

■ 論 文 ■

수하물처리시설 설계를 위한 수하물 수요분석 (인천국제공항의 예)

An Analysis of Baggage Demand for Designing Baggage Handling System(BHS)
(A Case Study of Incheon International Airport)

배 병 옥

(고려대학교 산업시스템정보공학과 석사과정)

이 흥 철

(고려대학교 산업시스템정보공학과 교수)

목 차

I. 서론

- 1. 연구배경 및 목적
- 2. 연구의 범위 및 방법

III. 결론

- 1. 분석의 전제
- 2. 수하물 수량 산정방법론 정립

III. 결론

- 1. BHS 설비 분석
- 2. 설비 분석 결과
- 3. 결론 및 향후 연구방향

참고문헌

Key Words : Forecasting, IIA(인천국제공항), BHS(수하물처리시설), 수하물 물동량, BHS 설계기준

요 약

미래의 여객 수요가 예측이 되면, BHS 수요, 즉, 출발/환승/도착 수하물의 수, 시공되어야 하는 수송 라인의 수, 수하물을 항공기로 이동하는데 사용 되는 컨테이너의 수, 수하물 수취를 위한 수취대의 수 등이 반드시 산정되어 설계에 반영되어야 하므로 공항을 건설함에 있어 여객 수하물의 물동량을 산정하는 것은 중요한 분석 요소 중의 하나이다. 본 연구에서는 공항 설계 시 정확한 BHS 수요 산정을 하기 위하여 Time-based distribution table을 기반으로 하는 수학적 모델을 제안한다. BHS 수요가 산정 되면, 장비들의 실제 사양들(처리량 등)을 적용하여 관련 설비들의 적정 규모를 산정할 수 있다. 본 연구에 제시된 모델은 IIA(인천 국제 공항)의 운영 조건을 합리적으로 잘 반영하고 있고, 더욱이 장비들의 사양들은 최신의 자료들이므로 보다 효율적이고 현실적인 BHS 설계 및 설비 선정이 가능하다.

1. 서론

1. 연구배경 및 목적

한국은 1970년대 이후로 급속한 경제 성장을 누리고 있으며 세계의 주요한 무역 국가 중의 하나로 급부상 하고 있다. 이러한 성장은 최근 한국의 항공수요를 연평균 12% 상승시켜 왔고 1995년에는 세계 항공 역사상 유래가 없는 전년대비 17%라는 높은 증가율을 보였다. 또한 아시아-태평양 지역은 국민 소득 향상에 의해 국제 항공 여객수가 급속히 늘고 있을 뿐만 아니라 국제 교류가 활발 해져 항공 교통 수요의 증가율이 세계 평균보다 훨씬 높게 기록되고 있으며 2020년 이전에 총 세계 항공교통량의 절반 이상을 차지할 것으로 예측되고 있다. 이에 따라 우리나라의 급증하는 항공수요의 처리와 동북아 지역 허브 공항 역할을 하기 위한 목적으로 인천국제공항이 건설 되어 현재 3.5시간 내에 인구 1백만 명 이상의 주요도시 43개를 연결하고 있다. 2001년 3월 1차 개항을 한 인천국제공항은 우리나라 항공운송 산업의 발달에 의한 경제적 이익뿐만 아니라 향후 우리나라의 상징적 위상을 높이는 데도 기여하리라 본다. 현재 운영중인 제 1 여객 터미널은 2003년 9월 11,000대의 여객기를 처리하고 170만 명의 여객을 처리하며 화물 처리량으로는 세계 3위인 대형 국제공항으로 자리매김하고 있다.¹⁾ 세계의 항공 수요는 지난 10년간 7%의 성장을 보였고 향후 10년간 6%의 성장을 할 것으로 업계는 예측하고 있다.²⁾ 현재의 여객 및 화물의 증가 추세로는 2008년경이면 제 1 여객터미널의 처리능력이 포화 상태가 될 것으로 예상되어 추가의 신설 탑승동 건설이 불가피한 실정이다.

공항을 설계하는 것은 향후 수요의 예측을 기반으로 이루어 진다. 또한 공항의 여객 및 수하물 처리능력을 산정하는 것은 설계의 가장 기초가 되는 선행 작업이다.³⁾ 본 연구는 공항설계에서 가장 중요한 분야 중 하나인 수하물 처리 시설(Baggage Handling System: BHS)의 설계 용량을 분석하고자 한다. 수하물 처리 시설은 여객이 수속 카운터에서 위탁한 수하물을 지정된 항공기로 신속하고 정확하게 수송할 수 있도록 공항 건물 내 및 건물 간에 시공된 대규모 자동화 라인이다. BHS(Baggage Handling System)는 대형 물류 창고나 대규모 공장의 자동화 생산 라인

과 그 구성이 유사하나 공항의 특성상 각 수하물을 여객의 목적지 별로 분류해야 하고 수송라인의 층간 이동이 잦으며 여객 및 항공기 안전을 위해 3단계에 걸치는 엄격한 보안 검색을 해야 하는 등 일반 자동화 라인 보다 매우 복잡하다. 또한 공항의 한정된 공간 내에 BHS 외에 기타 설비를 함께 시공하기 위해서는 합리적인 BHS 설비 규모를 결정하여야만 한다. BHS의 부정확한 설계는 향후 수하물 처리 능력의 마비나 항공기 지연 등 여객이 체감하는 공항의 서비스 수준과 직결되는 사안이므로 더욱 신중을 기해야 한다. 따라서 본 연구는 향후 발생하게 되는 수하물의 수량을 산출하고 이를 적합하게 수용 및 처리할 수 있는 BHS 설비 규모를 산정하고자 한다. 공항 설비의 처리능력과 운영적 효율은 정확한 수요예측이 뒷받침 되어야만 가능하다.⁴⁾ 하지만 이러한 예측의 목적은 정확한 예측치를 얻는 것 보다는 불확실한 미래에 발생할 수 있는 요소의 영향을 평가할 수 있는 정보를 제공해 주는데 있다.⁵⁾ 본 연구에서는 인천국제공항의 기존 운영자료와 인천국제공항공사에서 이미 실시한 향후 여객수요예측 자료를 활용하였다.

현재 운영 중인 제 1 여객터미널의 수하물 처리시설은 출발여객수하물용, 도착여객수하물용, 환승여객수하물용, 조기수속여객수하물용, 대형수하물용, 단체여객수하물용 등 여객 및 수하물의 유형별로 구분 운영되는데 출발 및 도착여객수하물은 20분 이내에, 환승여객수하물은 30분 이내에 처리된다.⁶⁾ 수하물 처리능력은 시간당 약 16,800여 개이다. 향후 탑승동 A가 신설되면 이보다 훨씬 많은 수의 수하물을 동일한 시간 내에 처리하도록 계획하고 있어 첨단 장비와 기술이 집약된 최선의 BHS가 시공될 것이다.

일반적으로 BHS를 설계할 때는 여유 있는 규모를 산정한다. 이는 BHS가 일단 시공되어 운영에 들어가면 확장하는 것이 상당히 어렵고, 처리능력 부족으로 인한 항공기 지연 등의 잠재적 시간 비용이나 서비스의 질을 고려한 것이다. 공항 설계 절차에 있어 BHS의 규모를 가장 먼저 산정하는 목적은 다음과 같다.⁷⁾

- 공항의 향후 단계 마스터 플랜 개발을 위한 지침
- 항공사와 조업사의 장비 및 인력의 장기적 계획을 위한 참고자료- 공항 건축 설계자가 건물의 규모를

산정할 수 있는 근거 제공. 공항 건물의 규모는 BHS의 규모에 의해 결정된다고 할 수 있음.

현재 BHS 설비가 충분한지 부족한지를 평가하고 부족하다면 어느 정도의 규모로 증설되어야 할 지에 대해 분석한다.

2. 연구의 범위 및 방법

1992년 정부가 공식적으로 발표한 마스터 플랜에 따르면 인천국제공항 건설 프로젝트는 1992년부터 2020년까지 총 4단계에 걸쳐 장기적으로 건설되는 국가적인 프로젝트로서 현재 1단계가 완료되어 있는 상태이다. 이에 따라 인천국제공항공사 프로젝트의 제 2단계인 탑승동 A의 설계를 지난 2002년 7월부터 시작하여 2003년 10월 현재 설계 마무리 단계에 있다. 2단계 건설의 주요 내용은 다음과 같다.

- 기존 여객터미널의 북쪽 1km 지점에 탑승동 A 건설
- 탑승동 A에 신설 BHS 설치
- 기존 여객터미널과 탑승동 A를 연결하는 지하 터널을 건설하여 여객 및 수하물 수송 - 탑승동 A로부터 연결되는 수하물의 처리를 위한 기존 여객터미널 내 BHS 추가 및 개조

본 연구는 기본적으로 기 예측된 항공여객수요로부터 BHS 규모를 어떻게 산정할 것인가에 초점을 맞추고 있다. 합리적인 수하물 물동량의 측정과 설비의 적합한 배치를 위해, 수 차례의 현장 조사를 통하여 다양한 요건들을 충분히 파악하고 설계에 적용할 수 있도록 해야 한다. 탑승동의 추가 건설로 인해 기존 여객 터미널 내에는 수하물 수송 흐름이 적지 않게 변경될 뿐만 아니라 탑승동과 터미널 간에 새로이 발생하는 수하물들로 인해 물동량은 현격히 증가할 것이다.

본 연구의 과정은 다음과 같이 이루어 진다.

1단계 : 모형 개발

수하물 유형에 따른 물동량을 산정하는 모형을 개발한다.

2단계 : 2015년도 수하물 물동량 산정

기 예측된 항공여객수요 예측 자료를 바탕으로 설계 기준 년도인 2015년도에 발생할 수 하물의 물동량을 산정한다.

3단계 : 설비 규모 분석

2단계에서 도출한 수하물 물동량을 바탕으로

II. 본론

1. 분석의 전제

다음 각 절에서 제시될 분석 가정치는 인천국제공항의 BHS 처리 물동량을 분석하고자 하는 모델에 사용되기 위해 도출한 수치이다. 분석의 기초가 되는 이러한 가정치를 얻기 위해 인천국제공항의 과거 운영 자료를 사용 하였다.

1) 첨두 시간 탑승률(Peak Load Factor)

첨두 시간의 탑승률로 85%가 적용 되었다. 이 수치는 첨두일인 2001년 8월 5일 및 2002년 7월 28일부터 8월 3일까지의 탑승실적을 바탕으로 산정되었다. 이 수치는 해당 기간 중에 운영된 모든 항공기에 대하여 실제 좌석수에 대한 실제 탑승 승객의 비율을 산술 평균하여 계산한 것이다. <표 1>은 인천국제공항의 첨두일 각 항공기별 승객 탑승 비율을 보여주는 운영 자료의 한 예이다.

<표 1> 첨두 기간 중 승객 탑승 비율^{B)}
(2002년 7월 28일부터 8월 3일 운영 자료 중)

번호	날짜	편명	좌석수	승객수	탑승률
1	20020728	NH1964	195	165	85%
2	20020728	KE806	296	171	58%
3	20020728	KE621	376	317	84%
4	20020728	KE603	301	215	71%
5	20020728	NX9877	178	88	49%
6	20020728	OZ371	260	260	100%
7	20020728	MU5052	269	195	72%
8	20020728	OZ301	280	215	77%
9	20020728	KE845	161	97	60%
10	20020728	OZ369	236	200	85%
...

2) 출발/도착, 환승 여객 비율

본 연구에 적용된 향후 설계 년도 별 출발/도착 및 환승 여객 비율은 <표 2>와 같다.

〈표 2〉 연도별 출발/도착, 환승 여객 비율의 증감 추이⁵⁾

분류	연도		
	2002	2008	2015
출발/도착	88%	82.3%	77%
환승	12%	17.7%	23%
합계	100%	100%	100%

3) 승객당 평균 수하물 수

승객당 수하물 수 1.5를 적용하였다. 이는 과거 2년간의 운영 자료 중 침두 기간의 데이터를 이용하여 도출한 수치이다. 즉 해당 기간 중 수속된 수하물에서 수속한 승객 수를 나누어 산출 되었다. 그리고 이 수치는 관련 당국의 정책에 따라 예상치 못한 초과 수하물을 처리할 수 있는 여유 능력을 확보하기 위해 다소 여유 있는 값으로 조정 되었다.

4) 항공기 유형별 좌석수

동일한 유형의 항공기라 할 지라도 좌석 배치나 항공사의 선호에 따라서 좌석수의 차이가 있을 수 있다. 따라서 본 연구에서는 〈표 3〉과 같이 항공기의 유형과 코드에 따른 표준적인 좌석수를 적용하였다.

〈표 3〉 항공기 유형별 좌석수

항공기 코드	항공기 유형	좌석수
312	Airbus 310	216
738	Boeing 737-800	166
74R	Boeing 747	460
AB3	Airbus 300	245
115	Lockheed L1011	329
M83	McDonnell D. MD83	157
T20	Tupolev TU204	174
...

5) 출발 여객 수속 시간 분포

〈표 4〉는 출발 여객이 수속 카운터에 수하물을 수속하는 시간에 따른 수하물 수의 분포를 나타낸다. 즉, 〈표 4〉의 두 번째 행에서 "0-10"은 예정 출발 시간(Scheduled Time of Departure:STD) 보다 10분 이전에 수하물이 수속되었음을 나타내고 "0.4%"는 이러한 수하물 수의 비율이 전체 수하물 수의 0.4%가 된다는 의미이다. 이 자료는 BHS가 처리해야 하는

〈표 4〉 출발 여객 수속 시간 분포⁸⁾

Time prior to STD(min)	(%) of Bags
0 - 10	0.4%
10 - 20	0.2%
20 - 30	0.6%
30 - 40	1.9%
40 - 50	2.9%
...	...
180 - 240	7.5%
240 - 300	1.4%
300 - 360	0.5%
> 360	0.6%
TOTAL	100%

시간대 별 수하물의 수를 산출해 주는데 중요한 척도가 될 것이고, 또한 180분 이상 미리 수속이 된 수하물에 대해서는 조기수하물로 분류하여 별도의 저장 공간에 출발 시간까지 보관을 하여야 하므로 조기수하물저장소(Early Bag Storage:EBS)의 용량을 산출하는데도 중요한 기준이 된다. 본 자료는 2002년도 침두 기간에 현장에서 측정된 자료를 바탕으로 계산된 값이며 실제 분석을 위해 공식적으로 제공된 자료이다.

6) 탑승구 배치 계획

〈표 5〉 탑승구 배치 계획⁶⁾

단계	배치	국제선		
		Contact Gate	Remote Gate	Total Gates
2 단계	터미널 I	41	0	41
	탑승동 A	32	16	48

2. 수하물 수량 산정방법론 정립

1) 1단계

(1) 설계 기준일 출발 수하물 산정

우선, 앞서 제시한 전제들을 이용하여 설계 기준일의 항공스케줄에 따른 각 항공기의 수하물 수를 산정한다. 수하물 수량 산정을 위한 식은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} & \text{항공기 1편의 출발 수하물 수} \\ & = \text{항공기 좌석수} \times \text{침두시간 탑승률(Load Factor)} \\ & \quad \times \text{출발승객비율} \times \text{승객당 평균 수하물 수} \quad (1) \end{aligned}$$

예를 들어 2002년도 설계 기준일에 KE076편의 출발 수하물을 산정해 보면 다음과 같다.

$$\begin{aligned} & \text{KE076의 출발 수하물 수} \\ & = 200 \times 85\% \times 88\% \times 1.5 \\ & = 224 \text{ bags} \end{aligned}$$

산출 기준:

- KE076의 좌석수 : 200석
- 침두시간 탑승률(Load factor) = 85%
- 2002년도 출발 승객 비율 = 88% (<표 2> 참조)
- 승객당 평균 수하물 수 = 1.5

둘째, 위의 식(1)과 항공기 코드가 제시되어 있는 항공 스케줄을 이용하여 설계 기준일의 모든 항공편에 대한 수하물 수를 산정할 수 있다. 설계 기준일로는 해당 년도의 침두일이 적용 되었다.

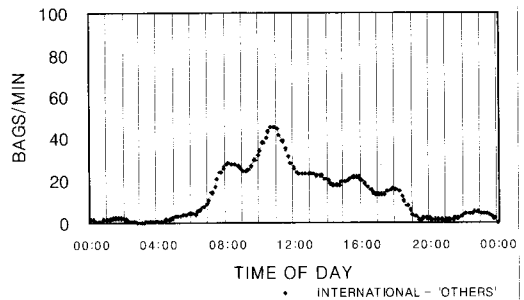
인천국제공항의 운영 상황을 고려하면 BHS는 크게 동측과 서측으로 양분된다. 따라서, 수하물 물동량의 분석은 동측과 서측을 별개로 산출되어야 한다. 대한항공과 아시아나 항공, 즉 국적사는 동측 BHS를 사용하고 이 외에 비국적사의 수하물은 서측 BHS를 사용하여 처리된다. 아래의 <표 6>은 앞서 제시된 식(1)과 침두일 항공 스케줄을 이용하여 비국적사의 항공편 당 출발 수하물 수를 산정한 도표의 일부이다.

셋째, <표 6>에서 산출한 각 항공기의 수하물 수를 <표 4>에 제시된 시간 분포에 따라서 10분 간격으로 할당 시킨다. 이러한 과정을 마치면 설계기준일, 즉 침두일 하루 동안의 발생한 비국적사의 수하물 수의 시간대별 분포를 나타내는 <표 7>을 도출 할 수 있다. 동일한 과정을 반복하여 국적사인 대한항공과 아시아나 항공의 수하물 분포를 산출한다.

<표 6> 2002년 침두일 항공기별 수하물 수

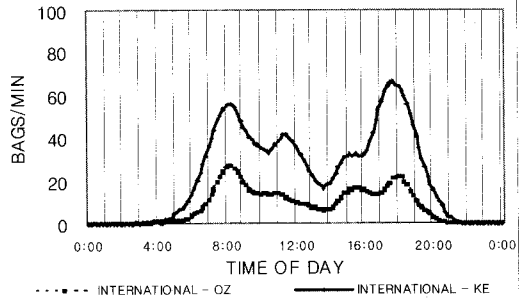
국제선-비국적사				
편명	TYPE	좌석수	출발 수하물 수	출발 시간
7B526	INT	157	176	07:00
MU5052	INT	261	293	08:55
SQ883	INT	392	440	09:30
CX421	INT	368	413	09:35
CA138	INT	392	440	09:40
.

Originating Bag Rate - International
CURRENT YEAR 2002



<그림 1> 침두일 출발 수하물 분포 - 비국적사

Originating Bag Rate - International
CURRENT YEAR 2002



<그림 2> 침두일 출발 수하물 분포 - 국적사

<표 7> 침두일 출발 수하물 분포 - 비국적사

국제선-비국적사												
출발 수하물	출발시간	00:00	03:00	03:10	03:20	03:30	03:40	~	09:20	09:30	09:40	~
176	07:00	...	2.20	2.20	2.20	2.20	2.20
293	08:55		0.24	0.24	0.24	0.24	0.24					...
440	09:30	...			2.64	0.37	0.37	...	1.76	STD		...
413	09:35					2.48	0.34		0.83	1.65	STD	...
440	09:40	...				2.64	0.37	...	0.88	1.76	STD	...
...
Total		15.55	2.86	3.28	5.08	7.93	6.16	...	256.62	268.04	298.89	...

〈표 7〉에서 도출한 첨부일 출발 수하물의 일일 분포(비국적사)를 도표화하면 〈그림 1〉과 같다. 이는 인천국제공항 수하물 처리시설의 서측 투입량이 된다. 앞서 언급한 바와 같이 인천국제공항 수하물 처리시설은 동/서로 분리되어 운영되므로 수하물 물동량 역시 분리된 두 시스템에 투입되는 수량을 나누어서 산정하여야 한다. 동일한 방법으로 국적사, 즉 대한 항공과 아시아나 항공의 수하물 분포도를 표현하면 〈그림 2〉와 같다. 이는 수하물 처리시설의 동측 투입량이 된다.

(2) 설계 기준일 도착 & 환승 수하물 산정

도착 & 환승 수하물의 물동량 역시 식(1)과 동일한 방법으로 계산 된다. 식(1)과 다른 점은 “출발 승객 비율 %” 대신 “도착 승객 비율 %”와 “환승 승객 비율 %”가 적용된다는 것이다.

항공기 1편의 도착 수하물 수
 = 항공기 좌석수 × 첨부시간 탑승률(Load Factor)
 × 도착 승객비율 % × 승객당 평균 수하물 수
 (2)

항공기 1편의 환승 수하물 수
 = 항공기 좌석수 × 첨부시간 탑승률(Load Factor)
 × 환승 승객비율 % × 승객당 평균 수하물 수
 (3)

(3) 수하물 수취대 수요 산정

수하물 수취대 수요의 산정을 위해 두 가지 중요한 요소가 적용 된다. 첫째는 “수취 대기열”, 즉 수하물 수취대에 수하물을 수취하기 위해 대기중인 승객의 대기열 길이이고 둘째는 “수취대 사용 시간”, 즉 각 항공기로부터 수하물이 unload 되어 수취대를 사용(점유)하는 시간이다. 두 factor에 대한 식은 다음과 같다.

수취 대기열
 = 항공기 좌석수 × 첨부시간 탑승률(load factor)
 × 수하물을 수속한 승객 비율
 × 수하물을 수취 하는 승객 비율 × 승객간 간격
 (4)

수취대 사용 시간
 = (항공기 좌석수 × 첨부시간 탑승률(Load factor)
 × 도착 승객 비율 × 승객당 평균 수하물 수)
 / 12(분당 수하물 Offload 율) (5)

- 항공기 좌석수 : 〈표 2〉
- 첨부시간 탑승률 : 85%
- 수하물을 수속한 승객 비율=90%(설계 기준)
- 수취대에서 수하물을 수취하는 승객간 간격 : 0.7 직선거리.
- 항공기 좌석수에 따른 수하물 수취 승객 비율은 다음과 같음.

〈표 8〉 좌석수에 따른 수하물 수취 승객 비율

좌석수	수취대에 대기중인 승객 비율
300석 이상	50%
200~300석	60%
200석 이하	67%

이러한 비율을 적용하는 것은 많은 승객들이 둘 또는 그 이상의 단체로 여행을 하며 그 중 한 사람 또는 일부만이 수취대에서 수하물을 기다린다는 상황과 first 와 business class의 승객들은 일반적으로 economy class의 승객들 보다 수하물을 먼저 수취한다는 사실을 반영하는 것이다. 이러한 기준치는 인천국제공항의 BHS 용역을 맡은 전문설계업체의 설계기준이다.

2) 2 단계 : 향후 항공 여객 증가율의 적용

본 단계에서는 수하물의 물동량이 항공여객수요 증가율에 비례하여 증가한다는 것을 전제하여 지금까지 산출한 2002년 수하물 물동량에 여객수요의 증가율을 곱한다. 인천국제공항 마스터 플랜상에 제시된 향후 2015년도에 항공여객수요 예측은 〈표 9〉와 같다. 현재 계획중인 탑승동 A의 설계 기준 년도는 2015년으로서 2008년에 개항을 예정하고 있고 2015년도에는 여객 및 수하물의 처리 효율이 다시 한계에 다다를 것으로 예상하고 있다.

〈표 9〉의 나타난 여객수요의 증가 추이를 이용하여 향후 여객 수요의 증가율을 계산한다. 2015년도의 예상여객수요에 2002년 여객수요를 나눈다. 즉, 19,073/9,214=2.07 이 된다. 이렇게 구한 증가율을

〈표 9〉 2002년도와 2015년도 항공여객수 추이⁶⁾

구분		2,002	2015	
첨두 시간	환승	Destination	7,228	12,557
		Int'l - Domestic	448	1,138
		Int'l - Int'l	1,170	3,920
	Transit	Int'l - Domestic	26	71
		Int'l - Int'l	344	1,387
		합계	9,214	19,073

〈표 7〉의 분포에 나타난 수치에 곱해주면 〈표 10〉과 같이 2015년도의 수하물 일일 분포를 산정할 수 있다. 앞서 시행한 방법과 마찬가지로 대한 항공과 아시아나 항공의 분포도 만들어 질 수 있다. 〈그림 3〉은 2015년도의 첨두일 출발 수하물 분포 - 비국적사를 나타내고 〈그림 4〉는 대한 항공과 아시아나 항공의 2015년도 첨두일 출발 수하물 분포를 나타낸다. 다시 한번 강조하는 것은 인천국제공항의 수하물 처리 시스템이 수속 카운터에서부터 동편은 국적사가, 서편은 비국적사가 사용하고 있는 만큼 이에 대한 수요를 구분하여 산정하여야 한다. 또한 10분 이내의 시간에 발생하는 최대치는 공항의 설계정책과 과설계 방지를 위해 그림과 같이 잘라내어 진다.

〈표 11〉에는 이러한 방법으로 산정된 인천국제공항의 모든 수하물 수요를 요약하였다. 이렇게 구체적

으로 계산된 수하물 물동량을 기초로 하여 BHS 설비에 대한 설계를 시작할 수 있다.

〈표 11〉에 대한 추가 설명은 다음과 같다.

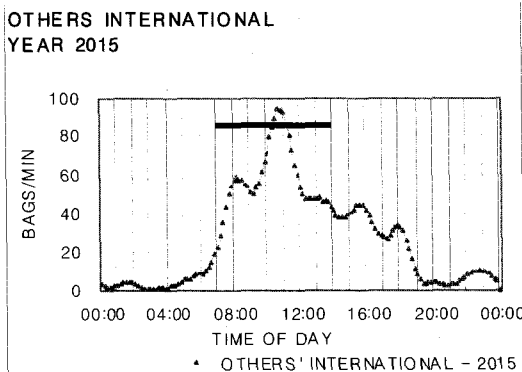
- KE : 대한 항공
- OZ : 아시아나 항공
- KE & OZ 수요 : 대한 항공과 아시아나 항공의 첨두 시간에 발생한 수하물 수.
- 비국적사 수요 : 대한 항공과 아시아나 항공 이외 항공사의 첨두 시간에 발생한 수하물 수.
- 시간별 합계의 최대치(weighted) : 모든 항공사의 수하물 수요를 합한 수. 각 항공사의 시간대별 수하물 수를 합한 수.
- 최대치 합계 : 시간의 분포에 관계 없는 각 항공사의 최대치를 합한 수.

여기서 분석을 위한 또 하나의 중요한 factor는 기존 터미널 I과 탑승동 A의 여객 및 수하물 처리 비용이다. 향후 탑승동 A가 건설되면 여객과 수하물의 이동 유형은 다음과 같이 5가지의 유형으로 분류될 수 있다.

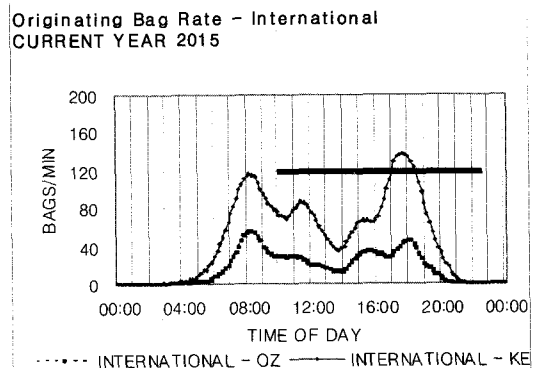
- 터미널 I에서 수속하여 터미널 I에서 탑승하는 승객
- 터미널 I에서 수속하여 탑승동 A에서 탑승하는 승객

〈표 10〉 2015년도 첨두일 출발 수하물 분포 - 비국적사연도

연도	출발시간	00:00	~	03:00	03:10	03:20	03:30	03:40	~	09:20	09:30	09:40	~
2002	합계	15.55	...	2.86	3.28	5.08	7.93	6.16	...	256.62	268.04	298.89	...
X 2.07(향후여객수요 증가율)													
2015	합계	32.19	...	5.92	6.79	10.52	16.42	12.75	...	531.20	554.84	618.70	...



〈그림 3〉 2015년도 출발 수하물 분포 - 비국적사



〈그림 4〉 2015년도 출발 수하물 분포 - KE & OZ

〈표 11〉 수하물 물동량 분석 결과 요약

분류	단위	2002년	2015년	2015년 터미널 I	2015년 탑승동 A
출발 수하물-KE & OZ 수요(74%)	분당수하물갯수	44	9	36	43
출발 수하물-KE 단체 여객 수하물(26%)	분당수하물갯수	11	19	9	10
출발 수하물-KE & OZ 총 수하물(100%)	분당수하물갯수	59.7	107	49	58
출발 수하물-비국적사 (100%)	분당수하물갯수	45.9	82	38	44
출발 수하물-시간별 합계의 최대치(Weighted)	분당수하물갯수	80	140	64	76
환승 수하물-시간별 합계의 최대치(Weighted)	분당수하물갯수	41	142	65	77
수하물 수치대 수요(대기열의 길이)-KE & OZ	직선거리	744	1310	N/a	N/a
수하물 수치대 수요(대기열의 길이)-비국적사	직선거리	321	510	N/a	N/a
수하물 수치대 수요(대기열의 길이)-최대치 합계(KE, OZ & 비국적사)	직선거리	1065	1820	N/a	N/a
수하물 수치대 수요(대기열의 길이)-시간별 합계의 최대치(Weighted)	직선거리	825	1460	N/a	N/a
도착 수하물-KE	분당수하물갯수	103	160	74	86
도착 수하물-OZ	분당수하물갯수	56	93	43	50
도착 수하물-KE & OZ 시간별 합계의 최대치(weighted)	분당수하물갯수	150	220	101	119
도착 수하물-비국적사	분당수하물갯수	68	98	45	53
도착 수하물-시간별 합계의 최대치(weighted)	분당수하물갯수	164	260	120	140

* N/a : Not applicable

- 터미널 I에 도착하여 터미널 I에서 환승하는 승객
- 탑승동 A에 도착하여 터미널 I에서 수하물을 수취하는 승객- 탑승동 A에 도착하여 탑승동 A에서 환승하는 승객

따라서 수하물의 물동량을 다시 터미널 I에서 처리해야 하는 부분과 탑승동 A에서 처리하는 부분의 비율을 산정하여야 한다. 이는 앞서 〈표 5〉에 제시한 두 건물의 탑승구 배치계획을 이용하여 분배 비율을 결정한다. 즉, 2015년도의 예상 수하물 물동량을 아래의 식(6)을 이용하여 탑승구의 배치 비율로 나눈다.

탑승구 비율
 =터미널 I의 탑승구 수 : 탑승동 A의 탑승구 수
 =41 : 48 ≒ 46% : 54% (6)

III. 결론

본 장에서는 이상의 분석 결과를 바탕으로 기존 BHS 설비의 처리 능력과 비교하여 2단계 BHS 설계에서 신설 또는 증설되어야 하는 설비의 규모를 산정하고자 한다. 규모의 산정을 위해 현재 인천국제공항에 설치, 운영되고 있는 BHS의 처리능력을 제시하

고 지금까지 산출한 2015년도에 발생할 것으로 예상되는 수하물의 물동량과 비교한다.

1. BHS 설비 분석

인천국제공항 2단계 BHS 설계의 과업 범위는 다음과 같다:

- 탑승동 A에 신설 BHS의 추가
- 기존 터미널 I의 1단계 BHS 설비의 개조 및 확장
- 기존 터미널 I과 탑승동 A를 왕래하는 터널 내 수송라인 신설

본격적인 설계에 앞서 지금까지 도출한 수하물 물동량을 바탕으로 신설되어야 하는 BHS 설비의 규모를 산정하여야 한다. 예를 들면, 수하물이 수속된 이후 수하물이 수송되는 터미널 I의 Level 2의 적절한 수송 라인의 수가 고려되어야 하고 수하물 makeup 지역의 도착 및 환승 수하물을 투입하기 위한 적절한 수의 투입대가 설치되어야 한다. 그리고 탑승동 A에서 처리되는 수하물들을 각 bag-room으로 수송하기 위한 컨베이어 loop와 터널 내의 적절한 수송라인의 수도 고려되어야 한다.

1) 출발 수하물

이상의 분석결과를 바탕으로 기존 BHS 설비의 처리 능력과 비교하여 설비의 증설 여부와 증설 규모를 결정한다. 아래의 ①은 <표 11> 출발 수하물 수를 나타내는 부분을 발췌한 것이고 ②는 기존 BHS의 처리 능력을 나타내며 ③은 이 둘을 비교한 것이다.

① 출발 수하물 수 요약

분류	단위	2002년	2015년	2015년 터미널 I	2015년 탑승동 A
출발 수하물 -KE & OZ 수요(74%)	분당 수하물 갯수	44	79	36	43
출발 수하물 -KE 단체 여객 수하물(26%)	분당 수하물 갯수	11	19	9	10
출발 수하물 -KE & OZ 총 수하물(100%)	분당 수하물 갯수	59.7	107	49	58
출발 수하물 -비국적사 (100%)	분당 수하물 갯수	45.9	82	38	44
출발 수하물 -시간별 합계의 최대치 (Weighted)	분당 수하물 갯수	80	140	64	76

② 기존 BHS의 출발 수하물 처리 능력-터미널 I 내

위치	기존 BHS의 출발 수하물 처리 능력		
	라인 수	라인당 처리율	총 처리율 (bags/min)
동측	2	35	70
서측	2	35	70
		합계	140

③ 터미널 I의 출발 수하물 수와 처리능력 비교

위치	현재 처리능력	수하물 수 (bags / min)
동측	70 (분당수하물갯수)	KE & OZ + OZ(단체) = 36 + 6 = 42
서측	70 (분당수하물갯수)	비국적사 + KE(단체) = 9 + 38 = 47

* 기존 터미널 I 내의 BHS는 향후 2015년 출발 수하물을 처리하기에 충분하다고 볼 수 있음.

2) 환승 수하물

환승 수하물과 관련된 BHS 설비는 환승수하물 투입대(input station)이다. 환승 투입대는 도착 항공기로부터 발생하는 수하물 중 다른 항공기로 연결되어야 하는 수하물을 인력으로 투입하는 manual working station이다. 여기서는 인천국제공항의 지상조업자들이 수하물을 투입하는 일반적인 작업률로서 15bpm(bags per minute : 분당수하물갯수)을 적용하였다.

① 환승 수하물 수 요약

분류	단위	2002년	2015년	2015년 터미널 I	2015년 탑승동 A
환승 수하물 -시간별 합계의 최대치 (Weighted)	분당수 하물갯 수	41	142	65	77

② 기존 BHS의 환승 수하물 처리 능력-터미널 I 내

위치	기존 BHS 환승 수하물 처리 능력		
	라인 수	라인당 처리율	총 처리율 (bags/min)
Input stations	14	15	210
환승 sorter로의 Inductions 6		14*	84
환승 sorter	2	70	140

* 환승 sorter로의 Induction의 처리율은 x-ray 검색의 처리율에 의해 제한된다.

③ 터미널 I의 환승 수하물 수와 처리능력 비교

상기 ①에 제시된 바와 같이 2015년도에 터미널 I에서는 65bpm의 환승 수하물이 발생할 것으로 예상된다. 이러한 물동량은 식(6)에서 도출한 탑승구의 비율에 따라 35bpm(65bpm × 54%)은 터미널 I에서 탑승동 A로 보내어 지고 30bpm(65bpm × 46%)은 탑승동 A에서 터미널 I로 보내어 지게 된다.

탑승동 A에는 77bpm의 환승 수하물이 발생하게 될 것이다. 환승 input station의 투입율은 12bpm이므로 77bpm의 환승 수하물을 무리 없이 처리하기 위해서는 7개의 환승 input station이 필요하다. 다시 77bpm 중 탑승구의 비율에 따라 42bpm(77bpm × 54%)은 탑승동 A에서 처리되고 35bpm(77bpm × 46%)은 터미널 I로 보내어 진다.

3) 수하물 수취대 수요

① 수하물 수취대 수요 요약

분류	단위	2002년	2015년
수하물 수취대 수요(대기열의 길이) -KE & OZ	직선 거리	744	1310
수하물 수취대 수요(대기열의 길이) -비국적사	직선 거리	321	510
수하물 수취대 수요(대기열의 길이) -최대치 합계(KE, OZ & 비국적사)	직선 거리	1065	1820
수하물 수취대 수요(대기열의 길이) -시간별 합계의 최대치(Weighted)	직선 거리	825	1460

② 기존 수하물 수취대 설치 현황

위치	수하물 수취대 (개)		
	1단계	2단계	합계
동측	6	5	11
서측	7	5	12
합계	13	10	23

③ 수하물 수취대 수요와 처리능력 비교

현재의 운영 상황을 고려할 때 대한 항공이 사용하고 있는 공항의 동측에서 가장 많은 수하물 물동량이 발생한다. 따라서, 수하물 수취대의 수요와 처리능력의 비교를 하는데 있어 두 가지의 경우를 가정한다. 하나는 현재의 운영방식, 즉 국적사가 동측을 사용하는 경우이고 다른 하나는 동-서 균형을 맞추는 경우이다. 실제로 인천국제공항은 동측에 국적사가 모두 배치되어 있어 여객처리나 수하물 처리가 동측에 편중되어 서측은 실제 처리능력의 여유가 많은 등 효율이 크게 떨어져 있는 상태이다. 수하물 수취대는 터미널 I의 한정된 공간에 가능한 설치 개수가 정해져 있으므로 향후 동측의 물동량이 시스템의 처리량을 초과할 경우 동-서 균형을 위해 국적사의 일부가 서측으로 이동해야 할 것으로 판단 된다. 이는 항공사와 공항 공사 등 여러 이해 관계에 있는 집단의 정책에 의해 신중히 결정되어야 하는 부분이므로 본 연구에서는 설비가 충분한지 혹은 부족한지에 대한 분석만을 다루고자 한다.

수취대의 처리능력을 비교하는데 있어서는 앞서 계산된 수취대 대기열의 길이와 일반적인 수취대 1개의 길이를 90m로 가정한 총 길이를 비교한다.

[경우 1] 기존 운영 방식이 유지될 경우(KE와 OZ가 동측에 편중)

- 2015년도 동측 수취대 수요=2015년도 KE & OZ 수하물 수취대 수요(대기열의 길이)=1310m = 15개 수취대 필요(수취대 1개=90m)
- 2015년도 서측 수취대 수요=2015년도 비국적사 수하물 수취대 수요(대기열의 길이)=510m =6개 수취대 필요(수취대 1개=90m)
- 1단계 및 2단계 수취대 설치 계획 : 동측 11개 와 서측 12개로 총 23개
- 결론 : 서측의 수취대는 수요에 비해 여유가 있는 반면 동측의 수취대는 상당히 부족하여 승객이 수하물을 수취할 때 혼잡이 발생할 것으로 예상된다. 따라서 동-서 load의 균형을 위하여 국적사의 일부가 서측으로 이동하여 서측 BHS를 사용해야만 할 것이다.

[경우 2] 동-서 균형을 이루는 경우

- 2015년 총 수요=수하물 수취대 수요(대기열의 길이) : 시간별 합계의 최대치(Weighted)=1460m =17개 수취대 필요(수취대 1개=90m)
- 1단계 및 2단계 수취대 설치 계획 : 동측 11개 와 서측 12개로 총 23개
- 결론 : 동-서 균형을 이룰 경우 현재 계획된 수취대는 2015년도 총 수요를 처리기에 충분함.

4) 도착 수하물

도착 수하물과 관련된 BHS 설비는 환승 수하물과 마찬가지로 도착 수하물 투입대(input station)이다. 도착 수하물 투입대의 처리율은 현장에서 작업하는 지상조업자들의 평균적인 작업율인 15bpm을 적용하였다.

① 도착 수하물 수 요약

분류	단위	2002년	2015년	2015년 터미널 I	2015년 탑승동 A
도착 수하물-KE	분당수하물갯수	103	160	74	86
도착 수하물-OZ	분당수하물갯수	56	93	43	50
도착 수하물-KE & OZ 시간별 합계의 최대치(weighted)	분당수하물갯수	150	220	101	119
도착 수하물-비국적사	분당수하물갯수	68	98	45	53
도착 수하물-시간별 합계의 최대치(weighted)	분당수하물갯수	164	260	120	140

② 도착 수하물 수요와 처리능력 비교

터미널 I에는 현재 120bpm을 처리할 수 있는 충분한 도착 수하물 투입대가 설치되어 있다. 탑승동 A에는 향후 2015년 140bpm의 수하물이 발생할 것으로 예상되므로 작업자의 수하물 투입율을 15bpm으로 적용할 때 10개의 도착 투입대가 신설되어야 한다.

5) 터널

터미널 I과 탑승동 A를 연결하는 지하 터널은 현재 완공 상태에 있다. 이 두 건물을 왕래하는 수하물을 수송하기 위해 현재 DCV(Destination Coded Vehicle)이라는 최첨단 고속 수송 장비를 도입할 예정이다. 따라서 이러한 수송 라인이 몇 개가 필요할 것인지에 대한 계산이 필요하다. 터널내에 설치될 이러한 고속 수송 라인은 다음과 같은 수하물을 처리하게 된다.

- 탑승동 A에서 출발하는 모든 출발 수하물
- 탑승동 A에 도착하여 터미널 I에서 출발하는 모든 환승 수하물
- 터미널 I에 도착하여 탑승동 A에서 출발하는 모든 환승 수하물
- 탑승동 A에 도착하는 모든 도착 수하물

① 터널 traffic의 계산

각 건물에 배치된 탑승구의 비율은 각 건물에서 처리해야 하는 여객의 비율을 의미하고 이는 각 건물에서 처리해야 하는 수하물 물동량의 비율을 의미한다는 이론이 여기에 다시 적용된다. 따라서 터널 traffic을 산정하는 식은 아래와 같이 정의된다.

$$\begin{aligned} & \text{터널 내 출발 수하물 Traffic} \\ & = \frac{\text{탑승동 A에 배치된 탑승구의 수} \times \text{총 출발 Traffic}}{\text{총 탑승구의 수}} \quad (7) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{터널 내 도착 수하물 Traffic} \\ & = \frac{\text{탑승동 A에 배치된 탑승구의 수} \times \text{총 도착 Traffic}}{\text{총 탑승구의 수}} \quad (8) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{터널 내 환승 수하물 Traffic} \\ & = \frac{\text{탑승동 A(또는 터미널 I)에 배치된 탑승구의 수} \times \text{총 환승 Traffic}}{\text{총 탑승구의 수}} \quad (9) \end{aligned}$$

② 터널 Traffic 요약 및 필요한 수송라인의 수

분류	터널 내 수송 라인		
	분당 수하물갯수	라인당 처리율 (분당수하물갯수)	라인 수
터미널 I에서 탑승동 A로 이동하는 수하물 =터미널 I에서 탑승동 A로 수송되는 환승수하물 +터미널 I에서 탑승동 A로 수송되는 출발수하물	111 =35+76 (35=65×54%)	45*	3
탑승동 A에서 터미널 I로 이동하는 수하물 =탑승동 A에서 터미널 I로 수송되는 환승수하물 +탑승동 A에서 터미널 I로 수송되는 도착수하물	175 =35+140 (35=77×46%)	45	4

라인당 처리율로 45bpm이 적용되었다. 이는 본 연구가 이루어지는 당시의 최신 설비의 처리율이다. 따라서 이상의 분석에 따르면 터미널 I에서 탑승동 A로 수하물을 수송하기 위해서는 3개의 DCV 라인이 필요하고 탑승동 A에서 터미널 I로 수하물을 수송하기 위해서는 4개의 DCV 라인이 필요하다.

2. 설비 분석 결과

이상의 설비 분석에 대한 정리를 하면 <표 12>와 같다. 이러한 분석 결과는 2단계 BHS 설계에서 가장 기초적인 기준이 된다.

<표 12>에 따르면:

- 출발 수하물의 처리를 위해 4개의 컨베이어 라인을 추가 설치- 환승 수하물을 처리하기 위해 탑승동 A에 6개의 환승 투입대 설치
- 도착 수하물을 처리하기 위해 탑승동 A에 10개의 도착 투입대 설치
- 터미널 I에 수하물 수취대 10개 추가 설치
- 터미널 I과 탑승동 A 간의 수하물 수송을 위해 터널 내에 7개의 DCV 라인 설치

3. 결론 및 향후 연구방향

동북아 물류 허브화라는 건설이념과 한반도 및 주

〈표 12〉 설비 분석 결과

구분	설비	2단계 총 수요	기존(1단계) 설비 현황	2단계 설계에서 터미널 I에 추가되어야 하는 설비	2단계 설계에서 탑승동 A에 추가되어야 하는 설비	1단계 & 2단계 총 설비
출발 수하물 관련 설비	컨베이어 또는 수송라인 수	6	4	4	N/a	8
환승 수하물 관련 설비	환승 투입대	77-탑승동 A	N/a	N/a	6 개 (15(분당수하물갯수)/투입대)	N/a
도착 수하물 관련 설비	도착 투입대	140-탑승동 A	N/a	N/a	10 개 (15(분당수하물갯수)/투입대)	N/a
수하물 수취대	수취대 개수	21	13	10	N/a	23
터미널 내 DCV 라인	DCV 라인수	286	N/a	7	N/a	7

N/a : Not applicable

변 국가의 항공여객수요가 지속적으로 증가할 것이라는 전제를 바탕으로 인천국제공항은 세계 최대 규모의 공항으로 성장하기 위해 30여 년의 장기적인 건설 계획을 수립하고 있다. 하지만 올해 초 SARS라는 예상치 못한 변수로 항공수요가 이전의 예상과는 달리 급격히 감소했던 사실만을 보아도 항공여객수요를 정확히 예측하는 것은 상당히 어려운 일이다. 이러한 어려움에도 불구하고 공항의 제한적인 공간에 필요한 정확한 설비규모를 산정하는 것은 설계의 초기에 이루어져야 하는 가장 기본적인 과정 중 하나이다.

본 연구에서는 항공여객수요의 예측이 변화할 경우에도 항공여객수요 증가율이라는 변수의 수정을 통해 일관되게 적용할 수 있는 수하물 물동량 예측 모델을 개발 함으로서 앞으로 3단계, 4단계 건설계획에서도 공항의 운영 요건만을 잘 고려한다면 지속적으로 활용이 가능한 모델을 제공한다. 따라서 BHS 설계자는 공항의 운영 중 수집 가능한 방대한 양의 data로부터 유의미한 factor들을 찾아내고 운영적 특성, 제약조건 등을 명확히 인지해야 한다. 본 연구에서 분석된 2002년의 수하물 물동량은 실제로 지난해 운영 중 수집된 수치와 매우 유사하므로 모형의 신뢰성은 보장된다고 할 수 있다.

모형의 개발을 위해 수천장에 이르는 스프레드시트와 도표를 정리하고 분석하였지만 실제 단순한 공식과 합계에 의해 생성된 산술적 분포에 의존하는 모형이다. 따라서 모형을 개발하는데 있어 보다 우수한 스케줄링 기법을 적용하여 BHS 운영 스케줄을 최적화 하고 프로그래밍화 하는 등의 연구가 시도되어야 할 필요가 있다고 본다.

참고문헌

1. 한국항공진흥협회(2003), Aviation Status.
2. 이상호(1997), The 21st century's global hub: Incheon International Airport, 한국항공우주법학회.
3. IATA(International Air Transport Association)(1995), Airport Development Reference manual, 8th edition, April.
4. Paul Stephen Dempsey, Andrew R. Goetz, Joseph S. Szyliowicz(1997), Denver International Airport, Lessons Learned, McGraw-Hill.
5. ICAO(International Civil Aviation Organization), OACI(Organizacion de Aviacion Civil Internacional)(1987), Airport Planning Manual, Second Edition, Part 1: Master Planning.
6. 인천국제공항(2002), 마스터플랜 보고서.
7. Norman Ashford(1979), Airport Engineering, John Wiley and Sons.
8. 인천국제공항공사(2002), 공항운영통계.

✉ 주 작 성 자 : 배병욱

✉ 논문투고일 : 2003. 5. 16

논문심사일 : 2003. 9. 1 (1차)

2003. 10. 30 (2차)

2003. 12. 24 (3차)

2004. 1. 8 (4차)

심사판정일 : 2004. 1. 8

✉ 반론접수기한 : 2004. 6. 30

논문 Part B : 이론 및 모형

카테고리별 다중회귀분석 방법을 이용한 지하철역별 수요 추정 모형 개발

손의영 · 권병우 · 이만호

Conjugate Gradient 기법을 이용한 관측교통량 기반 기종점 OD행렬 추정 모형 개발

이현주 · 이승재

과분산된 교통사고자료에 대한 한계사고율법의 적용에 관한 연구

성낙문

퍼지추론을 이용한 신호교차로에서의 포화차두시간 분석

김경환 · 하만복 · 강덕호

비엔나협약규정 신호체계와 우리나라 신호체계에 관한 비교연구

장권영 · 김진태 · 이정윤 · 장명순