

■ 論 文 ■

국내공항의 항공기 운항 첨두 특성과 첨두시 주기장 소요에 관한 연구

Peak-time Characteristics and Parking Apron Requirements of Korean Airports

유 승 권

((주)유신코퍼레이션 전무)

이 영 혁

(한국항공대학교 항공교통물류학부 부교수)

목 차

- I. 서론
 - 1. 연구배경 및 목적
 - 2. 연구범위 및 수행방법
 - II. 선행연구 검토
 - 1. 공항용량과 지연분석 연구
 - 2. 공항용량 개선연구
 - III. 자료수집 및 조사
 - 1. 국내공항 현황
 - 2. 공항별 운항특성 조사
 - IV. 분석 및 평가
 - 1. 공항별 첨두시 운항특성 분석
 - 2. 공항별 첨두시간계수 분석
 - 3. 공항별 주기장 소요 분석
 - V. 결론
- 참고문헌

Key Words : 공항용량, 지연, 첨두시 운항특성, 첨두시간계수, 주기장 소요

요 약

공항개발 사업을 계획하는 데 있어서 가장 기본이 되는 요소는 항공수요 중에서도 첨두시의 수요이다. 통상 첨두시 수요를 근거로 공항시설의 소요규모를 정하는 것이 일반적이며 시설용량의 포화 정도를 가늠할 때도 첨두시 수요를 기준으로 한다. 첨두운항의 형태는 해당 공항을 이용하는 항공 노선의 특성, 공항의 지리적 위치, 공항을 이용하는 여객 및 화물의 특성 등에 따라서 다르게 나타나며, 첨두수요는 첨두시간계수에 의해 산출된다. 지금까지 국내의 공항건설계획에서 채택해온 첨두특성과 첨두시간계수는 외국의 연구결과에 따른 것이었다. 그러나 이들 기존의 연구결과가 제시하는 다양한 첨두특성이나 첨두시간계수가 국내 실정에 적합한지의 여부는 아직 공식적으로 확인된 적이 없다. 본 논문에서는 최근 10년간의 국내 공항별 항공운송 실적통계와 5년간의 공항별 운항스케줄을 이용하여 시간대별 운항패턴과 첨두특성을 분석하였다. 그리고 공항별 첨두시간계수를 산출하고 기존의 연구결과와 비교분석하였으며, 국내공항의 사업계획을 위한 연간운항회수별 첨두시간계수를 제시하였다. 또한 공항별로 시간대별 주기장 소요를 분석함으로써 운항특성에 따라 주기장 소요가 어떤 양상을 보이는지 연구하였다.

1. 서론

1. 연구배경 및 목적

공항계획에서 가장 기본이 되는 것은 특정 기간동안에 특정 공항을 이용할 것으로 예상되는 항공수요의 예측이라고 해도 과언이 아니다. 특히 첨두시(尖頭時; peak-time) 항공수요는 공항개발시에 공항시설의 규모를 결정하거나 기존 공항시설의 용량을 가늠하여 시설의 포화시기를 예측함으로써 장기적인 공항개발 계획을 수립하는 데 사용된다. 하루 중에 첨두운항의 형태는 수요의 규모, 항공사의 운영전략, 공항의 기능 등에 따라 달리 나타나며 수요가 공항의 처리용량에 근접할수록 자연스럽게 첨두가 고르게 분포되는 것으로 알려져 있다. 우리나라의 공항들은 크기가 다양하므로 첨두 특성이 공항별 기능특성과 여객규모에 따라 다르게 나타날 가능성이 많다.

첨두시 수요는 연간수요에 첨두시간계수(Peak Hour Factor, PHF)를 적용하여 얻을 수 있다. 지금까지 국내공항의 계획 및 설계용역 사례를 보면 기본계획이나 소규모공항의 기본설계에서는 FAA가 제시하고 있는 첨두시간계수 기준값을 주로 이용해 왔으며, 대형공항의 기본설계나 실시설계에서는 유사공항의 통계와 해당공항의 수요변화 추이 등을 고려하여 기준값을 보정해서 적용하는 것이 일반적이다. 항공수요는 특정공항을 이용하는 항공여객의 특성에 따라, 또는 그 공항의 특성에 따라 시간대별 분포의 패턴이 달리 나타나므로 외국에서 정한 기준값이 우리나라 공항에 정확히 부합하는지는 의문이다. 따라서 본 연구에서는 국내공항의 항공수요 패턴에 대하여 연간여객수요와 첨두시 운항형태를 위주로 공항별로 시간대별 첨두특성을 분석하고자 하며, 공항별 여객규모별로 첨두시간계수를 추정하여 기존의 기준값과 비교 분석하고자 한다. 나아가 공항별 시간대별 및 첨두시 주기장 소요를 분석하고자 한다. 본 연구결과는 국내공항별 첨두운항 특성을 규명함으로써 공항계획에서 중요한 자료로 활용될 수 있을 것으로 기대된다. 또한 향후 공항용량과 지연의 분석 등 공항개선을 위한 연구에 밑거름이 될 것이다.

2. 연구범위 및 수행방법

본 연구에서 다루고자 하는 내용적 범위는 다음과

같다. 즉 공항별 시간대별 운항패턴, 연간여객 규모별 시간대별 운항패턴, 공항별 첨두시간계수, 연간여객 규모별 첨두시간계수, 공항별 첨두시 주기장 소요 및 연간여객 규모별 첨두시 주기장 소요의 분석이 주요 내용이다.

본 연구는 다음과 같은 자료의 수집 정리와 그 결과의 분석을 통해 진행되었다. 국내공항 현황조사는 한국공항공사와 인천국제공항공사 및 기존의 공항개발자료를 활용하였다. 공항별 최근 10년간 항공통계 실적조사는 한국공항공사와 한국항공진흥협회의 항공운송실적 통계자료를 이용하였다. 이들 자료는 국제적인 항공통계를 위하여 공식적으로 등록 발표되는 자료이다. 공항별 항공사 자료에 의한 운항 스케줄 조사는 항공기 운항 스케줄을 수록한 정기간행물을 활용하였으며, 자료분석을 위하여 각 공항별 연간 운항 스케줄에 의거하여 매 자료마다 램프차트(ramp chart: 주기장 사용도)를 별도로 작성하였다. 공항별 연간 항공기 처리실적과 첨두월 첨두일 항공실적 조사에 의한 첨두시간계수 산출은 통계실적 자료를 이용하여 기존의 연구에서 제시한 여러 방법으로 산출하여 분석에 활용하였다. 시간대별 주기장 소요 산출은 공항별로 작성한 램프차트에 의해 항공기가 실제로 주기장을 점유하고 있는 시간과 소요를 산출하였다.

II. 선행연구 검토

1. 공항용량과 지연분석 연구

아직까지 우리나라에서는 공항의 항공기 운항 첨두 특성에 관한 연구가 일천한 실정이다. 그러나 외국에서는 공항의 첨두운항과 관련한 연구가 다양하게 수행되어 왔다. 국내에서는 건설교통부에서 시행한 '공항개발 중장기 기본계획'의 작성과 실제 공항의 실시설계시에 첨두시간계수를 각 공항 특성에 맞도록 기존의 기준값을 재조정하여 적용하였는데, 대표적으로 인천국제공항의 사례는 다음 <표 1>과 같다.

특히 최근 미국에서는 FAA를 중심으로 체계적이고도 대규모로 미국내 각 공항의 용량과 지연을 분석하고 지연을 감소시키기 위한 방안을 제시하고 있다. 본 연구에서는 첨두운항의 특성 파악이 주목적이지만 국내 공항의 용량분석과 지연감소를 위한 연구로 발전되어야 한다고 판단하여 사례연구로서 해외연구 내

〈표 1〉 인천공항 항공수요 예측시 적용한 침두시간 계수 사례 (국제선여객)

구분		2000	2005	2010	2020
1단계 수요 재검토 ¹⁾	년간여객(인)	14,386,000	24,490,000	40,274,000	70,634,000
	침두시여객(인)	5,150	7,659	11,648	19,350
	침두시간계수	0.0358	0.0313	0.0289	0.02739
제2차 중장기 기본계획 ²⁾	년간여객(인)	18,097,000	26,677,000	43,546,000	67,410,000
	침두시여객(인)	6,334	9,070	14,801	22,920
	침두시간계수	0.0350	0.0340	0.0340	0.0340
2단계 수요예측 ³⁾	년간여객(인)	-	25,177,423	35,536,733	58,900,344
	침두시여객(인)	-	8,309	11,727	19,437
	침두시간계수	-	0.0330	0.0330	0.0330

주 : 1) 서울대학교 공학연구소(1997.8), "인천국제공항 항공수요 재검토".
 2) 건설교통부(1999), "제2차 공항개발 중장기 기본계획 보고서".
 3) 대한교통학회(2003.8), "인천국제공항 공항시설 기본 및 실시설계 용역중 항공수요예측 연구개발용역".

용을 비교 조사하였다. 조사에 이용된 연구자료는 미국 연방항공청(FAA:Federal Aviation Administration)의 한 부서인 Office of System Capacity에서 발행하는 1992년부터 2002년까지의 Annual Aviation Capacity Enhancement Plans와 미국내 각 공항의 용량개선 연구보고서(US DOT 1991a, US DOT 1991b, US DOT 1991c, US DOT 1992)를 활용하였으며 그밖에 TRB(Transportation Research Board: 미국 교통학회)에서 발간한 자료(Goldberg 2001, TRB 2001)를 이용하였다.

공항운영의 주체와 이용자들의 주요 관심사항은 항공기의 지연이다. 항공기는 공항을 이용할 때 이착륙, 유도로 및 터미널의 게이트 사용 등의 절차를 거친다. 각 단계마다 대기하고 있는 다른 항공기로 인해 다음 단계로의 이동이 불가능할 경우에 지연이 발생한다. 일반적으로 공항당국은 공항의 용량을 감안하여 각 항공사에 운항가능한 회수(slot; 이착륙 시간대)를 할당하게 되는데, 공항시설의 개별 단계에서 지연이 발생할 경우 정해진 스케줄에 따른 이착륙이 불가능하게 되며 배정된 slot만큼의 용량처리를 하지 못하게 된다. 지연은 공항용량의 부족과 운영미숙이 그 원인이다. 공항의 시간당 용량을 결정하는 데 가장 중요한 요소는 지연 수준의 설정이다. 일반적으로 제시된 시간당 공항용량은 통상적으로 어떤 상황의 가정범위 또는 실제 운용경험을 기초로 한 평균값이다.

FAA는 두 개의 기관으로부터 지연에 관한 자료를 수집하고 있다. 첫째는 항공교통 관제기구로부터 15분 이상 지연된 항공기의 지연원인(기상, 터미널, 항공관

제기구, 활주로/유도로 폐쇄, 항행안전시설 등)을 보고받고 기록한다. 이때 15분 이내의 지연은 기록하지 않고 있다. 두 번째로는 국내선 정기편의 1% 이상을 점유하고 있는 항공사로부터 자료를 수집하고 있다. 이때 지연원인을 주기장 홀드, 택시-아웃, 비행, 택시-인의 단계로 구분하여 수집하고 있다. FAA 연구보고서에 따르면 1991년부터 1995년까지 항공교통 관제기구의 15분 이상 지연을 분석한 결과, 총 지연회수는 1991년 298,000회에서 1995년 237,000회로 감소하였다. 총 운항회수에 대한 지연회수의 비율도 0.47%에서 0.38%로 약 20%가 점진적으로 감소되었다. 15분 이상 지연원인의 대부분은 기상이며 다음은 터미널의 용량부족, 활주로/유도로 폐쇄, 항행안전시설의 고장의 순으로 나타났다(FAA, 1996). 기상과 관련된 지연은 양호한 기상조건하에서 이루어지는 시계비행절차의 경우보다 더 많은 제한이 있는 계기비행절차에서 주로 일어난다. 그 다음은 악천후 중에 공항에 착륙하려는 항공기가 정밀접근을 위한 착륙보조시설의 미비로 착륙을 하지 못하는 경우이다.

항공사로부터 수집한 비행단계별 운항편당 평균 지연시간(분)은 택시-아웃에 의한 경우가 7분 내외로 가장 많고, 다음으로 비행지연이 4분 여, 택시-인의 경우가 2분 여, 항공교통관제 허가지연으로 인한 게이트에서의 지연이 1분 정도로서 평균 총 지연시간은 편당 14분 여가 된다. 따라서 출발 및 도착에 대한 운항회수당은 각각 약 7분 정도이다. 1995년에 미국내 항공사의 총비행편수는 약 6,200,000회였으며 그 중에서 비행에 의한 지연은 항공기당 4.1분으로서 연

간 총 비행지연시간은 424,000시간이다. 각 항공기는 시간당 약 1,600달러¹⁾의 비행비용이 소요되므로 항공사의 비행지연으로 인한 총 비용은 약 6억8천만 달러에 달한다(FAA, 1996).

2. 공항용량 개선연구

FAA의 공항용량설계팀은 비행지연이 발생하고 있는 공항의 용량문제를 중점적으로 연구 개발하는 조직으로서 FAA, 지방공항, 항공사 및 항공에 관련된 산업체의 대표로 구성되어 있다. 이들은 공항용량의 향상, 공항효율 제고, 항공기 지연 감소, 비행안전 개선을 위한 방안의 제시 및 평가업무를 수행하고 있다.

공항설계팀에서는 매년 각 공항별로 지연을 감소시키고 용량을 증가하기 위한 대안을 제시하고 있으며, 이 대안에 따라 국내공항의 개선사업을 추진하고 있다. 개선 대안은 크게 비행장 개선, 시설 및 장비 개선, 운영 개선의 세 분야로 구분된다(FAA, 1998). 특히 공항용량 개선에서 항공사의 역할이 매우 중요하게 대두되었다. 연구의 기본 배경은 항공사는 여객을 지원하고, 여객은 시설을 요구하며, 시설은 투자를 필요로 한다는 것이다.

공항의 용량을 개선하기 위하여 항공사에서 시행할 수 있는 비금전적인 해결방안은 여러 가지가 있다. 이는 게이트 이용율의 증가, 지연시간의 감소, 도착항공기간 간격의 감소, 운항스케줄의 개선(관리가 아닌), 기타 시스템 병목의 해결 등이 포함된다(Goldberg 2001). 미국의 대표적인 대형공항인 시카고 오펜허프 공항에서 FAA의 용량개선 방안을 실험한 결과, 1988년부터 1999년까지의 기간동안에 연간수요는 크게 성장했으나 침두시 수요는 그다지 증가하지 않았다는 것이 확인되었다. 이는 항공수요가 공항용량에 근접함에 따라 항공기 운항이 하루 중 공항운영 시간대 전반에 걸쳐 고르게 분산되는 침두특성을 잘 대변해주고 있다.

LA공항의 시간대별 운항회수를 보면 야간을 제외한 오전 오후의 주간시간대에 전반적으로 고른 침두분포를 나타내고 있으며 지연분석 결과 대부분의 시간에 지연이 발생함으로써 수요가 공항용량을 초과한

다는 것을 알 수 있다. 시애틀 공항의 시간대별 운항형태는 오전과 정오, 그리고 오후 늦게 세 차례의 침두양상을 보여주고 있으며 침두시간대를 전후하여 지연이 많이 발생하고 있는 것을 알 수 있다. 피츠버그 공항의 시간대별 운항특성에서 침두패턴은 하루중에 4회의 침두양상을 나타내고 있다. 하와이공항은 특별한 침두양상을 보이지 않고 오전 9시부터 오후 7시까지 시간당 약 80회의 고른 운항패턴을 보여주고 있다. 외국 공항의 침두운항 특성을 보면, 항공수요가 많고 수요가 공항용량에 근접하거나 용량을 초과하는 공항은 국내공항과 마찬가지로 공항운영 전시간대에 걸쳐 특별한 침두 양상을 보이지 않고 고른 분포를 나타내고 있다. 그 밖의 공항에서는 하루에 두 번 내지 네 번의 침두형태를 나타내어 우리나라 공항에서 일반적으로 볼 수 있는 하루 두 번의 침두형태와는 다른 특성을 보여주고 있다.

III. 자료수집 및 조사

1. 국내공항 현황

2002년말 현재 우리나라에서 운송사업용 민간항공기가 취항하는 공항은 총 16개소이다. 이 중에서 국제공항은 인천, 김포, 김해, 제주 이외에 최근 정기 및 부정기 국제선이 취항하고 있는 대구, 광주, 청주, 양양을 포함하여 8개소이고, 여수, 울산, 목포, 사천, 포항, 예천, 군산 및 원주의 8개소에서는 국내선만 취항하고 있다. 이들 중에서 순수 민간공항은 인천, 김포, 제주, 양양, 여수, 울산공항뿐이며 나머지는 민간기와 군용기가 함께 사용하는 군(軍)비행장이다. 인천공항은 2001년 3월에 개항하여 과거 김포공항에 취항하던 국제선 정기 및 부정기편을 전부 수용하고 있으며, 김포공항에서는 꼭 필요할 때만 국제선 부정기편을 운항하고 있다. 양양공항이 2002년 4월 3일에 개항함에 따라 속초공항과 강릉공항은 2002년 4월부터 민간항공기의 운항을 중단하고 각각 육군 및 공군전용 비행장의 역할만 하고 있다. 또한 원주공항은 수요부족으로 2002년 6월부터 4개월간 운항을 중단하였다.

1) 실제 항공기의 평균 운항비용은 1,587달러이다. 30만 파운드 이상의 대형 항공기의 지연시간당 비용은 4,575달러이며, 30만 파운드 이하의 대형 항공기와 소형 제트기의 비용은 시간당 1,607달러, 단발행공기와 12,500파운드 이하의 쌍발행공기는 각각 시간당 42달러와 124달러이다. 이는 1987년 달러가치를 기준한 것이다.

본 연구에서는 인천공항은 개항이후 2년간의 항공통계를 이용하였다. 김포공항은 국제선 운항을 인천공항으로 이전하기 전후로 구분하여 조사하였다. 양양공항은 운항기간이 충분치 않으므로 연구대상에서 제외하였다. 대신 속초와 강릉공항은 비록 현재 폐쇄되었으나 자료 축적기간이 장기간이므로 연구분석 대상에 포함하기로 하였다. 국내선 운항은 총 94개 노선에서 시행되고 있다. 국제선은 중국 등 총 81개국과 항공협정을 체결하여 296개 노선에 국제선을 운항하고 있다. 이 중에서 국적사인 대한항공과 아시아나는 29개국 87개 도시에 취항하고 있다(한국항공진흥협회, 2003a).

공항은 개발계획 수립시 분류기준에 따라 수준을 차등화하여 개발계획을 수립함으로써 합리적이고 적정하게 사업을 추진할 수 있다. 건설교통부에서는 우리나라의 공항개발을 위한 "전국 공항개발 중장기 기본계획"에서 국내공항을 항공수요에 영향을 미치는 지역을 기준으로 수도권 등 7개 권역으로 구분하고, 공항의 기능 및 역할을 기준으로 중추공항 등 4개 등급으로 구분하여 공항개발계획 및 항공수요 분석에 활용하고 있다(건설교통부 1999). 본 연구에서도 공항별 침두시 운항패턴을 정리하고 그 결과를 편의상 건설교통부에서 제시한 등급별로 분류하여 분석에 활용하였다. 운항패턴을 분석하거나 침두시간계수를 비교할 때, 여객수요 규모별로 분류하되 건설교통부의 분류 등급을 참조하여 분류하였다

2. 공항별 운항특성 조사

공항별 연간 항공운항 현황을 파악하고 이로부터 여객규모, 운항회수, 침두시간계수를 도출하기 위해 항공통계를 조사하였다. 최근 10년간의 항공통계는 건설교통부 항공안전본부, 한국공항공사, 한국항공진흥협회 등에서 발간하는 간행물과 통계자료를 이용하였다. 이들 자료는 공식적으로 국제민간항공기구(ICAO: International Civil Aviation Organization)와 국제공항회의(ACI: Airports Council International)의 세계 항공통계자료에 등록되는 자료이다. 최근 개항한 인천공항은 축적된 자료가 2년분에 불과하나 공항의 중요성을 감안하여 분석에 포함하였다. 양양공항은 개항 후 채 1년이 되지 않아서 자료의 부족으로 결과분석에서 제외하였다. 속초공항과 강릉공항은 양

양공항의 개항으로 민항기의 운영이 폐쇄되었으나 자료축적 기간이 길고 연구대상으로 충분히 가치가 있다고 판단하여 분석에 포함하였다. 각 공항별 연간여객 처리실적은 운항스케줄과 관련하여 분석할 것이므로 스케줄 입수가 가능한 1998년도부터의 처리실적만 있어도 되지만 침두시간계수 분석을 위해서 최근 10년간의 연간 항공기 운항회수, 연간 여객처리실적, 연간 화물처리실적을 조사하였다. 이러한 자료는 한국공항공사와 한국항공진흥협회에서 매년 발행하는 "항공통계"를 활용하여 공항별 연도별 항공운송 처리현황을 조사하였다. 이들 자료로는 다음 절에서 수행되는 공항별 운항자료 조사와 대비하여 연간여객규모별 시간대별 운항패턴, 연간여객규모별 침두시간계수, 연간여객규모별 시간대별 주기장 소요량과 같은 분석자료를 가공하였다. 최근 2년간의 공항별 처리실적은 <표 2>와 같다.

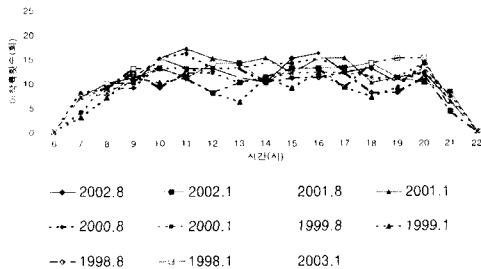
본 연구를 위하여 기본적으로 필요한 자료는 국내 각 공항별로 과거 항공기 운항스케줄에 의한 시간대별 운항회수 실적과 연간여객처리 실적이다.

공항별 운항스케줄은 (주)씨아이커뮤니케이션에서 발간하는 1997년 12월 창간호 이후의 항공노선별 항공사 운항스케줄인 월간 "road sky"를 활용하였다(씨아이커뮤니케이션 2003). 이들 자료는 스케줄 상의 자료이므로 실제 운항과정에서 항공기별 지연이 고려된 자료는 아니다. 국제선이 인천공항으로 이전된 이후의 김포공항과 인천공항의 운항자료는 각 공항 운영팀으로부터 실제 이착륙 현황과 주기장 입출항 시간을 항공기별로 기록한 랩트차트를 전산파일로 구하였다. 이들 자료는 지연이 감안된 실제 운항자료로서 본 연구에서 많이 활용되었다.

운항스케줄은 대개 연 2회 상반기와 하반기로 구분하여 항공사에서 스케줄을 조정하여 고지하고 있다. 주간단위나 월간단위로 일부 스케줄의 조정이 있지만 변경이 미미하므로 매년 항공교통의 성수기인 1월과 8월을 침두월로 보고, 이때의 운항스케줄을 대표성이 있는 자료로 간주하고 조사하였다. 또한 일주일 중에서 일요일의 운항을 침두일로 보고 대표성이 있는 자료로 간주하여 일요일의 스케줄을 이용하였다. 상기 월간자료의 입수가 가능한 1998년 1월부터 각 공항별 운항스케줄 자료를 수집한 후 이들 자료로부터 각 공항별 연도별로 운항스케줄에 따라 랩트차트를 별도로 작성하였다. 차트에 의해서 시간대별로

〈표 2〉 공항별 수송실적 현황

공항	운항(편)			여객(명)			화물(톤)		
	2001	2002	증감율(%)	2001	2002	증감율(%)	2001	2002	증감율(%)
인천	86,720	126,049	45.4	14,545,451	20,920,405	43.8	1,407,290	2,016,867	43.3
김포	154,164	128,428	-16.7	22,041,099	17,092,095	-22.5	708,073	302,240	-57.3
김해	61,242	60,090	-1.9	9,168,089	9,173,288	0.1	203,335	204,464	0.6
제주	60,597	68,681	13.3	9,320,337	9,939,700	6.6	329,895	337,750	2.4
대구	18,511	19,984	8.0	2,214,613	2,274,901	2.7	17,564	19,825	12.9
광주	12,660	14,056	11.0	2,234,855	2,129,521	-4.7	30,628	30,750	0.4
청주	4,138	4,478	8.2	606,108	634,066	4.6	19,672	19,378	-1.5
양양	-	3,128	-	-	217,115	-	-	926	-
강릉	4,732	914	-80.7	409,683	67,355	-83.6	1,559	296	-81.0
속초	1,045	169	-83.8	76,167	9,539	-87.5	239	30	-87.4
여수	7,642	7,232	-5.4	618,465	544,044	-12.0	2,741	2,451	-10.6
울산	12,629	12,708	0.6	1,387,574	1,383,733	-0.3	3,898	4,688	20.3
목포	3,697	2,966	-19.8	288,169	174,281	-39.5	916	537	-41.4
사천	6,965	6,485	-6.9	815,014	544,860	-33.1	3,630	2,900	-20.1
포항	8,345	8,128	-2.6	774,029	704,467	-9.0	1,964	1,582	-19.5
예천	1,256	722	-42.5	86,293	32,379	-62.5	222	143	-35.6
군산	3,151	1,728	-45.2	244,573	152,254	-37.7	2,588	2,259	-12.7
원주	1,280	615	-52.0	73,491	29,621	-59.7	173	108	-37.6
계	448,774	466,561	4.0	64,904,010	66,023,624	1.7	2,734,387	2,947,194	7.8



〈그림 1〉 김해공항 시간대별 이착륙회수

항공기 이착륙 회수를 도출해 보면, 예를 들어 김해국제공항의 연도별 시간대별 운항현황은 〈그림 1〉과 같다.

전반적인 공항의 활용도를 파악하기 위해서는 연간 항공수요(여객, 화물 및 운항회수)의 규모를 파악하는 것이 중요하다. 그러나 시설수요의 규모를 정하거나 투자타당성조사를 위해서는 연간수요는 물론 첨두시간 수요 및 첨두일 또는 평균일 시간대별 수요를 파악하는 것이 필수적이다. 목표년도의 첨두시간 여객수 또는 화물량은 연간수요 예측량에 기준년도의 첨두시간수요/연간수요 비율(첨두시간계수)을 곱하여

산출한다. 첨두시간계수는 통상 연간 운영시간 중 30 번째로 바쁜 시간대를 기준으로 선정한다. 그동안 국내에서 공항개발계획을 할 때, 기본계획단계나 소형공항 개발의 경우에는 주로 FAA에서 제시하고 있는 첨두시간계수 값을 사용하였으며, 간혹 영국 민간항공국(CAA)의 기준값과 비교하여 취사선택하였다. 대형공항을 개발하는 경우에는 유사한 규모의 공항의 운송실적과 해당공항의 수요변화를 고려하여 기준값을 보정해서 사용하였다. 이와 같이 지금까지 우리나라의 공항계획에서 사용해진 첨두시간계수값은 실증적 검증이 부족한 상태에서 외국에서 제시된 수치를 그대로 따르거나 이 수치를 임의적으로 조정한 것이었다. 본 연구에서는 상기 영국방법과 미국방법의 첨두시간계수를 산출하는 한편, 이와 별도로 전항에서 조사한 통계자료를 활용하여 첨두월의 첨두시 운항회수를 구하고 연간운항회수로 나누어 첨두시간계수를 산출한 후 상호 비교하였다. 또한 각 공항의 운항스케줄로 램프차트를 작성하고 항공기별로 주기장 점유시간을 정리하여 실제 사용된 주기장의 숫자를 도출함으로써 공항별로 주기장 소요를 조사하였다.

IV. 분석 및 평가

1. 공항별 첨두시 운항특성 분석

육상교통과 같은 대부분의 교통수단에서는 하나의 시스템에 하나의 운영자가 관계하지만, 항공운송에서는 여객, 공항, 항공사 상호간에 복잡한 이해관계가 얽혀있다. 수요의 첨두 또는 집중문제에서 항공사와 공항운영자의 의도가 반드시 일치하는 것은 아니다. 공항운영자는 수요를 하루 중에 고르게 분산시킴으로써 교통집중에 의한 시설소요의 규모를 줄이고자 하는 반면에 항공사는 여객이 선호하는 가장 편리한 시간대(대개는 첨두시간)에 서비스를 제공함으로써 탑승율을 제고하고 항공기 이용을 극대화하고자 한다. 따라서 항공사의 고객인 여객의 만족도와 공항의 고객인 항공사의 만족도 사이에는 잠재적인 상충이 발생하게 된다. 항공교통량이 많은 공항은 항공교통 흐름의 시간대 범위를 비교적 넓게 이용하고 있다. 그러나 세계 주요 중추공항일지라도 실제적으로 항공교통 흐름의 일정시간 동안만 공항시설의 용량을 최대한 사용하거나 부분적으로 초과하여 사용하고 있으며 그 밖의 많은 시간동안은 용량에 못 미쳐서 사용하고 있다. 이 때문에 공항에서 일부 핵심시설은 설계년도 기준의 최대 항공교통량을 처리할 수 있도록 설계하지만 대부분의 시설은 설계년도의 평균 가동용 수준으로 설계한다. 이에 따라 첨두시의 공항체증은 불가피하게 발생하며 공항당국은 첨두시간에 발생하는 지연을 비롯한 제반문제의 해결방안을 여러 방면으로 모색하지 않으면 안된다.

연간수요와 첨두시간 수요는 공항계획에서 모두 중요한 기본 요소이다. 연간수요는 개략적인 공항시설 규모의 결정과 공항의 총수입 계산 등에 활용될 수 있다. 그러나 공항의 특성에 따라 연간 항공수요(운항회수, 여객수 등)가 같은 경우일지라도 첨두시간의 여객수가 다르게 나타날 수 있다. 따라서 활주로, 여객터미널, 지상접근 교통시설 등은 첨두시간 수요를 기준으로 시설규모를 결정해야 한다. 일반적으로 관광지 공항수요는 첨두시간 집중율이 업무용 공항보다 크게 나타나고 있으며, 항로구성과 야간운항제한 등도 첨두시간 집중특성에 영향을 미친다. 용량이란 일정기간 동안의 시설의 처리능력을 말하는 것으로서 어떤 시설이 최대 용량을 처리하기 위해서는 서비스

할 수 있는 지속적인 수요가 있어야 한다. 그러나 공항에서는 사실상 운영할 수 있는 전 시간동안 계속적으로 수요가 발생하는 것은 불가능하며, 첨두시의 운영에 제한을 두거나 운항회수를 고르게 분포시켜 인위적으로 수요를 발생시킨다 해도 서비스 수준이 악화되어 바람직하지 않다. 따라서 공항개발자는 발생되는 수요에 적절한 서비스 수준으로 대응할 수 있는 충분한 용량의 시설을 갖추는 것이 근본적 해결책이다. 그러나 다양한 수요에 대해 지연의 발생이 없는 충분한 용량을 제공하는 것은 경제적으로는 타당성이 없는 경우가 많으므로, 공항개발에서는 운영자와 이용자 모두의 입장에서 받아들일 수 있는 정도의 지연수준이 설정되고, 이런 지연수준하에서 공항시설의 용량이 결정된다. 일반적으로 공항계획에서 공항시설의 용량이란 두 가지로 설명할 수 있는데, 하나는 일정시간 동안 받아들일 수 있는 수준의 평균지연을 고려한 항공기 운항회수를 말하며 이를 실용용량이라 한다. 다른 하나는 지연없이 지속적 서비스가 가능한 이상적 환경하의 일정시간 동안의 처리능력을 말하며 이를 최대용량이라 한다. 이 두 가지 용어의 차이는 지연을 고려했는지의 여부에 달려있다. 중요한 것은 각 공항마다 정책, 목표, 취항기종 및 조건이 다르기 때문에 받아들일 수 있는 지연의 정도는 다르다는 것이다.

항공기의 지연은 접근 및 출발광역을 포함하는 활주로 체계에서 이동하는 항공기가 소비하는 실제시간과 타 항공기의 간섭없이 이동하는 항공기가 소비하는 시간 사이의 차이로 결정한다. 실제 항공통계에서 지연운항을 집계할 때는 항공기 운항예정 시간(스케줄 시간)으로부터 국제선은 예정시간을 60분 초과하여 출발/도착한 운항을, 국내선은 예정시간을 30분 초과하여 출발/도착한 운항만 포함시킨다.

공항운영에서 일반적으로 공항의 수요를 연간여객 및 화물처리량으로 표현하는데 이는 공항의 수입이 연간 수요에 크게 좌우되기 때문이다. 그러나 공항투자계획에서 중요한 고려요소인 시설투자비와 운영비용은 연간교통량뿐만 아니라 첨두시 또는 첨두일의 교통량에도 영향을 많이 받는다. 공항직원의 수와 공항시설의 규모는 연간 교통량보다는 시간당 또는 일교통량과 더 밀접한 관계가 있다. 다른 교통시설과 마찬가지로 공항에서도 시간에 따라 수요의 형태가 상당히 다르게 나타나고 있는데, 이런 다양성은 연간 교통수요, 특정 연도에 첨두월의 수요, 특정월 또는 특정주

간에 첨두일의 수요, 특정일에 첨두시의 수요와 같은 용어로 표현될 수 있다. 물론 이종에서 연간교통량은 시설의 계획과 건설에 있어서 가장 기본이 된다. 대개의 공항에서 항공교통량이 집중되는 첨두시간은 짧으며, 운용관례상 연간 단위로 볼 때 물리적 및 운영상 용량을 초과하는 운용은 극히 소수이다. 따라서 가장 첨두에 해당하는 시기의 운항을 기준으로 모든 시설을 건설한다면 평상시에는 과잉투자가 되어 각종 시설의 활용이 충분히 효율적이지 못하며 비경제적인 운용을 하게 된다.

공항에서 항공교통은 연중의 특정한 달과 주중의 특정한 요일 및 일중의 특정한 시간대에서 첨두특성을 나타낸다. 첨두의 형태와 시간은 항공교통의 특성과 지원하는 배후지역의 특성으로부터 매우 많은 영향을 받는다. 첨두특성에 영향을 미치는 가장 중요한 요소들로는 국내선과 국제선간의 비율, 정기운항과 부정기운항간의 비율, 장거리노선과 근거리노선간의 비율, 공항의 지리적 위치, 배후지역의 특성 등이 있다.

수요집중에 영향을 주는 여러 인자에 의해 발생된 첨두의 차이에도 불구하고 공항간에는 사실상 전반적으로 유사한 집중현상을 보이고 있다. 따라서 공항의 연간 교통량과 첨두시간 교통량 사이에 일반적인 관계성을 추론하는 것이 가능하다. 공항별로 운항패턴을 분석하기 위하여 조사된 연도별 이착륙 현황자료를 수요규모별로 분류하여 분석할 수 있도록 시간대별 평균 이착륙 현황을 작성하였다. 여기서 김포(1)은 국제선 운항이 인천공항으로 이전된 후인 2001년 이후의 수요이고, 김포(2)는 이전되기 전인 2000년도까지의 수요이다. 공항별 운항패턴 분석은 여객규모가 유사한 공항들로 구분하여 분석함으로써 신뢰성을 높이도록 하였다. 국내공항을 등급별로 구분하여 연간여객과 연간운항회수를 정리하면 <표 3>과 같다.

중추공항은 인천공항 1개소 밖에 없으므로 중추공항과 관문공항을 하나의 그룹으로 묶고 지방거점공항

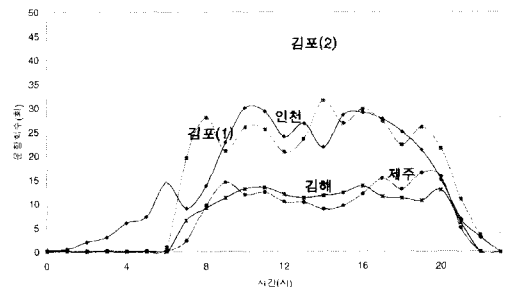
<표 3> 공항등급별 연간항공수요 수준

구분	공항	연간운항회수	연간여객
중추 및 관문공항	인천, 김포, 김해, 제주	6만~16만	1,000만~2,000천만
거점공항	대구, 광주	1만~2만	약 200만
지방공항	청주 등 10개 공항	1만 이하	100만 이하

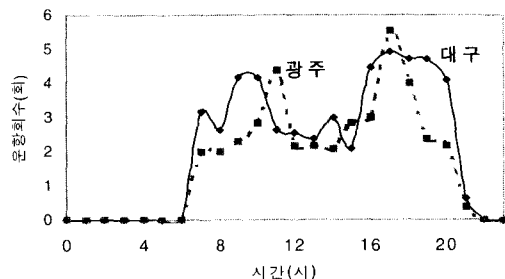
과 지방공항을 각각 하나의 그룹으로 분류하였다. 지방거점공항 중에서 무안공항은 현재 건설 중이므로 대신 광주공항으로 대체하였다. 연간 항공수요는 편의상 2001년과 2002년의 처리실적을 기준으로 분류하였다. 분류기준은 첨두시간계수 비고를 위하여 미연방항공청과 영국공항공단의 첨두시간계수 적용시에 분류한 연간여객 및 운항회수 분류수준을 참조하였다.

<그림 2~4>는 공항등급별로 각각 시간대별 평균 이착륙회수를 그래프로 표시한 것이다.

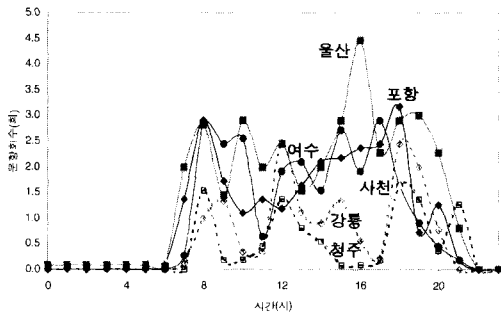
중추 및 관문공항은 항공수요가 상대적으로 많기 때문에 첨두시간 운항패턴이 공항의 특성을 충분히 나타내고 있다고 판단된다. 특히 김포공항은 공항운영 시간인 06시부터 22시 사이에 시간대별로 운항이 고르게 분포되어 있어 항공수요가 공항의 처리용량에 근접하고 있다는 것을 단적으로 보여주고 있다. 국제선 운항이 인천공항으로 옮겨간 2001년 3월 이후의 운항패턴은 전반적으로 시간대별 운항회수가 다소 감소하였으나 여전히 고른 분포를 나타내고 있는 것으로 보아 공항운영측면에서 운항스케줄이 효율적으로 관리되고 있는 것을 알 수 있다. 인천공항은 24시간



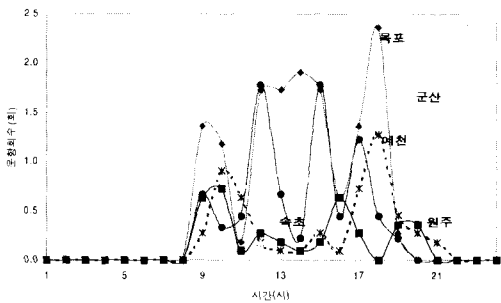
<그림 2> 공항별 항공기 운항패턴(중추 및 관문공항)



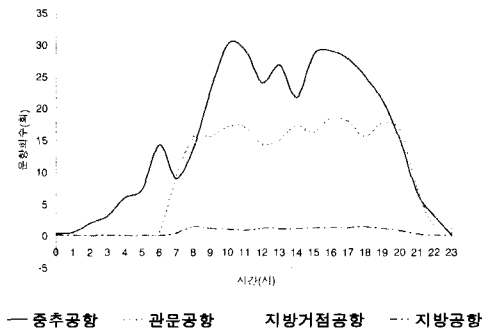
<그림 3> 공항별 항공기 운항패턴(지방거점공항)



〈그림 4a〉 공항별 항공기 운항패턴(지방공항)



〈그림 4b〉 공항별 항공기 운항패턴(지방공항)



〈그림 5〉 공항분류별 운항회수 변화추이

운영공항을 표방하고 있으나 야간시간대의 운항분포는 매우 저조하며, 오전과 오후 두 차례의 첨두형태를 나타내고 있다. 개항이후의 자료가 아직 충분치 못한 측면은 있으나 연도별 운항패턴이 일정치 않아 스케줄 관리가 다소 안정적이지 못하다는 것을 알 수 있다. 김해공항도 운항패턴이 고르게 분포되어 있어 수요가 용량에 근접하고 있다는 것을 나타내고 있다. 제주공항은 이른 오전과 늦은 오후에 두드러진 첨두

양상을 보이고 있는데 이는 관광지 공항의 특성에 기인한 것으로 판단된다.

대구와 광주의 지방거점공항에서도 다소 시간차가 있으나 오전과 오후 두차례의 전형적인 첨두형태를 나타내고 있다. 기타 지방공항은 항공수요가 상대적으로 적기 때문에 하루중 고른 시간대별 운항패턴을 보이고 있다.

〈그림 5〉는 4 가지 공항등급별 전체 평균 이착륙 회수를 구하여 운항패턴을 작성한 것이다. 중추공항에서는 첨두의 형태를 두드러지게 보이고 있으며 관문공항은 대체적으로 시간대별로 고른 형태를 나타내고 있다. 지방거점공항은 수요가 작으나 하루 두 차례의 첨두특성을 약하게 보이고 있으며, 지방공항은 워낙 운항회수가 적기 때문에 이렇다할 특징을 보여 주지 못하고 있다. 또한 여객과 화물 항공기의 첨두 시간 비교를 위하여 양 항공기의 운항회수가 두드러진 인천공항의 수요를 비교하였으나 여객기와 화물기의 첨두가 일치하지 않는다는 것을 확인하였다.

공항별 운항특성 분석 결과 특히 첨두가 두드러진 경우에 항공기의 지연과 연관성이 있는지를 확인하기 위해 최근의 공항별 지연현황을 〈표 4〉와 같이 조사하였다.

기존의 공항별 항공기 지연 현황을 통해서 첨두 집중율과 지연과의 상관성을 분명하게 확인할 수는 없었다. 또한 공항의 용량을 넘지 않는 상황에서는 첨두집중율이 높다고 해도 첨두시 지연은 매우 미약하며, 오히려 용량에 도달하여 지연이 크게 발생할수록 항공기가 분산되어 첨두집중율이 낮아지는 결과를 낳는 것으로 판단된다.

2. 공항별 첨두시간계수 분석

공항계획에 있어서 고려해야할 공항활동 중에서 가장 중요한 사항은 시간당 첨두형태이다. 시간당 첨두형태는 다양하게 표현할 수가 있는데, 대표적으로는 여객과 항공기의 "설계시간" 흐름을 분석하는 것이다. 첨두시간여객은 먼저 운항회수를 산출한 후 평균 항공기 크기와 탑승율을 적용하여 산출해낸다. 첨두시간 운항회수는 항공통계로부터 구할 수 있지만 그렇지 못할 경우에는 연간운항회수로부터 첨두시간계수를 이용하여 산출할 수 있다. 공항의 시설규모는 대부분 목표년도의 첨두시간 수요를 기준으로 결정된다.

〈표 4〉 국내공항 지연통계(2002년)

구분	운항회수	지연회수	지연율(%)	
인천	국내선	2,568	154	6.0
	국제선	97,045	2,397	2.5
김포	국내선	125,842	2,624	2.1
	국제선	46,667	1,012	2.2
김해	국내선	11,764	231	2.0
	국제선	63,166	2,213	3.5
제주	국내선	2,131	36	1.7
	국제선	17,944	251	1.4
대구	국내선	1,489	68	4.6
	국제선	13,027	420	3.2
광주	국내선	558	11	2.0
	국제선	3,892	138	3.5
청주	국내선	511	37	7.2
	국제선	3,037	29	1.0
양양	국내선	12	2	16.7
	국제선	902	8	0.9
강릉	7,192	52	0.7	
여수	12,600	138	1.1	
울산	2,952	16	0.5	
목포	6,387	140	2.2	
사천	8,096	81	1.0	
포항	722	2	0.3	
예천	1,648	63	3.8	
합계	국내선	317,426	7,341	2.3
	국제선	113,510	2,782	2.5
	계	430,936	10,123	2.3

주) 지연회수 : 국내선은 30분이상, 국제선은 1시간 이상 지연될 경우

일반적으로 계획단계에서의 침두시간은 실제 최고 침두시간과는 일치하지 않는다. 즉 최고 침두시간 수요를 기준으로 시설규모를 결정하면 나머지 시간동안 여유시설이 너무 많이 발생하여 비경제적이므로 최고 침두가 아닌 일반적으로 30번째 침두시간을 계획기준으로 설정하는 것이다.

항공기의 운항회수를 연간으로 보면 출발과 도착의 비율이 대개 비슷하지만 하루중 시간대별로 분리해서 보면 출발과 도착의 비율이 70%까지 상이한 경우가 발생하는 것을 알 수 있다. 실제 공항계획에서는 일반적으로 출발 도착의 비율을 50%로 간주하고 주기장 산정을 하고 있으며, 인천공항 2단계 건설계획의 경우에 1단계 개항이후의 주기장 부족 현상을 감안하여 도착비율을 60%로 보고 주기장 소요를 산출한 사

례가 있다.

공항계획 단계에서 적절한 시설규모를 산정하기 위해서는 적절한 침두시간 운항회수를 산출하여야 한다. 이를 위해서 각 나라별로 연간운항회수와 연계하여 침두시간 운항회수를 산출하기 위한 침두시간계수를 다음과 같이 제시하고 있다.

1) 표준침두시간여객

(Typical Peak Hour Passenger, TPHP)

표준침두시간여객은 미국 FAA에서 사용하는 방법으로서 침두월 평균일의 침두시간 여객수로 정의되며 연간수요로부터 침두시간여객을 구하기 위해 FAA에서는 미국내 공항의 자료를 분석하여 별도의 침두시간계수를 제시하고 있다. 이에 의하면 연간수요규모가 증가할수록 침두시간계수는 적어짐을 보여준다(Ashford, 1997).

2) 표준집중율(Standard Busy Rate, SBR)

이 방법은 영국과 유럽에서 사용하는 기준으로서 영국민간항공공국(CAA)에서 개발하였다. 이는 연중 30번째로 수요가 많은 침두시간의 교통량을 의미한다. 30번째로 수요가 많은 시간의 개념은 오랫동안 도로의 설계교통량을 결정하는 방법으로 사용되어 왔다. 표준집중율을 기준으로 공항시설을 계획하면 설계기준 연도에 30시간은 용량을 초과하여 운영한 것을 의미하며, 이런 정도의 과부하 시간은 합리적인 것으로 간주된다(Ashford, 1997).

3) 기타

이밖에 표준집중율을 수정하여 집중시간율(Busy Hour Rate, BHR)을 사용하기도 하는데, 이는 연간 공항운영시간중 가장 바쁜 시간에 처리된 5%의 교통량을 의미한다. 또한 독일에서는 거의 모든 공항에서 30번째의 침두시간을 사용한다. 프랑스의 ADP에서는 3%의 수요가 용량을 초과하는 기준을 사용하고 있다.

각 공항에서 수년간 매일 매시의 운항자료를 조사하여 실제 30번째의 침두시 운항회수를 구하여야 하지만 자세한 공항별 운항실적을 구할 수가 없으므로 운항스케줄에서 침두월 침두일의 운항회수로 침두시간계수를 산출하였다. 그간 우리나라에서 공항계획을 하는 경우에는 주로 FAA와 CAA에서 제시하는 수요

규모별 침두시간계수를 기준값으로 사용하였다.

〈표 5〉에서는 두 개 기관에서 제시하는 기준값과 본 연구에서 구한 실적치를 비교하고 있는데, 잘 알려진대로 항공수요가 증가할수록 침두시간계수가 감소한다는 것을 분명히 보여주고 있다. 이 표에서는 군과 공용으로 운영되는 공항의 특성을 파악하고자 민간전용공항과 민군공용공항을 구분하여 제시하였다. 조사결과에서 유사한 운항회수와 여객수를 처리하는 공항간의 침두시간계수를 분석하였다. 연간 약 60,000회 처리 공항으로 김해공항(민군공용공항)과 제주공항(민간전용공항)을 비교하였으며, 연간 약 8,000회를 처리하는 포항공항(민군공용공항)과 여수공항을 비교했을 때, 영국 및 미국방법 모두 민간전용공항인 제주·여수공항의 실적이 기준값에 좀 더 근접하고 있음을 알 수 있다. 이는 스케줄 관리가 자유로운 민간전용공항이 상대적으로 기준에 더 일치한다는 것을 보여주고 있다.

〈표 5〉에 나타난 바와 같이 국내공항의 항공수요 실적치에 의해 산출된 침두시간계수는 미국방법보다

는 영국방법의 기준치에 보다 가깝다. 그러므로 향후 우리나라의 공항계획 수립시 침두시간계수는 미국방법보다는 영국방법을 원용하여 산출하는 것이 더 나을 것으로 판단된다. 앞의 제4장 1절에서 언급한 바와 같이 공항의 침두특성은 항공교통의 특성과 지원하는 배후지역의 특성에 많은 영향을 받는다. 미국방법에서 침두시간계수가 높게 나타나는 이유는 항공기 혼합률의 차이로서, 미국에서는 소형기, 국내선의 비중이 큰데다 이들이 차지하는 침두시 운항회수가 많기 때문이며, 영국의 경우에는 상대적으로 중대형기의 비율이 높기 때문에 우리나라와 유사한 특성을 보이는 것으로 판단된다.

미국방법에 의한 기준치와 대비하면 실적치가 전부 적게 산출되었고 기준치의 범위가 커서 공항별 침두시간계수의 특성을 분석하기가 곤란하다. 따라서 이 연구에서는 공항별 특성을 잘 나타내고 있는 영국방법의 기준치와 실적치를 대비하여 분석하였다. 비교적 항공수요가 많은 중추공항 및 관문공항에서는 대부분 실적치가 기준치를 밑돌았다. 그러나 제주공항

〈표 5〉 공항별 침두시간 계수

구분		5년 평균년도(1998-2002)		침두시간계수(영국방법)		침두시간계수(미국방법)	
		운항회수	여객수	실적	기준값	실적	기준값
민간 전용공항	인천	125,925	20,920,340	0.0818	0.0879	0.0238	0.0400
	김포	218,559	33,072,496	0.0734	0.0832	0.0207	0.0350
		128,480	17,092,220	0.0815	0.0877	0.0232	0.0450
	제주	57,182	8,819,618	0.0985	0.0949	0.0288	0.0500
	울산	13,068	1,224,210	0.1241	0.1103	0.0341	0.0500
	여수	7,916	634,098	0.1164	0.1125	0.0367	0.0800
민군 공용공항	김해	58,035	8,737,652	0.0822	0.0945	0.0235	0.0500
	대구	17,642	2,123,358	0.0975	0.1066	0.0278	0.0500
	광주	13,022	2,257,059	0.1380	0.1103	0.0426	0.0500
	포항	8,555	771,012	0.1232	0.1125	0.0372	0.0800
	사천	6,526	772,655	0.1311	0.1125	0.0376	0.0800
	강릉	5,644	529,124	0.1642	0.1125	0.0433	0.0800
	목포	4,071	309,898	0.1635	0.1125	0.0581	0.1350
	군산	3,227	242,714	0.1923	0.1125	0.0563	0.1350
	청주	3,209	484,506	0.1622	0.1125	0.0510	0.1350
	속초	2,253	188,857	0.2105	0.1125	0.0789	0.1350
	예천	1,791	127,730	0.2333	0.1125	0.0711	0.1350
	원주	1,224	80,489	0.1905	0.1125	0.0594	0.2000

주 : 1) 영국방법 : 침두시운항회수 ÷ 침두일운항회수
 2) 미국방법(TPHF) : 침두시여객수 ÷ 연간여객수

에서는 실적치에 의한 첨두시간계수가 기준치를 상회하는데 이것은 제주공항의 첨두운항 특성이 타공항에 비해서 두드러지게 나타나기 때문인 것으로 판단된다. 지방거점공항인 대구에서도 실적치가 기준치보다 적게 나타났으며, 광주공항에서는 수요가 작고 첨두 특성이 두드러지므로 기준치보다 큰 값을 보여주었다. 지방공항에서는 실적치가 기준치보다 모두 상회하는 결과를 나타내었으며, 연간 운항회수가 적어질수록 차이가 벌어지므로 과거처럼 공항계획시 일률적으로 기준값을 적용하는 것은 적절치 못한 것으로 판단된다.

국내 공항들의 연간운항회수와 첨두시간계수의 상관관계를 분석하기 위하여 영국방법에 의한 실적치의 데이터를 지수함수 형태를 적용하여 회귀분석을 수행하였으며, 그 결과는 <그림 6>에 그래프로 나타나있다.

실적치의 통계는 최근 김포공항의 최고 값인 연간 운항회수 22만회 까지를 나타내고 있다. 국내공항의 첨두시간계수 실적치로부터 연간운항회수와 연관된 첨두시간계수 산출식을 도출한 결과는 다음과 같으며, 결정계수는 0.8992로 분석되었다.

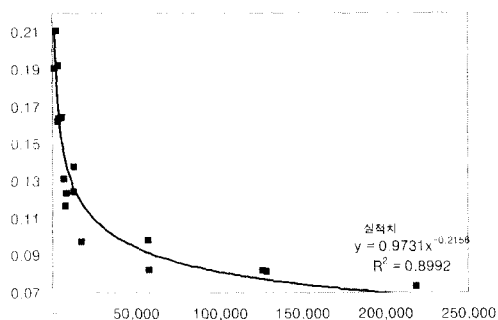
$$y = 0.9731x - 0.2156, (R^2 = 0.8992)$$

여기서,

y : 첨두시간계수(첨두시 운항회수÷첨두일 운항회수)

x : 연간 운항회수

도출된 산출식에 따라 연간운항회수별로 첨두시간계수를 산출하면 <표 6>과 같다. 이것은 본 연구의 주된 성과로서 향후 국내 공항계획시 사용할 기준치로 제시하는 수치이다.



<그림 6> 첨두시간계수 회귀분석

<표 6> 국내공항을 위한 연간운항회수별 첨두시간계수

연간운항회수	첨두시간계수
10,000	0.1411
20,000	0.1215
30,000	0.1113
40,000	0.1046
50,000	0.0997
60,000	0.0959
70,000	0.0927
80,000	0.0901
90,000	0.0878
100,000	0.0859
110,000	0.0841
120,000	0.0826
130,000	0.0811
140,000	0.0799
150,000	0.0787

3. 공항별 주기장 소요 분석

계류장(apron)은 여객터미널 건물과 에어사이드 지역간을 연결하며, 항공기 주기장(spot 또는 stand), 항공기의 전후(前後)기동지역, 항공기가 계류장에 접근하는 지상이동 지역이 포함된다. 계류장의 항공기는 주기장과 같이 지정된 지역에 한하여 주기할 수 있다. 주기장 용량이란 항공기의 주기 서비스가 지속적으로 요구되고 있을 때 일정 주기장이 특정시간동안에 수용할 수 있는 항공기의 최대수이다.

이 주기장 용량은 서비스할 모든 항공기의 가중평균에 의한 주기장 점유시간의 역산으로 구할 수 있다. 예로써 항공기가 평균 30분간 주기장을 점유한다면 주기장 용량은 시간당 2대이다.

주기장 용량에 영향을 미치는 요소는 일정한 항공기에 이용 가능한 주기장의 수 및 종류, 주기장을 요구하는 항공기의 기종별 주기장 점유시간, 주기장 가동율, 주기장 이용의 제한사항 등이다. 항공기가 주기장을 점유하는 시간은 항공기의 규격, 운항형태, 이륙준비시간 등에 따라 결정된다. 주기장에 주기한 항공기는 여객과 수하물의 처리, 항공기 지상조업, 비행준비 등의 작업을 수행하게 된다. 주기장 점유시간은 주로 항공기의 크기에 따라 달라지며 특히 국제선/국내선 여부에 따라 크게 차이가 난다.

또한 운항종류에 따라 필요한 서비스에도 차이가

있어 주기장 점유시간에 영향을 미친다. 재출발 준비 서비스가 필요없는 항로상 기착 항공기일 경우에는 주기장 점유시간이 20~30분이면 충분하지만 재출발(턴어라운드) 항공기는 충분한 서비스를 위하여 항공기 종류에 따라 40분~1시간 이상의 주기장 점유가 요구된다. 일반적으로 공항계획단계에서 주기장 점유시간은 30분~60분을 적용하며, 국제선 대형기의 경우에는 두 시간까지 적용하기도 한다.

공항의 주기장에 대한 평균 일일 주기장 가동율은 일반적으로 0.5~0.8이다. 이러한 낮은 가동율은 모든 가용 주기장을 동시에 100% 사용한다는 것이 사실상 불가능하기 때문이다. 주기장을 출발 혹은 도착하기 위해 기동하는 항공기가 타항공기를 차단하거나 같은 주기장을 사용하는 출발 항공기와 도착 항공기간의 시간차이 때문에 주기장 가동율은 100%가 될 수 없다. 특정 공항의 주기장 활용계획에 따라서도 평균 주기장 가동율이 변화한다. 주기장을 모든 항공사가 공동으로 사용하는 공용 주기장 사용전략에 따른 주기장 가동율은 일반적으로 0.6~0.8인데 반해, 특정 주기장을 지정 항공사만 사용하는 전용 주기장 사용전략에 의한 주기장 가동율은 일반적으로 약 0.5~0.6으로 떨어진다. 따라서 공항에 필요한 주기장 수를 판단하기 전에 주기장 사용계획이 먼저 검토되어야 한다.

주기장 추가 확보를 위한 계류장 확장 사업은 주기장 단계에서의 지연감소를 목표로 시행하는 사업으로, 우리나라 공항투자사업 중 중요한 부분을 차지한다. 계류장 확장을 시행하기 위해서는 여객의 증가에 맞추어 주기장 소요(침두시간 및 시간대별)가 어떻게 늘어날 것인가를 파악해야 한다. 주기장 소요는 일반적으로 기존의 연구결과에 의한 산출식을 이용하여 침두시 운항회수로부터 계산하고 있다. 그러나 실제 공항운영시 필요로 하는 주기장수는 개별 공항의 특성에 따라 상당히 달라지므로 계산식 결과와 정확하게 일치하지 않는 것이 보통이다. 우리나라에서는 공항계획시 주기장 소요 산출에 일반적으로 다음과 같은 Horonjeff 모형을 사용하고 있다.

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

여기서,

G : 소요 주기장의 수

V : 설계수요(침두시 출발 또는 도착 운항회수)

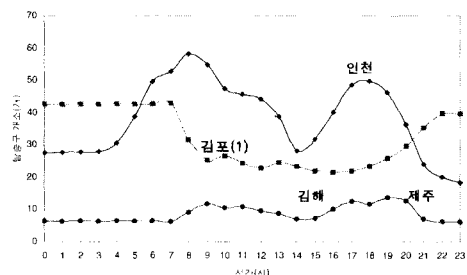
T : 평균 주기시간(주기장 점유시간)

U : 주기장 가동율(0.6~0.8)

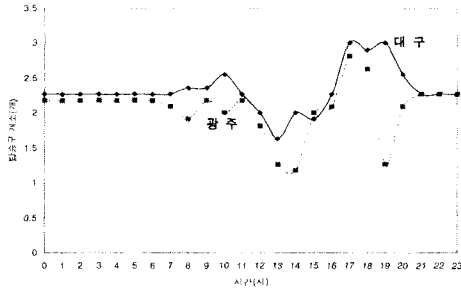
설계수요는 침두시 운항수요의 일방향 수요를 말하며, 평균 주기시간이란 취항 기종이 주기장에서 소비하는 가중평균의 주기시간으로서 여객의 승하기, 화물의 적하, 연료주입, 기타 지상조업 서비스 시간이 포함된 것이다. 주기장 가동율은 계획시점에서 항공기가 점유하고 있는 주기장의 전체 주기장에 대한 비율을 말한다. 실제 공항계획단계에서는 국제선의 경우에 가동율을 0.65, 국내선의 경우에는 0.8을 주로 적용하고 있다. 본 연구에서는 시간대별 운항회수에 따라 실제 필요로 하는 주기장 소요가 어떻게 되는지를 운항 스케줄과 램프차트로부터 도출하였다. 그리고 운항패턴의 경우와 마찬가지로 공항별로 주기장 소요를 분석하기 위하여 조사된 연도별 운항회수에 대해 시간대별 평균 주기장 소요 현황을 작성하였다.

운항패턴의 경우와 마찬가지로 공항등급별로 분류하여 주기장 소요 변화추이를 그래프화 하였다. <그림 7>은 중추 및 관문공항의 시간대별 주기장 소요 현황이다. 야간시간대에 지속적으로 주기장 소요가 발생하는 것은 오버나이트 항공기의 수요를 나타낸다. 김포공항은 공항운영 시간인 주간대보다 야간시간대에 주기장의 수요가 월등히 많으며 야간에는 오히려 인천공항의 수요를 초과하고 있다. 이것은 국내선 항공기의 대부분이 양대 국제사의 모(母)기지인 김포공항에서 야간주기를 하고 있다는 것을 알 수 있다.

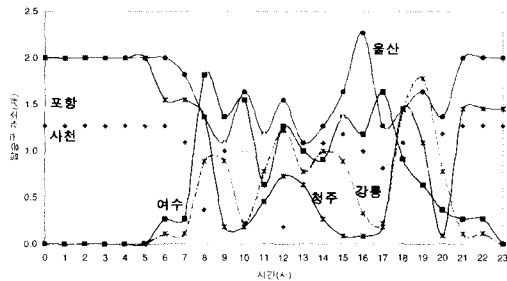
인천공항은 김포공항과 연간운항회수와 시간대별 운항회수가 비슷하지만 주간 시간대에는 최고 두 배까지 주기장 소요가 많다. 이것은 인천공항이 국제선 위주의 공항으로서 국내선 전용공항인 김포공항과 달리 주기장에서 항공기 점유시간이 훨씬 더 길기 때문



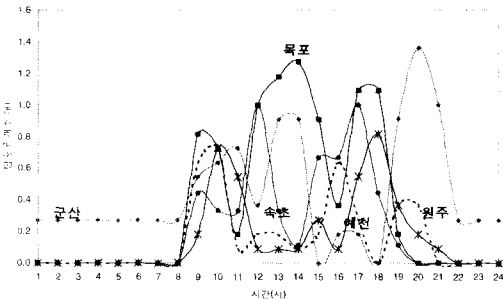
<그림 7> 공항별 주기장 소요 변화추이(중추 및 관문공항)



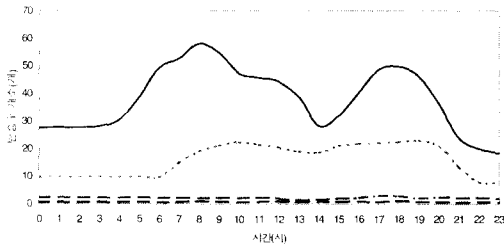
〈그림 8〉 공항별 주기장 소요 변화추이(지방거점공항)



〈그림 9a〉 공항별 주기장 소요 변화추이(지방공항)



〈그림 9b〉 공항별 주기장 소요 변화추이(지방공항)



— 중추공항 ··· 관문공항 - - - 지방거점공항 - · - 지방공항

〈그림 10〉 공항분류별 주기장 소요 변화추이

이다. 김해와 제주공항은 운항패턴이 고르게 분포되어 있는 관계로 주기장 소요도 비슷한 규모를 필요로 한다는 것을 알 수 있다.

〈그림 8〉에서 지방거점공항은 시간대별 운항패턴과 유사한 형태로 주기장 소요 그래프의 특성을 볼 수 있다. 다만 스케줄의 연결로 주기장 점유시간이 연속되기 때문에 그래프의 첨두현상이 운항패턴의 경우보다 다소 둔화되어 있다. 〈그림 9〉에서 지방공항은 항공수요가 적으므로 운항패턴과 비슷한 형태의 주기장 소요 그래프 형상을 보여주고 있다.

수요규모별로 전체적인 분석을 위해 공항분류별 평균 주기장 소요 변화추이를 작성한 결과는 〈그림 10〉과 같다. 중추공항에서는 첨두의 형태를 두드러지게 보이고 있으며 관문공항은 대체적으로 시간대별로 고른 형태를 나타내고 있다. 지방거점공항과 지방공항은 항공수요가 적어 주기장 소요의 첨두현상이 전체적으로 운항패턴에 비해 다소 둔화된 형태를 나타내고 있다. 여객과 화물 항공기의 첨두시간 주기장 소요 비교를 위하여 운항패턴 비교와 마찬가지로 인천공항의 주기장 소요를 비교한 결과 여객기와 화물기의 첨두가 일치하지 않는다는 것을 확인하였다.

〈표 7〉 공항별 주기장 가동률

	항공기 stand 수	최대 stand 소요	평균최대 stand 소요	최대 stand 사용율(%)	첨두시 stand 사용율(%)
인천	101	70	68.5	69.3	67.8
김포	103	45	43	43.7	41.7
김해	21	16	12.9	76.2	61.5
제주	24	16	13.7	66.7	57.2
대구	5	5	3	100	60
광주	4	3	2.3	75	56.8
청주	3	3	2	100	66.7
강릉	3	2	1.8	66.7	59.3
속초	2	1	1	50	50
여수	3	2	1.8	66.7	60.6
울산	4	3	2.3	75	56.8
목포	2	2	1.1	100	54.5
사천	2	2	1.6	100	81.8
포항	2	2	1.9	100	95.5
예천	1	1	0.8	100	81.8
군산	2	2	1.4	100	68.2
원주	1	1	0.7	100	72.7

램프 차트로부터 산출된 공항별 주기장 소요를 실제 각 공항에서 사용가능한 주기장 숫자와 비교하여 주기장 가동율을 확인한 결과는 <표 7>에 나타나있다. 중추공항과 관문공항 및 거점공항에서 평균 침두시의 주기장 사용율은 50~70% 사이로 일반적인 계획가동율 범위내에 있지만, 김해, 대구, 광주공항의 최대 사용율은 70%를 초과하여 주기장이 충분치 못하다는 것을 알 수 있다. 특히 인천공항에서는 침두시 주기장 부족으로 원거리에 위치한 정비 및 제빙계류장까지 이용하는 경우가 발생하여 국제선 운항의 서비스수준이 크게 낮아지는 문제점을 드러내기도 했다. 김포공항은 국제선 분담이후에 수요가 감소하여 주기장 사용율에서 여유를 보이고 있다. 기타 지방공항은 사용율이 60%가 안되는 수요부족 공항도 있고, 100%에 달하는 시설부족 공항도 있다.

V. 결론

이 연구에서는 우리나라 공항들의 항공통계 실적자료와 운항스케줄에 의한 시간대별 운항자료를 수집하여 항공기 운항 침두특성을 분석한 결과 다음과 같은 결론을 도출하였다. 항공수요가 많은 중추공항과 관문공항에서는 오전과 오후 두 차례씩 전형적인 침두 운항패턴을 나타내고 있었다. 특히 국제선 분담전의 김포공항과 현재의 김해, 제주공항은 비침두시간에도 많은 운항이 이루어지고 있는 등 대체적으로 하루동안 고른 분포의 운항패턴을 보이고 있어 수요가 용량에 근접하고 있다는 것을 확인하였다. 제주공항은 오전과 오후에 상대적으로 두드러진 침두 양상을 보이고 있는데, 이는 관광지 공항의 특성을 나타내는 것으로 판단된다. 지방거점공항인 대구와 광주공항은 오전, 오후 두 차례의 두드러진 침두 형태를 보이고 있어 전형적인 운항패턴인 것으로 확인하였다. 지방공항은 워낙 항공수요가 적기 때문에 전형적인 침두 형태를 나타내지 못하고 독특한 운항패턴을 보여주었다. 또한 여객기와 화물기의 침두시간이 일치하지 않는다는 통설이 사실이라는 것을 확인하였다. 침두특성과 지연과의 상관성은 발견하지 못하였다.

항공운항 실적에 의해 산출한 침두시간계수를 기준치와 비교한 결과 항공수요가 증가할수록 침두시간계수가 감소한다는 기존의 연구결과를 다시 한번 확인하였다. 그리고 미국방법보다 영국방법이 국내실정에

부합된다는 것을 알 수 있었다. 항공수요가 비교적 많은 중추공항, 관문공항, 지방거점공항에서는 대부분 침두시간계수 실적치가 기준치보다 낮게 산출되는 경향을 보여주었다. 기타 지방공항의 경우에는 수요가 너무 적기 때문에 기준치를 적용하는 것이 무의미하다는 것을 확인하였다. 분석결과로서 침두시간계수 실적을 활용하여 국내공항계획시 적용할 수 있도록 국내실정에 적합한 모델을 도출하고 그에 따라 연간운항회수별 침두시간계수를 제시하였다.

인천공항과 김포공항은 현재 연간운항회수와 일일 시간대별 운항회수면에서 서로 비슷하지만 주간에는 인천공항의 주기장 소요가 두 배 정도 많고 야간에는 김포공항의 주기장 소요가 1.5배 정도 많다는 것을 확인하였다. 이것은 인천공항은 국제선 위주로 주기장 점유시간이 길고, 김포공항은 국내선 항공기의 모기지로 야간주기를 하기 때문이다. 운항스케줄의 연결로 주기장 점유시간이 연속되기 때문에 주기장 소요 그래프의 침두현상이 운항패턴의 경우보다 다소 둔화되어 있는 것을 확인하였다. 지방거점공항과 지방공항은 워낙 항공수요가 적기 때문에 전형적인 침두형태를 나타내지 못한다는 것을 확인하였다.

분석적 방법이나 시뮬레이션을 통해 항공편당 평균 지연과 시간당 수요간의 관계곡선을 작성하면 지연이 급격히 증가하는 때의 시간당 운항회수를 구할 수 있다. 이 결과를 시간대별 운항회수 그래프에 적용함으로써 공항별로 적정한 용량을 초과하는 운항시간대를 찾을 수 있고 나아가 공항개선의 필요여부를 판단할 수 있을 것이다. 본 연구에서는 항공통계에 의한 공항별 침두시간계수를 산출하고 영국식과 미국식의 침두시간계수 기준값과 비교해 보았다. 또한 그 결과로 수치해석을 통하여 국내실정에 맞는 침두시간계수 산출식을 도출하고 연간운항회수별 침두시간계수 기준을 제시하였다. 향후에 연간여객 및 운항회수 규모, 시간당 여객 및 운항회수, 공항의 특성 등을 폭넓게 고려하여 이 논문에서 제시된 침두시간계수를 보정하고 체계화한다면 우리나라 실정에 더욱 알맞은 침두시간계수 기준값을 설정할 수 있을 것으로 사료된다. 운항스케줄에 의한 시간대별 주기장 소요산출 결과는 앞으로 활용의 가능성이 매우 많은 자료이다. 공항별로 실제 건설되어 있는 주기장 숫자와 비교하여 시설확장 필요여부를 판단하거나 주기장 운용계획을 효율적으로 개선할 수 있으며, 연간 항공기 운항회수로 산출하던

주기장 소요산출 결과와 비교함으로써 주기장 소요산출을 위한 일반 계산식이 우리나라 실정에 얼마나 부합되는지 여부를 판단할 수 있는 자료로 활용할 수 있다. 이러한 연구를 통하여 국내 실정에 적합한 주기장 소요산출식을 새로이 개발할 수 있을 것으로 기대된다.

참고문헌

1. 건설교통부(1999), "제2차 공항개발 중장기 기본계획 보고서".
 2. 씨아이커뮤니케이션(2003), "Airlines Timetable roadsky", 1997~2003.
 3. 인천국제공항공사(2003), "인천국제공항 2단계건설 공항시설공사 기본 및 실시설계용역 기본설계보고서".
 4. 한국개발연구원(2001), "공항부문 예비타당성조사 표준지침".
 5. 한국공항공사(2003), "항공통계", 1990~2003.
 6. 한국항공진흥협회 (2003a), "항공통계, 1990~2003.
 7. 한국항공진흥협회(2003b), "항공통계 가이드북".
 8. Ashford, N. and P. H. Wright(1992), "Airport Engineering", 3rd Ed., John Wiley & Sons, INC.
 9. Ashford, N., H. P. M. Stanton and C. A. Moore(1997), "Airport Operation", 2nd Ed., McGraw Hill.
 10. Bowels, R.(2003), "Latest Aviation Outlook and Trends", Transportation Research Circular E-C051: Future Aviation Activities, Transportation Research Board.
 11. Federal Aviation Administration(2001), "Airport Capacity Benchmark Report".
 12. Federal Aviation Administration and ARP Consulting(2002, 1998~1995), "Aviation Capacity Enhancement Plan: Building Capacity Today for the Skies of Tomorrow".
 13. Federal Aviation Administration(2001), "Forecasting Aviation Activity by Airport".
 14. Federal Aviation Administration(1993), "Aviation System Capacity Plan", DOT/FAA/ASC-93-1, Washington DC.
 15. Goldberg, D.F.(2001), "Role of Airlines in Airfield Capacity Development", Transportation Research Board E-Circular 032.
 16. Horonjeff, R. and F. X. McKelvey(1993), "Planning and Design of Airports", 4th Ed., McGraw-Hill.
 17. Shavell, Z. A.(2000), "The Effects of Schedule Distributions on the Economics of Airline Operations," in 3rd USA/Europe Air Traffic Management R&D Seminar, Napoli.
 18. Transportation Research Board(2001), "Aviation Gridlock, Phase II: Airport Capacity and Infrastructure".
 19. U.S. Department of Transportation, Federal Aviation Administration, County of Allegheny, Department of Aviation and the Airlines and General Aviation serving Greater Pittsburgh International Airport(1991a), "Greater Pittsburgh International Airport Capacity Enhancement Plan".
 20. U.S. Department of Transportation, Federal Aviation Administration, Port of Seattle, and Airlines serving Seattle-Tacoma(1991b), "Seattle-Tacoma International Airport Capacity Enhancement Plan".
 21. U.S. Department of Transportation, Federal Aviation Administration, The City of Los Angeles Department of Airports, and the Airlines and General Aviation serving Los Angeles(1991c), "Los Angeles International Airport Capacity Enhancement Plan".
 22. U.S. Department of Transportation, Federal Aviation Administration, the State of Hawaii, Department of Transportation, Airports Division and the Airlines and General Aviation serving Honolulu, and the State of Hawaii(1992), "Honolulu International Airport Capacity Enhancement Plan".
 23. Wells, A. T.(1992), Airport Planning & Management 2nd Ed., TAB Books.
- ✉ 주 작 성 자 : 유승권
 ✉ 논문투고일 : 2003. 9. 1
 논문심사일 : 2003. 10. 27 (1차)
 2003. 12. 17 (2차)
 심사관정일 : 2003. 12. 17
 ✉ 반환접수기한 : 2004. 4. 30