

지하철 궤도의 침목 최적설계



조명 : O.G.T.
조원 : 조동혁
이재혁
한경서

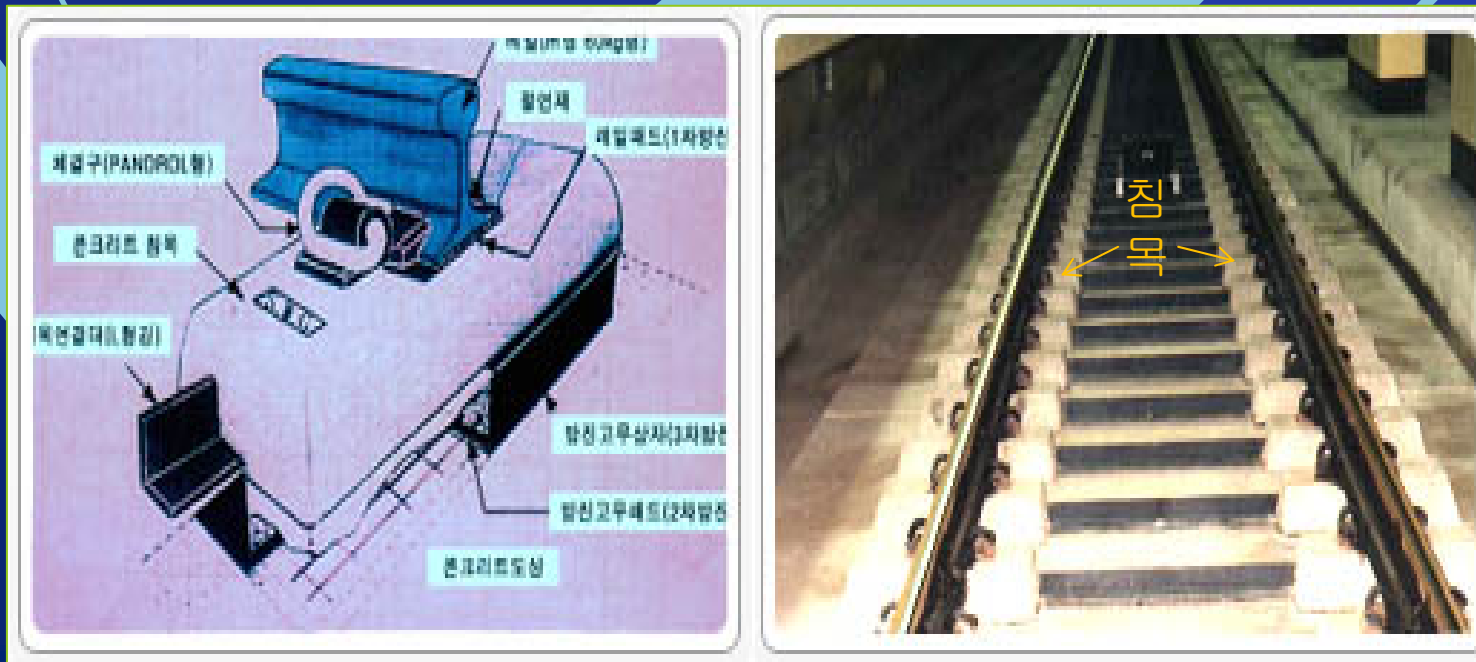
목 차

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

Problem Statement(1)

❖ 현재 서울, 대구, 부산 지하철에서는 콘크리트 도상 궤도 종류 중 하나인 STEDEF 궤도를 사용함.

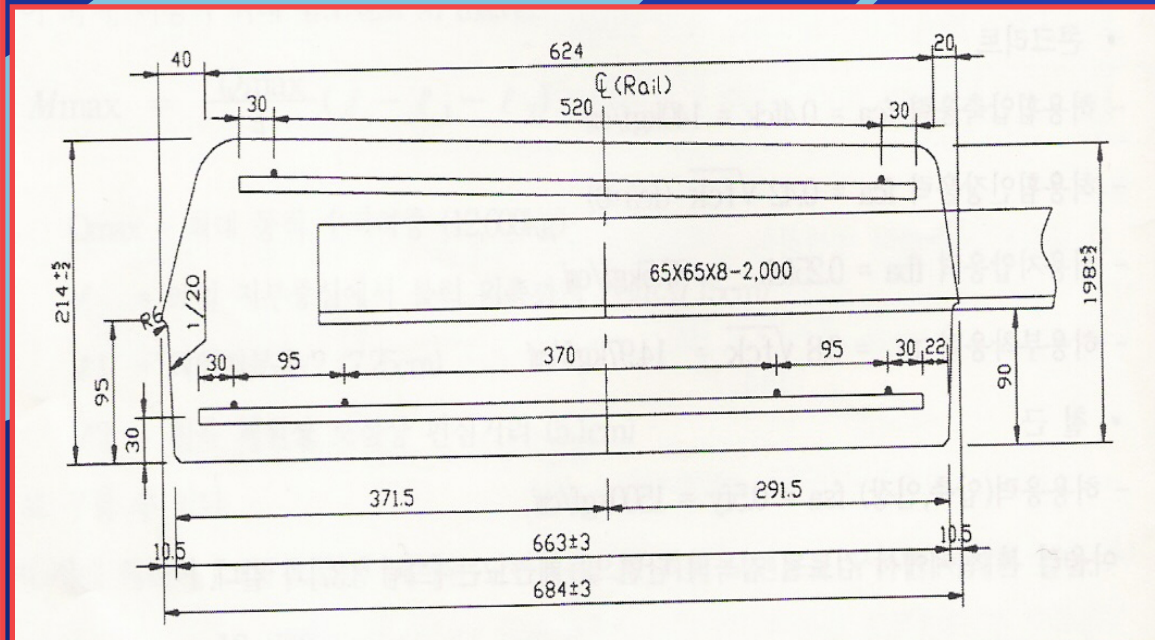
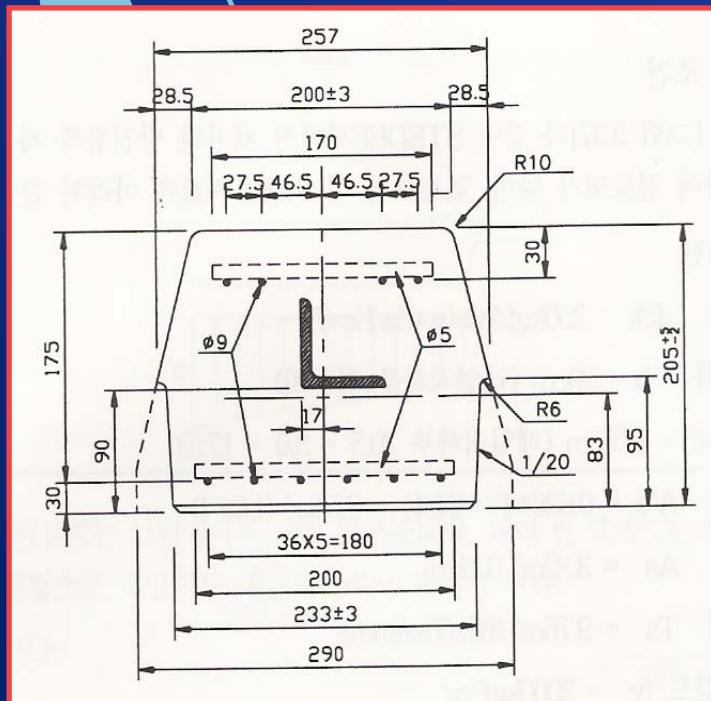
❖ STEDEF 궤도의 구조



Problem Statement(2)

STEDEF 궤도 설치 비용을 줄이기 위해 궤도 구조 중 침목의 단면을 최소화 하고 이를 기존의 설계와 비교 분석해 봄

<STEDEF 궤도의 침묵 설계도>



Data and Information Collection(1)

- 침목의 단면을 설계도와 같이 철근으로 보강된 복철근 콘크리트 보로 가정하고 이를 허용응력 설계법에 의하여 검토함.
(중립축 이하 콘크리트 부분의 인장응력을 무시할 수 있고 이부분의 인장응력은 철근에 모두 작용함)
- 침목의 길이는 일정한 것으로 가정함.
- 검토 조건, 허용값, 각종 데이터들은 STEDEF 사에서 제시한 제원과 서울 6호선 지하철을 기준으로 하였음.

Data and Information Collection(2)

<서울 지하철 6호선 기준>

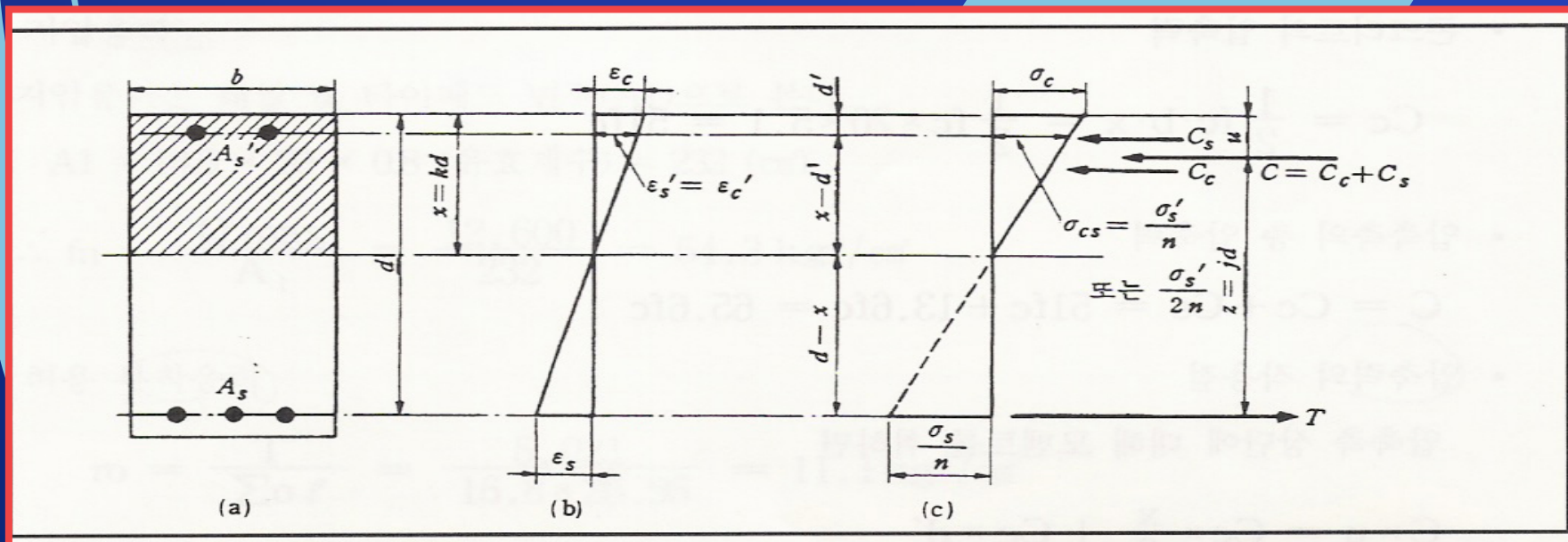
Q0(정적윤중)	8ton
Cd(최대 캔트부족량 또는 초과량)	160mm
h(차량의 무게중심까지 높이)	150cm
G(궤관)	1435mm
m(가장 무거운 차륜의 정적 충격하중)	1.5ton
V(속도)	100km/h

<STEDEF사의 설계 제원>

침목의 검토 조건		허용응력	
fck(설계 기준 강도)	350kgf/cm ² (n=Es/Ec=7)	fca(콘크리트허용압축응력)	140kgf/cm ² (=0.4fck)
A's(압축철근량)	D9*4(2.54 cm ²)	fsa(철근의 허용응력)	1500kgfcm ² (=0.5fy)
As(인장철근량)	D9*6(3.82 cm ²)		
fy(철근 인장강도)	3000kgfcm/ ²		

Data and Information Collection(3)

<RC침목의 단면 응력 해석 모델-보강콘크리트 보>



가. 최대수직하중($Q_{\max}$); $Q_{\max} = Q_0$

나. 최대 휨 모멘트

$$M_{\max} = \frac{Q_{\max}}{4}(l - l_1 - l_2) \left\{ \begin{array}{l} Q_{\max} = \text{최대 수직하중} \\ l = \text{레일 저부중심에서 블록 외측까지 거리} \end{array} \right\}$$

Data and Information Collection(4)

▷ 중립축거리

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

$$x = \frac{-89.04 + \sqrt{89.04^2 + 4170.32b}}{2b}$$

▷ 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

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

▷ 압축측의 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

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

• 압축측의 총 압축력

$$C = C_c + C_s$$

• 압축력의 작용점

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

$$u = \frac{1}{C} \left(\frac{C_c}{3} x + 3C_s \right)$$

$$Z = jd = d - u$$

Design variables

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

Cost function , Constraints

- Minimize $V=b*d$ (cm^2)
- Subject to

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

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

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

$$d \geq 0$$

Optimization

Excel Solver

	initial	newton	conjugate
M	74300	74300	74300
b	20	15	15
d	17.5	15.09878	15.09878
x	5.3294	5.88154	5.88154
fc	72.30684	98.18713	98.18713
cs	561.9232	855.3028	855.3028
cc	3853.521	4331.186	4331.186
c	4415.444	5186.489	5186.489
u	1.932177	2.131935	2.131935
z	15.56782	12.96684	12.96684
fs	1249.389	1500	1500
f	350	226.4816	226.4816

Conclusion

- 기존의 설계보다 작은 값을 얻기 하였으나 그 정확성에는 문제가 있음.
- 침목을 모델링하고 얻어낸 관련식들의 정확성에 문제가 있는 듯하고
특히나 침목에 가해지는 최대 수직하중과 최대 휨 모멘트를 구하는
모델이 정확하지 않는 것 같음.
(일반적으로 재료역학 시간에 배운 정적 하중이 가해질 때를 가정하
고 하였으나 철도가 지나가는 즉 동적 하중이 가해질 경우 하중과 모
멘트를 구하는 모델을 정확하게 구현하지 못한 것 같음)
- Excel Solver 외에 Matlab의 `fmincon`과 `quadprog`를 이용해서 값을
얻으려고 노력해보았으나 제대로 된 값을 얻지 못해 아쉬움.
- 여러모로 부족함과 더욱더 성실하지 못함에 대한 아쉬움.