

# 고무보트 최적화



조이름 : Light boat  
조원 : 한효석, 나운도



# Contents

- 1. Introduction
- 2. Problem Statement(Step1)
- 3. Data and Information Collection(Step2)
- 4. Design Variables(Step3)
- 5. Cost Function(Step4)
- 6. Constraints(Step5)
- 7. Optimization with Graphical Method
- 8. Comments

# 고무 보트?

고무보트는 상대적으로 가벼우며 1인승부터 ~15인승까지 다양한 크기가 있으며 분해 조립이 가능하여 이동성이 좋으며 경제적이며 파도에도 안전하여 개인들의 낚시보트 및 레저용으로 많이 이용되고 있습니다. 고무보트는 안전도가 우수하여야 합니다. 물에서 사용하기 때문에 싼 가격보다는 안전성에 유념한 설계를 해야 합니다.





# 1. Introduction

- 가상의 상황을 가정한다.
- - 소비자가 고무 보트를 주문한다.

- 최대 5명 탈 것임.
- 내부 길이를 2m
- 내부넓이는 0.7m



## 2. Problem Statement (step1)

1. 고객이 주문에서 요구한 것을 충족시킨다.
2. 사용상 효율과 안정성을 충족시킨다.
3. 가장 경제적인 설계를 수행한다.



# 3. Data and Information Collection (step2)

## [Material properties]

### \* 지지 판(plate)

(Aluminum alloy 2024-T6)

$$\rho_a = 2770 \text{ kg/m}^3$$

$$t = 0.005 \text{ m} \quad (\text{두께})$$

출처: Heat transfer (Cengel) Appendix

### \* 천(fabric)

(Inflatable fabric A9 단위 면적당 질량  $1.1 \text{ kg/m}^2$ )

$$f_m = 1.1 \text{ kg/m}^2 \quad \text{출처: } \text{www.wonpoong.co.kr}$$

### \* 물

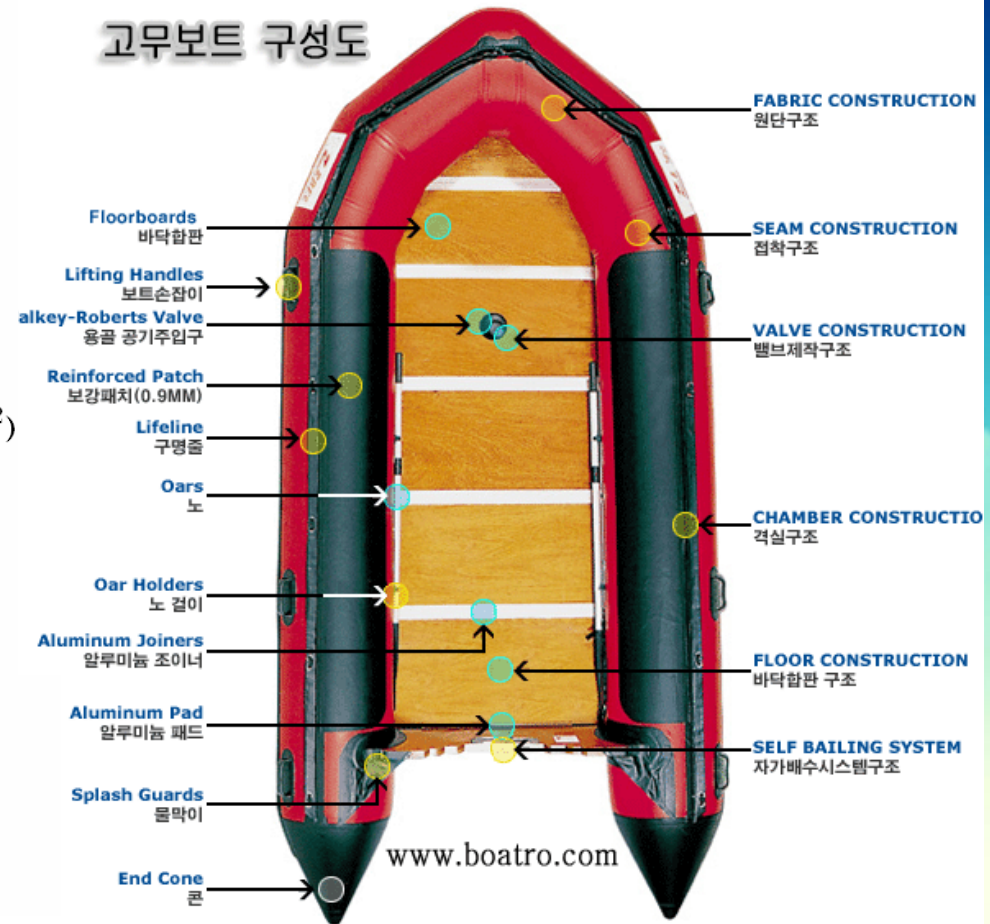
$$\rho_w = 1000 \text{ kg/m}^3$$

\* 사람  $p = 5 \text{ people}$

\* 보트안쪽 길이  $IL = 2 \text{ m}$  이상

\* 보트안쪽 폭  $IW = 0.7 \text{ m}$  이상

\* 중력가속도  $g = 9.81 \text{ m/s}^2$



# 3. Data and Information Collection (step2)

\* 부력

$$F_b = \rho g V$$

$$V = \pi L_{total} \int_{R-h}^R R^2 - x^2 dx$$

$$V = \pi L_{total} \left( hR - \frac{1}{3}R^3 + \frac{1}{3}[R-h]^3 \right)$$

$$F_b = (1000 \text{ kg/m}^3)(9.81 \text{ m/s}^2) \times \left[ 4\pi + \frac{1}{2}\pi^2(0.7 \text{ m} + 2R) \right] \times \left[ hR - \frac{1}{3}R^3 + \frac{1}{3}(R-h)^3 \right]$$

\* 배+ 사람의 무게

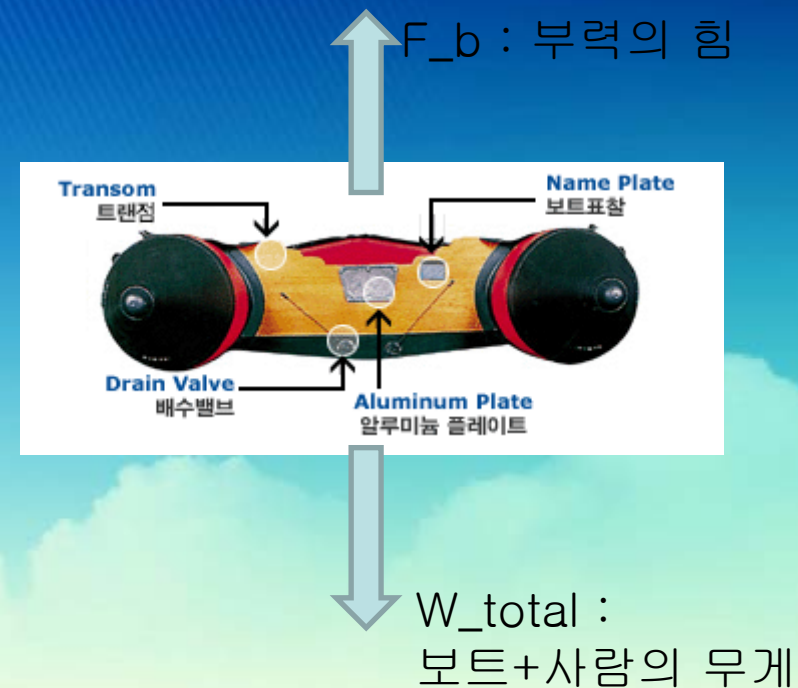
$$\text{사람의 무게 : } W_h = (9.81 \text{ m/s}^2) a$$

$$(a = \text{사람의 총무게} = 400 \text{ kg})$$

배의 무게 :

$$W_b = (9.81 \text{ m/s}^2) [(1.1 \text{ kg/m}^2) \times 2\pi^2 R(0.35 \text{ m} + R) + 8\pi R + 0.01(0.7 \text{ m} + 2R)2770 \text{ kg/m}^3]$$

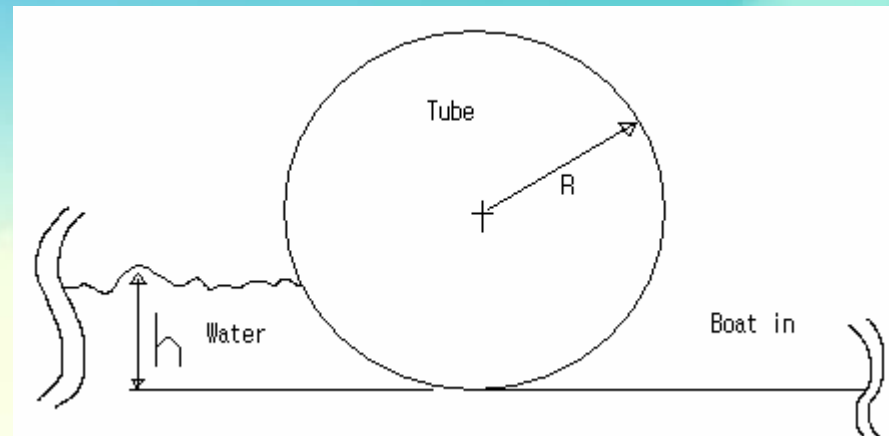
$$W_{total} = W_h + W_b$$





## 4. Design Variables (step3)

- $h$  = Tube 가 물에 잠기는 높이
- $R$  = Tube 의 반경





## 5. Cost Function (step4)

- Cost function 은 보트의 천의 단면적과 비례한다.

$$f_{\text{cost}} = 1.12\pi^2 R(0.35 + R) + 8\pi R + 0.01(0.7 + 2R)2770$$

- f\_(cost) 를 최저 값으로 하는 해를  
엑셀의 해 찾기 기능을 이용해서 구한다.

## 6. Constraints (step5)

$$0 \leq h \leq \frac{2}{3}R$$

-h가 늘면 보트의 항력 증가

$$0.15\text{ m} \leq R \leq 0.3\text{ m}$$

안정성을 위한 제한 조건

$$a \geq 400\text{ kg}$$

사람의 몸무게의 합계

$$F_b \geq W_{total}$$

부력의 힘이 더 커야함

$$g_1: -h \leq 0$$

$$g_2: h - 2R/3 \leq 0$$

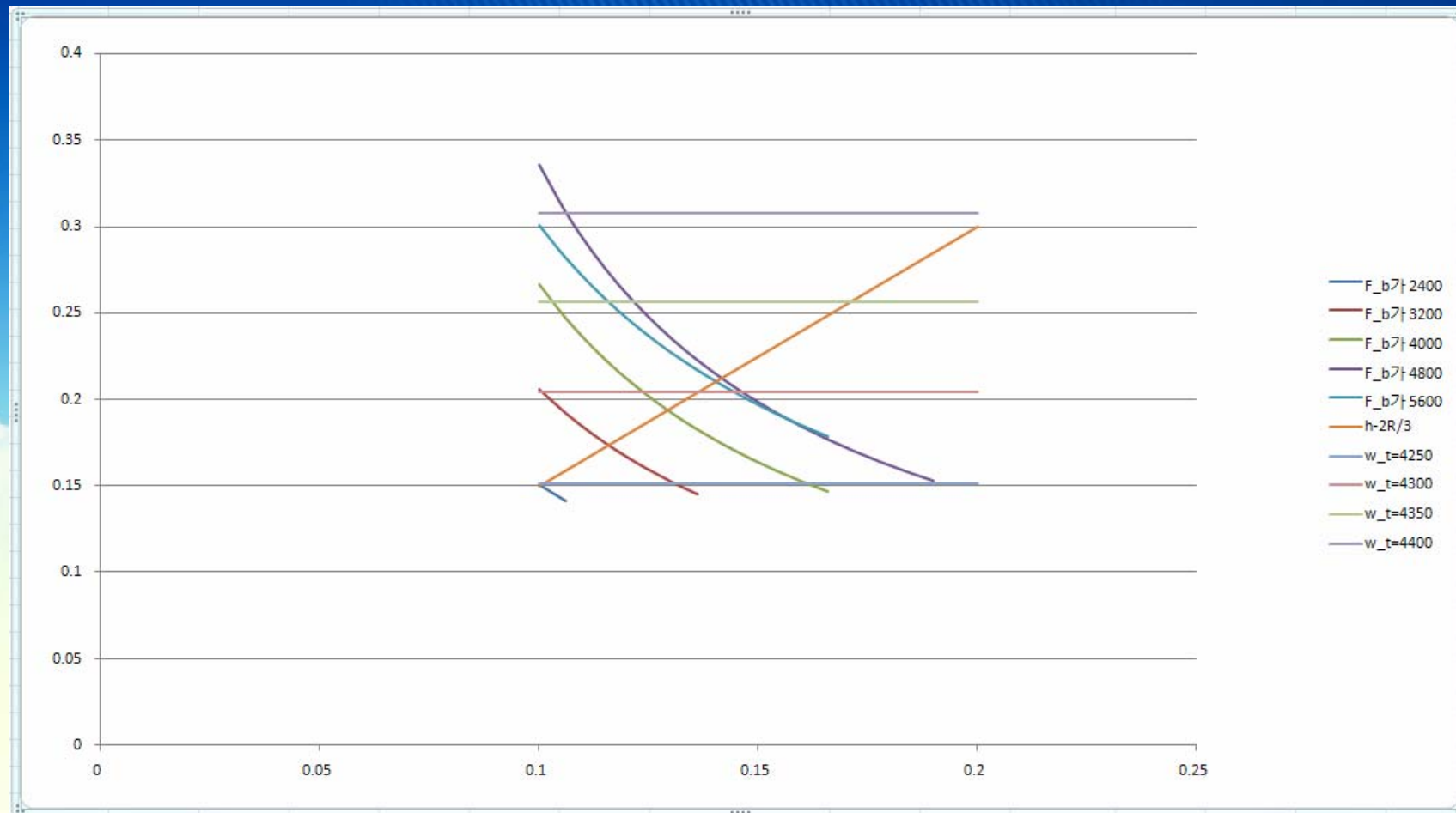
$$g_3: 0.15\text{ m} - R \leq 0$$

$$g_4: R - 0.3\text{ m} \leq 0$$

$$g_5: 400\text{ kg} - a \leq 0$$

$$g_6: W_{total} - F_b \leq 0$$

# 7. Optimization with Graphical Method





# 엑셀로 최적 값 찾기

|    | A                                                 | B        | C | D | E       | F   | G        | H | I | J | K | L | M |
|----|---------------------------------------------------|----------|---|---|---------|-----|----------|---|---|---|---|---|---|
| 1  | p                                                 | 5        |   |   |         |     |          |   |   |   |   |   |   |
| 2  | iL                                                | 2        |   |   |         |     |          |   |   |   |   |   |   |
| 3  | iW                                                | 0.7      |   |   |         |     |          |   |   |   |   |   |   |
| 4  | g                                                 | 9.81     |   |   |         |     |          |   |   |   |   |   |   |
| 5  |                                                   |          |   |   |         |     |          |   |   |   |   |   |   |
| 6  |                                                   |          |   |   |         |     |          |   |   |   |   |   |   |
| 7  | *지지판 물성치(Aluminum alloy 2024-T6)                  |          |   |   |         |     |          |   |   |   |   |   |   |
| 8  | den_a                                             | 2770     |   |   |         |     |          |   |   |   |   |   |   |
| 9  | t_a                                               | 0.005    |   |   |         |     |          |   |   |   |   |   |   |
| 10 |                                                   |          |   |   |         |     |          |   |   |   |   |   |   |
| 11 | *천의 물성치(inflatable fabric A9 단위 면적당 질량 1.1kg/m^2) |          |   |   |         |     |          |   |   |   |   |   |   |
| 12 | f_m                                               | 1.1      |   |   |         |     |          |   |   |   |   |   |   |
| 13 |                                                   |          |   |   |         |     |          |   |   |   |   |   |   |
| 14 | *물                                                |          |   |   |         |     |          |   |   |   |   |   |   |
| 15 | den_w                                             | 1000     |   |   |         |     |          |   |   |   |   |   |   |
| 16 |                                                   |          |   |   |         |     |          |   |   |   |   |   |   |
| 17 | R                                                 | 0.201113 |   | a |         | 400 |          |   |   |   |   |   |   |
| 18 | h                                                 | 0.134076 |   |   |         |     |          |   |   |   |   |   |   |
| 19 |                                                   |          |   |   |         |     |          |   |   |   |   |   |   |
| 20 | F_b                                               | 4301.668 |   |   | -h      |     | -0.13408 |   |   |   |   |   |   |
| 21 | W_h                                               | 3924     |   |   | h-2R/3  |     | 0        |   |   |   |   |   |   |
| 22 | W_b                                               | 377.6681 |   |   | 0.15-R  |     | -0.05111 |   |   |   |   |   |   |
| 23 | W_t                                               | 4301.668 |   |   | R-0.3   |     | -0.09889 |   |   |   |   |   |   |
| 24 |                                                   |          |   |   | 400-a   |     | 0        |   |   |   |   |   |   |
| 25 |                                                   |          |   |   | W_t-F_b |     | 1.83E-09 |   |   |   |   |   |   |

해 찾기 모델 설정

목표 셀(E): \$B\$23

해의 조건: ☐ 최대값(M) ☒ 최소값(N) ☐ 지정값(V): 0

값을 바꿀 셀(B)

\$B\$17:\$B\$18

추정(G)

제한 조건(U)

\$G\$20:\$G\$25 <= 0

추가(A)...

변경(C)...

삭제(D)

최적값

## 8. Comments

- 1. 무게 중심에 따른 설계
- 2. 엔진 설치에 대한 고려
- 3. 운전 중 일어나는 현상을 고려한 설계
- 4. 보강 천, 노, stinger 등 설치 고려
- 5. 사람에 움직임에 따른 뒤집힘 방지 설계
- 6. 천의 내부 공기 압력에 따른 설계
- 7. 용골 설계

# Reference

- Introduction to optimum design 2ed(Jasbir S. Arora)
- Heat transfer (Cengel)
- Fluid mechanics (Joo-sung, Meang)
- [www.wonpoong.co.kr](http://www.wonpoong.co.kr) (material)