

# 지하철 승강편의시설의 관리체계 강화 필요성 및 방안



한 우 진  
미래철도DB 운영자  
T.050.5719.3459  
idnhan@kg21.net

## 1. 서론

지하철역의 에스컬레이터(이하 ES)와 엘리베이터(이하 EL)는 승객들의 열차 승강 편의에 큰 도움이 되고 있다. 지하철의 특성상 지면에서 승강장까지 수직 이동을 피할 수 없는 데, ES와 EL은 교통약자는 물론이고 일반인들도 빠르고 편리하게 수직이동을 할 수 있게 해준다.

현재 ES와 EL은 역 건축물에 포함된 부수시설로 취급되고 있으며, 관리체계도 이에 준하고 있다. 하지만 지속적인 지하철역 고심도화에 따라 ES와 EL의 이용은 선택이 아닌 필수가 되고 있으며, 총 통행시간 중 ES 및 EL을 이용하는 시간도 길어지고 있다. 이런 상황에서 ES와 EL을 현재처럼 단순 부수시설로 취급하는 것은 관리 효율성과 효과 면에서 한계에 도달하고 있다.

이에 본고에서는 ES와 EL을 전동차와 같은 수송시스템으로 취급해야 할 배경과 필요성에 대해 알아보고, 실제적인 관리방안에 대해 논하고자 한다. 이를 통해 ES와 EL의 관리체계를 개선하여 최대한의 활용이 가능하며 총통행 기준으로 지하철 이용을 효율화시켜 지하철의 경쟁력 강화와 수송분담률 제고, 수요 증대를 기대할 수 있다.

## 2. 배경

ES와 EL의 관리체계가 강화되어야 하는 배경은 다음과 같다.

### 2.1 지하역들의 고심도화

신규 도시, 광역철도 역들은 갈수록 고심도화되고 있다. 역들의 평균심도는 서울시 1기 지하철, 2기 지하철 순서로 깊어져왔다. 또한 이들 노선을 피해서 추가로 건설을 해야 하는 최근 노선들은 더욱 지하로 내려가고 있다.

예전에는 노선의 곡선과 구배가 커지는 것과 공사 중의 도로혼잡을 감수하며 도로 바로 밑에 철도 노선을 건설하였다. 하지만 이제는 실드TBM 등 터널식 공법의 발전 덕분에, 보다 깊은 곳에서 곡선과 구배를 줄여가면서 노선을 건설하고 있다. 이에 따라 지하역의 심도가 깊어진다.

그리고 이제는 심도를 극단적으로 깊게 한 경기도의 대심도 급행전철(GTX, 수도권 광역급행철도) 사업까지 진행되고 있는 상황이다. 심도를 깊게 하면서 토지보상비를 줄여 건설비 절감을 추구하는 것이 대심도 급행전철의 기본 개념이다.

<표 1> 서울지하철 지하역사 심도현황<sup>\*)</sup>

| 호선 | 개통<br>년도 | 심도(m)별 역수 |           |          |     | 평균<br>심도 | 최대심도 |     |
|----|----------|-----------|-----------|----------|-----|----------|------|-----|
|    |          | 20<br>미만  | 20<br>~30 | 30<br>이상 | 계   |          |      |     |
| 1  | 1974     | 9         | 0         | 0        | 9   | 11.4     | 서울역  | 13m |
| 2  | 1984     | 34        | 2         | 0        | 36  | 14.2     | 이대   | 28m |
| 3  | 1985     | 23        | 6         | 0        | 29  | 17.7     | 충무로  | 28m |
| 4  | 1985     | 17        | 3         | 1        | 21  | 16.8     | 남태령  | 37m |
| 5  | 1996     | 22        | 19        | 10       | 51  | 23.5     | 신금호  | 44m |
| 6  | 2001     | 17        | 16        | 5        | 38  | 22.5     | 버티고개 | 43m |
| 7  | 2000     | 10        | 27        | 2        | 39  | 22.7     | 송실대  | 47m |
| 8  | 1999     | 14        | 2         | 1        | 17  | 19.8     | 산성   | 56m |
| 9  | 2010     | 13        | 9         | 2        | 24  | 21.3     | 김포공항 | 36m |
| 계  |          | 159       | 84        | 21       | 264 | 19.9     |      |     |

따라서 이렇게 지하철역의 심도가 깊어지는 상황에서 ES와 EL은 선택이 아닌 필수다. 승강장에서 지상까지 수직이동거리가 너무 길기 때문에 ES나 EL이 없으면 승객들이 심한 피로를 느끼게 되기 때문이다.

### 2.2 승객의 고령화와 체력저하

평균수명의 연장으로 인구 구성이 고령화되고 있는 상황이다. 나이가 많은 승객은 젊은 승객에 비해 체력이 떨어져서, 긴 수평, 수직 이동 거리를 감당하기가 힘들어진다. 이에 따라 지하철의 이용만족도가 떨어지며 지하철 대신 수평 이동이 가능한 버스나 자가용 등을 선호하여 지하철의 수송분담을 제고가 어려워진다.

또한 꼭 고령화가 아니더라도, 현대 도시인들의 체력은 예전에 비해 지속적으로 떨어지는 추세다. 도시의 고밀도 환경에서 몸의 활동이 적기 때문에, 몸을 쓰는데 점점 익숙하지 못하고 있는 상황이며 이는 젊은 층도 예외가 아니다. 따라서 이런 상황에서 ES와 EL의 필요성은 점점 높아지게 된다.

### 2.3 ES 및 EL의 물량 증가

국내 최초의 지하철 ES는 1982년 2호선 역삼역이었고, EL은 1993년 3호선 학여울역이었다. 초기 지하철에서 ES와 EL은 매우 보기 드문 첨단 시설이었지만, 1998년 “장애인, 노인, 임산부 등의 편의증진보장에 관한 법률” 제정 이후, 지하철역에 ES와 EL설치가 본격화되었고, 2006년 “교통약자 이동편의 증진법”이 시행되면서 더욱 가속화되었다. 현재 서울시는 “지하철 이동편의시설 확충 계획”을 통해 ES와 EL을 적극적으로 설치하고 있다.

현재 서울시 지하철에서 운영 중인 ES와 EL의 물량은 매우 많다. 현재 서울시 계획에 따르면 2016년까지 ES와 EL을 합쳐 총 3023대를 설치, 운영할 계획이다. 이는 서울시 3개 지하철 회사의 전동차 총 차량수인 3706량의 82%에 이르는 큰 수량이다.

〈표 2〉 서울시 지하철 ES, EL 설치 계획<sup>2)</sup>

| 구분 | 합계            | 2012년 이전 준공 | 2013년 준공 | 2014년 이후 준공 |
|----|---------------|-------------|----------|-------------|
| EL | 291역<br>935대  | 798대        | 26대      | 111대        |
| ES | 288역<br>2088대 | 1779대       | 46대      | 263대        |

이렇게 ES와 EL의 물량이 늘어남에 따라 체계적인 관리가 점점 시급해지고 있다. 특히 전동차를 관제실에서 중앙 제어 하듯이, ES와 EL도 그러한 식으로 관제할 필요성이 높아지고 있다. 승객 파동에 따른 효율적인 운행, 고장시의 빠른 대처, 사고 발생시 안전한 처리를 위해서는 전동차 관리에 준하는 ES, EL 관리체계가 필요한 것이다.

## 3. ES와 EL이 지하철 서비스에 미치는 영향

한편 이러한 상황에서 지하철 운영사들은 ES와 EL이 자신들이 제공하는 서비스의 질에 큰 영향을 주고 있음을 인식할 필요가 있다.

### 3.1 총통행시간에 미치는 영향

우선 ES와 EL은 지하철을 이용한 승객의 통행시간에 큰 영향을 준다. 지금까지 지하철의 통행시간은 전동차의 표정속도가 결정한다고 생각되어왔다.

하지만 실제로 승객의 총통행시간은 열차 탑승부터 열차 하차까지가 아니라, 지하철역 출입구에서 내려가기 시작하여, 열차를 타고 난후 지하철역 출입구까지 올라오는 데까지 걸린 시간이다. 즉 다음식과 같다

총통행시간  
= 출입구에서 승강장까지 내려가는 시간  
+ 열차대기시간 + 열차탑승시간  
+ 승강장에서 출입구까지 올라오는 시간

따라서 기존 관념대로 총통행시간을 열차탑승시간만으로 생각하는 것은 심각한 오류라고 할 수 있다. 출입구에서 승강장까지의 시간이 총통행시간을 늘린다. 특히 내려가는 시간과 올라가는 시간이 이중으로 걸리며, 지하철역의 고심도화로 시간도 점점 길어지고 있다.

결국 출입구~승강장 사이의 이동시간을 결정하는 ES와 EL이야말로 지하철 서비스의 중요 요소인 총통행시간을 결정하는데 매우 중요한 요소인 것이다. ES와 EL을 이용한 통행시간 단축이 시급한 이유다.

### 3.2 ES와 EL이 승객 동선에 미치는 영향

지하철역 건축 설계에서 있어서는 승객의 동선이 늘 고려된

다. 하지만 오래된 역들은 이들 동선에 대한 배려가 부족한 경우가 많다. 특히 계단 동선만 고려된 예전 지하철역에서 ES와 EL이 신설될 경우, 이들 때문에 동선이 혼란을 겪는 경우가 발생한다. 따라서 이 부분에 대한 세심한 배려가 필요하다.

예를 들어 EL이 신설되었는데 많은 교통약자 승객이 EL을 선호하여 EL앞에서 대기함으로써 일반 승객의 동선을 가로막을 수 있다. ES를 타기 위해 기다리는 긴 줄이 지하철 역내 또는 역 외부 출입구 앞 혼잡을 유발하는 점도 문제다. 이는 지하철 서비스의 질 저하를 가져온다.

그리고 열차 도착 특성상 승객이 갑자기 몰려서 도착하므로 ES의 용량을 높일 필요가 있다. 시간대에 따라 이동량이 변하는 동선은 도로의 가변차선과 같이 ES의 방향을 적절히 조절 해주어야 한다. 역무원이 수동으로 조절하는 것은 비효율적이며 ES와 EL이 이러한 변화에 동적으로 대응할 수 있어야 한다.

이렇듯 경직되지 않은 유연한 역내 승객 동선체계를 만드는 데 ES와 EL이 충분히 기여할 수 있어야 한다.

#### 4. 현행 ES 및 EL 관리실태

하지만 현재 지하철의 ES, EL관리 실태는 아쉬운 점이 많다.

##### 4.1 사고

우선 ES와 EL에서 지속적인 사고가 발생하고 있다. 전동차 운행에서 사상사고가 거의 발생하지 않는 것을 감안할 때, ES와 EL의 사고율과 피해수능는 꽤 많은 편이다.

특히 ES, EL은 전동차와 달리 수직이동이 연계되어 있으므로 이에 따른 위치에너지로 인하여 사고 피해가 큰 편이다.

전동차 운행 중 사상자가 발생했다면 매우 심각한 사고로 인식되나, ES와 EL의 사고는 사회적으로 반향이 적다. 사회적

으로 ES 및 EL 사고에 대해 인식이 부족하다고 할 수 있다.

##### 4.2 이용률

ES와 EL이 고장상태에서 방치되고 있는 경우도 잦다. 비록 ES와 EL은 계단이라는 대체품이 있긴 하나, ES, EL 자체가 고가의 기계장치임을 생각해보면 고장상태로 방치하여 이용률을 떨어뜨리는 것은 상당히 낭비적인 요소이다.

만약 전동차가 운행이 중단되었다면 이는 매우 중대한 상황으로 인식된다. 하지만 ES와 EL의 운행중단은 상대적으로 가볍게 여겨진다. 갈수록 고심도화되고 있는 지하철역 환경에서 ES와 EL의 운행중단은 계단으로의 대체 수송마저 불가능하게 만든다. 화재가 발생하는 등의 비상상황이라면 더욱 치명적이다. ES와 EL의 운영중단에 대해 보다 심각하게 생각하는 인식이 필요하다.

##### 4.3 용량

ES와 EL의 또 다른 문제는 낮은 용량으로 인하여 ES와 EL 앞에 긴 대기열이 형성된다는 점이다. 이에 따라 지하철역의 새로운 혼잡요소가 되고 있으며 승객들도 긴 시간을 기다려야 한다. 이는 ES가 편리하긴 하나, 기본적으로 계단보다 수송력이 낮았는데 기인한 것이다. 단위 시간당 승객 처리 용량이 계단보다 떨어진다.

이러한 곳은 승객 동선의 병목 구간이 되어 원활한 지하철 이용을 방해한다. 총통행시간을 늘려서 지하철의 경쟁력을 떨어뜨리며, 특히 환승승객이 많은 곳에서 이런 일이 발생할 경우 심각한 서비스저하를 유발할 수 있다.

대표적인 사례라면 아침 출근시간에 광역버스에서 내린 대량의 승객이 출입구를 통해 지하철역으로 내려가야 하는데 이곳에 용량이 적은 ES이 설치되어 있어 대기열이 매우 길어지는 상황을 겪은 서울메트로 4호선 사당역 3번 출구이다.<sup>14)</sup>

##### 4.4 외주관리

또한 현재 ES와 EL의 관리는 주로 외주에 의해 시행되고 있다. 물론 업무 전문화에 따라 외주화가 시행되는 것은 자연스러운 일이고, 이는 전동차도 예외는 아니다.

하지만 지나친 외주화로 인해 안전이나 효율성이 떨어지지 않는지에 대해서는 진지한 점검이 필요할 것이다. 특히 2014년 5월 2일 있었던 서울메트로 2호선 상왕십리역 열차추돌 사고는 외주관리 중이었던 신호기에서 발생했던 문제가 원인이

〈표 3〉 서울시 지하철 승강기 피해정도별 현황<sup>3)</sup>

| 발생년도    | 사고건수 | 피해자 계 | 사망 | 중상 | 경상 |
|---------|------|-------|----|----|----|
| 2007    | 2    | 2     | 0  | 2  | 0  |
| 2008    | 16   | 17    | 0  | 14 | 3  |
| 2009    | 9    | 10    | 1  | 5  | 4  |
| 2010    | 7    | 10    | 1  | 5  | 4  |
| 2011    | 11   | 12    | 0  | 9  | 3  |
| 2012.06 | 10   | 11    | 1  | 8  | 2  |

었던 것으로서, 지하철 설비 외주관리에 대한 회의감을 불러 일으켰다. ES와 EL을 중요 수송시스템으로 본다면 역시 지나친 외주화에 대한 우려가 들 수 있다. 기본적으로 지하철 회사들이 ES와 EL 유지보수 및 관리에 대해 충분한 역량을 갖추는 것이 필요하다.<sup>15)</sup>

## 5. ES와 EL의 관리 및 운영체계 개선 방향

결국 이와 같은 문제점을 해결하기 위해서는 ES와 EL에 대한 근본적인 관리 및 운영체계를 개선할 필요가 있다.

### 5.1 수송시스템으로서의 위상 강화

가장 중요한 것은 ES와 EL의 위상을 높이는 것이다. 단순한 역내 건축물의 편의시설이나 부속시스템으로 생각하지 말고, 전동차와 마찬가지로 승객을 수송하는 ‘수송시스템’이라고 생각하는 인식의 대전환이 요구된다.

현재 지하철 회사의 본사조직구조는(예: 서울메트로) 전동차 운영을 핵심으로 설정하고 ‘운영본부’를 두고 있다. 운영본부 산하에는 전동차 자체를 관리하는 차량처, 전동차를 정비하는 정비처, 전동차를 운행시키는 운전처가 있다.

하지만 ES와 EL을 관리하는 부서는 토목건축처 편의시설팀과 기계전자처 승강기과 등으로 분산되어 있고, 위상도 운영본부에 미치지 못한다. ES와 EL을 하나의 교통수단으로 보는 관점에서 운영본부와 나란히 양립할 수 있는 위상 구축이 필요하다. 예를 들어 ‘전동차본부’와 ‘승강편의시설본부’라는 조직을 구성하는 것을 고려할 수 있다.

아울러 승객의 인식을 전환시키는 것도 필요하다. 현재 EL은 단순히 교통약자를 위한 특별서비스로 인식되고 있는 상황이다. 그러나 심도가 깊은 지하철역에서는 EL이 가장 빠른 통행시간을 제공하기 때문에 일반인까지도 EL에 몰리고 있다. 현실적으로 어쩔 수 없는 상황인데도 노약자가 아닌 사람들은 EL를 타면서 눈총을 받는다. 확실히 노약자만 타도록 제한을 하든지 아니면 누구나 탈 수 있게 회사 측에서 입장을 명시하는 게 좋다. 철도운영사의 어정쩡한 태도는 승객을 불편하게 한다. 방관하지 말고 운영 회사 측의 입장을 명확히 해주는 게 서비스 개선에 도움이 된다.

장기적으로는 계속된 대심도화로 인해 EL이 계단이나 ES를 제치고 주된 동선으로서의 위상을 갖게 될 것이다. 이러한

시대에 대비해야 한다.

### 5.2 지표에 입각한 철저한 관리운영

전동차 운행의 각종 지표는 경영상 매우 중요한 것으로 평가받으며, 안전과 직결된 지표는 정부의 관리감독도 받고 있다. 하지만 ES나 EL은 이런 점이 부족하다. ES와 EL을 수송시스템이라고 생각하면, ES, EL에서 발생하는 사고와 운영중단도 매우 심각한 것이다. 발상을 바꾸어야 한다.

따라서 ES와 EL의 무중단 운영, 사상자, 사고율, 수송능력 등 다양한 측면에서의 지표를 마련하고 이를 관리해나갈 필요가 있다.

증장기적 지표도 중요하다. ES 및 EL의 대기열 감소, 승강장-출입구간 소요시간 등을 지표로 관리하여 시설개량 계획을 수립할 수 있다. 승객 수요를 철저히 분석하여 전동차를 운행시키듯, ES, EL 수요도 분석하고 이에 맞는 운영계획을 수립해야 한다.

### 5.3 ES와 EL에 최적화된 유연한 운영체계

ES, EL을 단순한 편의시설물로 보면 안 된다. 편의시설이라면 자동판매기처럼 계속 켜두는 것으로도 충분하다. 비록 에너지 절감을 위해 승객이 이용을 안 하면 자동으로 운영을 멈추고는 있으나 그 정도로는 부족하다. 전동차와 그 운행시스템이 큰 발전을 이루어 온 것처럼, ‘수송 시스템’으로서의 ES, EL도 큰 진보를 할 필요가 있다.

우선 수요를 철저히 분석하여 설치해야 한다. 단순히 법령에 따라 기계적으로 설치하는 것으로는 한계가 많다. ES의 수송력이 해당 동선의 용량을 감당하지 못한다면 차라리 설치하지 않는 것도 좋은 방법이다.

EL의 가치에 대한 인식도 개선되어야 한다. 지금까지 EL은 주된 승객 이동 시설이라기보다는 교통약자나 화물을 위한 보조적인 수단으로 인식되어 왔다.

하지만 대심도 철도 시대에는 시간이 많이 걸리는 ES보다 EL에 대한 수요가 더욱 높아질 것이다. 이미 일반 승객이 EL을 크게 선호하는 사례는 공항철도 서울역이나 김포공항역에서 볼 수 있으며, 부산 3호선 만덕역은 ES 운영을 중단하고 EL로만 승객을 수송하고 있다. 이러한 환경에서 지하철역의 EL 설치와 이를 통한 효율적인 동선 설계에 선제적으로 대응할 필요가 있다.

또한 ES의 수송력은 운행속도에 비례한다. 우리나라의 ES

〈표 4〉 세계 지하철의 ES 속도<sup>[6]</sup>

| 지하철 설치 도시 | ES 속도   |
|-----------|---------|
| 모스크바      | 50m/min |
| 런던        | 45m/min |
| 홍콩        |         |
| 일본        |         |
| 싱가포르      |         |
| 서울        | 30m/min |

는 안전을 지나치게 중시하다보니 과도하게 낮은 속도에 머물러 있다. 물론 안전이 중요한 가치이긴 하나 수송력과 균형이 필요하다. ES의 속도를 높이면 수송력을 높일 수 있으므로 ES의 증속이 검토되어야 한다. 전동차도 증속을 실시하여 회전률 향상과 수송력 증대를 노리는데 ES만 그대로 두는 것은 문제이다.

증속이 안전에 방해가 될 것이 우려된다면, 병렬로 설치된 2개 이상의 ES에서 차등적으로 속도를 설정하여 운영하는 것을 고려할 수 있다. 안전과 에너지 비용을 고려하여 승객이 적거나, 노약자 이용비율이 많은 시간에는 감속하고, 피크시간대에 증속하여 운행하는 방법도 고려될 수 있다.

EL도 증속을 통해 회전률 향상과 수송력 증대를 기대할 수 있다. 또한 2층 EL 등 첨단 시스템 도입을 통해 수송력을 높이는 것을 고려할 수 있다. 아울러 지하철역 대심도화에 따라 ES 운영 없이 대용량 EL로만 승객을 수송하는 방안도 고려되어야 한다. EL 운행의 지능화도 필요하다. 열차가 도착 예정일 경우, 미리 승강장 층에 가서 대기하는 것이 하나의 예이다. 이를 통해 대기시간을 줄이고, EL의 수송력을 극대화할 수 있다. 사물인터넷을 이용한 첨단 운영이 필요하다. 변화하는 지하철 환경에 선제적으로 대응하는 산학연의 노력이 필요하다.

#### 5.4 광고 개발과 안내체계

현재 서울시 디자인 규정에 따라 ES에는 충분한 광고물 설치를 하지 못하고 있는 실정이다. 특히 핸드레일 등 몇몇 효과가 좋은 광고가 시행 가능하도록 지속적인 규제완화와 법령 정비가 필요하다. 전동차가 충분한 광고를 시행하고 있고 광고가 적극 권장되고 있는 것과 마찬가지로 ES, EL도 단순한 편의시설이 아닌 수송시스템 차원에서 광고의 효과가 재인식되어야 한다.

ES와 EL에 대한 안내체계도 중요하다. EL앞에서 출구까지의 소요시간을 안내할 필요가 있다. ES를 이용하면 출구까지

x분, EL를 이용하면 출구까지 y분~z분이라고 명확히 안내를 해주는 것이다. 사소한 것이지만 이러한 분명한 정보제공이 승객들에게 큰 도움이 된다. 전동차가 도착 예정시간을 안내하는 것과 같은 개념이다. ES와 EL을 수송시스템으로 보는 인식하에서 이러한 것들이 가능해진다.

## 6. 결론

현재 지하철역에 설치된 ES, EL의 물량이 계속 늘고 있으며, 신규노선의 대심도화로 인하여 ES와 EL의 관리체계가 새로운 변화를 필요로 하고 있다. 기존과 같이 단순한 편의시설, 부수서비스로 인식하면 당면한 문제를 더 이상 해결하기가 어려워지며, 효율적인 ES, EL 사용이 곤란해진다.

이제는 ES, EL의 관리체계가 새로운 질적 변화를 필요로 하고 있다. ES와 EL에 대한 관점부터 바꾸어야 한다. 출발역 플랫폼과 도착역 플랫폼 사이를 연결하는 전동차와 마찬가지로, 플랫폼에서 출입구까지를 연결하는 교통수단으로 보아야 한다.

이렇게 ES, EL을 교통수단으로 인식하여 전동차에 준하는 철저한 관리체계를 시행하고 이를 뒷받침하는 조직체계도 갖추어야 한다. 운영효율성을 높이는데 많은 노력을 기울여야 한다. 또한 학계에서는 산업계와 손잡고 ES와 EL의 효율적인 운영, 관리에 대한 지속적인 연구가 시행되어야 한다.

ES와 EL은 상당한 Cost를 이용해서 설치한 것이다. 더 많은 Benefit을 얻으려는 지하철 운영사의 다각적 노력이 필요하다. 이것이 21세기 도시철도가 요구하는 효율적 운영의 중요한 요소가 될 것이다. ☺

#### ♣ 참고문헌

1. 박선희, "대심도 지하역사의 방재기준 설정 및 친환경 공조시스템 관리방안 연구", 한국철도기술 제45호, 2012, 2, 29
2. 서울시 보도자료, "서울시, '16년까지 지하철 엘리베이터 등 446대 추가 설치", 2013, 1, 28
3. 김성태 의원 국정감사, "노선별, 역별 서울시 지하철 승강기 고장 및 사고현황", 2010, 10
4. 김창훈 기자, "에스컬레이터 공사 두 번 한 상당원 지하철 3번 출구의 '교훈'", 한국일보, 2012.9. 26
5. 신재우 기자, "서울메트로 설비 '과도한' 외주, 통합관리 불안해져", 연합뉴스, 2014, 5, 7
6. 강지현 기자, "에스컬레이터가 느리다", 시빅뉴스, 2013, 5, 2
7. 김지연, 김동준, 박상태, 정성봉(2013), "도시철도 승강편의시설의 용량 산정 기준에 관한 연구", 한국철도학회 추계학술대회 논문집