

KR C-02020

Rev.0, 5. December 2012

타당성조사(학술분야)

2012. 12. 5



한국철도시설공단

경 과 조 치

이 “철도설계지침 및 편람” 이전에 이미 시행 중에 있는 설계용역이나 건설공사에 대하여는 발주기관의 장이 인정하는 경우 종전에 적용하고 있는 우리공단 “철도설계지침 및 편람”을 그대로 사용할 수 있습니다.

일 러 두 기

- 사용자의 이용 편의를 위하여 책 단위로 구성된 “철도설계지침” 및 “편람”을 국제적인 방식에 맞게 체계를 코드별로 변경하였습니다.
또한, 코드에 대한 해설 및 목차역할을 하는 KR CODE 2012, 각 코드별로 기준 변경사항을 파악할 수 있도록 Review Chart 및 Record History를 제정하였습니다.
- 이번 개정된 “철도설계지침 및 편람”은 개정 소요가 발생할 때마다 각 항목별로 수정되어 공단 EPMS, CPMS에 게시될 것이니 설계적용 시 최신판을 확인 바랍니다.
- “철도설계지침 및 편람”에서 지침에 해당하는 본문은 설계 시 준수해야 하는 부분이고, 해설(이전 편람) 부분은 설계용역 업무수행의 편의를 제공하기 위해 작성한 참고용 기술도서입니다. 여기서, 제목 부분의 편람은 각 코드에서의 해설을 총칭한 것입니다.

목 차

1. 일반사항	1
2. 사회경제지표 현황 분석	1
3. 교통현황 분석	1
4. 장래 여건 분석	1
5. 장래 교통수요 예측	1
6. 경제성 분석	1
7. 재무성 분석	2
8. 최적대안노선 세부분석 및 건설효과 분석	2
9. 재원조달방안 검토	2
10. 설명회 등 지자체 협의 및 자문 기타	2
 해설 1. 철도수송수요예측	3
1. 수송수요예측개요	3
2. 철도수송수요예측의 목적	4
3. 철도수송수요예측단계	4
해설 2. 기초자료의 설정	6
1. 기본방향	6
2. 기초자료의 설정	6
해설 3. 교통현황 조사 및 분석	8
1. 분석 범위 설정	8
1.1 시간적 범위의 설정	8
1.2 공간적 범위의 설정	8
2. 교통조사	9
2.1 교통시설물조사	10
2.2 통행실태조사	10
2.3 대중교통이용실태조사	11
2.4 도로교통량 조사	12
3. 사회경제지표 현황	13
해설 4. 교통수요예측	14
1. 사회경제지표 예측	14



2. 기종점(OD)자료 및 Network 구축	15
2.1 존 세분화 및 세부 O/D 구축	15
2.2 Network 수정 및 보완	15
3. 통행발생 및 통행분포	16
4. 수단선택	17
4.1 수단선택모형	17
4.2 여객 수단선택모형	17
4.3 화물 수단선택모형	19
4.4 수단선택모형의 보정	19
5. 통행배정	20
5.1 통행배정의 전제	20
5.2 도로부문 통행배정	23
5.3 철도부문 통행배정	24
5.4 통행배정 모형의 정산	26
5.5 장래 교통수요의 추정	29
해설 5. 경제성 분석	30
1. 개요	30
2. 경제성 분석의 주요 전제	30
2.1 할인율	30
2.2 분석 기준연도 및 분석 기간	31
3. 경제성 분석 기법	31
3.1 순현재가치 방법(NPV : Net Present Value)	31
3.2 편익/비용 비율방법(B/C ratio)	32
3.3 내부수익률 방법(IRR : Internal Rate of Return)	32
3.4 초기년도 수익률 방법(FYRR : First-Year Rate of Return)	32
4. 비용과 편익	34
4.1 개요	34
4.2 비용산출	34
4.3 편익산출	34
5. 경제성 분석 결과의 제시	37
6. 민감도 분석	38
6.1 민감도 분석의 목적	38
6.2 민감도 분석과 위험도 분석	38
7. 투자 우선 순위	39
8. 최적투자시기 결정	40
9. 생애주기비용 분석	40

9.1 필요성	40
9.2 LCC 분석의 정의	41
9.3 주요비용요소	41
9.4 LCC의 진행절차	41
해설 6. 재무분석	42
1. 재무분석의 목적	42
2. 재무분석의 방법	42
2.1 재무적 순현재가치법(FNPV : Financial Net Present Value)	43
2.2 재무적 내부수익률법(FIRR : Financial Internal Rate of Return)	43
2.3 수입/비용 비율법(Revenue/Cost Ratio 또는 수익성 지수)	44
해설 7. 종합평가	45
RECORD HISTORY	47



1. 일반사항

학술분야는 「2~10항」을 기준으로 하여 별도의 기준을 정하여 적용한다.

2. 사회경제지표 현황 분석

- (1) 도시화 현황 및 토지이용 현황 분석
- (2) 총인구현황, 지역별 인구분포, 해당권역 인구현황 분석
- (3) 경제성장 및 자동차 보유대수 추이분석

3. 교통현황 분석

- (1) 도로, 철도, 항공, 항만 등 교통현황 분석
- (2) 여객 및 화물 수송 실적과 수송수단별 분담구조 분석
- (3) 해당권역의 교통현황과 수송실적 분석

4. 장래 여건 분석

- (1) 국토종합개발계획, 국가기간 교통망 계획, 지역사회 개발계획 등을 검토하여 장래 여건에 미치는 영향을 조사분석
- (2) 대상지역 및 주변지역에 대해 장래 사회경제지표를 전망하고 분석

5. 장래 교통수요 예측

- (1) 교통수요 모형을 정립하고 통행발생, 통행분포, 수단분담 및 노선배정 등을 통해 장래 교통수요예측
- (2) 대안노선 및 정거장 입지별, 속도수준별, 교통수요예측
- (3) 교통수요분담 및 연도별 수요예측

6. 경제성 분석

- (1) 경제성 평가기간, 기준연도, 사회적 할인율, 비용 및 편익 항목 등 기초지표의 결정
- (2) 차량운행비용 절감편익, 통행시간 절감편익, 교통사고 절감편익, 환경비용 절감편익 등을 검토
- (3) 편익/비용 비율(B/C Ratio), 순현재가치(NPV), 내부수익률(IRR) 등 경제적 타당성 분석기법과 판단기준 등을 검토
- (4) 건설비, 보상비 등 직접 건설비용과 개량 후 유지관리 등 시설운영에 따른 비용, 차량소요량과 차량운행비용 등을 추정하여 검토
- (5) 민감도 분석과 위험도를 분석하여 검토
- (6) 투자시기에 따른 경제성 변화를 분석하여 최적투자시기 분석



(7) 대안노선 및 정거장 입지별 경제성을 비교 분석하여 최적대안을 선정

7. 재무성 분석

- (1) 수송수입을 추정하여 손익분석과 재무상태 변동분석 등을 검토
- (2) 단기흑자연도, 누적흑자연도, 대체비용, 잔존가치 등을 검토하여 수익률을 분석
- (3) 대안노선 및 정거장 입지별 재무성 분석을 비교 검토하여 최적대안을 선정

8. 최적대안노선 세부분석 및 건설효과 분석

- (1) 최적대안노선의 기능성 정립과 대안노선의 속도수준별 비용 및 성능 분석
- (2) 대안노선 및 정거장 입지별, 경제성, 재무성 및 기타 효과분석에 따라 최적 대안노선 및 정거장 입지를 선정하고 총사업비 및 공사기간에 대한 연차별 투자계획 및 재원 대책 방안을 계획
- (3) 경제성, 재무성 세부검토 외 지역개발효과, 관광개발효과, 환경영향효과, 교통 접근성 변화에 따른 토지이용계획 및 지역개발효과 등을 분석
- (4) 에너지 절감, 관련 사업발전, 기술발전 등 효과 분석

9. 재원조달방안 검토

- (1) 투입가능 자기자본 계획, 금융기관 등 타인자본 조달계획 등 투자재원 구성계획수립
- (2) 재원조달의 적정성 분석
- (3) 연차별 투자계획에 따른 재원대책을 계획

10. 설명회 등 지자체 협의 및 자문 기타

- (1) 설명회를 개최할 필요성이 있는 경우에는 지자체의 의견 청취와 민원해소 검토를 위한 설명회를 개최하며, 그러하지 않을 경우는 자자체의 의견청취와 민원해소방안을 계획
- (2) 전문가의 자문과 발주자의 의견을 수렴하여 계획을 조정

해설 1. 철도수송수요예측

1. 수송수요예측개요

- (1) 계획하는 철도시설의 적정 규모를 판단하고 당해 철도시설에 대한 투자사업의 경제적 타당성 검토를 위해서 교통수요예측은 대단히 중요하다. 교통수요의 예측결과에 따라 대상 철도시설 사업의 실시여부가 결정되므로 수요예측은 철도시설계획의 중요한 부분이다.
- (2) 교통수요는 교통서비스나 교통시설 등 교통체계를 이용하는 규모 혹은 정도로 정의할 수 있으며 교통수요는 특정 교통시설의 통행량으로 정량화 된다. 교통수요는 일반적으로 통행량으로 나타나는데 이 통행량은 특정 교통시설의 차량대수나 버스와 같은 대중교통시설의 경우는 승객일수도 있고 화물의 물동량 등의 형태로 표현할 수도 있다.
- (3) 교통수요의 예측은 장래 교통체계에서 발생될 수요를 현재의 시점에서 예측하는 작업이다. 장래의 교통수요는 장래의 교통체계에서 어떤 문제가 발생되는가를 사전에 진단할 수 있기 때문에 교통문제의 심각성을 파악할 수 있고, 어느 지점 어느 구간에 교통시설 개선이 요구되며 어느 지역에 새로운 교통시설이 필요한가를 예측할 수 있는 토대를 마련해준다.
- (4) 계획하는 철도시설을 이용하게 될 장래의 교통수요는 철도시설계획에서 가장 중요한 설계요소 중의 하나이다. 장래의 교통수요는 기존 도로 그리고 철도 등 교통시설을 이용하는 현재의 교통수요와 장래의 사회·경제적 지표를 바탕으로 예측할 수 있다.
- (5) 예측된 교통수요는 예비타당성을 포함한 타당성조사와 기본계획, 기본설계 및 각종 영향평가의 기본자료로 사용된다. 타 교통시설 등에서 전환 또는 새로이 생성되는 이용자의 규모를 산정하여 기존 철도시설의 문제점을 용량, 장래 이용률 검토 등을 통해 철도시설의 시설규모와 수준을 점검하고, 이를 바탕으로 계획하는 철도시설의 타당성을 경제적, 재무적 측면에서 검토 할 수 있다.
- (6) 본 장은 철도교통수요예측에 있어서 실무적으로 지침이 되고 있는 국토해양부의 교통시설 투자평가지침과 KDI의 예비타당성조사 지침에서 제시한 이론과 방법을 위주로 철도수송수요예측 및 타당성조사 방법에 대해 설명하기로 한다. 교통수요예측은 다양한 조건과 교통시설들의 특성 차이, 시설들을 선택하는 이용자들의 행태 등을 고려하는 교통수요예측이 필요하다. 따라서 궁극적으로 볼 때 종합적인 교통수요예측 등은 교통기술자 또는 전문가에 의해 이루어질 수밖에 없다. 본 장에서 소개하는 교통수요예측에 관한 것들은 같은 교통시설이라는 범주에 있는 철도시설을 설계하는 과정에서 고려되어야하는 수요에 대한 이해를 바탕으로 설명하기로 한다.



- (7) 본 해설의 내용은 철도시설을 설계하는 과정에서 필요한 수송수요예측을 포함하여 평가에 이르기까지의 과정에서 필요한 내용들을 위주로 설명하며, 특히 사업 수행 대안의 최종선정을 위한 방안에서 많이 이용되고 있는 경제성 및 재무성 분석에 대해서도 설명한다.

2. 철도수송수요예측의 목적

- (1) 철도시설의 규모 결정을 위한 기초자료 확보
- (2) 철도시설사업의 타당성, 기본계획을 수립할 시 필요한 경제·재무성 분석의 기초자료 확보
- (3) 철도시설의 투자 우선 순위 결정을 위한 기초자료 확보
- (4) 철도시설의 신설 및 기존시설의 개량 또는 확장을 위한 기초자료 확보
- (5) 연도별, 구간별, 정차역별 승하차 인원, 재차인원 등의 예측을 통한 수익 및 편익계산을 위한 기초자료 확보
 - ① 정차역 규모확정 및 설계의 기초자료 확보

3. 철도수송수요예측단계

- (1) 수송수요예측단계는 철도사업을 수행함에 있어 기초자료로 가장 먼저 시행하는 업무
- (2) 수송수요예측을 위한 단계는 기본적인 사회·경제 여건을 분석하고 관련계획 검토 그리고 현황조사를 시행함과 동시에 장래계획을 바탕으로 관련지표의 예측을 시행
- (3) 수송수요예측을 위한 모형을 정립하고 사회·경제 등 관련지표의 장래예측 시행
- (4) 장래의 각 수단별/목적별 총 교통수요를 예측하고 이를 바탕으로 철도교통수단의 수송수요(여객 및 화물)를 산정
- (5) 산정된 수송수요를 바탕으로 여객·화물수요의 연도별, 구간별, 정차역별 승하차인원, 재차인원 등을 예측

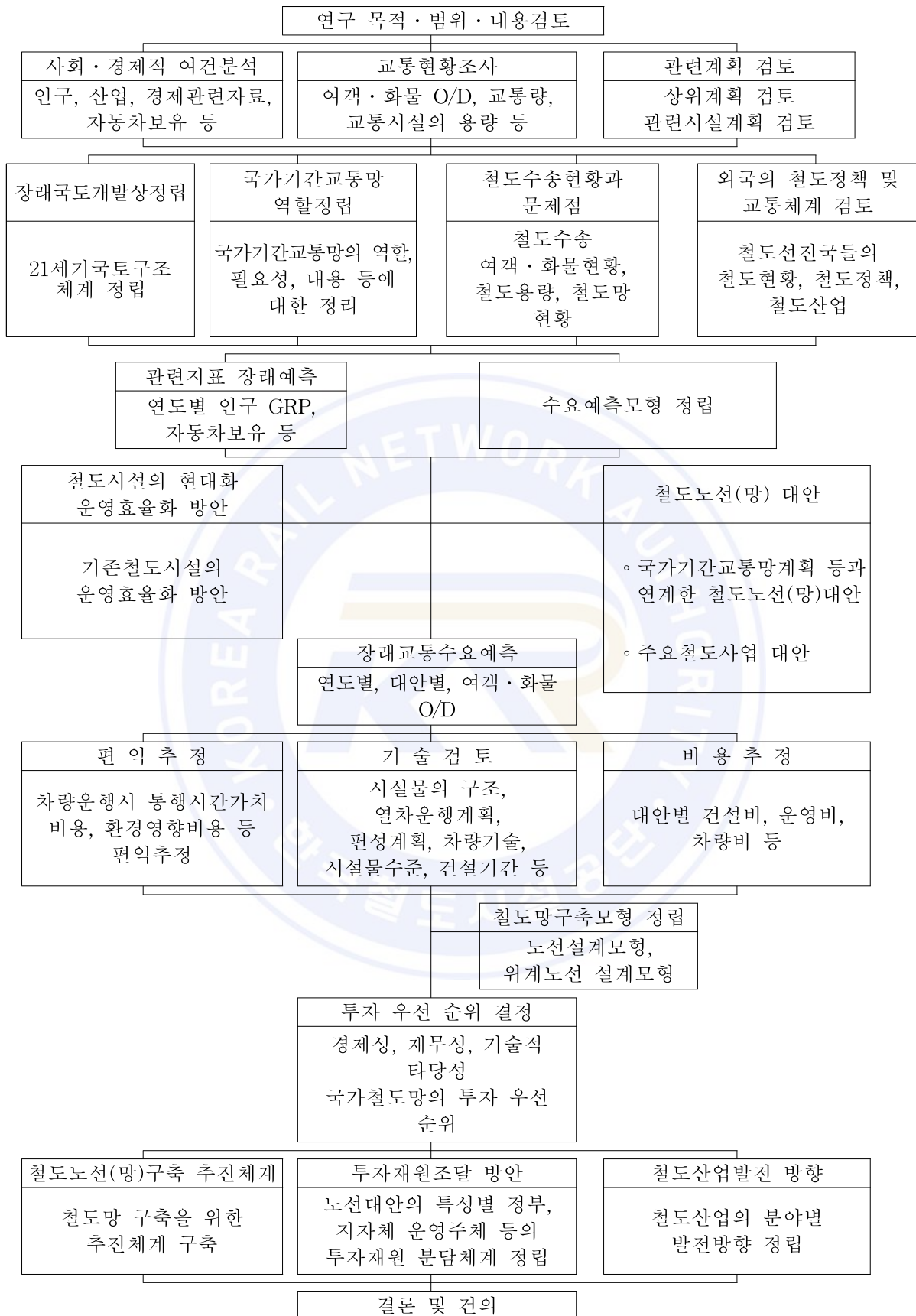


그림 1. 철도교통계획의 과정에서 수송수요예측



해설 2. 기초자료의 설정

1. 기본방향

- (1) 교통수요예측을 수행할 때 국가교통데이터베이스(이하 “국가교통DB” 또는 “KTDB”라 한다)에서 제공하는 최신자료 및 방법론을 사용하는 것을 원칙으로 하되, 해당 자료가 제공되지 않을 경우에는 공신력 있는 기관의 자료를 사용하도록 하고 이를 보고서에 명시해야 한다.
- (2) 국가교통DB는 국가교통DB센터에서 제공한 전국 지역 간 및 광역권의 기초자료와 수도권교통본부의 의뢰로 서울시정개발연구원, 경기개발연구원, 인천발전연구원에서 구축한 기초자료가 있으며 기초자료에는 현재와 장래의 O/D 및 네트워크 자료가 포함되어 있어, 사업성격 및 특성에 맞게 국가교통DB를 활용하도록 한다.
- (3) 교통시설개발사업의 사업시행 전·후 총 통행량은 동일한 것을 원칙으로 하되, 신규 교통시설 건설, 고속교통 수단의 도입으로 인하여 유발수요가 발생할 경우 잠재적 유발 교통량을 반영하여 총통행량을 변화시킬 수 있다.
- (4) 교통수요예측시 국가교통DB를 통해 제공된 장래의 수단별 기종점통행량(이하 “O/D”라 한다)를 활용하여 분석하므로, 각 사업별로 모든 단계의 데이터를 새롭게 구축할 필요는 없으나, 장래 개발계획 및 존 세분화 등 추가적인 O/D의 보완 작업이 필요한 사업의 경우 4단계 수요예측방법에 따라 통행발생량 및 통행분포를 지침에 따라 예측해야 하며, 대규모 기간교통망사업(고속도로사업, 고속철도사업 등을 말한다) 및 네트워크에 큰 영향을 미치는 사업의 경우 다른 수단에서 전환되는 수요가 클 수 있으므로 이와 같은 사업의 경우 수단분담모형을 적용하여 지침에 따라 수단분담과정을 수행하는 것을 원칙으로 한다.

2. 기초자료의 설정

- (1) 수요분석에 사용되는 O/D 및 Network의 경우 국가교통DB센터에서 공식적으로 제공하는 최신자료를 이용하는 것을 원칙으로 하되, 분석가가 이보다 더 신뢰성이 있다고 판단되는 자료가 있다고 판단할 경우 국가교통DB센터와의 협의를 통해 수요분석에 활용할 수 있다.
- (2) 분석가는 수요분석의 기초자료가 되는 O/D 및 Network를 전국기준 존 기반의 자료를 이용할 것인지 수도권 또는 광역권의 자료를 이용할 것인지를 사업의 특성과 성격에 적합하도록 선택한다.
- (3) 지역간 철도사업의 경우 전국에 걸친 사업의 영향을 분석하기 위해서는 전국기준의 O/D 및 Network 자료 사용을 원칙으로 하며, 경전철 및 도시철도사업의 경우 수도권 및 광역권의 자료를 활용하도록 한다.

- (4) 국가교통DB센터에서 제공하는 O/D의 경우 장래 수단별 O/D를 포함하고 있으나, 철도부문 사업의 경우 사업 시행으로 철도의 수단분담률이 제고됨으로써 다른 교통수단인 공로의 O/D 통행패턴도 변화하게 되므로 수단선택모형을 통한 수단분담률의 재산정이 필요하다.





해설 3. 교통현황 조사 및 분석

1. 분석 범위 설정

1.1 시간적 범위의 설정

- (1) 분석 기준연도는 조사의 일관성을 기하기 위하여 비용 및 편익 추정의 기준이 되는 조사 착수 직전의 연도 말로 설정하는 것을 원칙으로 한다.
- (2) 분석기간은 설계 및 시공 기간 등 사업계획 기간과 개통 후 40년을 포함하는 기간을 설정하며 초기 분석연도(개통연도), 중간 분석연도, 최종 분석연도, 추가 분석연도로 구분한다.

1.2 공간적 범위의 설정

- (1) 공간적 범위는 크게 분석대상권과 영향권으로 구분된다. 분석대상권은 장래 실제 수요추정에 있어 사용되는 O/D 및 네트워크의 범위를 의미하며, 영향권은 구체적으로 사업 시행으로 인하여 ‘현저한 교통패턴의 변화’가 발생하여 사업의 타당성을 분석하는데 포함되어야 할 공간적 범위를 의미한다.
- (2) 교통사업의 영향권은 다시 직접영향권과 간접영향권으로 구분할 수 있다. 직접영향권은 사업 시행지역과 지리적으로 인접한 지역으로서 사업 시행효과를 세밀하게 분석하기 위하여 상세한 O/D 및 네트워크의 구축이 필요한 공간적 범위를 의미하며, 간접영향권은 통행패턴의 변화가 발생하여 편익 산정의 범위에 포함되어야 하는 지리적 범위를 의미한다.
- (3) 철도부문 사업의 경우 일반적으로 일반철도는 전국 지역 간 기초자료를 사용하므로 분석대상권은 전국보다 작거나 같게 되며, 도시철도는 수도권 및 광역권 기초자료를 사용하므로 분석대상권은 수도권 및 광역권보다 작거나 같게 된다.
- (4) 교통사업 시행으로 인하여 ‘현저한 교통패턴의 변화’가 발생하는 지역을 영향권으로 설정해야 한다. 현저한 교통패턴의 변화를 판단하는 기준으로는 해당 사업지역의 발생통행량 대비 도착통행량의 비율(PV율), 사업시행으로 인하여 도로구간 교통량이 변화하는 교통량 변화량(DV), 사업시행으로 인한 교통량 변화비율(RV율)을 고려할 수 있다.
 - O/D기준 통행량 비율을 이용하는 방법(PV율)은 사업대상 구간을 포함하는 i 지역 발생교통량 가운데 j 지역 도착교통량이 차지하는 비율을 이용하는 방법으로 그 값이 큰 상위 몇 개의 지역(존)을 선정하거나 총 발생량의 일정수준 이상을 차지하는 지역을 선택하는 방법이 있다.
 - 구간교통량 변화율(RV)을 이용하는 방법은 사업시행 전·후의 구간교통량의 변화 폭이 3%이상인 구간을 포함하는 지역(존)을 해당 사업의 직접영향권 및 간접영향권으로 설정한다.

- 구간교통량변화량(DV)을 이용하는 방법은 사업시행 전·후의 구간교통량의 변화 폭이 일정수준 이상인 구간을 포함하는 지역(존)을 해당 사업의 직접영향권 및 간접영향권으로 설정한다.

$$PV_{ij} = \frac{V_{ij}}{\sum_{j=1}^n V_{ij}} \times 100$$

$$DV^k = V_{\text{시행}}^k - V_{\text{미시행}}^k$$

$$RV^k = \frac{V_{\text{시행}}^k - V_{\text{미시행}}^k}{V_{\text{미시행}}^k} \times 100$$

단, PV_{ij} = 존 i 의 발생통행량 대비 존 j 의 도착통행량이 차지하는 비중(%)

DV^k = 사업 시행 시 링크 k 의 교통량 변화량

RV_k = 사업 시행 시 링크 k 의 교통량 변화율(%)

V_{ij} = 존 i 와 존 j 간 통행량

$V_{\text{시행}}^k$ = 사업 시행 시 링크 k 의 교통량

$V_{\text{미시행}}^k$ = 사업 미시행 시 링크 k 의 교통량

- ① 철도사업의 효과는 대부분 도로에서 전환된 수요에 의해 발생하기 때문에 원칙적으로 영향권은 사업시행 전후의 도로교통량의 변화에 의해 설정하도록 한다.
- ② 이를 위해서는 철도사업 시행전후의 수단분담률을 계산한 후 사업시행 전후의 변화된 O/D를 이용하여 다시 도로통행배정을 실시하고, 이를 통해 도출된 도로교통량 변화율(RV)을 이용하여 철도사업이 지역적으로 미치는 영향을 판단해야 한다.
- ③ 수단분담모형을 적용하기 위한 O/D범위를 설정하기 위해서는 역세권의 범위를 설정해야 하나, 이를 표현할 수 있는 복합교통량(철도+지하철+공로 등)이 구축되지 않았기 때문에 이를 객관적으로 판단할 수 있는 방법의 부재로 분석가가 적절한 판단에 의해 설정하도록 하되, 최근 연구결과 또는 다른 사업의 적용사례가 있을 경우 이를 참조하도록 한다.
- ④ 일반적으로 대부분의 지역 간 철도사업은 광역적인 교통시설의 특성을 가지고 있어서 전국을 영향권으로 설정하며, 다만 일부 도시철도 사업이나 광역철도 사업의 경우는 국가교통DB가 제공하는 광역권 Network나 광역권 O/D를 기준으로 광역권 내부만을 영향권으로 설정하도록 한다.

2. 교통조사

교통조사는 교통시설의 수요예측을 위한 가장 기초적인 업무로서 교통조사를 통해 교통시설의 여건 및 문제점을 분석하고 수요예측을 위한 기초자료 및 수요예측 모형에 대한 검증자료로 활용된다.



철도교통에 대한 수요예측시 필요한 조사는 현재의 교통상황을 파악할 수 있는 교통현황조사와 수요예측을 위한 통행실태조사 등으로 구분되며 주요 조사항목으로는 교통시설물, 통행실태, 대중교통이용실태, 도로교통량 등을 조사한다.

수요예측을 위한 기초자료는 국가교통DB센터에서 기본적으로 제공되고 있어 분석영향권에 대한 교통시설의 확인과 DB에 반영되지 않은 개발계획에 대한 수요반영을 위한 조사를 수행한다.

2.1 교통시설물조사

- (1) 교통시설물조사는 도로, 철도, 항만, 항공 등 교통시설의 공간적 속성(위치), 도로 및 철도의 노드·링크속성, 도로 및 철도의 중심선형을 파악하기 위한 조사로, 교통수요 분석을 위한 교통네트워크 작성 및 수정·보완 등의 기초자료로 활용된다.
- (2) 교통시설의 공간적 속성은 육상터미널, 공항시설, 항만시설, 철도역을 대상으로 역·터미널 위치조사를 하며, 도로 및 철도의 노드·링크 속성조사는 도로, 고가차도·지하차도, 교량, 터널 등의 링크속성과 도로교차점, 도로 시·종점, 톨게이트, 철도건널목 등의 노드속성을 조사한다.

2.2 통행실태조사

- (1) 통행실태조사는 개인통행실태조사, 여객통행실태조사, 화물통행실태조사로 구분하여 조사한다.
- (2) 개인통행실태조사는 개인·가구의 속성조사 및 통행수, 통행목적, 통행수단, 통행특성 등의 개인통행실태를 조사하며, 향후 RP(Revealed Preference) 및 SP(Stated Preference)모형 구축시 기초자료로 활용한다.

표 1. 개인통행실태조사

조사종류	조사항목	
개인·가구 속성조사	가구현황	· 주소, 가구원수(5세 이상 가구원수) · 월평균 소득(세금공제 후의 소득) · 주택의 종류 및 소유 형태, 차량 보유대수 등
	인적사항	· 성별, 연령, 직업 · 운전면허증 소지 여부 등
개인통행 실태조사	통행수	· 개인별 1일 총 통행수
	통행목적	· 출근, 등교, 귀가 · 업무(수급, 배달, 납품, 작업, 접대, 거래처방문 등) · 쇼핑(일상적인 쇼핑 및 비일상적인 쇼핑) · 기타(사교, 여가, 관광 등)
	통행수단	· 도보, 승용차, 버스, 지하철/철도, 택시, 기타
	통행특성	· 통행의 기점/종점 · 통행시간, 통행비용 등

- (3) 여객통행실태조사는 교통존간 여객의 통행실태를 파악하기 위한 조사로서 교통존간 여객통행이 발생하는 역·터미널 등에서 조사하는 역·터미널조사, 교통존간 경계가 되는 도로상에서 실시하는 노측조사로 구분한다.

표 2. 여객통행실태조사

조사종류	조사항목
역·터미널 조사	<ul style="list-style-type: none"> · 해당 시설의 총 이용자수 · 통행자의 출발지 및 도착지, 출발시각 · 통행자의 통행목적 및 접근교통수단 · 통행자의 해당지역 주민 여부
노측(路側)조사	<ul style="list-style-type: none"> · 조사지점 통과 차종별 교통량, 차량출발지 및 도착지 · 통행차량의 차종 및 통행목적 · 통행차량의 승차인원, 통행차량의 기점출발시각

- (4) 화물통행실태조사는 화물 품목별 출발지 및 도착지, 통행수단 등을 파악하기 위한 조사로서 사업소 물동량조사와 차량통행실태조사로 구분된다.

표 3. 화물통행실태조사

조사종류	조사항목
사업소 물동량조사	사업소개요 <ul style="list-style-type: none"> · 사업소의 위치, 종사자수, 매출실적(출하액, 판매액, 보관액) · 대지면적, 용도별 연상면적, 물류시설 보유/이용실태 · 화물자동차 보유/이용대수
	수송현황 <ul style="list-style-type: none"> · 연간, 월별 입출하 실적, 한달 동안 입출하 실적 및 건수 · 한달 동안 상위 3개 품목의 입출하특성 <ul style="list-style-type: none"> - 주요 입출하품목, 입출하량, 입출하빈도, 톤 당 가격 - 주요 교통수단, 주요 입출하 지역, 주요도착시간대 · 3일간 입출하특성 <ul style="list-style-type: none"> - 입출하건수/입출하품목, 수하인/송하인 업종 - 출발지 및 출발지유형, 도착지 및 도착지 유형 - 소요시간
차량통행실태조사	운행특성 <ul style="list-style-type: none"> · 적재품목, 출발지, 도착지, 경유지, 적재품목, 적재상태
	이용현황 <ul style="list-style-type: none"> · 1일 조업주차실태 및 특성 · 시간대별 조업주차차량 구성 및 지역별 분포 · 적재품목, 적재상태, 평균적재율, 평균조업주차시간 · 불법주정차(빈도, 체류시간)

2.3 대중교통이용실태조사

- (1) 대중교통이용실태조사는 대중교통의 운영현황 및 이용실태에 관한 기초자료를 확보하기 위한 조사로서 조사대상은 시내버스, 시외버스, 고속버스, 철도 및 택시를 운행하는 운수업체 및 이용자를 대상으로 한다.



- (2) 일반현황조사는 지방자치단체, 버스조합, 택시조합 및 관계기관 등이 보유하고 있는 현황자료를 수집하며, 보완 및 검증이 필요한 경우에는 해당 운수업체를 직접 방문하여 면접조사를 실시한다.
- (3) 이용실태조사는 승·하차인원실태, 대중교통환승실태를 조사하며 특히 철도이용실태 조사는 전산화된 자료를 이용할 수 있으나, 정류장별 또는 교통존 체계에 따른 승하차인원을 파악할 수 있어야 한다.
- (4) 대중교통이용실태의 승·하차인원, 환승인원 등의 자료는 철도수요예측모형구축시 기준년도 교통량 정산자료로 활용된다.

표 4. 대중교통이용실태조사

조사종류	조사 항목	
일반 현황 조사	차고지현황	<ul style="list-style-type: none"> · 운수업체명, 차고지 주소 · 인가면적(차고지, 부대시설), · 소유형태(법인, 임대), 지역, 용도
	종사자현황	<ul style="list-style-type: none"> · 임원, 사무직, 정비사, 운전기사
	노선운영현황 (버스, 철도)	<ul style="list-style-type: none"> · 노선번호, 노선구분(유형) · 보유차량대수, 기·종점, 정류장 위치 · 노선 운행업체 및 운행차량대수 · 평균 운행소요시간(평시, 첨두시) · 평균 배차간격(평시, 첨두시), 1일 배차시간표
	운행현황 (택시)	<ul style="list-style-type: none"> · 택시 면허대수, 등록차량대수 · 주행거리, 영업거리 · 운행시간, 영업시간 · 영업회수, 수익금
이용 실태 조사	승·하차인원 실태	<ul style="list-style-type: none"> · 조사일자, 노선번호, 노선유형, 운행회수 · 정류장명칭 및 번호, 정류장별 도착·출발시간 · 정류장별 승·하차인원 · 정류장간 이용자수(O/D통행량)
	대중교통환승 실태	<ul style="list-style-type: none"> · 최초 출발지/최종 목적지 · 접근수단/접근시간/접근비용 · 통행목적, 통행시간

2.4 도로교통량 조사

- (1) 도로교통량 조사는 도로상의 특정지점을 일정한 기간 또는 시간 동안 통과하는 차량의 대수, 차종 등을 파악하는 조사로서, 특정지점 교통량조사, 코든라인(cordon line) 교통량조사, 스크린라인(screen line)교통량조사로 구분한다.
- (2) 특정지점교통량조사는 교차로, 시설물 출입구 등 특정지점에 대한 교통량을 관측한다. 코든라인교통량조사는 대상지역을 둘러싼 가상의 선과 교차하는 도로와의 교차점을 조사지점으로 하여 통과하는 차량대수를 조사하며, 스크린라인 교통량조사는 도로의 특정지점에 경계선을 설정하여, 그 경계선을 넘나드는 차량 대수를 조사한다.

- (3) 도로교통량 조사는 분석대상영향권의 도로교통 특성분석 및 수요예측시 모형의 교통량 검증자료로 활용된다.

3. 사회경제지표 현황

- (1) 교통수요예측시 필요한 주요 사회·경제지표로는 인구, 지역총생산액(GRP), 자동차등록대수, 종사자수, 학생수 등이 있으며, 사업의 특성 및 사용되는 국가교통DB에 따라 항목을 선택하여 조사한다.
- (2) 기본적으로 국가교통DB센터에서 사회경제지표 자료를 제공하고 있어 별도의 현황 조사가 필요치 않으나 세부 분석을 위한 존재계 변화시 공신력 있는 기관의 자료를 활용한다.

표 5. 사회경제지표 조사항목

구분	조 사 항 목
전 국	인구, GRP, 자동차등록대수
수도권	인구, 종사자수, 수용학생수, 자동차등록대수, 승용차등록대수
5대 광역권	인구, 종사자수, 수용학생수



해설 4. 교통수요예측

사회·경제지표의 상관관계를 통한 통행행태를 분석하는 수요예측 과정은 계산 과정의 복잡함과 방대한 입력 자료를 다루는 작업으로 교통계획 소프트웨어를 통해서 분석이 가능하다. 국내에서 주로 사용되는 교통계획 소프트웨어로는 외국에서 개발된 EMME/2(EMME/3), TransCAD, Cube 등이 있으며, 우리나라의 사통팔달도 이용되고 있다. 수요예측에 있어서 특정 소프트웨어 이용에 대해 강제하지는 않고 있으나, 조사에서 요구되는 수준 및 내용을 분석할 수 있는 소프트웨어를 활용해야 할 것이다

1. 사회경제지표 예측

- (1) 사회경제지표는 분석대상지역의 과거와 현재에 발생하는 통행량의 상관관계를 설명하는 주요 변수로 장래 통행량 예측을 위하여 조사한다.
- (2) 사회경제지표는 국가교통DB센터에서 제공하는 자료를 준용하며 공신력 있는 공공기관(통계청, 한국개발연구원, 한국교통연구원 등)의 현황자료와 추계자료를 수집하여 사용하는 것을 원칙으로 한다. 국가교통DB에서 제시하는 최종 예측연도 이후의 자료가 필요한 경우는 국가교통DB에서 적용한 예측방법을 이용하여 장래 자료를 추정함으로써 그 일관성을 유지하는 것을 원칙으로 한다.

표 6. 사회경제지표 예측방법

구분	사회경제지표	예측방법	비고
전국	인구	· 통계청 추계인구 수용	
	GRP	· 통계청과 KDI자료를 이용하여 산출 - 통계청 : 기준연도 시도별 GRP - KDI : 연도별 GRP증가율	
	자동차 등록대수	$Y_t = a_0 + a_1 \ln(GRP_t)$ 단, a_0, a_1 = 추정계수	Y = 자동차등록대수 t = 추계연도 GRP = 지역총생산액
수도권	인구	· 1단계 : Compertz 식	· 단계별 예측 - 1단계 : 시도 - 2단계 : 시·군·구 - 3단계 : 읍·면·동 - 4단계 : 성별, 사업자별 등
	종사자수	· 2,3단계 : 토지이용원단위법	
	수용 학생수	· 초중고학생수 : 시도별, 학교별 원단위법 · 대학생수 : 통계청 자료수용	
	자동차 및 승용차등록대수	· 1단계 : Compertz 식 · 2단계 : 인구대비 자동차등록수 변화율 이용하여 자동차보유대수 예측 · 3단계 : 자동차보유대수와 승용차보유대수 비율을 이용하여 예측	
광역시권	인구	· 광역시 : 통계청 자료 수용 · 시군 : 시계열 모형 이용	
	종사자수	· 권역별, 산업별 총종사자수	
	수용 학생수	· 초중고학생수 : 원단위법	
	대학생수	· 대학생수 : 대학생 취학연력 증가율 고려	

2. 기종점(OD)자료 및 Network 구축

2.1 존 세분화 및 세부 O/D 구축

- (1) 철도부문 사업의 존 세분화 여부는 대상 사업이 지역 간 철도인가 혹은 도시철도인가에 따라 달리 결정되어야 한다.
- (2) 지역 간 철도사업의 경우 전국 기반 국가교통DB의 존 체계가 각각 시·군·구를 대표하고 있으므로, 하나의 교통존에 지역 간 철도역이 2개 이상 존재하는 경우는 거의 없다. 따라서 거의 모든 지역 간 철도사업에서 별도로 존을 세분화할 필요는 없다.
- (3) 도시철도사업은 거의 모든 경우 광역권 내에서 시행되므로, 해당되는 광역권의 교통존 체계를 적용하게 된다. 국가교통DB의 광역권 및 수도권 자료의 도시철도 O/D중에서 하나의 교통존에 두 개 이상의 도시철도역이 존재하여 교통존을 세분화할 필요가 있는 경우, 두 개 역을 대표하는 사회경제지표 등의 자료를 이용하여 분할한다. 하나의 교통존(행정동·면)에 위치한 두 개 역간의 수요는 극히 미미하다고 말할 수 있으므로, 두 개 역 간 통행을 새로이 산출할 필요는 없다.

2.2 Network 수정 및 보완

- (1) 교통 수요분석을 위해서는 최신의 자료를 기준으로 현황 Network를 정확하게 구현해야 한다. Network의 오류는 통행시간이 과도하게 추정하게 되는 원인이 될 수 있으므로, 분석가는 이를 감안하여 Network 오차를 줄여야 한다.
- (2) 구체적으로 분석가는 국가교통DB의 Network와 기준년도 Network를 비교하면서 다음 사항들을 확인해야 한다.
 - Network의 차선 수나 용량 등이 잘못 기입되었는지 여부
 - 영향권 내에 분석이 필요하다고 판단되는 노선이 누락되었는지 여부
 - centroid connector의 추가 혹은 위치 조정 필요성
 - 링크 길이의 조정 필요성
 - 링크 통행속도 및 교차로 지체에 대한 적절성 검토
 - 존 크기 및 발생 교통수요, 관측교통량에 따라 Network의 상세도 결정
- (3) 무엇보다도 철도 네트워크는 도로 네트워크에 비해서 연장은 물론 링크 수도 매우 적고, 노선 특성도 단순하다. 따라서 철도 네트워크를 검토하고 수정하는 데에는 도로 네트워크에 비해서는 비교적 적은 시간과 노력이 소요되며, 상대적으로 센트로이드와 철도역을 연결하는데 많은 노력이 할애된다.
- (4) 상위 관련계획 및 지방자치단체 관련계획의 주요 도로 및 철도 교통망 계획 중 장래 네트워크 구축에 반영할 계획을 종합적으로 정리한다.



- (5) 현재 추진중인 교통시설 건설사업을 반영하기 위해서 기본계획 단계까지는 사업추진 여부가 불투명하기 때문에 관련 사업으로 반영하지 않고 실시설계 이후의 추진단계에 있는 사업을 반영한다. 민자사업의 경우에도 공공교통시설 건설사업을 동일하게 실시설계 이후의 추진단계에 있는 사업을 반영하는 것을 원칙으로 한다.
- (6) 단, 철도사업의 경우 종합계획(국가철도망구축계획) 수립 후 개별사업 추진시 「철도건설법」에 따라 건설공사기본계획을 수립하도록 되어 있으며, 또한 개별사업 기본계획 수립단계에서 관련예산이 확보되어 있는 특징이 있으므로, 개별사업의 기본계획을 수립하여 고시한 이후의 철도사업은 개발계획에 반영하도록 한다.
- (7) 그 밖에 실시설계 이전 사업 중에서 분석가의 판단에 의해 추진이 확실시 되는 사업에 대해서는 그 근거 제시와 함께 개발계획에 반영할 수 있다.

3. 통행발생 및 통행분포

- (1) 통행발생은 각 교통존에서 발생하는 통행량(production)과 도착하는 통행량(attraction)을 추정하는 단계로서 증감율법, 원단위법 또는 교차분류법, 회귀분석법 등이 사용된다. 그 결과 각 교통존별로 여객 및 화물의 발생과 도착량이 생성된다.
- (2) 통행분포는 통행발생단계에서 추정된 발생·도착 통행량을 교통존 간에 배분하는 단계로서 성장인자모형, 중력모형, 엔트로피극대화모형, 간접기회모형 등이 많이 사용되며, 그 결과 교통존 간 여객 O/D 및 화물 O/D가 생성된다.
- (3) 타당성 검토시 제공되는 국가교통DB는 현재 및 장래 O/D를 포함하고 있으므로, 원칙적으로 분석가가 별도로 통행발생 및 통행분포의 과정을 수행할 필요는 없으나, 국가교통DB에서 제공하는 장래 O/D는 교통발생량에 영향을 미치는 중요 개발계획을 반영하여 구축된 것이므로 개별 사업의 타당성 평가를 위하여 누락된 개발계획을 반영하여 국가교통DB 구축 방법론에 따라 통행발생 및 통행분포를 수행해야 한다.
- (4) 장래 개발계획의 반영기준은 크게 각 시·도의 개발계획과 중앙정부부처의 개발계획(중앙부처와 이미 협의된 지자체 개발계획 포함)으로 구분되며, 실시설계가 완료된 사업 중 추진이 확실한 사업에 한해 장래 O/D에 반영하도록 한다.
- (5) 만일 사업추진 단계가 반영할 수준까지 오지 못했으나 실현이 확실 시 되는 사업 중 관련 개발계획이 해당 사업에 미치는 영향이 지대하다고 판단될 경우 사업추진에 대한 확실한 근거를 제시하고 이를 시나리오 형태로 반영하도록 한다.
- (6) 택지 및 산업단지 개발계획의 자료 수집은 공신력 있는 기관에서 발표하거나 제시하고 있는 자료를 기준으로 작성하며 직·간접영향권에의 택지개발사업 및 산업단지 개발계획을 검토하여 정리·제시한다.
- (7) 제시하는 자료의 내용은 택지개발계획, 산업단지계획, 기타계획으로 구분하고 각 사업에 대한 사업자, 개발면적, 계획인구, 사업기간 등을 표로 명시하고, 그림으로 도시

하여 제시한다.

- (8) 단계별 계획을 명확히 검토 후 이를 반영해야 하며, 택지개발 및 산업단지 이외의 교통유발계획의 경우 사업시행의 가능성을 확인하여 반영한다.
 - ① 택지개발사업은 실시계획 승인이 완료된 사업을 중심으로 반영토록 하되, 사업추진이 확실시되는 택지개발사업인 경우 개발계획을 분석에 반영하고 이유 및 근거를 보고서에 반드시 명시한다.
 - ② 산업단지 개발사업은 산업단지 지정을 완료한 사업을 관련계획으로 반영한다.
- (9) 장래 개발계획으로 인한 통행발생량을 산정할 때는 원칙적으로 국가교통DB에서 제시한 원단위를 사용하되, 원단위가 없는 경우 유사한 개발계획 혹은 인근 지역의 통행발생 원단위를 곱하여 추정할 수 있다.
- (10) 대규모 택지개발사업 시행 시 영향권 내 다른 지역으로부터 인구가 이주하는 것으로 예상될 경우 인구이동 현황을 분석하여 타 교통존에서 주거 관련 교통량을 감소하여 영향권 내 주거 관련 교통량에 큰 변화가 없도록 조정해야 한다.

4. 수단선택

4.1 수단선택모형

- (1) 수단선택모형은 개개인의 통행행태 특성을 파악하여 수단분담률을 예측하는 개별통행행태모형 중 로짓모형을 사용할 것을 원칙으로 한다.
- (2) 분석가는 원칙적으로 철도사업의 경우 국가교통 DB에서 제공하는 총량 O/D와 수단분담모형을 이용하여 장래 수단분담률을 재산정해야 한다. 철도사업으로 인한 수단분담모형은 원칙적으로 연계·환승효과를 반영할 수 있는 통합 네트워크 및 O/D를 통해 구축이 가능하나, 현재 제공되는 기초자료의 한계로 인해 이러한 분석이 어려울 경우 적절한 방법론을 개발 또는 적용하여 수단분담모형 개발 및 정산을 수행할 수 있다.

4.2 여객 수단선택모형

여객 수단선택모형의 효용함수는 수송수단별 통행 및 접근시간, 수송수단별 운임, 그리고 특성을 표현하는 더미를 고려하여 추정한다.

만일 별도의 조사를 통해 자료를 수집·분석하지 않을 경우, 지역간 수단선택 모형의 경우 국가교통DB에서 제공하는 효용함수 및 효용함수의 계수를 적용해야 한다.

수도권 및 5대광역시의 수단선택 모형도 국가교통DB에서 제공하는 기종점 수단 통행량과 일관성을 유지하기 위하여 원칙적으로 국가교통DB에서 제공하는 지역별 수단선택 효용함수의 계수를 적용해야 한다.



4.2.1 통행시간 산정

- 가. 통행시간 산정의 경우 각 수단별로 실제 통행수단을 결정하는 데 있어 영향을 주는 통행시간을 합리적으로 산정해야 하는데, 통행시간은 차내시간(IVTT)과 차외시간(OVTT)으로 구성되며, 차외시간의 경우 접근시간, 대기시간, 환승시간을 포함한다.
- 나. 접근시간을 산정할 시에는 출발존과 지하철역이 동일한 존에 있을 경우 수단별 존 내부통행의 평균시간을 적용하며, 출발존과 지하철역이 상이한 존에 있어 도보 접근이 힘들 경우 출발존에서 지하철역이 포함된 행정동 존까지의 통행거리를 이용하여 버스를 이용한다는 가정하에 통행시간을 산출하여 적용하도록 한다.
- 다. 철도부문 사업 시행에 따른 수단별 O/D는 공로 및 철도 부문 통행배정을 통해 산정된 통행시간을 수단분담모형에 적용하여 산출할 수 있다. 이때 최초 통행배정을 통해 산정한 통행시간은 사업 미시행 시 공로 혼잡이 반영된 통행시간을 기반으로 추정된 것이다. 따라서 사업 시행 시 달라진 공로 혼잡이 반영된 통행시간을 수단분담모형에 다시 적용하여 수단별 O/D를 재산출하는 과정을 통해 균형상태(Equilibrium)의 수단별 O/D를 산출할 수 있다.

4.2.2 통행비용 산정

- (1) 통행비용 산정의 경우 각 수단별로 실제 통행수단을 결정하는데 있어 영향을 주는 통행비용을 합리적으로 산정해야 하는데, 실제 해당 지역의 자료가 있을 경우 그 근거를 명시하고 통행비용을 산출할 수 있으나 특별한 자료가 없을 경우 다음과 같은 방법을 사용할 수 있다.
- (2) 승용차의 경우 실제 통행수단을 결정하는 데 있어서 직접적인 영향을 주는 비용으로 유류비용, 운행비용, 급지별 주차요금으로 정의한다. 또한 통행속도의 경우 교통분석용 네트워크를 활용하여 산출된 출발지-도착지간 평균통행시간 및 통행거리 매트릭스를 계산한 후 통행속도별 km당 평균 비용을 적용한다.
- (3) 버스 통행요금의 경우 각 지역의 분석 기준연도 요금을 적용하며, 시외버스의 경우 최저요금과 거리당 요금단가를 거리와 조합하여 산정한 요금을 적용해야 한다. 지하철의 경우도 통행자료에서 출발존과 도착존을 이용하여 현행 요금제도에 맞는 요금을 산정하도록 해야 하며, 접근비용을 산정할 시에는 출발존과 지하철역이 동일한 존에 있을 경우 수단별 존 내부통행의 평균비용을 적용하며, 출발존과 지하철역이 상이한 존에 있을 경우 출발존에서 지하철역이 포함된 행정동 존까지의 통행거리를 이용하여 버스를 이용한다는 가정하에 통행비용을 산출하며, 환승요금 등을 반영하여 적용하도록 한다.
- (4) 지역간 통행의 경우 철도 운임은 해당 열차 또는 여러 열차의 운행횟수를 고려한 가중 평균치를 사용하며 철도 운임의 산정은 철도요금 구조인 기본구간 요금과 초과

구간에 대한 요율 적용을 통해 도출하거나, 링크 기반의 단위 킬로미터(km)당 운임을 이용해 산출한다.

- (5) 택시의 경우 분석 기준연도의 기준요금을 적용하며, 이때 시간거리 정산요금 중 거리요금부분만을 반영하여 적용하도록 한다.
- (6) 통행비용의 경우에도 철도부문 사업 시행 시 공로 및 철도 부문 통행배정을 통해 산정한 통행비용을 수단분담모형에 적용하여 산출한 수단별 O/D는 사업 미시행 시 공로 혼잡이 반영된 통행비용을 수단분담모형에 다시 적용하여 수단별 O/D를 재산출하는 과정을 통해 균형상태(Equilibrium)의 수단별 O/D를 산출할 수 있다.

4.3 화물 수단선택모형

화물의 경우도 여객과 마찬가지로 로짓모형을 이용하되, 다른 모형이 있을 경우 충분한 근거를 제시하여 사용할 수 있다. 하지만, 아직까지 체계적인 화물 O/D의 미구축, 공인된 수단분담모형의 부재, 그리고 수요예측 및 경제성 분석을 위한 표준적 절차 미비 등으로 인해 기 수행된 연구내용을 참고자료로 하여 수행할 수 있다.

4.4 수단선택모형의 보정

로짓모형에 있어 효용함수의 모수는 최우추정법(Maximum Likelihood Estimation)에 따라 추정되고, 대안특정상수(Alternative Specific Constants)는 산출되는 로짓모형의 수단분담률과 표본자료의 수단분담률의 결과가 가능한 한 동일하게끔 결정된다. 그러나 이 모형상의 분담률은 모든 기·종점에서 실제 관측된 분담률과 일치할 수 없다. 왜냐하면 일반적으로 수단분담모형은 통행자의 모든 수단선택 행태를 표현할 수 없는 한계로, 오차가 내재될 수 밖에 없기 때문이다. 따라서 타당성 평가 등에 실제 적용하는데 있어서는 수단분담 오차를 보정한 수단분담모형이 활용된다.

실제 조사된 자료를 근거로 예측한 O/D의 수단분담률과 효용함수를 이용하여 추정된 수단 분담률을 동일하게 하는 효용함수의 정산과정이 필요하다. 도로부문 사업의 경우 사업 시행 시 동일 수단에서 전이되는 교통량이 대부분을 차지하는 경우가 많으므로 수단선택모형의 정산이 불필요할 수도 있지만 수단 간 전환교통량의 산정이 중요한 쟁점이 되는 철도부문 사업의 경우 직접 수단선택 분석을 수행하여 현재의 정확한 수단분담률을 반영하는 수단선택모형을 산정하는 과정이 필요하다

모형 정산 시 일반적 합리성 판단기준인 계수의 부호, 시간과 비용의 상대적 비율 등을 만족해야 하며, 자료특성치, 통행목적, 통행시간대 등을 고려하여 변수의 유형을 결정해야 한다.

4.4.1 점진적 로짓모형(Incremental Logit Model)

- (1) 점진적 로짓모형(Incremental Logit Model)은 설명변수의 변화에 의한 효용치의 변화량을 이용하여 각 대안들의 선택확률을 계산한다. 즉, 사업 미시행 시와 시행 시의



효용을 계산하여 효용의 변화가 고려된 새로운 수단분담률을 산출하게 된다.

- (2) 본 방법론은 미국과 유럽에서 주로 이용되는 방법으로 더미상수에 의한 영향을 배제하고 사업 시행 시의 효과를 보다 적절히 반영할 수 있다는 장점이 있다. 그러나 기존 수단분담률이 존재하지 않는 경우, 즉 수단(i)의 관측분담률(P_i)이 0일 경우 신규 수단의 분담률이 0이 되는 계산상의 문제가 발생한다.

$$P_i^* = \frac{P_i \exp \Delta V_i}{\sum P_j \exp \Delta V_j}$$

여기서, P_i^* : 사업 시행 시 수단 i 의 선택확률

P_i : 사업 미시행 시 수단 i 의 관측 분담률

ΔV_i : 사업 시행 전·후 수단 i 의 효용 변화

4.4.2 가법적 로짓모형(Additive Logit Model)

- (1) 가법적 로짓모형(Additive Logit Model)은 관측치(base matrices)의 수단분담률에 시행 시와 미시행 시의 로짓모형의 수단분담률 차이를 이용하여 사업 시행 시의 수단분담률을 산출한다.

$$P_i^* = P_i + S_i^* - S_i$$

여기서, P_i^* : 사업 시행 시 수단 i 의 선택확률

P_i : 사업 미시행 시 수단 i 의 관측 분담률

S_i^* : 사업 시행 시 Logit 모형산출 분담률

S_i : 사업 미시행 시 Logit 모형산출 분담률

- (2) 가법적 로짓모형의 장점은 철도노선이 없는 지역에 철도가 신설될 경우 발생하는 Zero cell에 대한 문제를 해결할 수 있다는 것이다. 그러나 가법적 로짓모형은 지금까지 이용되어 온 타 모형의 방법들과 연관성이 없으며, 특히 각 선택을 위한 통행비율을 예측할 때 단순히 통행량의 차이만이 반영되므로 Zero cell이 존재하는 zone에 한하여 제한적으로 이용되어야 하며, 수단선택모형의 기본적인 모형으로는 점진적 로짓모형의 사용이 적합하다.

5. 통행배정

5.1 통행배정의 전제

5.1.1 재차인원 및 승용차 환산계수

- (1) 통행배정에 사용되는 재차인원과 승용차환산계수(Passenger Car Equivalent : PCE)는 교통분석에 사용하는 자료와 일치하는 원단위를 적용하는 것을 원칙으로 한다. 적용 시에는 과업노선이 속한 지역의 재차인원을 이용하도록 한다. 단, 이용가능한

최신 재차인원 자료의 여부를 확인한 후 O/D 및 기타 자료와 동일한 년도의 자료를 사용해야 한다.

- (2) 승용차 환산계수는 대상사업의 지역적 특성에 따라 다를 수 있는데, 특별한 사정이 없는 경우 전국 지역간 교통수요 분석 시에는 국가교통DB에서 제공하는 전국 지역간 각 수단별 재차인원을 적용하며, 수도권인 경우 수도권 교통본부에서 제공하는 존간 수단별 재차인원을 적용하고, 5대광역권의 경우 국가교통DB의 5대광역권 수단별 재차인원을 각각 적용하는 것을 원칙으로 한다.
- (3) 수도권 및 5대 광역권 트럭의 승용차환산계수는 전국 기준의 트럭의 승용차 환산계수를 적용하고, 별도의 조사자료나 타당한 관련 연구결과가 있을 경우에는 해당 자료를 출처를 밝히고 적용할 수 있다.

5.1.2 통행배정의 기본시간 단위

- (1) 통행배정을 위한 기본시간 단위는 크게 두 가지로 나누어서 분석을 수행할 수 있다. 첫째로 침두 및 비침두 O/D를 이용하여 통행배정을 수행하는 방법과, 둘째로 전일 O/D를 이용하여 통행배정을 수행할 수 있다.
- (2) 침두와 비침두로 구분하여 1시간 통행량을 기준으로 분석을 수행할 경우, 국가교통DB의 O/D자료가 1일 통행량 기준이므로 침두 1시간 및 비침두 1시간 비중으로 고려하여 침두 1시간 및 비침두 1시간 통행량으로 환산해야 한다. 고속도로와 국도의 침두 및 비침두 지속시간과 집중률은 동일하게 적용하는 것을 원칙으로 한다.
- (3) 기본적으로 지역 간 도로의 경우 침두 지속시간은 10시간으로, 침두 1시간 교통량 집중률은 7%로 가정하며, 비침두 지속시간은 9시간으로, 비침두 1시간 교통량 집중률은 2.5%로 가정한다. 그 밖의 심야시간대는 자유교통류 상태로서 철도 등의 대중교통서비스가 제공되지 않아 사업 시행으로 인한 속도 개선 및 수단 전환의 효과가 없는 것으로 간주하여 교통분석을 수행하지 않는다.
- (4) 지역에 따라 교통특성이 서로 다를 수 있는데, 앞서 제시한 기준과 현저히 차이가 날 경우, 관련 근거를 보고서에 기술하고 해당 지역의 교통특성에 적합한 값을 적용할 수 있을 것이다.
- (5) 일반적으로 침두·비침두시를 구분하여 편익을 산정하는 경우 심야시간대의 편익을 제외하여 산출하기 때문에 편익의 과소 추정 문제가 발생할 수 있으나 철도의 경우 실제 운행시간을 고려할 때 사업의 편익 추정에 있어 큰 의미를 갖지 못하는 것으로 판단된다.
- (6) 침두 1시간 및 비침두 1시간 통행량(또는 침두 1시간 O/D 및 비침두 1시간 O/D)으로 환산하여 교통분석을 수행할 경우 통행배정을 두 번 해야 하는 번거로움이 존재한다. 특히, 도로의 특성과 등급에 관계없이 일괄적인 침두 및 비침두 집중률과 지속시간이 적용되는 단점이 존재하게 된다. 따라서 침두 1시간 및 비침두 1시간으로 구



분하여 통행배정을 수행하는 대신에, 1일 통행량(또는 전일 O/D)을 기준으로 한 번에 통행배정과 편익을 산출할 수 있다. 단, 1일 통행량 기준으로 통행배정을 수행할 때 적용하는 교통량-지체함수의 일전환 계수는 첨두시간 집중률 7%를 고려하여 적정한 수치를 적용할 필요가 있다. 이는 전일 O/D를 이용하여 편익을 산출하게 되면, 일전환계수를 어떻게 적용하느냐에 따라 첨두·비첨두를 구분하여 편익을 산출하는 것보다 편익이 과다 추정 또는 과소 추정되어 사업 간에 일관성 있는 비교가 어려운 문제가 발생할 수 있다.

- (7) 따라서, 통행배정을 1일 통행량(전일 O/D) 기준으로 수행 후 편익을 산출할 경우에는 첨두·비첨두·심야시간으로 전환해 주는 각 시간대별 집중률을 이용하여 환산한 시간대별 교통량과 통행속도를 토대로 편익을 산출하는 방법을 사용할 수 있다. 이때 첨두·비첨두 집중률 및 지속시간의 경우 신뢰성 있고 구체적인 자료가 있을 경우 이를 사용하거나, 직접 조사하여 결정하는 방법, 혹은 관련지침연구에서 명시하는 첨두·비첨두 지속시간 및 집중률을 이용할 수 있다. 이는 통행배정시 전일 O/D를 이용한 것과 비슷한 결과를 가져오지만, 첨두·비첨두 시간 집중률의 사용으로 인해 한 번의 통행배정으로 첨두·비첨두 교통량을 산출할 수 있어 통행배정에 소요되는 시간을 그만큼 단축시켜 줄 수 있다. 또한 하루 단위 링크 교통량을 추정한 후 도로등급별로 주변의 대표 지점 상시조사자료를 활용하면 도로위계별 첨두·비첨두 집중률 및 지속시간을 별도로 적용할 수 있어 분석의 유연성 측면에서 유용하다.
- (8) 그러나 노선 선택행태에 따라 첨두·비첨두 집중률 및 지속시간을 설정할 때, 자료가 없을 시에는 분석가의 작위적인 의견이 포함될 가능성을 내재하고 있어 첨두·비첨두 집중률을 설정하기 위한 근거자료로서 시간대별 링크 교통량 등을 반드시 보고서상에 명시해야 한다. 그러나 이 방법의 경우 혼잡이 심한 구간에서 첨두·비첨두의 교통량 집중률에 따라 통행시간 절감편익의 차이가 크게 나타나므로, 혼잡한 상황일수록 첨두·비첨두의 교통량 집중률의 사용에 신중해야 한다.
- (9) 결론적으로, 혼잡 정도가 심한 지역이거나 첨두·비첨두 특성이 나타나는 도시부 도로의 경우, 첨두·비첨두 O/D를 이용하여 통행배정을 수행한 후 편익을 산출하는 것이 바람직하다. 다만, 첨두시간의 특성이 미세한 지역 간 도로나, 도로의 혼잡도가 낮은 경우 지역간 특성으로 고려하여, 전일 O/D를 이용하여 통행배정을 수행한 후 첨두·비첨두 집중률을 이용하여 각 시간대별 통행시간을 산출하는 방법을 이용하여 편익을 산출할 수도 있다. 이때에는 반드시 관련자료와 근거를 보고서에 명시해야 한다.

5.1.3 버스와 화물차의 통행배정

버스와 화물차의 통행배정은 다음과 같은 방식으로 수행할 수 있다. 첫째, 버스와

화물차의 통행배정은 다차종(multi-class) 통행배정방식으로 수행하는 것을 원칙으로 한다. 둘째, 버스와 화물차의 비중이 높지 않을 경우 승용차의 통행배정에 앞서 균형배정(User Equilibrium)방식에 의한 우선배정을 실시하고 그 결과값을 저장해 승용차 교통량의 통행배정 시 배경교통량(background traffic or pre-loading traffic)으로 처리할 수 있다. 셋째, 버스와 화물차의 O/D를 PCU 단위로 전환하여 승용차와 통합한 후 통행배정을 수행할 수 있다. 세 번째 방법의 경우 통행배정 후 각 차종별 교통량 구성비는 차종별 O/D의 구성비 또는 관측된 차종별 교통량 구성비 등을 고려하여 산정한다.

5.1.4 도로 통행배정에 있어 내부통행 반영

- (1) 교통존을 설정하여 분석한다는 것은 모든 통행이 하나의 교통존에서 출발하여 다른 교통존에 도착한다는 것을 가정하며, 동일한 교통존 내부에서 발생하는 통행은 없다는 것을 전제로 한다. 즉, 교통존 내부통행은 교통망에 배정되지 않는다. 그러나 실제 고속도로를 제외한 국도, 지방도 및 도시 내 도로 등의 경우 교통존 내부통행이 일정 부분을 차지하게 된다. 그 결과 교통존간 O/D 자료를 이용하여 통행배정을 수행하면, 고속도로 이외의 도로에 대한 배정교통량은 실제 관측교통량보다 적은 것이 일반적이라 할 수 있다.
- (2) 이러한 문제점을 해소하기 위해 고속도로 이외의 도로에서는 교통존 내부통행이 일정 부분 존재한다고 가정하고, 링크 용량의 일정 비율(최대 30%)을 내부통행으로 반영할 수 있다.

5.2 도로부문 통행배정

도로부문의 통행배정은 Wardrop의 제1원칙에 따른 결정론적(Deterministic) 통행배정기법을 활용한 이용자 균형(User equilibrium)을 가정하며, 이러한 이용자 균형의 해는 Frank-Wolf algorithm에 따라 계산된다. 철도부문은 통행배정과정에서 용량제약을 고려하지 않으며 기본적으로 최적전략(Optimal strategy)에 따라 통행배정을 실시한다. 경로선택의 결정요인으로는 통행시간, 통행거리, 통행비용 등을 고려한다.

5.2.1 통행배정 기본원리

통행배정모형은 개별 통행자들이 각자의 통행비용을 최소화하는 경로를 선택한다고 가정하고 사업 시행 전·후의 네트워크 전체에서 발생하는 통행패턴의 변화를 분석하는 접근방법이다. 이때 도로 이용자의 통행비용은 ‘일반화비용’, 즉 시간비용과 요금, 예를 들어 고속도로 통행료로 표현되는 금전적 비용의 합으로 표현되며, 아래의 식과 같은 교통량-지체함수로 표현된다.



일반화비용 $T = T_0[1 + \alpha(V/C)^\beta] + \text{구간거리} \times \text{가중치}$

단, T : 링크 통행시간(일반화비용, 분)

T_0 : 링크 자유통행시간(시간비용, 분)

V : 링크 교통량(PCU/시)

C : 링크 용량(PCU/시)

α, β : 파라미터

가중치 : (통행요금/km)/[차종별 시간가치]

5.2.2 교통량-지체함수의 적용

국가교통DB에서는 O/D 및 Network에 상응하는 VDF 함수의 파라미터 값을 도로유형별로 제시하고 있다. 전국 지역간 도로사업의 경우 국가교통DB에서 제공하는 VDF를 기본으로 활용하며, 수도권 및 5대광역권의 경우 수도권교통본부 등 공신력 있는 기관에서 배포한 값을 사용하도록 한다.

5.2.3 교통량-지체함수로의 BPR 함수 적용시 고려사항

- (1) 교통량-지체함수 혹은 링크 저항함수(Link performance or impedance function)에서 중요한 변수로는 도로의 자유속도, 용량과 α, β 의 파라미터 값이 있다. 그러나 현실적인 네트워크 상황, 예를 들어 단속류, 지형에 따른 링크의 용량산정, 차로 수에 따른 통행시간의 변화 등을 정확히 표현하기에는 한계가 있을 수밖에 없다.
- (2) 예를 들어, α, β 값의 경우 전국 지역 간 자료의 고속도로는 차로 수별로 상이한 값을 적용하였지만, 전국 지역 간 자료의 국도, 지방도, 광역시도, 수도권 자료의 경우 차로 수별 α, β 값이 동일할 뿐 아니라, 심지어는 도로의 등급이 상이함에도 불구하고 α, β 값이 동일한 값으로 적용되어 도로 혼잡상황에 따른 통행속도 변화를 제대로 표현하지 못하고 있는 실정이며 이에 따른 보완이 요구되고 있다. 즉, 노선선택행위를 보다 정확히 반영하기 위해서는 네트워크의 속성이 정확하게 구축되어야 하지만 도로 네트워크를 살펴보면 도로의 위계별 특성이 정확히 반영되지 못한 아쉬움이 존재해 국가교통DB에서는 이를 지속적으로 보완하고 있다.
- (3) 이러한 이유로 현실상황을 반영하기 위해 교통량-지체함수의 수정을 요할 때가 있으나 링크에 지정되는 교통량이 교통량-지체함수의 자유속도, 용량, 파라미터 등에 따라 결정되어 결과적으로는 사업 시행 시 산출되는 편익에 큰 영향을 미치기 때문에 매우 신중해야 한다.

5.3 철도부문 통행배정

철도부문 통행배정은 도로부문과 다르게 재차인원 및 승용차 환산계수, 버스와 화물차의 통행배정, 그리고 내부통행 등을 고려할 필요가 없다. 다만, 통행배정의 기본시간 단위만을 도로부문과 같은 방법으로 적용하여 사용한다.

그러므로 철도부문 통행배정은 도로부문보다 매우 용이하게 수행될 수 있다. 더욱이 새로운 철도부문 사업의 경우 도로와 달리 용량수준에 수요가 근접하는 경우는 거의 발생하지 않는다. 다만, 도시철도사업에서는 환승역에서 노선 간 환승이 매우 많이 발생하게 되어 환승역에서 노선 간 방향별 환승거리 등을 잘 입력하는 것이 매우 중요하다.

5.3.1 철도 통행배정 시 적용 파라미터

- (1) 철도통행은 일반적으로 출발지에서 철도수단으로의 접근통행, 철도통행, 목적지로의 접근통행으로 이루어진다. 이를 시간으로 구분하여 보면 차외시간(접근통행시간, 대기시간, 탑승시간)과 차내시간으로 구분할 수 있다. 또한 철도수단 간 환승이 이루어지는 통행의 경우 환승시간(차외시간에 해당)이 추가될 수 있다.
- (2) 철도부문은 통행배정과정에서 용량제약을 고려하지 않으며 기본적으로 최적 전략 (Optimal Strategy) 등에 의해서 노선과 경로가 선택된다. 이때 통행배정과정에서 차내·외 시간 또는 요금 등과 관련된 파라미터를 적용한 일반화 비용을 이용하여 통행배정을 수행한다. 철도부문 통행배정과정에서 적용되는 파라미터는 통상 접근통행시간, 대기시간, 탑승시간 등이 있으며, 분석 프로그램에 따라 노선별 요금을 적용할 수 있기도 하다. 해당 파라미터는 지역 간, 광역/도시철도의 수단 및 통행 특성을 고려하여 적용해야 한다.
- (3) 국내외 연구 사례를 볼때, 광역/도시철도 통행배정 시 차내시간 대비 차외시간의 가중치 파라미터는 대체로 1.0~2.0 사이의 값을 적용하는 것이 적절하다고 볼 수 있다. 또한 배차간격과 밀접한 관련이 있는 대기시간은 광역/도시철도의 경우 지역 간 철도에 비해 배차간격이 짧기 때문에 이용자가 열차도착시간을 정확히 인지하지 못하는 경우가 많으므로 확률적으로 배차간격의 1/2을 적용하는 것이 바람직하다.
- (4) 지역 간 철도의 경우 광역/도시철도와 달리 접근통행수단이 다양하고 총통행시간의 상당 부분이 차내시간에 해당하며 배차 간격이 비교적 길기 때문에 이용자는 열차도착시간을 비교적 정확히 인지하는 경우가 많다. 그러므로 지역 간 철도와 관련된 국내외 연구의 경우 총통행시간 또는 본 통행수단의 차내시간만을 이용한 경우가 대부분이다. 따라서 지역 간 철도 통행배정 시 비교적 유사한 수준의 차내시간 대비 차외시간의 가중치 파라미터를 제시하기에는 어려운 실정이다. 따라서 앞에서 제시한 광역/도시철도 연구를 포함하여 비교적 장거리 통행에 해당하는 국내외 연구를 조사하여 지역 간 철도 통행배정 시 차내시간 대비차외시간의 가중치 파라미터를 추정하여 활용할 수 있을 것이다.
- (5) 한편, 지역 간 철도의 경우 배차간격이 상당히 큰 노선의 대기시간은 확률적으로 배차간격의 1/2보다 더 작은 값을 적용하는 것이 바람직하다. 또한 지역 간 철도는 광역/도시철도와 달리 일정 수준 이상의 탑승시간이 있다. 따라서 연구팀은 지역 간



철도의 운행계획을 고려하여 적절한 대기시간 및 탑승시간을 산정하여 이를 반영할 수 있으며, 일반적으로 지역 간 철도의 경우 5분 미만의 탑승시간을 적용할 수 있을 것이다.

5.3.2 도시철도의 환승요금을 고려한 철도 통행배정

- (1) 일반적으로 철도 이용자가 느끼는 환승에 대한 페널티는 크게 두 가지로 구분할 수 있다. 첫째는 환승하면서 이동하는 물리적인 저항, 둘째는 환승으로 인한 추가적인 요금이다. 철도 이용자는 자신이 타고 온 노선에서 하차하여 보행 또는 에스컬레이터 등을 통해 환승하고자 하는 승강장으로 이동하게 된다. 이때 이용자들은 불편을 느끼게 되고, 자신의 목적지까지 도착하는 데 있어 통행 저항으로 작용하여 가급적 환승을 하지 않으려는 행태가 나타날 수 있다. 이와 같은 물리적인 환승은 실제이용자들의 환승시간을 고려해 네트워크 구축을 통해 구현할 수 있다. 네트워크 구축은 일반적인 환승통로, 환승편의를 위한 시설(무빙워크 또는 에스컬레이터 등)에 따른 물리적 환승 저항이 고려되어야 한다. 여기에 요금까지 추가적으로 지불할 경우 환승에 대한 이용자들의 저항은 더욱 커질 것이다.
- (2) 현재 수도권 도시철도를 비롯한 대부분의 도시철도의 요금체계는 환승 시에 별도의 요금을 지불하지 않는 통합요금제로 운영되고 있다. 통합요금제하에서 환승승차의 경우 별도의 요금을 지불하지 않기 때문에 현재 일반적으로 사용하고 있는 모든 탑승 링크에 물리적인 저항만 반영하고 요금에 대한 페널티를 적용하지 않는 방법으로 분석이 가능하다.

5.4 통행배정 모형의 정산

교통수요의 추정치는 현재의 교통패턴이 장래에도 지속된다는 가정 하에 이루어지므로, 실제 조사된 관측교통량이 모형 상에서 정확하게 표현되고 있는지에 대한 통행배정 결과의 검증과정이 필요하다.

영향권 내 주요 지점의 관측교통량과 구축된 모형에서 추정한 배정교통량을 비교하여 양자의 차이가 최소화 될 수 있도록 Network를 정산한다.

5.4.1 도로 통행배정모형의 정산

- (1) 분석가는 정산결과를 반영하여 통행배정을 수행하고 주요 도로의 관측교통량과 배정교통량 및 오차율을 보고서에 제시한다. 통행배정결과의 정산을 위해 이용되는 관측교통량 자료는 국토해양부에서 매년 발간되는 ‘도로교통량통계연보’를 이용한다. 단, ‘도로교통량통계연보’상에 명시되어 있지 않은 지점의 경우 현장조사를 통해 직접 관측교통량자료를 수집할 수 있으며, 이 경우 조사 시기, 지점 및 방법 등 구체적인 조사내용을 보고서에 제시해야 한다.
- (2) 실제 조사를 통하여 얻은 관측교통량과 교통분석에서 얻은 배정교통량을 비교하여

모형의 현실모사 능력을 평가하는 과정에서 교통량 비교는 직접영향권 뿐만 아니라 간접영향권의 주요도로를 포함하며, 특히 사업시행으로 인하여 교통패턴의 변화가 현저할 것으로 예상되는 지점을 포함하여 교통량을 비교해야 한다.

- (3) 사업지를 포함하는 도로에 대한 정산지점의 선정은 사업지 외부 주요 고속국도 및 일반국도, 일정규모 이상의 지방도에 대해서는 코든라인과 스크린 라인을 활용하여 코든라인상의 도로 중 관측교통량(수시 혹은 상시, 지방자치단체 정기조사 자료를 말한다)이 존재하는 지점을 대상으로 한다. 사업지 인근의 주요 정산지점의 경우 동↔서, 남↔북간의 몇 개의 컷라인을 활용하여 사업노선과 경쟁하거나 사업노선과 접속되어 있는 주요 도로들 중 관측교통량이 존재하는 지점을 대상으로 한다.
- (4) 만일 주요 정산지점 중 지방 중소도시의 경우 정산지점의 관측교통량이 존재하지 않을 때에는 평일 3일간 교통량 조사를 수행하여 나온 평균값을 사용하도록 한다. 또한 정산지점의 선정은 장래 교통량 예측 및 편익 산정에 큰 영향을 주는 요소이므로 신설 사업으로 인하여 교통량의 변화 및 변화율 V/C ratio의 변화가 주된 지역의 선정이 우선시 되어야 한다.
- (5) 도로위계 및 교통량수준에 따라 오차기준은 달라야 하는데, 사업지 외부 코든라인은 20% 이내, 사업지 내부 컷라인 중 고속도로구간 및 일반국도구간은 10% 이내, 사업지 내부 컷라인 중 추가정산지점은 10% 이내로 하되 해당지역의 여건에 따라 허용 오차 기준을 만족시키지 못할 경우는 그에 대한 이유를 구체적으로 언급해야 한다.

$$\epsilon(\%) = \frac{f_l^{est} - f_l^{obs}}{f_l^{obs}} \times 100$$

단, f_l^{est} = 통행배정 분석 결과에 의한 링크의 추정교통량

f_l^{obs} = 링크의 관측교통량

- (6) 해당도로의 용량 및 자유속도가 평균값과 현저한 차이가 발생해 모형의 정산 및 편익 산출시 왜곡된 결과를 가져온다고 판단될 경우, 분석가는 통행배정 결과와 실측 결과를 바탕으로 그 값을 적정 수준으로 보정할 수 있다. 또한, 영향권 내 관측교통량과 배정교통량의 차이가 큰 링크, 통행속도가 비현실적인 링크에 대하여 Network의 도로상황을 현실적으로 재현하기 위하여 BPR식의 α 값 및 β 값을 보정할 수 있다. 다만, BPR식의 보정에 앞서 우선적으로 다음의 사항을 검토해야 한다.

- 해당 도로의 용량과 자유속도 반영여부
- 교통존의 추가 분할 필요성 여부
- 센트로이드 커넥터 연결 위치의 적절성

5.4.2 철도 통행배정모형의 정산

- (1) 철도부문의 통행배정 정산은 도로와 같이 허용오차 산정을 통해 수행하며, 철도



노선별로 총 수송실적 f_l^{obs} 과 해당 노선의 배정결과 f_l^{est} 의 차이를 나타내는 오차율이 허용 범위보다 작아야 한다. 정산 시 사용되는 수송실적 자료는 매년 발간되는 「철도통계연보」를 이용하여 수행해야 하나, 현재 철도통계연보에는 도시철도의 수송실적은 제공되고 있지 않아 이들 사업의 경우 별도의 수송실적자료를 취득해야 할 필요가 있다.

- (2) 현황 정산대상 철도노선에 해당되는 모든 transit line의 수요배정결과를 합하여 현황을 정산해야 한다. 허용범위는 사업 대상노선 및 인접 노선의 경우 10퍼센트(%), 기타 노선은 20퍼센트(%)로 설정한다. 만일, 단일 사업노선에 대한 수요분석이 아니고, 전국적인 철도망을 검토하는 경우에는 5대 주요 간선(경부선, 호남선, 전라선, 장항선, 중앙선)은 10퍼센트(%), 기타 노선은 20퍼센트(%)로 설정한다.

$$\epsilon(\%) = \frac{f_l^{est} - f_l^{obs}}{f_l^{obs}} \times 100$$

단, f_l^{est} = 통행배정 분석결과에 의한 특정 철도노선의 배정량(인, 인-km)

f_l^{obs} = 특정 철도노선의 수송실적(인, 인-km)

- (3) 철도역 실제 승하차인원 f_l^{obs} 과 배정결과로 나온 해당역의 승하차인원 f_l^{est} 의 차이를 나타내는 오차율이 허용범위보다 작아야 한다. 이 때, 현황 정산대상 철도역에 정차하는 모든 transit line의 수요배정 결과를 합하여 현황을 정산해야 하며, 허용범위는 사업 대상 노선의 주요 도시 정차역은 10퍼센트(%), 사업 대상 노선의 기타 정차역 및 비 대상노선의 주요 도시 철도역은 20퍼센트(%)로 설정한다. 다만, 단일 노선에 대한 수요분석이 아니고, 전국적인 철도망을 검토하는 경우에는 고속철도 정차역이나 주요 도시의 정차역은 10퍼센트(%), 기타 역은 20퍼센트(%)로 설정한다.

$$\epsilon(\%) = \frac{f_l^{est} - f_l^{obs}}{f_l^{obs}} \times 100$$

단, f_l^{est} = 통행배정 분석결과에 의한 특정 철도역의 배정량(인)

f_l^{obs} = 특정 철도역의 승하차 인원(인)

- (4) 현재 배포되고 있는 국가교통DB의 O/D를 사용할 수밖에 없는 상황에서는 하나의 교통존 센트로이드에서 행정동 전체의 모든 통행량이 발생하는 것을 가정하고 있기 때문에, 역별로 수요를 정산하는 데 매우 커다란 어려움이 있다. 또한 센트로이드의 위치를 결정하는 방법이 임의적이기 때문에, 센트로이드의 위치에 따라 역별로 추정되는 순승차인원이 커다란 영향을 받는다.
- (5) 역별 수요 정산방안으로는 통행배정 파라미터 조정, 노선별 속성값 조정, 존 세분화, 커넥터의 추가 및 조정, 접근 도로망의 상세화 등 여러 가지 방법이 있을 수 있다.

철도부문 사업의 경우 차내 통행시간만큼이나 차외 통행시간도 교통수요 추정 시 중요한 변수로 작용하므로 이상의 정산방안을 적용할 때 차외 통행시간을 적절히 반영해야 할 것이다.

5.5 장래 교통수요의 추정

5.5.1 장래 도로수요 추정

- (1) 사업시행의 효과를 분석하기 위해서는 사업 시행 시와 사업 미시행 시의 교통패턴의 차이를 비교해야 한다. 사업시행 대안에 대해서는 사업 미시행 시의 Network에 사업 구간을 반영하여 사업시행으로 인한 교통패턴의 변화를 분석한다.
- (2) 사업미시행시 교통수요의 경우, 제시된 장래 O/D에 장래 Network를 기반으로 통행 배정을 실시하여 영향권 내 교통량을 추정한다.
- (3) 사업시행 시 교통수요 추정의 경우, Do-minimum대안에서 만들어진 수단별 O/D에 대상사업을 추가(신설사업)하거나 링크 속성을 변경(개선사업)한 Network를 적용하여 통행배정을 실시하여 영향권 내 교통량을 추정한다.

5.5.2 장래 철도수요 추정

- (1) 지역 간 및 도시철도 사업의 경우 사업 미시행 시와 사업 시행 시의 교통패턴의 차이를 비교해야 한다. 이때 사업 시행 대안은 사업 미시행 시의 네트워크에 해당 철도부문 사업구간을 추가하여 사업 시행에 따른 교통패턴의 변화를 분석하게 된다.
- (2) 무엇보다도 도로부문 사업과 달리 철도부문 사업의 시행은 수단분담률에 상당한 변화를 초래한다. 따라서 사업 시행에 직접적으로 영향을 미치는 지역, 즉 직접영향권을 포함하는 시 혹은 몇 개 자치구에 대한 수단분담률 변화를 제시해야 한다.
- (3) 철도부문 사업의 시행은 주변 도로뿐만 아니라, 일부 사업의 경우에는 주변 철도노선에도 적지 않은 영향을 미치게 된다. 따라서 주변 도로 및 주변 철도노선에 미치는 변화에 대해서도 개통연도를 기준으로 제시해야 한다. 또한 기준연도 대비 장래 연도 교통수요 추정 결과의 변화추이를 설명할 수 있도록 기준연도 수단분담률과 정산 교통량 등을 포함하도록 한다.
- (4) 철도부문 사업의 추정 교통량은 총승하차인원 뿐만 아니라, 순승하차인원과 환승승하차인원으로 구분하여 제시해야 한다. 장래 각 목표연도별로 1일 단위로 승차와 하차를 구분하여 역별로 순승하차인원, 환승승하차인원, 총승하차인원으로 구분하여 제시하되 필요시 첨두와 비첨두시로 구분한 결과를 추가적으로 제시할 수 있다.



해설 5. 경제성 분석

1. 개요

- (1) 철도사업과 같은 대규모 공공투자는 국가경제정책 전반에 걸쳐 매우 중요하다.
- (2) 대규모 투자사업은 기업이나 소비자의 입지선택에 영향을 주거나 지역경제에 미치는 영향이 크기 때문에 보다 포괄적인 분석을 통한 투자사업을 수행해야 한다.
- (3) 또한 제한된 예산을 효율적으로 집행하기 위해서 경제성이 검증된 사업에 대한 투자 우선순위를 결정하는 것도 매우 중요한 문제이다.
- (4) 사업의 우선순위를 선정하기 위해 객관적인 평가를 수행해야 하므로, 그 기법을 경제성 분석으로 하고 있다.
- (5) 경제성 분석은 평가대상 사업이나 비교대안에 대한 사회적 편익과 사회적 비용을 비교하여 투자여부를 판단하고 정책결정자의 의사결정을 지원하는 기법이다.
- (6) 또한, 경제성 분석은 철도신선건설 및 개량사업에 대한 총 편익과 총 비용을 비교 분석하여 사업의 경제적 효율성과 투자의 타당성을 가늠해 보기 위한 과정이다.
- (7) 경제성 분석의 상세한 업무수행방법 및 내용은 최근 국토부, KDI 등에서 시행한 평가지침 등을 참고하여 정리한다.

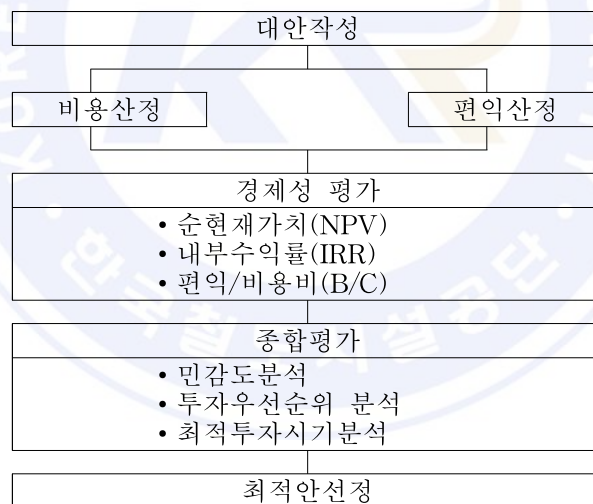


그림 2. 경제성 분석 절차

2. 경제성 분석의 주요 전제

2.1 할인율

- (1) 할인율이란 각기 다른 시기에 발생하는 비용과 편익을 현재가치로 환산하여 비교 할 수 있도록 하기 위한 비율(Rate)이다. 따라서 가치척도의 기간별 가치변화율로 정의 될 수가 있다.
- (2) 할인율은 자본의 기본비용(Opportunity Cost Of Capital)을 토대로 하여 설정된다.

- (3) 자본의 기회비용이란 같은 금액의 자본을 다른 기회에 투자하였을 때의 수익률을 말한다. 그런데 기준연도 시점에서 불변가격으로 모든 비용과 편익이 추정되므로 실질 할인율이 산정되어야 한다. 경상할인율과 실질할인율의 관계는 다음과 같다.

$$1 + \text{경상할인율} = (1 + \text{실질할인율}) \times (1 + \text{물가상승률})$$

- (4) 현재의 소비와 장래의 소비간의 한계대체율에 의한 할인율은 현실적으로 산정하기 힘들기 때문에 일반적으로 자본의 기회비용은 은행의 이자율을 할인율로 이용하는 경우가 대부분이다. 「도로·철도 부문 사업의 예비타당성 조사 표준지침연구(제5판), (KDI 2008. 12)」에서 실질할인율인 5.5%를 제시하고 있다.

2.2 분석 기준연도 및 분석 기간

- (1) 분석 기준연도는 할인되는 분석의 기준일을 해당 사업의 분석이 착수된 전년도말로 하며, 분석기간은 공사가 완료된 후 30년을 적용하도록 한다.
- (2) 최종 분석연도가 기본자료(O/D 및 네트워크) 최종 제공연도 이후로 설정되는 경우에는 기본자료 최종 제공연도~최종 분석연도까지의 편익 증가율은 '0'으로 가정한다.

3. 경제성 분석 기법

3.1 순현재가치 방법(NPV : Net Present Value)

- (1) 순현재가치 방법은 평가 대상기간의 모든 비용과 편익을 현재 가치로 환산하여, 총 편익에서 총 비용을 뺀 값을 바탕으로 사업의 경제적 타당성을 평가하는 기법이다.
- (2) 편익과 비용의 할인된 금액의 차를 순현재가치로 정의하고, 그 크기가 클수록 우세한 안으로 평가한다.

$$\begin{aligned} NPV &= \sum_{t=0}^n \frac{B_t}{(1+r)^t} - \sum_{t=0}^n \frac{C_t}{(1+r)^t} \\ &= (B_0 - C_0) + \frac{(B_1 - C_1)}{(1+r)^1} + \frac{(B_2 - C_2)}{(1+r)^2} + \\ &\quad \dots + \frac{(B_n - C_n)}{(1+r)^n} \end{aligned}$$

여기서, B_t = t 년도의 편익

C_t = t 년도의 비용

r = 사회적 할인율(이자율)

n = 교통사업의 평가기간

- (3) 순현재가치가 양(+)의 값이면 편익이 비용을 초과하는 것으로 그 사업은 경제적 타당성이 있는 것으로 평가되며, 음(-)의 값을 나타내면 투입된 비용보다 편익이 적어 그 사업은 경제적으로 타당하다고 할 수 없다.



3.2 편익/비용 비율방법(B/C ratio)

- (1) 편익/비용 비율은 평가기간 동안에 발생하는 총 편익을 총 비용으로 나눈 비율이 가장 큰 대안을 최적대안으로 선택하는 방법이다. 편익/비용 비율이 1을 넘어서면 사업으로 인해 얻는 편익이 투입된 비용보다 많다는 것으로, 그 사업은 경제적 타당성이 있는 것으로 평가한다. 여기서 매년 발생하는 비용과 편익은 할인율을 적용하여 현재 가치로 환산하여 사용한다.

$$\begin{aligned} B/C &= \sum_{t=0}^n \frac{B_1}{(1+r)^t} - \sum_{t=0}^n \frac{C_1}{(1+r)^t} \\ &= \frac{\text{총 편익의 현재가치}}{\text{총 비용의 현재가치}} \end{aligned}$$

- (2) 편익/비용 비율은 비용과 편익이 발생하는 시간을 고려할 수 있고, 다른 평가기준보다 이해가 쉬워 경제성 평가에 가장 많이 사용하는 방법이다. 그러나 현재가치로 환산하기 위해 할인율을 사용하고 있어 적정 할인율을 적용하는 것이 올바른 평가의 주요 관건이다.
- (3) 편익/비용 비율방법에서 문제가 되는 것은 비교 대안의 성격이 상호배타적일 경우에 발생된다. 여기서 상호배타적인 사업은 상호경쟁적 사업으로 사업의 규모나 사업시기를 결정할 때 어느 한 대안을 선택하면 나머지 대안은 자동적으로 고려대상에서 제외되어 버리는 사업을 말한다. 이런 경우 편익/비용 비율 방법은 사업비용 1단위당 편익이 얼마만큼 발생하는가를 나타내므로 소규모사업이 대규모사업보다 높은 편익/비용 비율을 갖게 될 가능성이 크다.

3.3 내부수익률 방법(IRR : Internal Rate of Return)

- (1) 내부수익률 방법은 투자사업이 원만히 진행될 경우 기대되는 총 편익의 현재가치와 총 비용의 현재가치가 같아지는 할인율을 말한다.
- (2) 즉 현재가치가 “0”이 되는 할인율이란 건설비와 운영비를 포함한 총 비용을 사업평가기간 동안에 모두 회수함과 동시에 수익을 창출할 수 있는 비용의 가득력을 말한다.
- (3) 그러므로 그 사업에 투자된 비용의 수익성(내부수익률)이 다른 사업에 투자함으로써 얻을 수 있는 최대 수익된 자본의 기회비용(사회적 할인율)보다 클 경우 그 사업은 경제적 수익성이 있다고 본다.

$$IRR: \sum_{t=0}^n \frac{B_1}{(1+r)^t} = \sum_{t=0}^n \frac{C_1}{(1+r)^t}$$

3.4 초기년도 수익률 방법(FYRR : First-Year Rate of Return)

- (1) 초기년도 수익률이란 첫 편익이 발생한 연도까지 소요된 총 비용으로 첫째 발생한 편익을 나눈 값을 말한다. 이는 편익이 발생한 첫 연도가 나머지 연도들에 대하여 대

표성을 가진다는 전제를 바탕으로 한다. 그렇기 위해서는 초기년도에 많은 편익이 창출되고 그 이후 연도부터는 일정수준의 편익이 발생하는 사업의 평가에는 적합하다.

- (2) 그러나 대부분 교통사업은 사업 후에 수요가 증가하므로 해가 갈수록 편익이 증가하는 경우가 많아 이 방법은 적합하지 않다고 할 수 있다. 그렇기 때문에 초기년도 수익률은 사업의 타당성 평가보다는 사업을 언제 집행할 때의 수익률이 가장 높은가를 평가하는 사업의 최적 집행시기를 결정하는데 주로 이용된다.

$$FYRR = \frac{(B_1 - C_1)}{C_0} \times 100$$

여기서, B1 = 개통후 첫해의 편익
 C1 = 개통후 첫해의 비용
 C0 = 개통시까지의 비용

표 7. 경제적 분석 기법의 장·단점 비교

기법	장 점	단 점
순현재 가치 (NPV)	<ul style="list-style-type: none"> • 대안선택에 있어서 정확한 기준을 제시한다. • 편익의 현재가치를 제시해준다. • 한계순현재가치를 고려하여 여러 가치를 분석 	<ul style="list-style-type: none"> • 할인율 또는 자본의 기회비용을 알아야 한다. • 비용·편익비와 같이 이해하기 쉽지 않다. • 상대적 기준이 아니므로 대안의 우선 순위 결정에 있어서 애매한 결정이 가능하다.
비용· 편익비 (B/C Ratio)	<ul style="list-style-type: none"> • 이해하기 쉽다. • 사업의 규모를 고려할 수 있다. • 비용·편익이 발생하는 시간을 고려 할 수 있다. 	<ul style="list-style-type: none"> • 비용과 편익, 즉 분모와 분자를 명료하게 구분하기 힘들다. • 대안이 상호배타적일 때는 대안 선택에 오류가 있을 수 있다. • 할인율을 반드시 알아야 한다. • 배타적인 대안들이 있을 때 최적인 선택이 복잡하다.
내부 수익률 (IRR)	<ul style="list-style-type: none"> • 사업의 수익성을 측정할 수 있다. • 평가과정과 결과를 이해하기 쉽다. • 다른 대안과 비교하기 쉽다. 	<ul style="list-style-type: none"> • 사업의 절대적 규모를 고려하지 못한다. • 몇 개의 내부수익률이 동시에 도출될 가능성이 있다. • 배타적인 대안들이 있을 때 최적인 선택이 복잡하다.
초기 년도 수익률 (FYRR)	<ul style="list-style-type: none"> • 계산이 쉽다. • 이해하기 쉽다. • 사업의 최적집행시기 결정에 주로 이용 	<ul style="list-style-type: none"> • 초기년도를 정하기 어렵다. • 편익과 비용이 발생하는 시간을 고려하지 못한다. • 할인율(자본의 사회적 비용)을 고려하지 않는다.



4. 비용과 편익

4.1 개요

- (1) 철도건설사업에 소요되는 비용과 국가와 사회적으로 영향을 얻게 되는 각종 편익을 비교하여 투자의 효율성을 판단한다.
- (2) 철도건설사업의 주요비용 항목은 건설비, 운영비 및 보수유지관리비 등이 있다.
- (3) 편익 항목은 크게 사용자 편익인 직접편익과 비사용자 편익인 간접편익으로 구분된다.

4.2 비용산출

4.2.1 철도건설사업비

- (1) 철도건설사업비는 철도건설사업의 총 사업비를 말한다.
- (2) 철도건설사업비는 사업의 평가에서 가장 중요한 비중을 차지한다. 그러므로 가능한 정확하게 추정해야 한다.
- (3) 그러나 건설사업비를 정확하게 산출하기 위해서는 실시설계를 시행해야하나 많은 비용과 시간이 필요하고, 사업의 시행여부를 결정하기 전에 실시설계를 시행할 수 없으므로 예비타당성조사, 기본계획수립조사 단계에서 산정하는 것이 일반적이다.
- (4) 건설사업비는 세부사업별 공사비와 용지보상비 및 부대경비(설계 및 관리비)로 나누어지며, 공사비는 공사무량과 공사비 및 재료비를 포함한 비용을 추정하는 것이 일반적이다.
- (5) 건설사업비는 사업을 구성하는 단계에서부터 투자를 완성하는 단계(영업개시이전)까지 항상 관심의 대상이 되는 것이므로 다음과 같은 단계를 거쳐 산출하는 것으로 본다.

<1단계> 건설사업을 구상할 때 개략적으로 추정하는 건설비

<2단계> 예비타당성조사에서 추정하는 개략건설비

<3단계> 기본계획수립조사에서 추정한 자료로 기본계획수립에서 정한 건설비

<4단계> 기본설계에서 산출한 건설사업비

<5단계> 실시설계에서 산출한 건설사업비

<6단계> 공사입찰 또는 계약 후 결정된 도급공사비를 기준 하여 산출하는 건설사업비

<7단계> 건설사업 완료 후 정산한 건설사업비

4.2.2 철도운영 및 보수유지관리비

4.3 편익산출

4.3.1 개요

- (1) 철도건설사업은 투입한 경제적 비용을 초과하는 수준의 편익을 기대할 수 있는 경우에는 타당성이 있다고 본다.

- (2) 편익이란 건설사업시행에 따른 여러 효과 중 수송비용 또는 국가경제적비용의 절약이나 만족감의 증대와 같은 이익으로 표현될 수 있다.
- (3) 철도건설사업의 효과에는 국가경제에 이익이 되는 양(陽)의 편익만 있는 것이 아니고 음(陰)의 편익도 나타나므로 이를 뺀 것을 순편익이라 한다.
- (4) 이와 같은 순익을 정확하게 측정하여 비용과 비교 가능한 형태로 개량하는 과정이 경제성 분석의 가장 핵심적인 요소이며, 기회비용을 나타내는 잠재가격으로 화폐가치화 함으로써 타당성 여부를 판단 할 수 있다.
- (5) 수송부문 투자사업의 편익을 측정하는 것은 비용을 산출하는 과정보다 복잡하고 어려운 이유는 다음과 같다.
 - ① 투자사업의 편익은 장기간에 걸쳐 여러 계층의 사람들에게 영향을 미치므로 장기 예측이 필요하며 따라서 불확실성을 내포할 수 있다.
 - ② 사업으로 파생되는 편익 중에는 계량화가 거의 불가능한 항목도 있다.
 - ③ 수송체계는 다른 경제체계와 타부분과는 깊은 관련성이 있어 간접효과를 파악하기 어렵다.
- (6) 편익항목의 산출과 측정과정에서는 편익의 창출과정과 수혜대상, 편익의 정도(질 또는 양) 및 가치의 측정, 불확실성과의 연관도 등을 면밀하게 검토해야 한다.
- (7) 투자사업 편익을 측정하는 기본원칙
 - ① 투자사업의 총 편익(사회적 편익)은 그 사업 때문에 영향을 받는 사회구성원, 개개인의 편익합계이다.
 - ② 사회구성원 개개인의 편익은 그 사업에 대한 개인의 지불의사로 표현한다.
- (8) 철도건설사업 시행으로 인해 발생하는 편익은 이윤추구가 기본목표인 사기업의 경우와 달리 여러 방면에 걸쳐 나타나며, 편익의 총 가치는 수혜자 뿐만 아니라 간접수혜자의 영향도 포함한 편익(즉 사회적 편익)임을 의미한다.

4.3.2 직접편익과 간접편익

교통시설 투자사업의 시행으로 발생하는 편익은 교통 측면의 편익인 직접편익과 교통개선으로 인한 사회적 편익인 간접편익으로 구분할 수 있다.

(1) 직접편익

교통시설사업 시행 시 교통시설의 이용자들에게 발생하는 직접편익으로는 차량운행비용 절감, 통행시간 절감, 교통사고 감소, 쾌적성 증가, 정시성 향상, 안정성 향상 등을 들 수 있다. 이 가운데 차량운행비용절감, 통행시간 절감, 교통사고 감소 등의 편익을 화폐가치화 하는 작업은 비교적 용이하나, 교통의 쾌적성, 정시성, 안정성 향상 등의 효과는 개인별 주관적 만족도에 따라 가치가 달라질 수 있기 때문에 화폐가치화 하는데 어려움이 수반된다.



(2) 간접편익

간접편익은 교통시설사업 시행 시 교통시설 이용에 관계없이 모든 사람에게 발생하는 파급효과로 환경비용 절감, 지역개발효과, 시장권 확대, 산업구조 개편효과 등을 들 수 있다.

철도부문 사업의 경우 전환수요에 의한 고속도로 유지관리비 절감, 주차수요 감소로 인한 주차공간 기회비용 절감, 공사 중 교통혼잡 및 도로공간 축소로 인한 부(-)의 편익 등을 추가적으로 고려할 수 있다.

환경비용 절감편익의 경우 대기오염, 소음 등 일부 항목을 계량화하는 연구 성과가 축적되어 비용·편익 분석에 반영할 수 있다. 그러나 지역개발효과, 시장권 확대, 산업구조 개편효과 등이 실현되기 위해서는 교통시설사업 이외의 분야에 대한 투자가 병행되어야 하기 때문에 계량화에 어려움이 따르고, 투자의 구축효과(Crowding Out Effects) 등으로 비용편익 분석의 편익으로 직접 산정하는 데는 논란의 여지가 있어 편익항목에는 포함하지 않는다.

또한, 고속도로 유지관리비 절감편익의 경우 반영할 필요는 있지만, 계량화가 용이하지 않다.

편익항목 중에서 철도사업으로 인해 발생하는 도로 및 철도 여객의 통행시간 절감, 차량운행비 절감, 교통사고 절감, 주차비용 절감, 환경비용 감소 등 사회적으로 합의되고 현실적으로 계량화가 가능한 항목만을 편익으로 분석한다.

표 8. 철도 관련 투자사업의 편익항목

구 분		세 부 항 목
직접 편익 (이용자 편익)	철도 이용자 편익	<ul style="list-style-type: none"> • 철도(기존 및 신규 철도) 사용자 및 화물의 통행시간 절감 • 쾌적성, 정시성, 안정성 향상 등*
	타수단 이용자 편익	<ul style="list-style-type: none"> • 차량운행비용 절감 • 도로·철도 간 전환수요에 의한 통행시간 절감편익 • 항공/해운의 전환수요에 의한 편익* • 교통사고 감소 • 건널목 개선에 따른 사고/지체 감소*
간접편익 (비이용자 편익)		<ul style="list-style-type: none"> • 환경비용 절감(대기오염, 소음 절감 등) • 지역개발효과* • 시장권의 확대* • 지역 산업구조 개편* • 고속도로 유지관리비 절감* • 주차수요 감소로 인한 주차공간 기회비용 절감 • 공사 중 교통혼잡으로 인한 부(-)의 편익 • 철도부문 사업으로 인한 도로공간 축소에 따른 부(-)의 편익

주: *는 편익 산정 시 계량화하여 반영하지 못한 항목임.

5. 경제성 분석 결과의 제시

- (1) 경제적 타당성 평가 결과를 일정한 양식에 따라 제시하게 함으로써 사업간 비교가 가능하게 한다.
- (2) 대안별, 주요 연도별로 추정된 편익과 비용, 현재가치화된 편익과 비용, 비용편익분석 산출 결과를 제시하도록 한다.

표 9. 철도부문 사업의 경제성 분석 결과표(예시)

(단위 : 백만원/년)

연도	비용				편익						현재가치		비고
	건설비	차량구입비	철도운영비	소계	운행비용	시간편익	교통사고비용	환경비용	주차비용 등	소계	비용	편익	
2011	1,500			1,500							1,422		
2012	31,585			31,585							28,378		
2013	51,891			51,891							44,191		
2014	51,891			51,891							41,887		
2015	45,123			45,123							34,525		
2016	27,074	8,856		35,930							26,058		
2017	18,051	8,856	2,749	29,656							20,387		
2018	0	0	5,498	5,498	7,361	11,656	861	691	104	20,673	3,582	13,470	
2019	0	0	5,498	5,498	7,435	11,773	870	698	105	20,879	3,395	12,896	
...	
2035	0	17,712	5,498	23,210	8,718	13,804	1,020	818	123	24,483	6,086	6,420	대체투자비
2036	0	0	5,498	5,498	8,805	13,942	1,030	827	124	24,728	1,366	6,146	
...	
2043	6,028	0	5,498	11,526	8,805	13,942	1,030	827	124	24,728	1,969	4,225	대체투자비
...	
2047	-29,924	-11,178	5,498	-35,605	8,805	13,942	1,030	827	124	24,728	-4,911	3,411	잔존가치
합계	248,419	24,246	167,675	440,341	250,042	395,937	29,247	23,472	3,521	448,656	261,873	227,591	

B/C = 0.87 NPV = -34,282백만원 IRR = 4.2%

- 주) 1) 비용 중 차량구입비란 본 사업의 시행으로 인해 추가적으로 소요되는 철도차량의 구입비용을 말함
- 2) 비용 중 철도운영비란 본 사업의 시행으로 인해 추가적으로 운행되는 철도차량의 편익산정 영향권 내 운영비용을 말함
- 3) 편익 중 운행비용이란 본 사업의 시행으로 인해 공로상에서 변화되는 승용차, 버스, 트럭 등의 편익산정 영향권 내 운행비용을 말함
- 4) 잔존가치는 용지비, 재투자된 시설비와 차량구입비 등에 대해서 각각 마지막 연도에 (-)비용으로 반영함



6. 민감도 분석

6.1 민감도 분석의 목적

- (1) 공공시설을 운영하는 과정에서 예기치 못한 변동사항이 발생하며 각종 위험한 요소들이 존재한다.
- (2) 사업의 타당성을 사전에 평가할 때 변동사항을 미리 예견하여 이 변동사항이 공공사업 성패에 어떠한 영향이 미치는가를 분석하고 그 결과를 최종결정권자에게 제시해야 한다.
- (3) 이와 같이 장래에 발생 가능한 다양한 변동사항이 사업에 어떠한 영향이 미치는가를 분석하는 것을 민감도 분석이라 한다.
- (4) 비용편익분석은 장래에 발생하게 될 비용과 편익을 사전에 예측하는 것이므로 예측상의 오차가 발생할 수 있다.
- (5) 만약 두 개의 사업대안이 있을 경우 한 사업의 순현재가치가 다른 사업의 순현재가치보다 상당히 크면서 오차는 매우 적다면 최종 결정권자는 확신을 가지고 이 대안을 선택 할 것이다.
- (6) 그러나 사업의 순현재가치가 아무리 크다 해도 오차 역시 크다면 결정권자는 합리적인 결정에 큰 어려움을 갖게 된다.
- (7) 그러므로 민감도 분석을 통하여 사업에 영향을 미치는 주요 변수들이 불확실한 장래여건의 변화가 분석결과에 어떠한 영향이 미치는가를 분석해야 한다.
- (8) 일반적으로 민감도 분석에서 주요변수들은 건설비, 교통수요, 사회적 할인율, 기타관련사업의 변화 등이 있다.

6.2 민감도 분석과 위험도 분석

- (1) 건설사업의 경제성 분석은 미래에 대한 예측을 근거로 하기 때문에 비용과 편익의 추정은 어느 정도의 오차가 있을 것으로 생각한다.
- (2) 이때 현재 또는 미래의 상황을 적절한 확률분포로 표현할 수 있는 상황을 위험도라 하며, 확률로 나타낼 수 없는 경우를 불확실성이라고 한다.
- (3) 경제성 분석에서는 이와 같은 주요변수의 불확실한 여건의 변동이 분석결과에 어떠한 영향을 미치는가를 검토하는 것을 민감도 분석이라 한다.
- (4) 여건의 변동을 확률분포로 표현하며 기대치분석을 하는 경우를 위험도 분석이라 한다.
- (5) 민감도 분석과 위험도 분석의 주요대상
 - 건설비
 - 운영비 및 유지관리비

- 차량운행비
- 편익
- 공사시기

(6) 이들 변수의 변화는 단독으로 또는 여러 변수의 조합으로 나타날 수도 있으므로 민감도 분석과 위험도 분석은 건설사업의 특성에 따라 이들 변수의 중요성 그리고 내포된 불확실성과 위험도를 감안하여 적절한 대상에 대해 수행해야 할 것이다.

표 10. 경제적 타당성 분석의 민감도 분석 시행기준(예)

구분	적 용 범 위
비용	+10%, +20%, +30%, +40%, +50%
편익	-30%, -20%, -10%, +10%, +20%, +30%
할인율	3.5%, 4.5%, 6.5%, 7.5%

7. 투자 우선 순위

- (1) 선정된 대안의 NPV가 0보다 크고 B/C가 1보다 크며, IRR이 적용할인율보다 크면 그 대안은 타당성이 있다.
- (2) 그러나 현실적으로 제한된 가용재원을 더 효율적으로 사용하기 위해서는 상호배타적 이 아닌 사업의 경우에는 투자 우선 순위 정할 필요가 있다. 상호배타적인 사업인 경우에는 단계적 건설을 생각할 필요가 있다.
- (3) 따라서, 과업구간을 몇 개 구간으로 구분하거나, 건설의 수준을 조정하여 구간별로 경제성 분석을 수행하여 투자의 우선 순위 결정하는 것이 가용재원을 효율적인 사용방법으로 생각할 수 있다.
- (4) 철도건설사업에서 구간별 투자 우선 순위 결정하는 것은 가용재원에 한계가 있으며 구간별로 상호배타적인 사업이 아니므로, 투자 우선 순위는 IRR과 B/C 값에 따라 결정하되 IRR값을 우선으로 하여 결정한다.
- (5) 그러나 철도망 전체 측면에서 생각해야 할 사항은 단순한 특정노선을 건설할 경우와 철도망을 건설 할 때와는 그 방법이 다르다는 것이다.
- (6) 한 개의 철도건설사업 노선을 검토할 때에는 우선 순위가 생각될 수 없으나 건설의 수준을 결정하는 것이 일반적이다.
- (7) 그러나 철도망 또는 몇 개의 철도건설사업노선을 동시에 검토하거나 노선별 단독으로 운용이 될 수 있는 철도건설사업의 투자 우선 순위 검토하는 것이 그 대상이 될 수 있다.
- (8) 한정된 재원에 의한 투자 우선 순위를 정하기 위해서는 각 노선별 조합에 의해 그리고 연차별 투입 할 수 있는 재원의 제약에서 건설하였을 경우의 편익을 계산하여



순위를 선정해야 한다.

8. 최적투자시기 결정

- (1) 경제적 타당성이 인정되고 우선 순위 높은 철도건설사업이라 하더라도 그 사업을 연기하여 건설하는 것이 더 유리한 결과를 나타낼 수 있는 경우가 많다.
- (2) 일반적으로 경제성 분석은 건설사업을 시행하는 경우와 시행하지 않는 경우를 비교하는 것이다.
- (3) 특정한 건설사업인 경우는 5년이라는 시차를 둔 후에 건설하는 대안을 검토하면 당장 시작하는 것이 더 유리하다는 결과가 나올 가능성이 있을 수도 있으므로 건설사업의 투자시기 검토가 필요하다.
- (4) 최적투자시기 결정방법
 - ① 건설사업 시행은 1년 연기시켜가며 검토하여 순현재가치(NPV)가 최대가 되는 시기를 찾는 방법
 - ② 건설사업시행을 1년씩 연기시켜가며 초기연도 수익률(FYRR)이 적용할인율을 초과하는 연도를 찾아내는 방법이 있다.
 - ③ 건설사업시행을 연기할 경우 건설비를 그 동안 다른 용도로 이용할 수 있으므로 기회비용에 해당하는 만큼의 건설비가 절감되며 반면에 연기된 기간 동안의 편익이 감소하게 될 것이다.
 - ④ 건설사업시행을 1년씩 연기시키는데 따른 건설비의 절감분과 편익의 감소분을 비교하여 후자가 크면 사업시행을 연기하고 전자가 크면 사업을 연기하지 않는 것이 타당하다.

9. 생애주기비용 분석

9.1 필요성

- (1) 설계단계에서부터 건설공사비 및 철도건설사업 완성 후 수명기간 전체에 걸친 유지관리 비용까지 포괄하는 개념을 도입한 생애주기비용(Life Cycle Cost : LCC)의 분석이 필요하다.
- (2) 건설사업비는 비교적 저렴하지만 유지관리비용이 높은 철도건설사업이 완성되어 국가의 예산이 낭비될 수 있기 때문이다.
- (3) LCC의 시행으로 인한 기대효과로는 건설사업의 타당성 평가에 요구되는 비용정보를 제공하기 때문에 제안된 사업의 실행여부를 결정하거나 대안비교 및 자산관리에 유용하게 적용할 수 있다.
- (4) 비용항목의 정의가 어느 정도 가능한 설계단계에서 LCC 분석이 가장 많이 활용되

며, 여러 개의 설계대안 중 최적대안을 선정하는 수단으로 활용한다.

- (5) LCC의 구체적인 내용은 향후 관련제도의 도입 및 기술개발에 따라 보완하도록 하고, 여기에서는 기본개념만 소개하였다.

9.2 LCC 분석의 정의

- (1) 각각의 철도건설사업의 설계대안에 대하여 각종 주요비용을 경제수명의 범위에 걸쳐 등가 환산한 값으로 각 대안에 대한 경제성을 평가하는 분석기법이다.
- (2) LCC 기법에 중요한 포인트는 각 대안의 경제성을 평가할 때 시간적 등가를 환산하는 것이다.

9.3 주요비용요소

- (1) 철도건설사업 관리기관의 건설 및 유지관리 비용
- (2) 철도이용자 비용
- (3) 차량운영비용, 시간지체비용(혼잡과 교통지체), 교통사고비용 등
- (4) 기타
- (5) 환경비용, 제도적인 비용, 철도건설사업에 관련된 비용 등
- (6) 농업, 산업 혹은 개발이익 등

9.4 LCC의 진행절차

9.4.1 LCC의 분석

- (1) 기존 시설물의 자료를 근거로 철도시설물을 사용할 때 발생하는 실제 비용을 계산한다.
- (2) 철도건설사업 설계 시 비용절감 방안을 결정한다.

9.4.2 LCC의 계획

- (1) 건설사업 건설 시 소요되는 총 비용을 계산한다.
- (2) 건설사업 초기건설비와 보수, 유지관리비를 계산하여 상호비교한 후 최적 안을 선택한다.

9.4.3 LCC의 관리

- (1) LCC 분석에 따라 계산된 보수유지관리비 절감방법을 생각한다.
- (2) LCC 분석에 따라 사용중인 시설물의 유지관리비를 절감하고 다음 과업에 효과적인 LCC 기법을 적용한다.



해설 6. 재무분석

1. 재무분석의 목적

- (1) 재무성 분석의 목적은 사회전체의 입장이 아닌 해당사업이 운영주체에게 충분한 대가와 수입을 보장하는지, 즉 투자비 회수가 가능한지를 밝히고 운영주체의 자금능력과 사업시행에 따른 재무상태를 상호 비교 검토하여 운영주체의 재무상태에 어떤 영향을 미칠 것인가를 평가하기 위해서 시행한다.
- (2) 재무성 분석은 경제적 타당성 분석 결과 경제적으로 타당성이 있는 것으로 판정된 즉, 편익/비용(B/C) 비율이 1.0 이상인 사업의 경우에 한하여 이루어지는 것을 원칙으로 하며 분석은 사업비, 운영비 등의 비용과 수요에 따른 재무적인 요금 산정 결과를 가지고 사업 운영주체의 관점에서 분석이 이루어지므로 경제성 분석에서 산정된 결과에 대한 적정성 검토는 고려하지 아니할 수 있다.
- (3) 경제적 타당성 분석은 공공사업의 순편익이 다른 투자기회로부터 얻을 수 있는 것보다 더 큰 순편익을 얻을 수 있는지 국가적 차원에서 경제적 비용과 편익을 측정·비교하는 것인데 반해 재무성 분석은 해당사업이 운영주체에게 충분한 대가를 보상하며 투자비용의 회수가 가능한지를 증명하고 운영주체의 자금능력과 사업의 재무상태를 상호 비교하여 운영주체의 재무상태에 어떤 영향을 미칠 것인가를 평가하기 위한 수익성 분석의 개념이다.
- (4) 그러므로 경제성 분석과 재무성 분석에 이용되는 자료는 서로 다를 수 있다.

표 11. 경제성 평가와 재무성 평가 비교

구분	경제성평가	재무성 평가
평가의 관점	국민경제적 입장	개별사업주체의 입장
추정가격	잠재가격	시장가격
세금, 이자비용 등 이전비용	제외	포함
적용될 할인율	사회적할인율	시장이자율(재무적할인율)

2. 재무분석의 방법

재무성 분석은 공공부문에서 수행되고 있는 경제성 분석과는 손익의 범위가 다르며, 사업시행자의 수익성이 가장 중요시되는 것이 일반적이다. 최근까지 각종 사회간접자본시설사업이 민간에 따라 시행되고 있으나 현재까지는 일관된 사업성분석을 위한 수익성 분석기법 등이 정립되어 있지 않아 사업의 성격에 따라 그 적용여부가 상당한 차이를 나타내고 있다.

과거 사회간접자본시설사업 투자분석에 주로 적용된 재무성 분석기법은 투자비 및 향후 운영업현금흐름을 사업시행자의 한계차입이자율, 자기자본기회비용 및 사업의 위험 등을 고려하여 산정된 가중평균자본비용(할인율)으로 할인하여 분석하는 현금흐름할인법(FNPV법 등)과 투자비와 향후 운영업현금흐름의 현재가치를 일치시키는 수익률을 산정하여 분석하는 수익률법(FIRR법 등)으로 대분류되며, 이 외에도 현재가치로 환산된 수입/비용비를 산정하여 평가하는 수입/비용 비율법이 활용되고 있다.

2.1 재무적 순현재가치법(FNPV : Financial Net Present Value)

- (1) 사업에 투자함으로써 예상되는 순화폐이득이나 손실을 계산하는 현금흐름할인법으로서 요구수익률을 사용하여 모든 예상되는 미래의 현금유입과 현금유출을 현재시점으로 할인하여 계산하는 방법으로 모든 조건이 동일하다면, 순현재가치가 높은 투자안이 순현재가치가 낮은 투자안 보다 더 좋은 투자안으로 평가된다.
- (2) 재무적 순현재가치법(FNPV)은 현재가치로 환산된 장래의 연도별 수입의 합계에서 현재가치로 환산된 장래의 연도별 비용의 합계를 뺀 값이 되며, 투자사업의 전 사업기간에 걸친 총수익과 총비용을 적합한 이자율로 할인한 다음 그 차를 구하여 순수익을 계산한다.
- (3) 분석방법 적용상의 제약은 적합한 할인율(자본의 기회비용)의 산출이 가장 큰 관건이며, 일반적으로 FNPV가 정(正)의 수치인 경우 재무성이 있다고 판단하는데 정(正)의 FNPV는 자본비용을 회수하고서도 잉여가 발생한다는 것을 의미하기 때문에 사용한 할인율을 정확히 반영한다면 FNPV가 정(正)인 모든 투자사업은 집행가치가 있는 것으로 판단한다.
- (4) 재무적 순현재가치를 구하는 기본식은 다음과 같다.

$$FNPV = \sum_{i=0}^n \frac{R_i}{(1+r)^i} - \sum_{i=0}^n \frac{C_i}{(1+r)^i}$$

R_i : i 년도의 수입,

C_i : i 년도의 지출비용

r : 재무적 할인율,

n : 사업의 내구년도(분석기간)

- (5) 미래의 예상현금흐름(Expected cash flow)을 이자율(r)로 할인하여 사업의 가치(Net Present Value)를 구하게 되고 FNPV값이 양이나 음이냐에 따라 위의 사업에 투자할 것인가를 결정하는 방안으로 정확한 분석을 위해서 질적(Qualitative) 사항들도 고려해야 한다.

2.2 재무적 내부수익률법(FIRR : Financial Internal Rate of Return)

- (1) 예상현금유입액의 현재가치를 예상 현금유출액의 현재가치와 일치시키는 투자안평가법으로, 사업 수익성 또는 채산성의 판단기준으로 사용 가능하다.



- (2) 재무적 순현재가치법이 더 유용함에도 불구하고, 실무에서는 재무적 내부수익률이 광범위하게 사용되는데, 이는 재무적 내부수익률이 이해하기가 더 쉬우며, 대부분의 경우 어떤 모형을 사용하더라도 의사결정에 영향을 받지 않는 사항을 반영한 것이다.
- (3) FNPV의 대소는 투자사업평가의 기본적인 기준이 될 수 있으나 비교할만한 대안투자사업이 없거나, 예산제약이 없을 때는 FIRR기법이 유용하게 사용될 수 있다.
- (4) 내부수익률이 자본비용보다 높을 경우 재무적 타당성이 있다고 판단한다.
- (5) 다음과 같은 관계를 성립시키는 할인율(r)이 재무적 내부수익률이다.

$$\sum_{i=0}^n \frac{R_i}{(1+r)^i} = \sum_{i=0}^n \frac{C_i}{(1+r)^i}$$

2.3 수입/비용 비율법(Revenue/Cost Ratio 또는 수익성 지수)

- (1) 수입/비용비는 수입을 비용으로 나눈 비율의 결과가 가장 큰 대안을 선택하는 방법이다.
- (2) 수입/비용비는 현재가치로 환산된 수입/비용비로 나타나는 것으로 일반적으로 장래에 발생하는 수입과 비용을 현재가치로 환산하기 위해 할인율이 필요하게 된다.
수입 / 비용비 = 수입의 현재가치 / 비용의 현재가치
- (3) 수입/비용비분석 방법의 제약(문제점)으로는 비율은 추상화된 비율이며, 상대적 타당성에 대한 절대적 척도는 아니기 때문에 사업의 타당성 측정은 가능하나 여러 가지 사업간 상대적 수입의 척도로는 불충분하며, 수입, 비용항목의 구분여하에 따라 비율이 상이하게 나타나기 때문에 평가기준의 신뢰성이 저하될 수 있다.
- (4) 일반적으로 $R/C \text{ Ratio} \geq 1$ 인 경우 수익이 발생하는 것으로 평가하며, 상이한 사업이 존재할 경우 $R/C \text{ Ratio}$ 의 값이 클수록 유리하다.

해설 7. 종합평가

- (1) 국가의 공공투자사업은 사기업의 경우와 달리 지향하는 목적이 다양하므로 평가의 기준도 다양하다.
- (2) 경제성 분석은 사업에 소요되는 사회적 비용과 건설사업으로 인하여 발생할 사회적 편익을 비교 분석하는 것이므로 사업의 효과에 대한 분석에 불과하다고 말할 수 있다.
- (3) 국가는 건설사업으로 인하여 민간부문에 미칠 다양한 효과에 책임이 있으므로 투자사업의 종합평가는 다음과 같은 사항을 추가로 검토하여 정책결정을 유도해야 한다.
 - ① 경제성 분석 결과는 일반적 분석지표인 순현재가치, 편익, 비용비 또는 내부수익률로 나타나는데 평가가 끝나는 것이 아니다. 경제성 분석에서 화폐가치화 할 수 없는 항목을 제외하고 소득의 배분을 분석할 수 없으므로 경제성 분석 결과는 반드시 이와 같은 한계점을 충분히 기술하여 정책결정에 참고가 되도록 해야 한다.
 - 가. 일반적으로 철도건설사업의 경제성 분석은 운행비의 감소나 시간단축의 효과만이 손쉽게 화폐가치화 할 수 있으므로 개량화와 화폐가치화 할 수 없는 간접효과, 즉 지역개발 효과나 환경에 미치는 영향 등을 제외하는 경우가 많으므로 이와 같은 효과에 대해서도 객관적으로 검토해야 한다.
 - 나. 뿐만 아니라 이 같은 효과들이 어떤 부류의 사람들에게, 어떤 지역에 또한 어떤 산업부문에 어느 정도의 영향을 미치게 될 것인가에 대하여도 검토해야 한다.
 - 다. 경제성 평가는 대체 장기적 미래예측에 근거를 두고 있으므로 미래의 각종 불확실성에 대한 검토도 해야 한다. 이에 대비하여 민감도 분석을 하므로 이 분석결과와 함께 미래의 불확실성이 개재된 변수를 종합적으로 기술해야 한다.
 - <예> - 비용편익비가 1.0 이하라도 경제성 분석에서 제외된 간접효과가 상당부분 예상되거나 그 효과가 사회복지에 크게 이바지 할 것으로 나타난다면 그 사업은 채택될 수 있다.
 - 반면에 비용, 편익비가 1.0이상이라 하여도 미래의 변수에 많은 불확실성이 개재되어 있고 계량화 할 수 없는 부정적인 요소들이 많다면 그 사업은 재검토할 수도 있다.
 - ② 재무분석이나 재원의 조달방안은 경제성 분석과는 별개의 문제이나 사업의 주체에 따라서는 중요한 평가기준의 될 수도 있다.
 - 가. 경제성 분석은 재원조달이 일차적으로 가능하다는 전제 아래 검토되는 것이며, 주어진 재원의 한계 내에서 최적인 방안을 찾는 것이라기 보다는 설정된 몇 개의 대안 중에서 최적대안을 선정하는 것이므로 재무여건 즉, 재원 이용의 효율성 및 자금조달방안 등을 포괄적으로 나타내 주지는 못한다.

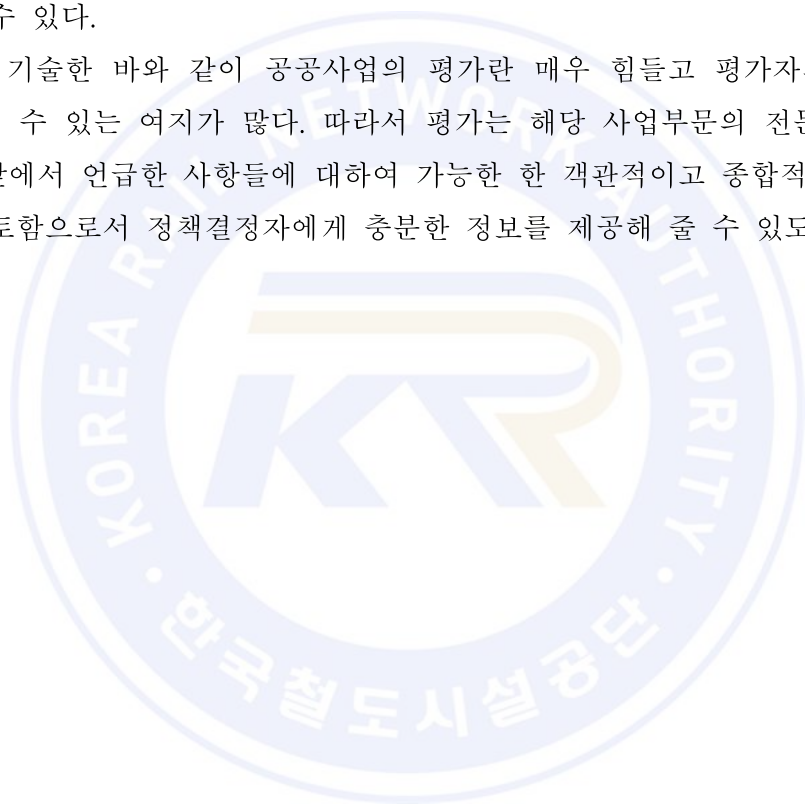


나. 따라서 경제성 분석과 별도로 재무분석이나 재원조달 방안의 검토가 필요할 수 있으며, 유료도로의 경우에 도로통행료수입 예상액은 부채상환 능력과 직결되므로 평가항목의 하나가 된다.

- ③ 공공사업의 환경에 미치는 영향에 대한 국민의 관심이 높아지고 있을 뿐만 아니라 환경영향평가도 법으로 실시하게 되어 있으므로 환경에 미치는 영향도 충분히 고려해야 한다.

가. 환경영향평가는 해당 공공사업의 경제, 사회 및 자연환경의 전반적인 부분에 미치는 영향을 각 부문별 및 항목별로 세분하여 개별적으로 사업의 영향을 분석하는 것으로 사업의 시행 전에 수행하면 경제적 분석 결과와 함께 종합평가에서 참고로 할 수 있다.

나. 이상에 기술한 바와 같이 공공사업의 평가란 매우 힘들고 평가자의 주관에 따라 좌우 될 수 있는 여지가 많다. 따라서 평가는 해당 사업부문의 전문가가 수행해야 하며, 앞에서 언급한 사항들에 대하여 가능한 한 객관적이고 종합적인 입장에서 비교·검토함으로써 정책결정자에게 충분한 정보를 제공해 줄 수 있도록 해야 한다.



RECORD HISTORY

Rev.0('12.12.5) 철도설계기준 철도설계지침, 철도설계편람으로 나누어져 있는 기준 체계를 국제적인 방법인 항목별(코드별)체계로 개정하여 사용자가 손쉽게 이용하는데 목적을 둬.

