

도로설계 단계별 세부수행 내용

박 석 주* · 이 정 의** · 임 부 영***

1. 머리말

도로사업이 일반인에게 이용될 수 있는 시설로 완성되기까지는 사업의 필요성을 경제적, 정책적인 측면에서 사전에 검토하여, 구체적인 설계기준과 시설규모 검토를 하는 예비타당성 조사단계, 노선대 선정 및 경제성 검토를 시행하는 타당성 조사단계, 그리고 전단계에서 제시된 도로의 기능과 설계기준 및 경제성 지표를 재검증하고 제안된 노선대에서 최적 노선을 결정 후, 교차로와 출입시설, 주요 구조물의 위치 및 형식에 대한 일반적인 조사와 대안을 비교 분석하여 최적안을 도출하는 기본설계단계, 이를 다시 최적 노선에 대한 상세검토를 통하여 최적의 평면 및 종단선형으로 조정하여 각종 구조물의 위치·형식·규격·재료 등에 대한 상세 설계를 시행하는 실시설계단계를 거쳐 시공에 들어가게 된다.

본 고에서는 이러한 예비타당성 조사로부터 실시설계에 이르는 조사 및 설계 전과정에서 단계별로 수행하여야 할 세부사항들을 실무 위주로 요약 정리하였다.

2. 설계단계별 검토 내용 및 수준

2.1 예비타당성조사

예비타당성조사는 타당성조사에 앞서 실시하며 대규모 공공투자 사업의 타당성에 대한 모든 요인을 정확하게 분석하기보다는 가장 중요한 요인을 개괄적이고, 객관적으로 조사하여 사업의 시행 여부를 판단하는 단계이다. 예비타당성조사는 타당성조사와 동일한 성격을 가지나 타당성조사는 사업 추진을 기정사실화 하고 기술적인 검토와 예비설계 등에 초점을 맞추지만, 예비타당성조사에서는 그 이전 단계에서 재정운용의 큰 틀 속에 대상 사업의 정책적 의의와 경제성을 판단하고 사업의 효율적 및 현실적인 추진방안을 제시하는데에 목적을 두고 있다.

예비타당성조사에서의 분석내용은 사업의 개요와 함께 경제성 분석, 정책적 분석, 종합평가 및 정책 제언으로 구성되며, 구체적인 업무 내용은 표 1과 같다.

* 계획원·삼보기술단 도로부 전무 (E-mail : dorope@hanmail.net)
 ** 삼보기술단 도로부 이사 (E-mail : samboeng@chollian.net)
 *** 삼보기술단 도로부 차장 (E-mail : owlowl@hananet.net)

표 1. 예비타당성 조사업무 범위

구 분	업무 범위
조사업무	<ul style="list-style-type: none"> • 관련계획 조사 • 환경, 교통, 소음, 인구평가 등 고려사항 조사
계획업무	<ul style="list-style-type: none"> • 교통분석 • 경제성 분석, 재무분석 • 정책적 분석 • 관련기관 의견 수렴
설계업무	<ul style="list-style-type: none"> • 노선대 검토 및 최적노선 선정 • 시설 규모 결정

2.2 타당성 조사

타당성조사에서는 상위계획에 대한 검토 및 투자순위 결정과 같은 도로정책적인 결정을 거쳐 사업노선이 선정되면 해당노선에 대한 경제성 검토를 통해 최적 노선을 결정하는 단계로 사회 및 경제지표 현황, 도로교통 및 환경현황 조사, 재정 조사, 장래 교통수요 예측, 대안노선의 설정 및 최적노선 결정 등 일련의 과정이 이에 포함된다.

표 2. 타당성 조사 업무 범위

구 분	업무 범위
조사업무	<ul style="list-style-type: none"> • 관련계획 조사 및 검토 • 현지 조사/답사 • 교통량 및 교통시설 조사 • 수자원(수리·수문, 기상) 조사 • 환경영향조사
계획업무	<ul style="list-style-type: none"> • 교통분석 및 평가 • 환경영향 검토 및 평가 • 경제성 분석, 재무분석 • 노선선정(노선대 결정, 노선결정, 출입시설 위치 결정) • 수리 및 수문 검토 • 구조물 계획(교량, 터널) • 관계기관 협의
설계업무	<ul style="list-style-type: none"> • 노선대 검토 및 최적노선 선정 • 개략설계(시설 규모 결정)

2.3 기본설계

기본설계는 타당성 조사의 결과를 바탕으로 사전조사사항, 계획 및 방법(주요 설계기준, 구조물 형식 선정, 단면 결정 등), 개략시공방법, 공정계획, 공사비 등의 기본적인 내용을 설계도서에 명기한다. 기본설계에서 주로 시행하는 과업은 타당성 조사 결과를 대부분 이용하기 때문에 사회 및 경제지표의 분석, 교통조사 및 수요 예측, 관련계획 조사분석 등은 그 내용이 거의 유사하므로 하나의 과업으로 수행될 경우 과업이 중복될 소지는 많지 않다.

이와 함께 기본설계에서는 주요 구조물부의 토질조사, 필요한 부분의 측량, 선형설계 및 각 공종별(토공, 배수구조물, 교량 및 터널, 포장설계, 부대시설의 개략위치 선정) 개략적인 기술검토를 수행한다.

기본설계의 성과품과 내용은 표 3과 같다.

2.4 실시설계

실시설계는 기본설계를 구체화하여 실제 시공에 필요한 구체적인 설계 사항을 설계 도면에 표기하는 단계로서, 실제적인 사업시행 단계에 속한다. 실시설계는 기본설계에서 제시된 기준들을 토대로 세부적인 설계를 수행하는데, 여기에는 토질조사 및 측량, 선형설계 및 구조물의 상세설계, 포장설계, 부대시설설계 등이 포함된다. 또한 사업의 규모 및 성격에 따라 교통영향평가 및 환경영향평가도 실시설계와 병행하여 시행한다.

또한 사업의 규모 및 성격에 따라 교통영향평가 및 환경영향평가도 실시설계와 병행하여 시행한다.

3. 단계별 설계세부 수행내용

전술한 바와 같이 설계 단계는 예비 타당성 조사, 타당성 조사, 기본설계, 실시설계의 4단계로

표 3. 기본설계의 성과품 및 업무 범위

구 분	업무 범위
설 계 보고서	<ul style="list-style-type: none"> 공사 개요 : 목적, 공사규모, 사업비 등 계획 및 방침 <ul style="list-style-type: none"> - 전 단계 성과 검토 - 구조물계획 - 교통분석 및 평가 - 설계기준 작성 - 환경영향 검토 - 관련기관 협의 - 노선계획 - 수리,수문 검토 사진조사사항 기타 필요한 주요사항 <ul style="list-style-type: none"> - 경제성 분석(개략공사비, 유지보수비, 각종 편익 산출, 경제성분석) - 기타사항
구조및 수 리 계산서	<ul style="list-style-type: none"> 주요 구조계산서 <ul style="list-style-type: none"> - 구조 단면결정 계산 및 사유 - 각부 구조의 재하중에 대한 구조계산 - 기초 허용지지력 계산 - 수리계산, 이와 관련된 단면결정 계산
토질조사 보고서	<ul style="list-style-type: none"> 토질현 <ul style="list-style-type: none"> • 개략 토질조사(시추 등) 개략토질시험(표준관입시험, CBR시험, 토성시험 등) 지반조사 항목 <ul style="list-style-type: none"> - 도로공사 : 지표·지질조사, 현장조사 - 철도공사 : 지표·지질조사, 현장조사, 필요시 물리탐사 시험
설계도면	<ul style="list-style-type: none"> 위치도 : 1/5,000~1/50,000 지형도 • 종평면도 : 1/5,000~1/1,000 • 횡단면도 : 1/200~1/400 구조물도 : 1/100~1/200 • 기타 필요한 도면
개략설계 내역서	<ul style="list-style-type: none"> • 공종별 개략 내역서 • 개략 수량 산출서 • 기타 필요한 산출근거
시방서	<ul style="list-style-type: none"> • 일반 시방서(공종별 일반사항)
측량항목	<ul style="list-style-type: none"> • 도로공사, 지하철공사, 철도공사 : 삼각측량, 수준측량, 골조측량, 현황측량, 중심선 측량 • 공항공사 : 지적측량, 경계측량, 현황측량, 수준측량 • 댐공사 : 지형측량, 중횡단측량, 수물선측량, 이설도로측량

표 4. 실시설계 업무 범위 및 성과품

구 분	업무 범위
설 계 보고서	<ul style="list-style-type: none"> 공사 개요 : 목적, 범위와 내용, 기간, 과업지침, 사업비 등 계획 및 방침 <ul style="list-style-type: none"> - 전 단계 성과 검토 - 노선계획 - 구조물 계획 - 설계기준 및 기타 - 관계기관 협의 • 사진 조사사항 • 세부 시공계획 • 자재 사용계획 • 세부 공정계획 • 기타 필요한 주요사항 - 경제성 분석(세부공사비 산출, 유지보수비, 경제성분석) - 기타사항
구조 및 수 리 계산서	<ul style="list-style-type: none"> 세부 구조 계산서 <ul style="list-style-type: none"> - 구조 단면결정 계산 및 사유 - 기초 허용지지력 계산 - 각부 구조의 재하중에 대한 구조계산 - 수리계산, 이와 관련된 단면결정 계산 - 수리모형 시험 결과
토 질 조사 보고서	<ul style="list-style-type: none"> 토질현황(목적, 범위, 조사기간 등) 세부 토질조사(시추, 시험, 물리탐사 등) <ul style="list-style-type: none"> - 조사방법 - 조사위치 선정 - 조사결과 분석 세부 토질시험(표준관입시험, CBR시험, 토성시험, 평판제하시험) 지반조사 항목 <ul style="list-style-type: none"> - 도로공사, 철도공사 : 지표·지질조사, 현장조사, 필요시 물리탐사시험 부록 <ul style="list-style-type: none"> - 지질 분포 현황 - 시추조사 및 동적관입시험 결과 추상도 - 토질조사 위치 상세도(S=1/25,000) - 토질조사 위치 상해도(S=1/1,200) - 실내시험 성과표 - 재료원 현황도 - 골재시험 성과표(하상골재, 석산골재) - 지층 단면도
시방서	<ul style="list-style-type: none"> 주요 시방 내용 <ul style="list-style-type: none"> - 일반 시방서(공종별 일반사항) - 특별 시방서(공정별, 단계별 세부시방서)
내역서	<ul style="list-style-type: none"> 설계설명서 • 공종별 세부 내역서 • 수량산출 근거 • 기타 필요한 산출근거
측량항목	<ul style="list-style-type: none"> • 도로공사, 지하철공사, 철도공사 : 중심선측량, 종· 횡단측량 • 공항공사 : 종· 횡단측량, 공사실시를 위한 측량

표 5. 교통 및 환경영향평가 대상 사업

구 분	대상사업	중앙교통영향심의위원회 심의대상	지방교통영향심의 위원회 심의대상
교 통 영 향 평 가	<ul style="list-style-type: none"> • 도로법 제11조에 의한 도로건설 - 고속국도, 일반국도 - 특별시도, 광역시도, 지방도, 시도, 군도, 구도 • 도시계획법 제3조 제6호의 규정에 의한 도시계획 시설사업 	총길이 30km이상 신설노선중 인터체인지, 분기점, 교차부분 및 다른 간선도로와의 접속	총길이 5km이상 신설노선중 총길이 5km이상 신설노선중 인터체인지, 교차부분 및 다른 간선도로와 접속부 총길이 5km이상 신설노선중 인터체인지, 교차부분 및 다른 간선도로와 접속부
환 경 영 향 평 가	<ul style="list-style-type: none"> • 도로법 제2조 또는 10조, 도시계획법 제3조 제15호의 규정에 의한 도로의 건설사업중 다음 사업 - 4km이상의 신설(도로계획법에 의한 도시계획구역에서는 폭 25m이상으로서 도로구역에 동법 제32조 제1항 제4호의 규정에 의한 녹지지역이 3만m² 이상이 포함되는 경우에 한한다. 다만 도로법 제11조 제1호의 규정에 의한 자동차 전용도로 및 지하도로의 경우에는 그러하지 아니한다) - 2차로이상으로서 10km이상의 확장 		

구분되나 실무적으로 각 단계별 설계 세부수행내용은 조사단계, 계획단계, 세부설계단계의 과정을 거친다.

단지 전문화된 업무내용과 같이 각 단계별 검토 및 성과품의 작성 정도가 설계단계별로 구분된다.

- 조사단계는 관련계획의 검토, 노선대 현황조사, 토질조사 및 측량, 교통 및 환경조사 등이 포함된다.
- 계획단계는 노선선정, 설계기준 설정, 교통수요 예측 및 시설규모 결정, 유출입 시설계획, 구조물 형식 및 규모계획, 각종 부대시설계획, 경제성 분석 등이 포함된다.
- 세부 설계단계는 계획단계에서 결정된 공종별 방침사항들을 구체화하는 단계로 토공, 배수공, 교량공, 포장공, 터널공, 부대공으로 구분된다.

3.1 조사단계

1) 관련계획의 검토

관련계획의 검토 범위는 계획의 주제, 사업의

시행시기 및 기간, 사업목적 및 정책 대안으로서의 채택 여부 등을 종합적으로 판단하는데 있다. 각 계획안들의 통상적인 계획 취지 등을 나타내는 추상적인 표현보다 구체적 사업을 주분석 대상으로 해야 하며 특히 직접 영향권 내의 계획안들에 대해서는 집중적인 검토가 필요하다.

따라서, 사업의 추진 상황 및 관련도면, 자료 등에 대한 세부조사를 실시한다.

- 상위계획은 전국계획과 권역계획으로 구분된다.
- 지역관련계획은 대부분 상위계획에서 설정된 개발의 목표, 방향, 지표를 근간으로 전략화된 지역의 계획을 수립한다.
- 교통관련 계획에서는 상위계획 및 지역관련 계획 중 투자우선순위에 따라 구체적인 교통관련 사업과 교통관련계획의 범위 밖의 기간 시설(통신, 전기, 가스 등) 관련계획을 포함한다.

2) 현황조사

노선 선정시 최적 선형의 도출 및 구조물 계획의 수립, 환경 훼손의 최소화 및 문화재 보호, 주민생활환경 보호를 위하여 다음과 같은 조사를 시행한다.

- 기상조사 및 분석
- 유적 및 문화재 조사
- 수리 및 수문조사
- 구조물조사(암거, 교량 등)
- 지하 매설물 조사
- 재료원 조사
- 상수원 보호구역
- 용지 및 지장물 조사
- 환경조사
- 광업권 조사

3) 토질조사

토질조사 및 시험항목은 그림 1과 같이 성토

및 노상부, 절토부, 구조물 기초 및 터널부로 나누어 시행된다.

4) 교통 조사

- 교통권역(존) 설정

대상 지역의 교통현황을 파악하고 장래 교통수요를 예측하기 위하여 대상 지역을 교통 권역으로 세분한다. 일반적으로 교통권역은 개발 배후지의 사회·경제적 잠재력을 고려하여 지형, 지세 및 자연조건뿐만 아니라 토지 이용과 같은 인위적인 조건 등도 고려하여 설정한다.

- 교통량 조사

교통량조사에서는 계획 지역 인근의 도로망을 조사하고 주요 교차점의 교통량을 시간별, 방향별, 차종별로 조사한다. 그 밖에 도로 형태, 교차로 시설, 대중교통시설, 병목구간, 교통 유발시설 등을 조사한다.

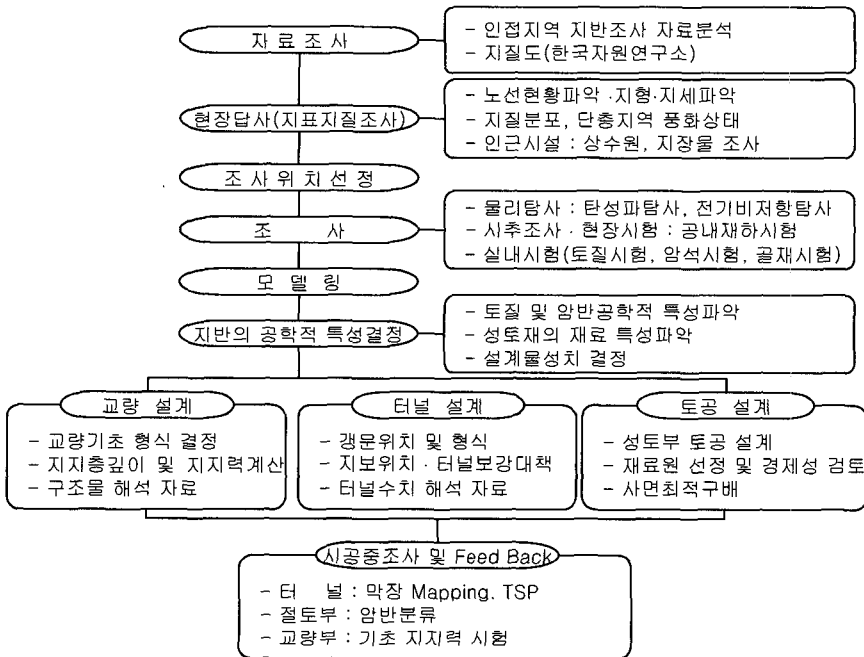


그림 1. 토질조사 업무의 흐름도

• O-D 조사

O-D 조사는 출발지, 목적지 외에 통행목적, 통행노선 등을 조사하는 것에 따라 자동차교통의 내용을 분석할 수 있고 인구·경제지표와 관련하여 장래교통량을 예측하는데 사용한다.

O-D 조사의 종류로는 노측면점조사, 우편반송조사, 가정방문조사, 차량소유자설문우편반송조사, 차량번호판조사, 취업자설문조사, 대량수송기관조사, 숙박자조사, 영업장방문조사 등이 있다.

• 사회·경제 지표 조사

정부, 국책연구기관, 지방자치단체, 정부투자기관, 민간단체 등 공식적으로 인정되는 자료를 우선하여 교통지구별로 구분하여 분석 및 정리한다.

5) 환경조사

도로건설이 환경에 미칠 영향을 파악하고 저감방안을 수립하기 위해 다음과 같은 조사를 시행한다.

- 지역 일반 개황 조사
- 환경피해 유발시설물 현황
- 토지이용 및 도시계획 현황
- 주요 보호 대상 시설물 현황
- 환경 관련지역 지정 현황
- 환경기초 시설 현황
- 환경기준 및 녹지자연도
- 기타 지역 지정 현황

3.2 계획단계

1) 설계기준 설정

• 계획 목표년도

도로의 계획 목표년도는 일반적으로 지방지역 도로에 대해서는 장기계획으로 20년, 도시지역에 대해서는 도시교통의 변화 가능성이 많으므로 노선의 성격과 중요성을 고려하여 10년으로 할 수

있다.

표 6. 설계속도의 적용 기준

도로구분		설계속도(km/시)		
		지방지역		도시지역
		평지	산지	
고속도로		120	100	100
일반도로	주간선도로	80	60	80
	보조간선도로	70	50	60
	집산도로	60	40	50
	국지도로	50	40	40

• 설계 속도 및 설계 서비스 수준

설계속도는 선형설계를 하는데 있어서 기본이 되는 속도이다. 이 속도에 따라 구체적인 선형요소, 즉 평면 곡선반경, 평면 곡선의 길이, 평면 곡선부의 확폭, 시거, 종단경사, 오르막차로 등이 결정된다. 또한 차로 및 길어깨의 폭도 설계속도와 밀접한 관계가 있다.

표 7. 설계 서비스 수준 적용 기준

도로구분 \ 지역구분	지방지역	도시지역
고속도로	C	D
일반도로	D	D

2) 교통수요 예측 및 시설 규모 선정

• 교통수요 예측

교통수요예측에서 전통적으로 가장 많이 사용되어온 방법은 표 8과 같이 통행발생, 통행분포, 교통수단선택, 통행배분의 4단계로 나누어 순차적으로 통행량을 구하는 방법이다.

교통수요예측을 통해 배정된 교통량은 차로수, 차로폭, 길어깨 등의 횡단면 구성요소의 설계에 활용될 수 있다.

• 시설규모 결정

교통수요 예측을 통해 산출된 수요 교통량과

계획도로의 설계요구 서비스 수준에 따른 교통용량을 비교하여 적정차로수를 산정한다.

- 수요 교통량(PDDHV) 산정

계획 목표년도의 연평균 일교통량(AADT)을 예측한 후 이 목표년도에 설계된 도로를 통과할 것으로 예상되는 한시간 교통량, 즉 설계시간교통량(DHV)으로 전환한다.

- 공급서비스교통량(SFi) 산정

설계된 대상구간의 차로당 서비스되어질 수 있는 교통량(SFi)을 계산한다.

계산식은 다음과 같다.

$$SFi = C_{용량} \times (v/c)_i \times fW \times fHV$$

- SFi : 서비스수준에서 차로당 서비스교통량
- C용량 : 이상적 조건하에서 최대통과 교통량
- (v/c)_i : 서비스수준에서 교통량대 용량비
- fW : 차로 및 측방여유폭 보정계수
- fHV : 중차량 보정계수

표 9. 수요 교통량

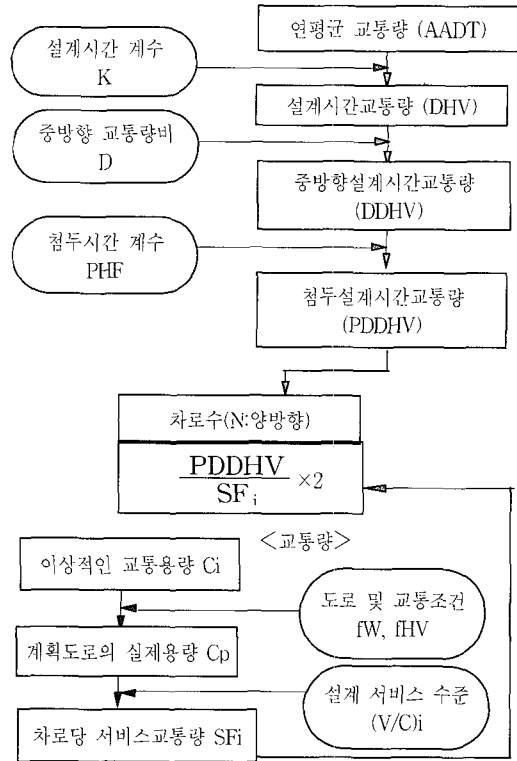


표 8. 4단계 기법의 내용

구분	내용	추정법
통행 발생	각 존에서 유출되는 통행과 각 존으로 유입되는 통행을 예측	<ul style="list-style-type: none"> • 증감율법 • 원단위법 • 회귀분석법 • 카태고리분석법
통행 분포	기종점 O-D통행을 추정하는 단계로서 통행의 출발지와 목적지를 연결시켜주는 단계	<ul style="list-style-type: none"> • 성장률법 • 중력모형 • 엔트로피모형 • 기회모형
수단 선택	기종점상에서 선택 가능한 교통수단(승용차, 버스, 택시 등) 중 통행자가 각 교통수단을 이용할 비율을 추정하는 단계	<ul style="list-style-type: none"> • 집단모형 • 개별행태모형
통행 배분	교통수단별 O-D 통행을 구체적으로 도로망상의 하나의 노선에 배분하는 단계	<ul style="list-style-type: none"> • 정태적모형 • 확률적모형 • 동태적모형

3) 노선계획

- 노선선정 기준

사회적 요인	<ul style="list-style-type: none"> • 장래 토지이용 계획 및 관련기관 요구 수용 • 지역의 생활권 확보
기술적 요인	<ul style="list-style-type: none"> • 승객의 시각적, 심리적 승차감, 지형조건 순응 • 고속주행 기능을 부여할 수 있는 선형계획 • 기타 공공시설 및 계획과 조화를 이룰 수 있는 선형구조계획
경제적 요인	<ul style="list-style-type: none"> • 상위계획 및 관련개발 계획의 수용과 기존 개발지와의 연계 검토 • 경제적인 건설을 위한 평면과 종단의 효율적 구성 • 유지관리비용 최소화를 위한 교량 및 터널계획 • 지장물 저축 최소화
환경적 요인	<ul style="list-style-type: none"> • 자연경관보호를 위한 적절한 구조물 계획 • 건설중, 건설후의 환경악영향 최소화

• 노선선정시 주요 검토 항목

노 선 대 선정단계	<ul style="list-style-type: none"> •도상 검토 (1/25,000 1/5,000 1/1,200) •지역현황 조사 실시 •관련계획 검토 •지역현황조사 내용 검토
노 선 선정단계	<ul style="list-style-type: none"> •가능한 모든 비교 노선 설정 (1/25,000 1/5,000 1/1,200) •비교노선대 현장 조사 실시 •개략공사비 산출 •각종 관련계획 및 지역 개발계획조사 •유출입시설 입지 선정 •지장물 위치확인 •터널 및 교량의 연장검토 •환경친화적 시설계획
최적노선 선정단계	<ul style="list-style-type: none"> •선정된 노선에 대한 선형검토 (종평면도) •노선 세부검토 각종 공법 및 구간별 통과방안 •환경영향 검토 •터널, 교량 시공성 및 경제성 •인접공구와의 상관관계 •대절토사면 최소화 방안 •환경영향 저감방안 •예상민원 도출 및 저감방안

• 선형 계획

〈평면선형〉

- 일반적으로 도로의 선형은 자동차의 안전한 주행뿐만 아니라 주행의 쾌적성도 고려하여야 한다. 이러한 관점에서 도로의 평면선형은 자동차의 주행 쾌적과 비슷한 직선, 원곡선 및 완화곡선의 조합으로 구성된다.

표 10. 설계속도별 최소평면 곡선반경

설계속도 (km/hr)	120	100	80	70	60
횡방향미끄럼 마찰계수(F)	0.10	0.11	0.12	0.13	0.14
최小平면 곡선반경(m)	710	460	280	200	140

* 주 : 최대 편경사는 6.0%를 적용하는 경우

〈완화곡선의 적용〉

- 완화곡선으로 클로소이드를 사용하는 경우, 완화 곡선의 파라미터(A)의 크기는 접속하는 원곡선의 반경(R)에 대하여 다음과 같은 관계에 있을 때 조화가 이루어지고 시각적으로 원활한 선형이 된다고 알려져 있다.

$$R/2 \leq A \leq R \quad (R \leq 1,500\text{m의 경우})$$

$$R/3 \leq A \leq R \quad (R > 1,500\text{m의 경우})$$

〈중단선형〉

- 매끄럽고 쾌적한 선형을 확보하기 위해서는 중단곡선 반경의 최소치보다 2배정도 이상의 값을 확보하도록 노력함이 바람직하며, 중단 곡선과 평면선형이 조화를 이루기 위해서는 평면곡선 반경의 크기에 대응하여 중단곡선 반경도 크게 할 필요가 있다.

- 불룩형 중단곡선반경 → 평면곡선반경 × 10배 이상
- 오목형 중단곡선반경 → 평면곡선반경 × 6배 이상

〈선형 설계시 유의사항〉

- 평면선형과 중단선형의 조합은 항상 평면선형이 완전히 중단선형과 겹쳐지는 것이 바람직하다.
- 중단경사는 노면의 배수기능 확보를 위해 0.3%~0.5% 이상 확보함이 좋으며, 우리나라와 같이 강우강도가 비교적 큰 나라에서는 0.5% 이상이 바람직하다.
- 터널구간의 평면선형은 원칙적으로 직선으로 해야하며, 부득이 곡선을 넣을 경우 700m 이상, 될 수 있으면 1,000m 이상의 반경을 사용토록 한다.
- I.C. 휴게소 등 부속시설이 예정되는 경우 곡선반경이 작으면 시거불량 및 곡선부 외측에 큰 편경사가 형성되어 경사차로 인해 주행상 위험하다. 따라서 본선의 편경사가 3% 이하가

되도록 평면곡선반경을 적용하여 설계한다.

4) 유출입시설 계획

- 계획단계별 검토내용

구 분		자 료
배 치 계 획	자료	1/50,000지형도, 교통조사(시·종점 조사)자료, 경제조사, 입지조사, 기타
	검토 내용	개략적인 설치 위치, 교통량 배분계획
위 치 선 정	자료	1/50,000 또는 1/25,000지형도, 1/50,000지질도, 주변도로 현황도, 도시계획도, 기타 토지 이용 계획을 나타내는 도면, 교통조사 자료
	검토 내용	본선의 노선선정과 관련된 개략계획, 설치계획에 대한 추가 또는 삭제에 관한 검토, 개략적인 출입 교통량의 추정 및 교통량 배분 계획
형 식 결 정	자료	앞단계 자료, 지질, 토질, 기상, 문화재 조사 자료, 상세한 시종점 해석자료, 필요시 1/1,200 지형도
	검토 내용	접속도로의 결정, 구체적인 설치위치 의 수정, 이용 교통량의 상세한 추정, 인터체인지 형식검토 및 개략적인 공사비 판단
기 본 설 계	자료	1/1,200지형도 및 계획단계에서 사용한 것보다 더 상세한 자료
	검토 내용	기본선형 결정, 시설배치계획, 공사비의 판단, 접속도로의 정비계획, 용지경계 결정

- 유출입시설 계획시 고려사항

〈방향별 교통량 및 용량분석〉

유출입시설의 형식결정시는 방향별 교통량을 분석하여 지형여건상 가능한 범위안에서 교통량이 많은 방향을 직결하여 교통 흐름을 원활하게 하도록 하여야 한다.

〈유출입방식의 통일성〉

도시고속도로와 같이 인터체인지 간격이 짧은 도로에서는 유출입방식에서 전체가 통일성을 이루어야 한다. 따라서 인터체인지 각각의 형식도 중요하지만 한 노선의 전체 인터체인지가 통일성 있는 유출입 형식이 되도록 하여야 한다.

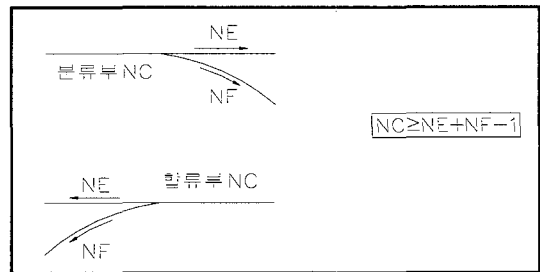
※ 도시부에서는 인터체인지 간격이 짧기 때문에 사전에 충분히 운전자에게 유출입이 인식되도록 하여야 하며 이는 인터체인지 설치형식과 타 시설과의 간격도 관계가 있다.

표 11. 인터체인지와 타시설과의 간격

시설의 명칭	최 소 간 격	
	표 준	특 례
인터체인지 상호간	5km	2km
인터체인지와 휴게소	5km	2km
인터체인지와 터널	4km	2km
인터체인지와 버스정류장	4km	2km

〈기본 차로수 및 차로수의 균형〉

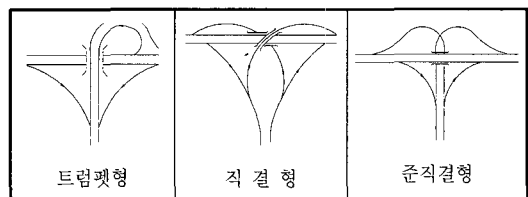
도로의 분기점에서, 교통의 분·합류가 원활하게 이루어지게 하고, 설계 교통용량을 충분히 확보하기 위해서는 차로수의 균형이 유지되어야 한다.



- 형식 비교

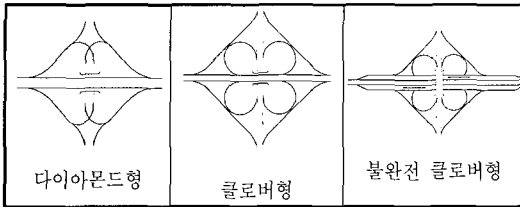
I.C의 형식으로서 많이 이용되고 있는 보편적 형식은 다음과 같이 대별된다.

· 3지교차 : 트럼펫(Trumpet)형, 직결형, 준직결형



3지교차

- 4지교차 : 다이아몬드(Diamond)형, 클로우버 (Clover Leaf)형, 불완전 클로우버 (Partial Clover Leaf)형.



4지교차

5) 경제성 분석

- 개요

도로의 경제성 분석은 도로건설(또는 확폭 등) 사업에 대한 총편익과 총비용을 비교 분석하여 사업의 경제적 효율성 및 투자의 타당성을 가늠해 보기 위한 과정이다. 경제성 분석의 목적은 사업의 타당성 검토하여 사업의 우선순위 및 사업의 최적투자시기 결정하는데 있다.

- 분석기법

- 순현재가치(Net Present Value : NPV) 방법은 평가 대상 기간의 모든 비용과 편익을 현재 가치로 환산하여, 총 편익에서 총 비용을 뺀 값을 바탕으로 사업의 경제적 타당성을 평가하는 기법이다.

$$NPV = \sum_{t=0}^n \frac{B_t}{(1+r)^t} - \sum_{t=0}^n \frac{C_t}{(1+r)^t}$$

- 편익/비용 비율(B/C ratio)은 평가기간동안에 발생하는 총 편익을 총 비용으로 나눈 비율이 가장 큰 대안을 최적 대안으로 선택하는 방법이다.

$$B/C = \sum_{t=0}^n \frac{B_t}{(1+r)^t} / \sum_{t=0}^n \frac{C_t}{(1+r)^t}$$

- 내부수익률(Internal Rate of Return : IRR) 방법은 투자사업이 원만히 진행될 경우 기대되는 예상수익률로서, 평가기간에 걸쳐 발생하는 총 편익의 현재가치와 총 비용의 현재 가치가 같아지는 할인율을 말한다.

$$\sum_{t=0}^n \frac{B_t}{(1+r)^t} = \sum_{t=0}^n \frac{C_t}{(1+r)^t}$$

<비용과 편익의 산출>

도로투자사업에 소요되는 비용과 그로 인하여 국가 사회적으로 얻게 되는 각종 편익을 비교하여 투자의 효율성을 판단한다. 도로 투자 사업의 주요 비용항목에는 건설비, 도로유지관리비 등이 있으며, 편익항목에는 이용자 편익과 비이용자 편익이 있다.

- 비용

<건설비>

도로의 건설비는 크게 공사비, 용지 보상비 및 부대경비(설계 및 관리비)로 나누어지며, 공사비는 다시 토공, 배수공, 구조물공, 부대시설공 등으로 세분하여 공사 물량과 공사비를 추정하는 것이 관례이다.

<유지관리비>

- 유지관리 행정 인건비
- 포장 보수(표면처리, 덧씌우기 등) 비용
- 구조물 보수(교량, 터널, 암거, 배수관 등) 비용
- 비탈면 보수비용
- 재해 및 훼손 시설의 보수비용
- 안전시설 정비비
- 기타 제설, 노면 청소비용 등

• 편익

편익 구분	편익 항목	계량화 방법
이용자 편익	차량 운행비 절감	운행 비용(원)
	운행 시간 단축	운행 시간(시간)
	교통 사고의 감소	재물 피해액(원) 부상 및 사망(인)
	통행 안락감 증대	불가능
비이용자 편익	지역 개발 효과	소득의 증대(원) 지가의 상승(원)
	대기 오염	오염물의 배출량
	소음	데시벨(db)

3.3 실시설계

1) 토공 설계

• 토공설계는 토질상태에 따른 적절한 절·성토경사, 토공균형 등 제반사항을 고려하여 합리적인 설계가 되도록 하여야 한다.

• 절토법면 및 성토법면 경사는 토질조사 결과에 따라 지반의 침투수에 의한 영향, 풍화상태, 암의 역학적면과 성토지역의 지반조건, 성토고, 성토재의 다짐 등을 고려하여 절·성토법면의 경사를 결정한다.

• 깎기 비탈면 경사 설계기준

구분	적용 경사	비고
토사	1 : 1.2~1.5	• 안정성 검토후 기울기 결정 • 암반 비탈면의 안정성을 판단하여 깎기 경사를 결정
리핑암	1 : 1.0~1.2	
발파암	연암 경암	

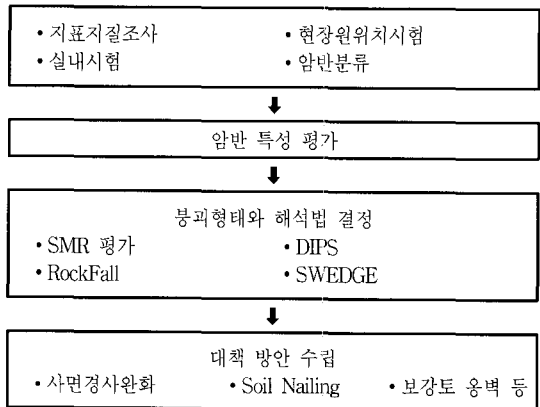
• 쌓기 비탈면 경사 설계기준

흙쌓기 높이	적용 경사	소단설치	비고
0~6m	1:1.5	H=6m마다 1m 소단설치	• 비탈면 안정 검토후 기울기를 조정하여 결정함 (H=쌓기 높이)
6m 이상	1:1.8		

• 최소안전율 설계기준

구분	최소 안전율	참조
깎기부	건기시	$F_s \geq 1.5$ • NAVFAC-DM 7.1 - pp.329 • 일본도로공단 (도로설계요령) • 한국도로공사 (도로설계요령, 1976)
	우기시	$F_s \geq 1.1 \sim 1.2$ • 영국 National Coal Board
	지진시	$F_s \geq 1.15$ • 영국 National Coal Board (1970)
쌓기부	공용개시후	$F_s \geq 1.3$ • 일본토질공학회 : 일반적인 구조물일 경우 • 한국도로공사
	지진시	$F_s \geq 1.15$ • 영국 National Coal Board (1970)

• 사면안정해석



2) 배수 시설 설계

• 도로배수 계통도

표면수	노면 배수	• L형측구, 짐수정, 성토부 도수로
		비탈면 배수

침 투 수	측도 및 인접지 배수	• 측도 : 부채도로 배수 • 인접지 : 산마루측구
	성토내배수	• 배수층 설치
	절·성 경계부 배수	• 멩암거 설치
	절토내배수	• 멩암거 설치
	구조물 뒷채움부 배수	• PVC PIPE 설치
횡단배수	PIPE 배수	• 최소관경 : 1000m/m 이상 (고속도로기준)
	BOX 배수	• 최소 BOX 규격 : 2.0×2.0 (고속도로)
시공을 원활히 하기 위한 배수	준비 배수	• 측구설치
	공사중 배수	• 가 배수로, 가 배수관, 법면 보호덮개, 가도수로

• 노면 및 비탈면 배수

강우시 도로노면의 우수를 신속히 도로밖으로 유출시켜 차량운행의 안전성을 도모하기 위하여 최적의 측구규격을 결정하고 유량배출시설의 간격 및 규모산정 한다.

• 노면배수

구분	성토→절토	성토→교량	절토→교량	절토→터널
접속 형태	• 절·성 경계지점	• 교량 접속슬래브의 경우 날개벽 용벽 끝단 • 콘크리트 포장등의 경우 접속슬래브 끝단	• 교대 전면접속 슬래브받지점 • 날개벽 용벽 끝단	• 측구 저판에 집수정 설치
적용 시설물	• 성토사면: V형측구 • 녹지대: U형측구	• 집수거 +도수로 • 집수정 +배수관 +도수로	• 성토부도수로 • V형측구	• 집수정 +중배수관 • 반대편 집수정을 통한 횡단배수

• 측구

- 통 수 량 : 유역면적 $A=4\text{km}^2$ 이하로서 합리식 이용.
- 발생빈도 : 5년
- 유역면적에 의한 홍수량 : $Qd = 0.278CIA$

구 분	설 치 위 치	
산마루 측 구	일반구간	• 절토부의 유수방향이 도로측으로 유입되는 경우 산마루 측구 설치 • 시공성 및 유지관리 측면을 고려 현장타설 콘크리트 측구 설치
	급경사구간	• 급경사지 L형 소단측구 설치 • 급경사지 절토법면 축소
	절토비탈면	• 20m 이상의 대절토 법면의 소단에 설치하여 법면침식 방지 • 산마루 측구와 연결하여 배수
소 단 배수로	성토비탈면	• 강우에 의한 성토비탈면 세굴방지 • 성토 3단마다 L형 소단측구 설치
V형, U형측구	동물탈출용	• 양서류 및 설치류 등의 배수로 탈출 경사로 설치 • 측구 횡단덮개 설치

3) 교량설계

• 교량형식 선정

교량 형식은 도로 노선 계획에 기초하여 현황 조사 및 교량별 키 포인트를 설정하고 비교 대상 교량에 대해 정량적 및 정성적 평가를 통해 최적 선정안을 도출한다.

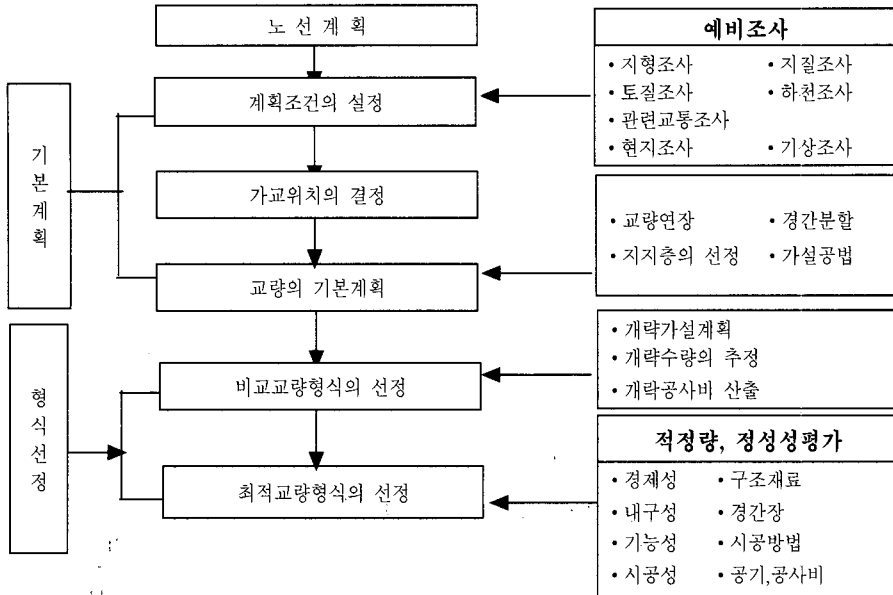
① 상부구조의 형식

교량길이, 시간분할에 대응한 적용 가능한 상부공의 구조형식을 도표를 이용하여 선정하되 다음 사항을 유의하여야 한다.

- 교량의 적정한 위치 및 노선의 선형을 고려
- 교량계획의 외부적 제요건을 만족
- 구조적으로 안전하고 경제적
- 시공의 확실성, 용이성, 급속성
- 구조물의 표준화 도모
- 주행상의 안정성 및 쾌적성을 고려
- 유지관리
- 구조물 자체 및 주변 경관에 대한 고려
- 기초 지반의 상태

② 하부구조 형식의 선정

표 12. 교량형식 선정 흐름도



최적의 하부구조 형식의 선정은 비교 대상 형식에 대해 아래와 같은 정량적 및 정성적 평가를 통해 최적안을 도출한다.

- 경제성
사용재료 뿐만 아니라 시공상의 안전성, 하부구조 시공을 위한 부대공사비(가교, 축도, 가시설) 등도 같이 고려해야 한다.
- 시공조건
시공조건에는 시공가능 기간, 작업공간, 도로교통 및 진동, 소음의 영향 등을 고려하고 하천에서는 홍수에 의해 시공기간의 영향을 받으므로 갈수기에 끝날 수 있도록 시공법이나 가시설을 설치토록 계획
- 입지조건
하천에 가설하는 교각은 유수를 방해하지 말아야 하며, 하상의 세굴에 적은 영향을 받는 구조단면이어야 한다.
- 미관

도시, 전원, 산악지대 등 주변 환경에 따라 외관형식을 적절하게 고려해야 한다.

4) 터널설계

- 내공단면 결정

터널의 내공단면은 도로폭원 및 건축한계, 배수구 및 공동구, 환기설비, 방재시설, 내장 및 조명설비, 여유공간 등을 고려하여 터널의 기능에 따라 적절하게 안정성과 경제성을 고려하여 결정한다.

경제적 측면	<ul style="list-style-type: none"> • 도로폭원, 건축한계 및 시공오차를 고려한 최소 단면 • 터널의 내부제한 설비의 최적배치
구조적 측면	<ul style="list-style-type: none"> • 이상적 형상검토 • 응력의 분포 및 전달, 변형에 합리적인 대응단면 검토 • 수압 및 방수처리에 유리한 단면
시공성 측면	<ul style="list-style-type: none"> • 시공 허용 편차 고려 • 곡선부, 변화부 시공이 용이한 단면

• 지보패턴 선정

항 목	세 부 내 용
지표지질조사 위성사진/Landsat	<ul style="list-style-type: none"> • 주요 구조선 추정 • 단층/절리/파쇄대의 위치/분포 파악 • 계곡부 상태 등 조사
물리탐사 시추조사 현장시험 실내시험	<ul style="list-style-type: none"> • 기반암 위치, 연약대 세부조사 • 시추주상도, 코아에 대한 압반분류 • 불연속특성파악 • 심도별 역학/수리 특성파악
조사/탐사/시험 결과의 종합분석	<ul style="list-style-type: none"> • RMR/Q-System 분류/ 상관관계 분석 • 구간별 단층대/함수대/연약대 파악 • 시추결과와 물리탐사결과와 비교분석 • 구간별 공학적 특성 분석
지보패턴화 및 이론적 검증	<ul style="list-style-type: none"> • 지보패턴의 분류 기준 제시 • RMR, Q, 지보패턴 검토(종래실적 참조) • 수치해석 및 이론해석을 종합검토
표준지보패턴 및 구간별지보패턴	<ul style="list-style-type: none"> • 표준지보패턴 선정 <ul style="list-style-type: none"> - 분선 : P-1~P-6 - 비상주차대, 피난연결통로 • 구간별지보패턴 선정 • 구간별특성에 적합한 굴착공법적용

표 18. 2차로의 지반분류와 표준단면

지반분류	표준단면	굴착공법
경 압	표준단면-1	전 단 면
보 통 압	표준단면-2	전 단 면
연 압	표준단면-3	전 단 면
중 화 압	표준단면-4	상·하반 분할굴착
중화압(토)	표준단면-5	상·하반 분할굴착
갹구 보강용	표준단면-6	상·하반 분할굴착

• 지보공 선정

NATM의 가장 큰 특징인 지반과 지보패턴을 서로 연계된 시스템으로 파악하여 터널굴착에 따른 굴착해방응력을 지보재보다 지반에 많이 분담시키는 것을 기본으로 안전하고 경제적인 지보공 설계를 해준다.

• 라이닝 설계

구 분	설계두께(cm)	설계강도(kgf/cm ²)
2차로터널	30	240

• 설계하중

작용하중	설계하중적용
• 콘크리트라이닝 자중	• 프로그램내에서 고려
• 암반이완 하중	• 수정 Terzaghi 암반하중 분류표 적용
• 잔류수압 (부분 방수형이나 장기적으로 배수층의 기능저하 고려)	<ul style="list-style-type: none"> • 암반층 : $H_w = \frac{1}{3} H_t$ 토사층 : $H_w = \frac{1}{2} H_t$ (Ht는 터널높이)
• 온도하중	• 계절별 온도변화의 영향을 받을 수 있는 갹구부에 적용(±5℃)
• JET FAN 하중	• 실하중 15배 적용

지보공 선정

1차지보공	2차 지보공	보조공법
슛크리트, 록볼트, 강지보공	내부라이닝(무근, 철근)	보조공법
<ul style="list-style-type: none"> • 굴착후 조기에 지반변형을 제어하여 원지반 강도 보존 • 암파 및 부석의 봉락방지 • 지반의 진행성 거동예방 및 내하력 증대 	<ul style="list-style-type: none"> • 라이닝 배면 수압 부담 • Creep 등 장기변형에 의한 하중분담 • 터널내부 시설물 및 미관유지 	<ul style="list-style-type: none"> • 지반이 불량한 경우 막장의 안정을 위해 설치하는 것으로 개념적으로는 1차 지보를 보강

• 환기량 선정 기준

- PIARC 방식 적용

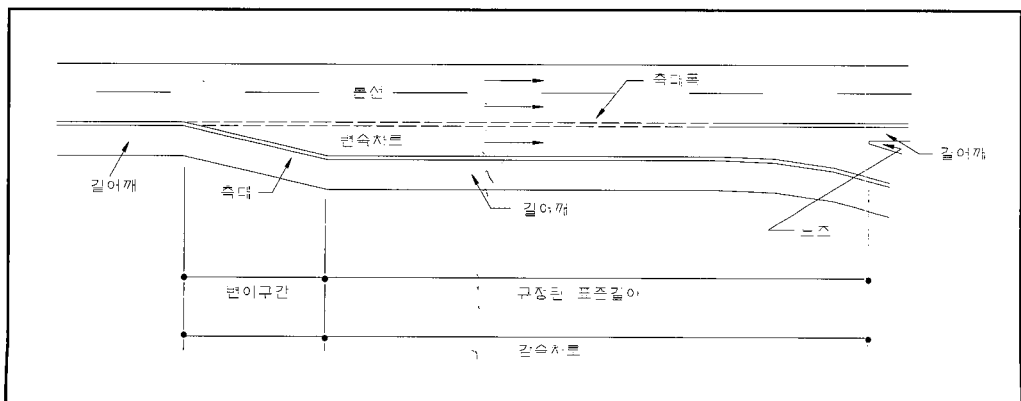
개 요	• 국제 도로 상설회의(PIARC)에서 제안된 터널내 소요환기량을 산출하는 방식
환기대상물질 (유해물질)	• 매연, CO, NOx
교통량	• 터널 출구부분의 교통조건에 의한 Flow density diagram 이용 • 도로제원 등의 보정 없이 확일적으로 적용
매연발생량	• 각국의 배출법(Emission Law)별로 디젤 차량의 중량에 의한 매연 발생량을 구분·적용
일산화탄소 발생량	• 각국의 배출법(Emission Law)별로 일산화탄소 발생량을 구분·적용
질소산화물 발생량	• 각국의 배출법(Emission Law)별로 질소산화물 발생량을 구분·적용
보정계수	• 구배·속도 보정계수, 속도 보정계수, 구배 보정계수 및 표고 보정계수 적용
환기량 산출시 일반적 특징	• 차량의 성능 향상 및 배출가스 규제 기준치 변경 동향을 감안하여 환기량 선정

5) 포장설계

포장종류 및 설계방법은 본 호의 포장설계법란을 참고하기 바란다.

6) 유출입시설 설계

변속차로의 설치



• 연결로 설계속도의 적용

구분	표준설계속도 (km/h)		특별설계속도(km/h)	
	직결	루프	직결	루프
인터체인지	50	40	40	35
지방지역분기점	50	50	50	40
도시지역분기점	50	40	40	35

• 연결로의 폭원 구성

연결로 규격	차로폭 (m)	길이(m)			중분대폭(m)	
		1방향	2차로	1방향2차로	표준	최소
		우측	좌측			
A	3.5	2.5	1.0	0.75	2.5	2.0
B	3.25	1.5	0.75	0.75	2.0	1.5

• 변속차로의 설치

• 가·감속차로 길이(연결로 1차로 기준)

구분	연결로 설계속도 (km/h)	실 계 속 도(km/h)			
		120	100	80	
가속차로	변이구간을 제외한 감속차로 길이(m)	60	400m	220m	55m
		50	445m	265m	100m
		40	470m	300m	135m
감속차로	변이구간을 제외한 가속차로 길이(m)	60	155m	120m	80m
		50	170m	135m	90m
		40	175	145m	100m

연결로 접속단 간의 거리

유입-유입 또는 유출-유출 경우		유출-유입		연결부상	
노즈에서 노즈까지의 최소 이격거리(m)					
지방지역	도시지역	지방지역	도시지역	지방지역	도시지역
300	240	150	120	240	180

• 연결로 접속단 간의 거리

본선에서의 유출연결로, 유입연결로, 연결로 상호간의 분합류 연결로간의 적정거리 유지가 필요하다.

7) 도로부대시설

교통상황, 지형상황, 노선상황에 따라 도로이용자에게 교통정보 제공과 안전운행을 유도하여 사고의 예방 및 경감을 위한 시설로 일반적으로 도로설계에 적용되는 부대시설은 다음과 같다.

■ 교통관리 안전시설

- 도로안전표지
- 도로표지
- 노면표지
- 교통신호기

■ 방호 안전시설

- 가드레일
- 충격흡수시설

■ 시인성 증진 안전시설

- 시선 유도시설

■ 기타부대시설

- 미끄럼 방지시설
- 낙석방지시설
- 고성토 유지관리 부체도로
- 절토 비탈면 점검로
- 비상 주차대
- 제설작업용 부대시설]

4. 맺음말

본 장에서는 도로건설을 위해 수행되는 예비타당성 조사부터 실시설계까지의 도로설계 과정을 조사단계, 계획단계, 세부 설계단계로 구분하여 주요 사항들을 정리하였다.

도로 설계는 도로건설에 따른 사회적 요인, 경제적 요인, 기술적 요인 등을 종합적으로 고려하여 설계되어야 하며 특히 해당지역의 철저한 사전 조사와 지역 행정단체 및 지역 주민과의 협의를 통해 원활한 사업 추진이 될 수 있도록 세심한 배려가 필요하다.

또한 막대한 재정투자가 이루어지는 사업으로 사업 전반에 영향을 미치는 사항들을 사전에 검토하여 예산 낭비 요인을 제거함으로써 건설사업의 효율화를 이룰 수 있도록 설계 전 과정을 통해 체계적으로 노력해 나가야 할 것이다.

1. 강제수, 도로계획과 설계, 1998
2. 대한토목학회, 도로의 구조, 시설기준에 관한 규칙, 해설 및 지침, 2000
3. 한국건설기술 연구원, 도로설계편람(I), 1999.
4. 건설교통부, 기본설계 등에 관한 세부시행기준, 2000
5. 한국도로공사, 교량설계기준, 2000
6. 한국건설기술원, 도로설계편람(I), 건설교통부, 1999
7. 청주 - 상주간 고속도로 3공구 실시설계 보고서, 2000

참고문헌

한국도로포장공학회
회원가입안내

(1) 회원의 종류

- 정 회 원 : 포장공학과 관련된 학문의 학식 또는 경험이 있는 자
- 학생회원 : 포장공학과 관련이 있는 학과의 대학, 전문대학에 재학중인 학생
- 특별회원 : 본 학회의 목적사업에 찬동하는 개인이나 단체

(2) 회 비

- 입 회 비 : 20,000원(정회원에 한함)
- 연 회 비 : ① 정 회 원 : 20,000원 (중신회비 400,000원)
② 학생회원 : 10,000원 (대학 및 전문대학생에 한함)
③ 특별회원 : 특급 : 100만원 이상, 1급 : 50만원 이상
2 급 : 30만원 이상, 도서관회원 : 5만원

(3) 입회신청

회원이 되고자 하는 개인이나 단체는 소정의 입회원서와 입회비 및 연회비를 납부하시기 바라며, 자세한 사항은 학회사무국에 문의하시기 바랍니다.

(4) 회비납부 (가입회원명으로 입금)

한빛은행(역삼동지점) : 122-169621-02-101 한국도로포장공학회

사무국 : 서울특별시 서초구 서초동 1355-3 서초월드오피스텔 1512호

전화 : 02-525-7147~8 팩스 : 02-525-7149

사단법인 한국도로포장공학회