

복합환승센터의 시설설계를 위한 수요산정에 관한 연구

A Study on Demand calculation for facility design of Complex Transfer Center

김연웅† 조창희* 김시곤**
Yeon-Woong Kim Chang-Hee Jo Si-Gon Kim

ABSTRACT

Deciding peak-time demand will be most important factor to decide facilities' capacity of complex transfer centers. Concentration of demand is growing more and more in urban railroad that has 3 minutes headway by using MOE of 15 minutes demand. It is far from reality. Moreover there are various demand and reflection of business facilities' demand and commerce facilities' demand is being requested in complex transfer centers.

This study focused on it and suggested demand calculation method about facility design of complex transfer centers.

1. 서론

1.1 연구의 필요성

복합환승센터란 열차·항공기·선박·지하철·버스·택시·승용차 등 교통수단간의 원활한 연계교통 및 환승활동과 상업·업무 등 사회경제적 활동을 복합적으로 지원하기 위하여 환승시설 및 환승지원시설이 상호 연계성을 가지고 한 장소에 모여 있는 시설을 말한다. 즉 복합환승센터는 이용자가 One-Stop Living을 할 수 있는 곳으로 복합환승센터 내에서 모든 활동을 원활히 할 수 있는 곳이어야 한다. 또한, 대중교통중심개발(TOD)을 용이하게 하여 승용차수요를 대중교통수요로 흡수하는 촉진제가 되어야 한다. 이를 위해서는 이용자들이 쾌적하게 이용할 수 있도록 복합환승센터의 시설들이 충분한 규모와 용량을 확보하여야 할 것이다. 시설물의 용량을 결정하는데 중요한 요소는 첨두시의 수요가 되는데 현재 도시철도 환승역의 경우를 보면 열차의 배차간격에 따른 수요의 집중현상이 두드러지고 있으며, 배차간격이 2분~3분인 반면에 수요를 결정하는 효과척도에 대해서 일률적으로 첨두 15분 수요를 사용하고 있어 집중되는 수요에 대한 반영이 이루어지지 못하고 있는 실정이다. 또한 복합환승센터에서는 환승수요와 상업시설 및 업무시설을 이용하는 수요가 존재한다. 이렇게 다양한 이용 수요에 대한 복합적인 반영이 이루어져야 복합환승센터의 현실적인 규모와 용량을 산정할 수 있다.

1.2 연구의 목적

본 연구의 목적은 이용자 중심의 복합환승센터 시설설계를 위해 첨두시 수요와 중첩수요를 산정하여 이용자의 규모를 반영한 시설설계를 하는 방법을 제시하는 것이다.

2. 본론

† 책임저자 : 정희원 서울산업대학교, 철도전문대학원 철도경영정책학과 석사과정
E-mail : yeonwoong80@naver.com
TEL : (02)975-6696 FAX : (02)975-6876
* 정희원, 서울산업대학교, 철도전문대학원 철도경영정책학과, 석사과정
** 정희원, 서울산업대학교, 철도전문대학원 철도경영정책학과, 교수

2.1 연구의 기본방향

복합환승센터의 시설설계를 위한 기본방향은 연계·환승체계의 구성요소별로 적용해야 하는 설계수요가 주교통수단의 운영특성과 시설의 배치에 따라 다르기 때문에 일률적으로 결정할 수 없다. 따라서 설계수요는 다음과 같은 2가지의 관점에서 구분되어야 한다. 첫째는 환승센터 주교통수단의 운영특성에 따라서 수요가 달라지고 둘째는 복합환승센터의 시설배치에 따라서 설계수요가 달라진다. 하지만 기존의 국내 지침들은 개별 단위시설들에 대한 설계기준, 용량, 서비스수준은 제시하고 있으나 이러한 기준을 복합환승센터에 현실적으로 반영시키기에는 어렵다.

또한, 이용자 중심의 복합환승센터가 되기 위해서는 환승센터의 유형별로 보행자의 특성이 다르게 나타나는 것을 반영해야 한다.



그림 1. 연구의 기본방향

2.2 복합환승센터 유형분류

환승센터의 유형은 『국가통합교통체계효율화법』에 의하면 환승센터는 주차장형, 대중교통 연계수송형, 터미널형 환승센터가 있다. 이러한 환승센터의 유형은 기능적으로 분류되어 있어 세부적인 환승센터의 시설설계를 하는데 일률적이지 못하다. 따라서 환승센터 유형을 주교통수단 중심으로 공항, 철도, 터미널 환승센터로 분류하였다.

표 1. 국가통합교통체계효율화법에 의한 환승센터의 유형 및 교통수단

구분	주교통수단	접근교통수단
주차장형 환승센터	철도, 터미널	승용차에 중점을 둠
대중교통 연계수송형 환승센터	공항, 철도	승용차, 버스, 택시 자전거 등
터미널형 환승센터	지역, 광역, BRT터미널	승용차, 버스, 택시 자전거 등

표 2. 본 연구에서의 환승센터 유형 분류

항목	환승센터 유형	
주교통수단	공항	국제공항, 국내공항
	철도	고속철도, 일반철도, 광역·도시철도
	터미널	고속·시외버스터미널, 광역버스·BRT터미널, 해상여객터미널
접근교통수단	버스, 택시, 승용차, 자전거	

2.3 복합환승센터 시설분류

환승센터의 시설은 이용자가 이용하는 보행자시설과 환승센터와 연계되어 있는 접근교통수단시설, 이용자에게 정보를 제공해주는 정보안내시설로 분류할 수 있다. 하지만 본 연구에서는 접근교통수단시설과, 정보안내시설을 제외한 보행자 시설에 대해서만 적용을 시켰다. 보행자시설은 환승센터의 이용자가 보행을 위해 이동하는 보행이동시설과 보행에 직접적으로는 영향을 받지 않는 환승편의시설로 구분하였다.

보행이동시설은 크게 계단, 출입구, 보행통로, 에스컬레이터, 엘리베이터, 무빙워크의 6가지 시설로 구분하였고, 환승편의시설은 매표소, 자동발매기, 개찰구, 대합실, 화장실이 있다.

공항의 체크인 시설이나 체크인 지역, 경사로같이 하나의 환승센터에만 적용될 수 있는 시설들은 시설 분류에서 제외 시켰다.

표 3. 환승센터의 시설분류

구 분		시 설
보행자시설	보행이동시설	계단
		출입구
		보행통로
		에스컬레이터(E/S)
		엘리베이터(E/V)
		무빙워크(M/V)
	환승편의시설	매표소
		자동발매기
		개찰구
		대합실
	화장실	

2.3 보행자특성 및 서비스수준 분석

보행자의 특성은 주교통수단별로 다르게 나타난다. 예를 들어 공항은 부피가 큰 짐을 소유한 사람들이 많아 1인당 점유하는 면적이 크며, 도시철도의 경우는 부피가 크지 않은 짐을 소유한 사람들이 더 많아 1인당 점유면적이 작을 것이기 때문에 보행자의 구성(캐리어, 백팩, 손가방, 유아 동반자, 일반 이용자)별로 보행공간의 사용형태가 다를 것이다. 짐을 가진 사람은 짐이 없는 사람보다 보행속도가 느리고, 점유공간을 많이 차지하기 때문에 설계 시에는 짐을 가진 사람을 짐이 없는 자로 환산하여 수요를 구하여야 한다. 이를 위해 이동구간에서는 단순보행자 환산계수(PME : Pedestrian Moving Equivalent)라 하고 대기공간에서는 단순대기자 환산계수(PWE : Pedestrian Waiting Equivalent)라 한다. PME, PWE를 특정계수의 값으로 환산하는 방법은 김종해 외(2008)가 제시하고 있지만 고속철도 환승센터에 한정되어 있다. 본 연구에서는 철도뿐만 아니라 공항, 터미널 환승센터까지 PME, PWE를 산정하였다. 그 결과는 표4와 같으며, 광역버스와 도시철도가 낮은 수치로 거의 짐을 소유하지 않은 사람들이 많은 것을 알 수 있으며, 공항의 경우는 여행이나 출장 등의 목적이 많아 다른 환승센터보다 환산계수 값이 큰 것을 알 수 있었다.

표 4. 보행자특성

구분	공항		철도		터미널		
	국제	국내	고속	도시	해상여객	고속·시외버스	광역·BRT
PME	2.100	1.776	1.457	1.126	1.400	1.315	1.034
PWE	3.217	2.442	1.516	1.173	1.648	1.360	1.043

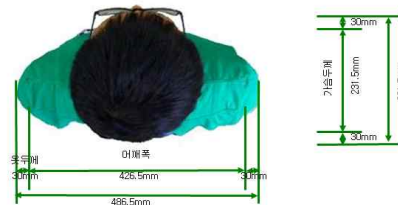
복합환승센터의 기존 설계지침과 편람에서의 서비스수준은 약 20년 전의 한국인체형을 사용하여 현실적인 반영이 안되어 있다고 할 수 있다. 향후 복합환승센터의 개량 시나 신설 시에는 현재 우리나라의 표준체형을 사용해야 복합환승센터를 이용하는 보행자의 요구수준을 적극 반영하여 만족도를 높일 수 있을 것이다. 이를 위해 사이즈코리아에서 제공하고 있는 한국인의 표준체형 중에서 성인남녀 20~30대의 95분위 값을 사용하였다. 또한 이 값을 기준으로 옷 두께 30mm를 더한 값을 한국인의 표준체형으로 정하였다.

표 5. 한국인의 표준체형

(단위 : cm)

구분	어깨 폭	가슴 폭
90분위	41.78(47.78)	22.00(28.00)
95분위	42.65(48.65)	23.15(29.15)

그림 2. 한국인의 표준체형



※ () 안의 값은 옷 두께를 더한 값임

복합환승센터의 각각의 시설에 대한 서비스수준을 산정하기 위해 보행자 보행행태에 따라서 가만히 있거나 대기하고 있는 경우를 대기공간, 계단을 오르거나 내릴 때를 계단, 일반적으로 보행할 경우는 보행통로라고 정의하였다. 서비스수준이라 함은 당해시설을 이용하는데 있어 이용객이 느낄 수 있는 편의성의 정도를 수치적으로 나타낸 것이다. 일반적으로 A~F까지의 6단계로 나눌 수 있고 아무런 제약을 받지 않는 수준을 A, 꽉 막혀서 통행에 지장을 주고 불편한 정도를 F라 말한다.

대기공간에서의 1인당 점유하게 되는 면적을 산정하면 어깨 폭(48.65cm)에 가슴 폭(29.15cm)을 곱한 값으로 0.142㎡이 된다. 그러나 사람이 이동할 때에는 여유 공간을 두고 있기 때문에 좌우앞뒤로 최소여유 공간 5cm씩을 더하였다. 그렇게 되면 0.23㎡이 대기공간에서의 1인당 점유하게 되는데 이를 대기공간에서의 서비스수준 “E”의 기준으로 보는 것이 적절하다.

계단에서의 보행행태는 다리를 올리거나 내리면서 팔을 흔드는 동작을 하게 된다. 이 때 최소여유공간을 좌우로는 5cm, 전후로는 보행자간의 충돌방지를 위해 15cm를 더하면 1인당 차지하는 점유면적은 0.47㎡이 된다.

보행통로에서는 보행속도를 고려하여 좌우로는 5cm, 전후로는 보행자간의 충돌을 방지하기 위해 최소여유공간을 20cm를 주었다. 또한 보행할 때 자연스럽게 흔들리게 되는 팔의 길이는 앞으로 흔들 때는 30cm, 뒤로 흔들 때에는 15cm를 추가 하였다. 보행통로에서 1인당 점유하게 되는 면적은 0.67㎡가 된다.

표 6. 한국인의 최소 점유공간-서비스 수준 “E” 기준

대기공간	계단	보행통로
0.23 m ² /인	0.47 m ² /인	0.67 m ² /인

대기공간, 계단, 보행통로의 최소 점유공간(서비스수준 “E”)을 통해 서비스수준 A~F까지의 설정과 시설의 설계를 위한 점유면적 및 보행교통류율을 구할 수 있다(표7). 대기공간의 서비스수준의 지표는 1인당 점유면적이 된다. LOS “A”는 LOS “E”수준(0.23m²/인)에서 양쪽으로 30cm를 더한 값으로 설정하여 서비스수준 A에서의 점유면적은 1.18m²이 된다. 계단에서의 LOS “A”는 LOS “E”수준(0.23m²/인)에서 양쪽으로 30cm를 더한 값으로 1.66m²가 된다. 하지만 계단은 대기공간과는 달리 움직이는 상태이기 때문에 서비스수준 지표는 보행교통류율이 된다. 보행교통류율은 보행교통량을 1분 동안 폭 1m를 통과한 보행자의 수로 환산한 보행교통량을 보행교통류율(인/분/m)라 한다. 점유면적(m²/인)에 따른 계단에서의 속도(m/분)는 <그림3>을 통해 쉽게 알 수 있는데, 속도를 점유면적으로 나누게 되면 보행교통류율을 쉽게 구할 수 있다. 그 사이의 값은 완만한 \sqrt{x} 형태의 곡선(한계효용체감의 법칙)을 활용하였다.

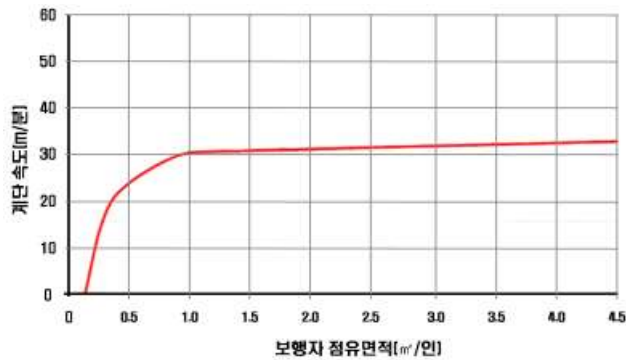


그림 3. 계단에서의 속도와 점유면적간의 관계 그래프

보행통로의 LOS “A”는 보행속도를 자유롭게 선택할 수 있는 수준으로 LOS “E”수준에서 좌우로 40cm, 전후로 45cm를 더한 값으로 $(0.59 + 0.4 + 0.4) \times (1.14 + 0.45 + 0.45) = 2.84\text{m}^2$ 이 된다. 계단과 마찬가지로 그 사이의 값은 계단과 같은 방법을 활용하였다.

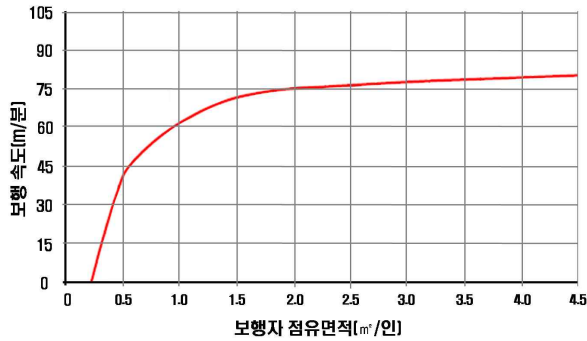


그림 4. 보행통로에서의 속도와 점유면적간의 관계 그래프

표 7. 보행자의 특성을 고려한 보행서비스수준

(단위 : m, m², 인/분/m)

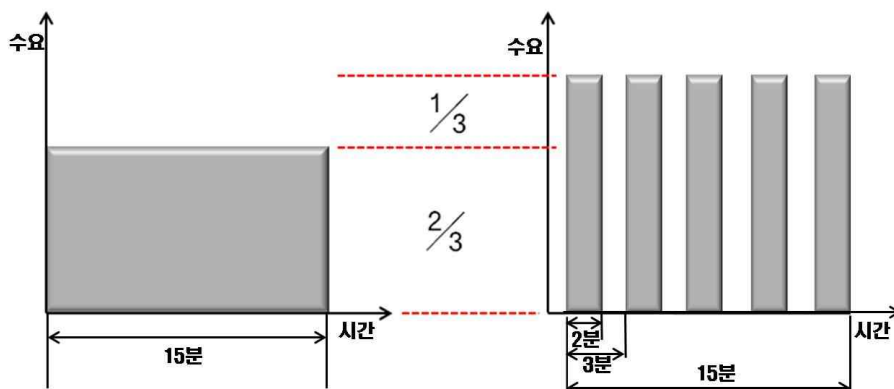
LOS	대기공간		계단		보행통로	
	점유면적	평균이격거리	보행교통류율	점유면적	보행교통류율	점유면적
A	≥ 1.18	≥ 1.2	0~18.66	≥ 1.66	0~27.15	≥ 2.84
B	0.78~1.18	1.0~1.2	18.66~25.57	1.18~1.66	27.15~34.34	2.21~2.84
C	0.54~0.78	0.8~1.0	25.57~33.63	0.87~1.18	34.34~45.44	1.61~2.21
D	0.34~0.54	0.6~0.8	33.63~41.47	0.61~0.87	45.44~59.51	1.05~1.61
E	0.23~0.34	< 0.6	41.47~48.64	0.47~0.61	59.51~73.70	0.67~1.05
F	< 0.23	꽂찬 상태	> 48.64	< 0.47	> 73.70	< 0.67

2.4 설계수요 산정방법

복합환승센터의 설계수요의 산정방법은 주교통수단의 운영특성과 복합환승센터의 시설배치를 고려하여야 한다. 따라서 본 절에서는 주교통수단의 운영특성과 시설배치에 따라서 수요를 산정하는 방법을 제시하고자 한다.

2.4.1 주교통수단 운영특성에 따른 산정

주교통수단의 운영특성에 따라서 복합환승센터의 시설별로 적용되어야 하는 수요는 분명히 차이가 있다. 예를 들어, 침두시 배차간격이 3분인 도시철도의 계단을 설계하고자 할 때, 하차 후 2분 내에 모든 승객이 빠져나간다면 침두시의 배차간격이 3분인 도시철도의 행태는 <그림5>와 같을 것이다. 현재의 환승센터 시설은 기존에 있는 지침이나 설계편람에서 사용하는 침두 15분 수요를 일률적으로 사용하고 있다. 결국에는 침두 15분 수요를 1분당 수요로 환산 했을 경우는 침두 3분 수요를 1분당으로 환산한 값의 2/3밖에 되지 않기 때문에 용량부족 현상이 일어나게 된다.



<첨두 15분 설계수요>

<첨두 2분 설계수요>

그림 5. 첨두 수요에 따른 통행특성

따라서 주교통수단의 운영특성에 따른 적용 설계수요의 최대 첨두 수요에 대해서 정하였다. 주교통수단의 운영패턴 상 첨두시간 내에서도 특정 2분~5분내 수요가 한꺼번에 몰리는 시설에는 설계수요를 첨두 5분, 첨두시간 내에서 비교적 균일하게 수요가 분포하는 시설에는 일반적으로 사용하는 첨두 15분수요를 채택하였다.

표 8. 주교통수단의 운영패턴에 따른 설계수요의 최대피크시간

(단위 : 분)

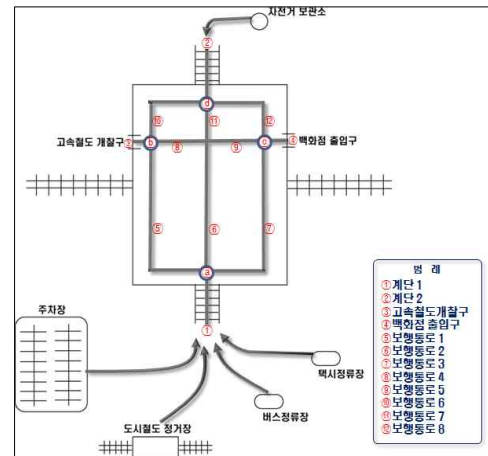
구분		공항		철도		터미널		
		국제	국내	고속	도시	해상여객	고속·시외버스	광역·BRT
보행이동시설	계단	15	15	5	5	5	5	5
	출입구	15	15	5	5	5	5	5
	보행통로	15	15	5	5	5	5	5
	E/S	5	5	5	5	5	5	5
	E/V	5	5	5	5	5	5	5
	M/W	15	15	15	15	15	15	15
환승편의시설	매표소	15	15	15	15	15	15	15
	자동발매기	15	15	15	15	15	15	15
	개찰구	5	5	5	5	-	-	-
	대합실	15	15	15	15	15	15	15
	화장실	5	5	5	5	5	5	5

2.4.2 복합환승센터의 시설배치에 따른 산정

기존에 있던 환승센터는 주교통수단에 국한되어있어 복합시설에 대한 개념이 없었다. 복합환승센터의 경우는 구성요소별로 해당시설의 수요를 모두 합한 것을 설계수요로 정해야 한다. 왜냐하면, 특정보행통로는 환승센터이용자와 환승지원시설이용자가 공동으로 사용할 수가 있기 때문이다. 종합수요를 구하는 방법은 O/D표를 만든 후에 해당 환승센터의 도면을 보고 환승동선을 그린 후 동선에 겹치는 보행이동시설과 환승편의시설에 이용수요를 배정한 후, 시설별로 합하면 된다.

표 9. 종합설계수요 산정 O/D표 예시

O \ D	D	접근교통수단				주교통수단			환승지원시설			합계
		버스	승용차	택시	...	고속철도	도시철도	...	백화점	식당가	...	
접근교통수단	버스											
	승용차											
	택시											
	...											
주교통수단	고속철도											
	도시철도											
	...											
환승지원시설	백화점											
	식당가											
	...											
	합계											



3. 결론

기존의 국내지침에서는 개별 단위시설에 대한 설계기준, 용량, 서비스수준은 제시하고 있지만 이러한 기준을 복합환승센터에 적용시키기에는 현실적으로 무리가 따른다. 이용자 중심의 복합환승센터 개발을 위하여 용량 및 서비스수준, 수요산정에 대해서 새롭게 재정의 할 필요가 있다.

본 논문에서는 복합환승센터의 시설설계를 위한 수요를 방법에 있어서 몇 가지의 방법을 제시하였다. 첫째, 한국인의 표준체형을 재산정하여 현실성을 반영하였다. 둘째, 복합환승센터의 종류에 따라 보행자의 특성은 달라진다. 예를 들어 공항의 경우는 캐리어와 같은 큰 짐을 소지한 보행자의 비율이 많은 반면 도시철도 환승센터의 경우는 핸드백이나 백팩등의 상대적으로 작은 짐을 소지한 보행자의 비율이 많다. 또한 보행자의 대기형태, 계단에서의 보행형태, 통로에서의 보행형태에 따라 필요로 하는 점유면적이 달라지므로 이런 특성이 시설의 규모를 결정하는데 반영되어야 할 것이다. 셋째, 기존의 15분 침두수요를 사용하여 수요를 산정한 결과로 인해 주요교통수단의 운영특성을 반영하지 못하여 이용자의 불편을 야기한 것을 개선하고자 시설별로 침두 수요를 제시하여 교통수단의 특성을 반영하였다. 또한 현실에 가까운 수요산정 및 시설물의 규모를 결정할 수 있도록 하였다. 마지막으로 복합환승센터를 이용하는 다양한 이용자들의 이용목적에 따른 모든 동선을 고려하여 동일한 공간을 이용하는 수요에 대해 중첩된 수요를 반영하여 시설물의 규모를 결정할 수 있도록 하였다.

참고문헌

1. 김종해, “고속철도역 환승시설 용량 및 서비스수준 산정 방안” 대한토목학회논문집, 28권, 5호, pp.735-740, 2008.
2. 국토해양부(2002) 도시철도 정거장 환승편의시설 보완 설계지침.
3. 한국철도시설공단(2006) 철도설계지침-건축편.
4. Fruin J.J.(2001) Pedestrian Planning and Design.
5. Transportation Research Board.(2003) Transit Capacity and Quality of Service Manual 2nd Edition, TCRP REPORT 100.