기의 운항과 성능을 당해 비행장의 조건에 맞게 보정하여 결정한 최장 길이보다 짧아서는 안 된다고 규정하고 있다.

공항·비행장시설 설계 세부지침에서는 활주로 길이에 영향을 미치는 요소로 상기 공항·비행장시설 및 이착륙장 설치기준과 동일한 내용을 규정하고 있으며, 주 활주로용으로 사용될 활주로의 실제길이는 항공기의 운영요건에 부합하여야 한다고 설명하고 있다.

또한, 활주로를 이용할 항공기의 성능자료가 없는 경우에 주 활주로의 실제 길이는 일반적 보정계수를 이용하여 결정할 수 있으며, 우선 취항항공기의 운항요건에 맞는 활주로 기본 길이를 선정하고, 그 지역의 특성에 맞는 보정계수를 이용하여 기본 길이를 보정함으로써, 실제로 필요한 활주로 길이가 산출된다.

비행장의 활주로 길이를 계획할 때에 취항시키고자 하는 항공기의 최대이륙중량을 기준하여 계획하는 것이 일반적이나, 지형이나 장애물 여건 상 확장이 제한되는 비행장 및 경제적 여유가 없는 비행장 등에서는 최대이륙중량보다 적은 중량으로 운영할 수 있는 방안을 검토할 수 있다고 규정하고 있다.

국외 기준은 ICAO와 FAA 규정으로 구분하였다. ICAO Annex 14에서는 실제 활주로 길이는 항공기 운항 요구조건을 만족할 수 있어야 하고 공항 지역특성 조건 및 항공기 성능 등을 적용한 최대 소요길이보다 작지 않아야 한다. 활주로를 이용할 항공기의 성능 자료가 없는 경우에는 일반적인 보정 계수를 적용하여 산출 가능함을 규정하고 있다(ICAO Annex 14, 2022).

보정계수는 ICAO Aerodrome Design Manual 상에 활주로 기본 길이(표고 0m, 무풍, 활주로 경사 0% 상태)에서의 활주로 표고, 온도, 경사에 따른 보정 방법

을 설명하고 있고 이는 국내 공항·비행장시설 설계 세부지침에서 규정하고 있는 바와 동일하다.

FAA에 따르면, 활주로 길이 산정 시의 설계기준 항공기에 대해 규정하고 있다. 해당 공항에서 연간 500회 이상 정기적인 취항 중이거나 취항이 예상되는 항공기 중 최장 활주로 길이를 요구하는 항공기로 선정하도록 규정하고 있다(FAA AC150/5070&5325, 2005).

또한, 여러 개의 활주로를 가 있는 경우 활주로는 설계항공기를 별도로 선정하여 활주로 길이를 결정할 수 있으며, 대형 항공기가 쓰는 주 활주로는 중소형 항공기가 주로 사용하는 평행활주로는 서로 다른 설계기준 항공기를 적용할 수 있고 항공기 운영 및 노후 항공기 퇴역, 신규 항공기 개발 등에 따라서 미래의 설계항공기는 바뀔 수 있다고 기술하고 있다(FAA AC150/5000-17, 2017).

국내·외 기준을 살펴본 결과, 국내 기준은 취항항공기에 대한 기준이 모호하고, 활주로 길이에 가장 큰 영향을 미치는 요소인 항공기 중량 적용 기준에 대해서도 세부 기준이 제시되어 있지 않다. 또한, 여러 개의 활주로를 가 있는 공항의 경우 활주로 별 설계기준 항공기를 별도로 선정할 수 있도록 규정한 FAA 기준과 달리, 국내 기준에는 관련 조항이 없어 인천국제공항과 같은 허브공항 여건에 맞는 활주로 길이 산정 방안을 검토할 필요가 있다.

2.1.2 장래항공기 개발동향

설계기준 항공기 선정을 위한 장래 항공기 개발동향을 아래와 같이 조사하였다.

최근 항공기 제작사의 개발 동향을 살펴보면 A380 생산 중단 등 초대형 항공기 위주의 개발은 중지된 상태이며, 탄소 배출이 적고 장거리 운항이 가능한 중대형 항공기로 개발 중이다.

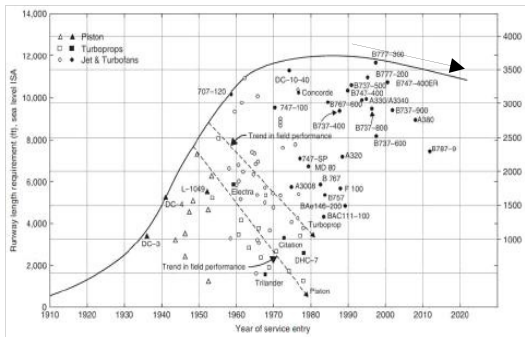


Fig. 1. Correlation of runway lengths over time

또한, ICAO에 따르면 미래 항공기 개발과 관련하여 긴 이륙 소요길이 추세가 줄어들고, 주요 공항들에서 현재 이용할 수 있는 활주로 길이보다 더 긴 길이는 요구되지 않을 것으로 예상되며, 항공기 제작 산업 기술 발달에 따라 항공기 대형화 및 효율성이 향상되었으며, 그로 인해 '90년대를 기점으로 기종별 활주로 소요길이는 지속적인 감소 추세를 나타내고 있다.³⁾

전 세계 대표적인 항공기 제작사인 Boeing社 및 Airbus社의 신형 항공기 제원을 보면 B777, B747 등 과거의 노후 항공기 대비 짧은 약 2,000m 후반~3,000m 초반의 이륙거리를 요구함을 알 수 있다(Table 1).

2.1.3 해외공항 활주로 현황

인천국제공항과 같은 해외 주요 허브공항의 활주로 운영 현황을 살펴보면, <Table 2>에서 볼 수 있듯이 여러 개의 활주로를 보유하고 있지만 길이는 다양하며 이는 활주로는 운영여건에 따라 길이를 달리 적용한 것으로 판단된다.

또한, 미국 주요 허브공항 역시 많은 공항들이 다수의 활주로를 확보하고 있으며, 활주로는 설계기준 항공기를 달리 적용하여 최소 2,286m에서 최대 4,085m까지 다양한 길이의 활주로를 효율적으로 운영하고 있음을 알 수 있다(Table 3).

2.2 인천국제공항 시설 현황

2.2.1 활주로 시설 개요

인천국제공항은 현재 4본(2독립 2근집)의 활주로를 보유하고 있으며 세부 현황은 <Table 4>와 같다.

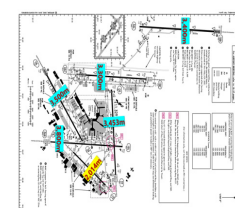
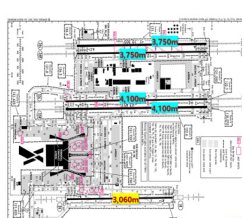
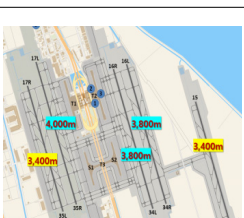
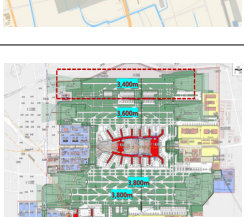
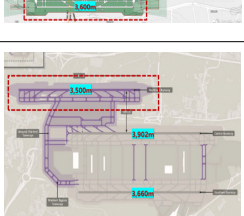
Table 1. New aircraft specification (Boeing and Airbus)

구분	B787-8	B787-9	B787-10	A350-900	A350-1000
제작사	Boeing	Boeing	Boeing	Airbus	Airbus
운항개시	2011년	2014년	2018년	2017년	2017년
주날개폭	60.1m	60.1m	60.1m	64m	64m
최대이륙중량	228톤	254톤	254톤	268톤	316톤
이륙길이*	2,700m	2,850m	2,900m	3,000m	3,100m

*STD+15℃도표 적용.

- 2) ICAO-DOC9157-Aerodrome Design Manual-Part1-Runways-6.3.1.
- 3) Airport Engineering, 4th Edition(Planning, Design and Development of 21st century Airports, 2011).

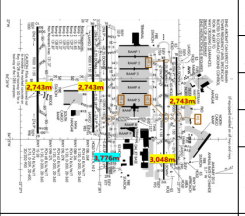
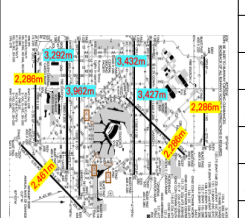
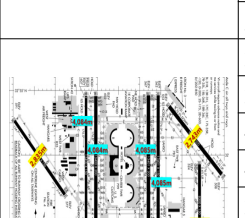
Table 2. Runway installations at major international hub airports

공항	활주로		
	평면도	길이	연도*
암스테르담 스키펀 (활주로 6본)		3,453m	1967
		3,800m	2003
		3,300m	1968
		3,500m	1960
		3,400m	1950
		2,014m	1945
이스탄불 (활주로 5본)		3,750m	2021
		3,750m	2021
		4,100m	2021
		4,100m	2023
		3,060m	2023
		3,060m	2023
상하이 푸둥 (활주로 5본)		4,000m	1999
		3,800m	2005
		3,800m	2015
		3,400m	2008
		3,400m	2015
		3,400m	2015
광저우 (활주로 3본)		3,800m	2004
		3,800m	2015
		3,600m	2004
		3,600m	건설예정
		3,400m	건설예정
런던 히드로 (활주로 2본)		3,660m	1970
		3,902m	1970
		3,500m	건설예정

*연도는 각 활주로의 완공년도를 의미.

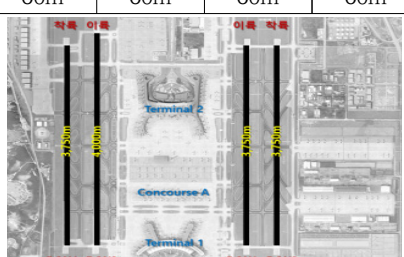
인천국제공항 활주로는 제1터미널, 제2터미널 지역을 기준으로 양쪽에 2본씩 2독립 2근접체계로 배치되어 있다. 제1, 2활주로는 터미널 지역 동편에 위치하고 있으며 길이는 모두 3,750m이며, 인천국제공항 1단계 건설사업('92~'01) 때 건설되었다.

Table 3. Runway installations at major U.S. airport

공항	활주로		
	평면도	길이	연도*
애틀랜타 (활주로 5본)		2,743m	1984
		3,048m	2008
		3,776m	2012
		2,743m	1984
		2,743m	2006
시카고 오헤어 (활주로 8본)		2,286m	1943
		2,461m	1971
		2,286m	2008
		3,432m	2021
		2,286m	2015
		3,292m	2013
		3,962m	2008
		3,427m	2020
댈러스 포트워스 (활주로 7본)		2,743m	1974
		2,835m	1974
		4,085m	1996
		4,085m	2005
		2,591m	1983
		4,084m	2005
		4,084m	2005

*연도는 각 활주로의 완공년도를 의미.

Table 4. Incheon International Airport runway status

구분	1단계 건설		2단계 건설	4단계 건설	
	1활주로	2활주로	3활주로	4활주로	
제원	길이	3,750m	3,750m	4,000m	3,750m
	폭	60m	60m	60m	60m
활주로 배치					

터미널 지역 서편에 위치하고 있는 제3활주로는 인천국제공항 2단계 건설사업('01~'07) 시 장래 슈퍼소닉 크루즈 항공기에 운항에 대비하고 운영상 융통성을 확보하기 위해 4,000m로 설치되었다.

제4활주로는 현재 진행 중인 4단계 건설사업(17~24)의 일환으로 제3활주로 서측에 위치하여 3,750m로 건설되었으며, '21년 6월 17일부터 운영 중이다.

2.2.2 활주로별 길이 산정현황

인천국제공항 기존 제1~제4활주로 길이 산정 근거는 <Table 5>와 같이 취항노선 및 기재 운영현황 등을 반영하여 활주로별 설계기준 항공기를 결정하였고, 공항 운영조건에 따라 기본 길이를 보정하였다.

III. 본 문

3.1 활주로 길이산정

3.1.1 기초자료 분석 및 길이 산정절차 수립

인천국제공항 취항현황 조사를 위해 코로나-19 이전 2019년의 인천국제공항 지역별 출발 항공노선을 아래와 같이 살펴본 결과, 아시아, 북미, 유럽, 오세아니아 순으로 운항횟수가 많고 아시아의 경우 전체 운항의 약 78%를 차지하고 있는 주요 취항 지역으로 확인되었다(Table 6).

Table 5. Incheon International Airport runway 1st ~4th length estimation status

구분	1, 2활주로 ('92년 설계)	3활주로 ('02년 설계)	4활주로 ('17년 설계)	
설계기준 항공기	B747-200	B747-400	B777-200	
비행장 표준온도 ¹⁾	28.7℃('90)	29.3℃('93~'01)	29.9℃('12~'16)	
이륙 소요거리 ²⁾	3,700m	3,270m	3,600m	
보정	표고 (7m)	$3,700 \times 0.07 \times \frac{7}{300} + 3,700 = 3,706$	$3,270 \times 0.07 \times \frac{7}{300} + 3,270 = 3,276$	$3,600 \times 0.07 \times \frac{7}{300} + 3,600 = 3,606$
	온도	$3,706$ *매뉴얼상 온도 28.9와 차이가 없어 보정 안함	$3,276 \times (29.3 + 3 - 15) \times 0.01 + 3,276 = 3,843$	$3,606 \times 3 \times 0.01 + 3,606 = 3,714$
	구배 (%)	-	-	-
활주로 최종 길이	3,750m	4,000m	3,750m	

1) 연중 가장 더운 달의 매일 최고기온의 월평균 기준.
 2) 최대이륙중량 기준, B747-200은 ISA*+13.9℃, B747-400은 ISA, B777-200은 ISA+15℃ 기준.
 * ISA: 표준대기상태(고도(평균해수면), 온도 15℃).

Table 6. Airline routes departing from Incheon International Airport by region

지역	국가 및 세부지역	운항횟수 (회)	비율 (%)
아시아	대만, 마카오, 몽골, 홍콩	19,073	9.56
	동남아시아	53,674	26.91
	서남아시아	1,164	0.58
	일본	36,820	18.46
	중국	45,577	22.85
오세아니아		7,456	3.78
중동		1,869	0.94
아프리카		249	0.12
유럽	유럽 기타	10,824	5.43
	러시아 및 독립국가연합	6,205	3.11
	북미	15,932	7.99
	중남미	494	0.25
	합계	199,427	100

참고) 2019년 인천국제공항 GD데이터, 국제선 출발 기준, 경유지가 있는 경우 최초 경유지만 반영.

또한, 2019년 연 500회 이상 운항된 항공기를 대상으로 기종별 운항실적을 조사한 결과는 <Table 7>과 같다.

Table 7. Incheon International Airport's aircraft operations in 2019 (GD data; 2019)

항공기 기종	항공기 등급	운항횟수 (회/년)	운항비율 (%)
B737-800	C	106,060	26.25
A321-100	C	60,045	14.86
A330-300	E	47,799	11.83
A320-200	C	32,501	8.04
B777-300ER	E	21,167	5.24
B777-200 (High gross weight)	E	18,384	4.55
B737-900	C	13,175	3.26
A350-900	E	12,419	3.07
B747-400F	E	11,221	3.00
B787-9	E	10,007	2.48
A380-800	F	9,532	2.36
A330-200	E	9,031	2.23
B777F	E	8,616	2.13
B747-8F	E	6,742	1.67
B767-300	D	5,192	1.28
B747-400	E	4,636	1.15
B777-300	E	4,594	1.14
B747-8	F	4,571	1.13
B787-8	E	3,854	0.95
B767F	D	3,493	0.86
A319-100	C	2,733	0.68
B787-10	E	1,221	0.30
A321-200	C	1,167	0.29
MD-11	D	1,078	0.27
B737F	C	992	0.25
B747-400ERF	E	903	0.22

중대형 항공기를 다수 운항하는 대표 국적사인 대한항공 및 아시아나항공의 항공기 운용현황을 분석해 보았는데 긴 이륙소요 길이를 요구하는 대표적인 항공기 B777, B747의 평균 기령은 약 20년으로 노후화된 상태인 것으로 나타났다. 대한항공의 경우 B777-300 평균기령은 23.3년, B777-200ER은 18.5년, B747-400ERF는 16.6년이었으며, 아시아나항공은 B747-400 기종 평균 기령은 23.9년, B747-400F는 25.8년, B777-200ER은 14.3년으로 대한항공에 비해 노후 항공기 비중이 큰 것으로 나타났다. 장래 제5활주로 운영이 예상되는 2030년대에는 B777, B747 기종의 평균 기령이 20년 이상 넘어갈 것으로 예상됨에 따라 노후 항공기 교체가 시작될 것으로 예상된다(Table 8).

국내 항공사들의 기재 도입계획(〈Table 9〉)을 보면, 전체 주문대수 중 C급 항공기 비율이 70%를 차지하고 있어 향후 C급 항공기의 점유율이 늘어날 것으로 예상되며, E급 항공기의 경우에도 B787-9, B787-10, A350-900, A350-1000 등 고성능·고효율 항공기 도입으로 활주로 이륙소요길이가 짧아질 것으로 예상된다.

그리고 제5활주로를 인천공항 기본계획 변경 고시에 따라 제1, 2활주로 및 화물터미널 동편 지역에 제1, 2, 4활주로와 동일한 3,750m 길이로 배치한 모습은 〈Fig. 2〉와 같다.

항공기 개발동향, 공항운영 여건, 긴 이륙거리를 요하는 노후항공기 퇴역, 고효율·고성능 엔진을 탑재한

Table 8. Major aircraft's age of aircraft owned by flag carriers

항공사	기종	보유 대수	평균 기령 (년)	비고
대한항공	B777-200ER	12	18.5	2013년 단종
대한항공	B777-300	4	23.3	2006년 단종
대한항공	B747-400ERF	4	16.6	2009년 단종
아시아나항공	B747-400	1	23.9	2003년 단종
아시아나항공	B777-200ER	9	14.3	2013년 단종
아시아나항공	B747-400F	11	25.8	2009년 단종

*CAPA Fleet Database, 2022.

Table 9. Domestic airline's aircraft acquisition plan

항공사	기종	ICAO 등급	주문 대수
대한항공	A320neo	C	30
	B737-8	C	28
	B787-9	E	10
	B787-10	E	20
	소계		88
아시아나	A321neo	C	20
	A350-900	E	8
	A350-1000	E	9
	소계		37
제주항공	B737-8	C	50
티웨이	B737-8	C	7
에어프레미아	B787-9	E	9
이스타항공	B737-8	C	4

*CAPA Fleet Database, 2022.



Fig. 2. Runway 5th estimated site map

新항공기 개발, 글로벌 시장의 중소형 항공기로 전환 추세, 경쟁 허브공항의 추가 활주로 개발 사례, 활주로 주변 장애물 등을 종합 고려 시 제5활주로 길이는 기본계획 상의 3,750m 대비 축소가 가능할 것으로 사료된다.

그러나 현재 제5활주로 운영 계획이 확정되지는 않았으므로 제5활주로 길이 산정을 위해 인천국제공항 취항 항공기 전체를 대상으로 검토하되 중량기준 설정 시 실제 운영중량(ATOW)을 기준으로 활주로 길이를 축소 조정하는 것으로 설정하였다(Fig. 3).

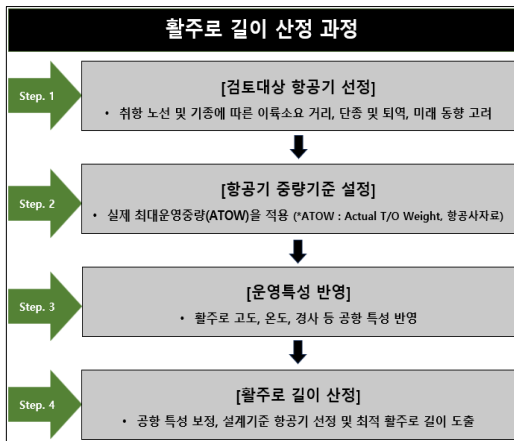


Fig. 3. Procedure for calculating runway length at large airport

3.1.2 검토대상 항공기 선정

검토대상 항공기로는 앞서 살펴본 인천국제공항 취항 실적을 바탕으로 연간 500회 이상 운항하고, 긴 활주로 길이를 요구하는 E급 이상 기종 및 취항 예정 기종을 선택, 기종별 이륙 소요 길이를 항공사 매뉴얼을 활용하여 조사하였다. 또한, 제5활주로 배치 상 화물기가 주로 이용할 예정이고 화물기 기령은 통상 30년까지도 운용하는 점 등을 고려하여 화물기종을 포함하여 분석하였다.

〈Table 10〉의 인천국제공항 취항 항공기 중 장거리 노선을 취항하고 3,300m 이상의 긴 활주로 길이를 요구하는 E급 항공기 B777-200, B747-400F, B747-400, B747-400ERF, B777F 5개 기종을 검토 대상 항공기로 선정하였다.

가장 긴 활주로 길이를 요구하는 B777-300(06년 단종)의 경우, 현재 대체가 시작된 기종 중 하나로서, 대한항공, 케세이퍼시픽, 타이 에어웨이 등 3개 항공사에서만 운영 중이며, 주로 단거리(최장노선 : 인천-싱가포르 (2,500NM)) 노선 운영으로 인해 MTOW(660,000LB)의 약 92.4% 중량까지 운항 가능하므로 실제 소요 이륙 길이는 약 3,100m로 검토되어 급변 검토 대상 항공기에서 제외하였다(Fig. 4).

3.1.3 항공기 중량기준 설정

검토대상 항공기의 MTOW 시 활주로 소요 기본 길이는 〈Table 11〉에서 조사하였고, 검토대상 항공기의 이착륙이 가능함과 동시에 실용적인 활주로 길이 산정

Table 10. Aircraft performance survey at Incheon International Airport in 2019

항공기 기종 (등급)	운항횟수 (비율)	최대 이륙중량 (MTOW)	활주로 기본길이 (MTOW시)	주요 운항노선 (IATA코드)
B777-300 (E)	4,594 (1.17%)	299	3,930m	BKK, SIN
B777-200 (E)	18,335 (4.65%)	298	3,600m	LAX, FRA
B747-400F (E)	9,016 (2.26%)	397	3,490m	LAX, FRA
B747-400 (E)	4,227 (1.07%)	397	3,430m	AMS, FRA
B747-400ERF (E)	2,588 (0.66%)	413	3,430m	LAX, BCN
B777F (E)	7,638 (1.94%)	347	3,300m	ORD, MSP
B747-8F (F)	6,529 (1.66%)	254	3,250m	LAX, ANC
B747-8 (F)	4,567 (1.16%)	254	3,250m	HNL, FRA
B777-300ER (E)	21,092 (5.35%)	352	3,220m	SFO, SIN
B787-8 (E)	3,847 (0.98%)	228	3,250m	TAS, LHR
B787-9 (E)	10,001 (2.54%)	228	3,220m	YVR, YYZ
B787-10 (E)	1,219 (0.31%)	254	3,180m	SIN, AUH
A350-1000 (E)	취항 예정	254	3,100m	-

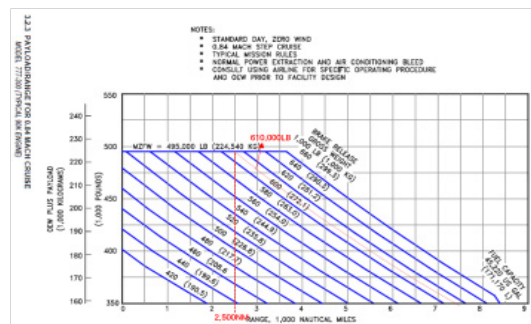


Fig. 4. Reviewing take-off weight for longest route operation (B777-300)

Table 11. Reviewed aircraft takeoff weight

항공기기종 (항공사)	최대 이륙중량 (MTOW, 톤)	이륙중량 (ATOW,톤)		이용률 (%)*		
		평균	최대	평균	최대	
B747-400F	OZ	397	320	395	80.5	99.5
B747-400ERF	KE	413	280	410	67.8	99.3
B747-400	KE	397	273	352	70.2	88.7
	OZ	397	282	322	71.0	81.1
B777F	KE	347	265	345	76.2	99.3
B777-200	KE	298	215	291	72.1	97.7
	OZ	298	243	297**	81.5	99.9

*이용률 = 기종별 ATOW/항공기 매뉴얼 상 MTOW.

**'인천-시카고 노선'으로 '19년도 1년 간 단 2회만 운영. 최대 운영중량은 '인천-시카고' 운항거리(5,680NM)에 따른 필요 이륙중량인 293톤으로 적용.

을 위해 '19년 검토 대상 항공기 5개 기종에 대한 양대 국적사(KE, OZ)의 실제 운영중량(ATOW)을 조사한 결과 최대이륙중량(MTOW) 대비 평균 74% 수준에서 운영 중임을 알 수 있었다.

또한, 기종별 실제 운영중량(ATOW) 최대값은 최대 이륙중량(MTOW) 대비 81.1%~99.9% 수준이고, 최대 이륙중량(MTOW)으로 운영하더라도 기존 제1~4활주로를 통해 수용 가능하므로 제5활주로 길이 산출을 위한 이륙중량은 실제 운영중량(ATOW)의 최대값을 적용하였다.

3.1.4 공항 운영특성 반영

항공기 중량기준을 설정하였으면 마지막으로 해당 비행장의 표고, 경사, 온도 등 운영 특성을 감안하여야 한다.

인천국제공항 제5활주로 표고는 제1~4활주로와 동일한 해발 7.0m, 활주로 종단경사는 0%로 반영하였으며, 온도의 경우, 최근 5년간('17~'21) 가장 더운 달 일최고 기온의 평균을 계산하면 Table 12와 같다.

Table 12. Temperature average for 5 years

구 분	가장 더운 달 일 최고기온의 평균(℃)	
	가장 더운 달	일 최고기온 평균
2021	7월	31.0
2020	8월	28.9
2019	8월	30.2
2018	8월	33.0
2017	7월	29.2
평균	-	30.5

향후 전 지구적인 기온 상승을 고려하여 제5활주로 길이 산정을 위한 온도조건은 제4활주로 길이 산정 시 적용했던 32.9℃를 동일하게 적용하였다.

3.1.5 활주로 길이 산정

검토대상 항공기들의 운영이륙중량, 인천국제공항 표고, 경사 및 기온을 고려하여 활주로 소요길이를 산출한 결과는 Table 13과 같다.

최장 활주로 길이를 요구하는 항공기 기종인 B747-400F를 제5활주로의 설계기준 항공기로 선정하고, 제5활주로의 최종 활주로 길이는 3,400m로 산정되었다 (Table 14).

IV. 결 론

기존 활주로를 보유하고 있는 공항에서의 신규 활주

Table 13. Estimate runway 5th length

항공기 기종	이륙 중량 (ATOW, 톤)	활주로 기본길이 (ATOW, 매뉴얼)	표고 보정 (EL : 7.0m)	온도 보정 (32.9℃)
B747-400F	395	3,370m	3,376m	3,400m
B747-400ERF	410	3,350m	3,355m	3,387m
B747-400	352	2,600m	2,604m	2,624m
B777F	345	3,250m	3,255m	3,351m
B777-200	293	3,290m	3,295m	3,392m

*표고 보정 : 평균해수면보다 300m 상승할 때마다 7% 비율로 증가.

*온도 보정 : 비행장표준온도가 1℃ 상승할 때마다 1% 비율로 증가.

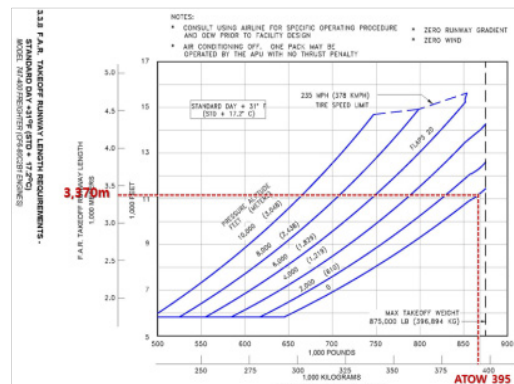


Fig. 5. Review the take-off length (B747-400F)

Table 14. Results for runway 5th length calculation

설계 활주로		제5활주로 (운영중량 고려)
설계기준 항공기		B747-400F
항공기 매뉴얼 이륙소요거리(ISA+17.2℃)		3,370m
인천국제공항 특성 고려	표고(7m) 보정	$3,370 \times 0.07 \times 7 / 300 + 3,370 = 3,376$
	온도(32.9℃) 보정	$3,376 \times (32.9 - 15 - 17.2) \times 0.01 + 3,376 = 3,400\text{m}$
	구배(0%) 보정	구배 0% 보정 없음
활주로 최종길이		3,400m

로 설치하는 모든 항공기 기종의 이·착륙이 가능해야 함과 동시에 공항 운영 특성을 고려한 효율적이고 경제적인 사업이 되어야 한다.

제5활주로 신설은 활주로 소요길이의 지속적 감소 추세, 노후 항공기 퇴역 및 고효율 항공기 개발, 다수의 활주로를 운영 중인 해외공항 사례 등을 종합 분석하여 인천국제공항 특성에 맞는 검토가 필요하다.

본 연구에서 산정된 활주로 길이를 바탕으로, 터미널 및 기존 활주로와의 연계성, 조종사 등 활주로 이용자 의견 등을 반영하여 최적의 제5활주로 배치가 가능할 것으로 판단되며 이미 여러 개의 활주로를 보유한 공항에서 경제적이고 효율적으로 추가 활주로 설치를 검토하는 데 기초자료로 활용할 수 있을 것으로 기대된다.

향후 연구에서는 활주로 길이 산정결과를 토대로 활주로 및 유도로 평면배치 등 후속 연구가 필요할 것이다.

감사의 글

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

References

1. Ministry of Land, Infrastructure and Transport, "Standards for design of aerodromes and landing fields", Ministry Of Land, Infrastructure and Transport, 2022.
2. Ministry of Land, Infrastructure and Transport, "Manual on aerodrome design", Ministry of Land, Infrastructure and Transport, 2022.
3. ICAO, "ICAO Annex 14 (Volume I. aerodrome design and operations)", 2022.
4. ICAO, "ICAO Doc 9157 (aerodrome design manual part 1)", 2020.
5. FAA, "FAA AC150-5070-6B (airport master plans)", 2005.
6. FAA, "FAA AC150-5325-4B (runway length requirement for airport design)", 2005.
7. FAA, "FAA AC150/5000-17 (critical aircraft and regular use determination)", 2017.
8. Norman J. A., Saleh M., and Paul H. W., "Airport engineering (planning, design and development of 21st century airports)", 2011.