



## Driving J-Turn Tutorial (Tire)



**Copyright © 2020 FunctionBay, Inc. All rights reserved.**

User and training documentation from FunctionBay, Inc. is subjected to the copyright laws of the Republic of Korea and other countries and is provided under a license agreement that restricts copying, disclosure, and use of such documentation. FunctionBay, Inc. hereby grants to the licensed user the right to make copies in printed form of this documentation if provided on software media, but only for internal/personal use and in accordance with the license agreement under which the applicable software is licensed. Any copy made shall include the FunctionBay, Inc. copyright notice and any other proprietary notice provided by FunctionBay, Inc. This documentation may not be disclosed, transferred, modified, or reduced to any form, including electronic media, or transmitted or made publicly available by any means without the prior written consent of FunctionBay, Inc. and no authorization is granted to make copies for such purpose.

Information described herein is furnished for general information only, is subjected to change without notice, and should not be construed as a warranty or commitment by FunctionBay, Inc. FunctionBay, Inc. assumes no responsibility or liability for any errors or inaccuracies that may appear in this document.

The software described in this document is provided under written license agreement, contains valuable trade secrets and proprietary information, and is protected by the copyright laws of the Republic of Korea and other countries. UNAUTHORIZED USE OF SOFTWARE OR ITS DOCUMENTATION CAN RESULT IN CIVIL DAMAGES AND CRIMINAL PROSECUTION.

**Registered Trademarks of FunctionBay, Inc. or Subsidiary**

**RecurDyn** is a registered trademark of FunctionBay, Inc.

RecurDyn/Professional, RecurDyn/ProcessNet, RecurDyn/Acoustics, RecurDyn/AutoDesign, RecurDyn/Bearing, RecurDyn/Belt, RecurDyn/Chain, RecurDyn/CoLink, RecurDyn/Control, RecurDyn/Crank, RecurDyn/Durability, RecurDyn/EHD, RecurDyn/Engine, RecurDyn/eTemplate, RecurDyn/FFlex, RecurDyn/Gear, RecurDyn/DriveTrain, RecurDyn/HAT, RecurDyn/Linear, RecurDyn/Mesher, RecurDyn/MTT2D, RecurDyn/MTT3D, RecurDyn/Particleworks I/F, RecurDyn/Piston, RecurDyn/R2R2D, RecurDyn/RFlex, RecurDyn/RFlexGen, RecurDyn/SPI, RecurDyn/Spring, RecurDyn/TimingChain, RecurDyn/Tire, RecurDyn/Track\_HM, RecurDyn/Track\_LM, RecurDyn/TSG, RecurDyn/Valve are trademarks of FunctionBay, Inc.

**Edition Note**

This document describes the release information of **RecurDyn V9R4**.

# 목차

개요 .....	5
목적 .....	5
필요 요건 .....	6
과정 .....	6
예상 소요 시간 .....	6
시뮬레이션 환경 설정 .....	7
목적 .....	7
예상 소요 시간 .....	7
RecurDyn 시작 .....	8
Icon 과 Marker 의 크기조정 .....	8
차량 모델링 .....	9
목적 .....	9
예상 소요 시간 .....	9
Chassis Body 생성 .....	10
Suspension Subsystem 생성 .....	14
Steering 을 위한 Translate Joint 생성 .....	16
동력을 위한 Rotational Axial Force 생성 .....	19
GRoad 생성 .....	21
GTire 생성 .....	22
주행 해석 .....	26
목적 .....	26
예상 소요 시간 .....	26
주행 해석을 위한 준비 .....	27
차량 안착 해석 수행 .....	32
직진 주행 해석 수행 .....	33
J-Turn 주행 해석 수행 .....	34
Plot 그리기 .....	37
Tire Property 수정과 해석 .....	39
목적 .....	39
예상 소요 시간 .....	39
UA-Tire Property 수정 및 해석 .....	40
GRoad 변경과 해석 .....	44
목적 .....	44
예상 소요 시간 .....	44

GRoad 변경 및 해석 .....	45
여러 가지 주행 해석 (참고).....	50



## 개요

### 목적

달리는 차량의 거동을 해석할 때 Tire 와 지면 사이의 접착력은 매우 중요한 요소입니다. Tire 의 접착력은 다양한 동적 하중으로부터 발생하는 Friction, Slip 등이 고려되어야 하기 때문에 일반 Contact 으로는 표현하는데 어려움이 있습니다. RecurDyn 은 Tire 와 지면사이의 접착력을 쉽게 정의할 수 있는 UI 와 여러 타입의 Tire Solver 를 제공합니다.

본 튜토리얼에서는 GTire Toolkit 을 사용하여 UA-Tire 타입의 Tire 를 생성하는 방법을 배우게 됩니다. GTire Toolkit 은 Tire 와 Wheel 의 형상을 쉽게 생성 및 정의할 수 있으며, 여러 타입의 Tire Solver 도 쉽게 변경 가능합니다.

본 튜토리얼에서 사용된 모델은 Macpherson Strut Suspension 구조의 전륜 구동차 모델로써 주행 중 조향각을 변경하여 J-Turn 을 하였을 때 차량의 동적 특성을 확인할 수 있도록 구성하였습니다.

- CAD 와 Subsystem 파일 불러오기를 통한 차량 모델링
- GRoad 와 UA-Tire 타입의 GTire 생성
- P 제어와 Steering 제어를 통한 주행 해석
- Tire Property 수정과 결과 분석

## 필요 요건

본 튜토리얼은 RecurDyn 에서 제공되고 있는 Basic Tutorial 을 숙지한 사용자를 위한 것입니다. 따라서 본 튜토리얼을 사용하기 위해서는 앞서 언급된 교재를 선행해야 본 교재의 이해를 높일 수 있습니다.

## 과정

본 튜토리얼은 다음의 과정들로 구성되어 있으며, 소요되는 시간은 다음의 표와 같습니다.

과정	시간 (분)
시뮬레이션 환경의 설정	5
차량 모델링	15
주행 해석	20
Tire Property 수정과 해석	10
GRoad 변경과 해석	10
총합	60



## 예상 소요 시간

75 분



## 시뮬레이션 환경 설정

### 목적

시뮬레이션을 실행하기 위해 Unit, Gravity, Icon Size 를 설정해봅니다.



### 예상 소요 시간

5 분

## RecurDyn 시작

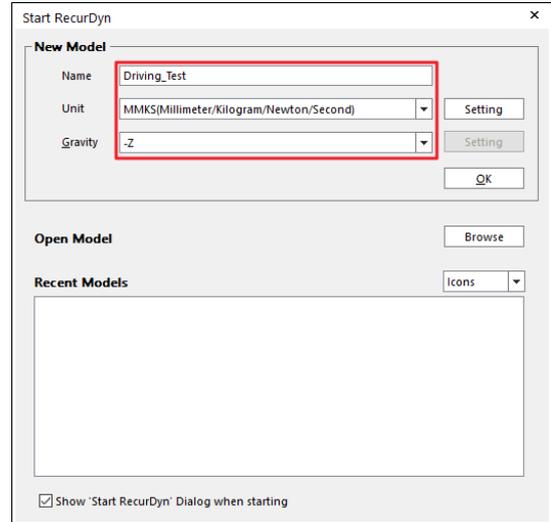
새로운 모델 생성하기



1. 바탕화면에서 **RecurDyn** 아이콘을 더블 클릭합니다.

**RecurDyn** 이 실행되면서 **Start RecurDyn** 대화상자가 나타납니다.

2. **Name** 입력란에 모델의 이름을 **Driving\_Test** 로 입력합니다.
3. **Unit** 을 **MMKS** 로 설정합니다.
4. **Gravity** 를 **-Z** 로 설정합니다.
5. **OK** 를 클릭합니다.



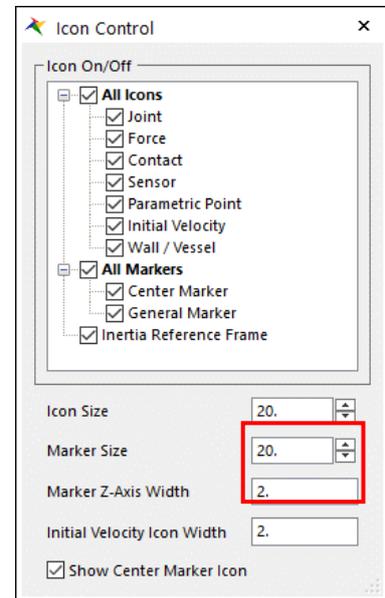
## Icon 과 Marker 의 크기조정

모델을 좀 더 잘 보이게 하기 위해서 Icon 과 Marker 의 크기를 조정합니다.

아이콘과 마커의 크기를 변경하기



6. **View Control** 툴바에서 **Icon Control** 을 클릭합니다.
7. **Icon Control** 대화상자가 나타납니다.
8. **Icon Size** 와 **Marker Size** 를 **20** 으로 설정합니다.
9. **Icon Control** 대화상자를 닫습니다.



## Chapter

## 3

## 차량 모델링

### 목적

차량 CAD 파일과 Subsystem 파일 불러오기를 통해 Chassis와 Suspension을 정의하고 GRoad와 GTire를 생성하여 차량모델링을 완성해봅니다.

아래와 같은 모델링을 진행해봅니다.

- CAD 파일을 Import 하여 Chassis Body 생성
- Subsystem 파일을 Import 하여 Suspension 생성
- Box Geometry를 이용한 GRoad 생성
- UA-Tire 타입의 GTire 생성



### 예상 소요 시간

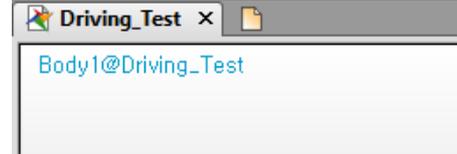
15 분

## Chassis Body 생성

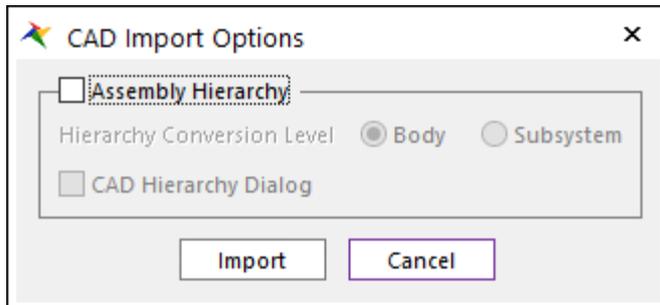
### Chassis Geometry 생성하기



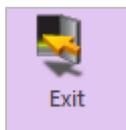
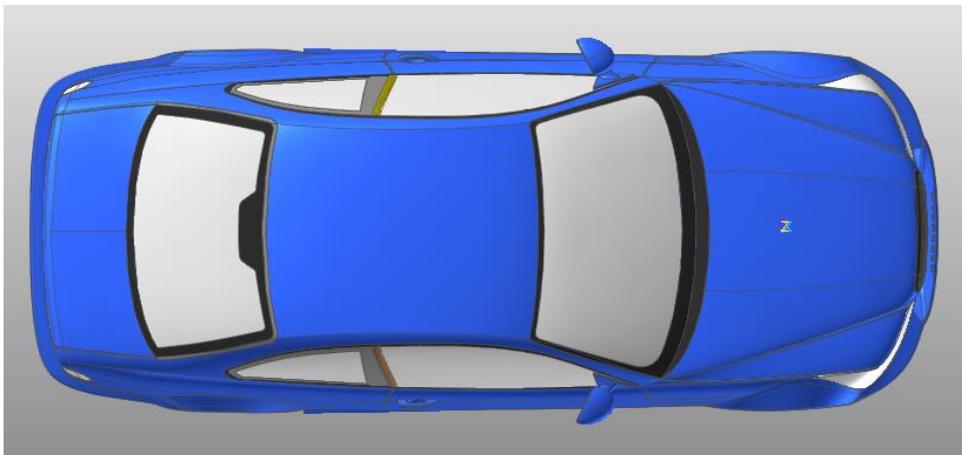
1. Body 의 Edit 모드로 진입하기 위해 **Professional** 탭의 **Marker and Body** 그룹에서 **General** 을 클릭합니다.
  - 오른쪽 그림과 같이 Working Window 왼쪽 상단에 **Body1@Driving\_Test** 라고 표기됩니다.



2. **File** 메뉴에서 **Import** 를 클릭합니다.
3. Files of type 을 ParaSolid File (\*.x\_t,\*.x\_b ...)로 설정합니다.
4. GTire 튜토리얼 폴더에서 **Chassis.x\_t** 파일을 선택합니다. (파일경로: <InstallDir> /Help /Tutorial/Toolkit/Tire/DrivingJTurn/Chassis.x\_t)
5. Open 을 클릭하면 **CAD Import Options** 창이 나타납니다. **Assembly Hierarchy** 선택을 해제한 후, Import 버튼을 누릅니다.



6. Message 창에 성공적으로 Import 되었다는 메시지가 보여지고 Chassis 가 아래와 같이 보여집니다.

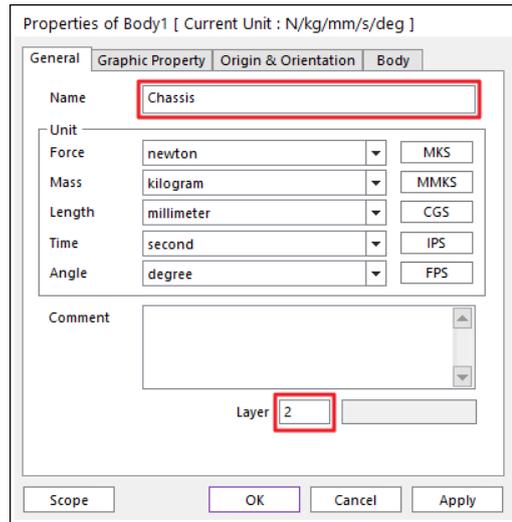


7. **Geometry** 탭에서 **Exit** 를 클릭하여 Body Edit 모드에서 나옵니다.

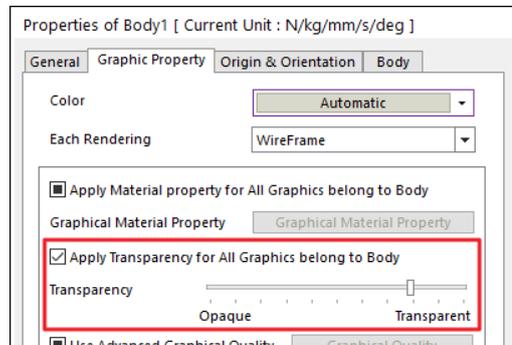


**Body1** 의 **Property** 변경하기

1. **Body1** 의 **Property** 대화상자를 엽니다.
2. **General** 탭을 클릭한 후 아래와 같이 변경합니다.
  - **Name:** Chassis
  - **Layer:** 2

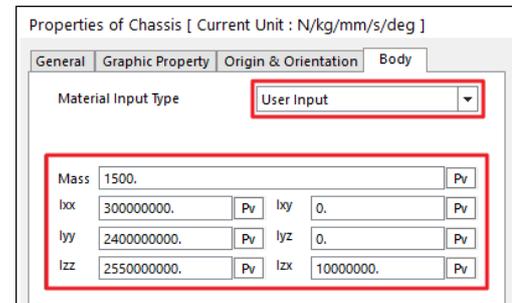


3. **Graphic Property** 탭을 클릭합니다.
4. **Apply Transparency for All Graphics belong to Body** 를 체크하고 **Transparency Level** 을 오른쪽 그림과 같이 변경합니다.

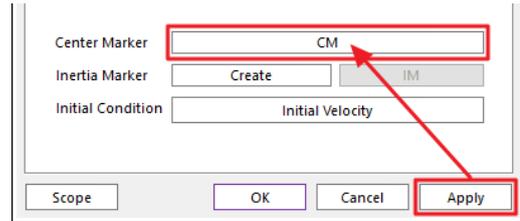


5. **Body** 탭을 클릭합니다.
6. 차량 해석에 있어서 Chassis 의 Mass 정보는 매우 중요한 부분을 차지합니다. 때문에 실험 측정값 또는 신뢰할 만한 자료를 바탕으로 Body Property 에 적용시켜주는 과정이 필수적입니다.
7. **Material Input Type** 을 **User Input** 으로 변경 후 아래와 같이 정보를 변경합니다.

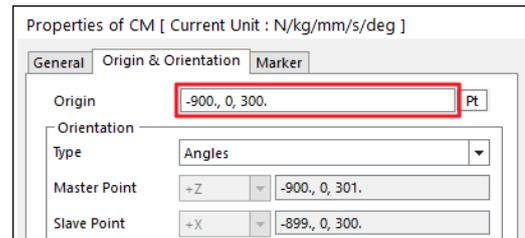
- **Mass:** 1500
- **Ixx:** 300000000
- **Iyy:** 2400000000
- **Izz:** 2550000000
- **Ixy:** 0
- **Iyz:** 0
- **Izx:** 10000000



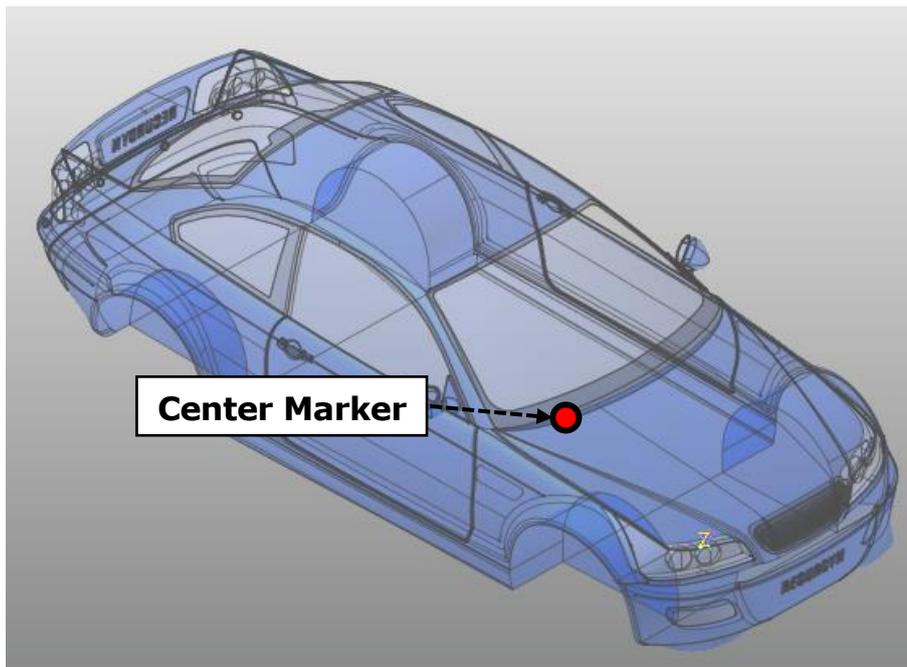
8. **User Input** 상태를 적용시키기 위해 **Apply** 를 클릭합니다.
9. User Input 상태를 적용시키지 않으면 Center Marker 수정이 불가능합니다.
10. **CM** 을 클릭하여 **Center Marker** 의 Property 대화상자를 엽니다.



11. CM 의 Property 대화상자에서 **Origin** 을 **-900, 0, 300** 로 변경하고 **OK** 를 누릅니다.
12. Body 의 Property 대화상자도 **OK** 를 눌러 변경사항을 적용시킵니다.



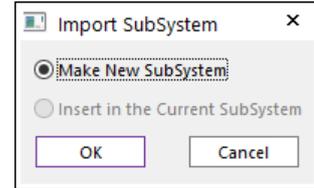
13. 아래와 같이 **Chassis** 가 보여집니다.



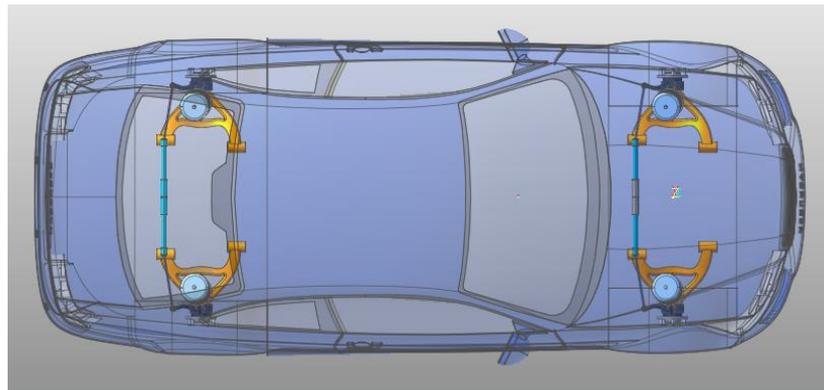
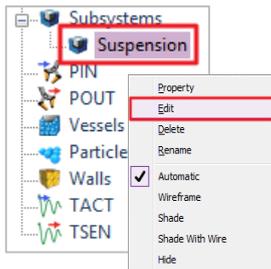
## Suspension Subsystem 생성

### Suspension Subsystem 불러오기

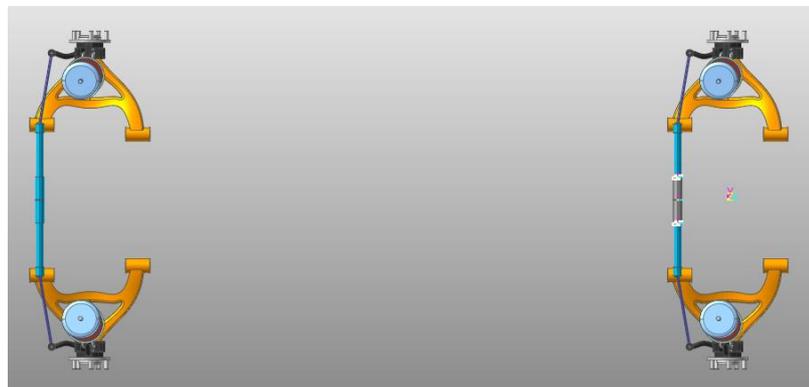
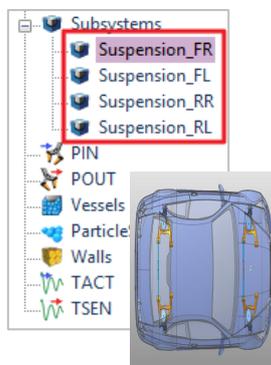
1. **File** 메뉴에서 **Import** 를 클릭합니다.
2. Files of type 을 RecurDyn Subsystem File (\*.rdsb)로 설정합니다.
3. GTire 튜토리얼 폴더에서 **Suspension.rdsb** 파일을 선택합니다. (파일경로: <InstallDir>/Help /Tutorial/Toolkit/Tire/DrivingJTurn/Suspension.rdsb)
4. **Open** 을 클릭하면 Import Subsystem 대화상자가 나타납니다.
5. **OK** 를 누릅니다.



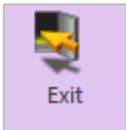
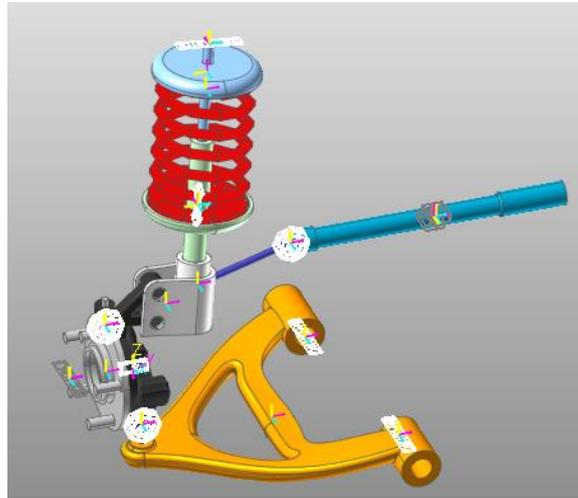
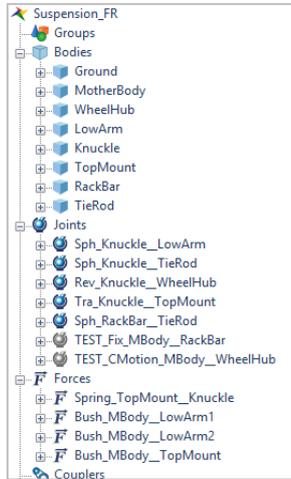
6. Database 에 **Suspension** 이라는 Subsystem 이 생성되고 아래 그림과 같이 Suspension 이 Chassis 안쪽에 나타납니다.



7. **Database** 에서 **Suspension** Subsystem 의 내부로 진입해 보면 앞뒤 좌우의 총 4 개의 Subsystem 으로 구분되어 있습니다.



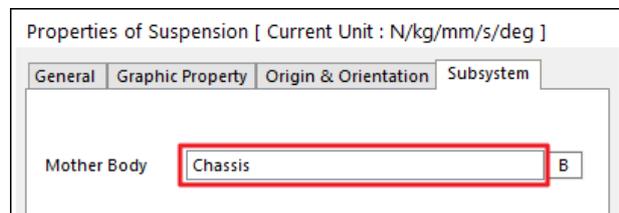
- 다시, **Database** 에서 4 개의 **Suspension** Subsystem 중 하나의 Suspension 내부로 진입해 보면 최종적으로 각 요소에 대한 MBD 모델링이 되어있는 것을 확인할 수 있습니다.



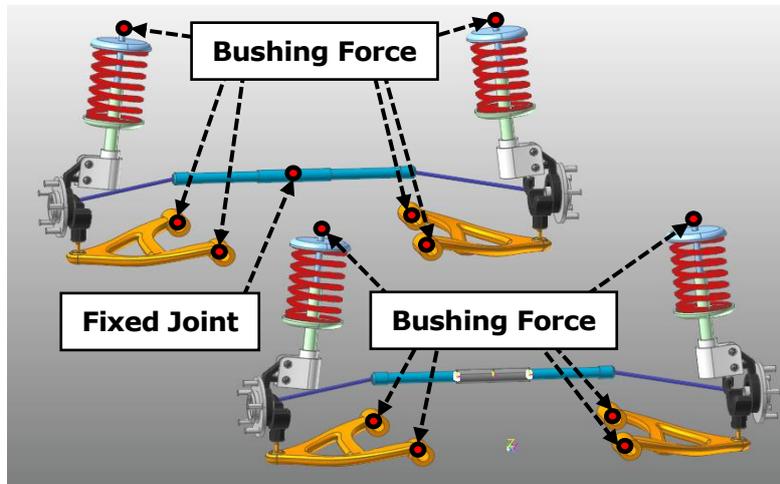
- Subsystem 분석이 완료되면 **Professional** 탭에서 **Exit** 을 클릭하여 최상위 상태로 나옵니다.

### Subsystem Mother Body 변경하기

- Suspension** Subsystem 의 Property 대화상자를 엽니다.
- Subsystem 탭에서 **Mother Body** 를 **Chassis** 로 변경합니다.
- OK** 를 누릅니다.



아래 그림에서 표시된 Entity 들은 Subsystem 속에서 Mother Body 와 모델링 되어 있습니다. 위에서 Mother Body 가 Chassis 로 변경되어 해당 Entity 들은 Chassis 와의 연결관계로 정의가



됩니다. 즉, **Suspension** 이 **Chassis** 와의 관계로 모델링 된 효과를 볼 수 있습니다.

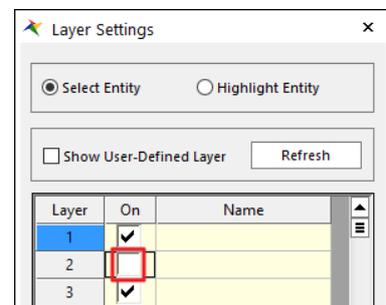
## Steering 을 위한 **Translate Joint** 생성

Suspension Subsystem 에는 Steering 에 대한 모델링은 되어있지 않습니다. Chassis 와 RackBar 간의 Translate Joint 를 생성하여 Steering System 을 구성해봅니다.

### Translate Joint 생성하기



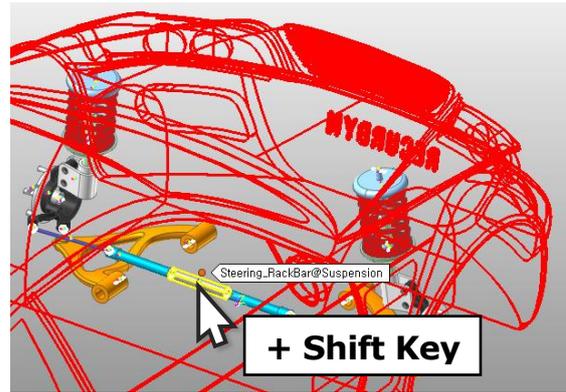
1. **Chassis** 속에 가려진 **RackBar** 를 클릭해야하기 때문에 **Layer Settings** 대화상자를 미리 열어놓습니다.
2. **Professional** 탭의 **Joint** 그룹에서 **Translate** 를 클릭합니다.
3. **Creation Method** 를 **Body, Body, Point, Direction** 으로 설정합니다.
4. **Working Window** 에서 첫 번째 Body 로 **Chassis** 를 클릭합니다.
5. **Chassis** 속에 가려진 **RackBar** 를 클릭하기 위해서 **Layer Settings** 대화상자에서 **Layer 2** 의 **On** 을 해지합니다.



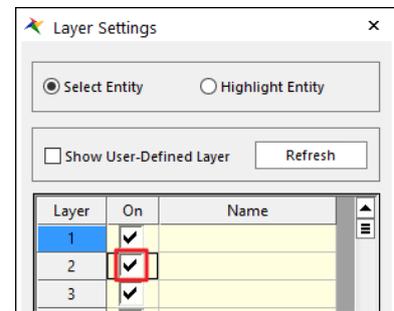
- 두 번째 Body 로 Subsystem 속 RackBar 를 클릭하기 위해 **Shift** 키를 누른 채로 오른쪽 그림과 같이

**Steering\_RackBar@Suspension** 을 클릭합니다.

- 두 Body 가 선택되면 나머지 두 값을 아래와 같이 입력합니다.
  - **Point:** -216, 0, 176
  - **Direction:** 0, 1, 0



- TraJoint1** 이 생성되면 다시 **Layer Settings** 대화상자에서 **Layer2** 의 **On** 을 다시 켜고 **Close** 를 클릭하여 대화상자를 닫습니다.

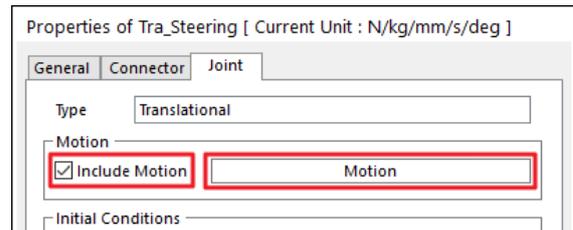


- TraJoint1** 의 Property 대화상자를 열고 **Name** 을 **Tra\_Steering** 으로 변경합니다.

**Translate Joint** 에 **Motion** 입력하기

차량을 직진주행 시키기 위해서는 조향장치에 아무런 움직임이 없어야 합니다. 움직임이 없도록 Expression 을 정의하고 Translate Joint 의 Motion 에 입력합니다.

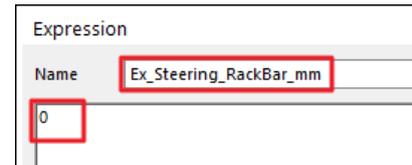
- Tra\_Steering** 의 Property 대화상자를 엽니다.
- Joint 탭에서 **Include Motion** 을 클릭합니다.
- Motion** 을 클릭하여 Motion 대화상자를 엽니다.



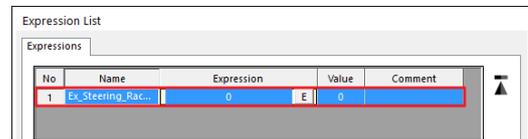
- Type 을 **Displacement(Time)**로 하고 **EL** 을 클릭합니다.
- Expression List** 대화상자가 나타나면 Expression 대화상자를 열기 위해 **Create** 를 클릭합니다.
- Expression** 대화상자가 나타나면 아래와 같이 입력합니다.

- **Name:** Ex\_Steering\_RackBar\_mm
- **Content:** 0

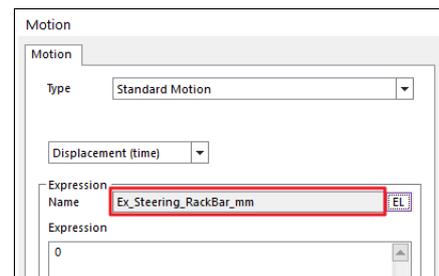
7. Expression 대화상자에서 **OK** 를 클릭 합니다.



8. 다시 나타나면, List 에서 **Ex\_Steering\_RackBar\_mm** 를 활성화시킨 후 **OK** 를 클릭합니다.

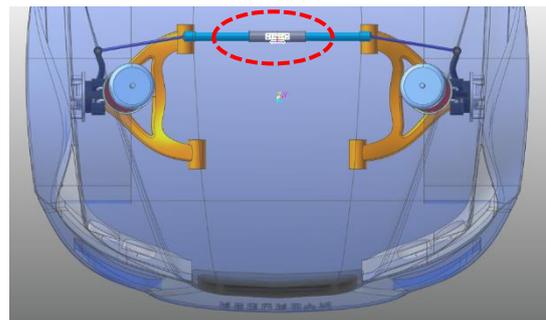


9. 오른쪽 그림과 같이 **Motion** 대화상자에서 Expression 이 입력된 것을 확인하고 **OK** 를 클릭합니다.



10. Tra\_Steering 의 Property 대화상자에서 **OK** 를 클릭합니다.

11. 오른쪽 그림과 같이 Translate Joint 에 Motion 이 표기되어 보여집니다.



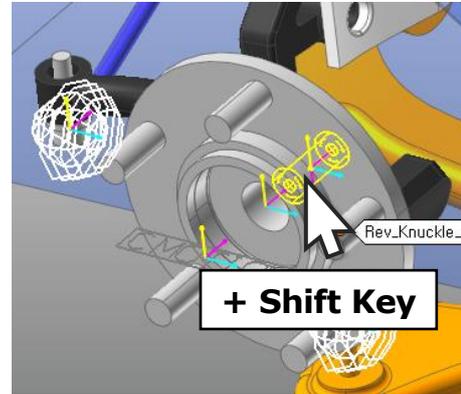
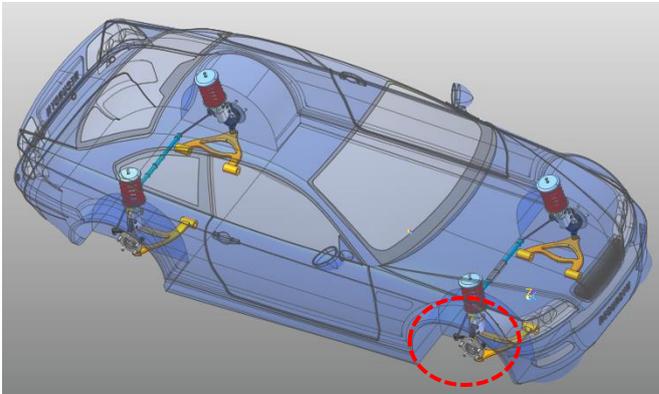
## 동력을 위한 **Rotational Axial Force** 생성

전륜 구동 차량의 동력을 표현하기 위해 앞 Suspension 의 양쪽 **WheelHub** 에 **Rotational Axial Force** 를 생성합니다. Suspension Subsystem 속에 이미 정의되어 있는 **Knuckle** 과 **WheelHub** 사이에 **Revolute Joint** 를 이용하여 간단하게 **Rotational Axial Force** 를 생성해봅니다.

### **Rotational Axial Force** 생성하기



1. **Professional** 탭의 **Force** 그룹에서 **Rot.Axial** 를 클릭합니다.
2. **Creation Method** 를 **Joint** 로 설정합니다.
3. 오른쪽 전륜 동력을 생성하기 위해 **Shift** 키를 누른 채로 오른쪽 Subsystem 속의 **WheelHub** 중심에 있는



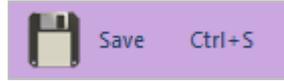
**Rev\_Knuckle\_\_WheelHub@Suspension\_FR@Suspension** 을 클릭합니다.

4. 다시 **Professional** 탭의 **Force** 그룹에서 **Rot.Axial** 를 클릭합니다.
5. **Creation Method** 를 **Joint** 로 설정합니다.
6. 왼쪽 전륜 동력을 생성하기 위해 **Shift** 키를 누른 채로 왼쪽 Subsystem 속 WheelHub 중심에 있는 **Rev\_Knuckle\_\_WheelHub@Suspension\_FL@Suspension** 을 클릭합니다.
7. **RotationalAxial1** 의 Property 대화상자를 열고 Name 을 **Rot\_Torque\_FR** 로 변경합니다.
8. **RotationalAxial2** 의 Property 대화상자를 열고 Name 을 **Rot\_Torque\_FL** 로 변경합니다.



### 모델 저장하기

- 기본적인 차량 모델링이 완성되었습니다. **File** 메뉴에서 **Save** 를 클릭하여 모델을 저장합니다.



## GRoad 생성

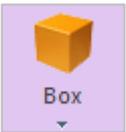
GTire의 Contact은 일반 Contact Entity들과는 다르게 GRoad가 정의되어 있어야 합니다. Geometry를 이용하여 GRoad를 생성해봅니다.

### GRoad 생성을 위한 Box Geometry 생성하기



1. Ground의 Edit 모드로 진입하기 위해 **Professional** 탭의 **Marker and Body** 그룹에서 **Ground**를 클릭합니다.

2. Ground Edit 모드에 진입하면 Working Window 왼쪽 상단에 **Ground@Driving\_Test**라고 표기됩니다.

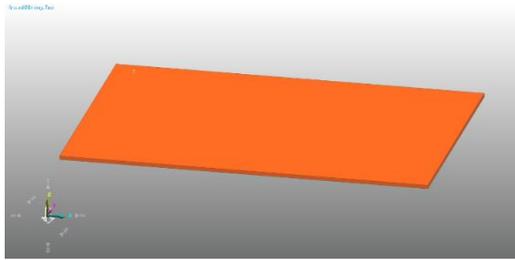


3. **Ground** 탭의 **Marker and Geometry** 그룹에서 **Box**를 클릭합니다.

4. **Creation Method**를 **Point, Point**로 설정한 후 아래와 같이 입력합니다.

- **Point:** -5000, 5000, -170
- **Point:** 80000, -50000, -1000

5. 아래 그림과 같이 **Box1**이 생성됩니다.



### GRoad 생성하기

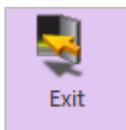
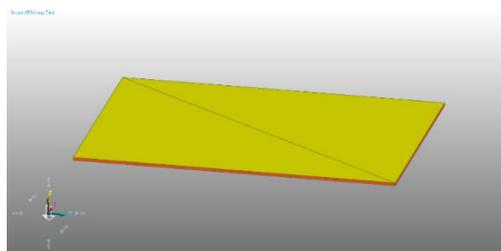


1. **Ground** 탭의 **Road Data** 그룹에서 **GRFace**를 클릭한 후 아래와 같이 입력합니다.

- **Face:** Box1.Face1
- **Direction:** 0, 0, 1 (Normal Vector)
- **Direction:** 1, 0, 0 (Heading Vector)

2. Save As 대화상자가 나타나면 모델이 저장된 경로에 **GRoad.rdf** 파일을 저장합니다.

3. 아래 그림과 같이 GRoad1이 생성됩니다.



4. **Ground** 탭에서 **Exit** 를 클릭하여 Ground Edit 모드에서 나옵니다.

## GTire 생성

GTire 가 지원하는 Solver Type 에는 UA-Tire, MF-Tire, F-Tire 등 여러 종류가 있습니다. 본 튜토리얼에서는 직관적이고 사용방법이 쉬운 UA-Tire 타입을 사용합니다.

### UA-Tire 타입의 Tire 파일 복사해오기

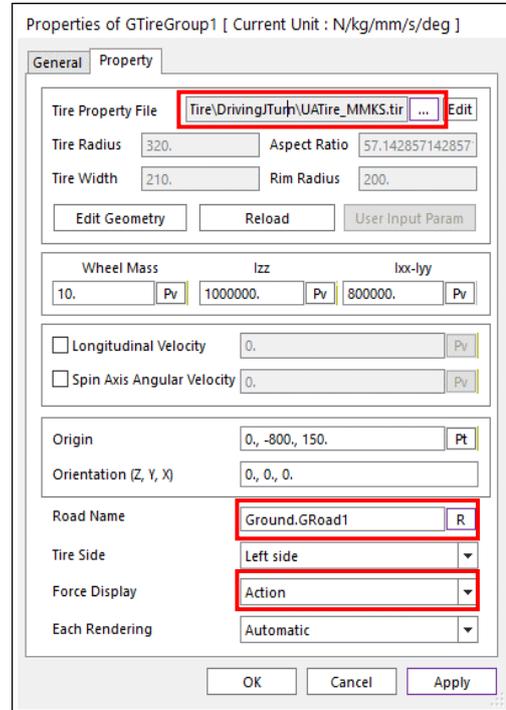
- GTire 튜토리얼 폴더에서 **UATire\_MMKS.tir** 파일을 복사하여 모델 저장위치에 붙여 넣습니다. (파일경로: <InstallDir> /Help/Tutorial/Toolkit/Tire/DrivingJTurn/UATire\_MMKS.tir)
- 본 튜토리얼에서 사용되는 예제 파일은 UA-Tire Solver 스펙에 맞게 정의되어 있습니다. UA-Tire 파일 구성은 다음과 같습니다.

[HEADER]		
FILE_TYPE	= 'tir'	
-----		
[UNITS]		
LENGTH	= 'mm'	<b>Unit</b>
FORCE	= 'newton'	
ANGLE	= 'radians'	
MASS	= 'kg'	
TIME	= 'second'	
-----		
[MODEL]		
VENDER_TIRE_TYPE	= 'RD-UA'	<b>Solver Type</b>
-----		
[DIMENSION]		
UNLOADED_RADIUS	= 320	<b>Tire Feature</b>
WIDTH	= 210	
RIM_RADIUS	= 200	
-----		
[PARAMETER]		<b>Contact Parameter</b>
\$ vertical stiffness (Force/Length)		
RADIAL_STIFFNESS	= 190.0	
\$ vertical damping ratio		
RADIAL_DAMPING_RATIO	= 0.01	
% longitudinal slip stiffness (Force/ratio)		
LONGITUDINAL_STIFFNESS	= 200000	
% lateral slip stiffness (Force/angle)		
LATERAL_STIFFNESS	= 50000	
% camber stiffness (Force/angle)		
CAMBER_STIFFNESS	= 3000	
% rolling resistance length (Length)		
ROLLING_RESISTANCE	= 3	
% maximum friction coefficient		
FRICITION_MAX	= 1.1	
% minimum friction coefficient		
FRICITION_MIN	= 0.8	

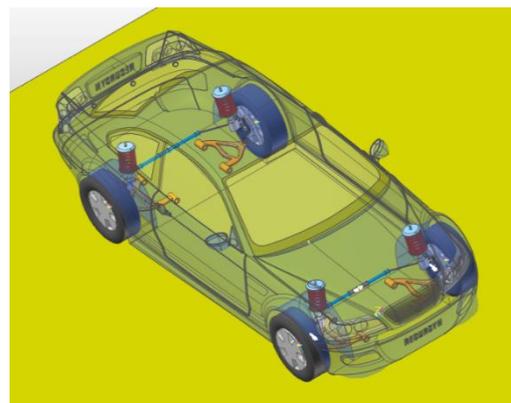
**GTire** 생성하기



1. **Toolkit** 탭의 **Toolkit** 그룹에서 **GTire** 를 클릭합니다.
2. **Creation Method** 를 **Point, WithDialog** 로 설정한 후 **Point** 로 **0, -800, 150** 입력합니다.
3. **GTireGroup** 의 대화상자가 나타나면 `...`을 클릭합니다.
4. Open 대화상자가 나타나면 위에서 복사한 **UATire\_MMKS.tir** 파일을 연결시킵니다.
5. 연결이 되면 자동으로 Tire Radius, Tire Width 등 Geometry 정보들이 업데이트됩니다.
6. Road 를 선택하기 위해 **R** 을 클릭합니다.
7. 위에서 생성한 **Ground.GRoad1** 을 선택합니다.
8. **Force display** 를 **Action** 으로 변경합니다.
9. **OK** 를 클릭합니다.
10. Database 에 **GTireGroup1** 이 생성됩니다.
11. **GTireGroup1** 의 Property 대화상자를 열어서 **Name** 을 **GTire\_FR** 로 변경합니다.



12. 아래 정보를 사용하여 **2-10** 과정을 반복합니다.
  - **Point:** 0, 800, 150
  - **Name:** GTire\_FL
  
  - **Point:** -2746.8298265481, -800, 150
  - **Name:** GTire\_RR
  
  - **Point:** -2746.8298265481, 800, 150
  - **Name:** GTire\_RL



생성된 4 개의 GTire 를 각각의 WheelHub 에 Fixed Joint 로 구속해야 합니다.

**GTire 와 WheelHub 사이에 Fixed Joint 생성하기**



1. **Working Plane Toolbar** 에서 **Change to XY** 를 선택합니다.

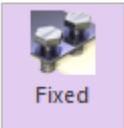
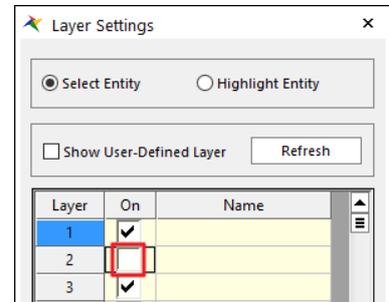


2. 차량만을 확대하기 위해 Database 에서 모든 **Gtire Entity** 들을 다중 선택하고 View Control Toolbar 에서 **Fit** 을 클릭합니다.



3. Chassis 속에 가려진 WheelHub 를 클릭해야 하기 때문에 Layer Settings 대화상자를 열고 **Layer 2** 의 **On** 을 해제합니다.

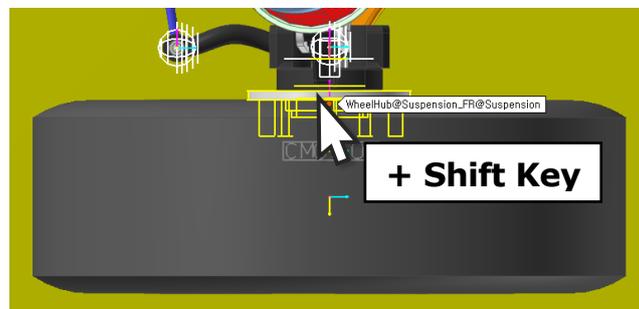
4. 아래 그림과 같이 보여집니다.



5. **Professional** 탭의 **Joint** 그룹에서 **Fixed** 를 클릭합니다.

6. **Creation Method** 를 **Body, Body, Point** 로 설정합니다.

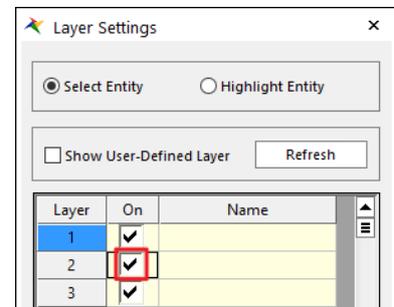
7. 첫 번째 Body 로 Subsystem 속 **WheelHub** 를 클릭하기 위해 **Shift** 키를 누른 채로 아래 그림과 같이 **WheelHub@Suspension\_FR@Suspension** 을 클릭합니다.



8. 두 번째 Body 로 **GTire\_FRBody** 를 선택합니다.

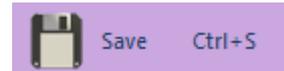
9. Point 로 **0, -800, 150** 을 입력합니다.
10. 생성된 **Fixed1** 의 Property 대화상자를 열고 Name 을 **Fix\_GTire\_FR** 로 변경합니다.
11. 아래 정보를 사용하여 **3-8** 과정을 반복합니다.
  - **Body:** WheelHub@Suspension\_FL@Suspension
  - **Body:** GTire\_FLBody
  - **Point:** 0, 800, 150
  - **Name:** Fix\_GTire\_FL
  
  - **Body:** WheelHub@Suspension\_RR@Suspension
  - **Body:** GTire\_RRBody
  - **Point:** -2746.8298265481, -800, 150
  - **Name:** Fix\_GTire\_RR
  
  - **Body:** WheelHub@Suspension\_RL@Suspension
  - **Body:** GTire\_RLBody
  - **Point:** -2746.8298265481, 800, 150
  - **Name:** Fix\_GTire\_RL

- 4 개의 Fixed Joint 가 생성되면 다시 **Layer Settings** 대화상자에서 **Layer2** 의 **On** 을 다시 켜고 **Close** 를 클릭하여 대화상자를 닫습니다.



#### 모델 저장하기

- Road 부터 Tire 까지 해석에 필요한 모든 모델링이 완성되었습니다. **File** 메뉴에서 **Save** 를 클릭하여 모델을 저장합니다.



## Chapter

## 4

## 주행 해석

### 목적

완성된 차량 모델을 이용하여 아래와 같은 주행 해석을 수행해봅니다.

- 차량 안착 해석 수행
- 직진 주행 해석 수행
- J-Turn 주행 해석 수행



예상 소요 시간

20 분

## 주행 해석을 위한 준비

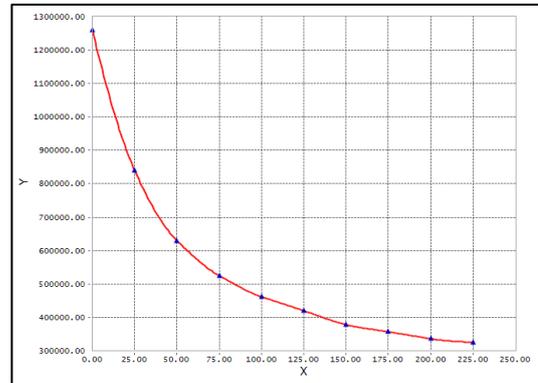
차량 주행속도에 대한 Torque 를 Spline 으로 정의하고 Expression 으로 구현합니다. 그리고 생성된 Expression 을 이용하여 챗터 3 에서 생성한 두 개의 Rotational Axial Force 에 적용시켜봅니다.

속도에 대한 토크를 **Spline** 으로 정의하기



1. **SubEntity** 탭에서 **Expression** 그룹의 **Spline** 을 클릭합니다.
2. **Spline List** 대화상자가 나타나면 **Create** 를 클릭합니다.
3. Spline 대화상자가 나타나면 **Add Row** 를 클릭한 후 아래 값들을 입력합니다.
  - **Name:** Sp\_Torque\_kmph\_Nmm
  - **Data:**

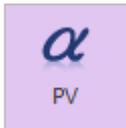
No	X	Y1
1	0	1260000
2	25	840000
3	50	630000
4	75	525000
5	100	462000
6	125	420000
7	150	378000
8	175	357000
9	200	336000
10	225	325500



4. 위 정보는 차량 속도(km/h)에 대하여 휠이 받는 토크(N\*mm)입니다.
5. **OK** 를 클릭합니다.
6. **Spline List** 대화상자에서도 **OK** 를 누릅니다.

간편하게 속도조절을 하기 위해서 목표 속도(km/h)를 PV 로 정의합니다.

**PV** 정의하기



1. SubEntity 탭에서 Parameter 그룹의 PV 를 클릭합니다.
2. PV List 대화상자가 나타나면 **Add** 를 클릭하여 아래 값을 정의합니다.
  - **InputV\_kmph:** 0
3. **OK** 를 클릭합니다.

차량 속도를 측정할 **Reference Marker** 생성하기



1. **Working Plane Toolbar** 에서 **Change to XY** 를 선택합니다.



2. 차량만을 확대하기 위해 Database 에서 모든 **Gtire Entity** 들을 다중 선택하고 View Control Toolbar 에서 **Fit** 을 클릭합니다.



3. **Professional** 탭의 Marker and Body 그룹에서 Marker 를 클릭합니다.

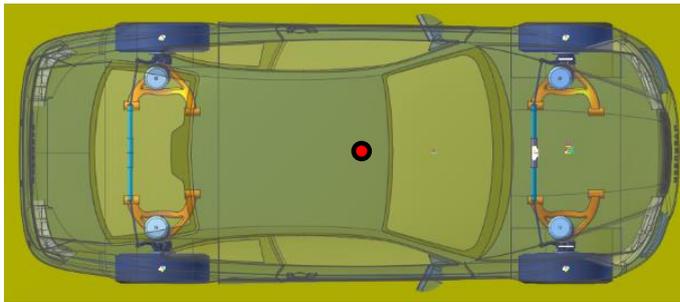
4. **Creation Method** 를 **Body, Point** 로 설정한 후 아래 값을 입력합니다.

- **Body:** Ground
- **Point:** -1400, 0, 540

5. 아래정보를 이용하여 3 과정을 반복합니다.

- **Body:** Chassis
- **Point:** -1400, 0, 540

6. 아래 그림과 같이 Chassis 중앙에 두 개의 Marker 가 생성됩니다.



7. **Database** 에서 **Ground** 하위의 **Markers** 에서 마지막에 생성된 Marker 를 선택하여 Property 대화상자를 엽니다.

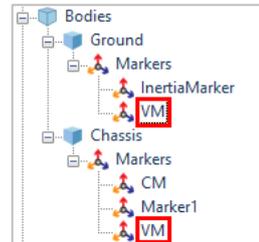
8. **Origin&Orientation** 탭으로 이동하여 아래의 값들과 동일정보가 입력되어 있는지 확인합니다.

- **Origin:** -1400, 0, 540
- **Orientation:** 0, 0, 0

Origin	<input type="text" value="-1400, 0, 540"/>	Pt
Orientation		
Type	Angles	
Master Point	+Z	0, 200., 1.
Slave Point	+X	1., 200., 0
Euler Ang.(PV:R)	Angle313	<input type="text" value="0., 0., 0."/>

9. Reference 로 사용될 Marker 이므로 Origin 과 Orientation 에 따라 해석 결과가 크게 달라질 수 있으니 주의해야 합니다.
10. Property 값들이 문제없는 것을 확인 후 General 탭에서 **Name** 을 **VM** 으로 변경합니다.
11. **OK** 를 클릭합니다.

12. **Chassis** 의 Marker 에도 **6-8** 과정을 반복합니다.



### Torque Expression 정의하기



1. **SubEntity** 탭에서 **Expression** 그룹의 **Expression** 을 클릭합니다.
2. **Expression List** 대화상자가 나타나면 Expression 대화상자를 열기 위해 **Create** 를 클릭합니다.
3. **Expression** 대화상자가 나타나면 아래와 같이 입력합니다.
  - **Name:** Ex\_Torque\_Nmm
  - **Content:**
    - **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:**
    - **ID1: Chassis.VM**
    - **ID2: Ground.VM**
    - **ID3: Sp\_Torque\_kmph\_Nmm**

Expression

Name:

Content:

Available

- Function expressions
- Fortran 77 Functions
- Simulation constants
- Displacement
- Velocity
- Acceleration
- Generic force
- Specific force
- System element

Argument List

ID	Entity
1	Chassis.VM
2	Ground.VM
3	Sp_Torque_kmph_Nmm

Buttons: Add, Delete, OK, Cancel, Apply

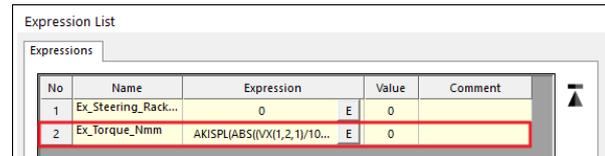
4. 위에서 정의한 **Expression** 의 구성을 세부적으로 살펴보면 다음과 같습니다.
  - **AKISPL** 함수로 위에서 정의한 Spline 정보를 사용하여 Torque 값을 반환 받습니다.
  - Spline의 X 값으로는 **VX** 함수를 이용하여 차량의 진행방향 속도를 입력합니다.
  - 차량의 속도는 km/h 단위 변환하고 **ABS** 함수로 절대값을 취한 것을 사용합니다.
  - Input Velocity와 현재 속도 차이에 Gain 값(1.4)를 곱하여 간단한 P 제어를 구현합니다. (상황에 따라 Gain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

5. Expression 대화상자에서 **OK** 를 클릭합니다.
6. Expression List 대화상자에서 **OK** 를 클릭합니다.

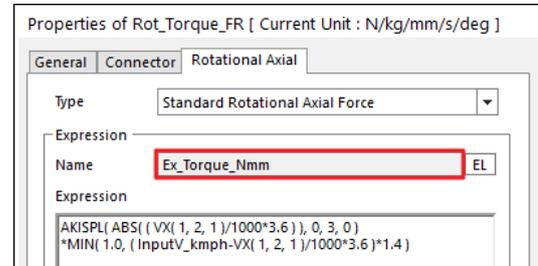
위에서 생성한 Expression 을 두 **Rotational Axial Force** 에 입력합니다.

**Torque Expression** 입력하기

1. **Database** 에서 **Rot\_Torque\_FR** 의 Property 대화상자를 엽니다.
2. **EL** 을 클릭합니다.
3. **Expression List** 대화상자가 나타나면, List 에서 **Ex\_Torque\_Nmm** 를 활성화 시킨 후 **OK** 를 클릭합니다.



4. **Rot\_Torque\_FR** 의 Property 대화상자에서 Expression 이 입력된 것을 확인하고 **OK** 를 클릭합니다.



5. Database 에서 **Rot\_Torque\_FL** 의 Property 대화상자를 열어서 **1-4** 과정을 반복합니다.

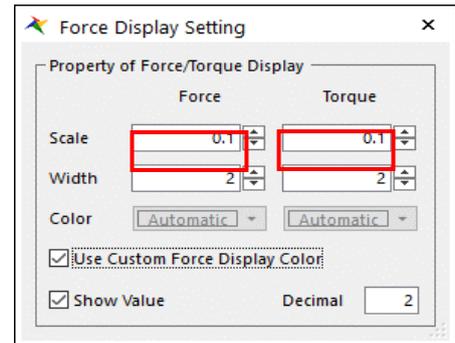
## 차량 안착 해석 수행

생성된 차량이 Road 에 잘 안착되는지 확인하기 Dynamic/Kinematic 을 실행합니다.

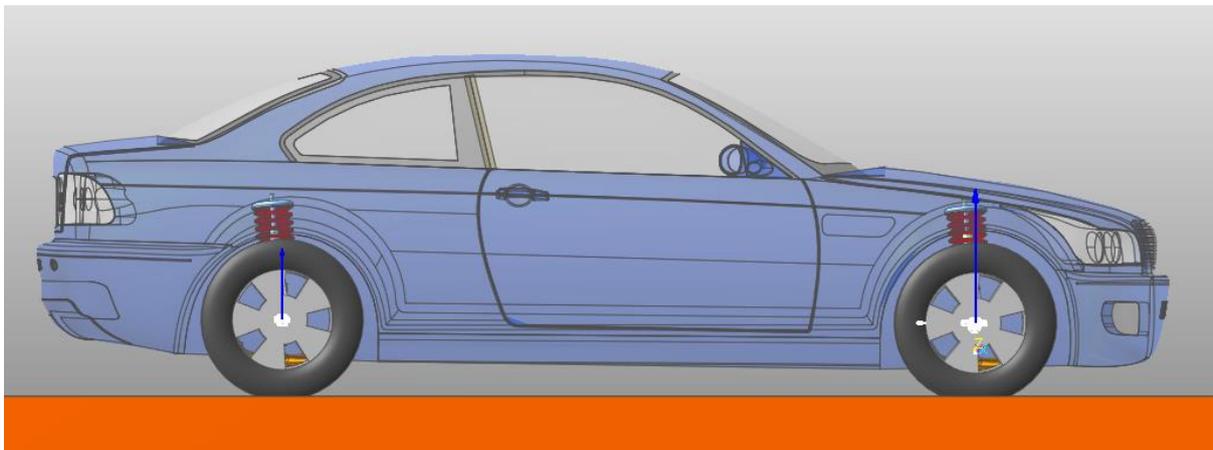
차량 안착 해석 수행하기



1. **Analysis** 탭의 **Simulation Type** 그룹에서 **Dyn/Kin** 을 클릭하여 Dynamic/Kinematic 대화상자를 엽니다.
2. **General** 탭에서 아래와 같이 정의합니다.
  - **End Time:** 5
  - **Step:** 100
3. **Parameter** 탭에서 **Maximum Time Step** 을 **1.e-3** 으로 변경합니다.
4. **Simulate** 를 클릭하여 해석을 진행합니다.
5. **Analysis** 탭의 **Animation Control** 그룹에서 **Force Display Setting** 을 클릭합니다.
6. **Force** 와 **Torque** 의 **Scale** 을 **0.1** 로 변경하고 대화상자를 닫습니다.



7. 애니메이션을 재생하여 차량이 아래 그림과 같이 Road 에 안착되는지 확인합니다.



## 직진 주행 해석 수행

차량에 Torque 를 주기 위해서 PV 로 정의된 목표속도를 변경해 봅니다.

속도 **PV** 변경하기

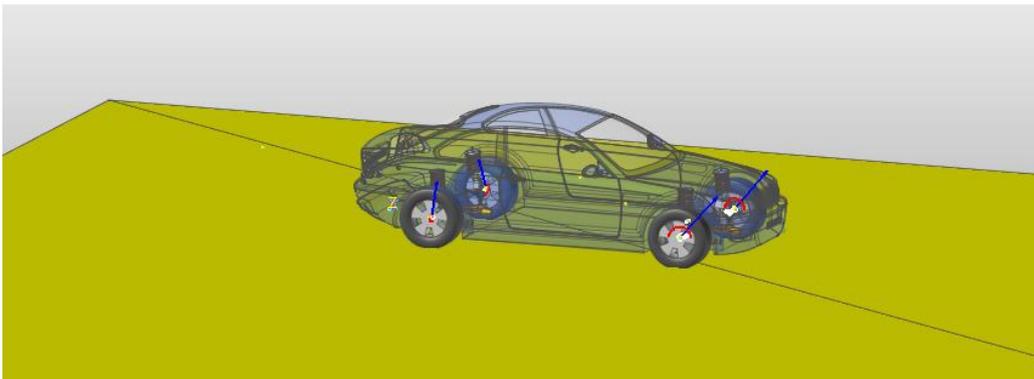
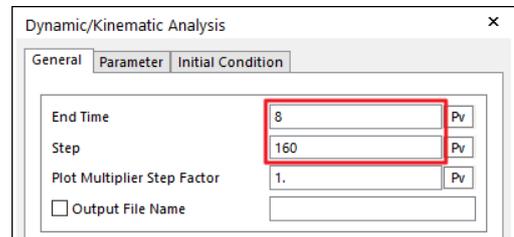


1. **SubEntity** 탭에서 **Parameter** 그룹의 **PV** 를 클릭합니다.
2. PV List 대화상자에서 **InputV\_kmph** 를 **40** 으로 변경합니다.
3. **OK** 를 클릭합니다.

직진 주행 해석 수행하기



1. **Analysis** 탭의 **Simulation Type** 그룹에서 **Dyn/Kin** 을 클릭하여 Dynamic/Kinematic 대화상자를 엽니다.
2. **General** 탭에서 아래와 같이 정의합니다.
  - **End Time:** 8
  - **Step:** 160
3. **Simulate** 를 클릭하여 해석을 진행합니다.
4. 애니메이션을 재생하여 차량이 아래 그림과 같이 직진 주행을 하는지 확인합니다.
5. Steering 의 Motion 이 고정되어 있으므로 차량은 **40km/h** 로 직진 주행을 하게 됩니다.



## J-Turn 주행 해석 수행

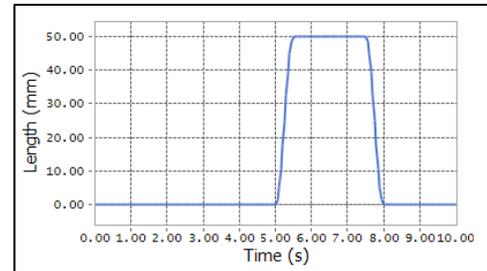
달리는 도중에 Steering 을 제어하여 J-Turn 주행에 대한 해석을 수행해봅니다.

### Steering 의 Expression 수정하기



1. **SubEntity** 탭에서 **Expression** 그룹의 **Expression** 을 클릭합니다.
2. **Expression List** 대화상자가 나타나면 List 에서 **Ex\_Steering\_RackBar\_mm** 를 수정하기 위해 **E** 를 클릭합니다.
3. Expression 대화상자가 나타나면 Content 를 아래와 같이 수정합니다.
  - **Content:**
    - **Step(Time-5,0,0,0.5,50) - Step(Time-7.5,0,0,0.5,50)**

4. 위에서 정의한 Expression 은 5 초에서 8 초 사이에 **RackBar** 를 50mm 이동시켰다 되돌리는 수식입니다. **RackBar** 가 50mm 이동하면 Tire 는 12deg 정도 회전하게 됩니다.



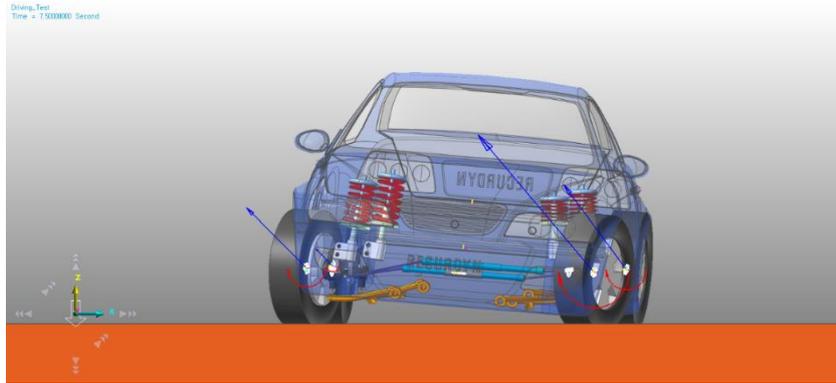
5. **Expression** 대화상자에서 **OK** 를 클릭합니다.
6. **Expression List** 대화상자에서 **OK** 를 클릭합니다.

### J-Turn 주행 해석 실행하기



1. **Analysis** 탭의 **Simulation Type** 그룹에서 **Dyn/Kin** 을 클릭하여 **Dynamic/Kinematic** 대화상자를 엽니다.
2. **General** 탭에서 아래와 같이 정의합니다.
  - **End Time:** 10
  - **Step:** 200
3. **Simulate** 를 클릭하여 해석을 진행합니다.

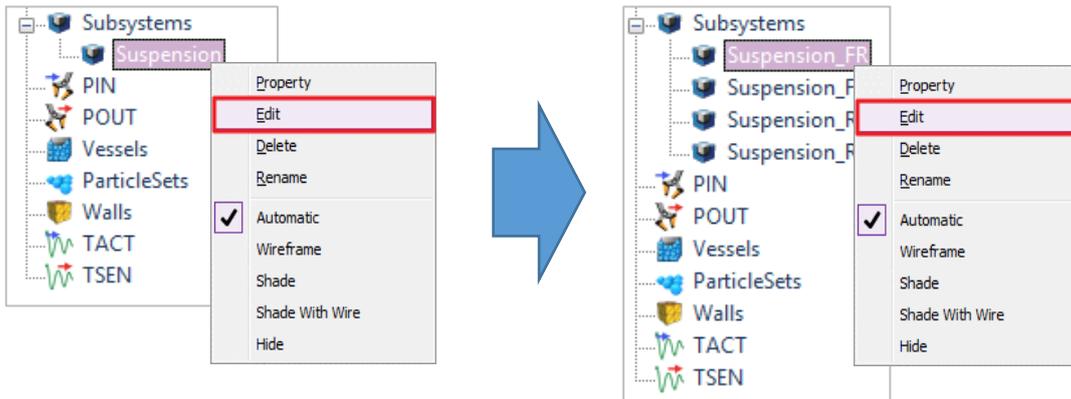
- 애니메이션을 재생하여 차량이 아래 그림과 같이 J-Turn 주행을 하는지 확인합니다.



해석된 애니메이션 결과는 Subsystem 내부에서도 재생이 가능합니다. Subsystem 내부에서 재생될 때는 Mother Body 기준으로 재생됩니다.

**Subsystem** 을 이용하여 애니메이션 보기

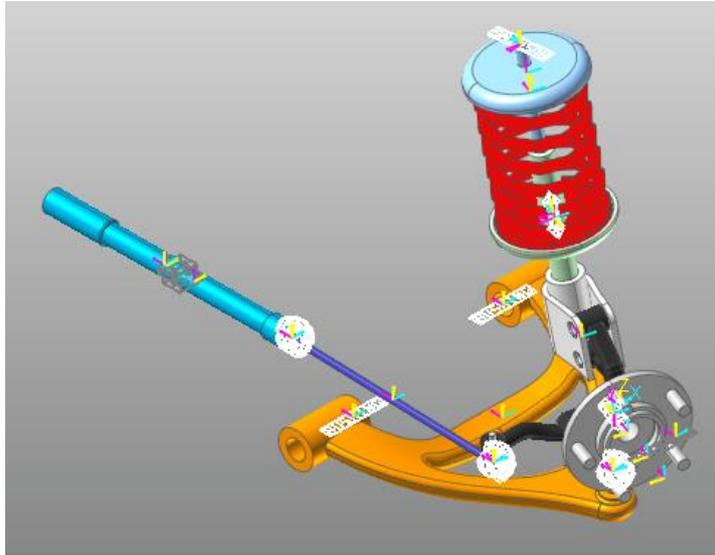
- Database 에서 **Suspension** Subsystem 을 마우스 오른쪽으로 클릭한 후 Pop-up 메뉴에서 **Edit** 을 클릭합니다.
- 다시, Database 에서 **Suspension\_FR** Subsystem 을 마우스 오른쪽으로 클릭한 후 Pop-up



메뉴에서 **Edit** 을 클릭합니다.

- 애니메이션 재생하여 Suspension 의 거동을 관찰합니다.

- 애니메이션은 Subsystem 의 Mother Body 인 Chassis 기준으로 재생됩니다. 따라서 Chassis 에 달려서 움직이는 Suspension 은 고정된 상태로 보여집니다.



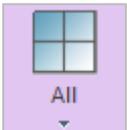
## Plot 그리기

J-Turn 을 주행을 한 차량의 동적 거동을 살펴보기 위해 Plot 을 그려봅니다.

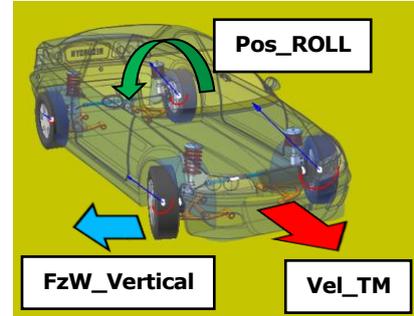
### J-Turn 해석에 대한 Plot 그리기



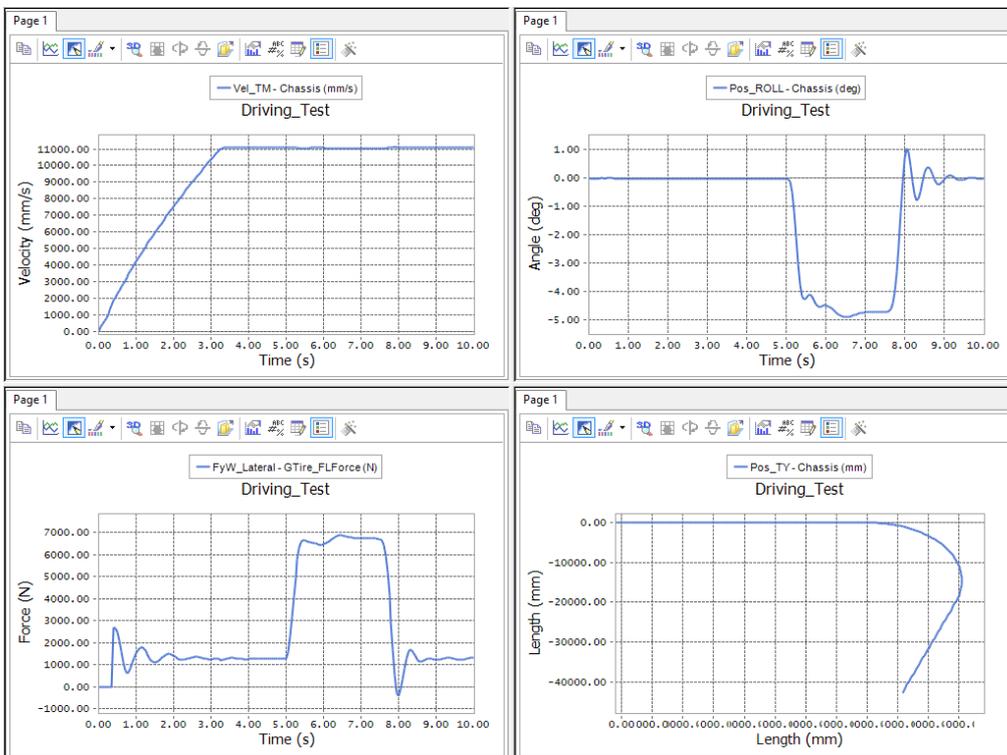
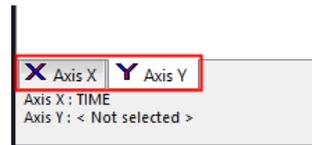
1. **Analysis** 탭의 **Plot** 그룹에서 **Result** 를 클릭합니다.
2. **Plot Window** 에 진입합니다.



3. **Home** 탭의 **Windows** 그룹에서 **All** 을 클릭합니다.
4. 아래 정보를 이용하여 Plot 을 그립니다.



- 왼쪽 상단 **Window**: Bodies/Chassis/Vel\_TM
- 오른쪽 상단 **Window**: Bodies/Chassis/Pos\_ROLL
- 왼쪽 하단 **Window**: Tire/GTire\_FLForce/FyW\_Lateral
- 오른쪽 하단 **Window**:
  - AxisX: Bodies/Chassis/Pos\_TX
  - AxisY: Bodies/Chassis/Pos\_TY



Plot결과 분석해 보면 차량의 속도가 3.4초 이후부터 등속으로 주행함을 알 수 있습니다. 또한 5

초 이후에 J-Turn을 시작할 때 차량의 Roll 각도가 생기는 것과 동시에 Tire의 Lateral Force가 발생하는 것도 알 수 있습니다. 마지막으로 X-Y 위치 정보를 보면 차량의 회전 거동을 수치적으로 확인할 수 있습니다.

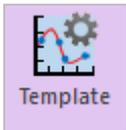
동일한 Plot 을 간편하게 반복해서 그리기 위해 Plot Template 을 생성하고 적용시킵니다.

**Plot Template Export** 하기

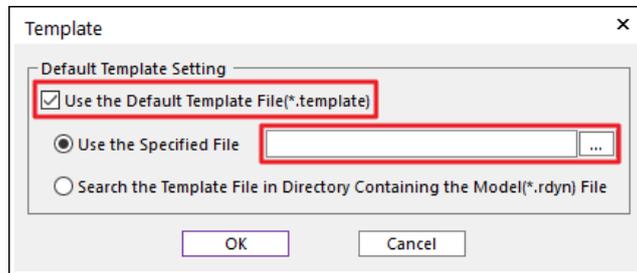


1. 4 개의 Curve 가 그려진 상태에서 **Home** 탭의 **Export** 그룹에서 **Template** 을 클릭합니다.
2. Export Plot Template Setting 대화상자가 나타나면 Export 를 클릭하여 Template 파일을 저장합니다.

**Plot Template File** 연결하기



1. **Modeling Window** 로 돌아옵니다.
2. **Analysis** 탭의 **Plot** 그룹에서 **Template** 을 클릭합니다.
3. **Template** 대화상자가 나타나면 **Use the Default Template File(\*.template)** 옵션을 켭니다.
4. **Use the Specified File** 을 선택하고 위에서 생성한 Plot Template 파일을 연결해 줍니다.



5. **OK** 를 눌러 대화상자를 닫습니다.
6. **Plot Template** 이 연결되면 **Template** 아이콘이 오른쪽 그림과 같이 활성화 됩니다.



Chapter

5

## Tire Property 수정과 해석

### 목적

UA-Tire 의 Contact Property 를 수정 후 주행 해석을 수행해봅니다. 해석결과의 Plot 분석을 통해 변경된 Parameter 값이 어떤 영향을 미치는지 이해해봅니다.



### 예상 소요 시간

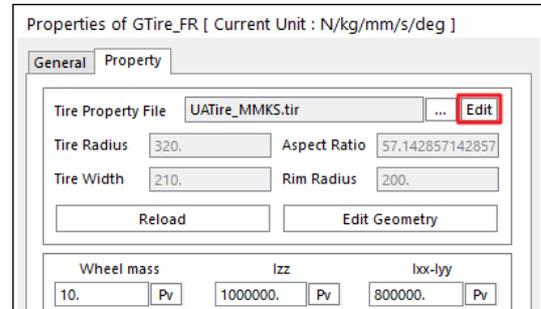
10 분

## UA-Tire Property 수정 및 해석

Tire 파일에는 거동에 영향을 주는 여러 Parameter 들이 존재합니다. 특히, J-Turn 주행 중에는 Tire 의 사이드 방향에 가해지는 Lateral Force 의 영향을 많이 받습니다. Lateral Force 에 영향을 주는 Parameter 를 수정한 후 동일한 해석을 진행해봅니다.

### UA-Tire Property 수정 후 해석하기

1. Database 에서 GTire\_FR 의 Property 대화상자를 엽니다.
2. Edit 을 클릭하여 UATire\_MMKS.tir 파일을 엽니다.



3. 아래 그림과 같이 UA Tire 의 파일이 텍스트 형식으로 메모장에 열립니다.
4. LATERAL\_STIFFNESS 를 30000 으로 수정합니다.

```

$-----parameter
[PARAMETER]
$ vertical stiffness (Force/Length)
RADIAL_STIFFNESS = 190.0
$ vertical damping ratio
RADIAL_DAMPING_RATIO = 0.01
% longitudinal slip stiffness (Force/ratio)
LONGITUDINAL_STIFFNESS = 200000
% lateral slip stiffness (Force/angle)
LATERAL_STIFFNESS = 30000
% camber stiffness (Force/angle)
CAMBER_STIFFNESS = 3000
% rolling resistance length (Length)
ROLLING_RESISTANCE = 3
% maximum friction coefficient
FRICTION_MAX = 1.1
% minimum friction coefficient
FRICTION_MIN = 0.8
    
```

5. 메모장의 File 메뉴에서 Save 를 누른 후 메모장을 닫습니다.
6. 다시 GTire\_FR 의 Property 대화상자에서 OK 를 클릭합니다.
7. 4 개의 GTire Property 에서는 동일한 Tire 파일을 공유하고 있기 때문에 한번만 작업하면 모두 동일하게 적용됩니다.

### Tip: Text Eitor 로 직접 Tire Property 수정하기

Tire 파일을 GTire Property 대화상자에서 열지 않고, 바로 Window 탐색기에서 Tire 파일을 Text Eitor 로 열어서 수정하여도 수정된 Property 값이 적용되어 해석을 진행합니다.





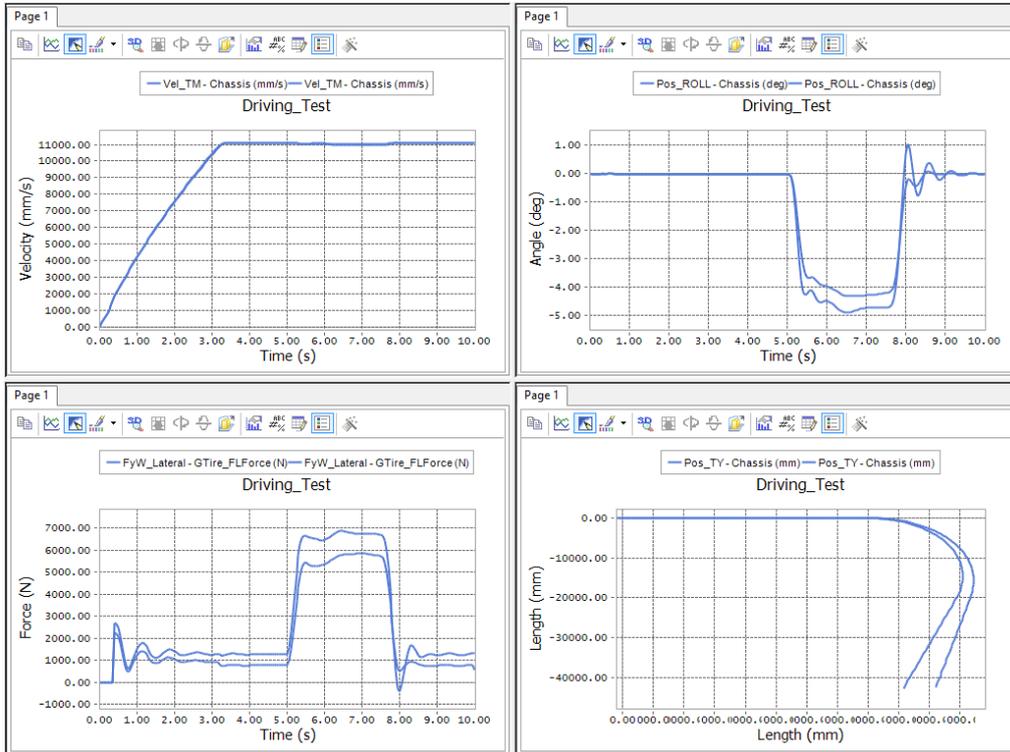
8. **Analysis** 탭의 **Simulation Type** 그룹에서 **Dyn/Kin** 을 클릭하여 Dynamic/Kinematic 대화상자를 엽니다.

9. **Simulate** 를 클릭하여 해석을 진행합니다.



10. 해석이 완료되면 **Analysis** 탭의 **Plot** 그룹에서 **Add** 를 클릭합니다.

11. 챗터 4 에서 Plot Template 이 정의해 두었기 때문에 이전이 그린 Plot 위에 새로 해석된 결과의 Curve 가 동일한 양식으로 그려집니다.

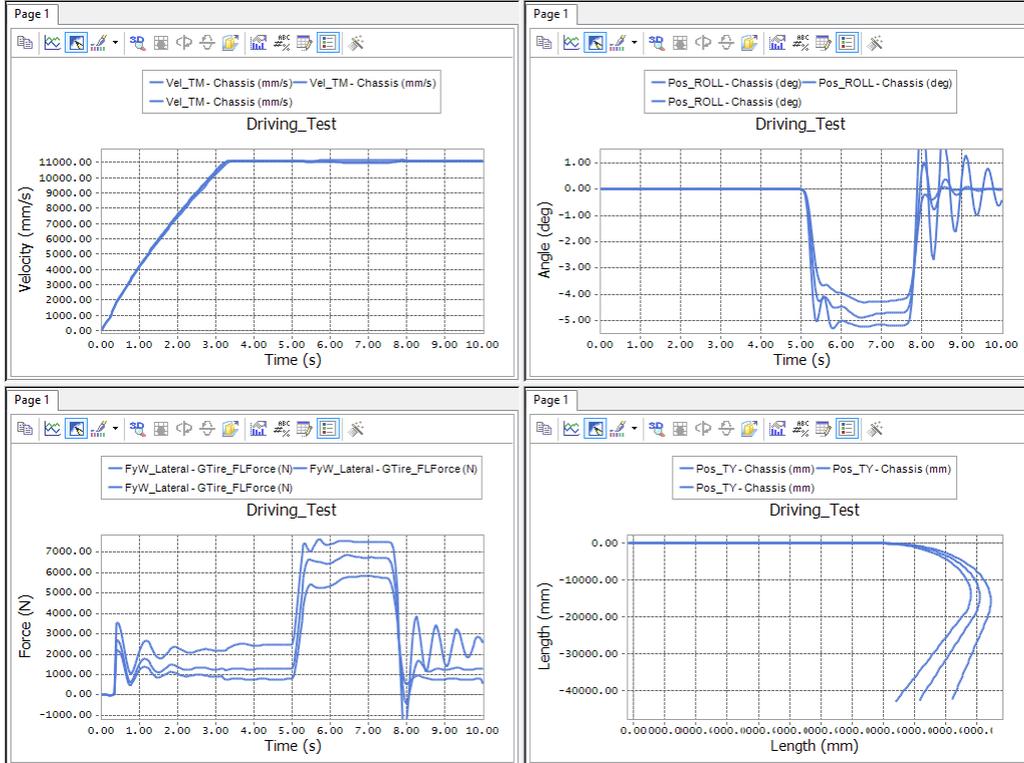


12. Plot 결과 분석해 보면 **LATERAL\_STIFFNESS** 를 **30000** 으로 낮춘 해석 결과에서 Lateral Force 가 작아지므로 차량이 회전 바깥쪽 방향으로 밀리는 거동을 보입니다. 또한 5 초에서 8 초 사이 회전 도중의 Chassis 의 Roll 각도도 작아짐을 알 수 있습니다.

13. 1-8 과정을 아래 정보를 이용하여 반복합니다.

- **LATERAL\_STIFFNESS: 100000**

14. 이전 Plot 위에 새로 해석된 결과의 Curve 가 추가로 그려집니다.



15. Plot 결과를 다시 분석해 보면 **LATERAL\_STIFFNESS** 를 **100000** 으로 높인 해석 결과에서는 이전 결과와 반대로 Lateral Force 가 커지므로 차량이 회전 안쪽 방향으로 당겨지는 거동을 보입니다. 또한 5 초에서 8 초 사이 회전 도중의 Chassis 의 Roll 각도가 커짐을 알 수 있습니다. 이러한 변화로 인해 회전 직후에 즉, 8 초 이후에 Roll 의 진폭이 매우 커짐을 알 수 있습니다.



## GRoad 변경과 해석

### 목적

GRoad 를 변경 후 주행 해석을 수행해봅니다.



### 예상 소요 시간

10 분

## GRoad 변경 및 해석

지면을 변경하면서 직선 주행 시 차량의 거동을 분석하여 봅니다.

속도 **PV** 변경하기



PV

1. **SubEntity** 탭에서 **Parameter** 그룹의 **PV** 를 클릭합니다.
2. PV List 대화상자에서 **InputV\_kmph** 를 **30** 으로 변경합니다.
3. **OK** 를 클릭합니다.

직진 주행을 위해 **Steering** 의 **Expression** 수정하기

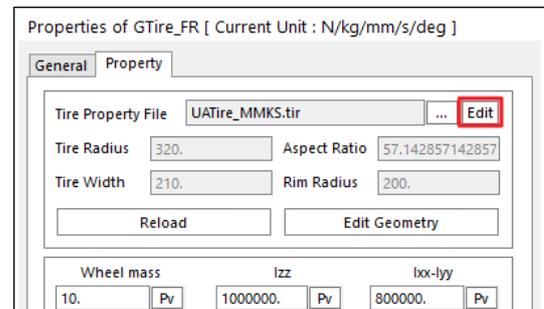


Expression

1. **SubEntity** 탭에서 **Expression** 그룹의 Expression 을 클릭합니다.
2. Expression List 대화상자가 나타나면 List 에서 **Ex\_Steering\_RackBar\_mm** 를 수정하기 위해 **E** 를 클릭합니다.
3. **Expression** 대화상자가 나타나면 **Content** 를 **0** 으로 수정합니다.
4. **Expression** 대화상자에서 **OK** 를 클릭합니다.
5. **Expression List** 대화상자에서 **OK** 를 클릭합니다.

**UA-Tire Property** 수정 후 해석하기

1. **Database** 에서 **GTire\_FR** 의 Property 대화상자를 엽니다.
2. **Edit** 을 클릭하여 **UATire\_MMKS.tir** 파일을 엽니다.
3. **LATERAL\_STIFFNESS** 를 **50000** 으로 수정합니다.



본 튜토리얼에서 제공하는 지면 파일을 불러와서 GRoad 를 생성해봅니다.

**GRoad** 파일 복사해오기

- GTire 튜토리얼 폴더에서 **GRoad\_Rough.rdf** 파일과 **GRoad\_Hill.rdf** 파일을 복사하여 모델 저장위치에 붙여넣습니다.  
(파일경로: <InstallDir> /Help/Tutorial/Toolkit/Tire/DrivingJTurn/GRoad\_Hill.rdf)

**Rough** 한 **GRoad** 로 변경 후 해석하기

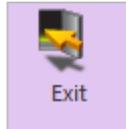
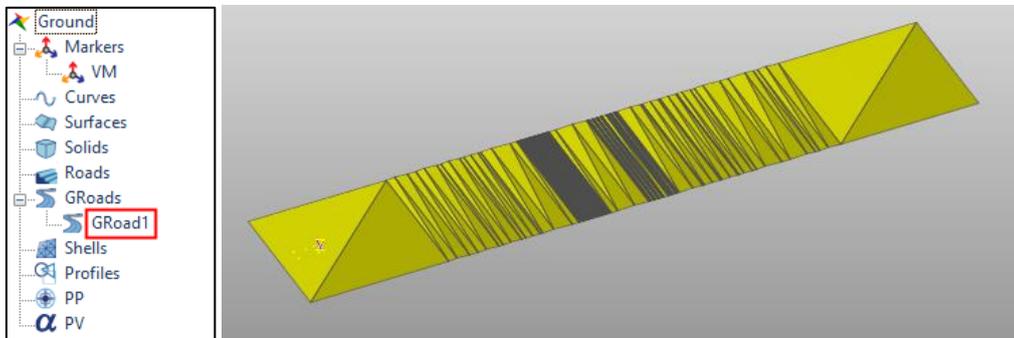


1. **Ground** 의 **Edit** 모드로 진입하기 위해 **Professional** 탭의 **Marker and Body** 그룹에서 **Ground** 를 클릭합니다.
2. **Ground Edit** 모드에 진입하면 **Working Window** 왼쪽 상단에 **Ground@Driving\_Test** 라고 표기됩니다.
3. **Database** 에서 **Box1** 과 기존에 있던 **GRoad1** 을 삭제합니다.

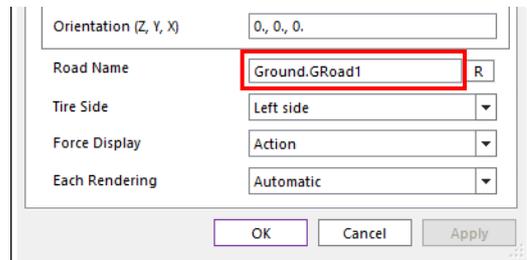


4. **Ground** 탭의 **Road Data** 그룹에서 **GRImport** 를 클릭한 후 위에서 복사한 **GRoad\_Rough.rdf** 파일을 불러옵니다.

5. Database 에 **GRoad1** 이 다시 생성되며, 아래 그림과 같이 거친 형태의 지면이 보여집니다.



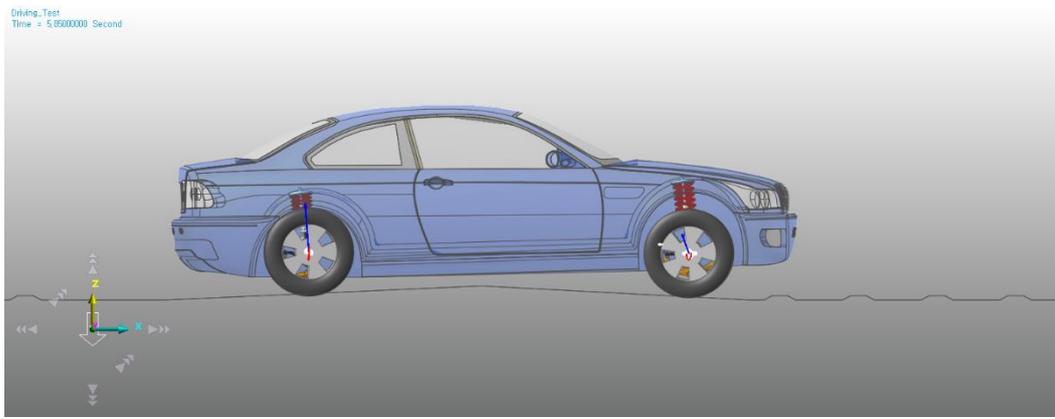
6. **Ground** 탭에서 **Exit** 를 클릭하여 Ground Edit 모드에서 나옵니다.
7. 4 개의 GTire 의 Property 대화상자에서 **Road name** 을 **Ground.GRoad1** 로 입력합니다.



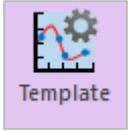




8. **Analysis** 탭의 **Simulation Type** 그룹에서 **Dyn/Kin** 을 클릭하여 **Dynamic/Kinematic** 대화상자를 엽니다.
9. **General** 탭에서 아래와 같이 정의합니다.
  - **End Time:** 10
  - **Step:** 1000
10. **Simulate** 를 클릭하여 해석을 진행합니다.
11. 애니메이션을 재생하여 차량의 거동을 확인합니다. 거친 지면으로 인해 차량이 앞뒤로 흔들리는 것을 볼 수 있습니다.



**Plot Template File** 연결 해지하기

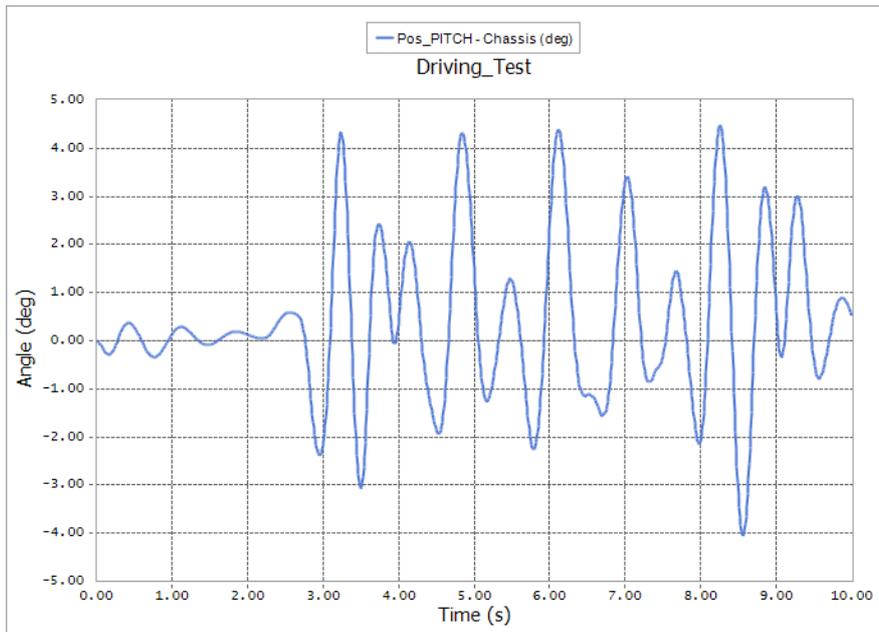
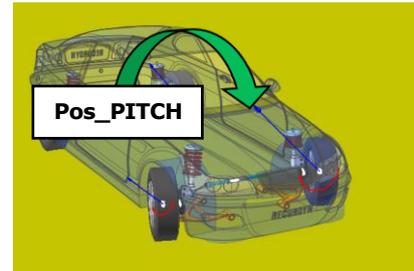


1. **Analysis** 탭의 **Plot** 그룹에서 **Template** 을 클릭합니다.
2. **Template** 대화상자가 나타나면 **Use the Default Template File(\*.template)** 옵션을 끕니다.
3. **OK** 를 클릭하여 대화상자를 닫습니다.

거친 지면 해석에 대한 **Plot** 그리기



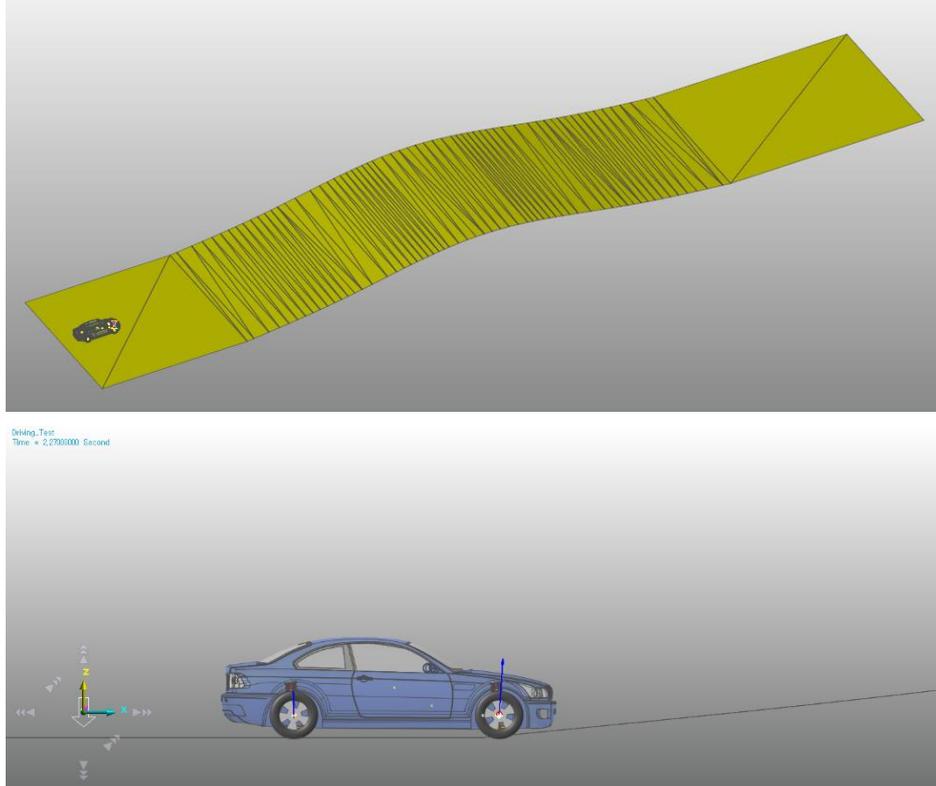
1. **Analysis** 탭의 **Plot** 그룹에서 **Result** 를 클릭합니다.
2. **Plot Window** 에 진입합니다.
3. 아래 정보를 이용하여 차량의 Pitch 정보를 그립니다.
  - **Bodies/Chassis/Pos\_PITCH**



애니메이션에서 본 것과 같이, Plot 에서도 차량이 불규칙한 지면으로 인해 Pitch 각도가 커짐을 수치적으로 알 수 있습니다.

언덕이 있는 **GRoad** 로 변경 후 해석하기

- 이전에 작업한 방법과 동일하게 Ground 의 Edit 모드에서 기존 GRoad 를 지우고 **GRoad\_Hill.rdf** 로 새로 불러온 후 동일한 해석을 진행해 봅니다.



## 여러 가지 주행 해석 (참고)

아래와 같은 여러 요소들을 고려하여 추가적인 주행해석을 생각해 볼 수 있습니다.

- **LATERAL\_STIFFNESS** 외의 다른 **Property** 수정 후 주행
- 여러 Geometry 를 이용하여 GRoad 변경 후 주행
- Input Velocity 와 Steering 을 변경 후 주행
- Suspension 의 Spring Property 를 변경 후 주행

*Thanks for participating in this tutorial*