

#1. 3D Slider_Crank (기본단위 mm임)

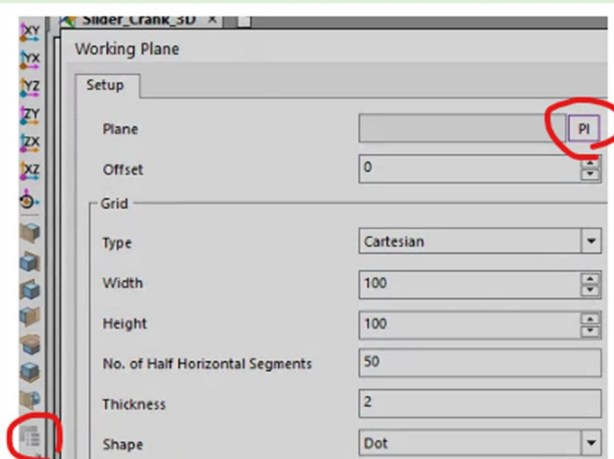
(1) 모델 생성 시, 단위 설정법

Unit 오른쪽 위치한 setting버튼 이용.

(2) 중력 생성 및 조정

Home탭- Gravity – 조정 후 update

(3) Working Plane

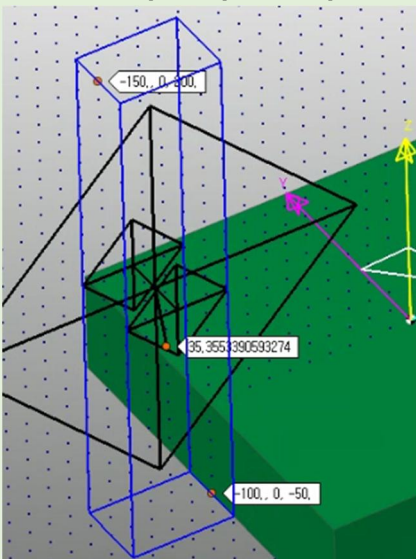


- 오른쪽아래 버튼 눌러서 working plane을 지정 및 관리가 가능함.
- 추가적으로, Grid의 설정도 가능함.
- Working place 위 버튼들로 면 회전도 가능.

(4) professional - General

ground만들 때, ground에 들어가듯이, general 창에서 바디를 만들면, 하나의 강체로 인식됨.

(5) Box (point,point,depth)



- point point로 직사각형 생성
- depth는 3차원 길이 (바디)

(6) Auto operation

애를 켜둔 상태로 Geometry에서 바디를 만들면 연속으로 만들 수 있음.

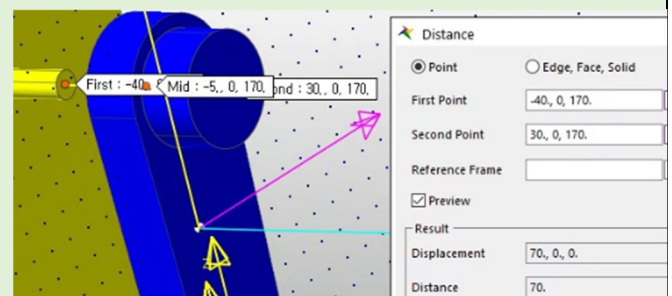
- Cylinder 만들면, 바로 점 찍을 수 있게 해 줌.
- 잘못 만들어진 바디는 property에서 수정 가능.

(7) 선으로 표면 만들어서 돌출.

- outline으로 선을 만들. (close된 면으로)
- Surface – Fill 사용 (위 선이 표면이 됨)
- Solid – Extrude 사용 (표면이 모양대로 돌출)
→방향과 거리 설정 가능.

(8) 바디 위치가 잘못 → 거리측정 후 이동

- 거리측정 : Home-Measure-Distance



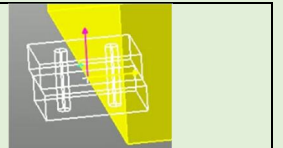
움기고 싶은 두 점 사이 거리가 나옴.

- Translate 탭을 이용해 이동.

(9) Joint 생성

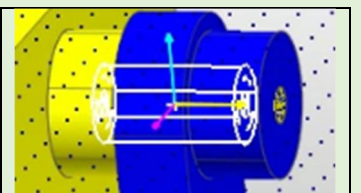
[Fixed]

땅이랑 본체, 점점에 고정



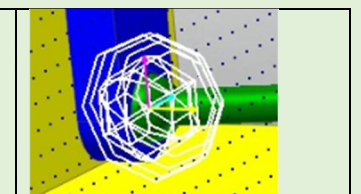
[Revolute]

서로 회전 줄 body ,body 및 점과 joint의 방향.



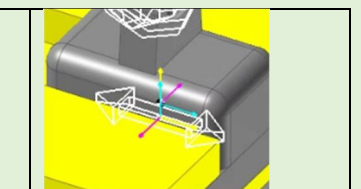
[Spherical]

크랭크-rod rod-slider 에 부착. 회전운동↔직선운동



[Translational]

슬라이더-브라켓 슬라이더가 움직임. 점은 병진 중심



(10) Include motion

만들어준 joint에 motion을 넣어주는 것

[위 Revolute joint에 motion]

- Velocity (time)으로 설정
- 수식에 $\{2*PI\}$ 로 설정.

(11) 분석 탭

- end time(시뮬레이션 길이)
- Step (전체 시간 동안 프레임 수→길면 늘림)
- Step Factor (plot을 위해 저장된 데이터 포인트 수
→ Step * Step Factor가 총 데이터 수임.)

	녹화 (정지 후 가능)
	마지막 애니메이션 파일 다시 저장
	멀티 애니메이션
	시나리오 출력 제어
	Animation Scaling
	카메라를 선택
	Animation Control 대화상자를 보여줌
	Force Display 셋팅

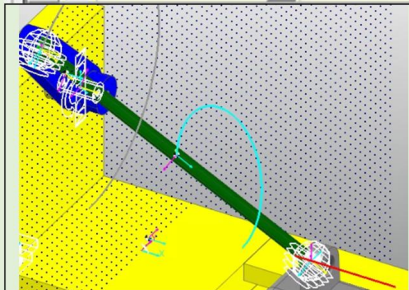
○ Trace로 marker의 움직임 관측

Analysis-Post Tool-Marker Trace

(움직임 보고 싶은 marker를 넣음)

Marker Trace

No	Use	Trace Marker	Reference Marker	Width	Color	Curve
1	<input checked="" type="checkbox"/>	Crank.Marker2	M Ground.InertiaMarker	M 3	C	
2	<input checked="" type="checkbox"/>	Connecting_Rod.CM	M Ground.InertiaMarker	M 3	C	
3	<input checked="" type="checkbox"/>	Slider.Marker1	M Ground.InertiaMarker	M 3	C	



[결과]

Trace Marker에 넣은 marker들이 trace하면서 색깔별로 simulation됨.

○ Animation Configuration () (배치, 배열, 형태)

- (1) [start/end frame] 시작 ,끝 프레임 정의
- (2) [frame step] 애니메이션 프레임 수 증가
- (3) [Repeat] 반복 재생 수 정의
- (4) [Display marker] 재생 중 마커 표시
- (5) [delay] 설정 가능.

(12) Plotting으로 결과 보기

- Pos_TX (X방향의 병진운동에 대한 위치)

→각 바디에 X,Y,Z에 대해, Pos_TX, TY, TZ를 하면, 값의 변화 유무에 따라 자유도를 알 수 있음.

ex) Slider는 Pos_TX만 바뀜 (1자유도)

Rod는 TX,TY,TZ 바뀜 (3자유도)

[(11)분석 탭 추가]

→Step * factor가 데이터 포인트 수에서
Step=500, Factor=4라면,
2000개의 plot이 출력된다.

[추가 TIP]

(1) 여러 바디 회전 시키는 법



- 바디 만들고 마커를 찍는다.

Body,point 로 생성. Body 는 허공을 찍어서 mother body로 point는 원하는점

- 돌리고 싶은 body를 ctrl로 모두 선택.

- Basic Object control 켜고, Reference frame을 아까 찍은 마커로 설정.

- Degree만큼 원하는 대로 돌림..

(2) 파일 Import 시, 바디 1 개에 넣는 법.

-general에서 생성함.

-일단 불러온뒤 Home 메뉴-Merge 클릭.

(3) Layer 활용

-body property에서 layer 번호 넣기 가능.

-해당 layer만 보기 또는 Ctrl을 이용한 단축키

(4) Property-Graphic에서 투명도 조절

(5) creation method 중, WithDialog는 설정을 설정창에서 바로 할 수 있게 해주는 거임.

(6) Expression에서, PV값 이름 그대로 넣기 가능.

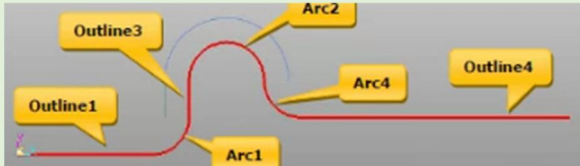
(7) 해석탭-Animation Control 그룹에서 Force display setting으로 힘 크기 작게 보이게 할 수 있음.

#2. Pin ball (2차원)



(1) Ground 생성

- Outline + Arc를 통해 커브 생성.
- [Edge], MultiEdge를 이용해 하나의 선으로 만들.



- EdgeCurve선으로 만들면, 나머지 outline 및 arc는 삭제

위처럼 Ball 1,2,3을 생성 후 힘과 접촉 만들.

(2) Force & Contact 생성

- Force – Spring

[바디,바디] → ground, ball1

[Base, Action point] → (-20,10,0), (10,10,0)

따라서, 생성시 정의된 길이는 30mm이며 ball1에 힘이 작용함.

[spring property]

stiffness (k) = 20

Damping (c) = 0.05

Free Length = 45

→ 초반 길이는 30mm인데 Free Length가 45이므로 15mm만큼 압축된 상태로 시작됨.

→ k=20, 압축길이=15 에서 300N의 하중을 받음.

[결과]

힘은 300N을 받다가, Spring이 45mm까지 늘어날 때 힘이 0N이 된다.

- Contact

[Sph-Sph] (2개의 Ball사이 Contact)

- 충돌하는 Ball끼리 접촉 줌. (1과2, 2와3)

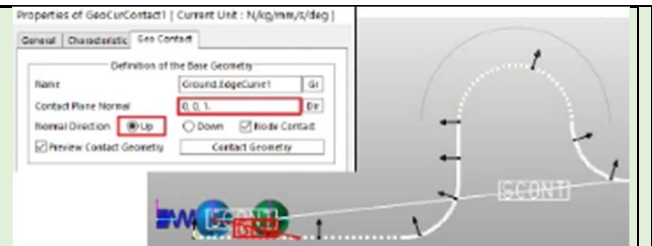
- 접촉의 Property 수정.

Stiffness, Damping, 마찰(Friction) 줄 수 있음.

[GeoCir] (바디와 땅 contact)

- Geo=Edgecurve1,2 / Circle=Ball1,2,3

- 접촉의 Property 수정.



- Geo Contact 탭에서 Ball이 Curve를 벗어나지 못하도록 수정함.

- 마찬가지로 Stiffness, Damping, 마찰계수 설정.

Ball1과 Curve1에 대한 접촉을 Ball 1,2,3/ Curve 1,2 모두에 대해 수행함.

- Smooth한 Contact 설정 && Force display

4개의 Contact를 Ctrl이용해 Property 킴.

- (1) Geo Contact탭 – Node Contact해지

- (2) Advance 세팅

- (3) Smooth Edge Contact 체크

Force display를 Base로 변경.

#2-2. Pin ball의 Expression 및 Scope 설정

(1) Expression 생성

- subentity – expression -create
- 식{ DX(1) }, Entity{ Ball2의 CM마커 }
- Body간 거리를 측정하는 식.

(2) Expression Scope 생성

- scope → (plot안하고 바로 확인 가능.)
- EL에 수식을 넣어주면 그래프 만들어 줌.
- Analysis-scope-expression

#2-3. Design Study의 실행

[왜 Design Study가 필요한가]

- (spring의 Free Length를 45-54까지 1mm씩 바꿔가며 해석하고 싶은 경우) → 자동화
- Free Length에 따라 spring힘이 달라짐 → 얼마의 힘일 때 언덕을 넘어가는 가?

[Design Study의 실행 과정]

- Parametric Value 정의하기. (PV)
- (1) Free Length 옆 Pv 버튼 클릭
- (2) Value에 45 넣음.
- (3) Spring1의 property 저장.

○ Design Variable 정의 (DV)

- (1) SubEntity – DesignStudy – DV탭 클릭
- (2) DV값을 아래와 같이 등록.

3. Design Variable 대화상자가 나타나면 다음과 같이 입력합니다.

- Name: DV_Spring_Lo
- Value: Spring_Free_Length
- Value Range: Absolute Min And Max Value
- Min Value: 45
- Max Value: 54

○ Performance Index 정의 (PI)

- (1) SubEntity – DesignStudy – PI탭 클릭
- (2) PI에 수식 넣고, Treatment 설정.

○ 실행횟수 설정 (DOE)

[Analysis-simulation type-DOE] 에서 실행

- (1) Number of Points에 10을 입력-Update

LB	UB	No. Points	Update
45.	54.	10	Update

- (2) DOE table – Create Table with DV 버튼

➔ 10개의 Trial 생성됨.

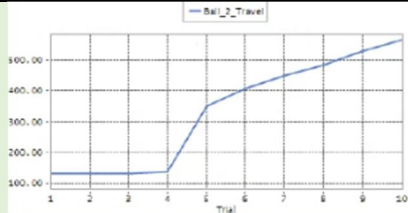
○ DOE 결과 확인하기

Trial	Export	Success/Failure	DV_Spring_Lo	Ball_2_Travel
1		Success	45.	130.064095568341
2		Success	46.	130.089687200704
3		Success	47.	130.205603679006
4		Success	48.	137.342043587923
5		Success	49.	349.743097498717
6		Success	50.	406.589560258503
7		Success	51.	449.778243401621
8		Success	52.	483.720485195075
9		Success	53.	529.417451929669
10		Success	54.	564.995211096125

- (1) 왼쪽은 Free Length의 값
- (2) 오른쪽은 Ball2의 중심 최대 X값

➔ 사진 속 아래 PI탭의 체크박스를 클릭.

Ball2의 움직임 그래프를 확인 가능.



#2-4. Select Camera로 애니메이션 재생

- Camera 타입을 Following Camera로 변경하면, 좀 더 이쁜 애니메이션을 만들 수 있음.

No	Use	Type	Start Frame	End Frame	Detail Information
1	✓	Following	0	20	Target : Ball_1_CM, Pos. Type, Zoom : 1.
2	✓	Following	21	501	Target : Ball_2_CM, Pos. Type, Zoom : 1.

Add를 통해 추가함.



0-20프레임은 Ball1을 Target으로 Following
21-501프레임은 Ball2를 Target으로 Following 하도록 설정함.

#3. Ball return

[목적]

- Import된 바디에 Multi-Face Contact Surface 생성
- Body 사이 3D contact 정의
- Contact Parameter 조정
- 구조 해석에서 사용할 하중 결정

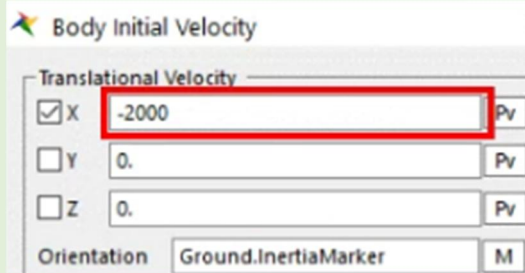
#3-1. Geometry Import하기.

	모델이 화면 크기에 맞춰짐. (F 키)
	현재 View상태에서 가장 근접한 Plane view로 맞춰짐 (G 키)

- Import 파일 형식은 .x_t, .x_b 임(parasolid)
- Import 시, Assembly Hierarchy 해제하면 1개의 Body로 들어감.

[Ball 생성]

- Ball1은 위, Ball2는 아래에 만들.
- Ball1 property에서 Initial Velocity 값 줌.



→Ball1이 빨리 떨어지게 됨.

#3-2. Joint 와 Force 정의

[Joint 생성]

- 공 떨어지는 Pipe 고정
→Fixed joint
- 공 받는 Container 구속
→Revolute joint (공이 떨어지면 박스 흔들림)

[Force 생성]

- Rotational Spring
→Container 회전 조절 위함.
(1) Creation Method를 Joint로 설정
(2) RevJoint1을 클릭

#3-3. 3D Contact 정의

- Contact은 접촉되는 모든 Body끼리 해야함.
→Ball 1,2끼리/Ball 전부랑 Pipe랑, container랑

○ Face (선택된 surface를 한 surface로 바꾸기)

- (1) Pipe의 모든 면을 선택해서 OK
- (2) FaceSurface1 이 새로 생김

○ Ball과 Pipe 사이 Contact [GeoSph]

- (1) creation method (Surface, MultiSphere)
- (2) Pipe 후 Ball 1,2 선택.
- (3) Ball 1,2에 대한 2개의 Contact 생성.

○ Ball과 Container 사이 Contact

- Face
(1) container내부 면을 모두 클릭.
(2) FaceSurface2가 됨 (하나의 surface)

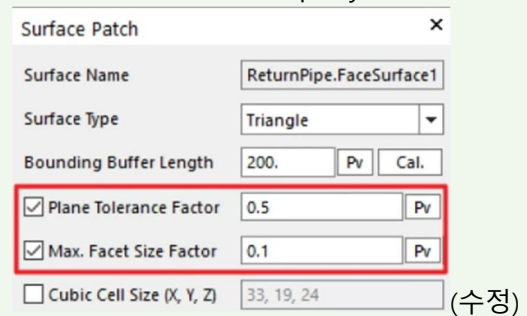
→GeoSph를 이용해 Container와 Ball 1,2 사이에 Contact조건 생성

○ Ball1과 Ball2사이 Contact (Sph-Sph)

두 ball을 클릭하면 됨.

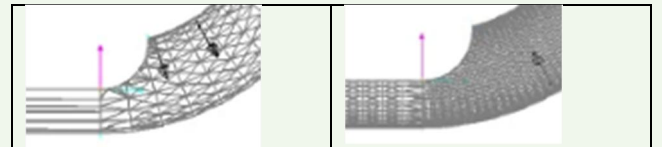
[Contact Surface의 Resolution]

- 세밀한 Contact으로 정확한 해석 가능
(1) GetoSurContact1의 Property



전

후



→훨씬 촘촘해 짐.

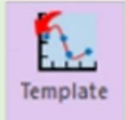
(rendering mode를 Wire로 바꾸면 확인 가능)

[추가설정]

- contact 4개 모두 stiffness = 20000
- No.of Max Contact Points = 20
- Graphic에서 파이프의 투명도 조정

[결과] 파이프 마찰이 없어서 Ball에 구름현상X

#3-4. Template을 이용한 해석



→해석 탭의 template

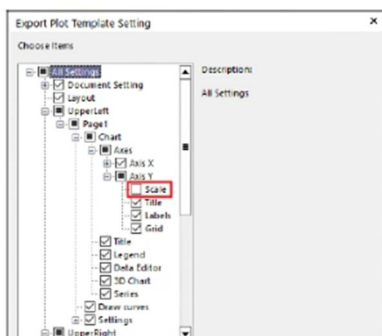
ex) Y-축 scale을 빼둔 template을 저장해두면, template을 불러오는 것으로 내가 원하는 그래프 템플릿을 사용할 수 있게 해 줌.

[내보내기]

대화상자 속 목록에서 다음 정보를 제외시킵니다.

- UpperLeft → Page1 → Chart → Axes → Axis Y → Scale
- UpperRight → Page1 → Chart → Axes → Axis Y → Scale

(Axis Y의 Scale을 제외시키지 않으면, 다음 그래프가 그려질 때 Y축에 대해 자동으로 Scale 맞춰주지 않습니다.)



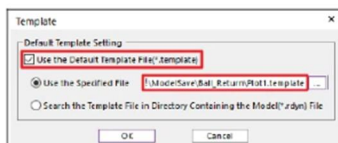
(즉) 자동으로 맞춰지는 Y축 scale이 아니라 모두가 같은 scale의 Y축 그래프를 가질 수 있음.

[불러오기]

해석 전 Plot Template 파일 연결하기



1. Analysis 탭의 Plot 그룹에서 Template을 클릭합니다.
2. Template 대화상자가 나타나면 Use the Default Template File(*.template)을 선택합니다.
3. Use the Specified File을 선택하고 위에서 저장한 *.template 파일 경로를 입력합니다.
4. OK를 클릭합니다.



#3-5. Plot의 기능

- 그래프선 우클릭 : 선택상 변경 가능
- Sel.Zoom : 그래프 크게 볼 수 있음.
- Trace : 정확한 값을 확인가능

#4. 4WD Loader

[목적]

- ProcessNet=모델링, 해석, 플로팅 과정을 자동화.
- 여러 Contact생성 자동화
- 사용자 제어 가능한 Contact 다이얼로그 만들기
- 0이외의 Contact결과값을 plotting하기.



#4-1. ProcessNet 시작 및 이용 (자동 contact)

[시작]

Customize – ProcessNet(VSTA) – Pnet

[ProcessNet 헬프 예제 활용]

기존 Help 2칸 아래 ProcessNet Help에 예제 코드가 있음. (툴킷을 사용하지 못하면 이용 가능)

→Macro만들 때 예제 코드가 유리함.

[ProcessNet 템플릿] →C#용임

[ProcessNet에서 코딩]

(1) Body 매크로로 생성

클래스 IBody, IGeometry등 으로
base body, action body를 생성함.

→이때, 각 바디이름을 Body1, Body2 ...으로하고싶으면

model.GetEntity() as IBody로 형식 지정 후
(GetEntity로 얻은 타입은 정확하지 않음.)
이름은 ("Body"+i.ToString()) 으로 가능함.

(2) 접촉 매크로로 생성

IContactSolidContact 클래스로 body이름에 맞게
createContactsolidcontact로 접촉 식을 만들어줌.

(3) (1)과(2)를 for 구문에 넣어서 반복 횟수를 지정
해주면 매크로가 됨.

이때 바디이름을 i나 j 변수를 통해 바꾸기 가능함.

[ProcessNet 추가 코딩]

hose1에 대해서는

solidContact=model.CreateContactSolidContact
("solidContact"+i.ToString()+"a")

처럼 뒤에 a 추가하고,

hose2에는 뒤에 b를 추가 해야함.

→같은 이름의 contact은 정의되지 않으므로

#4-2. 다이얼로그 생성

Access 매크로, 폼형식 처럼 생김.

(엑셀 프로시저? 버튼 누르면 자동으로 되게)

[plot 자동 생성]

○ 이때, 그래프도 자동 생성되게 매크로 지정해 줄 수 있음. (스케일, 축, 값 등)

○ 추가적으로 그래프 형식을 지정해줄 수 있음.

→코드에 주석 단 거 (확대 후 해석)

```
public void ProcessNetTutorialCreateSolidContact() //이게 내가 만든거
{
    int BodyNumStart = 20; //바디 20부터 contact을것
    int BodyNumEnd = 30; //body30까지
    int BodyInterval = 5; //hose 1과 2 사이 바디의 개수는 5임.

    for (int i = BodyNumStart; i < BodyNumEnd; i++)
    {
        int j = i + BodyInterval; //i는 hose1에 대한 바디 index, j는 hose2에 대한 바디 index

        IBody baseBody = model.GetEntity("BeamBody" + i.ToString()) as IBody;
        //우리가 사용하려는 base body를 body이름으로 찾을 수 있게함.
        //GetEntity()는 BeamBody20, BeamBody21... 등의 string을 사용해 body(클래스) 검색.
        //GetEntity()로 반환 되는 값은 Igeneric 타입임. -->IBody타입으로 바꾸기 위해 as IBody 사용.

        IGeometry baseGeom = baseBody.GetEntity("HollowCircularBeam") as IGeometry;
        //basebody의 geometry를 (")으로 검색함.
        //이 geometry는 solid contact생성을 위해 사용됨.

        IBody actionBody = model.GetEntity("BeamBody" + j.ToString()) as IBody;
        IGeometry actionGeom=actionBody.GetEntity("HollowCircularBeam") as IGeometry;
        //action Body도 basebody에 대해 똑같이 진행함.

        IContactSolidContact solidContact = model.CreateContactSolidContact("solidContact" + i.ToString(), baseGeom, actionGeom);
        //BaseBody 20,21... 과 actionBody 20,21... 에 solidContact 20,21...이 생성됨.

        solidContact.ContactProperty.StiffnessCoefficient.Value = 1000;
        solidContact.ContactProperty.DampingCoefficient.Value = 0.1;
    }
}
```

#5. Suspension System

[목표]

- Tire의 motion 중 Yaw/Roll의 범위를 동시에 최소화하는 것.
- 다중 목적함수최적화 + 설계변수가 많아 어렵.
- YAW와Roll의 최적설계에서 직접 수식과 변수 방정식을 사용해야 함.

#5-1. 성능 지수

(1) Yaw와 Roll의 최소 최대값 구하기.

두 최대 최소값 내의 편차들도 같이 해석 됨.

(2) 수식 정의 (expression)

YAW(1,2)*RTOD 와 ROLL(1,2)*RTOD 정의함.

(1,2)는 타이어CM과 ground 임.

➔유튜브보고 참고할 것.

#6. Wheel loader

Recurdyn(동역학)+AMESim(유압시스템)
을 통해 Co-simulation함. (FMI방법 이용)

○휠로더의 조향제어를 위해 유압 액추에이터를
AMESim으로 모델링, 리커다인으로 Co-simulation

[이번 챕터의 목적]

- Plant In & Plant out
- CoSim FMI환경설정
- AMESim 모델링 & FMI
- 두 S/W의 FMI Co-simulation
- 결과확인 (recurdyn-Post Processing)

#6-1. General Plant in/out

[General Input] (다른 S/W랑 연동하기 위함.)

- (1) Communicator탭-control그룹-GPlant_In
- (2) 위에서 Gplant_in 2개 생성.
- (3) Force-axial1에 수식넣음 (GPIN(1))
- (4) axial2에도 넣음 (argument=Gplantinput2)

[General Output] (조향제어→액추에이터 변화)

- (1) output1

DZ(1,2,2)*0.001

ID	Entity
1	SteerPistonLeft.DZ_ref
2	SteerCylinderLeft.DZ_ref

(예시) DZ(1,2)이면 2부터 1까지의 벡터

DZ(1,2,3)이면, 2부터 1까지의 벡터*(3의 z성분) 내적

- (2) output2

VZ(1,2,2) 같은 argument

→1은 left위치, 2는 left속도.

→3은 right위치, 4는 right속도로 형성.

- compiler환경 설정 →FMI 설정
- AMESim의 simulation을 .fmu파일로 export

[리커다인 CoSim FMI설정]

- GCoSim탭에서 Type을 FMI로 PIN에는 기존 리커다인 PIN값들을 넣음(2개)
- POUT도 4개의 값을 넣음
- CoSim에 설정대로 Import (AMESim)

[Co-simulation]

결과 : AMESim에서 만든 유압액추에이터의 힘이
Recurdyn에서 감지되어 모델이 조향하게 됨.

[RecurDyn slave mode]

AMESim을 리커다인에 import하지 않고, 리커다인
에서 export하여 AMESim에서 시뮬레이션도 가능.
(FMU라는 블록 사용)

[결과]

plot한 결과, 둘의 GPlant input값이 동일하게 나옴
을 확인함.

#6-2. Mode와 FMI 설정


- 리커다인 센싱값+AMESim유압 값을 위한 Interface
block이 필요함.
- FMI 설정도 필요함.

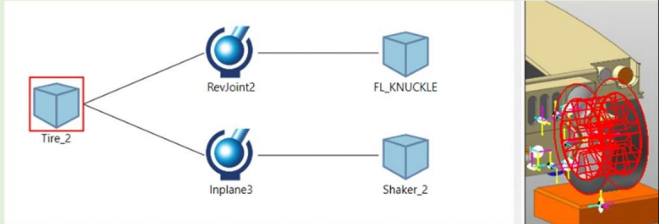
[AMESim프로그램]

- 블록을 이용해 design

#7. Automotive Road Testing (TSG)

- 리커다인에서 실제 가진기에서 얻는 데이터 사용 어렵다.
 - 리커다인은 실제시스템의 비선형요소를 모두 반영하기 어렵다.
- ➔TSG 툴킷으로 실제 계측데이터를 활용해 최대한 유사한 모델을 만들 수 있게 함.
(계측데이터로 가진기의 입력신호 생성)

[Relation Map]

 →오른쪽 젤 아래 아이콘



- 아이콘을 누른 후 바디를 클릭하면, 바디와 연결된 관계도를 모두 확인할 수 있다.
- ➔Tire와 Shaker는 Inplane조인트로 한면에서만 만난다.
- ➔Shaker는 위아래로만 움직일수 있게 ground와 translational joint되어 있음.

#7-1. 신호 정의하기 (sensor)

[Actuator 정의하기]

- (1) TSG탭-Actuator ➔4개 생성
- (2) 수식리스트에 각 구동기의 식 생성.

EX_Actuator1	TACT(Actuator1)
EX_Actuator2	TACT(Actuator2)
EX_Actuator3	TACT(Actuator3)
EX_Actuator4	TACT(Actuator4)

- (3) 각 Trajoin1,2,3,4에 Motion을 추가함.

Type: 변위

[Sensor 생성하기]

- (1) TSG탭-Signal-Sensor

[sensor1] 샤시와 땅에대해 z방향 가속도 측정.

[sensor2] " y방향 가속도 측정

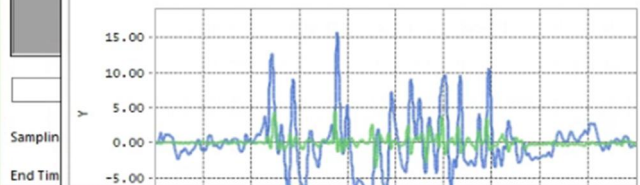
- 센서에 .csv파일로 실제 데이터값을 넣어줄 거임.
- 이때, 시간1,데이터1 시간2,데이터2 ... 순 정렬.
- 시간1, 데이터1 은 sensor1의 타겟이 됨.

[Target 생성]

Target Signal (*CSV)
ACCZ_ACCY_50hz_2EA.csv

No	Plot	Windowing	Time Offset	Name	Target
1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0.	Sensor1	ACCZ(1,2)
2	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0.	Sensor2	ACCY(1,2)

Target Output Function



그림과 같이 Target탭에서 실제데이터를 .csv로 넣어 줄 수 있다. (plot은 실제 값의 개형임)

- Frequency(Hz)값과 End time을 데이터개수에 맞춰야함.

#7-2. FRF 수행.

- time signal을 Frequency signal로 변환함.
- 시스템의 특성인 전달함수 (H(f))를 사용함.
- 시간➔주파수에서 Hz와 endtime을 잘맞춰야함

[iteration]

위 FRF 수행 과정을 반복하게 할 수 있다.

이때 모든 과정을 plot하면, 개형은 비슷하나 수행마다 조금씩 다른 값을 가짐을 확인할 수 있다.

#8. Plasticity Bending Machine

- 절곡기(bending machine)이란, 금속판을 굽히는 애임. (재료변형: 탄성을 벗어난 소성(plastic))
- 금속판 거동은 소성변형 해석이 필요
- Flexible : 소성변형 (탄성이 아님)
- Plastic(소성)과 Elastic(탄성)의 차이 이해.

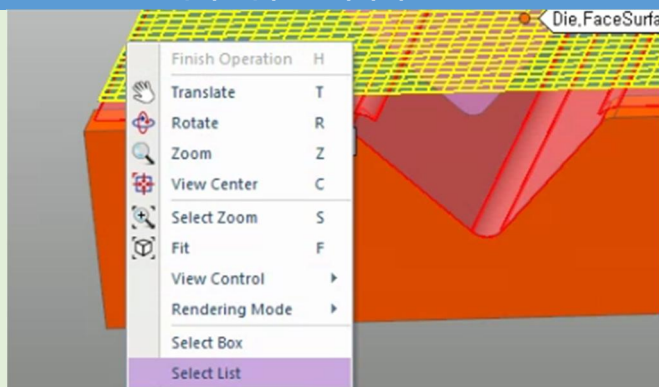
[목적]

- Flexible을 탄성으로 해석
- 소성해석 필요조건, 방법, 특징
- 소성해석 결과 분석 방법
- 탄성해석과 소성해석 결과 비교

#8-1.

- 절곡기에 의해 분해 될 판을 FFlex (Mesh)해주어야 함.
- B.C(boundary condition)으로 Y축의 자유도만 제거할 수 있음. (나머지 구속→해석 빨라짐.)

select list로 바디 내부 선택하기



Select List

Entity Name

- ☐ Plate_FE.SetPatch1
- ☐ Plate_FE.SetPatch2
- ☐ Die.ImportedSolid1.Face5
- ☐ Die.ImportedSolid1.Face12
- ☐ Die.ImportedSolid1.Face13

바디 우클릭 후 Select List에서 바디 내부의 무언가를 선택할 수 있음.

- 이상하게 선택해도, 그 Force나 Contact의 property창에서 수정 가능함.

응력 해석 (Contour 버튼)

- 강체 응력 해석은 Analysis 탭에서
- FFlex 바디의 경우는 Flexible 탭에서 contour

Elastic 해석에 대한 분석

- 탄성이므로 판이 접힌 후 다시 돌아옴.
- 판이 접히게 하려면, 판 우클릭- Mesh를 통해 유한요소법으로 해석 해야함.
- 탄성의 최대 응력은 2650MPa 임. (해석)

Plastic 해석에 대한 분석 (Isotropic)

- Plate_FEd의 Edit에서, Materials 중 2번째 칸 (Mat_Property2) property를 수정함.

→Elastic→Plastic

- Plastic은 재료의 Plastic Strain과 Yield Stress 값을 임의로 수정해주어야 함.

Multi-linear		
No.	Plastic Strain	Yield Stress
5	0.4	337
6	0.5	361
7	0.6	382
8	0.7	401

- 아래 Draw 버튼으로 여러 Strain값들이 잘 입력되었는지 알 수 있음.

[모델링 분석]

- 소성이므로 (1) 튀지않음. (2) 접힌상태로 유지
- 소성의 최대 응력(Max Von-Mises stress)은 1.23초에서 295.2MPa 이었음.
- 1.52초에서 잔류응력(residual stress) 227.35MPa

Plastic에서 kinetic추가 고려함.

- Multi-Linear에서 HK(kinematic hardening)값 추가
- [Hardening] = 경화란?
소성변형이 되는 순간응력을 항복응력(Yield Stress) 3차원에서는 곡면으로 나타나므로 항복곡면이라 함.

→탄성에서 소성 변형 후, 하중을 해제하고 다시 하중을 가함.

→재료변형+항복응력이 크게 상승 (hardening)

- [hardening의 종류]

(1) 등방성경화 (Isotropic Hardening)

항복곡면이 모두 같은 방향,동일 크기로 증가

(2) 이동성 경화 (Kinematic Hardening)

항복곡면의 크기는 동일, 곡면 중심 이동

→Plastic1과 Plastic2의 차이 plot으로 확인 가능.

[결과] 같은 multi-linear값인데도 다르게 나옴.

#9. RFlex vs FFlex

○ RFlex

Rigid Body로만 구성된 바디에 유연성을 모사함.
(modal)방식을 사용

→바디 고유의 Modal shape 중첩+Constraint Mode를 이용함.

→Flexible body가 다른 Body들에 대해 오직 고정된 연결점을 가질 때 효과적임.

○ FFlex

(1) Sliding contact (2) Rolling contact 가지면 Nodal 방식을 사용해야함. (Mesh방식)

→이때 FFlex 사용.

○ 힘생성

-Axial 생성시 점과 방향만 잡음

-얼마나 줄지는 Expression으로 정함.

○ 팽팽하게 하기 위해 플렌지 생성

-플렌지도 벨트와 접촉해야함

-플렌지 단 바디에 Fixed로 연결

○ 결과 해석

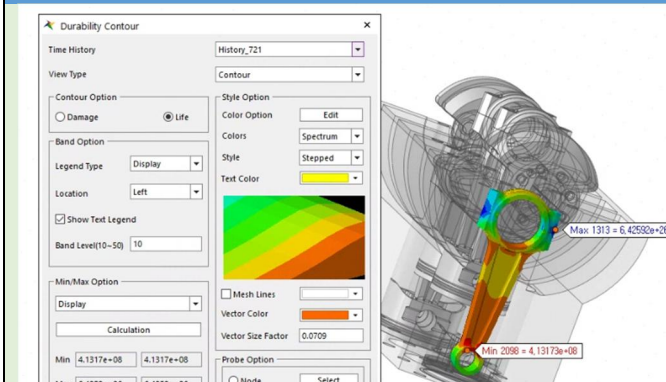
V-pulley등으로 추가해석 가능함.

→데크에 진동 추가

롤러들이 연결된 데크에다 수식을 추가함으로 진동을 설정할 수 있음.

ex) 그라운드-데크 연결된 Revjoint에
 $25D \cdot \sin(\pi \cdot \text{TIME})$ 수식.

Post Analysis에서 Durability의 응력해석



[#10~#] Toolkit (툴킷→서브시스템)

#10. Belt (잔디깎는 기계)

import함. → Assembly 해제로 각 바디로 부름.

○ 장점

롤러나 샤프트를 생성시, 접촉을 안 줘도 됨.
(툴킷의 장점)

○Belt 사용법

(1) Pulley -V 생성

(2) Pulley- roller 생성

(3) Assembly로 각 롤러 끼리 연결

(4) 축과 롤러를 Fixed joint

(5) 축과 plate끼리 Revolute joint

○ 수식

-188.4*STEP

(TIME,0,0,1,1)

모터속도가 1초일 때, 0에서 188.4rad/s까지 증가.

#10. [Post Analysis] – Durability – FFlex Connect

Flexible body의 정확한 해석을 위해 Full Flex와 Reduced Flex 두 방법을 사용함.

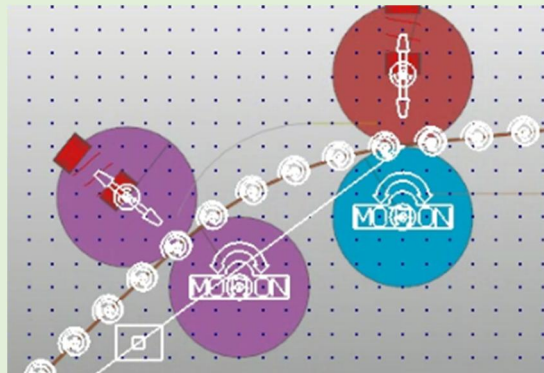
- FFlex는 슬라이딩, 롤링 접촉뿐 아니라, 비선형 거동을 나타내는 큰 변형 처리가 가능함.
- Durability는 단일 작업주기 동안 flexible body를 해석하는 경우 사용함. →부품 수명 예측 가능.

#10-1. 피로해석하기.

1. 피로해석을 위한 표면 정의.

#11. MTT2D

- 고정된 거 하나 움직이는 거 하나.
- Linear선을 만들.
- 고정된 애한테 motion을 줘서 선을 움직임.



- Speed/Distance sensor를 만들어 조정 가능.
- (1) MTT2D탭에서 Speed sensor/Distance sensor
→plot을 통해 각 센서의 값들을 알 수 있음.

(2) Event Sensor

- SNSR함수 표현식
-이벤트 일어나기 전 0, 일어나면 1
- EVTIME함수 표현식
-이벤트 일어났을 때, 시뮬레이션 시간.
- STEP 함수 표현식.
-일정시간동안 지속하고 싶을 때 사용.
-event 후, 0.5초간 속도 변화를 지속할 때, 사용.

(3) 수식 변경 [Arg1 : EventSensor1]

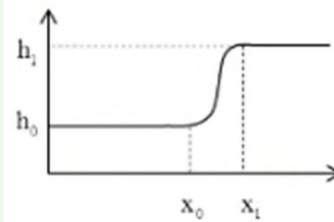
2*TIME-

$\text{SNSR}(1) * \text{STEP}(\text{TIME}, \text{EVTIME}(1) + 0.5, 0, \text{EVTIME}(1) + 0.6, 2) * 2 * (\text{TIME} - \text{EVTIME}(1) - 0.5)$

- 2*TIME 원래의 값에 SNSR(1)* 즉, 이벤트가 발생하면 뒤에 값을 뺀다.

$\text{STEP}(\text{TIME}, \text{EVTIME}(1) + 0.5, 0, \text{EVTIME}(1) + 0.6, 2)$

$\text{STEP}(x, x_0, h_0, x_1, h_1)$



- 젤 처음 값이 x축으로 할 변수임.
- 이벤트발생시간+0.5에는 0의 값.
- 이벤트발생시간+0.6에는 2의 값을 가짐.
- Linear 시트의 두께에 따라 시뮬레이션시간이 달라짐.
- include motion식에 따라서 속도 조절이 가능함.

타이어 툴킷 (GTire)

- 목표

-달리는 차의 접촉에 마찰주기 힘듦. Slip도 고려해야함. →GTire 사용

-서스펜션 사용도 할 것

-P 제어와 Steering제어를 통한 주행해석.

- General 사용.

→Import할 때, 바디가 나눠져서 불편함

→General에 Import하면 하나의 바디가 됨.

- subsystem (서스펜션)의 mother body를 chassis로 변경해야함.

- GTire는 GRoad위에서만 접촉이 가능함.

SPI – Particleworks – Water Sloshing

Particlework라는 소프트웨어랑 공동 해석.

→유체역학 분야 해석 가능함.

→setting을 통해 UI를 등록해야함.

Co-simulation 실행

- EDEM도 두 소프트웨어를 활용해 유체입자를 분석할 수 있게 해줌.

eTemplate – creation mode

eTemplate모델 → 엑셀파일

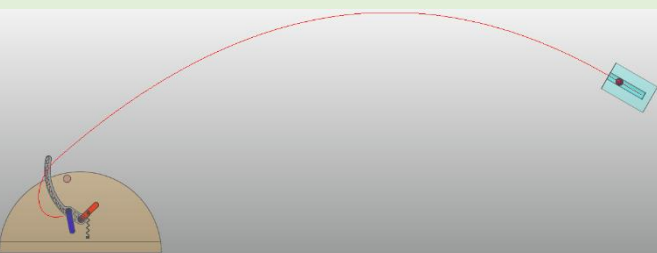
(2) Track LM

기본이되는 마스터시트 하나랑 각각이 필요한 시트를 추가로 만들어야함.

eTemplate-Modification mode

모델에 수정이 필요한 값들을 엑셀로 정리해서 Import하는 거임.

[AutoDesign] CatapultSystem



최적값을 여러 번의 해석을 통해 찾아준다.

→bound 를 통해서 특정 값(시스템의 각도)의 범위를 지정해준다.

예를들어, -40~-10 으로 지정하고 횟수를 지정하면 그 사이 step 은 자동 지정되고 횟수 만큼 해석된다.

→expression으로 공과 받는 박스의 마커 사이 거리 오차를 만들고 그것이 0 과 가까운 등의 조건을 주어서 최적 값을 찾아내는 것.

[결과]

(bound 설정은 Design Variable(DV) 에서 함.)

- **PV_frontLinkAngle = -25**
- **PV_springMountHeight = 0.5**

[AutoDesign] PaperDistribitingSystem

[design variable]

DV 란, 내가 제어할 수 있는 모델의 factor 이다.

[group 의 의미]



Rev 로 종이 body 들을 연결함.

그 body 모두를 그룹으로 묶어 SheetGroup1 로 지정한다.

→원래 무한대로 나뉘질 종이의 바디를 유한개로 나눌 수 있게 함.

[Random constant]

종이의 두께, 탄성계수, curl radius 는 DV1,2,3 로 설정됨. →제어 불가능한 factors.

위 3 개를 랜덤상수라고 함.

(1) DV 값 설정 및 bound 설정

Design Parameter List

Design Parameter

No	Name	Type	Prop	Description	Current	LB	UB	Design Cost Rate	DP Form	DV
1	DP_Sh...	Direct		Paper Curl F...	0.	-50.	50.	0.	Value	✓
2	DP_M...	Direct		Paper_Modu...	6200.	5200.	7200.	0.	Value	✓
3	DP_Th...	Direct		Paper_Thick...	0.2	0.1	0.3	0.	Value	✓
4	DP_U...	Direct		Upper Baffle...	-0.31	-1.	1.	0.	Value	✓
5	DP_Lo...	Direct		Lower baffle...	-0.22	-1.	1.	0.	Value	✓

(2) Response 확인.

Analysis Response List

Analysis Response

No	Name	Type	Prop	Description	Treatment	PI
1	AR_Ysensor1	Basic		Y when x is 894mm	End Value	✓
2	Error_Sum	Basic		Error_Sqaure	End Value	✓

-최적값 설정 (원하는 값 : 894mm 도달 할 때)

-오차 설정 (에러의 제곱을 따로 만들.)

(3) Optimization

- Study 로 설정 후 Opt

- Robust 로 미분 값 까지 고려해 Opt

[AutoDesign (4)] Suspension system

○ 목표

Yaw 와 Roll 의 범위를 알고 그 진동을 빠르게 감쇠시킬 수 있는 최적함수를 찾는다.

○ 설계 변수 (Design Variable)

-PP 나 PV 가 설계변수가 될 수 있다. (PP 는 joint 의 좌표값, PV 는 각 X,Y,Z 축에 대한 값)

-Suspension 에서는 9 개의 joint 에서 3 축을 고려하므로 총 27 개의 DV 를 가진다.

➔27 개의 변수를 모두 고려한 설계치들과 최적값을 비교해볼 것.

○ 성능지수

Yaw 와 Roll 의 범위를 최소화 해야함. 따라서, 둘의 범위를 구해야함.

➔범위에 대한 최소 최대값은 최대편차로 구함.

AR(analysis response)에서 수식을 이용한 편차의 특정값 (최대,최소,처음,끝 등)을 구함.

○ 최적 설계

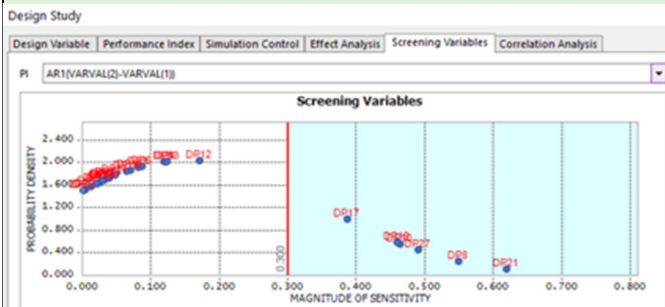
설계가 더 필요한 부분 선정. (Yaw 가 더 중요 ➔ Yaw 에 가중치 2, roll 에 가중치 1)

Description	Definition	Goal	Weight/Limit Value
YAW_DEVIATION	Objective	MIN	2
ROLL_DEVIATION	Objective	MIN	1
YAW_DEVIATION	Constraint	LE	0.67
ROLL_DEVIATION	Constraint	LE	2.12

Yaw 와 Roll 의 목표는 2,1 이며, 편차에 대한 가중치는 수학적 식에 의해 위치럼 나옴.

➔설정 후, Execution 으로 해석 진행.

○ 선별된 설계변수로 최적화설계. (Design-Study)



➔오른쪽에 있을수록 민감한 값들임.

빨간선을 옮겨서 ON 시킬 값 집합을 지정 가능.

[Professional 2] Engine with propeller

○ 목표

-geometry 넣기+구성.

-translational, rotational 스프링 힘.

-스코프 display

-constraint 모델링

○ 초기설정 (unit, materials, gravity, working plane)

(1) Layer  setting tool bar

- Import 할 때나 property 에서 설정 가능.

- Ctrl + 0 (모든 Layer 선택)

- Ctrl+1~9 로 Layer1~9 선택 가능.

- 같은 Layer 끼리, Select entity 설정 한 애만 선택 되도록 할 수 있음.

○ Home 탭- Merge 기능.

Body1 과 body2 를 선택 후 타겟을 body1 으로 merge 하면 body1 이 둘의 합병이 된다.

➔CM 마커 및 마커들도 합병 됨. (깔끔)

○ general 에서 만들기.

Body 를 각각 만들어서 Merge 해도 되지만, general 에서 만들면, 바로 하나의 body 로 만들어짐.

○ Joint

- pin (Hub&blade1, 2)

- cylindrical (Engine&Hub, Z-축 inertia reference frame)

- fixed (Ground&Engine)

○ Motion

Cylindrical 조인트에 Rotational motion 을 줌. (수식)

➔(1) 가속으로 설정, (2) 수식 : IF(TIME-0.1:0,0,10*PI)

따라서, 0.1 초가 지난 후 $10\pi \text{ rad/s}^2$ 가속됨.

○ 마무리

- Force 설정 및, Rotational Force 설정.

- plot 에서 AtCurrent, Tool-Math, Fit, Legent 등

[Professional 5] Dipper Stick With Bucket

○ 목표

-Main 과 subsystem 에서 PP 및 PV 사용 익숙해지기.

-design study 를 통해 최적 설계

○ PP (Parametric Point) → 점

PP_BktTrLink_...	PV_BktTrLink_C...	Pt		F
PP_DipperSti...	5139.0782,-207...	Pt		F
PP_CrankL_B...	PV_BktTrLink_C...	Pt		F
PP_BucketJoi...	PV_BucketJoin...	Pt		F
PP_Bucket_B...	0,,0,0.	Pt	Bucket_Joint....	F
PP_CrankR_B...	PV_BktTrLink_CylRod_X,-495.8525,PV_BktTrLink_C			

-PP 점 x 값에 다른 PP 점 넣을 수 있음.

-PP 쓰면 (1)한번에 바꿈. (2)Design 자동화
(3) Joint 생성 시, point 로 사용 가능. (바디끼리 연결
점일 때)

○ PPC (PP 점 connector)

- Subsystem 이랑 body1 에 어떤 점과 연결해야 함.
→body1 의 점을 PP1 Subsystem 의 점을 PP2 로 한
뒤 Connect 함.

○ PVC (PV 값 connector)

Subsystem 에서는 PV 값과 PP 값이 main 과 다르다.
PVC 를 통해서 서로 연결 가능함.

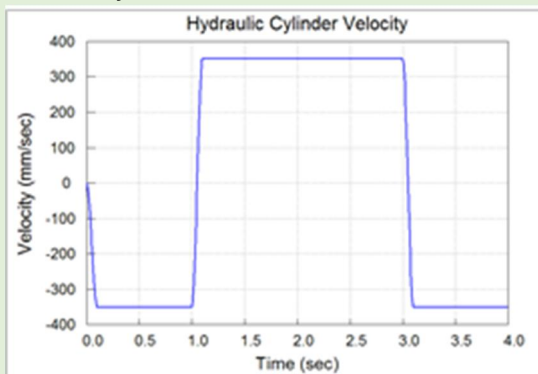
○ Subsystem → PP 랑 PV 값을 따로 가짐.

- subsystem 의 trajoint1 에 motion 을 줌.

수식: $PV_Cyl_Amplitude * (STEP(TIME, 0, 0, 0.1, -1) +$
 $STEP(TIME, 1, 0, 1.1, 2) + STEP(TIME, 3, 0, 3.1, -2))$

(1) 수식에 PV 값 가능.

(2) Velocity 에 대해서 motion 주면 아래임.



STEP→(TIME,0,0,0.1,-1) 에서 0 일 때 0 값, 0.1 일 때,
-1 의 값을 가짐. (축종류,x0,h0,x1,h1) 순서.

○ Axial Force

- property 에서 Force display → apply only action body

- 수식 설정 가능.

$50000 * IF(WZ(1,2,2):0,0.1)$

버킷 각속도 (WZ)0 보다 같거나 크면 50kN 임.

○ power 식 만들어서 output request 확인.

- 에너지 → $FX(1,2,2) * VZ(3,4,4)$

- 위 식 plotting (create an output request)

- plot 에서 Math 탭으로 두 수식끼리 곱할 수도
있음.

- Request & Data Analysis

Request : F1 칸에 EX_~~를 넣어둬.

Data analysis 란에서 F1+F2 처럼 수식끼리 연산할
수 있음.

○ VARVAL 함수. (변수 값 즉, 방정식의 해임)

따라서 VARVAL(방정식)의 Argument 로는 Variable
equation 이 들어가야 함.

→VE 는 Subentity 에서 설정 가능.

○ VE (Variable Equation) 와 Expression

(1) VE1 수식에 EX1 을 생성해 0 의 값으로 넣음.

(2) 밖에서 EX1 을 수정함.

IF(VARVAL(3)-

AZ(1,2):AZ(1,2),VARVAL(3),VARVAL(3))

Agr3=VE1 임.

○ IF 함수

$$IF(f1: f2, f3, f4) = \begin{cases} f2, & \text{when } f1 < -IFT \\ f3, & \text{when } -IFT \leq f1 \leq IFT \\ f4, & \text{when } IFT < f1 \end{cases}$$

→ bucket 의 최대 positive rotation 을 구할 수 있음.

○ bucket motion 의 범위 구하는 수식.

[Ex_RangeOfMotion]

$180 * (VARVAL(1) - VARVAL(2)) / PI$

[Argument]

1: VE_MaxPosRot, 2: VE_MaxNegRot

에서 pos 로 가장 큰 값-neg 로 가장 큰 값을
degree 로 바꿔줌.

○ Expression Request

F1, F2 등등에 수식을 넣을 수 있는 거임.

→plotting 할 때도 request 만 키면돼서 찾기 편함.

○DV(Design Variable) 설계 → Auto Design 에 자세

DV 설계 및 DOE + plot batch

[AutoDesign 5] PaperFeedingSystem

○ 목표

용지가 2->1 로 갈 때 Event Sensor 를 만나면 반대로 돌아감. 이때, Fixed Roller 사이에서 미끄러지는 양을 최소화 한다.

○ 필요한 값 (설계 변수, Design Variable)

1. Nip spring 들의 강성, 감쇠 값
2. 예하중(preload, 이미 걸려있는 하중, 잔류응력 등)
3. Dummy bode 에 붙은 Guide 의 회전 각도

○ 해석 응답 (AR, Analysis Response)

MTT2D 에서 Roller 에 대한 평균 미끄러짐 결과를 제공하지만, AR 수식으로는 못씀.

→ [expression] 을 만듦. (0.35 초, 용지와 Fixed_roller 의 미끄러짐의 양)

(1) 각속도*PV-

센서감지여부(SNSR)*STEP(0.35~0.351)

(2) 수식의 값을 MAX, MIN, RMS 등 어떻게 쓸지

○ 최적 설계

- (1) Nip Force <= Limit (가장 중요, 전제하)
- (2) 미끄러짐 최대 Peak, 미끄러짐 RMS 동시 최소화

→ Optimization 메뉴 - Opt 탭

- (3) 반복 간극이랑, 범위 설정으로 trial 횟수 설정.

[AutoDesign 6] Landing Gear System

○ 목표

- AutoDesign+Colink

- (1) PID 를 통해 2 초 안에 바퀴를 안정화
- (2) AutoDesign 으로 최적 Gain 값 찾아 냄.

○ 설계변수 (DV) 정의

PID 의 Gain 값을 반복적 실험을 통해 얻는 것이므로, 설계 변수 또한, PID 의 Gain 값이다.

→ PID Gain 값을 PV 로 설정함.

Name	Value
P_Gain	20.
I_Gain	20.
D_Gain	20.

Gain	P_Gain
Sample time	0.

Colink 내에서도, PV 값을 사용할 수 있음.

○ Colink, Plant in/out

- Plant: 제어되기 위한 시스템 모델

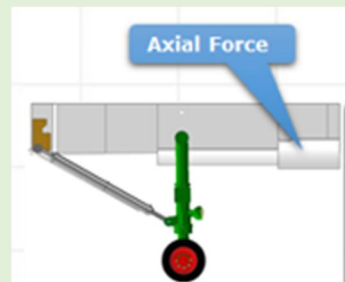
- Plant In: 제어 장치의 출력

- Plant out: 제어 장치의 입력 응답

따라서, 랜딩기어의 In 은 전륜기어 버팀대의 축력, Out 은 바퀴 중심과 목표 위치 사이의 상대적 위치와 속도임.

→ Plant In 이 될 축력은 랜딩기어에 Axial Force 로 작용함. Axial Force 표현식에 PIN(1) 넣음.

○ 최적 설계 (Plant out 관련)



원래 접히는 데 5 초 걸림.

설계: 2 초만에 바퀴 중심과 목표 위치 사이 편차를 최소화.

[추가적으로 고려 조건]

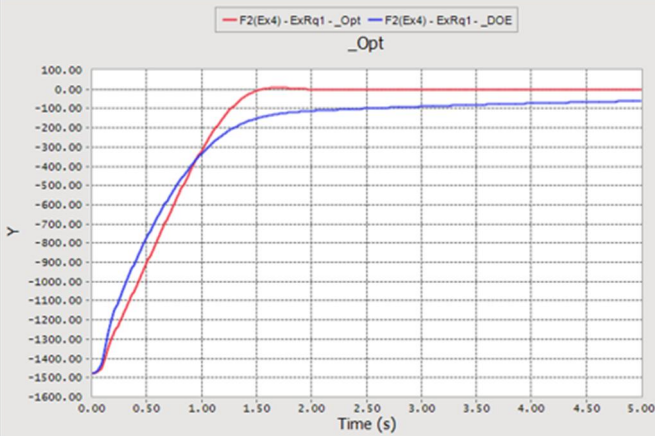
- 안정성: 편차의 최대 과도 응답이 위 벽 닿지 X
- Plant Input 의 한계 값보다 작아야 함.
- 편차가 최소여도 0 은 아니므로 추가 구속 필요.
- 편차 마지막 값은 0

○ Simulation 시간.

- End time=5, Step=500 이면, 0.1 초에 한번 연산됨.

- Colink 에서 Plant 더블클릭 후 나오는 해석 시간이 1.e-002 와 같이 같은 Step 간격을 가져야 함.

[결과]



빨간선이 최적화 이후 선임.

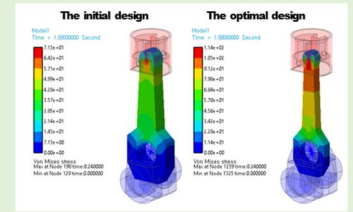
2 초전에 빠르게 제어값에 도달하고, 그 이후는 편차가 0 이 됨.

→ VonMises stress 인 AR1 을 Constraint, LE 로 설정하고 Limit 값을 114 로 설정 함.

→ 질량 Mass 는 Objective 이며 Min, weight=1 로 설정

○ 결과

Mass(Kg): 3.478 → 1.485
Stress(MPa): 71.3 → 112.2



한계응력을 넘지 않는 선에서 질량을 최적으로 줄여주었음.

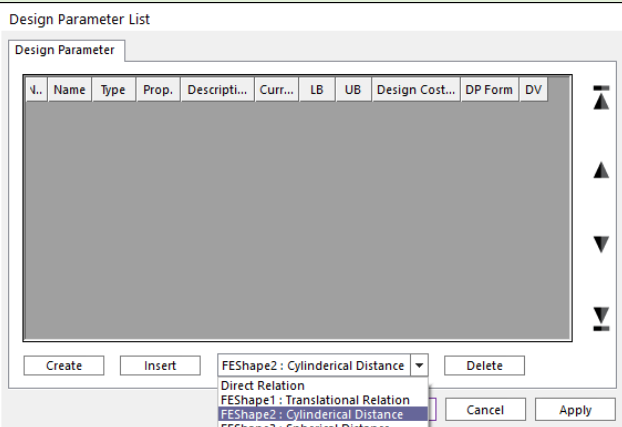
[AutoDesign7] Connecting Rod System

○ 목표

- 엔진 크랭크에 달린 rod 의 회전을 설계할 것임.
- 에너지 효율을 위한 mass 최소화, inertia force 줄이는 것이 최종 목표.
- Rod 의 shape 도 설계함. 피스톤 압축력 등을 고려.

○ 설계 변수 (DV) 설정

[Shape 를 설계]



위와 같이 설정해 준다.

○ 해석 응답 (AR) 설정.

- 유한요소법이 필요하다면, Basic→FE Result 수정.
 - Stress/Mass 설정 다르게 가능.
- (Mass 는 FFlexBody1.Mass 로 Access 해야 함.)

○ 최적화 (Opt)

Stress 가 한계 값보다 낮아야 함.

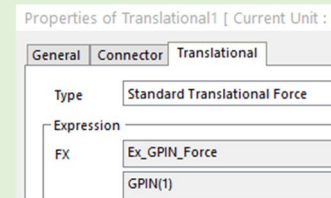
[Control] Pendulum (FMPY)

○ 목표

- 파이썬으로 동역학 시뮬레이션 (FMPY, TensorFlow 모듈 사용)
- 리커다인의 FMI 방식 사용.
- Pendulum 이 Base 에 작용하는 힘을 이용해 pendulum 이 직립 위치에 가는 것을 Target 으로.

○ Communicator – general in/out

- X 축 방향 힘으로 제어할 것임. (제어 값, PIN)



Force 탭의

Translational 에서 FX 에 PIN 값을 넣어줌.

Arg1 은 GPlantIn1 임.

- POUT (컨트롤 값)

(1) θ (gpout1)

Pendulum 과 Base 사이 각도

→ PSI(1,2) [arg1=추, arg2=base]

(2) $\dot{\theta}$ (gpout2), 두 바디 사이 각속도

→ WZ(1,2) [arg1=추, arg2=base]

○ 파이썬 모듈.

- 명령프롬프트 파이썬 모듈 설치

(1) cd..후 엔터로 상위폴더 (2) cd ₩경로 를 통해 이동 후, **python -m pip install fmpy** 과 같은 명령어를 통해 모듈 설치 가능함. (FMPY 모듈 설치)

○ FMI (GCoSim, 연동 해석)

- Gplant in/out 설정 후 CoSim 에 넣음→Export

- fmpy(fmu)파일을 Python 에서 import 함.

```
from fmpy import read_model_description, extract
from fmpy.fmi2 import FMU2Slave
import numpy as np
```

fmpy 모듈을 불러오고 해당 모듈에서 사용할 함수를 불러옵니다.

```
def PIDControl(time, var_in, var_out, inputs, outputs, step_size, ESum):
    Gain_P = -1000.
    Gain_I = -250.
    Gain_D = -125.
    inputs[0] = Gain_P * outputs[0] + Gain_D * outputs[1] + Gain_I * ESum
    fmu.setReal(var_in, inputs)
    fmu.doStep(currentCommunicationPoint=time,
communicationStepSize=step_size)
    outputs = fmu.getReal(var_out)
    return inputs, outputs
```

PID 제어에 사용할 함수를 정의합니다. 위 함수의 inputs[0]에 입력되는 성분이 각 스텝 별 PID 제어의 수식과 동일합니다. $inputs = Error = K_p \cdot e(t) + K_i \int e(t)dt + K_d \cdot \frac{d}{dt} e(t)$ fmu.setReal은

위처럼 import 후 필요한 함수 넣어주면 됨.

→파이참과 리커다인에서 둘 다 결과 확인 가능.

○ FMI 를 이용한 NN 제어.

RecurDyn+FMPY+TensorFlow 모듈로 PID 제어 개선 제어시스템을 구축함.

- FMPY: 리커다인과 host program 사이 통신

- Tensorflow: PID 제어 결과값 보정

○P=-1000, I=0, D=-125 부터 시작했음.

→얼마나 성능이 향상되는 지 확인하기.

[PID vs NN 제어 차이점]

PID 제어에 사용할 함수를 정의합니다. 위 함수의 inputs에 입력되는 성분이 각 스텝 별 PID 제어의 수식과 동일합니다. $inputs = Error = K_p \cdot e(t) + K_i \int e(t)dt + K_d \cdot \frac{d}{dt} e(t)$ 앞선 코드와의 차이점은 P, I, D 값이 매 Step 마다 업데이트 되기 때문에 함수의 인자로 P, I, D Gain 값이 추가됩니다.

즉, 앞선 실험에서 얻어진 값을 기반으로 Target 과 비교해서 더 최적의 값을 얻는 방향으로 Step 을 나눠가며 제어하는 것.

수식과 함수는 참고할 것. (Control pp.36)

[Post Analysis-durability] FFlex Connecting Rod

◦ 이론 설명

- RFlex: 다른 body 가 Flexible body 에 연결, but 접촉 및 변형이 작고 선형 범위 내의 모델을 신속하게 해석함.
- FFlex: Flexible body 와 롤링, 슬라이딩접촉 뿐 아니라, 비선형 거동인 큰 변형을 처리함.
- Durability: 단일 작업 주기 동안 유연한 부품이 해석되면, Durability 로 부품 수명을 예측 가능.

◦ 피로해석

- FFlex 의 피로해석을 위해서는 Patch set 을 생성해야 함. →shift 를 이용해서 피로해석을 볼 면을 모두 선택함.
- 재료를 선정함. Material Library.
- Post Analysis 탭-Durability 그룹-Fatigue 로 피로해석
- 재료와 Index 등을 설정함. (max/min 색깔)
- 관측할 frame 선택 (History)-calculation 누름.
- 피로해석 결과는 Post Analysis-Durability-Contour 에서 확인 가능함.

즉, Post Analysis 에서 Preference 랑 Fatigue 등을 설정 후 Post Analysis 의 Contour 를 이용해 확인.

[Post A, durability2] FFlex Mesher suspension

◦ 개요

- Durability Analysis: 피로, 내구해석이라 함. 부재의 Flexible body 에 대해서 동적 하중으로부터 어느 시점까지 안정적으로 버티는지 판단하는 것.
→단순히 최대 응력 및 변형을 계산과는 다름.
- Mesher 기능: Flexible body로 쉽게 대체할 수 있음

◦ 목적

- (1) mesher 를 통해 flexible body 생성
- (2) 내구해석 필요조건, 수행방법, 결과 및 분석.

◦ Mesher: Rigid body 를 Flexible body 로 교체

- (1) Assist 에서 FDR 의 Gr 선택
- (2) Adv.Mesh 는 중간 과정을 거치지 않고 바로 Mesh 해줌.
- (3) Include Assist modeling 과 type 정한 후 Mesh
→Rigid → Flexible body 임.
(joint 랑 force 의 변함은 없음 icon 으로 확인 가능)

(추가)

Rigid body 에서 Flexible body 로 Mesh 한 후, Flexible 탭 contour 을 누르면 응력해석 확인 가능.

◦ Main 에서 subsystem 누르는 방법

Select list 를 누를 수 없는 경우

→shift 키를 누르면 subsystem을 선택 할 수 있음.

◦ Contour 로 응력 해석 확인하기.

TIP) contour 적용한 뒤, 시뮬레이션 시작 안하면, 부재의 색깔 및 Min/Max 값 display 안됨.

→안된다 하지 말고, 해석할 것.

◦ Preference

- 파일 어디에 저장할지 선택
- Fatigue 영향 factor 등 값 세팅
- Notch Factor Amp
:크랙, 노치로 인한 응력집중 고려해 기존 보다 높게 예측하는 것. 값이 클수록 해석 결과가 가혹.
- Rainflow counting
:엑셀에 값 넣을 때, 범위 구간의 수가 설정된 값으로 나오게 됨. (Fatigue-rainflow 에서 확인)

◦ Fatigue

- 재료선정
- Patch set 선택 후, Time history 만들기
- Fatigue tools
(rainflow: 엑셀로 가장 큰 피로 값 그래프)
(plot history: 리커다인 그래프, 시간-응력)

◦ Post Analysis - contour 확인

- 설정 후 calculation, view 누르면 됨.
- max 를 파랑, min 을 빨강으로 확인
→빨강 부분이 피로 수명이 상대적으로 작음.

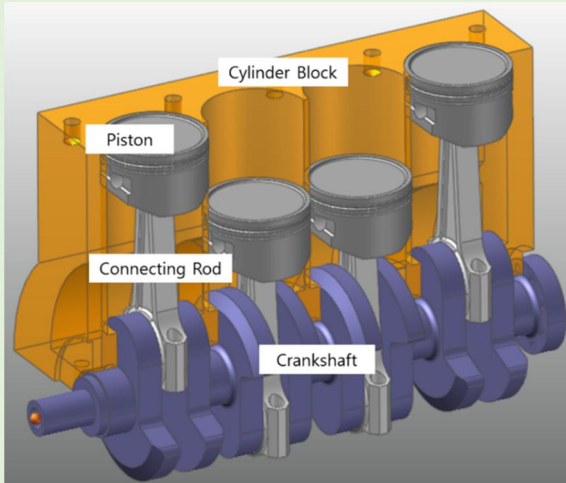
[post analysis-durability3] RFlex Crank Shaft

서스펜션 등은 비선형거동이다 (FFlex)

크랭크는 선형거동이므로 RFlex의 사용이 가능함.

◦ 목적

- 4 기통 직렬 내연기관임. crank 축의 설계 안정성을 내구해석을 통해 판단함.
- RFlex를 통한 Flexible Body 교체 방법.
- RFlex 응력확인, 내구해석 조건, 결과 및 분석.
- 구조 (많이 나오는 거니까 알아둘 것)



◦ RFlex body 생성하기.

(durability는 flex body 해석만 가능함.)

- .rfi 파일이 필요함. (import 한다.)
- 초기값을 설정 후, 해석하면 힘이 display 됨.

◦ Stress 분포 확인하기.

- .rfi 파일이 있다면, Str.Shape 탭에서, 넣어주면 됨.
- contour 아래 output regenerator를 클릭하면, 내가 보고싶은 값들을 선택하고 생성할 수 있다.
- contour 탭에서 calculate 후 OK
- contour 설정 후 simulation에서 play해야 확인 가능함을 항상 유의할 것. (부재를 색으로 확인)

◦ Animation 해석 재활용하기.



Analysis 탭 - animation control 버튼.

→flexible body의 patch set 등을 만들면, 이전의 애니메이션과 다를 것처럼 보이지만, 사실 같으므로 이전 애니메이션 파일을 들고 와서 사용할 수 있음.

◦ Flexible에서의 Contour와 Post Analysis에서의 Contour를 구별하자.

(1) Flexible은 유한요소로서의 최대최소 응력을 analysis 때 확인할 수 있음.

(2) Post analysis이므로 해석 이후에 Preference와 Fatigue 설정을 한 후 contour하는 거임. →재료에 따른 Stress나 안전계수 등 factor도 설정할 수 있음.

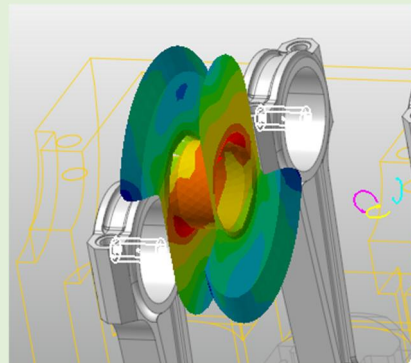
◦ Post Analysis, material 설정

우클릭-New Material로 새로운 재료 만들기 가능.

◦ 안전계수 구하기 (Safety factor)

-patch set 재설정 (해석 시간 기니까 필요부분만) patch 설정에서 Tolerance (Degree)를 60으로 설정하면, 선택 바디의 60도 내의 바디를 모두 연결된 바디로 인식하고 선택해줌.

- Fatigue 탭에서 새로 설정한 patch set을 넣음



Patch set 설정으로 필요한 부분만 응력 해석할 수 있음. →Checking point를 각각 만들어 각각 해석하는 것도 가능함. (해석시간 빨라짐)

(1) point마다 최대 응력을 구할 수 있음.

(2) 재료마다 항복응력을 알 수 있음.

(1)과(2)에서 안전계수를 얻을 수 있음.

Ex) point4에서 최대응력 72Mpa, 항복응력 262Mpa

→안전계수 = $262/72=3.63$ 이다.

(추가)

정적하중만 받는다면, 단순 항복응력/최대응력으로 구하면됨.

엔진처럼 동적 하중도 받는다면, 피로해석으로 얻어지는 Safety Factor가 올바른 값임.

[Post Analysis 2] Acoustic – Vibrating Transmission

◦ 개요

-소음과 진동제어. →진폭이 큰 주파수 영역대?
-회전을 왕복운동으로 만드는 링크 시스템 (Vibrating Transmission)에서 해석.
-기존 FE 해석으로는 명확하지 않음.
→Acoustic 이라는 Post Tool 을 이용해 Housing 에서 발생하는 ERP (equivalent radiated power)을 계산.

◦ 목적

- RecurDyn/RFLEX 를 통한 RFlex Body 교체 방법
- RecurDyn/Acoustics 를 통한 ERP 계산 및 분석 방법

◦ RFlex Body 로 변경.

Housing 에 걸리는 외력에 의한 변형 특성 확인.
Housing 은 강체이므로 확인 어려움. →RFlex body

◦ [RFlex Body Swap]

- (1) Import RFI 에 .rfi 파일 넣기.
- (2) 강체→유연체 되면서 contact patch 정보가 사라짐. → contact 다시 정의 해야 함. (patch set)
- (3) Patch set (새 contact 정의)
 - Flexible body의 edit 화면 - Patch에서 정의 가능.
 - 내부면을 patch 하려면, Select element 후 Tool bar에서 select 부분만 보기 클릭.
 - 요소들 선택 시 Tolerance 각도 설정으로 손쉽게 클릭 가능.
- (4) Housing의 patch set과 bearing에 Contact 정의
 - Flexible/RFlex/GeoSur
 - Layer setting으로 필요한 부분만 커서 원하는 면만 선택할 수 있음.
- (5) Contact의 property 설정.
 - Edge contact 사용여부
 - Force Display 여부
 - 마찰/댐핑 계수 값
- (6) 해석 후, Rflex- contour 설정으로 응력확인 가능

◦ ERP (Equivalent Radiated Power) 계산

Acoustics 해석은 **Post Tool** 로써, Flexible Body(RFlex, RFlex)의 해석 결과만 있으면 언제든지 수행할 수 있습니다. RFlex Body의 경우 각 Mode 별로 ERP를 추가적으로 계산할 수 있어 **어떤 Mode에 영향을 많이 받는지도** 알 수 분석할 수 있습니다.

[ERP란?]

유연체 표면에서 발생하는 진동에 대하여 주파수 응답을 분석하는 방법 중 하나가 ERP 결과 분석임.

$$ERP = RLF * \left(\frac{1}{2}\right) * C * RHO * \sum (A_i * V_i^2)$$

RLF: Radiation Loss Factor

C: Sound Velocity

RHO: Air Density

A_i: Surface Area of Each Element

V_i: Normal Velocity of Each Element.

ERP는 수식과 같이 표면에서 발생하는 진동 Energy 합한 값.

→시간 영역의 ERP 결과, 주파수영역으로 FFT한 결과를 Acoustic scope를 통해 볼 수 있음.

[Acoustic 해석]

- (1) 계산 범위를 Patch set으로 설정함.
- (2) Post Analysis-Acoustics-Calculation에서 patch면 지정 후, 계산.
- (3) 한쪽이 너무 튀는 값이 있으면 그 프레임을 제거하고 확인.
- (4) modal ERP로 몇번 modal에서 영향이 큰지 봄.
- (5) acoustics-contour에서, type을 ERP로 바꾸면 ERP값도 시뮬레이션에서 확인가능.
- (6) 두께가 두꺼운 다른 .rfi를 넣고 해석함.
→ERP를 contour로 확인시 빨간 부분 많이 없어짐. (housing 옆면 소음을 줄이기 위함.)

◦추가: .rfi 파일이란?

Rigid 바디를 유연체로 만들기 위해 .rfi 파일을 import 한다.

이때, rfi파일은 Abaqus 등의 프로그램으로 만들거나, 리커다인의 RGen 튜토리얼을 참고하여 생성한다.

[Toolkit] MTT3D, Media Transport

◦ 개요

- 용지가 경로를 통과하는 것을 3차원으로 모델링.
- 용지 주름 및 정렬 불량등을 연구 할 수 있음.
- 용지 짝퍼서 내보내면, 밖에서도 퍼져있음 등.
- MTTD 가 프린터 같은거→롤러 사용해서 안에 Flexible 한 부재를 넣는 것.

◦ 모델 생성

- 툴킷-MTT3D 에서 Pair 로 만들 (하/상단 롤러)

[하단부 롤러] (1 개 롤러당 1 쌍, Pair 로 만들)

- 고정된 애 (fixed roller), k, c 값 설정 가능.
- 움직임(movableroller), Nip Spring property 설정 가능.
- move 는 플라스틱 모델링 (마찰계수 0.2) fixed 는 고무 (마찰계수 1.0) 을 To Sheet 탭에서 설정함.

[상단부 롤러]

- 2 번째로 만들었으므로 Group2 에서 확인 가능.
- check edge 를 눌러 롤러 끝과 용지 사이 접촉을 고려해준다.

[고정 롤러에 모션 추가]

- Fixed Roller group 1 에 include motion.
- Fixed group2, C1,C2,C3 모두 같은 motion 추가.

[가이드 만들기]

- MTT3D 탭-Guide 메뉴 (선 만들어 용지로)
- Arc 와 Linear(외부용지)만들.
- 각 가이드 끝에 Circular guide 생성.
- 해석 끝까지 용지 가장자리가 가이드에 닿지 않도록 Linear5 의 접촉강성을 높임.

[Sheet 생성]

- MTT3D-Shell 에서 지점과 방향 선택
- 길이, 노드 수, factor 설정
- Sheet 를 정확한 위치에 롤러 사이에 놓으려면, Roller-Align 기능 활용. (sheet, moveroller 선택)

[contour 로 응력 해석]

- 롤러를 통과하고 나올 때, 주름이 발생하는 위치에서 높은 응력 발생함.

- 용지가 롤러에서 나오기전 용지 질량이 증가해 주름이 사라짐.

- 주름: 유지 되는 동안 용지가 짝 퍼져있음.
- 의도한 만큼 주름이 유지되지 않을 때, 새롭게 디자인 하는 방법(아래)

◦ 디자인 수정

- 용지가 롤러 나온 후 곧바르게 유지 (주름 증가)를 위해 롤러의 디자인을 수정함.

- (1) 상단 롤러들과 하단 롤러끼리의 위치를 수정
- (2) 롤러 반지름을 수정
- (3) contour 해제하고 싶으면 이전 애니메이션 불러오기 아이콘 클릭하면 됨.

[Toolkit] Track_LM

◦ 목적

- LM(low-mobility)Track: 지형에 따른 track 차량의 동작을 시뮬레이션.
- undercarriage 요소 및 track shoes 정의하는 법.
- 프로세스 도구: 벨트, 풀리, 체인, 스프로킷 subsystem 사용.
- Low mobility란? 군용 탱크처럼 스프로킷 등을 사용하였음.

- 모델 만들기 (dimension information 으로 확인)
 - (1) Toolkit 탭- TrackLM 탭 - Link 그룹 -Link 버튼
 - Geometry data: 링크 길이, 핀 위치
 - Grouser Profile: .mat 파일을 넣을 수 있음.
 - 위 파일은 Draw 버튼으로 그림 확인할 수 있음.
(노드 수와 위치, 접촉위치 등)
 - Shoe Point 의 Define 을 함으로 지형(눈,땅...)과의 접촉 값을 설정할 수 있음.
- ➔Link 하나가 생성 됨.
- (2) Sprocket 그룹에서 Sprocket 생성.
 - Geometry data: 이빨 수, dedendum, base, pitch 등의 circle 반지름 설정 가능(Rb, Rp, Ra)
 - sprocket tooth 를 바꾸기 위해 .mat 파일 import
- (3) Set of Road wheels
 - Flange 그룹의 Single 생성. (6 개, 다른 중심점)
 - Idler: Flange 그룹의 center 생성.
 - Carrier Roller: Flange 그룹의 center 생성.
- Track Subsystem 끝내기(모델 완성)
 - (1) track 을 assemble, frame 만들기, frame 에 요소 붙이기를 목표로 함.
 - (2) Assembly
Assembly 그룹의 Assembly 클릭 후 체인 만들.
 - (3) Track Frame Body
 - subsystem 내에서 link 만들.
 - link 의 edit 모드에서, 반지름 값 수정.
 - link 하나 더 추가 생성.
- ➔Frame 완성.
- (4) Frame 과 Idler 사이에 박스 생성
 - ➔Tensioner Body
- Track Subsystem 에 motion 및 joint 추가.
 - (1) Revolute joint
서로 맞물려 돌아가야하는 body 끼리.
Ex) Sprocket 은 그냥 돌아야하므로 mother body 와 revolute
Ex) RoadWheel 들은 Track_Frame 과 맞물려 돌음.
 - (2) Fixed joint
Ex) Tensional box 와 Frame, Frame 과 motherbody
 - (3) motion 추가하기.
-스프로킷의 Rev joint 에 motion 추가해야 돌아감.
-STEP(TIME,0.1,0,1,360D)을 Type 속도로 넣음.
0.1 초에는 0, 1 초에는 360D 로 만들어줌.

- Track 인 Subsystem 과 본체를 연결.
 - (1) Subsystem property
에서 Track 의 mother body 를 ground 에서 Chassis 로 수정함.
 - (2) 본체(Chassis)를 Ground 와 fixed joint 로 연결.
 - (3) 좌측 Track 도 생성함.
 - Hoem 메뉴,General 탭에서 복사시, 위치이동 끄.
 - Right track 을 복사 후 붙인 뒤 이동
 - Left Track 의 Subsystem 에서 Motherbody 를 Chassis 로 교체해줌.
- 지형 설정 (Terrain)
 - Outline 으로 점 찍은 후, 복사 해서 Frame 만들.
 - Road Data-spline 으로 생성 (자동 contact 해줌)
- 추가적인 Track model 수정하기.
 - 다양한 값, Track 및 assembly 파라미터 수정할 것
 - (1) 생성된 TrackAssembly1
 - Characteristics1 의 Bushing Force 에서, 강성과 댐핑계수 설정가능. Contact 파라미터 수정으로 땅과의 관계(soil, snow 등)을 설정 가능.
 - Characteristic2 에서 Track 에 롤러, 캐리어등을 추가할 수 있음. 링크의 초기 속도 설정 가능.
 - (2) Track Tensioner 설정하기.
 - Track_Frame 과 Tensioner 에 Tra joint 넣기.
 - 둘 사이에 Force 그룹의 Spring 넣어주기.
 - Spring 의 c,k 값 설정과 Pre Load 설정 가능.
- 추가 Subsystem 을 Import 후 연결하기.
 - (1) Blade 를 import 하고 위치에 맞게 옮김.
 - (2) 새로운 Subsystem 과 Body 가 연결되는 지점을 PP 를 통해 점을 찍음. (Subsystem 도 같은 점 필요)
 - (3) 그 점을 PPC 를 통해 연결함.
- Blade Assembly 의 Constraints 정의하기.

TIP) body 와 Subsystem 내의 body 사이 joint 를 정의할 때 Shift 키를 사용하면 Subsystem 내의 body 누르기 가능함.

 - (1) joint 정의
Rev, Sphere, CMotion 등
 - (2) Force 정의
Right/Left rail 과 blade 사이 Bushing

[Toolkit] Tire, DrivingJTurn

◦ 목적

-차량 거동 해석→Tire와 지면 사이 접촉력이 중요
-동적 하중에서 나오는 Friction, Slip 등을 고려하므로 contact 표현이 어려움.

- GTire Toolkit으로 위를 해결. 생성 및 해석.
-튜토리얼: 주행 중 조향각을 변경해 J-Turn 시 차량의 동적 특성을 확인할 것.

(1) CAD와 Subsystem 불러오기

(2) GRoad와 UA-Tire 타입의 GTire 생성

(3) p 제어와 Steering 제어를 통한 주행 해석

(4) Tire Property 수정과 결과 분석.

◦ 모델 생성

-Chassis 생성

-suspension을 subsystem으로 생성

-subsystem의 motherbody를 chassis로 수정

◦ Steering을 위한 Translate joint 생성.

-차체와 subsystem의 RackBar 사이 연결.

-joint에 motion 추가.

-Displacement, 수식: 0으로 추가 함.

◦ 동력을 위한 Rotational Axial Force 생성.

-Rotational Axial force 생성 후 전륜우측 바퀴에 joint에다가 만들어줌.

-전륜 좌측도 만들어줌.

◦ GRoad 생성하기

-GTire의 contact은 GRoad에서 정의되어야 함.

-ground에서 수정할 것.

-박스로 표면 만들고 GRFace 기능 활용 (Face 아님)

-GRFace는 (면, normal vector, heading vector) 순

◦ GTire 생성하기

-UA Tire, 이미 정해진 규격이 있음. (.tir 파일)

-툴킷으로 만들면 됨. (withdialog 편함)

-연결할 GRoad 설정해줘야 함.

-바퀴가 4개라면 4번 해줘야 함.

-각 바퀴를 각 WheelHub에 Fixed joint로 구속.

◦ 주행해석 1 (차량안착) (2 직진주행, 3J-Turn 주행)

(1) 주행해석 준비

-속도에 따른 바퀴의 필요 토크를 **Spline** 으로 만들어 수식으로 구현한다. (subentity-spline)

-만든 수식을 Rotational Axial Force에 적용한다

- 속도 (km/h) 토크 (N*mm)의 단위를 가짐.

(2) 목표속도를 PV로 정의

-InputV_kmph 라는 PV 만들고 일단 0으로 정의.

(3) 차량 속도를 측정할 마커 정의

-ground에 1개 Chassis에 1개

-두 마커 간 변위를 측정함. Reference로 쓸 것이므로 조금만 달라도 해석이 달라질 수 있음.

(4) Expression (수식) 정의

- AKISPL 함수로 위에서 정의한 **Spline** 정보를 사용하여 **Torque** 값을 반환 받습니다.
- **Spline**의 **X** 값으로는 VX 함수를 이용하여 차량의 진행방향 속도를 입력합니다.
- 차량의 속도는 **km/h** 단위 변환하고 ABS 함수로 절대값을 취한 것을 사용합니다.
- **Input Velocity**와 현재 속도 차이에 **Gain** 값(**1.4**)를 곱하여 간단한 **P** 제어를 구현합니다.
(상황에 따라 **Gain** 값은 변경될 수 있습니다)
- MIN 함수를 이용하여 **P** 제어 구문이 **1**이 넘지 않도록 합니다.

```
AKISPL( ABS( ( VX( 1, 2, 1 )/1000*3.6 ) ), 0, 3, 0 )*MIN( 1.0, ( InputV_kmph-VX( 1, 2, 1 )/1000*3.6 )*1.4
```

[argument list]→

Chassis.VM

Ground.VM

Sp_Torque_kmph_Nmm

(5) 수식을 정의해준 Force (FR,FL)에 추가해 줌.

◦ 주행해석 2 (직진 주행)

PV 값을 40으로 변경한다.

→목표속도가 40이 됨.

◦ 주행해석 3 (J-Turn)

달리는 도중 J-turn 조향하는 해석.

(1) Subentity-expression 에서 주행 수식
(Ex_Steering_RackBar_mm)를 수정한다.

→ 목표속도를 40 에서 수식으로 수정함.

Step(Time-5,0,0,0.5,50) - Step(Time-
7.5,0,0,0.5,50)

즉, 5 초에서 8 초 사이에 RackBar 를 50mm 이동 후
되돌리는 수식임.

→ RackBar 가 50mm 이동하면 Tire 는 12deg 정도 회전.

(2) 해석 관찰.

- Subsystem 의 edit 모드로 들어가면 J-turn 당시
suspension 의 거동도 확인할 수 있다.

- Chassis/Vel_TM 으로 차량 속도 확인

- Chassis/Pos_ROLL 으로 회전시 차량 각도확인

- Chassis/Pos_TX, Pos_TY 로 X-Y 위치 확인 가능.

- Template 사용법

1) Export 해서 저장함.

2) 톱니바퀴 Template 에서 쓰고 싶은 파일 Use

3) Ok 누르면 해석탭의 템플릿이 활성화 되어 있음

(3) UA-Tire 의 contact property 를 수정 후 주행 해석

→ 변경된 parameter 값이 어떤 영향인지

- GTire 의 property 에서, .tir 파일을 Edit 함.

- Lateral_Stiffness 를 30000 으로 수정함.

- 타이어 하나만 수정해도 모두 다 바뀜.

(4) 새로 해석 후, 이전에 Template 을 활성화
해두었으므로, ADD 를 클릭하면 이전 그래프에다가
새로운 그래프를 추가 해줌.

(5) 강성을 30000 으로 낮춘 해석결과에서 Lateral
Force 가 작아지므로 차량이 회전 바깥쪽으로 밀리는
거동을 보임.

5-8 초간 회전 도중 Chassis 의 Roll 각도도 작아짐.

o GRoad 변경과 해석

(1) PV 에서 InputV_kmph 를 40 으로 수정 (직진주행)

(2) UA-Tire 의 파라미터 수정(강성 50000)

(3) GRoad 파일 불러오기 (Hill, rough 도로있음)

(4) 도로 바뀌면 GTire 의 접촉면이름도 바꿔줘야 함.

(5) 템플릿을 이용하면 이전 해석 값과 그래프를 비교할
수 있음.

Hill 은 경사면, Rough 는 거친면임.

[eTemplate] creation mode-4WD Loader

o 목적

- Sheet 에 Excel Data 를 넣음.
- eTemplate 으로 contact 생성 자동화
- eTemplate 으로 효율적인 모델링
- 코드가 아닌 Excel 기본 S4PARK Technology 사용.

o 튜토리얼 내용

- 사륜구동 로더에 있는 한쌍의 호스를 시뮬레이션
 - 호스의 세그먼트끼리 contact 을 확인하는 게 중요함. (결합 또는 마모 문제 해석)
 - 하나씩 contact 넣으면 불편+에러가능성 큼.
- 따라서 코딩 필요(ProcessNet)→코드 과정도 간략화하는 것이 eTemplate 임.

-즉, ProcessNet 의 코드를 효율적이고 정확하게 하는 것이 eTemplate 의 역할이다.

- eTemplate: 간단한 Data 를 excel 넣어 입력함.

o Contact 자동 생성(by eTemplate)

:호스를 50 개의 세그먼트로 나누어 그중 중간 11 개에 contact 을 생성할 것임.

- BeamGroup1 은 Body1~Body51 까지 50 개
- BeamGroup2 는 Body52~Body102 까지 50 개
- contact 은 group1 에서 20~31/2 에서 71~82 까지.

(1) Solid Contact 생성 후 삭제

- Contact/Solid 클릭.
- 20 과 71 을 연결함.(contact property 에서 수정가능)
- 주의할 점.

1) etemplate 에서는 Contact 정의 시 body 이름과 geometry 도 써줘야함. (필요한 부분, Body20 같은 애를 다른 색으로 바꿔주면 좋음)

2) etemplate 에서 Contact 을 생성할 것이므로 임의로 contact 을 만들었다면 삭제 해야함. 따라서, (1)을 삭제함.

(2) Template Sheet 정의하기.

1) Excel 에서 Template_Format 이라는 sheet 생성.
:템플릿 형식을 정의하는 header 와 parameter 입력

2) TIP) eTemplate 에서 사용 가능한 표들을 eTemplate 그룹/Helper 버튼 에서 복사할 수 있음.

3) Excel 에서 Template_Data 라는 sheet 생성.

:creation mode 를 작동시키는 값들 입력. (Solid contact 와 그 값들)

Header>Contact_Solid	Name	BaseGeometry	ActionGeometry
Contact_Solid	SolidContact1	BeamBody20.HollowCircularBeam1	BeamBody71.HollowCircularBeam1
Contact_Solid	SolidContact2	BeamBody21.HollowCircularBeam1	BeamBody72.HollowCircularBeam1

위 같은 방법으로 11 개의 contact 을 생성.

3) 위시트에서 contact 의 강성, 댐핑계수를 설정 할 수 있음. (안쓰면 기본값)

+) Force display 를 Action 으로 바꿀 수도 있음.

+) Action Geometry 옆에 붙이면 됨

[결과]

Header>Contact_Solid	Name	BaseGeometry	ActionGeometry	ContactProperty	ForceDisplay
Contact_Solid	SolidContact1	BeamBody20.HollowCircularBeam1	BeamBody71.HollowCircularBeam1	ContactProperty_Info	Action
Contact_Solid	SolidContact2	BeamBody21.HollowCircularBeam1	BeamBody72.HollowCircularBeam1	ContactProperty_Info	Action
Contact_Solid	SolidContact3	BeamBody22.HollowCircularBeam1	BeamBody73.HollowCircularBeam1	ContactProperty_Info	Action
Contact_Solid	SolidContact4	BeamBody23.HollowCircularBeam1	BeamBody74.HollowCircularBeam1	ContactProperty_Info	Action
Contact_Solid	SolidContact5	BeamBody24.HollowCircularBeam1	BeamBody75.HollowCircularBeam1	ContactProperty_Info	Action
Contact_Solid	SolidContact6	BeamBody25.HollowCircularBeam1	BeamBody76.HollowCircularBeam1	ContactProperty_Info	Action
Contact_Solid	SolidContact7	BeamBody26.HollowCircularBeam1	BeamBody77.HollowCircularBeam1	ContactProperty_Info	Action
Contact_Solid	SolidContact8	BeamBody27.HollowCircularBeam1	BeamBody78.HollowCircularBeam1	ContactProperty_Info	Action
Contact_Solid	SolidContact9	BeamBody28.HollowCircularBeam1	BeamBody79.HollowCircularBeam1	ContactProperty_Info	Action
Contact_Solid	SolidContact10	BeamBody29.HollowCircularBeam1	BeamBody80.HollowCircularBeam1	ContactProperty_Info	Action
Contact_Solid	SolidContact11	BeamBody30.HollowCircularBeam1	BeamBody81.HollowCircularBeam1	ContactProperty_Info	Action
Header_Ribs>Contact_Property	ContactProperty_Info	DampingCoefficient	StiffnessCoefficient		
Info>ContactProperty	ContactProperty_Info	0.1	1000		

o eTemplate 실행

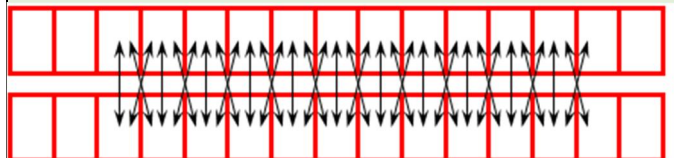
RecurDyn/Customize/eTemplate 그룹/Run 클릭

→ Excel 파일처럼 contact 자동 생성.

[결과]

Force 가 불규칙적임→세그먼트 사이 contact 제대로 되지 않음. (이웃하는 세그먼트끼리 contact 을 설정하는 작업이 필요함.)

o Segment Contact 정의하기.



그냥 위아래만이 아니라, 옆에 세그먼트에도 contact 을 정의해주어야 향상된 결과를 얻음.

(1) 기존 eTemplate 으로 생성된 contact 삭제.

:같은 이름 contact 있으면 import 불가하므로.

(2) 기존 시트에다가, a 를 붙이면 오른쪽을 가르키는 애, b 를 붙이면 왼쪽을 가르키는 contact 으로

→총 22 개의 contact 을 eTemplate 에 추가함.

더 나은 결과를 확인할 수 있음.

[eTemplate] creation-Track_LM

◦ 목적

-Low Mobility vehicle 을 eTemplate 을 이용해 생성
-Master Sheet 기능, HC 기능을 이해
-eTemplate 으로 Track_LM 툴킷의 Track Body 생성 및 어셈블리.

◦ Format sheet 수정.

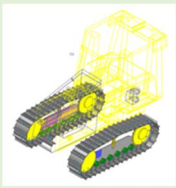
-module key 를 professional 에서 Track_LM 수정

◦ Master Sheet 생성

- Template Data 에 많은 정보가 있어, master sheet 로 관리하는 방법이다.
- 따라서, Track_HC, Track_Body.. 등 필요한 데이터가 있는 Sub sheet 를 만들어서 그것을 총괄하는 애가 Master Sheet 이다.
- Master sheet 는 사용할 5 개의 subsheet 의 이름을 써놔야함.

◦ Subsheet 생성 (data 가 많아 시트를 나눔)

(1) Track_HC (hierarchy connector), **바디 위치**



Track system 은
Chassis, Track 왼쪽/오른쪽
총 3 개로 나뉘짐.

HC 란, 상대적인 위치를 결정하기 위해 사용됨.

➔Chassis 를 기준으로 Chassis 가 이동되면 전체 시스템이 이동되도록 Track system 을 구성함.

- Chassis 의 위치 생성

-Track R/L 의 위치와 Parent 옵션(따라 움직이게)

-스프로킷과 부품이 R 과 L 위치에 맞게 Parent 설정

(2) Track_Body (바디 생성)

-import 할 body 를 같은 폴더 내 두고, Header 를 통해 import 를 한다. (다른 경로면 절대경로로 표기)

-import 시, parameter 에 따라, 좌표입력 or 참조입력을 선정할 수 있다. (좌표 or 참조마커)

- AutoMerge/Geometry/color 등을 설정할 수 있음

-property 에서 설정가능한 모든 것들 설정 가능.
(반지름, teeth 수 등)

-Wheel, sprocket, carriage 각 roller 등 모두 해당 시트에서 생성.

(3) Track Assembly 생성.

1) Assembly 전, Clone Link 먼저 생성.

2) Assembly 및 Force 적용

➔Track 왼/오른쪽 생성 및 위치, Property 설정.

(4) Joint 생성 및 모델 완성.

Chassis 와 Track Frame 사이의 Fixed Joint

Track Body 와 Track Frame 사이의 Revolute Joint

Idler 와 Tensioner 사이의 Revolute Joint

Slider 와 Grounded Bracket 사이의 Translational Joint

Ground 의 생성

-joint 이름, BaseEntity, Action, RefFrame 설정

-ground 생성은, road 파일은 같은 폴더 내에 두고,
해당 폴더 이름을 기입하면 됨.

◦ eTemplate 을 이용한 setting 변경

-Dynamic 해석 세팅

-Icon size, marker size 변경

-작업 공간 색상 변경

[SubSheet, Track_setting]

-헤더를 DynamicAnalysis 로 하면 해석 세팅

-Stting_Icon 과 parameter 를 IconSize, MarkerSize 로 하면 Icon Control 세팅이 됨.

- Display 도 색을 이용해 그라데이션 설정도 가능함.

◦ eTemplate import 및 해석

(주의) 모듈이 S4PARK_Module_TrackLM 으로 설정되어 있으므로, Track_LM subsystem 에서 설정 가능함.

- 이후 Customize 탭, eTemplate 에서 Run 을 클릭

(TIP)

Track 생성때, 여러 개를 선택해야하므로 셀이 길어진다. 이때 선택 되는 모든애들을 한 칸에 넣어야 한다.

Sprocket1/roller1/roller2 ... 처럼

[eTemplate 3] Macpherson strut design, 서스펜션

◦ 개요

eTemplate 사용법 3 가지.

- Creation: 이전처럼 property 설정 및 모델링
- Modification: 모델 속 Entity 를 템플릿에 정의하고 변수를 변경 및 모델을 수정함.
- Plot Automation: 엑셀 템플릿에 그래프와 축을 설정해 plot 하는 거임.

일반적으로 최종모델 완성 후 몇 가지 변수만으로 반복해서 해석함. 동일한 결과 그래프도 반복해서 그리는 데, eTemplate 기능으로 자동화 가능함.

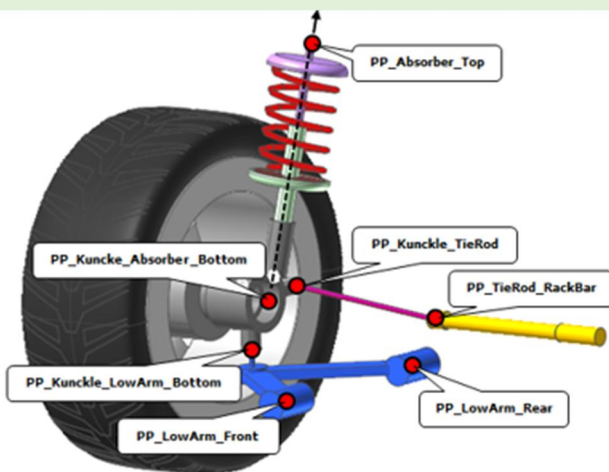
◦ 목적

- Modification 템플릿 작성 및 실행
- Plot Automation 템플릿 작성 및 실행

◦ Modification 과 이때 사용되는 Entity 의 변수 (예제모델) 맥퍼슨 스트럿식 서스펜션 (특징)싸고 가볍지만, 서스펜션이 가라 앉을 때 Camber 및 Toe 의 변화 예측이 어려움.

➔이때, Tire 의 변화 및 거동을 알아볼 것임.

◦ 모델링 분석



➔ PP 와 PV 를 통해서 모델링 되었음. 힘과 조인트도 PP 를 통해 지정했으므로, PP 점만 이동시키면 힘과 조인트도 같이 이동되어 매우 편리함.

➔ PV 값은 PP 에서 필요한 X, Y, Z 좌표의 값을 가지고 있으므로, PV 값의 수정으로 PP 점 수정이 가능해짐.

➔ Joint 에 CMotion_Test 라는게 있는데, contact 이 잘되어 움직이는지 확인하기 위한 힘을 발생시키는 것이다. (일반 joint 란 다르게 바로 수식 넣음)

◦ Modification Mode 템플릿 생성.

(특정 변수 control 필요함)

1) Format 을 만들 (modification 으로 설정)

➔ 마찬가지로 eTemplate 탭, Helper 에서 복사

2) Template_Data 시트 생성

-Modify 헤더와 알맞은 파라미터 생성

-변경하고 싶은 PV 가 있으면 이름, TargetEntity, 바꿀 Parameter, 바꿀 값 등을 설정함.

3) 엑셀 저장 후, Customize 에서 Run 이 아닌 Modify 로 실행할 것.

4) PV 값 리스트를 보면 값이 수정되어 있음.

◦ Run Plot Automation (자동으로 Post)

➔creation 으로 생성 또는 modification 으로 수정 후, 해석 및 결과 그래프까지 얻는 과정을 자동화하는 기법이다.

[시뮬레이션 관련 설정]

- 모델 저장
- 시뮬레이션 실행
- 메시지 창 제거

[Plot Automation 관련]

- X 축 Data, Y 축 Data, Legend 이름 등

(tip) 엑셀파일에 리커다인 파라미터를 드래그해서 넣을 수 있음.

- 축 크기랑 스텝 크기 정의 가능
- Y 축 위치 설정가능
- 축에 대한 property 설정 가능
- 그래프 이미지 내보내기 가능

(tip) PV 란 PP 로 모델링 한 이유 ➔ 엑셀에서도 PV 란 PP 를 써서 정의함.

:PV 란 PP 값만 바꾸면 모든게 바뀜.

➔Modify 의 Data Sheet 에서 PV 값을 바꿔가면서 그래프를 확인해보자.

어떤 PV 를 수정해야 내가 원하는 그래프 거동이 나오는 지 확인할 수 있다.

eTemplate 으로 자동 사진 저장을 해줬으므로 폴더 내 사진 확인 가능함.

(Modify 만 누르면 그 결과 그래프가 자동 저장됨)

[Toolkit] EHD/Piston Lubrication

◦ 목적

피스톤 사이에 윤활제→ 접촉면에 얇은 유막이 생겨 마찰에 의한 마모 및 마찰열을 감소시킴.

- rigid 모델에 Piston Lubrication 설정
- RFlex 로 바꾼후 Piston Lubrication 해석 및 확인.

◦ Rigid Body 에서 해석 하기.

- Toolkit 탭/Toolkit 그룹/Piston Lubricaion
- Base/Action body 생성 및 방향 지정 후 Lubrication Force 가 생성됨을 확인함.
- Lubrication 힘에서 마찰 및 거칠기 설정 가능.
- 해석 후, 힘 Property에서 Contour setting/Type 을 Hydrodynamic+Asperity 를 선택하면, 윤활의 두께와 압력을 Scope 로 확인할 수 있다.

(주의) 최초 돌리기 위해 Trajoint1 이 있는데 삭제 해주어야 이쁘게 돌아감.

-Output Data Export 에서 Layer 번호에 따른 값 그래프 확인 가능.

◦ RFlex Body 로 piston lubrication 해석하기.

유연체이므로, Deformation(변형) 고려해 해석함.

- (1) Flexible 탭/G-Manager 아이콘.
- (2) Target 을 FFlex/RFlex 중 RFlex 로 함.
- (3) FFlex 는 Mesh 이고, RFlex 는 import rfi 파일임.
- (4) 폴더에 있는 .rfi 파일로 excute 하면 유연체 됨.

(5) PatchSet 생성하기. (Cylinder, Piston 2 개)

(6) Piston 에 Modal Pressure Load 정의하기

-RFlex 탭에 Pressure(modal pressure load 임)

(7) Piston Lubrication 에 RFlex Body PatchSet 설정

-Piston 과 Cylinder 가 만나는 면 (Patchset)을 피스톤과 실린더에 각각 넣어줌.

(8) RFlex 는 Body 마다 10 개가 넘는 Mode 를 가짐.

→해석 시간 단축을 위해 **Mode 수를 5 개로 줄임 (7~11 번 까지)**

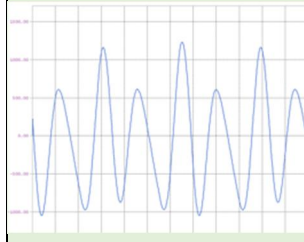
◦ RFlexible 해석

(TIP) Contour 잘보는 법

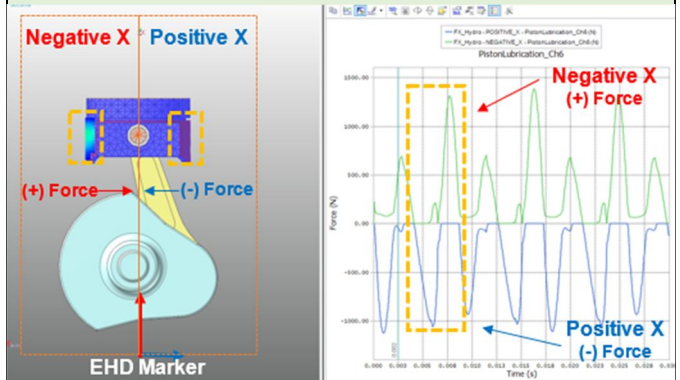
1. Layer setting 으로 보고 싶은거만 보기
2. Cut OFF Pressure=0.1 설정하면 0.1 보다 낮은 부분에 대해서 Contour 이 안나옴.

(Plot 보는 법)

-Lubrication1 은 Force 이므로 힘탭에서 확인 가능.



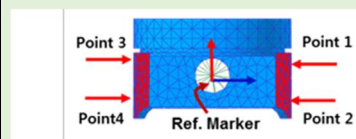
-Total Force :전체힘은 Positive+Negative force 임.



Force/ PistonLubrication EHD Force /Lubrication1/AsperityContactForce/POSITIVE_X/FX_Asperty

위 경로로 접촉력도 그래프를 알 수 있다.

◦ 원하는 위치의 윤활 두께 확인



입력합니다.

Output Gap Point				
No	Height	Angle	Add	Delete
1	14.	0.		
2	-14.	0.		
3	14.	180.		
4	-14.	180.		

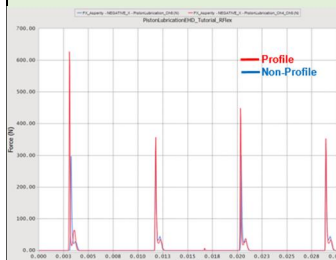
좌측처럼 4 개의 점을 찍고, 점 사이의 값들 그래프를 확인하여 윤활 두께 차이를 확인할 수 있다.

◦ Piston 의 Profile 추가

- Lubrication1 의 property 의 Piston 그룹-Profile 선택 시, Piston 의 profile 을 수정할 수 있음.

- 직접 수정도 가능하지만, CSV 파일을 import 함.

- 적용 후 해석 하면 아래와 같음



프로파일된 빨강이 프로파일 안된 파랑보다 훨씬 큰 Force 를 가진다.

윤활이 잘 되면서 마찰이 줄어 큰 힘을 가진다.