

제 8-1 편 교량 계획



목 차

1. 적 용	7
2. 교량계획의 기본사항	8
3. 조사 및 협의	11
3.1 조사 방침	11
3.2 조사 종류	11
3.3 협 의	15
3.3.1 일 반	15
3.3.2 도 로	16
3.3.3 철 도	17
3.3.4 하 천	17
4. 계 획	21
4.1 일 반	21
4.1.1 형식의 개략 결정	21
4.1.2 형식협의	25
4.1.3 공간분할	25
4.1.4 환경영향	26
4.2 경관계획	27
4.2.1 일 반	27
4.2.2 교량과 주변 공간의 조화	27
4.2.3 형태미	32
4.2.4 미적요소	39
4.2.5 색채와 질감	44
4.3 상부구조형식의 선정	47
4.3.1 선정 기본원칙	47
4.3.2 강 교	48
4.3.3 콘크리트교	49
4.4 교대 및 교각형식 선정	51
4.4.1 교대 및 교각형식 분류	51
4.4.2 교 대	52
4.4.3 교 각	54

4.5 기초구조형식 선정	54
4.5.1 기초구조형식 분류	54
4.5.2 직접 기초	56
4.5.3 말뚝 기초	57
4.5.4 케이슨 기초	58
4.5.5 비탈면 상에 설치하는 깊은 기초	59
4.5.6 기초 구조형식 선정	59
4.5.7 기초구조의 근접시공	62
5. 육교 및 출입시설(인터체인지, 분기점)상 교량	64
5.1 육교 형식 선정	64
5.2 인터체인지교 형식 선정	68
6. 설계 구분	69
6.1 설계 구분	69
6.2 성과품	70
7. 교량대장 및 설계조서	72
7.1 교량대장	72
7.2 교량설계조서	72
참 고 자 료	73



1. 적 용

이 편의 교량의 계획에 필요한 기본적인 사항 또는 고려하여야 할 제 조건을 제시한 것이다.

교량 계획 시에는 단순히 구조형식에만 국한하는 것이 아니고 각종 요인을 종합적으로 검토한 후 실시하는 것이므로 이 요령에서 교량계획 시의 모든 요인을 수록하는 것은 곤란하다. 따라서 관련 시방서 사항도 충분히 고려할 필요가 있다.

이 요령에 나타나 있지 않은 사항에 대해서는 다음 시방서 및 기준을 따르기로 한다.

- 도로교설계기준, 국토해양부
- 도로교표준시방서, 국토해양부
- 토목공사표준일반시방서, 국토해양부
- 도로포장설계 · 시공지침, 국토해양부
- 구조물기초설계기준, 국토해양부
- 도로의 구조 · 시설 기준에 관한 규칙, 해설, 지침, 국토해양부
- 도로교설계편람, 국토해양부
- 하천공사 표준시방서, 국토해양부
- 하천설계기준, 국토해양부
- 환경친화적인 도로건설지침, 국토해양부 · 환경부
- 경관도로 정비사업 업무편람, 국토해양부



2. 교량계획의 기본사항

교량계획에서는 다음 각 요건을 종합적으로 고려하여 결정하여야 한다.

- (1) 교량의 적정한 위치 및 노선 선형
- (2) 교량계획의 외부적 제반 요건
- (3) 구조적 안전성 및 경제성
- (4) 시공의 확실성, 용이성, 급속성
- (5) 유사 규모의 교량이 중복될 경우 표준화 검토
- (6) 주행상의 안전성, 쾌적성
- (7) 유지관리성
- (8) 구조물의 경관성

(1) 도로 건설비에서 차지하는 교량 공사비는 대개 노선선정, 선형설계의 단계에서 정하여진다.

노선선정은 수많은 요건에 따라 결정되나 교량이 주체인 노선에서는 당연히 교량건설이 유리한 최적의 노선 및 선형설계를 생각하여야 할 것이다. 이는 교량 구조물이 토공과 비교하여 공사비가 고가이고, 파괴된 경우 복구가 용이하지 않아 교량계획 시 경제성과 안전성이 항상 요구되고 있기 때문이다. 한편 교량은 일반적으로 노선계획의 일환으로 계획되는 경우가 많은데 교량공사비를 적게 하여도 반드시 노선 자체가 유리하게 된다고는 할 수 없다. 그러나 이 경우 적어도 교량공사비가 총공사비에서 차지하는 비율이 크다는 것을 염두에 두고 노선을 선정하여야 한다.

또 대략 노선선정을 거쳐 평면선형, 종단선형을 최종적으로 결정하는 단계에서는 교량위치 부근의 선형을 일부만 조정하여도 설계·시공 상 상당히 유리하게 되는 경우도 있으므로 유의하여야 한다.

(2) 교량계획에서 우선 문제가 되는 것은 교장·지간·교대 및 교각의 위치·방향·다리 밑 공간 및 기초의 근입 깊이 등이지만, 이들은 지형·기초지질의 상태, 교차 하천 및 도로와 도로관리자의 의향 등에 따라 변하므로 사전에 충분히 기초지질을 조사하고,

교차물 관리자와도 충분히 협의하여 필요조건을 정하여야 한다. 특히 하천에 대해서는 여러 가지 문제가 있으므로 이 편 ‘3.3 협의’를 참조하기 바란다.

- (3) 구조적으로 안정하며 경제적이어야 한다. 또한 안정의 척도로서 최소한 설계기준은 만족하여야 한다.

경제성은 공공 구조물에서는 극히 중요한 요소이며 상·하부 구조를 함께 고려하여야 한다. 경제성 비교에서 주의하여야 할 것은 계획단계에서의 정도의 문제로 기존자료를 충분히 활용하여야 하지만 이는 추정된 것이다. 금후의 설계, 시공에서 예상되는 공사비의 증가에 대해서도 고려하여야 한다. 예를 들면 거의 동일한 경제성을 갖는 경우 시공, 유지관리가 용이한 형식을 선정하도록 한다.

- (4) 경제적이면서 위의 요건을 만족하면 문제가 없지만 공사비가 거의 같은 경우에는 시공성을 충분히 고려하여야 할 것이다. 근래 모든 토목·건축 구조물의 조립식화(PC 블록 공법 등)가 급속히 추진되고 있는데, 이것은 장기적으로 볼 때 결국 경제성이 목표이지만 현재 반드시 경제적이라 말할 수 없는 경우도 많다. 그러나 기술개발 등 긴 안목으로 추진할 필요가 있는 경우도 있다.

- (5) 교량의 계획에는 매 교량마다 최적의 형식 및 교장을 검토하여야 하지만, 계획의 최후 단계에서 모든 교량을 총괄적으로 검토하여 표준화 가능여부를 검토하는 것이 좋다. 유사규모의 교량을 계획하는 경우 설계의 획일화, 설계조사의 간략화, 시공능률의 향상을 도모하기 위하여 교량의 형식 및 구조치수 등을 표준화하기 위한 기술적 검토는 필요하다.

- (6) 교량 주행 시 안전성·쾌적성을 지배하는 요소로서는 노선선형과 주행자 시야 내에 구조물·신축 이음장치 등이 있다. 설계는 다음의 원칙에 따르는 것으로 한다.

- (가) 구조는 일반적으로 상로교 구조를 원칙으로 한다. 그러나 다리 밑 공간의 조건이나 경제성이 크게 문제가 되는 경우는 중로교 또는 하로교 형식을 선정하여도 좋다.
- (나) 신축 이음장치는 주행 중의 충격이나 소음 등을 감안하여 이음부를 줄일 수 있는 연속교가 바람직하다.

(7) 교량의 경우 유지관리상의 문제는 신축이음장치와 받침 등의 부속물에 발생하는 일이 많으므로 유지관리 부재가 적은 형식을 고려하는 것이 바람직하다. 특히, 신축이음장치는 공용 중 보수 및 교체 공사로 인한 교통정체문제 등을 유발하므로 가급적 신축이음장치가 적은 교량 형식을 검토하는 것이 바람직하다.

(8) 일반적으로 도로에 요구되는 기능으로는 안전성, 기능성, 경제성 및 경관의 4가지가 있다. 경관을 뺀 3가지 요소를 협의의 기능으로, 이에 경관을 합친 것을 광의의 의미에서 도로 기능으로 생각할 수 있다.

경관적 배려란 구조물이 놓인 주변의 자연경관, 도시환경과의 조화 또는 대비(contrast)를 어떻게 할 것인가를 고려하여 도로를 이용하는 사람들에게 호감을 주도록 배려하는 것이다.

경제성과 경관상의 배려란 대개의 경우 상반되므로 양자택일 또는 조화가 요구될 수 있으므로 도로 건설의 의의를 인식함과 동시에 자연 경관의 중요성을 함께 조화시키려는 노력이 필요하다. 따라서 교량 계획 시에는 주변 공간과의 조화, 지역특성에 미치는 영향, 교량 구조물의 조형미 등을 고려하는 것이 좋다.



3. 조사 및 협의

3.1 조사 방침

조사는 합리적이고 경제적인 계획, 설계, 시공을 하기 위하여 필요한 조건을 명확하게 하는 것으로 계획 예정지점의 상황, 구조물의 규모, 중요도 등을 충분히 고려하여 공학적으로 필요한 정밀도와 내용을 갖는 것이어야 한다.

조사의 의의와 조사에 임하는 태도에 대하여 서술한 것이다. 조사는 계획, 설계, 시공을 위한 기초단계로 합리적이고 적절한 조사성과는 매우 중요하다.

3.2 조사 종류

조사는 계획, 설계, 시공 및 재료 등의 조사목적에 따라 광역적인 전체 조사 또는 집중적인 정밀조사, 재료조사 등이 있다.

조사는 목적과 대상에 따라서, <표 3.1>과 같이 분류되어 적절히 선택하여 실시하게 된다.

또한 주어진 지반조건에 대하여 가장 적절한 규모, 형식 등을 결정하기 위하여 각 단계에서 일관성 있고 합리적인 조사를 실시하여야 한다.

교량을 계획하는데 있어서의 조사는 크게 나누어 예비조사와 본조사로 나뉘고, 본 조사는 구조물의 설치구역을 대상으로 1차 조사·2차 조사·3차 조사로 구분하고, 각 조사는 현지의 진척도에 맞게 나누어진다.

교량의 계획에서 시공까지 각 단계별로 크게 계획조사·설계조사·시공조사를 하여야 하며, 계획·설계·시공의 각 단계에 관련된 조사는 다음과 같다.

① 계획조사 : 가교지점, 교장, 다리 밑 공간과 구조형식 등을 결정하기 위하여 필요한 조사이다.

② 설계조사 : 계획조사의 결과를 바탕으로 결정된 조건 아래의 공사 발주에 필요한 교량의 설계도를 작성하기 위한 조사이다.

③ 시공조사 : 상세 설계된 결과를 가지고 시공에 앞서 행하는 조사로 설계에 적용된 조건이 현장에 적합한지를 조사 확인하기 위한 것과 시공 상 문제점을 공사에 앞서 사전에 파악하기 위한 것이 있다.

〈표 3.1〉 조사의 종류

조사의 종류	조사의 목적	내 용	개 요
1. 지 형 조 사	1)가교의 위치, 하부 구조의 위치선정 2)시공계획의 입안 3)지질개황파악 자료 4)하천의 하상변동 예측자료, 하천개수계획 자료 5)도로계획 및 도로확장계획 자료 6)교차철도 자료	지형도의 작성	계획, 설계, 시공의 기초가 되는 가장 기본적인 조사로 가교지점의 지형, 지물 상태를 파악한다.
2. 지 질 조 사	1)하부구조의 위치 선정 2)지지층의 선정	지질자료 조사 보링 표본 작성, 지질도 작성, 물리탐사	가교지점 지질의 상태를 파악할 목적으로 한다.
3. 토 질 조 사	1)토질 성층상태 파악 2)기초 근입 깊이의 검토 3)지지층의 선정 4)지지력의 계산 5)구조형식의 선정 6)압밀침하량(지반침하 포함) 계산	보링, 표준관입 시험 시굴(test pitting) 토질주상도 작성 토질시험 재하시험 지하수위 측정	기초구조의 설계, 시공에 필요한 토질에 관한 상세한 제원의 파악을 목적으로 한다. 토질상황은 일반적으로 복잡하므로 목적에 맞는 충분한 조사를 통하여 신뢰도를 갖게 하고 각종 조사결과를 종합적으로 판단할 필요가 있다.
4. 콘 크 리 트 조 사	1)사용재료의 선정 2)콘크리트 제조 플랜트 선정 3)배합의 결정	시멘트, 물, 골재, 혼화제 등의 채취장소, 양, 질 등의 조사, 시험 입지조건, 배치 플랜트 설비, 재료저장설비, 품질관리 체제, 공해 대책 등의 조사 콘크리트 배합, 강도, 내구성 등의 시험	품질이 양호하고 내구성을 갖는 콘크리트 구조물을 설계, 시공하기 위하여 해당지역에서 얻어지는 골재 등의 합리적, 경제적인 사용 방법의 결정을 목적으로 한다.
5. 기 타 조 사 a. 기존자료 조사	1)지질지반 개황 2)기초 근입 깊이의 검토 3)경간분할	지질조사장소 부근 구조 구조물의 설계 계산서 부근구조물의 설계도, 과거 지질지반 상황의 조사(과거 하상, 저수로)	가교지점 부근의 기존 공사의 시공실적을 조사하여 계획, 설계 시에 참고할 필요가 있다.

조사의 종류	조사의 목적	내 용	개 요
b. 해상, 하상조사	1)세굴에 대한 기초 근입 깊이 결정 2)유수압 계산 3)시공시기, 시공방법 선정 4)충돌하중의 크기 결정 5)경간분할	하천 종횡단도 작성 유속, 유량, 하천경사 조사 조수위, 파고, 조류조사 연간 수위 변화 유송물, 항해선박의 조사 배수고 계산, 치수상의 조건 조사	하상면의 장래변동, 하부구조의 국부세굴과 치수, 이수상의 문제, 선박운항 및 어업권조사가 있으며 경간분할과 교형상, 부대공사에 관련이 있다.
c. 지진조사	1)설계진도 결정 2)내진, 구조형식 선정	지반 상시 미동조사 지진기록, 지진피해 기록	
d. 기상조사	1)온도변화량 결정 2)풍하중 결정 3)시공시기, 시공가능 기간 선정	기상 측후소 기록	
e. 부식조사	1)사용재료 선정 2)녹방지제 또는 콘크리트 덮개 결정 3)도로 종류, 횡수의 결정	기존 부식상황조사 유기물 조사 pH 조사 방식법 연구 도로 폭로시험	
f. 시공조건 조사	1)공사 중인 도로의 사용가능 조건(길이, 폭) 2)공사용 도로의 신설 여부 3)타 공사와의 관련 4)교차물(도로, 철도, 하천)에 의한 제약 조건 5)블록 시공 시 야적장으로 사용 가능성	폭원, 다리 밑 공간 노선선형 다리 밑 공간 제한	
g. 기 타	1)가설지점의 특수조건조사	지하매설물 등	지하매설물, 교량첨가물 및 이들의 신설 계획 조사

또한, 계획 · 설계 · 시공의 각 단계와 조사에 대한 관계를 나타내면 <표 3.2>와 같다.

〈표 3.2〉 조사시험 구분 일람

구분	예 비 조 사	본 조 사		
		1 차 조 사	2 차 조 사	3 차 조 사
목적	가교구간의 결정	일반도작성 및 계획설계 (가교형식,지간 결정)	상세설계 시공법 검토	설계 및 시공의 안전성 검토
지반 에 관한 조사	기존자료조사 지형조사 토질지질조사 1)답사 2)보링 3)표준관입 시험 등	제1차 토질, 지질조사	제2차 토질, 지질조사	제3차 토질, 지질조사
		보 링 각종 토질시험 조사목적 1)토질의 성층 상태 2)지지층 선정 3)압밀침하 유무 4)지하수 상태	기초계획 위치에서의 보 링 각종 토질시험 조사목적 1)지지력, 침하량 계산 2)지하수위, 피압지하수	보완 보링 각종 토질시험
기타 조사	1차 조사 (I) 하천조사 교차도로 조사 교차철도 조사 1차조사(Ⅱ) 기상조사, 부식환경조사, 지진조사, 재료조사	2차 조사 시공조건 조사 조사의 목적과 내용 1)하천 내 작업기간 2)세굴방지구조, 호안공 3)도로, 철도의 시공조건 4)공사용도로, 전력 설비 5)지하매설물, 송전선 등		
시험 공사		시험공사(Ⅰ) 모형공사(하천, 항만 등 모형 시험) 실시시험 1)시굴 2)항타시험 3)재하시험 4)기타시험	시험공사(Ⅱ) 재하시험	
비고	(주) 형식과 지질상태를 알고 있는 경우에는 1차 조사와 2차 조사의 구분 없이 동시에 실시할 수 있다.			
콘크리트 조사	골재 채취원 조사 콘크리트 조사 플랜트 소재지 조사 환경조사 1)동결, 융해 유무 2)염해, 폐수 등의 유무	재료조사 (시멘트, 물, 골재, 혼화재 등 각종 재료시험) 콘크리트 제조 플랜트의 조사 (입지조건, 배치플랜트 설비, 재료저장설비, 품질관리체제, 공해대책 등의 조사)	콘크리트 시험 (콘크리트의 배합, 강도시험, 필요한 경우 동결융해 시험, 기타조사 시험)	
		조사목적 1)사용재료, 주로 물, 골 재의 품질 선정 2)콘크리트 제조 플랜트 의 선정자료 작성	조사목적 1)배합 결정 2)콘크리트 제조 플랜트의 선정	시험목적 1)배합 결정 2)콘크리트 제조 플랜트의 선정

3.3 협 의

3.3.1 일 반

- (1) 도로, 철도, 하천 등의 교차를 교량에서 계획할 경우 협의에 필요한 조사를 충분히 하여 관리자와 협의하여야 한다.
- (2) 국립공원, 문화재 매장지구 내를 통과하는 교량에서는 법률에 의하여 허가가 필요한 경우가 있으므로 관리자와 협의하여야 한다.

(1) 조사항목은 각종 대상시설에 따라 다르지만 필요한 기본적인 항목은 다음과 같다.

(가)대상시설설명 (나)소재위치 (다)관리자 (라)시설현황 (마)장래계획 (바)적용법·규제 기준 등이다. 우선 이중에 (다)관리자가 누구인가를 명확하게 해두는 것이 중요하다. 분쟁이 생기기 쉬운 예로서 용수, 저수지 등 농업시설을 들 수 있다.

도로나 철도 등의 교차를 교량에서 계획하는 경우에는 도로(철도)주변에 매립된 시설물(가스관, 전기 시설물 등)에 대한 조사를 통하여 관리자와 협의하도록 하고 주변시설 등에 대한 조사와 협의가 필요하다. 또 하천에서는 수리권, 어업권이 설정되어 있는 경우가 많으므로 필요에 따라 관리자와 협의한다.

(2) 법률에 의하여 정하여져 있는 지역을 통과하는 경우에는 공사에 제한을 받으므로 노선 전체에 대한 협의가 필요하다. 이들 연관 공공지역으로는 하천보전지역, 하천예정지, 사방지정지, 해안보전지역, 자연환경보전지역, 국립공원, 문화재 매장지역, 국가 주요 시설지역 등을 들 수 있다.

또 기타 연관시설로서는 공항·항만·송전선·전파시설 및 도시계획이 있고, 각종 대상법률에 의하여 규제조건이 정하여져 있어서 노선전체에 대하여 협의하여야 하는 경우가 있는데 교량계획 시에도 충분히 협의하도록 한다.

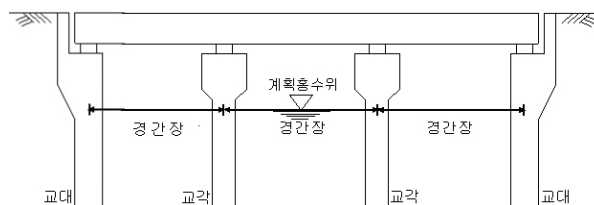
3.3.2 도 로

- (1) 도로와 교차하는 교량은 도로관리자와 협의하여 필요조건을 충족시켜야 하는데 사전에 확인하여야 할 주된 사항은 다음과 같다.
- (가) 도로 현황(도로규격, 도로폭원, 시설한계, 종·횡단 등)
 - (나) 도로 장래계획(선형 개량이나 확장계획, 도시계획 결정의 유무, 보도의 유무 등)
 - (다) 매설물
- (2) 주된 협의사항은 다음과 같다.
- (가) 교량 연장, 경간장 (나) 교대·교각 위치 (다) 다리 밑 공간 (라) 기초근입깊이 (마) 부채도로(우회로 포함) (바) 시공방법 (사) 고속도로 교차부에 대하여 상대방과 장래 관리 한계 구분

- (1) 도로에는 매설물(수도관, 가스관, 전선 케이블 등)이 설치되어 있는 것이 보통이며, 기초의 근입 깊이·육교의 첨가물도 설계조건으로 첨가할 필요가 있다. 또 시공에 있어서도 기존 시설의 부속시설, 가이설 등은 관리자와 협의하는 것이 필요하다.

(2)에 대하여

- (가) 교량연장이란 교량 양단 흙벽(또는 벽체) 전면 사이의 길이이고, 경간장은 교각 중심선 간의 거리이다.



〈그림 3.1〉 일반교량의 경간장

- (나) 다리 밑 공간은 교량 밑의 교차조건에 필요한 공간과 유지관리에 필요한 공간을 관련시설 및 설계 기준에 따라 합리적으로 정하여야 한다. 도로의 경우 4.7m 이상, 가급적 5m 이상으로 한다.

3.3.3 철 도

- (1) 철도와 교차하는 경우 철도관리자와 협의하여 필요조건을 충족시켜야 하는데 사전에 확인하여야 할 사항은 다음과 같다.
 - (가) 철도 현황(노선종별, 선로등급, 궤도폭, 시설한계, 차량한계, 전철화 여부 등)
 - (나) 개량 또는 증선계획
- (2) 협의사항은 다음과 같다.
 - (가)교량형식 (나)교량 연장, 경간장 (다)교대위치 (라)근입깊이 (마)다리 밑 공간 (바)시공 계획(철도시설 이설, 철도방호공 등) (사)공사위탁의 유무 (아)감독원 파견 등 (자)방호책

3.3.4 하 천

- (1) 하천을 횡단하는 교량은 하천관리자와 협의하여 필요조건을 충족시키고 구조상 안전하고 경제적이며 시공성이 용이한 것이어야 한다.
- (2) 하천점용 협의에 앞서 확인하여야 할 주된 사항은 다음과 같다.
 - (가) 하천현황(횡단형상치수, 높이, 홍수량, 홍수위 등)
 - (나) 하천개수계획 유무
 - (다) 유수방향, 계획단면치수, 높이, 계획홍수량, 계획홍수위, 하상경사, 관리용 도로 등
 - (라) 시공 가능기간 등의 시공조건
- (3) 주된 협의사항은 다음과 같다.
 - (가)교량 연장, 경간장 (나)교대위치 및 저면 높이 (다)다리 밑 공간 (라)교각형상 및 기초근입깊이 (마)관리용 도로 (바)호안

- (1) 하천관리자와 ‘하천점용 공작물 설치기준’, ‘하천정비 기본계획’ 등 시행규칙에 기초하여 협의하지만 시행규칙에 정하여져 있지 않은 경우 문서확인 등 신중한 협의가 필요하다.

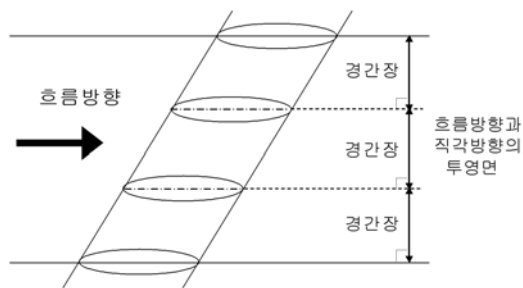
또 하천관리자가 제시한 경간장은 필요조건이며, 규모가 큰 기초를 필요로 하는 지반에서는 경제성·시공성 면에서 보다 큰 경간장이 적절한 경우도 있으므로 주의를 요한다.

- (2) 개수계획에는 개략적인 것에서 시행직전의 것까지 각종 단계가 있으므로 각 항목을 충분히 관리자에게 확인할 필요가 있다. 유수방향이나 계획높이는 해당지점의 상세지형도를 하천관리자가 보유하고 있지 않거나 지형에 적합하지 않은 경우도 있으므로 실측지형도에 기입하여 확인하는 것이 필요하다.

(3)에 대하여

(가) 경간장

- ① 경간장은 일반적으로 교각 중심선간의 거리이나 3.3.4 절에서의 경간장(L)은 홍수가 유하하는 방향에 하천을 횡단하는 연직평면에 투영하여 서로 인접해 있는 하천 내의 교각 중심선간의 거리를 말하며, 그 예는 <그림 3.2>와 같다.



<그림 3.2> 다경간 교량

경간장과 계획 홍수량간의 관계는 별도의 수리검토가 없는 경우 다음 <표 3.3>에 따르는 것으로 하며, $10,000 \text{ m}^3/\text{s}$ 이상의 하천은 별도로 검토한 후 결정하여야 한다.

단, 하천관련기관과의 협의가 필요한 경우에는 다음식의 값으로도 검토하여야 한다.

$$L = 20 + 0.005Q < 70\text{m}$$

L : 경간장(m), Q : 계획홍수량(m^3/s)

- ② 다음의 각 항목에 해당하는 교량의 경간장은 하천관리상 특별한 지장이 없는 한 ①항의 규정에 관계없이 다음의 값으로 한다.
- 계획홍수량이 $500 \text{ m}^3/\text{s}$ 미만이고 하천폭이 30m 미만인 하천일 경우 12.5m 이상
 - 계획홍수량이 $500 \text{ m}^3/\text{s}$ 미만이고 하천폭이 30m 이상인 하천일 경우 15m 이상
 - 계획홍수량이 $500 \text{ m}^3/\text{s} \sim 2,000 \text{ m}^3/\text{s}$ 인 하천일 경우 20m 이상
 - 주운을 고려하여야 할 경우는 주운에 필요한 최소 경간장 이상
- ③ 지형여건상 ①, ②에서 제시된 경간장의 확보가 어려운 경우 교각설치에 따른 하천폭 감소율(교각 폭의 합계/하천의 폭)이 5%를 초과하지 않는 범위 내에서 조정할 수 있다. 이 경우에는 최소 경간장은 12.5m 이상 이어야 한다.

(나) 교대 및 교각 설치 위치

교대, 교각을 제방 정규단면에 설치하면 제체 접촉부에서의 누수 발생으로 인하여 제방의 안정성을 저해시킬 수 있을 뿐만 아니라 통수능의 감소로 치수에 어려움을 초래할 수 있다. 따라서 교대 및 교각 위치는 제방의 제외지축 비탈끝으로부터 10m 이상 떨어져야 한다. 단, 계획홍수량이 $500 \text{ m}^3/\text{s}$

미만인 하천에서는 5m 이상 이격하여야한다. 부득이 제방 정규단면에 교대 또는 교각을 설치할 경우에는 제방의 구조적 안정성이 확보될 수 있도록 충분한 검토와 대책을 강구해야 한다.

(다) 다리 밑 공간

교량의 다리 밑 공간은 계획홍수위에 여유고를 더한 높이 이상으로 한다. 단, 현재의 계획제방 높이 또는 현재의 제방 높이보다 낮아서는 안 된다. 여유고는 계획홍수량에 따라 다음 <표 3.4>의 높이를 표준으로 한다. 단 하한치보다 작아서는 안 된다.

<표 3.3> 다리 밑 공간과 계획홍수량과의 관계

계 획 홍 수 량 (m^3/sec)	다 리 밑 공 간(m)	계 획 홍 수 량 (m^3/sec)	다 리 밑 공 간(m)
200 이하	0.6 이상	2,000 ~ 5,000	1.2 이상
200 ~ 500	0.8 이상	5,000 ~ 10,000	1.5 이상
500 ~ 2,000	1.0 이상	10,000 이상	2.0 이상

단, $100 \text{ m}^3/\text{sec}$ 이하의 하천에 대해서는 0.6m로 할 수 있다.

제방도로의 구조는 원칙적으로 다음 <표 3.4>의 값을 기준으로 한다.

<표 3.4> 제방도로와 계획홍수량과의 관계

계 획 홍 수 량 (m^3/sec)	제 방 도 로	
	폭 원(m)	공간높이(m)
500 미만	3.0	3.0 ~ 4.5
500 ~ 2,000	4.0	3.5 ~ 4.5
2,000 이상	6.0	4.5

단 $2,000 \text{ m}^3/\text{sec}$ 이상의 하천에 대해서는 고속도로의 종단현상, 지형 등을 고려하여 부득이한 경우에는 폭을 4.0m, 공간높이를 4.0m까지 축소할 수 있다.

(라) 교각 형상 및 기초근입 깊이

① 단면 형상

하천 내에 설치하는 교각의 단면은 가능한 타원형이나 이와 유사한 형상으로 하고 교각의 긴변 방향은 유수방향과 동일하게 한다. 단 교각의 수평단면이 극히 작고 유수가 유하하는 방향 및 직각방향으로 큰 하중이 작용할 경우 또는 유수가 유하하는 방향이 일정하지 않은 장소에 교각을 설치할 때에는 교각의 수평단면을 원형, 기타 이와 유사한 형상으로 할 수 있다.

② 교각 기초근입깊이

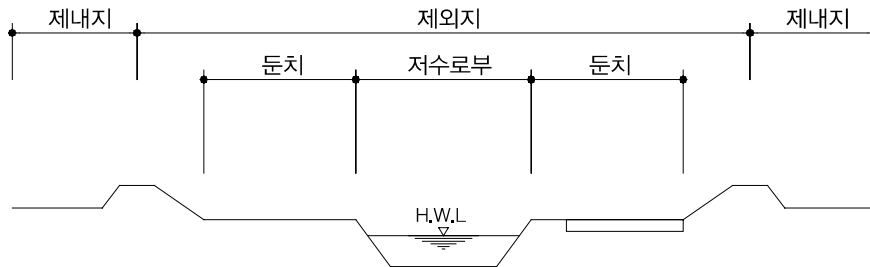
(a) 직접기초의 푸팅하단 근입깊이는 동결심도+500mm 또는 세굴심도 중 큰 값 이상

(b) 말뚝기초의 푸팅하단 근입깊이는 동결심도 또는 세굴심도 중 큰 값 이상

저수로의 하상표면 또는 둔치 표면 이하의 부분에 근입할 수 있는 특례를 적용하는 경우는 다음과 같다.

- 하상의 변동이 극히 적은 경우로 암반으로 형성되어 있는 경우를 말한다.
- 해당하천의 상황 기타 특별한 이유로 하구언 부근과 같이 수심이 깊어 시공이 기술적으로 곤란하며 홍수 시 유속도 완만하여 큰 국부세굴 등이 발생할 우려가 없는 경우를 말한다.

근입깊이의 결정 시 세굴 등에 의한 교량의 피해를 방지하는 관점에서 장래 하상저하의 가능성이 있는 곳은 근입깊이, 기초형식 등으로 방지하여야 한다. 또 세굴이 큰 곳에서는 세굴방지공을 검토하도록 한다.



〈그림 3.3〉 하천구역

(c) 하천 폭 감소율

하천 폭 감소율은 교각 폭의 합계에 대한 설계홍수위에 있어서의 수면의 폭의 비이다. 하천의 상황 및 지형학적 특성상 경간장 확보가 어려운 경우 아주 불가피한 경우에만 하천 폭의 감소율은 5%를 초과하지 않는 범위 내에서 경간장을 조정하되 안전성에 문제가 없도록 유의하며, 수리실험 또는 수치해석을 통하여 경간장 길이를 조정할 수 있다



4. 계 획

4.1 일 반

4.1.1 형식의 개략 결정

- (1) 교량형식의 결정은 기초 구조, 하부 구조 및 상부 구조의 각 요소에 관하여 안전성 · 시공성 · 경제성 · 내구성 · 주행의 쾌적성 · 유지관리 · 경관 등을 종합적으로 판단하여 결정하여야 한다.
- (2) 교량의 형식선정은 지형 · 토질 · 지반조건 · 입지조건 등을 종합적으로 고려하고, 내진성능이 우수한 구조형식을 선정하는 것이 좋다. 또한, 대규모 지진에 대하여 충분히 고려하여야 한다.
- (3) 교량의 형식선정은 시공 시의 안전성에 대해서 충분히 배려하여야 한다.
- (4) 장대교량 등의 교량형식 결정은 시각 자료 등을 충분히 활용한 다각적인 검토를 통하여 종합적으로 판단하여야 한다.

- (1) 교량형식 결정에 있어서 고려하여야할 점을 규정한 것으로서, 교량형식을 선정하기 위한 기본방향은 시방서 및 제 기준의 범위 내에서 총 건설 경비(재료비, 건설비, 유지보수비 포함)가 최소가 되도록 하고, 가능한 상부 구조는 연속 구조를 원칙으로 하는 것이 좋다. 교량의 형식은 다음 사항들을 고려하여 선정한다.

- 설계, 시공 및 경제적으로 유리한 선형에 적합한 형식
- 교장, 지간, 교대, 교각의 위치와 방향, 교량 하부 공간 등에 적합한 형식
- 구조상 안전하여야 함은 물론 상 · 하부공을 합해서 경제성이 있는 형식
- 공사비가 같을 경우에는 시공성과 경관이 유리한 형식

자동차 주행의 안전성 및 쾌적성을 좋게 하려면 구조적으로 상로교 형식이 좋고, 신축이음장치가 적은 연속교가 좋다. 특히 도시 내에 가설되는 교량은 구조물 자체도 날씬한 느낌을 주는 형식이 좋으며, 주위의 경관과 균형을 이루는 것도 중요하다.

일반적으로 형식결정에서 우선 고려하여야 할 것은 지간분할이다. 즉 교량 공간에 대하여 교각 설치간격을 어떻게 선정하는가 하는 검토이다. 하천·도로 또는 철도 등의 교차에 의하여 교각의 설치위치가 한정된 경우를 제외하고 지간장의 결정으로 상부 구조형식이 결정되며, 교량 구조물의 전체 형상이 고정되므로 지간장은 형식결정에 근본적인 요소이다. 또한 경관상의 배려도 중요하다. 외관상으로는 장대지간이 아름다운 교량계획이 되지만 시공성, 경제성도 고려하여야 한다. 중요한 것은 어떻게 미적 요소를 함께 고려하느냐 하는 것이다.

일반적으로는 교량형식 선정의 순서는 다음과 같이 생각할 수 있다.

(가) 조건의 정리 : 지형, 지질, 교차 조건, 시공 조건 등
(나) 형식의 가정 : 교량 길이·경간 분할, 상·하부 구조형식
(다) 형식의 결정 : 안전성, 시공성, 경제성, 내구성, 주행의 쾌적성, 유지관리, 경관 등을 고려하여 종합적으로 판단

(가) 조건의 정리

- ① 지형, 지질 : 현장 지형 및 지질, 장래의 지반면·지지층의 위치
- ② 교차 조건 : 도로, 철도, 하천의 현황, 장래계획
- ③ 시공 조건 : 공사용 도로 시공의 난이도, 가설공법 제약사항, 공사 중의 교차물의 우회

(나) 형식의 가정

① 교량 길이·경간 분할

(a) 교차 조건에 따른 필요한 교량의 길이나 지간길이에 제약이 있는 경우, 교대 및 교각 위치는 현장 조건에 따라서 결정된다.

(b) 임의로 지간장을 선택할 수 있는 다경간의 경우 상부 구조의 지간장을 다음 식의 범위 내에서 선택하고 기초지반 상태에 따라 지간장을 결정한다.

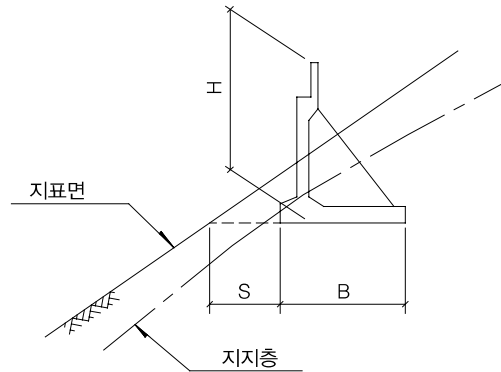
$$L = (1.0 \sim 1.5) \times H' \quad H' = \text{교각높이} + 1/3(\text{기초구조의근입깊이})$$

교장 결정에서 우선 필요한 것이 교대 위치의 선정이다. 교대 설치위치가 교차물 등의 요인으로 결정되는 경우를 제외하고 구조를 자유롭게 선택할 수 있는 경우 충분한 검토를 요한다.

교대는 상부 구조물의 고정받침을 설치하고 토압에 의한 수평력을 받고 있으며, 비탈면 상에 설치되는 경우가 많으므로 구조물 전체의 안정에 큰 영향을 미친다.

비탈면 상 임의의 위치에 교대를 선정하는 경우 교대의 높이 및 비탈면과의 위치관계에 대해서 <그림 4.1>에 나타내었다. 앞판에서 지표면까지의 수평 여유 폭(S)은 비탈면 경사·지

지층 깊이·지반의 상태(암반의 절리) 등을 감안하고, 시공성·안전성 등을 고려하여 교대
저판 폭(B) 이상 확보하는 것이 유리하나 확보가 불가능할 경우에는 안전성 검토 등을 통하
여 수평 여유 폭(S)를 결정하는 것이 좋다.



〈그림 4.1〉 교대의 높이와 비탈면과의 관계

② 형식의 선정

- (a) 상부 구조형식은 ‘4.2 경관 계획’과 ‘4.3 상부 구조형식의 선정’을 참고하여 지간에 따라 선정한다.
- (b) 하부 구조형식은 ‘4.2 경관 계획’과 ‘4.4 교대 및 교각형식 선정’을 참고하여 하부 구조높이 등 입지조건 등에 따라서 선정한다.
- (c) 기초 구조형식은 ‘4.5 기초 구조형식 선정’을 참고하여 지반, 지지층심도에 따라 선정한다. 또한, 상부구조와의 연결부 등을 고려하여 기초형식을 검토하여야 한다.

(다) 형식 결정

상기 (나)에 가정한 교량형식에 대하여 구조의 안전성, 시공성, 경제성, 내구성, 경관, 유지관리의 용이성 등을 종합적으로 판단하여 형식을 결정한다.

(2) 내진성을 배려한 구조물 형식을 선정하는 경우에 유의할 사항은 다음과 같다.

- (가) 낙교를 확실히 방지하기 위해서는 연속 구조가 바람직하고, 그 중에서도 다경간의 연속라멘형식은 내진성이 우수하다. 또한 지반이 양호하고 고유주기가 짧은 경우에는 면진설계를 병용하고, 지지력의 저감효과를 검토하는 것이 좋다.
- (나) 연속구조에 있어서 1점 고정방식에는 고정받침을 지지하는 하부 구조의 부담이 커지기 때문에 다경간 라멘교, 다점 고정방식, 고무받침에 의하여 지진 시 수평력을 분산하는 구조로 하는 것이 좋다.

- (다) 경사면 안정이 불안한 곳이나 연약 점성토층의 활동, 사질 지반의 액상화 등 지반의 상태가 변하게 될 가능성이 있는 매립지반이나 충적 지반상에는 수평 강성이 큰 기초를 선정하는 것이 바람직하며, 다점 고정방식 등의 구조계를 선정하는 것이 바람직하다.
 - (라) 사고는 상부 구조의 회전에 따른 낙교의 발생 가능성을 피하여야 한다. 폭이 넓은 곡선교도 상부 구조의 회전과 외측 방향의 이동에 따른 낙교가 발생하기 쉽다. 램프교 등에서는 지점부를 강결하여 상부 구조의 회전이동을 구속하는 형식도 검토하는 것이 바람직하다.
 - (마) 지반이 매우 연약한 경우에는 상부 구조의 형식이나 재료를 검토하여 중량을 경감하여 기초 구조에 작용하는 상부 구조의 지진력을 저감하도록 하는 것이 좋다.
새로운 형식의 구조계를 선정하는 경우에는 형식 선정의 단계부터 내진해석법에 따른 검토를 수행하는 것이 바람직하다.
- (3) 시공안전성을 고려한 구조형식을 선정하는 경우에 유의하여야 할 사항은 다음과 같다.
- (가) 기초구조의 형식 선정 시에는 충분한 토질·지질조사를 실시하여 공용 중 및 시공 중의 안전성 확보가 가능한 형식을 선정하여야 한다. 즉 깊은 기초나 케이슨 등과 같이 흙 안에서의 인력작업이 주체가 되는 형식에 대해서는 흙의 벽과 흙의 하부에서의 붕괴에 대해서 충분한 사전검토가 필요하다. 또한 굴착에 대한 비탈면 붕괴 방지를 위하여 굴착범위를 충분히 검토하여야 한다.
 - (나) 하부 구조의 형식선정 시 구조물의 시공 중과 공용 중 구조계가 다른 경우가 있으므로 시공 중 안전성을 고려한 형식을 선정할 필요가 있다. 고교각 같은 경우에는 이동식 거푸집과 같이 시공 중 안전성을 배려한 형식이나 형상을 선정할 필요가 있다. 또한, 시공 중의 내진 안전성이나 내풍 안전성도 충분히 고려할 필요가 있다.
 - (다) 상부 구조의 형식선정 시에는 가장 불안정한 가설단계를 고려하여야 한다. 즉, 가설공법을 포함한 종합적인 검토에 의하여 구조 형식을 선정할 필요가 있다. 또한 하부 구조의 형상도 상부 구조의 가설공법을 고려하여 결정하는 것이 필요하며, 가설장비에 대한 검토도 필요하다. 그리고 강교의 압출이나 PSC교의 압출 시공법에 대해서는 하부 도로의 교통통제를 최대한 배제·단축할 수 있는 방안을 충분히 검토한 후 형식선정을 할 필요가 있다.
- (4) 특히, 장대교량 등의 형식을 결정할 때에는 교량 일반도만으로 검토하는 것이 아니라 스케치, 합성사진, 연구용 모형 등의 시각자료를 계획단계에서 충분히 활용하여 교량 기술자뿐만 아니라 타 분야의 기술자와 함께 검토를 수행하는 것이 바람직하다. 이를 통하여 보다 경제적이고 경관이 고려된 합리적인 교량 설계 및 건설을 할 수 있을 것이다.

4.1.2 형식협의

도로, 고속도로 관련시설 및 건축물 등의 설계에 관계되는 기본적이고 중요한 사항 및 장대 교량 등 특수한 구조물을 시행하고자 할 때는 사전에 담당자와 협의하여야 한다.

협의 시에 첨부되는 도서로서 일반적으로 다음과 같은 것이 있다.

- (1) 위 치 도 : 일반적으로 축척 1/5,000 노선도에 가교계획 위치를 기입
- (2) 설계협의사항 : 교차조건, 설계조건, 구조개요, 형식결정이유 등을 기입
- (3) 기 타 : 필요에 따라 공사비 비교, 구조검토 등 형식결정의 기초자료로 한 것

4.1.3 경간분할

교량의 형식별로 표준적용지간, 거더높이 비(거더높이/지간)는 설계조건에 따라 다르지만, 다음과 같은 사항을 고려하여 경간을 분할한다.

- (1) 미관
- (2) 하천통과
- (3) 경제성

(1) 미관을 고려한 경간 분할

연속교는 중앙경간을 측경간보다 크게 분할하면 안정감이 크게 되며, 3경간일 때는 경간의 개략비율이 3 : 5 : 3, 4 경간일 때는 3 : 4 : 4 : 3 이 많이 채택된다.

교장이 길고 지형이 평탄할 때는 등경간이 좋으며 접속 교량과의 연결은 경간이 점점 변하여 조화되도록 분할한다.

(2) 하천통과를 고려한 경간분할

유속이 급변하거나 하상이 급변하는 지역에는 교각을 두지 않아야 하고 하천 단면을 줄이지 않도록 하고 교각설치로 인한 수위 상승과 배수를 검토하여야 한다.

저수로 지역에서는 경간을 크게 분할하고 하천 협소부에서는 교각수를 줄여야 한다. 유로가 일정하지 않은 하천에서는 가급적 장경간을 선택하고, 유목·유빙이 많은 하천에서는 교각수를 줄이고 이들이 걸리지 않는 구조로 하여야 한다.

(3) 경제성을 고려한 경간분할

상부구조와 하부구조의 단위길이 당 건설비가 같거나 상부구조의 공사비가 하부구조의 공사비보다 약간 크게 하는 것이 적절하다.

기초지반이 불량한 경우에는 장경간이 유리하고 기초지반이 양호한 경우에는 짧은 경간이 유리하다. 또한 하저지반이 불균일할 경우에는 각 구간별로 나누어 경제성을 검토한 후 경간을 분할하는 것이 좋다.

4.1.4 환경영향

교량형식 선정 시에는 다음 사항에 대하여 교량공사가 주위 환경에 미치는 영향을 충분히 검토한 후 형식을 결정하여야 한다.

- (1) 공사 중 진동, 소음, 수질오염 등에 관한 영향
- (2) 완성 후 교량이 주위환경에 미치는 진동, 소음 등의 영향

환경문제에 관하여 교량 형식의 선정 시 주의하여야 할 점에 대하여 서술한 것이다. 현재 공해라고 불리는 것으로 건설공사 중 발생하는 건설공해와 완성 후 발생하는 소위 도로 공해로 나누어진다. 특히 도로 공해에 대해서는 1개 교량에 한정되는 것이 아니기 때문에 본 조항에서 이들 모두에 대하여 규정할 수는 없으므로 일반적인 사항에 대해서만 언급하기로 한다.

- (1) 도로건설 시의 공해는 그 영향 범위가 광역적인 것(대기, 수질 등)과 국지적인 것(소음, 진동 등)으로 분류되며, 공중에 따라 여러 종류의 공해가 발생하는 특수성을 가지고 있다. 특히 발생원 자체가 이동(덤프트럭 등)하는 이동 공해이면서 공사현장 내에서 발생하는 고정성 공해라는 이면성을 갖고 있다.

이런 특수성으로 방지책을 강구하기 어려운 면도 있지만 계획, 설계, 시공 및 적산 시에 공해를 예측한 정량적인 제반 대책을 고려하여야 한다.

- (2) 도시부, 연약지반 등에서 완성 후의 교량에 발생하는 진동, 소음 문제가 될 것으로 예상되는 경우에는 다음 사항에 유의한다.

- (가) 장경간 라멘구조에서는 라멘의 변형에 의하여 기초가 횡방향으로 이동하고 지반진동이 문제가 되는 경우가 있다.

(나) 받침의 마찰계수가 커서 온도변화에 따라 원활히 움직이지 않고, 일정 온도변화에 달한 시점에서 급격히 이동함에 따라 진동·소음의 원인이 될 수 있다.

(다) 저주파 공기진동 문제가 드물게 발생하는 일이 있는데, 저주파 음은 구조 각 부분의 진동에 기인하고, 음압수준(dB)도 구조물의 강성 및 교량이 받는 에너지(중량, 속도 등)에 관계되므로 가능한 한 강성이 큰 형식·구조를 채용하는 것이 좋다.

4.2 경관계획

4.2.1 일반

교량의 계획과 설계는 다음 사항을 충분히 고려하여 검토하는 것을 원칙으로 한다.

- (1) 교량과 주변 공간의 조화
- (2) 교량의 형태미
- (3) 교량의 미적요소
- (4) 교량의 색채와 질감

본 항에서는 구조물이 갖는 다양한 기능, 특징 중 특히 시각적 기능, 소위 “어떻게 보이는가” 라는 점에 대하여 서술한다.

구조물이 사람에게 어떤 느낌을 주는가라는 이 시각적 기능은 구조물이 갖는 각종의 특징 중 가장 중요한 것이다. 특히 교량 구조물은 사회적 재산이고, 50~100년이라는 장기간에 걸쳐 사용되는 공공물임을 고려할 때 충분한 초기투자로 우수한 외관을 갖는 구조물을 만드는 것은 교통시설로서의 기능을 만족시킨다는 조건과 마찬가지로 중요하다고 생각된다.

4.2.2 교량과 주변 공간의 조화

주변 공간이란 산지·평지·도심지의 3종류로 분류하는데, 이를 적절히 분류하는 것은 어려운 문제이나 교량이나 주변 경관과 시각적 조화를 이루며, 교량의 특징을 이끌어 내도록 하여야 한다.

- (1) 교대와 주변 공간의 조화
- (2) 교각과 주변 공간의 조화
- (3) 하부 구조와 수면
- (4) 하부 구조와 지표면
- (5) 기타 주변 공간의 조화에 영향을 미치는 요소

구조물을 주위 경관과 관련하여 파악하는 경우 일반적으로 (가) 소거 (나) 조화 (다) 대비의 3가지 방법을 생각할 수 있다. (가) 소거는 구조물을 주위 경관에서 가능한 한 인지되지 않도록 하는 것이 바람직한 경우에 사용하는 방법으로서, 예를 들면 자연 경관이 탁월한 국립공원의 구조물이 대상이 된다. 이 경우 자연 경관에서 인공 구조물인 교량을 전부 소거하는 것은 불가능하므로 자연목 · 기타 차폐물로 숨기는 방법, 사용재료의 질감, 색채를 주위의 것과 동일하게 하여 주위 경관에 매몰시키는 방법을 사용한다. (나) 조화는 주위 경관과 잘 어울리는 형태 및 규모를 산정하고, 사용재료의 질감 · 색채가 주위경관과 이질감을 갖지 않도록 하는 것이다. (다) 대비는 구조물을 주위 환경과 전혀 다른 성격의 것으로 하여 그 존재를 주위와의 대비로 적극적으로 인지시키는 것이다. 일례로 삼림지대에 붉게 칠하여진 강교량 등을 생각하면 된다.

- (1) 교대는 미관이라는 관점에서 교량을 볼 때 시각적으로 양호한 교대로 하기 위해서는 교대의 구조적인 기능을 충분히 만족시킴과 동시에 교대와 주변 환경과의 조화가 잘 이루어져야 한다. 특히 교대와 주변 공간과의 조화는 시각 인상을 좌우하므로 충분한 사전 검토가 필요하다. 그러므로 교대의 위치를 결정할 때에는 교대와 주변 공간이 깔끔한 인상을 갖도록 교량의 규모, 주변 환경, 교대의 크기 등을 고려하여야 한다.

〈그림 4.2〉는 하천부의 교량 또는 땅깍기 구간의 도로상에 설치된 횡단교 등에 많이 적용되는 교대와 지반과의 연결을 나타낸 것으로서, 이 경우 교대의 위치는 하천 조건이나 하부도로 조건 등에 의하여 제약을 받는다. (a)와 같은 경우에는 교량 연장이 짧아져서 공사비가 적어지는 반면에 (b) 등의 경우는 하천의 통수나 하부 도로의 이용자에게 시각적인 편안함에 도움을 줄 수 있다.

〈그림 4.3〉에서와 같이 고가교의 설치부에는 점용 용지와의 관계에서 결정되는 경우가 많으나 교량 주변의 지형 및 환경 등을 고려하여 미관상 유리한 형태의 교대를 결정하는 것이 좋다.



〈그림 4.2〉 교대와 지반의 조화(하천 또는 땅깍기부)



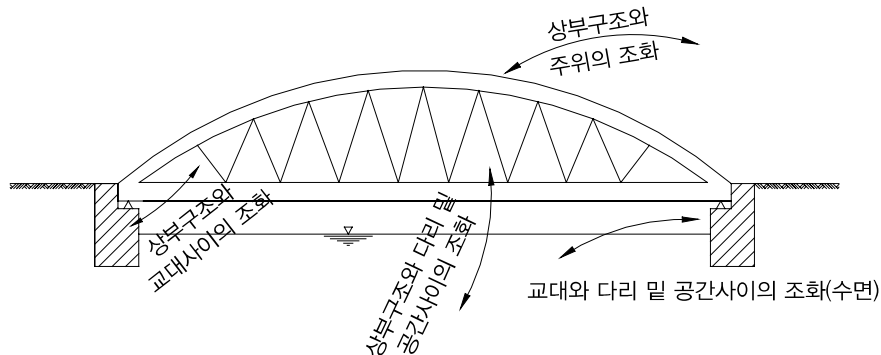
〈그림 4.3〉 교대와 지반의 조화(고가교 설치부)

- (2) 교량의 중앙부에 설치되어 상부 구조의 하중을 기초지반에 전달하는 역할을 하는 교각부는 교량 상부 구조와 조화를 이루어 교량의미를 표출할 수 있도록 하여야 한다. 특히 그 설치 위치에 따라 주변 경관과의 조화는 물론 하부 공간의 사용성에도 지대한 영향을 미치므로, 교량의 상부 구조 형식에 따라 교각의 형상도 여러 각도에서 검토하여야 한다. 일반적으로 하천의 교각들은 원형 또는 타원형의 형상으로 통수 단면에 유리하게 설치하는 것이 보편적이며, 도심지 내에서는 최대한의 다리 밑 공간 사용이 가능하도록 계획하는 것이 좋다. 그러나 근래에 와서는 교각의 형태도 주변 경관 및 상부 구조의 조화를 고려하여 다각도로 계획되어지고 있으며, 그 형태도 다변화하여 표현되고 있다.



〈그림 4.4〉 교량 주변 공간과 잘 어울리는 교각

- (3) 교량은 〈그림 4.5〉와 같이 상부 구조와 하부 구조로 구성되어 있으며, 하부 구조는 교대와 교각으로 구성된다. 이들 하부 구조가 주위의 수면 및 지표면과 이루는 미적 관련 조향을 열거하면 다음 〈그림 4.5〉와 같고, 이 조향들은 하부 구조 설계 시 고려하는 것이 좋다.



〈그림 4.5〉 상부구조와 하부구조의 관계

- (4) 교대나 교각 하부 주면의 지표면 처리에 대하여 가장 쉽게 접할 수 있는 곳은 도심지 고가교의 교각 주변으로서, 교량 하부 공간을 주변 상황에 맞게 활용하고 처리할 수 있도록 설계 시 고려하는 것이 좋다. 〈그림 4.6〉은 교량 하부 공간의 활용 및 처리 형태로서 (a)는 다리 밑 공간이 Y형의 각에 의하여 미적인 균형을 이루고 있으나 교량 하부의 주변 공간이 길게 뻗어있어 미적 공간 활용을 충분히 하기 어려운 단점이 있는 형태이다. 또한 (b)는 보행자와 주변의 환경을 고려하여 교각 벽체 표면에 무늬를 넣어 교각의 양감을 부드럽게 한 형태이다. 이 외에 특별한 경우에는 교각 하단 공간을 활용하여 공원을 만들거나 교대 부근에 인공섬을 만들어 휴식공간으로 처리하여 주변 환경과 조화시키는 것도 설계 시 고려하는 것이 좋다.



(a)



(b)

〈그림 4.6〉 교량 하부 공간의 활용

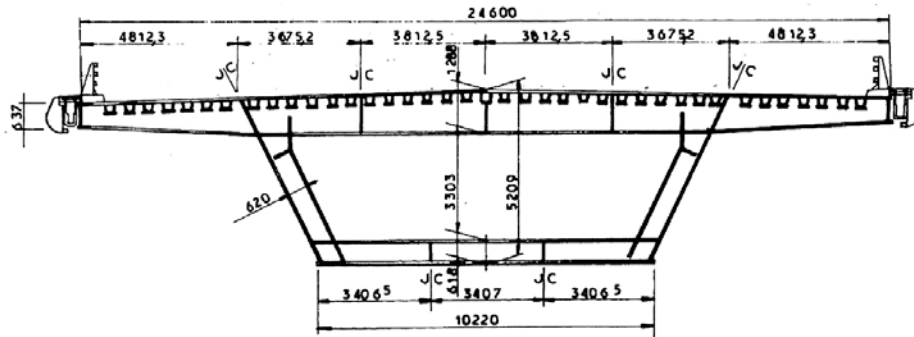
(5) 교량과 주변 공간의 조화에 영향을 미치는 요소는 전술한 것 이외에도 다음 사항들을 고려하여 설계하여야 한다.

(가) 하부 구조의 장식

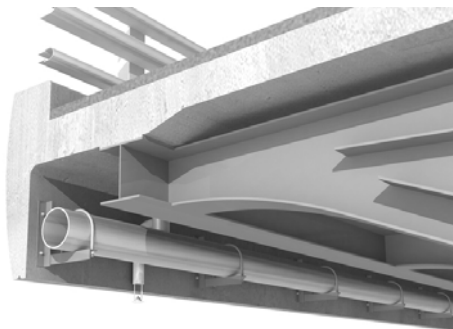
(나) 복수 교량의 미관과의 조화

(다) 교량의 부속물 : 난간, 조명, 보도 포장, 배수시설, 식재 등

도심지 고가교나 하천에 설치된 교량에서 측면에 노출된 배수 시설이 경관을 해치는 경우가 많이 있다. 유럽에서는 배수관을 상부 구조의 내측에 설치하거나 <그림 4.7>에서 보는 바와 같이 기타 시설로 감추어서 경관을 고려한 교량의 건설 사례를 많이 볼 수 있다. 국내에서도 일부 설계에서 측면의 fairing 등의 시설을 이용하여 경관을 배려한 사례가 있다.



(a) Pont de Chevre(유럽)



(b) 국내 설계 사례

<그림 4.7> 교량 배수관의 경관적 배려 사례

4.2.3 형태미

교량은 도로·하천·기타 시설 등을 횡단하는 횡단구조물로서 계획되며, 규모는 교량 자체의 성격보다는 외적인 요인에 의하여 결정되는 경우가 많다. 따라서 교량의 형태가 문제가 된다. 그러나, 도로교는 횡단 구조물로서의 교차조건·기타 제 조건으로부터 거더 높이·교각 위치가 한정되는 경우가 많고, 형태상의 자유도도 상당히 낮다. 이러한 조건으로부터 도로교의 형태를 논의함에 있어 중요한 요소는 다음과 같다

- (1) 교량의 형상
- (2) 비례배분
- (3) 경간분할
- (4) 주부재 형상의 강조
- (5) 구조 요소의 반복성
- (6) 주부재와 노면 사이의 조화

(1) 교량을 계획, 설계할 경우에는 가설지점에 따른 교량의 형상에 대하여 검토하는 것이 바람직하다. 이를 위하여 <그림 4.8>과 같은 과정을 염두에 두고 다음과 같은 특징을 인식할 필요가 있다.

- 교량은 수평방향의 치수가 연직방향 치수에 비하여 현저하게 길고 세장한 구조이므로 부분적이 아닌 교량 전체에 대한 비례배분을 고려하여야 한다.
- 지간장이 길어질수록 교량 본체를 양 단부만으로 지지할 수가 없다. 그러므로 교각과 같은 중간 지점을 설치하여 다수의 부재를 조립, 구성할 필요가 있다.
- 교량은 사람의 일상생활 공간 내에 건설된다.

<그림 4.8>에서 교량 공간의 구성은 다음 3가지 사항으로 구성된다.

(가) 기본사항{<그림 4.8>의 (a)}

교량의 형태를 고려할 경우, 기본사항으로서 교량 자체에 관련된 것과 환경 및 경관에 관련된 것을 고려하여야 한다.

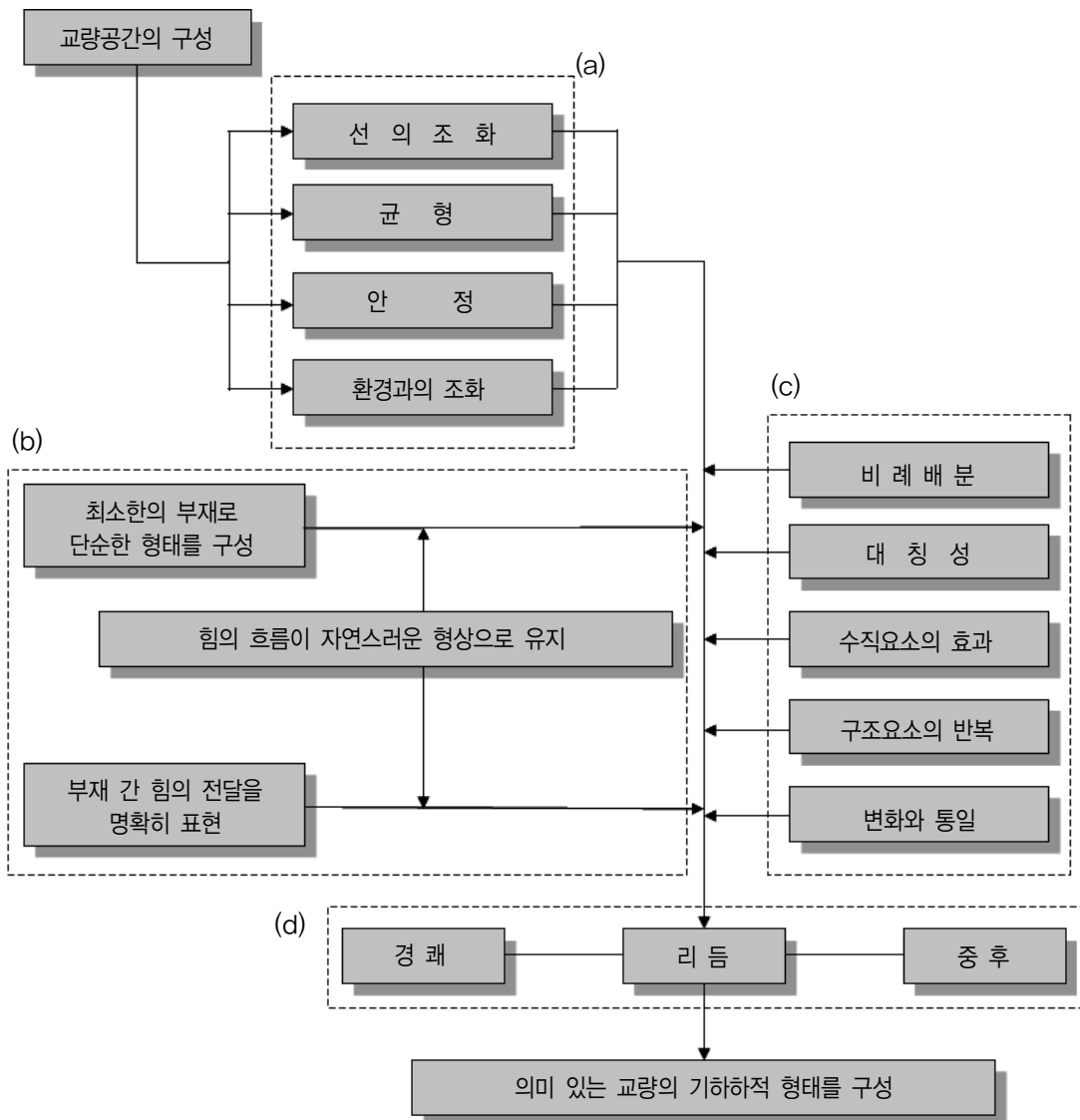
- (a) 교량은 다수의 부재를 여러 방향으로 배치하므로 부재의 직선·곡선·면의 조합에 따라 기하학적 형상이 서로 조화와 균형을 이루며, 전체적으로 안정되게 구성하여야 한다. 따라서, 교량 자체와 관련된 것으로 선과 면의 조화, 안정, 균형에 대한 고려가 필수적이다.

- (b) 교량은 단독적인 것으로는 볼 수가 없고, 반드시 가설지점의 자연환경이나 인공물과 함께 보아야 하기 때문에 환경이나 경관의 전체 형상을 고려하여야 한다. 이 때문에 이들 환경이나 경관과 조화를 이루도록 교량의 형상을 결정하는 것이 좋다.

(나) 부재구성의 착안점{〈그림 4.8〉의 (b), (c)}

교량은 많은 부재들로 조립되고, 이들 조립된 부재 중심으로 힘을 전달시켜 교량 전체의 안전성을 유지하여야 하며, 설계 시 전체적인 힘의 흐름을 합리적으로 구성하기 위한 검토 과정이 있어야 한다. 이 경우에 고려하여야 할 사항으로 다음과 같은 것들이 있다.

- (a) 구성 부재는 역학적 기능을 갖는 최소한의 단순 부재로 하며, 시작과 끝이 명확하게 조립되어야 한다.
- (b) 힘은 구성 부재를 중심으로 원활하게 전달되도록 하여야 한다.
- (c) 비례, 균형, 안정, 평형 등을 고려하여야 한다.
- (d) 교량의 전체적인 미적구성을 위하여 비례배분, 구조 요소의 반복, 구조 요소와 노면의 조화 등을 고려하여야 한다.

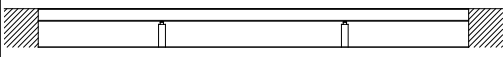


〈그림 4.8〉 교량 공간의 구성

(다) 환경과의 조화{〈그림 4.8〉의 (d)}

교량은 주변 환경 및 경관과의 조화에 따라 남성적이며 역동적이거나 여성적이고 우아하게 표현될 수 있다. 예를 들면 아래 〈그림 4.9〉의 연속교에 대하여 (a)는 경쾌감을 주는 반면에 (b)는 교각 높이를 줄이고 대신 거더 높이를 변화시켜 경간장을 크게 한 것이 역동적인 느낌을 갖게 한다. 또한 교량이 환경과 조화를 이루도록 하는 다른 요소로 골격이나 형태뿐만 아니라 재료와 색채를 들 수 있다. 그 실례를 보면 콘크리트는 회색의 조직 구조와 중량감 때문에 주변에 잘 스며드는 반면에,

강재는 느낌이 뚜렷하고 주변에서 두드러져 보이기 쉬우나 색채의 선택에 따라 미의 변화를 조정할 수 있는 장점을 지니고 있다.

구분	(a) 거더 높이를 변화시키지 않는 경우	(b) 거더 높이를 변화시키는 경우
종단 면도		
투 시 도		

〈그림 4.9〉 연속교의 미

(2) 교량을 구성하는 각 부분에 대한 치수의 구성에 따라 교량의 형태는 변화하며, 그 구성비에 따라 미적·구조적으로 안정감을 주므로 가장 합리적으로 구성 요소를 비례배분하여야 한다.

(가) 미적 비례조화의 법칙

미학에서는 오래전부터 도형이나 물체의 미적 조화를 위하여 세로와 가로 치수를 조화 있게 구성하는 비례에 대한 연구가 거듭되어 왔고, 현재까지 알려져 있는 그 대표적인 미적 비례 조화의 법칙은 다음과 같다.

① 황금 분할(golden section)

두 치수 비가 $1.618/1=5/3$ 를 만족할 때 가장 좋은 조화를 이룬다는 학설이다.

② 피보나치 급수(fibonacci series)

서로 연속된 두 수의 합인 다음의 숫자들로 나열되는 급수인 1, 2, 3, 5, 8, 13……등으로 황금분할의 3과 5도 이중에 속한다.

③ 동적대칭(dynamic symmetry)

이것은 $1, \sqrt{2}, \sqrt{3}, \sqrt{4}, \sqrt{5}, \dots$ 등과 같은 정수의 평방근으로 구성되는 급수로서, 이 숫자의 비를 사용한 도형은 미적인 구성을 이룬다는 학설로서 다음과 같은 비를 의미한다.

1 : 1의 정사각형

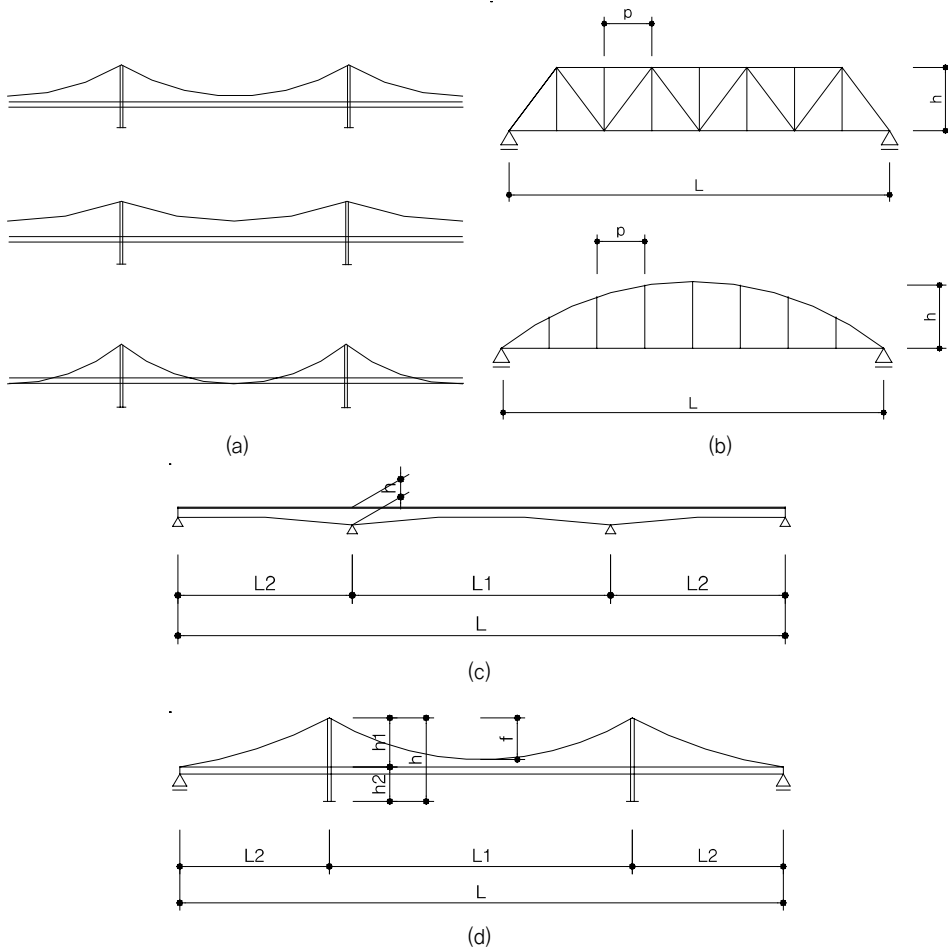
1 : $\sqrt{2}=1 : 1.414$ 의 직사각형

1 : $\sqrt{3}=1 : 1.732$ 의 직사각형

(나) 교량의 치수 비

교량의 치수는 역학 및 기타 구조공학과 관련이 있으므로, 비례배분과 역학적 거동의 양면을 함께 고려하여야 한다. 이 경우 교량의 전 체적 또는 부분적인 치수나 크기는 전술한 미적 비례법칙을 참조로 하는 것이 바람직하다.

〈그림 4.10〉 (a)는 현수교에서 새그(sag)의 대소에 의한 형상 변화이고, (b)는 트러스교와 아치교에서의 거더 상부와 하부의 높이 비, (c)와 (d)는 각 교량별 부분적인 치수 비를 나타낸 것으로 각각의 크기에 따라 교량의 형상이 변화된다.



〈그림 4.10〉 교량 각 부분의 미적 비율

(다) 대칭성과 연직선

교량 구조물은 수평방향의 차원이 매우 길기 때문에 구조물 전체에 대한 비례배분을 고려하여야 하는 시각적 결점을 갖고 있으며, 이러한 결점은 대칭성과 연직선으로 보완할 수 있다. 보편적으로 교량은 역학적 균형을 얻기 위하여 공학적인 연구가 필요하며, 모든 구조물에서는 대칭성을 이루는 것이 미관상로나 구조적 안전성 면에서 유리하나 부득이한 이유로 대칭성을 이룰 수 없는 경우에는 주위의 지형이나 경관을 고려한 전체적인 시각상의 균형을 이루도록 배려하는 것이 좋다.

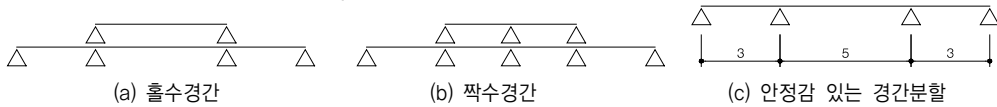
한편, 연직 구조 요소로 표현되는 면직선도 비례배분의 결점을 보완하는 효과가 있다. 이러한 연직선은 지구의 인력방향을 직관화한 것이므로 수평선보다 훨씬 짧지만 강한 인상을 줄 뿐만 아니라 종·횡의 불균형을 완화시킬 수 있다. 연직선에 의한 형태비의 보완 예를 보면 아치교의 수직재, 현수교의 주탑과 현수재, 사장교 주탑의 연직선 등이 있다.

연직선은 다른 부채에 의한 수평선 및 경사선의 길이나 크기와 조화를 이루도록 하여 시각적인 형태미를 갖추어야 한다. 보편적으로 현수교나 사장교에서는 주탑의 단면이 작으면 교량 전체가 약하게 보이며, 안정감이 결여된 것 같은 느낌이 있다. 또, 트러스에서도 수직재에 의한 연직선을 갖도록 하여 그림자에 의한 영상적인 미를 도출할 수 있다.

- (3) 실제의 교량에서는 교각 배치의 제약 때문에 경간분할의 선택이 언제나 자유로운 것은 아니지만, 미적 관점에서 다음 사항을 고려하는 것이 좋다. 일반적으로 연속교의 중앙경간을 측경간보다 크게 하는 것이 보통이며, 3경간일 경우에는 3:5:3 정도의 비를, 4경간일 경우에는 3:4:4:3 정도의 비율이 좋다고 알려져 있으나, 이 비율이 다소 변하여도 교량 전체의 경제성에는 별 영향을 미치지 않는다. 교량 연장이 길고, 평활(平滑)한 곳에 교량을 가설하는 경우에는 오히려 등간격으로 분할하는 것이 외관상 좋은 인상을 주기도 한다.

(가) 홀수경간과 짝수경간

교량 설계 시는 <그림 4.11>의 (a)와 같이 교량 중앙부를 중심으로 좌우 대칭의 홀수경간 배치가 보통이다. 이는 좌우 대칭으로 하는 것은 역학적 균형을 얻기 위한 공학적 요구 사항이지만, 수심이 깊고 유속이 빠른 하천의 경우 홀수 경간으로 하면 중앙 유심부에 교각을 설치하지 않아도 되는 이점도 있다. <그림 4.11>의 (a)와(b)를 비교하면 (b)에서는 짝수 경간의 중앙 교각에 의하여 좌우 경간이 불연속적으로 느껴지나, (a)에서는 좌우가 연속적으로 느껴지게 하는 인상을 준다. 그러나 경간수가 많아지면 짝수와 홀수의 미적 차이는 거의 없어지게 된다.



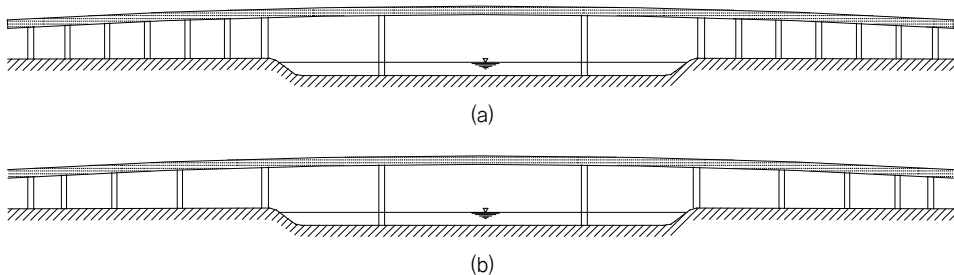
〈그림 4.11〉 교량의 경간분할

(나) 비례배분

교량 계획 시 〈그림 4.11〉의 (a),(b)에서 처럼 다경간을 등간격으로 하지 않고 (c)와 같이 중앙경간을 측경간보다 크게 하면 교량의 안정감이 강조된다. 또, 유속이나 유량이 큰 하천에서 유심부의 교각 간격을 크게 하는 것이 합리적인 경우도 있다. 경간의 비율은 역학적 특성과 미적 개념이 관계되며, 황금분할의 계산 값 3:5:3은 합리적인 비율이라고 할 수 있다.

(다) 경간분할의 연속성

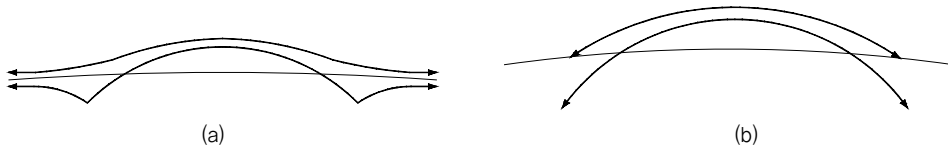
〈그림 4.12〉의 (a)는 주교량과 접속교량의 접속부에서 경간분할의 불연속 때문에 조형적으로 눈에 거슬리는 예이고, (b)는 중앙 경간을 중심으로 좌우의 경간장을 연속적으로 변화시켜 연속성을 유지하고 있는 예이다. 그러므로 경간 배치 시는 도로의 종단선형을 고려하고, 상부구조와 하부구조의 전체적 시각 균형에도 주의하여 경간을 배치할 필요가 있다.



〈그림 4.12〉 경간장의 연속성

(4) 주부재 형상의 강조

부재는 힘의 흐름이 명확하게 나타나도록 단순 명료하게 구성되어야 하고 힘의 일관성도 확실히 나타나며, 교량이 전체적으로 명쾌한 형태를 이루도록 구성되어야 한다. 예를 들어 아치교에서는 아치 리브가 강조되고 상대적으로 단면이 작은 보강 거더가 지주와 함께 단순하게 조립되는 경우가 많은데, 이 경우에는 보강거더→지주→아치 리브 등으로 전달되는 힘의 일관성이 잘 표현되어야 한다. 그리고, 단순 명료한 기하학적 형태의 아치 구조가 세련되고 섬세한 거더와 지주에 의하여 지지될 때 역학적 일관성을 이루며 세련된 형태미를 표출할 수 있다. 〈그림 4.13〉은 아치 리브의 형상에 따른 미관으로 (a)는 남성적 분위기를 (b)는 우아한 여성적 분위기를 느낄 수 있다.



〈그림 4.13〉 아치리브의 미관

또한 〈그림 4.9〉와 같이 거더의 상면 또는 하연선을 강조할 경우 힘이 느껴지면서 경쾌하고 역동적인 기능미를 살릴 수 있다.

(5) 구조요소의 반복성

가설지점의 공간적 여건이나 경관에 따라 조금은 상이하지만, 구조 요소의 반복은 아치교 · 트러스교 · 사장교 등에 리듬감을 부여하고 경쾌한 인상을 주기도 하며 때로는 중량감을 갖는 교량으로 느끼게 한다.

(6) 주부재와 노면 사이의 조화

교량의 기준선은 수평선 즉, 노면이다. 이 때문에 기선의 상·하 및 측면에 부재가 배치되는 것이다. 따라서 이들의 위치 관계를 고려하지 않으면 전체적인 미적 통일성을 상실하게 된다. 한가지 예를 들면 한 교량에서 교량 형식을 상로 · 중로 · 하로 형식을 혼용하여 기선의 상부 또는 하부에 부분적으로 배치될 경우 통일성만 잃는 것이 아니라 시각적 · 구조적으로 위험성을 내포할 수 있다. 이와 같이 주부재와 노면의 관계는 단순히 역학적인 면만이 아니고, 시각적 안정성도 동시에 검토하여야 한다.

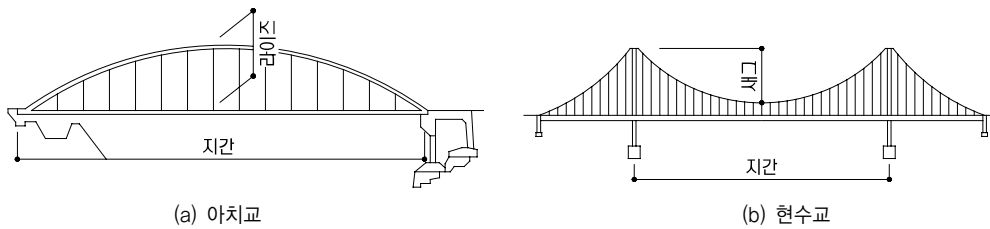
4.2.4 미적요소

교량의 미적요소는 다음과 같은 요소들이 있다.

- (1) 비례배분과 구도
- (2) 수평시각과 시거리
- (3) 시선 입사각
- (4) 양각과 부각
- (5) 시점장

- (1) 교량에서의 미는 교량 자체의 형태 및 조망방법과 밀접한 관계가 있으며, 가장 대표적인 요소로는 비례배분과 구도가 있다.

(가) 비례배분이란 관찰하고자 하는 대상을 동일한 공간에서 바라볼 때 비교 가능한 각 제원들 사이의 비로서 대상 교량을 바라보는 시점의 위치에 따라 변하지 않는 교량 자체의 고유미를 말한다. 예를 들면 높이와 폭의 비, 아치교에서의 솟음(rise)과 지간의 비, 현수교에서 새그(sag)와 지간의 비, 다경간 연속교의 측경간장과 중앙경간의 비 등이 있다.

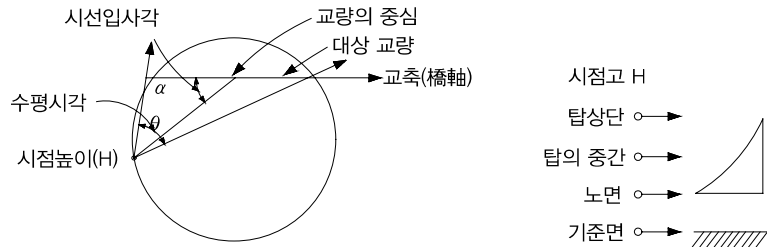


〈그림 4.14〉 비례배분의 예

(나) 구도란 비례배분과 달리 시점 위치에 따라 대상이 변화되어 보이는 것을 의미한다. 따라서 동일한 비례배분을 가진 교량이라도 시점위치에 따른 시선방향 즉, 시축에 따라 교량에 대한 느낌이 달라진다. 일반적으로 대상교량의 미관을 평가할 때는 조망 가능한 시점에서의 미를 기준으로 평가하게 되므로 교량과 같이 옥외에 건설되는 거대 구조물에서는 구도의 개념이 매우 중요하며 구조결정의 요소는 다음과 같다.

- ① 구조결정의 첫 번째 요소는 교량의 시점과 공간적 위치 관계를 들 수 있고, 공간적 위치에 의한 구조결정 요소로는 수평시각과 시거리 · 시선 입사각 · 시점의 높이 등이 있으며, 교량의 제원이나 형태나 사용부재의 질감 및 주변 상황 등도 구조 결정에 중요한 역할을 한다.
- ② 구조 결정의 두 번째 요소는 바라보는 장소의 상황으로, 동일한 크기를 가진 교량일지라도 바라보는 장소에 따라 교량의 경관이 크게 달라진다.
- ③ 구조 결정의 세 번째 요소는 시점이 이동할 때 교량에 대한 느낌의 변화로서, 자동차 · 전철 · 선박 등에서 주행하면서 보는 교량에 대한 느낌도 경관 설계 시 고려하여야 할 요소이다.

(2) 교량의 미적요소 중 수평시각과 시거리 또한 매우 중요한 요소이다. 수평시각이란 시점에서 대상 물체의 양 끝을 바라볼 때 이루는 사이 각을 말하며, 시거리란 시점에서 대상물체까지의 거리를 나타낸다. 아래 〈그림 4.15〉는 교량을 관찰할 때 고려되는 조망 지점의 요소들을 나타낸다.



〈그림 4.15〉 교량시점의 위치와 교량과의 관계

교량의 시거리는 각 구성 부재의 형태와 질감을 파악하는데 중요한 역할을 하며, 수평시각(θ)의 크기는 사람의 시야에 의한 교량의 미적인 중량감을 결정함과 동시에 교량의 외관 및 경관에 대한 전체적인 구성을 규정지으며, 수평시각(θ)의 크기에 의하여 다음과 같이 근경·중경·원경의 3가지 영역으로 구분한다.

(가) 근경영역 : 수평시각이 60° 이상인 경우로서 부재의 세부까지 식별할 수 있다. 특히, 도심지의 고가교 등에서는 이와 같은 근경을 고려한 설계가 이루어져야 하며, 난간·조명시설 등 교량의 부속물 등도 식별이 가능하므로 설계 시 유의하여야 한다.

(나) 중경영역 : 수평시각이 10° 에서 60° 사이인 경우로서 부재의 배치 및 질감을 어느 정도 인식할 수 있는 영역이다.

(다) 원경영역 : 수평시각이 10° 미만인 경우로 세부까지는 전혀 식별이 불가능하며, 다만 주변 환경과의 조화가 뚜렷이 부각되어지는 영역이다. 대개 수평시각이 20° 이하인 경우는 눈의 이동 없이 전체를 한눈에 볼 수 있다.

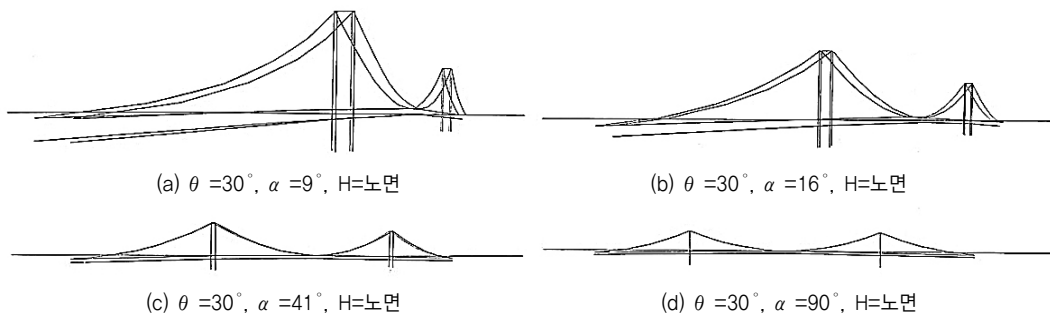
위와 같이 교량설계의 착안점이 시점의 위치에 따라 변화되므로 교량 설계 시 시점의 위치를 고려하여야 한다. 특히 도심지 고가교의 경우에는 근시점을 고려한 경관설계를 하여야 한다.

(3) 교량에서의 미관은 주로 측면에서 보는 경관이지만, 실제로는 여러 가지 각도 특히, 사각으로 보게 되는 경우가 많다. 교량과 같이 폭에 비하여 길이가 긴 구조물은 교축방향과 시축이 이루는 시선 입사각(α)의 변화에 따라 교량의 외관 형상이 크게 변화하므로 교량 설계 시 이를 고려하여야 한다. 다음 〈그림 4.16〉은 현수교를 대상으로 수평시각을 일정하게 하고 시선입사각을 변화시켜 외관 형상의 변화를 나타낸 예이다.

(가) 그림 (a)에서와 같이 시선입사각(α)이 작아지게 되면 교량의 근접한 쪽에서 안쪽으로 깊게 보는 내면감이 증가하여 교량의 입체감이 나타나고, 수직성이 강한 구조가 되며, 전후의 주탑 및 케이블이 이루는 요철 형상크기의 대비가 형태미의 주체가 된다.

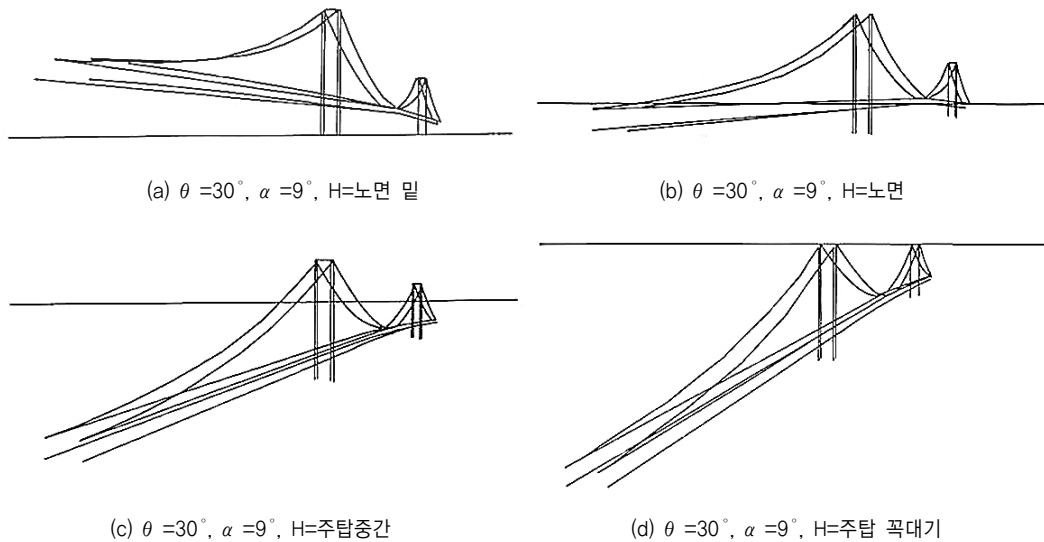
(나) 그림 (d)와 같이 시선입사각(α)이 큰 경우에는 교량형태가 수평성이 강한 구도가 되어 중앙지간과 케이블이 이루는 곡선미가 주체가 된다.

일반적으로 교량형식별로 시선입사각(α)의 변화에 의하여 교량 형상에 관한 변화 정도가 다소 다르게 나타나므로 교량의 설계 시 시선입사각(α)에 대한 미관적 형상을 충분히 검토하여야 한다.



〈그림 4.16〉 시선입사각에 따른 현수교의 경관

(4) 교량을 바라보는 시점의 높이(H)도 교량의 외관 형상을 규정하는 중요 요소 중의 하나로 동일한 교량을 보더라도 양각이나 부각으로 보는 경우 미적인 느낌은 매우 상이하다. 여기서, 양각이란 대상물체를 관찰자의 수평시선보다 올려다보는 것을 말하여, 부각이란 이와 반대로 수평시선보다 내려다보는 것을 말한다. 일반적으로 양각의 경우에는 하늘을 배경으로 하여 교량을 보게 되므로 교량이 동적 또는 상징적으로 보이게 되는 경우가 많게 되며, 동적인 인상은 근시점에서 교량을 사각방향으로 보는 경우에 더욱 강하게 나타난다. 또한 근시점에서의 양각은 경우에 따라 압박감을 주는 경우도 있다. 이와 같은 느낌들은 시점이 높을 때 적게 나타나는데, 이는 교량을 배경으로 지형·지물이 보여 교량의 상징성이 약해지기 때문이다. 다음 그림에 시점의 높이에 따른 현수교의 외관변화를 나타내었다. 시점 (a)에서 보면 교량이 동적이고 상징적으로 보이나, 시점이 높아지면서 교량 외형이 평면적으로 되어 상징성이 감소하고 교량의 힘이 없어지는 듯한 느낌을 주는데, 이는 일반적으로 수직성이 강한 형태인 현수교나 하로 아치교와 같은 경우에서 이런 경향이 강하게 나타난다.



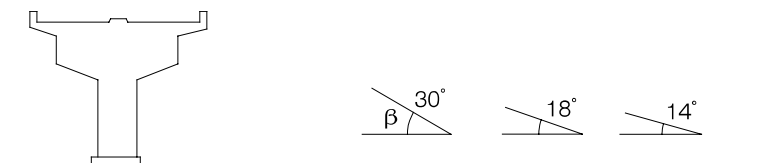
〈그림 4.17〉 시점의 높이 변화에 따른 현수교의 경관

특히, 시점이 가까운 경우에 있을 때 양각은 압박감을 주어 교량 미관에 대하여 좋지 않은 효과가 나타나기 때문에 주의하여야 한다. 교량의 압박감이란 교량이 목전에서 누르는 듯한 느낌을 주거나 다리 위를 덮는 듯한 느낌을 말하며, 때로는 교량이 넘어지는 듯한 불안감을 수반하는 시각적 현상을 말한다. 다음 〈그림 4.18〉은 교량의 양각과 압박감에 대한 관계를 보여주는 그림으로 Martens는 시각심리학에 근거하여 제안한 양각(β)과 구조물 사이의 관계를 다음과 같이 나타내었다.

양각(β) $> 30^\circ$: 압박감이 강한 영역

$14^\circ < \text{양각}(\beta) < 30^\circ$: 압박감이 다소 있는 영역

양각(β) $< 14^\circ$: 압박감이 없는 영역



〈그림 4.18〉 양각과 압박감과의 관계

특히, 도심지의 고가교처럼 가까운 거리에서 교량을 관찰하는 경우 등에서는 압박감을 완화시킬 수 있는 경관 설계와 그 대책을 마련하여야 한다.

(5) 시점장이란 시점이 존재하는 장소를 의미하는 용어로서 그 성질은 시점 주위의 공간 상황에 따라 특징지어진다. 전술한 바와 같이 교량 자체를 보는 방법은 시점 위치에 따라 결정될 수 있지만, 시점장은 경관설계 관점으로 볼 때 다음과 같은 이유에서 매우 중요하다.

(가) 관찰 대상을 조망할 수 있는 양호한 시점일지라도 시점장으로 확보될 수 없다면 대상 구조물을 좋은 위치에서 관찰할 수 없다.

(나) 시점장은 그림이나 사진의 구도법과 마찬가지로 근경영역에서 그 영향이 매우 크기 때문에 교량 전체 구도의 균형과 안정감을 얻기 위해서 시점장의 선택은 매우 중요하다.

(다) 시점장은 다른 미적 요소에 비하여 공간 상황에 따른 변경이 쉽기 때문에 미관 상 취급하기가 용이하다.

결국 시점장은 교량의 경관 설계 시 필수적인 요소이며, 설계상 반영에 따른 효과는 다른 미적 요소보다 월등하다. 교량의 시점장은 교량 상부와 기타의 장소로 대별되며, 전자는 교량에서 바라보는 주위경관을 의미하고, 후자는 기타 장소에서 교량을 바라볼 때의 경관을 의미한다. 후자의 시점장으로 다음과 같은 장소를 예로 들 수 있다.

① 하천부지 내 : 수상(선박), 물가(저수호만, 홍수 조절용 구조물 등), 둔치(공원, 산책로), 강변도로 및 제방, 인접 교량 등

② 제내지 : 전망대, 사무실이나 아파트 건축물, 인접 공원, 각종 휴게실이나 음식점 등 상기와 같이 교량이나 하천의 경관을 다양하게 관찰하기 위해서는 다양한 시점장을 확보하여야 한다. 시점장 설계 시 고려하여야 할 요건을 크게 두 가지로 볼 때, 그 첫 번째 요건은 보행 시와 서 있는 경우 · 앉아 있는 경우 · 휴식하는 경우 등 통행인의 상황을 고려하여 각기 상황에 알맞은 장소 확보하여야 하며, 이들 통행인이 교량을 관찰할 때 소음이나 차량통행에 의한 간섭을 받지 않는 환경도 확보하여야 한다. 두 번째 요건은 시점장이 공간으로서의 안정감 · 쾌적감 · 약간의 격리성을 보장하게 하는 것으로서, 이는 교량 감상자들이 경관에 심취할 수 있는 여유를 갖도록 하는 것이다.

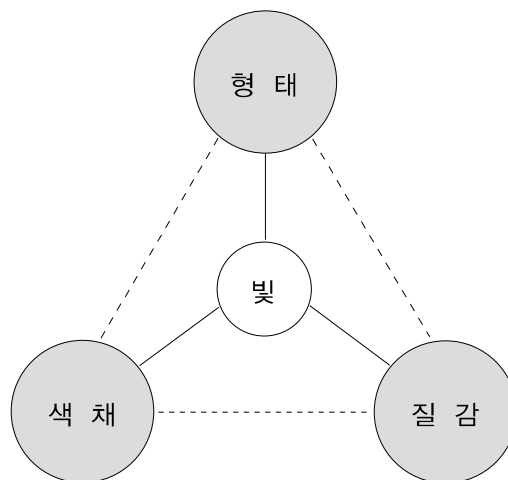
4.2.5 색채와 질감

구조물은 어떤 재료로 만들든 그 재료에는 고유의 질감과 색채가 있다.

(1) 빛에 의한 외관의 변화

(2) 교량의 색채와 질감

- (1) 물체의 아름다움을 표현하는 시각적 특성에는 형태, 색채, 질감 등이 있다. 이러한 요소들은 모두 빛이라는 매개체를 통해서 사람에게 인식되어지는 것으로 상호 간에도 밀접한 관계를 맺고 있다. 형태는 주변의 배경과 경계 부근의 명도 차에 의해서, 색채는 물체로부터의 반사광에 의해서, 그리고 질감은 표면의 요철(凹凸)이 만들어 내는 음영에 의해서 사람에게 전달된다. 이런 현상은 교량에 있어서도 마찬가지로 빛을 받는 방향·기후 등에 의하여 그 형태가 보다 입체적으로 보이며, 형태나 질감 등도 변화되어 보인다.



〈그림 4.19〉 빛과 형태, 색채, 질감과의 관계

교량에 대한 빛의 효과는 자연광에 의한 것과 인공광, 즉 조명시설에 의한 것으로 나눌 수 있다. 먼저 자연광에 의한 효과를 알아보면 다음과 같다.

(가) 밝은 면과 어두운 면이 조화를 이루어 연출하여 내는 효과

교각이나 교대, 거더나 벽식 난간 등 교량을 구성하는 주요소에 밝은 면과 어두운 면이 조화를 이룰 수 있도록 단면 형상을 선택 및 배치하여 입체적으로 보이게 하는 효과이다.

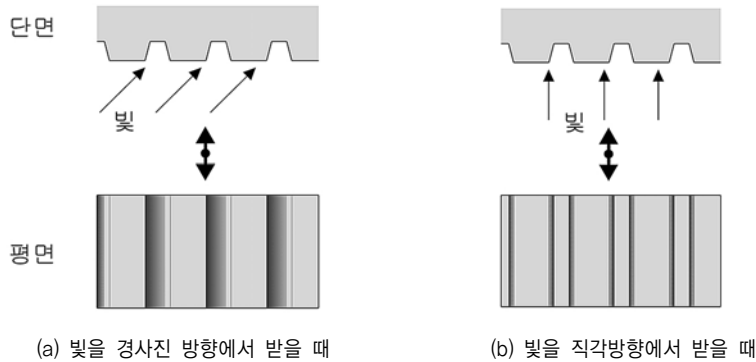
(나) 그림자의 효과

이 효과는 태양의 위치에 따라 변화하는 것으로서, 교량에 있어서 상판의 플랜지 부분이 특히 영향을 많이 받아 상부 구조 단면이 가늘게 보이는 효과가 나타난다.

(다) 광선 입사각에 의한 질감의 변화

광선 입사각은 물체의 질감을 느끼는데 필요한 중요한 요소로서, 표면의 요철이 만드는 음영에 따

라서 질감에 많은 변화가 온다. 아래 <그림 4.20>과 같이 물체의 표면이 직각으로 빛을 받을 경우에는 질감의 인식이 곤란하다.



<그림 4.20> 광선 입사각에 따른 질감의 변화

인공광에 의한 빛의 효과에는 단순히 노면을 비추기 위한 노면 조명과 시각적인 효과를 위하여 교량 자체를 비추는 효과 조명 등 두 가지로 나누어진다. 노면 조명은 경관상 단조롭게 하는 것이 바람직하며, 설치장소는 난간 및 차도의 외측에 설치하는 것이 일반적이나 경우에 따라서는 중앙분리대에 설치하는 것도 산뜻한 분위기를 줄 수 있다

(2) 교량 주변에는 색채를 동반하는 경관이 존재한다. 따라서 교량 자체의 색채와 배경이 되는 환경의 색채가 조화를 이루어야 하며, 환경에 포함되어 있는 여러 가지 색채 중 지배적인 색을 선택하여 교량의 색채를 검토하여야 한다. 미적 관점에서 볼 때 교량을 주변의 배경과 조화시키는 방법에는 다음과 같은 세 가지 방법이 있다.

- (가) 강조 : 대비되는 배색으로 교량을 돋보이게 하는 방법
- (나) 융합 : 유사하거나 동일한 배색으로 교량을 배경과 어울리게 하는 방법
- (다) 중립 : 무채색을 사용하여 오히려 배경의 색채를 돋보이게 하는 방법

교량의 색채는 구조물의 규모나 형태에 부합하는 것을 선택할 필요가 있다. 남성적이고 강렬한 인상을 주는 교량에는 명확하고 강한 색채를 사용하고, 여성적이고 우아한 인상을 주는 교량에는 부드러운 색채를 사용하는 것이 좋다. 교량에 사용되는 색채로는 크게 나누어 도료색과 재료 고유의 색이 있다. 도료색은 주로 강교에 사용되는 색으로 주변 경관과의 조화가 중요하므로 색채의 선택 시 신중을 기하여야 한다. 일반적으로 하천에서 적색, 산지에는 옅은 황갈색, 시가지에는 녹색, 그리고 평지에는 옅은 황색을 사용한다. 재료 고유의 색은 목교의 경우 목재의 색, 석조 아치교의 경우 자연석의 색, 콘크리트의 경우 콘크리트 색, 그리고 난간이나 거더의 아연 도금색,

알루미늄을 사용한 알루미늄 금속색 등이 있다. 이러한 색채는 보통 중립적인 색채가 많아 시각적으로 그다지 문제가 되지 않는다.

질감에 대해서도 마찬가지로, 재료를 그대로 사용하는 경우와 재료의 표면을 인공적으로 처리하여 새로운 질감을 넣는 경우가 있다. 사용하는 재료가 강재일 경우에는 매끈매끈하고 기계적이며 날카로운 느낌을 주는 반면, 콘크리트일 경우에는 거칠고 울퉁불퉁하게 느껴진다. 교량을 가까운 곳에서 보는 사람은 교량에서 받는 인상 가운데 따뜻하거나 차가운 인상을 질감으로부터 많이 받으므로 근경영역에서의 시각적 인상을 좋게 하기 위해서는 표면처리 등을 하는 것이 좋다.

교량의 주재료로서는 콘크리트와 강재, 그리고 드물게 자연석과 목재 등이 사용된다. 재료의 선택에 있어서 재료의 특성이 주는 느낌이 교량의 형상과 크기, 그리고 주변의 환경과 잘 어울려 질 수 있도록 배려하는 것이 좋다.

하지만, 여기서 주목하여야 할 것은 목재나 자연석 등과 같이 자연에 존재하는 재료를 사용하였을 경우에는 그 색채나 질감의 아름다움이 시간이 경과함에 따라 증가하는데 반하여, 도장한 강재나 콘크리트 등과 같은 인공 재료의 색채나 질감은 시간이 경과함에 따라 아름다움이 점차 감소한다는 것이다.

4.3 상부구조형식의 선정

4.3.1 선정 기본원칙

상부 구조 형식의 선정은 ‘2 계획의 기본 사항’ 및 ‘4.1 일반’을 기초로 하여 시공성, 경제성, 유지관리, 경관을 고려하여 종합적으로 판단하여야 한다.

형식 선정의 기본적인 방향에 대하여 기술한 것이다. 상부 구조 형식에서는 교량의 종류, 형식의 조합에 의해서 많은 형식이 있어, 각각의 특징을 가지고 있다. 따라서 형식의 선정에 임해서는, 각각의 형식이 가지는 특징을 확실하게 판단하여 가교 지점의 제반 조건에 비추어 가장 타당한 형식을 선정하여야 한다. 『2. 계획의 기본 사항』 및 『4.1 일반』에 나타내 보였던 대로 상부공의 형식은 상로형식의 직교를 원칙으로 하되, 연속 형식 또는 연속 라멘 형식의 구조적 장점을 고려하여 선정하는 것이 바람직하다. 하부공 굴착, 교차 조건 등에 의해서 부득이 사교로 행할 경우에도 사각이 가능하면 작게 되도록 검토하여야 한다.

4.3.2 강 교

강교 상부구조형식의 선정은 '4.3.1 선정 기본원칙' 외에 본 항에 의하여 선정하기로 한다.

- (1) 강교의 형식은 가설조건, 수송조건, 환경조건, 장래유지관리 등을 종합적으로 판단하여 선정하여야 한다.
- (2) 플레이트 거더의 선정에 있어서 사각 30° 정도 이상에서는 비합성으로 하는 것을 원칙으로 한다. 또 곡선부에서 플레이트 거더를 선정하는 경우 일반적으로 지점상에서만 거더를 꺾는 것을 표준으로 하고, 캔틸레버부에서 곡선 플레이트 거더로 하는 경우는 충분히 검토하여야 한다.
- (3) 트러스교는 직교에서 사용하는 것을 원칙으로 한다. 곡선부에서 트러스를 사용하는 경우 지점상에서만 꺾는 것을 표준으로 하고, 격점에 꺾는 각을 설치할 경우에는 충분히 검토하여야 한다.
- (4) 강박스거더의 형식은 경제성, 차륜재하위치, 강박스 단면의 현장조립, 운반 및 인양 등을 고려하여 단일박스거더 또는 다실박스거더를 선정한다.
- (5) 형식선정 시 가설공법, 가설기계 능력에 대해서도 검토하여야 한다.

강교 상부 구조 형식의 선정에서 특히 주의하여야 할 점에 대하여 서술한 것이다.

- (1) 강교의 경우 가설조건에 따라 형식에 제약을 받을 수 있으며, 수송조건은 현장이음위치 및 보 높이, 박스 거더 폭의 제한 또는 이음의 필요성 등 구조형식 결정에 큰 영향을 미친다.

최근에는 환경조건도 형식선정의 중요한 요인이 되고 있다.

강교의 유지관리상 가장 문제가 되는 것이 재도장 작업이며, 이에 대해서도 배려할 필요가 있다.

- (2) 사각이 심한 교량은 받침에서 부반력이 발생하거나 보의 부등처짐에 의한 비틀림이 발생할 수 있으므로 원칙적으로 직교로 계획하는 것이 바람직하다.

그러나 부득이 사교로 할 경우 사각이 심한 교량을 합성보로 하면 거더의 비틀림에 의하여 바닥판에 과대한 응력이 발생하여 바닥판 파손으로 연결될 우려가 있으므로 본문에서처럼 일반적 기준인 30° 이상으로 하였다.

고속도로의 경우 선형에 일치하게 교량을 설치하는 것이 일반적이지만 플레이트 거더처럼 비틀림 강성이 작은 형식을 곡선교로 하는 것은 좋지 않으므로 지점 상에서만 보를 꺾어서 배치하는 것을 표준으로 하고, 곡선교로 하는 경우 바닥판·수직 가새(브레이싱) 등에 대하여 충분한 검토를 필요로 한다.

(3) 사각의 트러스교는 주구와 바닥틀과의 연결 구조가 복잡하고 미관이 좋지 않으므로 원칙적으로 적용하지 않는다. 곡선반지름이 작은 경우 트러스 격점마다 굴절각을 설치하는 것도 생각할 수 있지만 입체해석 등 충분한 검토가 필요하다. 또 3주구 트러스는 설계, 시공이 매우 어려우므로 충분히 검토하여야 한다.

(4) 가설공법에 따라 형식이 선정되는 경우도 있다. 특히 최근에는 큰 블록을 일괄 가설하는 등 가설하는 한 개 블록의 중량을 크게 하는 추세이고, 기계능력도 대형화되고 있다는 것을 염두에 둘 필요가 있다.

4.3.3 콘크리트교

콘크리트교의 형식선정은 '4.3.1 선정 기본방침' 외에 이 항에 의하여 선정하기로 한다.

- (1) 철근 콘크리트 슬래브교의 적용지간은 일반적으로 15m 이하로 하는 것이 바람직하다.
- (2) PSC 슬래브교의 경우 주로 단순교 또는 20m 이상의 연속교에 적용한다.
- (3) 캔틸레버공법(FCM)으로 시공하는 PSC 박스 거더는 원칙적으로 연속보로 하고, 강결 교각 설치가 곤란하거나 비경제적인 경우에는 지간 중앙에 힌지를 설치하여도 좋으나, 과도한 처짐이 발생하지 않도록 계획하여야 한다.
- (4) 이동식 지보공법(MSS)에 의한 시공, 연속 압출공법(ILM)에 의한 시공을 고려하는 경우 사전에 선형조건, 시공규모, 가설상의 제약조건에 대하여 충분히 검토하여야 한다.
- (5) 연약지반 또는 단단하지 않은 복잡한 모래자갈층 등에 말뚝기초를 갖지 않는 연속박스 형 압거를 선정하는 경우에는 부등침하 및 경사에 대한 대응책을 충분히 검토하여야 한다.

(1) 철근 콘크리트 슬래브교는 지간장이 늘어남에 따라 철근량도 급증하여 배근에 어려운 점이 있고, 현재 설계법에서 응력조사만으로는 균열 폭의 검토 등에 불충분한 점이 있으며, 특히 시공 시 지보공의 관리가 불충분한 경우 균열이 발생하고 장지간이 되어 사하중이 늘어나면 더욱 관리의 중요성이 높아지기 때문에 적용 지간장을 본문처럼 정한 것이다. 교차조건에 의하여 부분적으로 지간장이 길어지는 경우도 있지만 이 경우에는 장지간을 중간 지간부에 배치하도록 하여야 한다.

- (2) PSC 슬래브교는 지간이 짧으면서 형고 비를 낮게 할 필요가 있는 경우에 적용되는 교량형식으로 균열안전율이 비교적 크고 장경간에는 철근 콘크리트 슬래브교에 비하여 고정하중의 감소하여 구조적으로 유리하다.
- (3) 캔틸레버공법으로 시공하는 PSC 박스 거더는 중앙 힌지가 있는 라멘형식과 힌지를 설치하지 않는 연속보 형식이 있다. 중앙 힌지 형식은 경제성에서는 유리하나, 주행성·힌지 받침의 유지관리·진동·소음·미관(아래로 처짐)·교각에 대한 불균형 모멘트 영향 등 단점이 많아 원칙적으로 연속보 형식을 선정하는 것으로 한다. 장대 하천 교량 등에서 연속보의 지진 시 수평력에 대한 하부공 설계 시공이 곤란한 경우에는 중앙 힌지 형식을 채용하여도 좋으나, 이럴 경우 장기 거동에 의한 과도한 처짐이 발생할 수 있으므로 이에 대한 고려를 하여야 한다.
- (4) 이동지보공에 의한 시공, 압축시공은 시공관리, 품질 관리면에서 뛰어난 공법이지만 공사규모, 가설조건에 따라 다르다. 따라서 각종 시공조건에 대한 사전 검토가 필요하다. 특히 평면곡선, 종단곡선이 있는 구간에서는 시공 상 문제가 많으므로 충분히 검토하여야 한다.
- (5) 연약지반 또는 단단하지 않은 모래자갈층 등에서는 말뚝기초가 없는 RC 연속 박스형 암거 형식이 유리한 경우가 있으나 이 형식의 선정에는 다음 사항에 유의하여야 한다.
- (가) 선하중에 의한 지반의 잔류침하를 최소화한다.
- (나) 설계 시 지반의 침하에 의한 박스형 암거의 부등침하, 경사의 영향 등(반력분포의 편중 및 덧씌우기 하중을 고려한 설계, 전후에 교량이 있는 경우에는 교량부와 연속 박스형 암거와의 접점부의 세심한 설계, 신축이음부의 방수 등)을 충분히 검토하여야 한다.

4.4 교대 및 교각형식 선정

4.4.1 교대 및 교각형식 분류

- (1) 교대 및 교각은 상부 구조와의 결합조건으로부터 다음과 같이 분류한다.
 (가) 가동 (나) 고정 (다) 탄성지지 (라) 강결
- (2) 교대는 형상 및 구조로부터 다음과 같이 분류한다.
 (가) 중력식 교대(반중력식 교대) (나) 역T형식 교대 (다) 뒷부벽식 교대
 (라) 박스형 교대 (마) 라멘 교대 (바) 중간이음식 교대 (사) 흙쌓기 구간의 소교대
- (3) 교각은 형상 및 구조로 다음과 같이 분류한다.
 (가) 벽식 교각 (나) 기둥식 교각 (다) 라멘 교각 (라) I형 교각
 (마) 로커(rocker) 교각 (바) 강관·콘크리트 복합구조 교각

- (1) 상부 구조와의 결합조건이 가동·고정·탄성지지·강결에 따라 설계 시 작용하는 하중이 다르다. 가동·고정의 위치선정은 상부구조의 규모나 형식·지형조건·지질조건에 따라 다르지만 일반적으로 종단이 낮은 쪽, 교각높이가 낮은 것, 기초지반 조건이 좋은 지점을 고정으로 하는 것이 좋다. 탄성지지는 각 자유도별로 강성을 지닌 결합조건이고 강결은 결합 시 모든 자유도가 서로 구속되어 있는 결합조건이다.
- (2) 중력식 교대는 무근 콘크리트 구체 자중으로 외력에 저항하는 교대이며, 구체 자중을 약간 적게 하고 인장응력을 철근으로 받게 하면 반중력식 교대가 된다. 라멘 교대는 부재의 방향에 따라 1방향, 2방향으로 나눈다.
- (3) 벽식 교각과 기둥식 교각의 구별은 형상에 따라 폭과 두께의 비가 2 : 1 이상을 벽식 교각이라 부른다. 또한 벽식 교각 및 기둥식 교각에는 합리적인 구조라 할 수 있는 강관·콘크리트 복합구조 교각, 로커 교각 등도 있다. 여기서, 강관·콘크리트 복합구조 교각은 강관 내에 콘크리트를 충전하고 합성시켜 합성단면으로 외력에 저항토록 한 구조이다. 라멘 교각은 교각 높이가 높아지면 수평 부재의 수에 따라 1층, 2층으로 구별한다.

4.4.2 교 대

교대의 형식과 구조의 선정은 안정성, 시공성, 경제성, 유지관리, 경관을 고려하여 종합적으로 판단하여야 한다.

(1) 일반적인 교대형식 선정기준은 다음과 같다(표 4.1) 참조)

(가) 중력식 교대

자중이 크므로 지지지반이 양호한 장소에 사용된다. 일반적으로 이 형식의 경제적 높이는 4m 정도이다.

(나) 반중력식 교대

중력식과 유사한 구조형식이지만 단면의 형상이 비대칭을 이루며, 구체 배면이나 기초의 일부에 인장력이 발생한다. 인장력에 대해서는 철근을 배치하여 단면을 보강하는 동시에 자중의 경감을 도모한다. 일반적으로 4~6m 정도 높이의 교대에 이용한다.

(다) 역T형식 교대

구체 자중이 작고 흙의 중량으로 안정을 유지하므로 경제적이며, 뒤택움부의 시공도 용이하다. 높이 12m 정도까지의 일반적인 지반조건에 적용한다.

(라) 뒷부벽식 교대

높이 10m 정도 이상일 때 역 T형식 교대 보다 많은 형식이나 뒷부벽의 배근이나 콘크리트 타설에 어려움이 따른다. 또 배면 뒤택움부의 시공이 곤란하다.

(마) 박스형 교대

교대 높이가 높고(12m 정도 이상) 기초 지반조건이 불량하여 말뚝기초로 하는 경우에 경제적인 형식이 될 수 있다.

박스형 교대에 속빈부를 두어 지진 시 관성력을 감소시키고 말뚝기초 설계가 용이하게 된다. 직접 기초의 경우 반대로 활동에 안정되지 않으므로 속빈부에 흙을 채우도록 한다.

또 뒷부벽식 교대에 사각이 있는 경우 날개벽과 부벽을 합쳐 전체를 박스형으로 하는 것이 경제적인 경우도 있다.

(바) 라멘 교대

교대 위치에 교차도로(제방도로)가 있는 경우 교대를 교축방향으로 박스 단면으로 하고 차도를 박

스 내에 넣어 박스 라멘 교대로 하지만, 사각이 있는 경우는 박스가 길어지므로 채광을 위해서나 보도·차도의 분리를 위하여 2연 박스 라멘 교대로 한다.

(사) 중간이음식 교대

역T형식 교대의 벽체를 적당한 크기의 중간 이음부를 두어 배면 토압의 경감을 꾀하는 구조이지만, 선정 시 기둥 사이나 앞면 흠쌓기의 전압을 고려하고 흠쌓기와 구체의 시공순서에 주의하여야 한다.

(아) 흠쌓기 상의 소교대

흠쌓기 상의 소교대는 양호한 지반에 충분히 안정한 흠쌓기 지반을 조성하여야 하며, 말뚝기초를 설치하는 것을 원칙으로 한다. 연약지반 또는 흠쌓기 높이가 높은 경우의 기초는 대규모가 되므로 상부공을 연장하여 흠쌓기 상에 소교대를 설치하는 것이 경제적인 경우가 있다. 이 형식은 흠쌓기의 활동, 측방향 유동의 영향을 강하게 받고, 기초하면 아래 흠쌓기 부분의 기초에 작용하는 토압에 대해서도 명확하지 않은 점이 있어 이 형식은 부득이한 경우에만 선정하는 것이 좋다. 이 형식을 선정할 경우에는 말뚝기초로 현지반의 지지층에 확실하게 지지시키고, 지형·지반조건을 고려하여 충분히 안전성을 검토하여야 한다.

〈표 4.1〉 교대의 선정기준

교대형식	높 이(m)				비 고
	1 0	2 0	3 0이상		
중 력 식	4				
반중력식	6				
역T형식	6	12			
뒷부벽식					
라 멘		15			
박 스 형		12			속빈 벽식 포함
중간이음식		15			

4.4.3 교각

교각의 형식과 구조의 선정은 안정성, 시공성, 경제성, 유지관리, 경관을 고려하여 종합적으로 판단하여야 한다.

교각의 형식은 도로 및 하천 등 부대조건에 의한 외적요소에 제약받을 수도 있다. 형식선정은 미관을 고려하고, 입지조건·구간에 따라 통일시키는 것이 필요하다.

인터체인지나 교차로 등에 대하여 선형 제약으로 곡선 교량을 적용하는 경우는 교량에 주된 영향을 미치는 지진력의 방향을 정하는 것이 어려워 교각의 주방향을 정할 수 없다. 이러한 경우에는 전 방향으로 같은 강성을 기대할 수 있도록 원형 또는 다각형 단면으로 교각을 계획하는 것이 좋다. 또한, 교차조건 등으로부터 교각의 방향성이 제약을 받는 경우가 많지만, 내진성 및 경관을 고려하는 경우에는 가능한 동일방향으로 하는 것이 좋다. 또한 교차·인접하는 도로 등 시점이 연속적으로 이동할 가능성의 높은 개소에 계획하는 교각 등에 대해서는 한정된 방향뿐만 아니라, 모든 시점으로부터의 경관적 배려가 중요하다.

지형 조건에 의한 선정의 기준은 다음과 같다.

- (가) 하천부 : 벽식 교각, 기둥식 교각
 - (나) 평지부 : 벽식 교각, 기둥식 교각, 라멘 교각, 강재·콘크리트 복합구조 교각
 - (다) 산지부 : 벽식 교각, 기둥식 교각, 라멘 교각(1층, 2층), 강재·콘크리트 복합구조 교각
 - (라) 도시부 : 벽식 교각, 기둥식 교각, 라멘 교각, 강재·콘크리트 복합구조 교각
 - (마) 인터체인지부 : 벽식 교각, 기둥식 교각, 라멘 교각, 로커 교각, 강재·콘크리트 복합구조 교각
- 산악지대의 도로에서는 교각높이가 50m 이상이 되는 경우가 늘고 있는데, 높은 교각에 대해서는 상부 구조와 함께 교량 전체의 형식과 구조를 검토하여야 하며, 시공법도 검토하는 것이 바람직하다.

4.5 기초구조형식 선정

4.5.1 기초구조형식 분류

- (1) 기초구조는 형식별로 다음과 같이 구분한다.
- (가) 직접 기초 (나) 말뚝 기초 (다) 케이슨 기초 (라) 비탈면 상에 설치하는 깊은 기초
 - (마) 강관 널말뚝 기초

(2) 설계 상 기초구조의 형식은 다음에 따른다.

(가) 직접 기초와 케이슨 기초의 구분은 기초폭과 유효근입깊이로 판정한다.

(나) 말뚝 기초와 케이슨 기초의 구분은 원칙적으로 시공법에 의하는 것으로 한다.

(1) 각 기초구조형식의 안정검사 및 설계법의 적용범위 등은 <표 4.2>와 같다.

비탈면 상에 설치되는 깊은 기초란 지지 지반의 경사각이 10° 이상의 비탈면 상에 설치된 깊은 기초 공법에 의한 말뚝기초를 말하고 강관 널말뚝 기초란 강관에 용접으로 이음금속을 붙여 서로 연결할 수 있도록 한 널말뚝을 말한다.

<표 4.2> 각 기초의 안정검사의 기본과 설계법의 적용범위

기 초 형 식		검 사 내 용				기초의 강 성 평 가	설계법의 적용범위를 나타내는 βl 의 표준				
		전도	연 직 지 지		수평지지, 활동, 수평변위량		1	2	3	4	
											전도항목
직접 기초		하중합력 의 작용위치	저면	지지력	저면 【전면】	전단저항력 【수동저항력】	강체				
케이슨 기초		—	저면	지지력	전면 저면 (설계지반면)	전단저항력 수동저항력 (수평변위량)	강체 (탄성체)				
강관 널말뚝 기초		—	저면	지지력	설계지반면	수평변위량	탄성체				
말 뚝 기 초	유한길이 말뚝	—	두부	지지력	설계지반면	수평변위량	탄성체				
	반무한길이 말뚝										

[] : 전면 지반면의 수평 저항을 기대하는 경우에 대해서만 검사한다.

() : $1 < \beta L < 2$ 의 케이슨 기초에 대해서는 기초의 강성을 평가하고 수평변위량에 대해서도 검사한다.

여기서, $\beta = \sqrt[4]{K_H D / 4EI}$

L : 케이슨 또는 말뚝의 유효근입깊이 (m) β : 기초의 특성치(m^{-1})

EI : 기초의 휨강성($kN \cdot m^2$) D : 기초의 폭 또는 지름 (m)

K_H : 기초의 수평방향 지반반력계수 (kN/m^3)

(2) 기초형식에 따른 설계방법의 차이는 다음과 같다.

(가) 직접 기초와 케이슨 기초의 차이는 근입깊이이다. 여기서 근입깊이와 기초폭의 비를 계산하여 아래의 <표 4.3>와 같이 구분했다. 다만, $D_f/B > 1/2$ 의 기초라 하더라도 시공에 의해서 기초 주변의 지반이 흐트러지는 경우와 같이 근입부 전면의 저항이 기대되지 못하는 경우에는 직접 기초로 하여 설계하는 것이 좋다.

<표 4.3> 직접 기초와 케이슨 기초의 구분

기초형식 \ D_f/B	0	1/2	1
직접 기초		←	
케이슨 기초		→	

여기서, D_f : 유효 근입깊이 (m)

B : 기초 단변폭 (m)

(나) 케이슨 기초와 말뚝 기초 설계법의 구분은 원칙적으로 시공법에 의하는 것으로 한다. 케이슨 기초는 그 시공법에서 원칙적으로 지지력에 주면 마찰력을 고려하지 않지만 말뚝 기초는 주면 마찰력을 기대할 수 있다. <표 4.3>에 나타난 것과 같이 케이슨 기초는 과거의 실적으로부터 βL 이 2까지는 강체로 가정한 설계방법을 적용하며, $1 < \beta L < 2$ 의 범위에서는 기초 본체의 탄성적 거동을 고려한 수평 변위량 검사를 추가하였다. 말뚝 기초에 대하여 $1 < \beta L < 3$ 의 범위에서는 유한길이의 탄성체로, 또 $\beta L > 3$ 에 대해서는 반무한길이의 탄성체로 취급하기로 한다.

4.5.2 직접 기초

- (1) 직접 기초는 지반의 비교적 얇은 위치에 양질의 지지층이 있는 경우 가장 경제적인 기초 형식이다.
- (2) 기초시공은 일반적으로 물이 없는 상태에서 시공하므로 수심이 있는 경우는 시공법을 고려할 필요가 있다.
- (3) 세굴의 우려가 있는 경우는 그 깊이를 고려하여서 근입깊이를 정할 필요가 있다.

세굴을 고려하는 경우 필요하면 기초 주변에 세굴 방지공을 시공하는 등의 대책을 강구할 필요가 있다.

4.5.3 말뚝 기초

- (1) 말뚝 기초는 비교적 깊은 위치에 양질의 지지층이 있는 경우에 경제적인 기초형식이다. 다만 양질의 지지층이 매우 깊은 경우에는 말뚝 기초가 비경제적인 경우도 있다. 이러한 경우에는 마찰 말뚝의 사용도 검토할 필요가 있다.
- (2) 말뚝 기초는 재료, 형상, 치수, 공법에 따라 종류가 다양하므로 선정 시 지반조건, 상부 구조조건, 시공조건을 충분히 검토하여 가장 경제적이고 합리적인 종류를 선정하여야 한다.
- (3) 현장 타설 말뚝은 굴착방식에 따르는 것을 원칙으로 한다.

(1) 돌출되어 있는 말뚝과 푸팅, 다주식 기초, 꼭 기초를 필요로 하지 않는 단일기초 또는 파일벤트 기초도 말뚝기초로 취급하여도 좋다.

(2) 기성말뚝의 시공법으로 타격공법·굴착공법·압입공법·진동공법 및 이들을 병용한 공법이 있고, 일반적으로 타격공법이 사용되고 있으나 최근 건설소음 및 진동의 규제에 의하여 굴착공법의 실적이 증가하고 있으며 이에 대한 충분한 검토를 하여야 하며, 말뚝시공 공법별 적용기준은 다음과 같다.

- (가) 매입 공법(선 굴착)은 지지력 저하·시공 속도·경제성 측면에서 불리하므로 도심지 근접시공 시 소음 및 진동에 의한 민원을 최소화하여야 하는 부득이 한 경우에 부분 적용한다.
- (나) 타격공법 중 바이브레이션 및 드롭 해머 사용은 소음·진동·유연 등의 문제로 현장 적용성이 낮으므로 가급적 사용을 지양한다.
- (다) 유압 해머공법은 디젤 해머공법에 비하여 경제성에서 다소 불리하나 유연가스 및 소음, 진동을 저감시킬 수 있기 때문에 주변에 민가나 시설물 등이 비교적 근접하는 경우에 적용한다.
- (라) 디젤 해머는 사용 시 환경적 저해요인이 없는 나대지나 산지부 및 농작물 피해 발생우려가 없는 지역 등에 사용함이 바람직하다.

(3) 말뚝기초를 선정하는 경우 일반적으로 다음 사항을 유의하여야 한다.

- (가) 나무말뚝은 원칙적으로 사용하지 않는다.
- (나) 기성말뚝은 제품의 직경, 길이가 한정되어 있으므로 유의하여야 한다.

- (다) PSC말뚝은 길이 15m 이내로 직경 400~600mm가 일반적이다.
- (라) 강관말뚝은 직경 400~800mm를 많이 사용한다.
- (마) H형강 말뚝은 일반적으로 비경제적인 경우가 많지만 타입하기 편리하므로 지반조건 및 구조물의 종류에 따라서 유리한 것도 있다.
- (바) 현장 타설 말뚝은 직경 1,000 · 1,200 · 1,500mm를 일반적으로 사용하고 있으나 근래에 들어 3,000mm 정도의 대구경 말뚝도 사용이 늘어나고 있는 추세이다.
- (사) 깊은 기초 말뚝은 작업 능률, 안전대책상 일반적으로 굴착깊이를 직경의 10배 정도로 하는 것이 좋다.

4.5.4 케이스 기초

케이스 기초는 깊은 위치에 양질의 지지층이 있는 경우 지지 지반을 확인할 수 있고 강성도 크므로 가장 확실성이 높은 기초 구조이다.

케이스 기초는 오픈 케이스, 공기 케이스 모두 굴착토사를 확인할 수 있어 가장 확실한 기초 구조이며, 공사비는 다른 기초형식에 비하여 높은 편이지만 강성이 크므로 하상 저하나 세굴이 발생하는 하천에서는 유리하다.

오픈 케이스와 공기 케이스의 차이는 다음과 같다.

〈표 4.4〉 오픈 케이스와 공기 케이스의 비교

오픈 케이스	공기 케이스
토질에 따라 침하가 곤란하거나 공정이 불확실하게 되는 일이 있다.	공정이 확실하고 오픈 케이스으로 침하가 불가능한 지반에서도 확실히 침하한다. 하중으로 물, 굴착토를 이용할 수 있다.
단면 형상은 원형 또는 이와 유사한 단면을 사용한다. 공기 케이스에 비하여 공사비가 싼 편이다. 주변 지반을 느슨하게 한다. 공기 케이스에 비하여 깊은 위치에 설치할 수 있다.	자갈, 유수 등이 많은 지점에 적합하다. 지질 상황을 더욱 명확하고, 확실하게 파악할 수 있다. 주변 지반을 느슨하게 하는 경우가 적다. 침하깊이는 일반적으로 30m 정도(특수한 경우에도 40m 정도)이다.

최근 공법으로 강관 케이스 · 피어 케이스 · PSC 케이스 등 새로운 공법이 개발되어 있지만, 이 공법의 선정은 사전에 충분히 검토하여 사용한다.

4.5.5 비탈면 상에 설치하는 깊은 기초

비탈면 상에 설치하는 깊은 기초는 산악지대에 깊은 기초 공법에 의하여 말뚝을 사용한 기초이다.

산악지대의 교량에서는 기초를 비탈면 상에 설치하는 경우가 자주 발생하게 된다. 이 경우에는 굴착 장비 · 차량 등의 이동이나 시공 중 지반의 안정성을 확보하도록 검토하여야 한다. 깊은 기초 공법은 지지 지반의 확인과 지중 장애물 제거가 용이하나 지하수가 많은 지반에는 적합하지 않으므로 지반 현황 파악이 중요하다. 특히 편토압에 의한 지반의 붕괴, 낙석 등에 대한 시공 시 안전성에 대해서도 설계 시에 충분한 검토하여야 한다.

4.5.6 기초 구조형식 선정

- (1) 기초 구조형식은 상부 구조조건, 지반조건, 시공조건 등을 충분히 조사 · 검토하여 가장 안전하고 경제적인 형식으로 하여야 한다.
- (2) 비탈면 상에 위치한 기초의 형식선정에 있어서는 시공에 수반되는 영구 비탈면을 가능한 한 축소하도록 배려하여야 한다.
- (3) 하나의 기초구조에서는 다른 종류의 형식을 병용하지 않는 것을 원칙으로 한다.

(1) 형식 선정 시 검토하여야 할 주된 항목은 다음과 같다.

- (가) 상부 구조조건 : 형식, 규모, 허용변위량
- (나) 지반조건 : 지형, 지질, 토질, 지하수, 지반변동
- (다) 시공조건 : 기존 구조물에 미치는 영향, 수송, 소음 · 진동의 규제, 용지, 안전성, 산악지에 있어서 구조물 굴삭, 영구 경사면, 특수 경사면
- (라) 공기
- (마) 경제성

(2) 비탈면 상의 기초 형식은 지지층의 깊이나 하부 구조 기초의 규모 등을 충분히 감안하여 형식을 결정하여야 한다. 또한 비탈면의 입체적인 균배를 충분히 고려하여 시공 시에 영구 비탈면의 피해 최소화하도록 고려하여야 한다.

(3) 각 기초 구조형식별 일반적인 시공깊이는 <표 4.5>과 같다.

<표 4.5> 각 기초 구조형식의 시공깊이

공 종 \ 심 도	시 공 깊 이 (m)									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	
직 접 기 초										
RC 말 뚝										
PSC 말 뚝										
PHC 말 뚝										
강 말 뚝										
베노트 말뚝										
RCD 말뚝										
오픈 케이슨										
공기 케이슨										

(4) 선정순서는 일반적으로 다음 순서로 결정한다.

(가) 가설지점의 각종 조건에서 시공 가능한 형식을 선택한다.(〈표 4.6 참조〉)

(나) 선택된 형식에 대하여 상부구조를 포함한 공사비 비교를 한다.

(다) 우열을 판단할 수 없는 경우 시공성, 안정성 및 완성 후의 신뢰도로 결정한다.

(5) 기초 형식 선정에 있어 주의사항은 다음과 같다.

(가) 말뚝기초에서는 지지층의 경사나 중간층의 타입 가능 여부에 따라 말뚝의 재료, 직경, 현장타설말뚝의 굴착공법 등이 규제된다.

(나) 말뚝기초와 케이슨기초는 선정 시 유사한 경우나 많으나 일반적으로 케이슨기초는 공사비가 높아 유수가 많은 하천, 하상저하나 세굴의 우려가 있는 하천, 조약돌, 자갈 등이 많은 경우에 선정한다.

〈표 4.6〉 기초형식 선정 참고 자료

선 정 조 건			기 초 형 식	직 접 기 초	타입말뚝 기 초			내부굴착 말뚝기초						현장타설 말뚝기초				케이스 기 초		강관 널말뚝 기초	지중 연속 벽 기초	
					R C 말뚝	PC · PHC 말뚝	강관 말뚝	PC · PHC말뚝			강관말뚝			올케 이싱	리 버 스	어스 드릴	인 력	공기 케이 슨	오픈 케이 슨			
								최종 타격 방법	분출 교반 방식	콘크리트 타설 방식	최종 타격 방법	분출 교반 방식	콘크리트 타설 방식									
지 반 조 건	지 지 층 까 지 상 태	중간층에 극 연약층이 있음		△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	×	○	○	○	○	
		중간층에 극 굳은층이 있음		○	×	△	△	○	○	○	○	○	○	△	○	△	○	○	△	△	○	
		중간 층에 조약 돌이 있음	조약돌 지름 50mm 이하	○	△	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
			조약돌 지름 50~100mm	○	×	△	△	△	△	△	△	△	△	○	○	△	○	○	○	△	○	○
			조약돌 지름 100~500mm	○	×	×	×	×	×	×	×	×	×	△	×	×	○	○	△	×	△	○
		액상화하는 지반이 있음		△	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	지 지 층 의 상 태	지 지 층 의 심 도	5m 미만	○	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	○	×	×	×	×	×
			5~15m	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	△	○	○	○	○	○	△	△
			15~25m	×	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
			25~40m	×	×	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	△	△	○	○	○	○	○
			40~60m	×	×	△	○	△	△	△	○	○	○	△	○	×	×	△	○	○	○	○
			60m 이상	×	×	×	△	×	×	×	×	×	×	×	△	×	×	×	○	○	○	○
		지 지 층 의 토질	점성토(20 ≤ N)	○	○	○	○	○	×	△	○	×	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○
			모래 · 모래자갈 (30 ≤ N)	○	○	○	○	○	○	×	○	○	×	○	○	○	○	○	○	○	○	○
		경사가 큼(30정도 이상)		○	×	△	○	△	△	△	○	○	○	○	△	△	○	○	△	△	△	△
		지지층면의 요철이 심함		○	△	△	○	△	△	△	○	△	△	○	○	○	○	○	△	△	○	○
	지 하 수 상 태	지하수위가 지표면 근처		△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	△	△	○	○	○	○	○
		용수량이 아주 많음		△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	△	×	○	○	○	○	△
		지표에서 2m 이상의 피압지하수		×	○	○	○	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	△	△	○	×	×
		지하수 유속 3m/min 이상		×	○	○	○	○	×	×	○	×	×	×	×	×	×	○	△	○	×	×
구 조 물 의 특 성	하 중 규 모	연직하중이 작음 (지간 20m 이하)		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	×	△	×	×	×	
		연직하중이 보통 (지간 20~50m 이하)		○	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
		연직하중이 큼 (지간 50m 이상)		○	×	△	○	△	△	△	○	○	○	○	○	△	○	○	○	○	○	○

선 정 조 건			기 초 형 식	직 접 기 초	타입말뚝 기 초			내부굴착 말뚝기초						현장타설 말뚝기초				케이슨 기 초		강관 널말 뚝 기초	지중 연속 벽 기초
					R C 말 뚝	PC · PHC 말뚝	강 관 말 뚝	PC · PHC말뚝			강관말뚝			올케 이싱	리 버 스	어스 드릴	인 력	공기 케이 슨	오픈 케이 슨		
								최종 타격 방법	분출 교반 방식	콘크 리트 타설 방식	최종 타격 방법	분출 교반 방식	콘크 리트 타설 방식								
구 조 물 의 특 성	하 중 규 모	연직하중에 비하여 수평하중이 작음	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	△	△	△	△		
		연직하중에 비하여 수평하중이 큼	○	×	△	○	△	△	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		
	지지 형식	지지말뚝	/	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	/	/	/	/		
		마찰말뚝	/	○	○	○	/	/	/	/	/	/	○	○	○	/	/	/	/		
시 공 조 건	수상 시공	수심 5m 미만	○	○	○	○	△	△	△	△	△	△	×	○	△	×	△	△	○	×	
		수심 5m 이상	×	△	△	○	△	△	△	△	△	△	×	△	×	×	△	△	○	×	
	작업공간이 좁음		○	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	○	△	△	×	△		
	경사말뚝의 시공		/	△	○	○	×	×	×	△	△	△	△	×	×	×	/	/	/	/	
	유해가스의 영향		△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	×	×	○	○	○	
	주변 환경	진동소음대책	○	×	×	×	△	○	○	△	○	○	△	○	○	○	○	○	×	○	
		인접구조물에 대한 영향	○	×	×	△	△	○	○	△	○	○	○	○	○	△	△	△	△	○	

○ : 적합성이 높음

△ : 적합성이 있음

× : 적합성이 낮음

4.5.7 기초구조의 근접시공

기존 교량에 근접해서 교량을 설치하는 경우 기초가 근접되어 있으므로 계획·설계 시 기존 기초에 영향을 주지 않도록 충분히 검토하여야 한다.

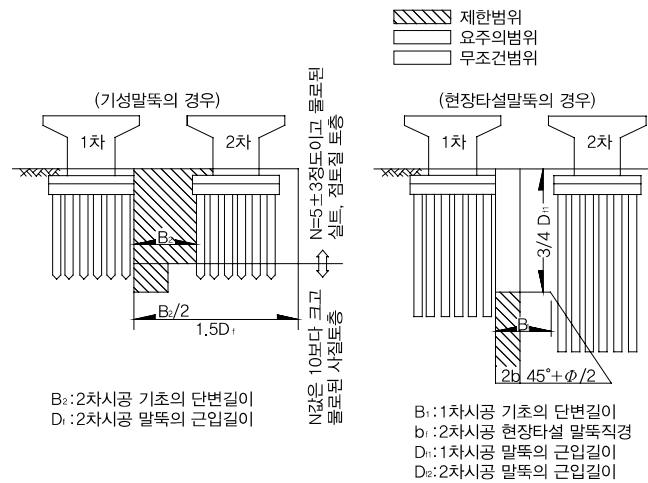
기존 교량에 근접해서 교량을 설치하는 경우 고속도로 등의 단계적 건설에서 종종 문제가 되는 것으로 기존 교량의 기초상태에 따라 기존 기초에 나쁜 영향을 주지 않도록 충분히 검토하여 기초구조를 선택하여야 한다.

일반적으로 근접시공으로 인하여 기존의 기초지반이 느슨해지는 것(특히 진동, 기타에 의하여)을 방지하기 위해서 근접정도에 따라 필요한 설계, 시공상의 주의, 대책을 고려하여야 한다. <그림 4.21>, <그림 4.22>는 근접시공의 영향범위를 나타낸 그림이다. 이에 대한 대책으로 말뚝기초는 현장타설말뚝, 케이슨기초는 공기케이슨의 시공이 근접시공의 영향범위를 줄일 수 있다고 생각된다.

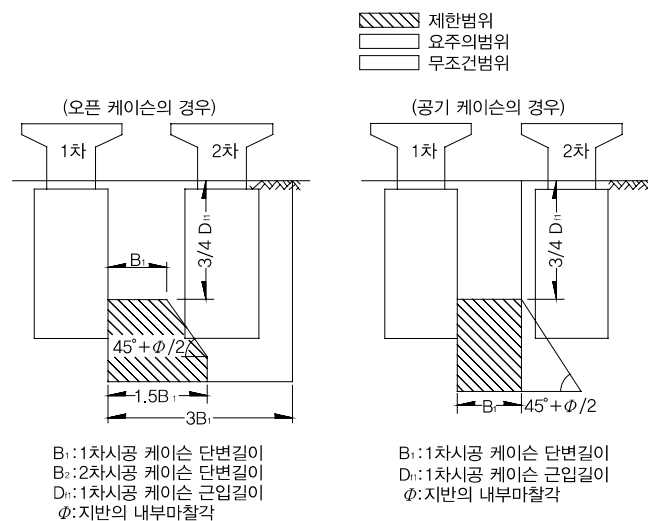
제한범위(대책을 요하는 범위) : 설계, 시공에 특별한 고려를 요하며 대책을 처음부터 계획한다.

대책공의 예

- (가) 기존구조물 보강
- (나) 지반 강도개량 (약액주입, 시멘트 주입 등)
- (다) 차단방호공 설치 (시트 파일 등)
- (라) 시공법, 시공순서, 시공속도의 제한
- (마) 제한범위 외의 기초형식으로 변경



〈그림 4.21〉 근접시공 영향범위



〈그림 4.22〉 근접시공 영향범위

주의를 요하는 범위 : 설계 시 특별한 고려가 필요 없지만 시공 시에는 기존구조물의 변위관측 등 주의를 요하고 변위가 생기는 경우에는 대책을 강구한다.

무조건 범위 : 이 범위에 신설구조물이 설치되는 경우는 설계·시공 상 특별한 고려를 일반적으로 하지 않는다.



5. 육교 및 출입시설 (인터체인지, 분기점)상 교량

5.1 육교 형식 선정

육교의 계획 및 형식은 다음 사항을 고려하여 선정하여야 한다.

- (1) 설치위치는 본선과 가급적 교차시키고 육교의 높이, 종단경사 등에 대해서도 전체적인 균형을 고려한다.
- (2) 형식 선정 시 대상지역이 유사한 현황일 경우 일정구간 별로 형식을 통일하여 계획하는 것이 바람직하다. 다만, 경우에 따라서는 고가교를 적극적으로 눈에 띄게 하고, 경계표식으로서의 고려를 하는 것도 바람직하다.
- (3) 구조단면이나 배수 구조, 낙하물 방지책 등의 교량 부속물 등의 구조 상세에 대해서도 충분히 배려하여야 한다.

육교의 기능은 다음과 같다.

- (가) 본선과의 교차교통을 안전하고 원활하게 통과시킬 것.
- (나) 본선 교통의 주행을 용이하게 하고, 심리적으로 연속감을 방해하지 않을 것.
- (다) 경계표식으로서 활용이 가능한 것.

(가)에 대해서는 교량구조물의 공통기능이며, (나)·(다)의 기능은 육교의 특징적 기능으로 일컬어지며, 육교의 경관적 배려가 강조되는 이유가 여기에 있다.

- (1) 육교 설치위치 선정은 현 도로의 기능을 위주로 결정되는 요소가 강하지만 설계, 시공은 물론 경관도 고려함과 동시에 다음 사항을 고려하여야 한다.

- (가) 가능한 한 본선 도로와 직각으로 교차시킨다.
- (나) 육교의 종단선형은 가능한 한 수평으로 하며, 특히 본선 횡단경사와 반대의 종단선형은 바람직하지 못하다.

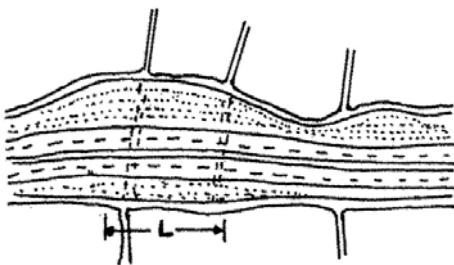
(다) 전후 육교의 계획높이는 차이가 크게 나지 않도록 한다.

(라) 주변 경관과의 조화에 유의한다.

교차조건 때문에 어느 구간에 다수의 육교가 있어 한 번에 시계에 들어오는 경우 (가),(나), (다)에 대하여 특히 주의할 필요가 있다. 이들을 배려하기 위해서는 축도의 계획과 연관하여 고려하는 것이 바람직하다. 이들 제 사항에 대하여 다음 <그림 5.1>을 참고하기 바란다.

(2) 육교의 구조형식에는 여러 형식이 있으며, 짧은 구간에 많은 종류를 사용하는 것보다 어느 일정구간에서는 구조형식을 동일하게 하는 것이 시공상·경관상으로도 좋을 것이다.

그러나 전술한 바와 같이 경계표식으로서의 기능도 있으므로 단독으로 있는 경우에는 경계표식으로서 특수한 형식을 사용하여 강조하는 것도 바람직하다. 육교의 구조형식별 장단점을 간단히 제시한다.



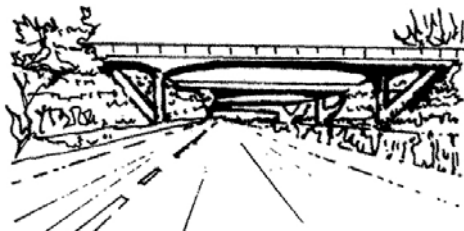
(a) 높이, 지간을 갈게 할 수 있는 L구간에 교량을 만들고 뒤는 축도로 정리한다.



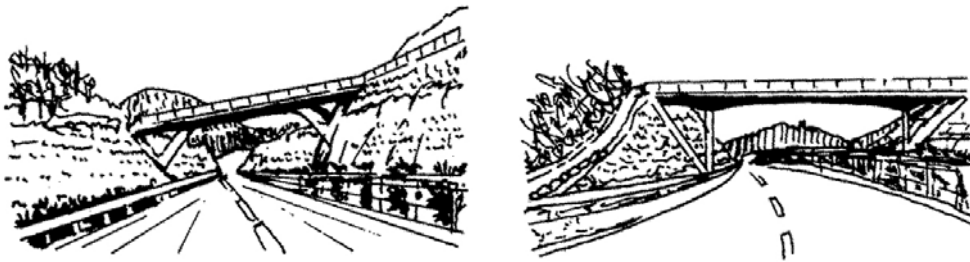
(b) 다리 밑 공간이 높은 육교는 개방된 느낌을 주어야 좋다.



(c) 본선에 경사진 교량은 심리적으로 부자연스럽고 앞(좌측)이 높고 뒤(우측)가 낮게 보인다.



(d) 너무 많은 육교가 아케이트처럼 연결되어 있는 것은 대단히 나쁘다. 그러나 부득이 연속할 경우에는 형식을 통일시키면 미관을 살릴 수 있다.



(e) 좌우 높이가 다른 교량은 심리적 혼란을 일으킨다. (f) 부자연스러운 설치
〈그림 5.1〉 육교 형식 선정 시 주의 사항

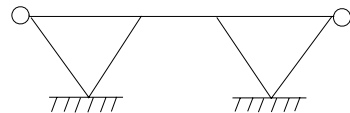
(가) 사재가 있는 π 형 라멘(경사 π 형)

가장 일반적으로 채용되고 있다. 중앙분리대에 교각을 설치하지 않아 주행차로에서의 시계를 크게 확보할 수 있다. 사각이 있는 경우, 넓은 폭원(차도 폭원 $W > 10m$) 및 흙쌓기 구간에서는 불리하다.



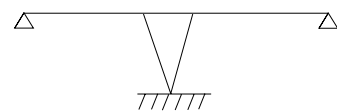
(나) 변형 경사 π 형

경사 π 형과 거의 비슷하다. 특히 다리 밑 공간이 높은 경우 사용되고 있다. 그러나 일반적인 경우 경사 π 형에 비해서 중앙 지간을 단축할 수 있다는 이점이 있다.



(다) 중간 V 지거더 라멘

경사 π 형 라멘을 사용하기에는 지간장이 길어 중앙분리대에 V 지주를 설치한 것이다. 그러나 중앙분리대에 지주가 있어 시계가 방해받고 시설한계의 지장을 주므로 최근에는 그다지 사용되지 않고 있다.



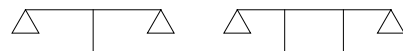
(라) 단순보

단순 구조이므로 설계·시공이 간단하고, 사각·폭원에 대한 적합성도 높다. 경관은 비교적 거더 높이가 높아 중압감을 준다.



(마) 연속보 (2경간, 3경간)

지간이 길어지는 경우에 적합하다. 2경간의 경우 중앙분리대에 교각을 세우므로 시계가 방해받는 결점이 있지만 거더 높이를 낮출 수 있는 이점을 함께 가



지고 있다. 중앙분리대 폭은 최소 3m가 필요하다. 본선과 평행하게 측도를 계획하고 있는 경우 본선과 측도 사이에 교각을 설치한 3경간 연속보를 사용할 수 있다. 본 형식은 사각, 폭원에 대한 적합성이 높다.

(바) 2хин지 라멘

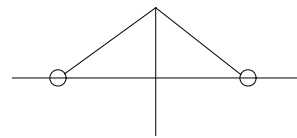
다리 밑 공간이 높은 경우, 상·하 차로에 고저차가 있는 경우에 적용하여 경관을 빼어나게 할 수 있다.



단, 농로 등 폭원이 작은 교량, 직교 등 사용범위가 한정된다.

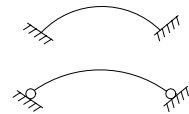
(사) 사장교

지간이 긴 경우에 적합하다. 또, 거더 높이를 낮게 할 수 있어 거더 높이가 제한을 받는 경우에도 적합하다. 특히 이 형식은 외관상 경계표식으로 이용하기 좋다. 설계·시공이 다른 형식에 비하여 어렵고, 공사비도 높아져서 일반형식으로는 부적당하다.



(아) 아치

이 형식은 설계·시공 모두 다른 형식에 비하여 어렵고, 사각이 있는 경우에 사용하는 것은 바람직하지 않다. 경관은 본선 내에 지주가 없어 시계를 넓게 할 수 있고 경계표식으로서도 활용할 수 있다.



이상의 각 구조형식은 장단점을 고려하여 선정하게 되며, 교량의 종류는 유지관리나 경관 등을 고려하여 선정하여야 한다.

형식의 통일과 동시에 배려하여야 할 것은 규모의 통일이다. 폭원은 다른 요인에 의하여 통일시키는 것이 어려운 면도 있지만, 사각·교장·지간분할에 대해서 사전에 가능한 한 통일시키도록 하여야 할 것이다. 특히 짧은 구간에 많은 육교가 집중되어 있어 시공관리·품질의 집중관리가 유리한 프리캐스트(precast) 공법을 검토하는 경우에는 규모·형식의 통일은 극히 중요한 요소가 되므로 충분한 배려가 필요하다.

- (3) 육교에 한정된 것은 아니지만 경관적 기능을 높이는 필요 불가결한 요소로 구조 상세에 대하여 충분한 배려를 하여야 한다. 육교는 도로 이용자의 끊임없는 주시의 대상이므로 구조 상세에 대하여 충분히 검토할 필요가 있다. 고려하여야 할 제 요소는 대개 다음과 같다.

(가) 구조부재로서의 단면 형상에 대한 검토

사교 또는 곡선 중의 교량처럼 지주가 모든 방향에서 보이는 경우 얇은 벽상 부재보다는 원주단면이 경관 상 바람직하다.

육교는 경쾌함이 요구되는 경향이고, 이를 만족시키기 위하여 음영을 효과적으로 이용하거나 돌출이 있는 단면·경사진 측면 또는 지주 부재에서 모따기를 검토하는 것이 바람직하다.

(나) 교량 부속물에 대한 배려

최근 안전대책 상 난간에 콘크리트 벽을 많이 사용하는데, 이는 중압감이 크므로 다소 경쾌감을 주기 위하여 표면처리·무늬·삽입·난간 경사를 바꾸어 음영의 효과를 살리거나 또는 난간 병용형식으로 하는 것이 바람직하다.

배수관의 처리도 직접 바깥에서 보이지 않는 위치에 선정하는 것이 바람직하다. 강재 난간을 사용하는 경우 녹 방지에 유의한다.

5.2 인터체인지교 형식 선정

인터체인지교는 내진성, 유지관리 및 경관에 관하여 충분히 검토하여야 한다.

인터체인지의 기하구조에는 여러 가지가 있으며, 인터체인지교라도 본선교로 사용되는 경우 램프교로 사용되는 경우가 있다. 어떤 경우라도 일반적으로 거더 높이의 제한을 받는 경우가 많고 다리 밑 공간도 끊임없이 교통차량이 주행하므로 우선 고려하여야 할 것은 공용 후의 유지관리가 용이한 교량형식을 선정하여야 한다. 이런 관점에서 재도장이 필요한 강교보다 콘크리트교로 계획하는 것이 바람직하다.

교차교처럼 본선교이며 곡선교가 되는 경우를 강교로 할 경우에는 부반력 발생 여부와 내구성이 높은 도장을 적용하는 등의 유지관리에 대하여 검토하는 것이 좋다.

인터체인지교 또는 교차교는 설치위치에 따른 경관적 기능은 육교와 같으며, 구조 상세의 배려 등 경관에 대하여 검토가 필요하다.(‘5.1 육교 형식 선정’ 참조)



6. 설계 구분

6.1 설계 구분

교량설계의 과정은 3단계로서 타당성 조사, 기본설계, 실시설계로 구분되며 다음과 같다.

- (1) 타당성 조사는 교량공사에 대한 경제·기술·사회 및 환경적 타당성을 종합적으로 판단하며 여러 대안을 비교·검토하여 최적 안을 선정하고, 그에 대한 교량사업의 기본계획을 수립하고 기본설계에 기본이 되는 기술자료를 작성한다.
- (2) 기본설계는 타당성 조사를 토대로 교량의 규모·배치·형태·공사방법 및 기간·소요비용 등에 있어 일반적인 조사·분석과 비교·검토를 거쳐 최적 안을 선정하고 교량의 예비설계를 수행하며, 설계기준 및 조건 등 실시설계용역에 필요한 기술자료를 작성한다.
- (3) 실시설계는 기본설계를 토대로 교량의 규모·배치·형태·공사방법 및 기간·소요비용·유지관리 등에 관하여 세부조사 및 분석과 비교·검토를 통하여 최적 안을 선정하고 상세설계를 수행하며 시공 및 유지관리에 필요한 모든 기술자료를 작성한다.

교량설계의 과정은 3단계로서 타당성 조사·기본설계·실시설계의 순서로 진행되며, 설계과정에 따른 각각의 설계내용은 <표 6.1>과 같다.

<표 6.1> 설계내용

구 분	내 용
타당성 조사	(1) 지형, 지질, 교차로, 지하매설물, 하천, 바다, 토질, 지진, 기상, 교량 부속물, 부식, 재료, 시공성 등의 조사 (2) 적용 가능한 교량의 대안 선정 (3) 사업비 산정 및 분석 (4) 타당성 분석
기본설계	(1) 확인조사 및 여건변동조사 (2) 교량 형식 및 주요제원 결정 (3) 교량 형식별 검토 자료 - 주요단면 크기 결정 및 배치 검토

구 분	내 용
	- 철근 배치, PS강선 배치, 강재량 검토 - 기초형식 결정 - 주요 단면 응력 개략 산출 (4) 사용재료 결정 (5) 각 형식의 장단점 기술 (6) 개략 공사비 및 유지관리비 비교 (7) 기타 주요단면 크기 산정 (8) 일반도 작성 : 종단면도, 횡단면도, 평면도, 토질주상도 (9) 중요부재의 구조계산 (10) 난간, 배수구, 신축이음, 받침 등의 형식 비교·검토 (11) 시공법 결정 (12) 교량형식별 설계 가정의 적정성, 시공성 등 검토 ※ 단, 기본설계 시 중요하지 않은 세부설계는 생략 가능
실시설계	(1) 확인조사 및 여건변동조사 (2) 교량 상세도면 작성 (3) 상세 구조계산 (4) 공사시방서 작성 (5) 물량 및 공사비 산출

6.2 성과품

각 설계구분에 따라 검토, 설계내용 등 소정의 성과품을 제출하여야 한다.

설계용역 성과품의 구성체계가 각 발주청 별로 상이하고 타당성조사 및 기본설계 등 설계 초기단계 업무의 미흡, 설계단계별 업무범위 및 내용의 모호함 등의 문제점이 대두됨에 따라 이러한 문제점을 타개하고 건설공사 설계업무의 표준화 및 선진화를 위한 기반으로서 건설공사의 공종별로 표준화 된 ‘건설공사의 설계도서 작성기준(건설교통부, 2005)’은 각 발주자가 시행하는 토목공사의 설계단계별 업무를 표준화함으로써 설계업무의 효율화 및 내실화를 도모하기 위한 것이다. 이 기준은 발주자가 과업의 성격에 따라 추가·변경하여 적용할 수 있다.

〈표 6.2〉 성과품

구 분	설 계 성 과 품
타당성 조사	(1) 타당성 조사 보고서 과업의 개요, 관계계획조사와 현지조사 및 답사, 교량형식 검토 및 평가, 계획 노선대 검토, 추정사업비 산출 등 (2) 타당성 조사 보고서 부록 교통분석, 경제성 및 재무분석, 추정수량 및 추정공사비 산출서 (3) 설계도면 (가) 노선도(축척 1/25,000~1:50,000) : 후보노선대, 최적노선대 (나) 노선 중·평면도
기 본 설 계	(1) 기본설계 보고서 (가) 공사개요 : 공사 목적, 규모, 범위, 내용, 과업수행 방법 등 (나) 조사 : 현지조사, 수리·수문조사, 환경영향조사, 지질·지반조사, 지장물·구조물 조사 등 (다) 계획 : 구조물 계획, 설계기준 작성 (라) 기본설계 : 설계기준 및 조건, 교량공, 기타 (마) 부록 : 각종 조사자료, 선형계산서, 기술심의 및 자문, 업무협의사항 등 (2) 주요 구조 및 수리계산서 (가) 주요 구조계산서 : 개요, 구조계획도, 주요 구조계산 (나) 주요 수리계산서 (3) 지질 및 지반조사 보고서 (4) 기본설계 예산서 기본설계내역서, 기본단가산출서, 기본수량산출서 (5) 기본설계도면 (가) 주요 구조물 일반도(1/50~1/200) (나) 주요 단면 구조상세도(1/10~1/100) : 표준도 및 기본설계단면도 (다) 주요 시설계획도 : 형식, 규모
실 시 설 계	(1) 실시설계 보고서 (가) 공사개요 : 공사 목적, 규모, 범위, 내용, 과업수행 방법, 금액 등 (나) 조사 : 현지조사, 수리·수문조사, 환경영향조사, 지질·지반조사, 지장물·구조물 조사 등 (다) 계획 : 구조물 계획, 설계기준 및 기타 (라) 상세설계 : 설계기준 및 조건, 교량공, 기타 (마) 사업비 분석 (사) 부록 : 각종 조사자료, 선형계산서, 기술심의 및 자문, 업무협의사항 등 (2) 구조 및 수리계산서 (가) 구조계산서 : 개요, 구조계획도, 구조계산, 내진설계, 가시설 설계 (나) 수리계산서 (3) 지질 및 지반조사 보고서 (4) 설계 예산서 설계설명서, 설계내역서, 단가산출서, 수량산출서 (5) 실시설계도면 (가) 구조일반도(1/50~1/200) : 일반구조물, 기초, 가시설, 기타 (나) 구조배근도(1/50~1/200) : 일반구조물, 기초, 가시설, 기타 (다) 구조상세도(1/10~1/100) : 일반구조물, 기초, 가시설, 기타 (라) 부대시설도 (6) 공사시방서



7. 교량대장 및 설계조서

7.1 교량대장

교량공사 완성 후 기존 공용교량의 시설현황 파악 및 유지, 보수에 이용할 목적으로 별도로 정한 양식에 의하여 교량대장을 작성하여야 한다.

교량대장 작성의 의무 및 목적에 대하여 서술한 것이다.

종래 교량대장의 필요성은 인정하면서도 목적, 작성방법, 양식, 보존 등에 관한 명확한 규정이 없었다. 한편 관리도로 연장이 늘어남에 따라 관리교량수도 늘고 공용교량의 설계·시공상 기본적 조건을 기록·보존할 필요성이 한층 높아지고 있으며, 또 대장기입자료가 통계자료로서 금후 교량계획자료로 활용될 수 있다는 점이 대장의 작성목적이다.

7.2 교량설계조서

교량 상세설계 완료 후 설계내용의 주요사항을 기입한 교량설계조서를 작성하여야 한다.

교량설계조서는 신설교량 계획자료 작성의 기초자료로 할 목적으로 작성하는 것이다. 작성은 상세설계 완료 후 또는 설계내용이 확정되었을 때 작성하여 연도마다 정리하는 것을 표준으로 한다.



참 고 자 료

1. 도로교설계기준, 건설교통부, 2005
2. 도로교설계기준 해설, 대한토목학회, 2008
3. 콘크리트구조설계기준, 건설교통부, 2003
4. 콘크리트구조설계기준 해설, 한국콘크리트학회, 2003
5. 도로교표준시방서, 건설교통부, 2005
6. 콘크리트표준시방서, 건설교통부, 2003
7. 콘크리트표준시방서 해설, 건설교통부, 2003
8. 도로의 구조·시설 기준에 관한 규칙, 해설, 지침, 국토해양부, 2009
9. 도로교 하부구조설계요령, 건설교통부, 1997
10. 고속도로건설공사설계기준, 건설교통부, 2002
11. 하천설계기준해설, 건설교통부, 2005
12. 도로설계편람(교량 편), 국토해양부, 2008
13. 교량의 계획설계에 관한 연구, 한국건설기술연구원, 1990
14. 아름다운 교량 설계, 1994
15. 교량설계, 시공핸드북, 일본 건설안전 조사회, 1990
16. 도로교 시방서·동 해설, 일본 도로협회, 2002
17. 설계요령, 동·중·서일본고속도로주식회사, 2006