

열차혼잡률 산정에 대한 가치중심적 개념화

Value-Centered Conceptualization for the Calculation of Train Congestion Rate

백재욱^{*†}, 이호^{**}, 박지형^{*}

Jae-Wook Baek^{*†}, Ho Lee^{**}, Ji-Hyeong Park^{*}

초록 혼잡률은 운행횟수 등 전동열차 운영계획 설정에서 기준이 되는 중요값이지만 운영기관 등에서의 산정·적용치는 기준 개념과 차이를 보이고 있다. 본 연구는 가치공학적 분석법을 활용하여 승객의 편리하고 안전한 효율적인 수송측면을 고려한 혼잡률 산정개념을 정립하고자 한다.

주요어 : 혼잡률(congestion rate), 혼잡도(load factor), 가치공학(VE, Value Engineering), 전동열차(electric trains), 열차운행계획(train operation plan)

1. 서 론

혼잡률(congestion rate)이란 열차 수송인원을 수송정원으로 나눈 백분율 값으로 혼잡도(load factor)와 병용되고 있다. 주무부처인 국토교통부는 열차혼잡도라는 용어로 구분되어 정의하고 있으며(철도안전관리체계 기술기준) 열차 내 여객탑승의 혼잡한 정도를 나타내는 지표로써 열차 탑승기준 인원 대비 실제 탑승인원의 비율로 산정한다.

차량의 규격·정원은 시스템별로 제작사·차종에 따라 다소 차이가 있으므로 사업별 선정시스템에 따라 승차정원 계획을 수립하고 있다. 입석 수, 좌석 수, 좌석 배치 및 점유면적 등은 시스템 종류에 따라 차이가 있어 승객의 편의성과 운행의 효율성을 고려하여 수립한다[1]. 차량당 수송용량 계획 시 입석승차인원 계획은 정원 시와 혼잡 시를 구분하며, 정원 시는 승객이 혼잡을 느끼지 않는 상태인 $0.35\text{m}^2/\text{인}$ ($2.86\text{명}/\text{m}^3$)을, 혼잡 시로 승객의 효율적인 수송 측면을 고려하여 정원에 혼잡률 150%($4.29\text{명}/\text{m}^3$)를 적용·산정하며 이에 맞춰 적절한 좌석 배치가 계획된다[2].

예타지침에서 검토한 좌석공간을 제외하는 혼잡률 산정은 공간밀도에 근거하는 적정한 연구결과이었으나[2] 국내 운영기관 등[3,4]

에서의 잘못된 이해로 적용되어 결국에는 계획 설정 시 기준 개념과는 다르게 사용하기에 이르렀다. 본 연구는 현행 입석과 좌석 공간을 함께 포함하여 산정하는 혼잡률 산정법을 기준 개념인 입석공간만을 고려하는 산정법과 비교하고자 한다. 가치공학적 분석법을 활용하여 공간밀도에 근거한 승객의 안전하고 효율적인 수송 측면으로 보다 체계적이고 객관적인 원래의 혼잡률 산정에 대한 기준 개념을 정립하고자 한다.

2. 본 론

본 연구에서 관련 크기·치수 등은 주무부처에서 정하고 있는 표준규격으로 검토하고 있다[5]. 좌석정원은 의자길이를 승객 1인당 점유하는 길이(좌석수 7개 구형 435mm, 좌석수 6개 신형 480mm)로, 입석정원은 좌석앞쪽 250mm까지의 바닥면을 제외한 객실바닥면의 내부면적을 승객 1인당 점유하는 면적(0.35m^2)으로 나눈 값으로 현행 설정과 기준 개념 정립에 따라 Table 1과 같이 산정되었다.

혼잡률의 승객정원 차이를 특정구간의 적용을 통해(열차운행시간 편도 100분, 열차편성 2M+6T로 가정) 열차운행계획 및 구축비용 등을 비교하면 Table 2와 같다. 운행계획은 혼잡률 150% 기준으로 최대재차인원에 대한 승객정원의 비율로 열차운행횟수가 산정되었고 최대재차인원을 증가시키면서 열차운행간격이 2~20분 사이의 범위에 대해 차량소요량, 운행횟수, 운전시격 등이 대별·비교되었다,

† 교신저자: 동명기술공단 (jackist@dmeec.co.kr)

* 동명기술공단 철도사업본부

** 한국교통연구원 철도교통연구본부

Table 1 현행 실정 대비 기준개념 정립과의 혼잡률 승차정원 산정 (구형 M car 기준)

구분	현행 실정	기준 개념 정립
혼잡률 100%		
	160명 (입석점유공간 0.35m ³ /인, 입석밀도 2.86명/m ³)	
혼잡률 150%		
	240명 (입석점유공간 0.20m ³ /인, 입석밀도 5.01명/m ³)	213명 (입석점유공간 0.23m ³ /인, 입석밀도 4.28명/m ³)
혼잡률 200%		
	320명 (입석점유공간 0.14m ³ /인, 입석밀도 7.17명/m ³)	266명 (입석점유공간 0.18m ³ /인, 입석밀도 5.71명/m ³)

Table 2 운행계획 및 차량소요 산정결과

구분	현행 실정	기준 개념	비고
편성수(대)	61	68	+11.5%
차량비용(억원)	7,403.1	8,252.6	+849.54
운행회수(증가량)	-	+1.8회	
운행가격(각소량)	-	- 0.5부	

* 구형차량 적용, 최대재차인원 4,000~47,000 (50,000)명/일 평균값 적용

Table 3 가치 분석결과
(차량기준: 좌석수 6개 구형, 비용기준: '23년)

구분	현행 실정		기준 개념
	C	F	V
혼잡률 100%	비용	7,403억 원	8,253억 원
	지수화	0.897	1.000
	입석밀도	2.86명/m ³	2.86명/m ³
	지수화	1.000	1.000
혼잡률 150%	비용	7,403억 원	8,253억 원
	지수화	0.897	1.000
	입석밀도	5.01명/m ³	4.29명/m ³
	지수화	0.571	0.667
혼잡률 200%	비용	7,403억 원	8,253억 원
	지수화	0.897	1.000
	입석밀도	7.16명/m ³	5.72명/m ³
	지수화	0.400	0.500
	V	0.446	0.500

차량소요량은 승객정원의 차이로 현행 실정과 대비하여 기준 개념 정립이 7편성 더 필요한 것으로 분석되었다. 차량구입비용은 현행 실정이 7,403억원이 소요되고 기준 개념 정립이 8,253억원이 필요한 것으로 검토되었다. 열차운행계획 검토결과 기준 개념 정립은 현행 실정 보다 열차운행횟수는 시간당 1.8회 증가되는 것으로, 열차운행간격은 0.5분 감소되었다.

가치공학 분석법을 활용하여 기능 및 비용 측면을 정량적으로 제시하기 위해 비용(C)은 차량소요량으로, 기능(F)은 승객의 입석밀도로 비율화 하여 가치지수($V=F/C$)에 대해 Table 3과 같이 검토·비교하였다.

기준이 되어 혼잡률 100%는 기능지수에 차이가 없으나 혼잡률 150% 및 200%는 각각 16.7%, 25.1% 기능지수에 증가를 보인다. 가치지수로 비교하면 혼잡률 150%에서 현행 실정은 0.637, 기준 개념 정립은 0.667로 4.7% 가치지수의 향상을 가져왔고, 혼잡률 200%에서는 12.2% 증가되었다. 참고로 좌석수가 6개인 신형식 차량은 혼잡률 150%에서 3.7%, 혼잡률 200%에서 16.2% 증가를 보였다.

3. 결 론

본 연구는 가치공학적 분석법을 활용하여 승객의 안전하고 편리한 수송측면을 고려한 혼잡률 기준개념을 정립하고자 하였다. 혼잡률 정립·적용으로 현행 실정과 대비하여 구형 차량은 12.2%, 신형차량에 대해선 16.2%까지 가치지수의 증가를 보이므로(혼잡률 200% 기준) 기준개념으로의 적용·사용이 필요하다.

참고문헌

- [1] 오영석 (2018) 전동차 입석승객 산정에 대한 고찰, 한국철도학회 학술대회논문집.
- [2] 한국개발연구원 PIMAC (2021) 예비타당성조사 수행을 위한 세부지침 도로철도부문 연구.
- [3] 서울교통공사 (2025) 혼잡도 관리 모니터링 추진계획(안).
- [4] 서울연구원·김승준 (2014) 서울시 지하철 혼잡 비용 산정과 정책 활용.
- [5] 국토해양부 (2009) 도시철도차량 표준규격.