

지하철 궤도의 침묵 최적설계



조명 : O.G.T.
조원 : 조동혁
이재혁
한경서

목 차

- 1) Problem Statement
- 2) Data and Information Collection
- 3) Design variables
- 4) Cost function
- 5) Constraints

Problem Statement(2)

❖ 일반적인 콘크리트 도상케도의 특징

장점	단점
▪ 케도의 틀림이 거의 없음	▪ 배선 변경의 어려움
▪ 보수가 거의 들지 않음	▪ 초기 건설비용이 큼
▪ 환경에 친화적임	▪ 소음 및 진동의 영향이 큼
▪ 여객에게 좋은 승차감 제공	

❖ 위와 같이 STEDEF케도에서도 초기 건설비용이 크다는 단점이 있음.

➔ 이를 보완하여 비용을 줄이기 위한 방법 중 하나로 침목의 체적(단면)을 최소화함.

★ STEDEF케도의 침목 : RC(Reinforced Concrete:철근 콘크리트) 침목

Data and Information Collection(1)

- ❖ 침목의 설계에 있어서는 축중, 속도, 캔트량의 과부족, 사용레일 및 궤간 등으로 인한 최대 동적 수직하중을 계산하고 이에 따른 각 부분의 응력이 각 재료의 허용값 내에 있어야 함.

Data and Information Collection(2)

Q0(정적윤중)	8ton
Cd(최대 캔트부족량 또는 초과량)	160mm
h(차량의 무게중심까지 높이)	150cm
G(궤관)	1435mm
m(가장 무거운 차륜의 정적 충격하중)	1.5ton
V(속도)	100km/h
As'(압축철근량)	2.54cm ²
As(인장철근량)	3.82cm ²

<서울 지하철 6호선 기준>

Data and Information Collection(3)

가 . 최 대 동 적 수 직 하 중 ($Q_{m a x}$)

1) 동 적 수 직 하 중 평 균 값

$$Q_{m a x} = Q_0 + \Delta Q_i + \Delta Q_a$$

$$\left\{ \begin{array}{l} Q_0 = \text{정 적 운 중} \\ \Delta Q_i = \frac{2 C d \cdot h}{G^2} \\ C d = \text{최 대 캔 트 부 족 량 또 는 초 과 량 (m m)} \\ h = \text{차 량 무 게 중 심 까 지 의 높 이 (c m)} \\ G = \text{궤 간 (m m)} \\ \Delta Q_a = \text{불 확 실 한 요 소 를 고 려 한 충 격 계 수} \end{array} \right.$$

$$f(\Delta Q_a) = \sqrt{f(\Delta Q_s)^2 + f(\Delta Q_{N S})^2}$$

$$f(\Delta Q_s) = 0.16 Q_0$$

$$f(\Delta Q_{N S}) = \frac{V}{1000} \times k \times m$$

$$\left\{ \begin{array}{l} V = \text{속 도 (k m / h)} \\ m = \text{가 장 무 거 운 차 른 의 정 적 충 격 하 중} \\ k = 1.2 \text{ (실 험 치)} \end{array} \right.$$

$$Q_{m a x} = Q_0 \left[1 + \frac{2 \cdot C d \cdot h}{G^2} + 2 \sqrt{(0.16)^2 + \frac{1.44 m^2 V^2}{10^6 \times Q_0^2}} \right]$$

Data and Information Collection(4)

나. 최대 힘 모멘트

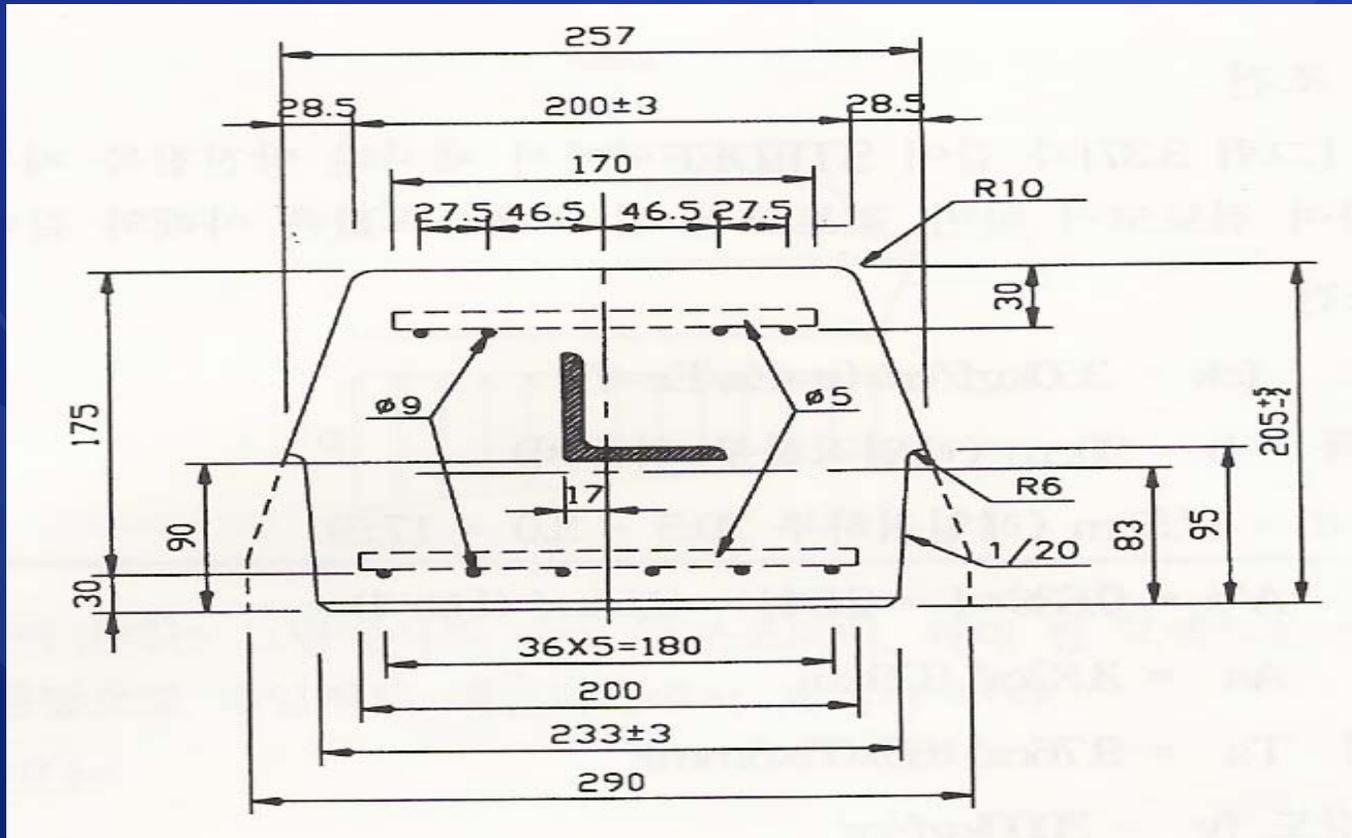
$$\text{반력 분포 } q = \frac{Q_{\max}}{l}$$

$$M_{\max} = \frac{Q_{\max}}{4} (l - l_1 - l_2)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} Q_{\max} = \text{최대 동적 수직 하중} \\ l = \text{레일 저부중심에서 블록 외측까지 거리} \\ l_1 = \text{레일 저부폭}/2 \\ l_2 = \text{침목 제원상 도심상 편심거리} \end{array} \right.$$

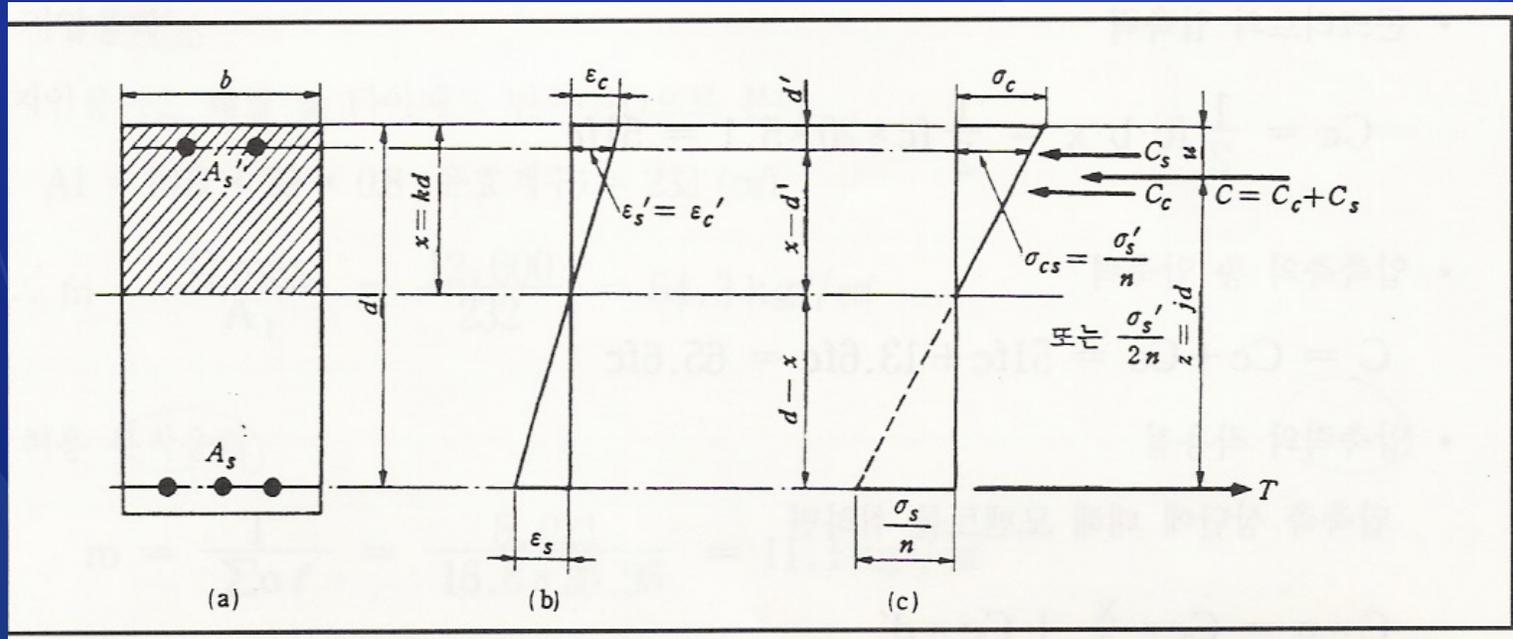
Data and Information Collection(5)

❖ 침목단면에서의 Stress Modeling



< STEDEF사에서 제시된 RC침목 제원 >

Data and Information Collection(6)



<RC침목의 단면 응력 해석 모델-보강콘크리트 보>

▷ 중립축거리

$$\frac{bx^2}{2} + (2n-1)A_s'(x-d') - nA_s(d-x) = 0$$

$$x = \frac{-(2nAs' - As' + nAs) \pm \sqrt{(2nAs' - As' + nAs)^2 - (4nbdAs' + 2bAs'd' - 2bdnAs)}}{b}$$

Data and Information Collection(7)

▷ 압축축의 압축력

- 압축철근과 같은 높이에 있는 콘크리트 응력

$$f_{cs} = f_c \frac{x-d'}{x}$$

- 압축철근의 압축력

$$C_s = (2n-1)A_s' \times f_{cs} \leftarrow n = E_s / E_c = 7$$

- 콘크리트의 압축력

$$C_c = \frac{1}{2} f_c \cdot b \cdot x$$

- 압축축의 총 압축력

$$C = C_c + C_s$$

- 압축력의 작용점

$$C \times u = C_c \times \frac{x}{3} + C_s \times d'$$

▷ 콘크리트와 철근의 응력

- 콘크리트의 응력

$$C = \frac{M}{Z} \leftarrow \begin{cases} M = M_{\max} \\ Z = d - u \end{cases} \leftarrow \begin{cases} d = \text{침목의 유효높이} \\ u = \text{압축력의 작용점} \end{cases}$$

$$f_c = ?$$

- 인장철근의 응력

$$f_s = \frac{M}{A_s \cdot Z}$$

Design variables

- b : width (cm)
- d : depth (cm)

Cost function

- Minimize $V=b*d*l$ (cm³)

Constraints

$$f_c \leq f_{ca} = 140 \text{kgf} / \text{cm}^2$$

$$f_s \leq f_{sa} = 1500 \text{kgf} / \text{cm}^2$$

$$b \geq 15 \text{cm} (\text{침목과 레일 체결구의 길이})$$

$$d \geq 0$$