

우산의 공학적 설계

THE ROBUST DESIGN OF AN UMBRELLA

Team EEE



차례

1. 프로젝트의 선정과 설계 목적
2. 가정 및 정보 수집
3. 목적함수와 구속조건 설정
4. 최적화
5. 결과
6. 참고문헌 / 자료출처



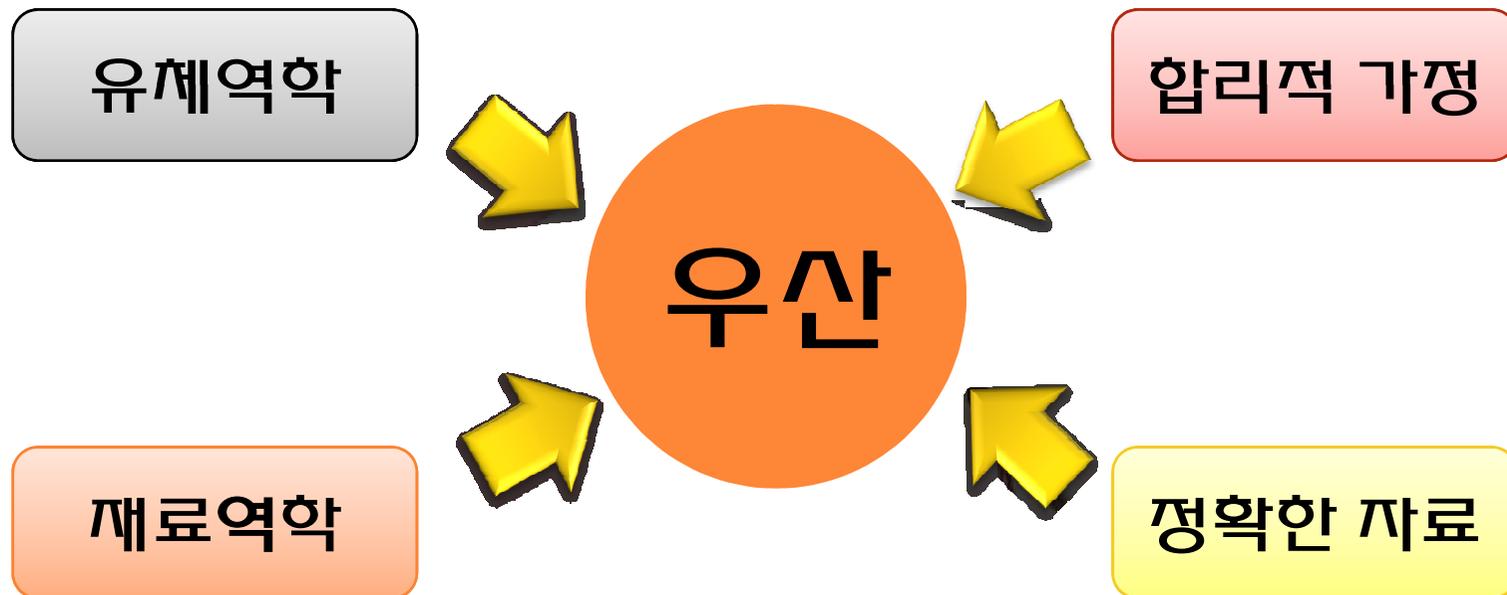
1. 프로젝트 선정과 설계목적

- ✓ 악천후의 조건에서 우산이 뒤집어지는 것은 흔한 일이며, 당사자에게는 당황스런 일이 아닐 수 없다
- ✓ 기존 우산에 대한 불신으로부터 프로젝트 주제 선정



1. 프로젝트 선정과 설계목적

- ✓ 공학적 지식을 바탕으로 폭우속에서 뒤집어지지 않는 가장 작은 크기의 우산 설계



2. 가정 및 정보수집

- ✓ 유체의 유동 - 비점성 / 비압축
- ✓ 지배적인 힘 - 항력
- ✓ 우산은 구형의 일부분
- ✓ 우산대는 외팔보
- ✓ 우산이 뒤집어지는 조건 - 전단항복강도
- ✓ 우산 형상의 단순화 - 이음새가 없음



2. 가정 및 정보수집 – 유체의 유동

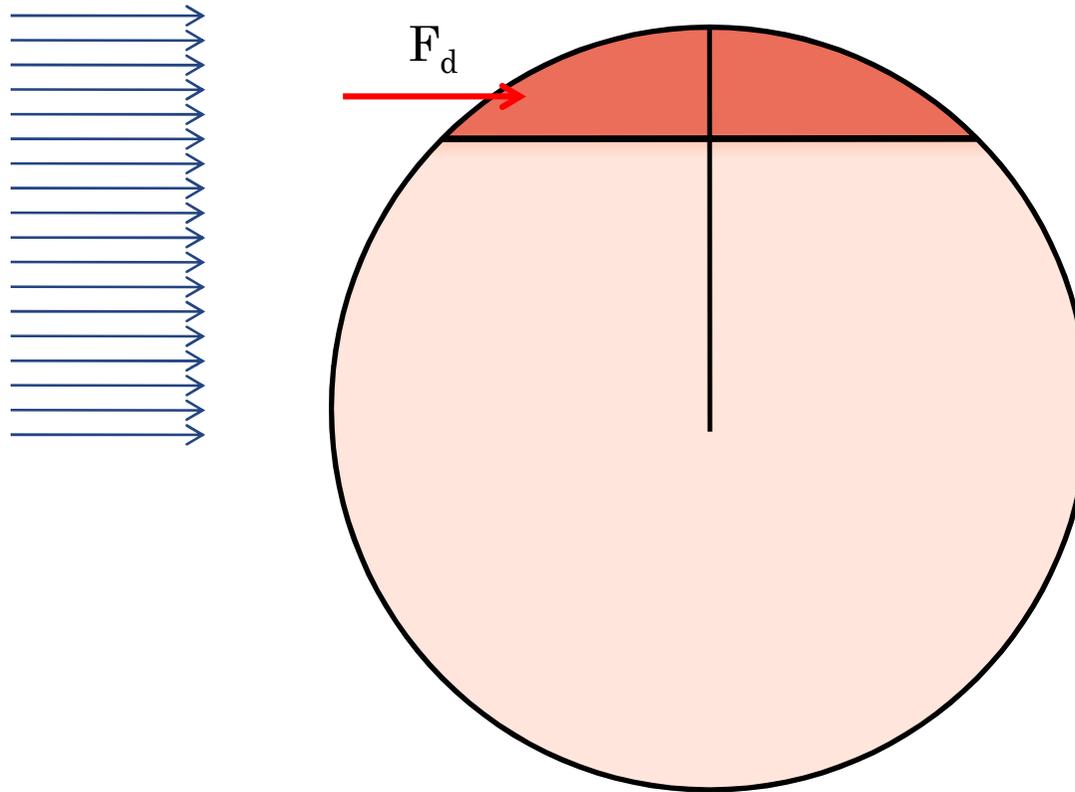
비점성

- ✓ 지배적인 힘은 압력에 의해 발생되므로 점성력은 무시 가능
- ✓ 비점성으로 가정해서 나온 결과로 해석한 상품은 상품성에 큰 영향을 끼치지 못함 by 맹주성 교수님

비압축성

- ✓ 공기는 마하수 0.3이 넘으려면 약 초당 100m/s 이상 불어야 되므로 현재 속도는 10m/s 따라서 비압축성

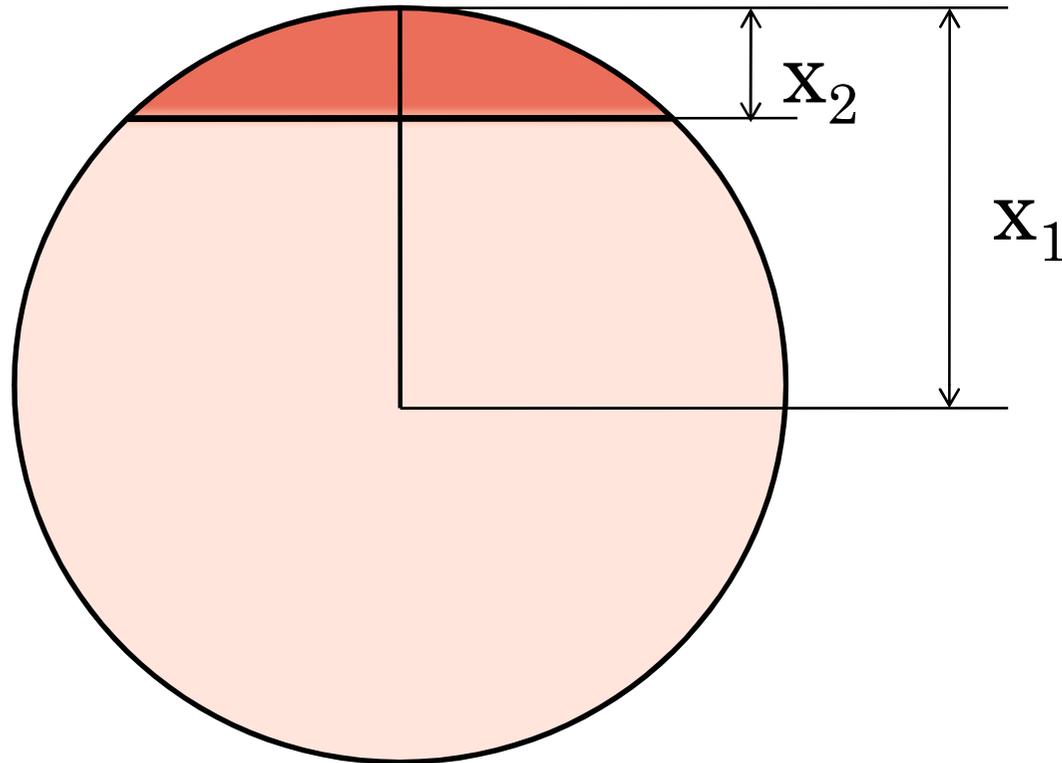
2. 가정 및 정보수집 - 항력



- ✓ 우산에 작용하는 지배적인 힘은 항력



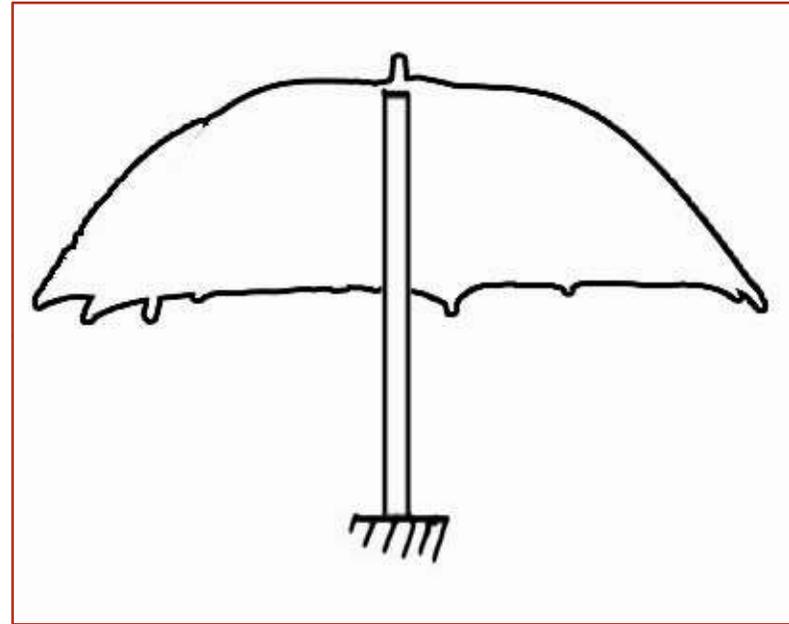
2. 가정 및 정보수집 - 형상



- ✓ 우산은 구의 일부분이며, 우산대의 길이는 그 구의 반지름의 길이로 가정한다.



2. 가정 및 정보수집 – 우산대



- ✓ 일반 성인은 바람에 의한 힘을 버틸 수 있으므로 지지부가 고정된 외팔보로 가정할 수 있다.



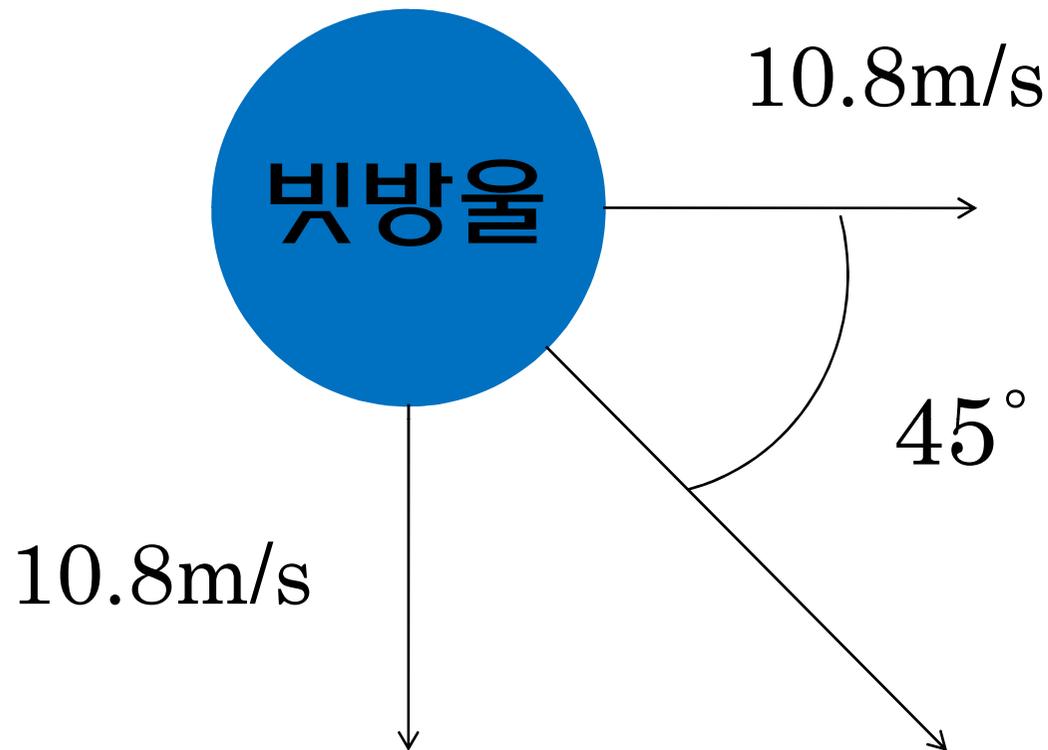
2. 가정 및 정보수집

계급	명칭	해상상태	육상상태	풍속(m/s) knots	파고(m) feet
6	된바람 strong breeze	큰물결이 일기 시작하고 흰거품이 있는 물결이 많이 생김	큰가지가 흔들거리고 전선이 울리며, 우산받기가 힘들	10.8 ~ 13.8 22 ~ 27	3.0 가량 9.5 ~ 13

- ✓ 악천후의 조건은 우산받기가 힘든 된바람의 풍속
10.8 m/s로 설정



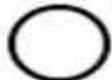
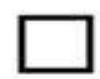
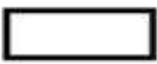
2. 가정 및 정보수집



- ✓ 중력에 의한 종말속도 10.8 m/s, 악천후 속 풍속 10.8 m/s에 의해 빗방울은 45도 각도로 떨어진다.



2. 가정 및 정보수집

Shape	Drag Coefficient
Sphere → 	0.47
Half-sphere → 	0.42
Cone → 	0.50
Cube → 	1.05
Angled Cube → 	0.80
Long Cylinder → 	0.82
Short Cylinder → 	1.15
Streamlined Body → 	0.04
Streamlined Half-body → 	0.09

Measured Drag Coefficients

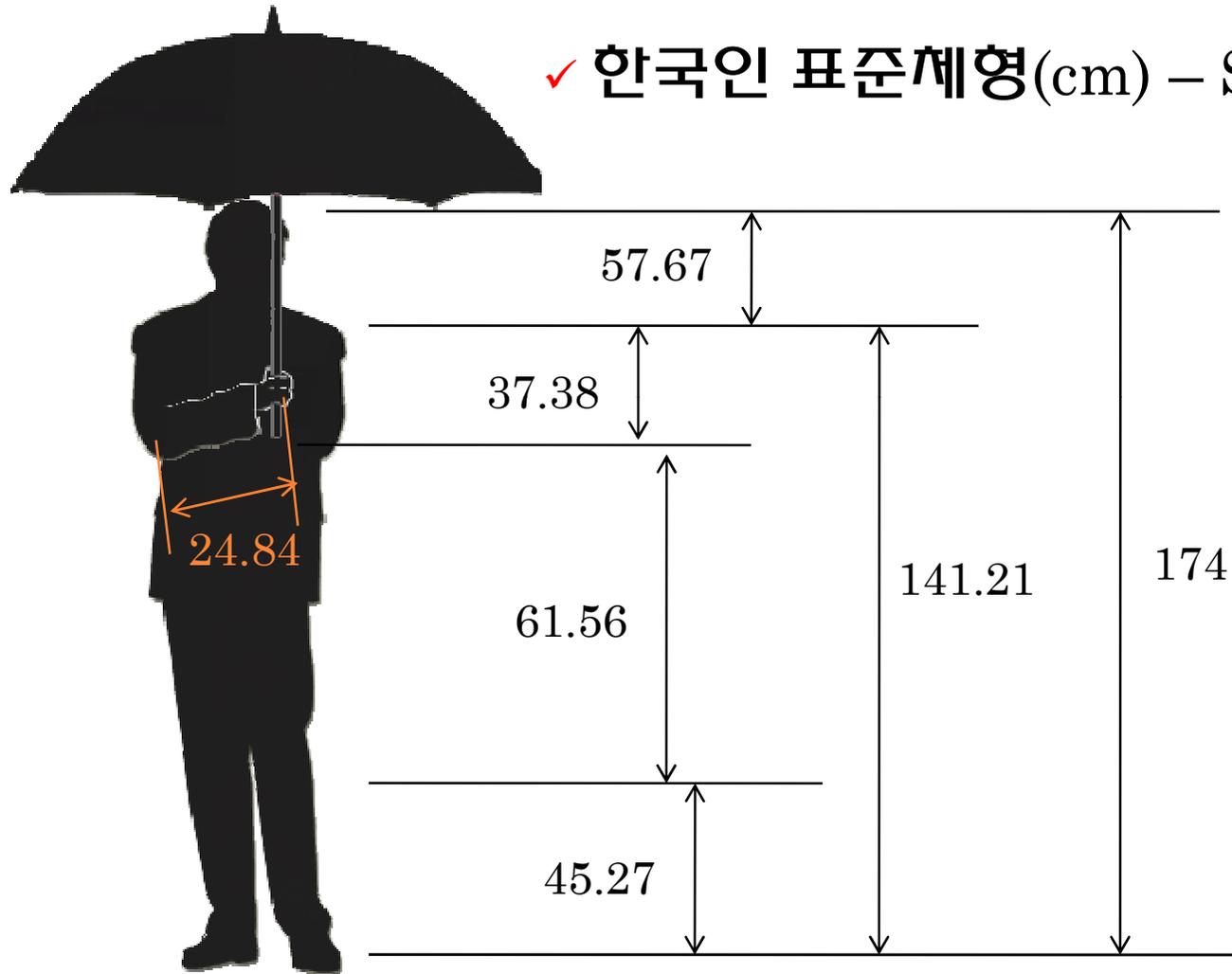
✓ 유체의 흐름에 의한 힘을 구하는 식에서 형상에 따른 Drag Coefficient

✓ 유체역학 - 병진출판사



2. 가정 및 정보수집

✓ 한국인 표준체형(cm) – SizeKorea('04)



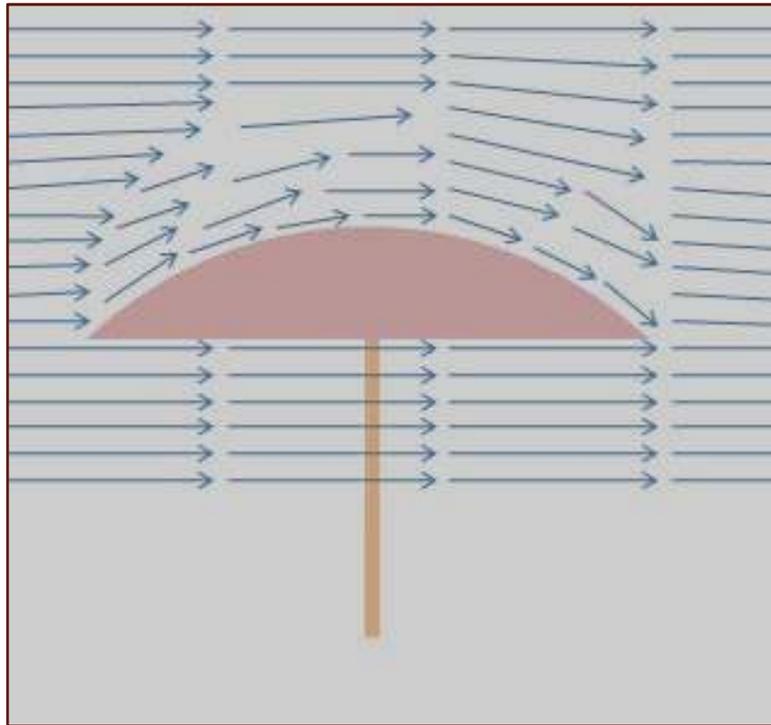
3. 목적함수와 구속조건 설정

목적 함수 : 우산의 면적 - 최소화

- ✓ 시야를 가리지 않는다
- ✓ 무릎 위는 비를 맞지 않는다.
- ✓ 우산대에 걸리는 전단응력은 허용전단응력 이하



3. 목적함수와 구속조건 설정

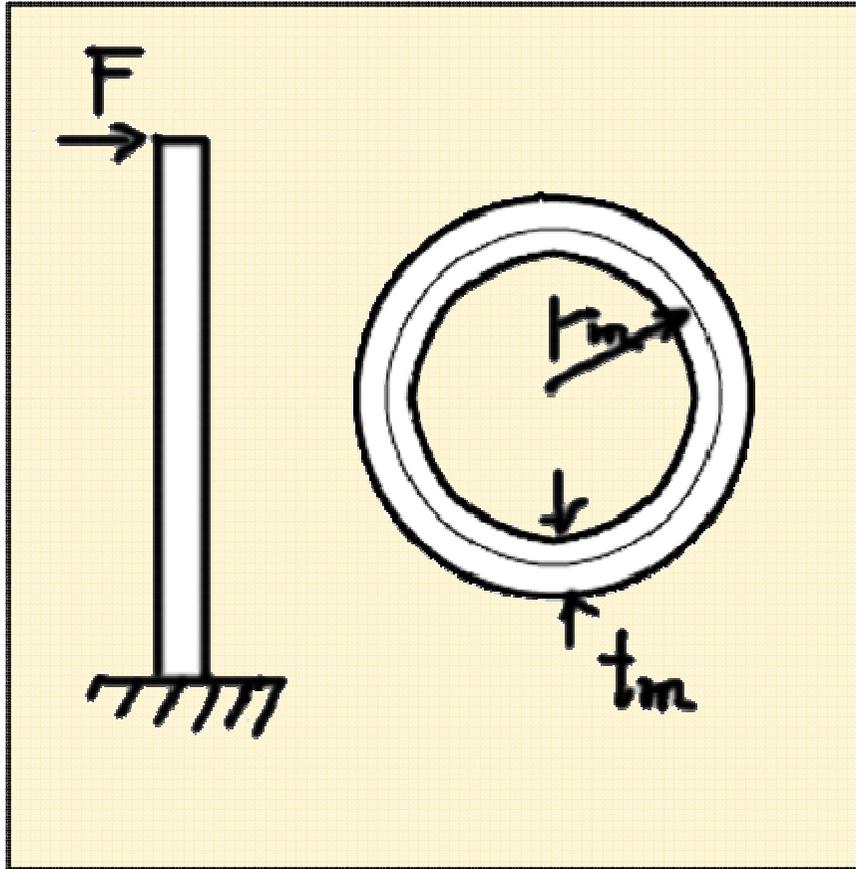


$$F_d = C_d \frac{\rho A V^2}{2}$$
$$\rho = 1.205 \text{ kg/m}^3$$
$$C_d = 0.3$$
$$V = 13.8 \text{ m/s}$$

✓ 비점성 비압축성 유동으로 가정할 경우 그림과 같은 흐름을 보이며, 우산에 작용하는 힘을 구할 수 있다.



3. 목적함수와 구속조건 설정



$$\tau_{\max} = \frac{VQ}{It}$$

$$A = 2\pi r_m t_m$$

$$J = Ar_m^2 = 2\pi r_m^3 t_m$$

$$I = \pi r_m^3 t_m$$

$$\bar{y} = \frac{2r_m}{\pi}$$

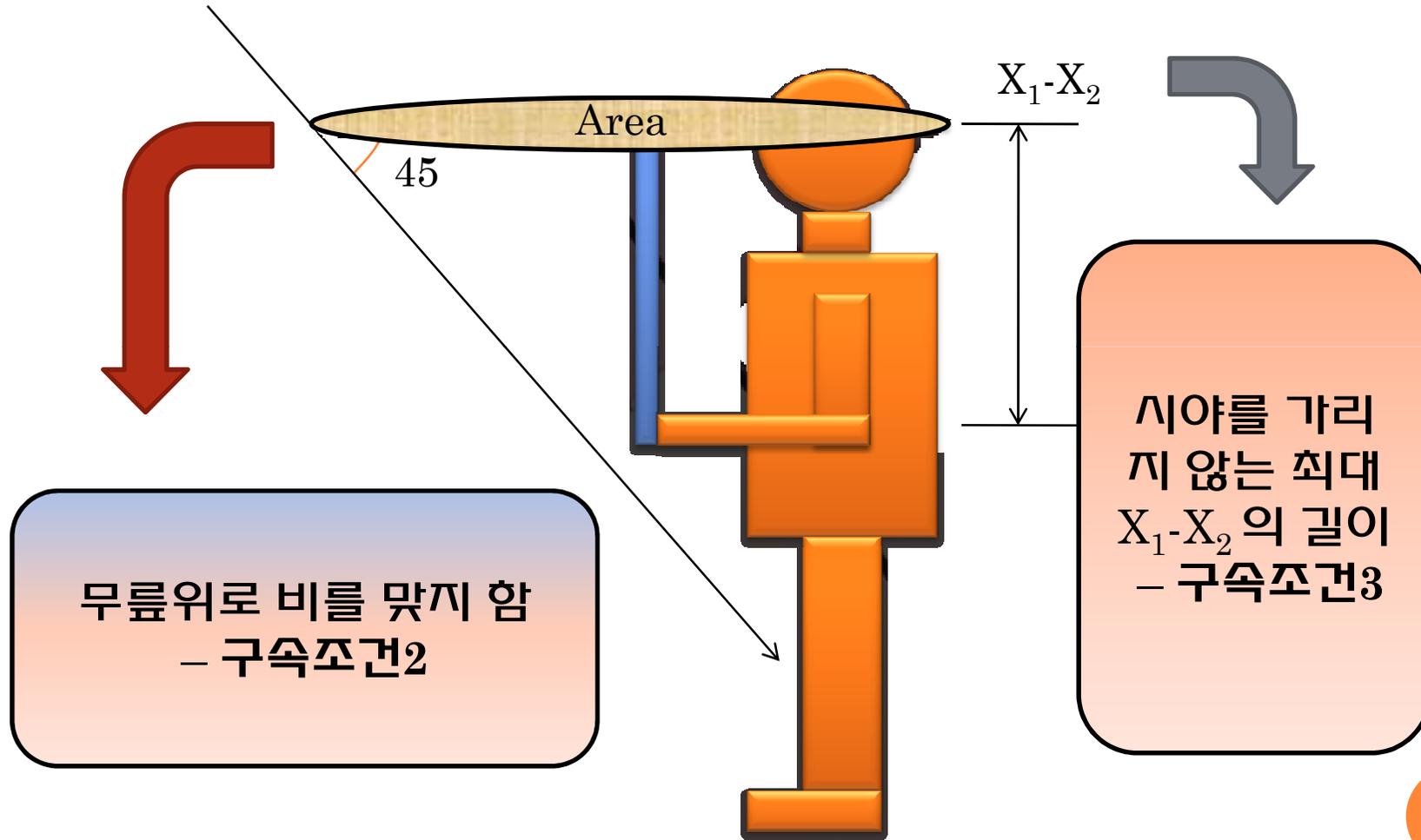
$$Q = \bar{y}A = 2r_m^2 t_m$$

$$t = 2t_m$$

- ✓ 작용전단응력 < 우산대의 허용전단응력 – 구속조건1
 허용 전단응력 $\tau_a = 220 \text{ MPa}$



3. 목적함수와 구속조건 설정



4. 최적화 – 정식화 5단계

STEP 1. Problem statement



STEP 2. Data and Information collection



STEP 3. Identification/Definition of Design variables



STEP 4. Identification of a criterion to be optimized



STEP 5. Identification of constraints



4. 최적화

$$\text{Minimize } f(x_1, x_2) = 2\pi x_1 x_2$$

Subject to

$$g_1 = \frac{F_d Q}{It} - \tau_{allowable} \leq 0$$

$$g_2 = (x_1 - x_2) + 0.6156 - \left[\sqrt{x_1^2 - (x_1 - x_2)^2} + 0.2484 \right] \leq 0$$

$$g_3 = 0.5717 - (x_1 - x_2) \leq 0$$

$$g_4 = -x_1 \leq 0$$

$$g_5 = -x_2 \leq 0$$

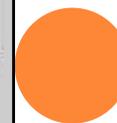
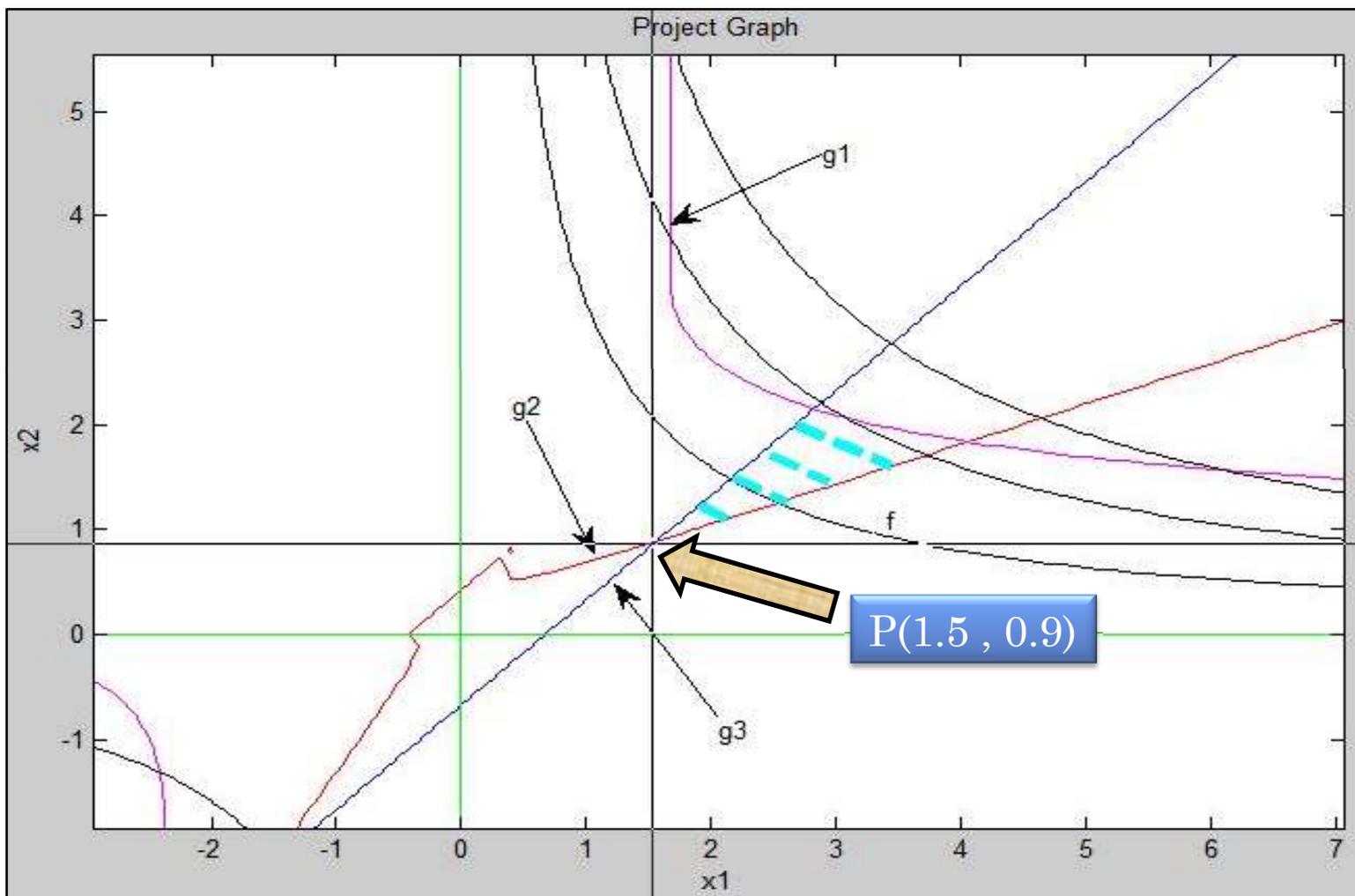
where

$$F_d = C_d \frac{\rho A V^2}{2}$$

$$A = \frac{1}{2} x_1^2 \left[\pi - 2 \sin^{-1} \left(\frac{x_1 - x_2}{x_1} \right) \right] - (x_1 - x_2) \sqrt{x_1^2 - (x_1 - x_2)^2}$$



5. 결과 - MATLAB



6. 참고 문헌 / 자료 출처

- ✓ 재료역학-병진
- ✓ 유체역학-병진
- ✓ INTRODUCTION TO OPTIMUM DESIGN – McGrow Hill
- ✓ 한국인 표준체형 – SizeKorea
- ✓ 이미지 – Google, NAVER, DAUM

