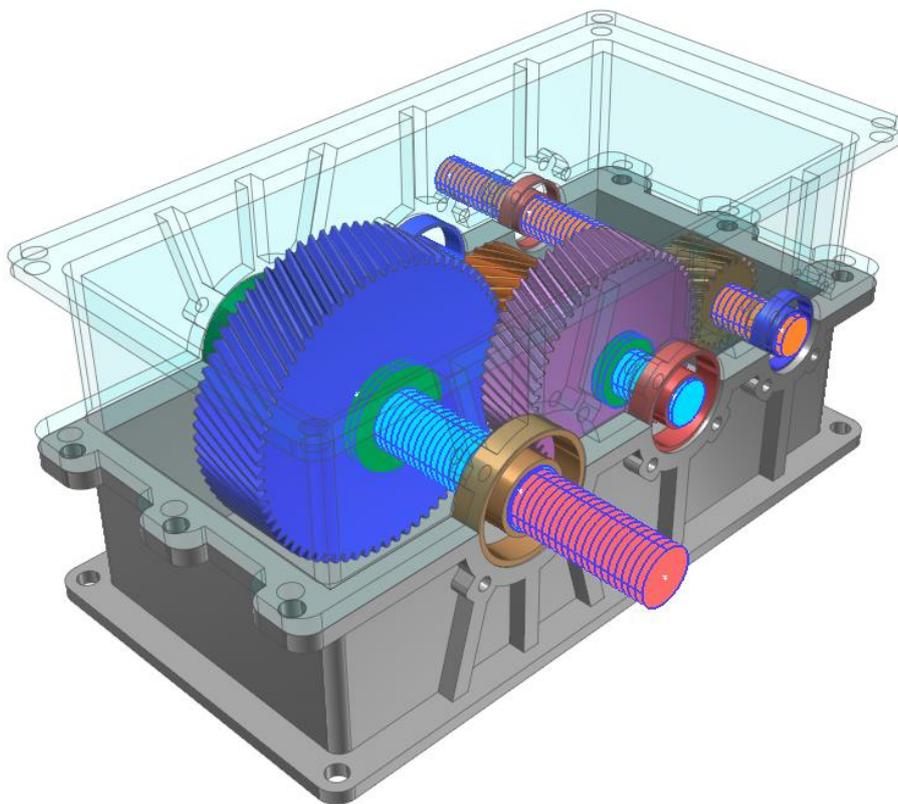




Gearbox Tutorial (DriveTrain)



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 환경의 설정	7
목적	7
예상 소요 시간	7
RecurDyn 의 실행	8
Gearbox 생성	8
CAD Import 하기	8
Icon, Marker Size 및 Layer 설정	10
모델 저장하기	11
Shaft 의 생성	12
목적	12
예상 소요 시간	12
Shaft 생성하기	13
모델 저장하기	16
Bearing 의 생성	17
목적	17
예상 소요 시간	17
Bearing 생성하기	18
모델 저장하기	20
Gear 의 생성	21
목적	21
예상 소요 시간	21
Gear 생성하기	22
모델 저장하기	27
Joint, Force 의 생성	28
목적	28
예상 소요 시간	28
Expression 생성하기	29
Joint 생성하기	29
Force 생성하기	31

Dynamic/Kinematic 해석의 실행.....	32
해석 결과의 분석.....	33
목적.....	33
예상 소요 시간.....	33
Shaft 해석 결과의 분석.....	34
Bearing 해석 결과의 분석.....	37
Gear 해석 결과의 분석.....	37
Involute Analytic Contact.....	38
목적.....	38
예상 소요 시간.....	38
Involute Analytic Contact 생성하기.....	39
Dynamic/Kinematic 해석의 실행.....	40
Shaft 해석 결과의 분석.....	40
Bearing 해석 결과의 분석.....	41
Gear 해석 결과의 분석.....	41
Campbell Diagram.....	42
목적.....	42
예상 소요 시간.....	42
Campbell Diagram 모델 해석하기.....	43
Analysis 탭 설정하기.....	44
Plot 탭 설정하기.....	45
Campbell Diagram 설정하기.....	46



개요

DriveTrain Toolkit은 회전축, 기어, 베어링 등으로 이루어진 기계 시스템을 각 부품의 재료역학적, 동역학적 특징을 고려하여 설계할 수 있는 Toolkit입니다. 회전축의 경우에는 FE Beam Element를 이용하여 축방향으로 여러가지 반지름을 가지는 축에 대해서 설계 및 해석이 가능합니다. 기어의 경우, KISSsoft와 연성해석을 하여 보다 정확한 결과를 볼 수 있고, RecurDyn의 Analytic Contact를 사용하여 빠르고 정확한 결과를 볼 수 있습니다. 베어링의 경우, KISSsoft와 연성해석을 하여 빠른 해석속도와 정확한 해석결과를 볼 수 있습니다.

이 튜토리얼에서는 DriveTrain Toolkit을 이용하여 GearBox 시스템에 대한 시뮬레이션을 어떻게 실행할 것인지를 다루어보겠습니다. 이 과정에서 기능 사용방법과 해석결과를 분석하는 방법을 배울 것입니다.

목적

본 교재에서 다루고자 하는 내용은 다음과 같습니다.

- Shaft, Bearing, Gear의 생성
- Analytic Gear Contact의 생성
- Shaft, Bearing, Gear 해석 결과 분석

필요 요건

본 교재는 RecurDyn 에서 제공되고 있는 Basic Tutorial 및 FFlex Tutorial 을 숙지한 사용자를 위한 것입니다, 따라서 본 교재를 사용하기 위해서는 앞서 언급된 교재를 선행해야 본 교재의 이해를 높일 수 있습니다. 또한 Dynamics 및 Finite Element Method 에 대한 이해를 필요로 합니다.

과정

본 교재는 다음의 과정들로 구성되어 있습니다. 각 과정을 완성하기까지 걸리는 시간은 아래의 표와 같습니다.

Procedures	Time (minutes)
시뮬레이션 환경 설정	10
Shaft 생성	10
Bearing 생성	10
Gear 생성	15
Joint, Force 생성	20
해석결과 분석	20
Involute Analytic Contact	20
Total	105



예상 소요 시간

105 분

Chapter

2

시뮬레이션 환경의 설정

목적

시뮬레이션을 위해 기어박스의 CAD 를 Import 하고 Import 된 Body 의 이름, Layer 를 변경할 것입니다.



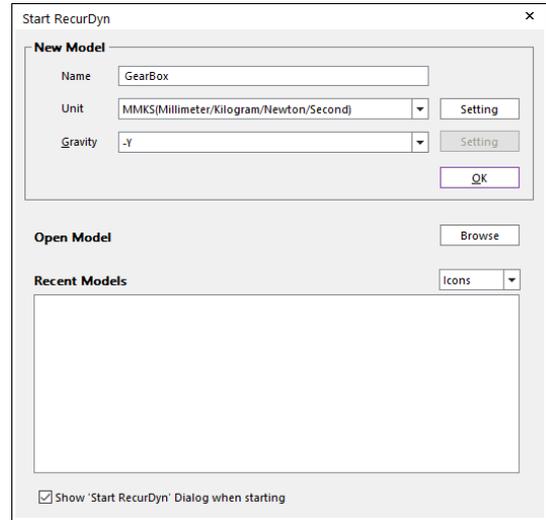
예상 소요 시간

10 분

RecurDyn 의 실행

RecurDyn 실행 후 새로운 모델 생성하기:

1. **RecurDyn** 아이콘을 클릭하면, RecurDyn 이 실행되면서 **New Model** 다이얼로그 박스가 나타납니다.
2. **Model Name** 을 **GearBox** 로 입력합니다.
3. 단위는 **MMKS** 로 설정합니다.
(Millimeter/Kilogram/Newton/Second)
4. **OK** 버튼을 클릭합니다.

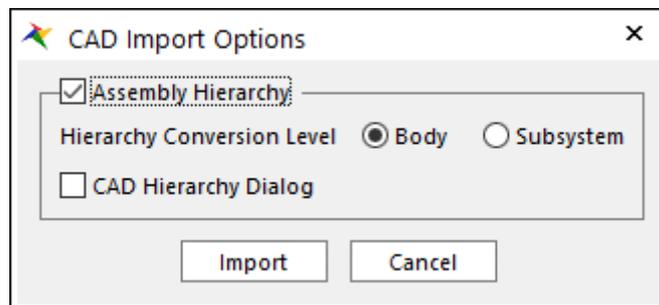


Gearbox 생성

기어 박스 생성을 위해 해당 Geometry 를 갖고 있는 Parasolid 파일을 Import 할 것입니다.

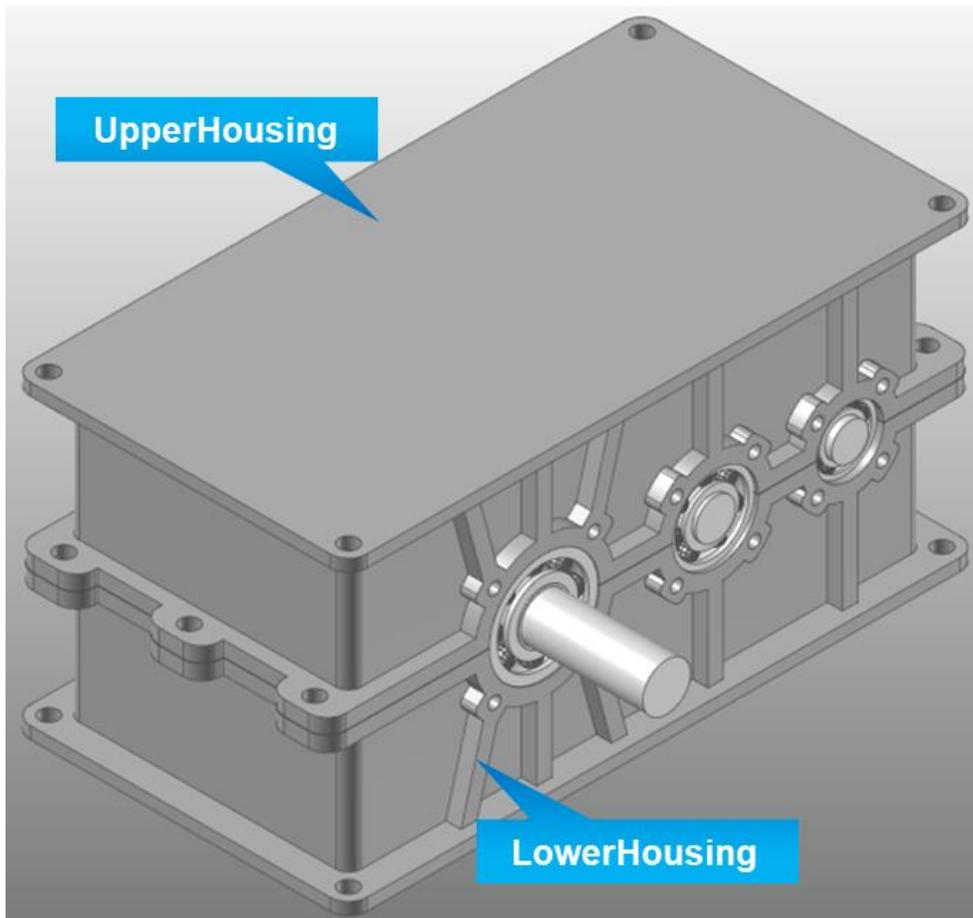
CAD Import 하기

1. **File** 메뉴에서 **Import** 를 클릭합니다.
2. **GearBoxCAD.x_t** 를 선택합니다. (파일 경로: <InstallDir>/Help/Tutorial/Toolkit/DriveTrain/GearBox).
3. **Open** 을 클릭하면 **CAD Import Options** 창이 나타납니다. **Assembly Hierarchy** 가 선택되어있고, **Hierarchy Conversion Level** 에 **Body** 가 선택된 것을 확인하고 Import 버튼을 누릅니다.



CAD 이름 변경 및 **Layer** 설정하기

1. 아래 그림처럼 Upper Housing 에 해당하는 **Body** 를 마우스 오른쪽 클릭하여 나오는 Pop-up 메뉴에서 **Properties** 를 클릭합니다.
1. **General** 탭에서 아래 정보를 참고하여 내용을 변경하고 **OK** 를 누릅니다.
 - **Name:** UpperHousing
 - **Layer:** 2
2. 아래 그림을 참고하여 Lower Housing 에 대해서도 **Name** 을 LowerHousing 으로, **Layer** 를 2 로 변경합니다.



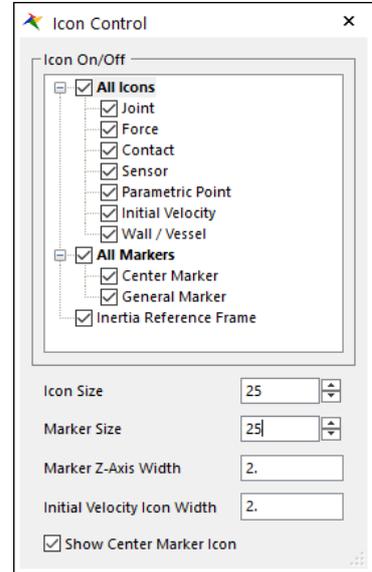
Icon, Marker Size 및 Layer 설정

Icon Control 설정하기

1. 아래 그림처럼 **Render Toolbar** 의 **Icon Control** 를 클릭합니다



2. 왼쪽 그림처럼 **Icon Size** 와 **Marker Size** 를 각각 **25** 로 변경합니다.

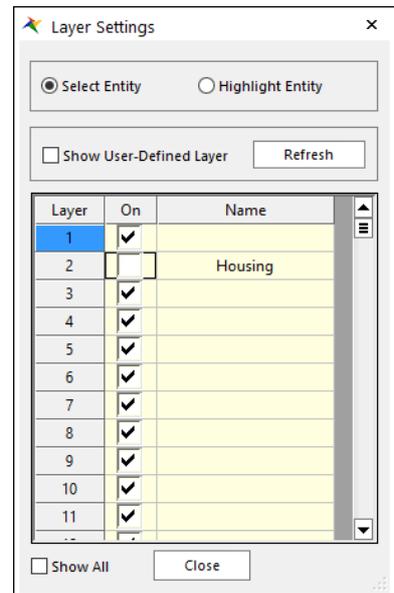


Layer Setting 설정하기

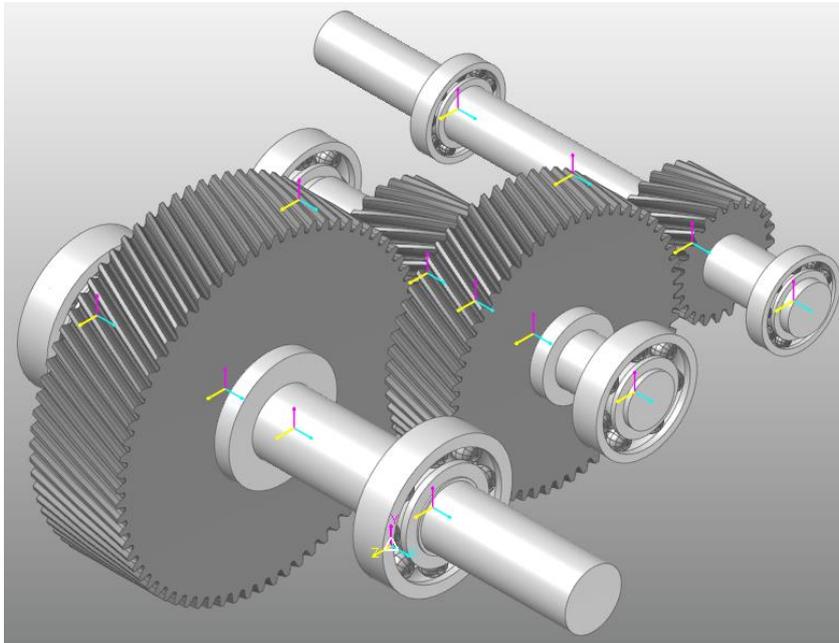
1. 아래 그림처럼 **Render Toolbar** 의 **Layer Settings** 를 클릭합니다.



2. 왼쪽 그림처럼 **Layer 2** 의 이름을 **Housing** 으로 설정하고 **Layer On** 을 체크해제 합니다.

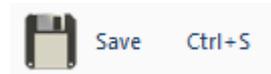


그러면, 모델은 아래와 같은 그림처럼 보여집니다.



모델 저장하기

다음 장으로 넘어가기 전에 현재의 모델을 저장합니다. (Tip: File 메뉴에서 Save 를 클릭합니다.)



Chapter

3

Shaft 의 생성

목적

이 장에서는 여러가지 Section 으로 이루어진 Shaft 를 유한요소인 Beam Element 로 생성할 수 있는 Shaft Modeler 를 사용하는 방법에 대해 배우게 됩니다.



예상 소요 시간

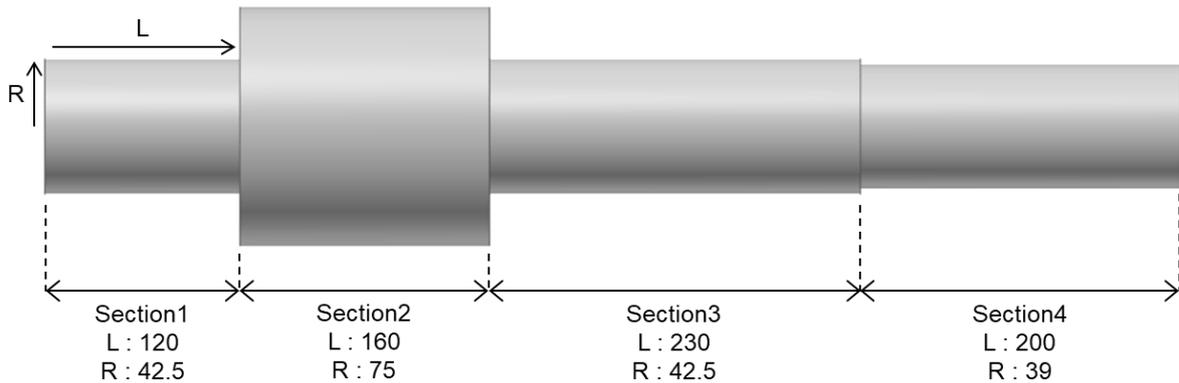
10 분

Shaft 생성하기

Shaft의 응력과 형상변형을 분석하기 위해 **Beam Element**로 이루어진 **Shaft**를 생성합니다.

Shaft1 생성

Shaft1 은 아래 그림과 같은 형상으로 이루어져 있습니다. **RecurDyn** 의 **Shaft Modeler** 에서는 같은 반지름과 길이를 가진 부분을 하나의 **Section** 으로 분류합니다. **Shaft Section** 의 번호는 시작점부터 **Shaft** 의 **Direction** 방향으로 번호가 증가합니다.



1. **Ribbon** 메뉴의 **DriveTrain** 에서 **Shaft** 를 클릭합니다.
2. **Point, Direction, WithDialog** 생성방법에서 아래와 같은 정보를 입력합니다.
 - **Point:** -255, 250, 175
 - **Direction:** 1, 0, 0
3. **Shaft** 다이얼로그가 뜨면 **Sections** 오른쪽의 **Add** 버튼을 3 번 더 눌러 총 4 개의 **Section** 을 만들고, 아래 표의 정보를 참고하여 빈칸을 채웁니다.

Section	L	Ro	Ri	Element Size
1	120	42.5	0	10
2	160	75	0	10
3	230	42.5	0	10
4	200	39	0	10

4. **Sections** 오른쪽의 **FDR** 버튼을 누릅니다. **FDR** 다이얼로그가 뜨면 **Add** 버튼을 3 번 눌러 총 3 개의 **FDR** 을 만들고, 아래 표의 정보를 참고하여 빈칸을 채웁니다.

No	Center Position	Width	Type
1	22.5	41	RBE2
2	200	120	RBE2
3	487.5	41	RBE2

5. **Close** 를 눌러 **FDR** 다이얼로그를 닫습니다.
 6. **OK** 를 눌러 **Shaft** 를 생성합니다.
 7. **Shaft1** 이 생성된 자리에 있던 **Shaft Body** 를 삭제합니다.

Note: FDR 의 사용

Shaft 에 Gear, Bearing 등의 부재가 연결되는 경우 핀, 키, 스플라인, 스냅 링 등으로 연결되게 됩니다. RecurDyn Shaft 에서 이런 부재 간의 연결을 Rigid Element 인 FDR 로 표현합니다. FDR 의 Master 노드가 생성되는 Center Position 을 보면 노드의 크기가 다른 노드보다 크게 보이는 것을 알 수 있습니다.

Note: FDR Tolerance

FDR Tolerance 는 기존에 존재하는 Node 와 FDR 의 생성으로 인해 삽입되는 노드 간의 간격이 매우 작을 경우 이를 무시하기 위해 사용하는 수치입니다. 예를 들어 FDR Tolerance 가 0.01 인데, 두 노드 간의 간격이 0.009 이면 삽입되어야 할 노드가 기존에 존재하던 노드로 변경됩니다.

Shaft2 생성

Shaft1 을 생성했던 방법처럼 아래 정보와 표를 참고하여 Shaft2 를 생성합니다.

- Point, Direction, WithDialog** 생성방법
 - Point:** -255, 250, -105
 - Direction:** 1, 0, 0
- Shaft Section**

Section	L	Ro	Ri	Element Size
1	50	32.5	0	10
2	235	37.5	0	10
3	125	50	0	10
4	100	32.5	0	10

3. FDR Section

No	Center Position	Width	Type
1	22.5	33	RBE2
2	200	120	RBE2
3	347	90	RBE2
4	487.5	33	RBE2

Shaft3 생성

Shaft1 을 생성했던 방법처럼 아래 정보와 표를 참고하여 Shaft3 를 생성합니다.

1. Point, Direction, WithDialog 생성방법

- **Point:** -402, 250, -325
- Direction: 1, 0, 0
-

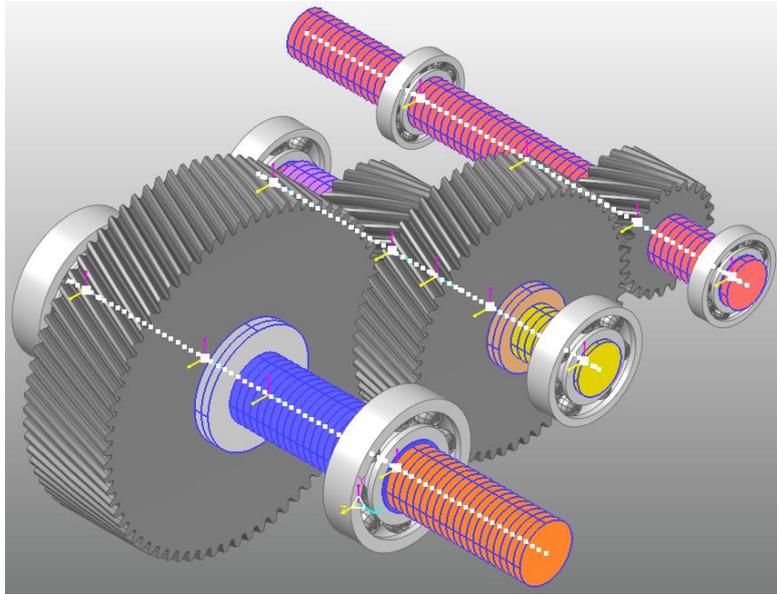
2. Shaft Section

Section	L	Ro	Ri	Element Size
1	657	30	0	10

3. FDR Section

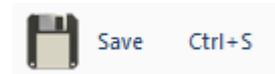
No	Center Position	Width	Type
1	169.5	22	RBE2
2	494	90	RBE2
3	634.5	22	RBE2

그러면, 모델은 아래 그림과 같이 보여집니다.



모델 저장하기

다음 장으로 넘어가기 전에 현재의 모델을 저장합니다. (Tip: File 메뉴에서 Save 를 클릭합니다.)



Chapter

4

Bearing 의 생성

목적

이 장에서는 모델의 Ball Bearing 을 KISSsoft Ball Bearing Library 를 사용하여 생성하는 방법에 대해 배우게 됩니다.



예상 소요 시간

10 분

Bearing 생성하기

Shaft에 연결되어 있는 Ball Bearing의 동적거동을 분석하기 위해 KISSsoft Bearing을 생성할 것입니다.

BearingGroup1, 2 생성



1. **Ribbon** 메뉴의 **DriveTrain** 에서 **Bearing** 을 클릭합니다.
2. **Point, Direction, WithDialog** 생성방법에서 아래와 같은 정보를 입력합니다.
 - **Point:** 232.5, 250, 175
 - **Direction:** 1, 0, 0
3. **Bearing** 다이얼로그가 뜨면 아래 그림처럼 **Bearing Library** 오른쪽에 **Library** 버튼을 클릭합니다.

4. **Bearing Library** 다이얼로그가 뜨면 아래 정보를 참고하여 입력합니다.
 - **Bearing Type:** Deep groove ball bearing (single row)
 - **Diameter:** (Inside) 85.000 mm
 - **Bearing:** Timken 6317 (d=85.000 mm, D=180.000 mm, B=41.000 mm)
 - **Internal Clearance:** C2

5. **OK** 를 눌러 **Bearing Library** 다이얼로그를 닫습니다.
6. **Bearing** 다이얼로그에서 **OK** 를 눌러 **Bearing** 을 생성합니다.
7. **BearingGroup1** 이 생성된 자리에 있던 Bearing Body 를 삭제합니다.
8. **Point** 값을 (-232.5, 250, 175) 로 사용하여 **1~7** 번의 **Step** 을 반복합니다.

BearingGroup3, 4 생성

아래 정보를 이용하여 BearingGroup1, 2 를 생성한 방법과 같이 BearingGroup3, 4 를 생성합니다.

1. **Point, Direction, WithDialog** 생성방법

- **Point:** (232.5, 250, -105), (-232.5, 250, -105)
- **Direction:** 1, 0, 0

2. **Bearing Library**

- **Bearing Type:** Deep groove ball bearing (single row)
- **Diameter:** (Inside) 65.000 mm
- **Bearing:** Timken 6313 (d=65.000 mm, D=140.000 mm, B=33.000 mm)
- **Internal Clearance:** C2

BearingGroup5, 6 생성

아래 정보를 이용하여 BearingGroup1, 2 를 생성한 방법과 같이 BearingGroup5, 6 를 생성합니다.

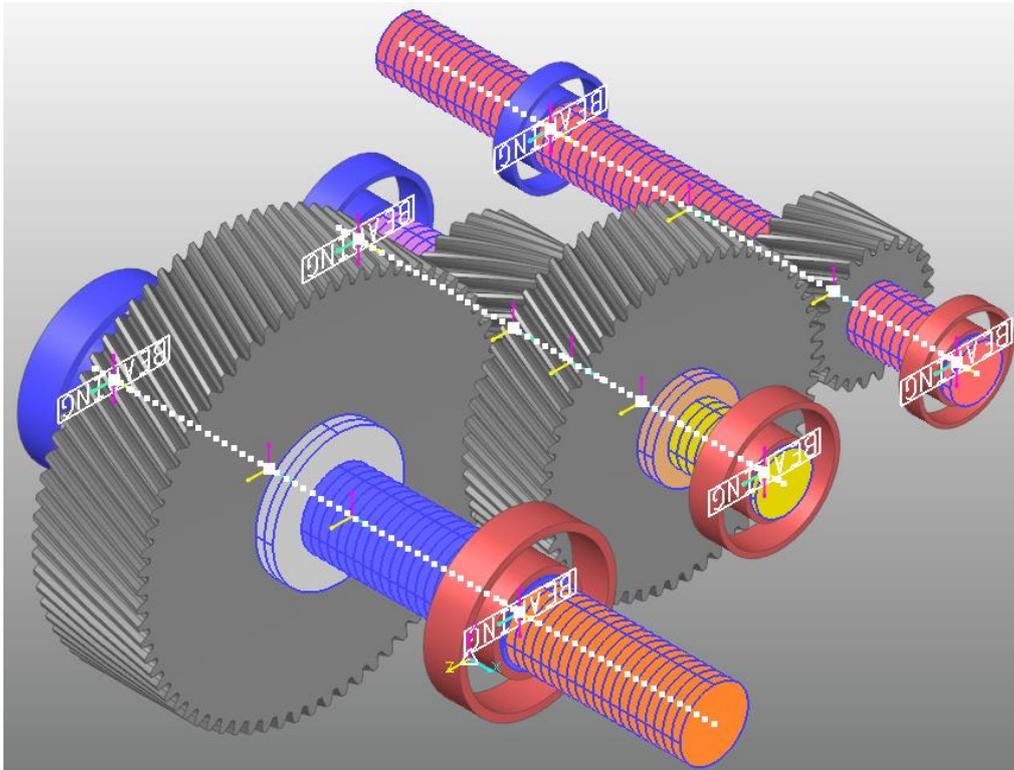
1. **Point, Direction, WithDialog** 생성방법

- **Point:** (232.5, 250, -325), (-232.5, 250, -325)
- **Direction:** 1, 0, 0

2. **Bearing Library**

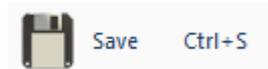
- **Bearing Type:** Deep groove ball bearing (single row)
- **Diameter:** (Inside) 60.000 mm
- **Bearing:** Timken 6212 (d=60.000 mm, D=110.000 mm, B=22.000 mm)
- **Internal Clearance:** C2

그러면, 모델은 아래 그림과 같이 보여집니다.



모델 저장하기

다음 장으로 넘어가기 전에 현재의 모델을 저장합니다. (Tip: **File** 메뉴에서 **Save** 를 클릭합니다.)





Gear 의 생성

목적

이 장에서는 KISSsoft 를 이용하여 Gear 를 생성할 것입니다.



예상 소요 시간

15 분

Gear 생성하기

Shaft 에 연결되어 있는 Gear 의 동적거동을 분석하기 위해 **KISSsoft Gear** 을 생성할 것입니다.

CylindricalGearGroup1 생성



- Ribbon** 메뉴의 **DriveTrain** 에서 **GearTrain** 을 클릭합니다.
- Point, Point, Direction, WithDialog** 생성방법에서 아래와 같은 정보를 입력합니다.
 - Point:** -55, 250, 175
 - Point:** -55, 250, -105
 - Direction:** 1, 0, 0
- CylindricalGear** 다이얼로그가 뜨면 **Gear Geometry** 항목에서 아래 정보를 참고하여 입력합니다.
 - Normal Module:** 5
 - Gear Type:** Helix Right Hand
 - Helix Angle at Reference Circle:** 20
- Gear1, 2** 의 세부정보를 입력하는 항목들은 아래 표를 참고하여 입력합니다.

Gear	No. of Teeth	Face Width	Profile Shift Coefficient
1	73	120	0.4405
2	31	120	0.2477

Gear Geometry

Normal Module: Gear Type:

Pressure Angle at Normal Section: Helix Angle at Reference Circle:

Gear	No. of Teeth	Face Width	Profile Shift Coefficient	Details	Profile	Tolerance	Modification	Material
1	73	120.	0.4405	...	Factors ...	...	...	18CrNiMo7-6, ...
2	31	120.	0.2477	...	Factors ...	...	...	18CrNiMo7-6, ...

- Gear1 Details** 항목에서 **'...'** 버튼을 클릭하여 **Inner Diameter** 를 **150** 로 변경하고 **Close** 를 눌러 닫습니다. 같은 방법으로 **Gear2** 의 **Inner Diameter** 를 **75** 로 변경합니다.
- Gear1 Tolerance** 항목에서 **'...'** 버튼을 클릭하여 **[Gear 1] Tolerance** 다이얼로그가 뜨면 아래 정보를 참고하여 입력한 후에 **Close** 버튼을 클릭하여 닫습니다.
 - Tooth Tolerance Type:** User Input
 - Tooth Thickness (Upper/Lower):** (0, 0)
 - Tip Diameter (Upper/Lower):** (Check) (0, 0)
 - Root Diameter (Upper/Lower):** (Check) (0, 0)

- 입력 후의 다이얼로그는 아래와 같이 보여집니다.

Note: Tooth Tolerance

Tolerance 다이얼로그에서는 Tooth Thickness, Tip Diameter, Root Diameter 에 대한 Tolerance 를 설정하게 됩니다. Upper / Lower 를 0 으로 두게 되면 Tolerance 를 주지 않고 생성하는 것입니다. Upper / Lower 값을 지정하게 되면 KISSsoft 에서 Tolerance 를 정할 때 Upper, Lower Limit 로 계산하게 됩니다.

- Gear2 의 Tolerance 에도 6 번 Step 을 반복합니다.
- Gear Pair 하위의 Center Distance 에는 280 을 입력하고, Backlash 의 Calc. 버튼을 클릭하여 Backlash 를 계산합니다.

Pair	Base Gear	Action Gear	Center Distance	Backlash	Axial Offset	Rot. Angle	Cont...	Meta Model	Import	Export	KISSsoft UI
1	1	2	280. Calc.	1.368... Calc.	0.	0.	...	...	...	...	...

↓

Pair	Base Gear	Action Gear	Center Distance	Backlash	Axial Offset	Rot. Angle	Cont...	Meta Model	Import	Export	KISSsoft UI
1	1	2	280. Calc.	0.013... Calc.	0.	0.	...	...	...	...	...

Note: Contact Analysis

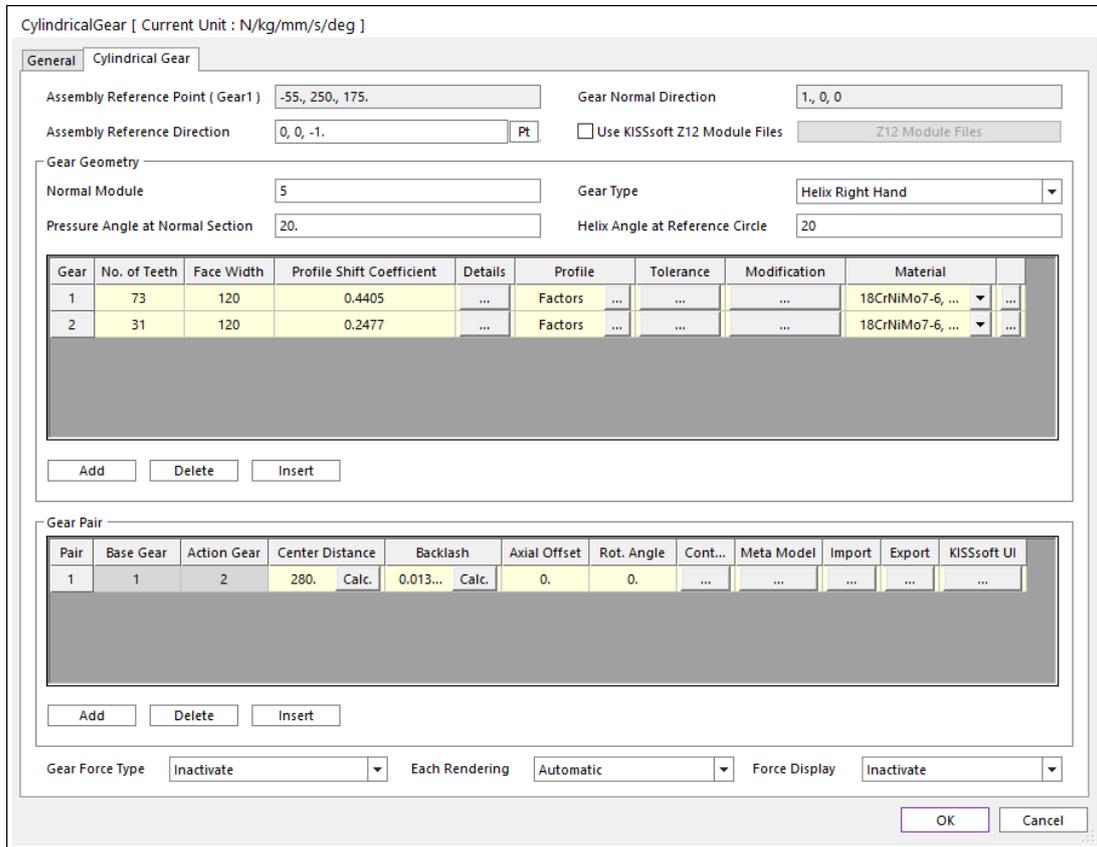
Contact Analysis 다이얼로그에서 Number of Meshing Positions 는 Path of Contact 상에서 몇 번의 계산을 할 것인지를 결정하게 됩니다. Number of Slices 는 Meshing Position 이 생성되는 단면의 개수를 설정하는 것입니다. 예를 들어 Number of Meshing Position 값을 17, Number of Slices 를 11 로 설정한다면, 기어 이의 한 면이 다른 한 면과 Contact 할 동안 11 개의 Slice 위의 각각 17 개의 Meshing Position 이 균등 배분되어 생성되게 됩니다.

Note: RecurDyn Gear Toolkit 과의 비교

DriveTrain Toolkit 의 Gear Train 은 KISSsoft User Interface 를 바탕으로 생성되었기 때문에 RecurDyn Gear Toolkit 과 같은 의미지만 다른 용어를 사용하는 항목이 있습니다. 아래는 Gear Toolkit 과 DriveTrain Toolkit 과 같은 의미를 가진 용어를 비교해 놓은 것입니다.

KISSsoft	RecurDyn
Normal Module	Module
Pressure Angle at Normal Section	Pressure Angle
Helix Angle at Reference Circle	Helix Angle
Face Width	Gear Width
Profile Shift Coefficient	Addendum Modification Coefficient
Inner Diameter	Hole Radius
Dedendum Coefficient	Dedendum Factor
Root Radius Coefficient	Hob Rack Radius Coefficient
Addendum Coefficient	Addendum Factor

그러면 **CylindricalGear** 다이얼로그는 아래 그림과 같이 보여집니다.



9. **CylindricalGear** 다이얼로그에서 **OK** 버튼을 눌러 **CylindricalGearGroup1** 를 생성합니다.
10. **CylindricalGearGroup1** 이 생성된 자리에 있던 **Gear Body** 를 삭제합니다.

Note: Gear Modification 의 사용

Modification 버튼을 누르면 Gear 의 Modification 을 설정할 수 있는 다이얼로그가 나옵니다. Profile/Tooth Modification 은 Type 별로 Value, Factor1, Factor2 를 설정할 수 있는데, 이에 대한 자세한 내용은 Manual 에 있습니다. (DriveTrain > Functions for DriveTrain > KISSsoft > Gear Train > Properties > Modification)

CylindricalGearGroup2 생성

CylindricalGearGroup1 을 생성했던 방법과 동일하게 아래 정보들을 이용하여 두번째 Gear Pair 를 생성합니다.

1. Point, Point, Direction, WithDialog 생성방법

- **Point:** 92, 250, -105
- **Point:** 92, 250, -325
- **Direction:** 1, 0, 0

2. Gear Geometry 항목

- **Normal Module:** 5
- **Gear Type:** Helix Right Hand
- **Helix Angle at Reference Circle:** 20

Gear	No. of Teeth	Face Width	Profile Shift Coefficient
1	59	90	0.2193
2	23	90	0.1595

3. Inner Diameter 항목

- **Gear1:** 100
- **Gear2:** 60

4. Gear1, Gear2 의 Tolerance 항목

- **Tooth Tolerance Type:** User Input
- **Tooth Thickness (Upper/Lower):** (0, 0)
- **Tip Diameter (Upper/Lower):** (Check) (0, 0)
- **Root Diameter (Upper/Lower):** (Check) (0, 0)

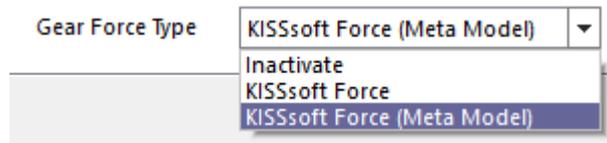
5. Center Distance 는 220 으로 설정, Backlash 의 Calc. 버튼 클릭

Contact 설정

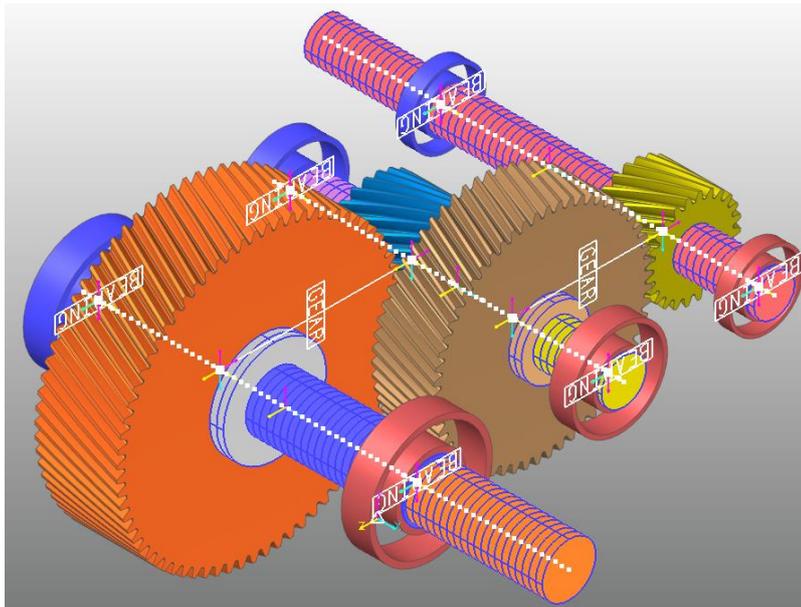
1. **Database** 에서 **CylindricalGearGroup1** 를 오른쪽 클릭하여 나오는 **Pop-up** 메뉴에서 **Properties** 를 클릭합니다.
2. **Gear Pair** 항목에서 **Meta Model** 의 ... 버튼을 클릭합니다.

Pair	Base Gear	Action Gear	Center Distance	Backlash	Axial Offset	Rot. Angle	Cont...	Meta Model	Import	Export	KISSsoft UI
1	1	2	280. Calc.	0.013... Calc.	0.	0.	...	...	...	...	...

3. **Import Meta Model File(*.gmm)**에 체크하고 ... 버튼을 누릅니다.
4. 아래 경로의 **GearBox_GearForce1.gmm** 파일을 **Open** 합니다.
 - <InstallDir>\Help\Tutorial\Toolkit\DriveTrain\GearBox
5. **Close** 를 눌러 **Meta Model** 다이얼로그를 닫습니다.
6. **Dialog** 맨 하단의 **Gear Force Type** 을 **KISSsoft Force (Meta Model)** 로 설정합니다.

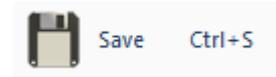


7. **OK** 를 눌러 다이얼로그를 닫습니다.
8. **CylindricalGearGroup2** 에 대해서도 파일을 GearBox_GearForce2.gmm 로 변경하여 **Step 1~7** 을 반복합니다.
 - 그러면, 모델은 아래 그림과 같이 보여집니다.



모델 저장하기

다음 장으로 넘어가기 전에 현재의 모델을 저장합니다. (Tip: File 메뉴에서 Save 를 클릭합니다.)



Joint, Force 의 생성

목적

이 장에서는 다음과 같이 몇 가지 Joint 와 Force 를 생성할 것입니다.

- Ground 와 Housing 사이의 Fixed Joint
- Housing 과 Housing Cover 사이의 Fixed Joint
- Housing 과 Outer Bearing 사이의 Fixed Joint
- Shaft 와 Inner Bearing 사이의 Fixed Joint
- Ground 와 Shaft 사이의 Revolute Joint
- Ground 와 Shaft 사이의 Rotational Axial Force



예상 소요 시간

20 분

Expression 생성하기

곧 생성할 Joint 와 Force 에 적용할 Expression 을 생성합니다.



1. **SubEntity** 탭에서 **Expression** 을 클릭합니다.
2. **Expression List** 다이얼로그에서 **Create** 버튼을 클릭합니다.
3. **Expression** 다이얼로그에서 아래 정보를 참고하여 입력합니다.

Name	Expression
Ex_Vel	10*pi*time
Ex_Torque	-640000

Joint 생성하기

Fixed Joint 생성



1. **Professional** 탭의 **Fixed Joint** 를 클릭합니다.
2. **Body, Body, Point** 생성방법에서 아래 정보를 참고하여 **Fixed1** 을 생성합니다.
 - **Body:** Ground
 - **Body:** LowerHousing
 - **Point:** 245, -5, 485
3. 아래 표를 참고하여 **Housing** 과 **Body** 들 사이에 **Fixed Joint** 를 생성합니다.

Name	Body	Body	Point
Fixed1	Ground	LowerHousing	245, -5, 485
Fixed2	LowerHousing	UpperHousing	205, 250, 500
Fixed3	LowerHousing	BearingOuterBody1	232.5, 250, 175
Fixed4	LowerHousing	BearingOuterBody2	-232.5, 250, 175
Fixed5	LowerHousing	BearingOuterBody3	232.5, 250, -105
Fixed6	LowerHousing	BearingOuterBody4	-232.5, 250, -105
Fixed7	LowerHousing	BearingOuterBody5	232.5, 250, -325
Fixed8	LowerHousing	BearingOuterBody6	-232.5, 250, -325

4. 아래 표를 참고하여 **Shaft** 와 **Body** 들 사이에 **Fixed Joint** 를 생성합니다.

Name	Body	Body	Point
Fixed9	Shaft1	BearingInnerBody1	232.5, 250, 175
Fixed10	Shaft1	CylindricalGear1	-55, 250, 175
Fixed11	Shaft1	BearingInnerBody2	-232.5, 250, 175
Fixed12	Shaft2	BearingInnerBody3	232.5, 250, -105
Fixed13	Shaft2	CylindricalGear2	-55, 250, -105
Fixed14	Shaft2	CylindricalGear3	92, 250, -105
Fixed15	Shaft2	BearingInnerBody4	-232.5, 250, -105
Fixed16	Shaft3	BearingInnerBody5	232.5, 250, -325
Fixed17	Shaft3	CylindricalGear4	92, 250, -325
Fixed18	Shaft3	BearingInnerBody6	-232.5, 250, -325

Revolute Joint 생성

Gearbox 의 Motion 을 설정하기 위한 Revolute Joint 를 생성합니다.



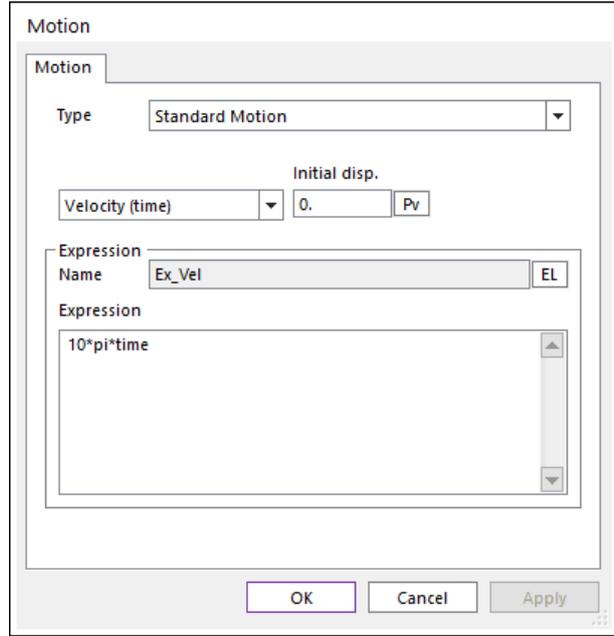
1. **Professional** 탭의 **Revolute Joint** 를 클릭합니다.
2. **Body, Body, Point, Direction** 생성방법에서 아래 정보를 참고하여 **RevJoint1** 을 생성합니다.
 - **Body:** Ground
 - **Body:** Shaft3
 - **Point:** -402, 250, -325
 - **Direction:** 1, 0, 0
3. 아래 표를 참고하여 **Shaft** 에 **Revolute Joint** 를 생성합니다.

Name	Body	Body	Point	Direction
RevJoint1	Ground	Shaft3	-402, 250, -325	1, 0, 0
RevJoint2	Ground	Shaft1	455, 250, 175	1, 0, 0

Motion 설정

RevJoint1 에 Motion 을 설정합니다.

1. **Database** 에서 **RevJoint1** 을 오른쪽 클릭하여 나오는 **Pop-up** 메뉴에서 **Properties** 를 클릭합니다.
2. **Include Motion** 체크박스에 체크하고 **Motion** 버튼을 클릭합니다.
3. **Velocity (time)**으로 변경하고 **EL** 버튼을 클릭합니다.
4. **Ex_Vel** 을 선택한 후 **OK** 를 누릅니다. 그러면 오른쪽과 같이 설정됩니다.
5. **OK** 를 눌러 다이얼로그를 닫습니다.



Force 생성하기

Rotational Axial Force 생성

Gearbox 의 Torque 를 설정하기 위해서 Rotational Axial Force 를 생성합니다.



1. **Professional** 탭의 **Rotational Axial Force** 를 클릭합니다.
2. 아래 그림처럼 **Creation Method** 를 **Joint** 로 변경합니다.



3. **RevJoint2** 을 선택하여 **RotationalAxial1** 을 생성합니다.

Rotational Axial Force 설정

1. **Database** 에서 **RotationalAxial1** 을 오른쪽 클릭하여 나오는 **Pop-up** 메뉴에서 **Properties** 를 클릭합니다.
2. **Rotational Axial Force** 탭에서 **EL** 버튼을 클릭합니다.
3. **Expression List** 다이얼로그에서 **Ex_Torque** 를 선택한 후 **OK** 를 누릅니다.
4. **OK** 를 눌러 다이얼로그를 닫습니다.

Dynamic/Kinematic 해석의 실행

방금 생성한 모델에서, Force 와 Motion 이 미치는 영향을 보기 위해 Dynamic/Kinematic 해석을 실행합니다.



1. **Analysis** 탭의 **Simulation Type** 그룹에서 **Dyn/Kin** 을 클릭합니다.
2. **General** 탭에서 시뮬레이션의 **End Time** 과 **Step** 의 수를 정합니다.
 - End Time: 2
 - **Step**: 5000
 - Plot Multiplier Step Factor: 2
3. **Parameter** 탭에서 아래와 같이 설정합니다.
 - Maximum Time Step: 1.e-003
4. **Simulate** 를 클릭합니다. 약 3 분의 해석시간이 소요됩니다. (CPU: Intel® Core™ i7-6700K CPU @ 4.00GHz)



해석 결과의 분석

목적

이 장에서는 Shaft, Bearing, Gear 에 대해서 몇 가지 해석결과를 분석할 것입니다.



예상 소요 시간

20 분

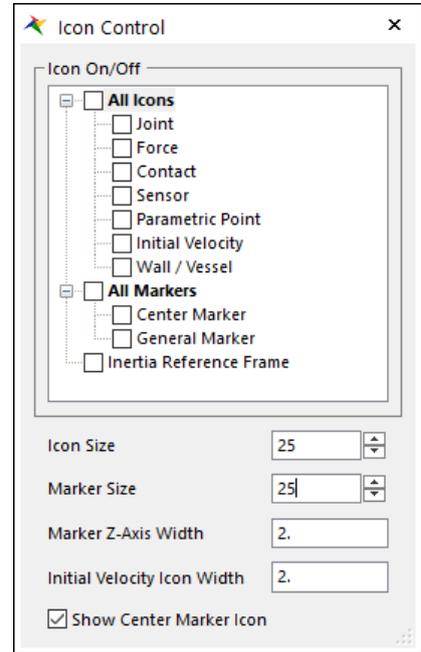
Shaft 해석 결과의 분석

Icon Control 설정하기

1. 아래 그림처럼 Render Toolbar 의 **Icon Control** 를 클릭합니다



2. 왼쪽 그림처럼 All Icons 와 All Markers, Inertia Reference Frame 을 체크해제합니다.

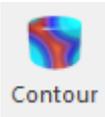


Rendering Mode 설정하기

1. 아래 그림처럼 Render Toolbar 의 **Wireframe With Silhouettes** 를 클릭합니다.

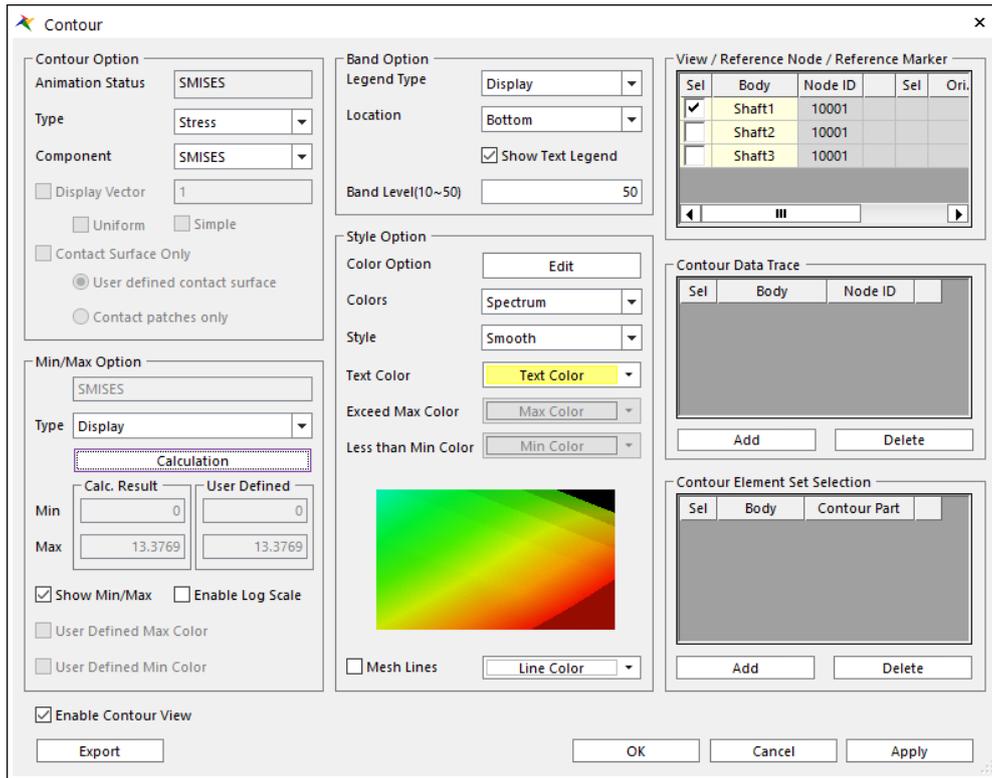


Contour 설정하기



1. **Ribbon** 메뉴의 **DriveTrain** 에서 **Contour** 를 클릭합니다.
2. **Contour Option** 에서 **Type** 을 **Stress** 로, **Component** 를 **SMISES** 로 설정합니다.
3. **Style** 옵션에서 **Style** 을 **Stepped** 에서 **Smooth** 로 변경합니다.
4. 다이얼로그 오른쪽의 **View/Reference Node/Reference Marker** 에서 Shaft2, Shaft3 를 체크해제 합니다.
5. **Calculation** 버튼을 클릭하고, **Show Min/Max** 옵션에 체크한 후 **OK** 를 누릅니다.

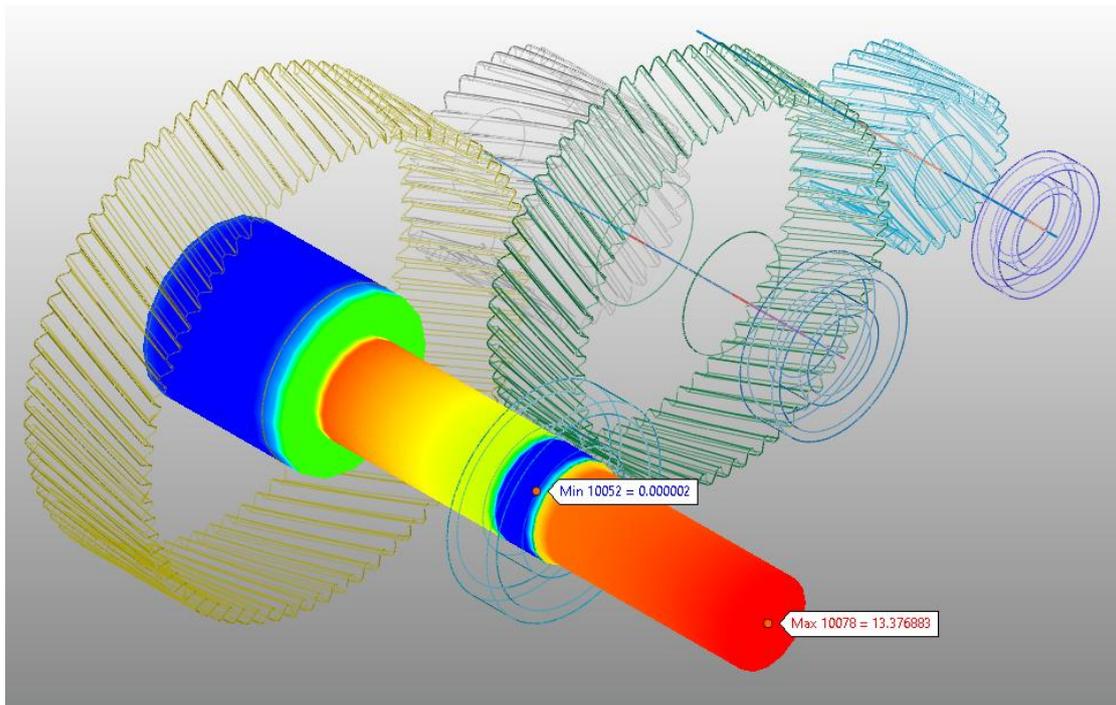
그러면 **Contour** 다이얼로그는 아래 그림과 같이 보여집니다.



Animation Play 하기

1. **Analysis** 탭의 **Animation Control** 그룹에서 **Play** 버튼을 누릅니다.

그러면, 36 프레임의 **Shaft1** 에서 **Maximum Stress** 가 발생하는 것을 확인할 수 있습니다.

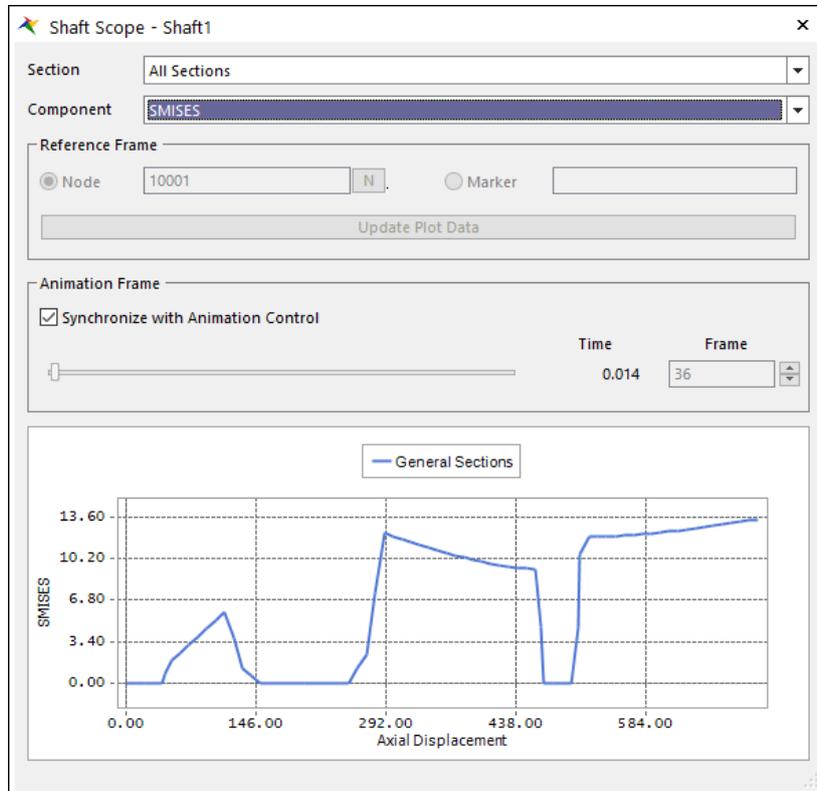




Shaft1 Scope 결과 보기

1. **Ribbon** 메뉴의 **DriveTrain** 에서 **Scope Control** 을 클릭합니다.
2. **Shaft Scope Control** 다이얼로그에서 **Shaft1** 의 **Use** 에 체크하고 **Display** 버튼을 누릅니다.
3. **Shaft Scope - Shaft1** 다이얼로그에서 **Component** 를 **SMISES** 로 설정합니다.
4. **Animation Frame** 항목에서 **Synchronize with Animation Control** 이 체크되어 있는 것을 확인합니다.
5. **Ribbon** 메뉴의 **Analysis** 탭에서 **Animation Play** 버튼을 누릅니다.

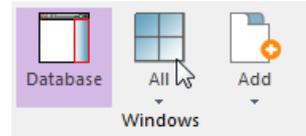
그러면, 아래 그림처럼 **Shaft1** 의 **SMISES** 를 **Animation** 과 함께 확인할 수 있습니다.



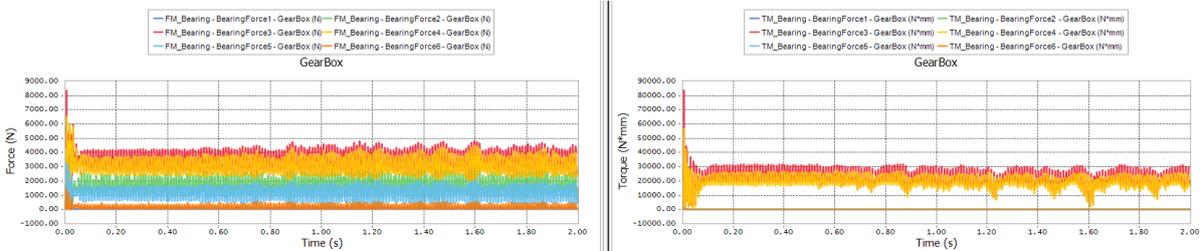
Bearing 해석 결과의 분석



1. Ribbon 메뉴의 **Analysis** 에서 **Plot Result** 를 클릭합니다.
2. Home 탭에서 **Show All Windows** 을 클릭합니다.
3. **Plot Database** 에서 **Force** 옆의 + 버튼을 클릭합니다.
4. **DriveTrain_BearingForce** 옆의 + 버튼을 클릭합니다.
5. **BearingForce1** 옆의 + 버튼을 클릭합니다.
6. **Plot Window** 의 왼쪽 상단을 클릭하고, **FM_Bearing** 을 더블클릭합니다.
7. **Plot Window** 의 오른쪽 상단을 클릭하고, **TM_Bearing** 을 더블클릭합니다.
8. 5~7 번의 Step 을 **Bearing2~6** 에 대해서 반복합니다.



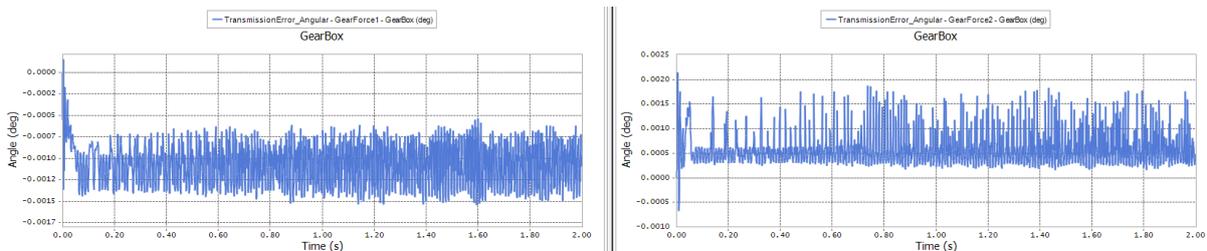
그러면, **Plot Window** 는 아래 그림과 같이 보여집니다.



Gear 해석 결과의 분석

1. **DriveTrain_GearForce** 옆의 + 버튼을 클릭합니다.
2. **GearForce1** 과 **GearForce2** 옆의 + 버튼을 각각 클릭합니다.
3. **Plot Window** 의 왼쪽 하단을 클릭하고, **GearForce1** 의 **TransmissionError_Angular** 을 더블클릭합니다.
4. **Plot Window** 의 오른쪽 하단을 클릭하고, **GearForce2** 의 **TransmissionError_Angular** 을 더블클릭합니다.

그러면, **Plot Window** 는 아래 그림과 같이 보여집니다.



Chapter

8

Involute Analytic Contact

목적

이 장에서는 Involute Analytic Contact 의 사용방법에 대해서 배울 것입니다.



예상 소요 시간

20 분

Involute Analytic Contact 생성하기

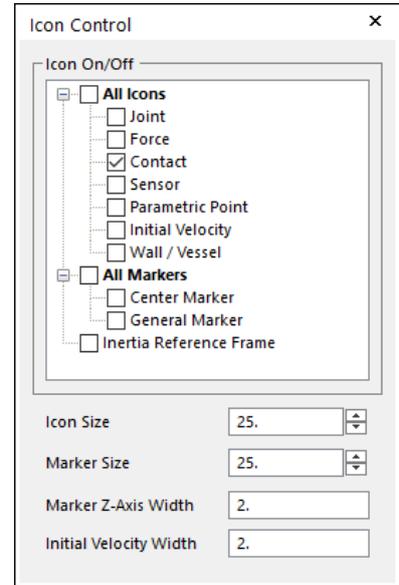
GearBox 모델로 다시 돌아와 KISSsoft Gear Contact 대신 RecurDyn Involute Analytic Contact을 사용하는 방법을 배울 것입니다.

Icon Control 설정하기

- 아래 그림처럼 **Render Toolbar** 의 **Icon Control** 를 클릭합니다



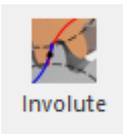
- 왼쪽 그림처럼 **Contact** 을 체크합니다.



KISSsoft Gear Contact Inactive 하기

- Database** 에서 **CylindricalGearGroup1** 을 마우스 오른쪽 클릭하여 뜨는 **Pop-up** 메뉴에서 **Property** 를 클릭합니다.
- Properties** 다이얼로그 하단의 **Gear force Type** 옵션을 **Inactivate** 로 변경합니다.
- OK** 를 눌러 다이얼로그를 닫습니다.
- CylindricalGearGroup2** 에 대해서 **1~3** 번의 **Step** 을 반복합니다.

Involute Analytic Contact 생성하기



- Ribbon** 메뉴의 **DriveTrain** 에서 **Involute Analytic Contact** 을 클릭합니다.
- KISSsoft Body, KISSsoft Body** 생성방법에서 **CylindricalGear1, CylindricalGear2** 를 선택합니다.
- CylindricalGear3, CylindricalGear4** 에 대해서 **1~2** 번의 **Step** 을 반복합니다.

Involute Analytic Contact 설정하기

- Database** 에서 **GearContactInvolute1** 을 마우스 오른쪽 클릭하여 뜨는 **Pop-up** 메뉴에서 **Property** 를 클릭합니다.
- Gear Involute Contact** 탭에서 아래 정보를 참고하여 입력합니다.
 - No. of Slices in Width:** 31
 - No. of Maximum Involute Profile:** 10
- Advanced Option** 에서 **Tooth Flexibility** 에 체크합니다.

4. **GearContactInvolute2** 에 대해서 **1~3** 번의 **Step** 을 반복합니다.

Dynamic/Kinematic 해석의 실행

방금 생성한 모델에서, KISSsoft Gear Contact 과 비교를 위해 Dynamic/Kinematic 해석을 실행합니다.



1. **Analysis** 탭의 **Simulation Type** 그룹에서 **Dyn/Kin** 을 클릭합니다.
2. **Simulate** 를 클릭합니다.

Shaft 해석 결과의 분석

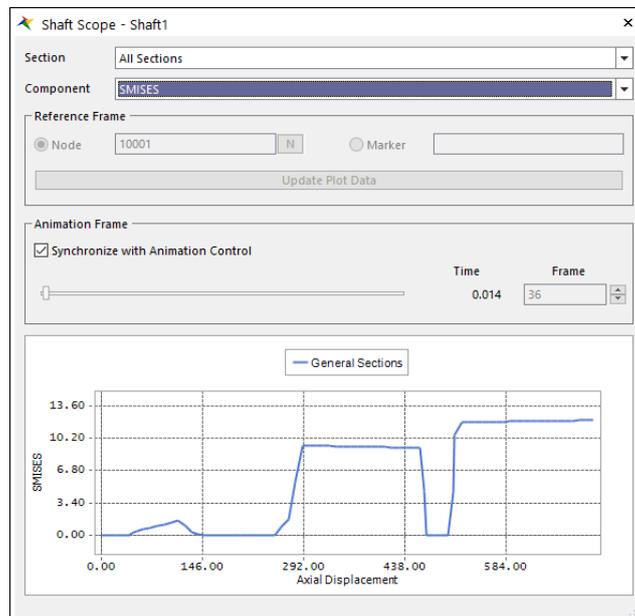
Shaft1 Scope 결과 보기



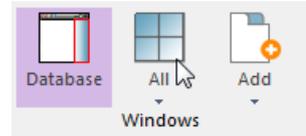
1. **Ribbon** 메뉴의 **DriveTrain** 에서 **Scope Control** 을 클릭합니다.
2. **Shaft Scope Control** 다이얼로그에서 **Shaft1** 의 **Use** 에 체크하고 **Display** 버튼을 누릅니다.
3. **Shaft Scope - Shaft1** 다이얼로그에서 **Component** 를 **SMISES** 로 설정합니다.
4. **Animation Frame** 항목에서 **Synchronize with Animation Control** 이 체크되어 있는 것을 확인합니다.
5. **Ribbon** 메뉴의 **Analysis** 탭에서 **Animation Play** 버튼을 누릅니다.

그러면, 아래 그림처럼 **Shaft1** 의 **SMISES** 를 **Animation** 과 함께 확인할 수 있습니다.

Chapter 7 에서의 **SMISES** 그래프와 거의 동일한 것을 확인할 수 있습니다.

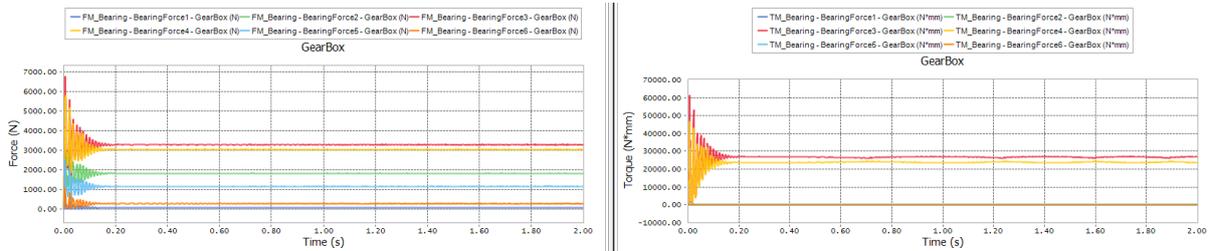


Bearing 해석 결과의 분석



1. **Ribbon** 메뉴의 **Analysis** 에서 **Plot Result** 를 클릭합니다.
2. **Home** 탭에서 **Show All Windows** 을 클릭합니다.
3. **Plot Database** 에서 **Force** 옆의 **+** 버튼을 클릭합니다.
4. **DriveTrain_BearingForce** 옆의 **+** 버튼을 클릭합니다.
5. **BearingForce1** 옆의 **+** 버튼을 클릭합니다.
6. **Plot Window** 의 왼쪽 상단을 클릭하고, **FM_Bearing** 을 더블클릭합니다.
7. **Plot Window** 의 오른쪽 상단을 클릭하고, **TM_Bearing** 을 더블클릭합니다.
8. **5~7** 번의 **Step** 을 **Bearing2~6** 에 대해서 반복합니다.

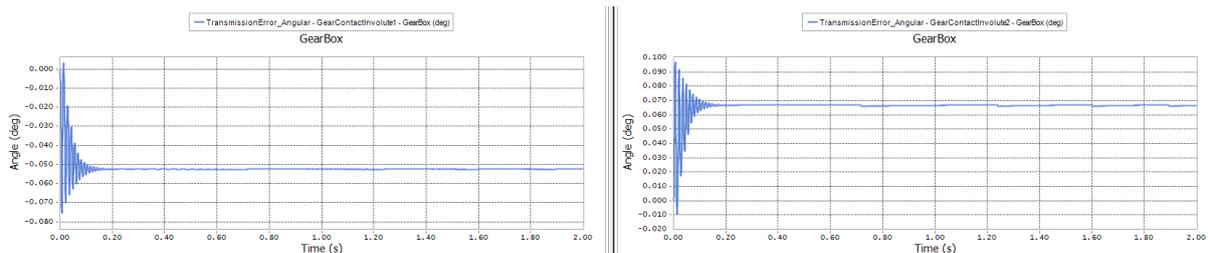
그러면, **Plot Window**는 아래 그림과 같이 보여집니다.



Gear 해석 결과의 분석

1. **Contact** 옆의 **+** 버튼을 클릭합니다.
2. **Gear Involute Contact** 옆의 **+** 버튼을 클릭합니다.
3. **GearContactInvolute1** 과 **GearContactInvolute2** 옆의 **+** 버튼을 각각 클릭합니다.
4. **Plot Window** 의 왼쪽 하단을 클릭하고, **GearContactInvolute1** 의 **TransmissionError_Angular** 을 더블클릭합니다.
5. **Plot Window** 의 오른쪽 하단을 클릭하고, **GearContactInvolute2** 의 **TransmissionError_Angular** 을 더블클릭합니다.

그러면, **Plot Window** 는 아래 그림과 같이 보여집니다.



Chapter

9

Campbell Diagram

목적

이 장에서는 Campbell Diagram 의 사용방법에 대해서 배울 것입니다.



예상 소요 시간

20 분

Campbell Diagram 모델 해석하기

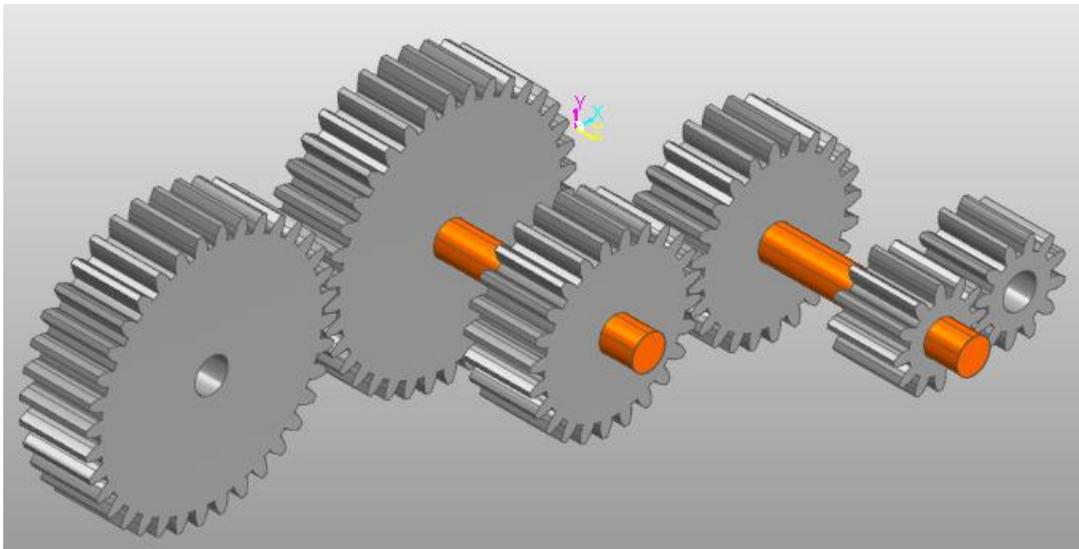
이미 저장된 다른 모델을 열어서 Campbell Diagram 을 분석할 것입니다.

Campbell Diagram 모델 열기



1. **File** 메뉴에서, **Open** 을 클릭합니다.
2. **Drivetrain** 튜토리얼 관련 디렉토리에서 **Campbell_Diagram.rdyn** 파일을 선택합니다.
 - 경로: <InstallDir>\Help\Tutorial\Toolkit\Drivetrain\GearBox
3. **Open** 을 클릭합니다.

다음과 같이 모델이 나타납니다.



Campbell Diagram 모델 저장하기

1. **File** 메뉴에서, **Save As** 를 클릭합니다.
2. **Tutorial** 디렉토리에서는 시뮬레이션을 할 수 없기 때문에 다른 디렉토리에 다시 저장합니다.

Campbell Diagram 모델 해석하기

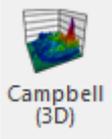
이미 모델 설정이 되어있으므로 **Dynamic/Kinematic** 해석을 실행합니다.



1. **Analysis** 탭의 **Simulation Type** 그룹에서 **Dyn/Kin** 을 클릭합니다.
2. **Simulate** 를 클릭합니다. 약 30 초의 해석시간이 소요됩니다. (CPU: Intel® Core™ i7-6700K CPU @ 4.00GHz)

Analysis 탭 설정하기

Input Data 설정하기



1. **Ribbon** 메뉴의 **Analysis** 에서 **Plot Result** 를 클릭합니다.
2. **Tool** 탭에 있는 **Campbell (3D)**를 클릭합니다.
3. **Plot Database** 의 **Request\Expressions\ExRq1** 을 확장합니다.
4. **Input Data** 항목의 **Tacho** 에 **F1(Ex_Tacho)**를 **Drag & Drop** 합니다.
5. **Signal** 에 **F3(Ex_Signal)**을 **Drag & Drop** 합니다.
6. **Update Signal Information** 버튼을 눌러 아래 항목들을 업데이트 합니다.

Input Data

Input File

Time: TIME Plot Index: 0

Tacho: Request/Expressions/ExRq1/F1(Ex_Tacho) Plot Index: 0

Signal: Request/Expressions/ExRq1/F3(Ex_Signal) Plot Index: 0

Tachometer Type: Tacho Pulse/rev: 1.

Interpolation: Linear dt: 0.

Update Signal Information

Frame Settings 설정하기

1. **Use Recommended Frame Settings** 를 체크해제 합니다.
2. **Frame Size** 를 **128** 로 변경합니다.
3. **Advanced Setting** 버튼을 누릅니다.
4. **Window Type** 을 **Bartlett** 으로 변경합니다.
5. **Calculation** 버튼을 누릅니다.

Use Recommend Frame Settings

Frame Number: 190 R Frame Length(sec): 5.08e-002

Frame Size: 128 Overlap(%): 81.1023622047244

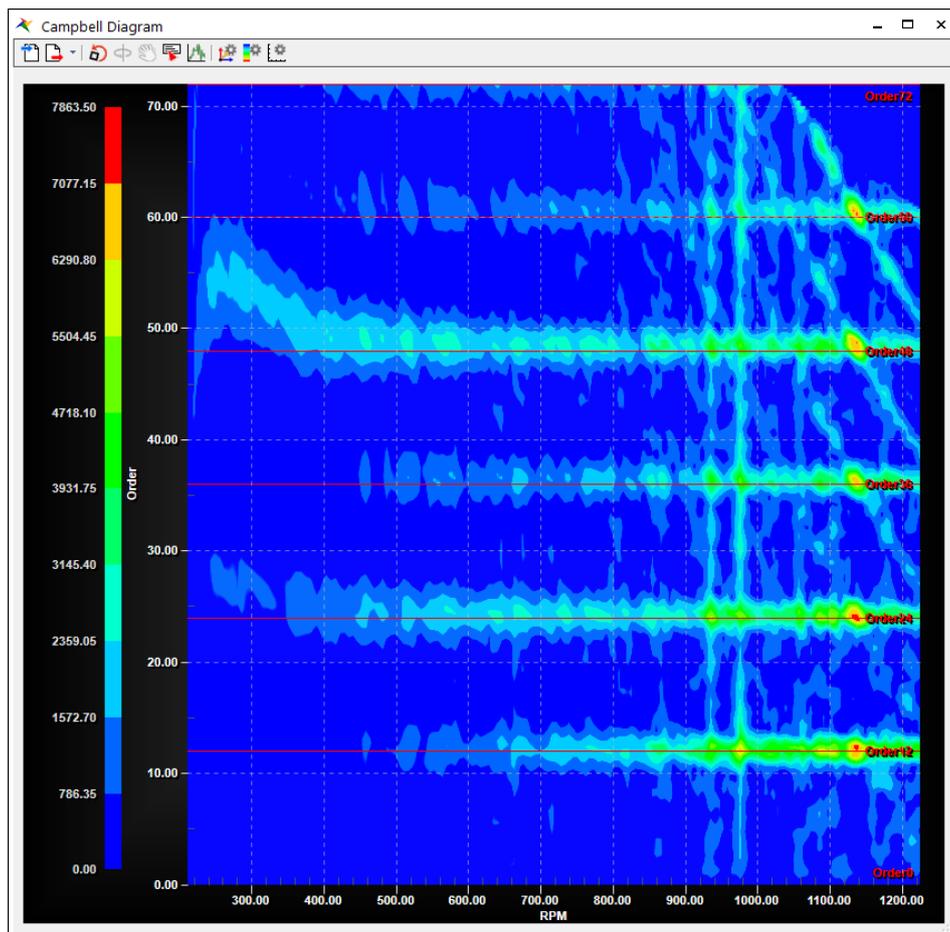
RPM Compute: Average Residual Number: 6

Delta Time: 1

Advanced Setting Calculation

Plot 탭 설정하기

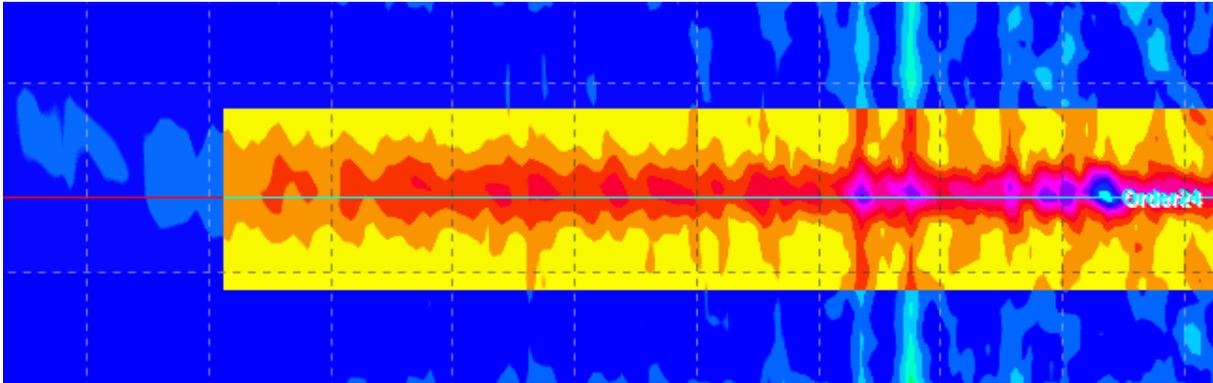
1. **Campbell Diagram** 다이얼로그의 **Plot** 탭을 클릭합니다.
2. **Graph Type** 을 **Color Map (2D)** 로 설정합니다.
3. **Graph Option** 을 **RPM-Order** 로 설정합니다.
4. **Draw Order Line** 에 체크합니다.
5. 아래를 참고하여 **Order Line** 항목을 변경합니다.
 - Minimum Order: 0
 - Maximum Order: 72
 - Gap: 12
 - Resolution: 100
6. 다이얼로그 맨 아래쪽의 **Plot** 버튼을 클릭하여 **Graph** 를 띄웁니다. 아래와 같은 **Graph** 가 보여집니다.



Campbell Diagram 설정하기

Zoom 사용하기

1. **Order Line 24** 을 포함하도록 아래 그림처럼 마우스로 **Drag** 합니다.



2. 선택한 부분이 **Zoom** 이 됩니다.
3. **Toolbar** 의 **Initialize View** 를 클릭하여 **Initialize** 합니다.



Section View 사용하기

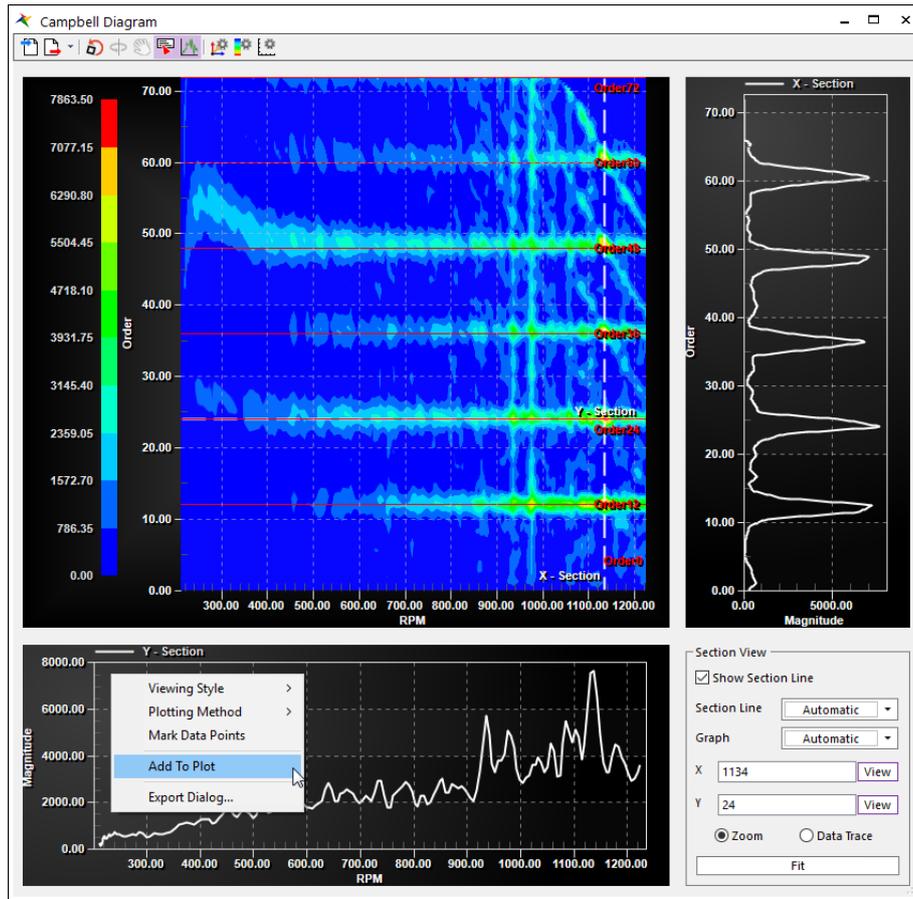
1. **Toolbar** 의 **Section View** 버튼을 클릭합니다.



2. **Section View** 버튼 왼쪽에 있는 **Trace Data** 버튼을 클릭합니다.



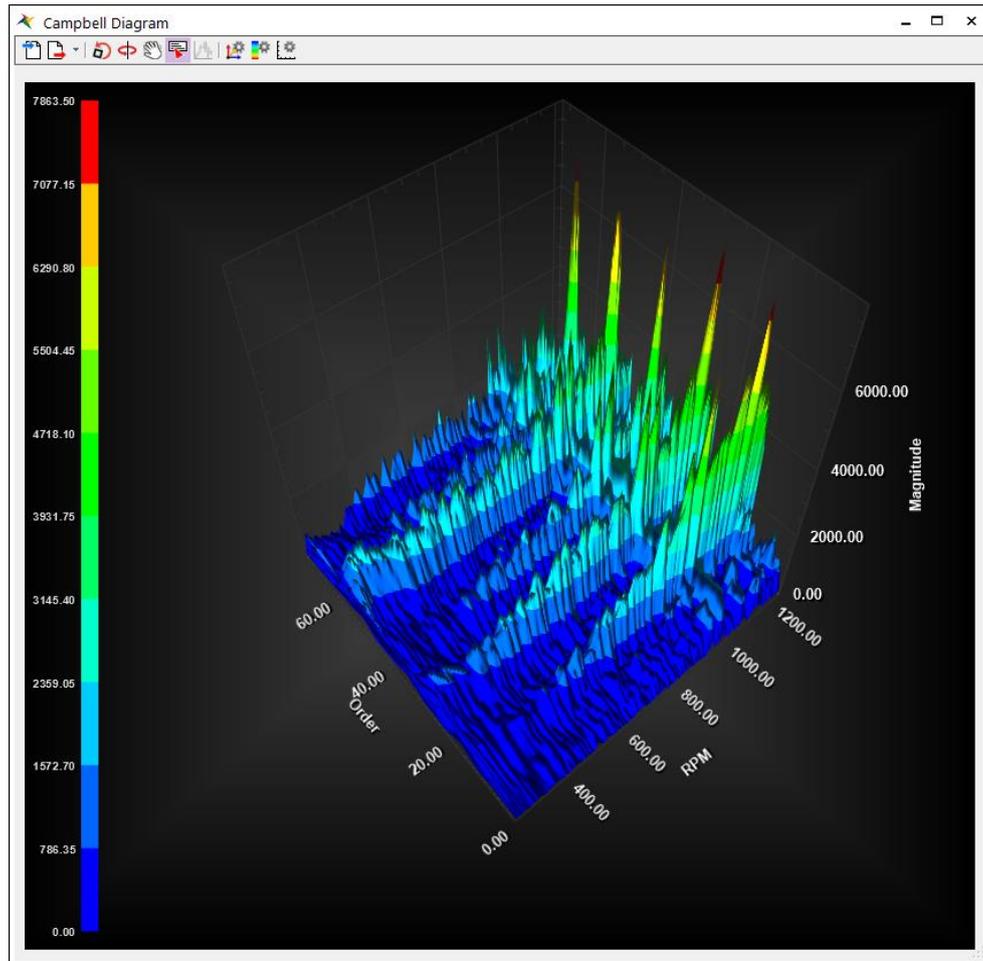
3. **X, Y** 가 **(1134, 24)** 되는 지점에 마우스 왼쪽 버튼을 클릭하여 **Section** 을 지정합니다.
4. **Y-Section** 에 오른쪽 버튼을 클릭하여 뜨는 **Pop-up** 메뉴에서 **Add to Plot** 을 클릭합니다.



5. Plot에 Y-Section Data 가 생성됩니다.

3D Plot 사용하기

1. Graph 를 닫고 Campbell Diagram 의 다이얼로그로 돌아갑니다.
2. Plot 탭의 Graph Type 에서 Surface Contour (3D)를 선택합니다.
3. 다이얼로그 맨 아래쪽의 Plot 버튼을 클릭합니다.
아래와 같이 3D Plot 이 보여집니다.



Note: Mouse Operation

Rotate View: 마우스 왼쪽 버튼으로 Drag 하면 화면이 Rotate 됩니다.

Translate View: Shift + 마우스 왼쪽 버튼으로 Drag 하면 화면이 Translate 됩니다.

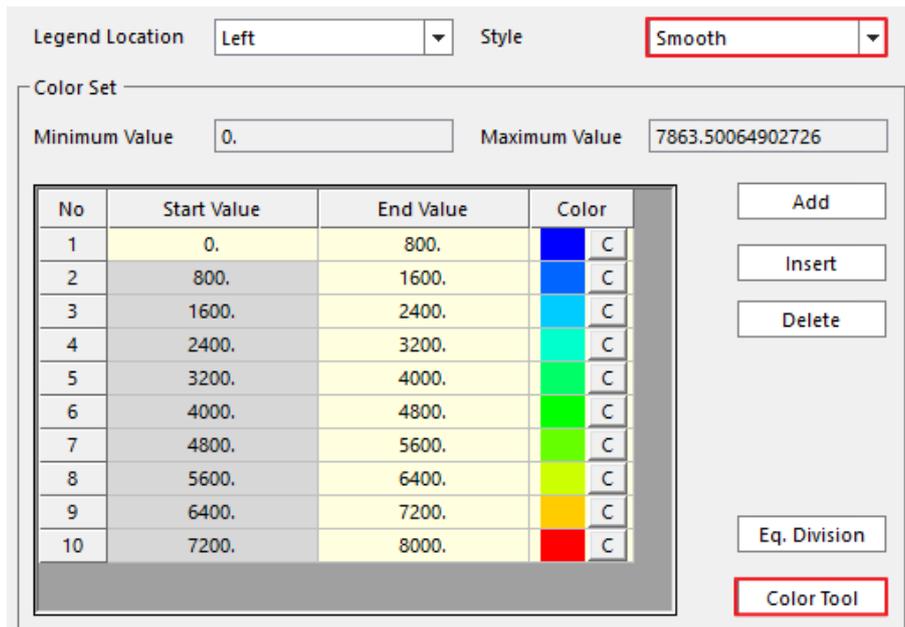
Light Change: 마우스 휠 버튼을 Click 한 채로 Drag 하면 Light Source의 위치가 변경됩니다.

Contour 설정하기

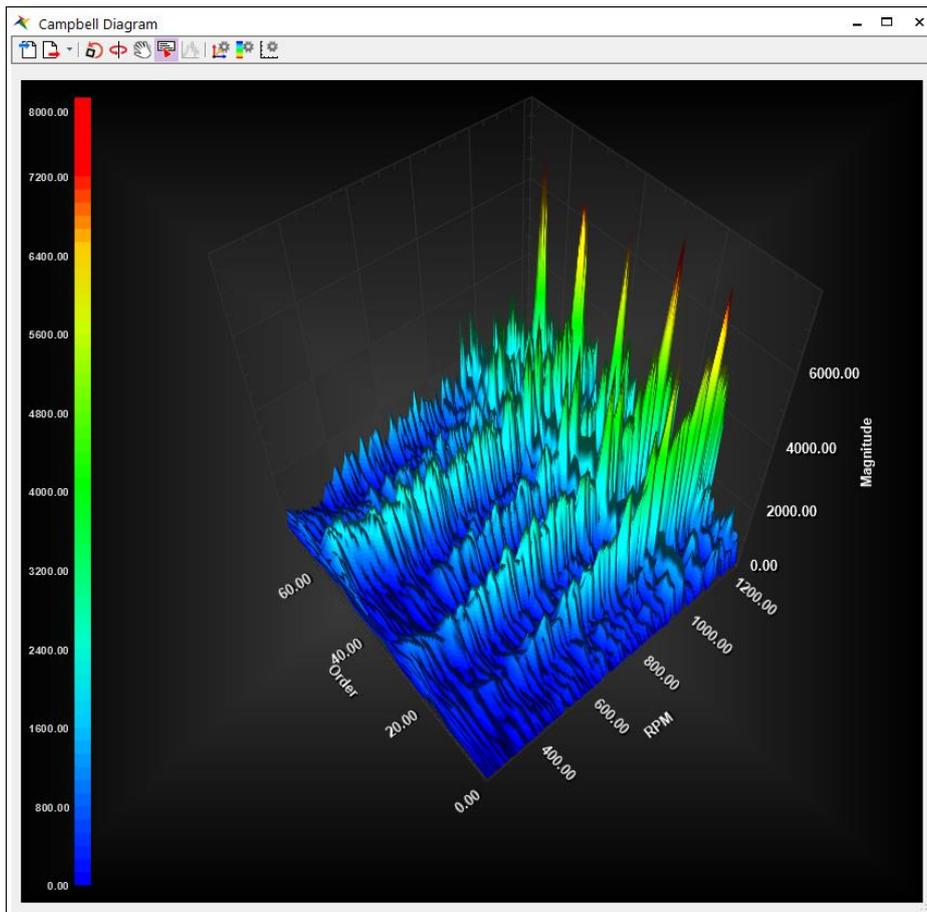
1. **Toolbar**의 **Contour Legend** 버튼을 클릭합니다.



2. **Style**을 **Smooth**로 선택합니다.
3. **Color Set** 항목의 **Color Tool** 버튼을 클릭합니다.
4. **Color Tool** 다이얼로그의 **Max Value**를 **8000**으로 변경하고 **Update** 버튼을 클릭한 후에 **OK**를 누릅니다.
5. **Contour Legend** 다이얼로그는 아래와 같이 변경됩니다.



6. **OK** 를 눌러 변경사항을 적용합니다. 그래프는 아래와 같이 변경됩니다.



Thanks for participating in this tutorial!