

# 자전거 프레임 최적 설계

시작이 半

2004007188 정상근

2004006260 손태우

# 자전거 프레임이란?

자전거 전체에서 핸들, 바퀴, 안장, 변속기, 페달, 기어, 체인 등을 제거한 역삼각형의 뼈대만 남는데 이것이 바로 프레임이다. 재료는 알루미늄 합금이나 티타늄을 이용한다.



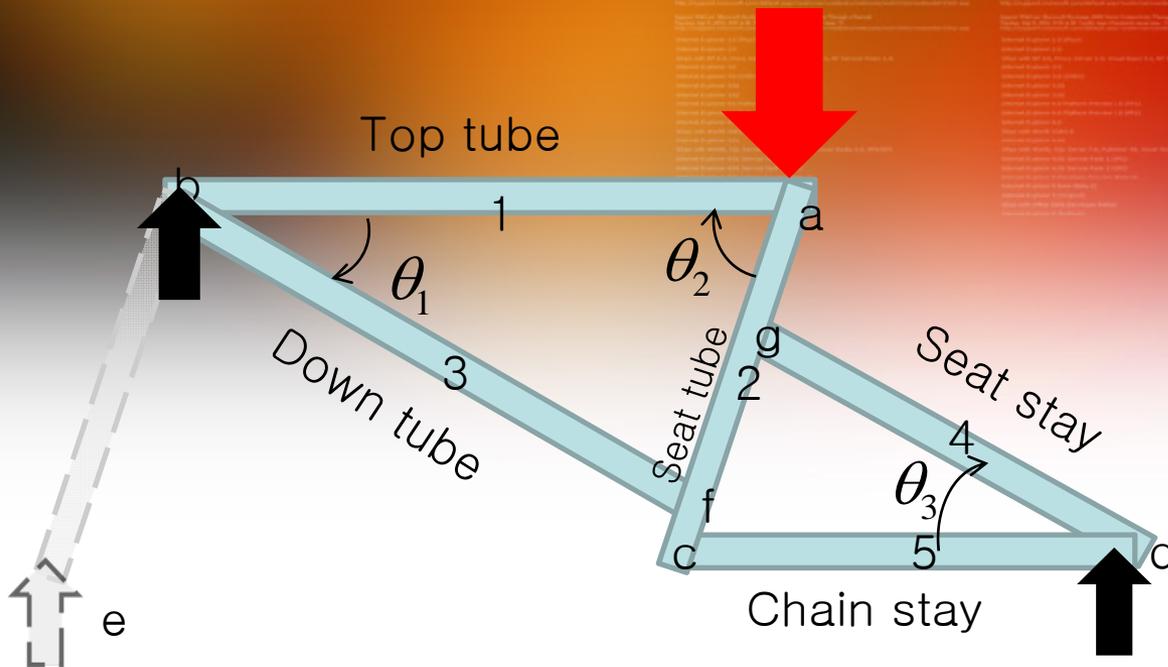
# 1. PROBLEM STATEMENT

- ◇ 안장에 가해지는 사람의 하중을 견딜 수 있는 자전거 프레임을 설계한다.
- ◇ 자전거의 재료는 알루미늄합금으로 한다.
- ◇ 프레임 질량의 최소화를 목적으로 한다.
- ◇ 뒷바퀴를 고정하는 프레임은 두 개의 대칭으로 되어 있으나, 2차원 분석을 위해 하나로 합친다.

# 1. PROBLEM STATEMENT

- ◇ 각 부재의 연결은 핀 고정으로 가정하였다.
- ◇ 각 부재는 원통형으로 가정하였다.
- ◇ 정지 기준으로 인장 전단 응력을 분석하였다.
- ◇ 탑 튜브, 다운 튜브, 시트 튜브, 시트 스테이, 체인 스테이 다섯 가지 부재로 단순화 시켰다.

## 2. DATA & INFORMATION COLLECTION



$$\sum M = L_1 F_e - L_2 F_d = 0, \quad F_e = \frac{L_1}{L_2} F_d$$

$$\sum F_y = -F + F_e + F_d = 0, \quad F = \left(1 + \frac{L_1}{L_2}\right) F_d$$

$$F_d = \frac{F}{1 + \frac{L_1}{L_2}}, \quad F_e = \frac{L_1}{L_2} \cdot \frac{F}{1 + \frac{L_1}{L_2}}$$

## 2. DATA & INFORMATION COLLECTION

- 성인남자의 최대몸무게 150kg
- 재료

알루미늄 합금을 이용

최대수직응력 95MPa

최대전단응력 55MPa

탄성계수 70GPa

밀도 2700kg/m<sup>3</sup>

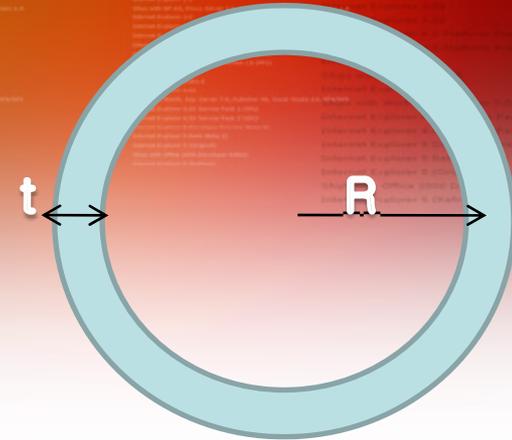
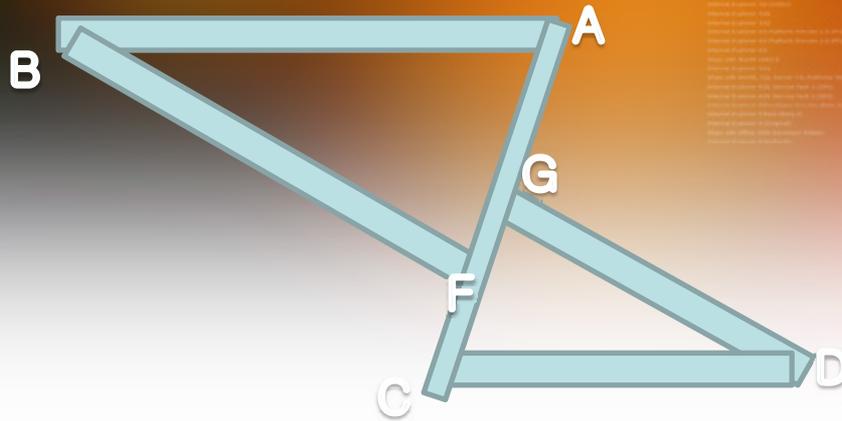
### 3. DESIGN VARIABLES

$$\theta_1 \quad \theta_2 \quad \theta_3 \quad R \quad t$$

### 4. IDENTIFICATION OF A CRITERION TO BE OPTIMIZED

$$F(\theta_1 \quad \theta_2 \quad \theta_3 \quad R \quad t) = \rho \times L_{total} \times (2\pi R t)$$

# 5. IDENTIFICATION OF CONSTRAINTS



**'a'점**

$$\sum F_y = F_2 \sin \theta_2 - F, \quad F_2 = \frac{F}{\sin \theta_2}$$

$$F_1 = F_2 \cos \theta_2$$

**'b'점**

$$\sum F_y = F_b - F_3 \sin \theta_1 = 0$$

$$F_3 = \frac{F}{\sin \theta_1}$$

**'d'점**

$$\sum F_y = F_d - F_4 \sin \theta_3 = 0, \quad F_4 = \frac{F_d}{\sin \theta_3}$$

$$\sum F_x = -F_5 + F_4 \cos \theta_3 = 0, \quad F_5 = F_4 \cos \theta_3 = \frac{F_d}{\tan \theta_3}$$

**좌굴**

$$P_c = \frac{\pi^2 EI}{4l^2}, \quad \sigma_c = \frac{\pi^2 ER^2}{8l^2}$$

**총 부재의 길이**

$$L_{total} = L_0 + \frac{H}{\sin \theta_2} + 2 \left( L_2 + \frac{H}{\tan \theta_2} \right) + 2 \left( \frac{\sin \theta_2}{\sin(180 - \theta_2 - \theta_3)} \left( L_2 + \frac{H}{\tan \theta_2} \right) \right) + \frac{\sin \theta_2}{\sin(180 - \theta_2 - \theta_1)} L_0$$

# 5. IDENTIFICATION OF CONSTRAINTS

$$g1 \sim g5 \quad \sigma_{normal\_stress\_i} \leq \sigma_{a\_n\_s}$$

$$g6 \quad \sigma_{shear\_stress\_i} \leq \sigma_{a\_s\_s}$$

$$g7 \sim g11 \quad \sigma_{normal\_stress\_i} \leq \sigma_{cr}$$

$$0 \leq R \leq 0.015$$

$$0 \leq t$$

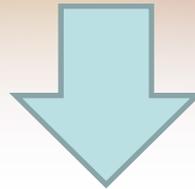
$$\theta_{min\_i} \leq \theta_i \leq \theta_{max\_i}$$



# NUMERICAL SOLUTION

ang_1	13.5	<		>
ang_2	80	<		>
ang_3	55.98	<		>

$\theta_1$   $\theta_2$   $\theta_3$ 를 변화시킴에 따라 그래프의 최적점에 영향을 미치는 제약조건은 g5, g6, g11



```
FUNCTION F=MYFUN(X)
L_0=0.6;
PI=3.14;
H_AF=0.4445;
L_2=0.3;
F=((((L_0+H_AF/SIN(X(2)*PI()/180)+2*(L_2+H_AF/TAN(X(2)*PI()/180))+2*(
SIN(X(2)*PI()/180)/SIN((180-X(2)-
X(3))*PI()/180)*(L_2+H_AF/TAN(X(2)*PI()/180)))+L_0*SIN(X(2)*PI()/180)/S
IN((180-X(1)-X(3))*PI()/180)))*2*PI()*X(4)*X(5));
```

```
X0=[1,1,1,1,1];
LB=[0,0,0,0,0];
UB=[45,90,55.98,0.015,0.05];
OPTIONS=OPTIMSET('LARGESCALE','OFF');
X=FMINCON('MYFUN',X0,[],[],[],[],LB,UB,'CONFUN',OPTIONS)
```

```
FUNCTION [C,CEQ]=CONFUN(X)
F=1470;
N_S_A=31666666;
V_D=1069;
S_S_A=18333333;
E=2333333333;
PI=3.14;
H_AF=0.4445;
C(1)=F/(2*PI()*X(4)*X(5)*SIN(X(2)*PI()/180))-
N_S_A;
C(2)=V_D*COS((90-X(2)-
X(3))*PI()/180)/(SIN(X(3)*PI()/180)*2*PI()*X(4)*X
(5))-S_S_A;
C(3)=F/(2*PI()*X(4)*X(5)*SIN(X(2)*PI()/180))-
(PI()*2*E*X(4)^2/(8*(H_AF/SIN(X(2)*PI()/180))^2)
);
CEQ=[];
```

$$\theta_1 = 13.4761^\circ \quad \theta_2 = 90^\circ \quad \theta_3 = 51.5021^\circ$$

$$R = 0.0148 \text{ m} \quad t = 0.0005 \text{ m}$$

변수의 과다설정이나 제약조건의 부족으로 초기값이나 제약조건의 변화시 최적값이 변화

자전거의 페달의 위치를 편의를 고려하여 앞쪽에 위치시킴



$$\theta_2 = 75^\circ \text{으로 고정}$$

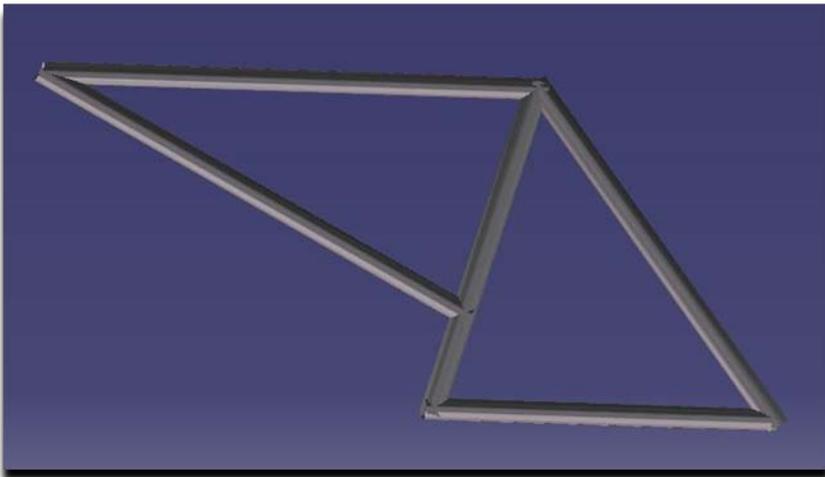
$$\theta_1 = 30.4745^\circ \quad \theta_2 = 75^\circ \quad \theta_3 = 55.98^\circ$$

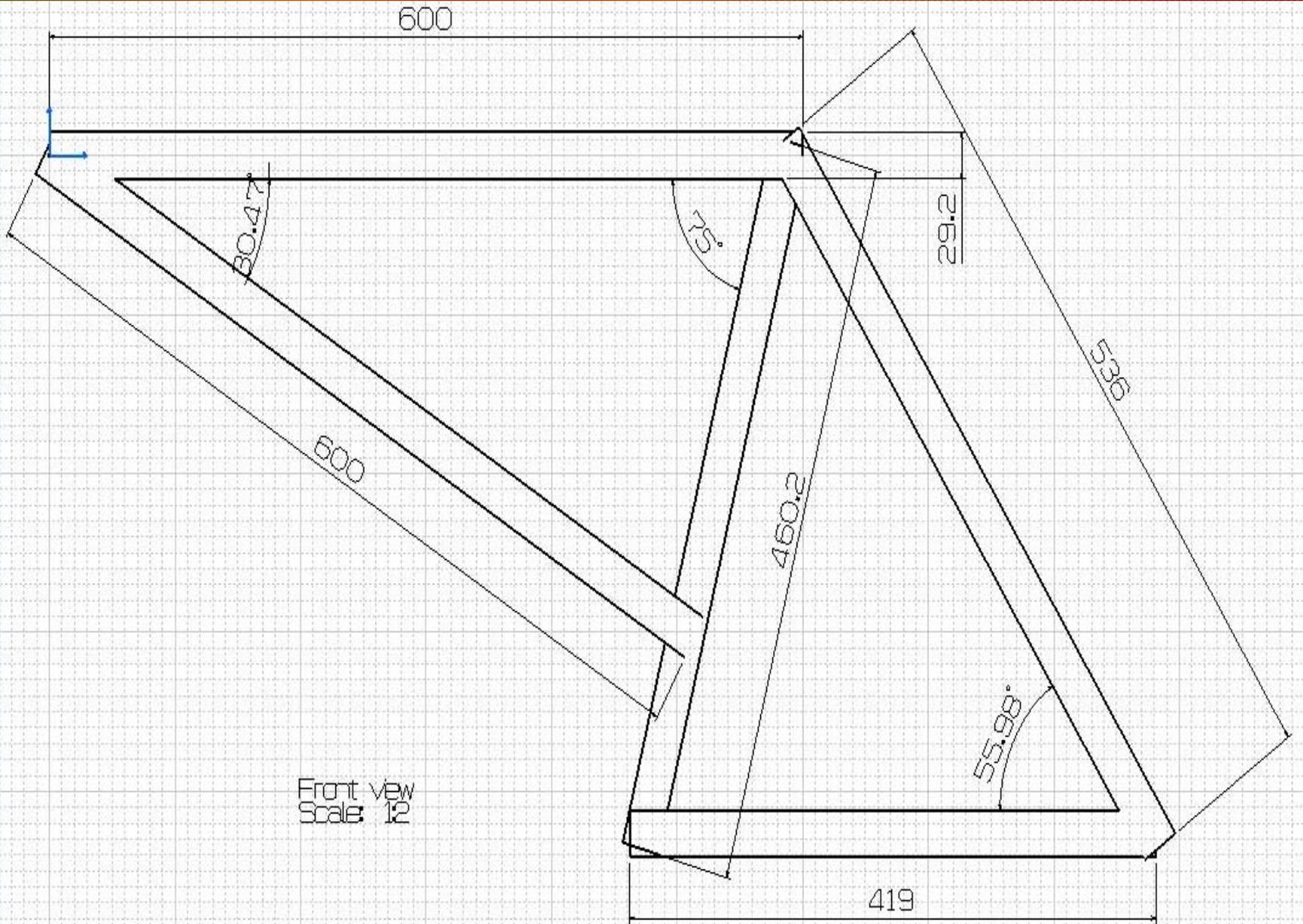
$$R = 0.0150 \text{ m} \quad t = 0.0006 \text{ m}$$

최적화된 자전거 프레임 질량

$$F = \rho \times L_{total} \times (2\pi R t)$$

$$= 0.4 \text{ kg}$$





# REVIEW & CONCLUTIONS

- 페달에 가해지는 힘의 추가고려 필요
- 피로파괴등을 고려하여 안전율을 엄격히 적용