

## 철도 객차별 군 인원 탑승능력 판단 연구

오 석 문<sup>\*,1)</sup>

<sup>1)</sup> 한국철도기술연구원 철도시스템운영연구팀

### A Study on Riding Capacity of Railway Vehicles for Military Passengers

Sukmun Oh<sup>\*,1)</sup>

<sup>1)</sup> Korea Railroad Research Institute, Korea

(Received 11 July 2016 / Revised 4 November 2016 / Accepted 20 January 2017)

#### ABSTRACT

This paper aims to establish a guideline for ridership capacity of different rail vehicles for military passengers. Previous guideline is limited only to a Mungungwha(hauled by diesel locomotive) vehicle, but this paper expands the limitation to ITX- Saemaoul and urban rail vehicles classified to Electric Motivated Unit(EMU). The guideline considers both with and without personal armor conditions, and based on repetitive ridership experiments. The experiments are designed under considerations of the required number of soldiers for the sample spaces of the different rail vehicles. Moreover, the design tries to establish a concept of optimal capacity additionally to a traditional limiting ridership capacity. In order to do this, ridership comfort is questioned to participant soldiers repetitively over the experiments and all answers of them are surveyed as a results of it. The results of the experiments presented by this paper can be referenced to establish a new guideline on ridership capacity for Korean army.

Key Words : Railway(철도), Vehicle(객차), Ridership(탑승), Capacity(능력)

#### 1. 서론

이 논문은 전시 군 인력의 철도수송을 위한 철도 객차별 탑승능력 판단기준 정립을 목적으로 한다. 이 연구는 2015년 국군수송사령부에서 한국철도기술연구

원에 연구를 의뢰하여 한국철도기술연구원의 자체연구과제를 통해서 수행되었다. 이 논문은 이러한 연구 결과를 요약 및 정리하여 제시하였다.

기존 국내 철도 객차별 인원 탑승능력 판단 기준은 무궁화호에 대해서만 무장시 100명/량 및 비무장시 150명/량의 기준을 보유하고 있다. 이러한 기준은 다음의 두 가지 측면에서 문제점을 가지고 있다. 첫 째 100명 및 150명에 대한 산출 근거가 불분명하다는 점

\* Corresponding author, E-mail: smoh@krii.re.kr  
Copyright © The Korea Institute of Military Science and Technology

이다. 따라서 실적 적용시 기존 탑승능력 판단기준에 대한 합리성이 의심된다. 둘째 현대 철도산업에서는 디젤 기관차의 활용이 점차 축소되고 전기철도 중심으로 이미 전환되었다. 그러나 기존 탑승능력 판단기준은 여전히 디젤 기관차 중심의 객차 종별에 대해서만 기준이 정립되어있고 현재 광범위하게 사용되고 있는 전기철도 형식의 객차 종별에 대해서는 탑승능력 판단기준이 정립되어 있지 않다.

이 논문에서는 이러한 문제점을 해소하면서 국군수송사령부에서 요구한 객차별 인원 탑승능력 판단기준을 정립하기 위한 제반 연구 결과들을 제시한다.

먼저, 군 인력 탑승능력 판단기준 정립에 관한 국내외 자료가 조사분석되었다. 또한 일반 승객의 철도차량 탑승시 혼잡도 관련 국내외 기준과 국내 다양한 철도차량의 객차별 좌석용량이 조사분석되었다. 마지막으로 국내 지역간 철도 및 도시철도를 운영하는 운영기관의 협조하여 ITX-새마을, 무궁화 및 도시철도 차량에 대한 병력 탑승실험을 현장에서 실시하였다.

이 연구 결과를 바탕으로 군 인력의 철도수송을 위한 탑승능력 판단 기준이 정립되고, 군 인력의 수송계획이 정립될 것으로 기대되고 있다.

이 연구의 구성은 다음과 같다. 다음 2절에서 국내외 현황분석 결과가 제시된다. 여기서는 미군 교범의 철도차량 인력수송 기준 조사결과를 제시한다. 또한 국내 일반 승객의 철도차량 탑승에 대한 혼잡도 기준을 제시한다. 다음 국내 다양한 철도차량의 좌석 정원 현황을 제시한다. 다음 3절에서는 탑승능력 판단기준 정립을 위한 실험 방법 및 계획을 정립하고 실험결과를 제시한다. 여기서는 특별히 적정 탑승능력과 한계 탑승능력의 개념을 새롭게 정립하여 각각에 대한 실험결과들을 제시한다. 마지막 4절 결론에서는 연구내용을 요약 정리하고, 이 연구가 기존 기준과 차별화되는 점을 제시한다.

## 2. 국내외 현황분석

군 병력의 철도수송에 관한 기존 국내기준은 무궁화호 객차만을 대상으로 정립(1량 당 무장 100명, 비무장 150명) 되어있다. 그러나 이 기준의 산출 배경 및 방식이 명확히 전해지지 않고 있다<sup>1)</sup>. 이 절에서는 해외 군 병력 수송에 관한 기준과 함께 일반 시민이 철도차량에 탑승할 때의 혼잡도 기준을 고찰한 다음 국

내 관련 기준에 대한 고찰 결과를 제시한다.

### 2.1 해외 관련 기준 고찰

미군의 철도수송에 관한 기준은 대부분 군수물자의 수송에 관한 것으로 조사되고, 인력 수송 기준에 대한 사항은 내용을 찾아보기 어렵다. 미군의 철도에 의한 병력 수송 기준에 대한 저자의 조사결과에 따르면 ‘Personnel Conveyance’라는 핵심어에 따른 기준을 일부 찾아볼 수 있다.

미군교범 TR2028<sup>2)</sup>은 위와 같은 핵심어 검색을 통해 조사되었으며, 아래 Table 1과 같이 요약되는 병력 수송기준을 제시하고 있다.

Table 1. Summary from TR2028

차 종	설 명
객차 (Coach)	좌석용량은 대략 60 ~ 70(차종마다 다를 수 있음). 야전의 추가적재를 위해 일부 여유공간 필요
침대차 (Pullman)	좌석용량 27 ~ 80. 이동시간이 1일 이상일 경우 고려
소화물차 (Baggage)	대략 250명당 소화물차 1량 소요. 개인 휴대품, 부대 장비, 부대 기록물 적재
식당차 (Kitchen)	대략 250명당 식당차 1량 소요. 이동 시간이 1일 이상일 경우 고려

Table 1의 내용에서 알 수 있는 바와 같이 이동시간이 대부분 1일 이내인 국내 실정에는 바로 적용하기 어려운 기준이다.

한편, 일반 시민이 탑승하는 철도차량의 경우 ‘혼잡도’라고 하는 지표에 따라서 탑승수준을 결정한다. 혼잡도는 아래 식 (1)과 같이 정의된다.

$$\text{혼잡도} = \frac{\text{재차인원}}{(\text{좌석정원} + \text{입석정원})} \times 100 [\%] \quad (1)$$

식 (1)에서 좌석정원은 좌석 1석에 1인이 탑승할 경우의 정원에 해당하고, 입석정원은 1 입방미터내에 입석 승객이 3명인 경우를 기준으로 한다.

참고문헌 [3]에서는 혼잡도에 대한 서비스 수준 (LOS, Level of Service)에 대한 지표를 Table 2와 같이 제시하고 있다.

Table 2. LOS of congestion in rail vehicle

LOS	승객당 점유면적 (m <sup>2</sup> /명)	면적당 승객수 (명/m <sup>2</sup> )	차내 상황
A	1.00 이상	1 이하	인접 좌석에 승객이 없음
B	0.76 - 1.00	1.00 - 1.33	원하는 좌석을 선택 가능
C	0.51 - 0.75	1.33 - 2.00	모든 승객이 착석
D	0.36 - 0.50	2.00 - 2.86	일부 입석이 존재하지만 편안한 상황
E	0.20 - 0.35	2.86 - 5.00	최대 스케줄 부하
F	0.20 이하	5.00 이상	한계부하(Crush load)

2.2 국내 관련 기준 고찰

현재는 적용되지 않고 있으나 2012년 국토부에 의해 제정된 도시철도 차량 표준규격<sup>[5]</sup>에 따르면 승객정원은 승객 1인당 0.35 m<sup>2</sup>를 점유한 상태를 혼잡도 100%로 정의하고 있다. 국내 지자체에서 도시철도를 도입할 때 적용하는 도시철도 건설기준<sup>[6]</sup>은 혼잡도 150%(Table 2의 LOS E 등급)를 적용하도록 하고 있으며, 이 경우 4.27명/m<sup>2</sup>에 해당한다.

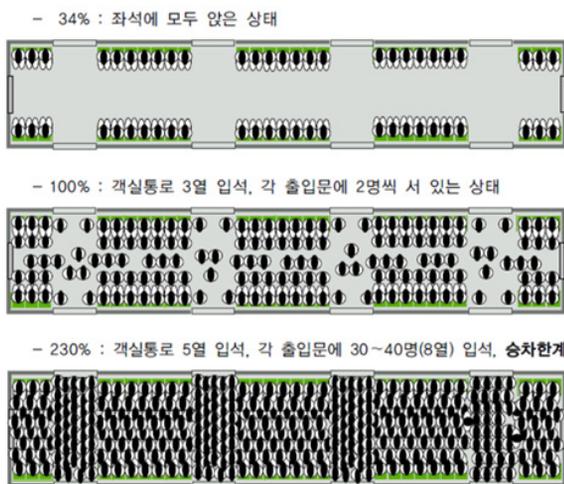


Fig. 1. Conceptual drawing of congestion in rail vehicle<sup>[7]</sup>

반면, 미국 및 베를린의 경우 국내 도시철도 건설기준 보다 다소 작은 입방 미터 이내에 4명, 베이징의 경우 다소 큰 입방미터 이내에 5명을 기준으로 한다<sup>[4]</sup>.

Fig. 1은 2011년 서울연구원에서 제시한 국내 도시철도 차량의 혼잡도별 승객 재차현황에 대해 개념도이다<sup>[7]</sup>.

2.3 국내 철도차량 좌석정원 현황조사

앞에서 소개한 바와 같이 군 병력의 철도수송에 관한 현행 기준은 무궁화 차량에 그치고 있다. 이는 전 시 전기철도 차량의 운행이 어렵다 판단하고 디젤기관차 차량에 대한 기준만을 정립하고자 하는 의도로 판단된다. 그러나 국내외적으로 대부분의 철도차량은 전기철도로 변화하고 있는 추세로서 디젤기관차의 활용은 급속히 감소하고 있는 추세이다. 따라서 본 논문에서는 디젤 기관차 뿐만 아니라 전기철도 차량에 대한 제원을 추가적으로 조사하고 탑승정원을 산정할 필요가 있다고 판단하였다.

아래 Table 3에서는 디젤기관차 및 전기철도 차량 전반에 걸쳐 국내 철도차량의 좌석정원 현황을 조사하여 제시한다.

Table 3. Size and capacity of rail vehicles

객차	길이×너비×높이(m)	편성 (량)	정원	간이 좌석	비고
KTX	18.7×2.904×3.478	20	935	30	전기
KTX 산천	18.7×2.970×3.725	10	363	13	전기
호남고속	18.7×2.970×3.725	10	410	-	전기
누리로	23.5×3.18×3.9	4	254	-	전기
ITX 청춘	19.5×3.12×3.75	8	398	60	전기
ITX 새마을	14.181×3.15×3.9	6	376	-	전기
무궁화	23.5×3.2×4.2	가변	가변	-	디젤/전기

위 표에서 보는 바와 같이 현재 국내에서는 무궁화

호만 디젤기관차에 의해 운행되고, 그 외의 열차종별은 모두 고정편성의 전기철도 차량이다. 국내외에서 전기철도 차량이 선호되는 이유는 더 큰 출력을 낼 수 있어서 고속화에 유리할 뿐만 아니라 주유에 소비되는 시간을 절감할 수 있어서 차량의 가동율을 높일 수 있기 때문이다. 현재 국내에서 무궁화호와 일부 화물열차를 운행하는데 사용되는 디젤기관차는 대체적으로 전시 소요량을 제외하고 전기철도 차량으로 대체되는 과정이다.

따라서 본 논문에서는 군 인력의 철도수송 기준 정립에 있어 기존 디젤기관차에 의한 수송기준에 더하여 각종 전기철도 차량에 의한 수송방식에 관한 기준이 더해질 수 있도록 연구결과를 제시한다.

### 3. 탑승능력 판단

#### 3.1 방법론 및 실험계획

이 절에서는 국내 군 병력 수송을 위한 철도차량 객차별 탑승능력 판단 방법과 실험계획을 제시한다. 탑승능력 판단 방법은 다양한 철도차량 차종에 대해 현역 군인의 무장 및 비무장 상태로 탑승실험을 실시하여 실제 탑승 가능한 범위 조사를 기본으로 한다. 좌석외 통로 및 입석에 탑승하는 병력에 대해 혼잡상황에 대해 불편한 정도를 현장에서 직접 설문조사하여 탑승능력 판단에 고려한다.

시험 차종은 기존에 기준이 존재하는 무궁화 객차와 국내 대표적인 전기철도 차량이 ITX-새마을 및 전동차 등 3가지 종류로 선정한다. 여기서 ITX-새마을은 최근 활용 빈도가 가장 높은 편성 단위의 전형적인 차량 형태이며, 전동차는 좌석제보다는 입석제를 기본으로 하는 차량의 대표적인 형태이다.

군 병력이 해당 차량을 보수하는 차량기지에 방문하여 탑승실험을 실시(2015년 9월 23일)하였다.

Fig. 2는 ITX-새마을호에 대한 탑승실험 영역을 나타낸다. 객차내 전체 좌석에 대한 탑승실험을 하기 위해서는 많은 병력 동원이 필요하다. 또한 Fig. 2에서 탑승영역으로 표시한 부분만을 대상으로 탑승 실험한 부분 실험의 일반화를 가정하는데 큰 무리가 없을 것으로 판단하여 연속으로 5열에 해당하는 좌석(5 × 4 = 20석)과 통로 구간을 대상으로 하였다. 1 좌석에 1인이 탑승하고, 통로 구간에서 좌석열 마다 1명씩이 탑승하는 (5명) 것을 기본으로 고려하였다.

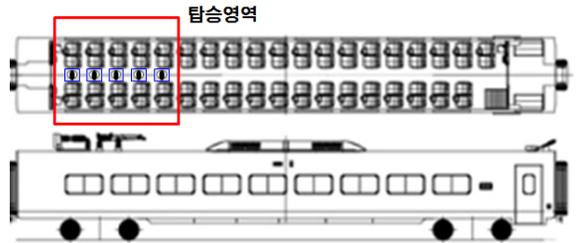


Fig. 2. Test area of ridership in ITX-Saemaeul

Fig. 3은 무궁화호에 대한 탑승능력 실험 영역을 나타낸다. 전반적인 사항은 ITX-새마을의 경우와 대동소이하다.

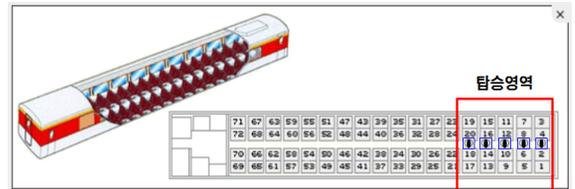


Fig. 3. Test area of ridership in Mugunghwa

Fig. 4는 Fig. 1을 참조하여 탑승능력 실험영역을 표시하였다. 도시철도는 ITX-새마을 및 무궁화와 달리 입석 중심의 탑승이 이루어지는 차량으로서 다소 많은 수의 병력이 탑승실험에 참여한다.

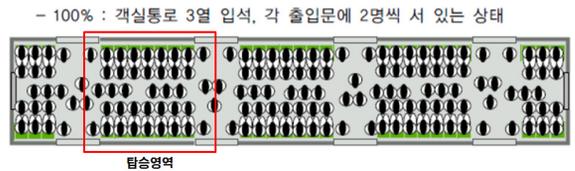


Fig. 4. Test area of ridership in an urban rail

Fig. 2 ~ Fig. 4에 해당하는 차량의 실험영역에서 군장을 휴대한 경우와 휴대하지 않은 경우 각각에 대해 탑승능력 판단을 위한 실험을 수행하였다. 탑승능력의 판단 기준은 실험영역에 적정인원(31명 ≍ 128 (100% 시 도시철도 혼잡도 조건표 기준) ÷ 4)이 미리 탑승한 후 탑승인원을 추가하면서 탑승 병사들이 개인적으로 체감하는 혼잡의 정도를 설문형식으로 조사한 결과를 활용하였다.

Fig. 5 ~ Fig. 7은 각각 ITX-새마을, 무궁화 및 도시철도 차량에서 탑승능력 판단실험의 장면들을 나타낸다.



Fig. 5. A test case of ridership in ITX-Saemaeul



Fig. 6. A test case of ridership in Mugungwha



Fig. 7. A test case of ridership in an urban rail

각 실험결과를 통해 적정 탑승능력(명/량)과 한계 탑승능력(명/량)을 판단한다. 적정 탑승능력은 병력의 추가 탑승 도중 불편(불편 및 다소 불편) 응답정도가

상당 수준으로 증가하는 시점으로 판단한다. 이 판단 기준은 실험계획을 수립한 연구진과 연구과제를 의뢰한 군 담당자간의 협의를 통해서 이루어진 다소 주관적인 요소를 포함하고 있다. 피실험자의 응답방법에 관한 사전교육은 피실험자들의 전시 또는 이에 준하는 상황에서 현재 탑승하고 있는 상태로 2 ~ 3시간 등 상당시간 이동하는 상황을 상정할 경우 현재 상황을 참고서 이동 가능한지 또는 현재 상황이 해당 상황에서 참기 어려울 것인지를 고려해서 답변하도록 실시하였다. 반면 한계 탑승능력은 더 이상 추가 탑승이 불가능한 시점을 기준으로 한다.

### 3.2 실험결과

아래 Table 4와 Table 5는 ITX-새마을호 열차에서 각각 군장 보유한 경우와 미보유한 경우에 대한 탑승능력 판단실험 결과를 나타낸다.

Table 4. Test result of ITX-Saemaeul with armor

번호	탑승자 수		응답자 수			
	좌석	입석	불편하다	다소 불편하다	괜찮다	전혀 불편하지 않다
1	20명	5명	-	3명	1명	1명
2	20명	6명	-	1명	5명	-
3	20명	7명	2명	4명	1명	-
4	20명	8명	5명	3명	-	-
5	20명	9명	5명	3명	1명	-
6	20명	10명	공간 부족하여 탑승불가			

ITX-새마을에서 군장을 보유한 경우 실험영역인 5열의 통로측에 입석 7명 이상이 되면서 불편도가 심해지고, 10명이 되면서부터 추가 탑승이 불가한 것으로 나타났다. 따라서 이 경우 적정 및 한계 탑승능력은 아래와 같다.

- 적정 탑승능력(명/량) : 1명/1석 × 74석 + 75명/(좌석열) × 18.5 (좌석열/량) + 10명/갱웨이 = 110명/량
- 한계 탑승능력(명/량) : 1명/1석 × 74석 + 95명/(좌석열) × 18.5 (좌석열/량) + 10명/갱웨이 = 117명/량

Table 5. Test result of ITX-Saemaoul without amor

번호	탑승자 수		응답자 수			
	좌석	입석	불편하다	다소 불편하다	괜찮다	전혀 불편하지 않다
1	20명	5명	-	-	5명	-
2	20명	6명	-	-	6명	-
3	20명	7명	-	1명	6명	-
4	20명	8명	-	4명	4명	-
5	20명	9명	-	7명	2명	-
6	20명	10명	-	7명	3명	-

ITX-새마을에서 군장을 미보유한 경우 5열의 통로측에 입석 7명 이상이 되면서 불편도가 심해지고, 10명이 되면서부터 추가 탑승이 불가능한 것으로 나타났다. 따라서 이 경우 적정 및 한계 탑승능력은 아래와 같다.

- 적정 탑승능력(명/량) : 1명/1석 × 74석 + 8/5명/(좌석열) × 18.5 (좌석열/량) + 10명/갱웨이 = 114명/량
- 한계 탑승능력(명/량) : 1명/1석 × 74석 + 2명/(좌석열) × 18.5 (좌석열/량) + 10명/갱웨이 = 121명/량

Table 6. Test result of Mugungwha

번호	탑승자 수		응답자 수			
	좌석	입석	불편하다	다소 불편하다	괜찮다	전혀 불편하지 않다
1	20명	5명	-	-	5명	-
2	20명	10명	-	6명	4명	-

무궁화의 경우 무장 및 비무장에 대한 탑승실험의 결과 차이점이 없이 동일한 결과를 나타내었으며, 적정 및 한계 탑승능력에서도 차이점 없이 동일한 결과를 나타내었다. 그 결과는 아래와 같다.

- 적정(한계) 탑승능력(명/량) : 1명/1석 × 72석 + 2명/(좌석열) × 18 (좌석열/량) + 10명/갱웨이 = 118명/량

무궁화의 경우 무장/비무장 및 적정/한계에 대한 실험 결과값에 차이가 없는 이유는 먼저 실험에 참여한 병사들이 반복적인 탑승실험에 신체적 또는 심리적으로 익숙해져서 차별화된 답변이 없어진 것이 원인으로 사료된다. 이는 적정 탑승능력 판단기준 설정 방법론으로서 설문에 의한 방식에 한계점이 있음을 의미하고 향후 개선된 방법론 개발이 필요한 부분이다.

Table 7과 Table 8은 도시철도 열차에서 각각 군장 보유한 경우와 미보유한 경우에 대한 탑승능력 판단 실험 결과를 나타낸다.

Table 7. Test result of an urban rail with amor

번호	탑승자 수		응답자 수			
	좌석	입석	불편하다	다소 불편하다	괜찮다	전혀 불편하지 않다
1	12명	22명	22명	-	-	-

도시철도 무장에 대한 탑승실험 결과 적정 및 한계 탑승능력에서 차이점 없이 동일한 결과를 나타내었다. 그 결과는 아래와 같다.

- 적정(한계) 탑승능력(명/량) : (좌석 12명 + 입석 22명) × 4 = 135명/량

Table 8. Test result of an urban rail without amor

번호	탑승자 수		응답자 수			
	좌석	입석	불편하다	다소 불편하다	괜찮다	전혀 불편하지 않다
1	14명	31명	-	-	-	31명
2	14명	34명	-	-	-	34명
3	14명	37명	-	-	-	37명
4	14명	40명	4명	8명	1명	27명
5	14명	43명	7명	10명	19명	7명
6	14명	46명	9명	15명	22명	-

도시철도 비무장에 대한 탑승실험 결과는 아래와 같다.

- 적정 탑승능력(명/량) : (좌석 14명 + 입석 37명) × 4 = 204명/량
- 한계 탑승능력(명/량) : (좌석 14명 + 입석 46명) × 4 = 240명/량

#### 4. 결론

본 논문에서는 철도차량 객차별 군병력 탑승능력 판단 기준 정립을 위한 연구결과를 제시하였다. 관련 기준에 대한 해외사례 조사결과 미군의 일부 교범에서 해당 내용을 제시하고 있으나 수송 거리 및 수송 시간의 개념적 차이에 때문에 국내 기준으로 바로 참조하기는 곤란한 것으로 판단된다.

국내 일반 승객의 탑승과 관련된 혼잡도 기준으로 조사하고 이를 군 병력 수송에 대한 개념적 탑승기준으로 활용이 가능할 것으로 판단된다. 먼저 좌석의 경우 1인 1좌석 탑승을 기본으로 하고, 입석의 경우 4.27명/m<sup>2</sup>(도시철도 차량 소요판단 기준)을 기본으로 고려할 수 있다.

객차별 탑승실험을 통해 정리되는 탑승능력은 아래 Table 9와 같다.

Table 9. A summary of test results

구분		ITX-새마을	무궁화	전동차	
기존	무장	-	100	-	
	비무장	-	150	-	
제안	무장	적정	110	118	135
		한계	117	118	135
	비무장	적정	114	118	204
		한계	121	118	240
비고		전기동차/좌석형/신규 제정	기관차/좌석형/기존 개정	전기동차/입석형/신규 제정	

Table 9와 같은 실험결과를 제시하면서 기존 기준과 구별되는 점은 다음 두 가지로 요약할 수 있다. 먼저

기존 기관차 중심의 탑승기준을 최근 철도산업에서 광범위하게 활용하고 있는 전기동차 형태의 차량에 대해 확대 하였다. 다음 탑승기준을 적정 탑승능력과 한계 탑승능력으로 구별하여 제시하였다.

본 연구에서 직접 실험되지 않은 차종은 유사한 차종에 대한 기준을 적용하여 해석하면 큰 무리 없이 적용이 가능할 것으로 판단된다.

본 연구에 대한 향후 개선연구로써 적정 탑승능력에 대한 개념과 산출절차의 정립에 대한 부분이 필요할 것으로 판단된다. 이를 위해서는 양립하는 두 가지 측면인 수송효율 측면과 승차시 쾌적성 측면의 지표에 대해 보다 심도 깊은 연구가 이루어져야 할 것이다.

#### 후 기

본 연구는 2015년 국군수송사령부에서 한국철도기술 연구원에 의뢰한 「철도 객차별 인원 탑승 능력 판단」 연구의 결과입니다. 실험에 참여해주신 국군 장병 여러분께 지면을 통해 감사 말씀 드립니다.

본 연구는 「국방 수송분야 현장문제 해결지원 및 향후 국방 수송분야 융복합 연구를 위한 기술개발 기획(RP15002A)」 및 「철도 네트워크의 운영 효율성 향상 기술 및 철도 R&D 실용화 지침 개발(PK1604C)」의 지원으로 이루어졌습니다.

#### References

- [1] Transportation Movement Office, A Request of a Research to Establish a Guideline on Ridership Capacity of Different Rail Vehicles for Military Passengers (Internal document), 2015.
- [2] TR2028 – Prepare Unit Rail Load Plans.
- [3] Transportation Research Board(TRB), Transit Capacity & QOS Manual, Third Edition, 2014.
- [4] The Korean Society for Urban Railway, Improvement of Congestion in the Urban Railway, Policy Symposium, 2015.
- [5] Ministry of Land, Infrastructure, and Transport (MOLIT), Standards for Urban Railway Vehicles, 2012.

[6] Ministry of Land, Infrastructure, and Transport (MOLIT), Regulations for Construction of Urban Railway, 2014.

[7] S. Shin, Congestion Index of Urban Rail Transit Using Public Transportation Card Data, Seoul Development Institute, 2011.