

# Crash box의 Bead 최적화

한양대학교 미래자동차공학과  
4학년 신동민  
지도교수: 민승재 교수님

## 배경 및 목적



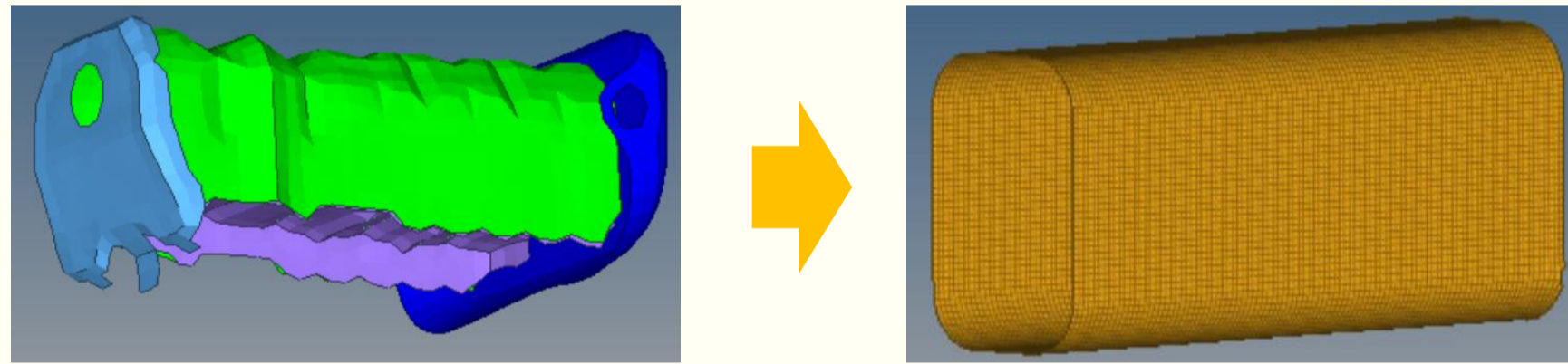
Crash Box

- 프론트사이드 멤버 앞에 장착되어 이를 충격으로 부터 보호하는 부품
- Crash Box는 교체 가능한 부품이므로 충돌 발생시 Crash Box가 변형되어 프론트사이드 멤버 변형의 원인이 되는 힘을 최소화 하는 것이 정비에 유리

- 기존 관련 논문에서는 이미 만들어진 몇가지 Bead 형상 Crash Box를 실제 충돌실험을 거쳐 어떤 모델이 가장 적합한지 선정하는 방식
- 이 논문에서는 이런 케이스스터디 방식 대신 선형 해석을 통해 Crash Box에 여러가지 Bead를 생성하고 충돌 해석 결과로 프론트사이드 멤버로 전달되는 힘을 최소화하는 Crash Box Model을 도출

## Bead 최적화

- 2010 Toyota Yaris를 기준으로 초기 모델 설정



2012 Yaris Toyota Crash Box (NCAC)

Base Model

- 해석 조건

- 관련 논문 Crash Box 충돌 조건 : 250kg의 충돌 대차를 초기 속도 8m/s으로 충돌 → 431kN 초기 하중 발생
- 431kN을 선형 해석을 위한 힘으로 설정, 압축 방향을 제외한 나머지 자유도 구속

- 목적 함수

$$\lambda_C = \frac{P_C}{P_R} \quad (\lambda_C : \text{좌굴 계수}, P_C : \text{임계 하중}, P_R : \text{압축력})$$

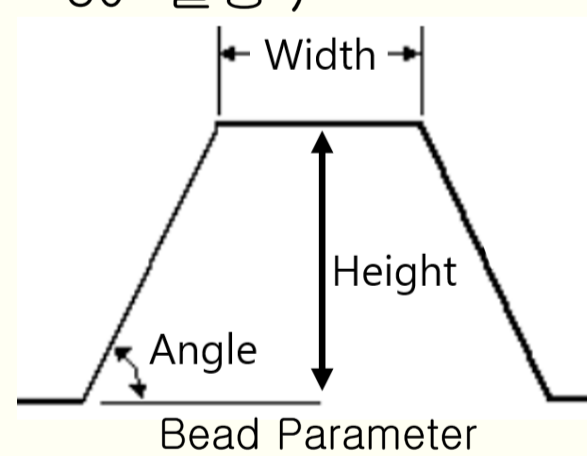
- 압축력이 일정할 때 좌굴 계수가 작을 수록 압축이 쉽게 일어나고 충격을 잘 흡수함 → 좌굴 계수를 최소화할 목적 함수로 설정

- 설계 변수

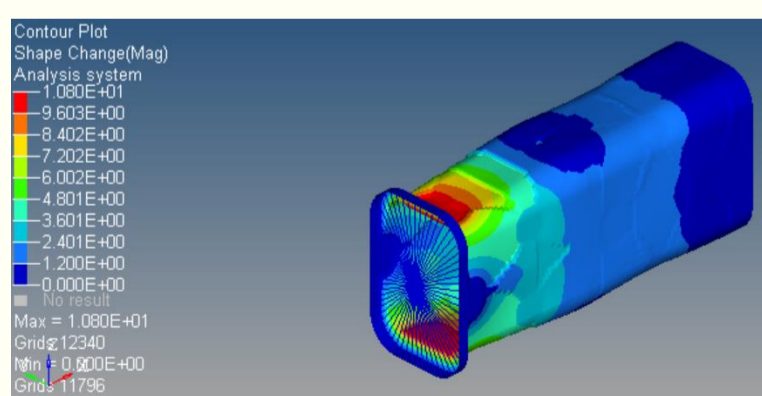
1. Crash Box에서는 압축 방향으로 반복되는 Bead 패턴이 있으므로 축 방향으로 패턴 수를 달리해 Bead 생성  
(Width = 20mm, Height = 30mm, Angle = 30° 설정)

2. Bead Parameter 중

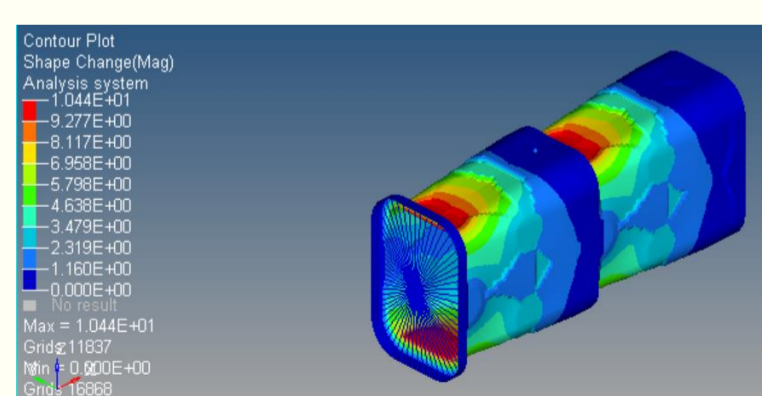
- Width를 달리해 Bead 생성  
(Bead 패턴 수는 2로 설정)



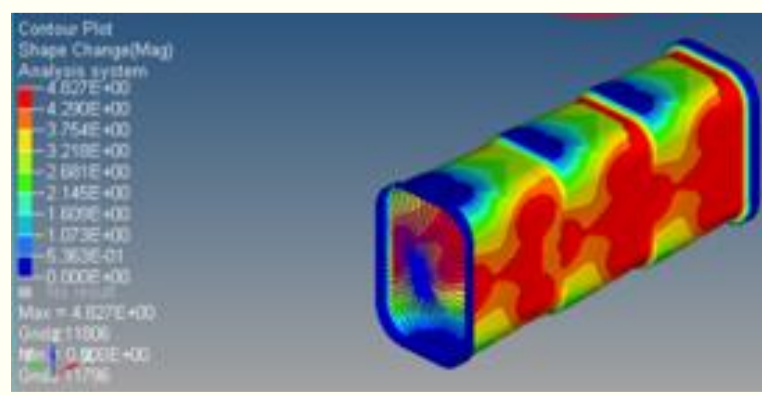
- Bead 패턴 수에 따른 Bead 최적화



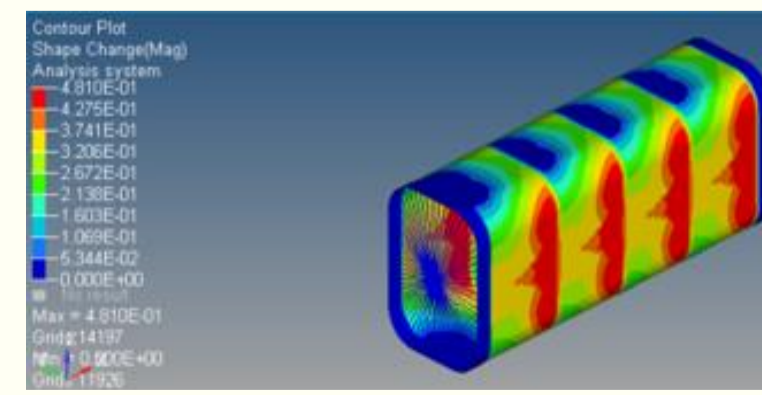
(Case 1) 패턴 수 : 1  $\lambda_c = 0.787$



(Case 2) 패턴 수 : 2  $\lambda_c = 0.644$

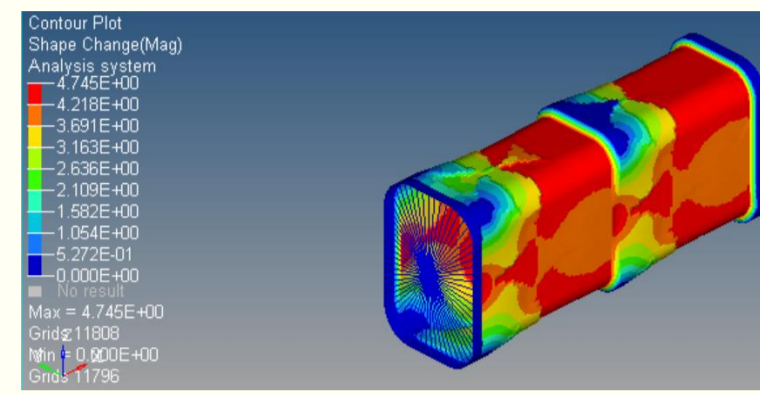


(Case 3) 패턴 수 : 3  $\lambda_c = 0.644$

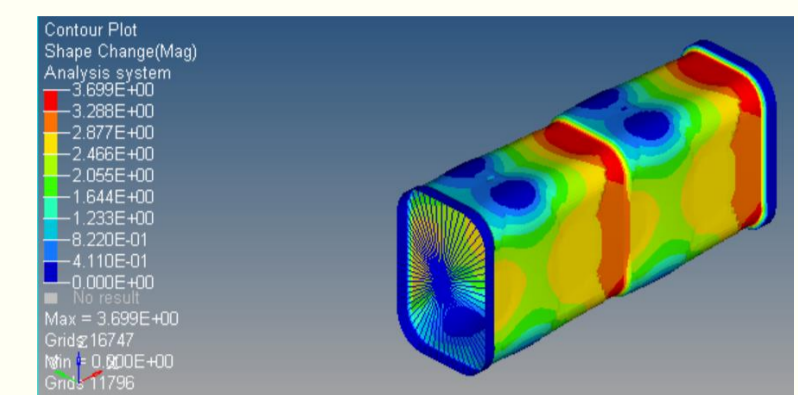


(Case 4) 패턴 수 : 4  $\lambda_c = 0.987$

- Bead 윗변 길이에 따른 Bead 최적화



(Case 5) Width : 10mm  $\lambda_c = 0.648$

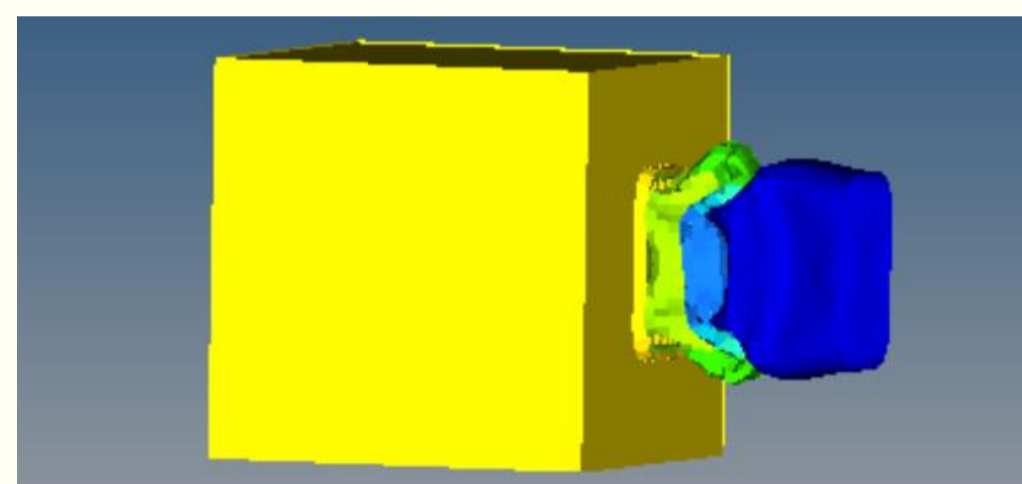


(Case 6) Width : 20mm  $\lambda_c = 0.704$

- Bead 최적화 결과

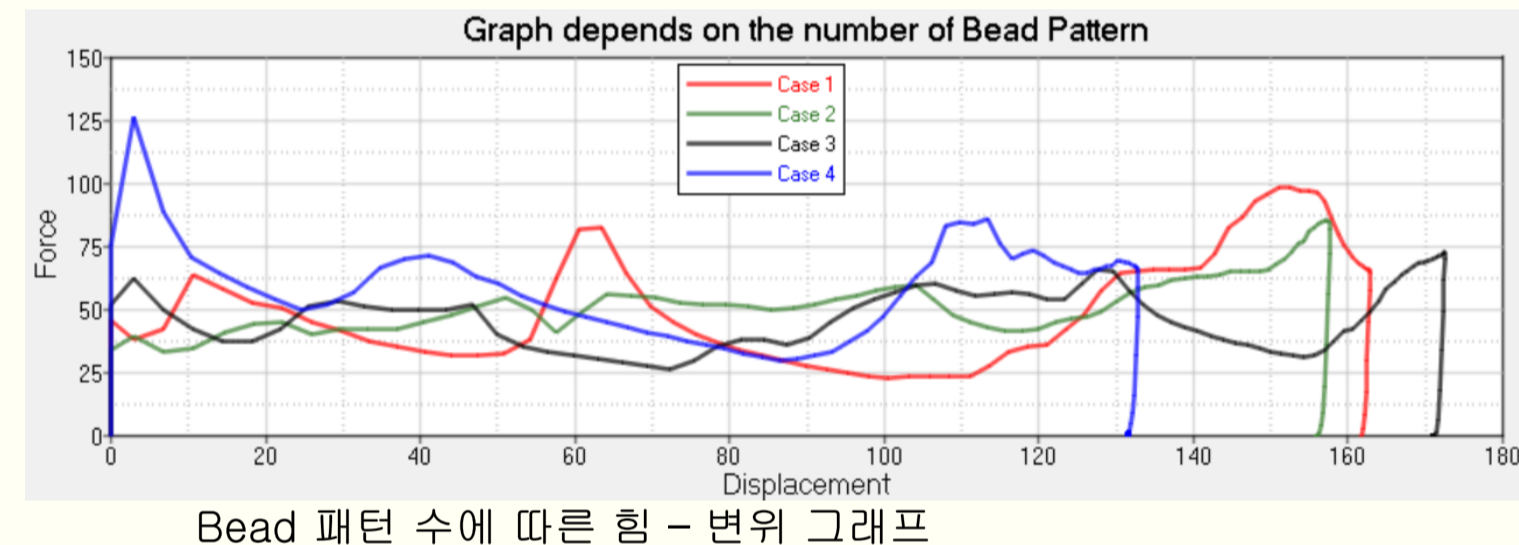
- Bead 패턴 수가 2 또는 3이고 Width가 20mm인 Crash Box가 충돌 했을 때 프론트사이드 멤버로 전달되는 힘 최소 예상

## 충돌 해석

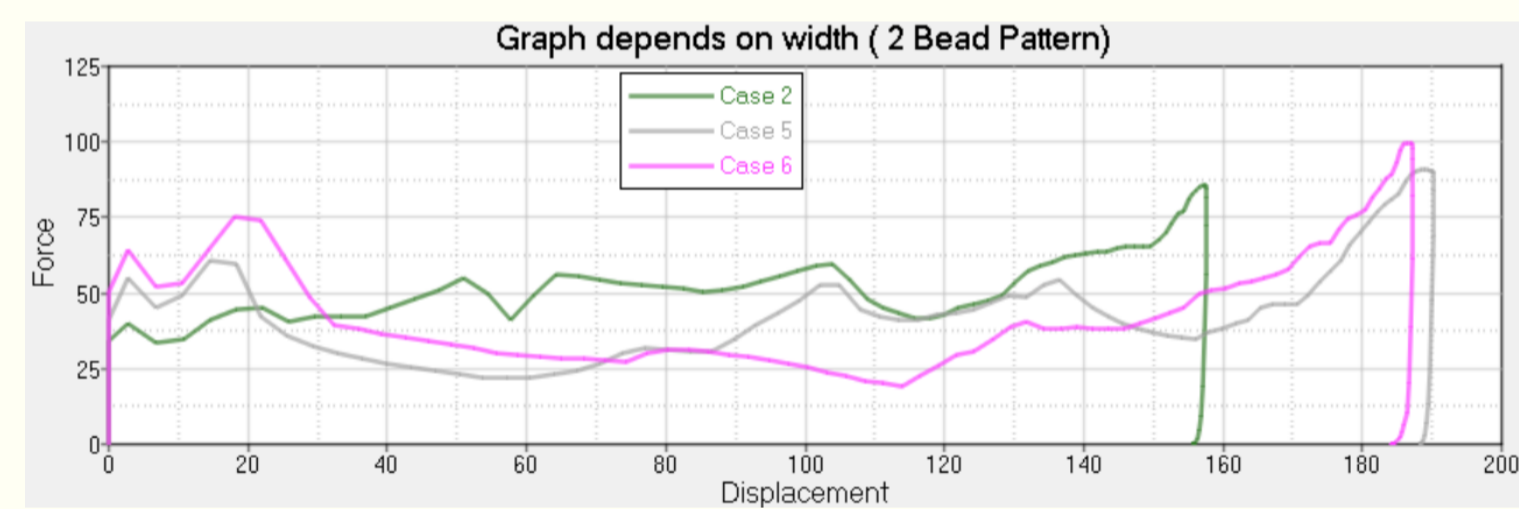


250kg의 Block을 초기 속도 8m/s로 Crash Box 충돌  
Block과 Crash Box 재질 STEEL 4340 부여

- 충돌 해석 결과



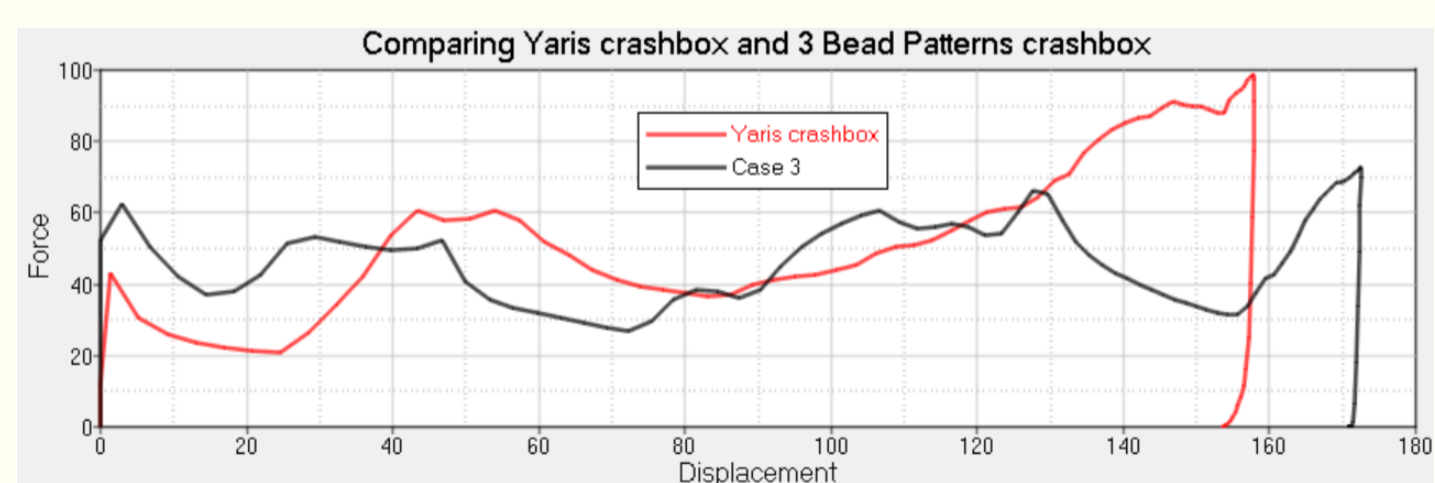
Bead 패턴 수에 따른 힘 - 변위 그래프



Width에 따른 힘 - 변위 그래프

	$\lambda_C$	최대 하중		$\lambda_C$	최대 하중
Case 1	0.787	98.75kN	Case 4	0.987	126.06kN
Case 2	0.644	85.66kN	Case 5	0.648	90.85kN
Case 3	0.644	72.77kN	Case 6	0.704	99.78kN

각 Case 좌굴 계수, 최대 하중 결과 비교표



Yaris Crash Box와 Case 3 Crash Box의 비교한 결과 25.9kN 만큼 최대 하중 감소

## 결론

- 선형 해석 결과로부터 도출된 Bead 최적화로 Crash Box의 좌굴 계수를 작게 할수록 충돌실험에서도 프론트사이드 멤버에 전달되는 최대 하중을 최소화  
→ 시간이 많이 걸리고 복잡한 충돌 비선형 해석을 거치지 않고도 비교적 간단한 선형해석으로 Crash Box의 충돌에 관한 최적 설계를 할 수 있음