

Original Article

<https://doi.org/10.12985/ksaa.2018.26.4.013>

ISSN 1225-9705(print) ISSN 2466-1791(online)

공항의 접현주기장 규모 산정 방법의 적정성 연구

박성도*, 이영혁**, 장조원***

A study on computing the optimal number of attached stands in the airport

Park, Sung Do*, Lee, Yeong Heok**, Chang, Jo Won***

ABSTRACT

The approximate scale of the airside's moorings and terminals should be estimated in the master plan for a new airport. The size of the pavilion can be determined by complex factors such as the operating hours of the operating company, the frequency of operation, and the aircraft class. Among them, the number of aircraft parking stands attached to the terminal is calculated using the Horonjeff equation because of the relationship between the number of flights and the time occupied by the mains. Since this estimation formula is a simplified formula, it is necessary to verify the appropriateness of the method of estimating the optimal number and to suggest improvement directions. Therefore, in this study, we propose a method of estimating the trend curve between the number of stands and the number of flights using the recent data of the main overseas airports to determine whether the application of the Horonjeff formula is appropriate.

Key Words : Attached Stands(접현주기장), Horonjeff formula(호론제프 공식), Number of Stands(주기장 수), Size computation(규모 산정), Type of runway(활주로 유형)

1. 서론

공항의 주기장 종류는 접현주기장(Attached Stands)과 원격주기장(Remote Stands)이 있다. 접현주기장은 터미널에 접속되어 보딩브릿지를 통하여 승객이 터미널과 항공기간을 유출입하는 주기장이고, 원격주기장은 터미널에서 멀리 떨어져

있어 승객이 버스를 이용하여 터미널로 이동하거나, 장기적으로 주기하는 항공기가 이용하는 주기장이다[1].

공항의 에어사이드시설인 터미널, 활주로, 유도로, 계류장 등은 최초건설 후 공급과잉에 따라 추가적인 건설이 불가피하나 일반적으로 건설비용, 주변 환경여건, 확장지역 여건 등으로 확대가 쉽지 않다. 공항의 접현주기장, 원격주기장 등 주기장들은 에어사이드의 많은 공간을 차지하므로 최초에 규모를 산정할 때 신중을 기해서 산정해야 한다. 그 중 접현주기장은 전 세계적으로 호론제프(Horonjeff)식을 이용하여 산정하는 것이 일반적이는데, 그 이유는 주기장 수를 산정하는

Received : 25. Nov. 2018. Revised : 07. Dec. 2018.

Accepted : 23. Dec. 2018

* 한국항공대학교 대학원 항공교통물류학과 박사과정

** 한국항공대학교 항공교통물류학부 교수

*** 한국항공대학교 항공운항학과 교수

연락처자 E-mail : yhlee@kau.ac.kr

연락처자 주소 : 10540 경기도 고양시 한국항공대학교

변수가 운항횟수와 주기장 점유시간과 관계가 있으며, 산정식은 단순 도출할 수밖에 없는 상황이고, 호른제프식이 그 특성을 반영한 식이기 때문이다.



Fig 1. Type of Stands

김포공항, 제주공항, 김해공항 등 국내공항과 국외의 대부분의 공항 등이 접현주기장의 규모 산정에 있어서 호른제프식을 개략규모 및 상세 규모에 이용하였다. 그러나 호른제프식으로 산정된 주기장 규모를 검증하여 좀 더 정확한 접현주기장 규모의 산정이 필요하다. 왜냐하면 주기장의 규모는 조업사의 업무시간, 운항횟수 특성, 항공기 등급 등 복합적인 요인에 따라 결정되기 때문이다.

주기장 산정관련 다른 연구의 경우, 호른제프식이 아닌 운항의 실적자료를 분석하여 연간 여객기 운항횟수와 주기장과의 관계를 이용하여 주기장 수의 규모를 예측하거나[2], 항공기의 장래 스케줄을 조사하여 주기장 규모를 모델링하여 산정하기도 한다[3].

이와 같이 접현주기장의 규모는 여러 가지 요인에 의해 영향을 받으나, 활주로의 유형이 공항의 용량에 큰 영향을 미치므로 활주로의 유형에 따라 연간 운항횟수와 주기장 수의 관계를 해외사례를 통하여 조사하여 그 결과를 기존의 호른제프식에 반영되도록 하였다.

본 연구는 공항의 접현주기장 규모를 정확히 산정하기 위하여 해외 공항의 주기장 규모를 분석하여 단순한 변수를 이용하는 호른제프식의

적용의 타당성을 분석하고 개선방향을 제시하였다. 호른제프식에 의해 산정되는 접현주기장에 대해 변형될 수 있는지의 여부를 조사를 통하여 분석된 데이터로 판단하고 그 결과 호른제프식의 변형을 추론하였다. 또한 활주로의 유형 가운데 가장 일반적이면서 연간 운항횟수와 주기장 수의 상관관계가 있다고 생각되는 중속평행 활주로를 표본으로 조사, 추론하여 활주로 유형별 연구방법을 제시하였다.

II. 본 론

2.1 기존 산정식 검토

공항의 접현주기장 산정시 전 세계적으로 많이 사용하는 호른제프식은 다음과 같다[4].

$$G = V \times T / U$$

G : 주기장의 수(개소)

V : 침두시간 도착 운항횟수(회/시간)

T : 항공기 점유시간(시간)

U : 이용률 계수

접현주기장 수의 산정시 호른제프식을 이용할 경우 V값인 침두시간 도착 운항횟수는 아래와 같이 표현된다.

$$V(\text{침두시간 운항횟수}) = \text{연간수요} \times \text{ADPM집중률}(\text{최침두2개월평균}) \times \text{일중 침두시간 집중률}$$

이 값은 년중 침두 2개월과 일중 침두시간 집중률을 포함하는 값으로 평상시 보다 많은 항공기가 운항할 때 접현주기장 규모를 산정한 것이다. 평상시의 운항횟수가 아닌 침두시의 운항횟수를 반영했으므로 접현주기장의 규모가 과하게 산정된 것임을 알 수 있다.

물론 접현주기장은 초기의 건설 후 추가적인 건설이 쉽지 않으므로, 여유있는 규모의 시설의 건설을 위함이나, 다소 비경제적인 면이 있음을 알 수 있다.

2.2 연구조건

본 연구는 해외공항의 사례를 조사하여 공항

별 연간 운항횟수 및 주기장을 조사하는 것으로, 비슷한 용량을 가진 공항을 선정하여 비교함이 타당하다. 공항은 활주로 형태에 따라 용량이 차이가 크게 나므로 활주로의 형태를 한정하여 조사하였다.

공항의 용량은 활주로의 유형, 비행장의 구성, 항공기의 운영환경, 항행보조시설의 이용여부 및 정밀성, 항공교통 관제시설 및 절차 등 영향요인이 많으나, 그 중 활주로의 유형이 용량에 큰 영향을 미친다[5].

활주로를 구분할 때 IFR조건을 기준으로 하였으며, 활주로유형별 시간당 최대운항횟수는 단일 활주로는 시간당 40회~50회 운항횟수, 평행 활주로는 평행의 간격에 따라 50회~100회의 운항횟수, 교차활주로는 40회~70회, V자형 활주로는 50회~70회다[6].

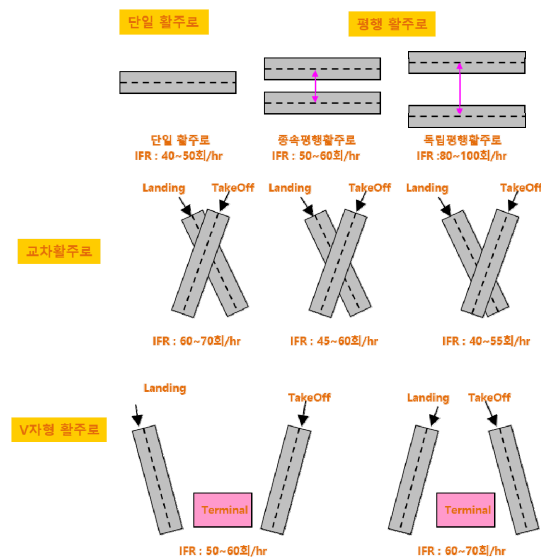


Fig 2. Capacity of airport by runway type

단일 활주로는 전 세계적으로 그 숫자가 많지만 터미널이 없어 접현주기장이 없는 경우부터 터미널의 접현주기장 규모가 아주 큰 경우까지 주기장 수의 차이가 너무 크게 나기 때문에 조사대상에서 제외하였다. 교차활주로는 교차의 위치에 따라 시간당 운항횟수가 차이가 많이 나며, V자형 활주로는 형태상으로 다양하여 주기장 규모를 비교하기 어려워 조사대상에서 제외

하였다. 본 연구에서는 중속평행활주로가 조사의 개수가 충분하고 주기장 규모가 공항별로 크게 차이가 없기 때문에 해외공항 사례 대상으로 선정하였다.

2.3 공항 데이터 조사 수집

본 연구는 전 세계 주요공항의 중속평행활주로를 대상으로 비교적 최근인 2017년도 공항자료를 조사하였으며, 사례조사의 분석데이터로서 의 의미가 낮은 공항은 대상에서 제외하였다.

Table 1. Stands list

공항	주기장 수			운항횟수/년
	Small	Medium 이상	계	
dubai	4	84	88	418,220
mohammed V	9	9	18	69,119
김포공항	12	5	17	161,000
Sao Paulo-Guarulho	44	31	75	266,016
Sao Paulo-Congonhas	21	7	28	217,918
tocumen	42	1	43	145,914
Chengdu Shuangliu	41	35	76	319,382
Rajiv Gandhi	5	5	10	149,581
Shanghai Hongqiao	20	23	43	428,907
gatwick	41	19	60	285,969
manchester	31	23	54	203,631
Sheremetyevo	27	18	45	308,090
Nice cote d'Azur	14	12	26	164,992
Vienna	24	10	34	224,568
Chennai	9	8	17	155,123
Nio bai	19	19	38	566,000
changsha huanghua	30	3	33	179,575
Tan son nhat	12	13	25	230,975

공항	주기장 수			운항횟수/ 년
	Small	Medium 이상	계	
Don mueang	16	19	35	256,760
ninoy aquino	16	30	46	258,366
Chhatrapati shivaji maharaj	29	28	57	320,689
Stavanger	17	1	18	85,306
Bilbao	6	0	6	46,989
Falcone Borsellino	7	0	7	44,122
dublin	38	16	54	215,829
Lisbon	13	7	20	201,818
Dusseldorf	12	14	26	217,575
Milan Malpensa	11	17	28	178,953
Belrlin Tegel	29	3	32	275,014
Vnukovo	20	11	31	163,600
Hamburg	15	5	20	159,780
Warsaw chopin	14	11	25	129,995
Vaclav havel	23	9	32	148,283
Venicemarco	10	7	17	92,236
Falcone Borsellino	18	8	26	55,404
Toulouse	9	8	17	95,192
Marseille	14	9	23	130,000
Keflavik	6	5	11	63,585
Gran canaria	11	3	14	118,554
Monterrey	16	6	22	115,593
Ministro	4	12	16	66,794
Miguel hidalgo	10	2	12	86,455
Rio de janeiro	31	26	57	120,138

조사된 해외공항의 주기장수 및 운항횟수 자료는 각 공항의 AIP와 현황지도, 기록 등을 토대로 작성되었다.

2.4 주기장 데이터 분석

조사된 자료를 근거로 주기장의 개수와 연간 운항횟수를 도식화하면 Fig 3과 같다.

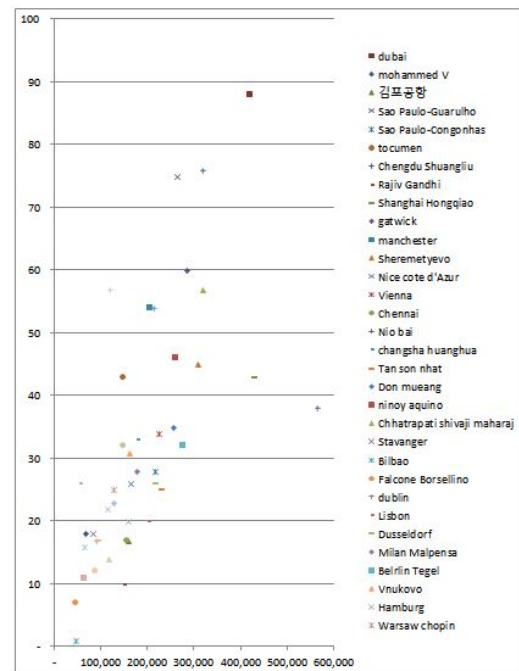


Fig 3. Number of stands and flights per year

Fig 3, Fig 4의 그래프에서 X축은 연간운항횟수, Y축은 주기장수를 나타낸다. 조사된 운항횟수와 주기장수는 상향 증가 추세를 보이는데, 이를 회귀분석한 결과는 Table 2와 같다.

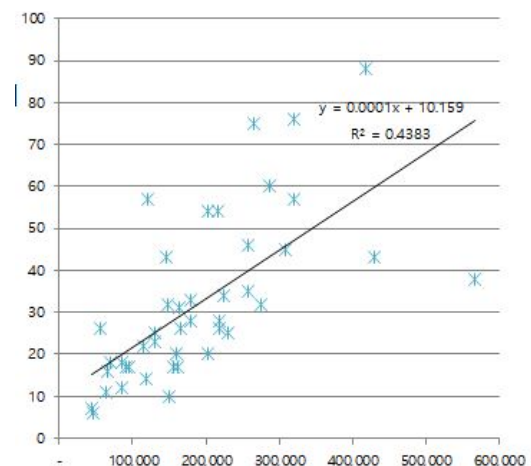


Fig 4. Trend line

분석결과 1차선형인 $y=0.0001x + 10.159$ 의 그래프로 표현될 수 있으나 R^2 값이 0.4383에 불과하여 연간운항횟수와 주기장수가 선형의 연관성이 있는지에 대한 확인이 필요하다. 즉, 2개의 변수(연간운항횟수와 주기장수)를 선형 관계로

표현할 수 있는지를 회귀분석을 통하여 분석하였다.

Table 2. Regression coefficient statistics

다중상관계수	0.6621
결정계수(R^2)	0.4383
저정된 결정계수	0.4246
표준오차	14.705

선형관계를 알 수 있는 다중 상관계수의 값의 경우 0.6621로 1에 못 미치고, 독립변수인 연간운항횟수가 종속변수인 주기장수의 변화의 정도를 나타내는 결정계수가 0.4383으로 1에 가깝지 않았다. 그러므로 조사된 데이터가 분석 자료로서 활용성이 다소 낮음을 알 수 있다.

본 연구에서 조사된 데이터를 분석해 본 결과, 선형 추세선에서 크게 벗어나는 데이터들이 다수 발견되었다. Fig 5의 좌상단 부분은 연간운항횟수에 비해 접현주기장 수가 지나치게 많은 데이터이며 우하단 자료는 접현주기장 수에 비해 연간운항횟수가 지나치게 많은 데이터들이다.

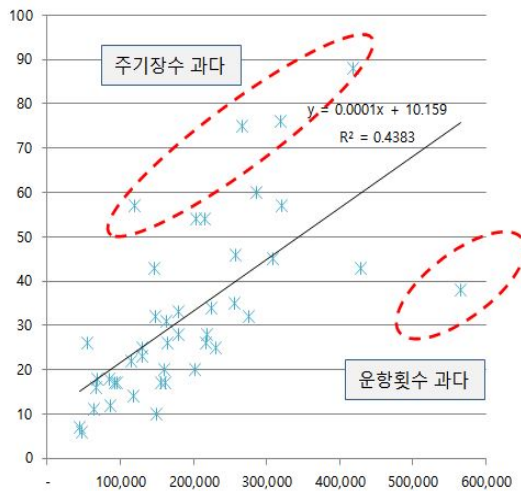


Fig 5. Trend line analysis

여기서 접현주기장 수에 비해 연간운항횟수가 과다한 부분에 해당되는 공항은 접현주기장이 부족하므로 버스게이트를 활용하는 것으로 예상된다. 그리고 연간운항횟수에 비해 접현주기장이 과다한 공항은 주기장이 수요에 비해 과다하게 건설

된 것으로 예측된다. 따라서 이 두 가지 경우를 제외하고 추세선을 다시 그래프하면 Fig 6과 같다.

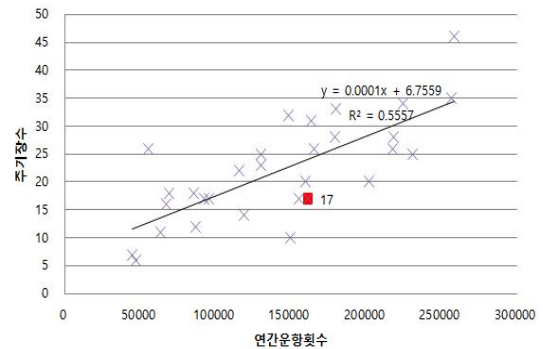


Fig 6. Modified trend line

여기서 보정된 추세선은 $y=0.0001x + 6.7559$ 이고, R^2 값이 0.5557 이다. 이에 대한 상관관계 분석결과는 Table 3과 같다.

Table 3. Regression coefficient statistics

다중상관계수	0.7454
결정계수(R^2)	0.5557
저정된 결정계수	0.5398
표준오차	6.191

분석결과 다중상관계수는 0.7454로 1에 근접하며, 결정계수와 표준오차가 이전 추세선의 통계량에 비해 향상된 것을 알 수 있다. 그러므로 조사된 데이터를 변경된 추세선의 결과와 같이 활용될 수 있도록 데이터를 수정하여 적용했다.

호른제프식에 의한 접현주기장 규모의 적정성을 분석하기 위해 제 조사된 연간운항횟수를 이용하여 접현주기장수를 다시 산정하였다.

$$G = V \times T / U$$

본 연구를 위해 적용된 설계요소들의 변수들은 가장 최근 연구된 인천공항 4단계 기본계획의 자료를 이용하였다[7]. 항공기의 점유시간(T)은 70분으로, 이용률계수(U)는 0.8로 가정하였다. 침두시간 도착 운항횟수(V)는 조사된 연간운항횟수에 D factor는 351, H factor는 16으로 가정하여 평균시 운항횟수를 산정하였으며, 침두시 운항횟수는 평균시 운항횟수에 45%를 적용하였다. 이와 같이 계산된 주기장수(G)는 Table 4와 같다.

Table 4. Number of calculated stands

공항	조사된 연간 운항횟수	주기장 수(보정 값)	주기장수 (호른제 프식값)
mohammed V	69,119	18	13
김포공항	161,000	17	30
Sao Paulo-Congonhas	217,918	28	41
Rajiv Gandhi	149,581	10	28
Nice cote d'Azur	164,992	26	31
Vienna	224,568	34	42
Chennai	155,123	17	29
changsha huanghua	179,575	33	34
Tan son nhat	230,975	25	43
Don mueang	256,760	35	48
ninoy aquino	258,366	46	49
Stavanger	85,306	18	16
Bilbao	46,989	6	9
Falcone Borsellino	44,122	7	8
Lisbon	201,818	20	38
Dusseldorf	217,575	26	41
Milan Malpensa	178,953	28	34
Vnukovo	163,600	31	31
Hamburg	159,780	20	30
Warsaw chopin	129,995	25	24
Vaclav havel	148,283	32	28
Venicemarco	92,236	17	17
Falcone Borsellino	55,404	26	10
Toulouse	95,192	17	18
Marseille	130,000	23	24
Keflavik	63,585	11	12
Gran canaria	118,554	14	22
Monterrey	115,593	22	22
Ministro	66,794	16	13
Miguel hidalgo	86,455	12	16

Table 4에서 조사된 주기장수와 호른제프식에 의해 산정된 주기장수가 다른 것을 발견했으며, 이에 대한 분석을 시도하였다. 여기서 조사된 연간운항횟수에 대해 호른제프(Horonjeff)식에 의한 접현주기장의 산정에 대한 추세선은 Fig 7과 같이 $y=0.0002x+0.0926$ 으로 표현할 수 있다.

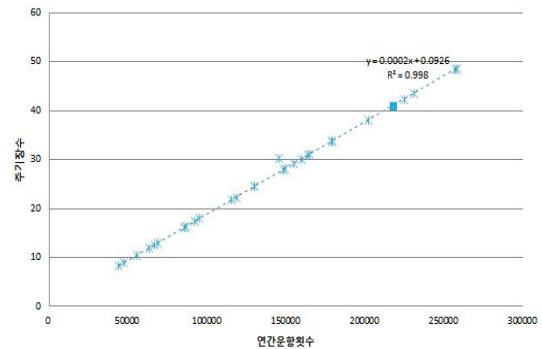


Fig 7. Trend line of stands by formula

본 연구에서 수행된 해외공항의 접현주기장 규모에 대한 추세선의 그래프와 호른제프식에 의해 산출된 접현주기장 규모에 대한 그래프를 서로 비교하기 위하여, 두 그래프를 Fig 8과 같이 나타내었다.

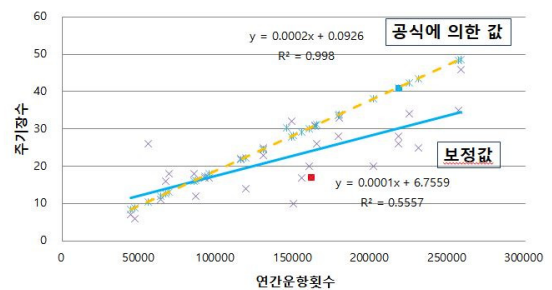


Fig 8. Graph comparison

두 그래프를 비교한 결과 해외공항의 접현주기장 규모에 대해 보정된 추세선이 공식(호른제프식)에 의해 산출된 직선 그래프보다 완만하다. 그러므로 운항횟수가 많을수록 그 격차가 더 커짐을 알 수 있다. 연간운항횟수가 100,000회 미만일 때는 호른제프 공식에 의한 주기장수가 실제주기장 수 보다 적은 경우가 많으며, 그 이후는 실제주기장 수 보다 너무 커진다.

기존의 호른제프 공식에 의한 추세선은 실제 조사된 데이터 값에 의한 보정된 추세선과 차이가 있으므로 좀 더 실제적인 공식으로 보완되어야 한다. 따라서 두 그래프의 기울기가 다르다는 것을 착안하여 호른제프식은 다음과 같이 보정할 수 있다.

기존 호른제프 공식 : $G = V \times T / U$

보정식 : $G = a(V \times T / U) - b$

(여기서, a는 기울기에 대한 보정값, b는 그래프의 시작점의 차이)

이와 같이 호른제프식에 의해 산출된 접현주기장 규모는 해외공항의 실제 접현주기장 규모와 기울기가 다르고 절편이 다르다. 그 이유는 호른제프식에 의해 산출된 접현주기장 규모는 침두시 운항횟수를 기준으로 산정된 것이므로 조사된 주기장 수보다 많아질 수밖에 없기 때문이다. 또한 이는 조사된 해외공항의 주기장들이 최초 설계시 호른제프식에 의해 산출, 건설되었으나, 시간의 흐름에 따라 운항횟수의 급속한 증가에 비해 주기장의 추가 건설은 어려운 현실을 잘 나타내준다. 즉, 주기장 규모에 비해 운항횟수가 지나치게 늘어나, 운항횟수별 설계 주기장 수가 실제 주기장 수에 비해 과다하게 산정된 것으로 나타날 소지가 있다는 것을 보여주는 것이다.

III. 결 론

본 연구는 공항의 접현주기장에 대해 정확한 규모산정을 위해 출발하였으며, 접현주기장의 규모산정을 위해 일반적으로 설계자들이 이용하는 호른제프(Horonjeff) 규모 산정에 대해 검토하였다. 이를 위하여 해외공항의 접현주기장들과 비교하여 호른제프 공식 적용의 타당성을 분석하였다.

그 결과 기존의 호른제프식은 변형의 소지가 충분히 있으며 분석된 데이터에 따른 공식에 따라 호른제프식에 의해 산정된 주기장 수의 보정이 필요하다는 것을 알았다. 그 값은 선형식에서 기울기뿐만 아니라 절편을 이용하여 보정되어야 하는 것으로 나타났다. 그 이유는 호른제

프식에 의해 산출된 접현주기장 규모는 침두시 운항횟수를 기준으로 과다하게 산정되었기 때문이다.

본 연구에서 보정된 공식을 일반화하기 위하여 주기장 산정식에 영향을 주는 점유시간이나 공항의 침두시간의 시간대, 이용률, 공항의 일일 운항시간 등 여러 가지 요소를 고려하는 추후 연구가 요구된다. 또한 종속평행활주로 뿐만 아니라 단일 활주로, 독립평행활주로, 교차활주로, V자형 활주로 등 활주로의 유형이 다양하므로 이에 따른 활주로 유형별 호른제프식을 보정하는 후속 연구가 필요하다.

후 기

본 논문은 2018년 한국항공운항학회 추계학술대회 발표 논문을 수정 보완하였습니다.

Reference

- [1] Yang Seung Sin 2001 "Aiport plan and Operation"
- [2] Jonghyun Jung, 2018, An Empirical Study on the Required Number of Aircraft Parking Stands in Incheon International Airport, Master's degree Thesis, Korea Aerospace University, Gyeonggi-do Korea, 2018
- [3] Bojana Mirkovic, Airport apron capacity: estimation, representation, and flexibility, JOURNAL OF ADVANCED TRANSPORTATION, DOI:10.1002/air.1250, Published online 24 Aug. 2013 in Wiley Online Library
- [4] R. Horonjeff, Francis X. Mckelvey, William J. Sproule, Seth B. Young, "Planning and Design of Airports", 5th Edition.
- [5] The European Commission .2016 "AIRPORT CAPACITY ASSESSMENT METHODOLOGY"
- [6] Branko Bubalo-Belgrade, 1983, European Idle Network Capacity-An Assessment of Capacity, Demand and Delay at congested 33 Airport
- [7] Incheon International Airport 4stage Master Plan, Incheon International Airport Corporation ,2016