

Original Article

<https://doi.org/10.12985/ksaa.2024.32.3.035>
ISSN 1225-9705(print) ISSN 2466-1791(online)

Capacity Coverage Chart(CCC)를 활용한 공항운영특성 분석 및 수용능력 증대방안에 관한 연구

신중하*, 김상훈**, 백호중***, 이주환****

Study on Airport Operation Characteristics Analysis and Capacity Enhancement Strategies Using the Capacity Coverage Chart (CCC)

Joongha Shin*, Sanghoon Kim**, Hojong Baik***, Juhwan Lee****

ABSTRACT

In domestic airport planning, capacity assessment traditionally focuses on comparing demand forecasts with runway capacity to identify saturation periods, which overlooks operational characteristics. Even when demand does not exceed capacity, prolonged near-capacity utilization can cause significant operational issues. Therefore, it is crucial to consider operational characteristics in capacity assessments to ensure stable airport operations and efficient development planning. This study uses the Capacity Coverage Chart to analyze the operational characteristics of Incheon Airport and major international airports. Based on the analysis, it suggests improving airspace and air traffic control procedures and utilizing off-peak hours to enhance operational efficiency at Incheon Airport. However, due to geopolitical constraints, increasing operational capacity at Incheon Airport is challenging. Thus, continuous efforts to expand infrastructure are necessary to meet future demand and prevent facility saturation.

Key Words : Airport Planning(공항계획), Capacity(수용능력), Demand(수요), Capacity Coverage Chart(항공교통순위곡선)

1. 서 론

1.1 연구 배경 및 목적

공항수용능력은 시설용량과 운영용량으로 구분될 수

있다. 시설용량은 공항계획 수립 시 산정되는 용량으로 활주로, 계류장, 여객터미널 등의 각 시설의 처리능력을 나타낸다. 반면, 운영용량은 공항 운영 특성을 고려하여 산정되는 용량으로 항공교통관제, 출입국 심사(CIQ)와 같은 운영 특성이 반영된 용량을 의미한다.

공항수용능력은 활주로 및 계류장, 여객터미널의 시설용량과 운영용량을 각각 산출하고, 이들 중 가장 작은 용량을 해당 공항의 수용능력으로 설정한다.

슬롯은 항공기의 이착륙이 가능한 운항 시간대로, 항공사가 항공 당국으로부터 할당받아 항공노선을 구성하고 운영하는 것을 의미한다. 일반적으로 슬롯은 공항수용능력 범위에서 총량이 정해지며¹⁾, 운항 시간 조

Received: 25. Jun. 2024, Revised: 16. Jul. 2024,

Accepted: 05. Aug. 2024

* 한국항공대학교 항공교통물류학과 박사과정

** 인천국제공항공사 공항계획팀

*** 한국항공대학교 항공교통물류학과 교수

**** 한국항공대학교 미래항공교통학과 박사과정

연락처 E-mail : kokomoty97@naver.com

연락처 주소 : 경기도 고양시 덕양구 항공대화로 76

정 및 배분에 관한 규정에 따라 대부분의 공항에서 운영용량을 슬롯으로 설정하여 운영한다.

많은 공항에서 활주로 용량이 주요 병목으로 작용하며, 공항의 수용능력 결정에 있어 핵심적인 요소가 된다. 활주로의 수용능력을 통해 공항의 포화 시기를 분석하고, 이에 따라 공항의 확장 계획(또는 마스터 플랜)을 준비한다.

국내 공항계획 또한 장래 수요예측 결과와 활주로 용량을 비교하여 수요가 용량을 초과하는 시점을 찾아내는 포화시기 파악에 집중하고 있다.

그러나, 수요가 용량을 초과하지 않더라도 용량에 근접한 시간이 장기간 지속되면 서비스 수준 저하 등 공항 운영에 심각한 문제를 초래한다. 따라서, 비용과 효율을 고려한 공항개발계획 수립과 안정적인 공항운영 조건을 확보하기 위해서는 수요가 용량을 어떻게 이용하는지에 대한 분석이 필요하다(Gelhausen, 2019).

따라서, 본 연구는 인천국제공항과 해외공항의 항공교통순위곡선(capacity coverage chart)을 통해 각 공항의 운영특성을 비교 분석하고, 인천공항 수용능력 활용 및 증대방안을 분석하였다.

1.2 연구 범위

본 연구의 공간적 범위는 인천국제공항과 2019년 기준으로 국제 순위 상위 20위 안에 드는 공항 중 인천국제공항과 유사한 특성을 가진 공항을 대상으로 하였다.

시간적 범위는 분석 자료의 시간적 범위로 코로나 팬데믹 발생 이전 해인 2019년으로 설정하였다.

내용적 범위는 두 가지를 포함한다. 1) 주요 허브공항 이용실적 및 운영특성 분석, 2) 공항 수용능력 증대 방안 제시로 설정하였다.

II. 본 론

2.1 이론적 고찰

2.1.1 활주로 수용능력

활주로 수용능력은 절대용량(ultimate capacity)과 실용용량(practical capacity)으로 구분될 수 있다. 절대용량은 지연을 고려하지 않고 1시간 동안 처리할 수

있는 최대항공기 운항 횟수를 의미하며, 실용용량은 수용 가능한 수준의 지연(4분 또는 5분)을 발생시킬 때 처리할 수 있는 항공기 운항 횟수를 말한다.

미국 FAA(2002)는 수요, 용량 및 지연의 관계가 '대기열 시스템(queuing system)'과 매우 유사함을 설명하며, 수요가 증가함에 따라 평균 지연시간의 증가가 기하급수적으로 이루어진다는 특성을 설명한다.

항공기 평균 지연시간은 교통량이 실용용량에 도달할 때까지 점진적으로 증가하며, 실용용량은 항공기당 평균 지연시간이 3~5분인 경우의 용량으로 정의된다. 수요가 실용용량을 초과하여 증가할 경우, 항공기의 지연 시간은 급격히 증가하게 되며, 지연시간이 5분을 넘어서면 공항이 정체 상태에 이르렀다고 간주된다. 이러한 상황에서 교통량의 증가, 악기상 또는 기타 문제들에 의해 장시간 지연이 발생할 수 있으며, 이는 비행 스케줄의 혼란과 관제사의 과도한 업무 부담으로 이어질 수 있다.

활주로 연간용량은 연간 실제로 수용할 수 있는 용량을 추정하기 위한 지표로 활용된다. 이는 활주로의 사용 및 배치, 항공기 혼합비율, 기상 조건, 수요 패턴, 그리고 공항에 영향을 미치는 다양한 요소들을 고려하여 산정된다. FAA는 활주로 연간용량 ASV(annual service volume) 산정 시 세 가지 변수를 고려한다. 시간당 용량(C_w), 운영 일수(D), 운영시간(H)이 고려되어 아래와 같은 방정식 (Eq. 1)으로 산정된다.

$$ASV(Annual Service Volume) = C_w \times D \times H$$

$$\text{여기서, } D = \frac{\text{연간수요}}{\text{첨두월 평균일수요(ADPM)}}$$

$$H = \frac{\text{첨두월 평균일수요(ADPM)}}{\text{첨두시간수요(ADPM-PH)}}$$

Eq. 1. Annual service volume

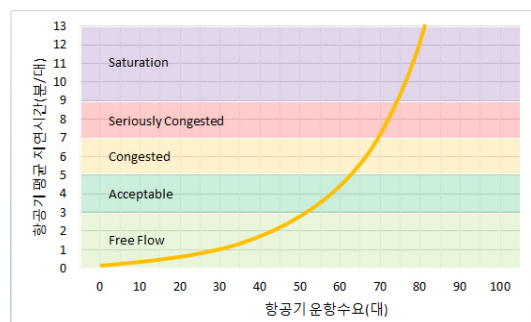


Fig. 1. Changes in delay times according to flight demand

1) 운항시간 조정, 배분 등에 관한 규칙(국토교통부령).

활주로 수용능력에 영향을 주는 요소는 매우 다양하다. De Neufville & Odoni (2013)에 따르면, 활주로 용량에 영향을 주는 주요 요인으로는 활주로 개수 및 배치, 운영 방식, ATC 절차(예, 도착-출발 항공기 간 분리 간격 등), 기상 조건(예, 시정, 운고, 풍향 및 풍속), 항행, 감시, 통신 기술, 항행안전시설, 도착-출발 항공기 비율, 항공기 혼합물(fleet mix), 고속 탈출 유도로 배치 등을 제시하였다.

본 연구에서는 다양한 요인 중 활주로 개수 및 배치, 운영 방식에 따른 활주로 수용량 증대방안에 대해 분석하였다.

2.1.2 첨두월 평균일 첨두시간 운항횟수(Average Day Peak Month Peak Hour, ADPM-PH)

첨두월 평균일의 첨두시간 운항 횟수(Average Day Peak Month Peak Hour, ADPM-PH)는 FAA와 ICAO가 적용하는 개념으로, 공항 설계 시 반영된다. 이는 연간 수요에 대비 첨두월 평균일의 집중률과 대표일의 수요 대비 첨두시간의 집중률(일중 첨두시간 집중률)을 활용하여 산정된다. 연간 수요 대비 평균일 집중률은 첨두 2개월의 평균일 수요와 연간수요의 비율로 계산되며, 일중 첨두시간 집중률은 연중 최대 운항 횟수를 기록한 날을 대표일로 설정하고, 해당 시간대별 최고 수요 비율을 기준으로 산정된다(ICA0, 1987).

이 두 가지 집중률을 통해 대표 첨두율을 산정하고, 미래의 연간 수요에 이를 적용하여 첨두시간의 설계수요를 도출한다. 첨두월 평균일 수요는 첨두월(2개월)의 총 수요를 해당 달의 일수로 나누어 계산한다. 국내 주요 공항(인천, 김포, 제주 공항)에서는 여객의 일중 첨두시간 집중률이 하루 활동량의 7-10% 수준으로 나타나지만, 비행 스케줄의 증가와 함께 이러한 집중률은 점차 고르게 분포되는 경향을 보인다. 이러한 집중률은 하루 동안 분산되면서 감소하게 되며(FAA, 1988), 주된 이유는 여객 수요를 충족시키기 위해 주요 시간대에 대형 항공기가 운항되기 때문이다.

2.1.3 Capacity Coverage Chart

Capacity Coverage Chart(이하, CCC)는 1년 동안 활주로의 다양한 운영 조건에 따른 사용 가능한 용량의 범위와 기간을 간략하고 직관적으로 보여주는 것이다(De Neufville, Odoni, 2013).

활주로의 용량은 ATM(항공교통관리), 소음, 기상 등과 같은 여러 변화하는 확률적 및 동적 변수에 의해

가변적인 성격을 가지므로, CCC는 시간에 따른 활주로 용량의 범위와 그 발생 빈도를 설명하는 데에 유용하게 사용된다(Schinwald, 2014).

〈Fig. 2〉는 CCC의 개념을 설명하는 것으로서 지연을 고려한 실용용량(practical capacity)이 작성의 기준이 되는 것을 보여준다.

CCC의 기울기는 완만할수록 용량에 근접한 시간이 지속된다는 것을 의미하며, 완전히 평탄한 CCC는 활주로 용량이 시간에 걸쳐 변함없이 일정한 공함을 나타낸다. 좋은 기상 조건에서 운영되는 단일 활주로 공항은 100% 기간 동안 일정한 CCC를 보여, 용량이 꾸준히 유지됨을 의미한다.

2.1.4 활주로 배치체계

ICAO Doc 9184(Airport Planning Manual) 및 국토교통부 공항·비행장시설 설계 세부 지침에 따르면 평행활주로의 운영체계는 활주로 중심선 사이 최소 간격을 기준으로 분류한다.

시계비행 기상 상태에서 동시 사용할 목적으로 계획할 경우, 활주로 중심선 사이의 최소간격은 다음과 같이 설정한다.

- 높은 쪽의 분류번호가 3, 4인 경우: 210m 이상
- 높은 쪽의 분류번호가 2인 경우: 150m 이상
- 높은 쪽의 분류번호가 1인 경우: 120m 이상

계기비행 기상 상태에서 동시 사용할 목적으로 계획할 경우, 활주로 중심선 사이의 최소간격은 다음과 같이 설정한다.

- 독립평행접근의 경우(접근/접근): 1,035m 이상
- 종속평행접근의 경우(접근/접근): 915m 이상
- 독립평행출발의 경우(출발/출발): 760m 이상
- 분리평행운영의 경우(출발/접근): 760m 이상

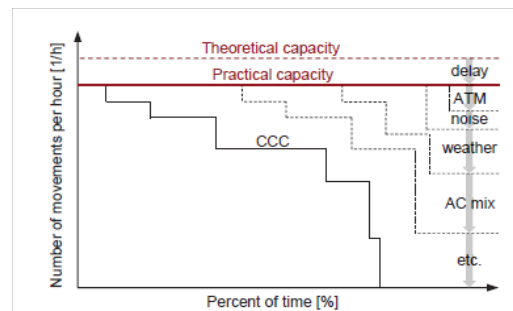


Fig. 2. Capacity coverage chart (CCC)

ICAO 및 국토교통부 지침에 따른 활주로 운영 체계별 활주로 중심선 간 간격 기준은 <Table 1>과 <Fig. 3>2)과 같이 요약할 수 있다.

Table 1. Runway spacing criteria by runway operating system

Simultaneous VFR operation(시계비행상태)	
Aerodrome code 1	120(400ft) 이상
Aerodrome code 2	150(500ft) 이상
Aerodrome code 3 or 4	210(700ft) 이상
Simultaneous IFR operation(계기비행상태)	
Segregated operations	760m(2,500ft) 이상
Independent departure	760m(2,500ft) 이상
Dependent arrivals	915m(3,000ft) 이상
Independent arrivals	1,035m(3,400ft) 이상

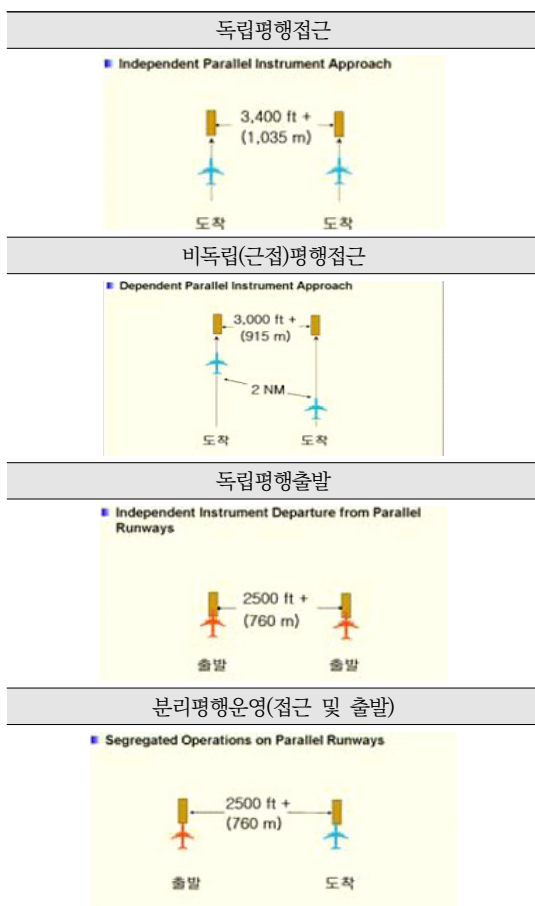


Fig. 3. Runway operating systems

2) 인천국제공항공사 공항계획 가이드 북.

본 연구에서는 인천국제공항을 분석대상으로 하여 활주로 중심선 간 간격이 1,035m 이상의 독립 활주로, 1,035m 미만의 근접 활주로 체계로 분류하여 연구를 수행하였다.

2.2 자료수집 및 기초분석

2.2.1 자료수집

본 연구에서는 인천국제공항의 운항실적을 분석하기 위해 입출항신고서 (GD, General Declaration)³⁾ 자료를 수집하였다. 또한, 해외공항의 운항실적 분석을 위해서는 OAG(Official Airline Guide)의 운항 스케줄 자료를 활용하였다. 모든 데이터는 코로나 팬데믹 발생 이전인 2019년을 기준으로 수집되었다.

수집한 자료의 분석을 통해 인천공항과 비교될 대상 공항을 선정하였고, 선정된 공항에 대해 항공교통처리 곡선과 첨부 2개월 평균일의 운항스케줄 그래프를 작성하여 각 공항의 운영 특성을 분석하였다.

2.2.2 분석대상 공항 선정

분석대상 공항은 미국, 유럽, 아시아 및 중동 3가지의 권역으로 구분하였고, 권역별 주요 허브공항 10곳을 선정해 분석하였다. 분석대상 공항들의 연간 여객수와 운항 횟수는 <Table 2>와 같다.

Table 2. Result of hub airport selection (2019)

권역	공항명 (Code)	연간 여객 (천명)	연간 운항횟수 (회)
미국	애틀란타(ATL)	110,531	878,662
	로스앤젤레스(LAX)	85,695	644,773
	시카고오헤어(ORD)	84,649	918,291
유럽	히드로(LHR)	76,043	480,175
	스키폴(AMS)	71,680	491,106
	샤를드골(CDG)	69,823	472,948
아시아	두바이(DXB)	86,328	363,713
	책랍록(HKG)	71,287	405,965
	인천(ICN)	70,578	404,104
	창이(SIN)	67,601	381,031

3) 입출항신고서(GD): 인천공항에서 이착륙하는 모든 항공편에 대해 항공사, 기종, 여객수, 화물량, 출도착 시간 등의 자료를 집약시켜 놓은 자료임.

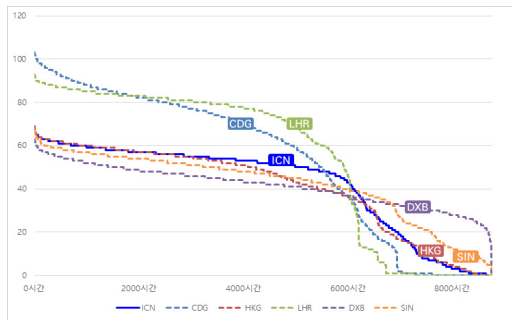


Fig. 4. Result of capacity coverage chart

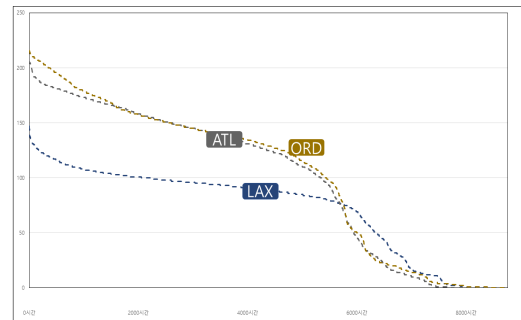


Fig. 6. Capacity coverage chart (USA)

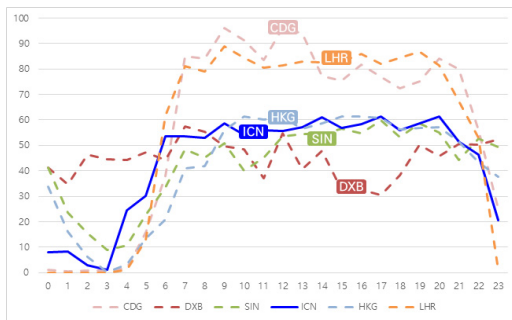
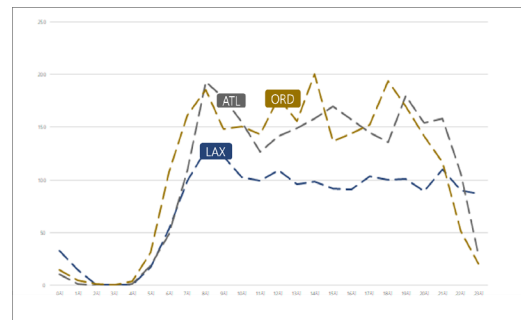


Fig. 5. Result of flight schedule

Fig. 7. Flight schedule
(average day of 2 peak month)

분석대상 공항들은 국제공항협회(ACI, 2019)에서 발표한 국제선 여객 기준 상위 20대 공항 중 인천공항과 유사한 운영특성(국제선 비율이 80% 이상이며, 2독립 활주로를 운영)을 지닌 공항으로 선정하였다.

2.2.3 공항 운영특성 분석

2.2.3.1 미국

미국 공항의 경우, 국내선 및 중·소형기(C급 이하: 약 80~90%) 위주 운영으로 항공기당 탑승객 수가 감소하면서 운항 횟수가 증가하는 경향을 보인다. 이를 극복하기 위해 3 독립 활주로 체계를 확보하여 높은 활주로 시스템 용량을 확보하고, 수요에 효과적으로 대응하고 있다.

미국 공항 중 LAX 공항은 대체로 3 독립 이상 활주로 체계를 확보하고 있는 미국 허브공항들과 달리 2 독립 체계로 운영 중이다. 그래서, CCC의 기울기가 비교적 완만하지만, 중소형기 위주 운영으로 활주로 용량이 높은 것으로 확인된다.

2.2.3.2 유럽

유럽 공항의 경우, 미국보다 더 완만한 곡선을 그리며, 국제선 및 중·소형기(C급 이하: 약 70~80%) 위주 운영으로 운항 횟수가 증가하는 경향이 있다.

Table 3. Airport operational performance

공항명	애틀란타	로스앤젤레스	시카고 오헤어
연간여객 (국제선 비율)	11%	29%	17%
대당탑승객	126	133	92
연간운항	878,662	644,773	918,291
첨두시 운항횟수 (회/시)	203	140	202
활주로 배치 (활주로 개수)	3독립 2근접 (5개)	2독립 2근접 (4개)	4독립 2근접 2교차 (8개)
혼합률 (%)	A	0	1
	B	17	40
	C	72	52
	D	9	2
	E	2	5
	F	0	0
	계	100	100

하지만, 대부분 야간 운항 금지(Curfew)로 인한 활주로 운영시간이 짧고, 주변 환경 및 부지 제약 등으로 인해 활주로 확장에 한계가 존재한다. 이러한 제약에도

불구하고, 높은 첨두시 용량을 활용하여 수요에 대응하고 있으나, 시설한계에 이미 도달하였다.

특히, 히드로 공항의 CCC 기울기가 다른 공항들에 비해 완만하며, 시설한계에 도달한 것을 확인할 수 있다.

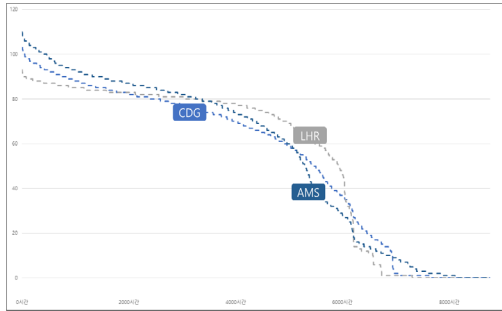


Fig. 8. Capacity coverage chart (Europe)

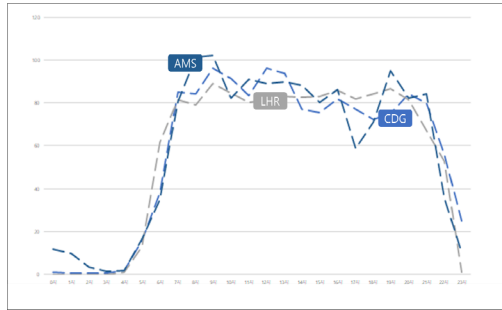


Fig. 9. Flight schedule
(average day of 2 peak month)

Table 4. Airport operational performance

공항명	히드로	스키폴	샤를드골
연간여객 (국제선 비율)	80,884	71,680	76,116
대당탑승객	168	146	161
연간운항	480,175	491,106	472,948
첨두시 운항횟수 (회/시)	89	111	98
활주로 배치 (활주로 개수)	2독립	3독립 3교차	2독립 2근접
혼합률 (%)	A	0	0
	B	0	0
	C	61	83
	D	2	2
	E	33	14
	F	4	3
	계	100	100

2.2.3.3 아시아 및 중동 권역

아시아 및 중동 권역의 공항들은 대부분 CCC의 기울기가 완만하며, 심야시간대의 운영률이 높은 것을 확인할 수 있다.

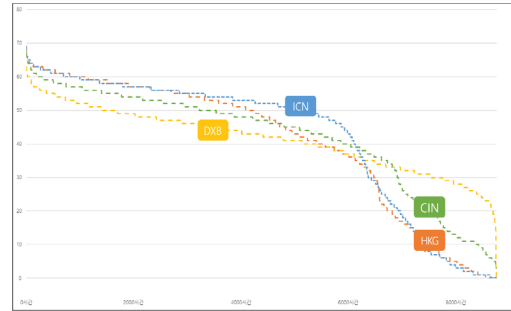


Fig. 10. Capacity coverage chart
(Asia and middle east)

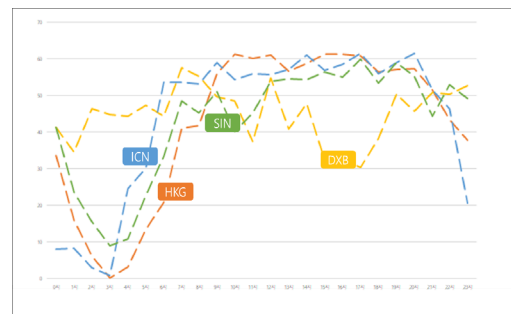


Fig. 11. Flight schedule
(average day of 2 peak month)

Table 5. Airport operational performance

공항명	인천	두바이	첵랍콕	창이
연간여객 (국제선 비율)	71,170	86,329	71,288	67,601
대당탑승객	99	99	99	99
연간운항	404,104	363,713	405,965	381,031
첨두시 운항횟수 (회/시)	70	61	69	64
활주로 배치 (활주로 개수)	2독립 2근접	2근접	2독립	2독립
혼합률 (%)	A	0	0	0
	B	0	0	0
	C	59	41	57
	D	1	0	0
	E	36	42	39
	F	4	17	4
	계	100	100	100

국제선 및 대형기 위주의 운영과 2 독립 활주로 체계 운영을 해왔지만, 시설한계에 도달함에 따라 추가 시설확보의 필요성을 느끼고 있다. 이를 위해 창이, 첵락콧 공항은 3 독립 활주로 체계확보를 위한 추가 활주로를 건설하고 운영 중이다.

2.3 인천국제공항 수용능력 증대방안

2.3.1 인천공항 활주로 수용능력

인천국제공항의 활주로 수용능력은 시설용량과 운영용량으로 구분된다. 2019년 기준 활주로는 3본이며, 시설용량과 운영용량은 각각은 90회/시, 75회/시⁴⁾이다.

현재, 4단계 건설사업이 현재 추진 중이며, 이는 기존 활주로 전면 재포장을 포함하고, 2025년경에는 4개의 활주로가 동시에 운영될 예정이다. 이때, 활주로는 2독립 2근접 체계로 운영될 예정이며, Fast-Time 시뮬레이션 모형인 TAAM (Top Airspace and Airport Model)을 활용한 분석 결과, 시설용량은 107회/시로 예상된다.

시설용량 산정 시, 인천공항의 현재 공역 조건을 고려하여 South Flow는 종속 접근, North Flow는 독립 접근으로 설정하고, RE-CAT 분리 기준을 적용하였다.

또한, 인천국제공항의 연간용량은 침두시 용량, 운영일수(D=351일⁵⁾), 운영시간(H=16시간⁶⁾)을 고려하여 계산했을 때, 제3활주로(90회/시) 기준 연간 505,400회, 제4활주로(107회/시) 기준 연간 600,912회로 산정되었다.

Table 6. Change of slot

시기	01. 3월	04. 11월	06. 9월	08. 6월	08. 10월	18. 12월	19. 6월	23. 10월
슬롯 (시간당)	38회	42회	46회	56회	63회	65회	70회	75회
변경 요인	개항	수요 증가	수요 증가	3 활주로 오픈 (1차)	3 활주로 오픈 (2차)	T2 오픈 (1차)	T2 오픈 (2차)	4 활주로 오픈 (1차)

4) 2023년 10월 이후 슬롯 75회/시로 조정.

5) D-factor: 연간운항횟수 ÷ 침두 2개월 평균 운항횟수.

6) H-factor: 침두 10일 각각의 H-factor 값 평균.

2.3.2 수용능력 증대방안 분석

해외 주요 허브공항의 운영 특성 분석 결과를 바탕으로, 현재 인천국제공항의 수용 능력 증대방안을 두 가지 주요 전략으로 구분하여 분석하였다.

첫째, 유럽 공항 사례처럼 공역 개선 및 관제 절차의 고도화를 통해 시간당 용량을 증가시키는 방안이다. 둘째, 두바이 공항 사례처럼 비침두시간(심야시간)의 운영 활성화를 통해 연간용량을 증가시키는 전략이다.

이러한 접근 방식을 통해 인천국제공항은 효율적인 운영과 함께 수용능력을 효과적으로 증대할 수 있을 것으로 기대된다.

2.3.2.1 공역개선 및 관제절차 고도화

유럽의 사례를 참고하여, 수도권 공역(ACMI) 및 휴전선 비행금지구역(P-518) 등의 공역 전면 개선과 관제 절차의 고도화를 통해 인천국제공항의 침두시 용량 증대 효과를 기대할 수 있다.

현재 인천국제공항의 4개 활주로 기준 시설 용량은 시간당 107회이나, 공역 개선과 관제 절차 고도화를 통해 시간당 116회까지 확대가 가능하다는 것이 TAAM 모형 분석 결과이다. 이러한 침두시 용량의 증대는 공항의 포화 시기를 약 3년 정도 지연시킬 수 있을 것으로 분석되었다.

그러나, 휴전선 비행금지구역(P-518)과 같이 국가 안보에 직결되는 중요 공역의 조정은 안보 상황을 고려할 때 현실적으로 어려움이 있을 것으로 예상된다.

2.3.2.2 비침두시간(심야시간) 운영 활성화

두바이 공항 사례에 기반해 비침두 시간인 심야시간(22시~05시) 운영을 활성화함으로써 연간용량 증대 효과를 기대할 수 있다.

현재 인천국제공항은 활주로 운영시간이 16시간이며, 심야시간 이용 비율은 7.3%에 불과하다. 반면, 두바이 공항은 운영시간이 18시간에 달하고, 심야시간 이용 비율이 25.3%로, 인천공항보다 18% 높다.

Table 7. Airport operating hours and late-night usage rate

구분	인천	첵락콧	창이	두바이	히드로	샤를 드골
운영시간 (H-factor)	16.4	16.7	16.8	17.9	15.3	14.3
심야시간 이용률	7.3%	13.6%	14.7%	25.3%	0.31%	4.9%

*심야시간: 22시~05시.

심야시간 운영을 활성화하여 운영시간을 16시간에서 18시간으로 확대할 경우, 연간용량이 현재의 60만회에서 67만 회로 약 7만 회 증가할 수 있으며, 포화시기를 3년 지연시킬 수 있는 것으로 분석된다.

그러나, 인천공항은 동아시아의 지정학적 위치 때문에, 다른 공항과의 침투시간대 슬롯 배정이나 야간 운항 제한(curfew)으로 인해 새로운 노선 확보에 어려움이 존재한다. 또한, 심야시간 인천공항의 지상 교통 서비스 확대, 운영 인력(CIQ, 관제, 항공사 등)의 증원 필요성 등으로 인해 심야시간 운영 활성화에는 여러 어려움이 있다.

2.3.2.3 시사점

공역전면 개선 및 관제절차의 고도화, 비침투시간(심야시간) 운영 활성화를 통해 침투시 용량과 연간용량

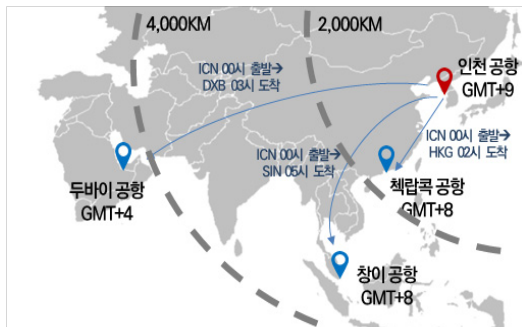


Fig. 12. Review of routes based on the geopolitical location of Incheon Airport

Table 8. Review of departure and arrival times at partner airports during nighttime operations

출발공항	출발시간	도착공항	도착시간	비고
인천	00시	나리타 공항	02시	Curfew time 도착
인천	00시	하노이 공항	02시 30분	Curfew time 도착
인천	00시	푸동 공항	01시 20분	Curfew time 도착
두바이	12시(침투)	인천공항	01시	침투시간 출발
창이	17시(침투)	인천공항	00시	침투시간 출발
체랍콕	19시(침투)	인천공항	23시	침투시간 출발

증대 효과는 기대할 수 있다. 하지만, 국내 안보 여건과 지정학적 조건을 고려할 때, 활주로의 운영 효율화만으로는 용량 증대에는 한계가 있을 것으로 판단된다.

이에 따라, 미래 수요 증가와 동북아 지역의 허브공항 경쟁에 능동적으로 대응하기 위해서는 장기적으로 소요되는 시설용량 확보가 우선되어야 한다. 또한, 공역 조정 및 비침투 시간 활성화와 같은 운영용량 증대를 위한 노력이 병행되어야 한다.

III. 결 론

이 연구는 인천국제공항과 해외공항의 운영 특성을 분석하여 인천국제공항의 수용 능력 증대방안을 제시하고 분석하였다.

분석 결과, 인천공항의 수용 능력 증대는 공역 전면 개선, 관제 절차의 고도화, 비침투 시간 활용 등을 통해 가능함을 보여주었다. 그러나 인천공항의 특정 공역 조건과 지정학적 위치로 인해 이러한 증대방안을 실행하는 것은 제약적이다. 이에 따라, 인천공항은 미래 수요증가와 혼잡 대응을 위한 체계적인 공항계획이 필요하다.

현재 국내 공항계획은 주로 수용 능력 평가에 초점을 맞추고 있으며, 공항 서비스 수준(LOS)과 운영 특성 분석에는 한계가 있다. 특히, 항공 교통량 관리와 혼잡 해소를 위한 서비스 수준을 고려한 시설 규모 및 포화 시기 분석에 대한 연구가 필요하다.

여객터미널의 경우, ‘공항시설 수용능력 설정 지침’, ADRM(airport development reference manual) 등에서 여객이 침투시 일정 수준의 혼잡을 겪지 않도록 적정 서비스 수준의 개념에서 계획을 수립한다. 하지만 활주로 용량에 대한 적정 서비스 수준을 평가하기 위한 연구는 아직 충분하지 않다.

이에 따라, 활주로 서비스 수준을 평가하는 지표 개발과 미래 수요 전망을 기반으로 한 서비스 수준을 고려한 최적의 인프라 투자 시기 분석 등의 향후 연구가 필요하다. 이러한 연구를 통해 인천국제공항은 지속 가능한 성장과 함께 국제 항공 허브로서의 경쟁력을 강화할 수 있을 것으로 기대된다.

감사의 글

본 연구는 국토교통과학기술진흥원 “데이터기반 항

공교통관리 기술개발 (과제번호: 21DATM-C162722-01)"의 연구지원으로 수행되었습니다.

References

1. Berster, P., Gelhausen, M., and Wilken, D., "Is increasing aircraft size common practice of airlines at congested airports?", *Journal of Air Transport Management*, 46, 2015, pp.40-48.
2. Choi, D. Y., Shin, J. H., Jang, C. H., and Park, S. D., "A study on feasibility for runway development -IIAC 4th runway construction case study-", *Journal of the Korean Society for Aviation and Aeronautics*. 27(2), 2019, pp.37-46.
3. De Neufville, R., and Odoni, A., "Airport systems: Planning, design and management", McGraw-Hill, New York, 2013.
4. FAA, "National plan of integrated airport system(2001-2005)", 2002.
5. FAA, "AC 150/5060-5 airport capacity and delay", 1983.
6. Gelhausen, M., Berster, P., and Wilken, D., "Airport capacity constraints and strategies for mitigation: A global perspective", Elsevier, London, 2019.
7. ICAO, "Doc 9184-AN/902 Part 1 Master Planning, 1987.
8. Schinwald, C., and Homing, M., "Metodical approach to determining the utilization of airports: The development of the european air traffic system between 2008 and 2012", *Deutscher Luft-und Raumfahrtkongress*, 2014.
9. Yoon, S. J., "Microscopic approaches for estimation of runway capacity and air traffic controller's communication task load", Master's Thesis, Air Transportation, Korea Aerospace University, Gyeonggi-do, 2014.