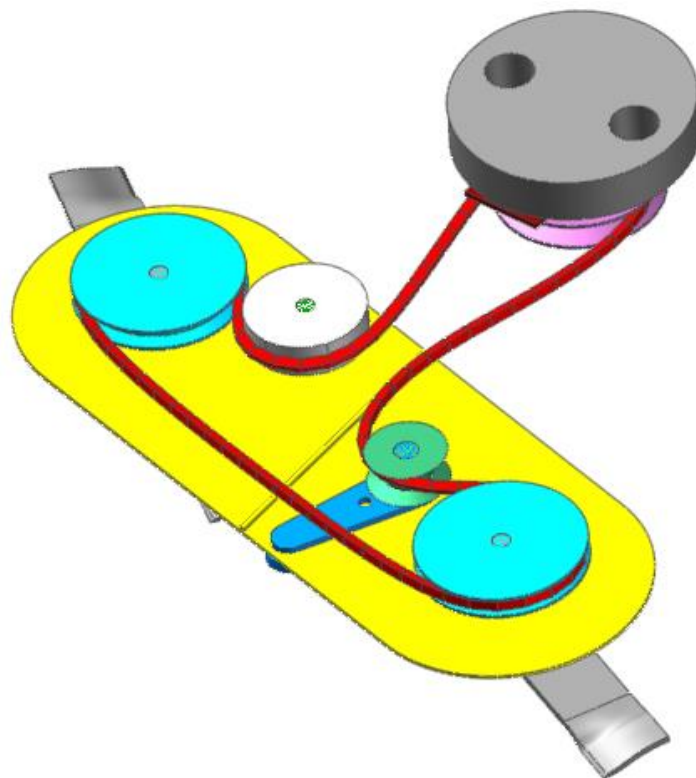


Riding Lawnmower with V-Belt Tutorial (Belt)



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

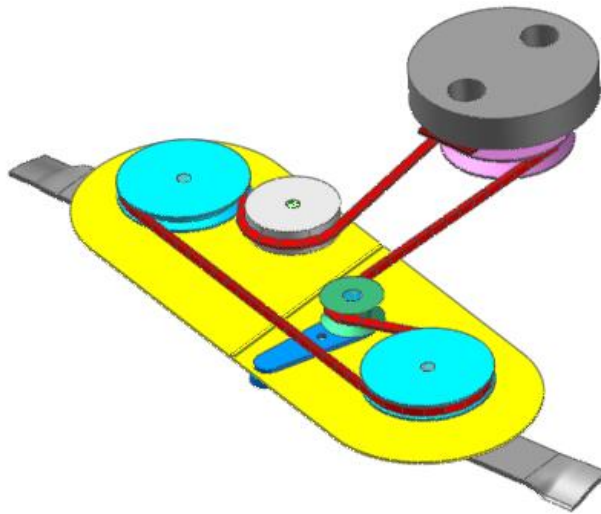
개요	5
목적	5
독자	6
필요 요건	6
과정	6
예상 소요 시간	6
서브 시스템의 생성	7
목적	7
예상 소요 시간	7
RecurDyn 의 실행	8
벨트 시스템의 생성	8
지오메트리 엔티티의 생성	10
목적	10
예상 소요 시간	10
V 폴리의 생성	11
롤러의 생성	14
V 벨트 세그먼트의 생성	15
Belt 와의 결합	17
목적	17
예상 소요 시간	17
벨트의 경로 정의	18
축에 폴리 고정 시키기	19
Revolute 조인트의 생성	20
그라운드에 모터 마운트와 잔디 깎기 데크를 연결하기	21
모터 샤프트에 모션 적용 하기	22
텐서너 링크에 포스 적용하기	24
시뮬레이션의 실행	26
결과 보기	26
모델의 수정	28
목적	28
예상 소요 시간	28
롤러에 플랜지 추가 하기	29
벨트의 수정	30
블레이드의 조인트에 마찰 추가하기	30
결과 보기	31

모델에 대한 선택적 작업의 수행	34
목적	34
예상 소요 시간	34
슬립 센서의 생성	35
추가한 세그먼트에 대한 출력데이터의 설정	38
결과 보기	40
잔디 깎기 데크에 진동 설정 하기.....	42

개요

목적

이 튜토리얼에서는 RecurDyn/ Belt 툴킷을 이용하여 V 벨트로 이루어진 잔디 깎기 시스템에 대한 시뮬레이션을 어떻게 실행할 것인지를 다루어보겠습니다. 이 과정에서 모델 기능에 대한 관찰과 벨트 시스템에 대한 직관적 이해를 위해서 애니메이션과 Plot 을 생성할 것이며, 튜토리얼의 모든



작업을 완료하면, V 벨트로 이루어진 잔디 깎기 시스템이 아래와 같이 보여집니다.

RecurDyn Belt 는 다양한 형태와 구성으로 이루어진 체인과 벨트 바퀴 시스템을 이용하여 모델링 할 수 있게 하며, 벨트 툴킷은 다음과 같은 지오메트리 엔티티로 이루어져 있습니다.

- V 벨트(V-belt)
- 롤러(Roller)
- 플랜지(Flange)
- V 풀리(V-pulley)

RecurDyn 은 벨트 시스템을 구성할 때 이 엔티티(Entity)와 벨트 세그먼트 사이에서 접촉(Contact)을 자동으로 생성할 것입니다. 또한, RecurDyn 의 다른 바디(Body)와 조인트(Joint), 포스(Force)요소들을 벨트 시스템을 모델링 하는 데에 이용할 수 있습니다.

독자

이 튜토리얼은 RecurDyn 에서 지오메트리(Geometry), 조인트(Joint), 포스(Force)를 어떻게 생성하는 배운 적이 있는 독자를 대상으로 하며, 모든 작업 과정에 대해서 자세히 설명되어 있습니다.

필요 요건

3D Crank-Slider 와 Engine with Propeller 튜토리얼 또는 이와 상응하는 레벨의 튜토리얼을 해 본 경험이 있어야 하며, 기본적인 물리 지식이 있어야 합니다.

과정

이 튜토리얼은 다음과 같은 과정으로 구성되어 있으며, 각 과정을 완성하는 데 걸리는 시간은 다음의 표와 같습니다.

과정	시간(분)
서브 시스템의 생성	5
지오메트리 엔티티의 생성	15
벨트와의 조합	25
모델의 수정	15
모델에 대한 추가적 선택 작업의 수행	25
총 합:	85



예상 소요 시간

약 85 분

Chapter

2

서브 시스템의 생성

목적

시뮬레이션의 환경 설정 및 벨트 서브 시스템에 대한 생성과 벨트 시스템의 기본 플레이트 (잔디 깎기 데크, 모터 마운트)에 대한 지오메트리와 임포트 과정을 배워보겠습니다.



예상 소요 시간

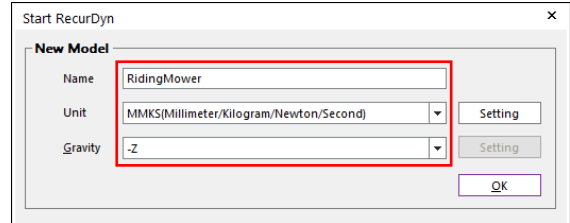
5 분

RecurDyn 의 실행

RecurDyn 실행 후 새로운 모델 생성하기:



1. 바탕화면에서 **RecurDyn** 아이콘을 더블 클릭합니다.
2. **RecurDyn** 이 실행되면서 **Start RecurDyn** 대화상자가 나타납니다.
3. 다음과 같이 설정합니다.
 - **Units: MMKS**
 - **Gravity: -Z**
4. **RidingMower** 로 파일의 이름을 지정하여 저장합니다.



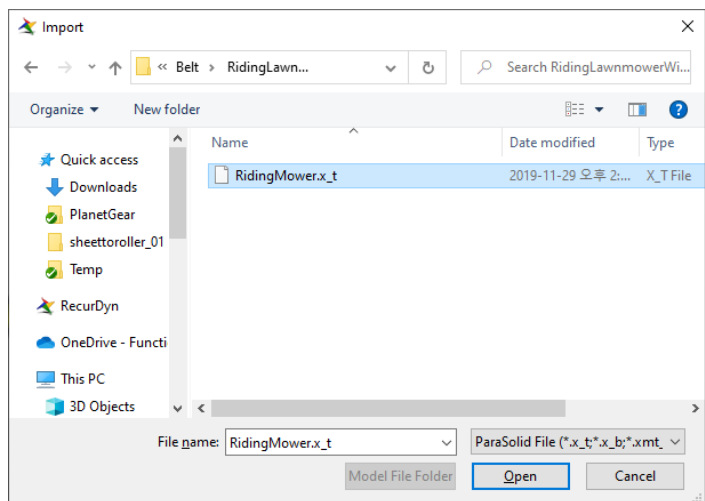
벨트 시스템의 생성

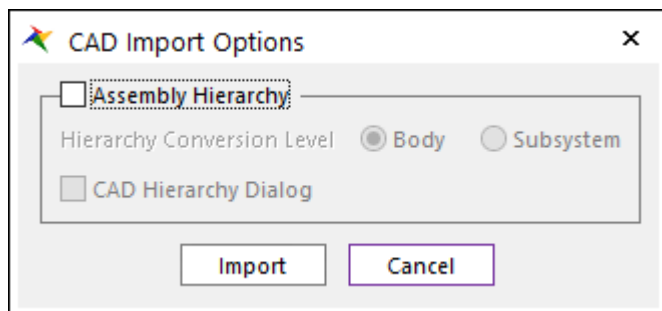
이제, 잔디 깎기의 V-belt 가 있는 벨트 시스템 생성을 위해 해당 지오메트리를 갖고 있는 Parasolid 파일을 임포트 할 것입니다.

벨트 서브 시스템 생성하기:



1. **Toolkit** 탭에서 **Subsystem Toolkit** 그룹의 **Belt** 를 선택합니다.
모델링 작업 윈도우와 Database 윈도우에는 오직 벨트 서브 시스템만 보여야 합니다.
2. **File** 메뉴에서 **Import** 를 클릭합니다.
3. **Files of type** 을 **Parasolid File (x_t)** 로 설정합니다.
4. **RidingMower.x_t** 을 선택합니다.
(파일 경로: <InstalDir>/Help/Tutorial/Toolkit/Belt/RidingLawnmowerWithVBelt).
5. **Open** 을 클릭하면 **CAD Import Options** 창이 나타납니다. **Assembly Hierarchy** 선택을 해제한 후, **Import** 버튼을 누릅니다.

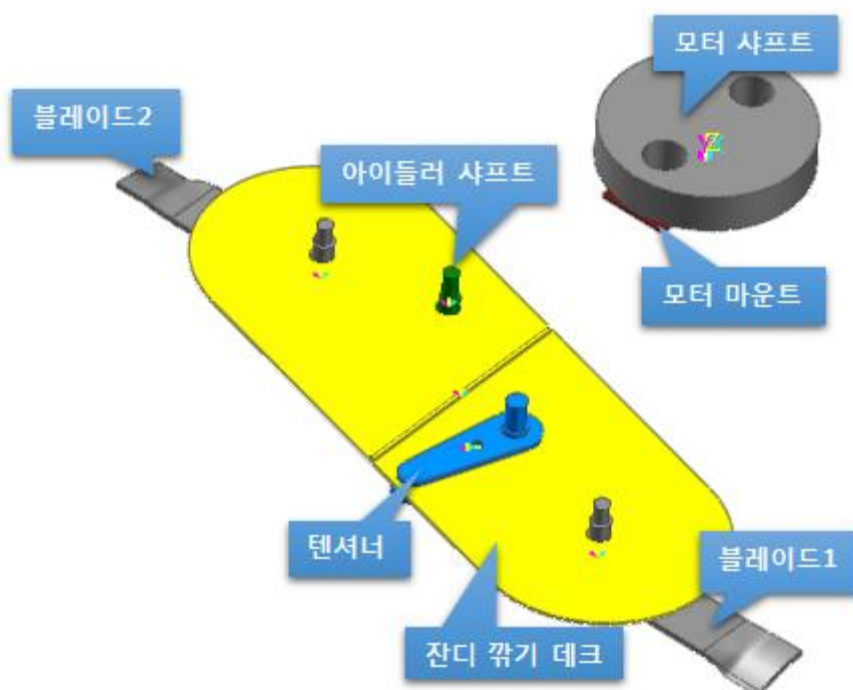




6. **Rendering** 모드를 **Shade with Wire** 로 설정합니다.

7. 아이콘과 마커의 크기를 **10** 으로 변경합니다.

그러면, 모델은 다음과 같이 보여집니다.



지오메트리 엔티티의 생성

목적

이 장에서는 V-벨트를 구성하는 다음과 같은 지오메트리 엔티티를 생성할 것입니다.

- V 벨트 바퀴 (V-Pulley)
- 롤러 (Roller)
- 플랜지(Flange)

다음 장에서는 이 장에서 생성한 V-벨트 구성요소들을 결합하여 이에 대한 시뮬레이션을 실행해보겠습니다.



예상 소요 시간

15 분

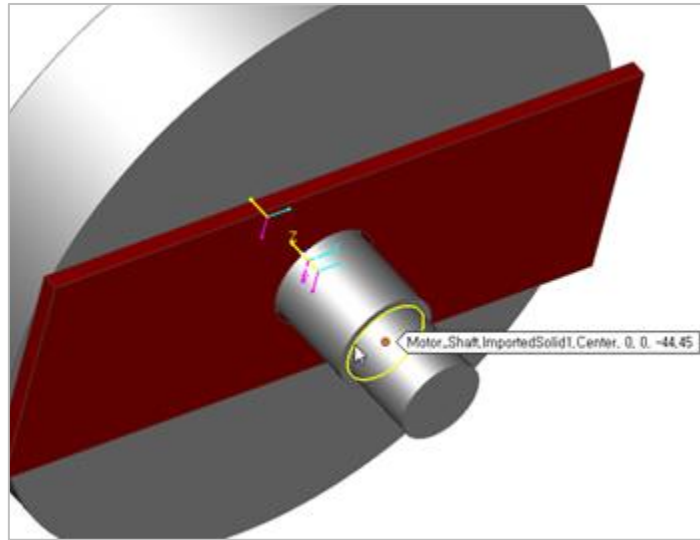
V 풀리의 생성

이제, 모터에 붙일 V 풀리를 생성해보겠습니다.

V 벨트 바퀴 생성 하기:

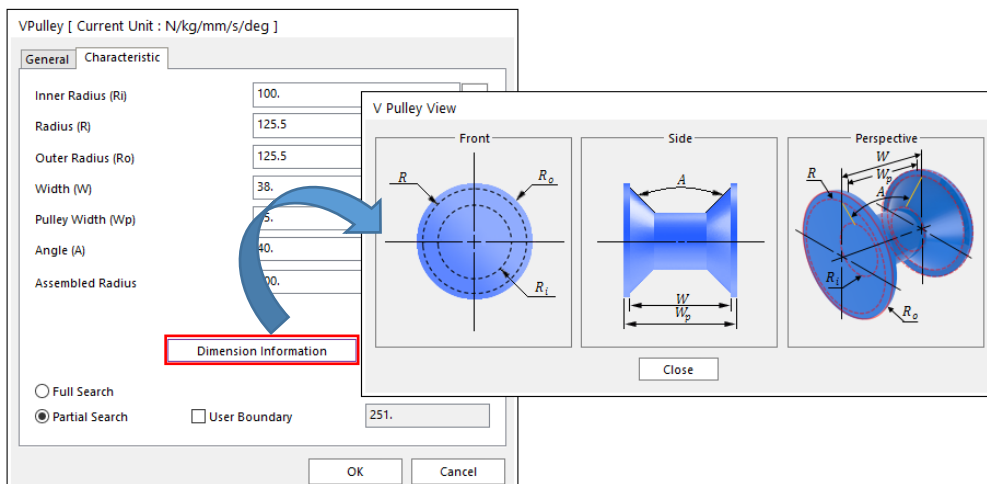
1. 기본 XY Plane 에서 시작하되, 아래의 그림에서 보여지는 것처럼 모터 샤프트 바디의 밑 부분을 보기 위하여 모델을 회전시킵니다.
2. **Belt** 탭에서 **Pulley** 그룹의 **V Pulley** 를 클릭합니다.
3. 모터 샤프트의 어깨 부분의 모서리(내부 또는 외부)에 마우스 커서를 놓습니다.

RecurDyn 은 마우스 커서가 가리키는 지점의 중심을 자동으로 선택하게 되어, 아래의 그림에서 보이는 것처럼 샤프트의 중심을 선택합니다.

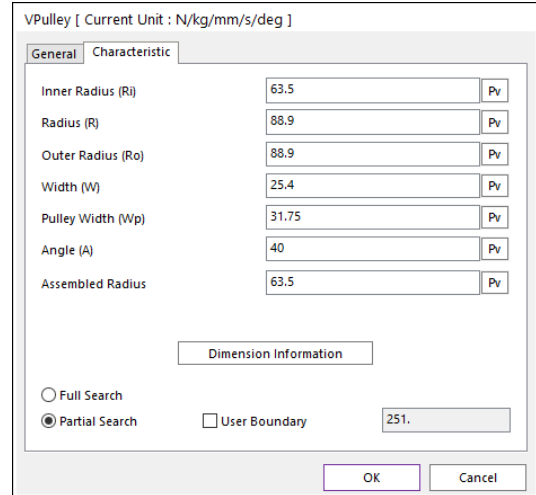


V 풀리의 크기를 정의하기 위해 **V-Pulley** 다이얼로그 윈도우가 나타납니다.

4. 크기에 대한 정보를 보기 위해 **Dimension Information** 을 클릭합니다.



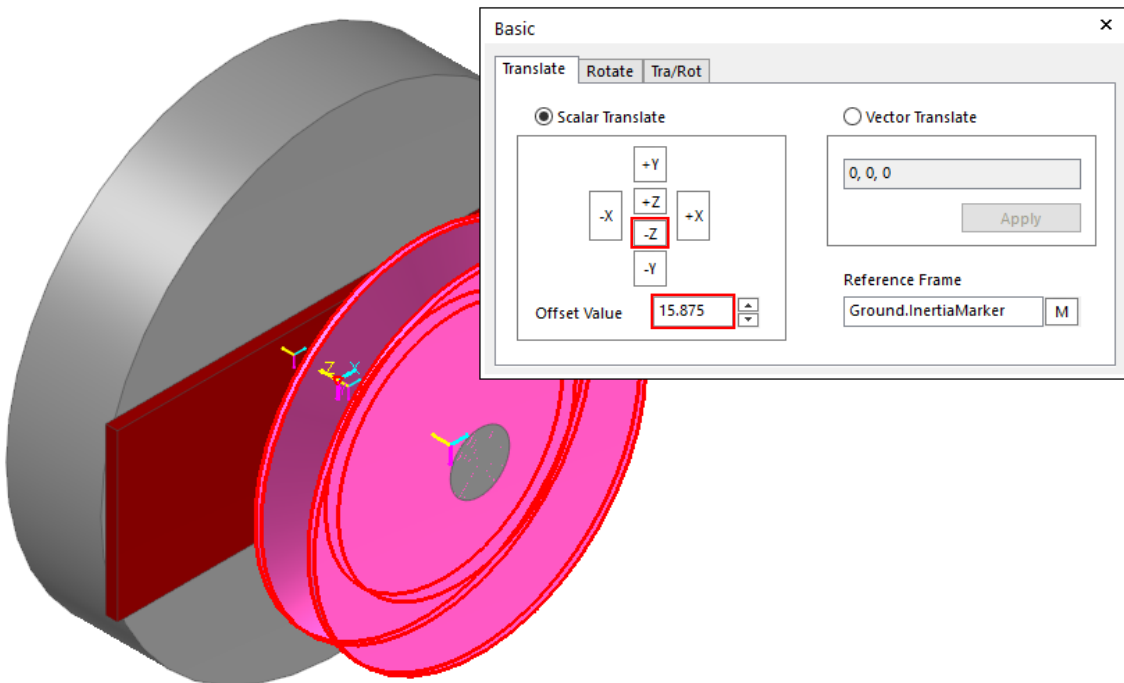
5. **Close** 를 클릭합니다.
6. 오른쪽 그림과 같이 VPulley 다이얼로그 윈도우가 보이면 값들을 입력한 후, **OK** 를 클릭합니다.
 - **Inner Radius: 63.5**
 - **Radius: 88.9**
 - **Outer Radius: 88.9**
 - **Width: 25.4**
 - **Pulley Width: 31.75**
 - **Angle: 40**
 - **Assembled Radius: 63.5**



이 생성 과정에서는 모터의 단층 부 중심을 선택하여 V 풀리를 생성했기 때문에, 풀리의 중심은 모터의 축과 일치합니다. 이제, 벨트 바퀴의 모서리가 모터의 어깨에 있게 하기 위해서 벨트 바퀴를 이동시켜 보겠습니다.



7. **Basic Object Control** 을 이용하여, 벨트 바퀴를 **15.875mm** 만큼 **-Z** 방향으로 이동시킵니다. 그러면, 벨트 바퀴의 아래 부분이 아래의 그림처럼 모터 샤프트의 끝과 나란하게 되는 것을 볼 수 있습니다.



8. 두 개의 블레이드에 있는 샤프트에서도 이와 유사한 방법으로 V-벨트 바퀴를 생성하고 오른쪽 그림에서 보여지는 것처럼 크기에 대한 값을 설정해줍니다. (XY 평면 기준, 위 쪽의 샤프트에 **VPulley2** 생성, 아래 쪽에 **VPulley3** 생성)

- **Inner Radius: 76.2**
- **Radius: 88.9**
- **Outer Radius: 88.9**
- **Width: 19.05**
- **Pulley Width: 25.4**
- **Angle: 40**
- **Assembled Radius: 76.2**

VPulley [Current Unit : N/kg/mm/s/deg]

General	Characteristic
Inner Radius (Ri)	76.2 Pv
Radius (R)	88.9 Pv
Outer Radius (Ro)	88.9 Pv
Width (W)	19.05 Pv
Pulley Width (Wp)	25.4 Pv
Angle (A)	40 Pv
Assembled Radius	76.2 Pv

Dimension Information

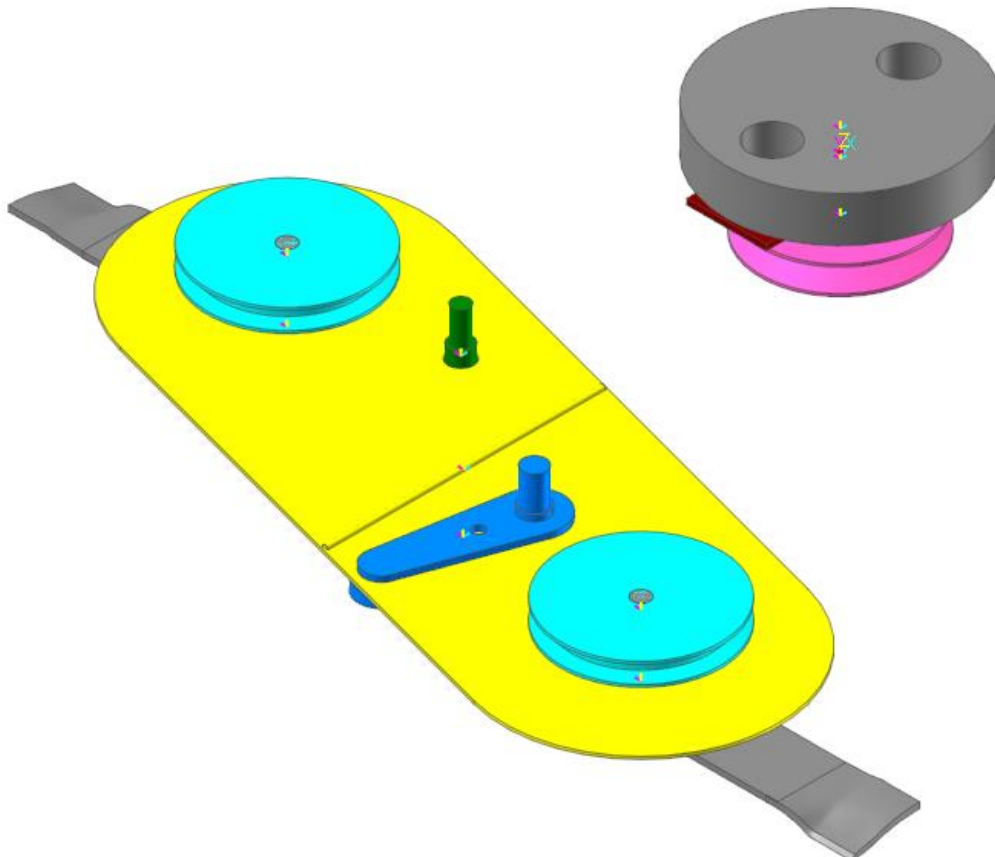
Full Search

Partial Search

User Boundary 251.

OK Cancel

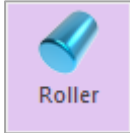
9. 두 개의 벨트 바퀴 모두 샤프트에서 **+Z** 방향으로 **12.7mm** 만큼 이동시킵니다. 그러면, 모델은 다음과 같이 보여집니다.



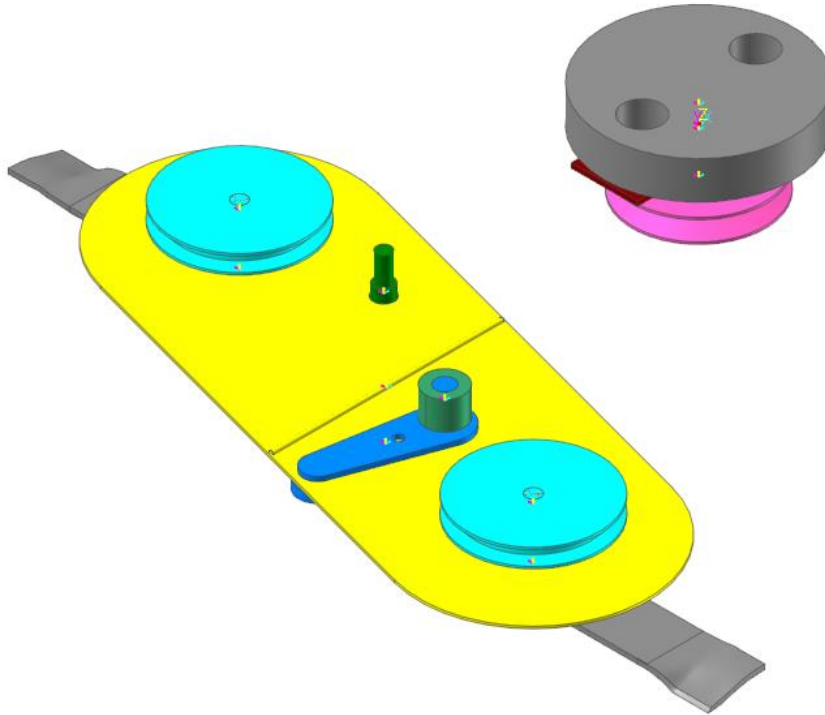
롤러의 생성

인장 링크(Tensioning Link, 아래 그림의 파란색 부분)에 롤러를 생성해보겠습니다.

롤러 생성 하기:

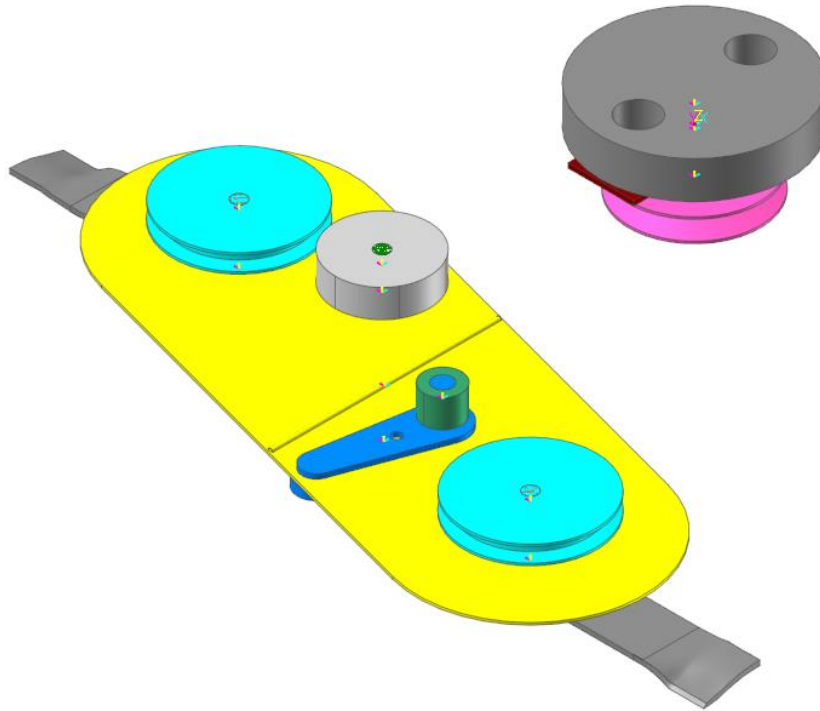


1. **Belt** 탭에서 **Pulley Group** 의 **Roller** 를 클릭합니다.
2. **Point, Distance, Depth** 로 생성 방법을 설정합니다.
3. 이전에 했던 방법대로 샤프트의 어깨에 커서를 놓고, 롤러의 중심으로서, 샤프트의 중심을 선택합니다. 그리고 나서, 스크린의 상단에 있는 Modeling Input 툴바에서 거리(반지름)를 **25.4** 로, 높이(실린더의 높이)를 **38.1** 로 입력합니다. **Basic Object**



Control 을 이용하여 롤러를 **+Z** 방향으로 **19.05 mm** 이동시킵니다.

4. 유사한 방법으로, 진한 녹색의 아이들러 샤프트에도 롤러를 생성합니다. 동일한 생성 방법을 이용하되, 여기서는 거리(반지름)을 **63.5** 로, 높이는 **38.1** 로 설정합니다. **Object Control** 을 이용하여 롤러를 **+Z** 방향으로 **19.05 mm** 이동시킵니다.



V 벨트 세그먼트의 생성

V 벨트 세그먼트 생성하기:



1. **Belt** 탭에서 **Belt Group** 의 **V Belt** 를 클릭합니다.
2. XY 로 작업 평면을 설정한 후, 모델의 구성요소와 떨어져 있는 지점을 아무 곳이나 선택합니다.



3. Properties 다이얼로그 윈도우를 열어서 오른쪽 그림과 같이 V-벨트에 대해서 값을 입력합니다.

- **Height: 10**
- **Belt Thickness: 10**
- **Width: 12.7**
- **Angle: 40**
- **Segment Length: 30**
- **Cord Distance: -4**
- **Left Connecting Position: -14**
- **Right Connecting Position: 14**

VBelt [Current Unit : N/kg/mm/s/deg]	
General	Characteristic
Height (H)	<input type="text" value="10"/> Pv
Belt Thickness (HT)	<input type="text" value="10"/> Pv
Width (W)	<input type="text" value="12.7"/> Pv
Angle (A)	<input type="text" value="40"/> Pv
Segment Length (L)	<input type="text" value="30"/> Pv
Cord Distance (a)	<input type="text" value="-4"/> Pv
Left Connecting Position	<input type="text" value="-14"/>
Right Connecting Position	<input type="text" value="14"/>
Dimension Information	
<input type="button" value="OK"/> <input type="button" value="Cancel"/>	

4. 입력된 값은 적당히 성긴 벨트를 생성합니다. 좀 더 정밀하게 하기 위해서는 세그먼트의 Length 를 짧게 하고 Connection Position 을 조정합니다. 또한, 세그먼트의 개수가 증가시키면 매끄럽고 정확한 결과를 얻을 수 있지만, 해석 시간은 증가됩니다.

Chapter

4

Belt 와의 결합

목적

이 장에서는 벨트를 생성하여 이전 장에서 생성한 기하메트리 엔티티들과 결합한 후, 이 서브 시스템에 대한 시뮬레이션을 실행해보겠습니다.



예상 소요 시간

25 분

벨트의 경로 정의

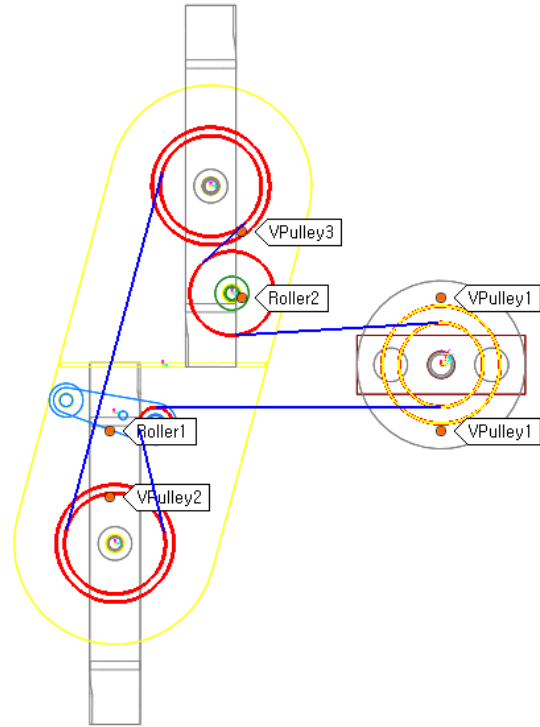
벨트의 경로 정의하기:



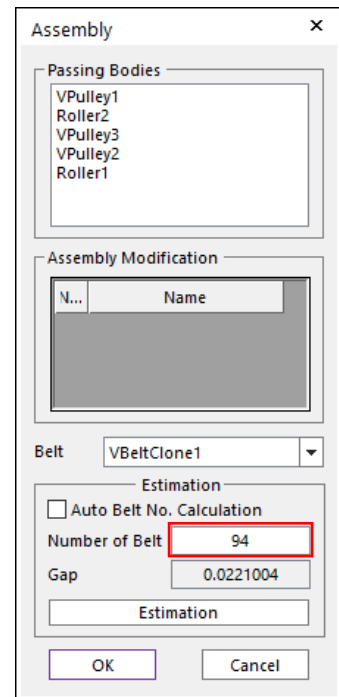
1. **XY** 로 작업 평면을 변경하고 **Rendering** 모드를 **Wireframe** 으로 설정합니다.

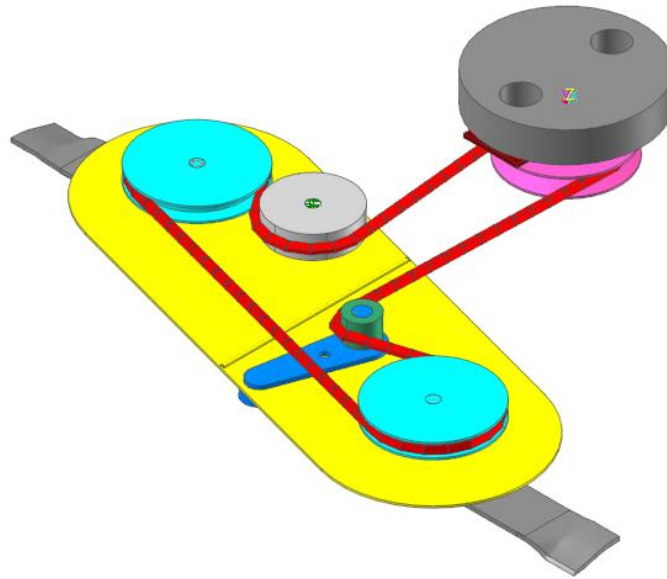


2. 툴킷바의 **Belt** 를 클릭한 후, **Assembly** 그룹에 있는 **Assembly** 를 클릭합니다.
3. 모터의 풀리를 시작 지점으로 하여, 시계 반대 방향으로 벨트의 경로를 따라 각각의 롤러를 클릭합니다.
4. 오른쪽 그림과 같이 파란색 선이 풀리와 롤러의 정확한 위치에 연결되었는지 확인합니다.
5. 모든 롤러를 선택한 후에, 풀리의 시작 지점을 다시 선택하되, 루프를 완성하기 위해 풀리 허브의 반대 편에 파란색 선이 오도록 한 후, 마우스 왼쪽 클릭을 합니다. 그러면, 오른쪽 그림과 같이 다이얼로그 윈도우가 나타납니다.



6. **Number of belts** 를 **93** 대신 **94** 로 변경하여 시뮬레이션이 시작될 때 벨트가 약간 느슨하게 되도록 합니다.
7. OK 를 클릭하면 RecurDyn 에 각각의 벨트 세그먼트가 서브 시스템 모델 대한 바디로 추가됩니다. 이제, 모델은 다음과 같이 보여집니다.





축에 풀리 고정시키기

이제, 축에다 풀리를 고정시켜 보겠습니다.

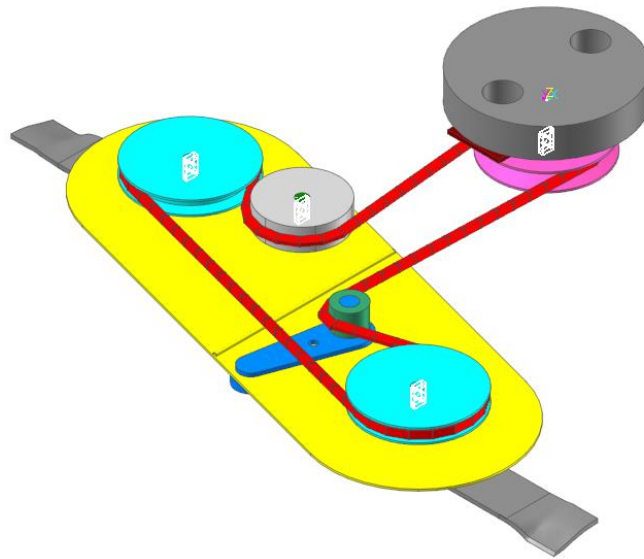
풀리 고정 시키기:



1. **Professional** 탭에서 **Joint** 그룹의 **Fixed** 를 클릭하여 아래 표와 같이 Fixed 조인트를 생성합니다. 생성방법은 **Body, Body, Point** 를 사용합니다. 회색 큰 롤러를 제외하고 세 개의 벨트 바퀴에 **Fixed** 조인트를 각각 생성합니다.

	Body 1 (base)	Body 2 (action)	Ponit
FixedJoint1	Motor_Shaft	VPulley1	0, 0, -60.325
FixedJoint2	Blade2	VPulley2	VPulley2.CM
FixedJoint3	Blade1	VPulley3	VPulley3.CM
FixedJoint4	Idler_Shaft	Roller2	Roller2.CM

이제, 초록색의 작은 롤러가 모터로부터 벨트가 맞물리고 풀어지도록 중심축인 파란색 Arm 에 의해서 잔디 깎기 데크의 마운팅 주위를 자유롭게 회전하도록 해보겠습니다.



Revolute 조인트의 생성

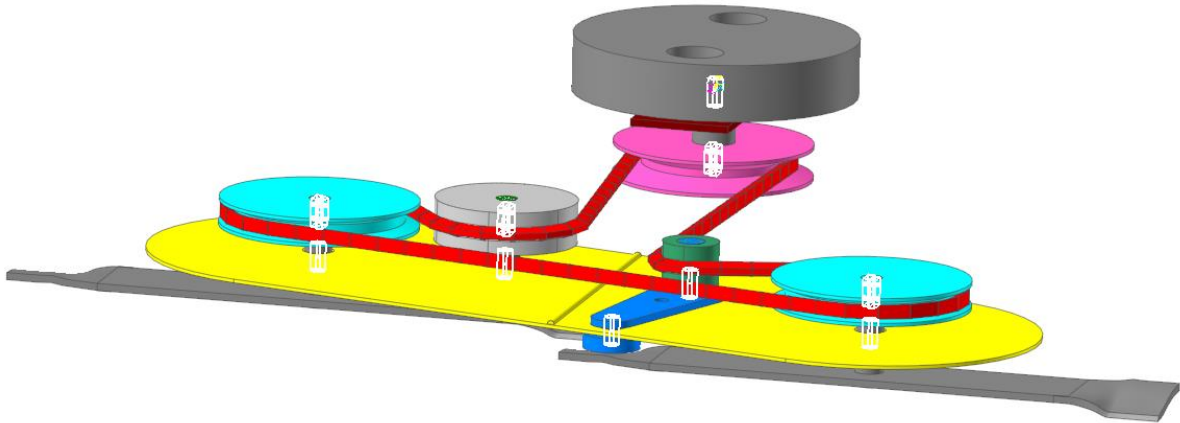
이제, 각 샤프트와 기본 플레이트 사이에 Revolute 조인트를 생성해보겠습니다. 또한, 이전 과정에서 언급했던 초록색롤러와 파란색 Arm 사이에 핀 조인트를 생성해보겠습니다.

회전 조인트 생성하기:



1. **Professional** 탭에서 **Joint** 그룹의 **Revolute** 를 클릭하여 다음의 표를 참고하여 Revolute 조인트를 생성합니다.
2. **Body, Body, Point** 생성 방법을 사용하고, 각 샤프트의 동근 모서리를 선택하여 각 샤프트의 중심선에 대해 회전하는 핀 조인트를 생성합니다.

	Body 1 (base)	Body 2 (action)
RevJoint1	MotherBody	Motor_Shaft
RevJoint2	Mower_Deck	Blade2
RevJoint3	Mower_Deck	Blade1
RevJoint4	Mower_Deck	Tensioner
RevJoint5	Tensioner	Roller1
RevJoint6	Mower_Deck	Idler_Shaft

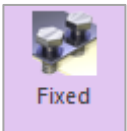


그라운드에서 모터 마운트와 잔디 깎기 데크를 연결하기

모터 마운트 플레이트는 마더 바디인 그라운드에 직접적으로 고정될 것입니다. 반면에, 노란색 잔디 깎기 데크는 다양한 위치에 맞출 수 있도록 하기 위해 움직임을 자유롭게 할 필요가 있습니다.

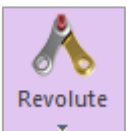
이제, 플레이트의 중심축을 따라 회전 조인트를 생성함으로써 인해 어떤 영향이 미치는 지 시뮬레이션을 실행해보겠습니다. 그럼, 반원의 길쭉하게 솟은 부분을 조인트 생성을 간단하게 하기 위한 축으로 삼아 작업해보도록 하겠습니다.

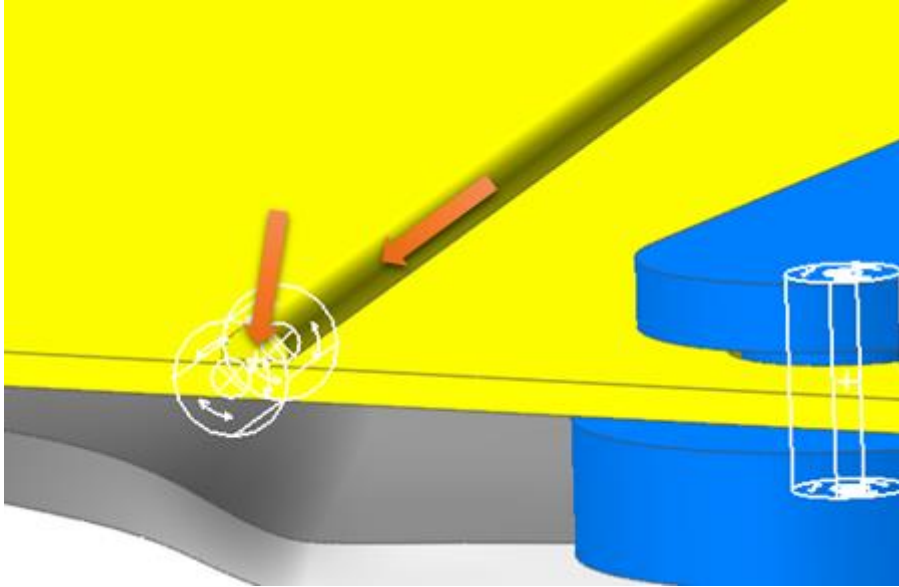
그라운드에 베이스 플레이트 연결하기:



1. **Motor_Mount** plate 의 원하는 지점에 Fixed 조인트를 생성합니다.

2. **Point, Direction** 생성 방법을 이용하여 잔디 깎기 데크에 대한 Revolute 조인트를 생성합니다. 먼저, 길쭉하게 솟은 부분의 반원 모서리를 선택하고 나서, 방향을 선택하기 위해 길쭉하게 솟은 부분을 선택합니다.





3. 이제 조인트의 모션을 정의하여 가장 간단한 상태로 시뮬레이션을 실행해보겠습니다. 이는 Revolute 조인트를 Fixed 조인트처럼 가정하여 시뮬레이션을 설정한 것이지만, 이 부분은 나중에 수정할 것입니다.
 - 회전 조인트에서 오른쪽 마우스 버튼을 클릭하여 Properties 를 선택합니다.
 - Include Motion 을 선택한 후 이 시뮬레이션에는 모션이 없기에 0 으로 함수 식을 정의합니다.

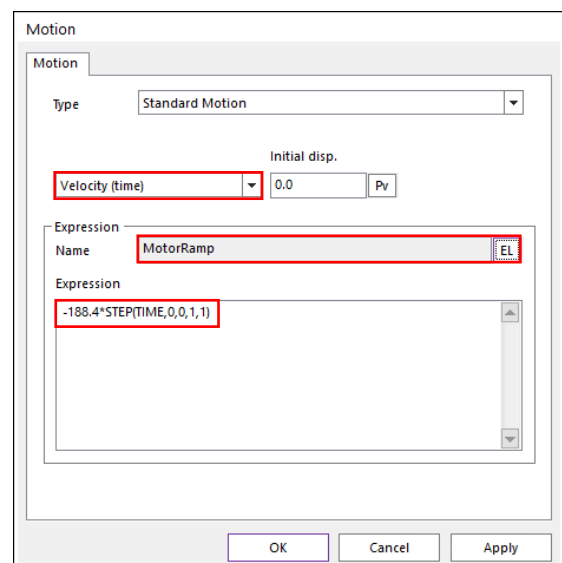
모터 샤프트에 모션 적용하기

이제, 모터 마운트 플레이트와 모터 샤프트 사이의 RevJoint1 의 모션을 수정하여 모터의 속도를 1800 rpm 으로 높여보겠습니다.

작동 중인 모터 설정하기:

1. **Database** 윈도우의 **RevJoint1** 에서 오른쪽 마우스 버튼을 클릭한 후 **Property** 를 클릭합니다.
2. **Include Motion** 을 클릭한 후 **Motion** 을 클릭합니다.
3. Type 을 **Velocity** (time)으로 설정합니다.
4. 오른쪽 그림과 같이 모션에 대한 수식을 다음의 수식으로 설정합니다.

-188.4*STEP(TIME, 0, 0, 1, 1)



5. **OK** 를 클릭합니다.

이로써, 모터 속도가 1 초일 때 0 에서 188.4 rad/s 까지 높아지도록 설정되었습니다.

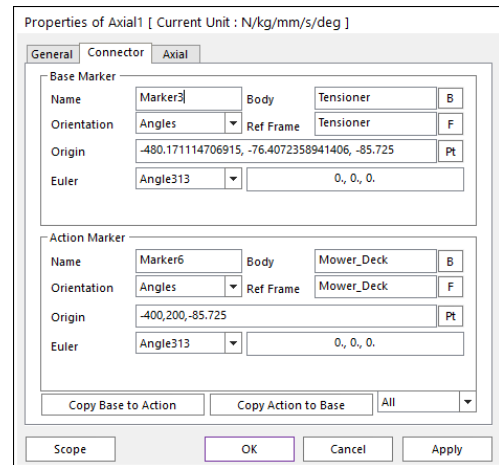
텐서너 링크에 포스 적용하기

이제, 중심축과 롤러 사이의 2/3 지점에 위치한 구멍에 포스를 생성해보겠습니다. 이 포스는 벨트를 맞물리게 하고 블레이드를 움직이게 할 것이며, 이 포스는 이 모델에는 포함되어 있지 않은 케이블/레버/스프링 시스템에서 보통 나타납니다. 이 포스 값은 벨트의 장력을 결정하며, 벨트와 모터 샤프트 사이의 미끄럼에 중요한 영향을 미칩니다. 또한, 이 포스 값은 Design Study 에서 파라미터를 다양하게 하여 제일 적절한 값을 찾을 수 있게 합니다.

포스 생성 하기:



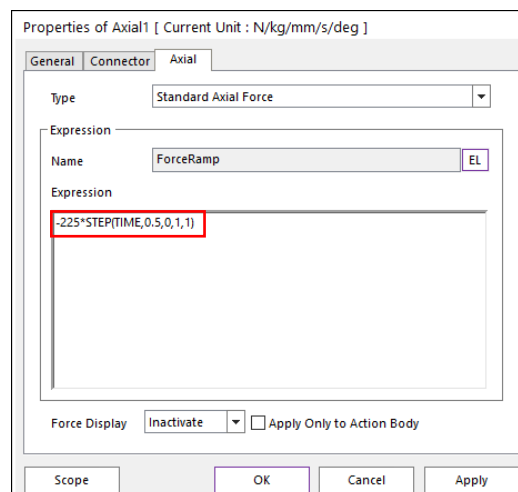
1. **Professional** 탭에 **Force Group** 의 **Axial** 을 클릭합니다. **Body, Body, Point, Point** 생성 방법을 이용하여 축 포스를 생성합니다.
2. **Tensioner body** 와 **Mower_Deck** 을 선택합니다.
3. 첫 번째 포인트를 위해 스프링이 붙어있는 텐서너의 구멍을 선택합니다. 다음 과정에서 잔디 깎기 데크의 위치를 변경해야 하므로 두 번째 포인트를 위해 그곳의 아무 지점이나 선택합니다.
4. 새롭게 생성된 축 포스의 **Properties** 다이얼로그 윈도우를 열어서 **Connector** 페이지를 클릭한 후, **Action Marker** 의 **Origin** 을 오른 쪽 그림과 같이 **(-400, 200, -85.725)**로 설정합니다. 이는 기계적 이점을 최대화하여 포스 탄젠트가 텐서너의 모션에 대한 초기 방향이 되도록 해줍니다.



일반적으로, 모우어가 작동될 때, 아무런 토크도 블레이드에 전해지지 않기 때문에 먼저 벨트가 미끄러지면서 모터가 속도를 냅니다. 그리고 나서, 블레이드는 텐서너 링크의 포스가 적용되어 작동됩니다.

5. 이제, 이것을 모터가 속도를 낼 때(시뮬레이션의 0.5 초에서)의 포스가 0 에서 225 N (~50 lb)로 되도록 값을 설정하여 시뮬레이션으로 실행해 보겠습니다.

6. **Properties** 다이얼로그 윈도우에서 **Axial** 페이지를 클릭합니다.
7. 오른쪽 그림에서 보이는 것처럼 다음의 함수식을 설정합니다.
 $-225 * \text{STEP}(\text{TIME}, 0.5, 0, 1, 1)$



시뮬레이션의 실행

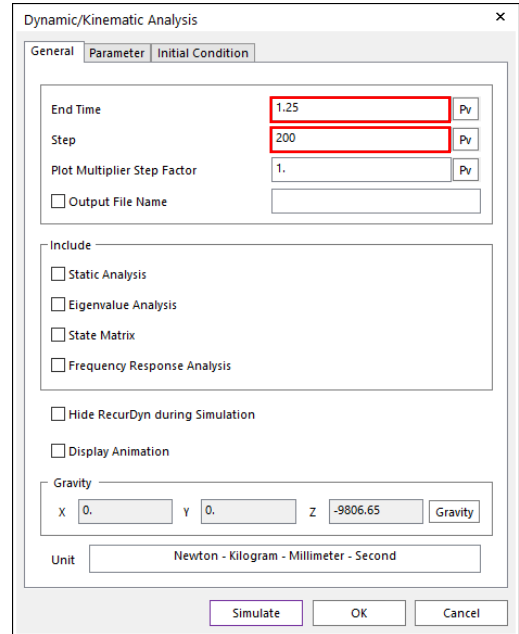
이제 첫 번째 시뮬레이션을 실행하기 위한 준비를 해보겠습니다.

시뮬레이션 실행 하기:



1. **Analysis** 탭의 **Simulation Type** 그룹 에서 **Dynamic/Kinematic** 을 선택합니다.
2. **End Time** 을 **1.25** 로, **Step** 을 **200** 으로 오른 쪽 그림과 같이 설정합니다. 이것은 모터가 전체 속도를 내기에 충분한 시간입니다.
3. **Simulate** 를 클릭합니다.

시뮬레이션이 실행되는데 약 10 분 미만 정도 소요됩니다.

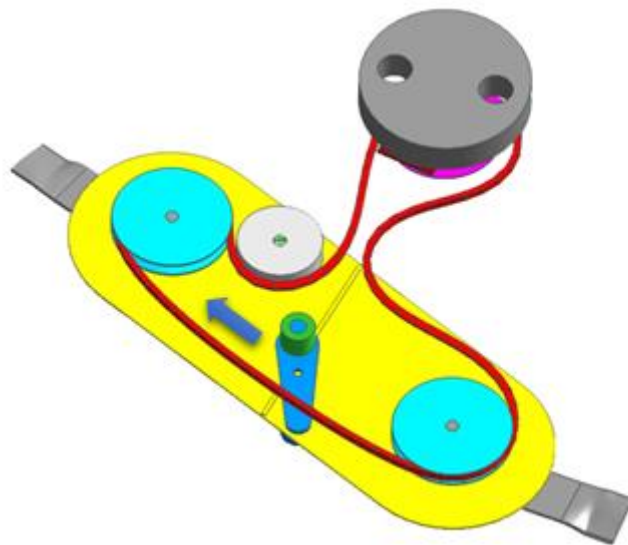


결과 보기

결과 보기:



시뮬레이션의 결과를 애니메이션으로 실행해 보기 위해서 **Analysis** 탭에 **Animation Control**



group 에 있는 **Play** 버튼을 클릭합니다.

- 시뮬레이션의 결과를 보면, 이 잔디 깎기에 중요한 설계 결함을 발견할 수 있는데, 플랜지가 텐셔너 롤러에 없기 때문에 벨트는 텐셔너 롤러에 붙어 있을 수가 없다는 것을 알 수 있습니다. 그럼, 다음 장에서 적절한 플랜지를 갖도록 이 롤러를 수정해 보겠습니다.

Chapter

5

모델의 수정

목적

이 장에서는 텐셔너 롤러에 플랜지를 추가하여 모델을 수정하고 시뮬레이션을 다시 실행해보겠습니다. 또한, 그 결과를 Plot 으로 그려보겠습니다.



예상 소요 시간

15 분

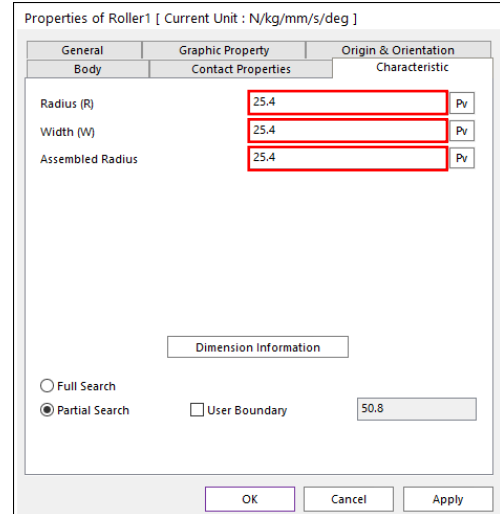
롤러에 플랜지 추가하기

이제, 플랜지를 추가하기 위해서 롤러에 공간을 만들 것입니다. 그래서 이를 위해, 롤러의 넓이(높이)를 줄인 후 플랜지를 생성해보겠습니다. 그리고 나서, 플랜지의 크기를 조정한 후, 롤러에 플랜지를 고정시켜보겠습니다.

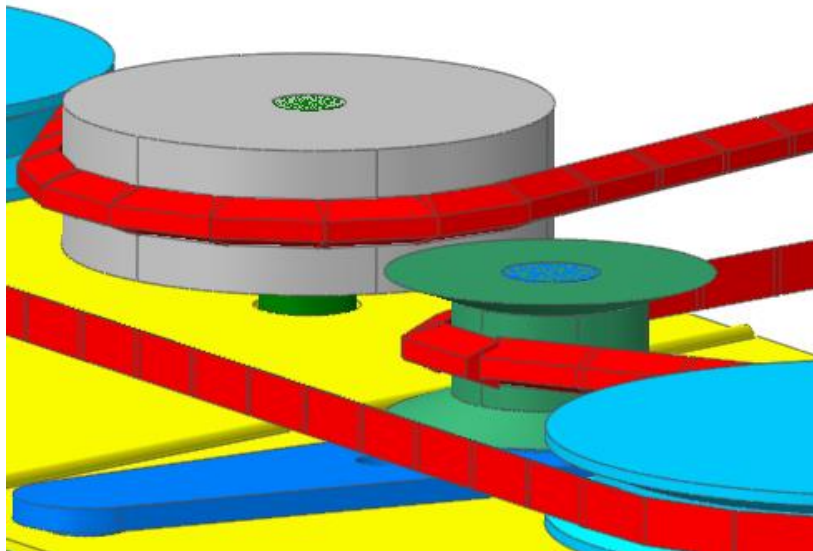
롤러에 플랜지 추가하기:

1. 초록색의 작은 롤러에서 오른쪽 마우스 버튼을 클릭한 후, **Properties** 를 클릭합니다.

Properties 다이얼로그 윈도우에서 **Characteristic** 페이지를 클릭하여 오른쪽 그림과 같이 롤러의 **Width** 를 **25.4** 로 변경합니다.



2. **Belt** 탭에서 **Pulley** 그룹의 **Flange** 를 클릭합니다.
3. 롤러의 윗 면을 클릭합니다. 롤러의 아랫 면에도 위의 과정을 반복합니다.
4. 플랜지의 기본 사이즈는 여기에 추가하기에는 너무 크기 때문에 크기를 조정하겠습니다.
5. 플랜지에서 오른쪽 마우스 버튼을 클릭한 후 **Properties** 를 선택한 후, **Characteristic** 페이지로 가서 플랜지의 **Depth (Width)** 를 **6.35** 로 변경합니다.



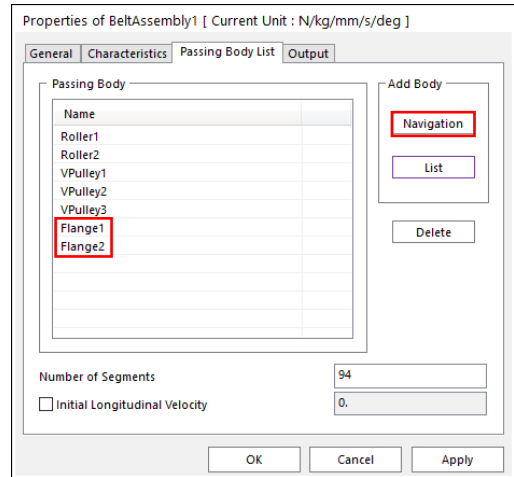
6. **Fixed** 조인트를 사용하여 롤러바디에 플랜지를 연결합니다.

벨트의 수정

플랜지가 제대로 움직이도록 하기 위해서는 두 개의 플랜지가 접촉하는 것이 가능해야 하므로 벨트 어셈블리를 수정해보겠습니다.

벨트 어셈블리 수정하기:

1. **Database** 윈도우 하단의 **BeltAssembly1** 에서 오른 쪽 마우스 버튼을 클릭한 후 **Properties** 를 클릭합니다.
2. 롤러에 플랜지를 추가했기 때문에 **Contact** 을 위해서 추가한 바디 정보를 살펴봐야 하므로 **Navigation** 또는 **List** 버튼을 클릭하여 오른 쪽 그림과 같이 바디를 추가합니다.
3. **OK** 를 클릭합니다.



블레이드의 조인트에 마찰 추가하기

모터가 돌아가기 시작하는 순간부터 블레이드가 자유롭게 움직인다는 것을 이전 시뮬레이션을 통해 알 수 있었습니다. 그러나, 이것은 실제적이지 않습니다. 실제 잔디 깎기에서는 포스가 적용될 때까지 해당 위치에서 블레이드를 유지하는 브레이크가 있을 것입니다. 이에 대해서는 스톱프를 통해 확인해보겠습니다.

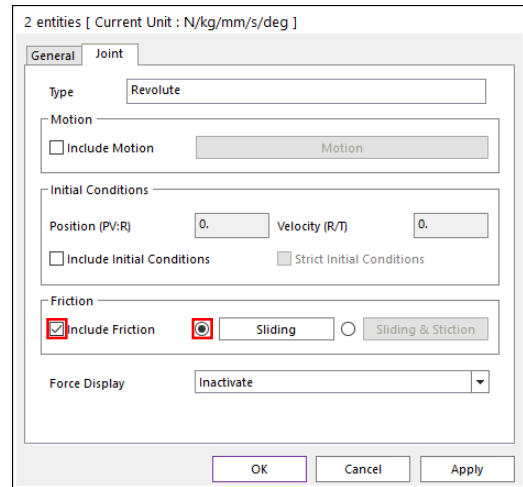
그리고, 이 모델에서는 마찰이 제외되어 있으나, 텐서너에 포스가 적용된 효과를 보기 위해서 블레이드의 모션에 저항을 주는 마찰이 있어야 하므로 이를 추가해보겠습니다.

마찰 추가하기:

1. 블레이드와 잔디 깎기 데크 사이에 있는 회전 조인트(**RevJoint2** 와 **RevJoint3**)에 해당하는 **Properties** 다이얼로그 윈도우를 엽니다.

기본적으로 마찰에 대한 효과적인 모멘트 Arm 의 값은 매우 높습니다.

2. **Include Friction** 을 체크한 후 **Sliding** 을 체크합니다



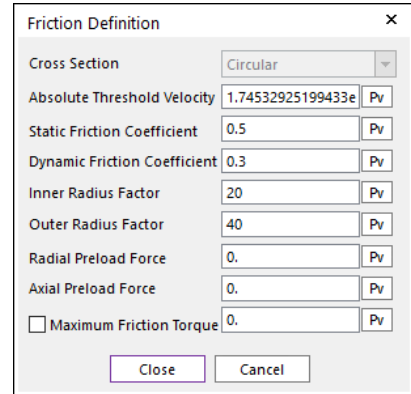
3. **Sliding** 버튼을 클릭하여 오른 쪽 그림과 같이 값을 설정합니다.

- **Inner Radius Factor: 20**
- **Outer Radius Factor: 40**

4. **Close** 버튼을 클릭한 후 **OK** 버튼을 클릭합니다.

5. 이제 시뮬레이션을 다시 실행해보겠습니다.

- 이전과 같은 설정으로 설정을 유지한 채 시뮬레이션을 다시 실행합니다. (End Time: 1.25, Step: 200)



애니메이션을 실행했을 때 벨트가 적절하게 움직이는 것이 보일 것입니다. 이는 플랜지가 텐서너의 롤러가 이동해도 벨트가 유지될 수 있도록 해주기 때문에 가능한 것입니다.

결과 보기

이제 시뮬레이션의 결과를 확인해 보겠습니다.

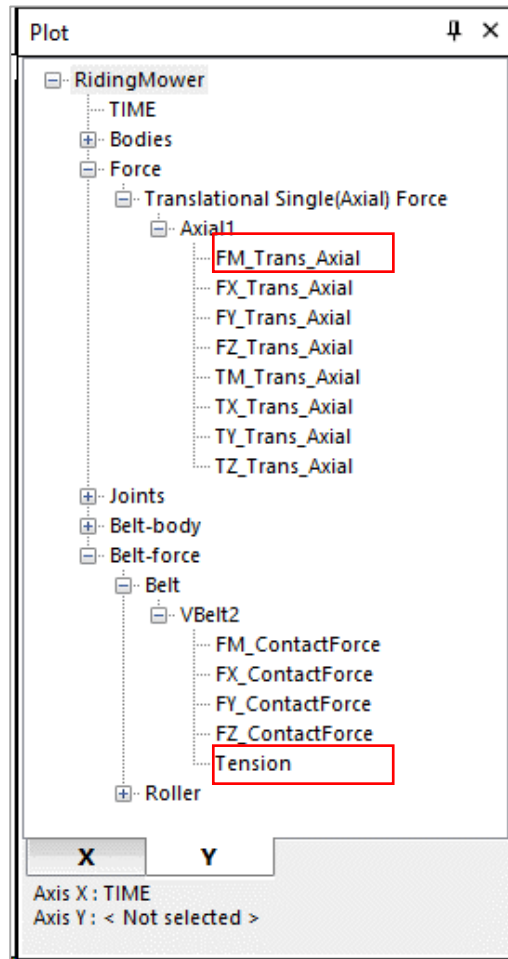
시뮬레이션의 결과 보기:

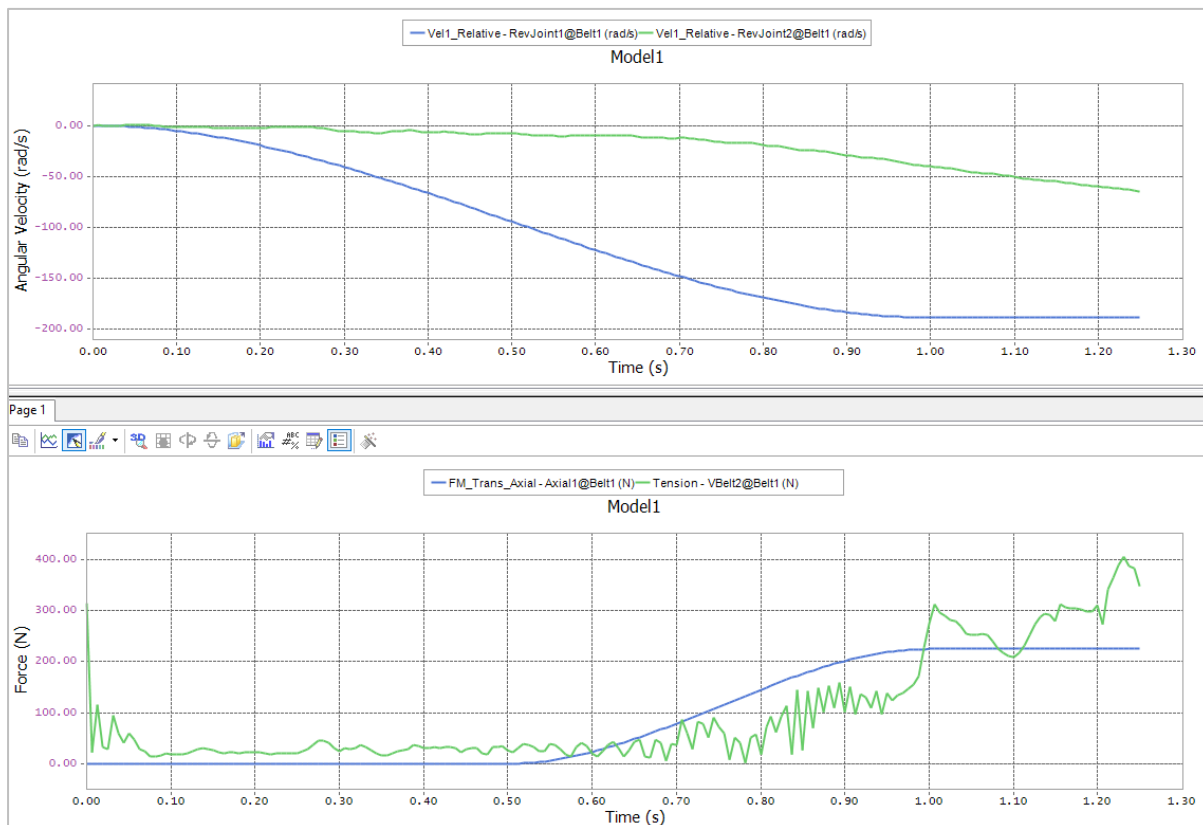


1. 모터의 속도와 블레이드의 속도에 대한 데이터의 그래프를 보기 위해 **Plot** 윈도우를 엽니다.
2. **RevJoint1**(모터의 속도)와 **RevJoint2**(블레이드의 속도)에 대한 값을 Plot 으로 그립니다.
3. Plot 윈도우를 두 개의 Pane 으로 나누기 위해서 **Home** 탭에 **View Group** 의 **Show Left Windows** 를 클릭합니다.
4. Axial 포스와 벨트 장력에 대한 Plot 을 하단에 위치한 Pane 에 추가하기 위해서 하단의 Pane 을 클릭하여 활성화시킵니다.
5. **Axial1** 의 **FM_Trans_Axial** 과 **VBelt2** 의 **Tension** 을 더블 클릭하여 Plot 으로 그립니다.



이 Plot 에서 포스가 텐서너에 적용될 때 벨트 장력이 증가하고 잔디 깎기의 블레이드가 속도를 내기 시작함을 볼 수 있으며, 블레이드가 속도를 많이 내지 않았더라도 명확하게 제대로 작동되고 있음을 알 수 있습니다. 블레이드의 안정적인 속도를 보기 위해서는 시뮬레이션의 시간을 더 길게 하여 실행하거나 벨트가 미끄러짐을 멈추도록 텐서너의 포스 값, 마찰 계수 또는 모멘트 Arm 의 값을 증가시킵니다.





모델링 작업 창으로 돌아가기 위해서 **File** 메뉴에서 **Close** 를 선택합니다.

이제, 잔디 깎기 블레이드 드라이브 트레인에 대한 모델링 작업이 끝났습니다. 이제, 다음 장에서는 모델에 대한 선택적 작업 과정을 진행하도록 하겠습니다.

Chapter

6

모델에 대한 선택적 작업의 수행

목적

이 장에서는 잔디 깎기 데크에 진동 모션을 추가하여 모델을 수정해보겠습니다. 추가한 벨트 세그먼트에 슬립 센서를 생성하고 출력 데이터를 설정하여 그 결과를 Plot 으로 그려보겠습니다.



예상 소요 시간

25 분

슬립 센서의 생성

벨트와 모터의 V 풀리 사이의 미끄럼을 측정하기 위해서 센서를 생성해보겠습니다.

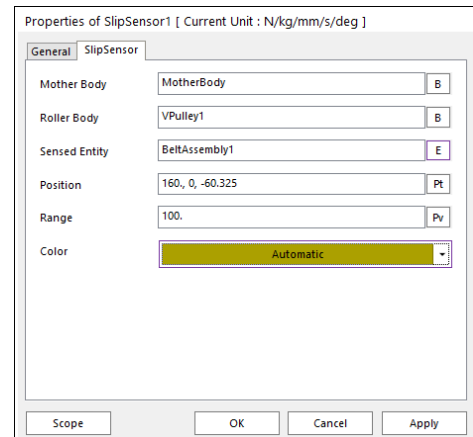
센서 생성 하기:



1. Belt 탭의 Sensor 그룹에서 **Sensor** 를 클릭한 후 **Slip Sensor** 를 클릭합니다.
2. **RollerBody, Point, Distance** 방식으로 생성합니다.
3. 다음의 정보를 입력합니다.
 - **RollerBody** - 모터의 **V 풀리**를 선택합니다.
 - **Point** (센서의 위치) - 벨트 바퀴 중심과 같은 방향(Z 방향)에 있는 지점을 클릭한 후 풀리로부터 벨트의 반대 편(160, 0, -60.325)을 선택합니다.
 - **Distance** (반지름) - 100 으로 설정합니다.

4. 이제, 센서 아이콘이 보여집니다. 이제, 감지 기능을 활용하기 위해 센서의 설정을 수정해보겠습니다.

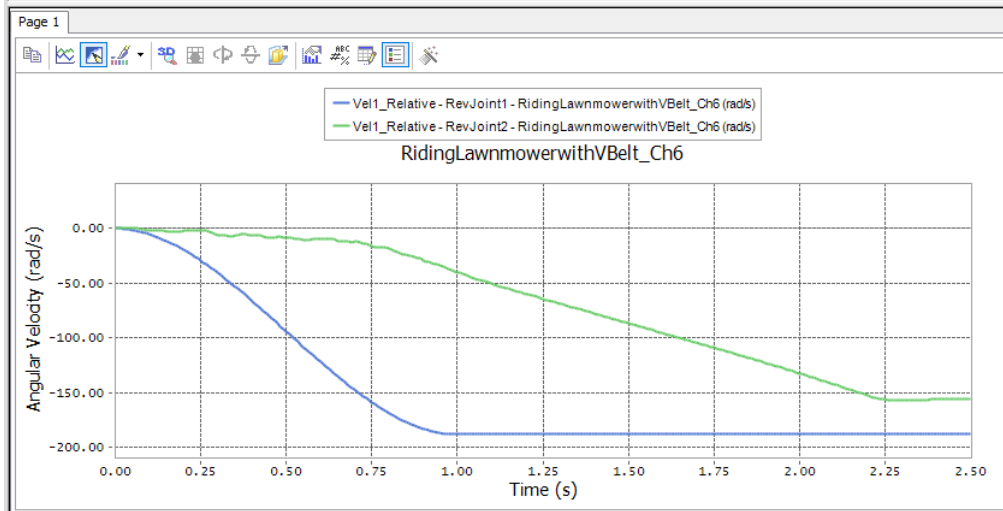
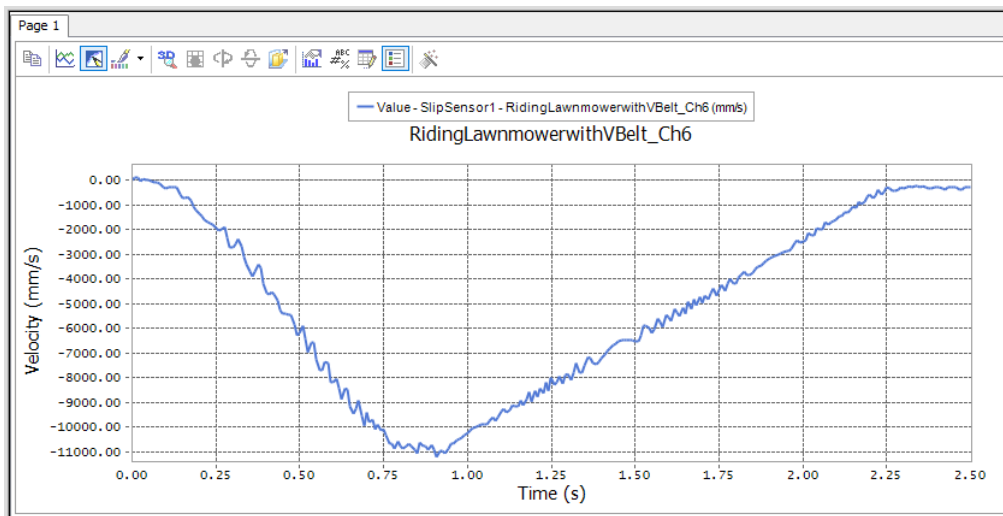
- 센서 아이콘에서 오른쪽 마우스 버튼을 클릭한 후 **Properties** 를 선택합니다.
- **Properties** 다이얼로그 윈도우에서 **Sensed Entity** 의 텍스트 박스 옆에 있는 E 를 클릭하고 벨트의 아무 부분이나 선택합니다.
- **Sensed Entity** 의 텍스트 박스에 BeltAssembly1 가 오른쪽 그림과 같이 나타납니다.
- **OK** 를 클릭합니다.



5. 시뮬레이션을 **2.5** 초로 하여 실행해 보겠습니다. 2.5 초로 시뮬레이션을 실행하는 것은 시스템이 안정적으로 작동하도록 하기 위한 것으로 시뮬레이션의 실행 시간을 기다릴 수 있는 충분한 시간이 있다면 시뮬레이션이 완료될 때까지 기다리기 바랍니다. (다음 부분의 작업을 진행하려면 이 부분에서 진행된 시뮬레이션의 결과가 필요하기 때문에 시뮬레이션의 실행이 종료될 때까지 기다리는 것이 좋습니다.)
6. 선택 사항으로 **Step** 을 **300** 으로 설정하여 2.5 초 동안 시뮬레이션을 실행합니다. 다음 Plot 은 그 시뮬레이션의 결과입니다.

7. **SlipSensor1**의 **Value**를 상단 Pane에 그린 후, **RevJoint1**과 **RevJoint2**의 **Vel_Relative**를 하단 Pane에 그립니다.
 - 상단의 Plot은 0.85 초에서 일어난 드라이브 풀리의 최대 미끄러짐 값을 보여주며 하단의 Plot은 블레이드의 속도가 시뮬레이션 시간이 길어지면서 벨트의 속도에 가까워지고 있음을 보여줍니다.

RIDING LAWNMOWER WITH V-BELT TUTORIAL (BELT)



추가한 세그먼트에 대한 출력데이터의 설정

RecurDyn 에서 데이터를 설정하기 위해 여러 벨트 세그먼트의 장력을 추적해보겠습니다.

장력 추적하기:

1. **Database** 윈도우의 **BeltAssembly1** 에서 오른쪽 마우스 버튼을 클릭한 후 **Properties** 를 선택합니다.
2. **Output** 페이지로 가서 출력 데이터를 보기 원하는 벨트 세그먼트의 옆에 있는 박스를 체크합니다.

이 튜토리얼에서는 다음의 3 개 세그먼트만 살펴보겠습니다.

- **VBelt2, VBelt32, and VBelt62**

3. 세그먼트를 위한 출력 데이터를 **OK** 를 눌러서 저장한 후 시뮬레이션을 실행합니다. (**End Time: 2.5, Step: 300**)

이제, 세 개의 링크에 대한 데이터를 갖게 되었으므로 애니메이션에서 그 링크를 확실히 보기 위해서 시각적으로 표시할 필요가 있는데 이를 위해 **Render Each** 모드를 사용하겠습니다.



4. 툴바에서 **Render Each** 를 클릭합니다.
5. **Database** 윈도우에서 첫 번째 링크(**VBelt2**)를 클릭하여 전체 벨트 어셈블리에 대해서 **Wireframe** 을 설정한 후, Shift 키를 누른 채로 마지막 링크 (**VBelt95**)를 클릭합니다.

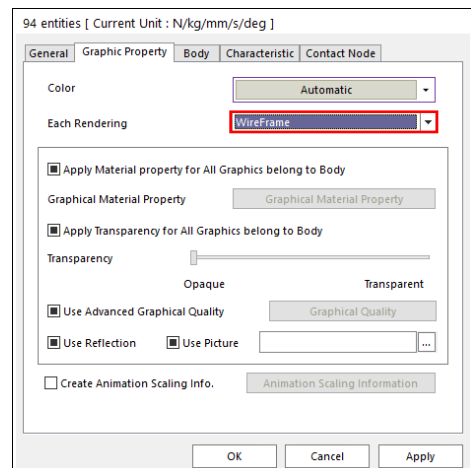
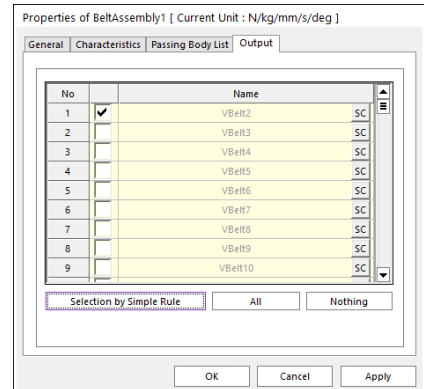
6. 이제 94 개의 모든 링크를 선택한 후 그것들 중에 하나의 링크를 선택하여 오른쪽 마우스 버튼을 클릭합니다. 그리고 나서, **Properties** 를 선택한 후, **Graphic Properties** 페이지로 가서 **Each Rendering** 을 오른쪽 그림에서 보이는 것처럼 **Wireframe** 으로 설정합니다.

7. **OK** 를 클릭하여 **Properties** 다이얼로그 윈도우를 닫습니다.

8. **Database** 윈도우에서 **VBelt2, VBelt32, VBelt62** 에 대해 각각 오른쪽 마우스 버튼을 클릭하여 나타난 메뉴에서 **Shade** 를 클릭합니다.

9. 잔디 깎기 데크를 제외한 모든 다른 바디에 대해서도 **Shade** 를 적용합니다.

10. 블레이드를 더 잘 보이게 하기 위해서 잔디 깎기 데크를 **Wireframe** 으로 설정합니다.



결과 보기

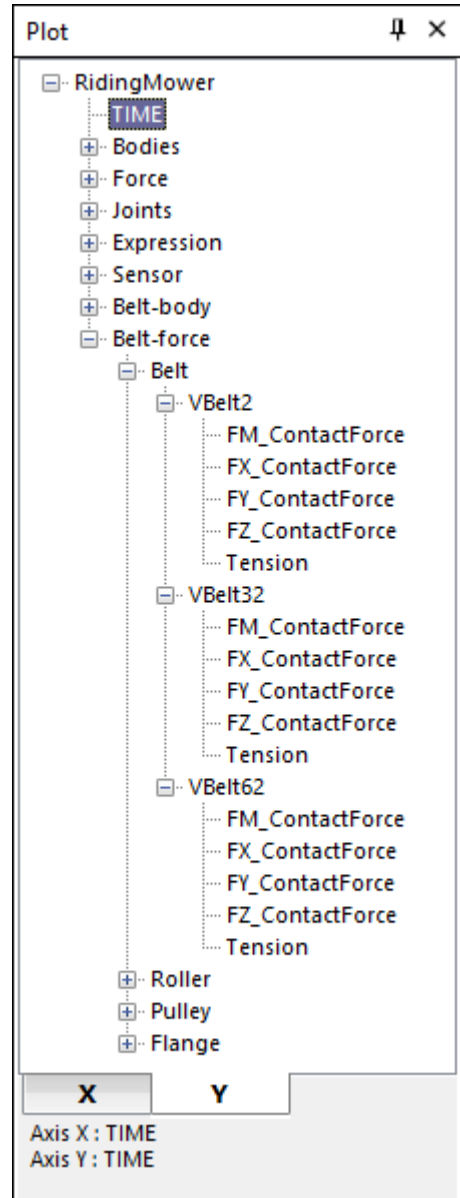
이제, 선택된 세 개의 세그먼트에 대한 벨트의 장력과 벨트 바퀴의 속도, 텐서너 포스를 Plot 으로 그려보고, 애니메이션을 로드 하여 살펴보겠습니다. 이 요소들을 보기 위한 가장 효과적인 방법은 Plot 윈도우를 분할하여 세그먼트의 장력을 Plot 으로 그리고 애니메이션을 Plot 윈도우에 로드하는 것입니다. 그러면, 그 세그먼트에 대한 장력의 변화를 쉽게 볼 있습니다.



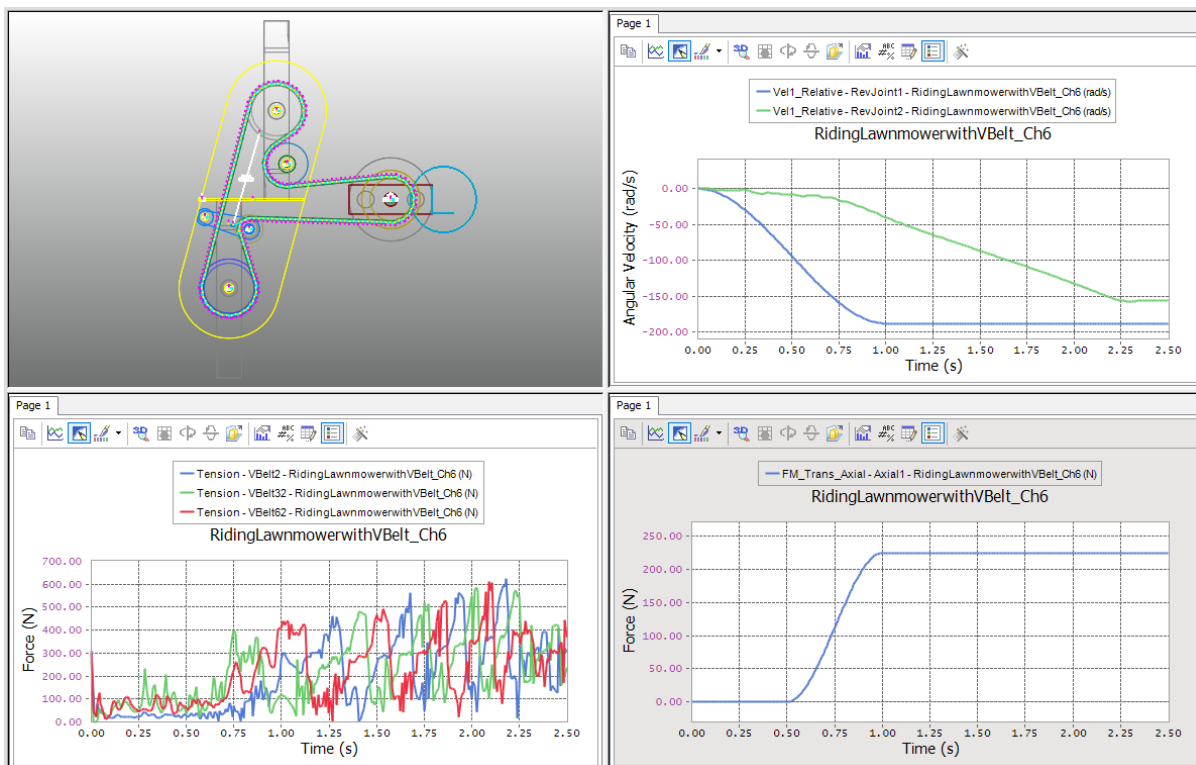
결과 보기:

1. **Plot** 윈도우를 엽니다.
2. Plot 창을 4 개로 나누기 위해서 툴바에서 **Show All Windows** 를 클릭합니다.
3. 왼쪽 상단의 Pane 을 클릭하여 활성화시킵니다.
4. 툴바에서 **Load Animation** 을 클릭하여 애니메이션을 로드 시킵니다.
5. 경고가 나타나면 해당 Plot 에 어떠한 데이터가 없는 경우, **Yes** 를 클릭합니다.
6. 애니메이션의 보기 모드와 렌더링 모드를 적절하게 수정합니다.
7. 쪽 하단의 Pane 을 클릭하여 활성화시킨 후 세 개의 벨트 세그먼트에 대한 **Tension** 을 Plot 으로 그립니다.
8. 오른쪽 상단의 Pane 을 클릭하여 활성화시킨 후 **RevJoint1**(모터)와 **RevJoint2**(블레이드 2)에 대한 **Vel1_Relative** 을 Plot 으로 그립니다.
9. 오른쪽 하단의 Pane 을 클릭하여 활성화시킨 후 **Axial1** 에 대한 **FM_Trans_Axial** (텐서너의 포스)을 Plot 으로 그립니다.

그러진 Plot 은 다음 그림과 같이 보여집니다.



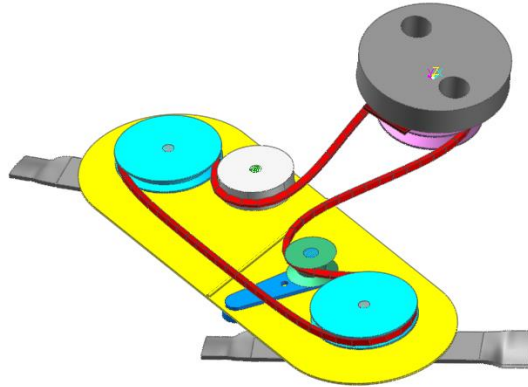
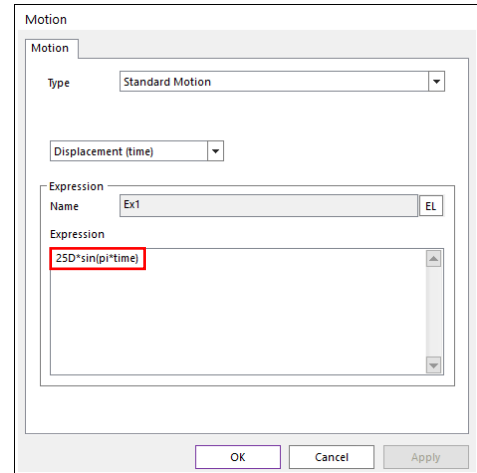
RIDING LAWNMOWER WITH V-BELT TUTORIAL (BELT)



잔디 깎기 데크에 진동 설정하기

잔디 깎기 데크에 진동 설정하기:

1. 그라운드와 잔디 깎기 데크를 연결한 Revolute 조인트의 모션을 수정합니다.
2. **$25D*\sin(\text{PI}*\text{TIME})$** 으로 수식을 입력하여 2 초에서 사인곡선 형태로 변하며, 25 도의 진폭을 가지는 모션을 정의합니다.
3. 진동의 영향을 살펴보기 위해 2 초 동안 시뮬레이션을 실행합니다.
4. 잔디 깎기의 진동으로 인해 벨트의 장력과 벨트 텐서너의 위치가 어떻게 변하는지 확인합니다.



Thanks for participating in this tutorial!