

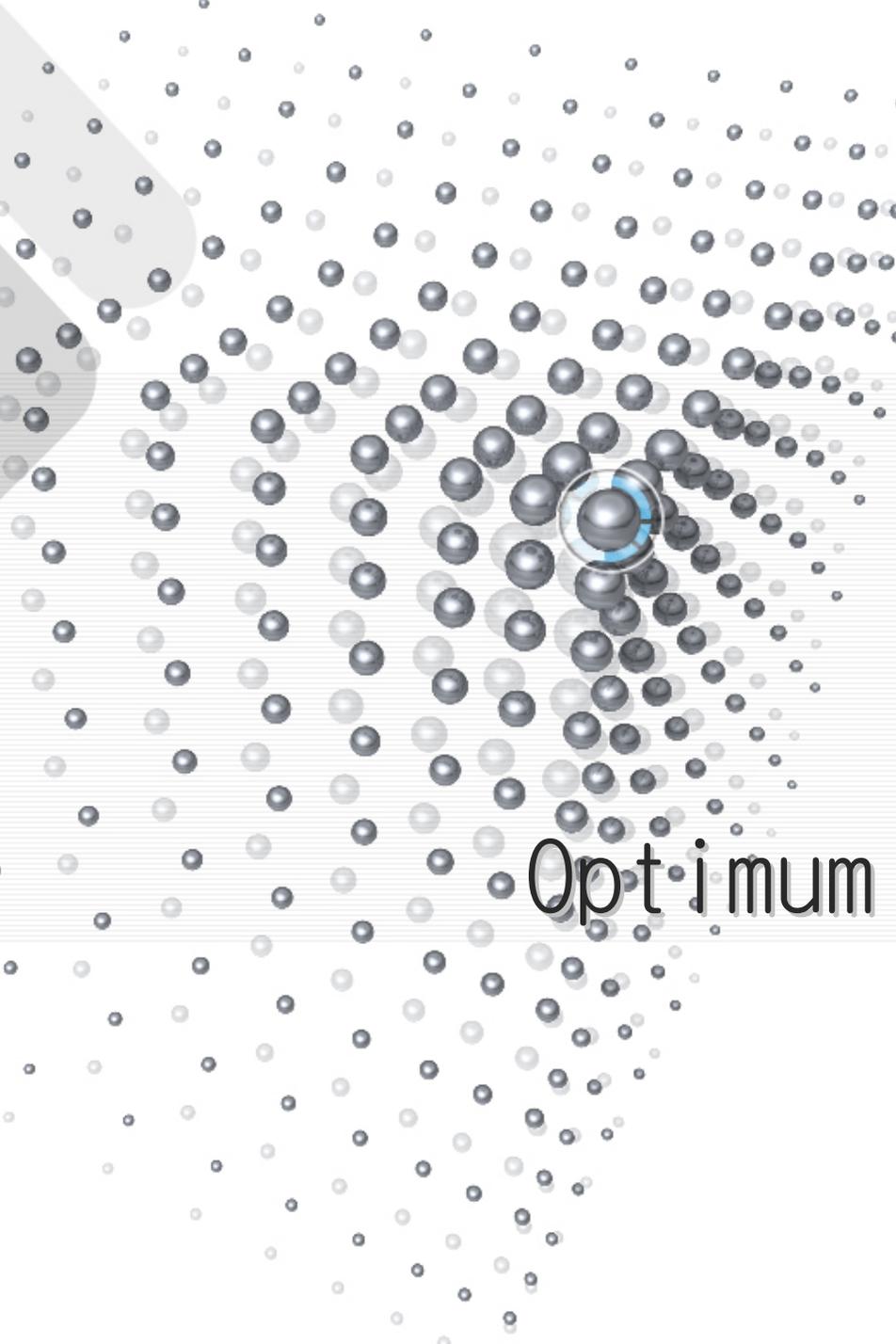
춤추는 전신주

- 장영식, 이진부, 심동현 -

07 . 10 . 10

Mid term Presentation

Optimum Design for Power Transmission Pole





Contents

- Problem Formulation
 - ✓ Step 1 : Problem Statement
 - ✓ Step 2 : Data Collection
 - ✓ Step 3 : Design Variables
 - ✓ Step 4 : Objective Function
 - ✓ Step 5 : Design Constraints
- Graphical Solution By Matlab
- Summary
- References



Step 1 : Problem Statement

- the Power Transmission Pole Problem
- 30km 떨어진 발전소와 마을을 잇는 송전선 및 전신주 개수 최적화

공급되는 전력 : 1MW

공급되는 전압 : 22.9kV

사용 재료 : 구리단선(항복강도 70MPa) [피복:PVC-5mm]

구리의 고유저항 : $1.72 \times 10^{-8} [\Omega \cdot m]$

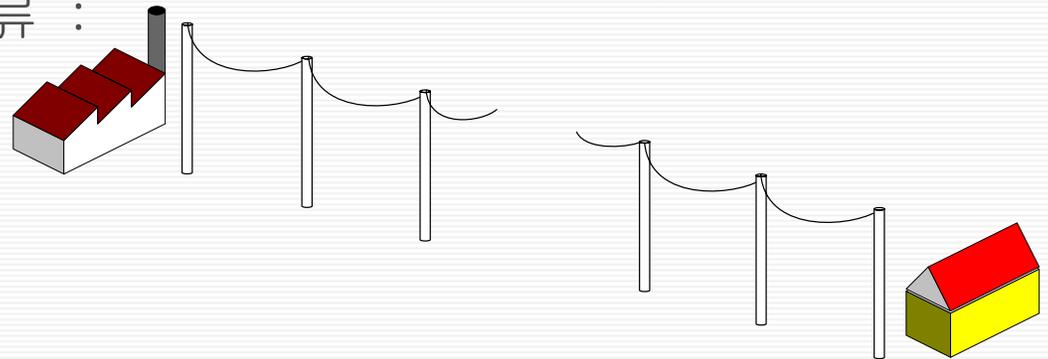
전선 최소 단면적 : 60mm^2 $I_{\max} \approx 37.7 \text{A/mm} \times r \times \frac{10^3 \text{mm}}{1 \text{m}}$

반지름에 따른 허용전류 :

허용 전력손실비 : 1%

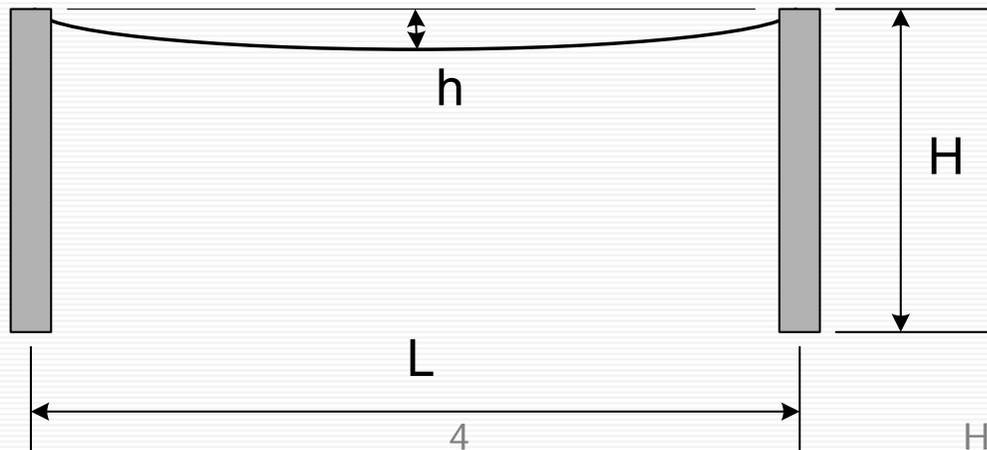
전신주 높이 : 10m

처짐량 : 2m



Step 1 : Problem Statement

- 송전선의 질량과 전신주의 개수를 최소화
전선의 변형 무시(열, 인장), 피복의 강도 무시
기계적 요소 및 전기적 요소 동시에 고려
- 전체 전선에 대한 최적화는 복잡
 - ⇒ 단위구간으로 나누어 해석 후 전체로 확장
 - ⇒ 단위구간 : 두 전신주 간의 간격 L





Step 2 : Data Collection

중력 $g = 9.81m / s^2$

전선의 단가 $C_{wire} = 7\text{천원} / kg$

피복의 단가 $C_{pvc} = 2\text{천원} / kg$

전신주의 단가 $C_{pole} = 2000\text{천원} / \text{개}$

구리의 밀도 $\rho_{wire} = 8920kg / m^3$

피복의 밀도 $\rho_{pvc} = 1400kg / m^3$

마을과 발전소 간의 거리 $D = 30km = 30,000m$

피복의 두께 $t = 5mm = 0.005m$

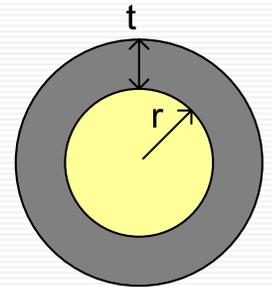
전신주의 높이 $H = 10m$ 전신주의 개수 N [개]

전선의 처짐량 $h = 2m$ 전선의 반지름 r [m]

처짐비 $n = \frac{h}{L}$ 전신주간의 간격 $L = \frac{D}{N-1}$

전선의 길이 $S = L \left(1 + \frac{8}{3} n^2 \right)$

전선의 중량 $W = \pi \times g \times S \times [\rho_{wire} \times r^2 + \rho_{pvc} \times \{(r+t)^2 - r^2\}]$





Step 3 : Design Variables

- 송전선 및 전신주 개수 최적화
 - 전신주의 개수 N
 - 송전선의 geometry
 - ⇒ Cylinder
 - ⇒ 반경 r , 길이 S
- 설계 변수 : 전신주의 개수 N ,
전선의 반경 r

Step 4 : Objective Function

- 설치비, 인건비 등 기타 요소 무시
- 재료비 최소화 \Rightarrow 전선의 질량
 \Rightarrow 전신주 개수 최소화

$$\text{total cost} = \pi \times S \times (N-1) \times [\rho_{\text{wire}} \times r^2 \times C_{\text{wire}} + \rho_{\text{pvc}} \times ((r+t)^2 - r^2) \times C_{\text{pvc}}] + N \times C_{\text{pole}}$$

- 각 Cost를 무시, 전선의 질량으로만 최적화 시 전신주에 대한 최적화 노력 가능

간격수

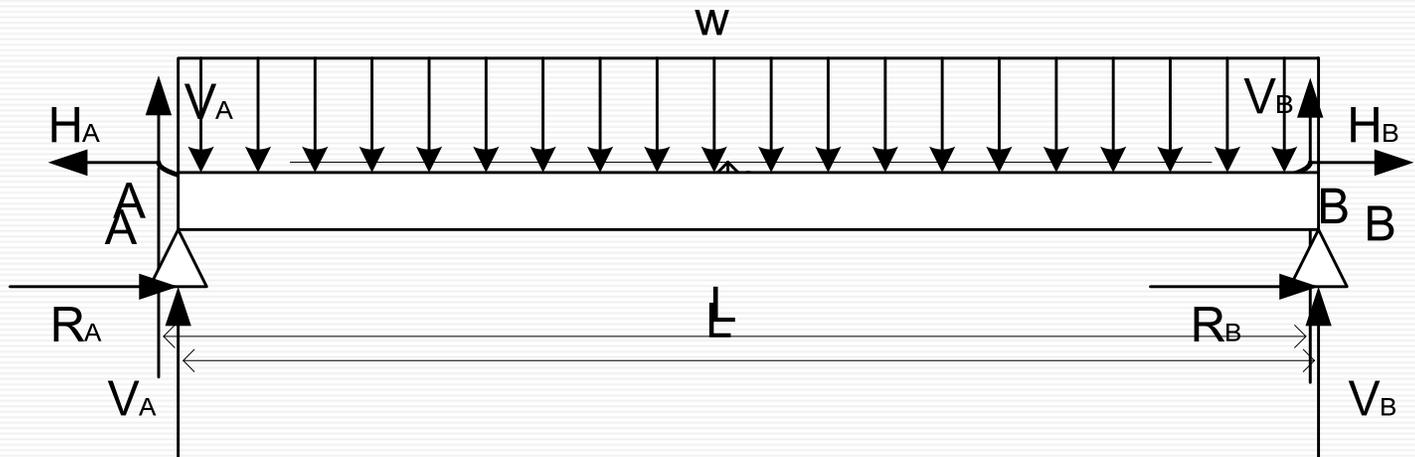
구리선의
부피

피복의
부피

Step 5 : Design Constraints

- 케이블의 일반정리

수직하중을 받는 케이블의 임의의 점 m 에서 케이블 내력(장력)의 수평성분 H 와, m 에서 케이블 현까지의 수직거리 h 를 곱한 값은 동일한 시간과 동일한 하중조건을 지지하는 단순보의 m 지점에서의 휨 모멘트와 같다





Step 5 : Design Constraints

- Mechanical Constraints

$$M_{\max} = \frac{wL^2}{8} = \frac{WL}{8}$$

$$V_A = V_B = \frac{W}{2} \quad H = \frac{M_{\max}}{h} = \frac{WL}{8h} = \frac{W}{8n}$$

$$T_{\max} = \sqrt{H^2 + V^2} = H \sqrt{1 + \frac{V^2}{H^2}} = H \sqrt{1 + 16n^2}$$

$$\sigma_{\max} = \frac{T_{\max}}{A_{\text{wire}}} = \frac{T_{\max}}{\pi r^2} \leq \sigma_a = 70 \text{MPa}$$

$$r \geq 0$$

$$g5$$

$$h \geq 0$$

$$g6$$

$$N \geq 2$$

$$g7$$



Step 5 : Design Constraints

- Electrical Constraints

$$I_{\max} \approx 37.7 \text{ A/mm} \times \frac{10^3 \text{ mm}}{1 \text{ m}} \times r \quad P = VI = 1 \text{ MW}$$

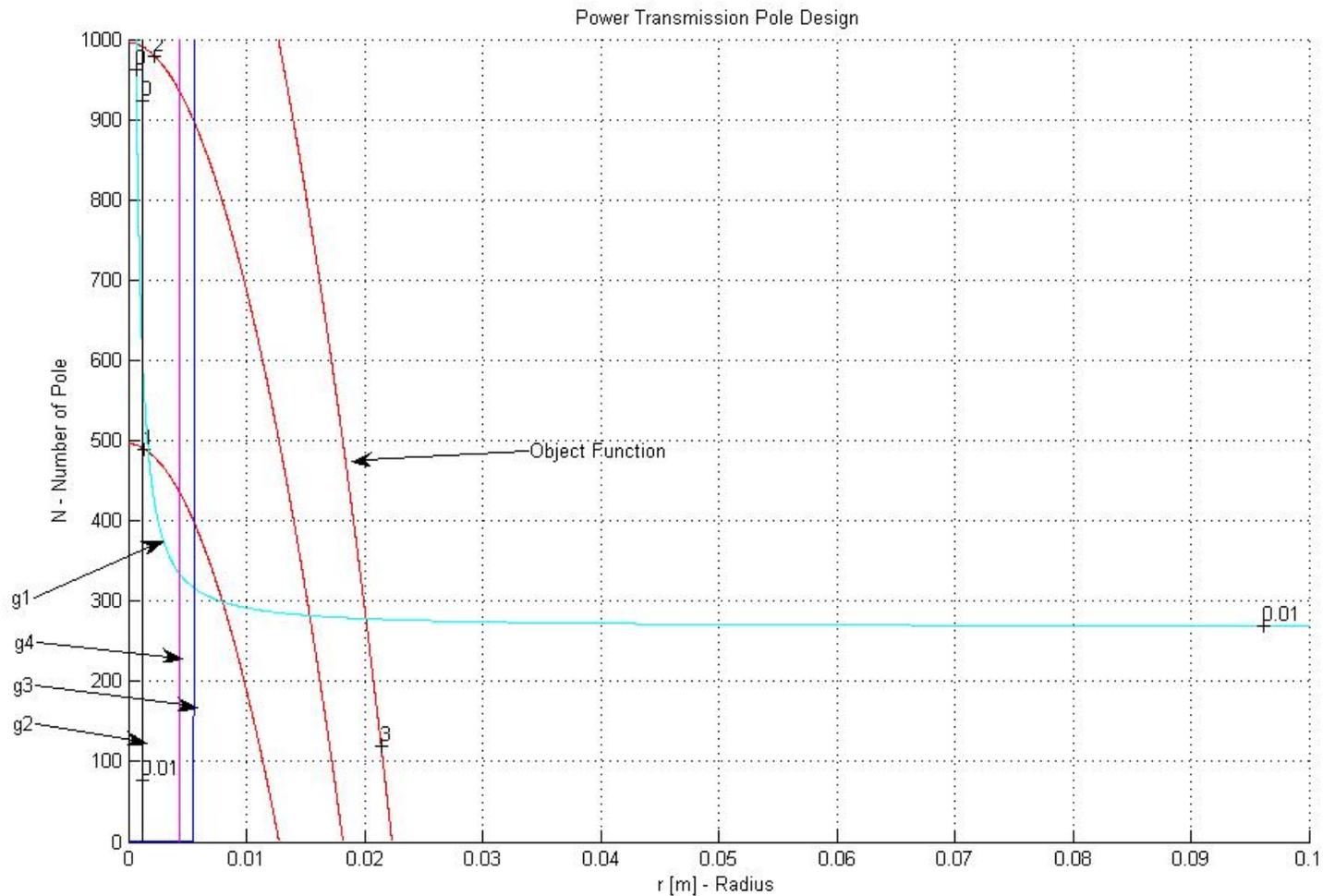
$$I_{in} = \frac{P}{V} = 43.67 \text{ A} \leq I_{\max} \quad \text{g2}$$

$$R = 1.72 \times 10^{-8} [\Omega \cdot \text{m}] \times \frac{S \times (N-1)}{A_{\text{wire}}}$$

$$P_{\text{loss}} = I_{in}^2 \times R \leq 1 \text{ MW} \times \frac{1}{100} = 10^4 \text{ W} \quad \text{g3}$$

$$A_{\min} = 60 \text{ mm}^2 = 6.0 \times 10^{-5} \text{ m}^2 \leq A_{\text{wire}} \quad \text{g4}$$

Graphical Solution By Matlab



Graphical Solution By Matlab

```
[r,N] = meshgrid(0:0.0001:0.1,0:1:1000);

% Data collection

L = 30000./(N-1);
n = 2./L;
S = L.*(1+(8/3).*(n.^2));
Psi = (pi*9.81).*S.*(8920.*(r.^2)+1400.*(((r+0.005).^2)-(r.^2)));
H = Psi./(8.*n);
T = H.*sqrt(1+16.*(n.^2));
A = pi.*(r.^2);
R = (1.72*10^(-8)).*(S.*(N-1))./A;
I = 37700.*r;

% constraints

g1 = T./A - 700000000;
g2 = 43.67 - I;
g4 = 6*10^(-5)-A;

% Object Function

f = (pi.*S.*(N-1).*((8920.*(r.^2).+7000+1400.*(((r+0.005).^2)-(r.^2)).+2000)))+N.*2000000).+0.000000001;
```

Graphical Solution By Matlab

```
% Graphical method

xlabel('r [m] - Radius'),ylabel('N - Number of Pole')
title('Power Transmission Pole Design')
hold on

fv = [0 1 2 3]
const5=contour(r,N,f,fv,'r');
clabel(const5)

cv1=[0 .01];
const1=contour(r,N,g1,cv1,'c');
clabel(const1)
const2=contour(r,N,g2,cv1,'k');
clabel(const2)
r=0:0.0001:0.1
D=30000;
N=1+D.*0.5.*sqrt(3./8.*(10.^4./(1.72.*10.^-8.*43.67.^2).*pi.*r.^2./D-1));
plot(r,N,'b');grid on;hold on;
const4=contour(r,N,g4,cv1,'m');
clabel(const4)

hold off
```



Summary

- 발전소와 마을을 잇는 송전선 및 전신주 개수 최적화
- 문제 선정 기준 : 실용성, 다양성
 - 실제 주변에서 찾아볼 수 있는 문제
 - 단순한 기하학적 설계보다 다양한 배경지식을 요구하는 문제
 - ⇒ 기계적인 요소, 전기적인 요소
- 설계 변수 : 전신주 개수 N , 전선의 반경 r
- 열에 의한 영향은 처짐길이를 정의해 줌으로써 최적화에 적용

References

- Design of Building Structures
 - SchueLLer (Prentice hall)
- 재료 및 구조 역학
 - 임청권 (예문사)
- 전기용어 사전
- Internet Search



Questions and Answers

Please,

Don' t hesitate to ask anything

about Our Presentation!



Thank You