

KR C-07010

Rev.4, 20. March 2017

지하구조물 설계일반

2017. 3. 20



한국철도시설공단

경 과 조 치

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

일 러 두 기

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

목 차

| | |
|-----------------------------|-----------|
| 1. 용어의 정의 | 1 |
| 2. 일반사항 | 2 |
| 2.1 목적 | 2 |
| 2.2 적용범위 | 2 |
| 2.3 적용기준 | 2 |
| 3. 설계방향 | 2 |
| 3.1 설계 | 2 |
| 4. 구조물 설계 | 4 |
| 4.1 일반사항 | 4 |
| 5. 설계하중 및 설계강도 | 4 |
| 5.1 설계하중 | 4 |
| 5.2 설계강도 | 12 |
| 6. 재료의 특성 | 12 |
| 6.1 콘크리트의 강도 | 12 |
| 6.2 철근의 강도 | 12 |
| 6.3 구조물별 기준 강도 | 12 |
| 6.4 탄성계수 및 포아송비 | 12 |
| 7. 구조해석 및 단면설계 | 13 |
| 7.1 일반사항 | 13 |
| 7.2 경간 | 13 |
| 7.3 지하철도 구조물의 해석 모델 | 13 |
| 7.4 연속 휨부재의 부모멘트 재분배 | 15 |
| 7.5 사용성 검토 | 15 |
| 8. 구조 상세내용 정리 | 15 |
| 8.1 철근에 대한 일반 구조상세 | 15 |
| 8.2 기둥의 구조상세 | 16 |
| 8.3 라멘의 구조상세 | 16 |
| 8.4 신축이음 | 17 |
| 8.5 환기구 구조물 | 17 |
| 9. 철도 지하횡단 공법 | 18 |
| 9.1 철도지하횡단 구조물 계획 | 18 |
| 9.2 철도지하횡단 구조물 선정 | 18 |



| | |
|---------------------------------|-----------|
| 해설 1. 일반사항 | 19 |
| 해설 2. 지하구조물의 설계 절차 | 20 |
| 1. 단계별 설계사항 | 20 |
| 1.1 기본설계 | 21 |
| 1.2 실시설계 | 25 |
| 2. 설계기준 | 27 |
| 2.1 일반사항 | 27 |
| 2.2 건축한계 | 27 |
| 2.3 선로설계기준 | 27 |
| 2.4 설계하중 | 27 |
| 2.5 사용재료 | 27 |
| 3. 주요 구조물 시설계획 | 27 |
| 3.1 본선계획 | 27 |
| 3.2 정거장 계획 | 28 |
| 3.3 부대시설계획 | 28 |
| 3.4 재료투입구 계획 | 28 |
| 해설 3 지하구조물의 설계 | 32 |
| 1. 일반사항 | 32 |
| 1.1 부재설계법 | 32 |
| 1.2 합리적인 설계 | 32 |
| 2. 설계절차 | 33 |
| 3. 설계방법 | 35 |
| 4. 구조해석 | 35 |
| 4.1 해석모델링 | 35 |
| 4.2 지반별 구조물 해석법 | 35 |
| 4.3 구조해석을 위한 하중 산정 예 | 37 |
| 4.4 재료 및 강도 | 38 |
| 4.5 하중조합 및 하중계수 | 39 |
| 5. 구조설계 | 39 |
| 5.1 설계부재 부재력 산정 | 39 |
| 5.2 부재 주철근도 작성 | 41 |
| 5.3 수축·온도철근 및 전단철근 | 41 |
| 5.4 기둥 및 종방향 보 설계 | 41 |
| 5.5 주요상세 설계 | 46 |
| 해설 4. 철도 지하횡단 공법 | 50 |

| | |
|-----------------------------|-----------|
| 1.1 조 사 | 50 |
| 1.2 계획 | 51 |
| 1.3 공법선정 | 57 |
| 1.4 공법 선정조건 | 57 |
| 1.5 보조공법선정 | 64 |
| 1.6 감시·계측 | 67 |
| RECORD HISTORY | 70 |

1. 용어의 정의

- (1) 관성력 : 운동하는 물체에 작용하는 힘으로 크기가 질량에 가속도를 곱한 것과 같고 방향이 가속도와 반대되는 힘.
- (2) 계수하중(factored load) : 강도설계법에 의해 부재를 설계할 때 사용하중에 하중계수를 곱한 하중.
- (3) 공칭강도 : 강도설계법의 규정과 가정에 따라 계산된 부재 또는 단면의 강도를 말하며, 강도감소계수를 적용하기 전의 강도.
- (4) 단면력 : 하중작용에 의해 부재단면에 생기는 휨모멘트, 전단력, 축방향력(또는 축력) 및 비틀림모멘트.
- (5) 라멘 : 여러 개의 직선부재를 강절로 연결한 구조.
- (6) 사용하중 : 하중계수를 곱하지 않은 하중으로서, 작용하중이라고도 함.
- (7) 설계강도 : 공칭강도에 강도감소계수 ϕ 를 곱한 강도.
- (8) 설계기준강도 : 콘크리트 구조물의 설계에서 기준이 되는 콘크리트의 압축강도.
- (9) 설계하중 : 부재 설계시 적용되는 하중으로, 강도설계법에 의한 설계에서는 하중계수를 곱한 하중(계수하중)이고 허용응력설계법에 의한 설계에서는 하중계수를 곱하지 않은 하중(사용하중)이 설계하중이 됨.
- (10) 소요강도 : 철근콘크리트 부재가 사용성과 안전성을 만족할 수 있도록 요구되는 단면의 단면력.
- (11) 수동토압 : 흙막이벽이 횡방향 압력으로 흙을 뒷채움한 흙 쪽으로 밀 때 흙이 압축을 받아 파괴상태에 이를 때의 토압.
- (12) 수화열 : 시멘트와 물이 혼합하여 응결경화 현상이 생길 때 발생하는 열.
- (13) RQD : 시추코아 중 100mm 이상 되는 코아편의 길이의 합을 이론상 시추길이로 나누어 백분율로 표시한 값으로서 암질의 상태를 나타내는데 사용.
- (14) 액상화 : 진동하중에 의해 간극수압 상승과 유효응력 감소로 전단하중에 대한 전단저항을 상실하는 현상.
- (15) 응답수정계수 : 탄성해석으로 구한 각 요소의 내력으로부터 설계지진력을 산정하기 위한 수정계수.
- (16) 정지토압 : 벽체의 횡이동이 전혀 없거나 있더라도 극히 적은 상태에 있는 토압.
- (17) 주동토압 : 흙막이벽이 횡방향 압력으로 뒷채움 흙 쪽으로부터 멀어져 가는 방향으로 움직여서 흙이 횡방향으로 팽창되어 소성극한상태에 이를 때의 횡토압.
- (18) 주철근 : 철근콘크리트 부재의 설계에서 하중작용에 의해 생긴 단면력에 대하여 소요 단면적을 산출한 철근.
- (19) 지진구역계수 : 우리나라의 지진재해도 해석 결과에 근거한 지진구역에서의 평균재현주기 500년에 해당되는 암반상 지진지반운동의 세기를 나타내는 계수.



- (20) 콘크리트의 건조수축 : 건조에 의해 콘크리트가 수축하는 현상.
- (21) 피복두께 : 콘크리트 표면과 그에 가장 가까이 배치된 철근 표면 사이의 콘크리트 두께.
- (22) 하중 : 구조물 또는 부재에 응력 및 변형을 발생시키는 일체의 작용.
- (23) 하중계수 : 하중의 공칭값과 실제 하중 사이의 불가피한 차이 및 하중을 작용외력으로 변환시키는 해석상의 불확실성, 환경작용 등의 변동을 고려하기 위한 안전계수.
- (24) 하중조합 : 구조물 또는 부재에 동시에 작용할 수 있는 각종 하중의 조합.
- (25) 헌치 : 벽체와 슬래브 연결부 위치의 두께를 국부적으로 증가시킨 부분.
- (26) 철도지하횡단공법 : 건설 또는 운행 중인 철도노선을 지하로 횡단하여 차도, 보도 및 수로 등의 시설을 설치하는 공법.

2. 일반사항

2.1 목적

본 설계지침은 지하정거장을 포함한 개착식 구조물을 건설하는데 필요한 설계상의 제반기준을 규정한 것으로, 건설목적에 부합하고 안전하며 경제적으로 시행함으로써 설계의 일관성을 기하고 설계품질의 향상을 기하는데 그 목적이 있다.

2.2 적용범위

지하철도 본선 및 정거장과 부대시설을 건설하는데 시행되는 개착구조(무근 및 철근콘크리트 구조, 강구조)와 가시설구조 및 기타 지하철도와 관련된 부대시설의 설계에 적용한다.

2.3 적용기준

널리 알려진 이론이나 시험에 의해 기술적으로 증명된 사항에 대해서는 발주자의 승인을 얻어 관련 설계기준의 적용을 대체할 수 있으며 관계법규나 기준 및 시방서의 변경 등으로 설계시행에 변경 또는 조정을 수반하는 사유가 있을 때에는 개정된 관계규정에 따라 시행해야 한다.

3. 설계방향

3.1 설계

설계자는 현장답사, 측량, 지반조사, 교통영향평가, 환경영향평가, 원설계성과, 과업지시서, 관계기관에서 수집한 자료 등을 분석, 검토하여 최적의 설계내용이 되도록 설계해야 한다.

3.1.1 설계개념 및 기본방향

지하철도 구조는 현장여건이 복잡하고 구조적으로 특수한 상황의 출현이 빈번하므로 구조물의 구조적 안전과 시공성 및 유지관리 등에 대한 검토를 통해 합리적인 설계가 되도록 해야 한다.

(1) 설계개념

철근콘크리트 부재는 강도설계법의 규정에 따라 구조적 안정성을 확보할 수 있도록 설계한다. 또한 본선 및 정거장 본체 등의 중요 구조물들은 최소 100년의 내구연한으로 설계해야 하며 그에 따른 시방규정과 유지관리 지침을 마련해야 한다.

(2) 기본방향

- ① 지반조사와 지장물조사 및 설계와 관련된 제반조사를 정밀도 있게 시행하고 설계에 반영해야 한다.
- ② 설계하는 구조물은 구조적으로 안정성을 확보해야 한다.
- ③ 설계는 시공 및 유지관리 등을 고려하여 합리적인 구조물 시설계획을 수립해야 한다.
- ④ 구조물 설계는 현장여건에 부합되고 시공성이 용이해야 한다.
- ⑤ 지하구조의 특성을 감안하여 궤도 자재투입구, 환기구 설치 등은 해당 분야와 협의 및 의견을 반영하여 시설계획을 수립해야 한다.
- ⑥ 구조물 설계시 환기시설과 같은 방재계획과 배수 또는 누수 등을 고려한 유지관리 계획을 고려해야 한다.
- ⑦ 지하철도 건설 또는 운영시 발생하는 진동에 대하여 검토하고 그에 따른 저감방안을 검토해야 한다.
- ⑧ 철도지하횡단공법은 안전성, 용도 적합성, 열차운행 및 주변 영향 등을 고려하여 구조형식과 시공법을 선정해야 한다.
- ⑨ 선형 특성에 따른 구조물의 확폭에 유의한다.
- ⑩ 구조계산서와 도면은 일치해야 한다.

3.1.2 노선

- (1) 공사 시행으로 도로교통에 지장이 되거나 상·하수도 및 가스관 등 지하 매설물과 철탑, 전주, 가옥 등에 저촉될 경우 대책방안을 수립해야 한다.
- (2) 도로, 하천, 상·하수도, 공동구, 가스관 등 기존시설에 저촉될 경우 이설 또는 확장계획 등을 설계에 반영해야 한다.
- (3) 기존 시가지나 주거지역 통과로 민원이 야기될 우려가 있는 경우에는 그 대책을 강구해야 한다.



3.1.3 정거장

- (1) 교통영향평가가 분석한 제반요소들을 검토하여 설계에 반영하도록 해야 한다.
- (2) 개집표구, 기계전기실, 역무시설 등은 해당분야와 협의를 통하여 설계해야 한다.

4. 구조물 설계

4.1 일반사항

(1) 적용범위

본 설계기준은 지하철도의 개착식 구조물 설계에 적용한다.

(2) 부재설계법

철근콘크리트 구조물은 강도설계법의 규정에 따라 구조적 안정성을 확보할 수 있도록 설계해야 하며 균열 및 처짐 등의 사용성 검토도 수행해야 한다. 다만 특별한 경우에는 허용응력설계법에 따라 설계할 수도 있다.

5. 설계하중 및 설계강도

5.1 설계하중

5.1.1 일반사항

구조물의 설계에는 시공 및 구조물 사용 기간 중에 작용이 예측되는 모든 하중을 고려하고 극한상태에 따라 조합을 고려해야 한다.

5.1.2 하중의 종류

(1) 일반사항

구조물의 설계에는 시공 및 사용 중 구조물에 작용할 것으로 예측되는 모든 종류의 하중에 의한 영향을 고려해야 한다.

(2) 고정하중

① 재료의 중량

고정하중 산출에 사용되는 재료의 중량은 <표 1>의 단위체적중량을 사용하고 실중량이 명확한 것은 그 값을 사용한다.

표 1. 재료의 단위중량

| 재료 | 단위중량 (kN/m ³) | 재료 | 단위중량 (kN/m ³) |
|-----------------|------------------------------|-----------|------------------------------|
| 강재, 주강, 단강 | 77.0 | 도상자갈, 쇠석 | 19.0 |
| 주철 | 71.0 | 목재 | 8.0 |
| 알루미늄 | 27.5 | 역청재 (방수용) | 11.0 |
| 철근콘크리트 | 24.5 | 역청포장 | 23.0 |
| 무근 콘크리트 | 23.0 | 석피포장 | 26.0 |
| 프리스트레스트 콘크리트 | 24.5 | 벽돌포장 | 24.0 |
| 시멘트 모르타르 | 21.0 | 벽돌 쌓음 | 20.0 |
| 석재 | 26.0 | | |

② 기계실 하중

구조물내 상판하중 가운데 펌프실, 신호실, 전기실, 환기기계실 등의 기계하중은 <표 2>의 값으로 하되 기능실 배치의 변동 등을 고려하여 변전소 및 물탱크 이외의 기계실 하중은 모두 25.0kN/m²을 적용할 수 있다. 특수기계에 대하여는 실중량에 의하고 진동하중 및 교번하중이 생기는 기계에 대하여는 이를 특별히 고려해야 한다. 실하중이 확인되는 것은 그 값을 사용할 수 있다.

표 2. 각 실의 상판하중

| 실명 | 상판하중 (kN/m ²) | 실명 | 상판하중 (kN/m ²) |
|-------|------------------------------|-------|------------------------------|
| 변전소 | 실하중 | 방송실 | 10.0 |
| 전기실 | 25.0 | 통신기기실 | 10.0 |
| 개폐실 | 10.0 | 교환기실 | 15.0 |
| 전력지령실 | 15.0 | 축전지실 | 25.0 |
| 신호취급소 | 20.0 | 환기기계실 | 25.0 |
| 신호기지실 | 20.0 | 소화펌프실 | 20.0~25.0 |
| 컴프레샤실 | 20.0 | 오수펌프실 | 20.0~25.0 |
| 운전지령실 | 20.0 | 배수펌프실 | 20.0~25.0 |

주) 1) 건축마감중량(천장, 환기덕트, 배관설비 등) 5.0kN/m²을 고려한 하중이다.

2) 물탱크실 설계하중은 위치 및 물탱크의 높이를 고려하여 설계해야 한다.



③ 궤도중량

1궤도(체결구 포함)의 최소중량은 1.5kN/m로 한다.(침목 및 도상 중량 제외)

(3) 활하중

① 노면 활하중

지하구조물에 대한 도로면의 활하중은 <표 3>의 값을 적용한다.

표 3. 도로면 활하중의 등가 등분포하중(DB-24 기준)

• $D/B_o \geq 0.5$

| 토피고 (D , m) | 노면활하중 (P_{vl} , kN/m ²) | 비고 |
|-------------------|---|--|
| 1.0 | 39 | <ul style="list-style-type: none"> 토피의 중간 값은 노면 활하중 상위의 값을 적용 |
| 1.5 | 25 | |
| 2.0 | 18 | |
| 2.5 | 14 | |
| 3.0 | 11 | |
| 3.5 이상 | 10 | |

• $D/B_o < 0.5$

| D/B_o | ($P_{vl} \times D$, kN/m ²) | 비고 |
|---------|---|--|
| 0.1 | 17 | <ul style="list-style-type: none"> D/B_o의 중간 값은 $P_{vl} \times D$의 상위 값을 적용 D/B_o 노면 활하중(P_{vl})은 표의 값을 D로 나누어 구한다. |
| 0.2 | 27 | |
| 0.3 | 33 | |
| 0.4 이상 | 36 | |

※ D : 토피고(m)

B_o : 암거폭(다륜 박스인 경우 외측 1박스의 폭, 벽체두께포함) (m)

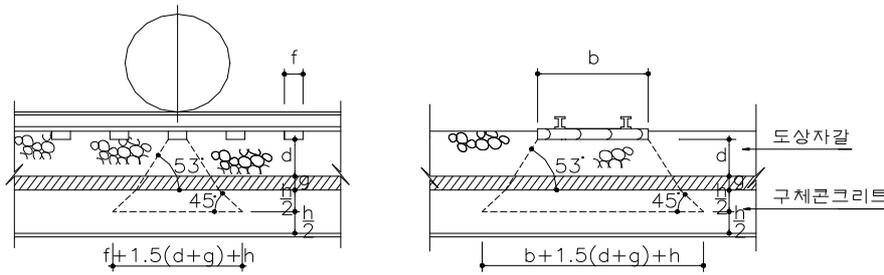
② 열차하중

선로 밑을 통과하는 지하구조물에 작용하는 열차의 HL하중, LS하중 및 EL하중을 기준으로 설계해야 한다. 열차 표준활하중은 「KR C-08020 4. 운행하중」에 따른다.

③ 본선 하부슬래브에 작용하는 열차하중

운하중의 분포영향을 검토할 때 일반적으로 궤도방향 분포는 고려하지 않고 집중하중으로 해도 좋으며, 그 분포폭과 궤도 직각방향의 분포폭은 <그림 1>과 같다.

[자갈도상인 경우]



[콘크리트도상인 경우]

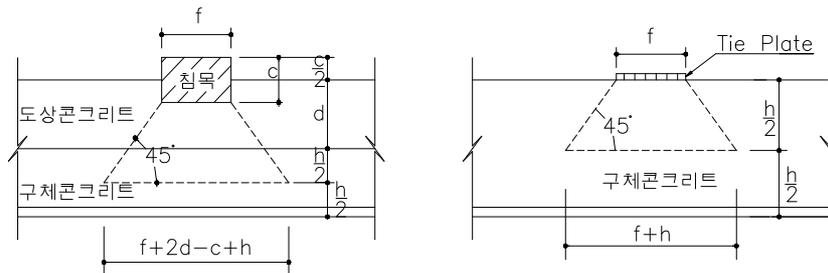


그림 1. 슬래브바닥에 작용하는 열차하중의 분포

(4) 충격하중

「KR C-08020 4. 운행하중」의 충격하중을 적용한다.

(5) 토압

① 정지토압

가. 정지토압은 지하박스 구조물과 같이 정지토압을 적용하는 것이 타당한 경우에 적용한다.

나. 구조물에 전설계토압이 작용하는 경우와 전설계토압의 1/2이 작용하는 경우, 주동 토압 및 특수한 경우 현장조건에 의한 최소토압 중에서 가장 불리한 경우의 단면력에 대하여 설계해야 한다.

다. 정지토압의 계산은 <식 (1)>에 의한다.

$$H = K_o(L + \gamma_t \cdot h_1 + \gamma_{sub} \cdot h_2) \quad (1)$$

여기서, H : 토압(kN/m²)

K_o : 정지토압계수($K_o = 1 - \sin\phi'$)

L : 상재하중(kN/m²)

γ_t : 지하수면 이상의 흙의 단위체적중량(kN/m³)

γ_{sub} : 지하수면 이하의 흙의 단위체적중량(kN/m³)

h_1 : 지표에서 지하수면까지의 깊이(m)



h_2 : 지하수면에서 측압을 구하려는 위치까지의 깊이(m)

ϕ' : 흙의 내부 마찰각(rad)

라. 연암층 이상의 암반층에 굴착 시공된 박스 구조물에 작용하는 측압에 대해서는 시추조사 및 지질구조 조사 결과에 나타난 절리 및 단층 등의 불연속면의 방향성 및 경사각을 고려한 암반사면 안전성 분석을 시행하여 암반의 자립여부를 판단, 토압의 증감여부를 고려할 수 있다.

② 주동토압

가. 주동토압은 옹벽 구조물 등 주동토압 적용이 타당한 경우에 적용한다.

나. 주동토압 계산은 <식 (2)>에 의한다.

$$H = K_a (L + \gamma_t \cdot h_1 + \gamma_{sub} \cdot h_2) \quad (2)$$

여기서, 주동토압계수(K_a)의 산정식은 안정검토시에는 Rankine토압공식, 부재계산시에는 Coulomb토압공식을 사용한다.

③ 흙의 단위체적중량과 내부마찰각

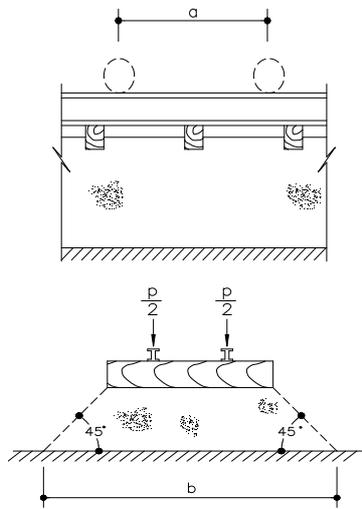
흙의 단위체적중량과 내부마찰각은 시추자료, 토질시험 값 등과 같이 지반조사 자료의 분석과 경험을 종합적으로 고려한 값을 사용한다. 다만, 사질토로서 시험에 의하지 않았을 경우에는 토질공학적 근거에 입각한 관계식이나 <표 4>의 일반적인 시험값을 참고적으로 사용할 수 있다.

표 4. 토압계산에 사용되는 일반적인 흙의 단위체적중량과 내부마찰각(참고사항)

| 흙의 종류 | 상대밀도 | 단위체적중량 (kN/m ³) | 각도 (rad) |
|--------|------|--------------------------------|-------------|
| 모래, 자갈 | 조밀 | 20.0 | 0.576 |
| | 보통 | 19.0 | 0.524 |
| | 느슨 | 18.0 | 0.489 |

④ 상재하중

가. 열차하중에 의한 상재하중은 <식 (3)>으로 계산한다.



$$q = p / (a \times b) \quad (3)$$

q : 등분포하중(kN/m²)

p : 열차축하중(kN)

a : 축간 거리(m)

b : 열차하중의 횡방향 분포폭(m)

그림 2. 열차하중에 의한 상재하중

나. 연도건물 하중은 W/A 로 산정 고려한다. (W : 건물중량, A : 건물면적)

다. 기타 상재하중은 각기 그 하중에 대한 산출방법으로 산출한다.

(6) 수압

지하수에 의한 수압계산은 <식 (4)>에 의한다.

$$F = \gamma_w \cdot h \quad (4)$$

여기서, F : 정수압(kN/m²)

γ_w : 물의 단위체적중량(kN/m³)

h : 지하수의 깊이(m)

정수압 산정에 적용되는 지하수위는 실제 조사수위를 기준으로 지하수 변동요인을 고려하여 정한다.

(7) 부력

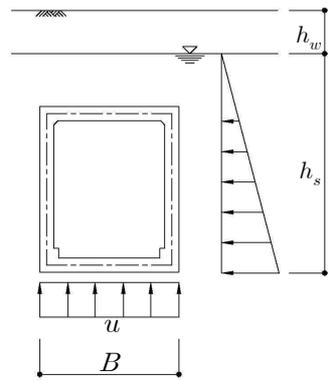
① 지하박스 구조물 설계시 부력에 대한 안정성 여부를 검토해야 한다.

② 부력에 대한 안전여부는 공사중과 완공후로 구분하여 검토해야 하며, 공사중에 공사 단계별 조건 중에서 가장 위험한 조건에서 검토해야 하며, 완공후의 안전검토는 「③항」의 기준에 의한다.

③ 부력 계산의 세부기준

가. 부력

부력(U)은 구조물 바닥폭(B) 전면에서 수압(u)을 균등하게 작용시킨다.



$$U = \gamma_w \cdot h_s \cdot B \quad (5)$$

$$(u = \gamma_w h_s)$$

· 여기서,

U : 부력(kN/m)

γ_w : 물의 단위체적중량(kN/m³)

h_s : 지하수의 심도(m)

B : 구조물에 작용하는 부력의 폭(m)

그림 3. 부력작용도

나. 저항력

- 부력에 대한 저항력(R)은 고정하중인 구체자중 및 상재 고정하중과 측면 마찰력(P_s)의 총합으로 한다.
- 구체자중(W_1)은 구조물자중 만을 고려한다.
- 상재고정하중(W_2)은 포장하중과 지하수의 영향을 고려하여 구한다.
- 지하수위 이하의 토피하중은 지하수위 이하 흙의 단위체적중량(γ_{sub})을 기준으로 하고 연직수압은 추가로 고려해야 한다.
- 저항력 $R = W_1 + W_2 + P_s$ (6)

$$P_s = 2 \cdot C \cdot D + K_u \cdot \gamma \cdot D^2 \cdot \tan \delta$$

여기서, C : 점착력(kN/m²)

D : 적용점의 심도(m)

K_u : 토압계수로서 흙의 변형상태로부터 발생하는 정지토압계수 K_o 에서 수동토압계수

K_p 사이에 있는 값이나 안전을 고려하여 정지토압계수($K_o = 1 - \sin \phi$) 적용

γ : 양압력을 고려하는 습윤상태의 단위체적중량(kN/m³)

$\tan \delta$: 파괴면이 비교적 구조물 벽면에 인접하여 있으므로 구조물과 지반의 상대마찰각이며 $\delta = 2/3\phi$ 로 적용($\tan 2/3\phi$) 단, 구조물 벽체와 주변 뒷채움 흙과의 측면마찰력은 재질간의 불확실성을 고려하여 무시한다.

다. 안정 검토

- 부력에 대한 안전율(F_s)은 <식 (7)>을 만족해야 한다.

$$F_s = \frac{R}{U} \quad (7)$$

- 실제조사수위 적용시 : $F_s \geq 1.2$
- 공사중 적용시 : $F_s \geq 1.1$
- 지하수위 GL-1.0m 적용시(극한상황) : $F_s \geq 1.05$
- 부력에 대한 안전을 부족시에는 별도의 필요한 조치를 해야 한다.

라. 영구 구조물에서 부력방지용 인장말뚝 설치시에는 인장말뚝의 앵커인장력을 구조 계산시 고려해야 한다.

(8) 온도하중

온도하중은 공사중과 완공후로 분리하여 검토해야 한다. 복토 후 토피가 1.0m 이상 일 경우에는 온도변화를 고려치 않으며, 토피가 1.0m 이하일 경우에는 <식 (8)>에 따른다.

$$t = a \times t_o \quad (8)$$

t : 박스 구조물의 상부 슬래브에 작용하는 온도변화

a : 토피 심도에 따른 저감률 $a = 1 - h_o$ (h_o : 토피심도)

t_o : 지표면에서의 기본온도 변화

- 상부 슬래브 700mm 이상인 경우 $t_o = \pm 10^\circ\text{C}$
- 상부 슬래브 700mm 미만인 경우 $t_o = \pm 15^\circ\text{C}$

(9) 콘크리트의 건조수축

- ① 구조물의 설계에는 콘크리트 건조수축의 영향을 고려해야 한다.
- ② 부정정구조물의 설계에 사용하는 건조수축 변형률은 일반적으로 0.00015로 한다.
- ③ 특히 구조물의 횡단면, 정거장과 본선연결부 주위, 갱구접합부분, 환기구 주위 등에서 온도변화 및 건조수축에 의한 영향을 고려해야 한다.

(10) 지진하중

지하철도 구조물은 지진의 영향을 고려하여 「KR C-02040 내진설계」에 대하여 설계해야 한다.

(11) 가설하중

시공시에 완성시보다 불리한 하중이 작용한다면 시공시 하중을 고려해야 한다. 특히 정거장, 환기구, 집수정 등의 중간슬래브 설계시 중간슬래브가 상부슬래브 콘크리트 타설 하중을 지지할 수 있도록 고려해야 한다.

(12) 기타하중

상기하중 이외의 하중을 고려할 필요가 있는 경우에는 그 상황에 따라 정한다.

5.1.3 하중계수 및 하중조합

- (1) 본 지침에 따라 구조물을 설계할 때의 하중계수와 하중조합은 「KR C-08020 하중」에 따른다.



- (2) 내진설계의 하중계수 및 하중조합은 「KR C-08020 3.5 철근콘크리트 구조부재의 내진설계」에 따른다.
- (3) 지하구조물 설계 시 상부에 열차하중이 재하되지 않고 노면 활하중이 도로하중인 경우의 하중계수 및 하중조합은 「콘크리트구조기준(2012) 3.3.2항」에 따른다.

5.2 설계강도

5.2.1 설계강도

구조물의 부재, 부재간의 연결부 및 각 부재 단면의 휨모멘트, 축력, 전단력, 비틀림모멘트에 대한 설계강도는 공칭강도에 강도감소계수(ϕ)를 곱한 값으로 해야 한다.

5.2.2 강도감소계수(ϕ)

- (1) 강도감소계수는 「KR C-10020 강도설계법 3. 강도」에 따른다.
- (2) 지하구조물 설계 시 상부에 열차하중이 재하되지 않고 노면 활하중이 도로하중인 경우의 강도감소계수는 「콘크리트구조기준(2012) 3.3.3항」에 따른다.

6. 재료의 특성

6.1 콘크리트의 강도

콘크리트의 설계기준강도는 재령 28일의 원주형 공시체의 강도로 한다.

6.2 철근의 강도

- (1) 철근의 강도는 KS D 3504(철근콘크리트용 봉강)에 따라야 한다.
- (2) 지하철도 구조물에 사용되는 철근의 종류는 일반적으로 SD 400 이하로 한다.

6.3 구조물별 기준 강도

(1) 콘크리트

콘크리트 설계기준 강도는 <표 5>의 값 이상을 적용한다.

(2) 철근

철근 종류별 항복점 응력은 「KR C-09010 3. 구조용 강재」에 따른다.

6.4 탄성계수 및 포아송비

콘크리트의 탄성계수 및 포아송비는 「KR C-10010 4. 재료」에 따른다.

표 5. 구조물 종류별 콘크리트 설계기준강도

| f_{ck} (MPa) | 적용대상 구조물 |
|----------------|---|
| 27 이상 | · 지하부 본선 구체, 정거장, U형 옹벽 · 출입구, 환기시설등 주요 부대시설 |
| 24 이상 | · 옹벽 구체 (중력식 옹벽 제외) |
| 18 이상 | · 중력식 옹벽 · 무근 콘크리트 구조 · 흙막이벽 콘크리트 |
| 15 이상 | · 바닥 고르기 콘크리트 (생산 가능한 설계 기준강도 적용) |

7. 구조해석 및 단면설계

7.1 일반사항

- (1) 단면의 설계에는 「5. 설계하중 및 설계강도」에 따라 지하수가 있을 때와 없을 때의 2 가지 경우로 하중을 각각 산정하여 필요한 하중조합으로 재하시켜 얻은 부재력 중 가장 불리한 부재력으로 단면을 설계한다.
- (2) 구조해석시 지점조건은 연직, 수평방향 스프링을 설치하거나 힌지, 롤러를 설치하는 방법이 적용될 수 있으며 실제 지반조건을 고려한 방법을 적용토록 한다.
- (3) 구조형상 및 단면은 구조물의 내공치수를 확보하고, 관련규정에 부합되며 안전도와 사용성을 고려하여 설계해야 한다.
- (4) 기초지반이나 단면의 변화가 있는 구간에 대하여는 단면별 계산단면을 선정하여 구조검토를 실시해야 한다.
- (5) 구조물 특성에 따른 균열, 처짐, 진동, 피로에 따른 사용성 검토를 해야 한다.

7.2 경간

- (1) 받침부와 일체로 되어 있지 않은 단순부재의 경간은 순경간에 보나 슬래브의 두께를 더한 값을 경간으로 한다. 그러나 그 값은 받침부의 중심간 거리를 넘을 필요는 없다.
- (2) 골조 또는 연속구조물의 해석에서 휨모멘트를 구할 때 사용하는 경간은 받침부의 중심간 거리로 한다. 이때 받침부와 일체로 시공된 보나 주형의 단면설계에서는 받침부 전면에서의 모멘트 값을 사용해도 좋다.
- (3) 받침부와 일체로 된 3.0m 이하의 순경간을 갖는 슬래브에서는 그 지지보의 폭이 없는 것으로 보아 순경간을 경간으로 하는 연속보로 설계할 수 있다.

7.3 지하철도 구조물의 해석 모델

- (1) 모든 구조물은 해석 가능한 모델로 이상화 하고 부재는 도심축과 일치하도록 하며



현치에 의한 도심의 변화는 고려하지 않는 것으로 한다.

(2) 지점의 경계조건은 기초지반의 종류에 관계없이 저판의 모든 부위에 지반반력 계수와 설치 간격으로부터 환산된 스프링을 설치(간격 1.0m 이내)한 모델로 계산하는 것으로 하고 부력에 의하여 스프링에 인장이 발생할 경우 인장을 받는 스프링은 차례로 제외시켜 최종적으로 압축만 받는 스프링만 남겨둔 상태의 모델해석 결과를 취해야 한다. 다만, 암반지반에서는 벽체 또는 기둥 하단부위에 회전 또는 이동지점의 경계조건을 부여할 수 있다.

(3) 지반반력계수

① 토사지반

연직방향 지반반력계수는 각종 조사 및 시험결과에 의해 얻어진 변형계수 및 기초

의 재하폭의 영향을 고려하여 정한다.

$$K_v = K_{vo} (B_v/0.3)^{-3/4} \quad (9)$$

여기서, K_v : 연직방향 지반반력계수(kN/m³)

K_{vo} : 지름 300mm의 강체원판에 의한 평판재하시험의 값에 상당하는 연직방향 지반반력계수(kN/m³)로서 각종 토질시험·조사에 의해 구한 변형계수로부터 추정하는 경우는 다음 식에 의한다.

$$K_{vo} = \frac{1}{0.3} \alpha E_o$$

B_o : 기초의 환산재하폭(m)으로 구조물 저판의 지간을 적용

E_o : <표 6>에 표시한 방법으로 측정 또는 추정된 설계의 대상이 되는 위치에서의 지반의 변형계수(kN/m²)

α : 지반반력계수의 추정에 쓰이는 계수(<표 6> 참조)

표 6. E_o 와 α 값

| 변형계수 E_o (kN) | α | |
|---|----------|-----|
| | 평상시 | 지진시 |
| 지름 300mm의 강체원판에 의한 평판재하시험을 반복시킨 곡선에서 구한 변형계수의 1/2 | 1 | 2 |
| 시추공 내에서 측정된 변형계수 | 4 | 8 |
| 공시체의 1축 또는 3축 압축시험에서 구한 변형계수 | 4 | 8 |
| 표준관입시험의 N값에서 $E_o = 2,800N$ 으로 추정된 변형계수 | 1 | 2 |

나. 암반지반

지반반력 계수는 시험성과가 있을 때에는 시험값을 사용하되, 시험값이 없는 경우에는 암반의 공학적 특성값(변형계수, 일축압축강도, RQD 등)과의 상관관계에서 구하여 사용한다.

7.4 연속 휨부재의 부모멘트 재분배

「콘크리트구조설계기준 3.4.2 연속 휨부재의 부모멘트 재분배」에 따른다.

7.5 사용성 검토

구조물 또는 부재가 설계목표 연한중 기능과 성능을 유지하기 위하여, 사용하중 하에서의 사용성과 내구성을 검토해야 한다. 사용성 검토는 균열, 처짐, 피로의 영향 등을 말하며 「콘크리트구조설계기준 제4장 사용성 및 내구성」에 따른다.

8. 구조 상세내용 정리

8.1 철근에 대한 일반 구조상세

(1) 철근상세 일반사항

「KR C-10040 2. 기호」에 따른다.

(2) 철근의 가공

「KR C-10040 3. 철근가공」에 따른다.

(3) 철근의 배치

「KR C-10040 4. 철근배치」에 따른다.

(4) 철근의 피복두께

「KR C-10040 5. 최소피복두께」에 따른다.

(5) 개구부 주변의 보강

출입구, 환기구 등의 개구부에 대해서는 별도의 단면해석을 하여 배근하고 특히, 끝부분은 별도 보강해야 한다.

(6) 구조변화 경계부의 종방향 보강

구조변화 경계부의 종방향 보강은 횡방향 보강보를 설치하여 접속부를 종방향으로 확실하게 보강해야 하며, 특수한 구간에 대해서는 구조해석을 하여 검토해야 한다.

- ① 지하철도 구조물중 본선과 정거장 경계부 또는 본선과 유치선 경계부등 기둥배치가 끝나는 부분이나 종방향으로 단면이 변경되어 접속되는 구조물
- ② 종방향으로 토질조건이 급격한 변화부
- ③ 기존구조물의 영향으로 종방향 힘의 증대가 예상되는 부분



④ 종방향으로 상부토피가 급격하게 변화되는 부분

⑤ 연약지반 구간

(7) 수축 및 온도에 대한 철근

휨철근이 1방향으로만 배치되어 있는 경우에는 이 휨철근에 직각방향으로 최소 철근을 두어야 한다. 이때 콘크리트 총단면적에 대한 철근비 ρ 는 온도에 대한 구조거동을 검토하지 않는 한 벽체 $\rho_{\min} = 0.0030$ 이상, 슬래브 $\rho_{\min} = 0.0025$ 이상 이어야 한다.

(8) 철근의 정착

「KR C-10040 10. 철근의 정착」에 따른다.

(9) 철근의 이음

「KR C-10040 14. 철근의 이음」에 따른다.

(10) 전단과 비틀림

「KR C-10020 7. 전단에 대한 설계」 및 「KR C-10020 8. 비틀림에 대한 설계」에 따른다.

8.2 기둥의 구조상세

압축부재의 설계 상세는 「KR C-10040 6. 압축부재의 최소철근」 및 「KR C-10040 7. 부재에서 횡철근」에 따른다.

8.3 라멘의 구조상세

(1) 일반사항

① 라멘의 접합부 모서리에는 헌치를 두는 것으로 한다.

② 라멘 접합부의 주철근은 서로간의 배치관계를 고려하여 단면력이 확실하게 전달되도록 배치해야 한다.

③ 구조물의 최외측 접합부는 「KR C-10100 6. 구조상세」의 조건에 따라 배근한다.

④ 접합부 모서리 측면은 시공 중에 동바리의 변형이나 기둥이 연직방향반력의 영향에 의해 연직방향으로 균열이 발생할 위험이 있으므로 수평방향의 보강철근을 배치해야 한다.

⑤ 헌치는 경사면에 연하여 보강철근을 추가로 배치해야만 한다. 헌치는 계산상 필요로 하지 않는 경우에도 보강철근을 배치해야 한다.

⑥ 라멘의 접합부 모서리 부분은 콘크리트의 시공이음을 고려하여 배근해야 한다.

⑦ 부재 접합부 및 그 부근은 주철근의 이음을 두지 않아야 한다.

(2) 구조상세

「KR C-10100 6. 구조상세」에 따른다.

8.4 신축이음

- (1) 지하철도의 개착식 박스 구조물은 일반적으로 신축이음이 없는 연속한 구조물로 하는 것으로 하고, 연약지반으로 인한 부등침하나 지진의 영향이 크다고 생각되는 경우는 신축이음을 설치할 수 있다.
- (2) 특히 지하철도 본체구조물과 부대시설(환기구, 출입구등)의 접합부는 상이한 설계조건 및 외부온도 변화의 영향 등에 따라 발생할 수 있는 구조적으로 다른 거동과 힘을 흡수 또는 통과시킬 수 있도록 설계되어야 하며 접합부에는 신축이음을 둘 수 있다.
- (3) 구조물의 시공이음은 길이방향으로 18m를 초과해서는 안 된다.
- (4) 시공이음의 구조에서는 철근을 연결하고 단면 내에 홈을 두는 등 전단키를 설치하여 힘의 전달이 확실하게 되도록 하며, 물의 침투가 되지 않도록 사용되는 재료의 재질, 규격, 설치방법 등을 검토해야 한다.

8.5 환기구 구조물

(1) 환기구 계획·설계

- ① 환기구 최소높이는 바닥으로부터 2m 이상으로 설치하여야 한다. 다만, 사람이 올라 설 수 없는 구조로 설치하는 경우나 접근을 차단하는 구조로 하는 경우에는 예외로 한다.
- ② 공중에 시각적으로 노출되는 환기구는 도시미관 등을 고려하여 투시형으로 설치할 수 있으며, 필요한 경우 출입문 및 잠금장치를 설치할 수 있다.
- ③ 배기용 환기구를 부득이 보도공간에 바닥형으로 설치할 경우, 보도의 최소 유효폭을 확보하여야 하고, 유입방지턱 높이는 지형조건과 노면유량을 고려하여 0.2m 이상 설치하여야 한다.
- ④ 환기구 덮개는 급작스러운 탈락이 발생하지 않도록 충분한 강도의 콘크리트 걸침턱에 걸치도록 하는 구조로 하며 걸침턱의 폭은 50mm 이상으로 한다.

(2) 환기구 덮개 하중

- ① 환기구를 보도에 설치하여 보행인의 통행을 허용하는 경우 보행시설을 지지하는 덮개 및 지지부재의 설계에는 5kN/m^2 의 등분포 활하중이 작용하는 것으로 하며 이때 허용처짐은 $\frac{L}{360}$ 이하로 한다.
- ② 환기구 위로 도로차량의 통행이 예상되는 경우에는 차량하중에 의한 단면검토를 하여야 한다.
- ③ 환기구 위로 보행인의 통행이 없는 경우에는 상부 덮개 및 지지부재 설계에 사용하는 등분포 활하중은 1kN/m^2 을 적용하며 허용처짐은 $\frac{L}{240}$ 이하로 한다.



(3) 환기구 설계시 고려사항

- ① 통행이 빈번하거나 가로수와 가까운 도로에 위치하여 가연성 물질의 투입이 예상되는 환기구에는 그물철망을 추가로 설치하여야 한다.
- ② 덮개는 외부인이 임의로 들어 올리지 못하도록 시건장치 설치 등의 조치를 하여야 한다.

9. 철도 지하횡단 공법

9.1 철도지하횡단 구조물 계획

철도지하횡단 구조물 공사는 선로조건, 입지조건, 기존 구조물, 선로 하부 지장물, 지형, 지질, 지하수, 환경, 관련 법규 및 규제 등을 고려하여 계획해야한다.

9.2 철도지하횡단 구조물 선정

철도지하횡단공법은 현장조건을 고려한 여러 가지 구조형식과 시공법을 대상으로 공사비, 공사구간을 비교 검토하고, 열차서행 유무 및 정도, 선로폐쇄 대상 여부, 향후 선로 유지관리 등을 종합적으로 고려하여 선정해야 한다.

해설 1. 일반사항

지하구조물에서는 지하정거장을 포함한 개착식 박스구조물과 가시설 흙막이 구조물 및 기초 등의 계획, 설계 및 시공에 대하여 안전하고 경제적이며 합리적으로 수행할 수 있도록 참고자료를 제공하며, 철도설계기준(2011. 국토해양부)을 토대로 그 내용 면에서 일부 보완하는 역할도 포함하여 반영하였다.

- (1) 일반사항 : 지하구조물 구성 및 내용
- (2) 지하구조물의 설계절차 : 기본설계 및 실시설계시 고려되어야 할 내용과 절차를 도
심지 지하철 설계를 중심으로 하여 제시(일반철도구간과는 다소 상이할 수 있음)
- (3) 지하구조물의 설계 : 정거장 구간과 본선 박스 구조물에 대한 설계절차, 설계기준 및
설계예제 제시

지하구조물은 다음 설계기준 및 시방서 등을 참고하여 정리하였다.

- ① 철도건설규칙(국토해양부 : 2009)
- ② 철도설계기준(노반편, 국토해양부 : 2011)
- ③ 콘크리트 구조설계기준(한국콘크리트학회 : 2007)
- ④ 도로교 설계기준(국토해양부 : 2010)
- ⑤ 구조물기초 설계기준(국토해양부 : 2008)
- ⑥ 철도공사전문시방서(노반편, 건설교통부 : 2011)
- ⑦ 도시철도공사 표준시방서(건설교통부 : 1998)
- ⑧ 토목공사 일반 표준시방서(건설교통부 : 2005)
- ⑨ 도시철도 내진설계기준(국토해양부 : 2009)



해설 2. 지하구조물의 설계 절차

1. 단계별 설계사항

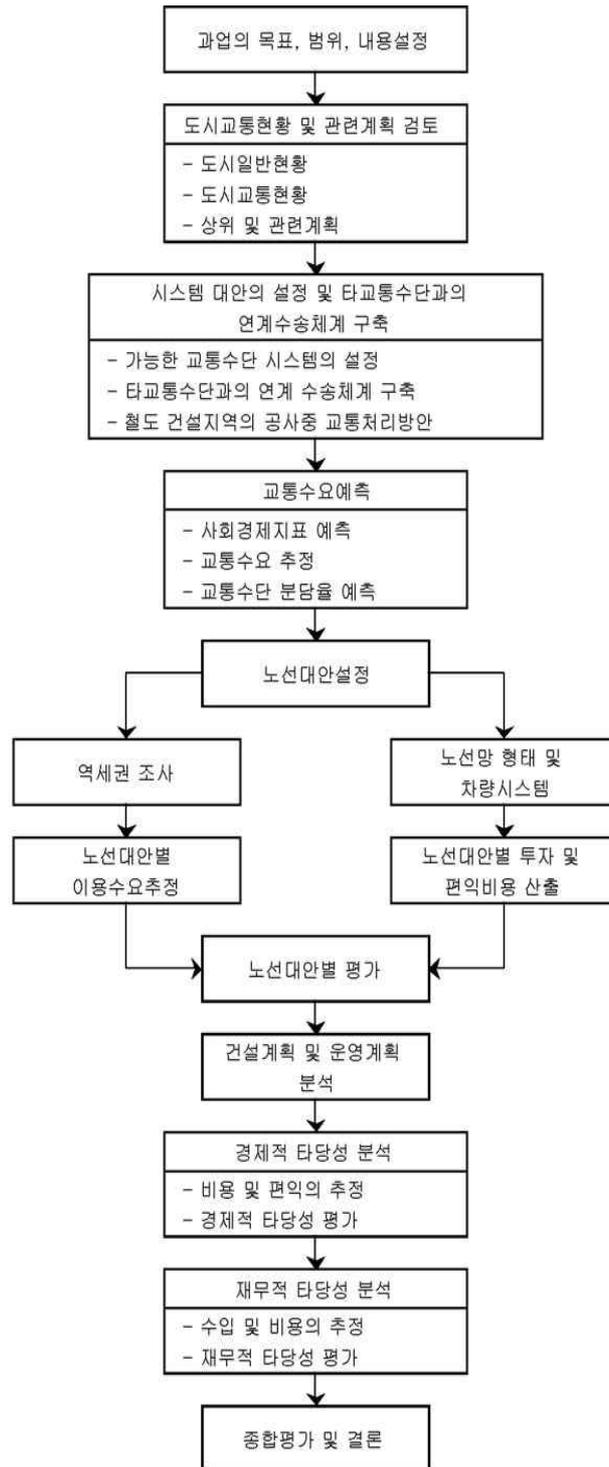


그림 4. 타당성 조사 및 기본계획 흐름도

1.1 기본설계

1.1.1 업무의 범위

지하구조물의 기본설계는 확정된 사업계획과 타당성조사, 기본계획을 토대로 공사의 규모, 시설물의 배치, 실시설계 방침 등 공사계획의 제반조건 및 기본적인 사항 등을 정하는 설계이다.

기본계획에 의해서 결정된 노선에 관하여 평면선형, 종·횡단선형의 비교안을 책정하여, 시공성, 경제성, 유지관리, 주행성, 안전성 및 환경 등이 종합적인 검토와 구조물의 위치, 개략형식, 기본치수를 계획하고 기술적, 경제적 관정에 의한 노선의 중심선을 결정하는 것을 목적으로 한다.

또, 과업지시서에 근거하여 중심선 좌표의 계산을 실시한다. 또한 여기서 결정된 중심선에 따라서 행하여진 실측 노선측량에 의한 실측도를 작성하고 주요 내용들을 결정하는 업무이다.

1.1.2 조사 업무

(1) 현지 답사

- ① 계약자는 기본계획시 수행한 내용을 최대한 반영하고, 필요에 따라 계약자는 그 이유를 밝히고 조사내용에 관해서 발주자에게 보고한 후, 지시를 받는다.
- ② 수급인은 설계도서에 가리킬 예정노선의 해당 계획 지역에서의 지형, 지물, 식생, 용배수, 토지이용상황 및 문화재를 파악·확인한다. 또 현지조사(측량, 지질조사 등)를 하는 경우, 도급자는 그 이유를 밝히고 조사내용에 관해서 발주자에게 보고한 후 지시를 받는 것으로 한다.

(2) 측량

- ① 측량을 실시하기 전에 측량작업 계획서를 작성하여 발주자에 제출하도록 한다.
- ② 측량은 측량법과 공공측량 작업규정에 관한 기준에 의거하여 시행하도록 한다.
- ③ 현황측량, 중심선측량, 종·횡단측량 등 과업수행에 필요한 측량의 종류, 정도를 기록한다.
- ④ 하도급으로 시행하는 경우에는 발주자에 하도급 내용을 제출하여 승인을 받도록 한다.
- ⑤ 측량도 작성 축척 및 각종 측점의 간격 등을 기재한다.
- ⑥ 성과품(원도, 야장)보관을 철저히 한다.
- ⑦ 측량의 상세한 규정은 각 발주자의 규정에 따르도록 한다.

(3) 지장물 조사

- ① 계획시설물의 설계 및 시공에 영향을 미치는 지장물을 조사하도록 한다.
- ② 계획지역내 각종 지하매설물과 지상시설물 및 장애물을 조사한다.



(4) 지표 지질조사

- ① 지표 지질 조사는 현장 정밀조사 이전에 지형, 지질구조, 암질, 토질, 지하수 등의 종류, 분포 및 상태 등을 개괄적으로 파악하여 본조사를 실시할 때에 기본자료로 활용하고 본 조사의 경제적 및 시간적 효율을 높이기 위해 실시한다.
- ② 지표 지질조사를 통하여 단층, 습곡, 절리 등 지질구조도를 작성하고 암석의 분포상 태나 특성을 파악하여 지질재해 등의 가능성을 검토하여야 한다.

(5) 토취장, 골재원, 사토장 조사

- ① 골재원의 위치, 종류, 골재 생산추이 등을 조사한다.
- ② 해당 지방자치단체에서 수행하고 있거나 또는 추진 예정인 각종 공사장에서 발생할 토공량, 암굴착량, 성토여유, 사토량 등을 조사하여 기재한다.

1.1.3 계획 업무

(1) 관련계획 검토

- ① 타당성 조사시 수집된 내용들을 검토하고 최대한 설계에 반영하도록 한다.
- ② 추가로 검토할 내용이 있을 때는 발주자에게 그 이유를 설명하고 승인을 득한 후 실시하도록 한다.

(2) 교통량 추정 및 교통처리 계획

- ① 전 단계의 교통영향평가의 성과를 최대한 활용하도록 한다.
- ② 계획시설물 설치에 따른 계획지역의 장래 교통량을 추정하도록 한다.
- ③ 장래 교통량을 기준으로 하여 예상되는 교통영향을 검토하도록 한다.
- ④ 교통영향 검토에 따라 주변의 교통처리계획을 수립하도록 한다.
- ⑤ 공사시 교통관리 계획은 교통량과 주변의 도로현황을 충분히 조사, 분석하고 유관기관과 협의하여 가장 적합한 방안을 수립하여 체계적인 교통처리가 될 수 있도록 한다.

(3) 수리, 수문 검토

- ① 계획 시설물의 설치로 인한 수리, 수문 영향을 분석하여 수문 및 배수계획을 설계에 반영하도록 한다.
- ② 관련하천 정비계획 및 기설계, 조사 사항을 검토 분석하여 설계에 반영하도록 한다.

(4) 개략 굴착방법 및 공법검토

개략적인 굴착공법을 선정하고 각 공법별로 비교, 분석하는 작업을 하도록 한다. 굴착공법의 선정은 유사현장 지반조건 및 인접지형, 지질상태를 파악하여 비교 검토하여야 한다.

(5) 민원사항 검토

계획 시설물 설치에 따라 주변에 미치는 영향과 민원을 최소화 할 수 있는 방안을 검토하도록 한다.

(6) 타당성조사 및 기본계획 성과품의 검토

앞서 실시한 타당성조사 및 기본계획의 성과품을 검토, 분석하여 조사, 계획, 설계업무의 각 결과값을 기본설계에 최대한 활용하며, 만일 재검토가 필요한 경우 발주자의 승인을 받아 다시 실시하도록 한다.

(7) 설계기준 작성 및 기타

- ① 설계도서 작성기준에 명시된 설계기준, 조건이외에 본 과업수행에 필요한 각종 설계기준 조건을 작성하여 상세 설계시에 사용하도록 한다.
- ② 도심통과구간의 지역여건과 전철노선성격 등을 감안하여 설계기준을 설정한다.
- ③ 상기 기본계획사항은 발주자의 검토를 거쳐 확정한다.

1.1.4 설계 업무

기본설계 단계의 설계업무를 예비설계라 말하며, 예비설계의 중요한 내용은 다음과 같다.

(1) 설계 조건

- ① 계획시설물의 노선, 연장, 폭원 등이 정해진 경우에는 이를 기재한다.
- ② 설계하중에서 주하중이 되는 계획대상 차량하중에 대해 기재하며, 특히 통상적인 설계하중 이외의 하중(상수도관, 케이블, GAS관 및 기타)이 예상되는 경우에는 반드시 기재한다.
- ③ 계획지역의 교통혼잡도, 지형, 주변현황, 계획도로의 구분 등을 고려하여 차량의 설계속도를 규정한 경우에는 이를 기재한다.
- ④ 일반적인 설계방법, 시방서 및 지침 이외의 특정한 사항이 요구되는 경우에는 반드시 발주기관에서 요구하는 설계방법, 기준, 시방서 및 지침 등에 대해 기재한다.
- ⑤ 관급자재가 있는 경우에는 관급자재의 종류, 설계강도 등과 같은 특성, 공급방법 등을 기재한다.
- ⑥ 실시설계를 위한 설계기준을 작성하도록 기재한다.(실시설계 별도 발주시)
- ⑦ 지반의 피압수 및 지하수에 대한 자료가 있을 때에는 이를 기재한다.

(2) 지반조사 평가

- ① 지하구조물설계시 역학조건을 만족하기 위하여는 지반조사 결과에 대해 반드시 평가를 수행하여야 한다.
- ② 지반평가는 심도별 지반특성이 파악되도록 하여, 현위치 지반의 역학적 특성을 파악할 수 있도록 현장시험 및 실내역학시험을 병행하여 실시하도록 한다.
- ③ 시험수량 및 종목은 한국지반공학회 발행 관련도서(터널)에 따른다.
- ④ 각종 계산시 평가된 정수를 반영하여야 한다.

(3) 노선설계

- ① 평면 및 종단선형의 위상이 잘 조화되도록 최적의 설계를 한다.



- (나) 지하구조물노선을 가능한 한 지반조건이 양호한 곳을 통과하도록 한다.
 - (다) 주위의 지형, 도시화의 상황 등 년도의 환경에 따라 최적의 선형을 설계한다.
 - (라) 전, 후 선형과의 조화를 고려하여 급구배와 작은 반경의 곡선은 가능한 피하여 설계한다.
 - (마) 추정 교통량이 매우 많은 경우는 가능한 작은 곡선은 피하여 설계한다.
 - (바) 도시계획 도로계획시 도로는 도로설계기준에 의한 계획, 곡선 및 편구배에 따른 확폭을 감안하여 설계에 적용하고, 수로인 경우는 유하방식에 따라 구분하여 적용한다.
- (4) 평면설계
- ① 현황도를 이용하여 설계기준, 시방서, 지침에 따라 가장 합리적인 설계가 되도록 검토한다.
 - ② 현황도상에 구조물의 위치, 방수 및 배수계획, 환기설비, 지장물 등을 검토하여 설계하도록 한다.
- (5) 종단설계
- ① 실측 종단도상에 측량, 지반조사 자료를 활용하여 가장 합리적인 종단설계가 되도록 한다.
 - ② 구조물의 최소 토피는 구조물의 구조적 안전영역의 범위가 확보되도록 결정한다.
 - ③ 종단선형은 정거장의 심도가 최소가 되도록 하여 기울기가 완만하게 계획해야하며, 원활한 배수가 되도록 계획하여야 한다.
 - ④ 곡선 및 편구배에 따른 확폭을 감안하여 설계에 적용한다.
- (6) 내공단면계획
- 내공단면은 시설의 목적 및 기능에 따라 소요 건축한계와 선형조건에 따른 확폭량, 구조물내 제반설비의 시설공간, 유지관리에 여유폭 등을 고려하여 정하여야 한다.
- (7) 방수 및 배수계획
- ① 방수방식에는 배수형 방수방식과 비배수방식으로 구분된다.
 - ② 방수방식은 현장상황과 구조물형상 및 규모 등의 구조물조건을 감안하여 공사의 시공성, 경제성, 유지관리성 등을 종합 검토하여 결정하여야 한다.
- (8) 공법계획
- 적용공법은 지반조건, 지하수위, 인접구조물 및 매설물, 공사별 기간, 시공성, 안전성, 환경조건을 종합적으로 고려하여 선정하도록 한다.
- (9) 가시설 및 부대시설계획
- ① 가시설은 본선구조물, 정거장 구조물 및 수직환기구나 작업구 설치를 위해 계획하여야 한다.
 - ② 작업구는 설치목적, 기능에 따른 공사설비, 터널본체와의 연결성 시공 장비투입 원

활성을 감안하여 설치한다.

(10) 부대시설은 환기구 피난갱, 유지보수시설 등과 조명, 비상용시설 등이 조합되어 시공성, 유지관리성이 종합적으로 연관되어 검토, 계획되어야 한다.

(11) 기타

- ① 환기방식 검토
- ② 방재계획 검토
- ③ 유지관리시설 검토
- ④ 시공성을 고려한 설계검토

1.2 실시설계

1.2.1 업무의 범위

지하구조물의 실시설계는 기본설계를 구체화하여 실제시공에 필요한 내용을 설계도서에 표기한 것을 말한다.

지하구조물의 실시설계는 기본설계로 확정된 중심선위치, 선형 등에 근거하여 공사에 필요한 상세 구조를 설계하고, 경제적이고 또한 합리적으로 공사의 비용을 예정하기 위한 자료를 작성하는 것을 목적으로 한다. 또, 기본설계로 확정해야 할 요건이 확정되어 있지 않은 경우, 혹 변경할 필요가 있는 경우는, 각 발주처의 과업지시서에 근거하여 설계를 하는 것으로 한다.

1.2.2 조사 업무

수급인은 타당성조사 및 기본계획, 기본설계에서 실시한 조사업무의 자료를 모두 최대한 설계에 활용하도록 해야 하며, 재조사가 필요하다고 판단될 때는 이를 발주자에게 보고하고 승인을 득한 후 실시하도록 한다.

1.2.3 계획 업무

타당성조사 및 기본계획, 기본설계에서 실시한 계획업무의 자료를 모두 설계에 활용하도록 해야 하며, 만일 재검토가 필요하다고 판단될 때는 이를 발주자에게 보고하고 승인을 득한 후 실시하도록 한다.

(1) 전단계 용역 성과품의 검토

앞서 실시한 타당성조사 및 기본계획, 기본설계의 성과품을 검토, 분석하여 조사, 계획, 설계 업무의 각 결과값을 실시설계에 최대한 활용하며, 만일 재검토가 필요한 경우 발주자의 승인을 받아 다시 실시하도록 한다.

(2) 굴착방법 및 공법 검토

- ① 굴착공법은 유사현장 지반조건 및 인접지형, 지질상태를 파악하여 비교, 검토하여 결정하도록 한다.
- ② 공법 또한 주변시설물에 미치는 영향을 충분히 검토하여, 공사시 발생될 수 있는 민원을 최소화하고, 환경오염이 적은 공법을 비교, 검토하여 선정하도록 한다.



③ 굴착방법은 유사현장 지반조건 및 인접지형 및 지질상태를 파악하여 비교, 검토하도록 한다.

④ 기계굴착 및 발파굴착에 대해 비교, 검토하여 적용성을 판단하도록 한다.

1.2.4 설계 업무

실시설계 단계의 설계업무를 상세설계라 말하며, 상세설계의 중요한 내용은 다음과 같다.

(1) 설계조건

(2) 지반조사 평가

(3) 방수 및 배수설계

① 방수방식에는 배수형 방수방식과 비배수방식으로 구분된다.

② 방수방식은 현장상황과 구조물형상 및 규모, 지반조건을 감안하여 공사의 시공성, 경제성, 유지관리성 등을 종합 검토하여 결정하여야 한다.

(4) 공법선정

① 적용공법은 지반조건, 지하수위, 인접구조물 및 매설물, 공사별 기간, 시공성, 안전성, 환경조건을 종합적으로 고려하여 선정하도록 한다.

② 지하철의 내공단면은 구조물의 목적 및 기능에 따라 소요 건축한계와 선형조건에 따른 확폭량, 제반설비의 시설공간, 유지관리에 필요한 여유폭 등을 고려하여 정하여야 한다.

(5) 가시설 설계

① 가시설은 수직환기구나 작업구 설치를 위해 계획하여야 한다.

② 작업구는 설치목적, 기능에 따른 공사설비, 본체와의 연결성 시공장비투입 원활성을 감안하여 설치한다.

③ 가시설은 지반조건, 인접구조물, 굴착규모 및 시공방법에 따라 구분될 수 있도록 설계한다.

④ 흙막이공은 설치 및 해체조건을 반드시 구분하여 검토하도록 하며, 안정성을 확인하도록 한다.

(6) 구조물공

① 측압은 벽면에 작용하는 분포하중으로 설계한다.

② 구조물 설치상 부득이 가시설이 필요하다고 판단되면 가시설을 설치하도록 한다.

③ 사업발주시 발주처에서 제시되는 “설계기준” 및 “콘크리트 구조설계기준”등의 제반 규정에 의거한 구조해석 및 상세설계가 수행되어야 한다.

2. 설계기준

2.1 일반사항

설계기준은 사업수행에 있어서 구조물 설계분야를 비롯하여 토공, 선로선형 등 각 분야에 대한 기준을 정하여, 설계진행에 일관성을 유지하고 설계성과품의 품질향상을 기하는데 있다. 철도건설규칙 및 철도설계기준 등을 근간으로 하되, 별도의 과업지시에 의거하여 세부사항을 정한다. 여기서는 구조물의 설계부분에 대해 필요한 기준을 제시한다.

2.2 건축한계

차량제원, 가공전차선, 곡선반경, 유지보수 및 각종 부대시설 등이 반영되어 건축한계를 정한다.

2.3 선로설계기준

선로설계기준에서는 설계수행에 있어서 다음 항목에 대한 기준을 정한다.

- (1) 설계속도
- (2) 궤간
- (3) 곡선반경(본선/정거장)
- (4) 곡선의 길이(원곡선, 완화곡선)
- (5) 인접곡선의 완화곡선간의 직선거리
- (6) 캔트
- (7) 노선의 기울기(본선/정거장)
- (8) 중곡선(설치장소/곡선반경)
- (9) 종거 및 횡거의 길이

2.4 설계하중

철도건설규칙을 근간으로 하되 과업지시에 따라 세부사항을 설계기준에 정한다.

2.5 사용재료

사용재료의 선정은 건설계획의 특징을 고려하여 설계기준에 정한다.

3. 주요 구조물 시설계획

3.1 본선계획

- (1) 구간별 구조물 형식 및 단면 계획수립
- (2) 설계기준에 의한 내공단면 계획



(3) 유지관리를 고려한 구조물 계획

3.2 정거장 계획

- (1) 건축계획과 연계한 구조물계획
- (2) 동선 및 공간활용을 고려한 구조물계획
- (3) 계단, 에스컬레이터, 엘리베이터 등 시설물계획
- (4) 각종 기능실 및 특성에 적합한 하중을 고려
- (5) 건축마감을 고려한 구조물계획
- (6) 침수받이 등 재해를 고려한 지상시설물 계획

3.3 부대시설계획

- (1) 본선 환기구
 - ① 설비계획과 연계한 구조물 계획
 - ② 환기효율 및 입지여건을 고려한 위치선정
 - ③ 지상노출부에 대한 도시미관, 접근성, 유지관리 등 종합적인 고려
 - ④ 장비위치 및 개구부를 고려한 구조계획
- (2) 집수정
 - ① 집수거리 및 집수량을 고려한 적정한 용량결정 및 구조규모계획
 - ② 배수구배 및 입지여건을 고려한 적정한 위치선정
 - ③ 우·오수분리 배수를 고려한 구조형식결정

3.4 재료투입구 계획

토목설계시 궤도공사용 재료투입구를 고려하여 구조물계획을 하여야 한다.

3.4.1 재료투입구 위치선정 기본방향

가. 지상

- (가) 자재의 지상 투입이 용이하고, 일부 자재의 적치가 가능한 곳이어야 한다.
- (나) 자재투입 및 적치로 인한 교통장애를 최소화하는 곳이어야 한다.
- (다) 우천시 침수로 인한 우수 유입 방지가 가능한 곳이어야 한다.

나. 지하

- (가) 모타카 유치가 가능하도록 급구배(10% 이상)를 피하여야 한다.
- (나) 레일 및 자재투입이 용이하도록 가급적 급곡선(곡선반경 600m 미만)을 피하여야 한다.

다. 기타

- (가) 자재투입구간의 거리는 1~1.5km 이내가 유리하며, 가능한 한 토목시공 공구당 2개소 이상 설치를 원칙으로 한다.
- (나) 구조물 시공공정을 감안하여 선행공사 위치에 선정한다.

3.4.2 투입 자재 현황

| 자 재 명 | | 규 격 | 1km당수량 | 비 고 |
|-------|---------|---------------|---------------------|--|
| 케 도 | 레 일 | 60kg/m, L=20m | 200개 | 콘크리트 침목, 분기침목 용접기, 모타카, 지게차 등 |
| | 침 목 | L=2.4~4.3m | 3,200개 | |
| | 분 기 기 | 8#~15# | 1~2틀 | |
| | 도상용콘크리트 | 레미콘 | 1,300m ³ | |
| | 공사용 장비 | 최대 2.0m×4.0m | 1식 | |

3.4.3 자재 투입 방법

(1) 투입구간 거리 및 방법

| 자재명 | 투입구간 거리 | | 방법 및 규격 | 비 고 |
|-------------|--------------|------------|--|---------------------------|
| | 일반의 경우 | 부득이한 경우 | | |
| 레일 | 약 1km 이내 | 약 2km 이내 | · 경사 투입 : A Type · 수직 투입 : B Type | · 토피 10m 내외 · 토피가 깊은 곳 |
| 침목 장비 | 약 1km 이내 | 약 1.5km 이내 | · 내공 2.0m×4.0m 구조물을 선로중심상 수직 설치 | · 전기분야 공동사용 |
| 도상용 콘크리트 | 약 300m 이내 | 약 500m 이내 | · 모든 개구부 활용 D=400mm 강관을 수직 설치 · 개구부 없을경우 별도 설치 | · 지상에서 콘크리트 펌프 사용 |

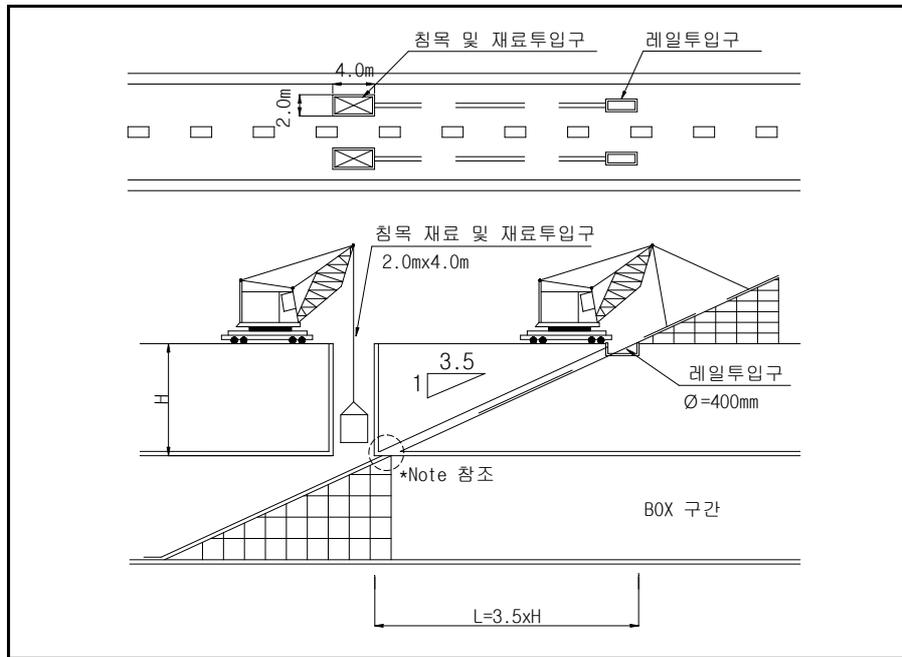
(2) 자재투입 방식

① A Type

가. 토피가 얇은(10m 이내) 개착구간

나. D=400mm의 강관을 1:3.5의 구배로 매립하고 지하 구조물에서는 강관비계를 사용하여 레일투입용 강관과 동일한 각도로 Channel을 구조물 바닥까지 연결한다.

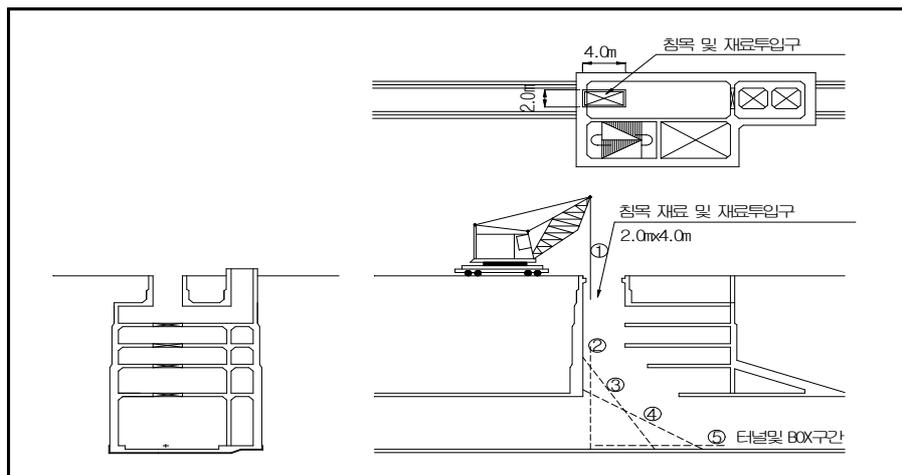
다. 레일투입이 완료된 후 케이싱 단부는 노출부위 절단 후 철판 용접하여 폐쇄하여야 한다.



[A-Type 구조 개요도]

② B Type

- 가. 터널 및 개착구간의 환기구를 활용하여 소요 내공치수표와 같이 수직으로 투입 통로를 설치하여 레일 또는 궤도자재를 투입하는 방법이다.
- 나. 자재 투입을 위한 개구부는 투입 완료후 폐쇄하여야 한다.

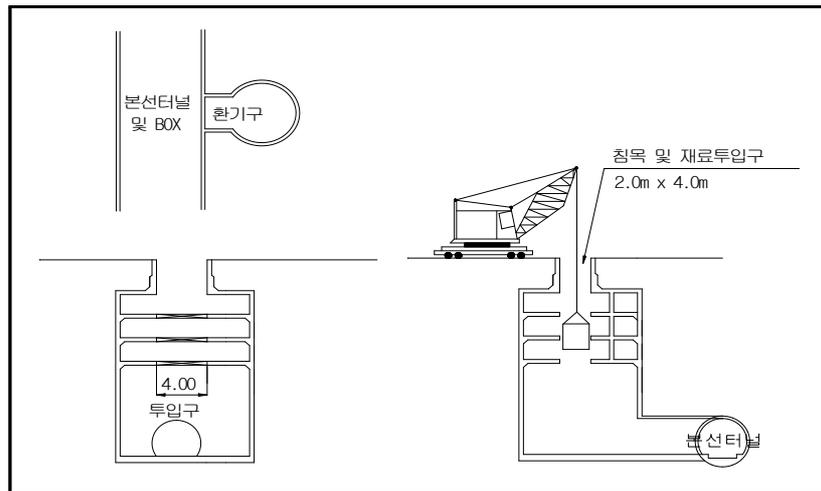


[B-Type 구조 개요도]

③ B-1 Type

- 가. 터널 및 개착구간의 작업구를 이용하여 레일 및 침목 또는 기타 재료를 수직으로 투입할 수 있도록 4.00m x 2.00m 크기로 투입통로를 설치하는 방법

- 나. 터널구간에 수직 원형 환기구를 이용하여 각종 재료를 투입하고 레일투입을 할 경우에는 레일을 중·횡의 이동작업이 가능토록 내공치수를 결정하여야 한다.
- 다. 투입구로 사용되는 환기구는 재료투입 및 장비반출 완료후에야 환기시설 및 기계 설치를 하여야 한다.
- 라. 자재투입 완료후 자재투입을 위한 통로는 원상태로 복구하여야 한다.



[B-1 Type 구조 개요도]



해설 3 지하구조물의 설계

1. 일반사항

1.1 부재설계법

철근콘크리트 구조물은 원칙적으로 강도설계법의 규정에 따라 구조적 안전성을 확보할 수 있도록 설계하여야 하며, 균열 및 처짐 등의 사용성 검토도 수행하여야 한다. 다만, 특별한 경우에는 허용응력설계법의 규정에 따라 설계한다.

1.2 합리적인 설계

1.2.1 기본방향

- (1) 설계는 시공 및 유지관리 등을 충분히 고려하여 합리적인 구조물 설치계획을 수립하여야 한다.
- (2) 구조계산서와 도면은 일치하여야 한다.
- (3) 단위는 SI 단위를 사용한다.

1.2.2 설계도 및 철근배치

- (1) 설계자의 의도가 명확하게 시공자에게 전달될 수 있도록 도면이 작성되어야 한다.
- (2) 시공성을 고려하고 손실량이 최소가 되도록 철근배치계획을 수립하여야 한다.

2. 설계절차

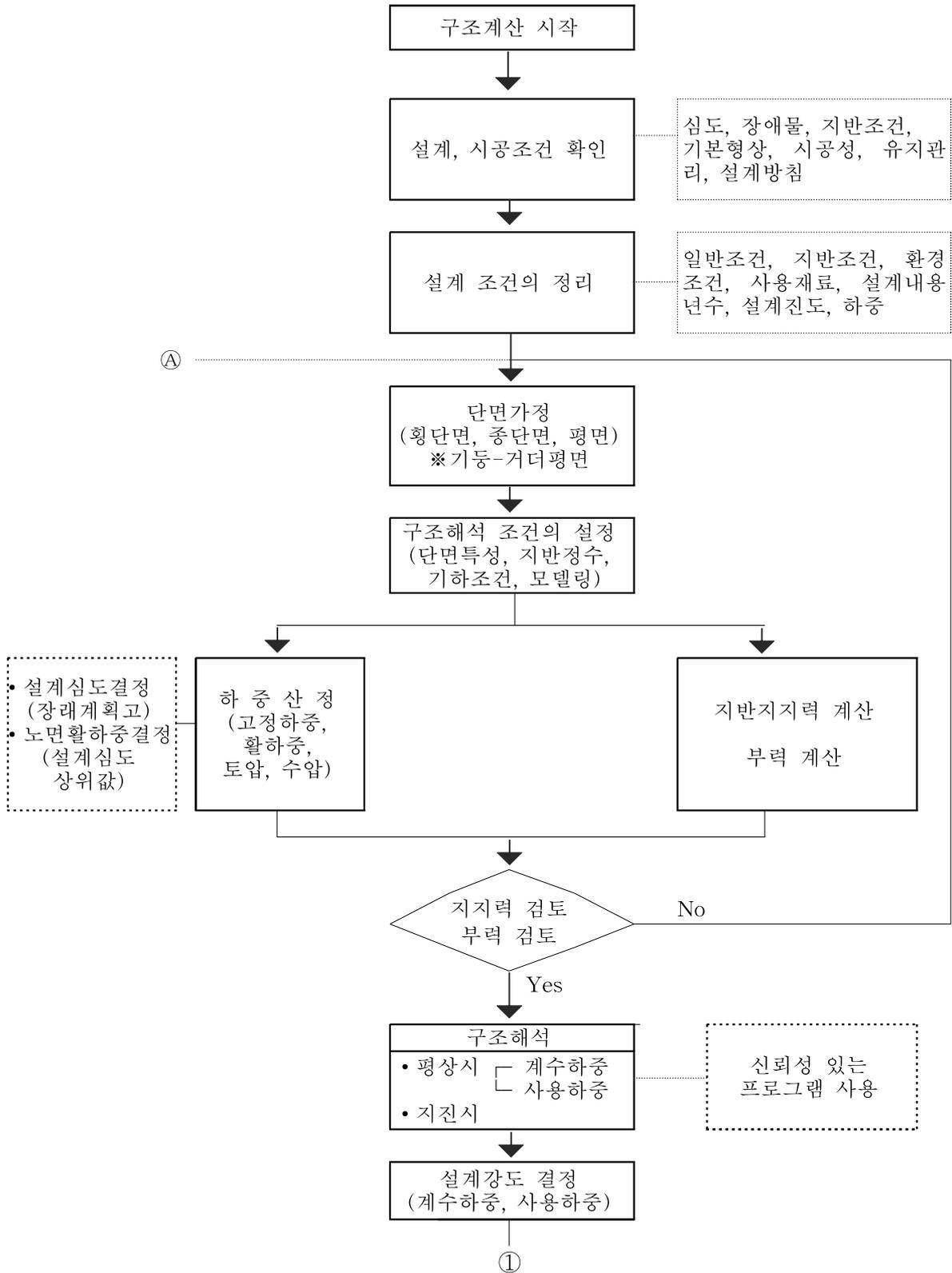


그림 5. 구조해석 및 단면설계를 위한 흐름도

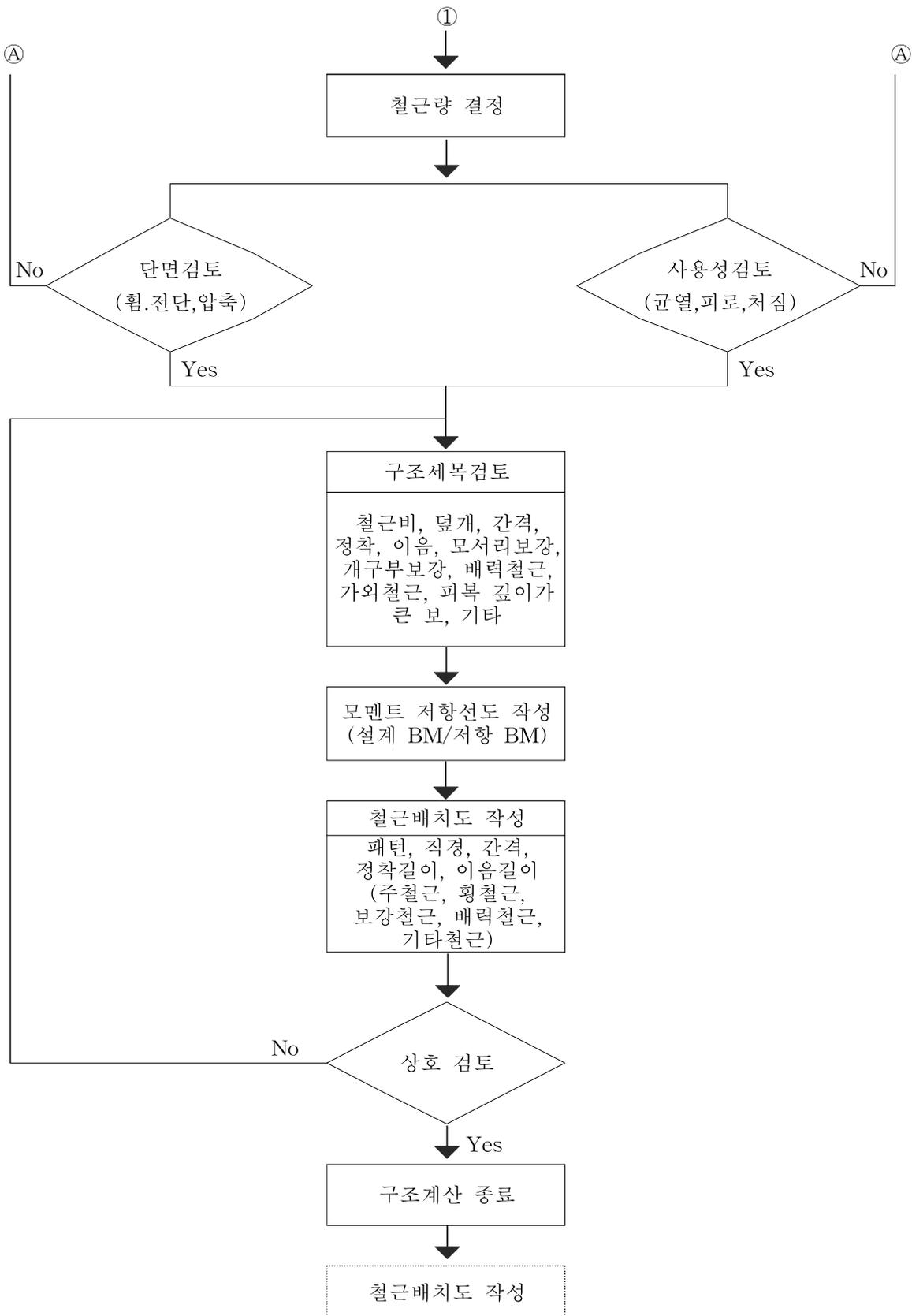


그림 5. 구조해석 및 단면설계를 위한 흐름도(계속)

3. 설계방법

철근 콘크리트 구조물의 설계 방법은 강도설계법을 적용함을 원칙으로 하고 강재구조물, 프리스트레스트 콘크리트, 가설구조물, 기타 허용응력 설계법이 보다 타당한 경우는 허용응력 설계법에 따른다.

이때 강도설계법에 따르는 철근 콘크리트 구조물은 처짐, 균열 등을 고려한 사용성도 확보하여야 하며, 반대로 허용응력 설계법에 따르는 프리스트레스트 콘크리트 등은 극한상태에서 강도의 안전도를 검토하여야 한다.

- (1) WSD(허용응력 설계법) : 철근 콘크리트를 탄성체로 보고 재료에 적합한 안전율을 고려한 허용응력을 사용하여 설계하는 법
- (2) USD(강도설계법) : 실제하중이 작용하여 부재가 파괴될 때 콘크리트의 압축응력 분포를 알아내어 이에 맞도록 적합한 하중계수에 따라 설계하는 법

4. 구조해석

4.1 해석모델링

- (1) 구조물을 해석이 용이한 모델로 이상화한다.
- (2) 부재는 도심축과 일치하는 직선으로 나타낸다.
- (3) 수평부재의 축선의 길이, 즉 보의 지간 L은 연직부재의 축선 간 거리로 보며, 기둥(연직부재)의 높이 h는 수평부재의 축선 간 거리 또는 수평부재의 축선으로 부터 확장대상면까지의 거리로 본다.

4.2 지반별 구조물 해석법

4.2.1 토사지반이 지지되는 구조물의 해석방법

구조물이 토사지반에 위치하는 경우에는 저판 밑의 지지부에 지반스프링을 두어 해석하는 것을 원칙으로 하며, 이때 사용되는 지반스프링계수는 각종 조사 및 시험 결과에 의해 얻어진 변형계수 및 기초의 재하폭 등의 영향을 고려하여 정한다.

- (1) 연직방향 지반반력계수

$$K_v = k_{v0} \left(\frac{B_v}{0.3} \right)^{-3/4}$$

여기서, K_v : 연직방향 지반반력계수 (kN/m^3)

k_{v0} : 지름 300mm의 강체원판에 의한 평판재하시험의 값에 상당하는 연직방향 지반반력계수(kN/m^2)로서 각종토질시험, 조사에 의해 구한 변형계수로부터 추정하는 경우는 다음 식에 의한다.

$$k_{v0} = \frac{1}{0.3} \alpha E_0$$



B_v : 기초의 환산재하폭(m)으로 다음 식에서 구한다. 다만, 저면형상이 원형인 경우에는 지름으로 한다.

$$B_v = \sqrt{A_v}$$

E_0 : 다음 표에 표시한 방법으로 측정 또는 추정된 설계의 대상이 되는 위치에서의 변형계수(kN/m²)

α : 지반반력계수의 추정에 쓰이는 계수로서 다음표에 주어져 있다.

A_v : 연직방향의 재하면적(m²)

① 기초의 환산재하폭 B_v (m)

• $B \geq L$ 의 경우 ; $B_v = \sqrt{B \times L}$

• $B < L$ 의 경우 ; $B_v = \sqrt{B \times B}$

② 하중작용방향에 직교하는 기초의 환산재하폭 B_h (m)

• $H \geq L$ 의 경우 ; $B_h = \sqrt{H \times L}$

• $H < L$ 의 경우 ; $B_h = \sqrt{H \times H}$

여기서, B=구조물 횡방향 폭

L=구조물 종방향 길이

H=구조물 높이

표 7. E_0 와 α 값

| 변형계수 E_0 (MPa) | α | |
|---|----------|-----|
| | 정상시 | 지진시 |
| 지름 300mm의 강재원판에 의한 평판재하시험을 반복시킨 곡선에서 구한 변형계수의 1/2 | 1 | 2 |
| 보링공 내에서 측정한 변형계수 | 4 | 8 |
| 공시체의 1축 또는 3축 압축시험에서 구한 변형계수 | 4 | 8 |
| 표준관입시험의 N값에서 $E_0 = 2,800N$ 으로 추정된 변형계수 | 1 | 2 |

(2) 지점의 경계조건은 기초지반의 종류에 상관없이 저판의 모든 부위에 스프링을 설치 (간격 1.0m 내외)한 모델로 하여 계산하는 것을 원칙으로 하고, 부력 등에 의하여 스프링에 인장이 발생할 경우 인장을 받는 스프링은 차례로 제외시켜 최종적으로 압축만 받는 스프링만 남겨둔 상태의 모델 해석결과를 취한다.

(3) 구조물 하단부에 무한강성의 수평지반스프링을 설치하는 방법 등으로 수평방향으로 평형을 유지시킨다. 단, 말뚝기초는 말뚝머리에 작용시킨다.

(4) 수평방향 지반층으로의 변위에 대한 지지지반효과를 고려할 필요가 있을 때에는 벽체 전체에 수평지반스프링의 설치도 고려해야 한다.

4.2.2 암반지반에 지지되는 구조물의 해석방법

- (1) 구조물이 암반지반에 위치하는 경우에는 저판 밑에 지반스프링을 두어 해석함을 원칙으로 하며, 집중하중을 받는 벽체 혹은 기둥하단부위에는 회전 또는 이동지점의 경계조건을 부여하고 저판에 중력방향하중 및 수압을 작용시켜 해석한다.
- (2) 지반반력계수는 시험성과가 있을 때에는 시험값을 사용하되, 시험치가 없는 경우에는 암반의 공학적 특성치(변형계수, 일축압축강도, RQD 등)과의 상관관계에서 구하여 사용한다.

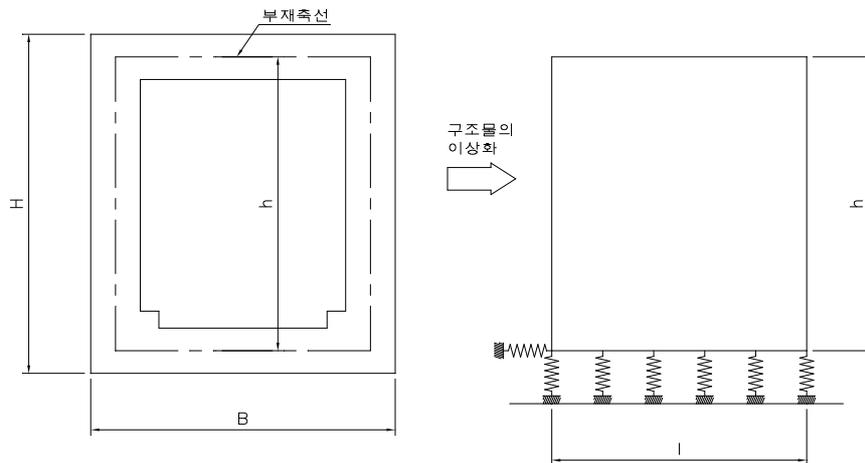
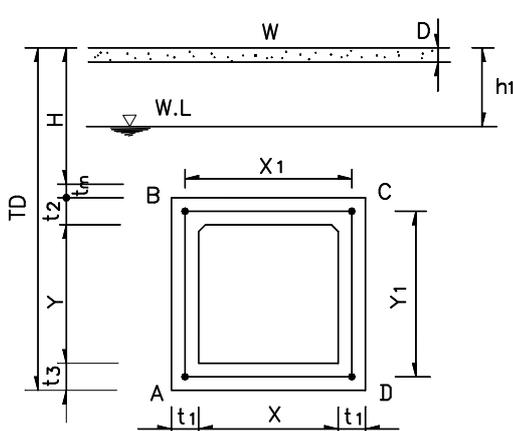


그림 7. 해석모델링 및 지점조건 개요도

4.2.3 구조변경 경계부의 종방향 해석

「KR C-07010 8.(6) 구조변화 경계부의 종방향 보강」의 규정을 따른다.

4.3 구조해석을 위한 하중 산정 예



- 설계내폭 : X
- 총토피고 : H
- 아스팔트 포장두께 : D
- 아스팔트 단위중량 : γ_a
- 콘크리트 단위중량 : γ_c
- 흙의 전체단위중량 : γ_t
- 흙의 수중단위중량 : γ_{sub}
- 물의 단위중량 : γ_w
- 모르타르 단위중량 : γ_m
- 정지토압계수 : K_o
- 보호모르타르의 두께 : t_m



4.3.1 지하수가 없을 때

- (1) 상판연직 고정하중 Ⓐ : $P_u = \gamma_a D + \gamma_t (H-D) + \gamma_m t_m$
 (2) 측벽 수평 토압 Ⓑ : $P_{h1} = K_o \{ \gamma_a D + \gamma_t (H-D + t_m + t_2/2) \}$
 $P_{h2} = P_{h1} + K_o \times \gamma_t \times Y_1$

4.3.2 지하수가 있을 때

- (1) 상판연직 고정하중 Ⓒ : $P_m = \gamma_a D + \gamma_t (h_1 - D) + \gamma_{sub} (H - h_1) + \gamma_m t_m$
 (2) 측벽 수평 토압 Ⓓ : $P_{h3} = K_o \{ \gamma_a D + \gamma_t (h_1 - D) + \gamma_{sub} (H - h_1 + t_m + t_2/2) \}$
 $P_{h4} = P_{h3} + K_o \times \gamma_{sub} \times Y_1$

4.3.3 활하중

- (1) 상판연직 활하중 Ⓔ : L_u
 (2) 측벽수평 활하중 Ⓕ : $L_h = K_o \times L_u$

4.3.4 수압

- (1) 상판수압 Ⓖ : $W_u = \gamma_w (H - h_1)$
 (2) 저판수압 Ⓗ : $W_b = W_{h2} + \gamma_w t_3/2$
 (3) 측벽수압 Ⓙ : $W_{h1} = \gamma_w (H - h_1 + t_m + t_2/2)$
 $W_{h2} = W_{h1} + \gamma_w Y_1$

4.4 재료 및 강도

4.4.1 재료의 단위중량

표 8. 재료의 단위중량

| 재료 | 단위중량 (kN/m ³) | 재료 | 단위중량 (kN/m ³) |
|--------------|---------------------------|-----------|---------------------------|
| 강재, 주강, 단강 | 77.0 | 도상 자갈, 쇄석 | 19.0 |
| 주철 | 71.0 | 목재 | 8.0 |
| 알루미늄 | 27.5 | 역청재 (방수용) | 11.0 |
| 철근 콘크리트 | 24.5 | 역청 포장 | 23.0 |
| 무근 콘크리트 | 23.0 | 석괴 포장 | 26.0 |
| 프리스트레스트 콘크리트 | 24.5 | 벽돌 포장 | 24.0 |
| 시멘트 모르타르 | 21.0 | 벽돌 쌓음 | 20.0 |
| 석재 | 26.0 | | |

4.4.2 강도

철근 및 콘크리트의 강도는 해당 설계기준에 따른다. 일반적으로 사용되는 구조물 종류별 콘크리트 설계기준강도 및 사용철근의 종류는 다음 표와 같다.

표 9. 구조물 종류별 콘크리트 설계기준강도

| 적용대상 구조물 | 설계기준강도 f_{ck} (MPa) | 사용철근의 종류 |
|--|--------------------------|---------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> 정거장, 유치선 등에서 긴 지간이 불가피한 특수한 구간 지하부 본선 구체, U형 옹벽 출입구, 환기시설등 주요 부대시설 | 27 이상 | SD300, SD350, SD400 |
| <ul style="list-style-type: none"> 옹벽 구체 (중력식 옹벽 제외) | 24 이상 | SD300, SD350 |
| <ul style="list-style-type: none"> 중력식 옹벽 무근 콘크리트 구조 토류벽 콘크리트 | 18 이상 | SD300 |
| <ul style="list-style-type: none"> 바닥 고르기 콘크리트 (생산 가능한 설계기준 강도 적용) | 15 이상 | - |

4.4.3 포아송비

실험에 의하여 결정되지 않을 경우에는 일반적으로 1/6로 가정하여도 좋다.

4.4.4 콘크리트의 탄성계수

단위질량 m_c 의 값이 1,450~2,500kg/m³인 콘크리트

$$E_c = 0.077m_c^{1.5} \sqrt[3]{f_{cu}} \quad (\text{MPa})$$

보통골재를 사용한 콘크리트($m_c = 2,300\text{kg/m}^3$)

$$E_c = 8,500 \sqrt[3]{f_{cu}} \quad (\text{MPa})$$

여기서, $f_{cu} = f_{ck} + 8$ (MPa)

4.4.5 철근의 탄성계수

$$E_s = 200,000 \quad (\text{MPa})$$

4.5 하중조합 및 하중계수

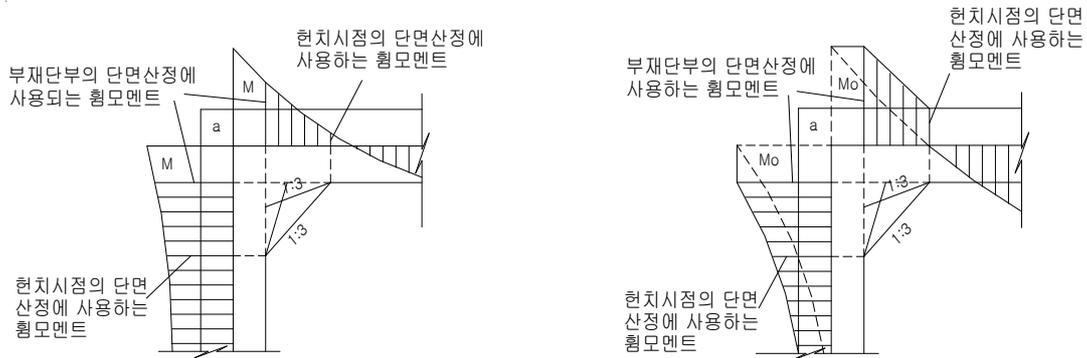
「KR C-07010 5.1.3하중계수 및 하중조합」의 규정을 따른다.

5. 구조설계

5.1 설계부재 부재력 산정

5.1.1 설계 휨모멘트

설계 휨모멘트는 포락선도를 그려 최대 및 최소값을 감안해야 하며, 부재간의 단면산정을 위한 휨모멘트의 값은 보에 있어서는 기둥 전면에서의 휨모멘트, 기둥에 있어서는 보의 상하면에서의 휨모멘트로 한다. 그러나 헌치의 영향을 무시하고 구조해석을 할 경우는 절점 휨모멘트를 사용한다.(「KR C-10100 라멘교 라멘부재 절점부」 참조)



(a) 현치의 영향을 고려하여 구조해석하는 경우 (b) 현치의 영향을 무시하고 구조해석하는 경우

그림 7. 부재의 설계 휨모멘트

5.1.2 설계 전단력

- (1) 설계 전단력은 현치 및 단면 변화의 영향을 무시해서 구조해석하는 경우도 단면력은 이동하지 않는다.
- (2) 이때 설계단면은 현치부분에 있어서는 1 : 3의 경사이내의 단면만 유효한 것으로 한다.
- (3) 철근 콘크리트 부재에 대해서는 다음 두 조건이 만족되는 경우에는 받침부 내면에서 d 거리 이내에 위치한 단면은 d 거리에서 구한 전단력에 대해 설계해도 좋다.
 - 작용 전단력 방향으로의 받침부 반력이 부재의 단부를 압축하는 경우,
 - 받침부 내면과 위험단면 사이에 집중하중이 작용하지 않는 경우

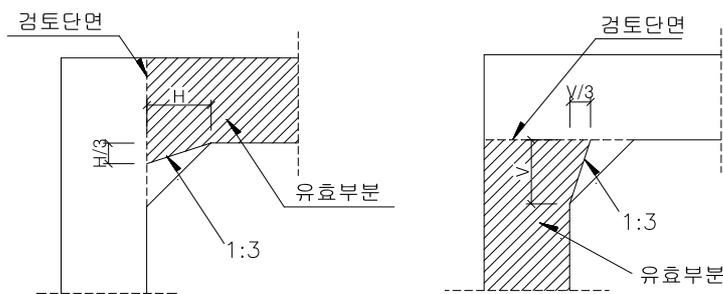


그림 8. 현치 유효단면

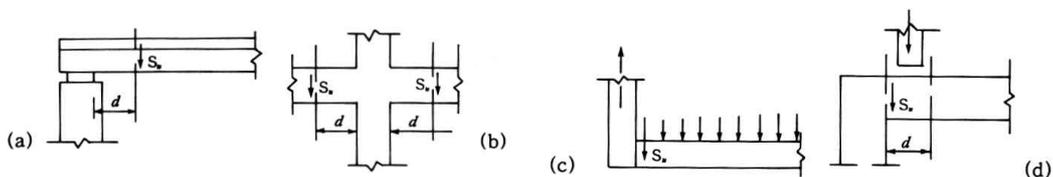


그림 9. 계수전단력의 위치에 대한 전형적인 받침조건

5.1.3 부모멘트 재분배

연속 휨부재의 부모멘트 재분배는 「KR C-07010 8.1 (7) 수축 및 온도에 대한 철근」의 규정에 따른다.

5.2 부재 주철근도 작성

부재의 위치에 따라 단면 검토 후 주철근도를 작성해야 한다.

5.3 수축·온도철근 및 전단철근

(1) 건조수축 및 온도에 대한 철근

「철도설계기준(노반편) KR C-07010 8.1 (7) 수축 및 온도에 대한 철근」의 규정을 따른다.

(2) 전단철근

전단철근이 필요한 경우 그 철근량은 다음 값 이상이라야 한다.

$$A_v = 0.0625 \sqrt{f_{ck}} \frac{b_w s}{f_{yt}}$$

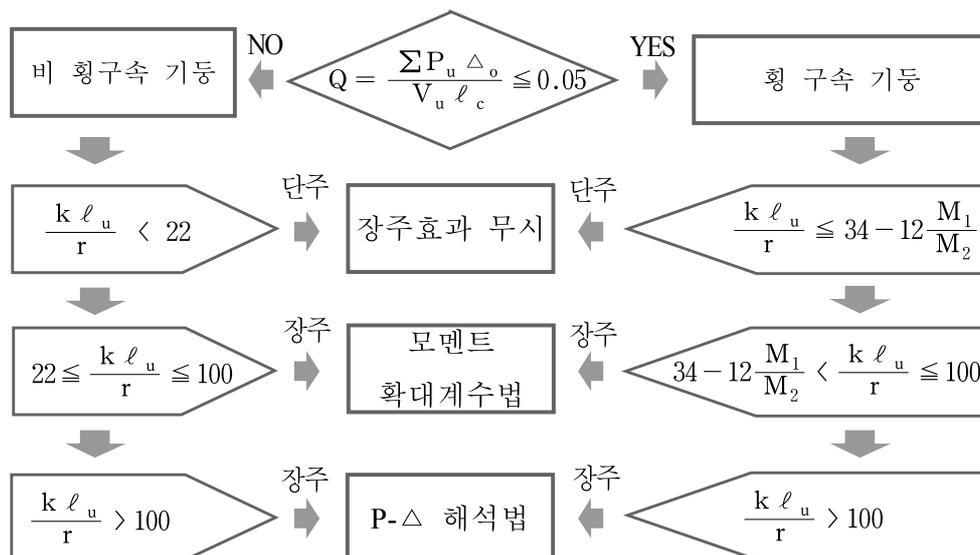
그러나, 최소 전단철근량은 $0.35 \frac{b_w s}{f_{yt}}$ 보다 작지 않아야 한다.

여기서, b_w 와 s 의 단위는 mm이다.

5.4 기둥 및 종방향 보 설계

5.4.1 기둥의 장주영향 검토 [콘크리트 구조설계기준 6.5]

(1) 흐름도





(2) 설계 기준

표 10. kl_u/r 값에 따른 장주효과의 고려

| 구분 | 비 횡구속 기둥 | 횡구속 기둥 |
|-----------------------|---|---|
| 안정성 지수(Q) | $Q = \frac{\sum P_u \cdot \Delta_o}{V_u \cdot l_c} > 0.05$ | $Q = \frac{\sum P_u \cdot \Delta_o}{V_u \cdot l_c} \leq 0.05$ |
| 유효 길이 계수 (k) | <p>- 양단 구속인 경우</p> $\psi_m = \frac{\psi_A + \psi_B}{2} < 2$ \Rightarrow $k = \frac{20 - \psi_m}{20} \sqrt{1 + \psi_m}$ <p>$\psi_m = \frac{\psi_A + \psi_B}{2} \geq 2$</p> \Rightarrow $k = 0.9 \sqrt{1 + \psi_m}$ <p>- 일단 힌지 타단 구속인 경우</p> $k = 2.0 + 0.3 \psi$ <p>여기서, ψ : 구속단의 ψ</p> | $\psi = \frac{\sum (\frac{EI}{l})_{기둥}}{\sum (\frac{EI}{l})_{보}}$ $k = 0.7 + 0.05(\psi_A + \psi_B) \leq 1.0$ $k = 0.85 + 0.05\psi_{min} \leq 1.0 \text{ 중 작은 값}$ <p>여기서, $E = E_c$, $I_{보} = 0.35 I_g$ $I_{기둥} = 0.70 I_g$, $I_{비균열 벽체} = 0.70 I_g$ $I_{균열 벽체} = 0.35 I_g$, $I_{슬래브} = 0.25 I_g$ $\psi_{min} : \psi_A \text{ 와 } \psi_B \text{ 중 작은 값}$</p> |
| 장단주 판별 | $\frac{kl_u}{r} < 22 \Rightarrow \text{단주}$ $22 \leq \frac{kl_u}{r} \leq 100 \Rightarrow \text{장주}$ | $\frac{kl_u}{r} \leq 34 - 12 \left(\frac{M_1}{M_2} \right) \Rightarrow \text{단주}$ $34 - 12 \left(\frac{M_1}{M_2} \right) < \frac{kl_u}{r} \leq 100 \Rightarrow \text{장주}$ <p>여기서, M_1 : 양 단부 모멘트중 작은 값 (단일만곡 : + 값, 복만곡 : - 값) M_2 : 양 단부 모멘트중 큰 값</p> |

표 11. kl_u/r 값에 따른 장주효과의 고려(계속)

| 구분 | 비 횡구속 기둥 | 횡구속 기둥 |
|--|---|---|
| <p>확대 모멘트 (M_c)</p> | $M_1 = M_{1ns} + \delta_s M_{1s}$ $M_2 = M_{2ns} + \delta_s M_{2s}$ $M_c = M_2 = M_{2ns} + \delta_s M_{2s}$ $\delta_s M_{1s} = \frac{M_{1s}}{1 - \frac{\Sigma P_u}{0.75 \Sigma P_c}} \geq M_{1s}$ $\delta_s M_{2s} = \frac{M_{2s}}{1 - \frac{\Sigma P_u}{0.75 \Sigma P_c}} \geq M_{2s}$ <p>여기서, ΣP_u : 해당 층의 모든 기둥 의 계수축력 합 ΣP_c : 해당 층의 횡방향 변위 에 저항하는 모든 기 둥의 P_c 합</p> $P_c = \frac{\pi^2 EI}{(kl_u)^2}$ $EI = \frac{(0.2E_c I_g + E_s I_{se})}{1 + \beta_d}$ <p>또는 $EI = \frac{0.4E_c I_g}{1 + \beta_d}$</p> $\beta_d = \frac{\text{해당층의 최대지속 계수전단력}}{\text{해당층의 전체 계수전단력}}$ <p>(풍하중, 지진하중: $\beta_d = 0$, 토압: $\beta_d \neq 0$)</p> | $M_c = \delta_{ns} M_2$ $\delta_{ns} = \frac{C_m}{1 - \frac{P_u}{0.75 P_c}}$ $P_c = \frac{\pi^2 EI}{(kl_u)^2}$ $EI = \frac{(0.2E_c I_g + E_s I_{se})}{1 + \beta_d}$ <p>또는 $EI = \frac{0.4E_c I_g}{1 + \beta_d}$</p> $\beta_d = \frac{1.4P_D}{1.4P_D + 1.7P_L}$ |
| | $M_c = \delta_{ns} M_2 = \delta_{ns} (M_{2ns} + \delta_s M_{2s})$ $\delta_{ns} = \frac{C_m}{1 - \frac{P_u}{0.75 P_c}} \geq 1.0$ $P_c = \frac{\pi^2 EI}{(kl_u)^2}$ $EI = \frac{(0.2E_c I_g + E_s I_{se})}{1 + \beta_d}$ <p>또는, $EI = \frac{0.4E_c I_g}{1 + \beta_d}$</p> $\beta_d = \frac{1.4P_D}{1.4P_D + 1.7P_L}$ | $C_m = 0.6 + 0.4 \left(\frac{M_1}{M_2} \right) \geq 0.4$ |
| <p>전체 구조의 안정성 검토</p> | $\delta_s M_s = \frac{M_s}{1 - \frac{\Sigma P_u}{0.75 \Sigma P_c}} < 2.5$ | <p>-</p> |

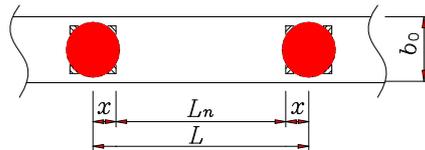


5.4.2 종방향 보(거더) 설계

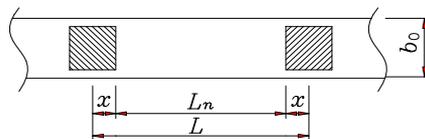
(1) 보(거더)의 유효지간 산정

거더의 유효지간 L_n 은 다음과 같이 산정한다.

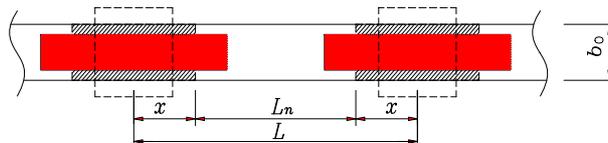
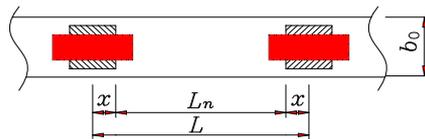
- ① 원형기둥의 경우 : 등단면의 정방형으로 환산하고 정방형의 1변의 1/2을 양쪽에서 감하여 산정한다.



- ② 정방형기둥의 경우 : 정방형의 1변의 1/2을 양쪽에서 감하여 산정한다.



- ③ 직사각형기둥의 경우 : 등단면의 정방형으로 환산하고 정방형의 1변의 1/2을 양쪽에서 감하여 산정한다. 다만, 정방형의 1변의 길이가 보의 폭보다 큰 경우는 보의 폭을 1변으로 하는 등단면으로 환산하여 장변의 1/2을 양쪽에서 감하여 산정한다.



(2) 거더의 모멘트 계수

단순 거더이건 연속 거더이건 슬래브와 일체로 시공된 보는 해석하는 위치에서 최대 휨모멘트가 발생하도록 하중을 재하하여 탄성이론에 의한 정밀해석으로 휨모멘트를 구해야 하는 것이지만 설계편람에서는 설계의 편의를 위해 다음과 같은 근사적으로 모멘트와 전단력을 계산한다. 이 계수들은 휨부재가 단순지지이건 라멘의 일부이건 관계없이 적용할 수 있고 또 실용적이다. 다만 이 계수들은 활하중이 사하중의 3배를 넘지 않는 등분포 하중 w 를 받는 2지간 이상의 연속보 및 라멘에 적용되며 또는 1방향 슬래브의 서로 이웃한 지간이 20% 이상 차이가 나지 않는 경우에 한하여 적용된다. 여기서 l_c 는 정(正)모멘트 및 전단력에 대해서는 순경간이고 부(負)모멘트에 대해서는 서로 이웃한 두 순경간의 평균값이다.

① 정모멘트

- 단(端)경간 (단부가 받침부와 일체로 된 경우) $\frac{1}{14}wl_c^2$
- 내부경간 $\frac{1}{16}wl_c^2$

② 부모멘트

가. 제 1내부 받침부 외측면에서의 부모멘트

- 2경간 $-\frac{1}{9}wl_c^2$
- 2경간 이상 $-\frac{1}{10}wl_c^2$

나. 일반 내부 받침부에서의 부모멘트 $-\frac{1}{11}wl_c^2$

③ 받침부와 일체로 된 단경간의 외측지점의 내측면에서의 부모멘트

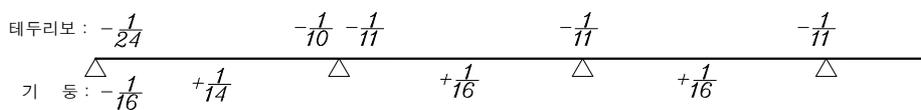
- 받침부가 테두리보(spandrel beam)나 주거더(main girder)인 경우 $-\frac{1}{24}wl_c^2$
- 받침부가 기둥인 경우 $-\frac{1}{16}wl_c^2$

④ 전단력

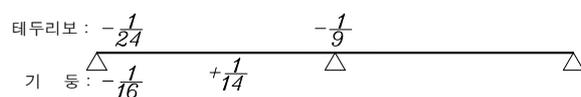
가. 첫 내부 지점에서의 단경간 부재의 전단력 $1.15\frac{wl_c}{2}$

나. 기타 지점에서의 전단력 $\frac{wl_c}{2}$

- 위에서 언급한 모멘트계수를 그림으로 도시하면 다음 <그림 11>과 같다.



(a) 3경간 또는 그 이상일 때 모멘트계수



(b) 2경간을 가지는 슬래브나 보의 모멘트계수

그림 11. 모멘트 계수



5.5 주요상세 설계

5.5.1 단절점부의 보강 (우각부)

- (1) 시공성 및 경제성을 감안하여 주철근을 내측으로 구부려서 배치하며, 보강철근의 일부(1/2)로 설계한다. 단, 내측으로 구부린 철근량은 전체 주철근량의 1/2 이하이어야 한다.

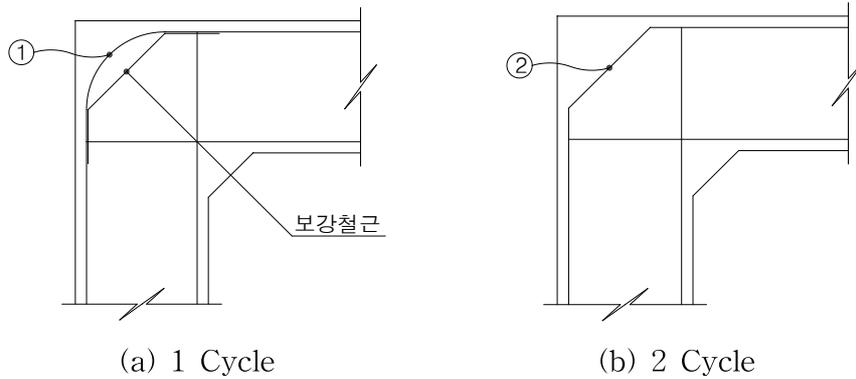


그림 11. 2 Cycle 철근 내측으로 구부려 배치

- (2) 부힘모멘트가 최외측 접합부에 작용하는 경우에 계수하중 휨모멘트에 의해 대각선 방향의 단면에 생기는 인장응력 f_t 가 $\sqrt{f_{ck}}/3$ 를 넘을 경우는 철근을 배치하여야 한다. 「KR C 10100 라멘교 구조상세」
- (3) 인장응력 및 보강철근량의 계산은 다음 식을 적용할 수 있다.

$$f_{\max} = \frac{5M_0}{R^2 W} \times 10^{-3} (\text{MPa}), \quad A_s = \frac{2M_0}{Rf_{sa}}$$

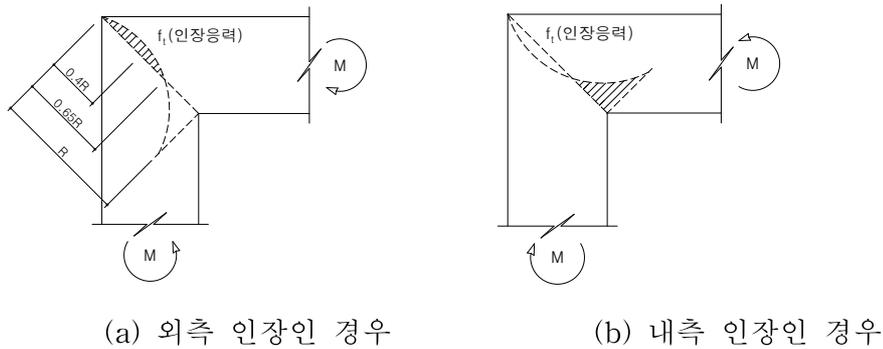


그림 12. 단절점에 발생하는 인장응력

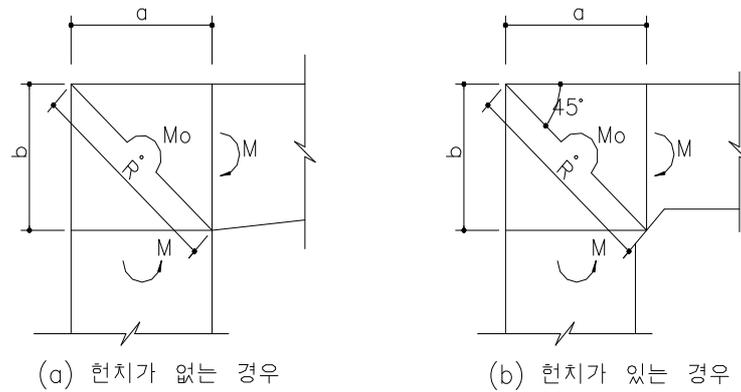


그림 13. 라멘 단절점부의 응력검사를 위한 단면

- (4) 라멘 단부절점부의 보강철근은 「콘크리트 설계기준 제15장 15.2.3 라멘 접합부의 설계 “부록Ⅶ 허용응력에 의한 라멘 접합부 근사해법”」으로 설계하여도 좋다. 즉, 라멘 절점부에 생기는 최대 인장응력 $f_{\max} = \frac{5M_o}{R^2 \cdot W} \times 10^{-3}$ (MPa)이 콘크리트의 허용인장 응력 $f_a = 0.13\sqrt{f_{ck}}$ (MPa)를 넘는 경우에는 $A_s = \frac{2M_o}{R \cdot f_{sa}}$ 의 철근을 보강하여야 한다.

$$R^2 = a^2 + b^2$$

M_o : 절점휨모멘트 (kN·m) a : 연직방향부재의 높이(m)

R : 절점부 대각선길이(m) b : 수평방향부재의 높이(m)

W : 절점부의 깊이 (m)

5.5.2 철근의 이음 및 정착

- (1) 철근의 이음

「KR C-10040 14. 철근의 이음」의 규정을 따른다.

- (2) 철근의 정착

「KR C-10040 10. 철근의 정착」의 규정을 따르며 검토위치와 검토방법은 다음과 같다.

① 검토위치

- 최대응력이 발생하는 곳
- 모멘트의 부호가 바뀌는 변곡점
- 경간내에서 인장철근이 끝나는 곳 또는 철근이 굽혀진 위험단면
- 지지면

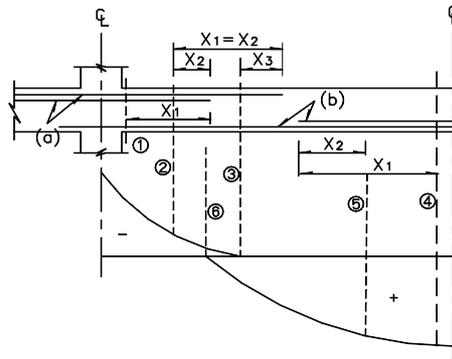


그림 14. 연속보에 있어서 휨철근의 정착

② 검토방법

- 단면 ①은 (-)모멘트가 최대인 지지면으로 정착길이 X_1 과 X_2 가 검토되어야 한다.
- 단면 ②는 (-)철근의 부분이 끝나는 단면이므로 충분한 인장력을 받을 수 있도록, 철근은 X_2 만큼 연장되어야 한다.
- 단면 ③은 변곡점이므로 철근은 단면 ③을 지나서 X_3 만큼 연장되어야 한다.
여기서 X_3 는 유효길이, 철근지름의 12배, 순경간의 1/16중에서 가장 큰 값 이상이어야 하며, 최소한 지지점에서 (-)모멘트를 받기 위해 배근한 전체 철근의 1/3이상이 변곡점에서 거리 X_3 크 연장되어야 한다.
- 단면 ④는 (+)응력과 (+)모멘트가 최대인 곳이므로, 두개의 정착길이 X_1 과 X_2 가 검토되어야 한다. 길이 X_1 은 정착길이이며, 길이 X_2 는 d 나 철근지름의 12배 중에서 큰 값 이상이어야 한다.
- 단면 ⑤는 (+)철근 부분이 끝나는 곳이므로, 충분한 인장력을 받을 수 있도록 철근은 거리 X_2 만큼 연장되어야 한다.
- 단면 ⑥ 즉, 변곡점에서의 한계는 콘크리트 구조설계기준을 따른다.

5.5.3 처짐 및 균열 제한

구조물은 외력에 대하여 안전해야 할 뿐만 아니라 사용성도 확보되어야 한다. 사용성에는 처짐과 균열이 있는데 이들은 사용하중 상태에서 검토한다.

(1) 처짐의 제한

- ① 철근 콘크리트 부재의 처짐은 부재의 최소 두께를 정하여 처짐을 간접적으로 규제한다. (「철도설계기준(노반편) 제8장 8.5.4」 참조)
- ② 처짐을 계산해야 하는 철근콘크리트 구조물의 경우에는 「철도설계기준(노반편) 제8장 8.5.4」에 따라 계산한다.
- ③ 계산에 의해 최대 허용처짐을 초과하지 않는다는 것을 확인한 경우 위에서 언급한 최소 두께 보다 얇은 두께를 사용해도 된다.

표 12. 처짐계산을 하지 않는 경우의 휨부재의 최소두께

| 부재 | 최소 두께 h | | | |
|-------------------|---|------------|----------|----------|
| | 단순 지지 | 1단 연속 | 양단 연속 | 캔틸 레버 |
| | 큰 처짐에 의해 손상되기 쉬운 칸막이 벽이나 기타 구조물을 지지 또는 부착하지 않은 부재 | | | |
| 1방향 슬래브 | $l / 20$ | $l / 24$ | $l / 28$ | $l / 10$ |
| 보 | $l / 16$ | $l / 18.5$ | $l / 21$ | $l / 8$ |
| 리브가 있는 1방향 슬래브 | | | | |

(2) 균열의 제한

- 균열에 대한 검토는 「KR C-08040 균열」의 규정을 따른다.

5.5.4 신축이음

- 신축이음에 대한 검토는 「KR C-07010 8.4 신축이음」의 규정을 따른다.



해설 4. 철도 지하횡단 공법

철도 지하횡단 구조물 공사에서는 구조물의 계획시점에서 적절한 구조형식과 시공법을 선정하는 것이 매우 중요하며 이러한 사항을 잘못 선정하면, 설계·시공단계에서는 보완할 수 없는 경제성, 시공성, 구조물의 보수성 등에서 손실이 발생할 수밖에 없으므로 열차운행의 안전에도 문제를 초래하게 된다. 따라서 본 절에서는 철도 지하횡단 공사의 적절한 공법선정을 위한 조사, 계획에서 최종적인 선정에 이르기까지 국내실정에 맞는 공법 선정을 위한 기본적인 조사·계획 및 필요한 보조공법에 대해서 언급하였다. 그리고 본 절에서 다루지 않은 사항은 「고속철도 지하횡단구조물 공법기준 정립 및 안정성평가연구」 최종보고서(한국철도기술연구원, 2010. 11)를 참고하여야 하며, 그 외의 사항에 대해서는 별도 검토하여야 한다.

본 철도 지하횡단 공사 공법선정과 관련된 법규, 지방서, 지침은 다음과 같다.

- 도로법(국토해양부)
- 도로교통법(행정안전부)
- 토목공사 표준일반시방서(건설교통부)
- 도로교 표준시방서(건설교통부)
- 콘크리트 표준시방서(국토해양부)
- 구조물 기초설계기준(국토해양부)
- 측량·수로조사 및 지적에 관한 법률(시행령 및 시행규칙)(국토해양부)
- 철도건설규칙(국토해양부)
- 선로정비지침(한국철도시설공단)
- 철도공사 전문시방서(궤도편)(국토해양부)
- 운전취급규정(한국철도공사)
- 열차운행선로 지장작업 업무지침(한국철도공사)
- 기타 제반 관련 지방서 및 규칙

1.1 조 사

1.1.1 조사 일반사항

조사의 목적은 소요 구조물을 안전, 신속하고 경제적으로 구축하는 것에 있다. 조사가 불충분하게 되면 부적절한 구조 형식이나 시공법을 선정하고 또한 생각지 못한 장애에 부딪쳐 설계나 시공법의 변경이 불가피해지는 경우가 있다. 그 때문에 공사비나 공사기간의 대폭적인 증가를 초래하여 여러 가지로 예상 밖의 지장을 초래하게 되므로 필요하다고 판단되는 영향 범위에 대해서 충분히 조사할 필요가 있다. 따라서 구조물의 계획 및 시공법의 선정 시에는 선로조건, 입지조건, 지장물, 지

형, 지질, 지하수, 환경, 법규, 규제 등 필요한 사항에 대해서 충분한 조사를 수행하여야 한다.

1.1.2 조사 순서 및 방법

조사 순서 및 내용은 목적에 적합한 방법, 정밀도로서 필요범위에 대해서 시행하여야 하며, 일반적으로는 <표 12>에서 제시하는 순서 및 방법에 의해 실시한다.

1.2 계획

1.2.1 계획 일반사항

- (1) 계획의 기본은 시공 개소의 열차운행과 공사의 안전을 확보할 수 있는지에 대한 검토이며, 이를 확보할 수 없다고 판단되는 경우에는 계획 위치를 변경하는 것이 바람직하다.
- (2) 제반 사정상 위치 변경이 곤란한 경우에는 실시 가능한 대책을 강구함으로써 문제 해결을 도모하거나, 대책을 강구하여도 위험한 요소가 남아 있는 경우에는 당초 계획의 재검토를 요한다.
- (3) 공법 선정 시에는 현재 제반 조건에 적합한 여러 종류의 공법에 대해서 공사비, 공사기간에 대한 비교 검토를 하여 최적 공법을 선정하여야 한다.
- (4) 철도 지하횡단 공사는 한국철도공사 이외의 공사·감독 위탁기관이 많아 협의사항의 결정이나 변경 시에 상당한 어려움이 수반되므로 구조물 형상, 시공법 선정에 있어서 신중을 기하여야 한다. 또한 보조공법, 감시, 계측, 선로보수방법 등 공사의 안전에 관계가 있는 공사작업에 대해서도 충분히 검토할 필요가 있다. 따라서 공사 계획 시에는 용도에 적합하고 아울러 열차운행의 안전확보와 주변에 대한 영향을 최소화하여 제한할 수 있고 공사비, 공사기간에서 유리한 구조물 형식, 시공법, 보조공법을 선정하여야 한다.

1.2.2 구조물 형식 선정

- (1) 구조물 형식은 시공법을 고려하여 사용목적, 궤도구조, 지반조건 등 현지 제반조건에 적합하도록 선정하여야 한다. 즉, 지반조건(지형, 지질, 지하수 등), 궤도구조 등의 조사 결과를 토대로 시공법을 고려하여 사용목적에 적합한 단면형상, 구조물 형식(<그림 15> 참조)을 선정하여야 한다.
- (2) 다음 <표 14>은 철도 지하횡단공법 적용 시 사용되고 있는 기준을 토대로 사용목적 및 현지 조건에 대한 구조물 형식의 적부기준을 정리한 것이다. 또한, 구조형식에 의해 시공법이 한정되므로 시공법, 보조공법 등을 포함하여 종합적으로 검토하는 것이 바람직하다.



표 12. 조사 순서와 내용

| 조사 단계 | 조사목적 | 주요 조사 항목 | 판정사항 |
|-------|--|--|---|
| 예비조사 | 자료에 의한 조사 | <ul style="list-style-type: none"> 1. 지도류 조사 2. 조사 관측기록 3. 자연 지반침하 4. 환경 조사 | <ul style="list-style-type: none"> 1. 지질의 개략과악 2. 지하수 상태(수위, 피압지하수위) 3. 기존구조물의 설계, 시공에 관한 기록과 변상 유무 4. 소음, 진동 등의 규제 유무 |
| | 답사 | <ul style="list-style-type: none"> 1. 지형 변화 및 지질의 관찰 2. 지하수 조사 3. 입지조건, 지장물, 환경 등의 조사 | <ul style="list-style-type: none"> 1. 노두 지질(자갈질, 모래질, 점성토, 풍화토, 암반 등) 및 지형(사면활동 등)의 판정 2. 비탈면보호, 지표 상태, 식물 관찰 3. 지하수위, 용수개소 등의 관찰 4. 용도지역의 조사에 의한 시공법 등의 확인 |
| | 관계기관과의 협의 등에 의한 조사 | <ul style="list-style-type: none"> 1. 하천, 도로, 매설물 등에 관해서는 관련 관계기관과의 협의 등에 의해 조사를 함 | <ul style="list-style-type: none"> 1. 도로, 하천 관리자 등과의 협의 2. 부서 내 협의 3. 기타 관리자와의 협의 |
| 선행조사 | <ul style="list-style-type: none"> 구조물의 개략 설계에 필요한 데이터를 얻기 위해 선행 조사를 함 | <ul style="list-style-type: none"> 1. 보링과 표준관 입시험 2. 교란된 시료에 의한 토질시험(물리시험) 3. 지하수 조사 | <ul style="list-style-type: none"> 1. 토질의 성층 상태와 지지층 등의 개략 선정 2. 압밀침하 유무 3. 지하수 상태 |
| 본조사 | <ul style="list-style-type: none"> 구조물의 설계시공에 필요한 데이터를 얻기 위해 본 조사를 함 | <ul style="list-style-type: none"> 1. 불교란 시료에 의한 토질시험(물리·역학시험) 2. 원위치 시험(역학시험) | <ul style="list-style-type: none"> 1. 토압, 침하 등의 산정에 필요한 모든 수치를 얻는 것 2. 지하수의 자연 수위, 유동, 피압지하수 등의 측정 3. 시공관계조사(히빙, 보링, 원굴착면 안정 등) |
| 정밀조사 | <ul style="list-style-type: none"> 본조사 결과, 특별히 필요하다고 인정되는 것에 대해서는 정밀조사를 함 | <ul style="list-style-type: none"> 1. 특수 조사 2. 기타 | <ul style="list-style-type: none"> 1. 특수 조사 특수조건(사면활동지대, 동토, 특수토, 수질, 유해가스 등)에 있는 지역에 있어서는 그것이 설계 시공에 영향을 미치는 경우에 대해서 조사 판정하여야 한다. 2. 기타 본조사에 준함 |

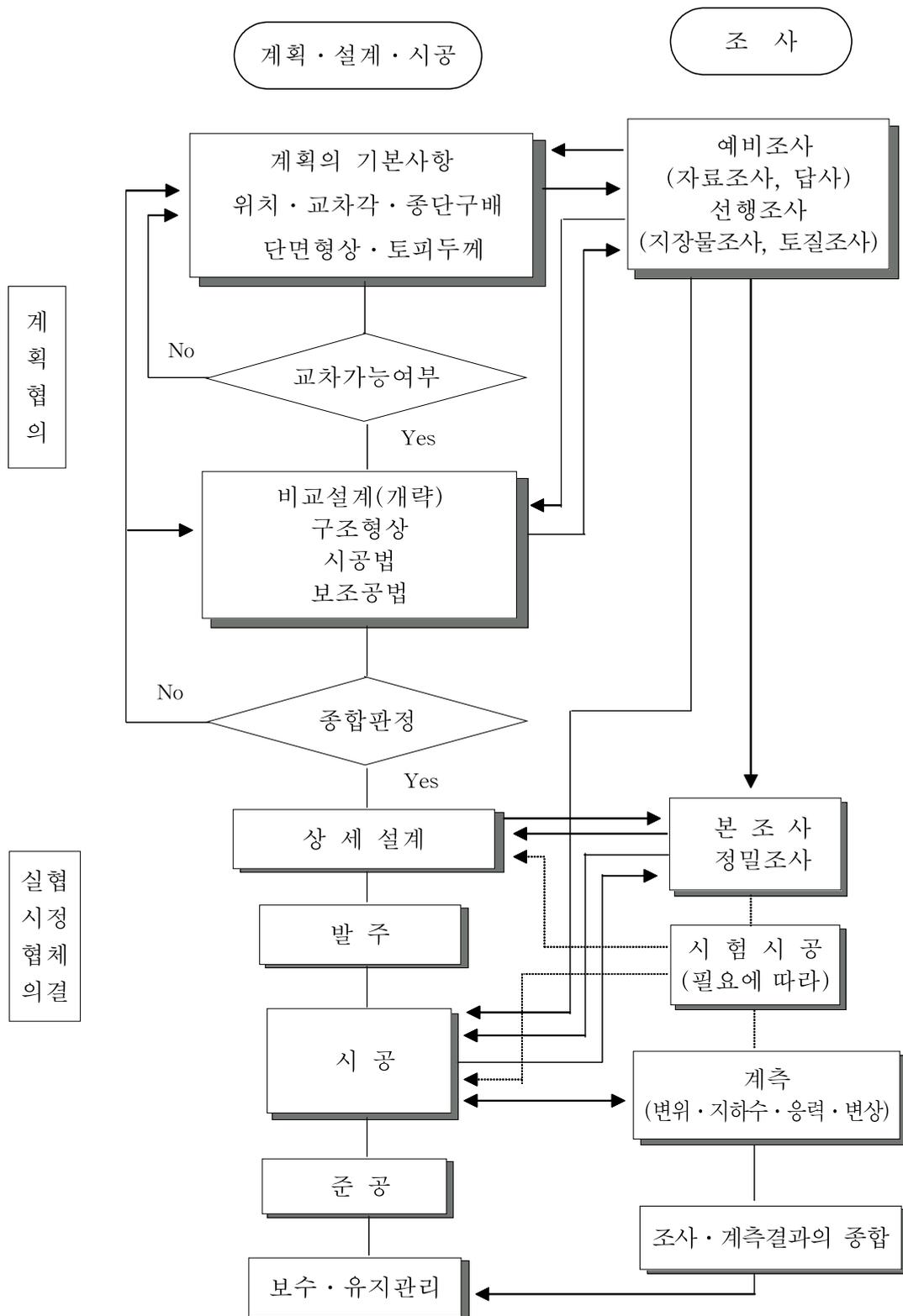


그림 15. 공법 선정 흐름도



표 13. 구조물 형식 선정표

| 구조물 형식 | | 거더식 | | 문형 라멘 | 박스형 라멘 | 링 | 아치 |
|------------------|----------------------------------|------------------------------|----|----------|-----------|-----------------|-----------------|
| | | 하로 거더 형식 ⁶⁾ | 기타 | | | | |
| 목적 | 도로지하통로 | ○ | ○ | ○ | ○ | △ | △ |
| | 선로 | ○ | ○ | ○ | ○ | △ | ○ |
| | 수로 무압 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| | 수로 압력 | × | × | × | △ | ○ | △ |
| 경간 | 10m 미만 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| | 10 ~ 15m | ○ | ○ | △ | △ | △ | △ |
| | 15m 이상 | ○ | ○ | × | × | × | × |
| 횡단 연장 | 20m 미만 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| | 20 ~ 30m | △ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| | 30m 이상 | △ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 토 피 | 0 ~ 1m 미만 | ○ | ○ | ○ | ○ | △ ¹⁾ | △ ¹⁾ |
| | 1 ~ 2m 미만 | △ | ○ | ○ | ○ | ○ ¹⁾ | ○ ¹⁾ |
| | 2 ~ 3m 미만 | × | △ | ○ | ○ | ○ ¹⁾ | ○ ¹⁾ |
| | 3 ~ 5m 미만 | × | × | ○ | ○ | ○ ¹⁾ | ○ ¹⁾ |
| | 5 ~ 10m 미만 | × | × | △ | △ | ○ ¹⁾ | ○ ¹⁾ |
| | 10m 이상 | × | × | × | × | ○ | ○ |
| 지 반 조 건 | 지지 지반 강함 ²⁾ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| | 지지 지반 약함, 기초말뚝(없음) ³⁾ | △ | × | × | ○ | ○ | ○ ⁴⁾ |
| | 지지 지반 약함, 기초말뚝(있음) | △ | △ | × | △ | - | - |
| | 현저히 강하거나 약한 불균질 지반 | △ | △ | △ | △ | △ | △ ⁴⁾ |
| | 지하수 | 시공기면 아래 ⁵⁾ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| | 시공기면 위 | ○ | △ | △ | ○ | ○ | ○ ⁴⁾ |

주) ○ : 일반적으로는 적용

△ : 적용은 가능하지만 문제가 있으며 문제점에 대해서 대책 검토를 요함

× : 일반적으로는 부적합

1) : 경간에 따라 다름

2) : 사질토 N값 30 이상, 점성토 N값 20 이상

3) : 사질토 N값 10 이상, 점성토 N값 4 이하(단 액상화 지반은 제외)

4) : 인버트 시공함

5) : 느슨한 모래 지반에서는 액상화 검토가 필요함.

6) : 비개착에 의함

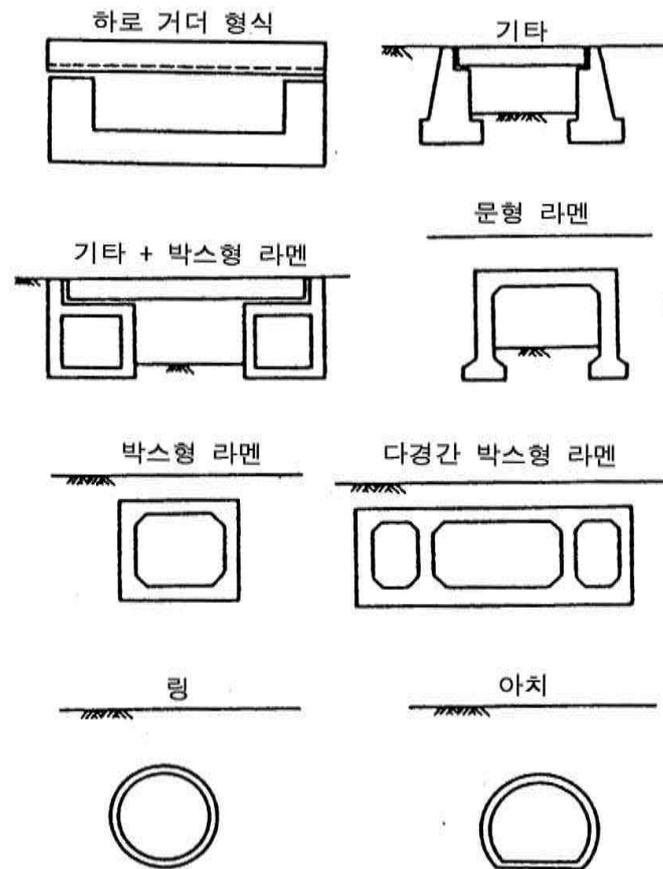


그림 16. 지하 구조물 형식

① 거더 구조

가. 하로 거더 형식(비개착공법에 의한)

일반적으로 거더, 교대와 U형 옹벽 등으로 이루어진 구조물이다. 토피가 작은 경우에 적합하며, 도로 등 접속부의 조건이 유리해진다.

나. 기타

일반적으로 거더와 교대, 교각으로 이루어진 구조물이다. 경간이 긴 경우 가장 유효한 구조 형식으로서, 토피가 작은 경우에도 적용 가능하다. 지하수위 이하의 경우, 교대, 교각, 옹벽 형식의 선정에 대한 검토가 필요하다.

② 문형 라멘 구조

지반 조건이 양호하고 직접기초로 할 수 있는 경우는 박스형 라멘 보다 유리해지는 경우가 있다.

③ 박스형 라멘 구조

가. 경간은 그다지 길지 않은 것에 유리(보통 10m 전후가 한도)하다.

나. 토피가 커지면(대개 5m 정도)응력상 문제가 있다.



다. 지하 수위 아래의 경우, 부력에 대한 검토가 필요하다.

라. 일반적으로는 기초 말뚝을 필요로 하지 않는다.

④ 링 구조

내압이 작용하는 경우에는 이 형식에 의하는 것이 가장 좋다. 유체의 유로로서는 최적(유효 단면의 활용)인 구조로서 특히, 토피가 크면 지반이 연약하고 균질한 경우에 다른 형식보다 응력상에도 유리하다.

⑤ 아치 구조

일반적으로는 토피가 큰 경우에 적합하지만 URT의 터널 형식에서는 1m 정도의 토피에서 시공한 실적이 있다. 지지 지반이 연약한 경우는 아치와 일체로 된 인버트 콘크리트의 시공을 요한다.

⑥ 복합구조, 다경간, 다층 구조

경간, 토피, 기타 조건에 따라 단경간으로 목적에 적합할 수 없는 경우, 각 구조 자체의 특성을 검토하면서 이용하는 것이 좋다. 다경간 구조로 할 수밖에 없는 장경간으로서 부등침하의 우려가 있는 경우는 부정정 구조 또는 단경간의 박스형 라멘의 복합 구조로 할 필요가 있다.

1.3 공법선정

- 각종 시공법에 대해서 각각의 적용조건, 장·단점을 파악하고 기술적인 검토를 하여야 한다. 철도 지하횡단 구조물의 시공법은 기존선로를 가이설하고 가받침하여 시공하는 개착공법과 기존선로를 그대로 두고 선로의 횡으로 시공하는 비개착공법으로 대별된다.
- 개착공법은 전통적인 공법이지만 일반적으로 기존선로의 교통에 미치는 영향이 커서 최근에는 시공실적이 감소하고 있다. 그러나 통상 양호한 관리를 토대로 구조물의 구축, 토피를 최소한으로 억제해야하는 경우에는 계획단계에서 공법 채택여부에 대해 충분한 검토가 필요하다.
- 대규모 구조물, 특수한 지반의 경우는 여기에서 제시한 공법의 조합이나 단일 공법으로 분할 시공에 대해서도 검토를 할 필요가 있다. 또한 새로운 기술, 시공법이 개발되어 그 적용이 적절하다고 판단되는 경우에는 관련 전문가에게 의뢰하여 별도 검토하는 것이 좋다.
- 지하횡단 공법 분류

1.3.1 개착공법

- (1) 가받침 공법
- (2) 특수선부설 공법

1.3.2 비개착공법

- (1) 프론트잭킹(Front Jacking method) 공법
- (2) TES(Tube Extract Structure method) 공법
- (3) UPRS(Upgraded Pipe Roof Structure method) 공법
- (4) STS(Steel Tube Slab method) 공법
- (5) TRcM(Tubular Roof Construction Method) 공법
- (6) NTR(New Tubular Roof method) 공법
- (7) TSM(Tunnel of using Steel pipe Method) 공법
- (8) TR&T(Tubular Roof & Trench method) 공법
- (9) PST(Prestressed Square Tunnel method) 공법
- (10) PDP(Pre Drilling Pipe method) 공법
- (11) JES(Joint Element Shield structure method) 공법
- (12) TSTM(Trapezoidal Steel box Tunnelling Method) 공법
- (13) PCR(Prestressed Concrete Roof method) 공법
- (14) URT(Under Railway Tunnelling method) 공법
- (15) DSM(Divided Shield Method) 공법
- (16) SPS(Separate Panel Shield method) 공법

1.4 공법 선정조건

(1) 토피 조건

- ① 구조물의 설치 위치에 해당하는 토피에 대해서는 개착공법의 경우, 가능한 한 토피를 크게 하지만, 굴착토량이 증가하고 대규모 토류로 인해서 비개착공법에 비하여 비경제적이게 된다. 따라서 토피가 크게 되는 경우는 경제성 비교를 하여 유리한 시공법을 선정하는 것이 바람직하다.
- ② 견인공법, 추진공법, 메샤셴드공법에서는 방호공으로서의 파이프 루프 등이 시공될 수 있는 토피가 필요해진다. 파이프의 설치 깊이는 시공의 정도, 노반 표층에 지장물이 존재할 우려가 있으므로 일반적으로는 토피 1m 정도가 적당하지만, 파이프의 직경, 길이 및 선구 조건에 따라서는 토피를 작게 하는 것도 가능하다.
- ③ 토피조건에서는 국내외 철도 지하횡단 공사의 시공실적을 근거로 하여 0~2m로 구분하였으며, 개착공법은 토피와 상관이 없다.
- ④ 기존 콘크리트도상 하부에 비개착공법으로 지하횡단구조물을 설치할 경우 최소 토피고를 3.5m이상 확보하여야 한다.

(2) 지반·지하수 조건

- ① 지반의 층·횡단 방향의 변화, 흙의 공학적 성질, 지하수위(수압), 산소 결핍 공기, 유해가스 등에 대한 검토를 하여야 한다.



가. 굴착 지반이 연약한 경우는 토류, 굴착면, 주변 지반의 변상이 발생할 우려가 높으므로 특별 보조공법을 포함해야 하는 경우가 있다.

나. 지하 수위가 높은 경우에는 보일링이나 노반 용기에 대한 검토가 필요하다. 또한 연약점성토 지반에 있어서는 히빙의 검토를 충분히 하여 둘 필요가 있다.

다. 기타 시공상 굴착기의 인구 관입저항, 원굴착면의 안정성, 굴착 난이도 차이 등에 의한 시공법 적용상의 문제가 있다.

(3) 궤도·노반 조건

① 선로수, 곡선구간, 구배, 분기기, 다이아몬드 크로싱(직상 및 근접), 장대레일, 노반구조 등에 대한 검토를 하여야 한다.

② 정거장 구내 등에 있어서는 분기기, 다이아몬드 크로싱 하부에 구조물이 선정되는 경우가 있으나, 가능하면 횡단 위치를 변경하는 것이 좋다. 부득이한 경우에는 노반이나 궤도의 변상대책을 충분히 강구할 필요가 있다.

(4) 구조물 횡단연장조건은 국내·외 철도 지하횡단 공사의 시공실적을 근거로 하여 구분하였으며, 횡단연장 길이(20~30m)는 단·복선길이를 근거로 작성하였다.

(5) 열차운행조건

① 열차 운행횟수, 차단공사의 가부, 열차 서행여부, 속도 및 기간 등에 대한 검토를 하여야 한다.

가. 고밀도, 고속도의 선로 조건으로부터 선로 차단시간의 확보, 열차의 장기서행 실시가 곤란한 경우가 많아 이 조건으로부터 시공법이 한정되는 경우가 적지 않다.

나. 열차횟수별로는 「한국철도공사 철도통계연보」(2008년)의 선구별 열차운행 횟수를 참고하여 KTX, 여객열차 및 화물열차에 대하여 운행횟수에 따라 300회 미만, 300회 이상으로 구분하여 선구별로 공법이 적용 가능한 구간을 제시하였다.

다. 열차운행조건에서는 2000년대 이후 최근까지 국내철도지하횡단공사 개착공법과 비개착공법의 공사중 열차서행일수를 비교 검토해본 결과 서행일수는 현장조건, 구조물의 크기, 횡단연장, 선구에 따라서 다르지만 대체적으로 열차운행횟수가 적은 선구에 적용한 개착공법과 비개착공법은 165~200일 이상, 열차운행횟수가 많은 구간에 적용한 공법은 20일 이내가 가장 많다. 따라서 본 선정기준에서는 열차의 서행속도와 관련한 서행일수가 최소로 되어야만 열차의 정시성을 확보할 수 있으므로 20일 이내를 단기서행, 20일 이상을 장기서행으로 구분하였다.

(6) 주변환경 및 용지 조건

① 지장물(지중 구조물 포함), 근접 구조물(과선교, 철도교, 배수구, 건물, 기타), 도로, 수로, 토지의 이용 상황, 공사의 규제(법령, 훈령) 등에 대한 검토를 하여야 한다.

가. 주변의 토지 이용 상황에 따라서는 직접적인 공해로서 소음, 진동, 갈수, 오수 반출, 운반시 분진의 비산, 도로 교통의 폭주 등이 발생할 우려가 있다.

나. 지반 조건에 따라서는 토류 변형, 토사 유출, 지반의 탈수압밀 등에 의한 주변 지반의 침하나 근접 구조물의 변상 우려가 있다. 이러한 경우에는 시공법, 보조공법

을 고려할 필요가 있다. 그리고 확보할 수 있는 용지, 운반도로, 배수로, 관련공사 등을 검토하여야 한다.

(7) 구조물의 규모 및 구조형식 조건

- ① 개착공법은 구조적인 취약성 및 이상현상이 발생할 수 있으므로 주로 열차운행이 적은 한산선구나 작은 규모의 공사에 적용하고 열차운행이 빈번한 구간이나 열차의 안전운행에 대한 영향을 고려할 때 비개착공법을 적용하는 것이 적절하다.
- ② 시공법 선정에 직접 영향을 미치는 항목이지만 선로하부에만 한정된 경우와 전·후의 부착부를 포함하여 시공법 선정을 행하는 경우, 다소 검토내용이 상이하다. 횡단 연장이 길고 견인공법, 추진공법, 엘리먼트 추진공법에 있어서는 일반적으로 주변마찰의 증가에 수반하여 추진설비나 방향제어의 문제가 발생한다.
- ③ 굴착 설비에 많은 비용을 필요로 하는 쉘드공법에 있어서, 시공 연장이 어프로치부를 포함하여 일반적으로 300m 이하인 경우에는 공사비가 높아지므로 적당하지 않다. 반면에 추진공법, 엘리먼트 추진공법은 일반적으로 연장이 길어지면 주변마찰의 증가에 의한 추진 설비, 방향 제어에 문제가 생긴다.
- ④ 구조물 단면이 대형으로 되는 경우에는 공법에 따라 안전상 분할 시공도 시행된다.
- ⑤ 최종 공법선정 기준시에는 지반조건/현장조건/열차운행조건/고객중심경영에서 보는 철도의 특성조건(안정성, 정시성, 신뢰성)등을 참고하여야 한다.
- ⑥ 국외에서 시공중인 공법은 국내 현장 적용성, 시공성, 경제성에 대하여 충분히 검토한 후 적용해야 한다.

(8) 경제성 분석

1단계(선로시스템), 2단계(열차 운행조건)의 단계별로 분석을 실시한후 참고사항으로 정량화 항목에 따른 직접공사비를 산정하여 공종별 비교 검토를 실시한다. 정량화 항목으로는 개착식공법(궤도공, 토공, 가시설공, 구조물공, 보강공, 시설부대공), 비개착공법(토공, 가시설공, 추진공, 구조물공, 보강공, 시설부대공)으로 세부 정량화 항목을 구분하였다.

이상의 공법선정조건을 토대로 공법선정 흐름도 및 선정기준을 제시하였다.

- 범례

○: 적절

△: 일반적으로 문제가 있으므로 검토를 필요로 한다.

× : 일반적으로 부적절

※ 참고

1) 보의 횡이동 방식을 제외한다.



- 2) 열차운행 횟수는 한국철도공사의 철도통계연보 참고 (2008)
- 3) 여객열차는 KTX 및 일반열차, 전동차 포함
 - a) 분기기 달림 공사 보라면 △
 - b) 장대레일을 정척 레일로 치환하면 △
 - c) 별도 가선 전환시의 검토를 필요
 - d) 보조 공법 등의 충분한 검토를 필요
 - e) 밀폐식 설드라면 ○
 - f) 가교대 등의 지지를 위한 지내력의 검토 필요
 - g) 지보공의 지지를 위한 지내력의 검토 필요
 - h) 견인이 가능하다면 ○
 - I) 추진이 가능하다면 ○
 - j) 엘리먼트의 추진(견인)이 가능하다면 ○
 - k) 고결 지반이라면 ○
 - L) 막장 안정 검토가 필요
 - m) 수평보링의 정도 검토가 필요
 - n) 옥석 등의 크기에 따라서 인력굴착 필요

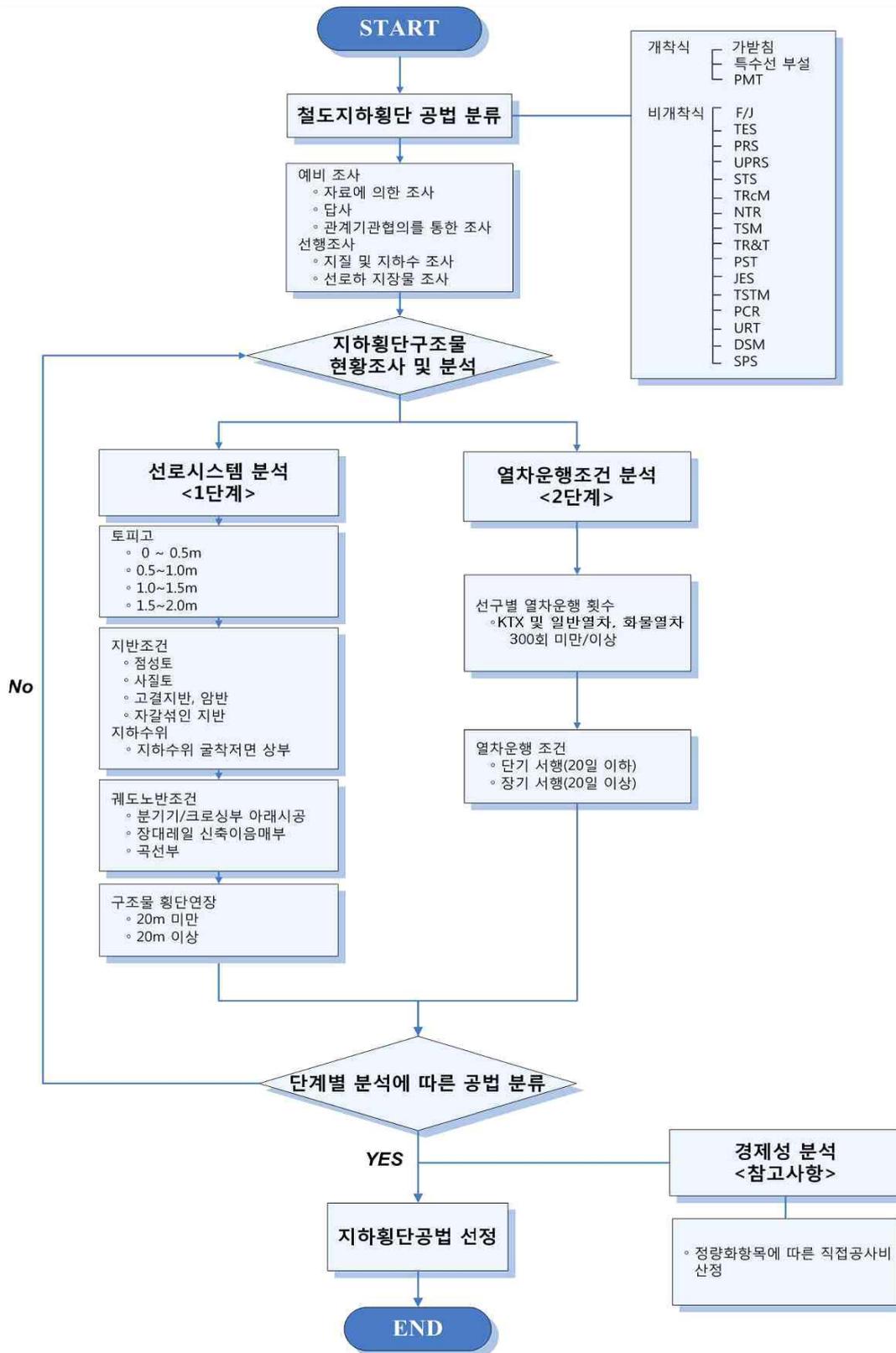


그림 17. 공법선정 흐름도



표 14. 시공법 선정기준

| 조 건 | | | 개 착 공 법 | | | 비 개 착 공 법 | | | | |
|------------------------------|---------------------|---------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | | | 가 받 침 | 특 수 선 부 설 | PMT | 합 체 인 | | 강 관 추 진 | | |
| | | | | | | F/J | TES | PRS | UPRS | STS |
| I 단계 : 선 로 시스 템 분 석 | 토 피 고 | 0 ~ 0.5m | ○ | ○ | ○ | △ | × | △ | △ | △ |
| | | 0.5 ~ 1.0m | ○ | ○ | ○ | ○ | △ | ○ | ○ | ○ |
| | | 1.0 ~ 1.5m | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| | | 1.5 ~ 2.0m | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| | 지 반 조 건 | 점성토 | △ ^{f)} | ○ | △ ^{f)} | △ ^{d)} | △ ^{dg)} | △ ^{d)g)} | △ ^{d)g)} | △ ^{d)g)} |
| | | 사질토 | △ ^{f)} | △ | △ ^{f)} | △ ^{d)} | △ ^{dg)} | △ ^{d)g)} | △ ^{d)g)} | △ ^{d)g)} |
| | | 고결지반, 암반 | ○ | ○ | ○ | △ ^{h)} | △ ⁱ⁾ | △ ⁱ⁾ | △ ⁱ⁾ | △ ⁱ⁾ |
| | | 자갈섞인지반 | △ | ○ | △ | △ ^{m)} | △ ⁿ⁾ | △ ⁿ⁾ | △ ⁿ⁾ | △ ⁿ⁾ |
| | 지 하 수 위 | 지하수위 굴착지면상부 (수위저하공법곤란) | △ ^{d)} | △ ^{d)} | △ ^{d)} | △ ^{d)} |
| | 궤 도 노 반 조 건 | 분기기/크로싱부 아래시공 | × ^{a)} | △ ^{c)} | △ | △ | △ | △ | △ | △ |
| | | 장대레일 신축이음매부 | × ^{b)} | △ | △ | ○ | △ | △ | △ | △ |
| | | 곡선부 | ○ | ○ | ○ | ○ | △ | ○ | ○ | ○ |
| | 구조물 횡 단 연 장 | 20m 미만 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 20m 이상 | | ○ | △ | ○ | ○ | △ | ○ | ○ | ○ | |
| II 단계 : 열 차 운 행 조 건 | 열 차 운 행 횡 수 별 | 여객열차 및 화물열차 | 300회 미만 | △ | △ | ○ | ○ | △ | ○ | ○ |
| | | | 300회 이상 | × | △ | △ | ○ | △ | △ | △ |
| | 열 차 운 행 조 건 | 단기 서행(20일 이하) | × | × | △ | △ | △ | × | △ | × |
| | | 장기 서행(20일 이상) | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |

표 14. 시공법 선정기준 (계속)

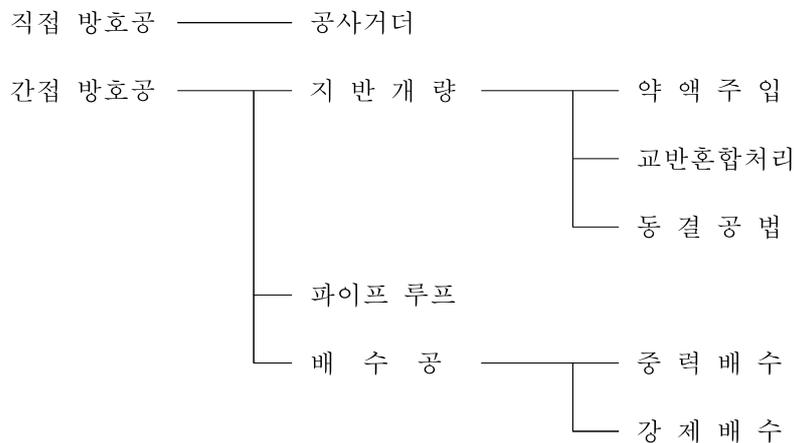
| 조건 | | | 비 개 착 공 법 | | | | | | | | | | | |
|------------------------------|---------------------|---------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-------------------|---------------------------|---|
| | | | 대구경 강관추진 | | | | 혼합관추진 | 엘리먼트전인 | 엘리먼트 추진 | | | 판넬추진 | | |
| | | | TR cM | NT R | TS M | TR & T | P S T | JES | TS TM | PCR | UR T | DS M | SPS (메 샤 셸 드) | |
| I 단계 : 선 로 시스 템 분 석 | 토피고 | 0 ~ 0.5m | × | × | × | × | × | △ | △ ^{d)} | △ ^{d)} | △ ^{d)} | × | × | |
| | | 0.5 ~ 1.0m | △ | △ | △ | △ | △ | ○ | △ ^{d)} | △ ^{d)} | △ ^{d)} | △ | △ | |
| | | 1.0 ~ 1.5m | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | △ ^{d)} | ○ | △ ^{d)} | ○ | △ | |
| | | 1.5 ~ 2.0m | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | △ | |
| | 지 반 조 건 | 점성토 | △ ^{d)g)} | △ | △ ^{d)} | △ ^{d)} | △ ^{d)} | △ ^{d)g)} | △ ^{d)g)} | |
| | | 사질토 | △ ^{d)g)} | △ | △ ^{d)} | △ ^{d)} | △ ^{d)} | △ ^{d)g)} | △ ^{d)g)} | |
| | | 고결지반, 암반 | △ ⁱ⁾ | △ ^{j)} | △ ^{j)} | △ ^{j)} | △ ^{j)} | △ ^{k)} | × | |
| | | 차갈섞인지반 | △ ⁿ⁾ | △ | △ ⁿ⁾ | △ ⁿ⁾ | △ ⁿ⁾ | △ ^{e)} | △ ^{L)} | |
| | 지 하 수 위 | 지하수위 굴착저면상부 (수위저하공법공란) | △ ^{d)} | △ | △ ^{d)} | △ ^{d)} | △ ^{d)} | △ ^{d)} | × | |
| | 궤 도 노 반 조 건 | 분기기/크로싱부 아래시공 | △ | △ | △ | △ | △ | △ | △ | △ | △ | △ | △ | |
| | | 장대레일 신축이음매부 | △ | △ | △ | △ | △ | △ | △ | △ | △ | △ | △ | |
| | | 곡선부 | ○ | ○ | △ | △ | △ | ○ | △ | ○ | ○ | △ | △ | |
| | 구조물 형 단 연 장 | 20m 미만 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | △ | |
| | | 20m 이상 | ○ | ○ | △ | △ | △ | ○ | △ | × | ○ | △ | △ | |
| II 단계 : 열 차 운 행 조 건 | 열 차 운 행 횡 수 별 | 여객열차 및 화물열차 | 300회 미만 | ○ | ○ | △ | △ | △ | ○ | △ | ○ | ○ | △ | △ |
| | | | 300회 이상 | △ | △ | △ | △ | △ | ○ | △ | ○ | ○ | △ | × |
| | 열 차 운 행 조 건 | 단기 서행(20일 이하) | △ | △ | × | × | × | △ | × | △ | △ | × | × | |
| | | 장기 서행(20일 이상) | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | |



1.5 보조공법선정

철도 지하횡단 공사의 시공 안전을 확보함과 동시에 궤도·노반·주변 지반·근접 구조물의 변상 방지를 도모하기 위해 보조공법을 필요로 한다. 통상 실시되고 있는 주요 보조공법은 <표 15>과 같이 분류할 수 있다. 시공의 안전확보를 위한 보조공법에는 주변 지반이나 구조물의 변상을 촉진하게 되는 공법도 있으므로 주의가 필요하다. 따라서, 선정된 시공법에 대해 선로 및 지반 조건 기타 여러 가지 조건에 의해 보조공법을 필요로 하는 경우는 충분한 조사와 검토를 하여 적절한 보조공법을 선정하여야 한다.

표 15. 보조 공법의 분류



1.5.1 직접방호공

본체의 철도 지하횡단 구조물을 비개착공법으로 시공하는 경우에 궤도를 직접 지지하여 방호하는 공법으로 공사거더 등이 있으며 견인·추진·엘리먼트 추진공법 등으로 토피가 작고 원지반의 굴착에 의해 선로 밑 지반의 침하나 궤도의 횡방향 변형이 발생할 우려가 있는 경우에 이들을 가설하여 궤도를 직접 지지하고 방호하는 것이다.

1.5.2 간접방호공

지하수를 양수하여 지하수위를 저하시키고 수압의 경감, 지반의 안정을 피하고 공사의 안정성을 확보하는 것을 목적으로 하며 어떠한 공법으로 실시하는가의 여부는 목적, 지하수위 저하량, 토질(입경·투수계수 등), 공사종류, 규모, 공기, 공사비 등을 검토하여야 한다.

(1) 지반 개량

① 약액주입

주입재를 지중에 압입하여 고결시킴으로써 지반의 강도, 지수성의 증가, 또는

지반 압축성의 저감을 목적으로 하며, 주입 설계에 있어서는 다음의 사항에 대해서 검토하여야 한다.

가. 설계 주입 범위

나. 주입재

다. 주입량

라. 주입공의 배치

마. 주입 속도 및 압력

각 항목 상호간에는 밀접한 관계가 있으므로 그 관련을 염두에 두어 검토하는 것이 중요하며 상세 및 기타 사항은 관련시방기준을 참조하여 행한다.

② 교반혼합처리

지반 중에 시멘트를 슬러리 모양 또는 분체로 압송, 주입하여 교반·혼합함으로써 지반 개량 등 목적에 따라서 지반을 고화 처리하는 방법으로서, 시멘트 첨가 방법에 따라서 분체 방식과 슬러리 방식들로 구분되며, 시공 방법을 흙과의 교반 방식에 의해서 분류하면, 지중에 공급된 시멘트를 교반기로서 기계적 혼합에 의해서 개량토 말뚝을 만드는 기계교반공법과 시멘트 슬러리를 고압 분사에 의해 지반을 파괴함과 동시에 흙을 시멘트의 분류에 의한 혼합 작용에 의해서 강제 교반하는 고압분사 교반공법이 있다.

③ 동결공법

이것은 지반개량 공법의 일종으로 지반 중에 포함되어 있는 수분을 일시적으로 인공 동결시켜 그 사이에 필요한 건설공사를 하여 그 목적 달성 후 해동시켜 지반을 복구하는 것이며 공법의 특성은 다음과 같다.

가. 동토는 차수성이 완전하고 역학적 강도도 우수하다.

나. 대기 오염, 지하수 오염 우려가 없다.

다. 원지반 조건에 따라서 동상 및 해동 침하가 문제될 수 있다.

라. 콘크리트 양생 시, 상황에 따라 동해방지 처리를 필요로 한다.

이러한 특성을 갖는 동결공법의 냉각방식으로서는 브라인 방식과 저온 액화 가스 방식이 있으며 <표 16>은 양 방식의 특징을 정리한 것인데, 양 방식의 어떠한 것을 채용할 것인가는 공사 규모, 시공성, 공기, 공사비 등을 충분히 검토하여 결정하여야 하며, 또한 동결 공법의 실시에 있어서는 준거해야할 법규, 내용, 허가 인가 수속, 소요 일수 등에 대해서 충분 조사하여 숙지 대처할 필요가 있으며, 동결 공법의 설계 시공의 상세에 대해서는 관련 시방기준을 준수하여야 한다.



표 16. 냉각 방식에 의한 비교

| 항목 \ 종별 | 브라인 방식 | 저온 액화 가스 방식 |
|-------------------|----------------------|----------------------|
| 경제적 동결토량 | 150m ³ 이상 | 150m ³ 이하 |
| 동토 조성까지 필요한 시간 | 길다. | 짧다. |
| 지하수류(한계 유속) | 2m/day | 10m/day |
| 경제성으로 본 동토 유지 기간 | 장시간 | 단시간 |
| 냉각온도(동결관출입구 평균온도) | -20℃ ~ -40℃ | -100℃ ~ -150℃ |
| 동결기지 및 설비 | 대 | 소 |

(2) 파이프루프

지중에 강관을 연속하여 압입하고 굴착시의 원굴착면의 붕괴에 따른 지표 함몰의 방지, 변상 범위의 확대 억지를 위해 방호공으로서 시공한다.

견인, 추진, 메사쉴드공법의 시공에 있어서 토피가 작은 선로하부를 굴착하는 경우에 사용되고 있다. 토피에 대해서는 궤도 및 노반 구조 등을 고려한 검토가 필요하다.

(3) 배수공

배수공은 지하수를 배수함으로써 지하수위를 저하시켜 공사 안전성과 경제성을 확보하는 것을 목적으로 한다.

① 중력배수

가. 부양 배수

소규모의 굴착이나 양질의 지반(용수에 대한 안전성이 높은 토질) 굴착 또는 완성면에서의 굴착 등의 경우에 이용한다.

널말뚝을 병용하는 경우는 저면이나 측벽의 널말뚝에 과잉한 압력이 발생되어 수두 구배가 커지게 되면 저면은 히빙현상을 일으키게 되며, 또한 파이핑 현상에 의해 널말뚝의 하부가 세굴되어 널말뚝이 붕괴될 위험이 있으므로 이러한 것에 대한 검토를 하여야 한다.

나. 심정호(Deep Well)

직경 300~1000mm의 심정호를 투수층에 설치하여 이것으로부터 지하수를 양수하여 지하수면이나 지하수압의 저하를 도모한다. 심정호 배수에 의해서 지하수위를 일정하게 저하시키기 위해서는 그 대상으로 되는 토질 구성은 비교적 깊이까지 투수성이 좋은(투수계수가 대개 5×10⁻¹mm/sec 이상) 지반에 적용한다. 또 웰포인트에서는 저하시킬 수 없는 큰 수위차를 심정호에 의해서 어느 정도까지 저하시켜

부분적으로 또는 보조적인 배수를 웰포인트로서 시행하는 경우도 있다. 웰포인트보다도 심정호 쪽이 적합하다고 고려되는 조건은 다음과 같다.

- 넓은 범위에 걸쳐 큰 지하수위 저하가 필요한 경우
- 투수성이 큰 지반에서 양수량이 상당히 커지는 경우
- 히빙 등의 방지를 위해 심층 지하수의 감압이 필요한 경우
- 배수가 필요한 지역의 상태 또는 공사의 성격에 따라서 대상지에 웰포인트를 적용할 수 없는 경우

② 강제 배수

이것은 웰포인트라 하는 집수관을 지하수면 아래에 타입하고 이것에 진공도를 걸어 지하수를 흡인하여 지하수위를 저하시키는 방법이다.

1개의 웰포인트에 의해서 실제로 가능한 수위 저하량은 6~8m가 한도이며, 또 이 공법이 가장 적정한 지반의 투수계수는 $5 \times 10^{-2} \sim 1 \times 10^{-1} \text{mm/sec}$ 이다.

1.6 감시·계측

철도 지하횡단 공사에 의해 궤도·노반·주변 지반·근접 구조물 등에 지장을 주지 않도록 또한 위험한 사태의 발생을 미연에 방지하기 위해 공사 현장과 그 주변의 감시와 계측을 수행하여 안전성을 확인하면서 시공할 필요가 있다. 특히, 수송의 안전 확보는 공사의 대전제이며 선로감시와 이상시의 긴급 연락 체제의 확립을 하여야 한다. 또한 공사에 의한 현장 주변의 영향을 최소화할 수 있도록 가능한 한 조기에 계측을 수행하는 것이 필요하다.

감시·계측에 대해서는 당초부터 공사계획에 두어야 하며 유의하여 검토하여야 한다. 계측 항목 및 방법에 대해서는 <표 17>에 보인 바와 같다.

1.6.1 궤도·노반

궤도의 변형에 대해서는 궤도정비기준치 기준으로 감시·계측을 수행할 필요가 있다. 또한 강제·PC 엘리먼트 및 파이프 루프의 압입시나 지반개량 공사중에는 궤도 변형을 일으켜 열차 운행에 지장을 줄 우려가 있으므로 특히 주의를 하여 상시 감시·계측을 수행할 필요가 있다.

1.6.2 가받침공법

가교대는 굴착에 따른 지반의 이완이나 시공상의 원인에 의해 변형을 일으킬 우려가 있으므로 가교대의 감시나 변위를 계측할 필요가 있다. 또한 공사 거더의 견전도를 확인할 필요가 있는 경우나 현장에서 조립하는 경우에는 가설시에 거더의 침하를 계측할 필요가 있다.



표 19. 계측 항목 및 방법

| 번호 | 대상 | 계측 항목 | 필요성 | 계측 방법 | 계측기 |
|----|-----------------------------|-------------------------------------|-------------|---|---|
| 1 | 궤도 | a 고저 b 선형 c 수준· 평면성 | ○ ○ ○ | 육안 또는 수준 간이 측정에 의해 궤도 변상을 관측한다. 10m의 수사를 깔아 정시 관리 간이 측정기를 이용하여 궤간측 레일 측면의 선형 형상을 측정한다. 수준기를 사용하여 레일면의 변위를 측정한다. | 간이측정기 간이측정기 수준기 |
| | 노반 | a 지표변위 b 지중 변위 | ○ △ | 기준(부동점) 및 측정 말뚝을 설치하여 변위를 관측한다. 보링에 의해 설치된 지중의 측정 침하를 관측한다. | 트랜싯·레벨 레벨 |
| 2 | 공사 거더 | a 변위 b 침하 | ○ △ | 가교대의 변위를 측정한다. 거더의 중앙부 직하 지반에 부동점의 말뚝을 설치하여 침하계를 부착하여 측정한다. | 레벨 침하계 |
| 3 | 엘리먼트, 함체, 파이프 루프 등 | a 압입정도 | ○ | 엘리먼트, 함체, 파이프 루프 등의 압입 정도를 측정한다. | 트랜싯·레벨 |
| 4 | 가토류 | a 보의 응력 b 벽체의 변위 | △ △ | 굴착시에 생기는 보의 응력과 침하를 측정한다. 굴착진행에 의해 발생하는 벽체의 변위를 측정한다. | 하중계·변형계 엘리테이드·트랜싯 |
| 5 | 함체· 복공 및 지보 | a 지보의 변위 b 함체 및 복공의 변상 | ○ ○ | 침하, 변위를 관측한다. 시공시의 균열·변위 등을 감시·관측한다. | 엘리테이드·레벨 육안·엘리테이드·레벨 |
| 6 | 주변 지반 | a 지표변위 b 지중변위 c 지하수 (수위수압) | ○ △ △ | 변위영향 범위에 측정점을 설치하여 변위 측정을 한다. 변위영향 범위의 지중에 측정점을 설치하여 변위 측정을 한다. 지하수위 측정공에서 수위 측정기를 이용하여 수위 변동을 측정한다. 도수 구배선내에 간극 수압계를 설치하여 측정한다. | 레벨·트랜싯· 침하계·경사계 레벨·침하계· 경사계 수위측정기 간극 수압계 |
| | 근접 구조물 | a 균열 b 침하·경사 | ○ △ | 균열 발생과 진행 상태를 감시한다. 변위가 생길 우려가 있는 개소에 측정기를 설치하여 측정한다. | 육안 레벨·트랜싯· 침하계·경사계 |

범례 ○ ; 반드시 실시함

△ ; 필요에 따라 실시함

1.6.3 엘리먼트, 합체, 파이프루프

엘리먼트 추진공법이나 견인공법, 추진공법으로 시공하는 경우, 엘리먼트 등의 압입 정도를 계측함으로써 궤도 변상을 예측할 수도 있다.

1.6.4 가토류

굴착시에 생기는 보의 응력이나 벽체의 변위를 지반 조건, 지하수 조건, 중요한 주변 구조물의 유무 등에 따라서 계측을 수행할 필요가 있다.

1.6.5 합체, 복공 및 지보

합체나 지보 등의 변형을 항상 감시·계측하여야 한다.

1.6.6 주변 지반·근접 구조물

주변 지반이나 근접 구조물의 허용 변위량이 작은 경우에는 감시·계측이 특히 중요하다. 계측기기로서는 레벨이나 트랜싯 등외에, 근접 구조물에 침하계, 경사계, 변위계 등의 기기를 부착하여 정도가 높은 계측을 실시하는 경우도 있다. 또한 공사현장과 근접 구조물 사이의 지중에 침하계, 경사계 등을 설치하여 구조물의 변상을 간접적으로 관찰하는 방법을 취하는 경우도 있다. 구조물의 허용 변위량은 대상으로 하는 구조물에 따라서 다르므로 충분히 조사 검토하면서 필요한 감시·계측을 수행하여야 한다.



RECORD HISTORY

- Rev.0('12.12.05) 철도설계기준 철도설계지침, 철도설계편람으로 나누어져 있는 기준 체계를 국제적인 방법인 항목별(코드별)체계로 개정하여 사용자가 손쉽게 이용하는 데 목적을 둬.
- Rev.1('13.03.25) 지하구조물 설계 시 상부에 열차하중이 재하되지 않고 노면 활하중이 도로하중인 경우 “콘크리트구조기준”의 하중계수 및 하중조합을 적용하므로 합리적이며 경제적인 설계가 가능하도록 조항 신설
- Rev.2('14.12.09) 최근에 발생한 “판교 테크노벨리 추락사고”를 계기로 우리공단의 철도 환기구 덮개설치 기준을 제정
- Rev.3('15.02.02) 기존 콘크리트도상 하부에 비개착공법으로 지하횡단구조물을 설치할 경우 상부노반 교란으로 인하여 응력이완이 발생하므로 안정성 확보를 위한 최소 토피고 제시
- Rev.4('17.3.20) 철도설계기준(국토교통부고시제2015-1014호, '15.12.29)이 개정 고시됨에 따라 개정내용(지반변형계수, 환기구 계획·설계)을 반영