

# 철도설계기준 및 철도공사전문시방서의 소개

조영갑\*1 박일하\*2

## 1. 머리말

우리청에서는 건설시장개방에 따른 국가경쟁력강화와 건설기술의 향상을 위하여 철도설계기준(철도교편) 및 철도공사전문시방서(토목편)를 1999.8월 개정하였으며, 현재 철도노반설계기준 및 철도설계편람을 제정할 계획으로 있다. 그동안의 투자사업이 도로위주로 일관됨에 따라 도로를 전문적으로 설계하고 시공하던 토목, 건축 기술자들이 철도건설공사에 참여하면서 많은 시행착오를 겪고 있음을 확인할 수 있었으나 동 설계기준 및 전문시방서 개정으로 인하여 우리 기술자들에게 많은 도움이 될것이라 생각한다.

철도, 도로, 항만등 각 부분의 토목공사는 각자 나름대로의 특징을 갖고 있겠으나 이들 중 일부 항목은 서로 유사성을 갖고 있으며, 특히 철도와 도로는 해당 구조물이 선형으로 구성된다는 점과 공종이 토공(흙막기, 흙쌓기), 교량, 터널 및 기타 부대시설로 구성된다는 점에서 아주 유사성을 갖고 있다. 지반공학분야에 국한하여 보면 철도와 타분야와 큰 차이점이 없으며 따라서 본고에서는 '99.8월 개정된 철도설계기준(철도교편) 및 철도공사전문시방서(토목편) 내용중 타분야와 상이한 주요내용만 발췌하여 중점 소개하고자 하며, 그 차이점을 비교·검토함으로써 토목에 종사하고 있는 분들의 이해를 돕고자 한다.

\*1 철도청 건설본부장

\*2 철도청 건설본부 토목설계팀장

## 2. 철도설계기준 및 철도전문시방서 주요내용

### 2.1. 구조물과 기초의 허용변위량

열차를 지지하는 구조물의 레일면에서의 허용 부등변위량(평상시)

변위의 방향	열차속도 (km/hr)	어긋남 (mm)	꺾임각 $\theta$ (1/1000)			
			평행 이동에 대해		꺾임에 대해	
			L<30m	L≥30m	L<30m	L≥30m
연직	120	2	7.5	9	9	9
	150		5	6	6.5	7
수평	120	2	4	5.5	5	6
	150		3	3	3.5	4

주) L : 거더길이 또는 라멘 고가교의 블록길이

열차를 지지하는 구조물의 레일면에서의 허용 부등변위량(지진시)

변위의 방향	열차속도 (km/hr)	어긋남 (mm)	꺾임각 $\theta$ (1/1000)			
			평행 이동에 대해		꺾임에 대해	
			L<30m	L≥30m	L<30m	L≥30m
연직	120	20	20	2	20	20
	150		18	16	20	18
수평	120	10	9	12	11	12
	150		6.5	7.5	8	9.5

### 2.2 얇은기초지반의 극한 지지력

#### 2.2.1 정역학적 공식에 의한 극한지지력의 산정

얇은기초의 극한지지력은 하중조건, 지반조건, 기초의 형상 및 근입조건 등을 고려하여 Terzaghi 제안식이나, Hansen 제안식을 이용하여 구한다.

(1) Terzaghi 제안식을 이용한 극한지지력 산정

$$Q_u = A' [\alpha c N_c + q N_q + \beta \gamma_1 B' N_\gamma]$$

여기서,  $Q_u$  : 지반의 극한 지지력 (tonf),  
 $A'$  : 유효재하면적( $m^2$ )  
 $c$  : 지반의 점착력 (tonf/ $m^2$ ),  
 $q$  : 상재하중 (tonf/ $m^2$ )  
 $\alpha, \beta$  : 기초의 형상계수,  
 $N_c, N_q, N_\gamma$  : 지지력계수

(2) Hansen 제안식을 이용한 극한지지력 산정

$$Q_u = A' [c N_c s_c d_c i_c g_c b_c + q N_q s_q d_q i_q g_q b_q + \frac{1}{2} \gamma_1 B' N_\gamma s_\gamma d_\gamma i_\gamma g_\gamma b_\gamma]$$

한편,  $\phi = 0$  일 때의 극한지지력은 다음을 이용하여 구한다.

$$Q_u = A' [5.14 C_u (1 + s_c' d_c' - i_c' - g_c' - b_c') q]$$

여기서,  $C_u$  : 비배수점착력,  
 $N_c, N_q, N_\gamma$  : 지지력 계수  
 $s_c, s_q, s_\gamma, s_c'$  : 기초의 형상계수,  
 $d_c, d_q, d_\gamma, d_c'$  : 기초의 근입깊이계수  
 $i_c, i_q, i_\gamma, i_c'$  : 하중의 경사계수,  
 $g_c, g_q, g_\gamma, g_c'$  : 지반계수  
 $b_c, b_q, b_\gamma, b_c'$  : 기초저면 경사계수

(3) 편심하중에 따른 유효재하면적

편심하중을 받는 기초지반이 파괴상태에 도달했을 때는 하중의 합력의 작용점을 중심으로 하는 가상의 기초폭을 생각하고 극한상태에서는 이 부분에 하중이 균등하게 작용하는 것으로 간주하며, 정역학적 공식에 의한 극한지지력의 산정에 모두 적용한다.

2.2.2 평판재하시험에 의한 극한지지력의 산정

- (1) 평판재하시험의 결과를 이용하여 지반의 극한 지지력을 구하는 경우에는 재하시험의 결과로부터 구한 지반의 점착력  $c$ , 전단저항각  $\phi$ 를 이용하여 Terzaghi 제안식을 이용한 극한지지력 산정식에 따라 산출한다.
- (2) 편심하중이 작용하는 경우의 지반의 극한지지력을 구하기 위하여 중심하중의 재하시험인 평판재하시험의 결과를 그대로 이용할 수는 없으므로, 토질시험과 과거의 경험으로부터 추정된  $c, \phi$ 를 평판재하시험의 결과와 비교 확인한 후 Terzaghi 제안식을 이용한 극한지지력 산정식에 따라 지지력계산을 한다.  $c, \phi$ 의 확인은 다음 식에 의한다.

$$Q_u = \frac{\pi B^2}{4} (1.3cN_c + 0.3B\gamma_1 N_\gamma)$$

여기서,  $Q_u$  : 평판재하시험으로 구한 극한지지력(tonf) 또는 항복지지력의 1.5배  
 $B$  : 재하판의 지름(m)  
 $c$  : 흙의 점착력(tonf/ $m^2$ )  
 $\gamma_1$  : 지반의 단위중량(tonf/ $m^3$ )  
 $N_c, N_\gamma$  : 지지력계수

2.2.3 표준관입시험 및 콘 관입시험에 의한 지지력의 산정

지반의 허용지지력은 표준관입시험 결과를 이용하여 Meyerhof(1956) 및 Bowles (1982)가 제안한 식을 이용하여 구할 수도 있다.

$$B < 1.2m \text{인 경우 : } q_a = 2NF_d \frac{S}{25} \text{ (tonf/m}^2\text{)}$$

$$B \geq 1.2m \text{인 경우 :}$$

$$q_a = 1.2N \left( \frac{B+0.3}{B} \right)^2 F_d \frac{S}{25} \text{ (tonf/m}^2\text{)}$$

여기서,  $q_a$  : 지반의 허용지지력(tonf/m<sup>2</sup>)  
 $N$  : 표준관입시험치(기초저면 위로 0.5B와 아래 2B ~ 3B 까지의 평균값)  
 $F_d$  : 깊이계수 =  $1 + 0.33(D_f/B) \leq 1.33$   
 $D_f$  : 기초의 근입깊이(m)  
 $S$  : 허용침하량(mm)  
 $B$  : 기초의 폭(m)

또, 허용침하량이 25mm인 기초의 허용지지력은 콘관입시험 결과를 이용하여 Meyerhof(1956)가 제안한 식을 이용하여 구할 수도 있다.

$B \leq 1.2\text{m}$ 인 경우 :  $q_a = q_c / 15$

$B > 1.2\text{m}$ 인 경우 :  $q_a = \frac{q_c}{25} \left( \frac{B+0.3}{B} \right)^2$

여기서,  $B$  : 기초의 폭(m)  
 $q_c$  : 콘선단관입저항력(tonf/m<sup>2</sup>)

### 2.3 암반의 지지력

암반에서의 기초의 허용지지력은 암반의 종류와 풍화도 등에 대한 정보가 있는 경우에 아래의 표를 참

고로 하여 추정할 수 있으며, 또한 암석의 일축압축강도를 이용한 허용지지력은 다음 식을 사용하여 추정할 수도 있다.

$q_a = K_{sp} \times q_u$

여기서,  $q_a$  : 암석시료 평균 일축압축강도 (tonf/m<sup>2</sup>)

### 2.4 말뚝의 극한지지력

말뚝의 극한지지력은 지지력공식을 이용하는 방법, 그림을 이용한 타입말뚝의 선단 극한지지력 산정방법, 현장타설말뚝의 선단 극한지지력 산정방법, 내부굴착말뚝의 선단 극한지지력 산정방법이 부분적으로 타분야와 상이하므로 자세한 내용은 철도설계기준(철도교편)을 참조하기 바란다.

### 2.5 말뚝의 주변마찰력 산정

말뚝주면에 작용하는 마찰력  $f_s$  은 말뚝의 시공방법과 지반의 종류에 따라 다음 표와 같이 구할 수 있다.  $N \leq 2$ 는 연약층에서는 신뢰성이 부족하기 때문에 주변마찰력을 무시한다.

암반에서의 기초의 허용지지력 (tonf/m<sup>2</sup>)

지지층의 종류	지지층의 상태	지지력	
		범위	추천값
큰 결정체의 화성암과 변성암 : 화강암, 심록암, 현무암, 편마암, 완전히 고결된 역암(균열이 적은 신선암)	견고하고 신선한 암	600~1,000	800
편상의 변성암 : 점판암, 편암(균열이 적은 신선암)	약간 견고하고 신선한 암	300~400	350
퇴적암 : 견고하게 고결된 이판암, 실트암, 사암, 공동이 없는 석회암	약간 견고하고 신선한 암	150~250	200
풍화되거나 파쇄된 기반암(심하게 점토질화된 암(이판암) 제외), RQD<25	연암	80~120	100
조밀한 이판암, 심하게 점토질화되었으나 모암조직이 유지된 이판암	연암	80~120	100

주) 지진 또는 폭풍시에는 허용지지력을 1.5배까지 증가시킬 수 있다.

주면마찰력 (tonf/m<sup>2</sup>)

종류	종류	외관상	전면마찰력 계수	내부몰입 압력공급
사질토		0.2N(≤10)	벤토나이트를 사용하는 경우 : 0.2N(≤10) 벤토나이트를 사용하지 않는 경우 : 0.5N(≤20)	0.1N(≤5)
점성토		c <sub>v</sub> 또는 N(≤15)	c <sub>v</sub> 또는 N(≤15)	0.5 c <sub>v</sub> 또는 0.5N(≤10)

주) c<sub>v</sub> : 점성토의 비배수점착력

### 2.5.1 타입말뚝의 주면마찰력 산정

점성토 지반에 시공된 타입말뚝의 주면마찰력 f<sub>i</sub>는 다음과 같은 방법으로 구할 수도 있다.

#### (1) α 방법

전응력에 근거한 α 방법은 말뚝의 주면마찰력을 말뚝과 점토사이의 부착력과 관련하여 다음 식과 같이 구한다.

$$f_i = \alpha \cdot c_u$$

여기서,

f<sub>i</sub> : 점성토의 평균 비배수 점착력(tonf/m<sup>2</sup>)

α : 부착력계수

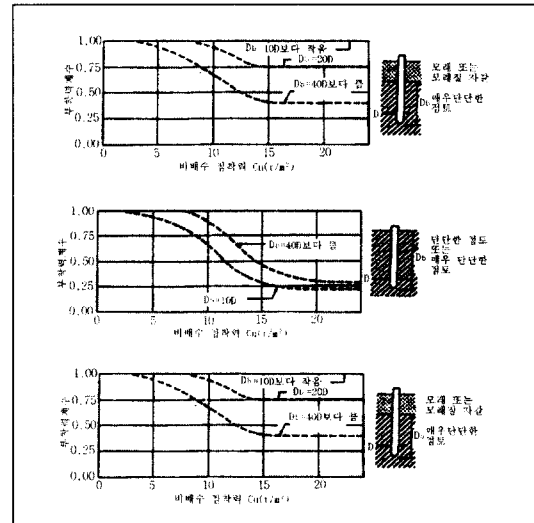
#### (2) β 방법

유효응력에 근거한 β 방법은 말뚝의 주면마찰력을 다음 식과 같이 산정한다.

$$f_i = \beta \cdot p_u'$$

여기서, p<sub>u</sub>' : 유효연직응력(tonf/m<sup>2</sup>)

β : 계수



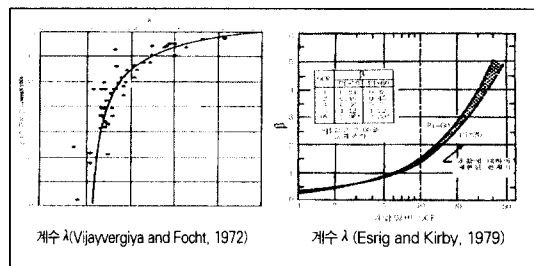
부착력계수 α (Tomlinson, 1987)

#### (3) λ 방법

유효응력에 근거한 λ 방법은 말뚝의 주면마찰력을 수동토압과 관련하여 다음 식과 같이 구한다.

$$f_i = \lambda (p_u' + 2c_u)$$

여기서, λ : 계수



### 2.5.2 현장타설말뚝의 주면마찰력 산정

- (1) 점성토 지반에 설치된 현장타설말뚝의 주면마찰력은  $f_s = \alpha c_u$  식으로 구할 수도 있으며 자세한 내용은 설계기준을 참조하기 바란다. 다만 현장타설말뚝의 아래와 같은 부분의 주면마찰력은 무시한다
- ① 말뚝 머리부터 최소한 1,500 mm까지
  - ② 말뚝 선단으로부터 위쪽으로 말뚝 지름만큼
  - ③ 선단확대말뚝에서 확대선단의 주면
  - ④ 선단확대말뚝에서 확대선단의 상부끝에서 위쪽으로 확대선단부 지름만큼
- (2) 사질토 지반에 설치된 현장타설말뚝의 주면마찰력과 암반에 근입된 현장타설말뚝의 주면마찰력은 설계기준을 참조하기 바란다.

## 3. 시방기준의 차이점 비교

### 3.1 도로공사와 철도공사의 시방기준 차이점

두 공사를 지반공학 분야에 국한시켜 공종을 세분하여 보면 구조물기초공, 터널공 및 토공으로 분류되고 절토공, 성토공, 연약지반 처리공등으로 세분할 수가 있으며 이 항목을 위주로 차이점을 살펴보면

- ① 구조물 기초공에서의 차이점을 살펴보면 철도하중이 도로하중에 비하여 상당히 크다는 것이다. 특히, 도로교의 경우 활하중에 비해 사하중의 비율이 상당히 크나 철도교에서는 활하중비가 도로교보다 상당히 크다. 뿐만아니라 수평하중의 경우 상시에 도로교에서는 제동하중 정도만 작용하여 내진하중에 비하여 상대적으로 작으므로 내진하중이 지배하중으로 작용하는 반면 철도교에서는 상시에도 장대레일에 의한 중하중, 제동하중, 시동하중 및 차량에 의한 횡하중등이 작용하여 이 수평하중이 내진하중을 초

과하여 작용하므로 상시에 작용하는 수평하중이 지배하중으로 작용한다. 최근에 내진하중에 대한 지진계수가 상향조정 되어 구조물에 따라 내진하중이 지배하중으로 작용되는 경우도 발생되고는 있다. 또한 허용변위 기준도 도로교의 경우 1/300정도이나 철도교의 경우 급수에 따라 1/800~1/2500정도로 상대적으로 엄격하다. 상기와 같은 이유에 의해 도로교에 비해 철도교가 기초의 규모가 큰 것외에 기초설계시 지배조건이 수직조건보다는 수평조건이 되는 것이 도로교의 경우와의 차이점이라 할 수 있다.

- ② 흙쌓기 비탈면구배의 경우 철도청의 설계기준과 도로공사의 설계기준에는 다음과 같은 차이가 있다.

아래표에서와 같이 우리청 설계기준의 경우 흙쌓기 높이가 고성토일 경우 1:2.0까지의 비탈면구배를 적용하여 좀 더 안정성을 추구하였음을 알 수 있다.

철도청 설계기준

구분	성토고	구배	비고
흙쌓기	0.6m	1:15	H:성토고
	6~15m이상	1:1.8	
	15m이상	1:2.0	

도로공사 설계기준

상호기준	성토고	구배	비고
입도분포가 좋은 모래 및 자갈, 자갈섞인 모래	0~6m	1:1.5	GW, GP, SW, GM, GC
	6~15m	1:1.8	
입도분포가 나쁜 모래	0~10m	1:1.8	SP
암, 암버력	0~10m	1:1.5	GW, GP, GM
	10~20m	1:1.8	
사질토, 굳은점토 (퇴적층의 점성토, 점토등)	0~6m	1:1.5	SW, SM, CL, OL
	6~10m	1:1.8	
연약한 점성토	0~6m	1:1.5	CH, OH, MH, ML
		1:1.8	

- ③ 다짐의 경우 90%, 95%이상의 다짐방법은 유사하나 철도는 시공기면에서 1.5m깊이는 상부노

표 1. 국내기관별 깎기 비탈면 표준 경사

토질종류	깊이	경사						
		국내기관	일본	미국	유럽	중국	인도	
토사	5m이상	1:1.5	1:1.5	1:1.5	1:1.5	1:1.5	1:1.5	
	0~5m		1:1.2	1:1.2	1:1.2	1:1.2	1:1.2	
리핑암(풍화암)	5m이상	1:1.0	1:1.0	1:1.0	1:1.0	1:1.2	1:0.7	
	0~5m					1:1.0		
발파암	연암	1:0.7	1:0.5	1:0.5	1:0.5	1:1.0	1:0.5	
						0~5m		1:0.8
	경암	5m이상	1:0.5			1:0.3		1:0.8
		0~5m						1:0.5

표 2. 국내기관별 소단 설치 기준

기관명	소단 설치 기준	비고
한국도로공사	토사 : 5m마다 폭 1m 소단, 4% 횡단구배 리핑 : 7.5m 마다 소단 발파암 : 20m 마다 폭 3m 소단	6m 마다 폭 1m 소단
한국도로공사 도로설계요령 (1992)	토사, 리핑암 : 5m마다 폭 1m 소단 발파암 RQD=10~25% : H=10m마다 소단 1~2m RQD=25~35% : H=10m마다 소단 1~2m RQD=40%이상 : H=10m마다 소단 3m 장대사면 : 20~30m마다 소단 3~4m	6m 마다 폭 1m 소단
건설교통부	토사 : 5m마다 폭 1m 소단 리핑 : 5m마다 폭 1m 소단 발파암 : 20m마다 폭 3m 소단	6m 마다 폭 1m 소단
한국토지공사	5m마다 폭 1~1.5m, 필요시 10m마다 폭 1.5m 소단과 배수공	
대한주택공사	5~10m 마다 폭 1~1.5m 소단 설치 5~10% 횡단구배	6m 마다 폭 1~2m 소단을 쌓기 고의 1/2보다 약간 낮은 위치에 설치
철도청	5.0m 이상 마다 소단 1.0m 설치	

반, 그 아래 부분부터는 하부노반으로 구분된다.

- ④ 근접시공측면에서 도로공사에서도 물론 안전성이 중요하겠으나 철도의 경우 근접시공으로 인한 노반침하나 공사중의 장비와의 충돌등이 발생시에 열차탈선이라는 초대형사고로 이어

지기 때문에 설계 및 시공시에 훨씬 더 기존 운행선의 안전에 신경을 쓰고 있는점이 큰 차이점이라 할 수 있다.

- ⑤ 터널의 경우 근본적으로 터널단면의 구조해석 관점에서 보면 철도터널과 도로터널과의 차이

점은 없으나 기타 부대적으로 몇가지의 차이점이 있을뿐이다. 고속철도의 경우 도로터널과 달리 터널 입·출구부 공기압을 고려한 갱문형상이 요구되며 도로의 경우 갱구부에 노상동결방지를 위한 융설설비 및 동상방지층이 필요하나 철도의 경우는 궤도레일방식이므로 이에대한 고려가 불필요하다.

- ⑥ 환기의 경우 철도는 3km이상의 장대터널을 제외하고는 대체로 자연환기를 채택하나 도로는 강제환기를 사용하며 배수의 경우 도로에서는 지하수, 노면수, 청소수등이 배수대상이나 철도에서는 지하수만을 고려한다. 또한 굴착시 장비 운용의 경우 도로터널에서는 단면이 크기 때문에 장비운용이 용이하나, 철도에서는 단선의 경우 상대적으로 단면이 작아 장비의 운용을 위

한 임시 확폭단면이나 추가단면이 필요하다.

### 3. 2 기타 주요사항의 차이점

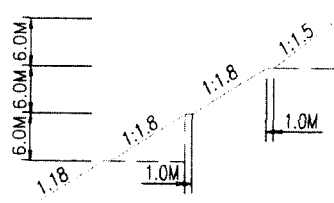
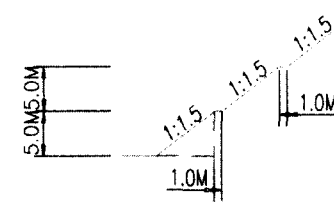
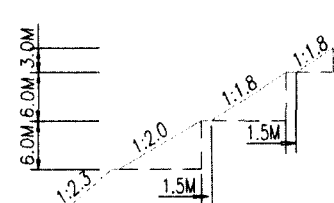
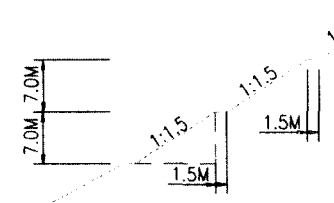
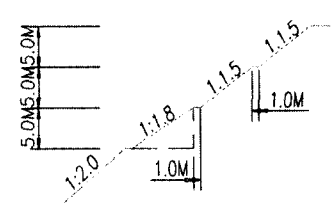
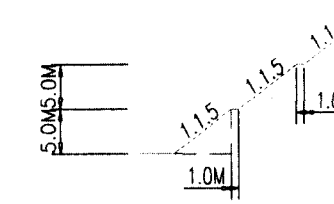
#### 3. 2.1 깎기 비탈면 구배

깎기 비탈면 구배의 차이점을 정리하여보면 표 1과 같다. 표 1에서와 같이 철도청 기준에서 경암의 경우 비탈면 구배가 타 기관에 비해 좀 더 큰 구배를 적용하였음을 알 수 있다.

#### 3.2.2 소단구배

비탈면에서의 소단구배의 차이점은 표 2와 같다.

표 3. 소단설치의 비교 및 적용기준

구분	돌 기	깎 기
도로공사		
경부고속철도		
철도청		

#### 4. 맺음말

철도설계기준 및 철도공사전문시방서 내용중 지반공학분야의 주요내용을 간단히 소개는 하였으나 기본 개념적인 차이만을 기술하였으므로 상세한 사항들은 1999년 8월 개정되어 발간된 철도공사 전문시방서(토목편) 및 철도설계기준(철도교편)을 참조하

기 바란다. 우리청에서는 2000년도부터 지질주상도 까지 통일하여 적용하는등 지반공학측면에서 새로운 도약을 계획하고 있으므로 많은 관심을 부탁드립니다. 우리청 "지반조사시행에 관한 세부기준"은 우리청 홈페이지 [www.korail.co.kr/고객정보광장/정책정보자료실](http://www.korail.co.kr/고객정보광장/정책정보자료실에)에 게재되어 있으니 참고가 되었으면 한다.

## 2001년도 사면안정 기술 위원회 학술발표회 개최안내 및 논문 모집안내

본 위원회에서는 사면조사분야와 사면대책 분야로 나누어 학술발표회를 개최하고자 하오니 많은 회원들의 참여를 부탁드립니다.

- ☐ **제 목** : 지반공학분야의 내진설계
- ☐ **일 시** : 2001년 5월 18일 (금) 13:00 ~
- ☐ **장 소** : 상지대학교 학술정보원 6층 시청각교육실
- ☐ **발표 내용**
  - 사면조사 및 대책분야
- ☐ **논문제출마감**
  - 2001년 5월 4일 (금)
- ☐ **문 의**
  - 김 성 환 (02-2230-4651)
  - 이 승 호 (033-730-0473)