

최적 설계



인천-고양간 송유관 설치 비용 최소화

기말 발표
(12.12)

주유소 (박인수 차형민 김대수)

Step1. Project/Problem statement

- 대한송유관 공사는 석유수송의 경제성 제고 및 수급 불안 요인 해소를 위해 경인구간(인천-고양) 송유관 건설을 계획한다.
- 인천 가압장에서 고양 저유소까지의 송유관 길이는 31Km.
- 최소 유량 72,000 B/Day , 최고 130,000 B/Day을 필요로 한다.
- 작동 압력은 2.84374 MPa, 최고 5.8836 MPa 을 유지한다.
- 매설 및 작업의 용이성 이유로 외경은 14 inch 로 정한다.
- 초기 공사비용과 20년 동안의 유지 비용을 최소화 한다.

Step2. Data and Information Collection

- < Assumption >

- 인천에서 고양시까지 송유관은 직선관으로 가정함.
(곡면의 의한 손실을 제외시키기 위해)



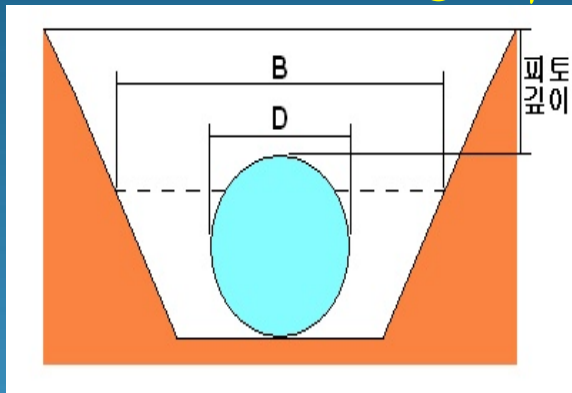
- 관속 유체 : Incompressible, Steady State operation
- 폐수로 유동

Step2. Data and Information Collection

- 매설 후 ~~후류의 하중~~ 무시 → 매설 된 후 송유관의 상부의 하중 고려
- 가솔린 $\rho = 680.3 \text{ kg/m}^3$, $\mu = 2.9 \times 10^{-4} \text{ N}\cdot\text{s/m}^2$
- 기온 변화 → 점성 변화 무시
- 관내 유체 유동 : 난류 → $Re = 1.2 \times 10^6$
- 관의 종류 API-SO : $\sigma_y = 250 \text{ Mpa}$
- 동력기의 효율 = 100%

Step2. Data and Information Collection

< marston 공식 >



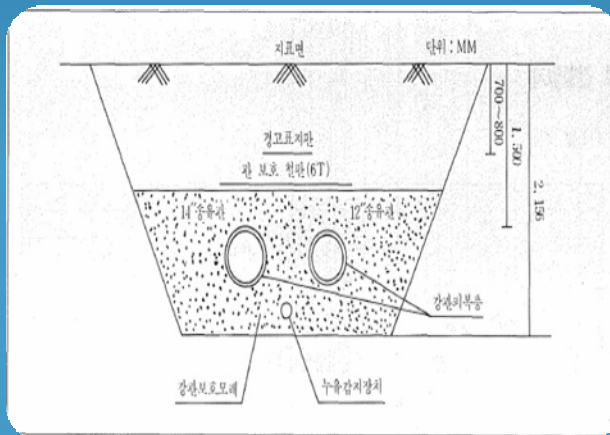
$$W = \gamma \cdot C_1 \cdot B^2$$

where, W : 관이 받는 하중 [t/m]

γ : 매설토의 밀도 [t/m^3]

C_1 : 매설토의 두께와 종류에 의하여 결정되는 상수 [아래 표]

B : 폭요소로서 관의 상부 90° 부근에서의 매설관을 위하여 굴토한 도랑의 폭 [m]



매설토의 두께	젖은 진흙
0.5	0.47
1.0	0.88
1.5	1.24
2.0	1.56

실제 가정하여
사용한 값

Step2. Data and Information Collection

〈베르누이 공식〉

$$\frac{p_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} + z_1 + h_s = \frac{p_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} + z_2 + h_L$$

〈최대 손실 수두〉

$$(h_L)_{\max} = \frac{P_{\max} - P_{\min}}{\gamma}$$

〈손실 수두 (다르시 바하 공식 이용)〉

$$h_L = f \frac{L V^2}{D 2g}$$

〈유량〉

$$Q = AV = \pi R^2 \times V$$

〈Von Mises 항복응력조건〉

$$\frac{1}{6}(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2 = \frac{1}{3}\sigma_y^2$$

Step3.

Identification/Definition of Design Variable

- R = Radius of inner Pipe (m)
- V = Velocity of Oil Flow (m/s)



Step4.

Identification of a criterion to be optimized

- Cost function

$$f = \text{송유관 총 질량 비용} + \text{한달 동력 전기사용료} \times \text{uspwf}(0.05, 20)$$

$$f = d * g * L * \pi * (r_o^2 - r^2) * c1 + \text{uspwf} * (p_{\min} + (d * f * L * v^2) / (r^2 * 2)) * (v * \pi * r^2) * (c2 * 24 * 30) / 1000;$$

$$c1: 3,500 \text{ 원/Kg}, \quad c2: 50 \text{ 원/Kwh}$$

Step5. Identification of Constraints

$$g1 = \text{손실 수두 (h)} - \text{최대 손실 수두 (h max)} \leq 0$$

$$g2 = \text{유량(Q)} - \text{최대 유량(Q max)} \leq 0$$

$$g3 = \text{최소 유량(Q min)} - \text{유량(Q)} \leq 0$$

$$g4 = \text{Mises 항복응력조건} - \sigma_y/5 (\text{안전계수5}) \leq 0$$

$$g5 = \sigma_y/10 (\text{안전계수10}) - \text{Mises 항복응력조건} \leq 0$$

$$g6 = -R \leq 0$$

$$g7 = -V \leq 0$$

Step5. Identification of Constraints

$$g1 = (f*L*v^2)/(2*r*2*g) - hmax$$

$$g2 = \pi*r^2*v - qmin$$

$$g3 = \pi*r^2*v - qmax$$

$$g4 = (r/(\sqrt{2}*(ro-r)))*(pmin + (f*L*(v^2)*d)/(4*r)) - smax/5$$

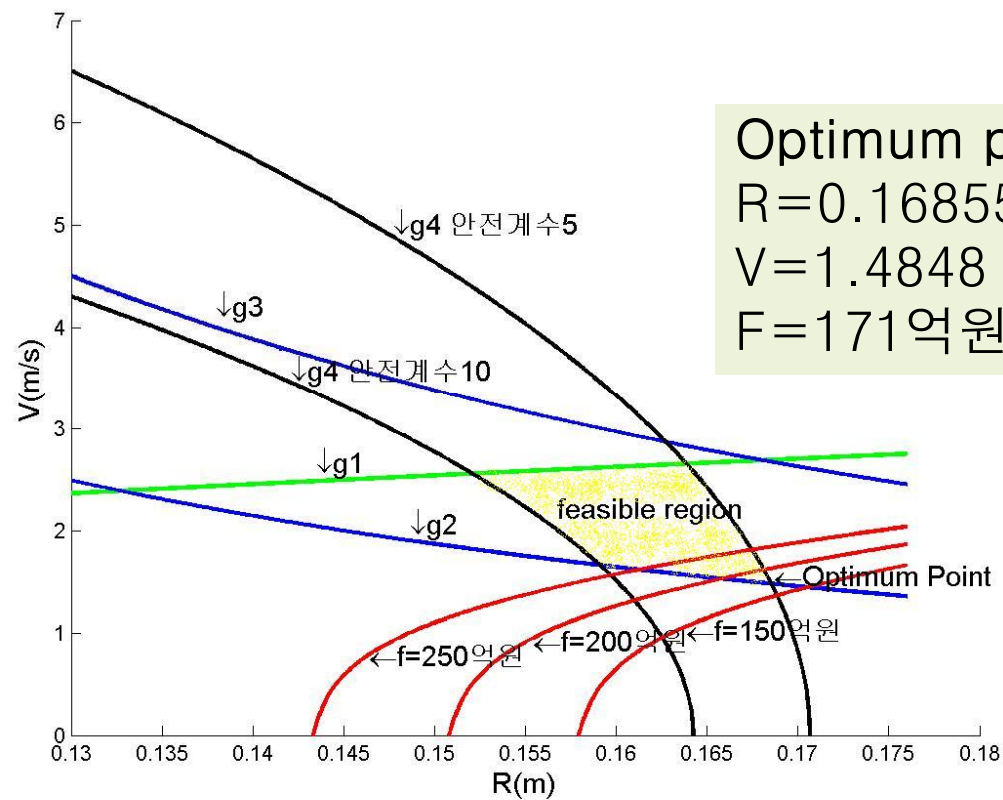
$$g5 = (r/(\sqrt{2}*(ro-r)))*(pmin + (f*L*(v^2)*d)/(4*r)) - smax/10$$

$$g6 = -R \leq 0$$

$$g7 = -V \leq 0$$

$$g8 = 1.24*1.92*(3r+0.3)^2 - Wmax \leq 0$$

Use of MATLAB for Graphical Optimization



Optimum point
 $R=0.16855$ m
 $V=1.4848$ m/s
 $F=171$ 억 원

Project Conclusion

< 실제 송유관 수송 능력 >

		내역		내역
경 질 유	• 설계 최대 송유 능력	130천 B/D	• 운전 송유 능력	72천 B/D
	- 설계 최대 압력	60kg/cm ²	- 운전 압력	29kg/cm ²
	- 설계 최대 유속	2.7m/s	- 운전 유속	1.5m/s

< Real value VS Optimum point >

Real value

R=0.16768 m (t=10mm)

V=1.5 m/s

F=180 억원

Optimum point @ 안전계수 1

R=0.1758 m (t=2 mm)

V=1.3635 m/s

F=96 억원

Optimum point @ 안전계수 5

R=0.16855 m (t=9.1mm) (e=0.5%)

V=1.4848 m/s (e=1%)

F= 171 억원

결론

