

철도용량편람 제정의 필요성¹⁾



기형서
(주)지오엔티
부사장
T.010.2793.2428
grand0303@yahoo.co.kr



박동주
서울시립대학교
교통공학과 교수
T.010.9485.2303
djpark@uos.ac.kr



오석문
한국철도기술연구원
책임연구원
T.010.4925.2574
smoh@krii.re.kr

1. 서론

철도산업을 구성하는 부문은 선로시설, 시스템(전철전력, 신호, 정보통신, 건축, 기계설비 등), 차량, 영업 및 운전, 경영 및 기타 지원부서 등으로 이뤄져 있다. 각 부문이 통합되어 유기적으로 협력하면서 최종 서비스 상품인 열차를 운영하고 있다. 철도용량(Railway Capacity)은 열차를 운영하는데 필요한 사항 중 하나이며, 열차운영계획의 핵심사항이다. 그렇지만 100여년의 역사를 가진 국내 철도의 현실에서 보면 철도용량에 대한 과학적이고, 논리 및 학술적인 외부 연구가 미흡한 실정이다. 대부분 해외철도 기준이나 관행적인 계획방식 및 운전이론을 답습하고 있으며, 이를 체계적으로 매뉴얼화 한 성과물도 찾기 어렵다. 이에 만시지탄에 그치지 않고 개혁이 진행 중인 한국 철도산업의 도약을 위하여 철도용량편람(가칭)의 필요성을 제언하고자 한다.

1.1 철도용량의 분류 및 정의

1.1.1 국내외 철도용량 분류

일반적으로 교통망에서의 용량은 지정주기(period) 동안 일정 지점(또는 구간)을 통과하는 최대통과량(maximum flow) 또는 지정된 시간 일정 영역 내에 수용할 수 있는 최대 수송량(maximum load)으로 정의한다[4].

한국철도공사는 선로용량, 정거장 구내용량, 견인정수(현행 18종)로 구분하며[8, 10], 일부 연구보고서 등에서 공통적으로 설계용량(Design Capacity), 운영용량(Operation Capacity), 실용용량(Practical Capacity), 이론적 최대용량(Theoretical maximum Capacity), 영업용량(Commercial Capacity)을 사용한다[7]. 그리고 FTA(1999)는 설계용량(Design Capacity), 최대허용용량(Achievable Capacity), 선로용량(Line Capacity), 열차용량(Train Capacity), 차량용량(Car Capacity)으로 분류하고 있다[3].

이와 같이 우리는 여러 가지 용어로 사용하는 철도용량을 흔히 접하고 있다. 그런데 철도투자사업 및 운영에 대한 기획과 계획, 설계, 시공, 운영 및 평가단계에서 쟁점이 되고 있다. 대부분 선로용량과 철도용량의 개념을 혼동하거나 이를 제한하는 영향요소들에 대한 폭넓은 연구와 분석이 되지 않아서 의사결정의 곤란을 겪는 경우가 비일비재하다.

1.1.2 선로용량의 정의

기형서 외(2012)는 일정한 선로구간(line section)에서 실제로 운행 가능한 1일 총운행열차수, 이론적 용량이 아닌 실용용량이며, 아무런 장애나 저항이 없는 상황을 전제할 경우 정해진 노선의 시종점에 계획한 열차 공시시간으로 지연없이 운행가능한 최대열차수로서 Flow개념이라

1) 본 논문은 한국철도학회 "철도용량편람 추진TF"의 기획성과물을 바탕으로 작성된 것임

고 정의한다[9].

유의할 점은 선로용량을 좌우하는 매개변수들이 많으며 이 변수들의 변화에 따라 산출량이 계속 바뀐다는 점이다. 더불어 노선의 성격과 열차속도 및 영업시간(계산주기) 그리고 열차운전방식과 신호 및 열차제어방식 등에 따라 보다 정확한 산출방법의 연구가 요구되며, 계속 업그레이드되고 있음을 각국의 사례에서도 확인할 수 있다[2, 6].

1.2 열차운영계획 과정

1.2.1 열차운영계획 개념

도철웅(2004)은 교통계획을 ‘사람, 화물의 공간 이동을 효율적으로 하도록 여러 가지 기법을 조직적으로 구성하는 계획 또는 교통시설의 재배치와 기능에 대한 계획이라고 정의하고 있다[4]. 교통계획의 한 부분으로서 열차운영계획은 경제적 타당성평가로부터 실제 운영단계까지 효율성과 안전운영 및 운영 환경성에 역점을 두고 검토가 이뤄져야 할 것이다.

철도용량 거래시장이 형성되고 있는 현실 속에서 더욱 중장기적 수송수요와 철도시설 건설 및 개량과 관련된 열차계획과 제2차 시장의 선로배분의 합리적 관리를 통한 선로사용료 최대화 추구, 제1차 시장에서의 영업수익 보장을 위한 운영서비스 계획 등이 학술적이고 논리적으로 연구가 진행되어야 한다.

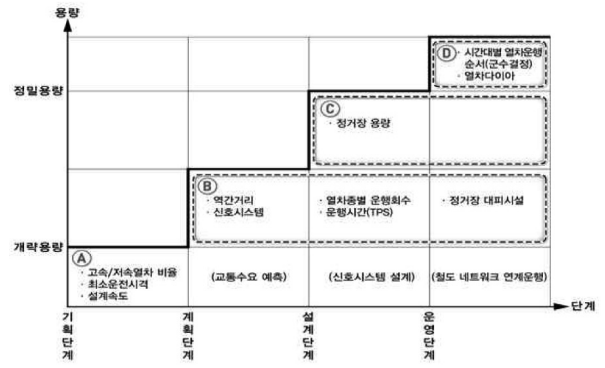
일반적으로 철도 열차운영계획은 수송수요와 영업방침에 부응하는 열차종별 설정과 열차회수 산정, 운행시격과 선로용량 산정으로 시설계획과의 상호관계 속에서 안전운행을 위한 열차다이아그램의 작성과 열차시각표 생성을 통한 실제 열차서비스를 위한 인력, 차량운용에 이르는 일련의 계획이다.

1.2.2 열차운영계획 과정

전형적인 열차운영계획은 <그림 1>과 같이 5단계로 수행된다[9].



<그림 1> 전형적 열차운영계획 과정



* 출처 : 박동주(2012) 철도용량편람 제정방향

<그림 2> 철도용량의 활용도

각 단계에 관련되는 세부사항은 본문에서 그 중요성을 기술하도록 한다.

2. 철도용량편람의 필요성

2.1 철도용량 연구의 현실 및 한계점

철도용량은 철도투자사업의 시설계획과 열차운영계획에서 필수적 요소로서 <그림 2>와 같이 활용되고 있다[11]. <그림 2>와 같이 철도용량은 철도투자사업의 기획, 계획, 설계단계에서 교통수요예측에 따른 열차설정과 고속 및 저속열차 비율, 설계속도, 역간거리, 정거장 용량, 대피설비의 유무 판단, 신호 및 열차제어시스템 설계 등에 관련되는 사항이다. 그리고 운영단계에서는 철도망의 연계와 열차운전시격 (haedway), 선로용량 산정, 견인정수 및 열차다이아그램 생성 등에 영향을 미치는 중요한 개념이다.

그럼에도 불구하고 깊이 있는 철도용량 연구가 선행되지 못한 원인은 철도산업의 전문성과 일부 폐쇄적 운영 때문이라고 사료된다. 박동주(2012)는 철도용량과 관련한 국내 현황과 연구의 한계점을 <표 1>과 같이 제시하고 있다.

<표 1> 국내 철도용량 관련 연구 개략

고려사항	KOTI ㉑	KRRI ㉒	기재부 (한양대 산학연) ㉓	시설공단 (연구단) ㉔	철도공사 (서정호논문) ㉕	TCRP ㉖	완성도 (%)
1. 철도용량 선로용량 개념 정립	○	○	△	○	△	○	80
2. 차량용량 상세(투입차종별)	×	△	-	△	×	△	40
3. 열차용량과 견인정수	-	×	-	△	×	△	20
4. 선로이용율과 선로유지보수시간	×	×	×	△	×	×	10
5. 패색방식과 신호시스템 운전시각	△	△	×	○	×	×	40
6. 영업시간과 선로용량	×	△	×	△	△	×	30
7. 수요예측 및 최대허용용량	×	×	-	×	×	×	10
8. 설계용량과 선로최고속도(고속화)	×	×	-	△	×	-	20
9. 운전설비와 평면교차지장	-	-	-	×	×	△	10
10. 열차운영계획 수립 요소	-	-	-	△	×	×	10
11. 열차Dia 검증 및 프로그램개발	-	△	-	△	-	-	20
12. 시설투자 및 개량 분석요소	×	-	-	×	-	-	5
13. 안전운행 관련 요소	-	×	-	×	-	-	5
14. 선로용량 산출식 정립	×	○	-	○	-	×	50

* 출처 : 박동주(2012) 철도용량편람 제정방향

- ㉑ 김연규·박인기(1997), “鐵道運營體系 改善을 통한 輸送能力 增大方案”, 교통개발연구원 연구총서 김훈·김찬성·김연규(2006), “지역간철도 선로용량관리를 위한 지표개발연구”, 한국교통연구원
- ㉒ 김동희·김성호(2003), “철도시스템 개선을 위한 용량분석”, 한국철도학회 춘계학술대회 학술발표자료
- ㉓ 기획예산처(2005), “철도 선로용량 산정 및 선로용량 증대 방안-최종보고서, 한양대학교 산학협력단
- ㉔ 한국철도시설공단(2010), 효율적인 철도시설 인프라 활용을 위한 선로용량 산정 및 관리 연구 pp196~197, 한국철도시설공단 기형서(2008), “열차 고속화와 다양화를 감안한 선로용량 산정에 관한 연구”, 서울시립대학교 석사학위논문
- ㉕ 서정호(1999), “鐵道線路容量의 增大方案 이론과 현실에의 적용”, 인하대학교 석사학위논문
- ㉖ TCRP OVERSIGHT AND PROJECT SELECTION COMMITTEE(2003), “Transit Capacity and Quality of Service Manual—2nd Edition part 5”, Transportation Research Board WASHINGTON, D.C.

<표 2> 철도용량 연구의 현실과 한계점

연구현황	한계점
선로용량에 국한된 연구	•철도용량편람 제정 수준의 학술 및 논리적 접근·연구부족
도로교통의 속도 및 시간을 적용하여 논리적 오류발생	•철도교통 : 열차별·구간별 '표준운전시분' 설정을 통한 운영계획 수립 필요
체계적이고 명문화된 기준 부재	•관례적인 기관별 규정/방법론에 의한 계획수립(학술적 검증의 부재) •특정상황에 국한된 운영계획의 수립
안전 측면 요소들에 대한 분석 부재	•고속화 및 신차량 투입, 신호시스템 도입과 관련한 명문화된 기준 미비

<표 2>와 같이 빠른 정보화가 진행되며 열차 고속화와 다양한 철도차량이 도입되는 현실 속에서 우리는 보다 체계적이며, 합리적인 열차운영계획 수립이 필요하다. 따라서 기존 관행적 열차계획과 연구실태에 대한 깊은 성찰이 요구된다. 우리는 교통부문의 경쟁대상인 타 교통수단으

로서 도로교통의 설계운영에 대한 발전과정을 타산지석으로 겸허히 수용해야 할 것이다.

2.2 도로용량편람의 발전과정

<표 3>과 같이 편람을 제정한 후 지속적으로 수정보완과 광범위한 관련연구가 진행되었음을 확인하였다.

우리나라에서도 국토교통부는 <표 4>와 같이 1992년에 미국 도로용량편람을 모방하여 KHCM(Korea Highway Capacity Manual)을 제정하여 사용 중이다.

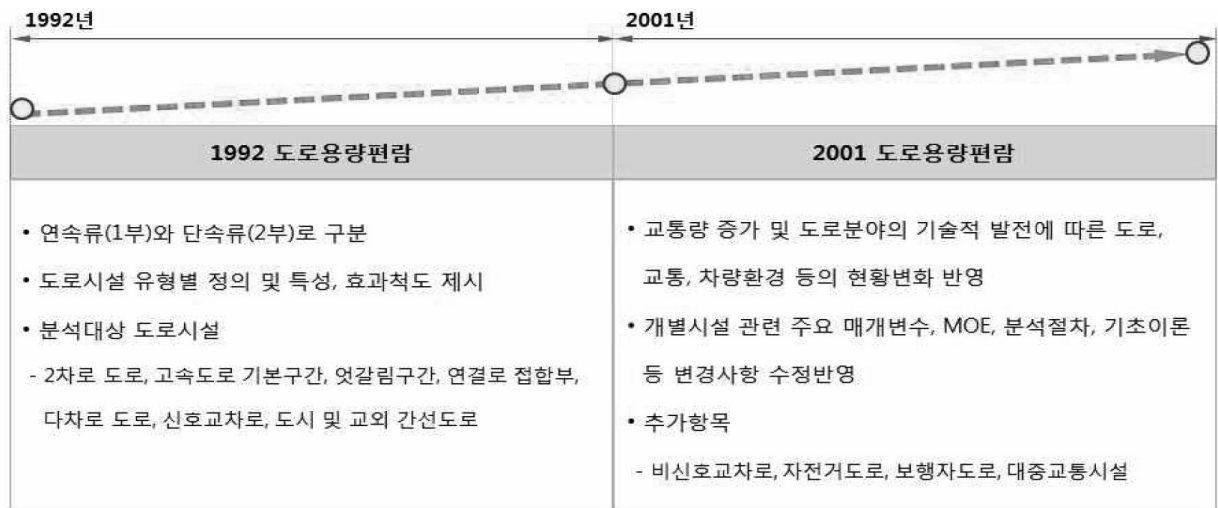
미국 도로용량편람이 1차적인 도로설계 참고 및 기준이었다면, 2004년 도로안전편람 HSM(Highway Safety Manual)은 안전한 도로설계를 촉진하는 2차 지침서이며, 나아가 최근 HFG(Human Factors Guidelines for Road Systems)는 차도와 고속도로를 설계하고 운영하는 사업 시행자에게 유용한 지침서로서 관련된 인적요소(human factors)와 원리를 제공하는 진일보한 완벽한 3차 지침서 구실을 한다[1].

〈표 3〉 미국도로용량편람 연혁

개정 년도	내용	목차
1950 HCM	<ul style="list-style-type: none"> - 미국 도로체계의 빠른 확장에 따른 교통시설의 용량개념 정량화 •주간선도로 체계의 차로수 및 접근로 설치기준 결정 •공학적·실질적 차원에서 지침의 필수요소 결정 •신규도로 건설 및 구도로 개선에 대한 용량 분석 	-
HCM 1965	<ul style="list-style-type: none"> - 서비스수준(LOS) 개념 도입 •용량, 서비스교통량, 그리고 특정상황 하의 새로운 고속도로 제시 •기존 고속도로 설계변경에 따른 서비스수준의 결정 - 대중교통관련 항목추가 	-
HCM 1985	<ul style="list-style-type: none"> - HCM의 중요한 발전 단계 •서비스수준(LOS) 개념 재정립 •1965년 HCM 출판 이후 수행된 연구결과 추가 - 보행자와 자전거에 대한 항목 추가 - 대중교통관련 항목확장 	<ul style="list-style-type: none"> - Part 1: Principles of Capacity - Part 2: Freeways - Part 3: Rural & Suburban Highways - Part 4: Urban Streets
1994 HCM	<ul style="list-style-type: none"> - 1985 HCM 업데이트 •7개 Chapter로 작성 	-
HCM 2000	<ul style="list-style-type: none"> - 도로교통체계의 서비스수준 요소평가를 위한 기준 제시 •개별시설과 연계시설의 서비스수준 요소를 평가하기 위한 기준 제공 •교통량 관련 항목추가 	<ul style="list-style-type: none"> - Part 1: Overview - Part 2: Concept - Part 3: Methodologies - Part 4: Corridor & Areawide analysis - Part 5: Simulation & Other Models
HCM 2010	<ul style="list-style-type: none"> - 2000년 HCM 개정 이후 수행된 연구결과 추가 •내용을 쉽게 이해할 수 있도록 작성 - 교통시설을 평가시 도로이용자가 광범위한 평가지표를 고려하도록 개정 	<ul style="list-style-type: none"> - Vol 1: Concept - Vol 2: Uninterrupted Flow - Vol 3: Interrupted Flow

* 출처 : 박동주(2012) 철도용량편람 제정방향

〈표 4〉 한국 도로용량편람 변천



이러한 발전과정을 살펴보면, 도로교통부문의 설계운 영지침서는 부단한 실험 및 학술적이고 과학적인 연구의

결과물이 집대성된 것으로 판단된다.

그렇다면 철도교통부문에서 철도용량의 검토가 주로

이뤄지는 열차운영계획 측면에서의 시사점은 무엇인지 열거하고 논의할 필요가 있다.

2.3 철도용량편람 제정시 고려사항

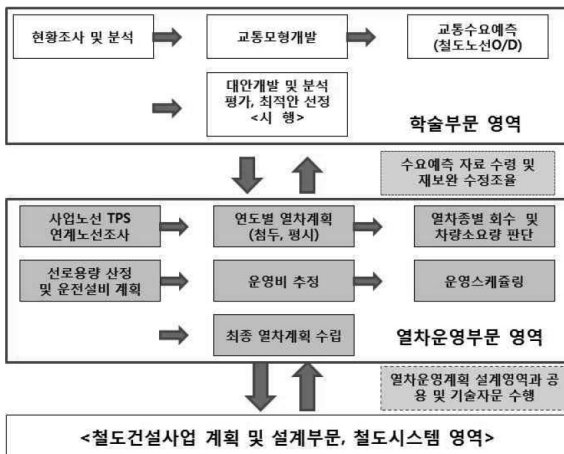
2.3.1 용어의 개념 정립

먼저 철도용량과 관련된 용어의 정리와 명확한 개념을 정의하여 기준을 정립하는 작업이 선행되어야 한다. 예를 들어 최대허용용량의 허용승차율(혼잡율)은 얼마인지 (150~250% 중), 차량용량과 열차용량의 한계와 승강장 시설용량은 얼마인지, 선로용량과 선로이용율, 그리고 지연회복여유시분은 얼마나 설정할 것인지, 노선별 선로유지보수시간은 얼마나 부여할 것인지, 심층연구와 합당한 기준 정립 등이 운영계획자 및 철도정책 의사결정자들에게 요구된다.

2.3.2 열차운영계획 프로세스의 기준 정립

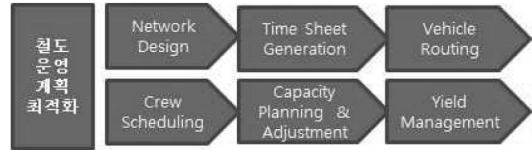
<그림 3>은 철도투자사업시 수행하는 학술 및 기술부 môn 열차운영계획 과정을 도시한 것이다. 여기서 유의할 점은 일련의 과정에 대한 업무수행 범주는 있으나, 구체적인 요소들에 대한 연구 성과물에서 도출된 기준이 거의 없는 실정이다[12].

그러므로 그 해결책은 교통부문 가운데 하나의 수단으



* 출처 : 기형서(2012) 철도용량편람 구성내용

<그림 3> 철도투자사업 열차운영계획 과정



* 출처 : 김동오, 문대섭(2003) 철도운영에서의 최적화 기술적용

<그림 4> 철도운영계획 최적화 분야

로서 철도운영부문에 대한 개방된 연구 진행과 기초자료들에 대한 실험 및 학술적 검증이 지속적으로 수행되어야 신뢰성과 타당성을 확보할 수 있다.

2.3.3 철도운영계획의 최적화

철도운영계획분야의 최적화 대상은 <그림 4>와 같다[15].

철도망의 설계와 차량운용, 승무원 운용, 용량계획과 수익관리에 이르기 까지 철도건설 및 운영의 합리화를 달성하기 위하여 오랜 기간에 걸쳐 쌓아 온 운영기관의 경험과 축적된 자료를 바탕으로 과학적이고 통계적인 기법을 학술부문에서 융합하여 철도운영계획부문을 최적화할 수 있는 계기를 마련하는 것도 당면과제라고 사료된다.

2.3.4 선로용량 산정방식

첫째, 선로용량과 철도용량을 혼동하는 경우이다. 앞서서도 기술한 바와 같이 선로용량은 실제로 운행가능한 최대열차회수로서 이론용량이나 영업용량 등의 철도용량과 다른 개념임을 재확인한다[14].

둘째, 선로용량은 고정된 개념이 아니며 운영상 매개변수의 변동에 따라 산정값이 변화되는데, 이에 대한 오해가 있다.

셋째, 여러 중별 열차가 혼용되는 일반철도, 고속열차 전용노선, 광역 및 도시철도 전동전용노선, 단선 복선, 급원행운영방식의 전동노선, 신로 및 열차제어시스템별 차이점에 따라 계산식만으로는 산출이 곤란한 특성을 갖는다(5). 그런데 단순계산식 즉, 선로용량 $N = \text{계산주기 } T / \text{평균시격 } a$ 의 선호경향이 존재한다는 아이러니(irony)이다.

넷째, 일부 영역에서 선로용량 적용값을 고무줄로 표현하는 사례가 있다. 이러한 사례는 철도운영계획을 다루는 입장에서 매우 곤혹스러운 사안이며, 특정 노선구간에서

이미 정해진 선로용량이 포화상태에 근접한 현실 속에서 수요의 폭증이나 특수를 감당하기 위하여 일시적으로 지연회복여유시분을 잠식하거나 선로유지보수시간을 단축 또는 저속 화물열차 일부를 운휴조치하고 여객열차를 추가 투입 운용하는 경우이다[8]. 따라서 당연히 정해진 용량을 초과하게 될 것이며 이런 특성을 깊이 이해하지 못한 것으로 간주된다.

다섯째, 1시간 단위용량과 일일용량의 차이를 주장하는 경우이며, 실제로 운행가능한 최대열차회수에 의한 평균 시격 개념은 계산주기의 크기와는 무관하다[6].

이와 같이 몇 가지 쟁점에서도 많은 논쟁이 있는 바, 더 많은 영향인자들에서의 상반되는 논리에 대한 이견해소는 개방된 연구와 학술적 검증으로 해결되어야만 한다.

결국 국가철도망을 관리하는 주체의 확고한 의지와 연구기반 조성을 기대하게 된다.

2.4 열차 고속화 추세와 새로운 운송수단 도입에 대비

2.4.1 열차의 고속화와 안전관리

기존선 개량 및 신선구간 건설 등과 더불어 열차 고속화는 설계속도뿐 아니라 제동거리의 증대(속도제곱에 비례)로 이어진다. 그리고 이를 적절하게 제어할 수 있는 신호 및 열차제어시스템의 채택, 운전자 판단취급에서 자동화시스템으로 전환되며 운전자 지원도구가 채택되는 경향이다.

따라서 안전운행을 위한 유효장 길이, 신호연동장치와 분기기 설비의 설계거리 등 고속화를 뒷받침할 수 있는 이론 및 검증 연구가 동시에 수행되어야만 한다.

2.4.2 새로운 운송수단 출현 대비

기존 차량만이 아닌, 신종 차량의 도입, 고속열차 중속도와 구동방식 등이 서로 다른 최신행 출현, 고속화 전동차량과 고속화물 전기차, 각종 경전철 도입, 자기부상열차 노선건설, 일부 지역 트램 등으로 빠르게 변화되고 있다. 이러한 새로운 대중교통수단에 대한 철도운영 계획 요소들의 선행연구와 이를 토대로 기준설정이 필요하다.

3. 철도용량편람의 구성방안

〈표 5〉 철도용량편람 구성(안)

주 제목	주요 내용
(1) 철도계획 및 열차운영계획 과정	<ul style="list-style-type: none"> • 열차운영계획 수립 절차 • 열차운영계획과 차량운영계획 연계절차 • 열차운영 안전관리 • 열차운영방식과 철도수요 추정
(2) 철도용량의 정의	<ul style="list-style-type: none"> • 철도용량 종류 및 정의 • 철도 영업시간 • 폐색방식, 신호 및 열차제어방식별 운전시격 • 선로용량 산정방식 • 최대재차인원과 최대허용용량 • 열차용량과 견인정수
(3) 운전설비 및 정거장 배선	<ul style="list-style-type: none"> • 선로이용율과 선로유지보수 작업시간 • 열차운영 관련 운전설비 • 선별 배선계획 및 산출 • 평면교차지장시간
(4) 선로설계 및 열차운영방식	<ul style="list-style-type: none"> • 방향별 선로별 운전방식 • 선로분기방식 • 정거장 기울기 • 설계용량과 열차운영 최고속도
(5) TPS 및 열차Diagram	<ul style="list-style-type: none"> • TPS의 구성요소 • 표준운전시간 사정 • 운행계획 검증용 열차Diagram
(6) 철도서비스 수준(이용자 측면)	<ul style="list-style-type: none"> • 서비스의 기본개념 • 노선단위 서비스 수준 • 열차단위 서비스 수준 • 차량단위 서비스 수준 • 철도역 서비스 수준
(7) 새로운 시스템의 철도용량	<ul style="list-style-type: none"> • 노면전차 (Tram) • 경전철 (LRT) • 자기부상열차
(8) 용량 및 서비스수준 산정 예시	<ul style="list-style-type: none"> • 고속철도 • 지역간 철도(일반철도) • 도시철도(광역) • 기타

* 출처 : 박동주(2013) 철도용량편람 기획방안

〈표 5〉와 같이 우선적으로 주 제목을 선정하였으며, 그 내용들은 지속적으로 연구를 진행하면서 추가하는 것이

바람직할 것이다. 이후에 연구진행과 함께 공론의 장을 만들어 많은 부문의 전문인력 참여가 촉발될 수 있도록 동기 부여가 요구된다고 믿어 의심치 않는다.

4. 결론 및 제언

이상에서 살펴본 바와 같이, 철도산업의 급진적인 발전과 함께 철도운영계획에 속한 여러 가지 요소들에 대한 연구의 필요성은 공감될 것이다. 그렇지만 아직 교통부에서 철도용량은 학술적 연구가 부족한 실정이며, 때문에 용어정리상 많은 논란이 있음을 간과해선 안 될 것이다.

여러 가지 철도용량 영향요소 및 열차운영계획 범주의 대상들을 단번에 분석하고 검증하는 것은 불가능할 것이며, 철도운영 연구를 위한 전문인력 또한 충분하지 않은 현실이다. 그러므로 관계처의 적극적 지원은 철도용량편람의 초석을 놓는 첫걸음이 될 수 있을 것이다.

철도용량편람(가칭)은 고속화되고 진화하는 철도산업에서 안전한 열차운영을 담보하는 지침서가 될 것이며, 당면한 선로배분 업무의 기준도 될 것이다, 그 성과물은 철도계획 및 설계자들과 열차운영계획자들에게 좋은 참고서로서 역할을 수행할 것이다.

그리고 철도정책에 대한 의사결정자들의 검증수단이 되며, 더 나아가 해외 철도진출을 위한 공인된 연구 성과물이 될 수 있도록 도로용량편람의 발전과정을 모델로 하여 첫 작품화 되도록 제언을 드리고 싶다. ☺

◆ 참고문헌

- [1] NCHRP report 600A(2008), "Human Factors Guidelines", TRANSPORTATION RESEARCH BOARD, WASHINGTON, D.C. pp 1.1-2.4
- [2] UIC (2004), "Leaflet 406: Capacity", UIC, Paris.
- [3] FTA (1996), "TCRP Report 13-Rail Transit Capacity(3. Train Control and Signaling)", TRB NRC.
- [4] 도철웅 (2002), "교통공학원론 (삼)", 청문각. pp179-183
- [5] 김의일 (1999), "최신 운전이론", 한국철도운전기술협회.
- [6] 한국철도시설공단, "효율적인 철도시설 인프라활용을 위한 선로용량 산정 및 관리 연구 최종보고서", 2010.
- [7] 김훈, 김찬성, 김연규 (2006), "지역간철도 선로용량관리를 위한 지표개발연구", 한국교통연구원.
- [8] 김익희, 김인철, 배영규, 왕연대 (2013), "철도이용수요에 따른 선로용량 변화 분석 연구", 한국경영과학회지, 제38권 제3호, pp. 23-35.
- [9] 기형서, 박동주, 김동수, 김행배 (2012), "일반철도의 선로이용률과 선로 유지보수시간 추정", 한국철도학회논문집 제15권 제6호 pp. 638-644.
- [10] 배영규 외. (2012), "선로용량 증대를 위한 철도건설의 적정성에 관한 연구", 한국철도학회 춘계학술대회 논문집, pp. 231-242.
- [11] 박동주 (2012), "도로용량편람을 통해 본 철도용량편람의 제정방향", 한국철도학회 2012 춘계학술대회, 특별세션.
- [12] 기형서 (2012), "철도용량편람 구성내용(안)", 한국철도학회 2012 춘계학술대회, 특별세션.
- [13] 오석문 (2012), "철도용량관련 국내외 연구현황", 한국철도학회 2012 춘계학술대회, 특별세션.
- [14] 김동희, 김성호 (2003), "철도시스템 개선을 위한 용량분석에 관한 연구", 한국철도학회 춘계학술대회 논문집, pp.272-279
- [15] 김동오, 문대섭 (2003), "철도운영에서의 최적화 기술적용", 기술동향, 한국철도기술연구원.