

# 철도용량 편람

2017



## 발 간 사

철도산업을 구성하는 부문은 철도시설(선로, 역, 전철전력, 신호, 정보통신, 건축, 차량기지, 각종설비 등), 철도차량, 철도운영 및 기타 지원부서 등으로 이루어져 있으며 각 부문이 통합되어 유기적으로 협력하면서 최종 서비스 상품인 열차를 운영하고 있습니다.

철도용량(Railway Capacity)은 철도투자사업의 시설계획과 열차운영계획의 핵심사항으로 철도투자사업의 기획, 계획, 설계단계에서 교통수요예측에 따른 열차설정과 고속 및 저속열차 비율, 설계속도, 역간거리, 정거장 용량, 대피시설의 유무 판단, 신호 및 열차제어시스템 설계 등에 관련된 사항이다. 그리고 운영단계에서는 열차운전시격(Headway), 전인정수 및 열차다이어그램 생성 등 영향을 미치는 중요한 개념으로 과학적이고 논리적인 접근이 필요합니다.

그러나, 이러한 중요성에도 불구하고 철도부문에 대한 경험과 전문성을 갖추지 못하고 이해당사자들의 철도용량 개념에 대한 혼동과 이해 부족 등으로 철도용량 산정 값에 대한 논쟁이 이어지는 현실로 지금까지는 대부분 해외철도 기준이나 관행적인 계획방식 및 운전이론을 답습하고 있으며, 체계적인 매뉴얼이 없었습니다. 또한, 복수의 철도운영자 탄생 등으로 단일노선에 다양한 열차가 혼용 운영되고 있는 철도산업의 변화에 따라 노선의 기획단계에서부터 운영단계에 이르기까지 새로운 노선의 건설, 개량, 철도시스템 도입 등 철도시설관리자의 능동적인 대처가 필요한 시점입니다.

이에 따라, 우리 공단에서는 3년에 걸친 연구를 통하여 철도관제자 및 전문가를 모시고 세미나 및 토론회를 개최하는 등 공감대를 형성하여 철도용량편람(안)을 마련하였습니다. 본 편람(안)의 제1장은 개론을 제2장은 철도용량 산정을 위한 기본사항을 제3장은 철도노선용량 산정을 제4장은 철도노선 서비스수준(LOS) 결정을 제5장은 철도차량용량 산정 및 서비스수준(LOS) 결정을 제6장은 예제를 다루었습니다.

철도용량을 산정하는 방법은 크게 해석적 방법과 시뮬레이션 방법이 있습니다.

해석적 모형의 경우 산식에 기반하고 계산이 용이하여 누구나 손쉽게 활용 가능하다는 장점이 있으나 분석된 결과의 정확도가 다소 낮다는 단점이 있습니다. 따라서 해석적 모형은 장기적 건설계획과 같은 거시적측면에서 활용성이 높으며 국외의 UIC-405(유럽), TCRP-13(미국), 야마기시(일본) 그리고 TRA(대만)의 단일선구 방식은 해석적 방법에 해당합니다.

시뮬레이션 모형의 경우 상대적으로 필요한 데이터 및 파라미터가 많고 계산과정이 복잡하여 전문적인 SW가 필요한 단점을 있으나, 열차시각표 작성 수준으로 정밀한 용량분석이 가능하여 선로배분이나 운영측면에서 활용성이 높으며 국내 선로배분프로그램(KR-LAS, 철도공단), 국외 TRA(대만)의 연속선구 방식과 UIC-406(유럽) 방식은 시뮬레이션 방법에 해당합니다.

본 철도용량편람(안)은 산식에 기반을 둔 해석적 방법으로 누구나 손쉽게 철도용량 산정이 가능하도록 하였으며, 예제를 통해서 쉽게 이해할 수 있습니다.

본 철도용량편람(안)은 산식에 기반을 둔 해석적 방법으로 누구나 손쉽게 철도용량 산정이 가능하도록 하였으며, 예제를 통해서 쉽게 이해할 수 있습니다.

또한, 국내 철도환경을 고려한 철도 서비스수준(LOS, Level Of Service) 개념을 도입하여 합리적이고 표준화된 철도 교통 계획 및 분석 등 우리나라 실정에 맞도록 정량화된 식으로 제시하여 국가 기관을 포함한 관련분야 업무에 활용이 가능하도록 매뉴얼화 하였습니다.

특히, 정부 및 철도시설관리자는 국가철도망 구축 계획 시 본 편람(안)을 활용하여 국가철도망 사업의 최적투자시기를 결정하고, 철도에서도 서비스수준(LOS) 개념을 도입한 철도 정책에 반영할 수 있는 근거로 사용하고 철도운영자는 장기적 철도운영계획을 수립하는데 있어 많은 역할을 할 수 있을 것으로 기대합니다.

2017년 12월

한국철도시설공단 기획재무본부장





# 목 차

## 제1장 개론

- 1. 본 편람의 목적 ..... 3
- 2. 용어의 정의 ..... 3
- 3. 적용범위 ..... 6
- 4. 해외사례 ..... 7

## 제2장 철도용량 산정을 위한 기본사항

- 1. 철도네트워크(Network) 구성요소 ..... 11
- 2. 철도노선용량과 철도차량용량간의 관계 ..... 12
- 3. 철도의 첨두시간대 ..... 13
- 4. 철도차량 통과량과 속도와의 관계 ..... 15
- 5. 서비스수준(LOS)정의 및 효과척도(MOE) ..... 16

## 제3장 철도노선용량 산정

- 1. 철도노선용량산정 개요 ..... 19
- 2. 기준열차 생성 ..... 22
- 3. 복선 철도노선용량 산정 방법론 ..... 26
- 4. 단선 철도노선 용량 산정 방법론 ..... 30
- 5. 철도노선용량 산정 예시 ..... 32

## **제4장    철도노선 서비스수준(LOS) 결정**

- 1. 철도노선 서비스수준(LOS) 결정 ..... 49
- 2. 열차 등급별 철도노선의 서비스수준(LOS) 결정 ..... 53
- 3. 기존철도의 철도노선 서비스수준(LOS) 평가 ..... 54
- 4. 철도노선의 서비스수준(LOS) 평가 예시 ..... 56
- 5. 열차지연과 철도노선 서비스수준(LOS) 간 관계 ..... 89

## **제5장    철도차량용량 산정 및 서비스수준(LOS) 결정**

- 1. 철도차량용량 산정 개요 ..... 97
- 2. 철도차량용량 산정 과정 ..... 97
- 3. 철도차량용량 산정 및 서비스수준 결정 ..... 103
- 4. 철도차량용량 산정 예시 ..... 104

## **제6장    철도용량편람 활용예시**

- 1. 철도시설투자계획자의 철도용량편람 활용방안 ..... 109
- 2. 철도시설관리자의 철도용량편람 활용방안 ..... 109
- 3. 철도운영자의 철도용량편람 활용 방안 ..... 110
- 4. 기타 철도용량편람 활용 방안 ..... 110

## **부록    철도용량 산정 및 관리프로그램**

- 1. 철도용량산정 프로그램 프로세스구성 ..... 113
- 2. 철도용량산정 및 결과 평가 등을 위한 사용자 UI S/W 개발 .... 113
- 3. 운행횟수에 따른 LOS값 시각화 모듈 구성 ..... 114
- 4. 프로그램 사용자 매뉴얼(CD 포함) ..... 116



## <표 차례>

<표 1-1> 철도용량편람 적용 범위 .....	6
<표 1-2> 철도사업 추진 단계별 관련 정보 수집 가능 여부 .....	6
<표 2-1> 철도 Network 구성요소 정의 .....	11
<표 2-2> 철도노선용량의 효과척도 .....	16
<표 2-3> 철도차량용량의 효과척도 .....	16
<표 3-1> 단위선구를 운행하는 열차의 종류, 특성 및 운행비율 .....	22
<표 4-1> 철도노선 서비스수준(LOS) 등급별 정의 .....	50
<표 4-2> 철도노선구간의 서비스수준(LOS) 등급별 평가 기준 .....	52
<표 4-3> 철도노선 서비스수준(LOS) 등급별 선로이용률 기준 국외 사례 비교 .....	52
<표 4-4> 철도노선구간의 철도 서비스수준(LOS) 별 MOE .....	53
<표 4-5> 1차지연의 발생 요인 .....	89
<표 4-6> 용량을 초과하는 철도운행계획으로 인한 계획지연 예시 (용량 180회/일 가정) ....	90
<표 4-7> 철도노선 이용률(v/c)에 따른 1차 지연 회복시간 .....	92
<표 5-1> 고속철도 및 일반철도 운영현황 .....	98
<표 5-2> 고속철도 좌석 및 객차운영 현황 .....	98
<표 5-3> 일반철도 좌석 및 객차운영 현황 .....	99
<표 5-4> 도시철도 차량 현황(수도권) .....	100
<표 5-5> 서비스수준별 인당 점유면적 및 이격거리 .....	102
<표 5-6> 서비스수준별 인당 좌석 점유율 .....	103

## <그림 차례>

<그림 1-1> 회외사례- 미국(1) .....	7
<그림 1-2> 회외사례- 미국(2) .....	7
<그림 2-1> 철도 Network 구성요소 .....	11
<그림 2-2> 철도용량의 정의 .....	12
<그림 2-3> 시간대별 철도 이용 수요(승차자수)의 집중도 변화 .....	14
<그림 2-4> 고속철도 시간대별 수요(승차자수)-공급(출발시각 기준열차운행 횟수)의 집중도 변화 .....	15
<그림 2-5> 철도차량 통과량과 열차운행속도 간 관계 .....	19
<그림 3-1> 철도노선용량에 영향을 미치는 요소들 .....	19
<그림 3-2> 철도노선용량 계산 시 전제조건 및 가정 .....	20
<그림 3-3> 복선 철도노선용량 산정 절차도 .....	21
<그림 3-4> 단선 철도노선용량 산정 절차도 .....	23
<그림 3-5> 기준열차의 차량전장 및 제한속도 생성(예시) .....	24
<그림 3-6> 기준열차의 상용 가·감속도 생성(예시) .....	24
<그림 3-7> 기준열차 변환계수 도입 필요성 .....	28
<그림 3-8> 대피선-정차패턴에 따른 정거장시격(Station Headway) 산정 방법 .....	28
<그림 3-9> 교행가능역간 운전시분 계산 개념 .....	30
<그림 4-1> 철도노선 서비스수준 평가지표간 관계 .....	49
<그림 4-2> 열차지연과 철도노선용량 이용률( $v/c$ ) 간 관계 .....	51
<그림 4-3> LOS별 효과척도(MOE) 선정 방법 .....	53
<그림 4-4> 철도노선 서비스수준(LOS) 평가 절차도 .....	54
<그림 4-5> 선행열차(군)의 지연발생으로 인한 후행열차(군)의 2차지연상황의 발생 .....	89
<그림 4-6> 계획지연 반영에 따른 선구별 열차운행 변화 .....	90
<그림 4-7> 열차지연시간 산정 Simulation 과정 .....	91
<그림 4-8> 시간당 열차대수와 the rate of irregularity, 평균지체 간 비율 .....	92
<그림 4-9> 열차운행횟수와 열차지연과의 상관관계 .....	93
<그림 4-10> 평균지연시간에 따른 포화수준 .....	94
<그림 4-11> 철도노선용량 이용률에 따른 지연시간 분포 .....	94
<그림 5-1> 철도차량용량 산정 개요 .....	97
<그림 5-2> 철도 차량의 구분 .....	97
<그림 5-3> 고속철도 차량 좌석 현황 .....	98
<그림 5-4> 일반철도 차량 좌석 현황 .....	99
<그림 5-5> 도시철도 차량 좌석 배치도 .....	100
<그림 5-6> 철도 차량 입석 면적 산정 .....	101
<그림 6-1> 고속철도노선, 경부1선 대상 .....	109



# 제1장 ■ 개론

2017 철도용량편람

1. 본 편람의 목적
2. 용어의 정의
3. 적용범위
4. 해외사례



## 1. 본 편람의 목적

철도용량 분석의 목적은 장래 철도수요 증가 등 장래 사회여건 변화에 대비하여 철도시설(철도노선, 철도차량)의 적정 투자시기를 예측·결정하기 위함이다. 아울러 현재의 철도시설의 서비스수준(LOS)를 평가하고 이를 기초로 다양한 정책분석을 수행할 가이드라인을 구축함에 있다.

## 2. 용어의 정의

- 가속손실시간  
(Accelerating loss time) 가속으로 인한 손실시간, 열차가 정차 후 가속하여 최고속도에 도달하기 위해 손실되는 시간
- 경제용량 열차운행이 원활하며 최저 수송원가로 운행되는 열차운행횟수를 의미(실제 산출방법이나 적용사례 거의 없음) [김익희 외, 2013]
- 계획지연  
(Planned delay) 의도적으로 열차의 운행속도를 줄임으로서 발생하는 지연[A. Landex, 2010]. 열차운행의 안전 또는 철도노선용량을 초과하는 열차운행 횟수 투입을 위해 '의도적'으로 열차운행계획 수립시 열차 운행속도를 낮게 계획할 때 발생하는 '운행 가능 속도 대비 계획 운행속도의 차이'로 인한 지연. 이는 열차운행계획(또는 열차시각표) 대비 실제 열차운행의 차이로 관측되지 않는 특성이 있음.
- 기본여유시분  
(Operational margin) 열차운행을 위한 최소한의 안전을 확보하기 위한 시간
- 기준시간 철도노선용량을 계산하는 단위로 선로유지보수 및 미운영시간은 제외한 시간이다. 본 편람에서는 1일을 기준으로 하였을 때, 고속철도는 17.5시간(1,050분), 일반철도는 18시간(1,080분), 도시철도는 19시간(1,140분)을 사용한다.
- 기준열차  
(Standardized train) 선구를 운행하는 다양한 열차 차종을 운행횟수에 따라 가중 평균한 가상열차
- 대피선(Siding) 정차장에서 열차를 대피시킬 목적으로 부설하여 놓은 선로, 후속 열차가 선행열차를 추월할 필요가 있을 때 또는 열차 밀도가 높아져 선행열차가 출발하기 전에 후속열차를 진입시킬 필요가 있을 때, 화물열차의 조성과 정리를 화물열차를 장시간 역에 정차시킬 필요가 있을 때 등을 위해 설치한 선로로 정차본선이라고도 함. 본 편람에서는 대피선과 부분선은 같은 개념으로 혼용함.
- 본선시격  
(Line headway) 정거장 외 본선에서 물리적으로 가능한 최소시격
- 서비스수준  
(LOS; Level Of Service) 철도시설 및 철도차량의 혼잡정도 등을 A에서 F까지로 나타내는 서비스수준 구분체계
- 선구(Line section) 철도의 선로를 구간에 의해 나눈 것, 본 편람 내에서는 철도노선 용량을 산정하는 단위로 열차의 동질성이 확보되는 최대 선로구간
- 설계용량  
(Desing Capacity) 1) 한 시간, 한 방향, 한 궤도 상에서 한 시점을 통과할 수 있는 최대 승객의 수 [TCRP, 1996]  
2) 시간당·방향당 단일노선을통해서수송가능한최대승객수[오석문

- 신호시스템 (Signalling system) 열차의 운영을 제어 및 보호하기 위해 철도에서 사용하는 특정 시스템
- 실용용량 1) 현실적 운영 조건(열차 시설보수시간, 운전취급시간, 운전 여유 시간 등)을 고려한 용량 [김익희 외, 2013]  
2) 수요의 가변성을 고려하면서 한 시간, 한 방향, 한 궤도 상에서 한 시점을 통과할 수 있는 최대 승객의 수 [TCRP, 1996]
- 여유거리 (Buffer distance) 폐색구간별 중복에 따른 여유거리
- 여유시간 (Operation margin) 역간 운전시분에 추가적으로 반영하는 운영상의 여유시간
- 열차패턴비율 (Rate of halting pattern) 선·후행 열차의 정거장 정차조건(정차-정차, 정차-통과, 통과-정차, 통과-통과) 및 대피선의 수로 구분
- 영업용량 (Commercial capacity) 열차운행자가 이용 가능한 설비 및 운영인력 범위 내에서 수송수요 분포특성을 감안하여 실제 제공되는 열차운행시각표상의 운행횟수 [김익희 외, 2013]
- 운전시격(Headway) 선행열차와 후속열차간의 운전을 위한 배차 시간 간격. 운전시격의 최소 값을 최소운전시격이라 하며, 일반적으로 최소운전시격을 운전시격이라 하는 경우가 있음. 1개의 열차에 대한 뒤따라오는 열차 또는 마주 오는 열차와의 시간적 간격
- 운행비용 동일 선로를 복수 회사가 운영할 경우, 또는 급행과 일반 열차가 운영할 경우 선로배분자로 하여금 철도산업발전기본법, 선로배분지침 및 선로배분 규정에 따라 배분된 비용
- 정거장시격 (Station headway) 선구내의 정거장에서의 정차조건을 고려하여, 정거장에서 진출한 열차와 정거장으로 진입하는 열차의 시격
- 정차시간(Dwell time) 승객의 승하차, 교행, 대피, 화물취급 등을 위하여 정거장에 정차하고 있는 시간
- 정차패턴 동일 열차 또는 속도가 다른 열차 및 행선이 다른 열차들의 일정한 형태로 반복하여 일정역에서의 정차 및 통과의 형태를 지칭
- 제동거리 열차운전에서 제동을 취급하여 정차할 때까지의 거리
- 제동손실시간 (Braking loss time) 제동으로 인한 손실시간, 최고제한속도로 운행하던 열차가 감속하여 정지할 때까지 소요되는 시간에서 제동거리 만큼을 정차하지 않고 최고속도로 이동한 시간을 뺀 시간
- 제동시간 브레이크 지시가 부여되면서부터 소정의 속도로 감속될 때까지의 시간
- 제한속도 (Limit Speed) 운전의 안전 확보를 위해 여러 조건에 의해 제한을 부여한 속도
- 철도Network 링크와 노드가 연결된 철도 시스템
- 철도노선 이용률 (Track utilization efficiency) 철도노선 이용률'은 철도노선용량(C) 대비 실제 운행되는 열차운행 횟수(v)의 비( $v/c$ )를 의미함. 이를 철도 Diagram(Dia)상에서 표현하면, 유효 시간대와 설정열차의 종별, 선로보수 등에 따라 열차를 설정할 수 있는 시간으로 1일 24시간에 대한 비율을 의미함.
- 철도등급 본 편람에서 철도 등급은 열차의 속도에 따른 고속철도 및 일반철도로 구분, 서비스 목적에 따른 차량용량 산정을 위한 구분
- 철도용량 (Railway Capacity) 철도노선용량과 철도차량용량으로 구분되나 주로 철도노선용량을 의미함 - 철도노선용량(선로용량) : 기준시간동안 한 구간(또는 구

	간 내 지점)을 통과하는 최대 운행 열차수 (단위 : 횡수/기준시간)- 철도차량용량 : 기준시간대에 한 차량(또는 한 편성)에 탈 수 있는 최대 인원수 (단위 : 인/량, 인/편성)
○ 첨두시간	하루 중 열차운행횡수가 가장 많은 시간으로 본 편람에서는 고속/ 일반철도는 3시간 적용, 도시철도는 3시간 적용함
○ 최대허용용량 (Achievable capacity)	설계용량에 대해 각 객실별 혼잡 편차(diversity)를 고려하여 수송 하는 승객수 [오석문 외, 2013]
○ 최소운전시격 (Minimum headway)	선행열차와 후속열차간의 배차간격에 대한 최소 시간 간격
○ 추가여유시분 (Extra margin)	선구 및 노선에 요구되는 서비스 품질을 보장하기 위하여 열차차두 간격에 부가되는 시간
○ 폐색구간 (Block section)	열차의 충돌 또는 추돌을 방지하기 위해 1개 이상의 열차가 동시에 진입할 수 없도록 일정한 거리로 분할한 선로 구간. 폐색 구간의 길이는 열차 운전속도, 운전밀도, 선로 상태 등에 의하여 정하여 짐 열차가 운행하는 구간거리(區間距離)를 소요시간으로 나눈 수치의 속도로, 시간에는 도중역의 정차시분(停車時分)도 포함. 도중역 정 차시분을 포함하지 않는 운전시간으로 나눈 수치의 속도를 평균속 도(average speed)라고 함. 도중정차가 적은 특급열차의 경우 표 정속도는 최고속도의 70~80%정도, 역간거리가 짧은 각 역 정차의 경우 표정속도는 최고속도의 30~40%정도. 역간거리가 짧은 경우는 최고속도를 올려도 표정속도 향상의 효과는 작음
○ 한계용량	기술적, 물리적으로 열차를 운전할 수 없다고 판단되는 한계 열차 운행횡수
○ 효과척도(MOE) (Measures of Effectiveness)	서비스수준(LOS)을 결정하는데 이용되는 척도로 본 편람에서는 철 도노선용량의 효과척도(MOE)를 최대속도/실제 운행속도(%), 철 도차량용량의 효과척도(MOE)를 입석 승객의 밀도(단위)로 정의함.
○ 1차지연 (Initial delay)	특정 단위구간을 주행 또는 정차하는 열차에 발생하는 지연. 시설, 운영, 철도관리, 외부 등에 의하여 발생할 수 있음
○ 2차지연 (Secondary delay)	선행열차의 지연으로 인한 후행열차(군)의 연쇄지연
○ Corridor	일정 구간의 철도 노선망을 지칭
○ TCRP	TRB의 Transit Cooperative Research Program (TCRP) 보고서 165 : 대중 교통 용량 및 서비스 품질 매뉴얼, 제 3 판은 대중교통 용량 및 서비스 품질 문제 및 두 가지 모두에 영향을 미치는 요 소에 대한 지침을 제공. 매뉴얼에는 대중교통의 다양한 유형에 대 한 배경, 통계 및 그래프가 포함되어 있으며 승객 및 대중 교통 제 공 업체의 관점에서 대중 교통 이용 가능성, 편의성 및 편의성을 측정하기 위한 프레임 워크를 제공. 또한 버스, 철도, 수요 반응 형 및 페리 대중 교통 서비스뿐만 아니라 대중교통 정류장, 역 및 터 미널의 용량 및 기타 운영 특성을 계산하기위한 정량 기법이 포함 되어 있음.



## 3. 적용범위

본 편람은 고속철도, 일반철도 및 광역철도(도시철도 포함)를 대상으로 장래 철도시설 투자계획 단계에서 철도노선용량 및 철도차량용량 산정 시 활용이 가능하도록 산식기반의 해석적 방식으로 철도용량 산정 방법론을 제시한다. 다만, 현재 선로용량 결정은 열차종별 운행비율과 운행순서, 도중정차 형태 등의 열차배열을 통한 열차다이어 시뮬레이션 방식으로 산정하며 정부의 선로배분위원회 심의결과를 반영하여 최종 결정한다.

&lt;표 1-1&gt; 철도용량편람 적용 범위

적용대상 \ 적용시기	현재 (선로배분시스템)	장래 (철도투자시기)
고속철도	△	○
일반철도	△	○
도시철도 (광역철도 포함)	△	○

‘○’는 적용, ‘△’는 일부 적용

철도노선용량을 정확하게 산정하기 위해서는 선로 궤도의 종류, 대피선 수, 신호·차량·운영정보가 필요하다. 장래 철도시설 투자계획단계에서는 장래 철도운영계획이 확정되지 않은 상태이기 때문에 신호·차량·운영정보를 정확하게 알기 어렵다. 그러나 장래 철도시설 투자계획단계에서도 효율적인 투자계획검토를 위해 철도노선용량 및 철도차량용량 산정과 서비스수준 검토는 필요하다. 이에 본 편람은 장래 철도시설투자계획 단계에서 누구나 쉽게 활용할 수 있는 철도용량 산정 및 서비스수준 평가 방안을 제시한다.

&lt;표 1-2&gt; 철도사업 추진 단계별 관련 정보 수집 가능 여부

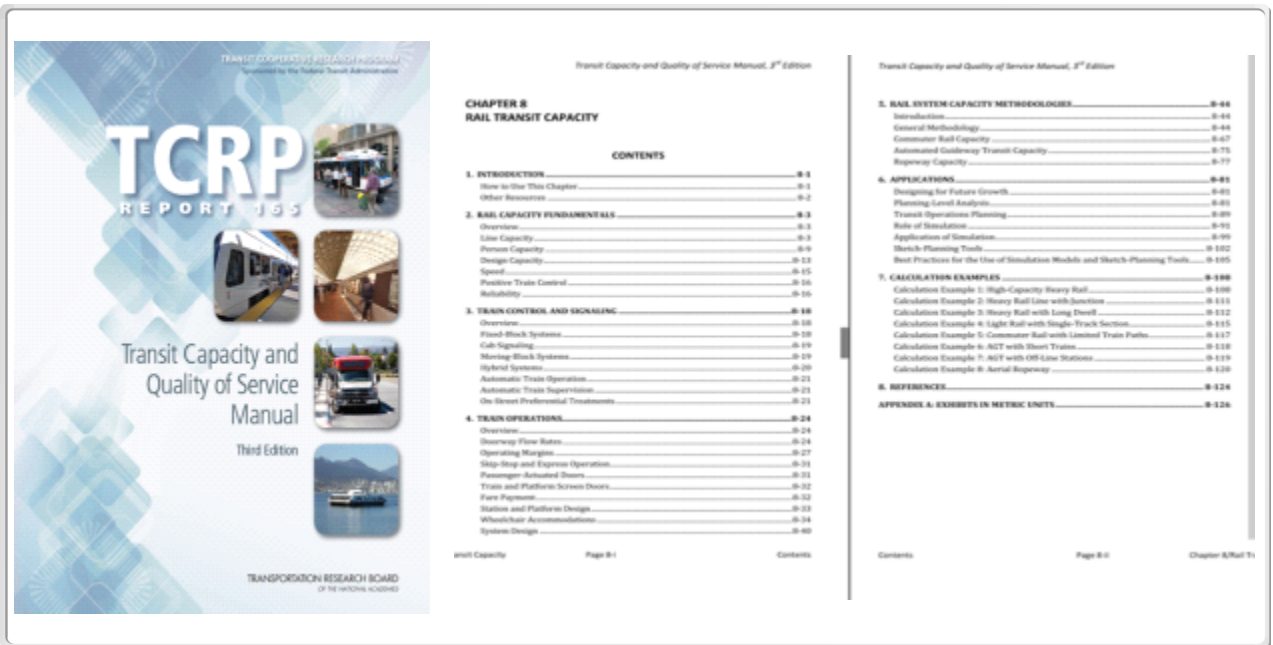
적용 대상		궤도종류 (단선/복선)	대피선 수	신호 정보 <sup>1)</sup>	차량 정보 <sup>2)</sup>	운영 정보 <sup>3)</sup>
현재 분석		○	○	○	○	○
장래 분석	타당성분석	○	○	△	△	×
	기본계획	○	○	△	○	△
	실시설계	○	○	○	○	△
	준공 및 시험운전	○	○	○	○	○

주 1: ‘신호 정보’는 고정폐색수, 평균폐색길이, 이동폐색여부, 여유거리, 인지시간, 연동시간, 신호기 위치를 포함함

주 2: ‘차량 정보’는 차량전장, 제한속도, 상용 가감속도를 포함함

주 3: ‘운영 정보’는 차종별 역간 이동시간, 차종별 운행비율, 정차패턴비율, 운영열차다이어를 포함함

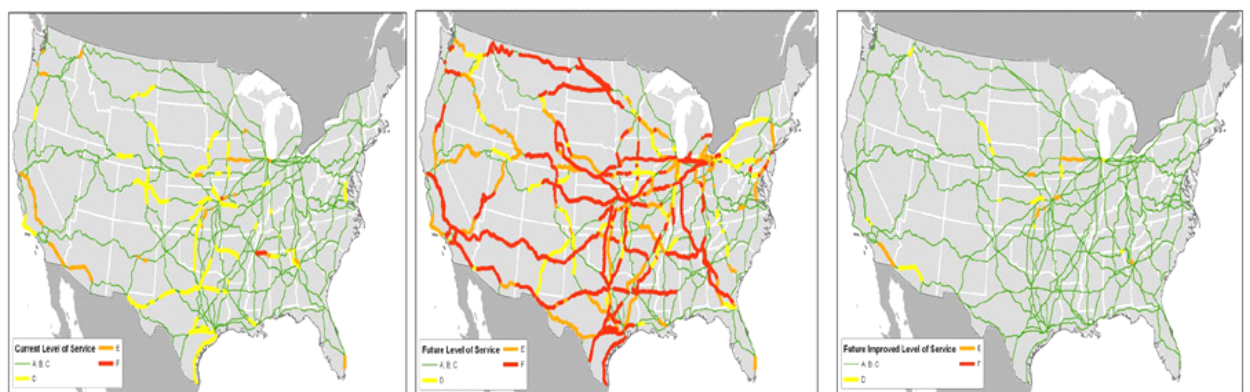
주 4: ‘○’는 알 수 있음, ‘△’는 일부 알 수 있음, ‘×’는 알 수 없음을 의미함



&lt;그림 1-2&gt; 해외사례- 미국(1)

○ 철도노선 이용률(v/c Ratio)을 이용한 현재 및 장래 주요 철도 Corridor들의 서비스 수준을 평가한다.

- 현재(2005년): LOS A, B, C는 88%, LOS D, E는 12%, LOS F는 1% 이하
- 장래(2035년): 철도시설 미 개선시 LOS A, B, C는 45%, LOS D, E는 25%, LOS F는 30% 철도시설 개선시 LOS A, B, C는 97%, LOS D, E는 2%, LOS F는 1% 이하



&lt; 2005년 Corridor별 서비스 수준 &gt;

&lt; 철도시설 미 개선시 2035년 Corridor별 서비스 수준 &gt;

&lt; 철도시설 개선시 2035년 Corridor별 서비스 수준 &gt;

&lt;그림 1-3&gt; 해외사례- 미국(2)



## 제2장 ■ 철도용량 산정을 위한 기본사항

### 2017 철도용량편람

1. 철도네트워크(Network) 구성요소
2. 철도노선용량과 철도차량용량간의 관계
3. 철도의 침두시간대
4. 철도차량 통과량과 속도와의 관계
5. 서비스수준(LOS) 정의 및 효과척도(MOE)

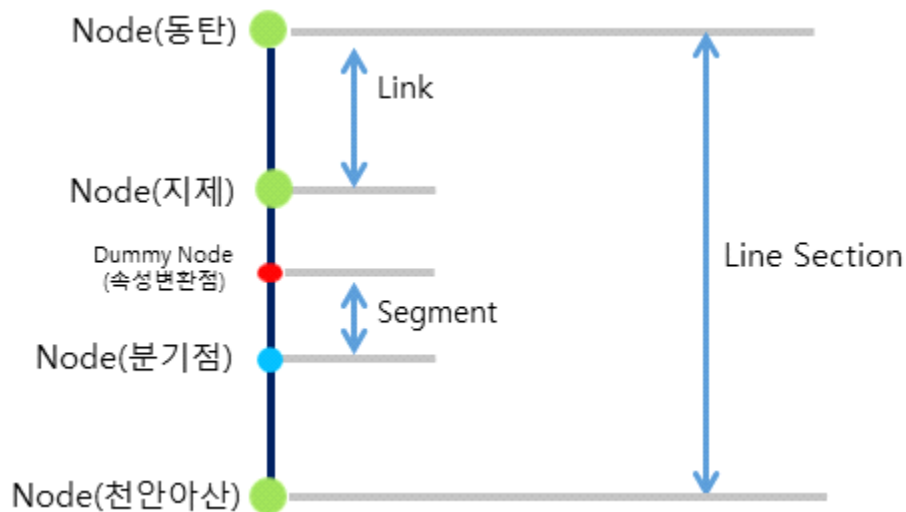


## 1. 철도네트워크(Network) 구성요소

- 철도 Network는 크게 Node(점)와, Link(선)으로 구성한다.
  - 점은 Node와 dummy Node, 선은 Segment, Link, Line Section이 존재함
  - Link는 한 개 또는 여러 개의 Segment로 구성, Line Section은 한 개 또는 여러 개의 Link로 구성

<표 2-1> 철도 Network 구성요소 정의

구성요소		정의	형태
점	Node	분기 및 합류지점, 역	분기점, 합류점, 역
	Dummy Node	속성변환지점	상기울기 절연구간 시작점, 신호예고지점 등
선	Segment	Dummy node to node, Dummy node to dummy node	분기점~속성변환 점
	Link(단위 선구)	Node to Node	오송~대전
	Line Section(선구)	N개의 Link로 이루어진 단위	용산~광주, 서울~부산, 서울~포항 등



<그림 2-1> 철도 Network 구성요소

## 2. 철도노선용량과 철도차량용량간의 관계

- 철도노선용량을 결정하는 독립변수는 철도차량이며 철도차량용량을 결정하는 독립변수는 탑승 승객이다.
- 탑승 승객은 직접적으로 철도노선용량을 결정하지 못하나 간접적으로 차량 내 혼잡도를 낮추기 위해 차량 편수를 증가시킴으로써 철도노선용량에 관여함
- 일례로 차량편수를 추가할 경우 철도차량용량은 증가하지만 철도노선 용량에는 직접적인 관여를 하지 않음

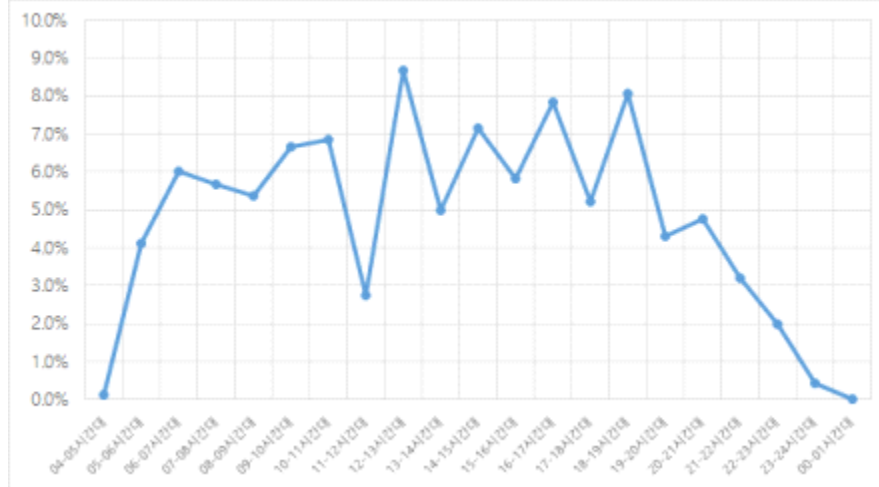


<그림 2-2> 철도용량 산정 대상

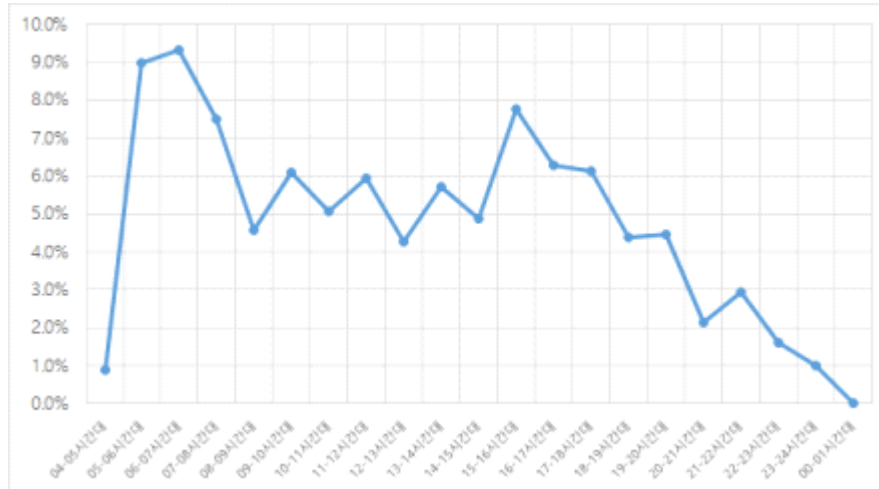
### 3. 철도의 침투시간대

- 철도인프라(선로수, 정거장, 신호통신설비 등)의 가용범위는 고정적이고 한정된 반면, 철도이용 수요와 수요에 기반한 열차운행횟수는 수요의 집중시간대에 따라 달라진다.
- 철도 서비스수준(LOS) 평가는 수요의 집중도에 따라 달라지며, 침투시간대의 철도노선용량 과부족을 판단할 수 있어야 한다.
- 우리나라의 경우 열차종별로 시간대별 승차자수 집중률은 조금 상이하나 1일 중 3시간이 침투 시간으로 구분할 수 있다.
  - 고속철도의 경우 12시-13시(1일중 승차자수 집중률 8.7%), 16시-17시(1일중 승차자수 집중률 7.8%), 18시-19시(1일중 승차자수 집중률 8.1%)의 3시간이 수요의 집중도가 높은 것으로 나타난다.(<그림 2-3>의 상)
  - 일반철도의 경우 05시-06시(1일중 승차자수 집중률 9.0%), 06시-07시(1일중 승차자수 집중률 9.3%), 15시-16시(1일중 승차자수 집중률 7.8%)의 3시간이 수요의 집중도가 높은 것으로 나타난다.(<그림 2-3>의 하)
- 철도서비스수준(LOS) 측면에서 수요(승차자수)와 공급(열차운행횟수)의 집중도 변화로서 수요-공급 간 상대적 균형정도의 변화를 살펴보면, 수요 집중으로 인한 12시-13시, 16시-17시, 18시-19시의 3시간이 수요-공급 간 불균형이 심한 것으로 나타난다.(<그림 2-4>)
- 이에 본 편람에서는 국내 철도이용 현황을 바탕으로 침투시간은 1일 중 3시간으로 설정하였다.
- 철도의 침투시간을 짧게 설정할수록 1일 중 수요의 집중도가 가장 높은 시간대의 수요-공급 간 불균형은 심각한 것으로 판단된다. 즉, 짧은 침투시간의 설정은 정책적으로 높은 수준의 서비스수준 공급 목표를 설정함으로써, 과잉 투자 문제를 야기할 수 있다.
- 우리나라의 철도 인프라 공급여건을 고려할 때 상기에서 설정한 1일 중 3시간의 침투시간 설정은 과잉 투자를 방지할 수 있는 적정 길이(Duration)으로 판단된다.
- 국외 사례를 살펴보면, Rail access charges and the competitiveness of high speed trains(2010)에 따르면 프랑스는 06시30분-09시와 17시-20시(2.5h+3h=5.5h), 스페인은 07시-09시30분과 18시-20시30분(2.5h+2h=4.5h), 이탈리아는 06시-09시(3h)를 침투시간으로 구분하고 있다.
- 국외 사례에서는 본 편람에서 설정한 침투시간보다 긴 시간을 침투시간으로 설정하고 있으나, 이는 2010년 시점을 기준으로 설정한 것이다.
- 본 편람이 제정되는 시점을 기준으로 1일 중 3시간으로 침투시간을 설정하는 것은 과거 해외에서 설정한 철도 인프라 확충 목표의 현실화된 목표로 판단된다.



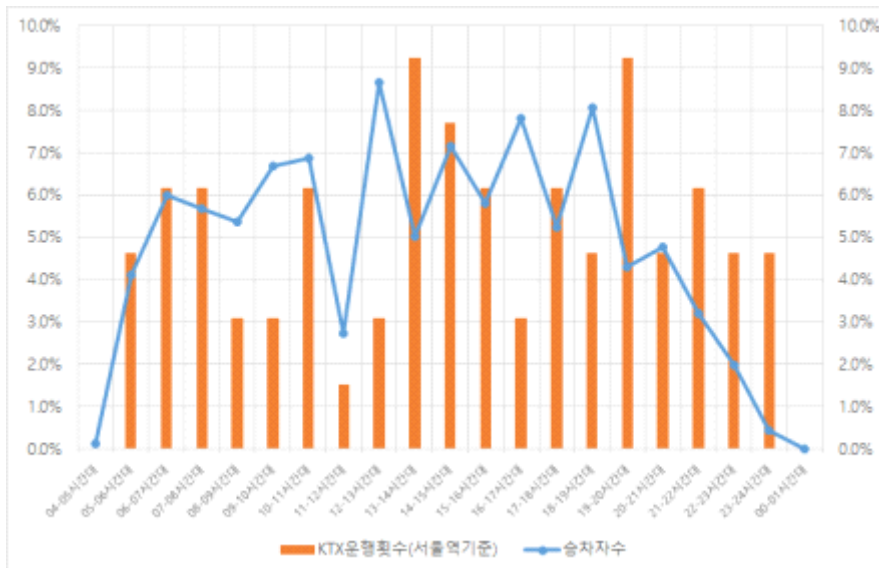


<고속철도 시간대별 수요(승차자수) 집중도 변화>



<일반철도 시간대별 수요(승차자수) 집중도 변화>

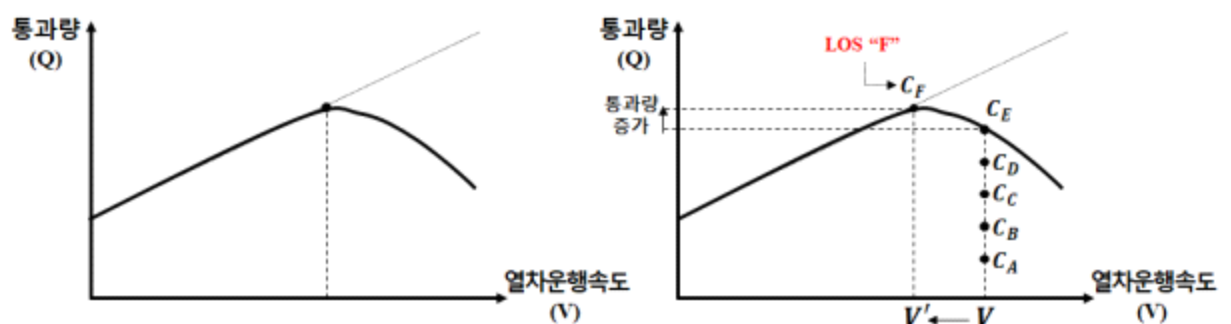
<그림 2-3> 시간대별 철도 이용 수요(승차자수)의 집중도 변화



<그림 2-4> 고속철도 시간대별 수요(승차자수)-공급(출발시각 기준 열차운행횟수)의 집중도 변화

#### 4. 철도차량 통과량과 속도의 관계

- 철도노선용량과 관련한 오래된 논란 중 하나는 (일반적으로 최대열차운행가능횟수를 의미하는) ‘철도노선용량’을 초과하는 열차운행횟수의 운행이 관측되는 것에 대한 것이다.
  - 그간 철도교통관련 전문가들은 철도노선용량을 산정하여 이를 기준으로 철도인프라 공급의 필요성을 강조하여왔으나, 서울~금천구청 구간과 같이 철도노선용량을 초과하여 열차가 운행되는 구간이 관측되고 있어 철도투자정책 의사결정과정에서 철도노선용량의 신뢰성이 저하되는 문제가 발생하였다.
- 그러나 이러한 논란은 철도노선용량의 개념에서 ‘최대속도 유지’와 같은 질적인 서비스수준의 고려없이 오로지 양적인 서비스수준인 ‘철도차량 통과량’만을 인식한 한계에서 야기되었다고 볼 수 있다.
- 철도교통량(일반적으로 ‘열차통과량’ 또는 ‘철도차량 통과량’으로 표현됨)과 열차운행속도 간 관계는 열차등급별 열차운행속도와 속도별 폐색구간 길이에 의해 선형(①) 또는 비선형(②) 형태로 나타난다. (<그림 2-5> 참고)
- 철도노선용량은 ‘열차의 최대속도가 유지되는 범위내에서 운행 가능한 최대 열차운행횟수’를 의미한다. 만일 열차운행횟수를 늘리기 위해서 열차의 운행속도를 낮추어야만 할 경우, 이는 서비스의 질을 낮추는 것이다.
  - 철도의 서비스수준을 철도차량 통과량(=열차운행횟수) 측면만으로 평가할 경우, <그림 2-5> 우측 그래프에서와 같이 열차운행속도를 감속( $V \rightarrow V'$ )하여 철도차량 통과량을 증대시킬 수 있다.
  - 그러나 철도차량 통과량만을 증대시키는 것은 과부하 상태에서의 열차운행 행태이며, 철도 본연의 이동성(Mobility) 기능의 효율을 저하시키는 문제가 야기될 수 있다.
  - 이러한 상태를 정의하기 위해서 서비스수준(LOS) 정립이 필요한데, 본 편람에서는 위의 예와 같이 철도차량 통과량 증대만 위하여 임의로 열차운행속도를 낮춘 상태는 LOS F라고 정의한다.



※ 철도교통량은 최대통과량 보다 최대속도 유지가 더 중요함

<그림 2-5> 철도차량 통과량과 열차운행속도 간 관계

## 5. 서비스수준(LOS) 정의 및 효과척도(MOE)

- 서비스수준(LOS)는 철도시설의 혼잡정도를 A에서 F까지로 나타내는 구분체계임
- 효과척도(MOE)는 최대속도/실제 운행속도( $v/c$ )이며, 철도차량용량의 효과척도(MOE)는 입석 승객의 밀도로 나타냄.

&lt;표 2-2&gt; 철도노선용량의 효과척도

LOS	내용	고속철도 전용구간		일반철도 혼용구간		도시철도 전용구간	
		$v/c$	최대운행 가능속도 대비 운행 속도비(%)	$v/c$	최대운행 가능속도 대비 운행 속도비(%)	$v/c$	최대운행 가능속도 대비 운행 속도비(%)
A	지연 없음	$< 0.30$	100	$< 0.30$	100	$< 0.30$	100
B	거의 지연 없음	$< 0.50$	100	$< 0.50$	100	$< 0.50$	100
C	회복(정시도착) 가능한 지연 발생	$< 0.70$	100	$< 0.70$	100	$< 0.70$	100
D	회복(정시도착) 불가능한 지연 다소 발생	$< 0.85$	100	$< 0.85$	100	$< 0.85$	100
E	회복(정시도착) 불가능한 지연 다소 발생	$< 1.00$	95	$< 1.00$	97	$< 1.00$	92
F	이론 및 현실적 운영 가능하나 철도운영에 비효율 초래	$1.00 \leq$	85	$1.00 \leq$	88	$1.00 \leq$	80

&lt;표 2-3&gt; 철도차량용량의 효과척도

LOS	점유면적( $m^2$ /인)	이격거리(m)	상태
A	$1.18 \leq A$	$1.2 \leq L$	자유 흐름의 영역
B	$0.78 \leq A < 1.18$	$1.0 \leq L < 1.2$	타인이 무리 없이 통과 가능
C	$0.54 \leq A < 0.78$	$0.8 \leq L < 1.0$	타인 통과 시 불편을 끼침
D	$0.34 \leq A < 0.54$	$0.6 \leq L < 0.8$	타인과의 접촉없이 대기 가능
E	$0.23 \leq A < 0.34$	$L < 0.6$	타인과의 접촉없이 대기 불가능
F	$A < 0.23$	꼭찬 상태	타인과 밀착, 심리적 불쾌 상태

## 제3장 ■ 철도노선용량 산정

### 2017 철도용량편람

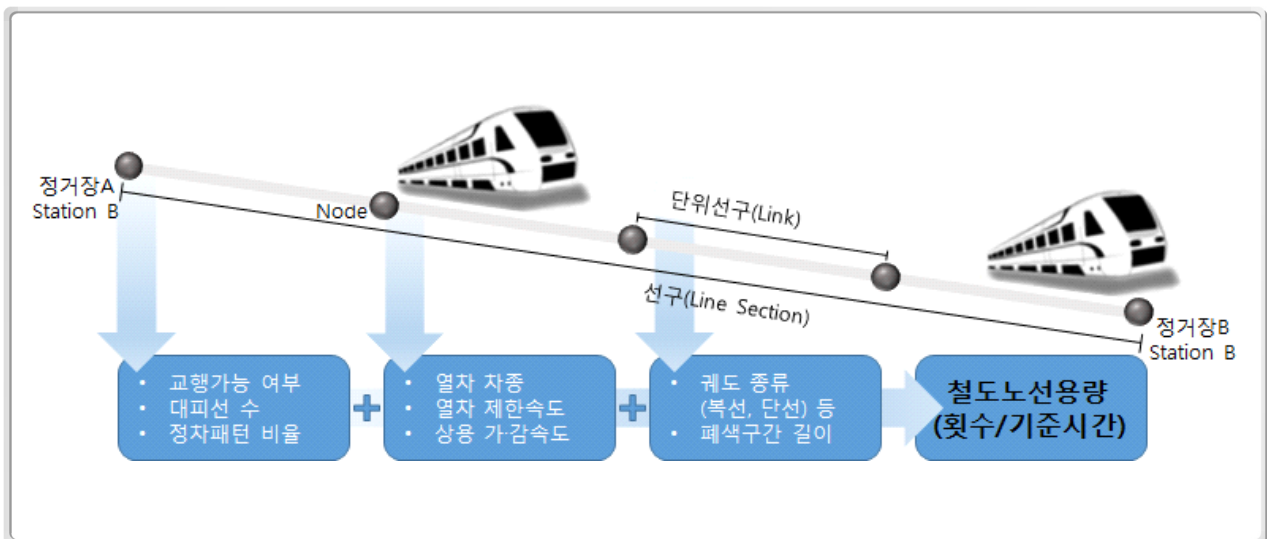
1. 철도노선용량 산정 개요
2. 기준열차 생성
3. 복선 철도노선용량 산정 방법론
4. 단선 철도노선용량 산정 방법론
5. 철도노선용량 산정 예시



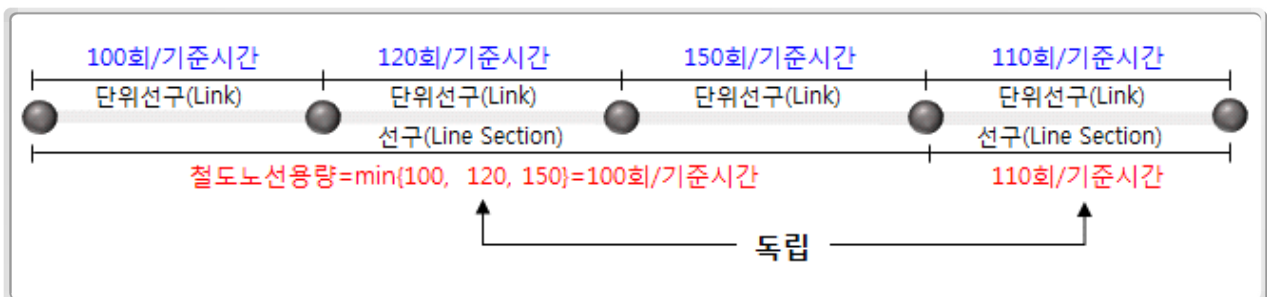
## 1. 철도노선용량 산정 개요

### 가. 철도노선용량 산정 개념 및 전제조건 (가정)

- 철도노선용량은 선구(Line Section)를 운행하는 열차의 종류, 최고속도, 폐색구간의 길이 등을 고려하여, 기준시간동안 통과하는 최대 운행횟수(단위 : 편도횟수/기준시간)이다.
- 철도노선용량은 궤도의 종류(복선 또는 단선), 선구를 운행하는 열차의 차종(단일차종 또는 다차종), 선구 내 정거장의 교행가능 여부, 대피선 수, 정차패턴 비율 등을 고려하여 산정한다. (그림 3-1)
- 본 장에서 철도노선용량 계산 시 전제조건 및 가정은 다음과 같다. (그림 3-2)
  - 철도노선용량은 선구단위로 계산하며, 독립적이다. 즉, 선구 간에 미치는 영향은 고려하지 않는다.
  - 선구 내 여러 단위선구(Link)가 있는 경우 철도노선용량이 가장 낮은 단위선구의 철도노선용량을 선구의 철도노선용량으로 한다.
  - 열차의 지연이 철도노선용량에 미치는 영향은 철도노선 서비스수준(4장)에서 반영한다.
  - 선로유지보수 및 미운영시간은 기준시간에 포함되지 않는다.



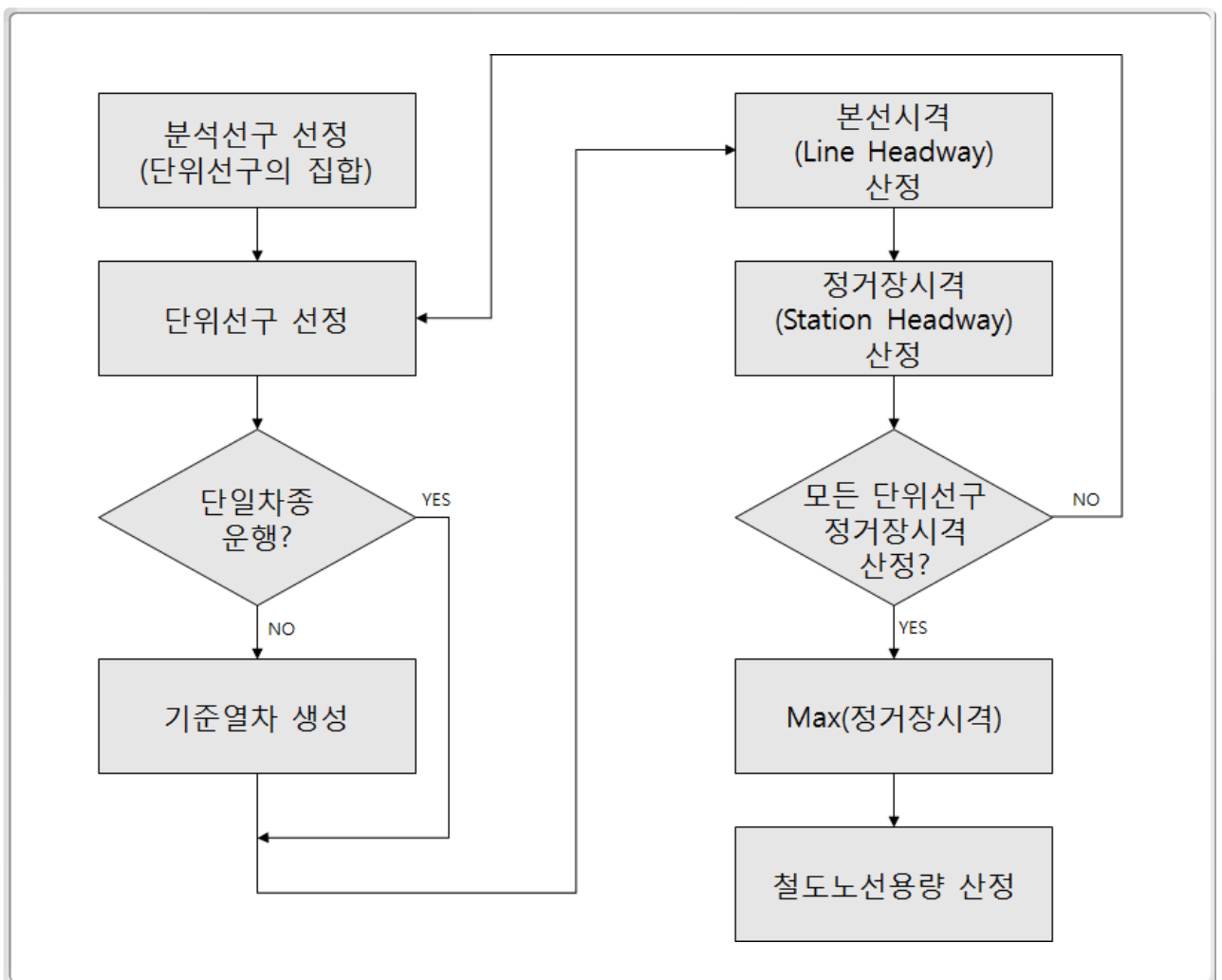
<그림 3-1> 철도노선용량에 영향을 미치는 요소들



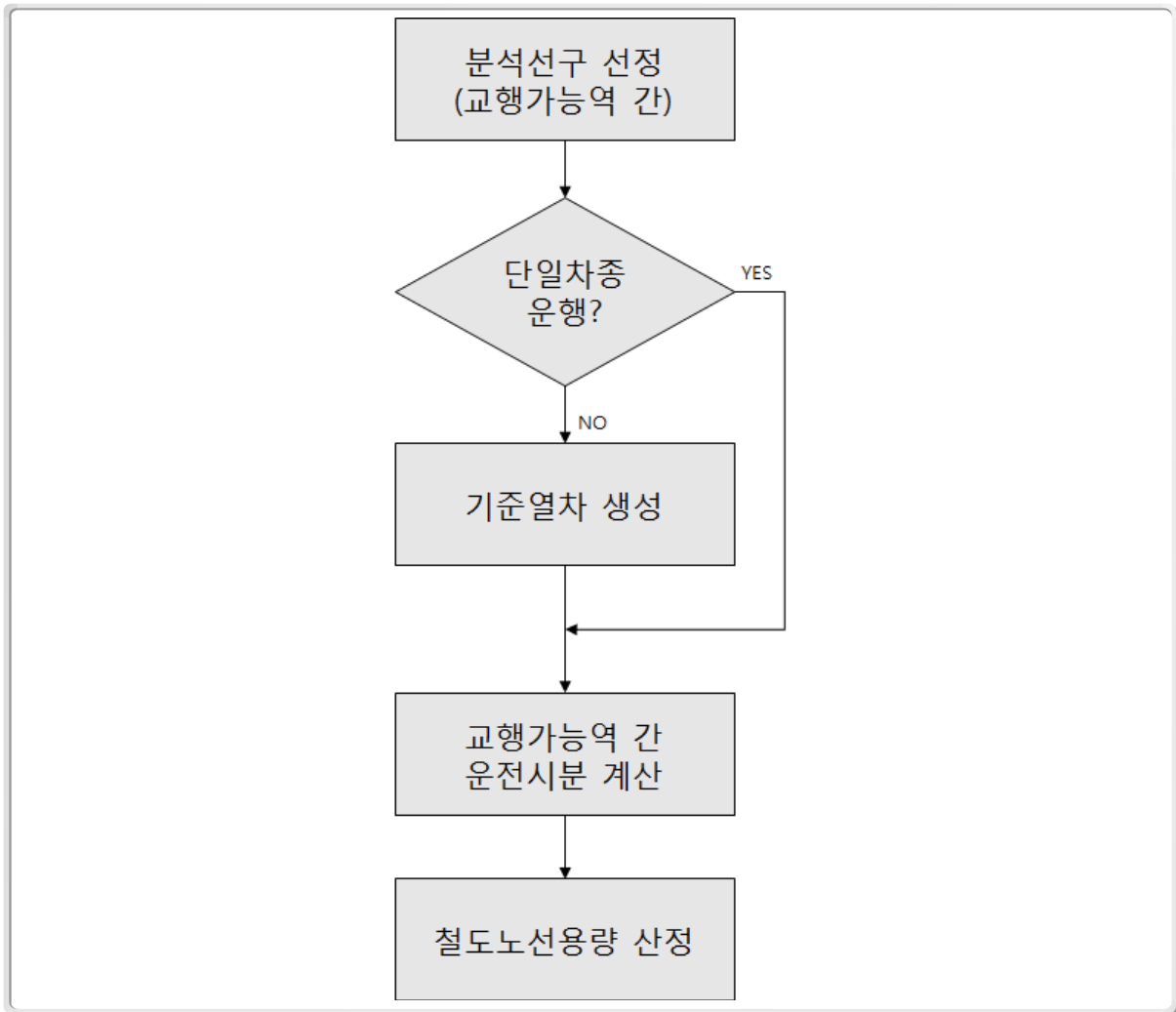
<그림 3-2> 철도노선용량 계산 시 전제조건 및 가정

## 나. 철도노선용량 산정 과정

- 철도노선용량은 선구에 운행하는 열차의 차종이 하나인지(단일차종), 여러 가지 차종이 혼용되는 것인지(다차종)를 파악하는 것이 중요하다. 만일 여러 차종이 혼용 운행하는 구간이라면 계산상 편의성 및 일관성을 확보하기 위하여 하나의 열차차종(기준열차)으로 변환한다. 이는 마치 단일차종이 운행하는 것과 같은 개념이다.
- 복선 철도노선용량은 기준열차 생성 후 단위선구의 정거장과 정거장 사이에서 물리적으로 가능한 최소시격인 본선시격(Line Headway)과 정거장에서의 정차를 고려하는 정거장시격(Station Headway)을 계산한다. (그림 3-3)
  - 대피선 수, 정차패턴 비율 및 정차시간을 고려하기 때문에 정거장시격이 본선시격에 비해 길게 산정되는 것이 일반적이다.
  - 복선 철도노선용량은 주어진 기준시간을 정거장시격으로 나누어 산정한다.
- 단선 철도노선용량은 기준열차 생성 후 선구(교행가능역간)에서 운행하는 열차의 가속시간, 제동시간, 등속시간을 계산하여 운전시분을 계산한다. (그림 3-4)
  - 단선 철도노선용량은 주어진 기준시간을 역간 운전시분 및 폐색취급시분의 합으로 나누어 산정한다.



&lt;그림 3-3&gt; 복선 철도노선용량 산정 절차도



<그림 3-4> 단선 철도노선용량 산정 절차도



## 2. 기준열차 생성

- 기준열차를 생성하는 것은 단위선구를 여러 차종의 열차가 운행하기 때문에 하나의 가상 열차를 만들어내는 것이다. 기준열차를 생성하는 방법은 여러 가지가 있으나 본 편람에서는 3번째 방식을 택하였다.
- ① 단위선구를 이용하는 열차 중 가장 속도가 낮은 열차의 특성으로 변환하는 방법
- ② 단위선구를 이용하는 열차 중 가장 속도가 높은 열차의 특성으로 변환하는 방법
- ③ 단위선구를 이용하는 열차를 대표하는 기준열차를 만들어 내는 방법
- 기준열차는 열차길이(차량전장), 제한속도 및 상용 가·감속도를 생성한다.

## 가. 단위선구를 운행하는 열차의 종류, 특성 및 운행비율 산정

- 기준열차를 생성하기 위해서는 단위선구를 운행하는 열차의 종류(차종), 열차별 특성인 열차길이, 제한속도, 상용 가·감속도 그리고 운행비율이 필요하다.
- 단위선구를 운행하는 열차의 종류, 특성 및 운행비율을 아래 표 3-1과 같이 나타낼 수 있다.

&lt;표 3-1&gt; 단위선구를 운행하는 열차의 종류, 특성 및 운행비율

차종	열차의 특성				운행비율( $R^n$ ) [%]
	열차길이( $L^n$ ) [m]	제한속도( $V^n$ ) [km/h]	상용 가속도( $\alpha_a^n$ ) [m/s <sup>2</sup> ]	상용 감속도( $\alpha_d^n$ ) [m/s <sup>2</sup> ]	
1	$L^1$	$V^1$	$\alpha_a^1$	$\alpha_d^1$	$R^1$
2	$L^2$	$V^2$	$\alpha_a^2$	$\alpha_d^2$	$R^2$
3	$L^3$	$V^3$	$\alpha_a^3$	$\alpha_d^3$	$R^3$
4	$L^4$	$V^4$	$\alpha_a^4$	$\alpha_d^4$	$R^4$
5	$L^5$	$V^5$	$\alpha_a^5$	$\alpha_d^5$	$R^5$
기준열차	$L^B$	$V^B$	$\alpha_a^B$	$\alpha_d^B$	100%

## 나. 기준열차의 열차길이 및 제한속도 산정

- 기준열차의 열차길이는 각 열차종의 열차길이를 운행비율에 따라 평균하여 산정한다. (식 3-1)
- 기준열차의 제한속도는 기준열차의 시격이 운행비율에 따른 평균 시격이 되도록 각 열차종의 운행비율을 해당 열차종의 제한속도로 나누어 더한 값의 역수로 산정한다. (식 3-2)

$$L^B = R^1 L^1 + R^2 L^2 + \dots + R^n L^n \quad (\text{식 3-1})$$

$$V^B = \frac{1}{\frac{R^1}{V^1} + \frac{R^2}{V^2} + \dots + \frac{R^n}{V^n}} \quad (\text{식 3-2})$$

$L^B$ : 기준열차 열차길이 (m)  
 $L^n$ : 차종 n의 열차길이 (m)  
 $V^B$ : 기준열차 제한속도 (km/h)  
 $V^n$ : 차종 n의 제한속도 (km/h)  
 $R^n$ : 차종 n의 운행비율 (%)

차종	열차길이( $L^n$ ) (m)	운행비율( $R^n$ ) (%)	차종	제한속도( $V^n$ ) (km/h)	운행비율( $R^n$ ) (%)
KTX	400	5	KTX	300	5
새마을	143	25	새마을	150	25
무궁화	200	50	무궁화	120	50
화물	500	30	화물	70	30
기준열차	305	100	기준열차	97	100

<그림 3-5> 기준열차의 열차길이 및 제한속도 생성(예시)

## 다. 기준열차의 상용 가·감속도

- 기준열차의 상용 감속도는 기준열차의 제동거리가 각 열차종(기준열차의 제한속도로 운행)의 제동거리 값의 평균이 되도록 각 열차종의 운행비율을 해당 열차종의 상용 감속도로 나누어 더한 값의 역수로 산정한다. (식 3-3)
- 기준열차의 상용 가속도 역시 상용 감속도와 같은 방법으로 산정한다. (식 3-4)

$$\alpha_d^B = \frac{1}{\frac{R^1}{\alpha_d^1} + \frac{R^2}{\alpha_d^2} + \dots + \frac{R^n}{\alpha_d^n}} \quad (\text{식 3-3})$$

$$\alpha_a^B = \frac{1}{\frac{R^1}{\alpha_a^1} + \frac{R^2}{\alpha_a^2} + \dots + \frac{R^n}{\alpha_a^n}} \quad (\text{식 3-4})$$

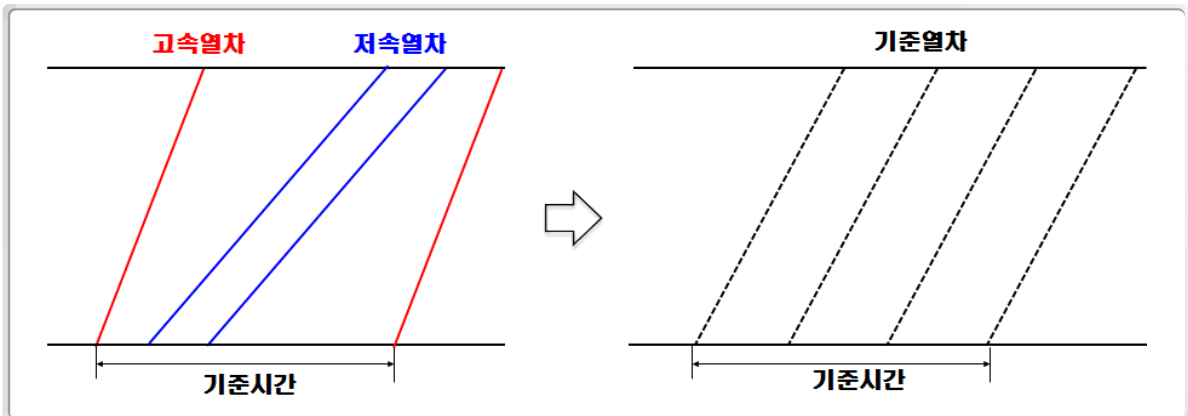
$\alpha_d^B$ : 기준열차 상용 감속도 (m/s<sup>2</sup>)  
 $\alpha_d^n$ : 차종 n의 상용 감속도 (m/s<sup>2</sup>)  
 $\alpha_a^B$ : 기준열차 상용 가속도 (m/s<sup>2</sup>)  
 $\alpha_a^n$ : 차종 n의 상용 가속도 (m/s<sup>2</sup>)  
 $R^n$ : 차종 n의 운행비율 (%)

차종	상용 가속도( $\alpha_a^n$ ) [m/s <sup>2</sup> ]	운행비율( $R^n$ ) [%]	차종	상용 감속도( $\alpha_d^n$ ) [m/s <sup>2</sup> ]	운행비율( $R^n$ ) [%]
KTX	0.32	5	KTX	0.57	5
새마을	0.47	25	새마을	0.64	25
무궁화	0.25	50	무궁화	0.55	50
화물	0.15	30	화물	0.07	30
기준열차	0.21	100	기준열차	0.18	100

<그림 3-6> 기준열차의 상용 가·감속도 생성(예시)

## 라. 기준열차 변환계수

- 일반적으로 동일한 단일 차종이 운행될 때 보다 이종 차종 운행 시에는 단위선구 운행시간 차이에 의해 시격이 증가된다. 따라서, 기준열차로의 변환 시 동일한 단위시간 동안 이종 열차의 운행횟수와 기준열차의 운행횟수를 일치시켜주어야 한다. (그림 3-7)
- 본 편람에서는 이를 위하여 기준열차 변환계수(Base Train Equivalent Factor;  $\beta$ )를 도입한다. (식 3-5)
- 명확한 폐색이 설계되기 전이거나 이동폐색(Moving Block) 시스템인 경우,  $n \times BL$  대신 대상차량의 서비스제동거리(SBD: Service Breaking Distance)를 적용하여 변환계수를 구한다. (식 3-6)



<그림 3-7> 기준열차 변환계수 도입 필요성

$$\beta = 1 + \frac{\sum_{i,j: V^i < V^j} \frac{1}{2} \left( \frac{K}{V^i/3.6} - \frac{K}{V^j/3.6} \right) R^i R^j}{\sum_{i,j} \frac{n \times BL}{V^i/3.6} R^i R^j} \quad (\text{식 3-5})$$

$K$ : 단위 선구거리 ( $m$ )  
 $n$ : 폐색수 (개)  
 $BL$ : 폐색길이 ( $m$ )  
 $SBD$ : 서비스제동거리 ( $m$ )  
 $V^n$ : 차종  $n$ 의 제한속도 ( $km/h$ )  
 $R^n$ : 차종  $n$ 의 운행비율 (%)

$$\beta = 1 + \frac{\sum_{i,j: V^i < V^j} \frac{1}{2} \left( \frac{K}{V^i/3.6} - \frac{K}{V^j/3.6} \right) R^i R^j}{\sum_{i,j} \frac{SBD}{V^i/3.6} R^i R^j} \quad (\text{식 3-6})$$

$K$ : 단위 선구거리 ( $m$ )  
 $n$ : 폐색수 (개)  
 $BL$ : 폐색길이 ( $m$ )  
 $SBD$ : 서비스제동거리 ( $m$ )  
 $V^n$ : 차종  $n$ 의 제한속도 ( $km/h$ )  
 $R^n$ : 차종  $n$ 의 운행비율 (%)

## 3. 복선 철도노선용량 산정 방법론

## 가. 본선시격(Line Headway) 산정

- 본선시격( $h(l)$ )은 선·후행 열차가 단위선구의 제한속도로 운행한다고 가정할 때, 차량, 궤도 및 신호와 같은 조건에 의해 결정되는 최소한의 안전시간을 의미한다.
- 단위선구의 제한속도, 폐색 수, 폐색길이, 열차길이, 여유거리 및 시간을 고려하여 본선시격을 계산한다.
- 고정폐색인 경우, 선·후행 열차 사이에 필요한 폐색 수에 한 폐색길이를 곱하여 이격거리를 계산하고, 열차길이와 여유거리를 더한 거리를 본선 제한속도로 나누어준다. 이를 기준열차변환계수로 보정하고 인지시간, 연동시간, 여유시간을 더한다. (식 3-7)
- 명확한 폐색이 설계되기 전이거나 이동폐색(Moving Block) 시스템인 경우, 선·후행 열차의 이격거리는  $n \times BL$  대신 대상차량의 서비스제동거리(SBD: Service Breaking Distance)를 적용하고, 열차길이와 여유거리를 더한 거리를 본선 제한속도로 나누어준다. (식 3-8)

※선·후행 열차의 이격거리는 신호시스템, 폐색종류에 따라 다르게 계산할 수 있다.

$$h(l) = \left( \beta \times \frac{n \times BL + L^B + BZ}{V^B / 3.6} + T_{dr} + T_{il} + T_{om} \right) / 60 \quad (\text{식 3-7})$$

$$h(l) = \left( \beta \times \frac{SBD + L^B + BZ}{V^B / 3.6} + T_{dr} + T_{il} + T_{om} \right) / 60 \quad (\text{식 3-8})$$

$h(l)$ : 본선시격(분)

$n$ : 폐색수(개)

$BL$ : 폐색길이(m)

$SBD$ : 서비스제동거리(m)

$L^B$ : 기준열차 열차길이(m)

$BZ$ : 여유거리(m)

$T_{dr}$ : 인지시간(초)

$T_{il}$ : 연동시간(초)

$T_{om}$ : 여유시간(초)

$V^B$ : 기준열차 제한속도(km/h)

$\beta$ : 기준열차변환계수

## 나. 정거장시격(Station Headway) 산정

- 정거장시격( $h(s)$ )은 단위선구의 정거장에서 정차조건을 고려하여, 정거장에서 진출하는 열차와 정거장으로 진입하는 열차 간 시격을 의미한다.
- 정거장시격은 대피선 수와 정차패턴 비율에 의하여 결정이 된다.
- 대피선 수와 정차패턴 비율은 아래와 같이 총 7가지가 생길 수 있으며 대피선-정차패턴별 정거장시격은 다음과 같다. (식 3-9 ~ 식 3-15)

- ① 1: 통과-통과

$$h^1(s) = h(l) \quad (\text{식 3-9})$$

- ② 2: 통과-정차

$$h^2(s) = h(l) + (T_b + T_{dw} + T_a)/60 \quad (\text{식 3-10})$$

- ③ 3-1: 정차-통과[대피/추월X]

$$h^{3-1}(s) = h(l) \quad (\text{식 3-11})$$

- ④ 3-2: 정차-통과[대피/추월O]

$$h^{3-2}(s) = (T_b + T_{dw} + T_a)/60 \quad (\text{식 3-12})$$

- ⑤ 4-1: 정차-정차[대피선1, 대피/추월X]

$$h^{4-1}(s) = \max(h(l), (T_b + T_{dw} + T_a)/60) \quad (\text{식 3-13})$$

- ⑥ 4-2: 정차-정차[대피선2 이상, 대피/추월X]

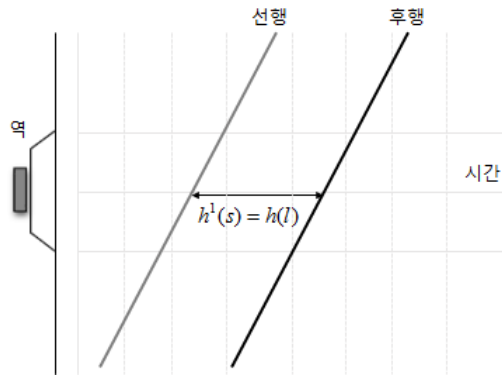
$$h^{4-2}(s) = h(l) \quad (\text{식 3-14})$$

- ⑦ 4-3: 정차-정차[대피선2 이상, 대피/추월O]

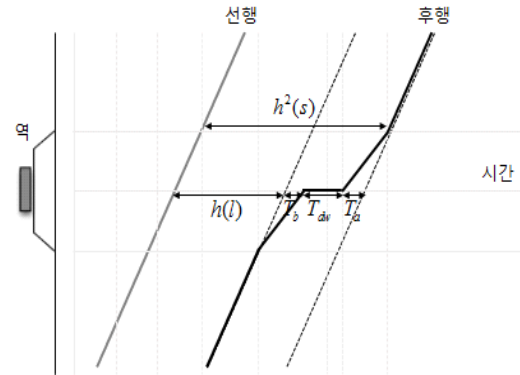
$$h^{4-3}(s) = 2 \times h(l) \quad (\text{식 3-15})$$

$h(s)$ : 정거장시격(분)  
 $h(l)$ : 본선시격(분)  
 $T_b$ : 제동손실시간(초)  
 $T_{dw}$ : 정차시간(분)  
 $T_a$ : 가속손실시간(초)

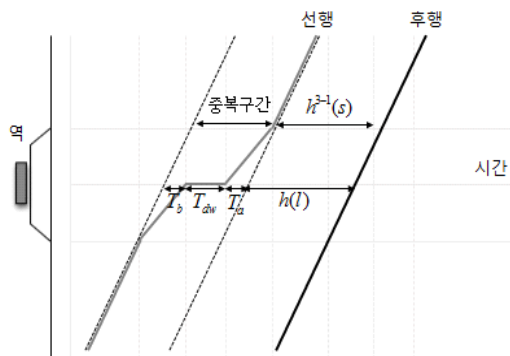
1: 통과-통과



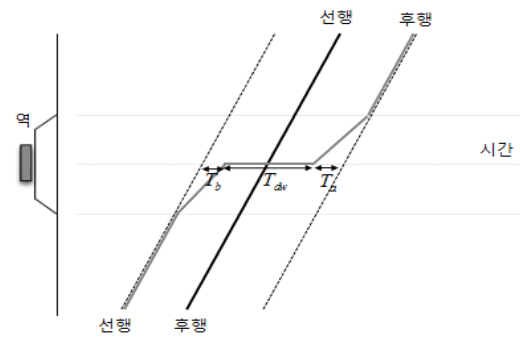
2: 통과-정차



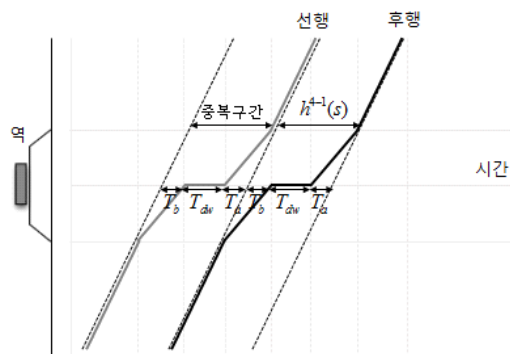
3-1: 정차-통과[대피/추월X]



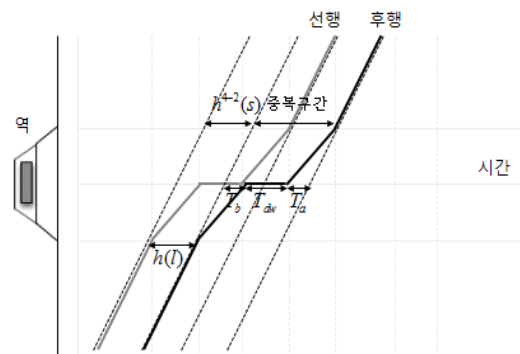
3-2: 정차-통과[대피/추월O]



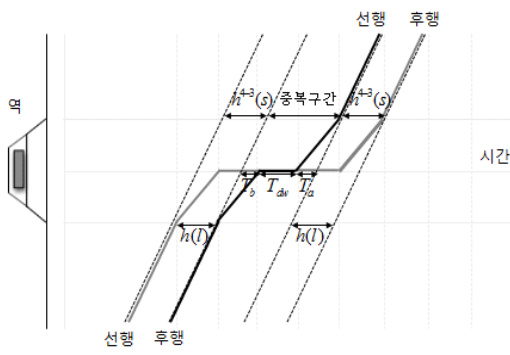
4-1: 정차-정차[대피선1, 대피/추월X]



4-2: 정차-정차[대피선2 이상, 대피/추월X]



4-3: 정차-정차[대피선2 이상, 대피/추월이]



<그림 3-8> 대피선-정차패턴에 따른 정거장시격(Station Headway) 산정 방법

- 정차시간( $T_{dw}$ )은 열차가 정거장에 정차하여 승객이 승·하차하는 시간으로써, 일반적으로 고속 및 일반철도는 1~2분, 도시철도는 30초로 계산한다.
- 제동손실시간은 제한속도로 운행하던 열차가 감속하여 정지할 때까지 소요되는 시간에서 제동거리 만큼을 정차하지 않고 제한속도로 이동한 시간을 뺀 시간이다.(식 3-16)
- 가속손실시간은 열차가 정차한 후 가속하여 제한속도에 도달하기 위해 손실되는 시간을 의미한다.(식 3-17)

$$T_b = \frac{V^B/3.6}{2 \times a_d^B} \quad (\text{식 3-16})$$

$$T_a = \frac{V^B/3.6}{2 \times a_a^B} \quad (\text{식 3-17})$$

$T_b$ : 제동손실시간(초)

$T_a$ : 가속손실시간(초)

$a_d^B$ : 기준열차 상용 감속도( $\frac{m}{s^2}$ )

$a_a^B$ : 기준열차 상용 가속도( $\frac{m}{s^2}$ )

$V^B$ : 기준열차 제한속도( $km/h$ )

- 대피선-정차패턴별 정거장시격은 다음과 같이 계산한다.(식 3-18)

$$h(s) = r^1 h^1(s) + r^2 h^2(s) + r^{3-1} h^{3-1}(s) + r^{3-2} h^{3-2}(s) + r^{4-1} h^{4-1}(s) + r^{4-2} h^{4-2}(s) + r^{4-3} h^{4-3}(s) \quad (\text{식 3-18})$$

$r^n$ : 대피선-정차패턴  $n$ 의 비율(%)

$h^n(s)$ : 대피선-정차패턴  $n$ 의 정거장시격(분)

$h(s)$ : 정거장시격(분)

#### 다. 복선 철도노선용량 산정

- 단위선구의 철도노선용량( $C_{ls}$ )은 기준시간을 정거장시격으로 나누어 산출한다.(식 3-19)
- 기준시간은 선로유지보수 및 미운영시간을 제외한 시간으로써, 일반적으로 고속철도는 17.5시간(1,050분), 일반철도는 18시간(1,080분), 도시철도는 19시간(1,140분)으로 계산한다.
- 선구의 철도노선용량은 선구를 형성하는 단위선구의 철도노선용량 중 가장 작은 값을 선택한다.

$$C_{ls} = \frac{T}{h(s)} \quad (\text{식 3-19})$$

$C_{ls}$ : 철도노선용량(회/기준시간)

$T$ : 기준시간(분)

$h(s)$ : 정거장시격(분)



## 4. 단선 철도노선용량 산정 방법론

## 가. 교행가능역 간 운전시분 계산

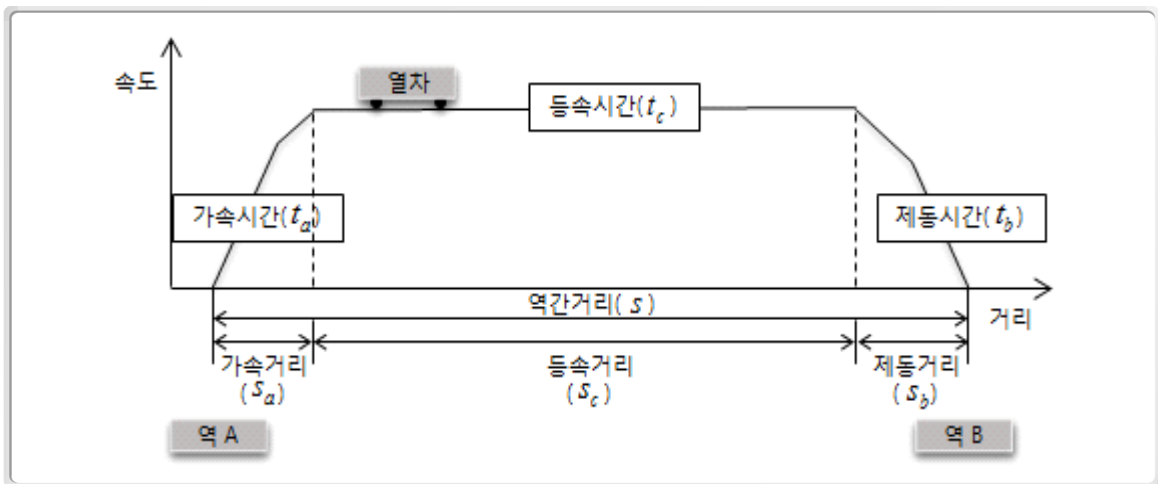
- 교행가능역-교행가능역 간 운전시분을 계산한다. 시각표, 열차주행성능평가(Train Performance Simulation) 등을 통한 열차종별 운전시분이 있는 경우 이를 열차종별 운행비율로 산술평균하여 사용한다. (식 3-20)
- 열차종별 운전시분이 없는 경우 다음과 같이 기준열차의 운전시분을 계산한다. 운전시분은 가속시간, 등속시간, 제동시간의 합이며, 가속거리, 등속거리, 제동거리를 시간으로 환산하여 계산한다. (그림 3-10)
- 역간거리는 가속거리, 등속거리, 제동거리로 구성되어있으며, 등속거리는 제한속도의 제곱을 상용가·감속도로 나누어 계산한 가속거리와 제동거리를 역간거리에서 빼주어 역산한다. (식 3-21)
- 역간운전시분은 가속시간, 등속시간, 제동시간으로 구성되어있으며, 제한속도를 상용가·감속도로 나누어 계산한 가속시간 및 제동시간과 등속거리를 제한속도로 나눈 등속시간의 합으로 계산한다. (식 3-22)

$$t_s = \sum_i t_i R^i \quad (\text{식 3-20})$$

$t_s$  : 기준열차 역간 운전시분(분)

$t_i$  : 차종  $n$ 의 역간 운전시분(분)

$R^n$  : 차종  $n$ 의 운행비율(%)



<그림 3-10> 교행가능역간 운전시분 계산 개념

$$\begin{aligned}
 s_c &= s - s_a - s_b \\
 &= s - \frac{(V^B/3.6)^2}{2 \times a_a^B} - \frac{(V^B/3.6)^2}{2 \times a_d^B} \quad (\text{식 3-21})
 \end{aligned}$$

$s$  : 역간거리 (m)  
 $s_c$  : 기준열차 등속거리 (m)  
 $s_a$  : 기준열차 가속거리 (m)  
 $s_b$  : 기준열차 제동거리 (m)  
 $a_d^B$  : 기준열차 상용 감속도 (m/s<sup>2</sup>)  
 $a_a^B$  : 기준열차 상용 가속도 (m/s<sup>2</sup>)  
 $V^B$  : 기준열차 제한속도 (km/h)

$$\begin{aligned}
 t_s &= (t_a + t_b + t_c)/60 \\
 &= \left( \frac{V^B/3.6}{a_a^B} + \frac{V^B/3.6}{a_d^B} + \frac{s_c}{V^B/3.6} \right) / 60
 \end{aligned}
 \tag{식 3-22}$$

$t_s$  : 기준열차 역간 운전시분 (분)  
 $t_a$  : 기준열차 가속시간 (초)  
 $t_b$  : 기준열차 제동시간 (초)  
 $t_c$  : 기준열차 등속시간 (초)  
 $s_c$  : 기준열차 등속거리 (m)  
 $a_a^B$  : 기준열차 상용 가속도 (m/s<sup>2</sup>)  
 $a_d^B$  : 기준열차 상용 감속도 (m/s<sup>2</sup>)  
 $V^B$  : 기준열차 제한속도 (km/h)

## 나. 단선 철도노선용량 산정

- 단선은 상·하행 열차가 한 궤도를 이용하기 때문에 철도노선용량 산정 시, 기준시간의 반을 역간 운전시분과 폐색취급시분의 합으로 나누어 산출한다.(식 3-23)

$$C_{ls} = \frac{T/2}{t_s + c} \tag{식 3-23}$$

$C_{ls}$  : 철도노선용량 (편도횟수/기준시간)  
 $T$  : 기준시간 (분)  
 $t_s$  : 역간 운전시분 (분)  
 $c$  : 폐색취급시분 (분)

## 5. 철도노선용량 산정 예시

## 가. 복선 철도노선용량 산정 예시

## 1. 기준열차의 열차길이 및 제한속도 산정

예제: A정거장~B정거장 단위선구에서 운행하는 열차의 열차길이, 제한속도 및 운행비율이 아래 표와 같을 때, 기준열차의 열차길이 및 제한속도는 얼마인가?

열차종류	열차길이( $L^n$ )	제한속도( $V^n$ )	운행비율( $R^n$ )
KTX	400m	133km/h	46%
새마을	143m	133km/h	6%
무궁화	200m	133km/h	24%
화물열차	500m	67km/h	24%

풀이: 기준열차의 열차길이는 한 선구의 운행되는 열차종류의 운행비율에 따라 평균하여 계산한다. 운행비율에 따라 평균한 기준열차의 열차길이는 다음과 같다.

$$L^B = R^1 L^1 + R^2 L^2 + \dots + R^n L^n$$

$L^B$ : 기준열차 차량전장(m)

$R^n$ : 차종  $n$ 의 운행비율(%)

$L^n$ : 차종  $n$ 의 차량전장(m)

따라서 기준열차의 열차길이는 362m이다.

$$L^B = 0.46 \times 400 + 0.06 \times 143 + 0.24 \times 200 + 0.24 \times 500 = 362$$

기준열차의 제한속도는 기준열차의 시격이 운행비율에 따른 평균 시격이 되도록 각 열차종의 운행비율을 해당 열차종의 제한속도로 나누어 더한 값의 역수로 산정한다. 기준열차의 제한속도 산정식은 다음과 같다.

$$V^B = \frac{1}{\frac{R^1}{V^1} + \frac{R^2}{V^2} + \dots + \frac{R^n}{V^n}}$$

$V^B$ : 기준열차 제한속도(km/h)

$R^n$ : 차종  $n$ 의 운행비율(%)

$V^n$ : 차종  $n$ 의 제한속도(km/h)

따라서 기준열차의 제한속도는 107km/h이다.

$$V^B = \frac{1}{\frac{0.46}{133} + \frac{0.06}{133} + \frac{0.24}{133} + \frac{0.24}{67}} = 107$$

## 2. 기준열차의 상용 가·감속도 산정

예제: A정거장~B정거장 단위선구에서 운행하는 열차의 상용 가·감속도 및 운행비율이 아래 표와 같을 때, 기준열차 상용 가·감속도는 얼마인가?

열차종류	상용 가속도( $a_a^n$ )	상용 감속도( $a_d^n$ )	운행비율( $R^n$ )
KTX	0.32m/s <sup>2</sup>	0.57m/s <sup>2</sup>	46%
새마을	0.47m/s <sup>2</sup>	0.64m/s <sup>2</sup>	6%
무궁화	0.25m/s <sup>2</sup>	0.55m/s <sup>2</sup>	24%
화물열차	0.15m/s <sup>2</sup>	0.07m/s <sup>2</sup>	24%

풀이: 기준열차의 상용 가·감속도는 선구를 운행하는 열차종류의 운행비율에 따라 아래와 같이 계산한다.

$$a_a^B = \frac{1}{\frac{R^1}{a_a^1} + \frac{R^2}{a_a^2} + \dots + \frac{R^n}{a_a^n}} \quad a_d^B = \frac{1}{\frac{R^1}{a_d^1} + \frac{R^2}{a_d^2} + \dots + \frac{R^n}{a_d^n}}$$

$a_a^B$ : 기준열차 상용 가속도 (m/s<sup>2</sup>)

$a_d^B$ : 기준열차 상용 감속도 (m/s<sup>2</sup>)

$R^n$ : 차종  $n$ 의 운행비율 (%)

$a_a^n$ : 차종  $n$ 의 상용 가속도 (m/s<sup>2</sup>)

$a_d^n$ : 차종  $n$ 의 상용 감속도 (m/s<sup>2</sup>)

따라서 기준열차 상용 가속도는 0.24m/s<sup>2</sup>이고, 상용 감속도는 0.21m/s<sup>2</sup>이다.

$$a_a^B = \frac{1}{\frac{0.46}{0.32} + \frac{0.06}{0.47} + \frac{0.24}{0.25} + \frac{0.24}{0.15}} = 0.24$$

$$a_d^B = \frac{1}{\frac{0.46}{0.57} + \frac{0.06}{0.64} + \frac{0.24}{0.55} + \frac{0.24}{0.07}} = 0.21$$

## 3. 기준열차 변환계수 산정

예제: A정거장~B정거장 단위선구거리, 폐색 수, 폐색길이와 단위선구에서 운행하는 열차의 운행비율이 아래 표와 같을 때, 기준열차 변환계수는 얼마인가?

단위선구거리(m)	17,000	열차종류	제한속도( $V^n$ )	운행비율( $R^n$ )
폐색수(개)	5	KTX	133km/h	46%
폐색길이(m)	608	새마을	133km/h	6%
		무궁화	133km/h	24%
		화물열차	67km/h	24%

풀이: 기준열차 변환계수는 아래와 같이 계산한다.

$$\beta = 1 + \frac{\sum_{i,j: V^i < V^j} \frac{1}{2} \left( \frac{K}{V^i/3.6} - \frac{K}{V^j/3.6} \right) R^i R^j}{\sum_{i,j} \frac{n \times BL}{V^i/3.6} R^i R^j}$$

$K$ : 단위선구거리(m)  
 $n$ : 폐색수(개)  
 $BL$ : 폐색길이(m)  
 $SBD$ : 서비스제동거리(m)  
 $V^n$ : 차종  $n$ 의 제한속도(km/h)  
 $R^n$ : 차종  $n$ 의 운행비율(%)

계산의 편의를 위해 먼저, 열차종별로 다음 표를 작성한다. 선행열차종 보다 후행열차종의 속도가 빠른 경우는 화물열차-KTX, 화물열차-새마을, 화물열차-무궁화이다.

열차종류	$\frac{K}{V^n/3.6}$	$\frac{n \times BL}{V^n/3.6}$	후행 선행	KTX	새마을	무궁화	화물
KTX	460	82	KTX	22%	3%	11%	11%
새마을	460	82	새마을	3%	-	1%	1%
무궁화	460	82	무궁화	11%	1%	6%	6%
화물열차	920	164	화물열차	11%	1%	6%	6%

따라서, 기준열차 변환계수는 1.41이다.

$$\beta = 1 + \frac{1}{2} \frac{(920-460) \times 0.11 + (920-460) \times 0.01 + (920-460) \times 0.06}{82 \times 0.22 + 82 \times 0.03 + \dots + 164 \times 0.06} = 1.41$$

## 4-1. 폐색구간이 정해져 있는 경우의 본선시격 산정

예제: A정거장~B정거장 단위선구에서 폐색 수, 폐색길이, 여유거리 등이 아래 표와 같이 주어진 경우, 본선시격은 얼마인가?

폐색 수( $n$ )	6개	여유거리( $BZ$ )	300m
폐색길이( $BL$ )	1500m	인지시간( $T_{dr}$ )	10초
기준열차 제한속도( $V^B$ )	285km/h	연동시간( $T_{il}$ )	20초
기준열차 열차길이( $L^B$ )	329m	운영여유시간( $T_{om}$ )	30초
기준열차 변환계수( $\beta$ )	1		

\*주: 인지시간, 연동시간, 운영여유시간은 조정할 수 있음

풀이: A정거장~B정거장 단위선구의 본선시격은 폐색 수, 폐색길이, 여유거리 및 시간을 고려하여 계산한다.

$$h(l) = \left( \beta \times \frac{n \times BL + L^B + BZ}{V^B / 3.6} + T_{dr} + T_{il} + T_{om} \right) / 60$$

$h(l)$ : 본선시격(분)

$n$ : 폐색수(개)

$BL$ : 폐색길이(m)

$L^B$ : 기준열차 열차길이(m)

$BZ$ : 여유거리(m)

$T_{dr}$ : 인지시간(초)

$T_{il}$ : 연동시간(초)

$T_{om}$ : 여유시간(초)

$V^B$ : 기준열차 제한속도(km/h)

$\beta$ : 기준열차변환계수

따라서 본선시격은 3.03분이다.

$$h(l) = \left( 1 \times \frac{6 \times 1500 + 329 + 300}{285 / 3.6} + 10 + 20 + 30 \right) / 60 = 3.03$$

4-2. 폐색구간이 정해져 있지 않은 경우의 본선시격 산정

예제: 이동폐색 구간인 A정거장~B정거장 단위선구에서 아래 표와 같이 선구정보가 주어졌을 때, 본선시격은 얼마인가?

서비스제동거리(SBD)	305m	인지시간( $T_{dr}$ )	10초
기준열차 제한속도( $V^B$ )	75km/h	연동시간( $T_{il}$ )	15초
기준열차 열차길이( $L^B$ )	81m	운영여유시간( $T_{om}$ )	30초
여유거리(BZ)	47m	기준열차 변환계수( $\beta$ )	1

\*주: 인지시간, 연동시간, 운영여유시간은 조정할 수 있음

풀이: A정거장~B정거장 단위선구의 경우, 폐색이 없으므로 폐색 수와 폐색길이 대신 서비스 제동거리를 이용한다. 선구의 여유거리 및 시간을 고려하여 본선시격을 계산한다. 위 예제의 본선시격은 다음과 같다.

$$h(l) = \left( \beta \times \frac{SBD + L^B + BZ}{V^B / 3.6} + T_{dr} + T_{il} + T_{om} \right) / 60$$

$h(l)$ : 본선시격(분)  
 $SBD$ : 서비스제동거리(m)  
 $L^B$ : 기준열차 열차길이(m)  
 $BZ$ : 여유거리(m)  
 $T_{dr}$ : 인지시간(초)  
 $T_{il}$ : 연동시간(초)  
 $T_{om}$ : 여유시간(초)  
 $V^B$ : 기준열차 제한속도(km/h)  
 $\beta$ : 기준열차 변환계수

따라서 본선시격은 1.26분이다.

$$h(l) = (1 \times \frac{305 + 81 + 47}{75 / 3.6} + 10 + 15 + 30) \div 60 = 1.26$$

## 5. 제동손실시간 및 가속손실시간 산정

예제: A정거장~B정거장 단위선구에서 제한속도가 285km/h이고, 기준열차의 상용 감속도 0.57m/s<sup>2</sup>, 상용 가속도 0.32m/s<sup>2</sup>인 경우 제동손실시간과 가속손실시간은 얼마인가?

풀이: 제동손실시간은 최고속도로 운행하던 열차가 감속하여 정지할 때 까지 소요되는 시간에서 제동거리 만큼을 정차하지 않고 최고속도로 이동한 시간을 뺀 시간이며, 가속손실시간은 열차가 정차 후 가속하여 최고속도에 도달하기 위해 손실되는 시간으로 아래 식과 같이 계산된다.

$$T_b = \frac{V^B/3.6}{2 \times a_d^B} \quad T_a = \frac{V^B/3.6}{2 \times a_a^B}$$

$T_b$ : 제동손실시간(초)

$T_a$ : 가속손실시간(초)

$a_d^B$ : 기준열차 상용 감속도(m/s<sup>2</sup>)

$a_a^B$ : 기준열차 상용 가속도(m/s<sup>2</sup>)

$V^s$ : 기준열차 제한속도(km/h)

따라서 제동손실시간은 69초, 가속손실시간은 124초이다.

$$T_b = \frac{285/3.6}{2 \times 0.57} = 69 \quad T_a = \frac{285/3.6}{2 \times 0.57} = 124$$

### 6-1. 선 · 후행 열차가 통과-통과인 경우 정거장시격 산정

예제: A정거장~B정거장 단위선구의 B정거장에서 본선시격 3.03분, 제동손실시간 69초, 정차 시간 120초, 가속손실시간 124초로 주어졌을 때, 선 · 후행 열차가 통과-통과인 경우 정거장시격은 얼마인가?

풀이: 통과-통과인 경우의 정거장시격은 본선시격과 동일하므로 위 예제의 경우엔 3.03분이다.

$$h^1(s) = h(l) \\ = 3.03$$

### 6-2. 선 · 후행 열차가 통과-정차인 경우 정거장시격 산정

예제: A정거장~B정거장 단위선구의 B정거장에서 본선시격 3.03분, 제동손실시간 69초, 정차 시간 120초, 가속손실시간 124초로 주어졌을 때, 선 · 후행 열차가 통과-정차인 경우 정거장시격은 얼마인가?

풀이: 통과-정차인 경우의 정거장시격은 선·후행 열차 간 본선시격에 후행열차의 제동손실시간, 정차시간, 가속손실시간의 합으로 계산된다.

$$h^2(s) = h(l) + (T_b + T_{dw} + T_a)/60$$

따라서 정거장시격은 8.25분이다.

$$h^2(s) = 3.03 + (69 + 120 + 124)/60 \\ = 8.25$$



## 6-3. 선·후행 열차가 정차-통과(대피/추월X)인 경우 정거장시격 산정

예제: A정거장~B정거장 단위선구의 B정거장에서 본선시격 3.03분, 제동손실시간 69초, 정차시간 120초, 가속손실시간 124초로 주어졌을 때, 선·후행 열차가 통과-정차인 경우 정거장시격은 얼마인가? (단, 대피/추월은 없음)

풀이: 대피/추월이 없고 정차-통과인 경우의 정거장시격은 본선시격과 동일하므로 정거장시격은 3.03분이다.

$$h^{3-1}(s) = h(l) = 3.03$$

## 6-4. 선·후행 열차가 정차-통과(대피/추월O)인 경우 정거장 시격 산정

예제: A정거장~B정거장 단위선구의 B정거장에서 본선시격 3.03분, 제동손실시간 69초, 정차시간 120초, 가속손실시간 124초로 주어졌을 때, 고속철도 선·후행 열차가 통과-정차인 경우 정거장시격은 얼마인가? (단, 대피/추월은 있음)

풀이: 선·후행 열차가 정차-통과 시, 대피/추월이 발생하는 경우의 정거장시격은 5.22분이다.

$$h^{3-2}(s) = (69 + 120 + 124)/60 = 5.22$$

## 6-5. 대피선이 1개인 정거장에서 선·후행 열차가 정차-정차(대피/추월X)인 경우 정거장시격 산정

예제: A정거장~B정거장 단위선구의 B정거장은 대피선이 1개이고, 대피/추월이 발생하지 않는 정거장이다. 본선시격 3.04분, 제동손실시간 69초, 정차시간 120초, 가속손실시간 124초로 주어졌을 때, 선·후행 열차가 정차-정차인 경우 정거장시격은 얼마인가?

풀이: 대피선이 1개인 정거장에서 정거장시격은 선·후행 열차 간 본선시격 또는 제동손실시간, 정차시간, 가속손실시간의 합 중 큰 값으로 한다.

$$h^{4-1}(s) = \max(h(l), (T_b + T_{dw} + T_a)/60)$$

따라서 정거장시격은 5.22분이다.

$$h^{4-1}(s) = \max(3.04, (69 + 120 + 124)/60) = 5.22$$

6-6. 대피선이 2개인 정거장에서 선·후행 열차가 정차-정차(대피/추월X)인 경우 정거장 시격 산정

예제: A정거장~B정거장 단위선구의 B정거장은 대피선이 2개이고, 대피/추월이 발생하지 않는 정거장이다. 본선시격 3.03분, 제동손실시간 69초, 정차시간 120초, 가속손실시간 124초로 주어졌을 때, 선·후행 열차가 정차-정차인 경우 정거장시격은 얼마인가? (단, 대피/추월은 없음)

풀이: 대피선이 2개인 경우 선행열차가 정차하는 시점에 후행열차가 제동하여 대피선에서 정차할 수 있으므로 선·후행 열차 간 본선시격만 고려한다. 즉, 본선시격과 동일하므로 위 예제의 경우엔 3.03분이다.

$$h^{4-2}(s) = h(l) = 3.03$$

6-7. 대피선이 2개인 정거장에서 선·후행 열차가 정차-정차(대피/추월O)인 경우 정거장 시격 산정

예제: A정거장~B정거장 단위선구의 B정거장은 대피선이 2개이고, 대피/추월이 발생하는 정거장이다. 본선시격 3.03분, 제동손실시간 69초, 정차시간 120초, 가속손실시간 124초로 주어졌을 때, 선·후행 열차가 정차-정차인 경우 정거장시격은 얼마인가? (단, 대피/추월은 있음)

풀이: 대피선이 2개인 경우 선행열차가 대피선에서 정차하고 있는 동안 후행열차가 본선에서 통과한다. 위 예제의 정거장시격은 6.06분이다.

$$\begin{aligned} h^{4-3}(s) &= 2 \times h(l) \\ &= 2 \times 3.03 \\ &= 6.06 \end{aligned}$$

## 7. 정거장 정차패턴 비율 계산 방법

예제: A정거장~B정거장 단위선구의 B정거장에서 기준시간 동안의 시각표가 아래 표와 같이 주어졌을 때, B정거장의 정차패턴 비율(통과-통과, 통과-정차, 정차-통과, 정차-정차)은 얼마인가?

열차번호	정차시각	열차번호	정차시각	열차번호	정차시각
101	-	109	-	117	11:45
102	-	110	-	118	12:00
103	7:33	111	-	119	-
104	-	112	-	120	-
105	7:53	113	10:30	121	-
106	-	114	10:45	122	13:30
107	8:13	115	-	123	13:45
108	8:30	116	-	124	-

풀이: 아래 표의 101열차와 103열차는 통과-통과이며, 107열차와 109열차는 통과-정차에 집계된다. 109열차와 111열차는 정차-정차이고, 117열차와 121열차는 정차-통과에 집계된다. 이를 반복하면 정차패턴별 열차 횟수는 아래 표와 같다.

정차패턴	횟수	정차패턴	횟수
통과-통과	7	정차-통과	6
통과-정차	6	정차-정차	4

정차패턴 비율은 다음과 같다.

정차패턴	비율	정차패턴	비율
통과-통과	30%	정차-통과	26%
통과-정차	26%	정차-정차	18%

## 8-1. 대피/추월이 없는 경우의 대피선-정차패턴별 정거장시각 산정

예제: A정거장~B정거장 단위선구의 B정거장은 대피선이 2개이고, 대피/추월이 발생하지 않는 정거장이다. 정차패턴 비율과 정차패턴에 따른 정거장시각이 아래 표와 같이 주어졌을 때, B정거장의 대피선-정차패턴별 정거장시각은 얼마인가?

대피선-정차패턴	정거장시각	대피선-정차패턴 비율	
통과-통과	3.03분	$r^1$	30%
통과-정차	8.25분	$r^2$	26%
정차-통과(대피/추월X)	3.03분	$r^{3-1}$	26%
정차-통과(대피/추월O)	5.22분	$r^{3-2}$	0%
정차-정차(대피선1, 대피/추월X)	5.22분	$r^{4-1}$	0%
정차-정차(대피선2 이상, 대피/추월X)	3.03분	$r^{4-2}$	18%
정차-정차(대피선2 이상, 대피/추월O)	6.06분	$r^{4-3}$	0%

풀이: 대피선-정차패턴별 정거장시각은 대피선 수, 정차패턴 비율과 정거장시각을 이용하여 아래와 같이 계산한다.

$$h(s) = r^1 h^1(s) + r^2 h^2(s) + r^{3-1} h^{3-1}(s) + r^{3-2} h^{3-2}(s) + r^{4-1} h^{4-1}(s) + r^{4-2} h^{4-2}(s) + r^{4-3} h^{4-3}(s)$$

따라서 B정거장의 대피선-정차패턴별 정거장시각은 4.38분이다.

$$h(s) = 0.30 \times 3.03 + 0.26 \times 8.25 + 0.26 \times 3.03 + 0.18 \times 3.03 = 4.38$$

## 8-2. 대피/추월이 있는 경우의 대피선-정차패턴별 정거장시각 산정

예제: A정거장~B정거장 단위선구의 B정거장은 대피선 2개이며, 대피/추월이 발생하는 정거장이다. 정차패턴 비율과 정차패턴에 따른 정거장시각이 아래 표와 같을 때, 대피선-정차패턴별 정거장시각은 얼마인가?

대피선-정차패턴	정거장시각	대피선-정차패턴 비율	
통과-통과	2.52분	$r^1$	0%
통과-정차	3.76분	$r^2$	15%
정차-통과(대피/추월X)	2.52분	$r^{3-1}$	5%
정차-통과(대피/추월O)	2.52분	$r^{3-2}$	11%
정차-정차(대피선1, 대피/추월X)	2.52분	$r^{4-1}$	0%
정차-정차(대피선2 이상, 대피/추월X)	2.52분	$r^{4-2}$	66%
정차-정차(대피선2 이상, 대피/추월O)	5.03분	$r^{4-3}$	3%

풀이: 대피선-정차패턴별 정거장시각은 대피선 수, 정차패턴 비율과 정거장시각을 이용하여 아래와 같이 계산한다.

$$h(s) = r^1 h^1(s) + r^2 h^2(s) + r^{3-1} h^{3-1}(s) + r^{3-2} h^{3-2}(s) + r^{4-1} h^{4-1}(s) + r^{4-2} h^{4-2}(s) + r^{4-3} h^{4-3}(s)$$

따라서 B정거장의 대피선-정차패턴별 정거장시각은 2.78분이다.

$$h(s) = 0.15 \times 3.76 + 0.05 \times 2.52 + 0.11 \times 2.52 + 0.66 \times 2.52 + 0.03 \times 5.03 = 2.78$$

## 9-1. 선구가 하나의 단위선구인 경우의 복선 철도노선용량 산정

예제: A정거장~B정거장 단위선구의 B정거장에서 기준시간은 17.5시간(1,050분), 본선시격은 3.03분, 정거장시격은 4.38분일 때, A정거장~B정거장 선구의 철도노선용량은 얼마인가?

풀이: 철도노선용량은 기준시간을 정거장시격으로 나누어 산정한다.

$$C_{ls} = \frac{T}{h(s)}$$

$C_{ls}$ : 철도노선용량(편도횟수/기준시간)

$T$ : 기준시간(분)

$h(s)$ : 정거장시격(분)

따라서 철도노선용량은 240편도횟수/기준시간이다.

$$C_{ls} = \frac{T}{h(s)} = \frac{1050}{4.38} = 240$$

## 9-2. 선구가 여러 단위선구의 집합인 경우의 복선 철도노선용량 산정

예제: A정거장~C정거장 선구는 A정거장~B정거장 단위선구와 B정거장~C정거장 단위선구로 구성되어 있다. 기준시간은 17.5시간(1,050분), A정거장~B정거장 단위선구의 정거장시격은 3.94분, B정거장~D정거장 단위선구의 정거장시격은 4.56분일 때, A정거장~C정거장 선구의 철도노선용량은 얼마인가?

풀이: '선구 내 여러 단위선구가 있는 경우 철도노선용량이 가장 낮은 단위선구의 철도노선용량을 선구의 철도노선용량으로 한다.'는 가정을 따른다. 따라서 정거장시격이 큰 B정거장~C정거장 단위선구를 대상으로 계산한다. 철도노선용량은 기준시간을 정거장시격으로 나누어 산정한다.

$$C_{ls} = \frac{T}{h(s)}$$

$C_{ls}$ : 철도노선용량(편도횟수/기준시간)

$T$ : 기준시간(분)

$h(s)$ : 정거장시격(분)

따라서 철도노선용량은 230편도횟수/기준시간이다.

$$C_{ls} = \frac{T}{h(s)} = \frac{1050}{4.56} = 230$$

## 나. 단선 철도노선용량 산정 예시

### 1. 기준열차의 열차길이 및 제한속도 산정

예제: A정거장~B정거장 단위선구에서 운행하는 열차에 대한 열차길이 및 열차비율이 아래와 같이 주어졌을 때, 기준열차의 열차길이는 얼마인가?

열차종류	열차길이( $L^n$ )	제한속도( $V^n$ )	운행비율( $R^n$ )
KTX	400m	285km/h	0%
KTX-산천	201m	285km/h	0%
새마을	143m	143km/h	6%
무궁화	200m	143km/h	44%
화물열차	500m	67km/h	50%

풀이: 기준열차의 열차길이는 한 선구의 운행되는 열차종류의 운행비율에 따라 평균하여 계산한다. 운행비율에 따라 평균한 기준열차의 열차길이는 다음과 같다.

$$L^B = R^1 L^1 + R^2 L^2 + \dots + R^n L^n$$

$L^B$ : 기준열차 차량전장(m)

$R^n$ : 차종  $n$ 의 운행비율(%)

$L^n$ : 차종  $n$ 의 차량전장(m)

따라서 기준열차의 열차길이는 347m이다.

$$L^B = 0.06 \times 143 + 0.44 \times 200 + 0.50 \times 500 = 347$$

기준열차의 제한속도는 기준열차의 시격이 운행비율에 따른 평균 시격이 되도록 각 열차종의 운행비율을 해당 열차종의 제한속도로 나누어 더한 값의 역수로 산정한다. 기준열차의 제한속도 산정식은 다음과 같다.

$$V^B = \frac{1}{\frac{R^1}{V^1} + \frac{R^2}{V^2} + \dots + \frac{R^n}{V^n}}$$

$V^B$ : 기준열차 제한속도(km/h)

$R^n$ : 차종  $n$ 의 운행비율(%)

$V^n$ : 차종  $n$ 의 제한속도(km/h)

따라서 기준열차의 제한속도는 91km/h이다.

$$V^B = \frac{1}{\frac{0.06}{143} + \frac{0.44}{143} + \frac{0.50}{67}} = 91$$

## 2. 기준열차의 상용 가·감속도 산정

예제: A정거장~B정거장 단위선구에서 운행하는 열차의 제한속도 및 운행비율이 아래 표와 같을 때, 기준열차 상용 가·감속도는 얼마인가?

열차종류	상용 가속도( $a_a^n$ )	상용 감속도( $a_d^n$ )	운행비율( $R^n$ )
KTX	0.32m/s <sup>2</sup>	0.57m/s <sup>2</sup>	0%
KTX-산천	0.32m/s <sup>2</sup>	0.57m/s <sup>2</sup>	0%
새마을	0.47m/s <sup>2</sup>	0.64m/s <sup>2</sup>	6%
무궁화	0.25m/s <sup>2</sup>	0.55m/s <sup>2</sup>	44%
화물열차	0.15m/s <sup>2</sup>	0.07m/s <sup>2</sup>	50%

풀이: 기준열차의 상용 가·감속도는 선구를 운행하는 열차종류의 운행비율에 따라 아래와 같이 계산한다.

$$a_a^B = \frac{1}{\frac{R^1}{a_a^1} + \frac{R^2}{a_a^2} + \dots + \frac{R^n}{a_a^n}} \quad a_d^B = \frac{1}{\frac{R^1}{a_d^1} + \frac{R^2}{a_d^2} + \dots + \frac{R^n}{a_d^n}}$$

$a_a^B$ : 기준열차 상용 가속도(m/s<sup>2</sup>)

$a_d^B$ : 기준열차 상용 감속도(m/s<sup>2</sup>)

$R^n$ : 차종  $n$ 의 운행비율(%)

$a_a^n$ : 차종  $n$ 의 상용 가속도(m/s<sup>2</sup>)

$a_d^n$ : 차종  $n$ 의 상용 감속도(m/s<sup>2</sup>)

따라서 기준열차 상용 가속도는 0.19m/s<sup>2</sup>이고, 상용 감속도는 0.12m/s<sup>2</sup>이다.

$$a_a^B = \frac{1}{\frac{0.06}{0.47} + \frac{0.44}{0.25} + \frac{0.50}{0.15}} = 0.19$$

$$a_d^B = \frac{1}{\frac{0.06}{0.64} + \frac{0.44}{0.55} + \frac{0.50}{0.07}} = 0.12$$

### 3. 교행가능역간 운행시분 계산

예제: A정거장~B정거장 단위선구에서 역간거리 19,200m, 가속거리 1,657m, 제동거리 2,550m, 등속거리 2,993m로 주어졌을 때, 교행가능역간 운전시분은 얼마인가?(제한 속도는 91km/h임)

풀이: 교행가능역간 운전시분은 가속시간, 제동시간 및 등속시간을 합하여 계산한다.

$$t_s = (t_a + t_b + t_c)/60$$

$$= \left( \frac{V^B/3.6}{a_a^B} + \frac{V^B/3.6}{a_d^B} + \frac{s_c}{V^B/3.6} \right) / 60$$

$t_s$ : 역간 운전시분(분)  
 $t_a$ : 가속시간(초)  
 $t_b$ : 제동시간(초)  
 $t_c$ : 등속시간(초)  
 $s_c$ : 등속거리(m)  
 $a_a^B$ : 기준열차 상용 가속도( $\frac{m}{s^2}$ )  
 $a_d^B$ : 기준열차 상용 감속도( $\frac{m}{s^2}$ )  
 $V^B$ : 기준열차 제한속도(km/h)

따라서 교행가능역간 운전시분은 7.70분이다.

$$t_s = \left( \frac{91/3.6}{0.19} + \frac{91/3.6}{0.12} + \frac{2,993}{91/3.6} \right) / 60 = 7.70$$

### 4. 단선 철도노선용량 산정

예제: A정거장~B정거장 단위선구에서 기준시간은 18시간(1,080분), 교행가능역간 운전시분 7.55분, 폐색취급시분이 1분일 때, 철도노선용량은 얼마인가?

풀이: 단선은 상·하행 열차가 한 궤도를 이용하기 때문에 철도용량 산정 시, 기준시간의 반을 역간 운전시분과 폐색취급시간을 더한 값으로 나누어 산정한다.

$$C_{ls} = \frac{T/2}{t_s + c}$$

$C_{ls}$ : 철도노선용량(편도횟수/기준시간)  
 $T$ : 기준시간(분)  
 $t_s$ : 역간 운전시분(분)  
 $c$ : 폐색취급시분(분)

따라서 철도노선용량은 63편도횟수/기준시간이다.

$$C_{ls} = \frac{1,080/2}{7.55 + 1} = 63$$





## 제4장 ■ 철도노선 서비스수준(LOS) 결정

### 2017 철도용량편람

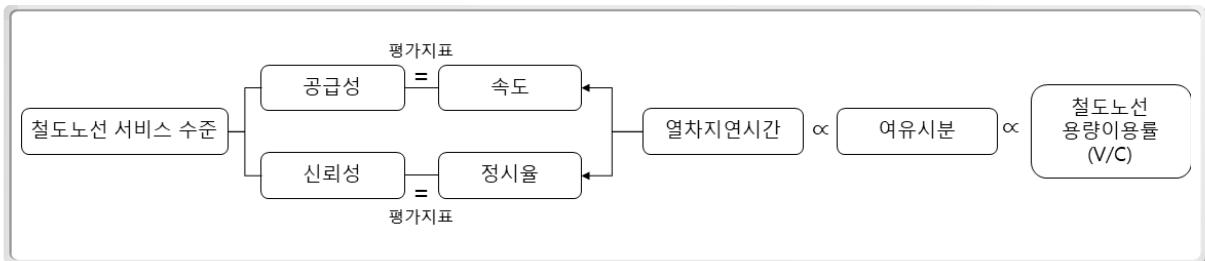
1. 철도노선 서비스수준(LOS) 결정
2. 열차등급별 철도노선의 서비스수준(LOS) 결정
3. 기존철도의 철도노선 서비스수준(LOS) 평가
4. 철도노선 서비스수준(LOS) 평가 예제
5. 열차지연과 철도노선 서비스수준(LOS) 간 관계



## 1. 철도노선 서비스수준(LOS) 결정

### 가. 철도노선 서비스수준(LOS) 평가 기준 선정

- 철도노선 서비스수준 평가 항목으로는 ‘공급성’과 ‘신뢰성’이 있다(김한수 외, 2013).
- ‘공급성’ 평가지표는 ‘열차운행속도’, ‘평균운행속도’ 및 ‘혼잡도’가 있다.
  - ‘혼잡도’는 철도차량 서비스수준과 관련된 지표이므로, 이를 제외하면 실질적으로 ‘속도’가 핵심 지표라고 볼 수 있다.
- ‘신뢰성’ 평가지표는 ‘정시율(punctuality)’ 및 ‘운행취소율(cancelled trains)’이 있다.
  - 2010년 기준 국내 운행열차(KTX, 새마을, 무궁화)의 운행취소율은 0%이다(김한수 외, 2013)). 이러한 현실을 고려할 때, ‘운행취소율’은 유의미한 지표로 보기가 어렵다.
  - 따라서 ‘신뢰성’ 평가지표의 핵심지표는 ‘정시율’로 볼 수 있다.
  - 한편 ‘정시율’은 열차운행횟수 증가에 따른 열차지연시간에 대한 함수로 표현할 수 있는데, 이 때 열차지연시간을 이용하여 열차의 표정속도를 산출할 수 있다.
- 공급성 지표인 ‘속도’는 열차지연시간의 크기에 따라 결정되고, 신뢰성 평가지표의 핵심 지표인 ‘정시율’은 열차지연 유무에 따라 달라지기 때문에 철도노선 서비스수준(LOS)을 평가하기 위한 기준은 ‘열차지연시간’을 중심으로 살펴보아야 할 것이다.
- 철도노선 서비스수준 평가의 핵심지표인 ‘열차지연시간’은 ‘여유시분’과 반비례관계에 있고, ‘여유시분’은 ‘철도노선용량 이용률( $v/c$ )’과 반비례관계에 있다.
  - 여유시분은 열차지연발생시 회복운전을 위해 활용할 수 있는 완충(buffer)의 역할을 하기 때문에 여유시분이 클수록 열차지연시간은 감소한다.
  - 그러나 열차지연시간 증가 및 확산 방지를 위해 여유시분이 커질수록 철도노선용량의 활용수준인 철도노선용량 이용률( $v/c$ )은 낮아진다.
- 철도노선 서비스수준 평가의 핵심지표인 ‘열차지연시간’은 ‘철도노선용량 이용률( $v/c$ )’와 비례관계에 있으므로, 철도노선 서비스수준 평가는 철도노선용량 이용률( $v/c$ )을 기준으로 선정한다.
  - 상기한 철도노선 서비스수준 평가와 관련하여 공급성 지표 및 신뢰성 지표와 핵심지표인 열차지연시간 간 관계, 열차지연시간과 여유시분 및 철도노선용량 이용률의 관계를 개념적으로 나타내면 <그림 4-1>과 같다.



<그림 4-1> 철도노선 서비스수준 평가지표간 관계

## 나. 철도노선 서비스수준(LOS) 정의

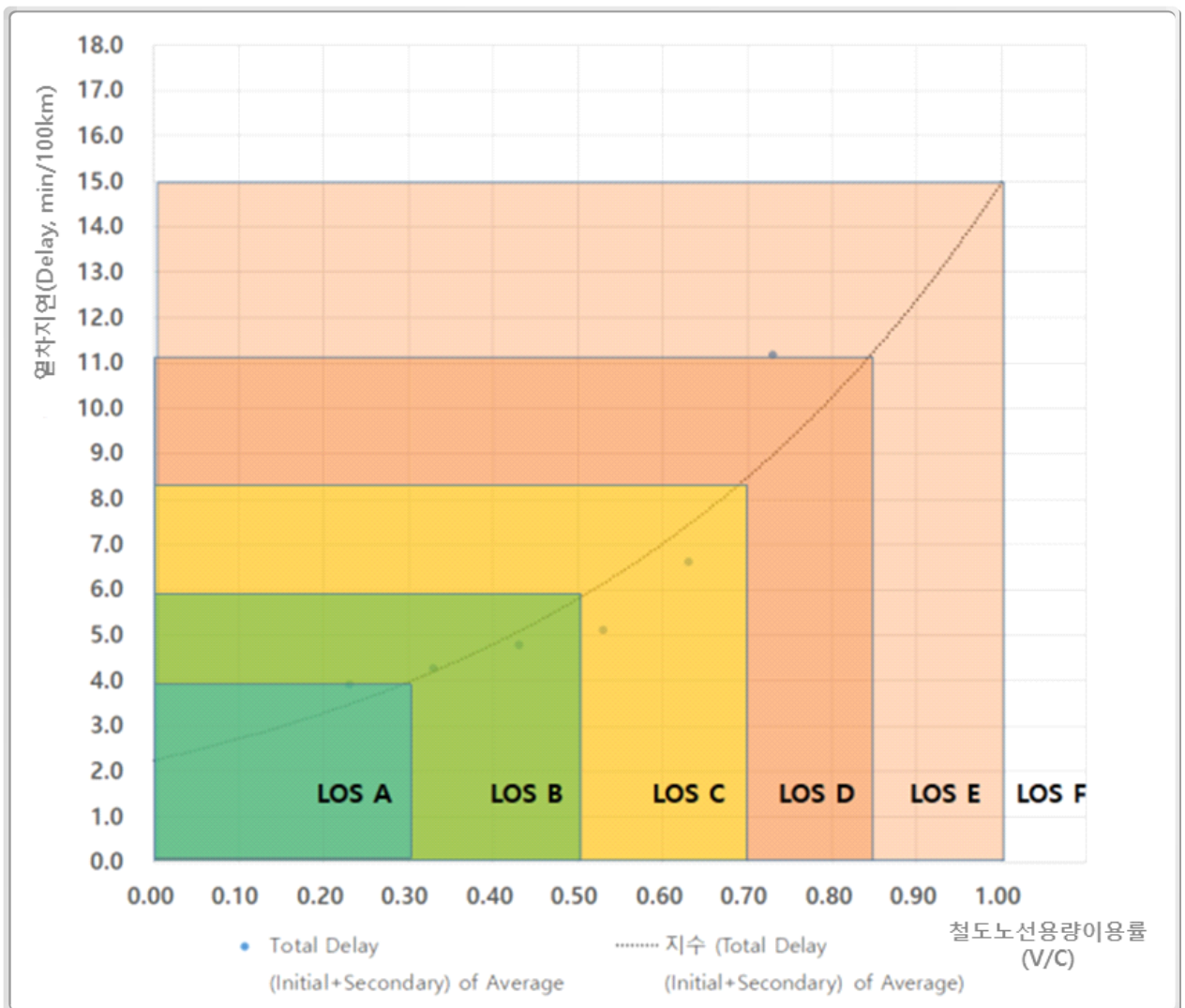
- 철도노선의 서비스수준은 ‘열차지연’을 중심으로 살펴보아야 한다. 이에 철도노선의 서비스수준을 도로용량편람 및 해외 철도노선 서비스수준 평가 체계와 같이 6개의 등급(A~F 등급)으로 구분하고, 각 등급별 상태에 대하여 다음과 같이 정의한다.(<표 4-1> 참고)
- 철도노선 서비스수준(LOS) ‘A’ 상태: 열차지연이 없는 상태
  - 철도노선 서비스수준(LOS) ‘B’ 상태: 열차지연이 거의 없는 상태
  - 철도노선 서비스수준(LOS) ‘C’ 상태: 열차지연이 발생할 수 있으나 설정한 여유시분을 활용하여 회복운행이 가능한 상태. 회복운행이 가능한 열차지연만 발생할 수 있는 상태이므로, 열차시각표 정시도착 보장
  - 철도노선 서비스수준(LOS) ‘D’ 상태: 설정한 여유시분을 활용하더라도 정시도착을 목표로 한 회복운행이 불가능할 정도의 지연이 다소 발생하는 상태로서, 철도노선용량에 근접한 상태
  - 철도노선 서비스수준(LOS) ‘E’ 상태: 설정한 여유시분을 활용하더라도 정시도착을 목표로 한 회복운행이 불가능할 정도의 지연이 다수 발생하는 상태로서, 철도노선용량과 동등한 상태
  - 철도노선 서비스수준(LOS) ‘F’ 상태: 철도노선용량을 초과한 열차운행횟수로 인해 열차 운행속도를 낮추어야 만 운영이 가능한 상태로서, 이론적으로나 현실적으로는 운영 가능하나 제공되는 열차의 속도 저하로 서비스의 질이 저하되는 상태

&lt;표 4-1&gt; 철도노선 서비스수준(LOS) 등급별 정의

LOS 등급	정의
A	지연 없음
B	거의 지연 없음
C	회복(정시도착) 가능한 지연 발생
D	회복(정시도착) 불가능한 지연 다소 발생
E	회복(정시도착) 불가능한 지연 다수 발생
F	이론 및 현실적 운영 가능하나 철도운영에 비효율 초래

## 다. 철도노선 서비스수준(LOS) 평가 기준

- 본 편람에서는 열차지연과 철도노선용량 이용률 간 관계를 바탕으로 철도노선용량 이용률( $v/c$ )에 따라 철도노선의 서비스수준(LOS) 등급을 구분하였다.
  - 국내 열차운행횟수 증감에 따른 열차지연 발생이력자료를 기반으로 국내 여건에 적합한 ‘열차지연-철도노선용량 이용률’ 관계 도출로부터 철도노선 서비스수준(LOS) 평가 기준을 마련하는 것이 필요하다.
  - 그러나 현재 우리나라의 경우 제반 상황에 따른 열차지연에 대한 충분한 자료를 확보하기 어렵다
  - 이에, 본 편람에서는 외국(스웨덴)의 연구결과(Lindfeldt, 2015)를 활용 하여 열차지연과 철도노선용량 이용률( $v/c$ ) 간 관계를 <그림 4-3>과 같이 도출하고, 철도노선용량 이용률( $v/c$ )로 철도노선 서비스수준 등급을 구분하였다.(<표 4-2> 참조)
  - 철도노선용량 이용률( $v/c$ )를 기준으로 구분한 철도 서비스수준(LOS) 평가 기준은 <표 4-3>과 같이 미국, 프랑스의 철도서비스수준(LOS)별 철도노선용량 이용률( $v/c$ )과 유사한 수준이다.



<그림 4-2> 열차지연과 철도노선용량 이용률( $v/c$ ) 간 관계

## 제4장 철도노선 서비스수준(LOS) 결정

<표 4-2> 철도노선구간의 서비스수준(LOS) 등급별 평가 기준

서비스수준 등급 평가기준	LOS A	LOS B	LOS C	LOS D	LOS E	LOS F
철도노선용량 이용률(v/c)	0 ~ 0.3	0.3 ~ 0.5	0.5 ~ 0.7	0.7 ~ 0.85	0.85 ~ 1.0	1.0 <

<표 4-3> 철도노선 서비스수준(LOS) 등급별 선로이용률 기준 국외 사례 비교

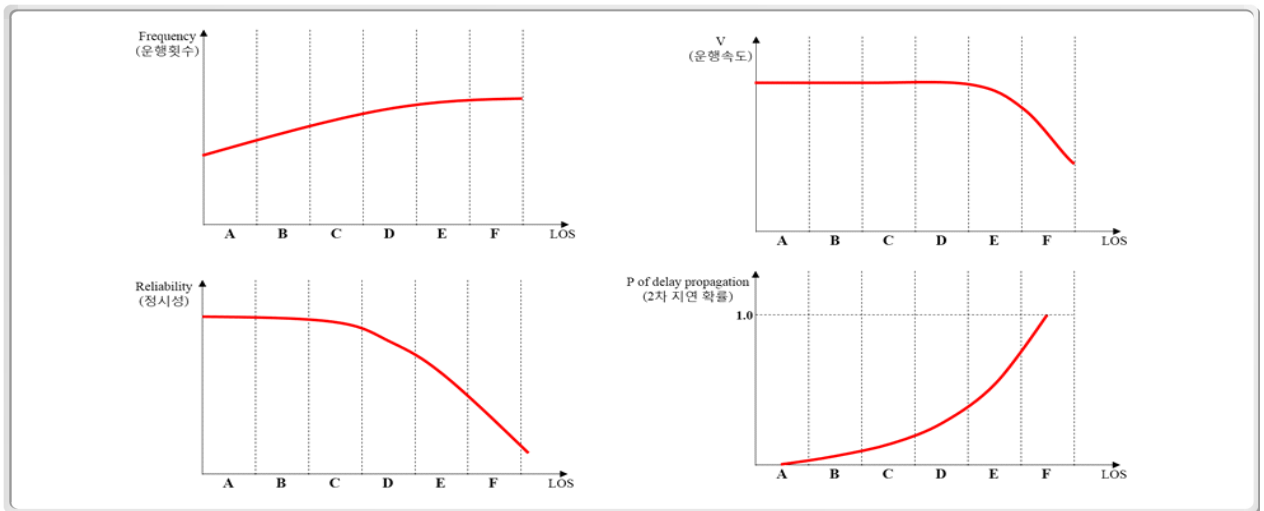
LOS 등급	본 편람		미국		프랑스			
	정의	철도노선 용량 이용률 (v/c)	정의		철도노 선용량 이용률 (v/c)	정의	철도노선용량 이용률 (Rate of Utilization)(%)	평균 지연시간 (분)
A	지연 없음	0~0.3	Below Capacity	사고 복구 및 유지보수 시간확보를 위한 충분한 용량, 저수준 또는 보통수준의 교통류	0.0~0.2	· 유지보수 및 운영중 지 상황에서 충분한 용량 제공 · 서비스수준 보장	0~70	10 이하
B	거의 지연 없음	0.3~0.5			0.2~0.4			
C	회복(정시도착) 가능한 지연 발생	0.5~0.7			0.4~0.7			
D	회복(정시도착) 불가능한 지연 다소 발생	0.7~0.85	Near Capacity	사고 복구 및 유지보수 시간확보를 위한 보통수준의 용량, 대량 교통류	0.7~0.8	· 유지보수 및 운영중 지 상황에서 보통수 준의 용량 제공 · 저하된 서비스수준	70~80	10~15
E	회복(정시도착) 불가능한 지연 다수 발생	0.85~1.0	At Capacity	사고 복구 및 유지보수 시간확보를 위한 매우 제한적인 용량, 매우 높은 수준의 대량 교통류	0.8~1.0	· 유지보수 및 운영중 지 상황에서 저용량 제공 · 매우 저하된 서비스 수준	80~100	15~25
F	이론적 현실적 운영 가능하나 속도 저하로 인한 서비스 질 저하	>1.0	Above Capacity	불안정한 교통류	>1.00	· 시설 포화상태	>100	30 이상

자료: Association of American railroads(AAR), 2007, National rail freight infrastructure capacity and investment study, Association of American railroads and Cambridge Systematics, Inc.

Réseau Ferré de France(RFF), 2012

## 2. 열차등급별 철도노선의 서비스수준(LOS) 결정

- 서비스수준(LOS)을 나타내는 MOE로서  $v/c$ 이외에 운행횟수[frequency, headway], 속도 [TPS속도, 설계속도, 최고속도 등], 정시율 등을 도출하였다.



<그림 4-3> LOS 별 MOE 선정 방법

<표 4-4> 철도노선구간의 철도 서비스수준(LOS) 별 MOE

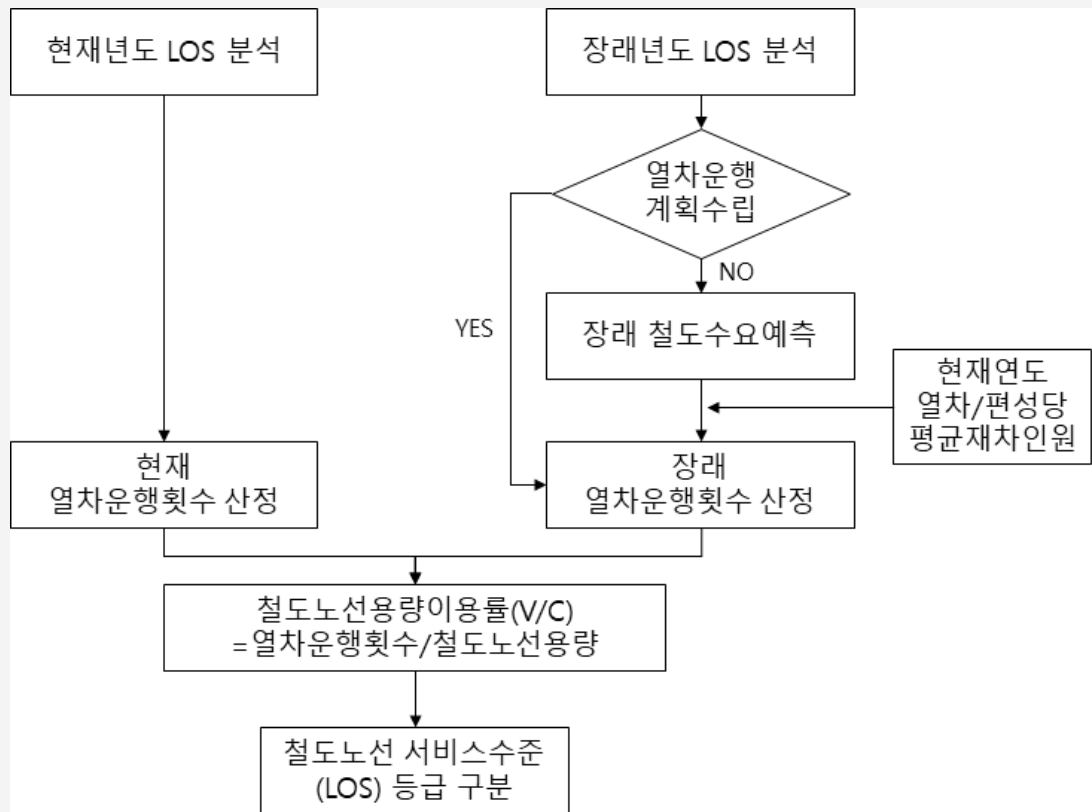
LOS	내용	고속철도 전용구간		일반철도 혼용구간		도시철도 전용구간	
		$v/c$	최대운행가 능속도 대 비 운행속 도비(%)	$v/c$	최대운행가 능속도 대 비 운행속 도비(%)	$v/c$	최대운행가 능속도 대 비 운행속 도비(%)
A	지연 없음	< 0.30	100	< 0.30	100	< 0.30	100
B	거의 지연 없음	< 0.50	100	< 0.50	100	< 0.50	100
C	회복(정시도착) 가능한 지연 발생	< 0.70	100	< 0.70	100	< 0.70	100
D	회복(정시도착) 불가능한 지연 다소 발생	< 0.85	100	< 0.85	100	< 0.85	100
E	회복(정시도착) 불가능한 지연 다소 발생	< 1.00	95	< 1.00	97	< 1.00	92
F	이론 및 현실적 운영 가능하나 철도운영에 비효율 초래	$1.00 \leq$	85	$1.00 \leq$	88	$1.00 \leq$	80



### 3. 철도노선 서비스수준(LOS) 평가

#### 가. 개요

- 철도노선 서비스수준(LOS) 평가는 선구별 철도노선용량 이용률( $v/c$ )을 기준으로 이루어진다.
- 선구는 철도노선용량 산정의 기본 단위와 동일하다.
- 철도노선용량 이용률( $v/c$ )은 선구별 열차운행횟수와 철도노선용량의 비율로 계산되므로, 선구별 열차운행횟수 파악을 위한 자료가 필요하다. 선구별 열차운행횟수는 열차운행계획 수립 여부에 따라 결정된다.
- 현재 열차운행계획은 열차시각표를 통해 파악 가능하다. Korail, SRT 등 철도운영사가 제공하는 열차시각표로부터 (열차의 발착역 기준)운행구간별 운행횟수를 산정할 수 있다.
- 장래 열차운행계획은 기존점역별 운행횟수로 제공되어 선구별 운행횟수 산정이 가능하다.
- 열차운행계획이 수립되지 않은 장래의 열차운행횟수는 장래 철도수요예측을 통해 추정한다. 이 때 열차 내 탑승 인원 즉, 열차 1편성당 평균재차인원은 현재와 동일하다고 가정한다.
  - KTDB 장래OD를 활용하여 선구별 이용수요를 예측하고, 예측된 이용수요 기반 열차운행횟수를 산정한다.
- 선구별 열차운행횟수와 철도노선용량을 바탕으로 선구별 철도노선용량 이용률( $v/c$ ) 산출 후 철도노선 서비스수준(LOS)을 평가한다. 상기한 철도노선 서비스수준(LOS)평가 과정은 <그림 4-5>과 같다.



<그림 4-4> 철도노선 서비스수준(LOS) 평가 절차도

## 나. 현재년도 철도노선 서비스수준(LOS) 평가 방안

- 현재년도 철도노선 서비스수준(LOS) 평가 시에는 철도운영사가 제공하는 열차시각표로부터 산출되는 ‘각 선구별 열차운행횟수’를 ‘철도노선용량’으로 나누어 ‘철도노선용량 이용률(v/c)’를 산출하고, 이 철도노선용량 이용률(v/c)을 기준으로 철도노선 서비스수준을 A~F등급으로 구분한다.
- 이 때 각 열차의 기종점 뿐만 아니라 경유역 및 운행 선구를 고려하여야 한다.
  - 예컨대, 서울발 부산행 하행고속열차가 ‘서울→용산→광명→천안아산→오송→대전→김천구미→동대구→신경주→울산→부산’ 구간을 운행할 경우(경부선→경부고속선 운행)와, ‘서울→용산→광명→천안아산→오송→대전→김천구미→동대구→밀양→삼랑진→구포→부산’ 구간을 운행할 경우(경부선→경부고속선→경부선 운행) 동대구 이남구간의 운행 선구가 다르기 때문에 해당 구간의 열차운행횟수는 달라진다.
  - 따라서 열차운행횟수 산정시에는 선구별로 산정하여야 한다.

## 다. 장래년도 열차운행계획 수립 시 철도노선 서비스수준(LOS) 평가 방안

- 장래년도 철도노선 서비스수준(LOS) 평가 시에는 장래 열차운행계획 수립 여부를 먼저 검토하여야 한다.
- 장래 열차운행계획은 일반적으로 현재년도의 열차시각표와는 달리 기종점 및 운행노선별 1일 기준 운행횟수만 제시된다. 이 때에도 운행노선별 열차운행계획을 기준으로 선구별 열차운행횟수 산정이 가능하므로 철도노선용량 이용률(v/c) 산출 및 철도노선 서비스수준(LOS) 평가가 가능하다.
- 장래 열차운행계획이 수립되어 있을 경우, 철도노선 서비스수준(LOS) 평가 방안은 현재년도 철도노선 서비스수준 평가와 방법은 동일하다.

## 라. 장래년도 열차운행계획 미수립 시 철도노선 서비스수준(LOS) 평가 방안

- 장래 열차운행계획 미수립 시에는 열차운행횟수를 알 수 없으므로, 이 때 장래년도 철도노선 서비스수준(LOS) 평가를 위해서는 ‘선구별 현재 열차1편성 운행 당 평균재차인원(인/편성)’, ‘선구별 장래 이용수요(인/일)’를 알아야 한다.
- 장래 열차운행횟수는 ‘선구별 장래 이용수요(인/일)’를 ‘선구별 현재 열차1편성 운행 당 평균재차인원(인/편성)’으로 나누어 산출한다. 이 때 선구별 장래열차 1편성당 이용객(재차인원)은 현재년도와 동일하다고 가정한다.
- ‘선구별 현재 열차1편성 운행 당 평균재차인원(인/편성)’은 ‘현재년도 각 선구별 철도이용객수’를 ‘열차운행횟수’로 나누어 산출한다.
- ‘선구별 장래 이용수요(인/일)’은 장래 철도이용수요 예측을 통해 산출 가능하다.
  - 장래 철도이용수요 예측 시에는 KTDB를 활용하되, 일반적인 교통수요예측 방법론인 4단계 교통수요예측기법을 사용한다.
- 장래 철도이용수요 예측을 통해 선구별 장래 열차운행횟수 추정 후 이를 철도노선용량으로 나누어 장래년도철도노선용량 이용률(v/c)를 산출하고, 이를 기준으로 장래 철도노선 서비스수준을 A~F등급으로 구분한다.

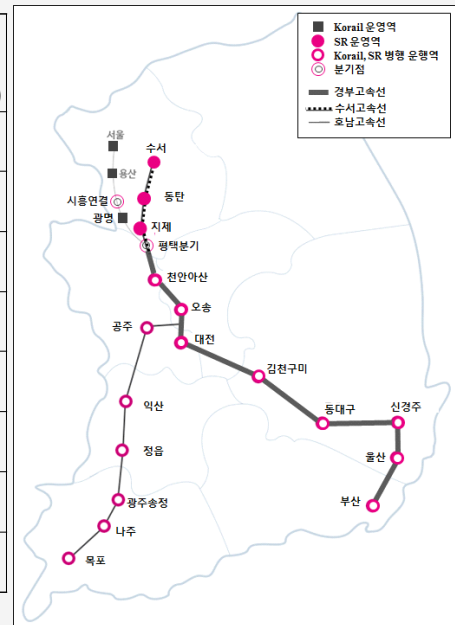
## 4. 철도노선의 서비스수준(LOS) 평가 예제

## 가. 고속철도 전용구간의 현재 운영상태(LOS) 분석

예제: 현재 하행 고속열차의 운행이 다음과 같을 경우 경부고속선의 선구별 서비스수준을 평가 하시오.

발	착	경유역	운행 횟수 (회/일)
서울	대전	서울-용산-광명-천안아산-오송-대전	2
서울	동대구	서울-용산-광명-천안아산-오송-대전-김천 구미-동대구	22
서울	부산	서울-용산-광명-천안아산-오송-대전-김천 구미-동대구-신경주-울산-부산	75
용산	익산	용산-광명-천안아산-오송-공주-익산	19
용산	광주 송정	용산-광명-천안아산-오송-공주-익산-정읍 -광주송정	6
용산	목포	용산-광명-천안아산-오송-공주-익산-정읍 -광주송정-나주-목포	18
수서	부산	수서-동탄-지제-천안아산-오송-대전-김천 구미-동대구-신경주-울산-부산	38
수서	목포	수서-동탄-지제-천안아산-오송-공주-익산 -정읍-광주송정-나주-목포	30

주: 상기 수치는 가상의 수치임.



풀이: ① 열차의 운행구간 및 경유역을 기준으로 선구별 열차운행 횟수( $V$ )를 산출한다.

노선	구간	발착								계
		서울 대전	서울 동대구	서울 부산	용산 익산	용산 광주송정	용산 목포	수서 부산	수서 목포	
경부 1선	서울~용산	2	22	75						99
	용산~시흥연결	2	22	75	19	6	18			142
수서 고속	수서~동탄							38	30	68
	동탄~지제							38	30	68
	지제~평택분기							38	30	68
경부 고속	시흥연결~평택분기	2	22	75	19	6	18	38	30	210
	평택분기~천안아산	2	22	75	19	6	18	38	30	210
	천안아산~오송	2	22	75	19	6	18	38	30	210
	오송~대조차	2	22	75				38		137
	대조차~대전	2	22	75				38		137
	대전~김천구미		22	75				38		135
	김천구미~동대구		22	75				38		135
	동대구~포항분기			75				38		113
	포항분기~신경주			75				38		113
	신경주~울산			75				38		113
호남 고속	울산~부산			75				38		113
	오송~공주				19	6	18		30	73
	공주~익산				19	6	18		30	73
	익산~정읍					6	18		30	54
	정읍~광주송정					6	18		30	54
	광주송정~나주						18		30	48
	나주~목포						18		30	48

② 경부고속선의 선구별 철도노선용량(c)을 산출한다.

③ 경부고속선의 선구별 열차운행횟수(v)와 철도노선용량(c)으로 철도노선용량 이용률(v/c)을 산출한다.

노선	구간	열차운행횟수 (회/일) (v)	철도노선용량 (회/일) (c)	철도노선용량 이용률 (v/c)
경부 고속	시흥연결~평택분기	210	190	1.11
	평택분기~천안아산	210	191	1.10
	천안아산~오송	210	191	1.10
	오송~대조차	137	188	0.73
	대조차~대전	137	188	0.73
	대전~김천구미	135	189	0.71
	김천구미~동대구	135	189	0.71
	동대구~포항분기	113	189	0.60
	포항분기~신경주	113	190	0.59
	신경주~울산	113	190	0.59
	울산~부산	113	190	0.59

④ 경부고속선의 선구별 철도노선용량 이용률(v/c)을 기준으로《LOS 등급별 철도노선용량이용률 표》를 이용하여 철도노선용량 이용률(v/c)에 상응하는 LOS 등급을 판정한다.

《LOS 등급별 철도노선용량이용률(v/c) 표》

구분	LOS					
	A	B	C	D	E	F
선로이용률(v/c)	0~0.3	0.3~0.5	0.5~0.7	0.7~0.85	0.85~1.0	1.0 이상

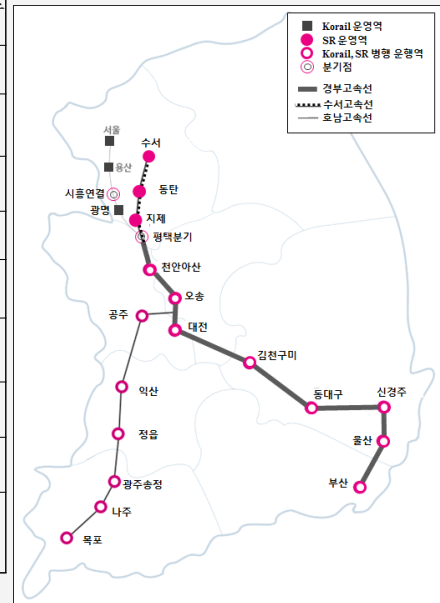
노선	구간	열차운행횟수 (회/일) (v)	철도노선용량 (회/일) (c)	철도노선용량 이용률 (v/c)	LOS
경부 고속	시흥연결~평택분기	210	190	1.11	F
	평택분기~천안아산	210	191	1.10	F
	천안아산~오송	210	191	1.10	F
	오송~대조차	137	188	0.73	D
	대조차~대전	137	188	0.73	D
	대전~김천구미	135	189	0.71	D
	김천구미~동대구	135	189	0.71	D
	동대구~포항분기	113	189	0.60	C
	포항분기~신경주	113	190	0.59	C
	신경주~울산	113	190	0.59	C
	울산~부산	113	190	0.59	C

### 나. 고속철도 전용구간의 장래 열차운행계획 수립 시 서비스수준(LOS) 예측

예제: 2025년의 하행 고속열차 운행계획이 다음과 같을 경우 수도권지역 고속철도 전용구간(경부고속선, 수서고속선)의 선구별 서비스수준을 평가하라.

구분	발	착	경유역	운행횟수 (회/일)
Korail 고속 열차	서울	대전	서울-용산-광명-천안아산-오송-대전	2
	서울	동대구	서울-용산-광명-천안아산-오송-대전-김천구미-동대구	25
	서울	부산	서울-용산-광명-천안아산-오송-대전-김천구미-동대구-신경주-울산-부산	85
	용산	익산	용산-광명-천안아산-오송-공주-익산	19
	용산	광주송정	용산-광명-천안아산-오송-공주-익산-정읍-광주송정	10
	용산	목포	용산-광명-천안아산-오송-공주-익산-정읍-광주송정-나주-목포	18
SR 고속 열차	수서	부산	수서-동탄-지제-천안아산-오송-대전-김천구미-동대구-신경주-울산-부산	40
	수서	목포	수서-동탄-지제-천안아산-오송-공주-익산-정읍-광주송정-나주-목포	28
수도권 광역급행 철도	삼성	동탄	삼성-수서-(성남)-(용인)-동탄	125

주: 상기 수치는 가상의 수치임.



풀이: ① 열차의 운행구간 및 경유역을 기준으로 선구별 열차운행 횟수(V)를 산출한다.

노선	발착 구간	서울	서울	서울	용산	용산	용산	수서	수서	삼성	계
		대전	동대구	부산	익산	광주송정	목포	부산	목포	동탄	
경부 1선	서울~용산	2	25	85							112
	용산~시흥연결	2	25	85	19	10	18				159
수서 고속	수서~동탄							40	28	125	193
	동탄~지제							40	28		68
	지제~평택분기							40	28		68
경부 고속	시흥연결~평택분기	2	25	85	19	10	18	40	28		227
	평택분기~천안아산	2	25	85	19	10	18	40	28		227
	천안아산~오송	2	25	85	19	10	18	40	28		227
	오송~대조차	2	25	85				40			152
	대조차~대전	2	25	85				40			152
	대전~김천구미		25	85				40			150
	김천구미~동대구		25	85				40			150
	동대구~포항분기			85				40			125
	포항분기~신경주			85				40			125
	신경주~울산			85				40			125
	울산~부산			85				40			125
호남 고속	오송~공주				19	10	18		28		75
	공주~익산				19	10	18		28		75
	익산~정읍					10	18		28		56
	정읍~광주송정					10	18		28		56
	광주송정~나주						18		28		46
	나주~목포						18		28		46

② 경부고속선, 수서고속선의 선구별 철도노선용량(c)을 산출한다.

③ 경부고속선, 수서고속선의 선구별 열차운행횟수(c)와 철도노선용량(c)으로 철도노선용량 이용률(v/c)을 산출한다.

노선	구간	열차운행횟수 (회/일) (v)	철도노선용량 (회/일) (c)	철도노선용량 이용률 (v/c)
수서 고속	수서~동탄	193	204	0.95
	동탄~지제	68	204	0.33
	지제~평택분기	68	204	0.33
경부 고속	시흥연결~평택분기	210	190	1.11
	평택분기~천안아산	210	191	1.10
	천안아산~오송	210	191	1.10
	오송~대조차	137	188	0.73
	대조차~대전	137	188	0.73
	대전~김천구미	135	189	0.71
	김천구미~동대구	135	189	0.71
	동대구~포항분기	113	189	0.60
	포항분기~신경주	113	190	0.59
	신경주~울산	113	190	0.59
	울산~부산	113	190	0.59

④ 경부고속선의 선구별 철도노선용량 이용률(v/c)을 기준으로《LOS 등급별 철도노선용량이용률 표》를 이용하여 철도노선용량 이용률(v/c)에 상응하는 LOS 등급을 판정한다.

《LOS 등급별 철도노선용량이용률(v/c) 표》

구분	LOS					
	A	B	C	D	E	F
선로이용률(v/c)	0 ~ 0.3	0.3 ~ 0.5	0.5 ~ 0.7	0.7 ~ 0.85	0.85~1.0	1.0 이상

노선	구간	열차운행횟수 (회/일) (v)	철도노선용량 (회/일) (c)	철도노선용량 이용률 (v/c)	LOS
수서 고속	수서~동탄	193	204	0.95	E
	동탄~지제	68	204	0.33	B
	지제~평택분기	68	204	0.33	B
경부 고속	시흥연결~평택분기	210	190	1.11	F
	평택분기~천안아산	210	191	1.10	F
	천안아산~오송	210	191	1.10	F
	오송~대조차	137	188	0.73	D
	대조차~대전	137	188	0.73	D
	대전~김천구미	135	189	0.71	D
	김천구미~동대구	135	189	0.71	D
	동대구~포항분기	113	189	0.60	C
	포항분기~신경주	113	190	0.59	C
	신경주~울산	113	190	0.59	C
	울산~부산	113	190	0.59	C

## 제4장 철도노선 서비스수준(LOS) 결정

### 다. 고속철도 전용구간의 장래 열차운행계획 미수립 시 서비스수준(LOS) 예측

예제: 수도권지역 고속철도 전용구간(경부고속선, 수서고속선)의 현재 열차운행과 장래 열차운행계획이 다음과 같을 경우 장래 선로의 선구별 서비스수준을 평가하라.

#### ▼ 현재 고속열차 운행횟수

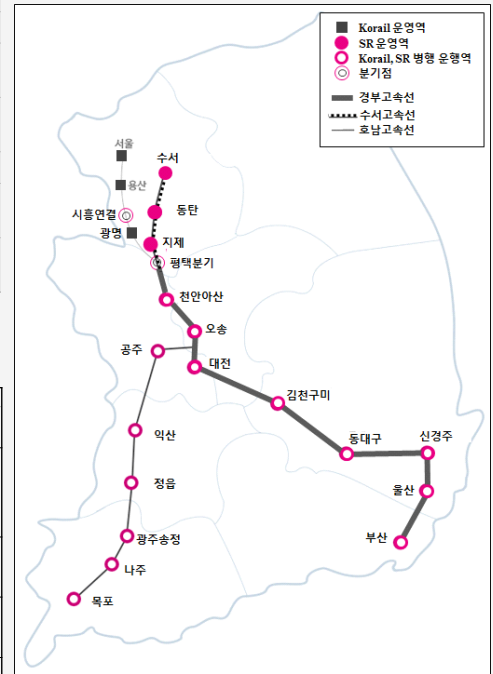
발	착	경유역	운행횟수 (회/일)
서울	대전	서울-용산-광명-천안아산-오송-대전	2
서울	동대구	서울-용산-광명-천안아산-오송-대전-김천구미-동대구	22
서울	부산	서울-용산-광명-천안아산-오송-대전-김천구미-동대구-신경주-울산-부산	75
용산	익산	용산-광명-천안아산-오송-공주-익산	19
용산	광주송정	용산-광명-천안아산-오송-공주-익산-정읍-광주송정	6
용산	목포	용산-광명-천안아산-오송-공주-익산-정읍-광주송정-나주-목포	18

주: 상기 수치는 가상의 수치임.

#### ▼ 장래년도 고속열차 운행계획

구분	발	착	경유역	운행횟수 (회/일)
KTX	-	-	Korail 장래 열차운행 미수립 장래 수요에 적합한 열차운행 수립 예정	-
SRT	수서	부산	수서-동탄-지제-천안아산-오송-대전-김천구미-동대구-신경주-울산-부산	38
	수서	목포	수서-동탄-지제-천안아산-오송-공주-익산-정읍-광주송정-나주-목포	30
수도권 광역 철도	삼성	동탄	삼성-수서-(성남)-(용인)-동탄	125

주: 상기 수치는 가상의 수치임.



#### ▼ 현재 Korail 역별 여객 발착 통과표

노선	역명	(단위: 인/일)		
		승차	강차	계
경부 고속 선	경의선	1,563	0	1,563
	서울	38,522	0	40,085
	용산	6,797	4	46,878
	영등포	216	0	47,094
	시흥연결선	0	46,219	875
	시흥	0	0	875
	수원	1,737	68	2,543
	대전연결선	45,023	0	47,567
	대전조차장	0	0	47,567
	대전	5,581	8,615	44,532
	옥천연결선	0	44,532	0
	옥천	0	0	0
	신동연결선	43,649	0	43,649
	신동	0	0	43,649
	대구연결선	0	24,140	19,508
	동대구	958	13,345	7,122
	경산	35	103	7,054
	밀양	166	686	6,534
	미전선	0	3,191	3,344
	미전	0	0	3,344

주: 상기 수치는 가상의 수치임.

노선	역명	(단위: 인/일)		
		승차	강차	계
경부 고속 선	시흥연결선	46,219	0	46,219
	시흥남분기	0	0	46,219
	광명	9,640	215	55,644
	천안아산	4,148	4,083	55,709
	오송	1,086	2,606	54,188
	대전연결선	0	54,188	0
	대전북분기	0	0	0
	옥천연결선	44,532	0	44,532
	대전남분기	0	0	44,532
	김천구미	328	1,211	43,649
	신동연결선	0	43,649	0
	대구북분기	0	0	0
	대구남연결	27,917	0	27,917
	대구남연결	0	0	27,917
	신경주	338	2,947	25,307
	신울산	615	6,824	19,098
	부산북연결	0	19,098	0
	부산북	0	0	0

주: 상기 수치는 가상의 수치임.

노선	역명	(단위: 인/일)		
		승차	강차	계
호남 고속 선	대전연결선	9,165	0	9,165
	대전조차장	0	0	9,165
	서대전	941	1,612	8,494
	두계	33	208	8,319
	논산	36	156	8,200
	전라선	0	1,995	6,205
	익산	423	1,233	5,394
	김제	29	120	5,302
	정읍	53	467	4,889
	장성	10	268	4,630
	송정선	0	1,725	2,906
	북송정	0	0	2,906
	송정리	227	1,467	1,666
	나주	9	218	1,457
	목포	0	1,457	0

주: 상기 수치는 가상의 수치임.

▼ 장래년도 하행 선구별 통행량 예측치

노선	Korail 역별 여객 발착 통과표 기준		철도노선용량 산정 기준	
	구간	재차인원 (통행/일)	구간	재차인원 (통행/일)
수서 고속	수서~동탄		수서~동탄	
	동탄~지제		동탄~지제	
	지제~평택분기		지제~평택분기	
경부 고속	시흥연결~시흥남분기	57,043	시흥연결~평택분기	68,676
	시흥남분기~광명	57,043		
	광명~평택분기	68,676		
	평택분기~천안아산	68,676	평택분기~천안아산	68,676
	천안아산~오송	68,756	천안아산~오송	68,756
	오송~대전연결	66,879	오송~대조차~대전	66,879
	대전연결~대전북분기	0		
	대전북분기~옥천연결	0		
	옥천연결~대전남분기	53,532	대전~김천구미	53,532
	대전남분기~김천구미	53,532		
	김천구미~신동연결	52,470		
	신동연결~대구북분기	0	김천구미~동대구	52,470
	대구북분기~대구남연결	0		
	대구남연결~신경주	33,059		
	신경주~울산	29,969	동대구~포항분기~신경주	33,059
	울산~부산북연결	22,616	신경주~울산	29,969
	부산북연결~부산북	0	울산~부산	22,616

주: 상기 수치는 가상의 수치임.

풀이: ① 현재년도 열차의 운행구간 및 경유 역을 기준으로 선구별 열차운행 횟수(V)를 산출한다.

노선	발착 구간	서울	서울	서울	용산	용산	용산	수서	수서	계
		대전	동대구	부산	익산	광주송정	목포	부산	목포	
경부 1선	서울~용산	2	22	75						99
	용산~시흥연결	2	22	75	19	6	18			142
수서 고속	수서~동탄									
	동탄~지제									
	지제~평택분기									
경부 고속	시흥연결~평택분기	2	22	75	19	6	18			142
	평택분기~천안아산	2	22	75	19	6	18			142
	천안아산~오송	2	22	75	19	6	18			142
	오송~대조차	2	22	75						99
	대조차~대전	2	22	75						99
	대전~김천구미		22	75						99
	김천구미~동대구		22	75						99
	동대구~포항분기			75						75
	포항분기~신경주			75						75
	신경주~울산			75						75
호남 고속	울산~부산			75						75
	오송~공주				19	6	18			43
	공주~익산				19	6	18			43
	익산~정읍					6	18			24
	정읍~광주송정					6	18			24
	광주송정~나주						18			18
	나주~목포						18			18



② Korail 역별 여객 발착 통과표로부터 선구별 재차인원( $Occ$ )을 산출한다.

노선	Korail 역별 여객 발착 통과표 기준		철도노선용량 산정 기준	
	구간	재차인원 (통행/일) ( $Occ$ )	구간	재차인원 (통행/일) ( $Occ$ )
수서 고속	수서~동탄		수서~동탄	
	동탄~지제		동탄~지제	
	지제~평택분기		지제~평택분기	
경부 고속	시흥연결~시흥남분기	46,219	시흥연결~평택분기	55,644
	시흥남분기~광명	46,219		
	광명~평택분기	55,644		
	평택분기~천안아산	55,644	평택분기~천안아산	55,644
	천안아산~오송	55,709	천안아산~오송	55,709
	오송~대전연결	54,188	오송~대조차~대전	54,188
	대전연결~대전북분기	0		
	대전북분기~옥천연결	0		
	옥천연결~대전남분기	44,532	대전~김천구미	44,532
	대전남분기~김천구미	44,532		
	김천구미~신동연결	43,649		
	신동연결~대구북분기	0	김천구미~동대구	43,649
	대구북분기~대구남연결	0		
	대구남연결~신경주	27,917		
	신경주~울산	25,307	동대구~포항분기~신경주	27,917
	울산~부산북연결	19,098	신경주~울산	25,307
	부산북연결~부산북	0	울산~부산	19,098

③ 현재 Korail 역별 여객 발착 통과표로부터 산출한 구간별 재차인원( $Occ$ )를 구간별 열차운행 횟수( $v$ )로 나누어, 열차운행 1회당 평균 수송인원( $D_T$ ) 원단위(인/회)를 산출한다.

$$D_T = Occ/v$$

노선	Korail 역별 여객 발착 통과표 기준		철도노선용량 산정 기준		열차 운행횟수 (회/일) ( $v$ )	열차운행 1회당 평균 수송인원 (인/회) ( $D_T$ )
	구간	재차인원 (통행/일) ( $Occ$ )	구간	재차인원 (통행/일) ( $Occ$ )		
수서 고속	수서~동탄		수서~동탄			
	동탄~지제		동탄~지제			
	지제~평택분기		지제~평택분기			
경부 고속	시흥연결~시흥남분기	46,219	시흥연결~평택분기	55,644	142	392
	시흥남분기~광명	46,219				
	광명~평택분기	55,644				
	평택분기~천안아산	55,644	평택분기~천안아산	55,644	142	392
	천안아산~오송	55,709	천안아산~오송	55,709	142	392
	오송~대전연결	54,188	오송~대조차~대전	54,188	99	547
	대전연결~대전북분기	0				
	대전북분기~옥천연결	0				
	옥천연결~대전남분기	44,532	대전~김천구미	44,532	99	450
	대전남분기~김천구미	44,532				
	김천구미~신동연결	43,649				
	신동연결~대구북분기	0	김천구미~동대구	43,649	99	441
	대구북분기~대구남연결	0				
	대구남연결~신경주	27,917				
	신경주~울산	25,307	동대구~포항분기~신경주	27,917	75	372
	울산~부산북연결	19,098	신경주~울산	25,307	75	337
	부산북연결~부산북	0	울산~부산	19,098	75	255

- ④ 경부고속선 선로의 구간별 장래년도 통행수요예측치( $\widehat{Occ}$ )에 현재년도 열차운행 1회당 평균 수송 인원( $D_T$ ) 원단위(인/회)를 나누어 장래년도 구간별 열차운행 횟수( $\hat{v}$ )를 산출한다.

$$\hat{v} = \widehat{Occ} / D_T$$

노선	Korail 역별 여객 발착 통과표 기준		철도노선용량 산정 기준		열차운행 1회당 평균 수송인원 (인/회) ( $D_T$ )	열차 운행횟수 (회/일) ( $v$ )
	구간	재차인원 (통행/일) ( $Occ$ )	구간	재차인원 (통행/일) ( $Occ$ )		
수서 고속	수서~동탄		수서~동탄			
	동탄~지제		동탄~지제			
	지제~평택분기		지제~평택분기			
경부 고속	시흥연결~시흥남분기	57,043	시흥연결~평택분기	68,676	392	175
	시흥남분기~광명	57,043				
	광명~평택분기	68,676				
	평택분기~천안아산	68,676				
	천안아산~오송	68,756	평택분기~천안아산	68,676	392	175
	오송~대전연결	66,879	천안아산~오송	68,756	392	175
	대전연결~대전북분기	0	오송~대조차~대전	66,879	547	122
	대전북분기~옥천연결	0				
	옥천연결~대전남분기	53,532				
	대전남분기~김천구미	53,532				
	김천구미~신동연결	52,470	김천구미~동대구	52,470	441	119
	신동연결~대구북분기	0				
	대구북분기~대구남연결	0				
	대구남연결~신경주	33,059				
	신경주~울산	29,969	동대구~포항분기~신경주	33,059	372	89
	울산~부산북연결	22,616	신경주~울산	29,969	337	89
	부산북연결~부산북	0	울산~부산	22,616	255	89

- ⑤ 장래년도 열차운행계획이 수립된 노선의 열차운행횟수를 추가하여 분석 대상 구간의 장래년도 열차운행횟수를 산출한다.

노선	열차 / 발착 구간	KTX	수서	수서	삼성	계
			부산	목포	동탄	
경부 1선	서울~용산					
	용산~시흥연결					
수서 고속	수서~동탄		38	30	125	193
	동탄~지제		38	30		68
	지제~평택분기		38	30		68
경부 고속	시흥연결~평택분기	175	38	30		243
	평택분기~천안아산	175	38	30		243
	천안아산~오송	175	38	30		243
	오송~대조차	122	38			160
	대조차~대전	122	38			160
	대전~김천구미	119	38			157
	김천구미~동대구	119	38			157
	동대구~포항분기	89	38			127
	포항분기~신경주	89	38			127
	신경주~울산	89	38			127
	울산~부산	89	38			127

- ⑥ 경부고속선의 선구별 철도노선용량(C)을 산출한다.

- ⑦ 장래년도 경부고속선, 수서고속선의 선구별 열차운행횟수(v)와 철도노선용량(c)으로 철도노선용량 이용률(v/c)을 산출한다.

노선	구간	열차운행횟수 (회/일) (v)	철도노선용량 (회/일) (c)	철도노선용량 이용률 (v/c)
수서 고속	수서~동탄	193	204	0.95
	동탄~지제	68	204	0.33
	지제~평택분기	68	204	0.33
경부 고속	시흥연결~평택분기	243	190	1.27
	평택분기~천안아산	243	191	1.27
	천안아산~오송	243	191	1.27
	오송~대조차	160	188	0.85
	대조차~대전	160	188	0.85
	대전~김천구미	157	189	0.83
	김천구미~동대구	157	189	0.83
	동대구~포항분기	127	189	0.67
	포항분기~신경주	127	190	0.67
	신경주~울산	127	190	0.67
	울산~부산	127	190	0.67

- ⑧ 경부고속선의 선구별 철도노선용량 이용률(v/c)을 기준으로《LOS 등급별 철도노선용량이용률 표》를 이용하여 철도노선용량 이용률(v/c)에 상응하는 LOS 등급을 판정한다.

《LOS 등급별 철도노선용량이용률(v/c) 표》

구분	LOS					
	A	B	C	D	E	F
선로이용률(v/c)	0 ~ 0.3	0.3 ~ 0.5	0.5 ~ 0.7	0.7 ~ 0.85	0.85~1.0	1.0 이상

노선	구간	열차운행횟수 (회/일) (v)	철도노선용량 (회/일) (c)	철도노선용량 이용률 (v/c)	LOS
수서 고속	수서~동탄	193	204	0.95	E
	동탄~지제	68	204	0.33	B
	지제~평택분기	68	204	0.33	B
경부 고속	시흥연결~평택분기	243	190	1.27	F
	평택분기~천안아산	243	191	1.27	F
	천안아산~오송	243	191	1.27	F
	오송~대조차	160	188	0.85	E
	대조차~대전	160	188	0.85	E
	대전~김천구미	157	189	0.83	D
	김천구미~동대구	157	189	0.83	D
	동대구~포항분기	127	189	0.67	C
	포항분기~신경주	127	190	0.67	C
	신경주~울산	127	190	0.67	C
	울산~부산	127	190	0.67	C

## 라. 일반철도 혼용구간의 현재 운영 상태 분석

예제: 현재 경부선 하행열차 운행이 다음과 같을 경우 경부선의 선구별 서비스수준을 평가하라.

차종	발	착	경유역	운행횟수 (회/일)
KTX	서울	대전	서울-용산-광명-천안아산-오송-대전	2
KTX	서울	동대구	서울-용산-광명-천안아산-오송-대전-김천구미-동대구	22
KTX	서울	부산	서울-용산-광명-천안아산-오송-대전-김천구미-동대구-신경주-울산-부산	75
KTX	용산	익산	용산-광명-천안아산-오송-공주-익산	19
KTX	용산	광주송정	용산-광명-천안아산-오송-공주-익산-정읍-광주송정	6
KTX	용산	목포	용산-광명-천안아산-오송-공주-익산-정읍-광주송정-나주-목포	18
SRT	수서	부산	수서-동탄-지제-천안아산-오송-대전-김천구미-동대구-신경주-울산-부산	38
SRT	수서	목포	수서-동탄-지제-천안아산-오송-공주-익산-정읍-광주송정-나주-목포	30
새마을	서울	부산	서울-용산-금천구청-의왕-천안-조치원-대전-옥천-김천-신동-동대구-삼랑진-부산	8
새마을	서울	동대구	서울-용산-금천구청-의왕-천안-조치원-대전-옥천-김천-신동-동대구	2
무궁화	서울	대전	서울-용산-금천구청-의왕-천안-조치원-대전	6
무궁화	서울	부산	서울-용산-금천구청-의왕-천안-조치원-대전-옥천-김천-신동-동대구-삼랑진-부산	20
무궁화	대전	부산	대전-옥천-김천-신동-동대구-삼랑진-부산	6
무궁화	김천	부산	김천-신동-동대구-삼랑진-부산	4
무궁화	동대구	부산	동대구-삼랑진-부산	6
무궁화	용산	광주송정	용산-금천구청-의왕-천안-조치원-익산-광주송정-목포	6
무궁화	용산	목포	용산-금천구청-의왕-천안-조치원-익산-광주송정-목포	8
무궁화	용산	여수	용산-금천구청-의왕-천안-조치원-익산-동산-순천-여천-여수엑스포	10
ITX	서울	부산	서울-용산-금천구청-의왕-천안-조치원-대전-옥천-김천-신동-동대구-삼랑진-부산	8
ITX	서울	광주송정	서울-용산-금천구청-의왕-천안-조치원-대전-옥천-김천-신동-동대구-삼랑진-부산	2
ITX	서울	목포	서울-용산-금천구청-의왕-천안-조치원-대전-옥천-김천-신동-동대구-삼랑진-부산	4
ITX	서울	여수	서울-용산-금천구청-의왕-천안-조치원-대전-옥천-김천-신동-동대구-삼랑진-부산	4
누리로	서울	천안	서울-용산-금천구청-의왕-천안	6

주: 상기 수치는 가상의 수치임.

풀이: ① 열차의 운행구간 및 경유역을 기준으로 선구별 열차운행 횟수(v)를 산출한다

노선	차종 발차 구간	KTX	KTX	KTX	KTX	KTX	KTX	SRT	SRT	새마을	새마을	무궁화	무궁화
		서울 대전	서울 동대구	서울 부산	용산 익산	용산 광주송정	용산 목포	수서 부산	수서 목포	서울 부산	서울 동대구	서울 대전	서울 부산
경부 1선	서울~용산	2	22	75						8	2	6	20
	용산~시흥연결	2	22	75	19	6	18			8	2	6	20
	시흥연결~금천구청									8	2	6	20
	금천구청~의왕									8	2	6	20
	의왕~천안									8	2	6	20
	천안~조치원									8	2	6	20
	조치원~대전조차장									8	2	6	20
	대전조차장~옥천									8	2		20
	옥천~김천									8	2		20
	김천~신동									8	2		20
수서 고속	신동~동대구									8	2		20
	동대구~삼랑진									8			20
	삼랑진~부산									8			20
경부 고속	수서~동탄							38	30				
	동탄~지제							38	30				
	지제~평택분기							38	30				
	시흥연결~평택분기	2	22	75	19	6	18						
	평택분기~천안아산	2	22	75	19	6	18	38	30				
	천안아산~오송	2	22	75	19	6	18	38	30				
	오송~대조차	2	22	75				38					
	대조차~대전							38					
	대전~김천구미		22	75				38					
	김천구미~동대구		22	75				38					
호남 고속	동대구~포항분기			75				38					
	포항분기~신경주			75				38					
	신경주~울산			75				38					
	울산~부산			75				38					
	오송~공주				19	6	18		30				
	공주~익산				19	6	18		30				
	익산~정읍					6	18		30				
	정읍~광주송정					6	18		30				
	광주송정~나주						18		30				
	나주~목포						18		30				

노선	차종 발차 구간	무궁화	무궁화	무궁화	무궁화	무궁화	무궁화	ITX	ITX	ITX	ITX	누리로	계
		대전 부산	김천 부산	동대구 부산	용산 광주송정	용산 목포	용산 여수	서울 부산	서울 광주송정	서울 목포	서울 여수	서울 천안	
경부 1선	서울~용산							8	2	4	4	6	159
	용산~시흥연결				6	8	10	8	2	4	4	6	226
	시흥연결~금천구청				6	8	10	8	2	4	4	6	84
	금천구청~의왕				6	8	10	8	2	4	4	6	84
	의왕~천안				6	8	10	8	2	4	4	6	84
	천안~조치원				6	8	10	8	2	4	4		78
	조치원~대전조차장				6	8	10	8	2	4	4		78
	대전조차장~옥천	6						8					44
	옥천~김천	6						8					44
	김천~신동	6	4					8					48
경부 고속	신동~동대구	6	4					8					48
	동대구~삼랑진	6	4	6				8					52
	삼랑진~부산	6	4	6				8					52
	수서~동탄												68
	동탄~지제												68
	지제~평택분기												68
	시흥연결~평택분기												142
	평택분기~천안아산												210
	천안아산~오송												210
	오송~대조차												137
호남 고속	대조차~대전												137
	대전~김천구미												135
	김천구미~동대구												135
	동대구~포항분기												113
	포항분기~신경주												113
	신경주~울산												113
	울산~부산												113
	오송~공주												73
	공주~익산												73
	익산~정읍												54
호남 고속	정읍~광주송정												54
	광주송정~나주												48
	나주~목포												48

② 경부선의 선구별 철도노선용량(c)을 산출한다.

노선	링크		용량 (C)
	번호	구간	
경부 (하행)	1	서울~금천구청	228
	2	금천구청~의왕	228
	3	의왕~천안	189
	4	천안~조치원	181
	5	조치원~대전조차장	178
	6	대전조차장~옥천	237
	7	옥천~김천	169
	8	김천~신동	167
	9	신동~동대구	206
	10	동대구~삼랑진	197
	11	삼랑진~부산	194
호남 (하행)	1	대전조차장~익산	173
	2	익산~송정리	160
	3	송정리~목포	172
전라 (하행)	1	익산~동산	159
	2	동산~순천	149
	3	순천~여천	176
	4	여천~여수	59
중앙 (하행)	1	청량리~망우	208
	2	망우~용문	198
	3	용문~서원주	178
	4	서원주~원주	63
	5	원주~봉양	70
	6	봉양~제천	182
	7	제천~도담	176
	8	도담~단성	62
	9	단성~영주	56
	10	영주~안동	59
	11	안동~영천	48
	12	영천~경주	60

- ③ 경부선의 선구별 열차운행횟수(v)와 철도노선용량(c)으로 철도노선용량 이용률(v/c)을 산출한다. 이때 철도노선용량(c) 산정시의 구간 구분과 열차운행횟수(v) 산정 시 선구 구분이 상이할 경우, 철도노선용량 산정시의 선구 구분에 따르되, 해당 선구의 열차운행횟수는 해당 선구 내 여러 단위선구(Link)의 열차운행횟수 중 최대값으로 간주한다. 예를 들어, “서울~용산~시흥연결~금천구청” 구간은 철도노선용량 산정시 “서울~금천구청”의 1개 선구로 구분하고, 열차운행횟수 산정시에는 “서울~용산”, “용산~시흥연결”, “시흥연결~금천구청” 3개의 단위선구로 구분하였으나, LOS분석시에는 철도노선용량 산정을 위한 선구 구분을 따라 “서울~금천구청” 1개의 선구로 구분하고, 이 때의 열차운행횟수는 “서울~용산~시흥연결~금천구청” 구간 중 최대운행횟수 226회(단위선구: 용산~시흥연결)로 간주한다.

노선	구간	열차운행횟수 (회/일) (v)	철도노선용량 (회/일) (c)	철도노선용량 이용률 (v/c)
경부 1선	서울~용산	159	228	0.99
	용산~시흥연결	226		
	시흥연결~금천구청	84		
	금천구청~의왕	84	228	0.37
	의왕~천안	84	189	0.44
	천안~조치원	78	181	0.43
	조치원~대전조차장	78	178	0.44
	대전조차장~옥천	44	237	0.19
	옥천~김천	44	169	0.26
	김천~신동	48	167	0.29
	신동~동대구	48	206	0.23
	동대구~삼랑진	52	197	0.26
	삼랑진~부산	52	194	0.27

- ④ 경부선의 선구별 철도노선용량 이용률( $v/c$ )을 기준으로 《LOS 등급별 철도노선용량이용률 표》를 이용하여 철도노선용량 이용률( $v/c$ )에 상응하는 LOS 등급을 판정한다.

《LOS 등급별 철도노선용량이용률( $v/c$ ) 표》

구분	LOS					
	A	B	C	D	E	F
선로이용률( $v/c$ )	0 ~ 0.3	0.3 ~ 0.5	0.5 ~ 0.7	0.7 ~ 0.85	0.85~1.0	1.0 이상

노선	구간	열차운행횟수 (회/일) (v)	철도노선용량 (회/일) (c)	철도노선용량 이용률 ( $v/c$ )	LOS
경부 1선	서울~용산	159	228	0.99	E
	용산~시흥연결	226			
	시흥연결~금천구청	84			
	금천구청~의왕	84	228	0.37	B
	의왕~천안	84	189	0.44	B
	천안~조치원	78	181	0.43	B
	조치원~대전조차장	78	178	0.44	B
	대전조차장~옥천	44	237	0.19	A
	옥천~김천	44	169	0.26	A
	김천~신동	48	167	0.29	A
	신동~동대구	48	206	0.23	A
	동대구~삼랑진	52	197	0.26	A
	삼랑진~부산	52	194	0.27	A

## 마. 일반철도 혼용구간의 장래 열차운행계획 수립 시 서비스수준 예측

예제: 2030년의 경부선 하행 열차 운행계획이 다음과 같을 경우 경부선의 선구별 서비스수준을 평가하라.

차종	발	착	경유역	운행횟수 (회/일)
KTX	서울	대전	서울-용산-광명-천안아산-오송-대전	10
KTX	서울	동대구	서울-용산-광명-천안아산-오송-대전-김천구미-동대구	26
KTX	서울	부산	서울-용산-광명-천안아산-오송-대전-김천구미-동대구-신경주-울산-부산	90
KTX	용산	익산	용산-광명-천안아산-오송-공주-익산	25
KTX	용산	광주송정	용산-광명-천안아산-오송-공주-익산-정읍-광주송정	15
KTX	용산	목포	용산-광명-천안아산-오송-공주-익산-정읍-광주송정-나주-목포	20
SRT	수서	부산	수서-동탄-지제-천안아산-오송-대전-김천구미-동대구-신경주-울산-부산	40
SRT	수서	목포	수서-동탄-지제-천안아산-오송-공주-익산-정읍-광주송정-나주-목포	35
새마을	서울	부산	서울-용산-금천구청-의왕-천안-조치원-대전-옥천-김천-신동-동대구-삼랑진-부산	15
새마을	서울	동대구	서울-용산-금천구청-의왕-천안-조치원-대전-옥천-김천-신동-동대구	6
무궁화	서울	대전	서울-용산-금천구청-의왕-천안-조치원-대전	6
무궁화	서울	부산	서울-용산-금천구청-의왕-천안-조치원-대전-옥천-김천-신동-동대구-삼랑진-부산	15
무궁화	대전	부산	대전-옥천-김천-신동-동대구-삼랑진-부산	6
무궁화	김천	부산	김천-신동-동대구-삼랑진-부산	4
무궁화	동대구	부산	동대구-삼랑진-부산	6
무궁화	용산	광주송정	용산-금천구청-의왕-천안-조치원-익산-광주송정-목포	6
무궁화	용산	목포	용산-금천구청-의왕-천안-조치원-익산-광주송정-목포	8
무궁화	용산	여수	용산-금천구청-의왕-천안-조치원-익산-동산-순천-여천-여수엑스포	10
ITX	서울	부산	서울-용산-금천구청-의왕-천안-조치원-대전-옥천-김천-신동-동대구-삼랑진-부산	12
ITX	서울	광주송정	서울-용산-금천구청-의왕-천안-조치원-대전-옥천-김천-신동-동대구-삼랑진-부산	6
ITX	서울	목포	서울-용산-금천구청-의왕-천안-조치원-대전-옥천-김천-신동-동대구-삼랑진-부산	8
ITX	서울	여수	서울-용산-금천구청-의왕-천안-조치원-대전-옥천-김천-신동-동대구-삼랑진-부산	6
누리로	서울	천안	서울-용산-금천구청-의왕-천안	6

주: 상기 수치는 가상의 수치임.



풀이: ① 열차의 운행구간 및 경유역을 기준으로 선구별 열차운행 횟수(v)를 산출한다

노선	차종 발차 구간	KTX	KTX	KTX	KTX	KTX	KTX	SRT	SRT	새마을	새마을	무궁화	무궁화
		서울 대전	서울 동대구	서울 부산	용산 익산	용산 광주송정	용산 목포	수서 부산	수서 목포	서울 부산	서울 동대구	서울 대전	서울 부산
경부 1선	서울~용산	10	26	90						15	6	6	15
	용산~시흥연결	10	26	90	25	15	20			15	6	6	15
	시흥연결~금천구청									15	6	6	15
	금천구청~의왕									15	6	6	15
	의왕~천안									15	6	6	15
	천안~조치원									15	6	6	15
	조치원~대전조차장									15	6	6	15
	대전조차장~옥천									15	6		15
	옥천~김천									15	6		15
	김천~신동									15	6		15
수서 고속	신동~동대구									15	6		15
	동대구~삼랑진									15			15
	삼랑진~부산									15			15
	수서~동탄							40	35				
경부 고속	동탄~지제							40	35				
	지제~평택분기							40	35				
	시흥연결~평택분기	10	26	90	25	15	20						
	평택분기~천안아산	10	26	90	25	15	20	40	35				
	천안아산~오송	10	26	90	25	15	20	40	35				
	오송~대조차	10	26	90				40					
	대조차~대전	10	26	90				40					
	대전~김천구미		26	90				40					
	김천구미~동대구		26	90				40					
	동대구~포항분기			90				40					
호남 고속	포항분기~신경주			90				40					
	신경주~울산			90				40					
	울산~부산			90				40					
	오송~공주				25	15	20		35				
	공주~익산				25	15	20		35				
	익산~정읍					15	20		35				
	정읍~광주송정					15	20		35				
	광주송정~나주						20		35				
	나주~목포						20		35				

노선	차종 발차 구간	무궁화	무궁화	무궁화	무궁화	무궁화	무궁화	ITX	ITX	ITX	ITX	누리로	계
		대전 부산	김천 부산	동대구 부산	용산 광주송정	용산 목포	용산 여수	서울 부산	서울 광주송정	서울 목포	서울 여수	서울 천안	
경부 1선	서울~용산							12	6	8	6	6	206
	용산~시흥연결				6	8	10	12	6	8	6	6	290
	시흥연결~금천구청				6	8	10	12	6	8	6	6	104
	금천구청~의왕				6	8	10	12	6	8	6	6	104
	의왕~천안				6	8	10	12	6	8	6	6	104
	천안~조치원				6	8	10	12	6	8	6		98
	조치원~대전조차장				6	8	10	12	6	8	6		98
	대전조차장~옥천	6						12					54
	옥천~김천	6						12					54
	김천~신동	6	4					12					58
경부 고속	신동~동대구	6	4					12					58
	동대구~삼랑진	6	4	6				12					58
	삼랑진~부산	6	4	6				12					58
	수서~동탄												75
	동탄~지제												75
	지제~평택분기												75
	시흥연결~평택분기												186
	평택분기~천안아산												261
	천안아산~오송												261
	오송~대조차												166
호남 고속	대조차~대전												166
	대전~김천구미												156
	김천구미~동대구												156
	동대구~포항분기												130
	포항분기~신경주												130
	신경주~울산												130
	울산~부산												130
	오송~공주												95
	공주~익산												95
	익산~정읍												70
	정읍~광주송정												70
	광주송정~나주												55
	나주~목포												55

② 경부선의 선구별 철도노선용량(c)을 산출한다.

노선	링크		용량 (C)
	번호	구간	
경부 (하행)	1	서울~금천구청	228
	2	금천구청~의왕	228
	3	의왕~천안	189
	4	천안~조치원	181
	5	조치원~대전조차장	178
	6	대전조차장~옥천	237
	7	옥천~김천	169
	8	김천~신동	167
	9	신동~동대구	206
	10	동대구~삼랑진	197
	11	삼랑진~부산	194
호남 (하행)	1	대전조차장~익산	173
	2	익산~송정리	160
	3	송정리~목포	172
전라 (하행)	1	익산~동산	159
	2	동산~순천	149
	3	순천~여천	176
	4	여천~여수	59
중앙 (하행)	1	청량리~망우	208
	2	망우~용문	198
	3	용문~서원주	178
	4	서원주~원주	63
	5	원주~봉양	70
	6	봉양~제천	182
	7	제천~도담	176
	8	도담~단성	62
	9	단성~영주	56
	10	영주~안동	59
	11	안동~영천	48
	12	영천~경주	60

- ③ 경부선의 선구별 열차운행횟수(v)와 철도노선용량(c)으로 철도노선용량 이용률(v/c)을 산출한다. 이 때 철도노선용량(c) 산정시의 구간 구분과 열차운행횟수(v) 산정 시 선구 구분이 상이할 경우, 철도노선용량 산정시의 선구 구분에 따르되, 해당 선구의 열차운행횟수는 해당 선구 내 여러 단위선구(Link)의 열차운행횟수 중 최대값으로 간주한다. 예를 들어, “서울~용산~시흥연결~금천구청” 구간은 철도노선용량 산정시 “서울~금천구청”의 1개 선구로 구분하고, 열차운행횟수 산정시에는 “서울~용산”, “용산~시흥연결”, “시흥연결~금천구청” 3개의 단위선구로 구분하였으나, LOS분석시에는 철도노선용량 산정을 위한 선구 구분을 따라 “서울~금천구청” 1개의 선구로 구분하고, 이 때의 열차운행횟수는 “서울~용산~시흥연결~금천구청” 구간 중 최대운행횟수 290회(단위선구: 용산~시흥연결)로 간주한다.

노선	구간	열차운행횟수 (회/일) (v)	철도노선용량 (회/일) (c)	철도노선용량 이용률 (v/c)
경부 1선	서울~용산	206	228	1.27
	용산~시흥연결	290		
	시흥연결~금천구청	104		
	금천구청~의왕	104	228	0.46
	의왕~천안	104	189	0.55
	천안~조치원	98	181	0.54
	조치원~대전조차장	98	178	0.55
	대전조차장~옥천	54	237	0.23
	옥천~김천	54	169	0.32
	김천~신동	58	167	0.35
	신동~동대구	58	206	0.28
	동대구~삼랑진	58	197	0.29
	삼랑진~부산	58	194	0.30

- ④ 경부선의 선구별 철도노선용량 이용률(v/c)을 기준으로《LOS 등급별 철도노선용량이용률 표》를 이용하여 철도노선용량 이용률(v/c)에 상응하는 LOS 등급을 판정한다.

《LOS 등급별 철도노선용량이용률(v/c) 표》

구분	LOS					
	A	B	C	D	E	F
선로이용률(v/c)	0~0.3	0.3~0.5	0.5~0.7	0.7~0.85	0.85~1.0	1.0 이상

노선	구간	열차운행횟수 (회/일) (v)	철도노선용량 (회/일) (c)	철도노선용량 이용률 (v/c)	LOS
경부 1선	서울~용산	206	228	1.27	F
	용산~시흥연결	290			
	시흥연결~금천구청	104			
	금천구청~의왕	104	228	0.46	B
	의왕~천안	104	189	0.55	C
	천안~조치원	98	181	0.54	C
	조치원~대전조차장	98	178	0.55	C
	대전조차장~옥천	54	237	0.23	A
	옥천~김천	54	169	0.32	B
	김천~신동	58	167	0.35	B
	신동~동대구	58	206	0.28	A
	동대구~삼랑진	58	197	0.29	A
	삼랑진~부산	58	194	0.30	A

## 바. 일반철도 혼용구간의 장래 열차운행계획 미수립시 서비스수준 예측

예제: 2030년의 경부선 하행 열차 운행계획이 다음과 같을 경우 경부선의 선구별 서비스수준을 평가하라. 단, 장래의 열차차량 서비스 수준은 현재와 동일한 것으로 가정한다.

### ▼ 현재 고속열차 운행횟수

차종	발	착	경유역	운행횟수 (회/일)
KTX	서울	대전	서울-용산-광명-천안아산-오송-대전	2
KTX	서울	동대구	서울-용산-광명-천안아산-오송-대전-김천구미-동대구	22
KTX	서울	부산	서울-용산-광명-천안아산-오송-대전-김천구미-동대구-신경주-울산-부산	75
KTX	용산	익산	용산-광명-천안아산-오송-공주-익산	19
KTX	용산	광주송정	용산-광명-천안아산-오송-공주-익산-정읍-광주송정	6
KTX	용산	목포	용산-광명-천안아산-오송-공주-익산-정읍-광주송정-나주-목포	18
SRT	수서	부산	수서-동탄-지제-천안아산-오송-대전-김천구미-동대구-신경주-울산-부산	38
SRT	수서	목포	수서-동탄-지제-천안아산-오송-공주-익산-정읍-광주송정-나주-목포	30
새마을	서울	부산	서울-용산-금천구청-의왕-천안-조치원-대전-옥천-김천-신동-동대구-삼랑진-부산	8
새마을	서울	동대구	서울-용산-금천구청-의왕-천안-조치원-대전-옥천-김천-신동-동대구	2
무궁화	서울	대전	서울-용산-금천구청-의왕-천안-조치원-대전	6
무궁화	서울	부산	서울-용산-금천구청-의왕-천안-조치원-대전-옥천-김천-신동-동대구-삼랑진-부산	20
무궁화	대전	부산	대전-옥천-김천-신동-동대구-삼랑진-부산	6
무궁화	김천	부산	김천-신동-동대구-삼랑진-부산	4
무궁화	동대구	부산	동대구-삼랑진-부산	6
무궁화	용산	광주송정	용산-금천구청-의왕-천안-조치원-익산-광주송정-목포	6
무궁화	용산	목포	용산-금천구청-의왕-천안-조치원-익산-광주송정-목포	8
무궁화	용산	여수	용산-금천구청-의왕-천안-조치원-익산-동산-순천-여천-여수엑스포	10
ITX	서울	부산	서울-용산-금천구청-의왕-천안-조치원-대전-옥천-김천-신동-동대구-삼랑진-부산	8
ITX	서울	광주송정	서울-용산-금천구청-의왕-천안-조치원-대전-옥천-김천-신동-동대구-삼랑진-부산	2
ITX	서울	목포	서울-용산-금천구청-의왕-천안-조치원-대전-옥천-김천-신동-동대구-삼랑진-부산	4
ITX	서울	여수	서울-용산-금천구청-의왕-천안-조치원-대전-옥천-김천-신동-동대구-삼랑진-부산	4
누리로	서울	천안	서울-용산-금천구청-의왕-천안	6

주: 상기 수치는 가상의 수치임.

### ▼ 장래년도 열차 운행계획

차종	발	착	경유역	운행횟수 (회/일)
KTX	서울	대전	서울-용산-광명-천안아산-오송-대전	10
KTX	서울	동대구	서울-용산-광명-천안아산-오송-대전-김천구미-동대구	26
KTX	서울	부산	서울-용산-광명-천안아산-오송-대전-김천구미-동대구-신경주-울산-부산	90
KTX	용산	익산	용산-광명-천안아산-오송-공주-익산	25
KTX	용산	광주송정	용산-광명-천안아산-오송-공주-익산-정읍-광주송정	15
KTX	용산	목포	용산-광명-천안아산-오송-공주-익산-정읍-광주송정-나주-목포	20
SRT	수서	부산	수서-동탄-지제-천안아산-오송-대전-김천구미-동대구-신경주-울산-부산	40
SRT	수서	목포	수서-동탄-지제-천안아산-오송-공주-익산-정읍-광주송정-나주-목포	35
새마을	-	-	장래 열차운행계획 미수립. 장래 수요에 적합한 열차운행계획 수립 예정	-
무궁화	-	-	장래 열차운행계획 미수립. 장래 수요에 적합한 열차운행계획 수립 예정	-
ITX	-	-	장래 열차운행계획 미수립. 장래 수요에 적합한 열차운행계획 수립 예정	-
누리로	서울	천안	서울-용산-금천구청-의왕-천안	6

주: 상기 수치는 가상의 수치임.

## ▼ 현재 Korail 차종별 역별 여객발착 통과표

<새마을열차 역별 여객발착 통과표>

(단위: 인/일)

역명	하행		계
	승차	강차	
경의선	4	0	4
서울	809	0	813
경원선	0	126	687
용산	780	0	1,467
경원선	0	0	1,468
용산삼각선	6	0	1,474
노량진	0	0	1,474
영등포	1,469	2	2,941
경인선	0	0	2,941
구로	0	0	2,941
경부2선	0	1	2,940
시흥	0	0	2,940
부곡	0	0	2,940
수원	1,437	535	3,842
평택	170	223	3,789
정항선	2	1,543	2,247
천안	235	509	1,973
오송삼각선	0	18	1,956
서창	0	0	1,956
충북선	2	0	1,958
조치원	34	74	1,918
호남선	0	641	1,277
대전조차장	0	0	1,277
대전	203	510	970
심천	0	1	968
영동	14	91	892
경북선	1	1	892
김천	159	117	933
구미	451	292	1,093
왜관	0	0	1,093
대구	96	425	763
동대구	191	281	674
대구선	0	316	358
가천	0	0	358
경산	15	14	359
남성현	0	1	358
청도	1	2	357
밀양	61	33	385
미전선	0	65	320
미전	0	0	320
경전선	63	0	383
삼랑진	0	0	383
원동	2	0	385
물금	0	1	384
화명	0	0	384
구포	2	126	260
가야선	0	10	250
사상	0	0	250
부산	0	250	0

주: 상기 수치는 가상의 수치임.

<ITX-새마을열차 역별 여객발착 통과표>

(단위: 인/일)

역명	하행		계
	승차	강차	
서울	724	0	724
용산	334	0	1,058
영등포	903	1	1,959
수원	1,022	488	2,492
평택	138	188	2,442
천안	275	351	2,367
조치원	81	156	2,291
호남선	0	1,009	1,282
대전조차장	0	0	1,282
대전	221	523	980
영동	17	68	929
김천	141	120	950
구미	417	280	1,087
대구	138	389	836
동대구	170	264	741
경산	21	25	738
청도	6	11	733
밀양	83	55	761
미전선	0	89	671
미전	0	0	671
물금	3	17	657
구포	4	204	457
부산	0	457	0

주: 상기 수치는 가상의 수치임.

<무궁화열차 역별 여객발착 통과표>

(단위: 인/일)

역명	하행		계
	승차	강차	
경의선	31	0	31
서울	8,866	0	8,897
경원선	0	114	8,783
용산	4,029	1	12,811
경원선	9	0	12,820
용산삼각선	40	0	12,859
노량진	0	0	12,859
영등포	12,023	18	24,865
경인선	0	9	24,856
구로	0	0	24,856
구로삼각선	17	0	24,873
시흥	0	0	24,873
안양	665	159	25,379
수원	8,018	5,640	27,757
오산	153	482	27,429
서정리	40	217	27,252
평택	2,108	4,059	25,301
성환	26	180	25,147
장항선	7	4,142	21,011
천안	3,255	4,654	19,612
소정리	2	2	19,612
전의	67	150	19,529
오송삼각선	0	185	19,344
서창	0	0	19,344
충북선	952	1	20,294
조치원	1,960	3,309	18,945
부강	74	119	18,901
신탄진	704	1,558	18,046
호남선	0	7,239	10,807
대전조차장	0	0	10,807
대전선	10	0	10,817
대전	2,619	5,404	8,033
옥천	198	437	7,794
이원	4	37	7,761
지천	0	1	7,760
심천	4	24	7,740
각계	0	0	7,740
영동	313	1,468	6,585
황간	40	80	6,544
추풍령	18	41	6,521
경북선	623	3	7,141
김천	1,874	850	8,166
구미	4,457	1,889	10,733
사곡	29	7	10,755
약목	126	14	10,866
왜관	1,885	603	12,149
신동	10	3	12,156
대구	2,221	5,492	8,885
대구선	0	10	8,875
동대구	4,880	2,532	11,223
대구선	0	1,456	9,766
금강	0	0	9,766
대구선	3	579	9,191
가천	0	0	9,191
경산	1,431	1,496	9,126
남성현	3	6	9,124
청도	502	1,300	8,326
상동	110	49	8,387
밀양	1,996	871	9,511
미전선	9	1,544	7,977
미전	0	0	7,977
경전선	447	0	8,424
삼랑진	398	154	8,667
원동	202	37	8,832
물금	129	472	8,489
화명	64	122	8,431
구포	96	2,967	5,560
가야선	0	651	4,909
사상	2	108	4,802
부산	0	4,802	0

주: 상기 수치는 가상의 수치임.

▼ 장래년도 하행 구간별 통행량 예측치

노선	구간	장래 재차인원 예측치 (인/일) ( $\widehat{Occ}$ )
경부 1선	서울~용산	10,500
	용산~시흥연결	31,244
	시흥연결~금천구청	31,857
	금천구청~의왕	32,399
	의왕~천안	36,480
	천안~조치원	25,852
	조치원~대전조차장	24,315
	대전조차장~옥천	14,048
	옥천~김천	10,233
	김천~신동	14,905
	신동~동대구	10,908
	동대구~삼랑진	13,148
	삼랑진~부산	10,288

주: 상기 수치는 가상의 수치임.

풀이: ① 현재년도 열차의 운행구간 및 경유역을 기준으로 선구별 열차운행 횟수( $V$ )를 산출한다

노선	차종 발착 구간	KTX	KTX	KTX	KTX	KTX	KTX	SRT	SRT	새마을	새마을	무궁화	무궁화
		서울 대전	서울 동대구	서울 부산	용산 익산	용산 광주송정	용산 목포	수서 부산	수서 목포	서울 부산	서울 동대구	서울 대전	서울 부산
경부 1선	서울~용산	2	22	75						8	2	6	20
	용산~시흥연결	2	22	75	19	6	18			8	2	6	20
	시흥연결~금천구청									8	2	6	20
	금천구청~의왕									8	2	6	20
	의왕~천안									8	2	6	20
	천안~조치원									8	2	6	20
	조치원~대전조차장									8	2	6	20
	대전조차장~옥천									8	2		20
	옥천~김천									8	2		20
	김천~신동									8	2		20
	신동~동대구									8	2		20
	동대구~삼랑진									8			20
	삼랑진~부산									8			20
수서 고속	수서~동탄							38	30				
	동탄~지제							38	30				
	지제~평택분기							38	30				
경부 고속	시흥연결~평택분기	2	22	75	19	6	18						
	평택분기~천안아산	2	22	75	19	6	18	38	30				
	천안아산~오송	2	22	75	19	6	18	38	30				
	오송~대조차	2	22	75				38					
	대조차~대전	2	22	75				38					
	대전~김천구미		22	75				38					
	김천구미~동대구		22	75				38					
	동대구~포항분기			75				38					
	포항분기~신경주			75				38					
	신경주~울산			75				38					
호남 고속	울산~부산			75				38					
	오송~공주				19	6	18		30				
	공주~익산				19	6	18		30				
	익산~정읍					6	18		30				
	정읍~광주송정					6	18		30				
	광주송정~나주						18		30				
	나주~목포						18		30				

# 제4장 철도노선 서비스수준(LOS) 결정

노선	차종 발착 구간	무궁화	무궁화	무궁화	무궁화	무궁화	무궁화	ITX	ITX	ITX	ITX	누리로	계
		대전 부산	김천 부산	동대구 부산	용산 광주송정	용산 목포	용산 여수	서울 부산	서울 광주송정	서울 목포	서울 여수	서울 천안	
경부 1선	서울~용산							8	2	4	4	6	159
	용산~시흥연결				6	8	10	8	2	4	4	6	226
	시흥연결~금천구청				6	8	10	8	2	4	4	6	84
	금천구청~의왕				6	8	10	8	2	4	4	6	84
	의왕~천안				6	8	10	8	2	4	4	6	84
	천안~조치원				6	8	10	8	2	4	4		78
	조치원~대전조차장				6	8	10	8	2	4	4		78
	대전조차장~옥천	6						8					44
	옥천~김천	6						8					44
	김천~신동	6	4					8					48
수서 고속	신동~동대구	6	4					8					48
	동대구~삼랑진	6	4	6				8					52
	삼랑진~부산	6	4	6				8					52
	수서~동탄												68
	동탄~지제												68
	지제~평택분기												68
	시흥연결~평택분기												142
	평택분기~천안아산												210
	천안아산~오송												210
	오송~대조차												137
경부 고속	대조차~대전												137
	대전~김천구미												135
	김천구미~동대구												135
	동대구~포항분기												113
	포항분기~신경주												113
	신경주~울산												113
	울산~부산												113
	오송~공주												73
	공주~익산												73
	익산~정읍												54
호남 고속	정읍~광주송정												54
	광주송정~나주												48
	나주~목포												48
	1일 운행횟수(회/일)	6	4	6	6	8	10	8	2	4	4	6	226

② 현재 Korail 역별 여객 발착 통과표로부터 구간별 재차인원(Occ)을 산출한다.

Korail 역별 여객 발착 통과표는 차종별로 구분되어 있으므로, 분석 대상인 경부선 전체구간을 대상으로 새마을, ITX-새마을, 무궁화 열차종별 승하차량을 합하여 선구별 재차인원을 산출한다.

노선	역명	승차				강차				재차			
		새마을	ITX	무궁화	계	새마을	ITX	무궁화	계	새마을	ITX	무궁화	계
경부 선	경의선	4	0	31	35	0	0	0	0	4	0	31	35
	서울	809	724	8,866	10,399	0	0	0	0	813	724	8,897	10,434
	경원선	0	0	0	0	126	0	114	240	687	724	8,783	10,194
	용산	780	334	4,029	5,143	0	0	1	1	1,467	1,058	12,811	15,336
	경원선	0	0	9	9	0	0	0	0	1,467	1,058	12,820	15,345
	용산삼각선	6	0	40	46	0	0	0	0	1,473	1,058	12,860	15,391
	노량진	0	0	0	0	0	0	0	0	1,473	1,058	12,860	15,391
	영등포	1,469	903	12,023	14,395	2	1	18	21	2,940	1,960	24,865	29,765
	경인선	0	0	0	0	0	0	9	9	2,940	1,960	24,856	29,756
	구로	0	0	0	0	0	0	0	0	2,940	1,960	24,856	29,756
	구로삼각선	0	0	17	17	0	0	0	0	2,940	1,960	24,873	29,773
	시흥	0	0	0	0	0	0	0	0	2,940	1,960	24,873	29,773
	안양	0	0	665	665	0	0	159	159	2,940	1,960	25,379	30,279
	수원	1,437	1,022	8,018	10,477	535	488	5,640	6,663	3,842	2,494	27,757	34,093
	오산	0	0	153	153	0	0	482	482	3,842	2,494	27,428	33,764
	서정리	0	0	40	40	0	0	217	217	3,842	2,494	27,251	33,587
	평택	170	138	2,108	2,416	223	188	4,059	4,470	3,789	2,444	25,300	31,533
	성환	0	0	26	26	0	0	180	180	3,789	2,444	25,146	31,379
	장항선	2	0	7	9	1,543	0	4,142	5,685	2,248	2,444	21,011	25,703
	천안	235	275	3,255	3,765	509	351	4,654	5,514	1,974	2,368	19,612	23,954
	소정리	0	0	2	2	0	0	2	2	1,974	2,368	19,612	23,954
	전의	0	0	67	67	0	0	150	150	1,974	2,368	19,529	23,871
	오송삼각선	0	0	0	0	18	0	185	203	1,956	2,368	19,344	23,668
	서창	0	0	0	0	0	0	0	0	1,956	2,368	19,344	23,668

충북선	2	0	952	954	0	0	1	1	1,958	2,368	20,295	24,621
조치원	34	81	1,960	2,075	74	156	3,309	3,539	1,918	2,293	18,946	23,157
부강	0	0	74	74	0	0	119	119	1,918	2,293	18,901	23,112
신탄진	0	0	704	704	0	0	1,558	1,558	1,918	2,293	18,047	22,258
호남선	0	0	0	0	641	1,009	7,239	8,889	1,277	1,284	10,808	13,369
대전조차장	0	0	0	0	0	0	0	0	1,277	1,284	10,808	13,369
대전선	0	0	10	10	0	0	0	0	1,277	1,284	10,818	13,379
대전	203	221	2,619	3,043	510	523	5,404	6,437	970	982	8,033	9,985
옥천	0	0	198	198	0	0	437	437	970	982	7,794	9,746
이원	0	0	4	4	0	0	37	37	970	982	7,761	9,713
지천	0	0	0	0	0	0	1	1	970	982	7,760	9,712
심천	0	0	4	4	1	0	24	25	969	982	7,740	9,691
각계	0	0	0	0	0	0	0	0	969	982	7,740	9,691
영동	14	17	313	344	91	68	1,468	1,627	892	931	6,585	8,408
황간	0	0	40	40	0	0	80	80	892	931	6,545	8,368
추풍령	0	0	18	18	0	0	41	41	892	931	6,522	8,345
경북선	1	0	623	624	1	0	3	4	892	931	7,142	8,965
김천	159	141	1,874	2,174	117	120	850	1,087	934	952	8,166	10,052
구미	451	417	4,457	5,325	292	280	1,889	2,461	1,093	1,089	10,734	12,916
사곡	0	0	29	29	0	0	7	7	1,093	1,089	10,756	12,938
약목	0	0	126	126	0	0	14	14	1,093	1,089	10,868	13,050
왜관	0	0	1,885	1,885	0	0	603	603	1,093	1,089	12,150	14,332
신동	0	0	10	10	0	0	3	3	1,093	1,089	12,157	14,339
대구	96	138	2,221	2,455	425	389	5,492	6,306	764	838	8,886	10,488
대구선	0	0	0	0	0	0	10	10	764	838	8,876	10,478
동대구	191	170	4,880	5,241	281	264	2,532	3,077	674	744	11,224	12,642
대구선	0	0	0	0	0	0	1,456	1,456	674	744	9,768	11,186
금강	0	0	0	0	0	0	0	0	674	744	9,768	11,186
대구선	0	0	3	3	316	0	579	895	358	744	9,192	10,294
가천	0	0	0	0	0	0	0	0	358	744	9,192	10,294
경산	15	21	1,431	1,467	14	25	1,496	1,535	359	740	9,127	10,226
남성현	0	0	3	3	1	0	6	7	358	740	9,124	10,222
청도	1	6	502	509	2	11	1,300	1,313	357	735	8,326	9,418
상동	0	0	110	110	0	0	49	49	357	735	8,387	9,479
밀양	61	83	1,996	2,140	33	55	871	959	385	763	9,512	10,660
미전선	0	0	9	9	65	89	1,544	1,698	320	674	7,977	8,971
미전	0	0	0	0	0	0	0	0	320	674	7,977	8,971
경전선	63	0	447	510	0	0	0	0	383	674	8,424	9,481
삼랑진	0	0	398	398	0	0	154	154	383	674	8,668	9,725
원동	2	0	202	204	0	0	37	37	385	674	8,833	9,892
물금	0	3	129	132	1	17	472	490	384	660	8,490	9,534
화명	0	0	64	64	0	0	122	122	384	660	8,432	9,476
구포	2	4	96	102	126	204	2,967	3,297	260	460	5,561	6,281
가야선	0	0	0	0	10	0	651	661	250	460	4,910	5,620
사상	0	0	2	2	0	0	108	108	250	460	4,804	5,514
부산	0	0	0	0	250	457	4,802	5,509	0	3	2	5

선구별 재차인원 산출시, Korail 역별 여객 발착 통과표의 선구 구분과 철도노선용량 산정 선구 구분이 상이할 경우, 철도노선용량 산정 선구 구분으로 일치시키고, 해당 구간의 재차인원은 해당 선구를 구성하는 여러 단위선구 각각의 재차인원 중 최대값을 선정한다.

노선	Korail 역별 여객 발착 통과표 기준					철도노선용량 산정 기준				
	구간	재차				구간	재차			
		새마을	ITX	무궁화	계		새마을	ITX	무궁화	계
경부선	서울~경원선	813	724	8,897	10,434	서울~용산	687	724	8,783	10,194
	경원선~용산	687	724	8,783	10,194					
	용산~경원선	1,467	1,058	12,811	15,336					
	경원선~용산삼각선	1,467	1,058	12,820	15,345					
	용산삼각선~노량진	1,473	1,058	12,860	15,391	용산~시흥연결	2,940	1,960	24,856	29,756
	노량진~영등포	1,473	1,058	12,860	15,391					
	영등포~경인선	2,940	1,960	24,865	29,765					
	경인선~구로	2,940	1,960	24,856	29,756					
	구로~구로삼각선	2,940	1,960	24,856	29,756					
	구로삼각선~시흥	2,940	1,960	24,873	29,773					
	시흥~안양	2,940	1,960	24,873	29,773	시흥연결~금천구청	2,940	1,960	24,873	29,773
	안양~수원	2,940	1,960	25,379	30,279	금천구청~의왕	2,940	1,960	25,379	30,279
	수원~오산	3,842	2,494	27,757	34,093	의왕~천안	3,842	2,494	27,757	34,093
	오산~서정리	3,842	2,494	27,428	33,764					
	서정리~평택	3,842	2,494	27,251	33,587					
	평택~성환	3,789	2,444	25,300	31,533					



# 제4장 철도노선 서비스수준(LOS) 결정

성환~장항선	3,789	2,444	25,146	31,379					
장항선~천안	2,248	2,444	21,011	25,703					
천안~소정리	1,974	2,368	19,612	23,954	천안~조치원	1,958	2,368	20,295	24,621
소정리~전의	1,974	2,368	19,612	23,954					
전의~오송삼각선	1,974	2,368	19,529	23,871					
오송삼각선~서창	1,956	2,368	19,344	23,668					
서창~충북선	1,956	2,368	19,344	23,668					
충북선~조치원	1,958	2,368	20,295	24,621	조치원~대전조차장	1,918	2,293	18,946	23,157
조치원~부강	1,918	2,293	18,946	23,157					
부강~신탄진	1,918	2,293	18,901	23,112					
신탄진~호남선	1,918	2,293	18,047	22,258					
호남선~대전조차장	1,277	1,284	10,808	13,369	대전조차장~옥천	1,277	1,284	10,818	13,379
대전조차장~대전선	1,277	1,284	10,808	13,369					
대전선~대전	1,277	1,284	10,818	13,379	옥천~김천	970	982	7,794	9,746
대전~옥천	970	982	8,033	9,985					
옥천~이원	970	982	7,794	9,746					
이원~지찬	970	982	7,761	9,713					
지찬~심천	970	982	7,760	9,712					
심천~각계	969	982	7,740	9,691					
각계~영동	969	982	7,740	9,691					
영동~황간	892	931	6,585	8,408					
황간~추풍령	892	931	6,545	8,368					
추풍령~경북선	892	931	6,522	8,345					
경북선~김천	892	931	7,142	8,965					
김천~구미	934	952	8,166	10,052	김천~신동	1,093	1,089	12,150	14,332
구미~사곡	1,093	1,089	10,734	12,916					
사곡~약목	1,093	1,089	10,756	12,938					
약목~왜관	1,093	1,089	10,868	13,050					
왜관~신동	1,093	1,089	12,150	14,332					
신동~대구	1,093	1,089	12,157	14,339	신동~동대구	764	838	8,886	10,488
대구~대구선	764	838	8,886	10,488					
대구선~동대구	764	838	8,876	10,478	동대구~삼랑진	674	744	11,224	12,642
동대구~대구선	674	744	11,224	12,642					
대구선~금강	674	744	9,768	11,186					
금강~대구선	674	744	9,768	11,186					
대구선~가천	358	744	9,192	10,294					
가천~경산	358	744	9,192	10,294					
경산~남성현	359	740	9,127	10,226					
남성현~청도	358	740	9,124	10,222					
청도~상동	357	735	8,326	9,418					
상동~밀양	357	735	8,387	9,479					
밀양~미전선	385	763	9,512	10,660					
미전선~미전	320	674	7,977	8,971					
미전~경전선	320	674	7,977	8,971					
경전선~삼랑진	383	674	8,424	9,481	삼랑진~부산	385	674	8,833	9,892
삼랑진~원동	383	674	8,668	9,725					
원동~물금	385	674	8,833	9,892					
물금~화명	384	660	8,490	9,534					
화명~구포	384	660	8,432	9,476					
구포~가야선	260	460	5,561	6,281					
가야선~사상	250	460	4,910	5,620					
사상~부산	250	460	4,804	5,514					
사상	250	460	4,804	5,514					
부산	0	3	2	5					

- ③ 현재 Korail 역별 여객 발착 통과표로부터 산출한 선구별 재차인원( $O_{cc}$ )을 선구별 열차운행 횟수( $v$ )로 나누어, 열차운행 1회당 평균 수송인원( $D_T$ ) 원단위(인/회)를 산출한다.

$$D_T = O_{cc}/v$$

노선	구간	재차인원 (통행/일) ( $O_{cc}$ )	열차 운행횟수 (회/일) ( $v$ )	열차운행 1회당 평균 수송인원 (인/회) ( $D_T$ )
경부선	서울~용산	10,194	159	64
	용산~시흥연결	29,756	226	132
	시흥연결~금천구청	29,773	84	354
	금천구청~의왕	30,279	84	360
	의왕~천안	34,093	84	406
	천안~조치원	24,621	78	316
	조치원~대전조차장	23,157	78	297
	대전조차장~옥천	13,379	44	304
	옥천~김천	9,746	44	222
	김천~신동	14,332	48	299
	신동~동대구	10,488	48	219
	동대구~삼랑진	12,642	52	243
	삼랑진~부산	9,892	52	190

- ④ 경부선 선로의 구간별 장래년도 통행수요예측치( $\widehat{O}_{cc}$ )에 현재년도 열차운행 1회당 평균 수송인원( $D_T$ ) 원단위(인/회)를 나누어 장래년도 구간별 열차운행 횟수( $\hat{v}$ )를 산출한다.

$$\hat{v} = \widehat{O}_{cc} / D_T$$

노선	구간	장래 재차인원 예측치 (인/일) ( $\widehat{O}_{cc}$ )	열차운행 1회당 평균 수송인원 (인/회) ( $D_T$ )	장래 열차 운행횟수 (회/일) ( $\hat{v}$ )
경부선	서울~용산	10,500	64	159
	용산~시흥연결	31,244	132	226
	시흥연결~금천구청	31,857	354	84
	금천구청~의왕	32,399	360	84
	의왕~천안	36,480	406	84
	천안~조치원	25,852	316	78
	조치원~대전조차장	24,315	297	78
	대전조차장~옥천	14,048	304	44
	옥천~김천	10,233	222	44
	김천~신동	14,905	299	48
	신동~동대구	10,908	219	48
	동대구~삼랑진	13,148	243	52
	삼랑진~부산	10,288	190	52

⑤ 장래년도 열차운행계획이 수립된 노선의 열차운행횟수를 추가하여 분석 대상 선구의 장래년도 열차운행횟수를 산출한다.

노선	차종		KTU	KTU	KTU	KTU	KTU	KTU	SRT	SRT	일반열차	계
	구간	발착										
			대전	동대구	부산	익산	광주송정	목포	부산	목포		
경부 1선	서울~용산		10	26	90						159	285
	용산~시흥연결		10	26	90	25	15	20			226	412
	시흥연결~금천구청										84	84
	금천구청~의왕										84	84
	의왕~천안										84	84
	천안~조치원										78	78
	조치원~대전조차장										78	78
	대전조차장~옥천										44	44
	옥천~김천										44	44
	김천~신동										48	48
	신동~동대구										48	48
	동대구~삼랑진										52	52
삼랑진~부산										52	52	
수서 고속	수서~동탄								40	35		75
	동탄~지제								40	35		75
	지제~평택분기								40	35		75
경부 고속	시흥연결~평택분기		10	26	90	25	15	20				186
	평택분기~천안아산		10	26	90	25	15	20	40	35		261
	천안아산~오송		10	26	90	25	15	20	40	35		261
	오송~대조차		10	26	90				40			166
	대조차~대전		10	26	90				40			166
	대전~김천구미			26	90				40			156
	김천구미~동대구			26	90				40			156
	동대구~포항분기				90				40			130
	포항분기~신경주				90				40			130
	신경주~울산				90				40			130
호남 고속	울산~부산			90					40			130
	오송~공주					25	15	20		35		95
	공주~익산					25	15	20		35		95
	익산~정읍						15	20		35		70
	정읍~광주송정						15	20		35		70
	광주송정~나주							20		35		55
	나주~목포							20		35		55
	1일 운행횟수(회/일)		10	26	90	25	15	20	40	35		412

⑥ 경부선의 선구별 철도노선용량(c)을 산출한다.

노선	링크		용량 (C)
	번호	구간	
경부 (하행)	1	서울~금천구청	228
	2	금천구청~의왕	228
	3	의왕~천안	189
	4	천안~조치원	181
	5	조치원~대전조차장	178
	6	대전조차장~옥천	237
	7	옥천~김천	169
	8	김천~신동	167
	9	신동~동대구	206
	10	동대구~삼랑진	197
	11	삼랑진~부산	194

호남 (하행)	1	대전조차장~익산	173
	2	익산~송정리	160
	3	송정리~목포	172
전라 (하행)	1	익산~동산	159
	2	동산~순천	149
	3	순천~여천	176
	4	여천~여수	59
중앙 (하행)	1	청량리~망우	208
	2	망우~용문	198
	3	용문~서원주	178
	4	서원주~원주	63
	5	원주~봉양	70
	6	봉양~제천	182
	7	제천~도담	176
	8	도담~단성	62
	9	단성~영주	56
	10	영주~안동	59
	11	안동~영천	48
	12	영천~경주	60

⑦ 장래년도 경부선의 선구별 열차운행횟수(v)와 철도노선용량(c)으로 철도노선용량 이용률(v/c)을 산출한다.

노선	구간	열차운행횟수 (회/일) (v)	철도노선용량 (회/일) (c)	철도노선용량 이용률 (v/c)
경부 1선	서울~용산	285	228	1.81
	용산~시흥연결	412		
	시흥연결~금천구청	84		
	금천구청~의왕	84	228	0.37
	의왕~천안	84	189	0.44
	천안~조치원	78	181	0.43
	조치원~대전조차장	78	178	0.44
	대전조차장~옥천	44	237	0.19
	옥천~김천	44	169	0.26
	김천~신동	48	167	0.29
	신동~동대구	48	206	0.23
	동대구~삼랑진	52	197	0.26
	삼랑진~부산	52	194	0.27

⑧ 경부선의 선구별 철도노선용량 이용률(v/c)을 기준으로《LOS 등급별 선로 이용률 표》를 이용하여

철도노선용량 이용률(v/c)에 상응하는 LOS 등급을 판정한다.

《LOS 등급별 철도노선용량이용률(v/c) 표》

구분	LOS					
	A	B	C	D	E	F
선로이용률(v/c)	0~0.3	0.3~0.5	0.5~0.7	0.7~0.85	0.85~1.0	1.0 이상

노선	구간	열차운행횟수 (회/일) (v)	철도노선용량 (회/일) (c)	철도노선용량 이용률 (v/c)	LOS
경부 1선	서울~용산	285	228	1.81	F
	용산~시흥연결	412			
	시흥연결~금천구청	84			
	금천구청~의왕	84	228	0.37	B
	의왕~천안	84	189	0.44	B
	천안~조치원	78	181	0.43	B
	조치원~대전조차장	78	178	0.44	B
	대전조차장~옥천	44	237	0.19	A
	옥천~김천	44	169	0.26	A
	김천~신동	48	167	0.29	A
	신동~동대구	48	206	0.23	A
	동대구~삼랑진	52	197	0.26	A
	삼랑진~부산	52	194	0.27	A

## 사. 도시철도 전용구간의 현재 운영 상태 분석

예제: 현재 공항철도열차(하행)의 운행 시각표가 다음과 같을 경우 공항철도노선의 선구별 서비스수준을 평가하라.

열차 번호	시발 - 종착	시발역	시발 시각	종착역	종착 시각	경유역											
						서울	공덕	홍대 입구	디지털 미디어 시티	김포 공항	계양	검암	청라 국제도시	영종	운서	공항 화물청사	인천 국제공항
A2371	검암-인천국제공항	검암	05:25:00	인천국제공항	05:51:00	X	X	X	X	X	X	O	O	O	O	O	O
A2001	서울-인천국제공항	서울	05:20:00	인천국제공항	06:21:00	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
A2003	서울-인천국제공항	서울	05:40:00	인천국제공항	06:38:30	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
A2005	서울-인천국제공항	서울	05:50:00	인천국제공항	06:50:30	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
A1001	서울-인천국제공항	서울	06:00:00	인천국제공항	06:43:30	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
A2007	서울-인천국제공항	서울	06:07:00	인천국제공항	07:05:30	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
A3001	서울-검암	서울	06:15:00	검암	06:48:30	O	O	O	O	O	O	O	X	X	X	X	X
A2009	서울-인천국제공항	서울	06:21:00	인천국제공항	07:21:30	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
A1003	서울-인천국제공항	서울	06:30:00	인천국제공항	07:13:30	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
A2011	서울-인천국제공항	서울	06:35:00	인천국제공항	07:33:30	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
A3003	서울-검암	서울	06:40:00	검암	07:13:30	O	O	O	O	O	O	O	X	X	X	X	X

열차 번호	시발 - 종착	시발역	시발 시간	종착역	종착 시간	경유역											
						서울	공덕	홍대 입구	디지털 미디어 시티	김포 공항	계양	검암	청라 국제도시	영종	운서	공항 화물 영사	인천 국제공항
A2013	서울-인천국제공항	서울	06:47:30	인천국제공항	07:48:00	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
A2015	서울-인천국제공항	서울	06:56:00	인천국제공항	07:56:30	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
A1005	서울-인천국제공항	서울	07:00:00	인천국제공항	07:43:30	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
A3005	서울-검암	서울	07:04:30	검암	07:38:00	○	○	○	○	○	○	○	X	X	X	X	X
A0282	지상서울-인천국제공항	지상서울	07:11:00	인천국제공항	08:00:00	X	X	X	X	○	○	○	○	○	○	○	○
A2017	서울-인천국제공항	서울	07:14:30	인천국제공항	08:13:00	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
A3007	서울-검암	서울	07:21:30	검암	07:55:00	○	○	○	○	○	○	○	X	X	X	X	X
A2019	서울-인천국제공항	서울	07:30:00	인천국제공항	08:30:30	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
A1007	서울-인천국제공항	서울	07:35:00	인천국제공항	08:18:30	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
A3009	서울-검암	서울	07:37:00	검암	08:10:30	○	○	○	○	○	○	○	X	X	X	X	X
A2021	서울-인천국제공항	서울	07:42:00	인천국제공항	08:40:30	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
A3011	서울-검암	서울	07:47:00	검암	08:20:30	○	○	○	○	○	○	○	X	X	X	X	X
A2023	서울-인천국제공항	서울	07:57:00	인천국제공항	08:55:30	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
A0102	지상서울-인천국제공항	지상서울	07:58:00	인천국제공항	08:45:00	X	X	X	X	○	○	○	○	○	○	○	○
A3013	서울-검암	서울	08:01:00	검암	08:34:30	○	○	○	○	○	○	○	X	X	X	X	X
A2025	서울-인천국제공항	서울	08:07:00	인천국제공항	09:05:30	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
A3015	서울-검암	서울	08:13:30	검암	08:47:00	○	○	○	○	○	○	○	X	X	X	X	X
A2027	서울-인천국제공항	서울	08:20:00	인천국제공항	09:20:30	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
A1009	서울-인천국제공항	서울	08:25:00	인천국제공항	09:08:30	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
A2029	서울-인천국제공항	서울	08:28:00	인천국제공항	09:26:30	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
A2031	서울-인천국제공항	서울	08:34:00	인천국제공항	09:32:30	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
A2033	서울-인천국제공항	서울	08:41:00	인천국제공항	09:39:30	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
A3017	서울-검암	서울	08:45:00	검암	09:18:30	○	○	○	○	○	○	○	X	X	X	X	X
A2035	서울-인천국제공항	서울	08:50:00	인천국제공항	09:50:30	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
A3019	서울-검암	서울	08:56:00	검암	09:31:30	○	○	○	○	○	○	○	X	X	X	X	X
A1011	서울-인천국제공항	서울	09:00:00	인천국제공항	09:43:30	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
A2037	서울-인천국제공항	서울	09:03:00	인천국제공항	10:01:30	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
A2039	서울-인천국제공항	서울	09:10:30	인천국제공항	10:09:00	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
A3021	서울-검암	서울	09:15:00	검암	09:48:30	○	○	○	○	○	○	○	X	X	X	X	X
A2041	서울-인천국제공항	서울	09:21:00	인천국제공항	10:19:30	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
A2043	서울-인천국제공항	서울	09:29:30	인천국제공항	10:30:00	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
A2045	서울-인천국제공항	서울	09:36:00	인천국제공항	10:36:30	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
A1013	서울-인천국제공항	서울	09:40:00	인천국제공항	10:23:30	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
A2047	서울-인천국제공항	서울	09:45:00	인천국제공항	10:49:00	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
A3023	서울-검암	서울	09:49:30	검암	10:23:00	○	○	○	○	○	○	○	X	X	X	X	X
A0404	지상서울-인천국제공항	지상서울	10:01:00	인천국제공항	10:45:00	X	X	X	X	○	○	○	○	○	○	○	○
A0454	지상서울-인천국제공항	지상서울	10:01:00	인천국제공항	10:45:00	X	X	X	X	○	○	○	○	○	○	○	○
A2049	서울-인천국제공항	서울	10:02:00	인천국제공항	11:00:30	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
A3025	서울-검암	서울	10:10:00	검암	10:43:30	○	○	○	○	○	○	○	X	X	X	X	X
A2051	서울-인천국제공항	서울	10:16:00	인천국제공항	11:16:30	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
A1015	서울-인천국제공항	서울	10:20:00	인천국제공항	11:03:30	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
A2053	서울-인천국제공항	서울	10:29:00	인천국제공항	11:27:30	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
A3027	서울-검암	서울	10:36:00	검암	11:09:30	○	○	○	○	○	○	○	X	X	X	X	X
A2055	서울-인천국제공항	서울	10:40:00	인천국제공항	11:46:00	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
A3029	서울-검암	서울	10:45:30	검암	11:20:30	○	○	○	○	○	○	○	X	X	X	X	X
A1017	서울-인천국제공항	서울	10:50:00	인천국제공항	11:33:30	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
A2057	서울-인천국제공항	서울	10:56:00	인천국제공항	11:54:30	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
A0114	지상서울-인천국제공항	지상서울	10:58:00	인천국제공항	11:42:00	X	X	X	X	○	○	○	○	○	○	○	○

열차 번호	시발 - 종착	시발역	시발 시간	종착역	종착 시간	경유역											
						서울	공덕	홍대 입구	디지털 미디어 시티	김포 공항	계양	검암	청라 국제도시	영종	운서	공항 화물청사	인천 국제공항
A2059	서울-인천국제공항	서울	11:06:00	인천국제공항	12:04:30	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
A3031	서울-검암	서울	11:11:00	검암	11:44:30	○	○	○	○	○	○	X	X	X	X	X	X
A2061	서울-인천국제공항	서울	11:17:00	인천국제공항	12:17:30	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
A3033	서울-검암	서울	11:25:30	검암	12:01:00	○	○	○	○	○	○	X	X	X	X	X	X
A1019	서울-인천국제공항	서울	11:30:00	인천국제공항	12:13:30	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
A2063	서울-인천국제공항	서울	11:33:00	인천국제공항	12:31:30	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
A3035	서울-검암	서울	11:39:00	검암	12:12:30	○	○	○	○	○	○	X	X	X	X	X	X
A2065	서울-인천국제공항	서울	11:47:00	인천국제공항	12:47:30	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
A2067	서울-인천국제공항	서울	11:55:00	인천국제공항	12:55:30	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
A1021	서울-인천국제공항	서울	12:00:00	인천국제공항	12:43:30	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
A2069	서울-인천국제공항	서울	12:02:00	인천국제공항	13:00:30	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
A3037	서울-검암	서울	12:07:00	검암	12:40:30	○	○	○	○	○	○	X	X	X	X	X	X
A2071	서울-인천국제공항	서울	12:11:00	인천국제공항	13:09:30	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
A2073	서울-인천국제공항	서울	12:19:30	인천국제공항	13:20:00	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
A1023	서울-인천국제공항	서울	12:30:00	인천국제공항	13:13:30	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
A3039	서울-검암	서울	12:32:00	검암	13:05:30	○	○	○	○	○	○	X	X	X	X	X	X
A2075	서울-인천국제공항	서울	12:36:00	인천국제공항	13:34:30	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
A3041	서울-검암	서울	12:41:00	검암	13:14:30	○	○	○	○	○	○	X	X	X	X	X	X
A2077	서울-인천국제공항	서울	12:48:00	인천국제공항	13:48:00	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
A2079	서울-인천국제공항	서울	12:56:30	인천국제공항	13:57:00	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
A1025	서울-인천국제공항	서울	13:00:00	인천국제공항	13:43:30	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
A2081	서울-인천국제공항	서울	13:09:00	인천국제공항	14:07:30	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
A3043	서울-검암	서울	13:15:00	검암	13:48:30	○	○	○	○	○	○	X	X	X	X	X	X
A2083	서울-인천국제공항	서울	13:20:00	인천국제공항	14:20:30	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
A1027	서울-인천국제공항	서울	13:30:00	인천국제공항	14:13:30	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
A2085	서울-인천국제공항	서울	13:33:30	인천국제공항	14:36:30	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
A2087	서울-인천국제공항	서울	13:47:00	인천국제공항	14:47:30	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
A0708	지상서울-인천국제공항	지상서울	13:47:00	인천국제공항	14:32:00	X	X	X	X	○	○	○	○	○	○	○	○
A0512	지상서울-인천국제공항	지상서울	13:47:00	인천국제공항	14:32:00	X	X	X	X	○	○	○	○	○	○	○	○
A2089	서울-인천국제공항	서울	13:55:30	인천국제공항	14:56:00	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
A1029	서울-인천국제공항	서울	14:00:00	인천국제공항	14:43:30	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
A3045	서울-검암	서울	14:02:30	검암	14:36:00	○	○	○	○	○	○	X	X	X	X	X	X
A2091	서울-인천국제공항	서울	14:07:00	인천국제공항	15:05:30	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
A3047	서울-검암	서울	14:11:00	검암	14:44:30	○	○	○	○	○	○	X	X	X	X	X	X
A2093	서울-인천국제공항	서울	14:17:00	인천국제공항	15:17:30	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
A2095	서울-인천국제공항	서울	14:25:30	인천국제공항	15:26:00	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
A1031	서울-인천국제공항	서울	14:30:00	인천국제공항	15:13:30	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
A2097	서울-인천국제공항	서울	14:34:00	인천국제공항	15:32:30	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
A2099	서울-인천국제공항	서울	14:40:30	인천국제공항	15:44:30	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
A3049	서울-검암	서울	14:44:30	검암	15:18:00	○	○	○	○	○	○	X	X	X	X	X	X
A2101	서울-인천국제공항	서울	14:55:00	인천국제공항	15:55:30	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
A0130	지상서울-인천국제공항	지상서울	14:55:00	인천국제공항	15:40:00	X	X	X	X	○	○	○	○	○	○	○	○
A3051	서울-검암	서울	15:01:00	검암	15:36:30	○	○	○	○	○	○	X	X	X	X	X	X
A1033	서울-인천국제공항	서울	15:05:00	인천국제공항	15:48:30	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
A2103	서울-인천국제공항	서울	15:11:00	인천국제공항	16:09:30	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
A3053	서울-검암	서울	15:18:00	검암	15:51:30	○	○	○	○	○	○	X	X	X	X	X	X
A2105	서울-인천국제공항	서울	15:25:30	인천국제공항	16:26:00	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
A1035	서울-인천국제공항	서울	15:30:00	인천국제공항	16:13:30	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

열차 번호	시발 - 종착	시발역	시발 시간	종착역	종착 시간	경유역										
						서울	공덕	홍대 입구	디지털 미디어 시티	김포 공항	계양	검암	청라 국제도시	영종	운서	공항 화물청사
A2107	서울-인천국제공항	서울	15:39:00	인천국제공항	16:37:30	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
A3055	서울-검암	서울	15:45:00	검암	16:18:30	○	○	○	○	○	○	○	X	X	X	X
A2109	서울-인천국제공항	서울	15:50:30	인천국제공항	16:51:00	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
A1037	서울-인천국제공항	서울	16:00:00	인천국제공항	16:43:30	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
A2111	서울-인천국제공항	서울	16:03:00	인천국제공항	17:01:30	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
A3057	서울-검암	서울	16:09:00	검암	16:42:30	○	○	○	○	○	○	X	X	X	X	X
A2113	서울-인천국제공항	서울	16:17:00	인천국제공항	17:18:00	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
A2115	서울-인천국제공항	서울	16:25:30	인천국제공항	17:26:00	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
A1039	서울-인천국제공항	서울	16:30:00	인천국제공항	17:13:30	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
A3059	서울-검암	서울	16:33:00	검암	17:06:30	○	○	○	○	○	○	X	X	X	X	X
A2117	서울-인천국제공항	서울	16:38:00	인천국제공항	17:36:30	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
A2119	서울-인천국제공항	서울	16:46:00	인천국제공항	17:44:30	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
A3061	서울-검암	서울	16:51:00	검암	17:24:30	○	○	○	○	○	○	X	X	X	X	X
A0138	지상서울-인천국제공항	지상서울	17:02:00	인천국제공항	17:47:00	X	X	X	X	○	○	○	○	○	○	○
A2121	서울-인천국제공항	서울	17:02:00	인천국제공항	18:02:00	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
A2123	서울-인천국제공항	서울	17:10:30	인천국제공항	18:11:00	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
A1041	서울-인천국제공항	서울	17:15:00	인천국제공항	17:58:30	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
A2125	서울-인천국제공항	서울	17:20:00	인천국제공항	18:18:30	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
A3063	서울-검암	서울	17:25:00	검암	17:58:30	○	○	○	○	○	○	X	X	X	X	X
A2127	서울-인천국제공항	서울	17:32:00	인천국제공항	18:30:30	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
A3065	서울-검암	서울	17:38:00	검암	18:11:30	○	○	○	○	○	○	X	X	X	X	X
A2129	서울-인천국제공항	서울	17:45:30	인천국제공항	18:46:00	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
A1043	서울-인천국제공항	서울	17:50:00	인천국제공항	18:33:30	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
A3067	서울-검암	서울	17:54:00	검암	18:27:30	○	○	○	○	○	○	X	X	X	X	X
A2131	서울-인천국제공항	서울	18:01:00	인천국제공항	18:59:30	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
A2133	서울-인천국제공항	서울	18:10:00	인천국제공항	19:08:30	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
A3069	서울-검암	서울	18:16:00	검암	18:49:30	○	○	○	○	○	○	X	X	X	X	X
A2135	서울-인천국제공항	서울	18:20:00	인천국제공항	19:20:30	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
A3071	서울-검암	서울	18:26:00	검암	19:01:30	○	○	○	○	○	○	X	X	X	X	X
A1045	서울-인천국제공항	서울	18:30:00	인천국제공항	19:13:30	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
A2137	서울-인천국제공항	서울	18:33:00	인천국제공항	19:31:30	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
A3073	서울-검암	서울	18:39:00	검암	19:12:30	○	○	○	○	○	○	X	X	X	X	X
A2139	서울-인천국제공항	서울	18:44:00	인천국제공항	19:42:30	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
A2141	서울-인천국제공항	서울	18:51:30	인천국제공항	19:52:00	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
A2143	서울-인천국제공항	서울	18:56:00	인천국제공항	20:02:00	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
A3075	서울-검암	서울	19:01:30	검암	19:36:30	○	○	○	○	○	○	X	X	X	X	X
A1047	서울-인천국제공항	서울	19:05:00	인천국제공항	19:48:30	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
A2145	서울-인천국제공항	서울	19:14:00	인천국제공항	20:12:30	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
A0148	지상서울-인천국제공항	지상서울	19:14:00	인천국제공항	19:58:00	X	X	X	X	○	○	○	○	○	○	○
A3077	서울-검암	서울	19:18:00	검암	19:51:30	○	○	○	○	○	○	X	X	X	X	X
A3079	서울-검암	서울	19:24:00	검암	19:57:30	○	○	○	○	○	○	X	X	X	X	X
A2147	서울-인천국제공항	서울	19:29:00	인천국제공항	20:27:30	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
A2149	서울-인천국제공항	서울	19:40:00	인천국제공항	20:40:30	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
A3081	서울-검암	서울	19:46:00	검암	20:21:30	○	○	○	○	○	○	X	X	X	X	X
A1049	서울-인천국제공항	서울	19:50:00	인천국제공항	20:33:30	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
A2151	서울-인천국제공항	서울	19:54:00	인천국제공항	20:52:30	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○



열차 번호	시발 - 종착	시발역	시발 시각	종착역	종착 시각	경유역											
						서울	공덕	홍대 입구	디지털 미디어 시티	김포 공항	계양	검암	청라 국제도시	영종	운서	공항 화물 상사	인천 국제공항
A3083	서울-검암	서울	20:01:00	검암	20:34:30	○	○	○	○	○	○	○	X	X	X	X	X
A2153	서울-인천국제공항	서울	20:06:00	인천국제공항	21:04:30	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
A3085	서울-검암	서울	20:12:00	검암	20:45:30	○	○	○	○	○	○	○	X	X	X	X	X
A2155	서울-인천국제공항	서울	20:17:00	인천국제공항	21:17:30	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
A3087	서울-검암	서울	20:25:30	검암	21:01:00	○	○	○	○	○	○	○	X	X	X	X	X
A1051	서울-인천국제공항	서울	20:30:00	인천국제공항	21:13:30	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
A2157	서울-인천국제공항	서울	20:32:00	인천국제공항	21:30:30	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
A3089	서울-검암	서울	20:38:00	검암	21:11:30	○	○	○	○	○	○	○	X	X	X	X	X
A2159	서울-인천국제공항	서울	20:44:00	인천국제공항	21:42:30	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
A3091	서울-검암	서울	20:51:00	검암	21:24:30	○	○	○	○	○	○	○	X	X	X	X	X
A2161	서울-인천국제공항	서울	20:57:00	인천국제공항	21:57:30	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
A2163	서울-인천국제공항	서울	21:06:30	인천국제공항	22:12:30	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
A1053	서울-인천국제공항	서울	21:10:00	인천국제공항	21:53:30	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
A3093	서울-검암	서울	21:13:00	검암	21:46:30	○	○	○	○	○	○	○	X	X	X	X	X
A0526	지상서울-인천국제공항	지상서울	21:22:00	인천국제공항	22:09:00	X	X	X	X	○	○	○	○	○	○	○	○
A2165	서울-인천국제공항	서울	21:24:00	인천국제공항	22:22:30	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
A3095	서울-검암	서울	21:30:00	검암	22:03:30	○	○	○	○	○	○	○	X	X	X	X	X
A2167	서울-인천국제공항	서울	21:37:00	인천국제공항	22:37:30	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
A3097	서울-검암	서울	21:46:00	검암	22:21:30	○	○	○	○	○	○	○	X	X	X	X	X
A1055	서울-인천국제공항	서울	21:50:00	인천국제공항	22:33:30	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
A2169	서울-인천국제공항	서울	21:52:00	인천국제공항	22:50:30	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
A3099	서울-검암	서울	21:56:00	검암	22:29:30	○	○	○	○	○	○	○	X	X	X	X	X
A2171	서울-인천국제공항	서울	22:00:00	인천국제공항	22:58:30	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
A2173	서울-인천국제공항	서울	22:07:00	인천국제공항	23:08:00	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
A2175	서울-인천국제공항	서울	22:16:00	인천국제공항	23:16:30	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
A1057	서울-인천국제공항	서울	22:20:00	인천국제공항	23:03:30	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
A3101	서울-검암	서울	22:23:00	검암	22:56:30	○	○	○	○	○	○	○	X	X	X	X	X
A2177	서울-인천국제공항	서울	22:28:00	인천국제공항	23:26:30	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
A2179	서울-인천국제공항	서울	22:36:00	인천국제공항	23:34:30	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
A2181	서울-인천국제공항	서울	22:44:00	인천국제공항	23:42:30	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
A2183	서울-인천국제공항	서울	22:52:00	인천국제공항	23:50:30	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
A2185	서울-인천국제공항	서울	23:00:00	인천국제공항	23:58:30	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
A2187	서울-인천국제공항	서울	23:10:00	인천국제공항	00:08:30	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
A2189	서울-인천국제공항	서울	23:20:00	인천국제공항	00:18:30	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
A2191	서울-인천국제공항	서울	23:30:00	인천국제공항	00:28:30	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
A2193	서울-인천국제공항	서울	23:40:00	인천국제공항	00:38:30	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
A3291	서울-검암	서울	23:50:00	검암	00:23:30	○	○	○	○	○	○	○	X	X	X	X	X
A3293	서울-검암	서울	00:00:00	검암	00:33:30	○	○	○	○	○	○	○	X	X	X	X	X

주: 상기 수치는 가상의 수치임.

풀이: ① 열차의 운행구간 및 경유역을 기준으로 선구별 열차운행 횟수( $V$ )를 산출한다.

노선	구간	계
공 항 철 도	서울~공덕	179
	공덕~홍대입구	179
	홍대입구~디지털미디어시티	179
	디지털미디어시티~김포공항	179
	김포공항~계양	190
	계양~검암	190
	검암~청라국제도시	191
	청라국제도시~영종	138
	영종~운서	138
	운서~공항화물청사	138
	공항화물청사~인천국제공항	138
1일 운행횟수(회/일)		191

② 공항철도노선의 선구별 철도노선용량(c)을 산출한다.

노선	링크		용량 (C)
	번호	구간	
공항 철도	1	서울~공덕	411
	2	공덕~홍대입구	411
	3	홍대입구~디지털미디어시티	411
	4	디지털미디어시티~김포공항	411
	5	김포공항~계양	400
	6	계양~검암	400
	7	검암~청라국제도시	400
	8	청라국제도시~영종	400
	9	영종~운서	400
	10	운서~공항화물청사	400
	11	공항화물청사~인천국제공항	400

③ 공항철도노선의 선구별 열차운행횟수(v)와 철도노선용량(c)으로 철도노선용량 이용률(v/c)을 산출한다.

노선	구간	열차운행횟수 (회/일) (V)	철도노선용량 (회/일) (C)	철도노선용량 이용률 (v/c)
공항 철도	서울~공덕	179	411	0.44
	공덕~홍대입구	179	411	0.44
	홍대입구~디지털미디어시티	179	411	0.44
	디지털미디어시티~김포공항	179	411	0.44
	김포공항~계양	190	400	0.48
	계양~검암	190	400	0.48
	검암~청라국제도시	191	400	0.48
	청라국제도시~영종	138	400	0.35
	영종~운서	138	400	0.35
	운서~공항화물청사	138	400	0.35
	공항화물청사~인천국제공항	138	400	0.35

④ 공항철도노선의 선구간별 철도노선용량 이용률(v/c)을 기준으로 《LOS 등급별 철도노선용량이용률 표》를 이용하여 철도노선용량 이용률(v/c)에 상응하는 LOS 등급을 판정한다.

《LOS 등급별 철도노선용량이용률(v/c) 표》

구분	LOS					
	A	B	C	D	E	F
선로이용률(v/c)	0~0.3	0.3~0.5	0.5~0.7	0.7~0.85	0.85~1.0	1.0 이상

노선	구간	열차운행횟수 (회/일) (v)	철도노선용량 (회/일) (c)	철도노선용량 이용률 (v/c)	LOS
공항 철도	서울~공덕	179	411	0.44	B
	공덕~홍대입구	179	411	0.44	B
	홍대입구~디지털미디어시티	179	411	0.44	B
	디지털미디어시티~김포공항	179	411	0.44	B
	김포공항~계양	190	400	0.48	B
	계양~검암	190	400	0.48	B
	검암~청라국제도시	191	400	0.48	B
	청라국제도시~영종	138	400	0.35	B
	영종~운서	138	400	0.35	B
	운서~공항화물청사	138	400	0.35	B
	공항화물청사~인천국제공항	138	400	0.35	B

## 5. 열차지연과 철도노선 서비스수준(LOS) 간 관계

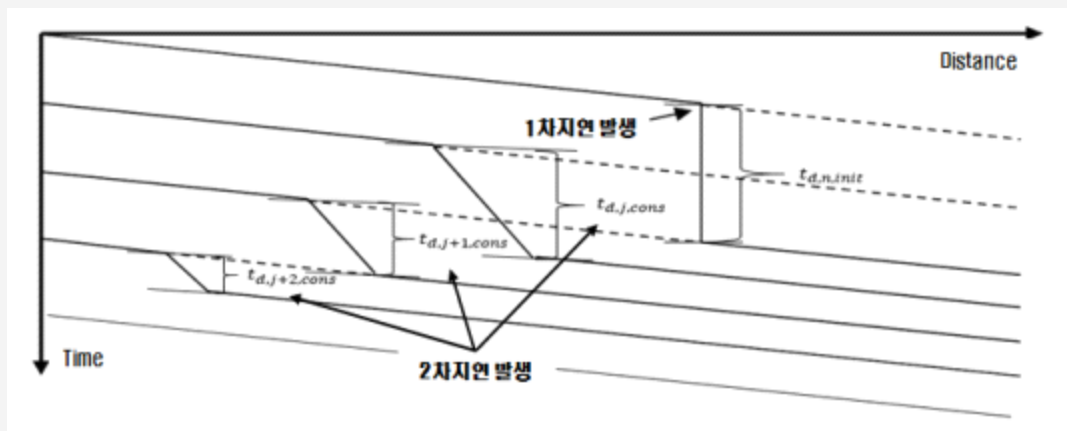
### 가. 열차지연의 정의 및 구성

- 열차지연은 계획된 열차운행시간과 실제 열차운행시간과의 차이로 정의된다.
- 열차지연은 지연발생원인을 기준으로 1차지연과 2차지연으로 구분된다.
  - 1차지연(Initial Delay): 1차지연은 특정 단위구간을 주행 또는 정차하는 열차에 발생하는 지연으로 시설, 운영, 철도관리, 외부요인 등에 의하여 발생할 수 있다.

<표 4-5> 1차지연의 발생 요인

분야	항목	주요사항
시설	철도망	선로, 스위칭, 구조물(터널, 교량)
	전기사설	전력공급, 전차선
	신호시설	신호기, 연동장치, 열차감지 장치
운영	차량	차상신호 고장, 차량 엔진·제동장치 불량
	운전자	운전자 행태(경력, 교육 수준, 건강상태 등)
	물류	화물 상하차 과정
	승객	승하차 규모, 장애인 서비스시설, 무임승차
	열차순환	조차, 청소, 제동장치 점검
철도관리	시스템	열차제어, 통신, 자동경로설정
	인력	운전지령자의 행태
	계획	운행시각표 애로구간, 차량부족, 승부인 부족
외부요인	기후	비랍, 열, 서리 등
	고의적 훼손	선로 장애물
	환경	평면교차 사고, 선로 무단통과

- 2차지연(Seconday Delay): 2차지연은 선행열차의 지연(1차지연)으로 인한 후행열차(군)의 연쇄지연(Delay Propagation)이다. 2차지연은 열차스케줄 과정에서 여타 열차 경로와의 상충 또는 환승연계열차의 지연 등에 따라 발생하는 지체로서 지나치게 많은 연계노선이 존재하거나 선로이용횟수가 용량에 임박할 수록 파급효과가 증가한다. 2차지연은 철도시스템 내에서 열차운행과 신호시스템에 의한 상호 이용의 결과이다. 상호장애는 열차운행시각표 상의 여유시간을 조정하는 단기적 방법이나 추가 선로(용량)확보, 신호 시스템 대체 등과 같은 장기적 방법에 의해 해소 가능하다.



<그림 4-5> 선행열차(군)의 지연발생으로 인한 후행열차(군)의 2차지연상황의 발생

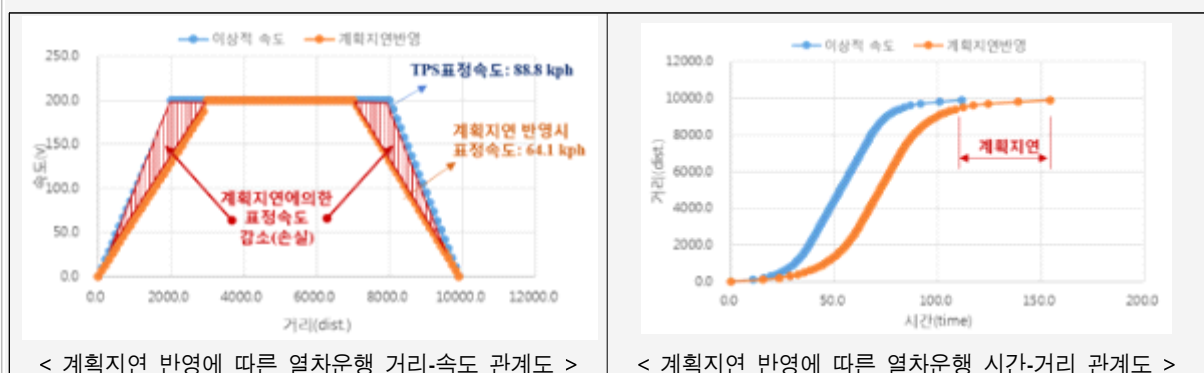
## 나. 열차지연에 대한 접근 시각과 계획지연

- 열차지연 중 1차지연과 2차지연은 계획된 열차운행시간과 실제 열차운행시간과의 차이로 실제 열차운행과정에서 가시적으로 관측이 되어진다.
- 계획지연(Planned delay)은 선행열차(군)의 1차지연 발생에 따른 후행열차(군)의 2차지연 확산 방지를 위해 열차운행스케줄링 과정에서 반영되는데, 이 계획지연은 열차의 성능 상 충분히 발휘할 수 있는 속도보다 낮은 속도로 열차운행계획을 수립하기 때문에 계획된 열차운행시간과 실제 열차운행시간의 차이로 관측되지 않는다.
- 계획지연은 철도노선용량을 초과하는 철도운행계획 수립으로 적정 서비스수준에 미치지 못하는 낮은 속도로 운행할 때에도 발생한다.
- 예컨대, 아래 <표 4-13>에서와 같이 철도노선용량이 180회/일인 평택-오송 구간에서 선로노선용량을 초과한 철도운행계획 수립시 열차의 표정속도를 일부러 낮추어 운행한다면, 선로노선용량 이내 범위에서 철도운행시 주행가능한 표정속도 250km/h보다 낮은 속도로 운행함에 따라 철도이용자들은 통행시간이 더 길어지게 된다.
- 하지만 이러한 지연도 계획된 열차운행시간에 기반영여되어 있기 때문에 계획된 열차운행시간과 실제 열차운행시간과의 차이만으로는 관측이 불가능하다.

<표 4-6> 용량을 초과하는 철도운행계획으로 인한 계획지연 예시 (용량 180회/일 가정)

구분	선로운행횟수	표정속도	표정시간	계획지연
평택-오송 (60km)	160회/일	250km/h	14.4분	없음
	180회/일 (v/c=1)	250km/h	14.4분	없음
	200회/일	200km/h	18.0분	3.6분
	220회/일	150km/h	24.0분	9.6분

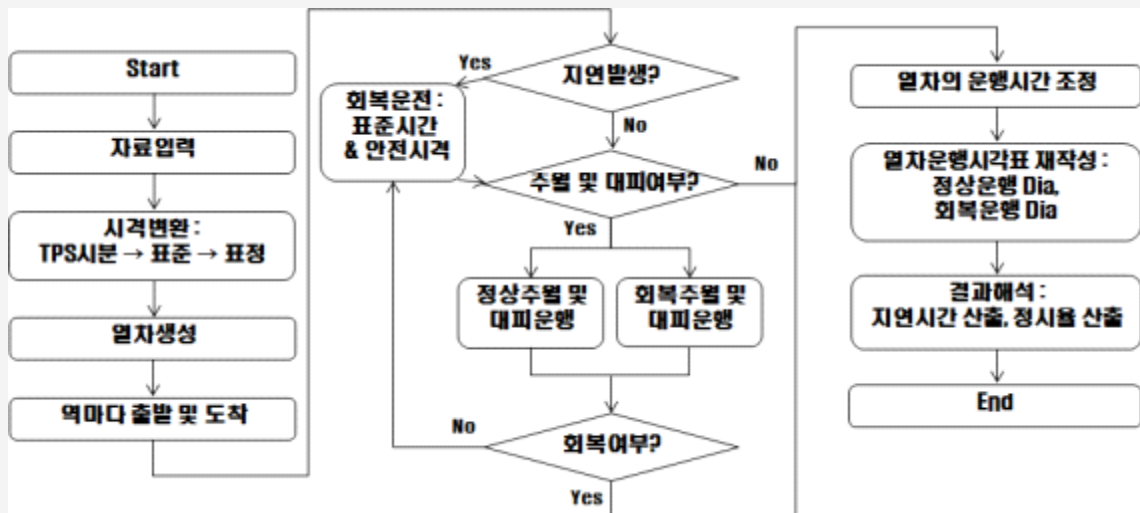
- 이론적으로 계획지연은 1차지연 및 2차지연 발생시 지연파급효과(Delay Propagation)을 최소화하고 이를 회복하기 위한 여유를 확보하기 위한 목적이다. 이에 따라 계획된 열차시각표만을 기준으로 한다면 정시성을 확보할 수 있는 긍정적 효과가 있다.
- 그러나 계획지연의 고려에 따라 최대 제공 가능한 열차운행속도 대비 낮은 속도를 제공함에 따라 신속성이 저하되고, 선구별 열차운행시간이 증가하여 노선용량을 비효율적으로 활용하게 되는 부정적 효과도 동시에 발생한다.



<그림 4-6> 계획지연 반영에 따른 선구별 열차운행 변화

## 다. 열차지연 산정 방안

- 국내외 관련 연구에 의하면, 열차지연을 산정하는 방안은 시뮬레이션을 통한 방법과 산식에 의한 정량적 방법으로 나눌 수 있다.
- 시뮬레이션을 통한 방법은 열차운행횟수와 열차지연상황 발생에 따른 회복운전을 이용하여 정상운행 열차시각표(=열차운행계획, 열차Dia)와 회복운행Dia의 비교를 통하여 지연시간을 산정한다.



<그림 4-7> 열차지연시간 산정 Simulation 과정

- 시뮬레이션을 통한 방법은 모형의 정산 및 검증 과정에서 필수적으로 열차운행계획, 실제 열차운행기록, 열차지연발생이력자료 등의 데이터 확보가 필요하다.
- 산식에 의한 정량적 방법도 시뮬레이션 방법과 같이 최소한의 산식 검증을 위한 열차운행이력 및 지연발생관련 이력 자료가 요구된다.
- 그러나 국내의 여건은 시뮬레이션을 통한 열차지연 산정이나 산식에 의한 정량적 방법을 적용하는데 한계가 있다.
  - 첫째, 철도운영사의 열차운행계획, 열차운행내역, 열차지연상황 발생 여부, 열차지연상황지속시간, 열차지연 발생시 회복운전이력 등에 관한 자료 확보가 어렵다.
  - 둘째, 열차운행 관련 자료의 미확보로 인하여 열차지연 산정 모형의 정산 및 검증에 많은 가정이 필요하여 모형 결과의 설득력이 미약할 수 있어 활용도가 떨어진다.
  - 셋째, 철도투자계획 단계에서 정차패턴, 열차종 구성비, 열차배열 등의 요소는 매우 복잡하고 불확실하여 고려하기가 어렵다.
- 이에 본 철도용량편람에서는 철도노선용량 이용률(또는 열차운행횟수) 증가에 따른 열차지연의 변화 관계도출을 위해 해외사례를 활용할 수 밖에 없었다. 국내에서도 국내의 철도환경을 반영한 철도노선용량 이용률(또는 열차운행횟수)과 열차지연 간 정량적 분석을 위해서는 열차운행계획과 실제 열차운행기록 및 열차지연발생이력자료를 확보 가능토록 하여 이를 연구에 활용할 수 있도록 해야할 것이다.

## 라. 열차지연 산정 사례

- 정시성에 영향을 주는 열차의 지연의 원인은 시설 측면의 문제에서 발생하는 비율이 높은 것으로 조사된다. 그러나 1차지연 발생에 따른 2차지연 파급효과로 인해 전체 차량이 경험하게 되는 평균 지연시간 규모를 실제사례로 분석한 결과는 없으며 대부분 시뮬레이션을 통해 추정하고 있다.
- 국가마다 열차지연의 크기와 관련된 연구결과의 차이는 있지만, 열차운행횟수가 증가할수록 열차지연 발생 확률 및 지연지속시간이 커지는 것을 알 수 있다. 또한 열차운행횟수 증가에 따른 열차지연의 크기는 지수적으로 증가함을 알 수 있다.

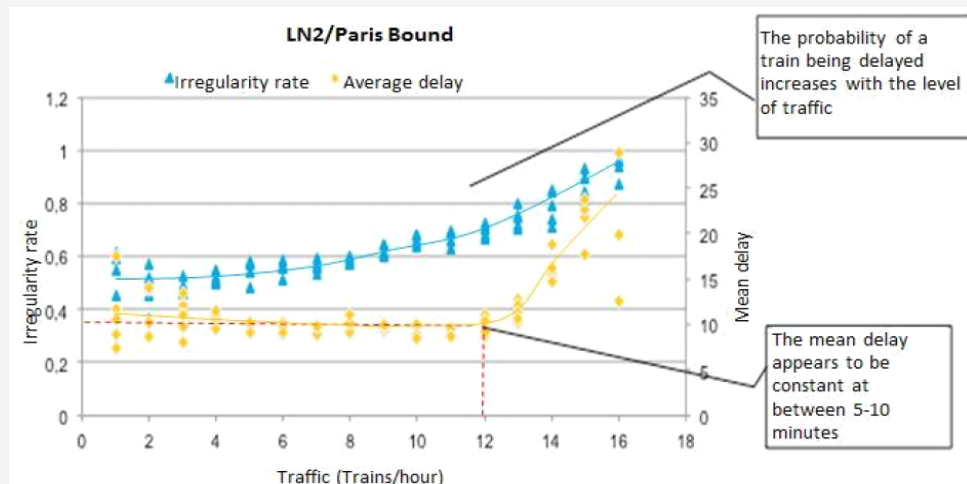
- Wahlborg(2005)는 스웨덴 지역간 철도를 대상으로 철도노선용량 이용률( $v/c$ )에 따른 지연 회복시간을 시뮬레이션을 통해 <표 4-14>와 같이 분석하였다.
  - Wahlborg(2005)는 15분 크기의 1차 지연이 발생 하였을 때 (철도노선용량 이용률( $v/c$ )에 따른) 지연회복 시간은 철도노선용량 이용률에 반비례한다는 것을 보였다.

<표 4-7> 선로이용률( $v/c$ )에 따른 1차 지연 회복시간

구분	Stockholm - Vasteras 구간		
선로이용률( $v/c$ )	0.62	0.72	0.76
1차지연 (15분) 회복시간	41.4	47.9	51.3

자료: Wahlborg, M., (2005) Application of the UIC 406 capacity leaflet at Banverket. Proceedings of the 1st International Seminar on Railway Operations Modelling and Analysis, eds. I. A.

- Marlot(2012)는 프랑스 철도 네트워크를 대상으로 교통밀도(=열차운행횟수)와 서비스 수준 사이의 상관관계를 제시하고 있으며, 열차지연은 교통밀도(=열차운행횟수)와 함께 증가한다는 것을 증명하였다.
  - 평균지연 곡선은 시간당 12대 이상의 열차가 운영될 때 기하급수적으로 증가하는 반면, 비정시성 비율(Rate of irregularity) 곡선은 이용률에 비례하여 완만히 증가하는 패턴을 보인다.



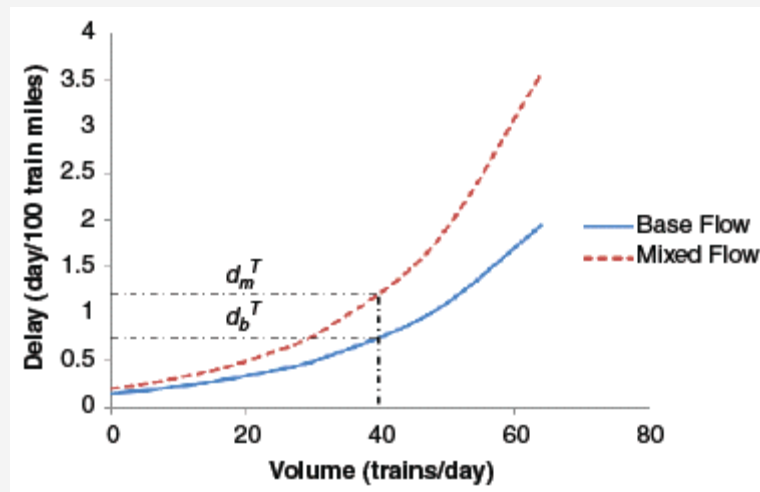
&lt;그림 4-8&gt; 시간당 열차대수와 the rate of irregularity, 평균지체 간 비율

자료: Marlot, 2012

- Lai et al.(2012)은 철도노선용량 이용률( $v/c$ )에 따른 열차지연의 상관관계를 분석하였다.
- Lai et al.(2012)는 열차종이 다양한 환경에서 열차운행횟수를 일반화하기 위하여 승용차 환산계수(PCE)와 유사한 열차 환산계수(Base Train Equivalent) 개념을 도입하였다.

$$E^D = \frac{d_b + \Delta d_i}{d_b} = \frac{\frac{d_b^T}{N} + \frac{(d_m^T - d_b^T)}{(N \times P)}}{\frac{d_b^T}{N}}$$

- $E^D$ : delay-based BTE
- $d_b$ : 기본구간(base flow)에서 열차당 지연시간
- $\Delta d_i$ : 혼용구간(mixture flow)에서 타 열차(non-base train)의 유입으로 인하여 증가한 지연시간
- $d_b^T$ : 기본구간(base flow)에서 총 지연시간
- $d_m^T$ : 혼용구간(mixture flow)에서 총 지연시간
- $N$ : 총 열차 수
- $P$ : 혼용구간에서 타 열차(non-base train)의 비율(%)

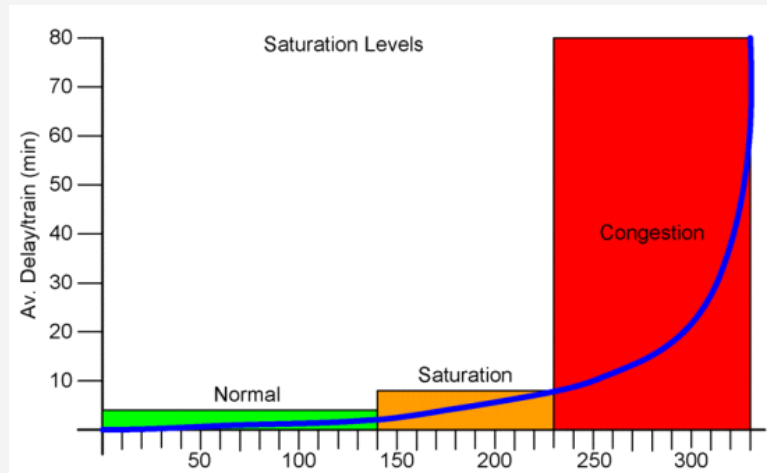


<그림 4-9> 열차운행횟수와 열차지연과의 상관관계

자료: Lai, Y.C., Liu, Y.H., & Lin, T.Y. (2012). Development of Base Train Equivalents to Standardize Trains for Capacity Analysis. Transportation Research Record, Vol. 2289, pp. 119-125.



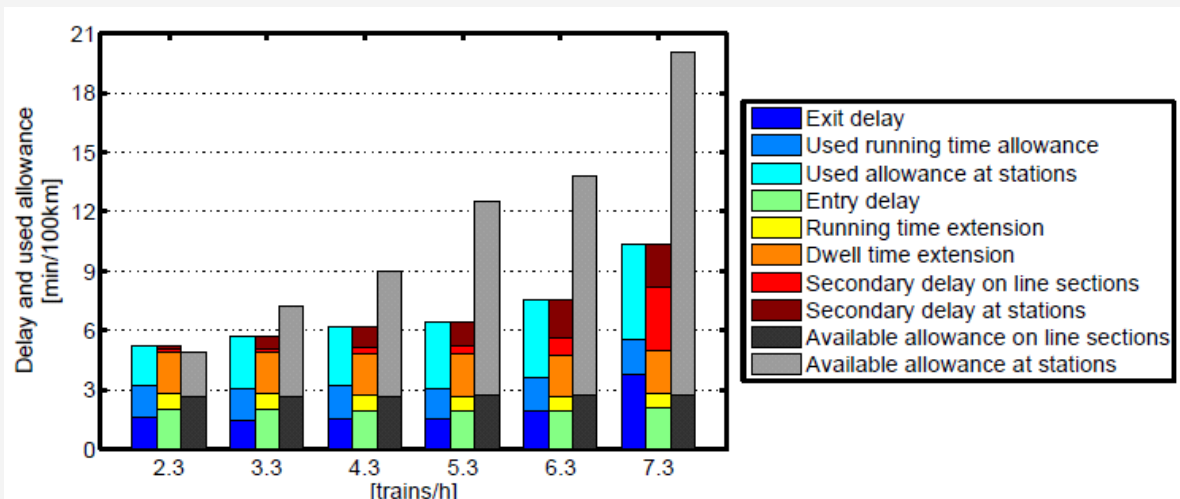
- M.Abril et al.(2008)에서는 열차지연시간이 증가할수록 서비스 수준은 낮아지며, 이론적인 (theoretical) 최대 열차교통량은 서비스 수준의 악화 때문에 도달할 수 없으므로, 타당한 서비스 수준에서 최대 열차교통량 기준을 정해야 한다고 제시하고 있다.
- <그림 4-11>은 열차수가 포화수준을 초과하였을 때 평균지체가 기하급수적으로 증가하는 것을 보여주고 있다.



<그림 4-10> 평균지연시간에 따른 포화수준

자료: Abril, M., Barber, F., Ingolotti, L., & Salido, M. (2008). An assessment of railway capacity. Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 44(5), 774-806.

- Lindfeldt(2015)는 스웨덴 철도의 실제 열차운영자료로부터 시간당 열차회수(trains/h)와 열차지연 간 관계 검토를 통해 기존의 시뮬레이션을 통한 철도노선용량 이용률과 열차지연 간의 관계의 실증적 입증을 하였음
- 철도노선용량 이용률이 증가함에 따라 열차지연도 지수적으로 증가함을 알 수 있다.



<그림 4-11> 선로이용률에 따른 지연시간 분포

## 제5장 ■ 철도차량용량 산정 및 서비스수준 (LOS) 결정

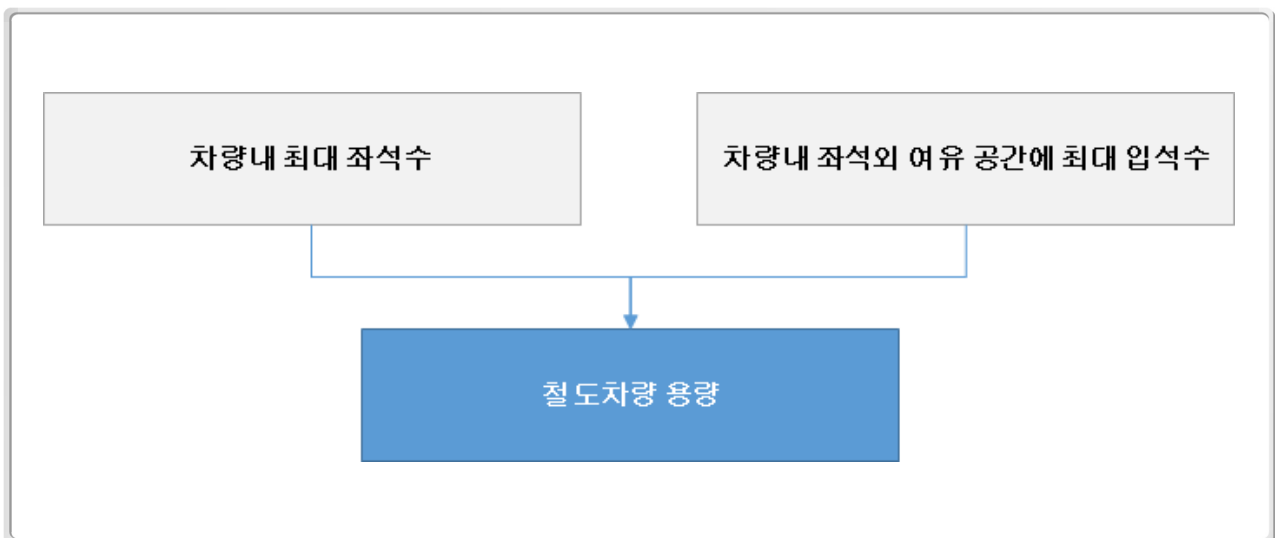
2017 철도용량편람

1. 철도차량용량 산정 개요
2. 철도차량용량 산정 과정
3. 철도차량용량 산정 및 서비스수준 결정
4. 철도차량용량 산정 예시



## 1. 철도차량용량 산정 개요

- 철도차량용량은 철도의 종류별로 한 편성에 몇 명을 태울 수 있는지를 정해 놓은 것으로, 기본적으로 철도차량의 최대 좌석수와 최대 입석수를 합한 것을 의미한다.
- 철도차량 내 좌석 수는 결정이 되어있지만 입석 수는 한 차량 내 좌석을 제외하고 여유 공간에 최대로 서 있을 수 있는 사람 수로 산정한다.



<그림 5-1> 철도차량용량 산정 개요

## 2. 철도차량용량 산정 과정

### 가. 철도차량의 구분

- 국내 철도 차량(승객 수송용)은 크게 나누면 총 3 종이 운영되고 있다.(GTX 등 추가 개통 예정)
- 세분화할 경우 고속철도 3종, 일반철도 5종으로 구분할 수 있으며, 도시철도는 전동차 및 경전철로 구분 가능하다.



<그림 5-2> 철도 차량의 구분




<표 5-1> 고속철도 및 일반철도 운영현황

열차 명	설계 최고 속도	운영 최고 속도	현황
KTX-산천	350km/h	305km/h	운영중
KTX	330km/h	300km/h	운영중
GTX(광역급행철도)	200km/h	180km/h	개통 예정
ITX 청춘	198km/h	180km/h	운영중
ITX 새마을	160km/h	150km/h	새마을호 대체
누리로	150km/h	150km/h	무궁화호 대체
새마을호	150km/h	140km/h	2018년 운행 종료 예정
무궁화호	120km/h	108km/h	2022년 운행 종료 예정

- 현재 고속철도(KTX, KTX-산천)의 경우 주중에는 자유석, 주말에는 입석을 판매하고 있고, SRT의 경우 입석 판매를 하지 않는다.
- 각 열차의 좌석수 및 객차별 현황은 <표 5-2>와 같다.

<표 5-2> 고속철도 좌석 및 객차운영 현황

열차 명	좌석수	객차 수	특실
KTX-산천	363석	8량	3호차
KTX	931석	18량	2,3,4,5호차
SRT	410석	8량	3호차

	1호차	2호차	3호차	4호차	5호차	6호차	7호차	8호차	9호차
	52	25	35	32	35	56	60	56	60
	↑휠체어석(3), 전동 휠체어석(2)					↑유아동반석(8)			
	1호차	2호차	3호차	4호차	5호차	6호차	7호차	8호차	
	45	52	30	32	48	48	52	56	
	↑휠체어석(3), 전동 휠체어석(2)			↑비즈니스실(16), 유아동반석(8), 스넥바					
	1호차	2호차	3호차	4호차	5호차	6호차	7호차	8호차	
	53	56	33	36	48	48	56	60	
	↑휠체어석(3) 전동 휠체어석(2)		↑유아동반석(8)					*스넥바 없음	

<그림 5-3> 고속철도 차량 좌석 현황

- 일반철도의 경우 무궁화, ITX청춘, 누리로 등 각 차량별 제원에 따라 입석 구분이 가능하다.

<표 5-3> 일반철도 좌석 및 객차운영 현황

열차 명	좌석수	객차 수	비고
ITX-새마을	376석	6량	
새마을	380석	6량	
누리로	263석	4량	
무궁화	428석	7량	
ITX-청춘	420석	8량	입석 공간 다수

1호차	2호차	3호차	4호차	5호차	6호차
58	74	62	50	74	58

↑유아동반석  
(24)

↑노인석  
(20)

↑휠체어석(2)  
전동 휠체어석(2)

1호차	2호차	3호차	4호차	5호차	6호차
60	64	64	64	64	64

↑노인석  
(20)

↑유아동반석  
(24)

1호차	2호차	3호차	4호차
66	61	70	66

↑  
휠체어석(4)

↑노인석(20)

1호차	2호차	3호차	4호차	5호차	6호차	7호차
72	72	68	카페	72	72	72

↑휠체어석(2), 전동 휠체어석(2)  
노인석(50)

1호차	2호차	3호차	4호차	5호차	6호차	7호차	8호차
40(입: 64)	60(입: 66)	36(입: 70)	120(입: 174)	120(입: 174)	46(입: 70)	60(입: 66)	40(입: 64)

↑2층 객차

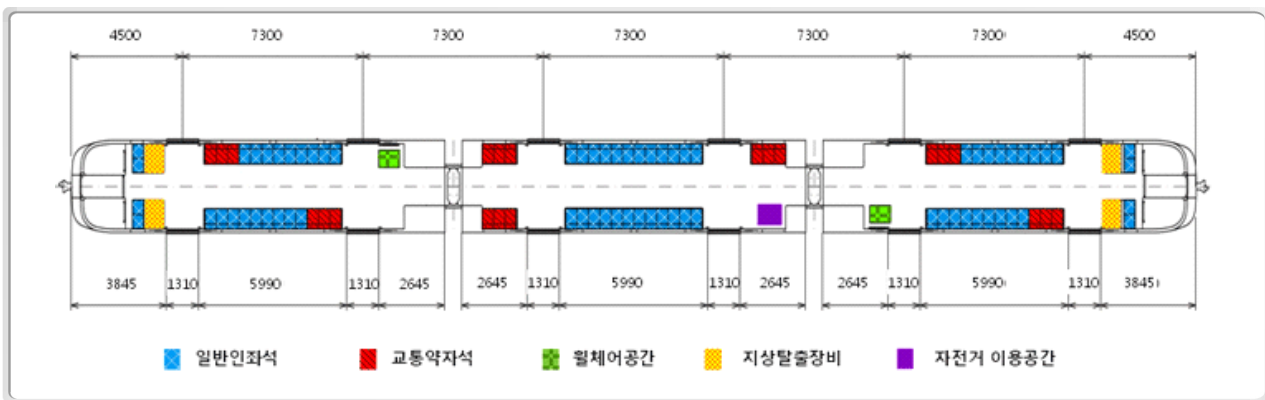
↑2층 객차

<그림 5-4> 일반철도 차량 좌석 현황

- 도시철도의 경우도 일반철도와 마찬가지로 입석 구분이 가능하다.
- 서울특별시에서 운행하는 주요 도시철도의 차량 현황은 <표 5-4>와 같다.
- 도시철도 좌석현황을 살펴보면 양쪽 마주보는 형태로 일렬로 배치되어 있으며 자유롭게 배석할 수 있다.
- 일부 차량(수도권 7호선 일부)에 중앙 좌석배치가 이루어지기도 하지만 대부분의 열차가 <그림 5-5>의 배치도를 갖는다.

<표 5-4> 도시철도 차량 현황(수도권)

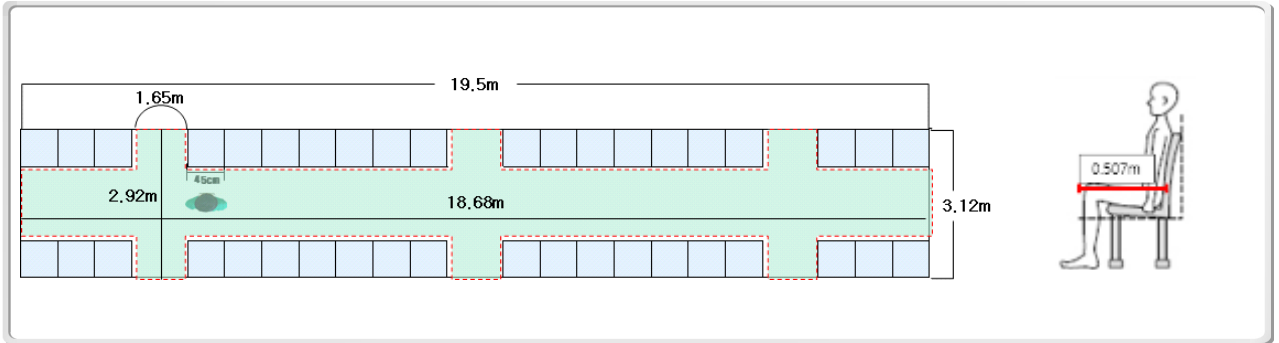
열차 명	편성정원	차량정원	편성
1호선(1000호대)	1576명	선두차 148, 객차 160	10량
2호선(2000호대)	1576명	선두차 148, 객차 160	10량
3호선(3000호대)	1576명	선두차 148, 객차 160	10량
4호선(1000호대)	1576명	선두차 148, 객차 160	10량
5호선(1000호대)	1576명	선두차 148, 객차 160	10량
6호선(1000호대)	1256명	선두차 148, 객차 160	8량
7호선(1000호대)	1256명	선두차 148, 객차 160	8량
8호선(1000호대)	906명	선두차 148, 객차 160	6량
9호선(1000호대)	628명	선두차 148, 객차 160	4량(6량 1편성 예정)



<그림 5-5> 도시철도 차량 좌석 배치도

## 나. 철도차량용량 산정을 위한 열차 종류별 좌석수와 입석면적 산정

- 철도차량용량 산정을 위하여 열차종류별 좌석수와 입석이 가능한 공간의 면적을 산출한다.
- 입석 면적의 경우 전체 면적에서 좌석 면적을 제외한 공간으로 한정한다.
- 이때 바깥 통로의 면적은 고려하지 않는다.



<그림 5-6> 철도 차량 입석 면적 산정

$$A_s = (L \times W_{rv} - L_s \times W_s) \times N_{rt}$$

$A_s$  = 입석면적 (Area of Standing Room)

$L$  = 차량길이 (Length of the Railway Vehicle)

$W_{rv}$  = 차량폭 (Width of the Railway Vehicle)

$N_{rt}$  = 차량편성 수 (Number of the Trainset)

$L_s$  = 전체시트길이 (Length of the Seat)

$W_s$  = 시트폭 (Width of the Seat)

- 도시철도 차량의 좌석은 보통 3-7-7-3 으로 구성 된다.
- 좌석의 너비는 450mm 이고, 폭은 평균 신체사이즈 무릎길이(507mm)를 반영한다.
- 1~9호선 객차의 경우 전장 19.5m, 전폭 3.12m로 동일하다.
- 열차 편성 수에 따라 철도차량용량이 달라진다.
- 일반철도의 경우도 위와 같은 방법으로 산정한다.

## 다. 철도차량용량 산정

- 철도차량용량은 좌석수와 입석수의 합으로 산정한다.
- 본 편람에서는 용량산정을 위하여 국토부가 고시한 “환승센터 및 복합환승센터 설계 및 배치기준, 국토부 고시 제2015-1103호 기준”을 준용하여 타인과의 접촉 없이 대기 불가능할 경우 (LOS<sub>E</sub>)일 때의 입석수로 결정하였다. (표5-1)
- 평가 기준에서 점유면적은 점유 면적의 범위로 되어 있기 때문에 철도차량용량값을 산정하기 위해서는 점유면적범위의 중앙값으로 산정한다.



$$C_{rv} = [(A_s \div A_{LOS_E} + N_s) \times N_{rt}]$$

$C_{rv}$  = 철도차량용량 (Capacity of Railway Vehicle)

$A_s$  = 입석면적 (Area of Standing room)

$A_{LOS_E}$  =  $LOS_E$ 일때 점유면적

$N_s$  = 좌석수 (Number of Seat)

$N_{rt}$  = 차량편성 수 (Number of Trainset)

<표 5-5> 서비스수준별 인당 점유면적 및 이격거리

LOS	점유면적(m <sup>2</sup> /인)	이격거리(m)	상태
A	$1.18 \leq A$	$1.2 \leq L$	자유 흐름의 영역
B	$0.78 \leq A < 1.18$	$1.0 \leq L < 1.2$	타인이 무리 없이 통과 가능
C	$0.54 \leq A < 0.78$	$0.8 \leq L < 1.0$	타인 통과 시 불편을 끼침
D	$0.34 \leq A < 0.54$	$0.6 \leq L < 0.8$	타인과의 접촉 없이 대기 가능
E	$0.23 \leq A < 0.34$	$L < 0.6$	타인과의 접촉 없이 대기 불가능
F	$A < 0.23$	꼭찬 상태	타인과 밀착, 심리적 불쾌 상태

출처: 환승센터 및 복합환승센터 설계 및 배치기준, 국토부 고시 제2015-1103호

### 3. 철도차량용량 산정 및 서비스수준 결정

#### 가. 고속철도의 철도차량 서비스 수준 결정

- 현재 고속철도 KTX 및 KTX 산천의 경우 주말 이외에 입석을 고려하지 않고 SRT는 입석이 없기 때문에 입석면적에 따른 서비스수준 결정을 하지 않는다.
- 좌석수를 용량으로 보고 LOS F의 경우 입석 발생시로 산정한다.
- LOS A~D까지의 경우 좌석 수에서 서비스수준별 이격거리의 비율을 따른다.
- LOS E 용량의 경우 이격거리가 0.6이하, LOS A의 경우 이격거리가 1.2로 좌석수의 50%이하 일 경우 LOS A로 산정한다.
- 이는 실제 자유 흐름의 영역에 부합하는 것으로 옆 자리에 사람이 없을 경우 쉽게 출입할 수 있는 상태이다.
- 이와 같은 방법으로 아래와 같은 서비스수준별 좌석 점유율을 구할 수 있다.

<표 5-6> 서비스수준별 인당 좌석 점유율

LOS	좌석 점유율	상태
A	$A \leq 50\%$	좌석 입출입이 자유로움
B	$50\% \leq A < 60\%$	일부 사람들이 좌석 입출입이 불편
C	$60\% \leq A < 75\%$	다수의 사람들이 좌석 입출입이 불편
D	$75\% \leq A < 100\%$	대부분의 사람들이 좌석 입출입 불편
E	$A = 100\%$	정원 탑승
F	$A > 100\%$	입석 발생으로 통로 이동도 자유롭지 않음

## 나. 일반철도 및 도시철도차량의 서비스수준 결정

- 본 편람에서는 서비스 수준을 결정하기 위하여 용량산정과 마찬가지로 국토부가 고시한 “환승센터 및 복합환승센터 설계 및 배치기준, 국토부 고시 제2015-1103호 기준”을 준용하였다.
- 서비스수준의 결정은 재차인원에서 좌석 승객 수를 제외한 나머지 입석 승객의 수를 차량 입석 면적으로 나누어 점유면적을 구한 뒤 LOS A부터 E까지 범위 중 어디에 속하는지 확인함으로써 알 수 있다. (표 5-2)

$$x \leq A_s \div (N_p - N_s) < y, \text{ LOS}_{A \sim E}$$

$A_s$  = 입석면적 (Area of Standing room)

$N_p$  = 승객수 (Number of Passengers)

$N_s$  = 좌석수 (Number of Seats)

## 4. 철도차량용량 산정 예시

## 1. 입석면적 산정

예제1: 도시철도 1호선(10량 1편성) 차량의 재원이 아래와 같을 경우 입석면적을 산정하시오.

차량길이	차량폭	시트길이(전체)	시트폭
18680mm	2920mm	16990mm	507.6mm

풀이: 입석면적 =  $(18.68\text{m} \times 2.92\text{m} - 16.99\text{m} \times 0.507\text{m} \times 2) \times 10 = 37.3\text{m}^2$

(\*시트가 양쪽에 2열로 되어 있기 때문에 X2 산정)

따라서, 도시철도 10량 1편성 철도차량입석면적은  $37.3\text{m}^2$  이다.

## 2. 철도차량용량 산정

예제: 도시철도 차량의 1량의 면적이  $37.3\text{m}^2$  좌석수가 40개 일 경우 철도 1량의 차량용량의 값을 구하시오.

(단, 용량은 LOS E 평가 범위의 중앙값을 사용한다.)

풀이:  $\text{LOS}_{A \sim F} = 1.18(A), 0.98(B), 0.66(C), 0.44(D), 0.29(E), 0.22(F)$

LOSE의 점유면적은 0.29로 10량 편성의 재차인원은

$$\text{Crv} = 37.3(\text{m}^2) / 0.29(\text{인}/\text{m}^2) + 40(\text{좌석수}) = 168\text{명}$$

따라서,  $\text{LOS}_E$  기준의 도시철도 1량의 철도차량용량은 168명 이다.

### 3. 재차 인원에 따른 서비스수준 분석

예제: 도시철도 1호선에 재차인원이 1600명이고, 위 예제1의 입석넓이를 반영할 경우 서비스수준을 구하시오.(단 차량에 골고루 탑승한다고 가정, 좌석수는 40개)

풀이:  $A = 37.3 / (160-40) = 0.31$ , 0.31은 LOSE의 범위인  $0.23 \leq A < 0.34$  내에 들어간다.

LOS	점유면적(m <sup>2</sup> /인)	이격거리(m)	상태
E	$0.23 \leq A < 0.34$	$L < 0.6$	타인과의 접촉없이 대기 불가능

따라서, 1600명 탑승시 서비스수준 E에 해당한다.

또한 이를 통하여 1량 탑승 인원이 차량용량에 근접한 값을 알 수 있다.

예제 위와 같은 도시철도의 예에서 출발 시 1,000명 승차, 다음 역에서 250명 하차 400명 승차, 그 다음 역에서 100명하차, 40명 승차를 가정할 경우 두 번째 역에서 세 번째 역까지의 재차인원에 따른 LOS 등급을 구하시오.(각 호차별 골고루 탑승 가정)

풀이: 두 번째 역 ~ 세 번째 역 사이의 재차 인원  $1,000 - 250 + 400 = 1,150$ 명

각 차량별 재차인원은 115명 이다.

$$C_{rv} = [(L_{rv} \times W_{rv}) \div A_{LOSx} + N_s] \times N_{rt}$$

$C_{rv}$  = 차량용량(Capacity of Railway Vehicle)

$L$  = 차량전장(Length of Railway vehicle)

$W_{rv}$  = 차량폭(Width of Railway vehicle)

$A_{LOSx}$  = LOSx일때 점유면적

$N_s$  = 좌석수(Number of Seat)

$N_{rt}$  = 차량편성수(Number of Trainset)

LOS D에 해당하는 점유면적은  $0.34 \leq A < 0.54$  로 차량 별 재차인원은

$$C_{rv}(0.54) = \{(37.3(\text{m}^2) / 0.54(\text{인}/\text{m}^2) + 40(\text{좌석수})) = 109\text{명}$$

$$C_{rv}(0.34) = \{(37.3(\text{m}^2) / 0.34(\text{인}/\text{m}^2) + 40(\text{좌석수})) = 149\text{명}$$

$$109\text{명} \leq \text{LOS D} < 149\text{명}$$

따라서, 두 번째 역에서 세 번째 역까지의 재차인원에 따른 서비스 수준은 D 등급으로 볼 수 있다.



## 제6장 ■ 철도용량편람 활용 예시

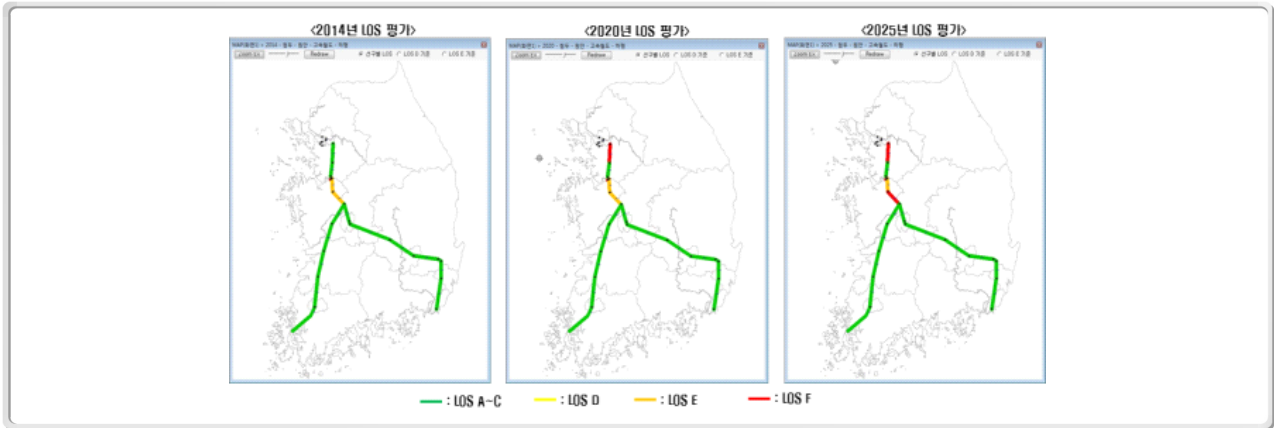
### 2017 철도용량편람

1. 철도시설투자계획자의 철도용량편람 활용방안
2. 철도시설관리자의 철도용량편람 활용방안
3. 철도운영자의 철도용량편람 활용 방안
4. 기타 철도용량편람 활용 방안



## 1. 철도시설 투자 계획자의 철도용량편람 활용 방안

- 연도별로 선구별 철도노선용량 포화 여부를 파악하여 적정 투자시점을 파악하는 등 적정 철도 노선 투자 시점에 대한 의사 결정을 지원한다.



<그림 6-1> 고속철도노선, 경부1선 대상

- 철도시설투자계획자(국토부)는 전략적 관리 단계에서 네트워크 차원의 철도노선용량의 현황 및 장래 공급 계획을 수립해야함
- 특히 수송시장의 수요특성과 공급특성을 기반으로 장기적으로 철도노선용량의 부족이 예상되는 선구를 파악하고 용량 증대를 위한 사전적인 노력이 필요
- 본 편람을 활용한 의사결정 필요

## 2. 철도시설관리자의 철도용량편람 활용 방안

- 철도노선용량의 부족이 예상되는 선구의 용량 확보를 위한 구체적이고 전술적 계획을 수립
- 철도노선용량을 증대시키는 방법은 신선 건설, 정거장 배선 개선, 차량 및 신호시스템 개량 등으로 다양하며 각 방법을 조합시키면 많은 대안 생성 가능
- 본 편람에서 제시하는 해석적 철도노선용량 방법론을 활용하면 각 대안에 따른 철도노선용량 변화를 빠르게 분석 가능
- 선로 배분 측면에서 보면 철도시설관리자는 노선별·구간별로 철도노선용량을 산정하고 관리하며, 철도운영자가 요청 시 관련 내용을 통보하는 의무를 가짐
- 따라서 독일 인프라관리자인 DB Netz AG의 경우 선로이용률을 기관의 주요 KPI(Key Performance Index)로 선정하고 선로이용률을 높이는 선로배분을 적극적으로 수행하고 있음
- 본 연구의 결과를 선로배분에 활용할 경우 다종의 열차 운행이 용량에 미치는 영향과 서비스수준의 변화를 파악할 수 있기 때문에 선로배분을 좀 더 합리적으로 할 수 있으며, 계량적 근거까지 확보할 수 있음
- 또한 철도시설관리자가 선제적으로 정차패턴 단순화 등 철도노선용량을 높이기 위한 방안 제시 가능하다.



### 3. 철도운영자의 철도용량편람 활용 방안

- 철도운영자의 입장에서 본 용량편람은 수익을 극대화 하면서 실현가능한 열차운영계획 및 열차안전운행계획 작성에 활용
- 열차를 하나의 수송상품으로 생각할 때, 철도노선용량은 일정한 시간 동안 선구에서 서비스할 수 있는 최대열차횟수를 의미하며, 철도노선용량은 열차운영조건 등에 따라 변경 됨
- 정차패턴이 변화하는 것은 제조업에서 보면 생산라인에서 상품변경을 위해 준비비용(Set-up cost)이 바뀌는 것을 의미 함
- 생산량을 높이기 위해서 하나의 상품만 생산한다면 단위시간의 생산량을 높일 수 있지만 다양한 고객의 수요를 충족시키지 못하게 됨
- 정차패턴 등 운영조건이 단순한 형태로 열차를 운영한다면 철도노선용량을 높일 수 있지만 다양한 철도 수요를 만족시키지 못함

### 4. 기타 철도용량편람 활용 방안

- 철도운영사 및 철도시설건설사의 각종 지침 및 규정 등에 활용이 가능 함
- 기존 지침에 있어 해석적 방식의 철도용량 산정 방법의 대체 기준 등으로 활용할 수 있음
- 또한 철도시설에 대한 고객만족 조사 시 관련 분석 근거 등으로 활용이 가능함
- 철도 좌석 및 공간에 대한 만족도 조사 시 편람의 서비스수준 등급 활용과 연계 가능

## 부록

## 철도노선용량산정 및 관리 시스템(프로그램) 소개

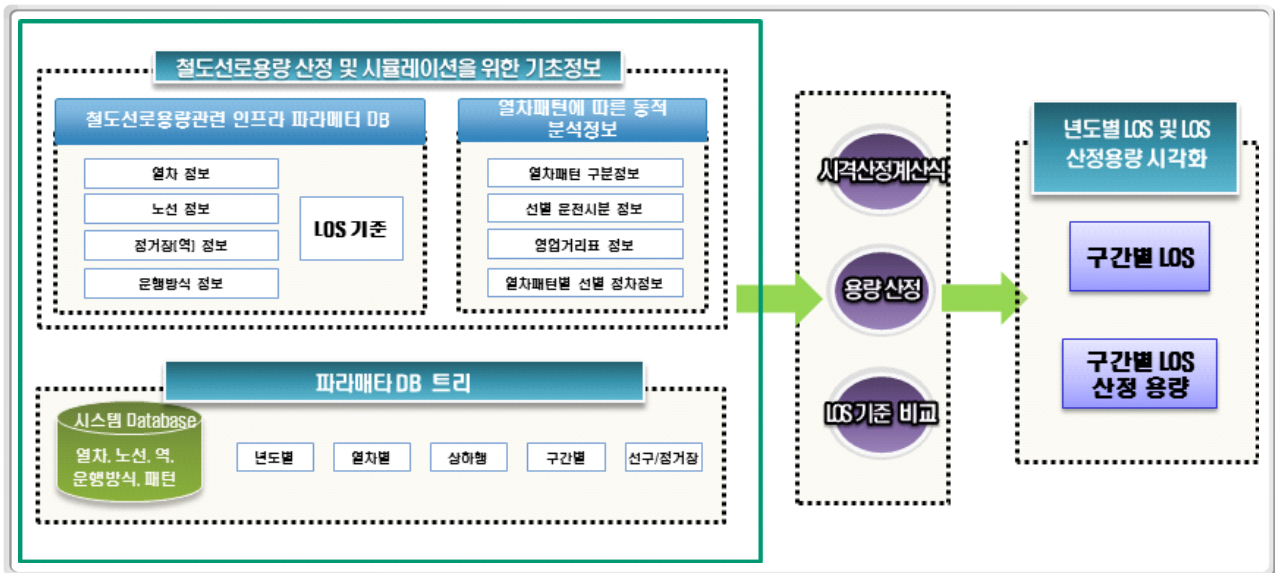
### 2017 철도용량편람

1. 철도용량산정 프로그램 프로세스구성
2. 철도용량산정 및 결과 평가 등을 위한 사용자 UI  
S/W 개발
3. 운행횟수에 따른 LOS값 시각화 모듈 구성
4. 프로그램 사용자 매뉴얼(CD 포함)



## 1. 철도용량산정 프로그램 프로세스 구성

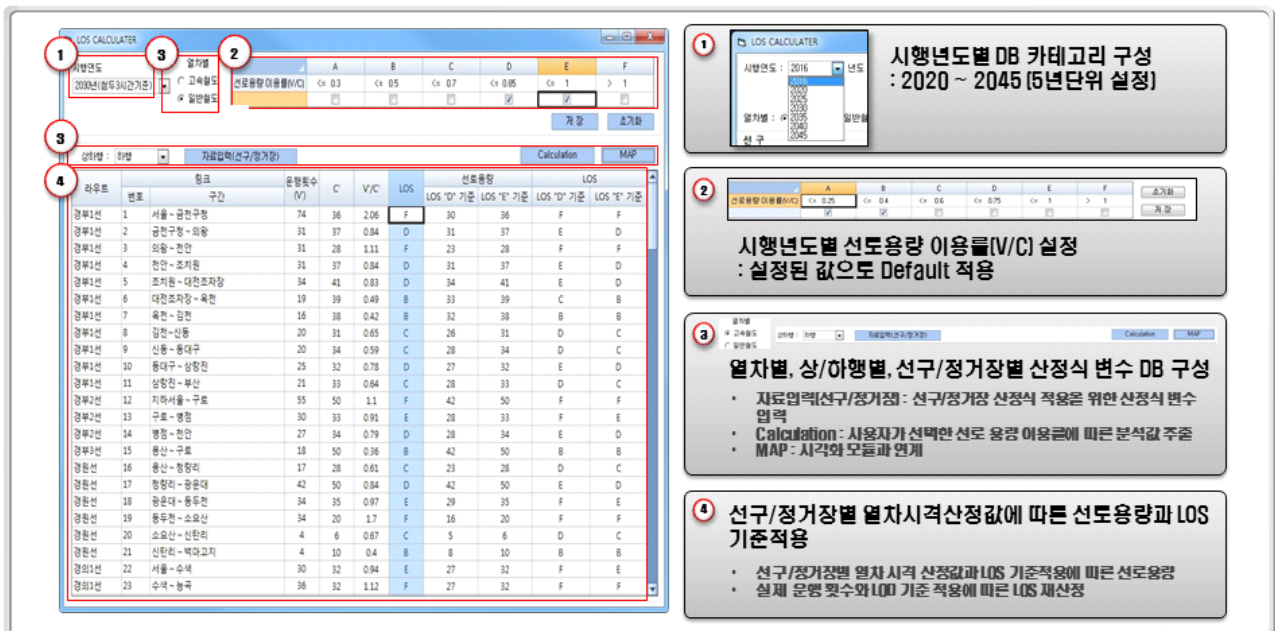
- 철도노선용량산정식을 통한 결과값 도출을 위해 파라미터 값과 산정된 LOS기준을 DB화 하고 지정된 구간별로 도출된 결과값을 노선정보로 시각화 된 모듈을 통해 표출한다.
- 철도차량용량의 경우 간단한 식으로 직접 풀이가 가능하기 때문에 제외 한다.



<그림 부록-1>

## 2. 철도용량산정 및 결과 평가 등을 위한 사용자 UI S/W 개발

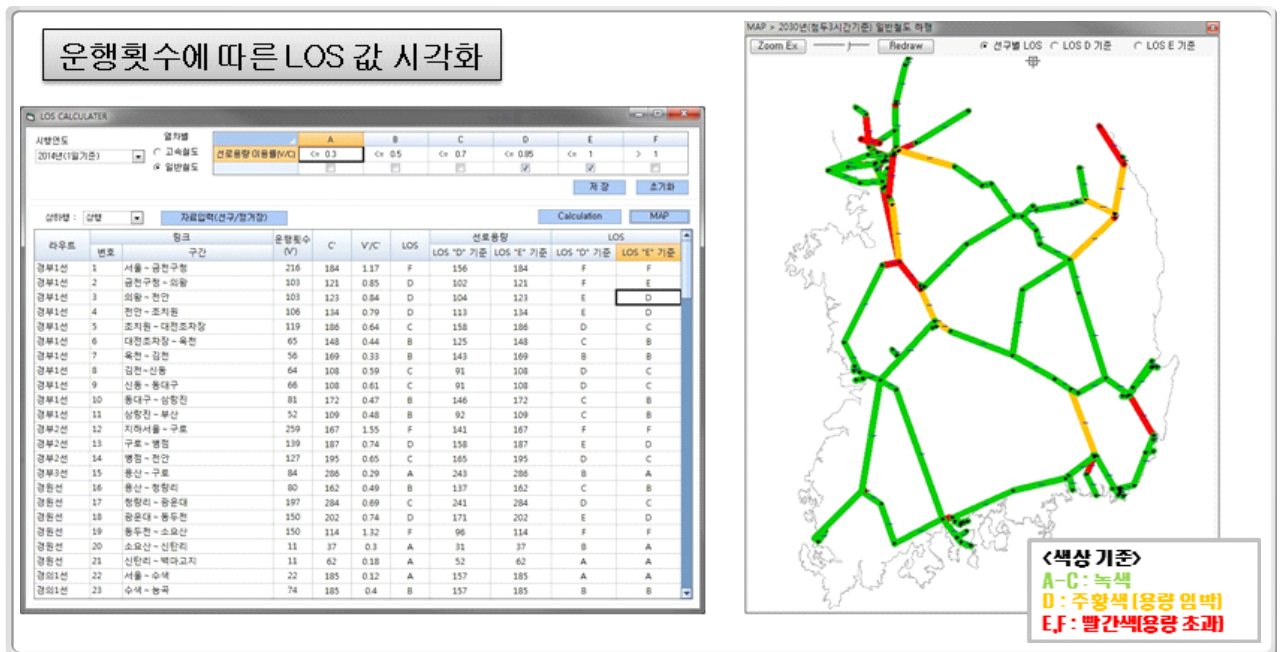
- 지정된 카테고리별로 구성된 DB에 따른 결과값을 확인하고 자료입력이 가능하도록 UI구성 한다. (무료배포)



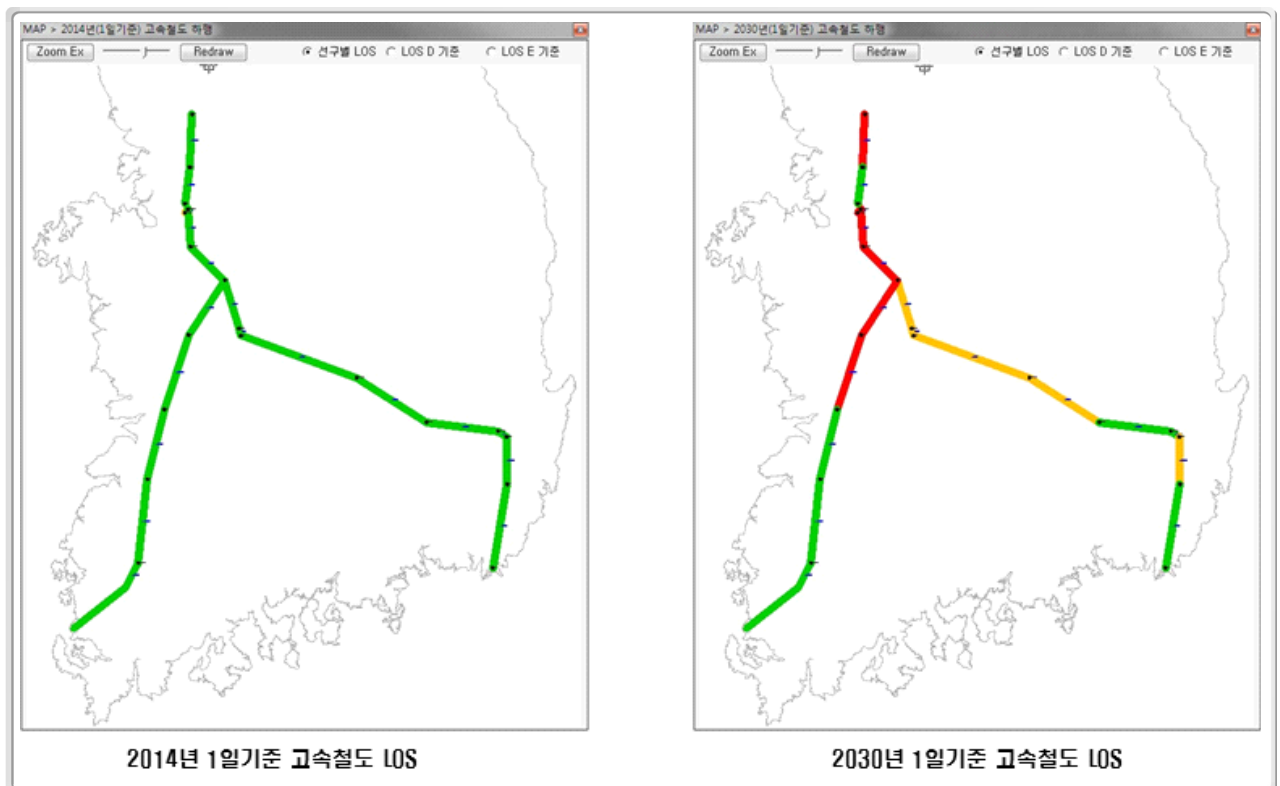
<그림 부록-2>

### 3. 운행횟수에 따른 LOS값 시각화 모듈 구성

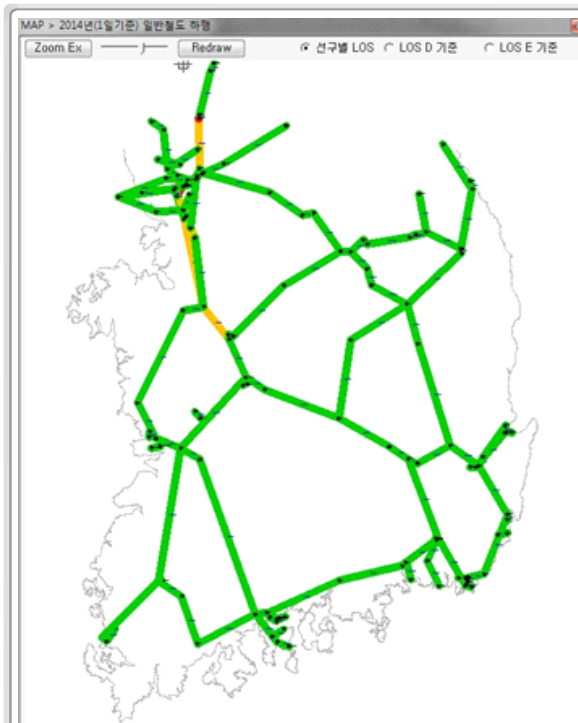
- 정해진 구간의 각 노드 정보를 키값으로 노선을 시각화하여 노선별로 도출된 정보와 연계하여 시각화 되도록 한다.



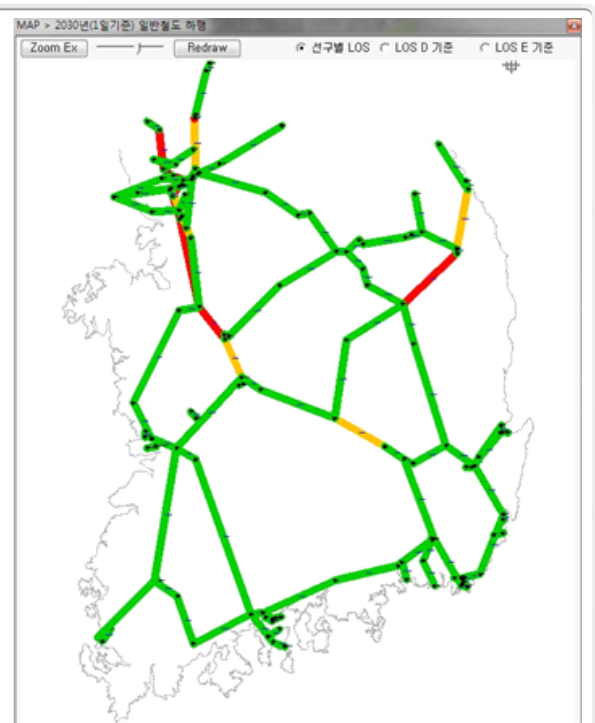
<그림 부록-3>



<그림 부록-4 고속철도 1일 기준 LOS 변화 - 2014~2030>

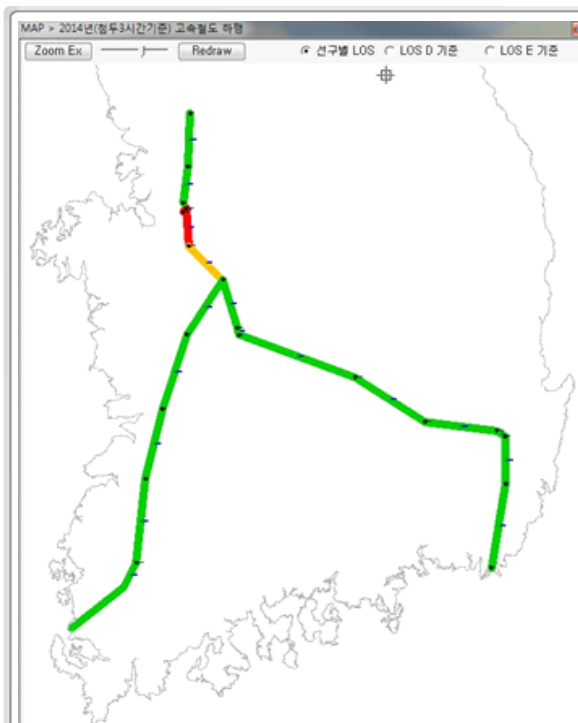


2014년 1일기준 일반철도 LOS

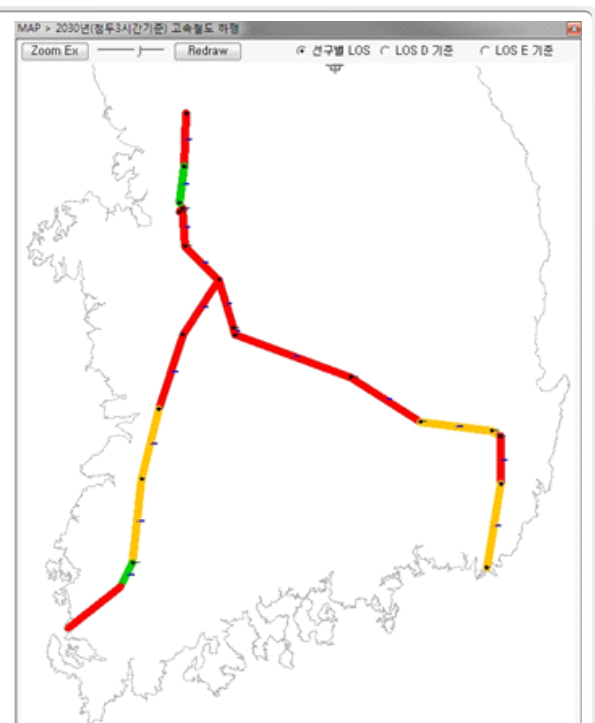


2030년 1일기준 일반철도 LOS

&lt;그림 부록-5 일반철도 1일 기준 LOS 변화 - 2014~2030&gt;

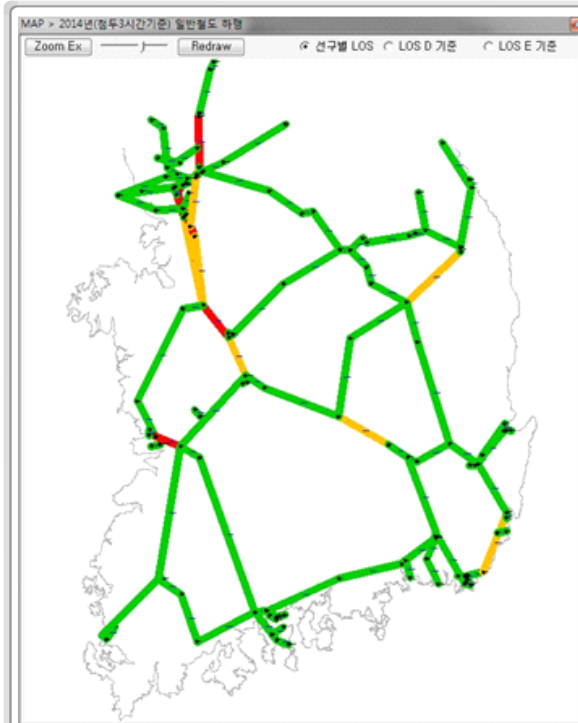


2014년 점두시간기준 고속철도 LOS



2030년 점두시간기준 고속철도 LOS

&lt;그림 부록-6 고속철도 점두시간 기준 LOS 변화 - 2014~2030&gt;



2014년 첨두시간기준 일반철도 LOS



2030년 첨두시간기준 일반철도 LOS

<그림 부록-7 일반철도 첨두시간 기준 LOS 변화 - 2014~2030>







◇ 관리기관 담당자 ◇

성명	직위	소속	비고
이 종 도	본부장	기획재무본부	
성 영 석	처장	미래사업기획처	
박 진 용	부장	미래사업기획처	
윤 원 식	차장	수송계획처	
임 광 만	차장	미래사업기획처	
유 일 권	과장	미래사업기획처	

◇ 연구진 ◇

성명	직위	소속	비고
김 시 곤	교수	서울과학기술대학교	사업책임자
박 동 주	교수	서울시립대학교	
오 석 문	책임연구원	한국철도기술연구원	
최 종 만	고급기술자	지오엔티(주)	
윤 태 호	연구교수	서울과학기술대학교	
김 현 승	연구교수	서울시립대학교	
김 경 민	선임연구원	한국철도기술연구원	
이 주 호	박사과정	서울과학기술대학교	

한국철도시설공단

## 철도용량편람

---

2017년 12월 발간

관리자

한국철도시설공단

대전광역시 동구 중앙로 242

TEL. 1588-7270

FAX. 042-607-3159

[www.kr.or.kr](http://www.kr.or.kr)

---

비매품 무단복제 절대금함

---