

차량 정면 충돌 시 2차 피해 방지를 위한 조향축 최적설계

2013020596 전민철

2013020411 김종한

2012012134 박재현

목차

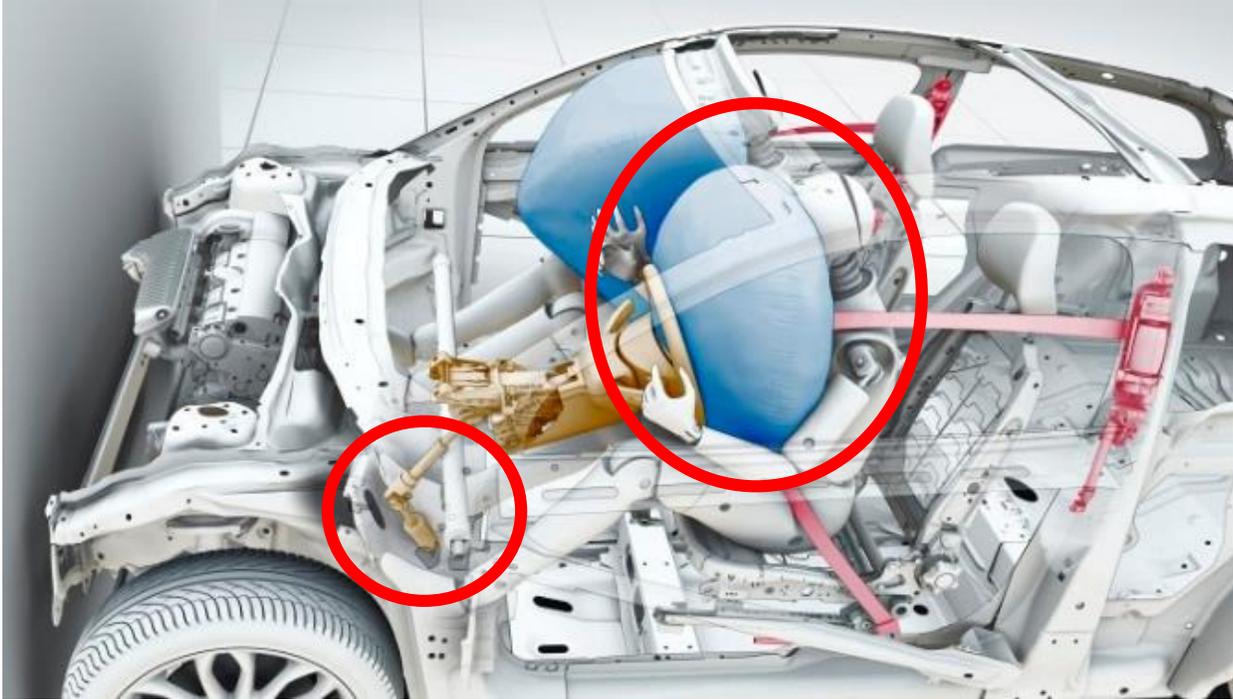
- 주제 선정 배경 및 목적
- MATLAB을 이용한 치수최적화
- NFX 환경에서 최적설계 검증
- 결론



프로젝트 주제 및 목적

운전자와 조향 핸들과의 충돌로 인한 피해

- 에어백 시스템, 붕괴식 핸들구조 오작동시, 운전자는 핸들과의 충돌에 의한 2차 피해에 노출



프로젝트 목적

- 기존의 조향 시스템에 충돌에너지를 흡수하는 견딜 수 있는 압축코일 스프링을 추가
- 스프링의 무게를 최소화하도록 최적설계 진행



설계변경

- ▶ 무게 최소화
- ▶ 충돌에너지 흡수
- ▶ 조향 핸들 공진현상 방지



1. 압축스프링 무게 최적설계

압축코일 스프링 설계 변수

■ 압축 코일 스프링의 무게에 영향을 미치는 설계 변수 선택

- ▶ 선 두께 (d)
- ▶ 코일 평균지름 (D)
- ▶ 유효 감김수 (n)

■ 설계변수를 바탕으로 목적함수(스프링 무게) 계산

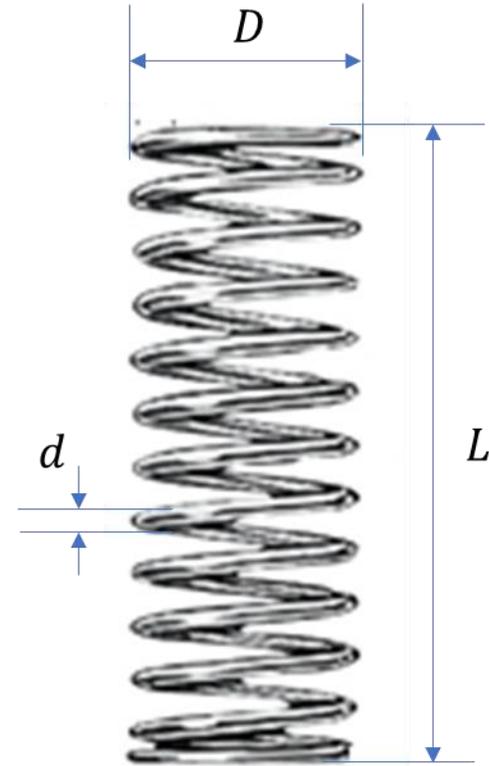
$$m = \rho AL$$

$$= \frac{\pi^2 \rho d^2 D (n + 2)}{4}$$

m : 스프링 무게 (kg)

ρ : 스프링 밀도 (kg/mm^3)

L : 스프링 총 길이 (mm)



압축코일 스프링 설계 제약조건 (I)

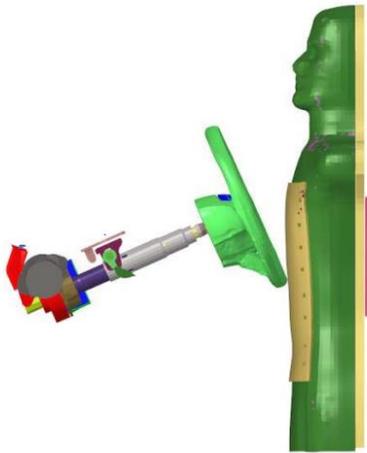
■ 충돌에너지 흡수

-> 충돌 시 운전자 머리의 최대 감속도가 60g 이하가 되도록 설계

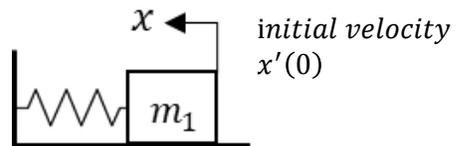
■ 충격력

-> 탄성영역에서 스프링이 견디는 최대하중을 충격력보다 크게 설계

충돌에너지 흡수



(모델링)

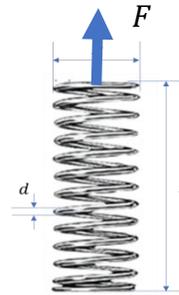


$$x''(t) = x'(0) \sqrt{\frac{k}{m}} \sin\left(\sqrt{\frac{k}{m}} t\right)$$

(최대 감속도)

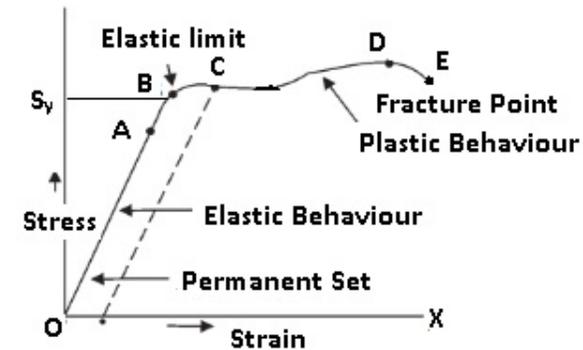
$$x'(0) \sqrt{\frac{k}{m}} \leq 60g$$

충격력



(최대 하중)

$$F = \frac{Gd^4(L - d(n + 2))}{10D^3(n + 2)} \leq 14.6kN$$



압축코일 스프링 설계 제약조건 (II)

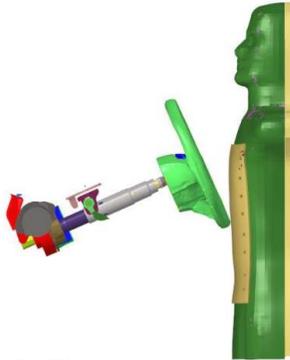
■ 조향 핸들 진동 방지

-> 스프링의 고유진동수가 엔진이 발생시키는 진동수 범위 밖에 있도록 설계

■ 기하학적 제약

-> 기존의 조향시스템에 의한 기하학적인 제약

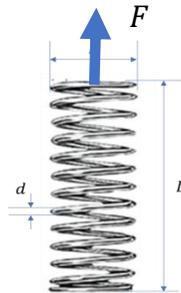
충돌에너지 흡수



(최대 감속도)

$$x'(0) \sqrt{\frac{k}{m}} \leq 60g$$

충격력

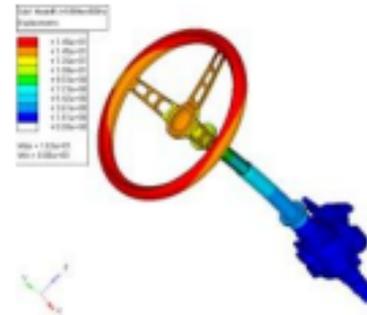


(최대 하중)

$$F = \frac{Gd^4(L - d(n + 2))}{10D^3(n + 2)}$$

$$F \leq 14.6kN$$

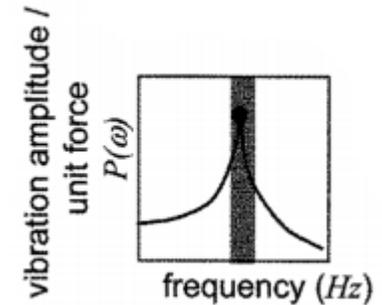
조향 핸들 진동방지



(모드 해석)

Natural frequency f_0 ,
Engine frequency $f_e = 23.1Hz$

$$f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{K}{m}} = \frac{d}{2\pi D^2} \sqrt{\frac{G}{2\rho}} \neq f_e$$



MATLAB을 이용한 치수최적화

■ MATLAB의 최적화 기능을 통해 스프링의 무게 최적설계 진행

목적함수

```
function y = mass(d,D,n)
    dens = 7.85e-6;
    y = (3.14^2*d^2*(n+2)*D*dens)/4;
end
```

제약조건

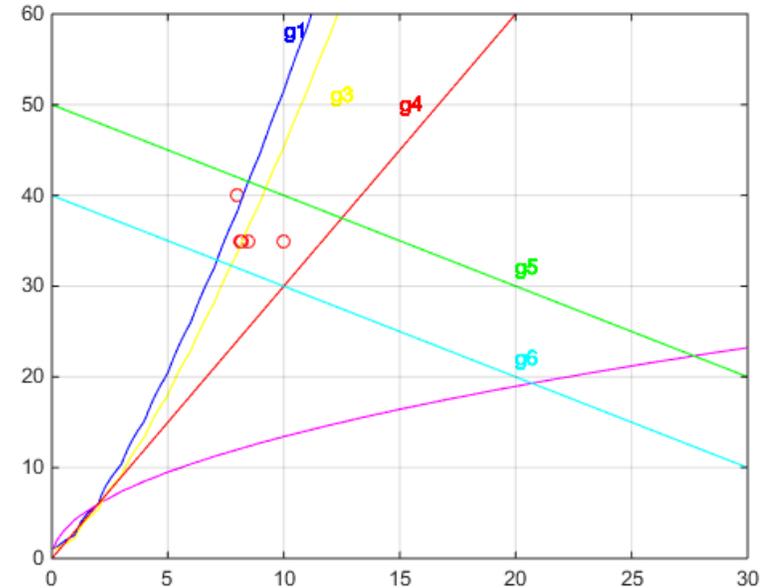
```
clc;clear all;
%% Start with the default options
options = optimoptions('fmincon');
%% Modify options setting
options = optimoptions(options,'Display','final-detailed');
options = optimoptions(options,'Algorithm','sqp'); %

L_max = 312;
d_min = 5;
d_max = 10;
D_max = 40;
D_min = 35;
n_min = 10;
n_max = 15;
% L_limit = L_max - pitch;

x0 = [8 50 30]; % Start point
A = [3 -1 0; 1 1 0; -1 -1 0];
b = [0;50;40];
% A = [0 1 0; 0 -1 0; 3 -1 0; 0 0 1; 0 0 -1];
% b = [D_max;-D_min;0;15;-5];
[x,fval,exitflag,output] = ...
fmincon(@mass,x0,x(1),x(2),x(3),x0,A,b,[],[],[d_min D_min n_min],...
        [d_max D_max n_max],@beam_cons,options)
```

```
c(1) = -G*d^4*delta_max*0.8/(8*D^3*(n+2))+P_max;
c(2) = -(d*1e-3)/(2*3.14*n*(D*1e-3)^2)+sqrt(G*1e6/(2*dens*1e9))+f_min;
c(2) = G*d^4/(8*D^3*(n+2)) - (accel_max/v_0)^2*m;
```

결과



x =

8.1443 35.0000 10.0000

2. 최적화 결과 검증

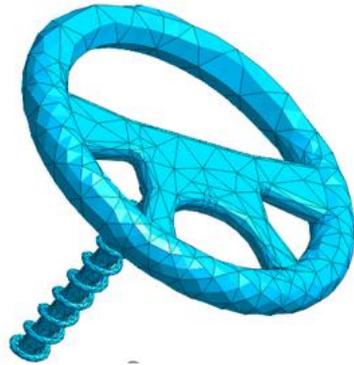
NFX 모델링

- NFX 환경에서 최적화된 설계변수를 활용하여 조향시스템 모델 생성
- 선형 정적해석, 모드해석 진행

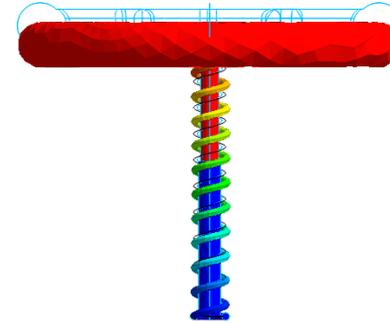
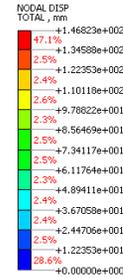
타겟 모델



최종 NFX 모델



해석결과



- 고유치 (필수)
- MODE 1 (FREQ=1.0724e+001)
 - MODE 2 (FREQ=8.5269e+001)
 - MODE 3 (FREQ=8.7779e+001)
 - MODE 4 (FREQ=2.1467e+002)
 - MODE 5 (FREQ=2.2824e+002)
 - MODE 6 (FREQ=2.3235e+002)
 - MODE 7 (FREQ=2.3817e+002)
 - MODE 8 (FREQ=3.9983e+002)
 - MODE 9 (FREQ=4.1626e+002)
 - MODE 10 (FREQ=4.5044e+002)

결과 태그

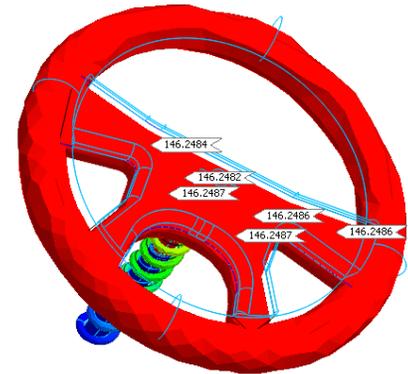
종류: 절점, 요소

색상: 태그색상, 텍스트색

값: 지수표현, 소수점

보이기	종류	번호	값
<input checked="" type="checkbox"/>	절점	18824	146.2482
<input checked="" type="checkbox"/>	절점	17127	146.2486
<input checked="" type="checkbox"/>	절점	18419	146.2484
<input checked="" type="checkbox"/>	절점	18208	146.2486
<input checked="" type="checkbox"/>	절점	17123	146.2487
<input checked="" type="checkbox"/>	절점	17128	146.2487

최대, 최소, 절대최대값, 모두 지우기, 각 파트의 최대/최소, 닫기



near, 선형 정적해석 (필수), [UNIT] N, mm

최적화 결과 검증

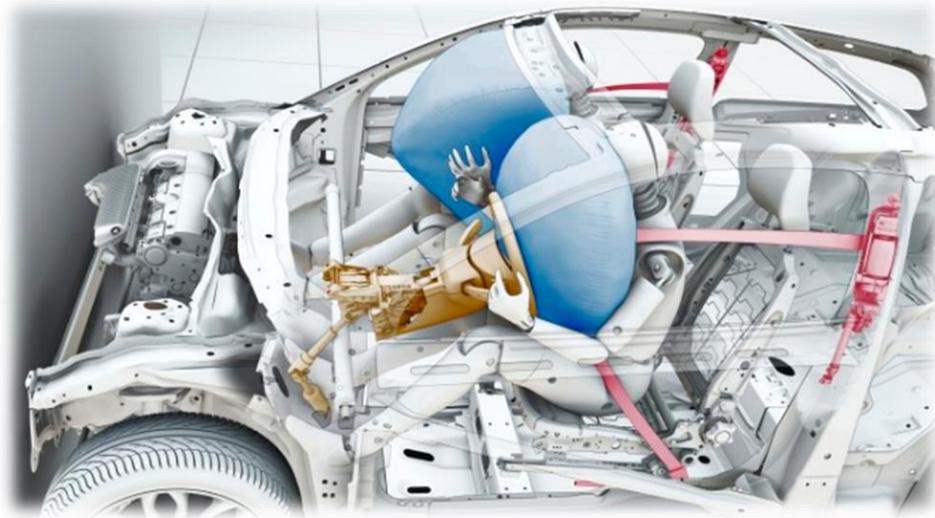
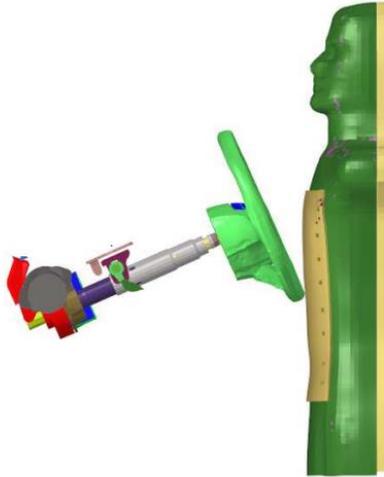
- Spring stiffness를 계산하여 검증 진행
- 해석값과 이론값 모두 설정된 제약조건을 만족하는 것을 확인

	Spring stiffness (N/mm)	Maximum load (N)	Maximum deceleration	Natural frequency (Hz)
설계기준	-	≥ 14658	$\leq 60g$	$\neq 20$
이론 (MATLAB)	85.51	14658	20g	7.55
해석 (NFX)	100.24	17183	22g	10.24
오차	17%	17.22%	10%	35%

결론

결론

- 차량 정면 충돌 시, 운전자와 핸들의 충돌로 인한 2차 피해 방지를 위한 압축 스프링 설계
- 조향 축에 무게를 최소화하고 기존의 조향 시스템의 기하 형상의 변화를 줄이는 방향으로 최적설계 진행
- 조향 핸들의 진동 관점과 충돌에너지 흡수의 관점에서 최적화된 설계안이 적합함을 확인



Q & A
