

연구원 2009-21-536.2호

일체식 교량 설계지침 (무조인트 교량)

2009. 6

일체식 교량 설계지침 (무조인트 교량)

2009. 6



한국도로공사 도로교통연구원

바른 길, 편한 길, 안전한 길

목 차

1 장 총 칙

1.1 정 의	1
1.2 적용 범위	3
1.3 용어의 정의	4
1.4 특기사항	7
1.5 참고기준	8

2 장 설계일반사항

2.1 기본개념 및 특성	9
2.2 적용조건	11
2.2.1 교량연장	11
2.2.2 교량사각	12
2.2.3 평면선형 및 종단선형	12
2.3 교량계획	13
2.3.1 앞성토	13
2.3.2 고성토	16
2.3.3 교대	16
2.3.4 말뚝기초	18
2.3.5 하천교량	19
2.4 성토 및 다짐	19
2.5 교대 뒤펀 채움 계획 및 시공	20
2.5.1 뒀채움 재료	20
2.5.2 뒀채움 범위	25
2.5.3 뒀채움 시공 및 배수	25
2.6 신축조절부, 접속슬래브 및 날개벽	27
2.6.1 신축조절장치(Cycle Control Joint)	27
2.6.2 받침슬래브	27
2.6.3 접속슬래브	28
2.6.4 날개벽	28

3 장 설계 및 해석

3.1 설계 일반사항	30
3.2 설계절차	30
3.3 설계 주요인자	31
3.4 설계 하중	39
3.5 설계 하중조합 및 설계강도	39
3.6 상부구조	40
3.7 교대부	40
3.7.1 토압	40
3.7.2 기초교대	41
3.7.3 벽체교대	41
3.7.4 연결부검토	42
3.7.5 날개벽	46
3.8 말뚝기초	47
3.9 내진설계	51
3.10 접속슬래브	53
3.11 신축조절부	54
3.11.1 신축조절장치 설치유간	54
3.11.2 받침슬래브	57
참고문헌	60
집필자 명단	

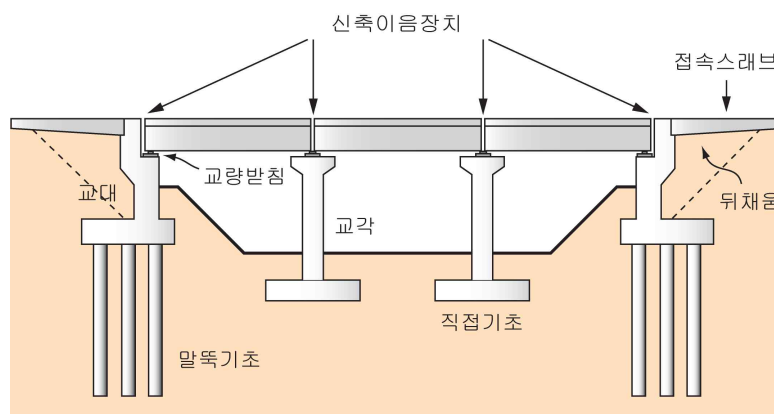
제 1 장 총 칙

1.1 정 의

일체식 교량(integral bridge)은 교량전체에 기계적 신축이음장치를 설치하지 않고 상부구조와 교대부, 상부구조와 벽체교대가 일체로 구성된 교량형식을 의미한다.

【 해설 】

일반 교량(joint bridge)은 해설 그림 1.1.1과 같이 교량의 구분 온도 및 습도 등 외부환경 변화에 의한 상부구조 신축을 처리하기 위해 신축이음장치(expansion joint)와 교좌장치(bearing)를 포함하고 있다. 이와 같은 기계적 장치는 공용중 활하중 또는 2차 하중의 영향으로 파손 되어 교량 내구성 저하 및 유지관리 측면에서 심각한 문제로 지적되고 있다. 이를 개선하고자 1930년대 이후 미국, 캐나다 등을 중심으로 신축이음장치나 교좌장치를 설치하지 않는 교량형식이 출현되었다.



해설 그림 1.1.1 일반 교량(joint bridge)

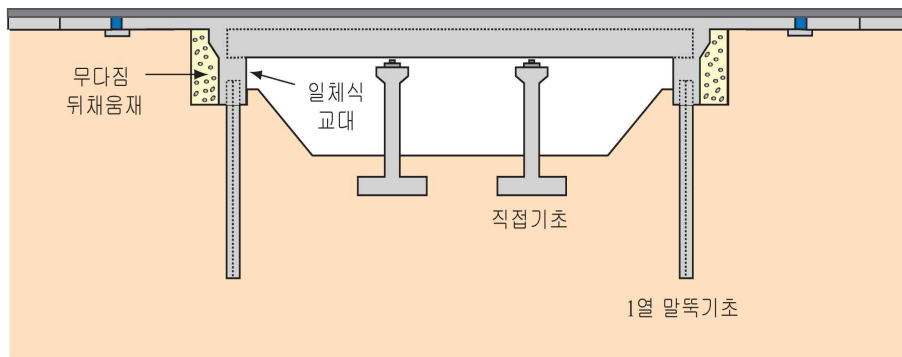
무조인트 교량(jointless bridge)은 장기적인 외부환경 변화에 대응한 유지관리 비용을 최소화하기 위한 목적으로 교량 상부구조 즉, 슬래브 또는 바닥판(deck)에서 단순히 신축이음을 설치하지 않은 교량을 총칭한다.

일체식 교량(integral bridge)은 무조인트 교량의 한 형식으로 신축이음장치를 설치하지 않는 부분에서 무조인트 교량과 유사한 개념을 갖지만 상부구조와 낮은

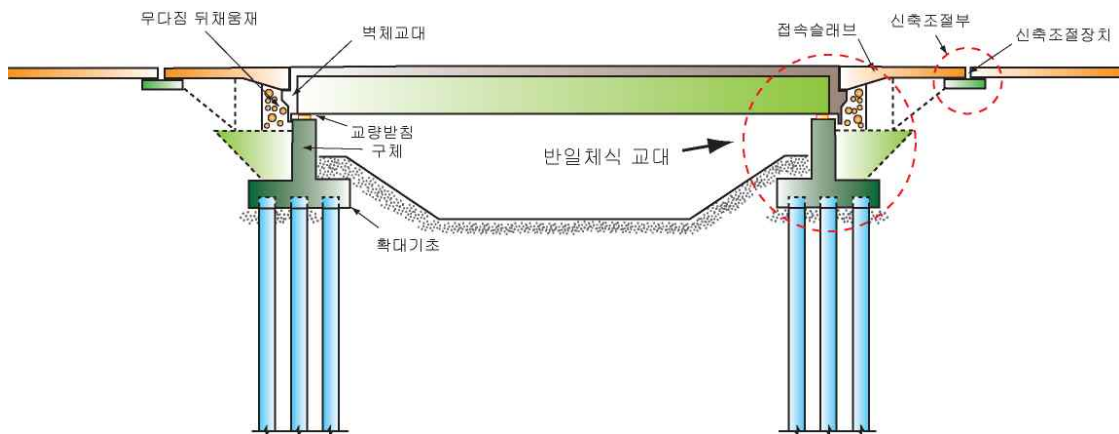
높이의 교대 전체(소교대, 해설 그림 1.1.2(a))를 또는 상부구조와 벽체교대(해설 그림 1.1.2(b))를 일체로 시공하여 온도신축으로 발생하는 수평변위 또는 회전변위 등을 허용하는 부분에서 구조적인 차이점을 갖는다.

무조인트 교량 형식의 하나인 라멘구조 교량은 내구성 및 유지관리에 용이하지만 온도하중 및 2차 하중 등에 대한 변위에너지를 단면강성으로 제어하기 때문에 다경간 또는 장경간 교량에 부적합하거나 비경제적일 수 있다.

따라서 본 설계지침에 제시하는 일체식 교량은 변위를 허용할 수 있도록 무다짐 뒤채움토와 교대부의 발생 변위를 적절히 조정하기 위한 일렬 말뚝기초 형식(일체식 교대 교량), 또는 교좌장치를 포함한 독립된 기초 형식(반일체식 교대 교량)을 적용하여 경제성, 내구성 및 유지관리 성능을 향상시킬 수 있는 교량형식이다.



(a) 일체식 교대 교량(integral abutment bridge)



(b) 반일체식 교대 교량(semi-integral abutment bridge)

해설 그림 1.1.2 일체식 교량(jointless bridge)의 구분

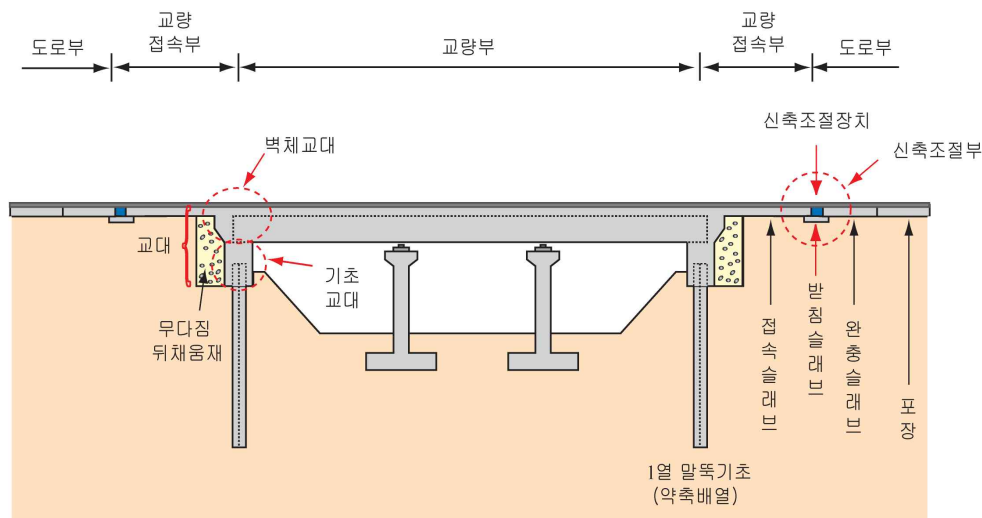
1.2 적용 범위

일체식 교량은 2.2절 적용조건을 충분히 검토하여 적용한다.

【 해설 】

일체식 교량은 상부구조와 일체로 시공되는 낮은 높이의 교대부를 갖는 일체식 교대 교량(integral abutment bridge)과, 상부구조와 일체로 시공되는 낮은 높이의 벽체교대만을 갖는 반일체식 교대 교량(semi-integral abutment bridge)으로 구분한다.

일체식 교대 교량은 해설 그림 1.2.1과 같이 상부구조와 교대부가 일체로 시공된 단경간 또는 다경간 교량을 나타낸다. 이 교대부는 시공단계에 따라 기초교대와 벽체교대로 구분한다. 일반적으로 이 교량은 교량계 온도변화에 따른 변위와 거더 단부 회전에 대해 유연성을 가진 일렬 말뚝으로 지지한다.

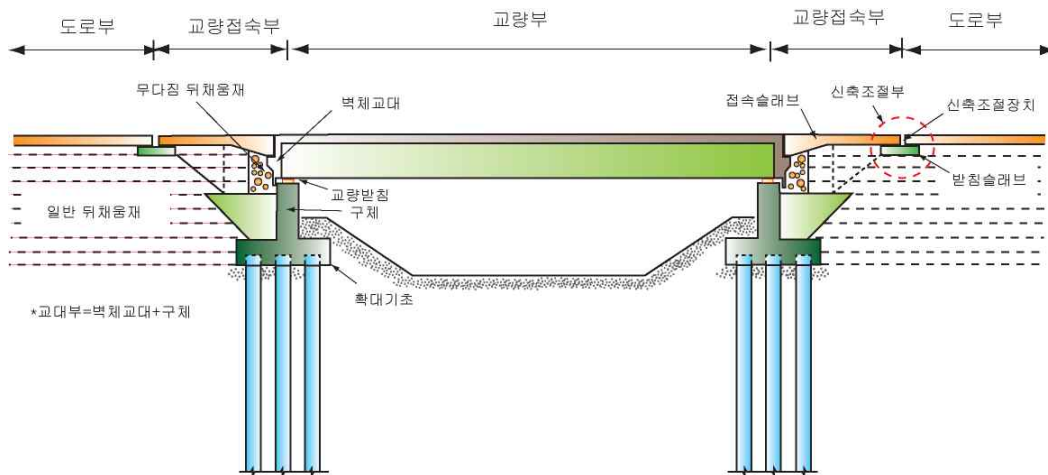


해설 그림 1.2.1 일체식 교대 교량의 주요 명칭

반일체식 교대 교량은 해설 그림 1.2.2와 같이 상부구조를 벽체교대로 일체화시키고, 온도신축에 의한 상부구조물의 수평이동을 할 수 있도록 벽체교대 하부와 구체 상면에 교좌장치를 두어 상부와 하부 구조물이 분리 시공된 단경간 또는 다경간 연속교를 말한다.

이들 교량의 교대 뒤편으로 사용되는 재료는 교대의 신축변위를 용이하게 하고, 토압을 감소시킬 수 있는 재료 즉, 무다짐 뒤편재료를 사용한다. 또한 일체식 교량에서 사용되는 접속슬래브는 교량 상부구조에서 온도에 의한 변위와 하중을

교대부와 성토체와 신축조절장치로 전달하는 역할을 수행하며, 날개벽은 일반 교량과 비교 시 다소 짧은 길이로 뒤채움재와 토공 사면을 보호한다.



해설 그림 1.2.2 반일체식 교대 교량의 주요 명칭

1.3 용어의 정의

- (1) 일체식 교량(integral bridge) - 교량의 신축이음장치를 설치하지 않고 상부 구조와 교대부를 일체화시킨 교량형식으로 일체식 교대 교량(integral abutment bridge)과 반일체식 교대 교량(semi-integral abutment bridge)으로 구분한다.
- (2) 일체식 교대 교량(integral abutment bridge) - 해설 그림 1.2.1과 같이 교량계에 신축이음장치와 교량받침을 설치하지 않고 상부구조, 교대부, 및 말뚝 등을 일체화시킨 구조로 일렬배치 말뚝의 유연거동과 무다짐 뒤채움토를 이용하여 상부구조의 온도신축변위를 조절하는 교량형식을 말한다.
- (3) 반일체식 교대 교량(semi-integral abutment bridge) - 해설 그림 1.2.2와 같이 교량의 상부구조와 벽체교대를 일체화시킨 구조로 독립된 기초에 교량받침과 무다짐 뒤채움토를 이용하여 교량의 온도신축변위를 수용하는 교량형식을 말한다.
- (4) 교대부(abutment structure) - 일체식 교량형식에 따라 별도 하부구조 형식이 적용되므로 그 구성요소 전체를 교대부라 정하였다. 일체식 교대 교량

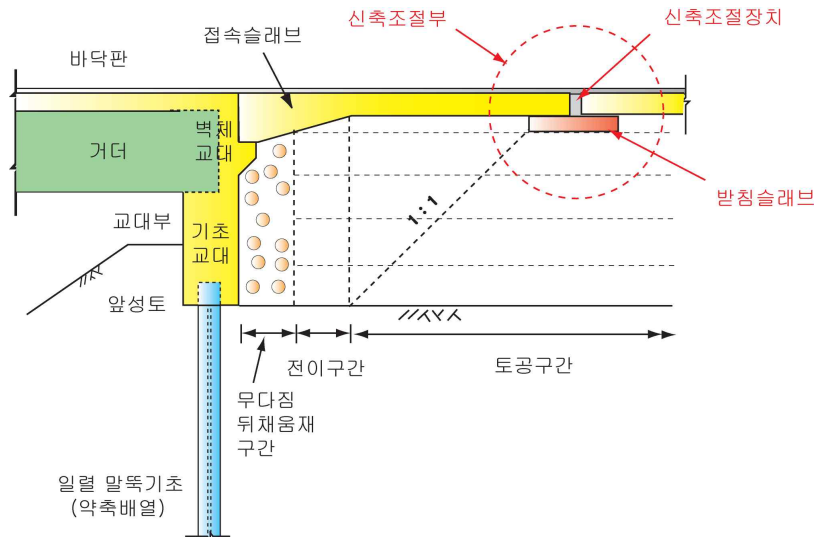
의 교대부는 일반교량의 교대 크기보다 작은 규모를 갖는 소교대(stub abutment)이며 벽체교대와 기초교대로 구성하고, 전체를 구조적으로 강결시켜 일체화한다(해설 그림 1.3.1). 반일체식 교대 교량의 교대부는 벽체교대, 독립된 기초(직접 또는 말뚝기초가 포함된)로 구성하고 이들 사이에 교량받침을 두어 분리거동 할 수 있도록 한다(해설 그림 1.3.2).

- (5) 벽체교대(end diaphragm) - 상부바닥판과 거더가 일체 거동할 수 있도록 충분한 강성을 갖는 횡방향 마감벽 또는 단부격벽 형태로 바닥판과 일체로 타설되어 상부거동을 하부기초나 무다짐 뒤채움부로 전달하는 구조체이다(해설 그림 1.3.1).
- (6) 기초교대(cap beam) - 일체식 교대 교량에서 일렬 말뚝기초 상부에 타설되는 보 형식의 구조체로서 벽체교대와 강결되어 상부 하중과 변위를 말뚝기초에 전달하는 교대부를 구성하는 요소이다(해설 그림 1.3.1).
- (7) 일렬 말뚝기초(one-row pile foundation) - 일체식 교대 교량의 이동 활하중 및 온도변화에 대한 수평변위를 유연하게 대체할 수 있도록 말뚝기초를 일렬로 시공한 기초 형식을 말한다(해설 그림 1.3.1).
- (8) 강축배열(strong-axis aligned pile) - 말뚝 단면상에서 휨에 약한 축을 교축방향과 나란하게 배치한 일렬 말뚝배열을 말한다.
- (9) 약축배열(weak-axis aligned pile) - 말뚝 단면상에서 휨에 강한 축을 교축방향과 나란하게 배치한 일렬 말뚝배열을 말한다.
- (10) 무다짐 뒤채움 - 소교대(일체식 교대교량)와 벽체교대(반일체식 교대교량)의 배면토압 크기를 줄이기 위해 다짐을 하지 않고 골재를 사용한 채움을 말한다(해설 그림 1.3.1, 1.3.2).
- (11) 무다짐 뒤채움재 - 모서리가 둥근 강자갈(골재치수 10~25mm), 굵은 골재(최대치수 25mm) 및 SB-3 등을 말한다(해설 그림 1.3.1, 1.3.2). 여기서 SB-3은 일반 보조기층재료 SB-1에서 세립분을 배제한 골재를 말한다.
- (12) 전이구간(transition zone) - 교대배면의 일반 뒤채움 작업시 발생하는 진동에너지가 무다짐 뒤채움구간으로 전달되지 않도록 시공과정에서 형성되는 구간을 말한다(해설 그림 1.3.1, 1.3.2).
- (13) 접속슬래브(approach slab) - 활하중에 의한 뒤채움부의 침하를 방지하며, 상부구조의 변위를 신축조절부로 전달하는 슬래브를 말한다(해설 그림

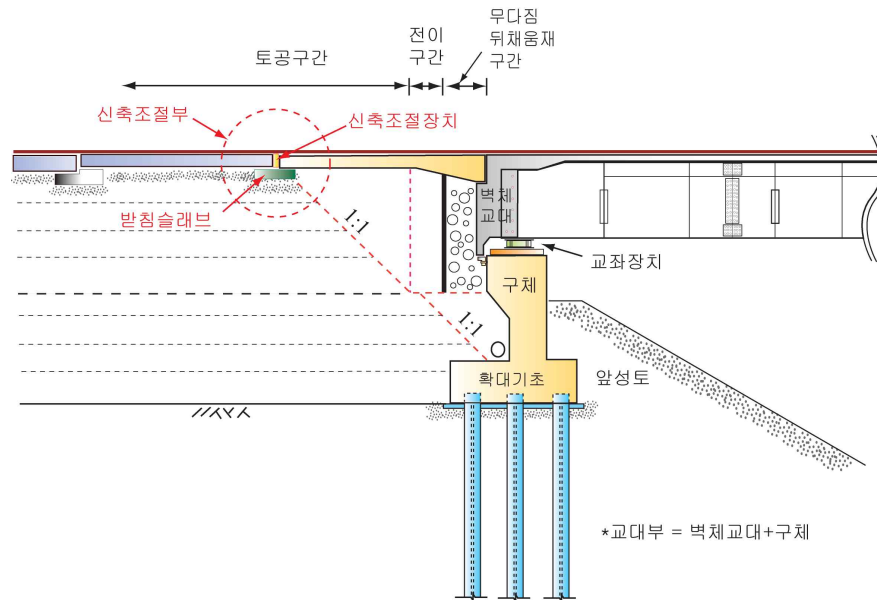
1.3.1, 1.3.2).

- (14) 받침슬래브(sleeper slab) - 접속슬래브의 부등침하로 인해 발생할 수 있는 벽체교대의 부모멘트 발생을 억제할 수 있고, 신축조절장치의 설치가 용이하도록 접속슬래브 끝단 하부에 두는 지지판을 말한다(해설 그림 1.3.1, 1.3.2).
- (15) 신축조절장치(cycle control joint) - 일반 조인트 교량의 기계적인 신축이음장치를 대체하기 위해 도로부와 접속슬래브 사이에 온도신축이동을 조절하도록 설치한 장치를 말한다(해설 그림 1.3.1, 1.3.2).
- (16) 신축조절부 - 받침슬래브와 유간 및 신축조절장치가 설치되는 부분을 총칭한다.
- (17) 교대 앞성토 - 교축방향 변위 발생에 대한 교대 및 말뚝의 안정성을 확보하기 위한 성토부를 말한다(해설 그림 1.3.1, 1.3.2).

【 해설 】



해설 그림 1.3.1 일체식 교대 교량의 주요 구조요소



해설 그림 1.3.2 반일체식 교대 교량의 주요 구조요소

1.4 특기사항

- (1) 설계지침 규정은 일체식 교량의 안정성 확보를 위해 필요한 최소한의 요구조건을 제시한 것이다. 다만, 널리 알려진 이론이나 시험에 의해 기술적으로 증명된 사항에 대해서는 발주자의 승인을 얻어 관련 설계지침으로 대체할 수 있다.
- (2) 이 설계지침에 규정되어 있지 않은 사항에 대해서는 국토해양부 제정 관련 설계기준과 설계지침 등을 따른다.

【 해설 】

일체식 교량의 형식중 하나인 일체식 교대 교량은 그 특성에 대한 국외 시공사례 및 연구 자료를 바탕으로 2001년 대전~통영간 고속도로 건설공사에 최초로 도입 시공하였다. 이 후 공용 중 계측관리와 연구 활동을 통해 설계 및 시공에 대한 지속적인 검증 및 확인 작업을 하고 있다.

또한 국내 산학 단체들이 주체가 되어 국외 시공사례 및 연구 성과들을 토대로 국내 적용에 따른 적용성 부분 연구가 활발히 이루어지고 있다.

이 설계지침은 일체식 교량의 특성 및 제한조건을 주요 내용으로 구성하였으며 적용 규정은 국내외 연구자료, 시공사례 및 국외 설계기준을 근간으로 국내 지방

규정에 맞도록 제시하였다.

1.5 참고기준

- (1) 건설기술관리법, 1987
- (2) 기본설계 등에 관한 세부시행기준 : 건교부고시 제2000-35호
- (3) 도로공사표준시방서, 건설교통부, 2003
- (4) 토목공사 표준일반시방서, 대한토목학회, 1996
- (5) 내진설계기준연구(I), 건설교통부, 1996
- (6) 내진설계기준연구(II), 건설교통부, 1997
- (7) 콘크리트 표준시방서, 한국콘크리트학회, 1999
- (8) 콘크리트 구조설계기준해설, 한국콘크리트학회, 2007
- (9) 도로교설계기준, 대한토목학회, 교량설계핵심기술연구단, 2008
- (10) 구조물 기초설계기준 해설, 한국지반공학학회, 2003
- (11) 하천설계기준 해설, 한국수자원협회, 2005
- (12) 고속도로공사 전문시방서, 한국도로공사, 2004
- (13) 도로교설계편람(III), 건설교통부, 2001
- (14) AASHTO *Standard Specifications for Highway Bridges*, 1996
- (15) Canadian Geotechnical Society, *Excavation and Retaining Structures*,
Canadian Foundation Engineering Manual Part 4, 1985

제 2 장 설계일반사항

2.1 기본개념 및 특성

(1) 일체식 교대 교량(integral abutment bridge)

- 1) 교량에 교좌장치와 신축이음장치를 설치하지 않고 상부구조와 교대부, 말뚝기초 등을 일체화시킨 교량이다.
- 2) 상부구조와 교대부를 지지하는 말뚝은 상부구조의 온도 및 습도 등 외부 환경 변화에 의한 신축변위로 발생하는 수평과 회전 변위를 허용한다.
- 3) 말뚝기초는 외부환경 변화에 의한 온도 신축 변위에 대한 유연성을 확보하고자 일렬 말뚝기초를 사용한다.
- 4) 교대부와 상부구조 간의 신축이음장치를 제거하고 접속슬래브와 도로연결부 사이에 신축조절장치를 설치한다.

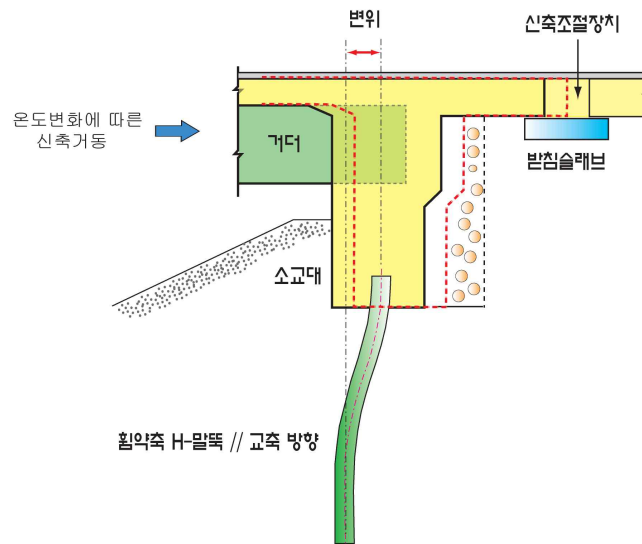
(2) 반일체식 교대 교량(semi-integral abutment bridge)

- 1) 교량의 상부구조와 벽체교대를 일체화시키고 독립된 기초를 갖는 교량이다.
- 2) 상부구조와 일체화된 벽체교대 하부에 교좌장치를 두어 상부구조의 온도 신축으로 발생하는 변위를 허용한다.
- 3) 벽체교대와 독립된 기초구조(하부구조) 간에 변위를 수용할 수 있는 가동 받침장치로 인하여 기초는 연직하중 성분을 중심으로 평가한다.
- 4) 교대부와 상부구조 간의 신축이음장치는 일체식 교량과 동일하게 접속슬래브와 도로연결부 사이에 설치한다.

【 해설 】

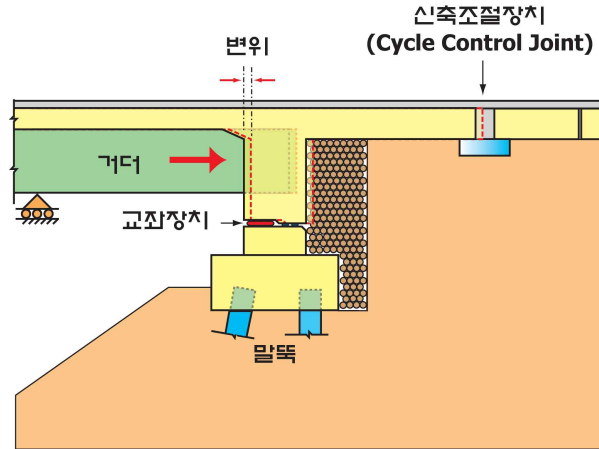
- (1) 일체식 교대 교량의 가장 중요한 설계 특성은 해설 그림 2.1.1 에서와 같이 상부구조가 교대지점부와 일체로 시공되는 것이다. 이로 인해 계절적인 온도 변화로 발생하는 상부구조의 신축변위를 처리하기 위하여 사용되는 교대 신축조절장치는 일반교량과 같이 교량 구조물의 교대부에 존재하지 않고 도로부의 접속슬래브 끝단에 다른 형식으로 위치하게 된다. 일체식 교대 교량으로 시공됨에 따라 얻어지는 가장 큰 장점은 교량의 사용수명을 단축시키는 상부구조의 신축이음장치와 교좌장치를 제거함으로써 일반교량과 비교 시 공

용수명을 최대한 보장할 수 있다. 교량 상부구조를 교대부와 연결하여 설계, 시공함에 따라 교대부는 상부구조의 온도신축 이동량을 충분히 흡수처리 할 수 있는 유연성을 갖는 구조요소가 필요하다. 이러한 교량계의 유연성은 교대부를 지지하는 일렬 말뚝기초를 사용하여 확보할 수 있으며, 방향성을 갖는 H형강 말뚝은 단면상에 휨에 약한 축을 교대 중심선과 나란하게 배치하여 사용한다.



해설 그림 2.1.1 일체식 교대 교량의 거동 특성

- (2) 반일체식 교대 교량은 해설 그림 2.1.2에서와 같이 일체식 교대 교량과 동일하게 상부구조(바닥판과 거더)와 벽체교대를 일체화시키지만 교량계의 온도신축 변위를 수용하고자 일렬 말뚝기초 대신 일반교량과 동일하게 변위를 허용하는 가동교좌받침을 사용한다. 이러한 가동받침을 지지하는 하부구조는 독립된 기초로 말뚝기초나 직접기초를 활용한다. 계절적인 온도변화에 의한 교량 신축량은 신축조절장치에서 수용하도록 설계하여야 하며, 이 신축조절장치는 일체식 교대 교량과 동일하게 접속슬래브와 도로연결부 사이에 두어 처리한다.



해설 그림 2.1.2 반일체식 교대 교량의 거동 특성

2.2 적용조건

- (1) 본 절의 적용조건은 일체식 교대 교량(integral abutment bridge)에 제한한다.
- (2) 반일체식 교대 교량(semi-integral abutment bridge)은 일반교량과 동일한 조건을 적용한다. 다만 상부구조의 온도신축 변위를 고려하여 벽체교대는 일체식 교대 교량의 설계조건에 따른다.

【 해설 】

- (1) 일체식 교대 교량은 상부구조와 하부구조가 일체로 거동하는 교량으로서 일반 교량 설계와는 별도의 제한적 조건을 만족하여야 한다.
- (2) 상부구조와 벽체교대는 일체화 시공되므로 벽체교대 설계는 일체식 교대 교량의 교대부와 동일한 조건으로 설계하여야 한다(해설 그림 1.3.2).

2.2.1 교량연장

교량의 총 연장 길이는 상부구조의 재료적 특성에 따라 별도로 적용하여야 한다. 다만, 해설 그림 3.3.3과 같이 교량의 사각과 연장에 관계를 고려하여야 한다.

- (1) 콘크리트 교량 : 120m 이하
- (2) 강교량 : 90m 이하

【 해설 】

상부구조에서 발생하는 온도신축에 의한 변위로부터 벽체교대, 일렬 말뚝기초, 교대 연결부 등에 응력이 발생되므로 교량 총 연장 길이에 대하여 제한을 둔다. 다만 상기 교량연장을 초과 적용할 때는 상부구조형식, 설치 경간수, 지반조건 및 설치지역의 온도변화 등 제반사항을 고려하여 유한요소해석기법 등을 활용한 별도의 구조검토를 실시하고 충분한 안전성을 확인하여 이를 적용할 수 있다.

미국과 캐나다에서 다경간 일체식 교량의 합리적인 변위 분산을 통하여 프리캐스트 콘크리트 거더를 이용한 콘크리트 교량은 총 연장 358.4m가, 강재 거더를 이용한 강 교량은 318.4m가 시공된 바 있다.

2.2.2 교량 사각

교량 사각은 최대 30°를 적용한다.

【 해설 】

교량사각이 큰 경우에는 양측 교대배면에 작용하는 토압력의 분력영향으로 교량계가 회전 변위할 가능성이 존재하며, 동시에 교대 배면에 발생하는 토압력은 말뚝에 조합응력으로 작용하므로 사각은 교축직각방향에서 30°를 초과하지 않도록 하여야 한다(도로교설계기준, 2008).

미국, 캐나다, 호주, 영국 등의 도로국에서는 일체식 교대 교량의 사각을 최대 45°로 정하고 있다. 국내에선 2001년 일체식 교대 교량인 평촌1교(대전-통영간 고속도로 전장 90m, 사각 30°)가 처음 시공된 이래 현재까지 지속적인 연구가 진행되고 있으나 소중규모 교량 이외 시공실적이 적어 본 지침에서는 적용 가능 사각을 최대 30°로 정하였다.

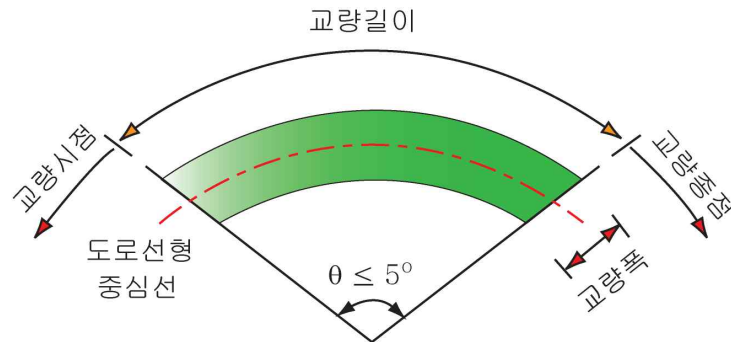
2.2.3 평면선형 및 종단선형

- (1) 곡률을 갖는 도로에 교량을 설치할 경우 거더는 직선으로 배치하여야 하며, 교각은 5° 이하이어야 한다.
- (2) 종단 경사 구배가 5%를 초과하는 경우 설치를 피하여야 한다.

【 해설 】

- (1) 도로의 평면 곡률을 따라 교량을 설치할 경우 상부구조에 발생하는 실제적 온도변위의 방향을 정확하게 밝히기가 어려우며, 이로 인하여 양측 교대 조건에

차이가 발생할 수 있으므로 이를 최소화하여야 한다. 거더의 배치는 곡선의 접선에 따라 직선으로 배치하고 거더 간의 간격은 평행하여야 한다. 박스 거더교와 같이 곡률에 따라 곡선거더를 설치하는 경우 적용 대상에서 제외한다. 온도변위에 대한 재료적 특성에 따라 교량연장을 결정하였으므로 곡률반경에 대한 제한조건 대신 교량 시중점이 이루는 교각(橋角)을 5° 이하로 정하였다.



해설 그림 2.2.1 교량 시중점이 이루는 교각(橋角)

$$L = \pi R \cdot \frac{\theta}{180} \quad (\text{해설 2.2.1})$$

$$\theta = \frac{180}{\pi} \cdot \frac{L}{R} \quad (\text{해설 2.2.2})$$

여기서, θ : 교각(橋角)($^\circ$), L : 교량연장(m), R : 곡률반경(m)

- (2) 일체식 교량은 거동 특성상 양측 교대조건이 가능한 동일한 조건으로 계획하는 것이 바람직하다. 다만 교량 종단경사가 5%를 초과하는 경우 별도의 구조 검토를 통해 적용할 수 있다.

2.3 교량계획

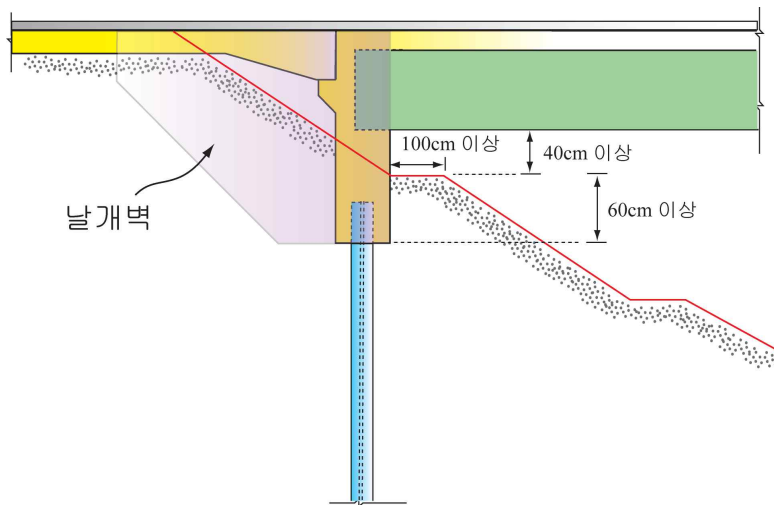
2.3.1 앞성토

- (1) 일체식 교대 교량은 교대부 전면에 앞성토를 고려하여야 한다.
- (2) 시설한계로 인해 앞성토를 설치하지 못할 경우 별도의 보강방법 등을 활용

할 수 있다.

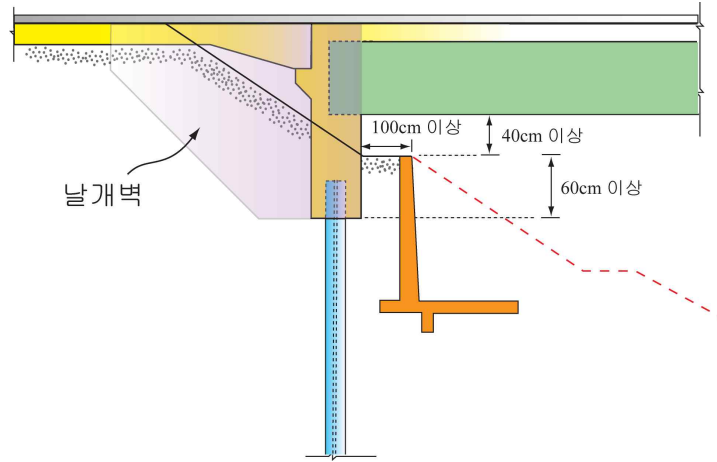
【 해설 】

- (1) 일체식 교량은 교대배면에 걸리는 토압 저감과 말뚝 거동을 용이하게 하기 위하여 높이가 낮은 교대부(소교대 또는 벽체교대)를 사용하는 것이 구조적 안정성과 경제성에 유리하다. 말뚝의 안정성 확보를 위해 교대 전면에 앞성토를 설치하는 것이 바람직하다. 앞성토 계획시 거더와 교대 접합부의 유지관리를 위한 형하공간이 필요하며, 그 높이는 최소 400mm 이상이 바람직하다. 또한 일렬 말뚝의 온도신축 변위에 대한 거동과 말뚝 보호를 위하여 교대부 저면으로부터 600mm 이상을 지반에 근입하는 것이 바람직하다(해설 그림 2.3.1).

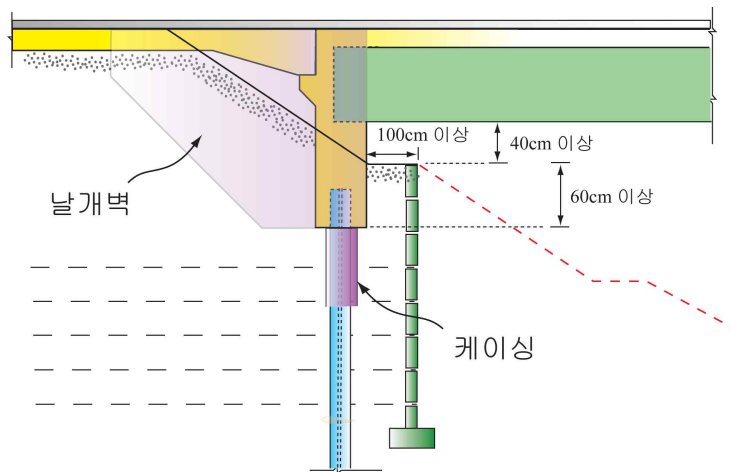


해설 그림 2.3.1 일체식 교대 교량의 앞성토

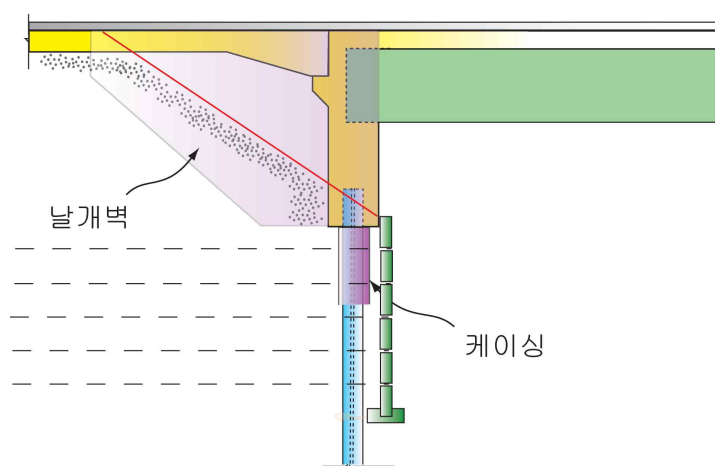
- (2) 도로 및 철도 시설물과 교차되는 경우 시설한계로 인해 앞성토의 계획이 불가할 경우 RC옹벽이나 보강토 옹벽 등 별도의 구조형식을 적용할 수 있으나 말뚝기초의 거동을 방해하지 않도록 기초교대와 충분한 이격거리를 둔다(해설 그림 2.3.2). 이때, 해설(1)항에서 제시한 조건은 무시할 수 있다.



(a) 콘크리트 옹벽형식



(b) 보강토 옹벽형식(TYPE-1)



(c) 보강토 옹벽형식(TYPE-2)

해설 그림 2.3.2 일체식 교대 교량의 앞성토 보강 형식 예

2.3.2 고성토

사면활동으로 인한 지반파괴의 가능성이 있을 때는 「도로교설계기준」에 따라 안정성을 검토하여야 한다.

【 해설 】

사면 내에 설치된 기초는 사면활동으로 인해 지반파괴가 발생할 수 있을 뿐만 아니라 지반파괴에 도달하지는 않더라도 구조물의 기능 수행에 막대한 피해를 일으킬 수 있으므로 안정성을 검토하여야 한다.

2.3.3 교대

교대는 기초교대와 벽체교대로 구성되며 분리하여 시공한다.

(1) 기초교대(cap beam)

- 1) 제작 완성된 거더가 시공중에 거치되는 역할을 하며, 향후 교대부를 이루는 부분으로 상부로부터 전달되는 모든 하중에 대하여 충분한 저항력을 가지도록 설계하여야 한다.
- 2) 거더가 거치되는 면에는 가설용 받침이나 비보강 탄성 고무판(elastomeric pad)을 사용하여 거더 설치에 따른 콘크리트 파손을 방지하고, 시공중에 상부하중을 고르게 전달하도록 하여야 한다.

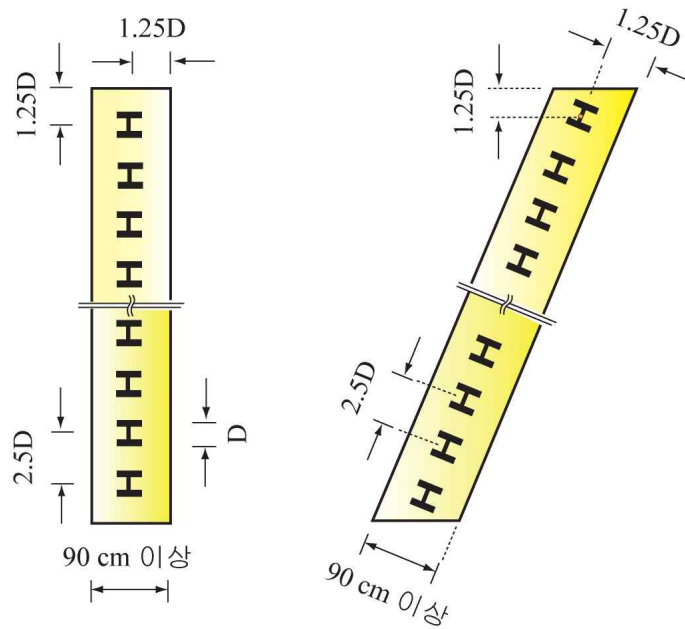
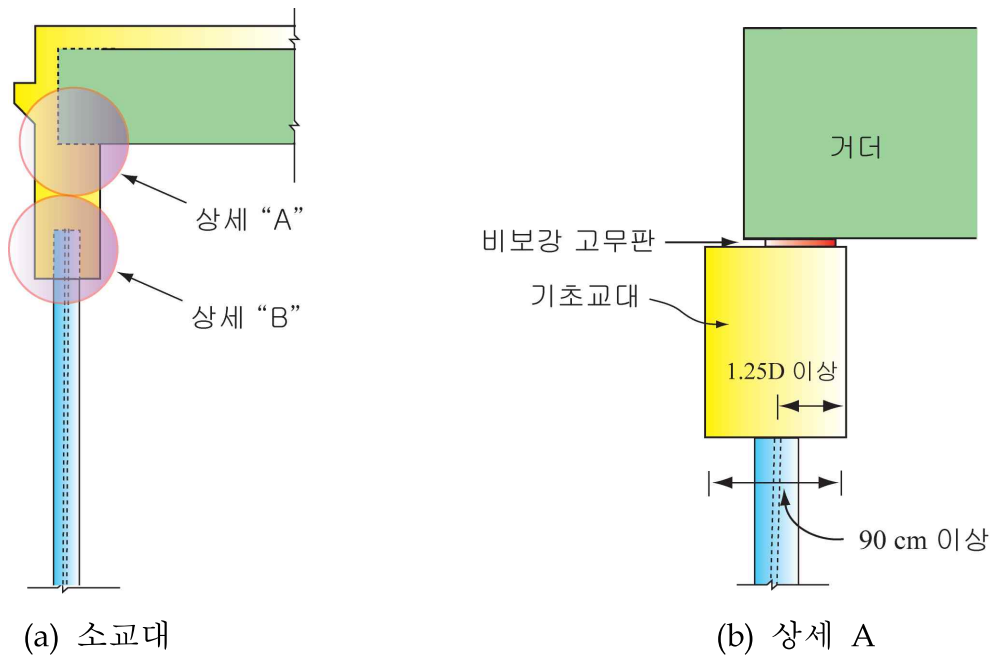
(2) 벽체교대(end diaphragm)

- 1) 벽체교대는 기초교대와 함께 상부구조의 신축량에 의해 발생하는 교대배면의 뒤채움 토압에 대하여 충분히 안전하여야 한다.
- 2) 벽체교대는 상부 바닥판과 합성 후 활하중에 의한 부모멘트에 대하여 검토한다.

【 해설 】

- (1) 기초교대는 상부구조에 작용하는 하중을 말뚝기초로 전달하기 위한 콘크리트 구체로서 상면에 거치되는 거더와 바닥판 콘크리트 및 교량부속시설물 등 고정하중과 활하중에 대하여 충분한 저항을 할 수 있어야 한다. 이때, 기초교대 단면 높이는 수동토압이 최소화 되도록 계획을 수립하여야 한다. 그리고 교대 폭은 교대 측면으로부터 연단거리 $1.25D$ (D =말뚝 단면 폭 또는 지름)배 이상을 확보하며, 상부 거더가 교대에 충분한 매입으로 일체거동을 확보하기 위해 900mm 이상을 적용하는 것이 바람직하다. 또한 말뚝 중심간의 거리는 최소

2.5D 이상으로 한다.



해설 그림 2.3.3 교대의 제원

- (2) 벽체교대는 기초교대 위에 거더를 거치한 후 바닥판과 동시 타설되며 콘크리트가 경화된 후 일체 거동한다. 벽체교대는 계절적인 온도변화에 의한 교량

신축변위로 인하여 교대 배면에 수동토압이 발생한다. 따라서 벽체교대 설계 시 수동토압에 의한 휨모멘트를 고려하여야 한다. 또한 상부구조와 교대간의 연결부는 상부구조에 작용하는 설계하중에 의한 휨모멘트에 안전하도록 설계한다.

2.3.4 말뚝기초

(1) 말뚝 종류 및 기능

온도변화에 의한 상부구조의 수평변위 및 회전을 조절하기 위하여 말뚝의 종류는 H형강, 원형강관 및 PC말뚝 등을 사용할 수 있다. 말뚝은 수평변위에 대한 유연성이 확보되도록 일렬로 배치하며 최소 길이는 6m 이상으로 한다.

(2) 말뚝과 기초교대 간의 결합

결합부는 「도로교설계기준」의 '방법A'를 적용하되 기초교대에 매입되는 말뚝 길이는 말뚝지름의 1.5배 이상으로 하고 최소 500mm 이상 확보한다.

(3) 말뚝 선단보강

말뚝 선단이 장애물 등에 의해 해로운 손상을 입을 우려가 있는 경우 또는 굳은 지반에 쉽게 타입 되도록 필요할 경우 보강한다.

(4) 말뚝 이음(pile splice)

원칙적으로 이음판을 이용한 전 둘레 아크용접 이음으로 한다. 용접 이음의 수는 가능한 최소로 한다. 일체식 교대 교량의 경우 기초교대 저면에서 5m 이내에는, 반일체식 교대교량의 경우 기초교대 저면에서 3m 이내에는 용접 이음을 하지 않도록 하여야 한다.

【 해설 】

- (1) 기성말뚝의 최종 관입작업은 일반적으로 사용하는 근입방법을 사용하도록 한다. 단, 적절한 말뚝의 지내력을 확실히 보장하기 위하여 충분한 능력의 말뚝 햄머를 선택하여 사용하도록 한다.

일체식 교대 교량의 말뚝은 온도신축에 의한 횡변위를 수용한 거동으로 교량 전장을 결정하는 중요한 인자이다. 따라서 말뚝단면에 발생하는 응력을 낮추고 탄성거동을 목적으로 말뚝의 최소길이를 제한하여 말뚝의 연성거동을 확보할 수 있도록 한다.

- (2) 일체식 교대 교량의 말뚝머리 보강은 「도로교설계기준」 '5.8.11.3절 말뚝과 확

대기초의 결합부' 해설에서 제시하는 강결합 '방법A'와 동일하다. 반일체식 교대교량의 말뚝머리 보강은 '방법A' 또는 '방법B'를 「도로교설계기준」과 동일하게 적용할 수 있지만, '방법B'가 효과적이다.

(4) 말뚝이음 용접 작업은 지상면에서 약 1.5m 위에서 실시한다.

2.3.5 하천교량

- (1) 하천 상에 설치되는 일체식 교대 교량은 유수에 의한 피해를 받지 않도록 앞성토부에 사면 보호공을 설치하여야 한다.
- (2) 교대와 말뚝기초 연결부에 세굴이 발생하지 않도록 하여야 한다.

【 해설 】

- (1) 일반적으로 교량을 하천에 설치하게 되면, 터파기 등에 의해 압밀되었던 하천 제방이 느슨하게 되므로 유수의 영향과 침투수에 의해 유실 가능성이 높다. 특히 말뚝의 안정성 확보를 위한 앞성토의 유실은 일체식 교량의 구조적 거동에 영향을 줄 수 있으므로 「하천설계기준」 등에 제시되어 있는 적절한 보강방법으로 보호하여야 한다.
- (2) 세굴방지를 목적으로 제방에 사면보강공법을 적용 시, 말뚝기초를 보호하는 케이싱을 하상 또는 제방하단까지 설치하거나 제내지 제방 하단과 교대 전면 사이에 별도의 차수시설물을 두는 것이 바람직하다.

2.4 성토 및 다짐

- (1) 교대 성토부의 안정성 확보 및 성토하중으로 인한 침하 현상에 의하여 발생 할 수 있는 교대의 변위를 억제하기 위하여 교대부의 성토작업을 한다.
- (2) 성토지반의 다짐은 진동다짐을 원칙으로 하고 보다 철저한 시공과 완벽한 품질관리를 실시한다.

【 해설 】

- (1) 성토부의 이상 유무에 대한 확인 방안으로 교대 및 성토부에 기준점을 설정한 후 측량 관측 작업을 실시한다. 관측 작업 중 변위가 확인되면 즉시 작업공정을 중지하고 이를 감독원에게 보고하여야 한다. 이후의 작업공정은 발생한 변위에 대한 충분한 기술 검토를 완료한 다음 감독원의 승인을 득한 후 실시한

다.

- (2) 성토구간의 다짐은 사전에 시험성토를 실시하여 알맞은 다짐장비, 다짐방법, 시공관리체제 등을 검토하여 효율적인 다짐을 유지하도록 하며 다짐이 완료된 후에는 해설 표 2.4.1과 같이 다짐도 측정을 실시하여 합격한 후 다음 층의 성토작업을 실시하여야 한다.

해설 표 2.4.1 다짐의 판정기준

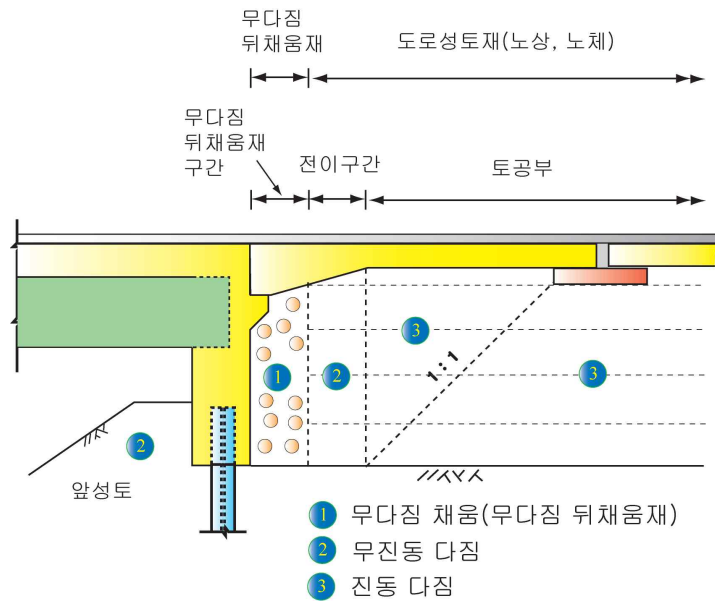
구분			노체		노상	비고
			암쌓기	일반쌓기		
1층 다짐 완료후의 두께 (mm)			600	300	200	
다짐도 (%)			-	90 이상	95 이상	KS F 2311 KS F 2312 AASHTO. T 224-86
다짐방법			-	A, B	C, D, E	KS F 2312
평판 재하 시험	아스 팔트 포장	침하량 (mm)	1.25	2.5	2.5	KS F 2310
		지지력 계수 (k_{30} : MN/m ³ (kgf/cm ³))	196.1(20)	147.1(15)	196.1(20)	
	시멘트 포장	침하량 (mm)	1.25	1.25	1.25	KS F 2310
		지지력 계수 (k_{30} : MN/m ³ (kgf/cm ³))	196.1(20)	98.1(10)	147.1(15)	

2.5 교대 뒤채움 계획 및 시공

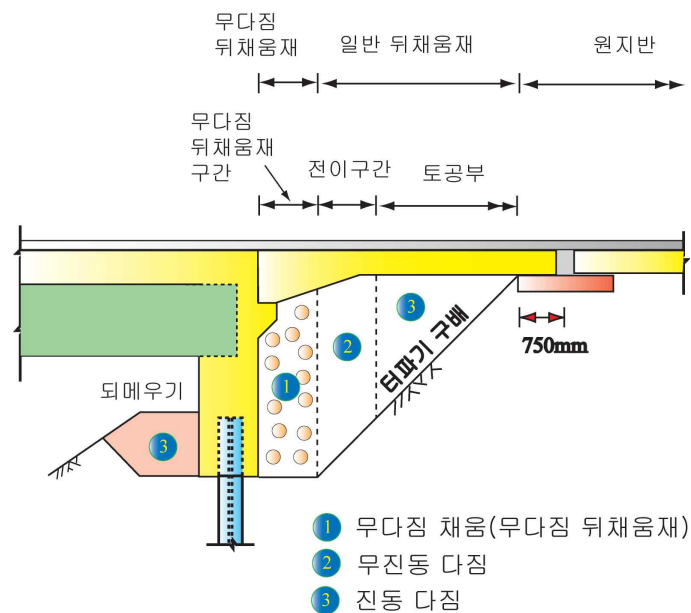
2.5.1 뒤채움 재료

- (1) 교대 배면 뒤채움은 그림 2.5.1과 같이 성토부 및 절토부에 형성되는 교량

의 토공계획에 따라 일반 뒤채움과 무다짐 뒤채움으로 구간을 분할하고, 표 2.5.1과 같이 정하는 채움재료를 사용한다.

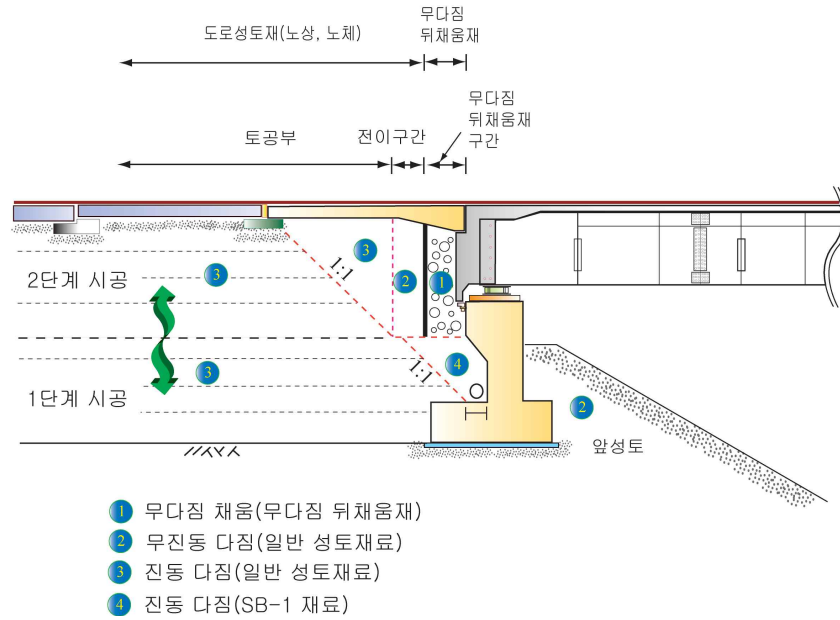


(a) 성토부의 일체식 교대 교량

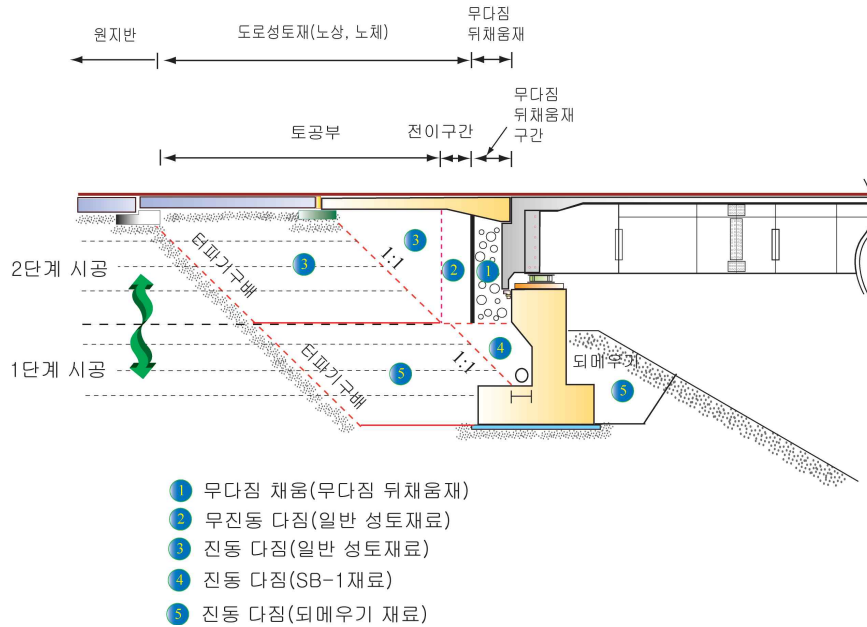


(b) 절토부의 일체식 교대 교량

그림 2.5.1 일체식 교량의 뒤채움(계속)



(c) 성토부의 반일체식 교대 교량



(d) 절토부의 반일체식 교대 교량

그림 2.5.1 일체식 교량의 뒤채움

표 2.5.1 뒤채움 구간과 채움재

구 간	채움재
일반 뒤채움구간	SB-1, SB-2
무다짐 뒤채움구간	강자갈, 굵은골재(최대치수 25mm), SB-3

(2) 무다짐 뒤채움 재료의 토질정수는 표 2.5.2에 따른다.

표 2.5.2 뒤채움 재료의 토질정수

구분		단위중량(γ) (kN/m^3)	내부마찰각(ϕ) ($^\circ$)
일반 뒤채움재	SB-1	19.0	35
무다짐 뒤채움재	강자갈	15.3	35
	굵은골재 (최대치수 25mm)	15.3	35
	SB-3	15.3	35

【 해설 】

- (1) 일반 뒤채움영역은 「도로공사표준시방서」에 제시된 재료인 SB-1, SB-2를 사용한다. 무다짐 뒤채움영역에 사용되는 뒤채움 재료는 입자가 둥근 강자갈이 좋지만, 이 재료의 수급이 곤란하면 골재 공칭최대치수 25mm의 굵은 골재, 또는 보조기층재료(SB-1)에서 세립분을 배제한 SB-3을 권장한다. 본 지침에서 적용하는 뒤채움 영역에 사용되는 뒤채움 재료의 입도기준은 해설 표 2.5.1과 같다.
- (2) 설계계산에 사용되는 흙의 성질은 지반공학적 정수에 의해 정량화할 수 있다. 이러한 지반공학적 정수는 현장이나 실내 시험 결과의 상호관계에 의하여 이론적 또는 경험적, 그리고 관련된 문헌으로부터 얻을 수 있다. 표 2.5.2에 제시한 뒤채움 재료의 토질정수는 「도로공사표준시방서」 또는 실내시험이나 대형직접전단시험을 통하여 얻은 설계시 기준 값으로, 뒤채움 재료의 입도분포를 만족하는 경우 별도로 시험 없이 사용할 수 있다.

해설 표 2.5.1 뒤채움 재료의 입도기준[※]

체의 호칭치수 골재구분		통과중량백분율(%)									
		75mm	50mm	40mm	20mm	10mm	N0.4	No.8	No.10	No.40	No.200
일반 뒤채움재	SB-1	100	-	70-100	50-90	-	30-65	-	20-55	5-25	2-10
	SB-2		100	80-100	55-100	-	30-70	-	20-55	5-30	2-10
무다짐 뒤채움재 [※]	강자갈			100	55-100	2-10					
	굵은골재 (최대치수 25mm)			100	80-100	25-60	2-10				
	SB-3			100	-	30-80	-	10-20			

주) ※ 반일체식 교대 교량의 실용화 연구, 한국도로공사 도로교통연구원 연구보고서(2008)

해설 표 2.5.2는 해설 표 2.5.1의 입도기준에 대한 대형직접전단시험으로 구한 토질 물성치이다. 이 표의 내부마찰각 범위는 약 53°~60° 이다. 이는 우리나라에서 일반적으로 사용하고 있는 조인트 교량의 교대 배면토나 보강토옹벽의 배면토에 사용하고 선택층재료의 내부마찰각인 35° 보다 매우 크게 측정되었다.

해설 표 2.5.2 뒤채움 재료의 토질정수[※]

구분		단위중량(γ) (kN/m ³)	내부마찰각(ϕ) (°)	겉보기점착력(c) (kPa)
일반 뒤채움재	SB-1	21.2	52.7	57.4
무다짐 뒤채움재	강자갈	15.3	57.1	11.8
	굵은골재 (최대치수 25mm)	15.3	59.7	10.2
	SB-3	15.3	53.1	61.8

주) ※ 반일체식 교대 교량의 실용화 연구, 한국도로공사 도로교통연구원 연구보고서(2008)

그런데 동일한 SB-1 재료에 대하여 대형직접전단시험으로 측정한 내부마찰각 (52.7°)와 조인트 교량의 교대 배면토에 대한 설계시 일반적으로 사용하는 값 (35°)와는 매우 큰 차이를 보이고 있다. 동일한 재료에 왜 이렇게 큰 차이의 내부마찰각을 보이는지 그 출처를 아직 찾지 못했다.

하지만 본 지침에서는 평촌1교의 장기토압계측 결과와 잘 일치하는 내부마찰각, 미국에서 사용하고 있는 설계 물성치 등을 고려하여 표 2.5.2와 같이 제안한다.

2.5.2 뒤채움 범위

- (1) 교대부 뒤채움은 그림 2.5.1과 같이 무다짐 뒤채움, 일반 뒤채움 및 토공 구간으로 나눈다.
- (2) 교대부 배면의 무다짐 뒤채움 구간은 최소 1m 이상으로 하고, 그 높이는 교대부 저면으로부터 접속슬래브 하면까지 실시한다.

【 해설 】

- (2) 교대의 수평거동 시 무다짐 뒤채움 구간에 사용한 재료의 엇물림 작용(interlocking effect)을 억제함으로서 교대배면에 발생하는 수동토압을 최소화하고 또한 원활한 배수를 목적으로 무다짐을 실시한다.

뒤채움 시공은 일반교량과 달리 교량 전체 구조계에 직접적인 영향을 미치므로 철저하고 완벽한 품질관리로 시공이 이루어지도록 하여야 한다.

2.5.3 뒤채움 시공 및 배수

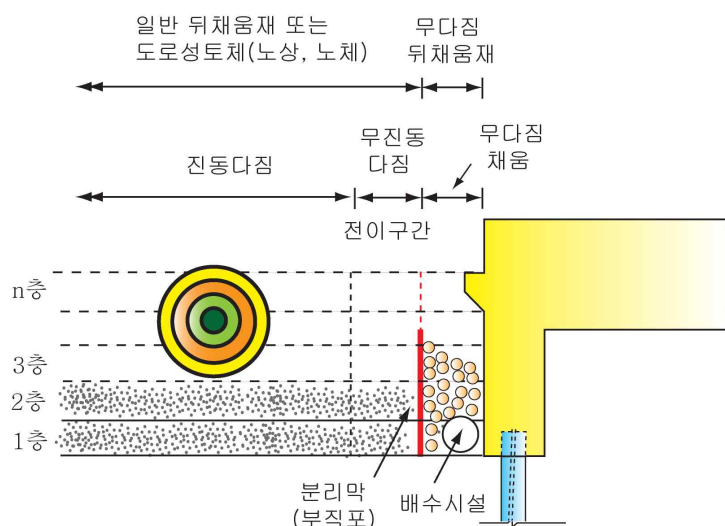
- (1) 뒤채움 시공은 그림 2.5.1에서와 같이 구간이 나뉘지며 무다짐과 진동다짐을 병행하여 다음과 같이 시공한다.
 - 1) 교대 뒤채움부에 분리막을 설치한다.
 - 2) 무다짐 구간의 사용재료는 강자갈, 굵은 골재(최대치수 25mm) 또는 SB-3를 사용하여 일정 높이(약 300 mm)로 시공하거나, 또는 발포 폴리스티렌(EPS : expanded polystyrene)블록 및 돌망태 등을 사용하여 시공할 수 있다.

- 3) 무다짐 뒤채움 시공 높이와 동일한 높이로 도로 성토부를 다짐한다.
 - 4) 계획고에 도달할 때까지 순차적 반복 시공한다.
- (2) 교대부 배면 하단부에 배수시설을 설치한다.

【 해설 】

(1) 교대 뒤채움부에 분리막 사용 목적은 일반 뒤채움구간(또는 토공구간)영역과 무다짐 뒤채움구간 사이에 설치하여, 토사에 이동으로 인한 무다짐 뒤채움 재료의 엇물림 효과(interlocking effect)가 증가하지 않도록 하는데 있다. 만약 계절적인 대기온도 변화에 의해 발생하는 상부구조의 수평거동으로 전이구간의 토사가 무다짐 뒤채움 구간으로 유입되면, 무다짐 뒤채움 재료의 입도분포에서 배제되었던 세립분의 영향으로 무다짐 뒤채움재가 SB-1 또는 SB-2와 같은 성향을 갖는 재료로 전환될 수 있다. 이로 인해 교대 온도신축 변위 발생시 뒤채움 재료의 엇물림 작용을 증가시켜 수동토압을 상승시키는 원인이 될 것이다. 또한 무다짐 뒤채움영역 하부에 설치한 유공판과 같은 배수시설에 악영향을 줄 수도 있고, 토사이동에 따른 접촉슬래브 침하에 원인이 된다.

일반 성토부의 진동다짐에 따라 무다짐 뒤채움 재료가 다짐되지 않도록 하기 위하여 무다짐 뒤채움 구간과 일반 뒤채움 구간(또는 토공구간) 사이에 폭 1m 정도의 전이구간을 둔다. 이 구간은 일반뒤채움 재료 및 장비를 사용하지 않고 무진동 다짐시공을 하여야 한다.



해설 그림 2.5.1 일체식 교대 교량의 뒤채움 시공방법

- (2) 교대 뒤채움 하부의 배수시설은 뒤채움부에 발생할 수 있는 수압을 감소시키기 위하여 불투수성 재료(비닐 등) 위에 유공관을 설치한다. 배수시설은 뒤채움 고정하중, 뒤채움 다짐 및 접속슬래브로부터 전달되는 활하중에 대하여 충분한 강도를 확보하여야 한다. 또한 부식에 반영구적이어야 한다.

2.6 신축조절부, 접속슬래브 및 날개벽

2.6.1 신축조절장치(cycle control joint)

- (1) 교량계의 변위량을 계산하여 적절한 신축조절장치를 선택한다. 이때 조절장치는 설치가 간편하고 유지관리가 용이한 형태를 사용하는 동시에 온도신축 이동량을 충분히 수용할 수 있어야 한다.
- (2) 누수 가능성이 존재하는 경우 배수시설을 설치하여야 한다.

【 해설 】

신축조절부는 온도변화에 따른 교량의 신축변위가 상부구조에 연속된 접속슬래브에 직접 전달되므로, 접속슬래브와 본선 포장부 사이에 설치한다. 신축변위를 직접 조절하는 신축조절장치는 팽창줄눈방식, 단순채움방식(plug joint), 방수형 탄성봉함재 방식, 기계식 이음장치 방식 등을 적용할 수 있다.

단순채움방식은 시공성과 경제성이 우수하여 미국, 캐나다, 영국, 호주 등에서 일체식 교량형식에 보편적으로 사용되고 있으며, 겨울철 외기 온도가 하강함에 따라 신축조절장치와 접속슬래브의 접경과, 신축조절장치와 완충슬래브(또는 본포장)의 접경에 교축직각방향으로 미세한 벌어진 현상이 육안 관측될 수 있다.

단순채움방식에 사용되는 채움재는 일반도로포장 재료와 동일한 아스팔트 콘크리트를 사용하며 다짐규정은 현장 마샬시험법에 의한 최소 96%의 밀도이어야 한다.

2.6.2 받침슬래브

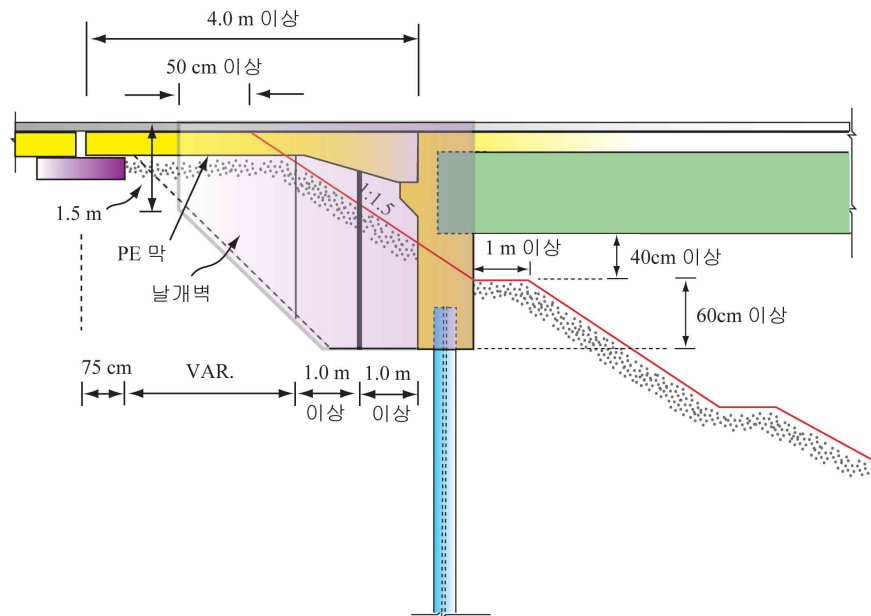
받침슬래브는 신축조절장치와 접속슬래브의 침하와 파손을 방지할 목적으로 접속슬래브 끝단 하면에 중첩하여 도로 성토부 또는 원지반 위에 안치한다.

2.6.3 접속슬래브

- (1) 접속슬래브의 제원과 각종 관련 규정은 한국도로공사 지침을 준용한다. 다만, 접속슬래브의 길이는 최소 4m 이상이어야 한다.
- (2) 접속슬래브 하면에는 신축이동에 의한 마찰이 최소화 되도록 반드시 두께 1.2mm 이상의 PE막(polyethylene sheet)을 2겹 이상 설치한다.

【 해설 】

(1)



해설 그림 2.6.1 접속슬래브와 날개벽 상세

(2) PE막은 접속슬래브 타설 직전에 설치하여야 하며 손상이 발생하지 않도록 각별한 주의를 요하여 시공한다. PE막의 겹이음 폭은 300mm 이상이어야 하고 강우시 우수가 막 아래로 스며들지 않도록 겹이음을 하여야 한다.

2.6.4 날개벽

- (1) 날개벽 형상은 교량의 온도신축과 회전영향 및 사각 조건 등을 고려하여 수동토압을 최소화할 수 있도록 길이와 지지형식을 결정하여 설계한다.
- (2) 날개벽의 제원은 가능한 최소화 하도록 한다.

【 해설 】

(1) 날개벽은 교대부 단부에 연속 시공되는 옹벽구조로서 도로접속부의 사면안정

의 역할을 한다. 일체식 교대 교량은 온도신축으로 뒤편과 구조물간의 토압 영향을 고려한 설계와 시공이 이루어져야 한다. 또한 반일체식 교대 교량의 경우 상부구조와 연결된 벽체교대는 날개벽과 분리 시공하여 교량의 온도신축거동에 저항력이 발생하지 않도록 해야 한다.

- (2) 미국, 캐나다, 영국, 호주 등에서는 교대 높이와 날개벽의 길이를 각각 6m와 7m로 제한하고 있으나, 국내의 경우 시공사례와 실적이 미비하여 해설 그림 2.6.1 에서와 같이 개략적 치수를 제시한다.

제 3 장 설계 및 해석

3.1 설계 일반사항

- (1) 교량 안전율의 대상이라고 생각되는 구성요소는 원칙적으로 설계계산에 포함시킨다.
- (2) 설계계산의 대상은 아니지만 응력상 주의해야 할 부분은 그 구조물의 중요도에 따라 검토여부를 결정하며, 그 구조물을 합리적으로 설계하여야 한다.
- (3) 구조계산서에는 적용시방서, 문헌, 설계조건을 반드시 명시함과 동시에 원식, 가정조건, 계산과정을 순서대로 기재하여야 한다.

3.2 설계절차

- (1) 일체식 교량은 교량계획시 필요한 일반적인 검토사항 외에 일체식 교량의 특성을 고려한 예비설계 단계가 필요하다.
- (2) 예비설계시에는 2.2절 적용조건 및 2.3절 교량계획 부분에 대하여 충분히 고려하여야 한다.
- (3) 또한 예비설계시 3.3절 설계 주요인자에 대한 개략적 검토과정 및 지반조건을 고려하여 상부구조를 지지하는 기초구조를 결정하여야 한다.
- (4) 상세설계시 구조부재는 일반교량과 동일한 방법으로 검토하며, 일체식 교량의 구조부재는 3.4절 설계하중에 따른다.

【 해설 】

- (2) 일체식 교량은 온도신축 변위에 의한 구조거동을 고려한 설계개념이 일반교량의 거동과 차이가 있어 매우 복잡한 것으로 생각할 수 있다. 그러나 일체식 교량은 교대, 말뚝 및 결합부(상부-교대부, 교대부-말뚝)가 핵심을 이루고 있으며, 그외 부분의 설계과정은 일반교량과 별다른 차이점을 가지고 있지 않다.
일체식 교량의 상부형식은 적용조건에서 제시하는 사항을 기본으로 교량의 경간장, 형하고 및 하부 통과조건을 만족할 뿐만 아니라 일반교량에서 선정에

주요인자인 시공성, 경제성, 유지관리, 경관을 종합적으로 판단하여 결정한다.

하부기초 형식의 결정은 상부구조와 말뚝의 휨 강성비, 온도영향 및 지지 지반의 조건에 따라 결정할 수 있다. 일체식 교대 교량은 일반교량과 마찬가지로 연약지반이나 침하가 우려되는 지반에 적용이 곤란하지만, 상부하중을 견딜 수 있는 지반으로 개량하면 적용할 수 있다. 그리고 경제적관점에서 지반의 지내력이 충분히 확보된다면 교량의 종방향 거동에 가장 유연하게 대처할 수 있는 일렬 말뚝기초를 이용한 일체식 교대 교량 형식이 유리하다. 국외 연구, 적용사례 및 매뉴얼 등에 의하면, 교대의 종방향 수평변위가 50mm 이하이고 기성말뚝(H말뚝)의 약축배열이 가능할 경우에는 일체식 교대 교량을 우선 적용하고, 그 외에는 반일체식 교대 교량 그리고 일반교량 순으로 검토 적용하고 있다.

3.3 설계 주요인자

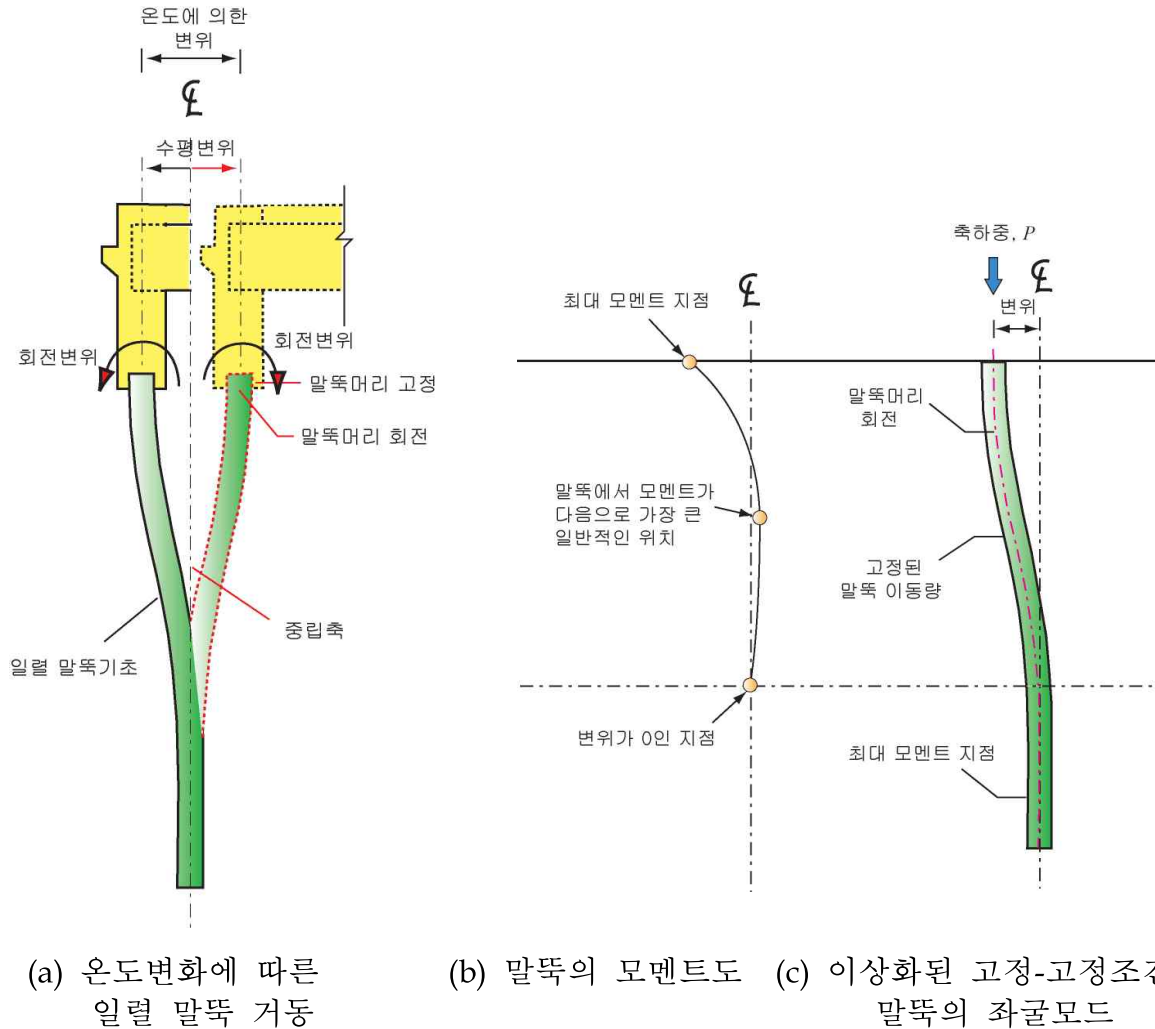
- (1) 상부구조와 말뚝의 관계
- (2) 교대와 토압의 관계
- (3) 온도영향
- (4) 교량의 연장과 사각
- (5) 날개벽

【 해설 】

- (1) 일체식 교대 교량은 시공단계에 따라 구조물의 구속조건이 달라지기 때문에 상부구조와 하부구조의 시공순서를 고려하여 해석하여야 한다. 일반적으로 일체식 교대 교량의 경우 상부구조와 교대의 강결도에 따라 2차 고정하중 및 활하중에 의한 지간중앙에 발생하는 최대휨모멘트는 모든 하중조합에 대해 일반교량에서 평가된 최대휨모멘트보다 작은 값을 갖는다. 온도신축으로 상부구조의 발생 변위는 일체식 교대 교량에서 이를 수용 조절하는 말뚝 휨 거동 즉, 말뚝 휨강성과 밀접한 관계를 갖는 것으로, 말뚝의 휨강성(EI)이 커질수록 발생하는 중앙부 최대휨모멘트의 크기는 점차 감소한다.

일체식 교대 교량의 해석시 일렬 말뚝기초와 기초교대 완공 후 거더가 거치되므로 상부거더는 단순보나 연속보로 보고 해석할 수 있고, 이후 바닥판과

벽체교대가 일체 타설로 말뚝기초와 강결합 일체구조를 형성함에 따라 평면 프레임요소로 해석할 수 있다. 따라서 말뚝강성과 교대높이는 상부구조와 교대의 결합부 강결도에 따라 단부와 중앙부에 휨모멘트 크기를 증감시킬 수 있어 상호 간의 강성비 조절에 적절한 예비설계가 필요하다.



해설 그림 3.3.1 교대와 일렬 말뚝 간의 휨 거동

- (2) 상부구조-교대 결합부는 상부구조에 작용하는 설계하중에 의해 휨모멘트가 발생하며, 또한 온도변화에 따른 교량 신장에 의해 교량 길이가 늘어날 경우 교대 배면 토압에 의한 휨모멘트가 발생하게 된다. 교대 높이가 높을수록 교대 배면의 토압이 증가하고, 특히 큰 사각을 갖는 교량은 배면부 토압이 더욱 증가하게 되므로, 일체식 교량의 교대높이는 토압의 영향을 감소시키고자 낮은 높이를 갖는 소교대(stub abutment)나 벽체교대(end diaphragm)를 사용하는

것이 유리하다.

교대에 작용하는 토압은 Thomson and Lutenege(1998), Sherif 등(1982), Rowe(1954), 그리고 Terzaghi(1938) 등 연구자료에 의하면, 계절적인 온도변화로 인해 발생하는 일체식 교대 교량의 수평변위는 토압의 분포와 크기에 따라 상대적 평가를 제시하고 있다. 그리고 영국 고속도로국(UK Highway agency, 2003)은 지중에 묻힌 일체식 교대의 변위(d)와 높이(H)에 대한 토압계수와 토압분포를 각각 제시하고 있다. England 등(2000)과 Arsoy(2000)에 의하면 실제로 작용하는 토압보다 과대하게 산정되는 경향이 있는 것으로 평가하였으며, Chen(1997)과 Burke(1993)는 대부분의 일체식 교대 교량에 대하여 최대 수동토압의 2/3를 사용하도록 제시하였다.

일체식 교대 교량(사각 30도, PSC 거더 3@30m = 90m)에 대한 교대 배면부의 장기토압을 실측한 결과, 최대 수동토압은 이론적인 랭킨(Rankine) 수동토압의 약 9% 값을 보였다(박영호 외1, 2007).

현재 일체식 교대 교량의 토압에 대한 대다수 설계자들은 다음 식과 같이 사용하기 편리한 랭킨의 고전적인 토압이론을 사용하여 교대 배면토압을 산정하고 있다.

$$p_p = \gamma H K_p = \gamma H \tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right) \quad (\text{kN/m}^2) \quad (\text{해설 3.3.1})$$

$$p_a = \gamma H K_a = \gamma H \tan^2 \left(45 - \frac{\phi}{2} \right) \quad (\text{kN/m}^2) \quad (\text{해설 3.3.2})$$

여기서, p_p = 최대수동토압(kN/m²), p_a = 최대주동토압(kN/m²), γ = 흙의 단위중량(kN/m³), H = 교대높이(m), ϕ = 흙의 내부마찰각

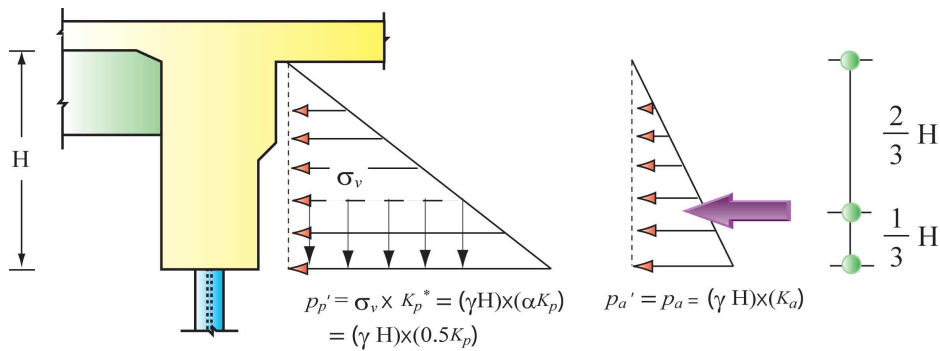
국외 설계지침이나 연구 자료를 조사한 결과, 교량구조물에 랭킨의 수동토압 크기, 랭킨의 수동토압의 1/2 크기, 딕레리(Dicleli)의 방법으로 구한 수동토압 크기, 탄-소성 스프링모델로 구한 수동토압 크기에 대한 교량 상부구조와 교대간의 접합부에 발생하는 모멘트는 랭킨의 수동토압의 1/2 크기를 삼각형 분포로 작용시킨 경우와 딕레리가 제안한 방법으로 배면토압을 작용시킨 경우가 배면토압의 스프링모델을 적용한 경우와 유사한 결과를 나타내었다.

따라서, 본 설계지침에서 설계 수동토압은 랭킨 수동토압을 활용한 평가방

법과 교대 상대변위를 적용한 평가방법을 두 값 중에 큰 값으로 평가한다.

① 방법 A : 랭킨의 수동토압을 활용한 평가방법

일체식 교량의 설계를 위해 배면토압은 장기적이고 반복적인 온도변화에 따라 피로거동을 받게 되며, 토압은 온도변화 뿐만 아니라 사각 및 곡률 등에 의해 지속적으로 변화하기 때문에 이를 고려하여 해설 그림 3.3.2와 식(해설 3.3.3)과 같이 실무에 적용하기 편리하면서 측정한 값보다 보수적인 값인 랭킨 수동토압의 50%를 삼각형 분포로 적용한다. 그리고 주동토압은 그 크기가 작아서 재래식인 식(해설 3.3.2)를 그대로 사용한다.



해설 그림 3.3.2 랭킨의 수동토압 크기와 분포

랭킨의 설계수동토압, p_p' 과 총설계수동토압, P_p'

$$p_p' = \alpha \cdot p_p = 0.5 \cdot p_p = \frac{1}{2} \cdot (\gamma H K_p) \quad (\text{해설 3.3.3-a})$$

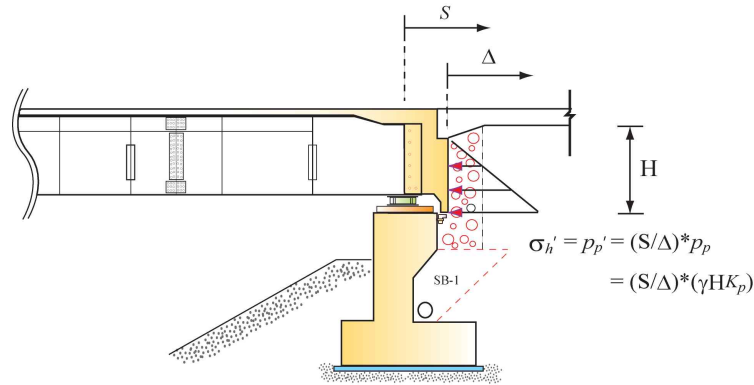
$$P_p' = \frac{1}{2} \cdot p_p' \cdot H = \frac{1}{4} (\gamma H^2 K_p) \quad (\text{해설 3.3.3-b})$$

② 방법 B : 교대의 상대변위를 고려한 평가방법

일체식 교대 교량에서 배면토는 강자갈과 굵은 골재(최대치수 25mm) 및 SB-3 등으로 무다짐 뒤채움을 실시한다. 이 배면토의 극한상태 변위는 상부구조물의 신축변위량에 비해 너무 크다. 이들의 상대변위 만큼 발생된 토압을 적용하면 다음과 같다.

교대의 변위량을 고려한 일체식 교대 교량의 소교대나 벽체교대의 설계수

동토압은 해설 그림 3.3.3과 같이, 재래식인 랭킨의 수동토압에 교대의 변위비 (S/Δ)를 적용하여 사용한다. 또한 주동토압은 그 크기가 작아서 재래식인 식 (해설 3.3.2)을 그대로 사용한다.



해설 그림 3.3.3 교좌장치의 예상 이동량에 야기된 벽체교대
배면토의 수동토압 크기 산정

㉠ 교대의 변위 비, $\frac{S}{\Delta}$

- 수동토압을 일으키는데 필요한 이동량, Δ
(movement required to mobilize passive pressure)

교대 배면토의 재료와 조건 그리고 교대의 높이에 따라 재료의 수동토압이 완전히 발휘하기 위한 변위량은 해설 표 3.3.1과 같다(AASHTO, 1996).

해설 표 2.5.2에 나타나 있는 바와 같이, 대형직접전단시험으로 구한 일체식 교량의 교대 배면토에는 겉보기 점착력이 존재하므로 해설 표 3.3.1에서 수동상태의 벽체변위는 0.04에 가깝다. 하지만 뒤채움 상태가 연약하지 않고 느슨하기 때문에 벽체변위는 0.06에도 가깝다고 할 수 있다. 따라서 미국에서는 설계자의 의도에 따라 수동상태의 벽체변위를 0.04~0.06까지 적용하지만 일반적으로 0.04를 적용한다.

- 교좌장치의 예상 이동량(expected expansion joint movement), S

일반적으로 교량의 설계 신축량은 「도로교설계기준(2005)」 '2.4.2.2항'에 따라 정하게 된다. 이때 도로의 성격, 교량의 형식, 사용 신축량을 기본으

로 하여 전체적인 내구성, 평탄성, 배수성과 수밀성, 시공성, 보수성 및 경제성 등을 고려하여야 한다. 이 설계 신축량은 신축이음장치의 용량을 의미하며, 상부구조의 온도변화, 처짐, 콘크리트의 크리프 및 건조수축, 프리스트레스에 의한 부재의 탄성변형 등에 의해 생기는 이동량(기본 신축량)에 대해서 여유 있는 구조로 하여야 한다고 정의하고 있다. 따라서 한쪽 교대에 예상되는 신축이음장치의 이동량은 식(해설 3.3.4)와 같다(Ohio Bridge Design Manual, ODOT 2007).

해설 표 3.3.1 강성벽체에 주동과 수동 토압을 일으키기 위한
뒤채움토의 종류와 벽체회전비 간의 관계
(AASHTO *Standard Specifications for Highway Bridges*, 1996)

흙의 형태와 조건	벽체 회전, Δ/H	
	주동상태	수동상태
조밀한 사질토 (조밀하면서 점착력 없음) (dense cohesionless)	0.001	0.02
느슨한 사질토 (느슨하면서 점착력 없음) (loose cohesionless)	0.004	0.06
견고한 점성토 (단단하면서 점착력 있음) (stiff cohesive)	0.010	0.02
연약한 점성토 (연약하면서 점착력 있음) (soft cohesive)	0.020	0.04

$$S = \alpha \cdot \Delta T \cdot \left(\frac{2}{3} L_d \right) \quad (\text{해설 3.3.4})$$

여기서, S : 온도에 의한 이동량(m), α : 선팽창계수, ΔT : 건조수축에 해당하는 온도변화($^{\circ}\text{C}$), L_d : 지간의 길이(m)

(주의) 일반적으로 단경간 조인트 형식에서 지간(span)의 길이가 L_d 이라고 하면, 한쪽 교대에 설치되는 신축이음장치의 간격을 계산할 때 $0.5L_d$ 를 사용한다.

(반)일체식 교량은 교대의 움직임이 베어링이 있는 조인트 교량 만큼 잘 움직이지 못하므로 혹시나 한쪽의 교대가 신축·팽창에 움직이지 못하면 다른 한쪽이 그 만큼을 추가로 받아야 하므로 안전율을 고려하여 지간 길이의 2/3으로 고려한다 (Ohio BDM, 2007). 이 값 또한 주로 베어링 설계시 사용한다.

⑥ 설계수동토압(design passive pressure), p_p'

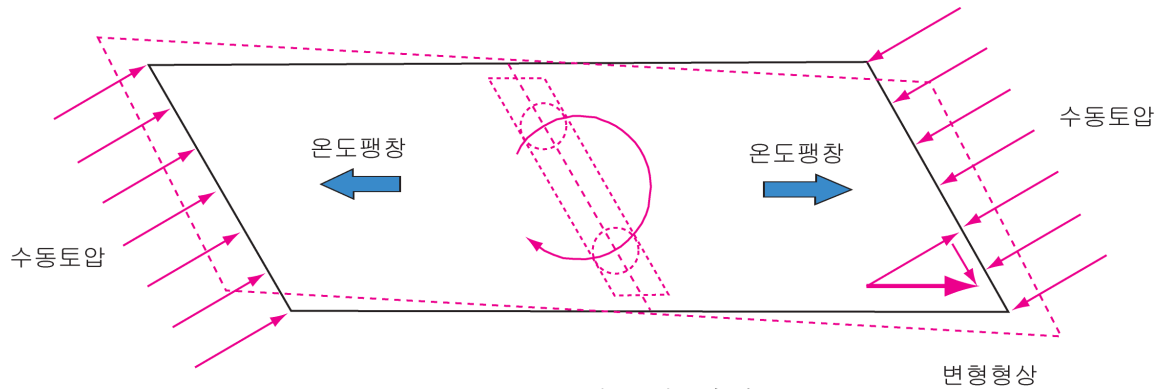
교대배면의 뒤채움토는 강자갈, 25mm의 굵은 골재, 세립분을 배제한 SB-1 골재 등을 사용할 수 있다. 이 재료가 완전한 수동토압, p_p (full-passive-pressure)을 일으키려면 해설 표 3.3.1과 같은 변위량, Δ 가 발생하여야 한다. 하지만 계절적인 대기온도 변화에 의해 교량의 신축량, S 만큼만 교대가 움직인다. 이 변위비(S/Δ) 만큼의 수동토압을 설계에 적용하면, 이를 식(해설 3.3.5)와 같이 설계수동토압, p_p' 과 총설계수동토압, P_p' 이라 한다.

$$p_p' = \alpha \cdot p_p = \left(\frac{S}{\Delta} \right) \cdot p_p = \left(\frac{S}{\Delta} \right) \cdot (\gamma H K_p) \quad (\text{해설 3.3.5-a})$$

$$P_p' = \frac{1}{2} \cdot p_p' \cdot H = \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{S}{\Delta} \right) \cdot (\gamma H^2 K_p) \quad (\text{해설 3.3.5-b})$$

여기서 p_p' : 계절적인 대기온도에 의해 발생된 교량의 신축량 만큼만 고려한 설계수동토압 = $\alpha \cdot p_p$, $\frac{S}{\Delta}$: 대기온도에 의해 발생된 교량의 신축량과 벽체교대 뒤채움재의 완전한 수동토압을 발생시키는데 필요한 변위량과의 비, $\left(1 - \frac{S}{\Delta}\right) \times 100\%$: 대기온도에 의해 발생된 교량의 신축량 만큼을 발휘하고 남은 수동토압의 크기(reduced value of passive pressure), p_p : 랭킨의 수동토압(full-passive-pressure) = $\gamma H K_p$

- (3) 온도변화에 따른 영향은 「도로교설계기준」 '2.1.12절 온도변화'를 적용한다.
- (4) 사각이 2.2.2절 교량사각의 범위를 초과하는 교량의 거동특성은 일체식 교량의 교대부에 작용하는 토압의 작용력이 교축방향과 일치하지 않으므로 회전력이 발생하는 것이 특징이다.

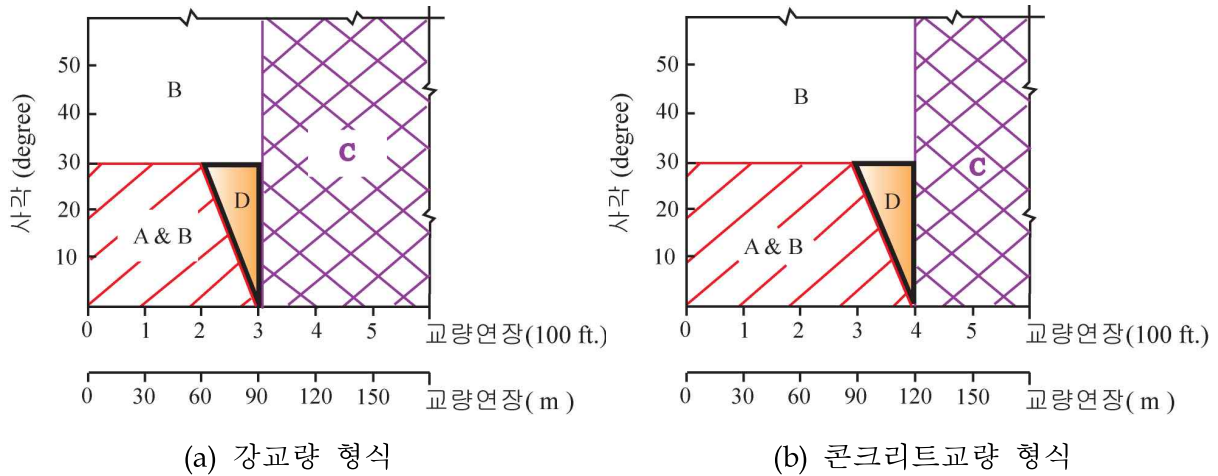


해설 그림 3.3.4 사각의 회전거동

사각을 갖는 교량배면에 발생하는 토압은 교축방향으로 토압과 교축직각방향으로의 토압으로 구분하며 사각이 증가할수록 교축직각방향토압이 증가하여 교량의 회전이 더욱 더 증가한다. 이러한 교량의 변위는 예각부에서 증대되며 외기온도가 증감함에 따라 여러 가지 저항요소로 인해 교량은 원위치로 복귀하기 어렵게 되므로 교대와 일체로 거동하는 접속슬래브 부속구조물(연석, 중앙분리대 등)의 변형을 가져올 수 있다. 이는 교대 뒤채움부의 손실과 매우 밀접한 관계를 가질 수도 있고, 말뚝과 교대부에 예상하지 않은 응력이 발생할 가능성도 내포하고 있으므로 일체식 교량의 사각에 제한을 두어야만 한다.

해설 그림 3.3.5는 거더 재료에 따른 일체식 교대 교량의 사각-연장 간의 관계를 나타내고 있다.

(5) 교대 측단부에 연결된 날개벽은 설치방향에 따라 수동토압 크기에 영향을 줄 수 있다. 온도신축 변위에 의한 교대의 움직임은 수동토압이 작용하는 경우와 주동토압이 작용하는 경우로 구분하여 캔틸레버 구조로 평가한다. 일체식 교량에서 일반적으로 날개벽의 형식은 교대 측에 직각 배치한 U자 형식과 교대 측에 나란하게 배치한 횡방향 날개벽이 있다. U형 날개벽이 횡방향 날개벽보다 상대적으로 큰 수동토압이 발생되므로, 횡방향 날개벽을 사용한 교량은 온도신축에 의한 수동토압의 크기를 완화시키는데 효과가 있다. 또한 U형 날개벽은 접속슬래브 하부 뒤채움토의 유실을 방지하여 접속슬래브 침하의 억제효과가 있으므로 현황에 따라 적절한 형식을 적용하여야 한다.



(주) A : 일체식 교대 교량 B : 반일체식 교대 교량
 C : 일반 교량 D : 일체식 교대 교량의 사각평가 필요 영역

해설 그림 3.3.5 일체식 교량의 사각-연장 관계

3.4 설계 하중

교량의 설계하중은 「도로교설계기준」 '1.3절 교량의 등급'에 의하여 설계하중 등급을 정하고, 그 적용은 같은 설계기준 '2.1절 하중'에 따른다.

3.5 설계 하중조합 및 설계강도

일체식 교량의 설계하중 및 증가계수는 허용응력설계법으로 설계하는 경우 「도로교설계기준」 '2.2.2절 허용응력설계법'에 따르도록 하고, 강도설계법에 의해 설계하는 경우에는 같은 설계기준의 '2.2.3절 강도설계법'에 따르도록 한다.

【 해설 】

허용응력설계법의 경우에는 강교, 콘크리트교 및 하부구조에 대해 각각 하중조합 및 증가계수를 채택하고 있다. 강도설계법에서 강교나 강재교각 등의 강구조물을 설계하는 경우 하중저항계수설계법(LRFD)에 의해 설계할 수도 있으나 이 경우의 적용설계기준은 별도의 방침에 따르도록 한다.

3.6 상부구조

- (1) 바닥판의 두께와 설계모멘트는 「도로교설계기준」을 따른다.
 - (2) 거더는 일반교량과 같이 「도로교설계기준」에 따라 단순보 또는 연속보로 설계한다.

3.7 교대부

교대부의 설계는 시공단계를 고려하여 검토하여야 한다.

【해설】

일체식 교량은 기초구조, 교대부, 상부구조 순으로 시공되며, 각 공정에 따른 경제조건을 고려하여 시공1단계에서 기초교대를 설계한 후 시공 2단계에서 교대부에 대해 검토한다.

3.7.1 토압

- (1) 교대부에 작용하는 토압은 벽면에 작용하는 분포하중으로 한다.
 - (2) 평상시 및 지진시 토압계산은 「도로교설계기준」 ‘5.5.9절 토압’ 및 ‘6.6.3절 교대’의 규정을 따른다. 단, 평상시 수동토압은 3.3 설계주요인자 (2)항에 제시된 두 가지 방법 중에 큰 값을 적용한다.

【해설】

- (2) 일체식 교대 교량의 교대부는 배면토압, 활하중 및 온도 신축영향에 의해 구조물 자체가 강체로서 회전하거나 동시에 전면 또는 배면으로 밀려나가는 변위가 발생한다.

토압계산은 쿨롱(Coulomb)식에 의하여 구하는 것으로 하지만 지표면이 수평이고 연직한 교대와 벽면마찰을 무시한 경우에는 랭킨(Rankine)식과 같은 결과를 얻게 된다. 교대부와 뒤채움부 간에는 방수막이나 별도의 분리막 재료가 설치되므로 뒤채움토와 콘크리트에 대한 면 마찰각(δ)은 무시할 수 있어 안정검토 및 단면 검토시 토압계산은 식(해설 3.3.1)과 식(해설 3.3.2)와 같이 랭킨(Rankine)이 제안한 식을 적용한다.

온도신축 변위에 의해 일체식 교대 교량의 교대부 배면에 발생하는 토압은 최대토압인 수동토압보다는 작으므로 이 값을 사용하여 상부구조와 교대 접합부를 설계할 경우 과다설계 될 수 있다.

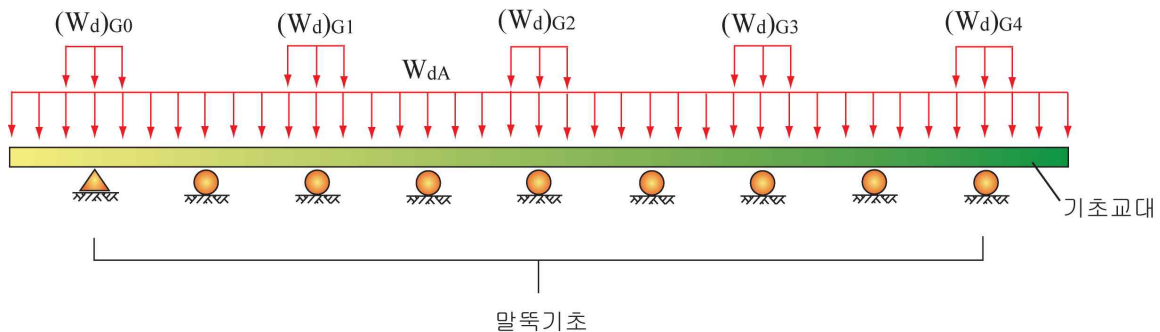
따라서 일체식 교대 교량의 배면토압에 대한 국내·외 연구 결과나 국외 설계지침 등을 고려하여, 본 설계지침에서는 3.3절 설계주요인자 (2)항에 제시된 두 가지 방법 중에 큰 값을 적용한다.

3.7.2 기초교대

기초는 다음 규정에 의하여 설계하여야 한다.

- (1) 기초교대(cap beam)는 일렬 말뚝기초로 받쳐진 연속보로 한다.
- (2) 기초교대는 자중과 상부거더의 고정하중 반력에 의해 안전하여야 한다.
- (3) 부재력은 「콘크리트구조설계기준」 '3.4.1절 (4)항'에 따른 근사해법을 적용하거나 유한요소해석에 의한 부재력을 적용하여도 좋다.

【 해설 】



여기서, $(W_d)_{Gi}$ ($i = 0, 1, 2, \dots$) : 합성전 고정하중에 의한 각 거더 반력

W_{dA} : 기초교대 자중

해설 그림 3.7.1 기초교대의 모델링

3.7.3 벽체교대

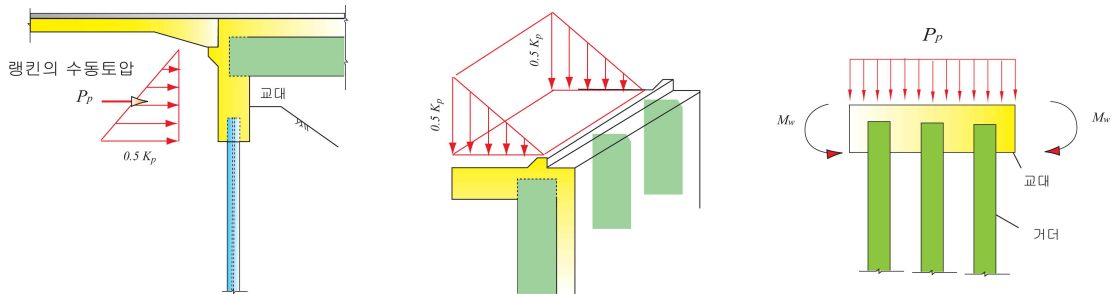
기초는 다음 규정에 의하여 설계하여야 한다.

- (1) 벽체교대는 상부거더로 지지된 연속보로 한다.

- (2) 벽체교대는 배면토압, 온도하중에 의한 수동토압, 2차 고정하중 및 상재 활하중 등에 의해 안전하여야 한다.
- (3) 부재력은 「콘크리트구조설계기준」 '3.4.1절 (4)항'에 따른 근사해법을 적용하거나 유한요소해석에 의한 부재력을 적용하여도 좋다.

【 해설 】

(1)



해설 그림 3.7.2 벽체교대의 모델링 예

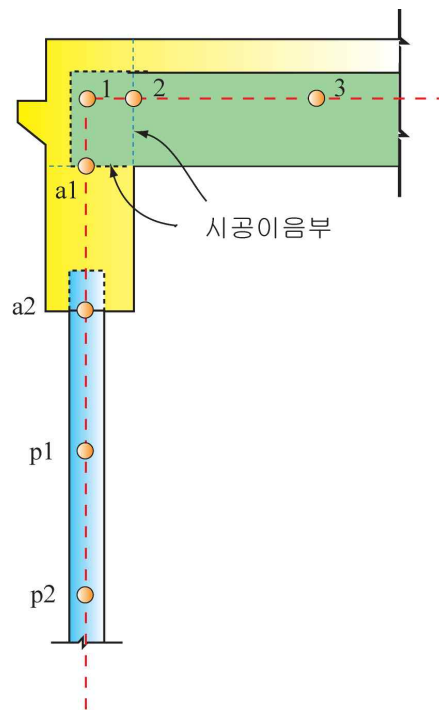
- (2) 벽체교대는 기초교대와 일체로 거동하므로 단면 설계시 이를 고려하여야 한다. 수동토압의 높이 산정은 접속슬래브 하단에서 기초교대 하면까지로 한다. 교대와 날개벽에 의하여 교대배면 내부에 채운 흙이 활하중에 의해 끊임없이 진동다짐(rolling compaction) 되어 날개벽 접속부에 균열이 발생할 수도 있다. 따라서 벽체교대 설계시 날개벽에 발생하는 휨모멘트(M_w)를 반영하여 벽체단면과 배근 등을 설계한다.

3.7.4 연결부 검토

- (1) 상부구조와 교대 연결부는 상부구조에 작용하는 설계하중에 의해 교축방향으로 부정정력에 의해 단부 휨모멘트가 발생하므로 이를 설계에 반영하여야 한다.
- (2) 상부구조와 교대 연결부는 상부구조의 합성전 및 합성후 고정하중, 활하중, 온도하중, 배면토압의 조합하중을 고려한다.
- (3) 설계단면에 대한 배근은 바닥판의 교축방향 철근을 연장하여 교대부에 정착하여야 한다. 이때 묻힘 길이는 거더 상면에서 연결철근의 정착장을 확보하여야 한다.

【 해설 】

- (1) 거더를 기초교대에 거치한 후 바닥판 콘크리트와 벽체교대는 동시에 타설되며 콘크리트의 경화후 일체로 거동하게 된다. 즉, 일체식 교량에서 상부구조와 교대 연결부는 상부구조에 작용하는 설계하중에 의해 휨모멘트가 발생하며, 또한 주위 온도변화에 따른 교량의 신축에 의해 교대변위가 발생할 경우 배면토압에 의한 추가 휨모멘트가 발생하게 된다. 따라서 일체식 교량구조로 인해 발생하는 구속모멘트에 대한 상부구조와 교대 접합부는 일체구조로 모델링하여 해석한 결과를 사용하여 교대벽체의 단면검토를 수행하고 상부구조와의 연결부 철근량을 산정한다.

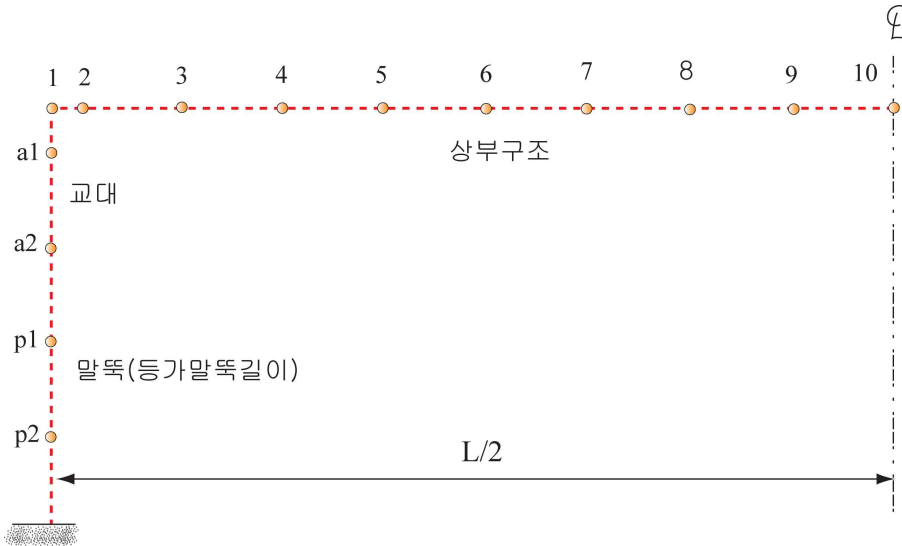


해설 그림 3.7.3 일체식 교대 교량의 상부구조와 교대 접합부

해설 그림 3.7.3은 바닥판 슬래브와 벽체교대가 타설되고 합성된 후의 단면을 나타낸 것으로 교대부와 상부구조의 중심에 그린 일점쇄선은 각 부재의 도심을 나타내며 원형점은 평면프레임으로 모델링한 절점이다. 이와 같은 벽체교대 및 상부구조와 교대 접합부의 해석 및 설계방법은 다음과 같다.

- 1) 모델링 : 한개의 거더와 접합된 하부구조(교대부 및 말뚝)를 평면프레임으

로 모델링하고, 말뚝 길이는 등가캔틸레버 길이로 산정하여 모델링한다.



해설 그림 3.7.4 일체식 교대 교량의 상부구조와 교대 접합부 해석 모델링

2) 말뚝의 등가캔틸레버 길이

말뚝의 등가캔틸레버 길이는 다음 식에 의해 계산할 수 있다(Abendroth, 1989).

$$l_e = 4 \left(\frac{E_p I_p}{k_H} \right)^{1/4} \quad (\text{해설 3.7.1})$$

여기서, E_p : 말뚝 재료의 탄성계수(kN/cm^2)

I_p : 말뚝의 단면2차모멘트(cm^4)

k_H : 말뚝을 지지하는 지반의 수평지반반력계수(kN/cm^3)

• 말뚝을 지지하는 지반의 수평지반반력계수(k_H) 결정

해설 그림 3.7.5는 여러 지층으로 구성된 지반을 나타낸 것으로서 i 번째 지층의 수평지반반력계수는 「도로교설계기준」 ‘5.5.7절 지반반력계수와 지반탄성계수’에 따라 다음 식에 의해 계산할 수 있다.

$$(k_{H0})_i = \frac{1}{30} \alpha (E_0)_i \quad (\text{해설 3.7.2})$$

여기서, α : 지반반력계수의 추정에 쓰이는 계수(해설 표 3.7.1)

해설 표 3.7.1 E_0 와 α 값

다음의 시험방법에 의한 지반탄성계수 E_0 (kN/cm ²)	α	
	평상시	지진시
지름 30cm의 강체원판에 의한 평판재하시험을 반복시킨 곡선에서 구한 지반탄성계수의 1/2	1	2
보링공 내에서 측정한 지반탄성계수	4	8
공시체의 1축 또는 3축 압축시험에서 구한 지반탄성계수	4	8
표준관입시험의 N값에서 $E_0 = 28N$ 으로 추정된 지반탄성계수	1	2

$$(k_H)_i = (k_{H0})_i \left(\frac{(B_H)_i}{30} \right)^{-3/4} \quad (\text{해설 3.7.3})$$

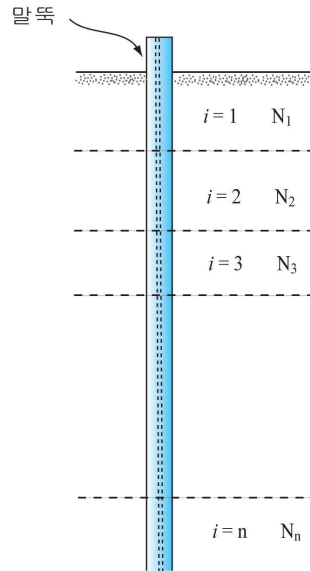
여기서, $(B_H)_i$: 하중작용방향에 직교하는 기초의 환산 재하폭(cm)

말뚝기초일 경우 $(B_H)_i = 1/\beta_i$

$$\beta_i = \left(\frac{(k_H)_i D}{4EI} \right)^{1/4}$$

D : 말뚝의 직경

$(E_0)_i = 28N_i$ (N_i : i 번째 지층에 대한 표준관입시험의 N값)



해설 그림 3.7.5 여러 지층으로 구성된 지반

말뚝의 등가캔틸레버 길이를 계산하기 위한 지반의 수평지반반력계수는 계산된 각 지층의 수평지반반력계수를 사용하여 계산한 평균지반반력계수를 사용할 수 있으며, 이때 평균지반반력계수는 창(Chang, 1963)이 제안한 방법에 따르면 기초특성길이($1/\beta$)까지의 지반반력계수의 평균값을 사용한다.

3.7.5 날개벽

날개벽은 활하중에 의한 재하하중과 토압을 받는 판으로 설계하여야 한다. 이 경우 판은 교대에 고정된 캔틸레버판 또는 교대와 확대기초에 고정되어진 2변 고정판으로 한다.

【 해설 】

일반적으로 날개벽은 교대벽체에 직각으로 설치하여 배면토사의 보호를 목적으로 한다. 일체식 교량은 일반교량에 비해 교대부 벽체 및 기초 형상이 다르고 그 구조적 특성이 상이하지만 날개벽의 기능과 구조적 역할은 동일하여 일반교량에 준하는 설계토압을 적용한다. 다만, 2.2절 적용조건에 만족하지 않는 곡률 또는 사각을 갖는 교량은 온도변화에 의한 하중중심과 저항토압의 중심 간의 편심으로 인한 교량계의 회전거동이 커지므로 이에 대하여 검토한다.

반일체식 교대 교량의 날개벽은 벽체교대와 분리시공 되므로 상부 거동을 원활하게 하기 위해 벽체교대와 날개벽 사이에 신축조절채움재(PEJF : performed

expansion joint filler)를 둔다. 이 채움재의 기준은 해설 표 3.7.2에 따르며, 50mm 틈을 둔다.

해설 표 3.7.2 신축조절채움재의 기준

종 류	기 준	돌출량 (mm)	압축력 (MPa)	회복율 (%)	밀도 (kN/m ³)	흡수율 (%)	아스팔트 함유율 (%)
A-type [*]	ASTM D-1751	6.4 이하	0.7~5.27	70 이상	3 이상	20 이하	35%이상
R-type ^{**}	ASTM D-1752	6.4 이하	0.35~10.55	90 이상	4.8 이상	-	-
비고			50%압축시	반복재하 (3회)			

여기서 * : 목섬유와 아스팔트 또는 입상의 콜크와 아스팔트의 혼합물로 제작

** : 자연 생고무, 고무밀도 합성고무, 폴리에틸렌 등의 고무재질로 제작

벽체교대의 설계시 교대배면의 무다짐 뒤채움재료에 따라 내부마찰각을 적용하고, 날개벽 설계시 일반 뒤채움재료 또는 토공구간의 내부마찰각을 각각 적용한다.

3.8 말뚝기초

- (1) 상부구조 및 교대부 등에서의 외력조건과 토질조사에서의 지반조건으로부터 말뚝머리에 생기는 말뚝반력은 말뚝의 허용지지력 이내이어야 한다.
- (2) 말뚝반력에 해당하는 연직침하량은 상부구조물의 허용연직침하량 이내이어야 한다.
- (3) 온도신축에 따른 교대변위로 말뚝에 발생하는 저항력이 최소화되도록 말뚝 단면의 축선을 일치시켜 일렬로 배열하는 것이 좋다.
- (4) 말뚝의 시공방법은 말뚝의 종류, 지반조건, 시공여건 등을 고려하여 경제적인 시공방법을 결정한다. 일체식 교대 교량의 말뚝은 유연거동을 목적으로 말뚝의 최소길이 6m로 정하고, H말뚝을 향타 시공시 플랜지 양쪽 사이의

함몰공간에 모래를 무다짐 하여 충전한다. 함몰공간이 생기지 않는 경우 기초교대 하면으로부터 깊이 1.5~3.0m 구간은 말뚝지름 보다 큰 사전천공 구간을 두어 설치하여야 한다.

- (5) 말뚝의 허용연직지지력은 「도로교설계기준」 '5.8.5절 외말뚝의 허용연직압축 지지력'에 따른다.
- (6) 말뚝은 상부로부터 전달되는 벽체교대의 변위(연직, 수평, 회전 변위)를 고려한 탄성해석법(변위법)으로 계산하는 것을 원칙으로 한다. 말뚝본체의 각 부분은 축력, 휨모멘트 및 전단력에 대해 안전하여야 한다.
- (7) 일체식 교대 교량에서 말뚝과 기초교대의 결합부는 '방법A'의 말뚝머리 고정으로 설계하고, 결합부에 생기는 모든 응력들에 대해 안전하도록 설계하여야 한다. 또한 반일체식 교대 교량의 말뚝머리 보강은 '방법A' 또는 '방법B'를 「도로교설계기준」과 동일하게 적용할 수 있지만, '방법B'가 효과적이다.

【 해설 】

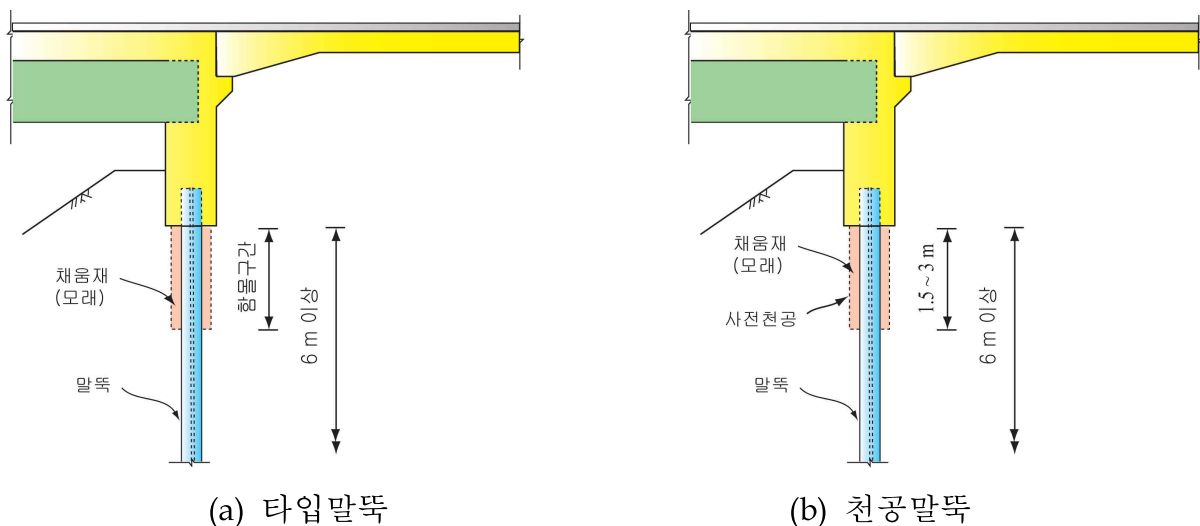
- (1) 설계도서에 나타내는 현장품질관리용 하중과 침하 값은 해설 표 3.8.1과 같이 현장기술자가 말뚝의 현장품질관리를 용이하도록 꼭 필요한 내용만 기재하여야 한다. 이 표의 장점은 지지력과 침하에 대한 검토를 할 수 있고, 준공후 설계도서에 표시된 해설 표 3.8.1 만으로도 현장의 지반 지내력을 재현할 수 있다는 것이다.

해설 표 3.8.1 설계도서에 나타내는 현장품질관리용 하중과 침하 기준

구분	상시	현장 검측값	지내력 판정	현장검측기준
말뚝반력 (P_{Nmax} , tonf)		$R =$		• $R \geq FS \times P_{Nmax}$ 여기서 R : 말뚝의 지반지지력, FS : 안전율(2는 정재하시험, 2.5는 PDI 사의 동재하시험기, 2.7은 TNO사의 동재하시험기)
허용연직 침하량 (δ_{vall} , mm)		$\delta_v =$		• $\delta_{vall} \geq \delta_v$ 여기서 δ_v : 하중-침하 곡선에서 말뚝반력에 해당하는 침하량, δ_{vall} : 구조물의 지점 침하량이며, 설계도서에 언급되어 있지 않으면 10mm로 한다.

여기서 한국도로공사의 「고속도로공사 전문시방서」(2004)에서는 재하시험별로 안전율을 달리 사용하고 있다. 정재하시험에서 안전율, $FS=2.0$ 을, 미국과 네덜란드 PDI사의 동재하시험기로 이용한 동재하시험의 안전율, FS 는 각각 2.5와 2.7을 사용한다. 이 안전율에 말뚝반력을 곱한 값이 지반의 지지력, R 보다 크면 안전하다.

- (3) 일체식 교대 교량의 말뚝은 온도신축에 의한 횡변위를 수용하여야 하므로 교량 종방향의 휨 거동에 유연하게 거동하도록 말뚝을 배열하고, 말뚝단면의 발생응력이 재료의 허용응력을 초과하지 않도록 하여야 한다. 따라서 일체식 교대 교량에서 말뚝기초는 수직말뚝이 기본이고, 수평변위를 허용하여야 하므로 다열말뚝 또는 경사말뚝을 적용할 수 없다. 그러나 반일체식 교대 교량은 일 반교량과 같은 수직 및 경사인 다열말뚝배열을 적용한다.
- (4) 말뚝은 적용 가능한 일체식 교대 교량의 전체길이를 결정하는 중요한 인자로서, 온도변화에 따른 교량의 교축방향 변위를 수용하는 역할을 한다. 온도변화에 따른 변위는 교량연장과 비례하여 증가하므로 보다 긴 교량에서는 말뚝의 길이가 충분히 확보되어야만 한다. 말뚝의 최소 길이는 6m 이상을 확보하고, 말뚝상부는 주변지반 간의 거동에 저해하지 않도록 H말뚝 항타시 생긴 양측 플랜지 사이의 함몰부에 모래를 무다짐 충전한다. 만약 지반이 견고하여 말뚝의 유연거동이 제한되는 경우, 지반에 인위적으로 말뚝 지름보다 큰 사전천공 구간을 약 3m 깊이 정도로 시공하여야 한다. 이때 사전굴착 구간에는 말뚝시공이 완료된 후 모래를 충전한다(해설 그림 3.8.1).

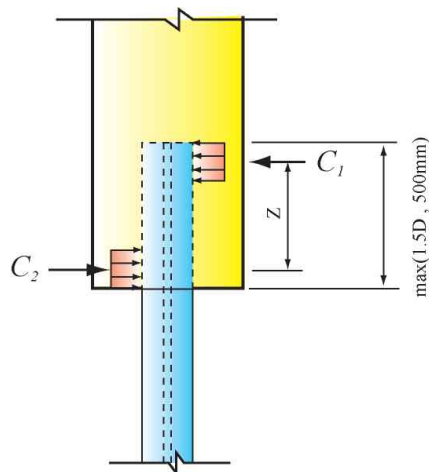
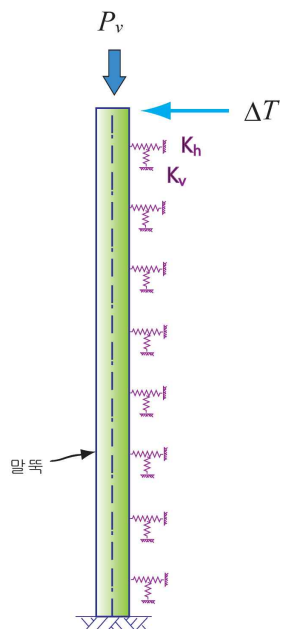


해설 그림 3.8.1 H말뚝기초 상세도

- (5) 말뚝의 지내력은 설계전에 재하시험으로 결정하는 것이 가장 좋다. 설계 전에 재하시험을 못하는 경우에는 정역학적인 지내력 공식(지지력과 침하 공식)으로 설계하고, 현장시험에 의한 동재하시험 및 정재하시험으로 말뚝기초의 지내력을 판정한다.

일체식 교대 교량의 말뚝기초 설계시, 말뚝 항타에 의해 플랜지 양쪽 사이에 함몰공간이 발생하고 이 부분에 모래를 충전하기 때문에 기초교대 저면에서 5m 까지 연직방향의 주면마찰력을 무시한다.

- (6) 말뚝상부에 전달되는 응력 또는 변위는 연결부 설계시 산정한 교대부 기초 하단 또는 등가캔틸레버 길이로 환산된 말뚝 상단의 부재력으로 적용한다. 말뚝은 지반-말뚝 상호작용(soil-pile interaction)을 고려할 수 있도록 횡방향으로 탄성 지지된 평면 보-기둥으로 모델링(교축직각방향으로의 변위는 무시)한다 (해설 그림 3.8.2).
- (7) H형강을 이용한 말뚝기초는 말뚝머리의 회전고정 조건에 대해서 충분한 저항력을 발휘할 수 있도록 말뚝 삽입부의 지압응력검토가 필요하다. 그리고 H-형강 말뚝의 삽입부에 발생하는 휨모멘트에 의한 콘크리트의 지압응력을 완화할 목적으로 해설 그림 3.8.4와 같이 보강철근을 배치할 수 있다.



해설 그림 3.8.2 말뚝의 탄성스프링 모델 해설 그림 3.8.3 말뚝머리 결합부의 설계응력

말뚝 머리부 콘크리트에 작용하는 최대 휨저항력은 다음 식에 따른다(해설 그림

3.8.3).

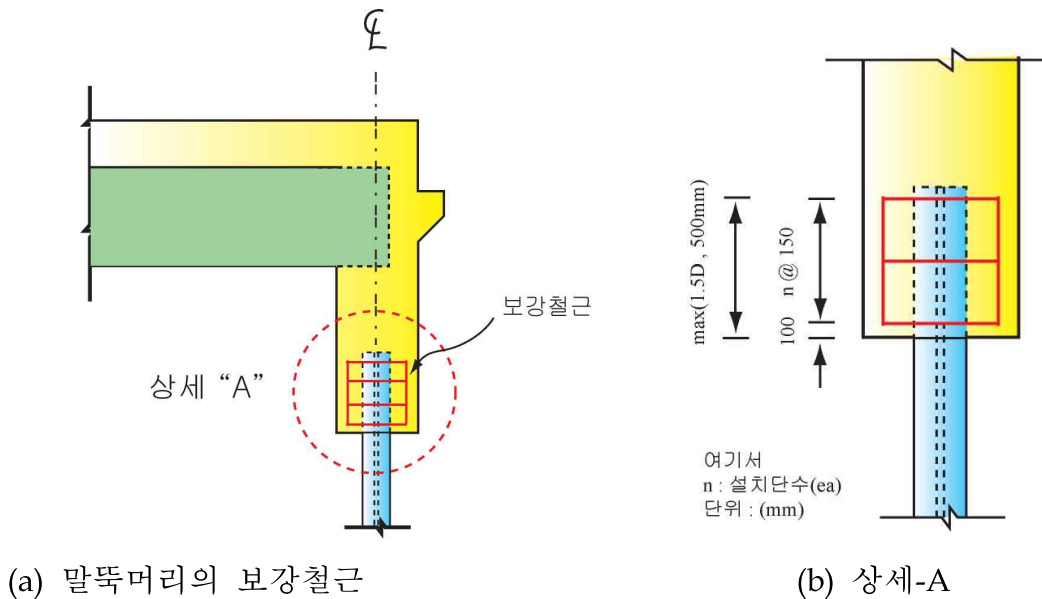
$$C_1 = C_2 = 0.85 \times f_p \times a \times b \quad (\text{해설 3.8.1})$$

여기서, f_p : 말뚝머리 주변에 발생하는 콘크리트 지압강도(N/mm²)

a : 등가응력사각형의 높이(mm)

b : 투영단면적(mm²)

단, 말뚝머리 주변에 발생하는 콘크리트 지압강도, f_p 는 콘크리트의 설계강도를 초과할 수 없다.



해설 그림 3.8.4 말뚝머리 상세

3.9 내진설계

- (1) 일체식 교량의 내진 설계는 「도로교설계기준」 '제 6장 내진설계'를 따른다.
- (2) 일체식 교대 교량은 상부구조와 교대부, 교대부와 이를 지지하는 일렬 말뚝 기초가 일체로 시공되며 외력에 대하여 복합 거동되는 형상으로 각 부재에 대하여 정밀 분석이 필요하다. 따라서 지진 해석방법은 「도로교설계기

준」 ‘6.5.4절 다중모드 스펙트럼해석법’을 원칙으로 한다.

【 해설 】

일체식 교량의 핵심적인 구조거동 특성은 상부구조와 일체로 시공되는 교대, 교대배면과 교대를 지지하는 일렬말뚝기초의 유연거동에 있다. 말뚝으로 지지되는 교대부는 배면의 뒤펅토와 동시에 거동하므로 지진시 구조물의 동적거동을 보다 정확하게 반영하기 위하여, 기초와 지반에 상호작용을 고려한 스프링모델을 도입하여야 한다.

일체식 교량에서 교대부는 상부구조물의 높은 종방향 관성력이 직접 뒤펅토에 전달되므로 과도한 상대변위가 발생하지 않도록 뒤펅토의 적절한 수동저항력이 필요하다. 또한 교대부에 작용하는 최대토압은 상부구조물로부터 교대로 전달되는 최대수평 지진력과 같다고 가정한다. 탄성해석을 이용하여 이와 같은 구조거동 특성을 반영하기 위한 교대의 수평변위 강성은 다음 식에 의해 계산할 수 있다.

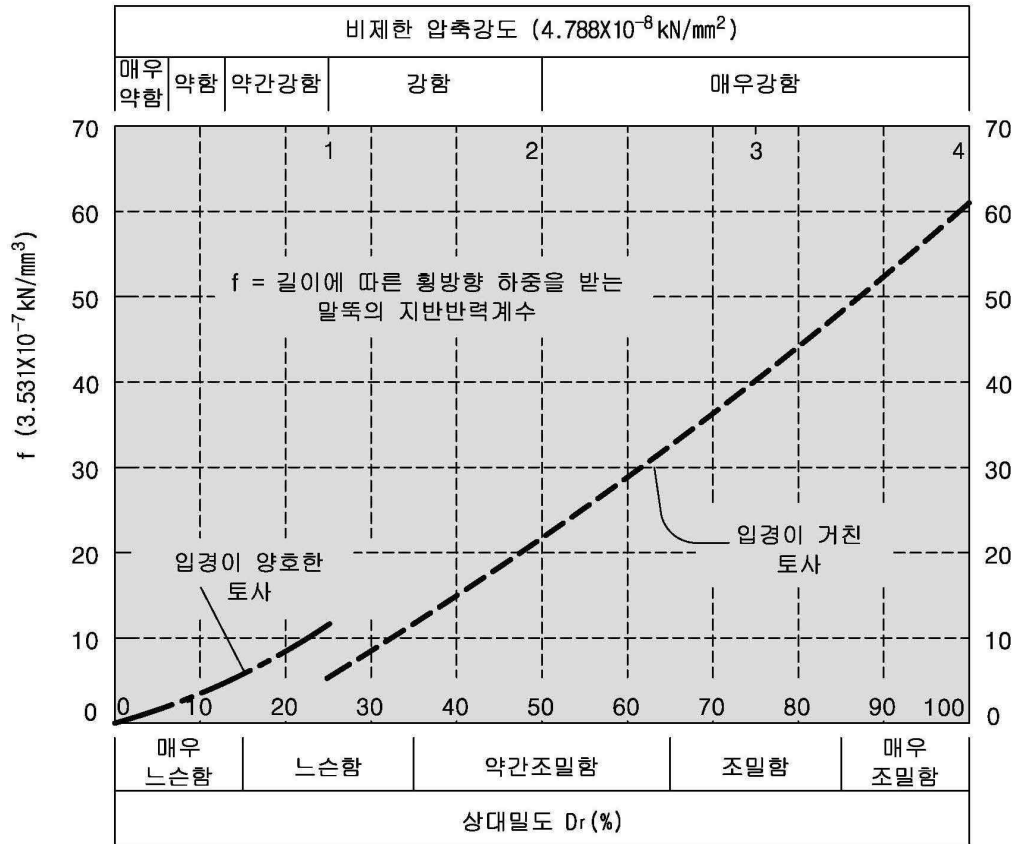
$$K_s = 0.425 \cdot E_s \cdot B \quad (\text{해설 3.9.1})$$

여기서 k_s : 수평변위강성(kN/cm), E_s : 뒤펅토의 동적 탄성계수(kN/cm²), B : 교대의 폭(cm)

말뚝기초 강성에 대한 산정식은 「도로교설계기준」 ‘5.5.7절 지반반력계수와 지반탄성계수’에 제시된 규정에 따라 적용할 수 있으며, 본 해석에서는 테르자기(Terzaghi, 1955)의 연구를 기초로 일체식 교대 교량의 기성말뚝 기초를 활용하는 경우 국내 설계기준에 제시된 값 보다 합리적인 지반반력계수를 얻을 수 있는 NAVFAC DM 7.02(1986) 방법을 제안하였다(해설 그림 3.9.1).

$$k_H = \frac{f \cdot z}{D} \quad (\text{해설 3.9.2})$$

여기서 k_H : 수평지반 반력계수(kN/cm³), D : 말뚝지름(cm), f : 해설 그림 3.9.1에 따른 계수값, z : 지표면으로 부터의 깊이(cm)



해설 그림 3.9.1 횡방향 하중을 받는 말뚝 지반반력계수(NAVFAC DM 7.02, 1986)

따라서 구하고자 하는 스프링상수 값은 식(해설 3.9.2)로부터 식(해설 3.9.3)과 같이 구할 수 있다.

$$K_z = k_H \cdot D \cdot H_{trib} \quad (\text{해설 3.9.3})$$

여기서, K_z : 깊이 z 에서의 스프링상수(kN/cm), k_H : 수평지반반력계수(kN/cm^3), H_{trib} : 스프링 한개가 영향을 미치는 지반높이(cm)

3.10 접속슬래브

(1) 교대와 뒤택움부간의 부등침하 또는 수동토압에 의한 솟음을 감소시켜 교

량과 교량접속 포장부 사이의 단차를 방지하고 이에 따른 포장체의 파손 및 주행성 저하방지에 목적이 있다.

- (2) 교량 접속부 포장은 교면포장과 동일한 두께의 포장형식으로 한다.
- (3) 설치 폭은 차선 및 길어깨를 포함한 도로 폭을 원칙으로 하며, 길이는 최소 4m 이상이어야 한다.
- (4) 접속슬래브의 단면설계는 고정하중과 활하중에 대해 충분히 저항할 수 있는 구조이어야 하며, 접속슬래브 끝단에 받침슬래브가 설치되므로 설계지간은 접속슬래브 전체를 지간으로 한 단순보로 계산한다.

【 해설 】

- (3) 접속슬래브의 길이는 온도 신축으로 인한 교대 수평변위의 영향범위가 교대 높이에 약 2배 이므로 최소 4m 이상이어야 한다. 접속슬래브 하부에 있는 뒤채움토는 온도 주기하중으로 교대 배면에서 변형이 발생하고, 이러한 지반면 변형영역은 교대높이에 약 2배 정도 위치까지 영향을 준다.

3.11 신축조절부

신축조절부는 신축이음량을 조절할 수 있는 신축조절장치와 받침슬래브로 구성한다.

3.11.1 신축조절장치 설치유간

- (1) 신축조절장치를 설치할 수 있도록 접속슬래브와 도로포장부, 접속슬래브와 완충슬래브 사이에 이격거리를 두어야 한다.
- (2) 신축변위량, S 는 온도 변화에 의한 신축량을 식(해설 3.3.4)와 식(3.11.1)과 같이 산정한다.

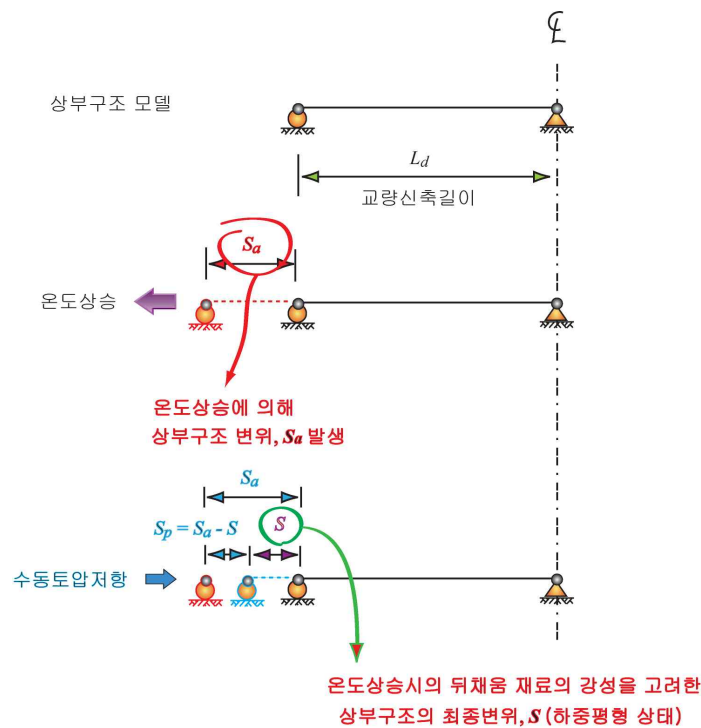
$$S = \alpha \cdot \Delta T \cdot \left(\frac{2}{3} L_d \right) \quad (3.11.1)$$

여기서, α : 온도팽창계수, ΔT : 온도변화량(°C), L_d : 교량의 신축길이(m)

- (3) 신축조절장치의 설치유간은 식(3.11.1)에 의해 계산된 신축변위량, S 이상을 둔다.

【 해설 】

- (2) 일체식 교량은 일반교량의 교대부에 설치하는 신축이음장치를 제거하여 상부구조의 신축량에 대해서 벽체교대 배면의 뒤편 강성과, 벽체교대와 일체로 시공되는 접속슬래브 끝단의 신축조절장치를 통해서 교량의 변위를 조절한다. 따라서 신축조절장치의 유간 결정시 상부구조의 온도변화에 의한 구조물과 뒤편 강성을 고려하여 공용중 발생할 수 있는 변위량을 수용할 수 있어야 한다.



해설 그림 3.11.1 상부구조와 교대 접합부에서 지반-구조물의 상호작용

- ① 상부구조의 온도신축에 의한 신축량, S_a 는 식(해설 3.11.2)와 같이 산정한다.

$$S_a = \alpha \cdot \Delta T \cdot \left(\frac{2}{3} L_d \right) \quad (\text{해설 3.11.2})$$

여기서, S_a : 온도신축에 의한 신축량(m), α : 온도팽창계수, ΔT : 온도변화량($^{\circ}\text{C}$), L_d : 교량의 신축길이(m)

- ② 구조물과 뒤채움 강성을 고려한 변위량, S_p 은 다음과 같이 계산한다. 랭킨의 토압식을 이용하여 교대의 신축변위에 의해 발생하는 토압은 식(해설 3.11.3)과 같다.

$$F_p = \frac{1}{2} K_p \cdot \gamma_s \cdot H^2 \cdot B \cdot 50\% \quad (\text{해설 3.11.3})$$

여기서, F_p : 교대의 신축변위에 의해 발생하는 토압(kN), K_p : 수동토압계수, γ_s : 교대부나 벽체교대 뒤채움 토사의 단위중량(kN/m³), H : 접속슬래브 하면에서 기초교대 하면까지 높이(m), B : 교량 폭(m)

상부구조의 축방향 강성에 의한 축방향 반력은 식(해설 3.11.4)와 같으며, 축방향 강성은 식(해설 3.11.5)와 같이 산정한다.

$$F_d = K_d(-S_p) \quad (\text{해설 3.11.4})$$

여기서, F_d : 상부구조의 축방향 강성에 의한 축방향 반력(kN), K_d : 상부구조 축방향 강성(kN/m), S_p : 배면토 토압에 의한 변위량(m)

$$K_d = \frac{E_g(A_g + nA_s)}{L_d} \quad (\text{해설 3.11.5})$$

여기서, E_g : 거더 탄성계수(kN/m²), A_g : 거더 단면적(m²), A_s : 바닥판 단면적(m²), L_d : 교량의 신축길이(m), n : 거더와 바닥판 탄성계수비

최종변위 발생상태에서는 하중평형상태이므로 토압은 상부구조의 축방향 반력과 같다(식(해설 3.11.6)). 따라서 배면토 토압에 의한 변위량, S_p 는 식(해설 3.11.7)과 같다.

$$K_d(-S_p) = \frac{1}{4} K_p \cdot \gamma_s \cdot H^2 \cdot B \quad (\text{해설 3.11.6})$$

$$S_p = -\frac{K_p \cdot \gamma_s \cdot H^2 \cdot B}{4K_d} \quad (\text{해설 3.11.7})$$

여기서, E_g : 거더 탄성계수(kN/m^2), A_g : 거더 단면적(m^2), A_s : 바닥판 단면적(m^2), L_d : 교량의 신축길이(m), n : 거더와 바닥판 탄성계수비

- ③ 신축변위량, S 는 상부구조의 온도변화에 의한 구조물과 뒤편 강성을 고려하여 식(해설 3.11.8)과 같이 산정한다.

$$S = S_a + S_p \quad (\text{해설 3.11.8})$$

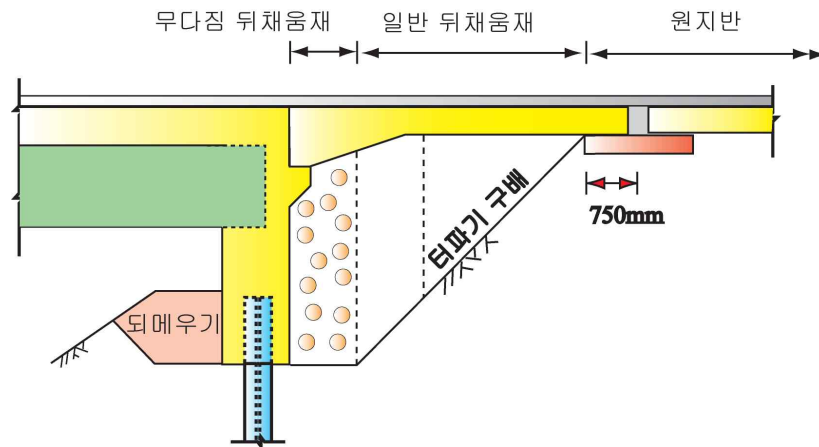
- ④ 무다짐 뒤편 강성을 고려한 변위량, S_p 는 작은 값을 나타내므로 유간을 결정하기 위한 변위량, S 산정시 보수적으로 설계하기 위해 이를 무시한다.

3.11.2 받침슬래브

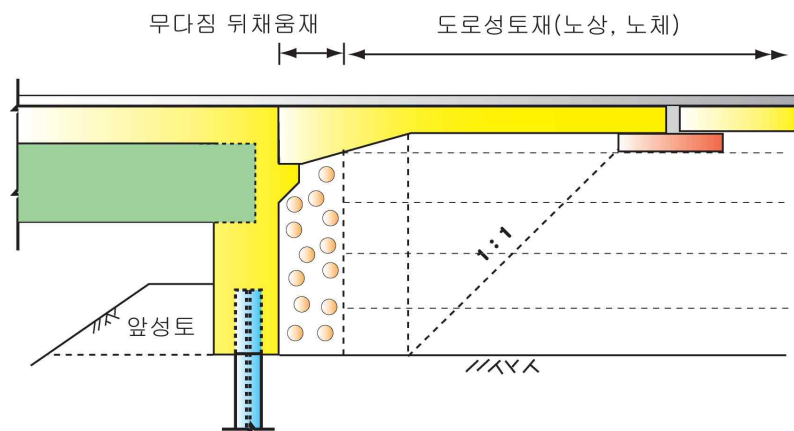
- (1) 받침슬래브는 접속슬래브 끝단 아래 성토부 또는 원지반에 설치한다.
- (2) 받침슬래브는 신축조절장치의 설치가 용이하도록 판상형 이외에 역T형이나 L형 형상을 적용할 수 있다.
- (3) 접속슬래브와 도로포장부 사이에 완충슬래브를 설치하는 경우에도 받침슬래브를 설치하여야 한다.

【 해설 】

- (1) 제2장 2.5절 그림 2.5.1과 같이 구조물의 종류 및 설치 위치에 따라 뒤편 범위와 받침슬래브의 위치가 다르다. 절토부에 설치되는 일체식 교대 교량은 해설 그림 3.11.2(a)와 같이 터파기 상단으로부터 750mm 이격된 원지반에 받침슬래브의 위치를 정할 수 있지만, 그 외 형식에서 받침슬래브는 성토부에 설치되며 이때 설치 위치는 받침슬래브에 작용되는 활하중의 분포영역이 전이 구간 내에 위치하지 않도록 하여야 한다.



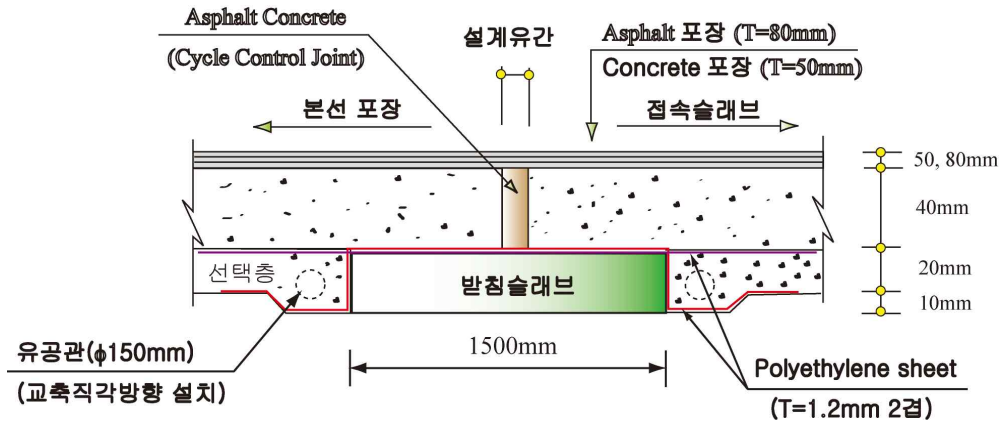
(a) 절토부에 설치되는 일체식 교대 교량 형식



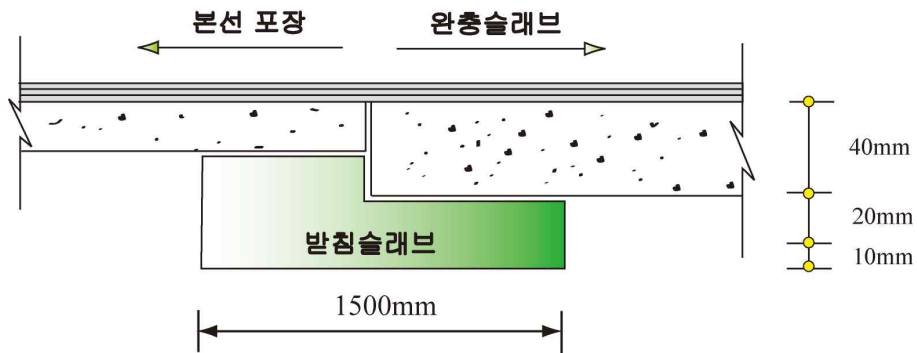
(b) 그 외 교량 형식

해설 그림 3.11.2 받침슬래브의 적정 설치위치

- (2) 받침슬래브의 형태는 해설 그림 3.11.3과 같이 접속슬래브 아래와 완충슬래브 아래에 설치한다.



(a) 형태-1



(b) 형태-2

해설 그림 3.11.3 받침슬래브의 형상

참 고 문 헌

1. Amde M. Wolde-Tinsea, James E. Klinger, "Integral Abutment Bridge Design and Construction", University of Maryland Department of Civil Engineering, 1987
2. American Iron and Steel Institute, "Integral Aburments for Steel Bridges", Highway Structures Design Handbook, Vol. II, Chap.5, Tennessee, 1996
3. Arsoy, S., Barker, R.M., and Duncan, J.M., "The Behavior of Integral Abutment Bridges", Final Contract Report, VRTC 00-CR3, Virginia Transportation research Council, Charlottesville, Virginia, 1999
4. Burke, Jr. M. P., "Bridge Approach Pavements, Integral Bridges, and Cycle Control Joints", Transportation Research Record, No.1113, Transportation Research Board, National Research Council, Washington, 1987
5. Burke, Jr. M. P., "Integral Bridges", Transportation Research Record, No.1275, Washington, D.C. : Transportation Research Board's 69th Annual Meeting, Washington, D.C., pp.1~24, 1990
6. Burke, Jr. M. P., "Integral Bridges : Attributes and Limitations", Transportation Research Record, No.1393, Washington, D.C : Transportation Research Board, National Research Council, pp.1~17, 1993
7. Burke, Jr. M. P., "Semi-Integral Bridges : Movements and Forces", Submitted for Presentation at the Transportation Research Board's 73rd Annual Meeting, 1994
8. Burke, Jr. M. P., "An Introduction to the Design and Construction of Integral Bridges," Workshop on Integral Abutment Bridges, Pittsburgh, Pennsylvania, 1996
9. Burke, Jr. M. P., "Cracking of Concrete Decks and Other Problems With Integral-Type Bridges", The Transportation Research Board's 78th Annual Meeting, Washington, D.C., 1999
10. Design Manual for Roads and Bridges : The Design of Integral Bridges, Vol. I, Sec. 3, Part 12, Highway Agency, Scottish Executive Development Department, Welsh Assembly Government Llywodraeth Cynulliad Cymru,

The Department for Regional Development Northern Ireland, 2003

11. "Design and Construction of Integral Abutment Bridges", Boston Society of Civil Engineers Section/ASCE, 1999
12. Edward J. Hoppe, Ph.D., P.E., Jose P. Gomez, Ph.d., P.E., "Field Study of an Integral Backwall Bridges", Virginia Transportation Research Council, OCT, 1996
13. Faraji, S., "Behavior of Integral Abutment Bridges in Massachusetts", Report, University of Massachusetts Transportation Center, Amherst, Massachusetts, 1998
14. Hota GangaRao, P.E., Hemanth Thippeswamy, Barry Dickson, Jason Franco, "Survey and Design of Integral Abutment Bridges", Constructed Facilities Center, West Virginia University Morgantown, 1996
15. Jae-Ho Jung, Won-Sup Jang, Sung-Kun You, Young-Ho Kim, Soon-Jong Yoon, "Development of Preflex Composite Beam-Stub Abutment Integral Bridge System", International Journal of Steel Structures, Vol.6, No.3, 2006
16. J. H. Jung S. K. You Y. H. Kim W. S. Jang S. J. Yoon, "Application of the Integral Abutment System to the Preflex Composite Beam Bridge", 3rd International Symposium on Steel Structures, Seoul, Korea, 2005
17. John Connal. "Integral Abutment Bridges-Australian and US Practice", Maunsell Australia Pty Ltd., Australia, 2003
18. "Jointless Bridges", Virginia High and Transportation Research Council, Charlottesville, 1981
19. Kunin, J. and Alampulli, S., "Integral Abutment Bridges Current Practice in United States and Canada", Journal of Performance of Constructed Facilities, ASCE, Vol.14, No.3, August, pp.104~111, 2000
20. Lqbal, Husain, P. Eng., Dino Bagnariol, P. Eng., "Performance of Integral Abutment Bridges", The Queen's Printer for Ontario, Report BO-99-04, 2000
21. Lqbal, Husain, P. Eng., Dino Bagnariol, P. Eng., "Semi-Integral Abutment Bridges", The Queen's Printer for Ontario, Report BO-99-03, 1999
22. Manual of the Structure and Bridge Division, Design Aids and Typical Details, Virginia Department of Transportation, Vol.V, Part 2, 2008
23. Manual of the Structure and Bridge Division Vol. V, Part2, Design Aids

- Typical Details, Department of Transportation, Virginia, 2007
24. "National Cooperative Highway Research Program Synthesis of Highway Practice 141, Bridge Deck Joint", Transportation Research Board, National Research Council, pp.20~30, pp.51~p57, 1982
 25. Preston A. Huckabee, MSCE, P.E., Gill Engineering Associates, Inc., M.ASCE. "Integral Abutment and Jointless bridges : Plastic Design of Steel HP-Piles for Integral Abutment Bridge", Constructed Facilities Center, College of Engineering and Mineral Resources, West Virginia University, pp.270~280, 2005
 26. Sami Arsoy, "Experimental and Analytical Investigations of Piles and Abutments of Integral Bridges", Blacksburg, Virginia, 2000, Chapter 4, Appendix A
 27. Sami Arsoy, Richard m. Barker, Ph.D., J. Michael Duncan, Ph. D., The charles E. Via, Jr., " The Behavior of Integral Abutment Bridges", Department of Environmental Engineering Virginia Polytechnic and State University Blacksburg, Virginia, 1999
 28. 한국도로공사, 고속도로공사 전문시방서-토목편, 경기도, pp.3-35~3-36, 2004
 29. 박영호, 김낙영, "계측에 의한 무조인트교량 장기거동 해석(II)", 한국도로공사 도로연구소, 2001
 30. 건설교통부, 도로교설계편람(III), 2001
 31. 건설교통부, 도로공사표준시방서, 2003
 32. 남문석, 박영호, "일체식 교대의 장기토압 거동," 한국지반공학회 논문집, 제 23권, 4호, pp.47~58, 2007
 33. 박종면, 유성근, 임성순, 윤순중, "무조인트 교량의 적용성", 한국강구조학회지, Vol. 15, No. 1, 2003
 34. 박종면, 유성근, 이재혁, "P.C.Beam을 이용한 일체식교대 교량의 설계 및 시공", 콘크리트학회지, Vol. 10, No. 3, 1998
 35. 박종면, 이재혁, 유성근, 김성환, "일체식 교대 교량의 실용화 연구", 대한토목학회 학술발표회 논문집, Vol. 1997, No.1, pp.173~176, 1997
 36. 박영호, 김성환, 김낙영, 육정훈, "기초공학실무와 무조이트교량", 건설가이드, 서울, pp.475~531, 2009
 37. 박영호, 남문석, "일체식 교대의 토압과 변위 거동," 대한토목학회논문집, 제 27권, 제 3C호, pp.163~173, 2007

38. 박영호, 정현식, 이영생, 정경자, “일체식 교대에 사용된 타이 H말뚝의 횡방향 지지거동,” 대한토목학회 논문집, 제21권, 제 3-C호, p.207~223, 2001
39. 박영호, 정경자, 김성환, “일체식교대에 사용된 H말뚝의 축방향 지지거동,” 대한토목학회 논문집, 제 20권, 제 3-C호, pp.281~290, 2000
40. 박영호, 정경자, 김낙영, “난쟁이 교대배면의 장기 토압거동,” 한국지반공학회 학술발표회 논문집, pp.779~786, 2002
41. 유성근, 무조인트교량 적용사례, 건설기술인협회, 건설기술인 Vol.75, 2006
42. 유성근, 정재호, 홍정희, 윤순중, “교대변위 형상에 따른 일체식 교대 교량의 수동토압에 대한 스프링 모델”, 대한토목학회논문집, 제23권, 제3A호, pp.449~455, 2003
43. 콘크리트구조설계기준, 한국콘크리트학회, pp.65~66, 2007
44. 프리플렉스빔 일체식 교대 교량의 실용화, CTIPS엔지니어링(주), 2004.
45. 하천설계기준·해설, 한국수자원학회, pp.331~383, pp.571~585, 2005
46. 한국도로공사, “반일체식 교대 교량의 실용화 연구(VI)”, 도로교통 연구원 연구보고서, 2008
47. 한국도로공사 도로연구소-동아건설산업(주) 기술연구원, "무조인트교량 실용화 연구", 1999
48. LRFD 강교량 설계법/신형식 교량, 한국철강협회 스틸컨스트럭션센터, pp.121~170, 2003

집 필 위 원

분 야	직 책	성 명	근 무 처
총 관	도로교통연구원장	김 성 환	한국도로공사 도로교통연구원
	수석연구원	박 영 호	한국도로공사 도로교통연구원
상부구조	책임연구원	이 병 주	한국도로공사 도로교통연구원
	책임연구원	이 원 태	한국도로공사 도로교통연구원
	연 구 원	박 용 석	한국도로공사 도로교통연구원
하부구조	수석연구원	박 영 호	한국도로공사 도로교통연구원
	수석연구원	김 낙 영	한국도로공사 도로교통연구원
설 계	차 장	허 재 훈	한국도로공사 설계처
	대 표 이 사	박 종 면	(주)지승컨설턴트
	상 무 이 사	김 영 호	(주)지승컨설턴트
	이 사	김 태 원	(주)지승컨설턴트

※ 본 지침이 마련될 수 있도록 시험시공을 허락해주신 강원사업단과 춘천·양양 건설사업단의 협조에 깊은 감사를 드립니다.



경기도 화성시 동탄면 산척리 50-5 우 445-812
전화 (031) 371-3411 <http://www.research.ex.co.kr/>