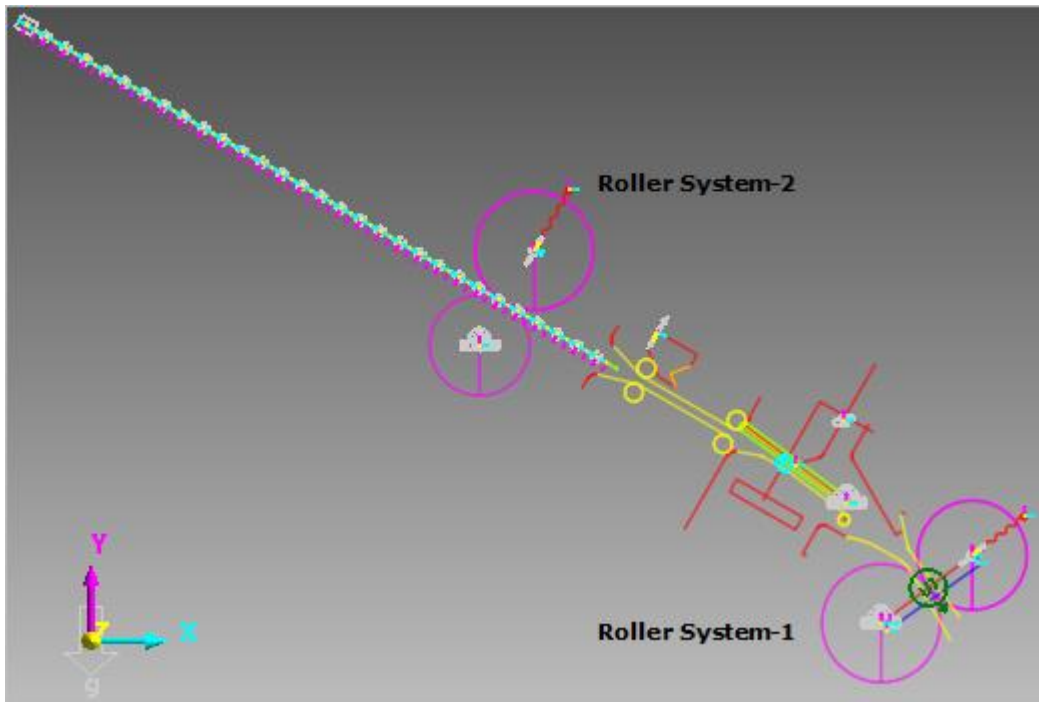




# Paper Feeding System Tutorial (AutoDesign)



**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

Tutorial Sample E 의 개요.....	4
필요 요건 .....	4
예상 소요 시간 .....	4
용지 급지 시스템의 설계 .....	5
모델 불러오기 및 MTT2D 모델 결과 확인.....	7
설계 변수의 정의.....	9
해석 응답의 정의.....	12
최적 설계의 실행.....	15
결과 값들의 비교.....	18

## Tutorial Sample E 의 개요

모 델	설 명
<p style="text-align: center;"><b>Sample E</b></p>	<p><b>Paper Feeding System Design Problem:</b></p> <p>하나의 용지가 Roller 시스템-2 를 통해 급지될 때 Roller 시스템-1 을 지나게 됩니다. 주어진 시간에서 Roller 시스템-1 은 반대 방향으로 회전하게 되고, 이때 용지는 진입방향과 반대로 움직이게 됩니다. 본 시스템의 설계 목표는 주어진 Nip Force 의 제한을 만족시키면서 Roller 시스템과 용지 사이의 미끄러짐을 최소화 하는 것입니다.</p> <p><b>Key Point:</b> 미끄러짐 현상에 대한 수식을 연구합니다. 설계 변수인 Guide 의 위치를 사용하여 설계 모델링에 접근합니다.</p>

### 필요 요건

- 이 튜토리얼은 이전에 RecurDyn/MTT2D 를 사용해 본 경험이 있는 유저를 대상으로 합니다.
- 유저는 3D Crank-Slider, Engine with Propeller, Pinball (2D Contact) 튜토리얼 또는 그와 동등한 수준의 것을 실습해 본 자이어야 하며, 기초적인 물리 지식이 요구됩니다



### 예상 소요 시간

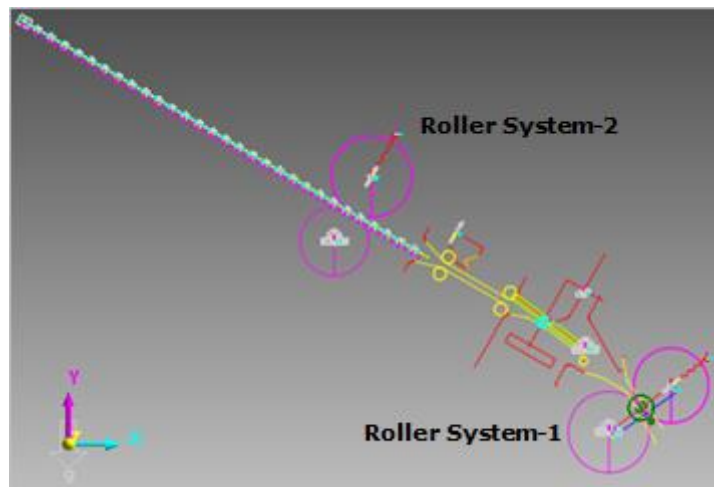
약 5 분(컴퓨터의 속도에 따라 Solving Time 이 차이가 납니다.)



## 용지 급지 시스템의 설계

하나의 용지가 Roller 시스템-2 로 급지되고, Roller 시스템-1 을 통해 진행하게 됩니다. 용지의 끝단이 Event Sensor 위치를 지날 때, Roller 시스템-1 의 회전 방향은 반대 방향으로 변경됩니다.

설계 목적은 두 개의 Roller 시스템에서 Nip Force 에 대한 제한 사항을 만족시키면서 Roller 시스템-1 에서 급지된 용지와 Fixed Roller 사이의 미끄러지는 양을 최소화하는 것입니다. 따라서, 설계 변수들은 Nip Spring 들의 강성, 감쇠와 예하중과 초록색으로 표현된 Dummy Body 에 붙여진 Guide 의 회전 각도입니다.



<b>Sample E 관련 Open 파일들</b>	
<b>Sample</b>	<Install Dir> \Help\Tutorial\AutoDesign\PaperFeedingSystem\Examples\Sample_E.rdyn
<b>Solution</b>	<Install Dir> \Help\Tutorial\AutoDesign\PaperFeedingSystem\Solutions\Sample_E.rdyn

---

**Note:** 파일 경로는 사용자가 임의로 지정한 폴더로 변경될 수 있습니다.

---

# Chapter 1

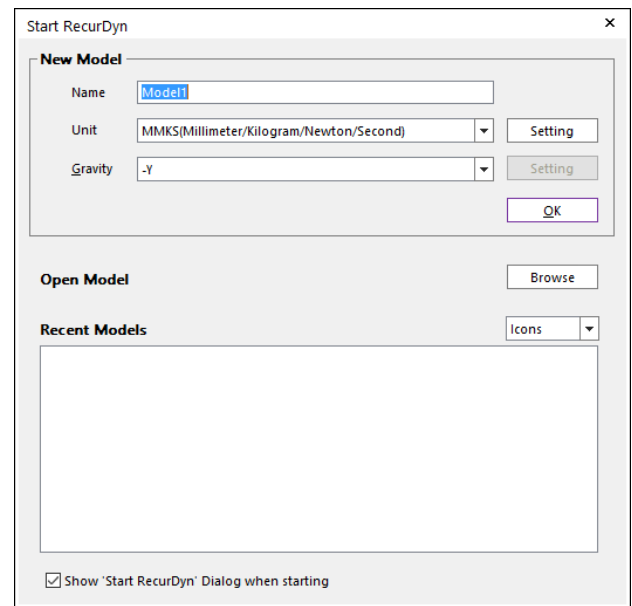
## 모델 불러오기 및 **MTT2D** 모델 결과 확인



1. 바탕화면에서 **RecurDyn** 아이콘을 클릭합니다.
2. RecurDyn 이 실행되면서 Start RecurDyn 다이얼로그 박스가 나타납니다.
3. Start RecurDyn 다이얼로그 박스를 닫고 이미 만들어져 있는 모델을 사용합니다.



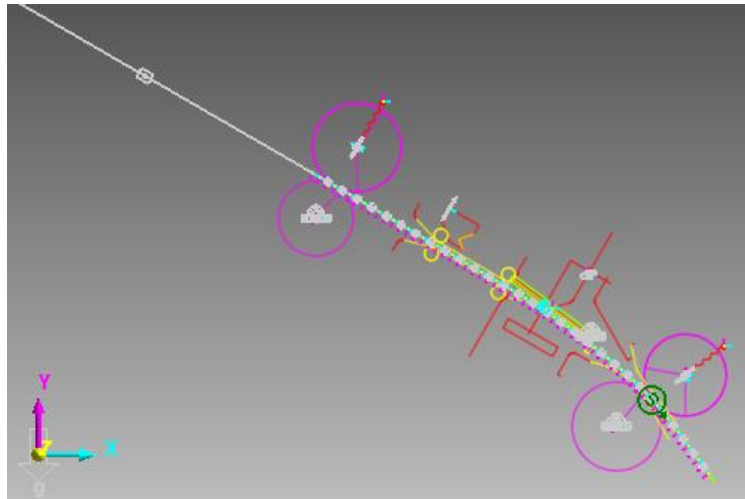
4. 툴바에서 **Open** 메뉴를 클릭하고, 다음 경로에서 (<Install Dir>\Help\Tutorial\AutoDesign\PaperFeedingSystem\Examples\) **Sample\_E.rdyn** 을 선택합니다.
5. 용지 급지 시스템이 **Working Window** 에 나타납니다. MTT2D Subsystem 으로 들어가기 위해서 모델의 가운데를 더블 클릭합니다.



6. **Dynamic/Kinematic** 버튼을 클릭합니다.

▶ 7. **Play** 버튼을 클릭합니다.

용지가 왼쪽 상단 끝부터  
오른쪽 하단 끝으로  
움직입니다. 용지는 그  
움직임이 진행되는 동안  
Guide 를 치게 됩니다.





Chapter  
2

## 설계 변수의 정의

**SubEntity** 메뉴에서 **Parametric Value** 를 클릭하면 다음과 같이 10 개의 파라미터들이 목록에 나타납니다. 그것들 중에서 파라미터 1~6, 10 은 설계 변수입니다.

Nip Spring 의 Property 는 다음과 같이 매개 변수들과 연결됩니다.

**MovableRollerGroup2** 의 **Property page** 에서 **Nip Spring** 을 체크한 다음, **Nip Spring Property** 버튼이 활성화되면 그 버튼을 누릅니다. 아래 창이 보이면 매개 변수들을 이용하여 **강도와 감쇠, 예하중**을 정의합니다.

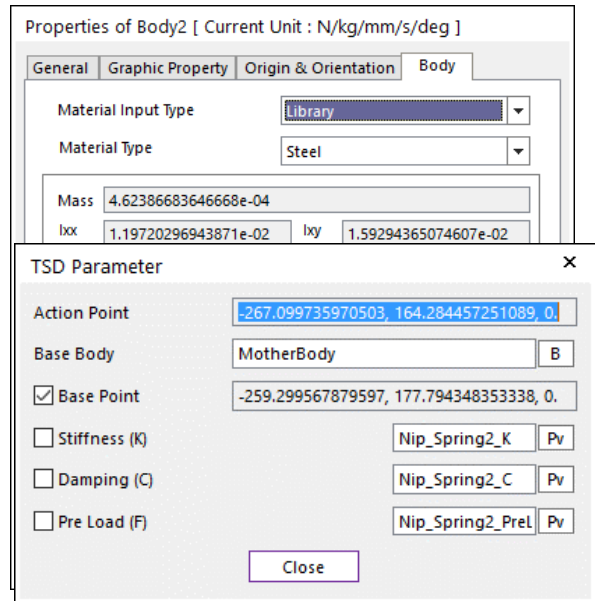
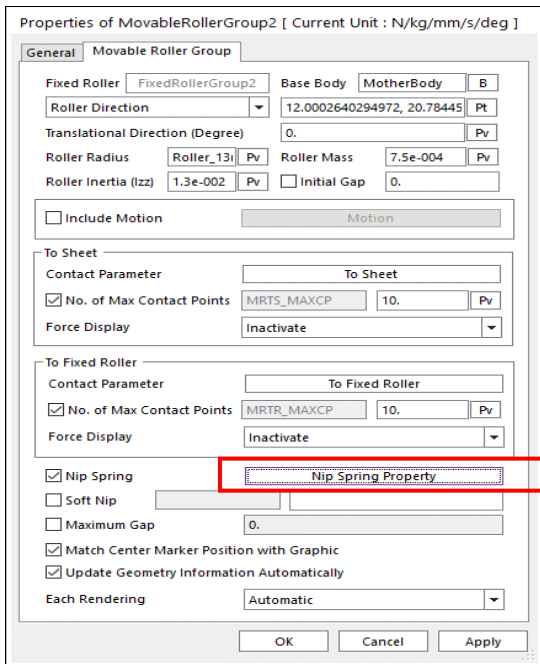
Parametric Value List

Parametric Values

No	DP	Name	Value	Comment
1		Nip_Spring1_K	1.e-03 E	
2		Nip_Spring1_C	1.e-04 E	
3		Nip_Spring1_PreLoad	5.e-02 E	
4		Nip_Spring2_K	1.e-03 E	
5		Nip_Spring2_C	1.e-04 E	
6		Nip_Spring2_PreLoad	5.e-02 E	
7		Roller_13mm	13. E	
8		Roller_11mm	11. E	
9		Roller_12mm	12. E	
10		Guide_Control	0. E	

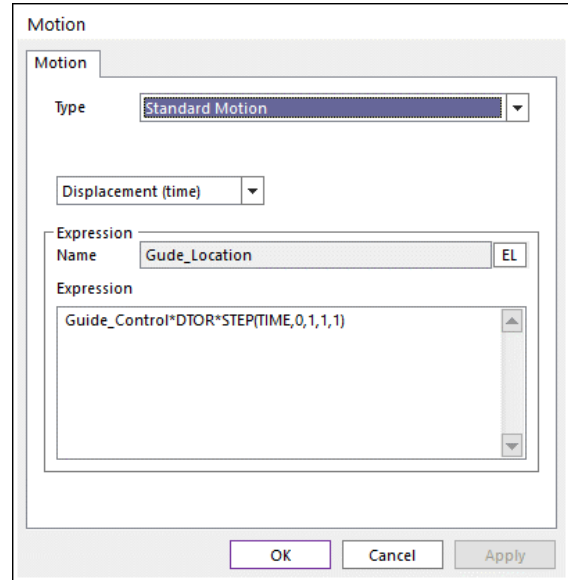
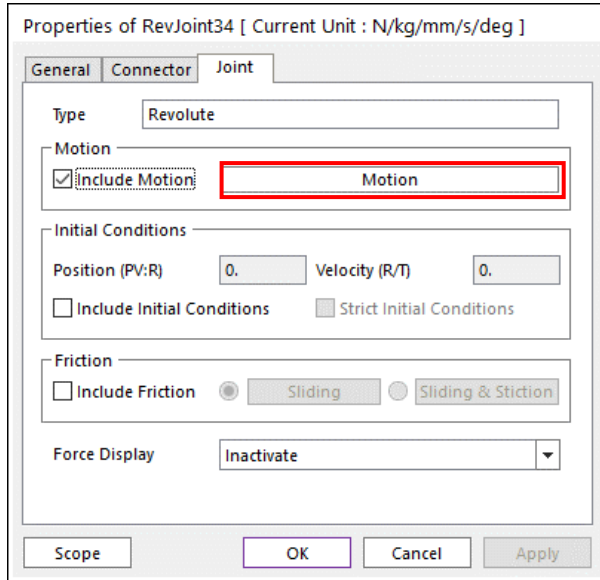
Add Insert Delete Export Import Check All  With Relation

OK Cancel Apply



Dummy Body인 **Body2**를 생성하여 그 Dummy Body에 Linear Guide를 생성합니다.

Body2 의 오른쪽 끝에 Motion 을 정의하기 위해서 Rotational Joint 를 생성합니다.  
 Guide\_Control 이라는 매개변수는 Motion 을 위한 Expression 정의 시 사용하게 됩니다. 해석을 시작하면 Body 는 Guide\_Control(deg.)의 크기로 회전됩니다. Body2 에 고정된 Guide 또한 같은



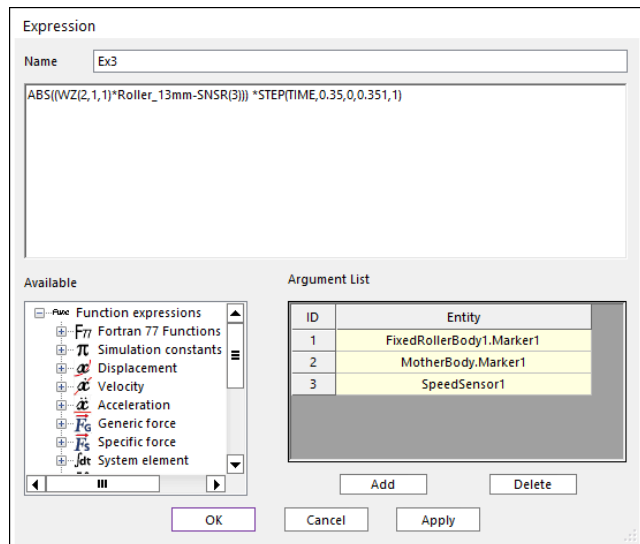
각도로 회전됩니다.

Chapter  
3

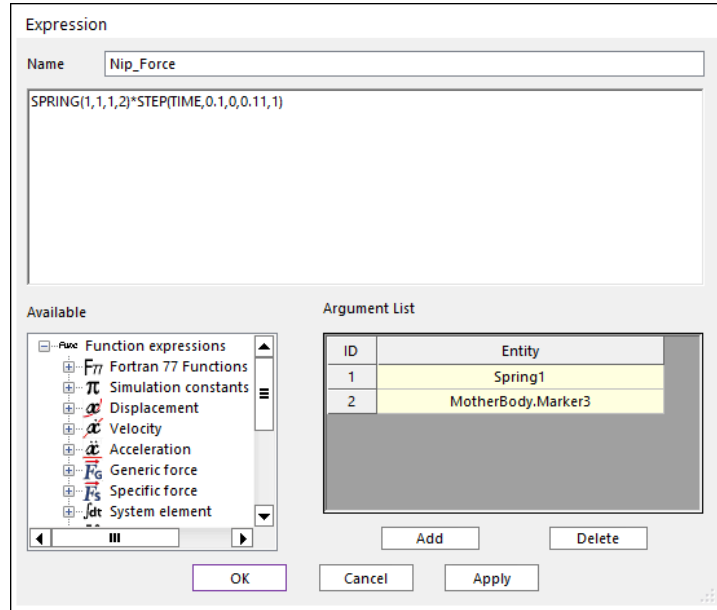
## 해석 응답의 정의

MTT2D 에서 각각의 Roller 에 대한 평균 미끄러짐에 대한 결과는 제공해 주지만, 해석 응답(AR)로 표현하기 위해 필요한 Expression 으로 제공되지 않기 때문에 직접 활용할 수는 없다. 그래서 미끄러짐의 양들은 수식을 사용하여 직접 만들어 주어야 합니다.

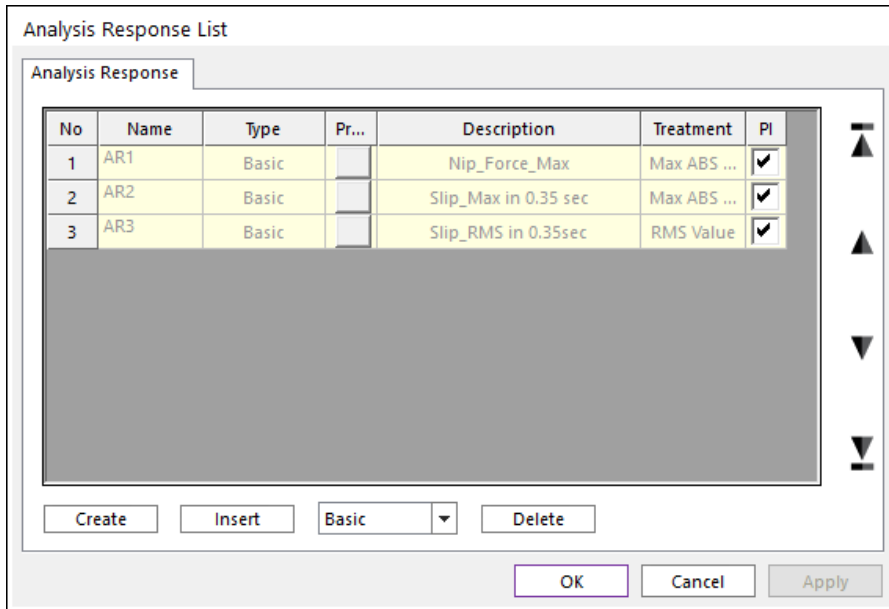
아래 Expression 은 0.35 초일 때, 용지와 Fixed\_Roller Body 사이의 미끄러짐의 양입니다.



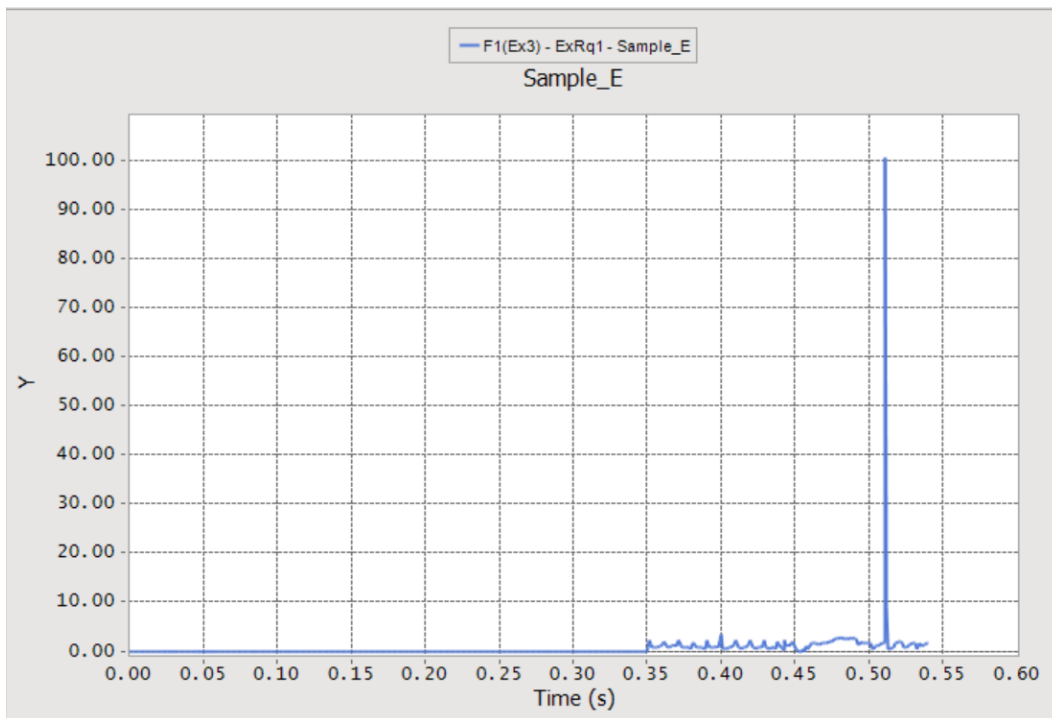
Nip Force 는 Spring Force 를 이용하여 나타내 집니다.



**Analysis Response** 메뉴에서 최적화를 위한 AR 은 아래 그림과 같이 정의되며, AR1 은 Nip Spring Force 의 최대값이고, AR2 은 Ex3 의 절대값 중 최대값을, AR3 는 Ex3 의 RMS 을 나타냅니다.



초기 설계에 대해 Ex3 수식은 설계변수의 변화에 대해 높은 비선형 형태로 다음과 같은 결과를 줍니다.



Chapter  
4

## 최적 설계의 실행

최적화 문제는

$$\text{Nip Force} = \leq \text{Limit}$$

전제 하에 미끄러짐의 최대 Peak 와 미끄러짐의 RMS 를 동시에 최소화합니다.

1. **Design Optimization** 메뉴에서 **Design Variable** 탭을 클릭한 후 설계변수의 목록을

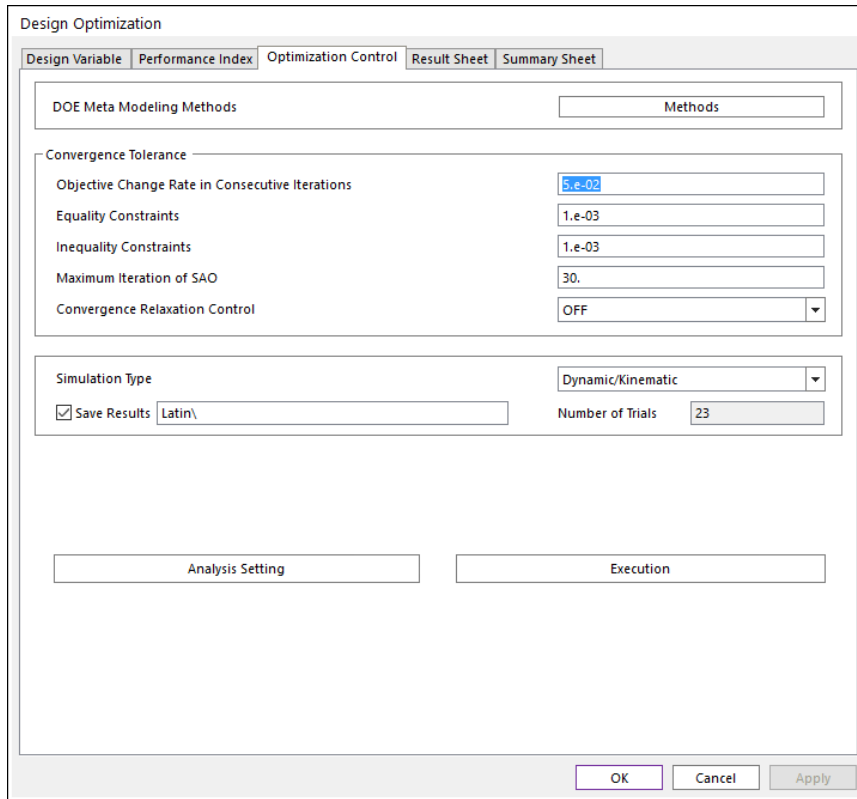
DV	DP	Description	Current	LB	UB	Type	Value
1	DP1	Spring K1	1.e-03	1.e-04	1.e-02	Variable	0.
2	DP2	Damping C1	1.e-04	5.e-05	5.e-04	Variable	0.
3	DP3	Pre Load 1	5.e-02	1.e-02	0.1	Variable	0.
4	DP4	Spring K2	1.e-03	1.e-04	1.e-02	Variable	0.
5	DP5	Damping C2	1.e-04	5.e-05	5.e-04	Variable	0.
6	DP6	Pre Load 2	5.e-02	1.e-02	0.1	Variable	0.
7	DP7	Guide Angle	0.	0.	4.	Variable	0.

확인합니다.

2. **Performance Index** 탭에서, 위의 설계 공식이 오른쪽 그림처럼 정의됩니다. 본 설계에서, Nip Force 의 한계는 0.025(N/mm)로 사용되었습니다.

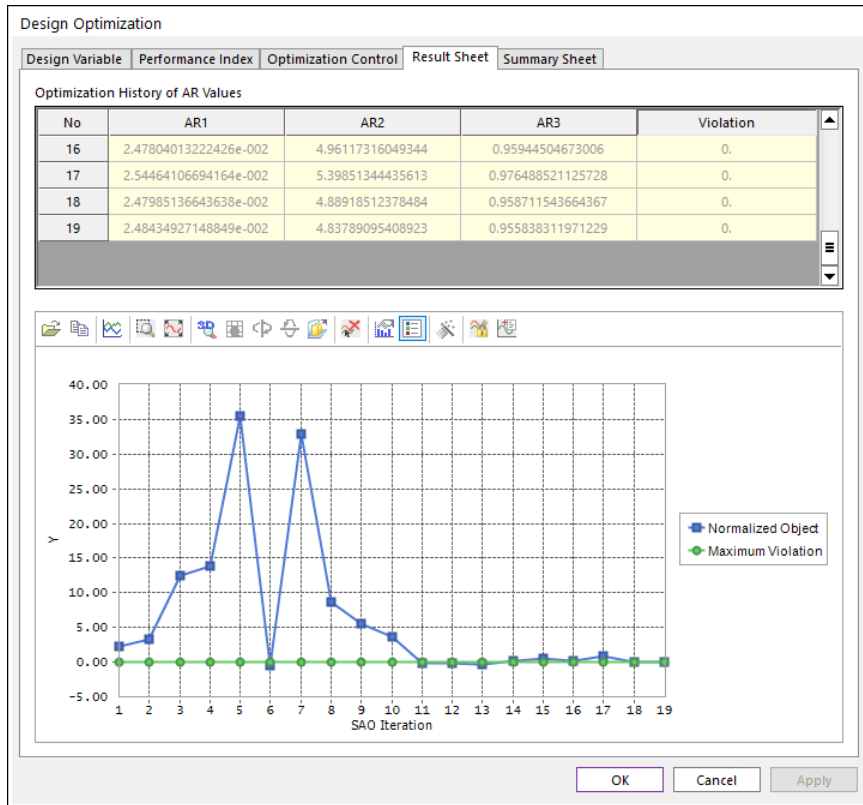
PI	Use	AR	Description	Definition	Goal	Weight/Limit Value
1	<input checked="" type="checkbox"/>	AR1	Nip_Force_Max	Constraint	LE	2.5e-02
2	<input checked="" type="checkbox"/>	AR2	Slip_Max in 0.35 sec	Objective	MIN	1.
3	<input checked="" type="checkbox"/>	AR3	Slip_RMS in 0.35sec	Objective	MIN	1.

3. **Optimization Control** 탭에서 Convergence Tolerance 들을 기본값으로 설정합니다. Execution 버튼을 눌러 최적화를 수행합니다.

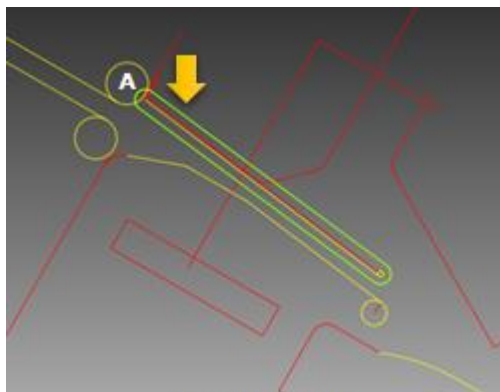


4. 최적화가 완료된 후에 **Result Sheet** 를 체크합니다. **AutoDesign** 은 19 번 반복하여 수렴됩니다. 마지막 설계에서 Nip Force 는 0.0248 이고, 미끄러짐에 대한 최대값과 RMS 값은 4.44 과 0.955 입니다.

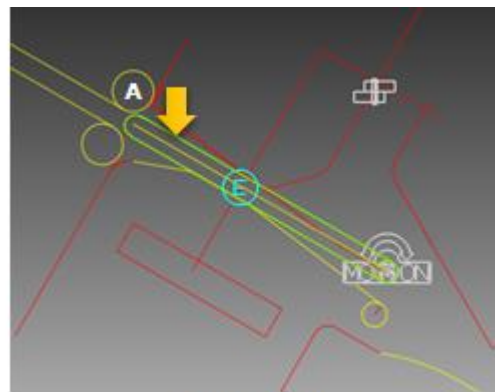




5. 다음 그림들은 초기와 마지막 설계들에 대한 Guide의 위치들을 비교해줍니다. 용지가 반대로 급지될 때, 초기 설계는 A로 표시된 Guide를 치고 지나가지만 마지막 설계에서는 그렇지 않습니다. 그래서 마지막 설계는 미끄러짐을 줄여줄 수 있습니다.



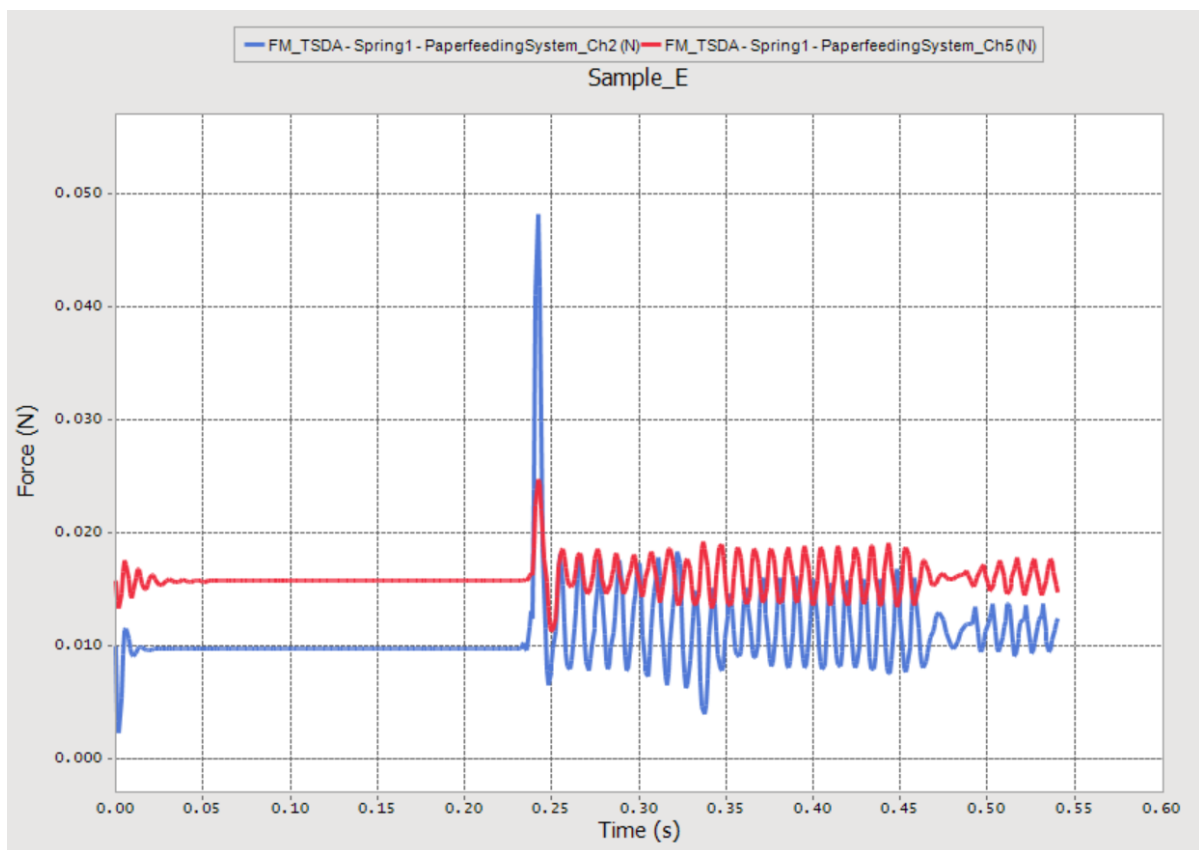
Initial Design



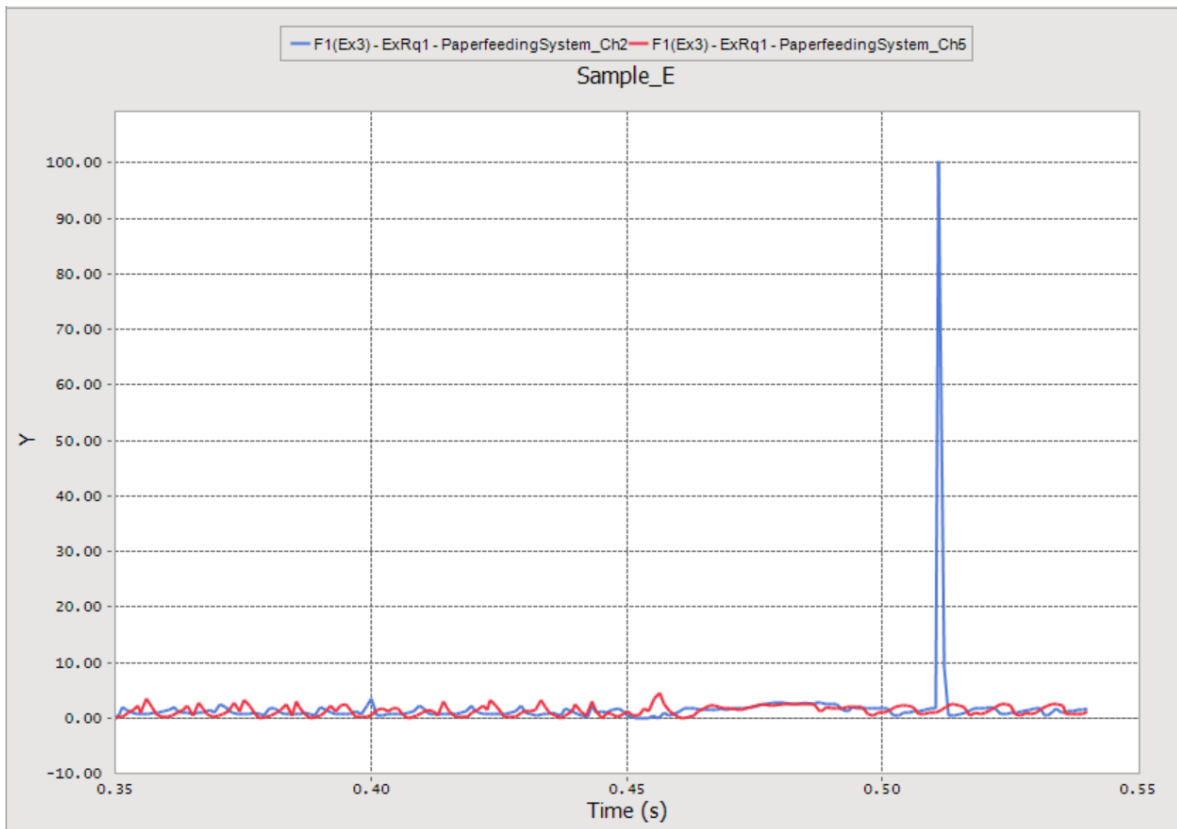
Final Design

## 결과 값들의 비교

이제, 해석 응답들을 비교해봅시다. 첫 번째로, Nip Force 를 비교해봅시다. 파란 선은 초기 설계이고 빨간 선은 마지막 설계입니다. 아래의 그래프는 마지막 설계가 Nip Force 의 제한조건을 만족시킴을 보여줍니다.



다음으로, 미끄러짐의 양들을 비교해봅시다. 마지막 설계(빨간 선)는 초기 설계(파란선)보다 많이 적은 양입니다. 우리의 실험 경험상, 급격한 산 모양으로 보이는 미끄러짐의 최고치는 비선형성이 강하게 나타납니다. 따라서, 근사값을 위한 많은 표본점들을 요구합니다. 비록 Nip Force 들의 형태는 날카롭게 보이지만, Nip Force 들의 형태들은 설계 변수들의 변화들을 따르는 경향이기 때문에 비선형은 상대적으로 낮다고 판단할 수 있습니다. 이는 미끄러짐 양의 최고 Peak 가 평이하지 않은 이유는 Guide(DV7)의 위치 변화에 따른 것이기 때문입니다. 평이하지 않게 해석되는 초기와 마지막 설계에 대한 Guide 의 위치를 비교해봅시다.



미끄러짐 양의 최고 Peak 에 응답의 비선형성을 볼 때, 초기 DOE 방법으로써 ISCD-2 를 선택하여 이 문제를 풀고 최적화 결과들을 비교해 보시기 바랍니다. Nip Force 가 한계를 만족할 것이지만, ISCD-2 를 표본점으로 한 메타-모델은 미끄러짐의 양에 대한 최대 Peak 를 충분히 표현 못하였기 때문에, 미끄러짐의 양들은 위의 설계보다 커질 것입니다. 그래서, DOE & Meta-Model 선정에서 Auto Selection 은 Latin Hypercube 를 권장합니다.

*Thanks for participating in this tutorial!*