

# RecurDyn/TSG Tutorial

전 용 우

---

평선베이(주) 솔루션 그룹  
부장

# RecurDyn/TSG Tutorial (1)

## ◆ Actuator

- ▶ **Actuator** : 내부적으로 생성될 신호의 개수를 정의.
  - 아래 그림과 같이, Actuator 아이콘 버튼을 실행하여 생성된 대화창에서 필요한 신호의 수만큼 'Add' 버튼을 이용하여 Actuator를 생성함.
  - 본 Tutorial에서는 4개의 Actuator가 필요함.
- ▶ 적용방법
  - 정의된 Actuator는 실질적으로 Joint의 Motion 혹은 Force의 성분을 'TACT(...)'라는 함수를 Expression으로 정의하여 적용하게 됨.
    - ✓ TraJoint1~TraJoint4에 각각 Displacement 타입의 Motion으로 다음과 같은 함수 정의
    - ✓ TACT(Actuator1), TACT(Actuator2), TACT(Actuator3), TACT(Actuator4)
  - 본 Tutorial에서는 각각 Tire 아래에 Shaker 4개를 Translational Joint로 정의한 후, Displacement Motion을 적용하여 각각의 Tire를 상하로 구동시킴.

The image illustrates the process of defining and applying actuators in RecurDyn. It shows the 'Actuator' icon in the toolbar, the 'Actuator List' dialog box with a table of 4 actuators, a 3D model of a vehicle chassis with 4 shakers, and the 'Properties of Translation' dialog box for a shaker joint. A red arrow points from the 'Motion' field in the Properties dialog to the 'TACT(Actuator1)' expression in the Expression field.

No	Use	Name
1	<input checked="" type="checkbox"/>	Actuator1
2	<input checked="" type="checkbox"/>	Actuator2
3	<input checked="" type="checkbox"/>	Actuator3
4	<input checked="" type="checkbox"/>	Actuator4

General	Connector	Axis
Type: Translation		
Motion: <input type="text" value="Motion"/>		
Initial Conditions: Position: 0, Velocity: 0		
Friction: <input type="checkbox"/> Include Friction		
Expression: Name: <input type="text" value="TACT(Actuator1)"/>		

# RecurDyn/TSG Tutorial (2)

## ◆ Sensor

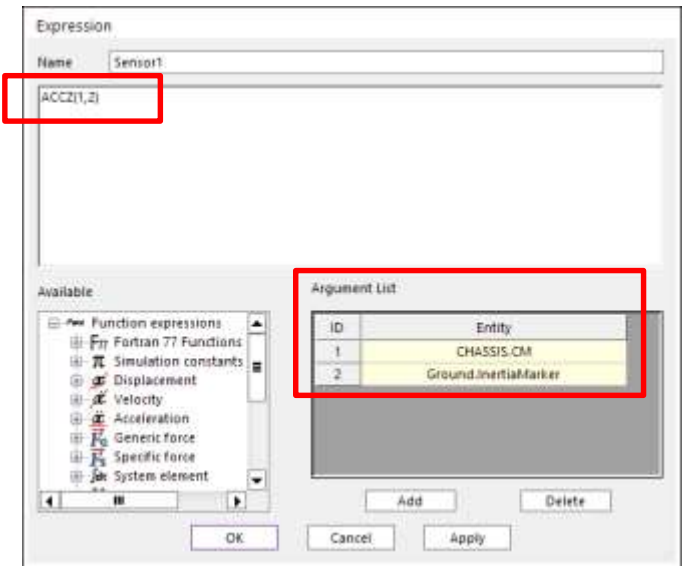
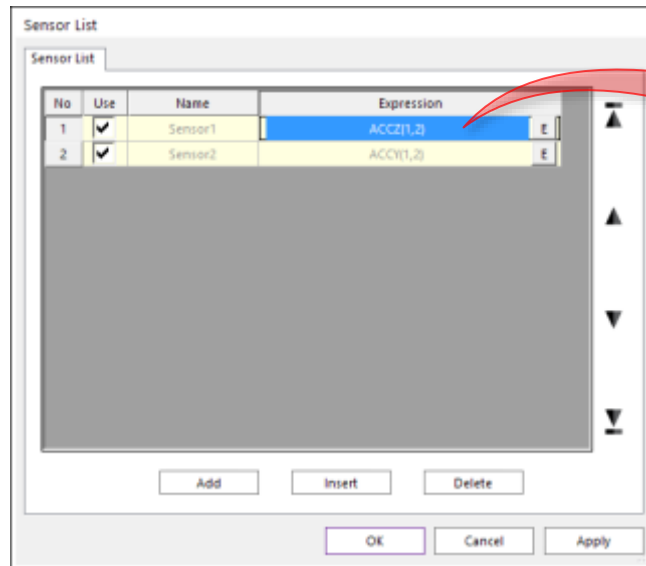


- ▶ **Sensor** : 시뮬레이션 수행 후 응답을 확인하기 위한 성능지표로 Sensor에서 도출된 결과는 Target Signal과 비교하게 됨.
  - 아래 그림과 같이, Sensor 아이콘 버튼을 실행하여 생성된 대화창에서 필요한 Sensor의 수만큼 Add 버튼을 이용하여 생성함.
- ▶ 적용방법
  - RecurDyn에서 지원하는 모든 Expression이 적용 가능함.
    - ✓ Acceleration(ACCX, ACCY, ACCZ), Velocity(VX, VY, VZ), Disp.(DX, DY, DZ)
    - ✓ Force(FX, FY, FZ, TX, TY, TZ), Stress(SX, SY, SZ), Strain(EX, EY, EZ), Etc.
  - 본 Tutorial에서는 Chassis의 CM에 대한 Z방향과 Y방향의 가속도를 결과를 도출.

**Sensor1**  
ACCZ(1, 2)

**Sensor2**  
ACCY(1, 2)

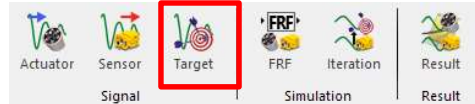
**Argument List**  
1: CHASSIS.CM  
2: Ground.InertiaMarker



# RecurDyn/TSG Tutorial (3)

## ◆ Target (1)

- ▶ **Target** : 사용자가 정의하는 입력 데이터로서, 시험 또는 시뮬레이션을 통해 획득한 시간에 대한 연속적인 데이터 모음으로 정의할 수 있음.  
RecurDyn/TSG의 성능평가의 지표가 됨.



## ▶ 적용방법

- 선택된 Sensor의 수만큼 Target Signal 이 필요하며, Target Signal은 \*.csv 포맷
- csv 파일에는 데이터가 시간1,데이터1, 시간2, 데이터2.. 순으로 정의되어야 함.
- 본 Tutorial에서는 2개의 Sensor가 정의되었으므로, csv 파일은 아래와 같이 4개의 데이터가 시간 순서대로 기록되어야 함.
  - ✓ 이때, Time 데이터가 중복되더라도 csv 파일에 기입이 필요하며
  - ✓ Sensor가 정의된 순서대로 Target 데이터가 정의되어야 함.

시간1 데이터1    시간2 데이터2

0	0	0	0
0.001	-0.0004	0.001	0.000186
0.002	-0.00303	0.002	0.001564
0.003	-0.01027	0.003	0.009046
0.004	-0.02232	0.004	0.033633
0.005	-0.03801	0.005	0.080458
0.006	-0.05629	0.006	0.131874

Sensor1의  
Target

Sensor2의  
Target

# RecurDyn/TSG Tutorial (4)

## ◆ Target (2)

### ➤ Target Data 생성 Tip.

- 시험을 통해 획득한 시간에 대한 연속적인 데이터는 저주파수 성분 뿐만 아니라 고주파 성분이 다수 포함하고 있음.
- 이는 RecurDyn/TSG 적용과정에서 노이즈 발생 및 에러 유발의 요인이 됨.
- 따라서, 초기 획득한 신호를 Low Pass Filter를 사용하여 50Hz 혹은 100Hz 이하의 Signal만 포함될 수 있도록 \*.csv 파일을 생성하기 이전에 변환하는 것을 권장
  - ✓ RecurDyn/Plot을 사용하여 Low Pass Filter를 사용할 수 있음
  - ✓ 본 Tutorial의 ACCZ\_ACCY\_50hz\_2EA.csv 파일에는 50Hz이하의 성분만이 포함되어져 있음.

### ➤ 적용방법

- 'Target Output Function' 탭을 눌러 앞서 정의한 \*. csv File을 불러들임.
- 본 Tutorial의 Sensor1, Sensor2 Target Data를 아래와 같이 확인할 수 있음.

The image shows two screenshots from the RecurDyn software. The left screenshot is the 'Target Output List' dialog box. It has a 'Target Output Function' tab selected. The 'Target Signal (\*CSV)' field contains 'ACCZ\_ACCY\_100hz\_2EA.csv'. Below this is a table with columns: No., Plot, Windowing, Time Offset, Name, and Target. The table has two rows: Row 1: No. 1, Plot checked, Windowing checked, Time Offset 0., Name Sensor1, Target ACCZ(,); Row 2: No. 2, Plot checked, Windowing checked, Time Offset 0., Name Sensor2, Target ACCY(,). Below the table is a 'Plot' button. Further down are fields for 'Sampling Frequency (Hz)' (1000), 'End Time' (.), 'Windowing Parameter for Target Signal' (Time Length: 0.2), and 'Target Output File (\*TARGET)' (Target\_2EA-target). There are 'OK' and 'Cancel' buttons at the bottom. A red box highlights the 'Target Output Function' tab, the table, and the 'Plot' button. A red arrow points from the 'ACCZ\_ACCY\_50hz\_2EA.csv' text in a yellow box to the 'Target Signal' field. A blue arrow points from the 'Plot' button to the right screenshot.

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

The right screenshot is the 'Target Output Function' plot window. It shows a graph with 'Sensor1' (blue line) and 'Sensor2' (green line) plotted against 'Sampling Time' from 0.00 to 2.00. The y-axis ranges from -10.00 to 15.00. The plot shows high-frequency oscillations for both sensors.

# RecurDyn/TSG Tutorial (5)

## ◆ Target (3)

### ➤ Sampling Frequency

- 1초당 데이터 수를 의미하며, 본 Tutorial에서는 1000을 사용.
  - ✓ Simulation End Time이 2초이면, Data 수는 2000개가 필요하다는 의미.
- 주어진 \*.csv File 내의 데이터수가 필요한 데이터 수와 일치하지 않을 수 있으므로, Sampling Frequency, End Time를 고려하여 주어진 \*.csv File을 바탕으로 새로운 파일 생성 필요함.

### ➤ Window Parameter for Target Signals

- Time Signal을 Fourier Transform을 통해 Frequency Signal로 변환함에 있어 Error를 최소화하기 위해 처음과 끝신호를 강제로 Zero로 만드는 기능을 수행함.
  - ✓ 전체 Time Signal 구간에서 약10% 정도를 Windowing이 적용될 수 있도록 함.
  - ✓ 본 Tutorial에서는 Data Size(데이터의 개수) 대신 Time Length를 선택하여 0.2초로 입력

### ➤ 적용방법

The screenshot shows a dialog box with the following fields and options:

- Sampling Frequency (Hz): 1000. [Pv]
- End Time: 2. [Pv]
- Windowing Parameter for Target Signals:
  - [Time Length] [Data Size] [Time Length]
  - Time Length: 0.2 [Pv]
- Target Output File (\*TARGET): Target\_2EA.target [...]
- Create Target Output File [Create Target Output File]
- OK [Cancel]

# RecurDyn/TSG Tutorial (6)

## ◆ Target (4)

### ➤ Target Data 생성

- Sampling Frequency, End Time, Window Parameter를 고려하여 주어진 \*.csv파일을 바탕으로 새로운 \*.target 파일을 생성함.

### ➤ 적용방법

- 새로운 파일은 해석속도 향상을 위해 바이너리 파일(\*.target)을 생성하게 되며, 이때 필요한 파일명, 파일경로를 설정한 뒤, 'Create Target Output File' 버튼을 실행함.
- 이후, 'Target Output List'에서 실질적으로 적용될 Target Data를 Plot을 확인함.

Sampling Frequency (Hz) 1000. Pv

End Time 2. Pv

Windowing Parameter for Target Signals

Time Length 0.2 Pv

Data Size

Time Length

Target Output File (\*TARGET) Target\_2EA.target ...

Create Target Output File

OK Cancel



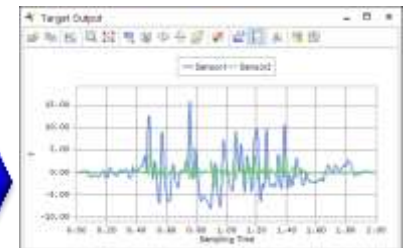
Target Output List

Target Output Function Target-Output List

No.	Plot	Name	Target
1.	<input checked="" type="checkbox"/>	Default	ACCEL1.D
2.	<input checked="" type="checkbox"/>	Support	ACCEL2.D

Plot

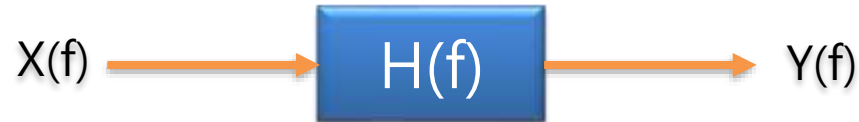
OK Cancel



# RecurDyn/TSG Tutorial (7)

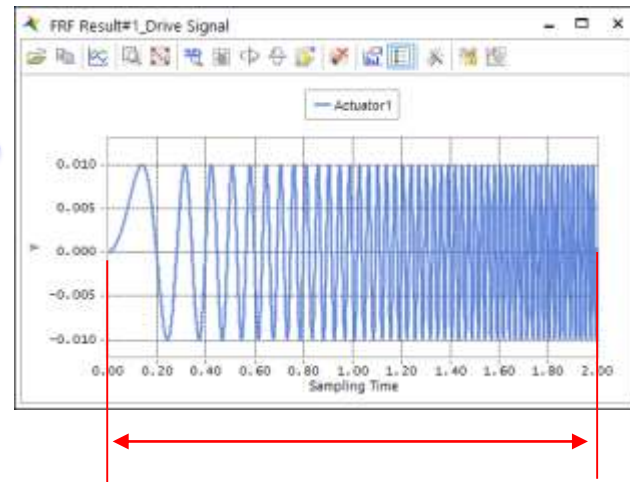
## ◆ FRF (1)

- **FRF(Frequency Response Function)**은 Time Signal을 Frequency Signal로 변환하는 신호처리 과정을 통해 시스템의 특성을 나타내는 전달함수( $H(f)$ )를 도출하게 됨. ( System Identification 으로서도 명명됨.)



## ➤ 적용방법 (1)

- **Start/End Frequency(Hz)**는 FRF를 수행하기 위해서 'TACT(Actuator1)' Expression 이 정의된 부분에 신호의 주파수가 점진적으로 변경되는 Sweep Sine Function이 적용됨. 이때 필요한 주파수 구간을 Start/End Frequency(Hz)에서 정의하게 됨.
  - ✓ 실질적으로 0Hz 주파수는 존재하지 않으므로 0.001Hz을 Start Frequency로 입력
  - ✓ Target Signal은 앞서 50Hz까지 필터링된 결과이므로 50Hz를 End Frequency로 적용.



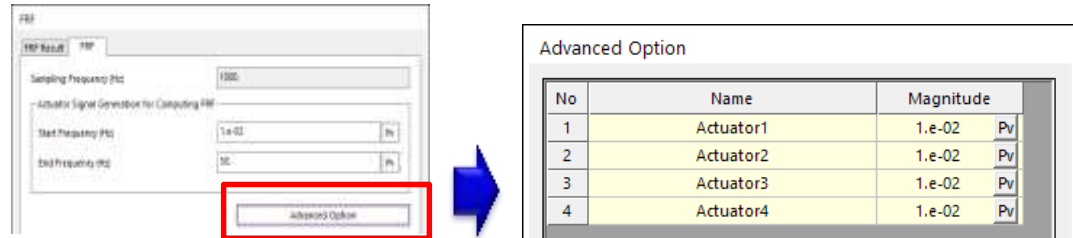


# RecurDyn/TSG Tutorial (8)

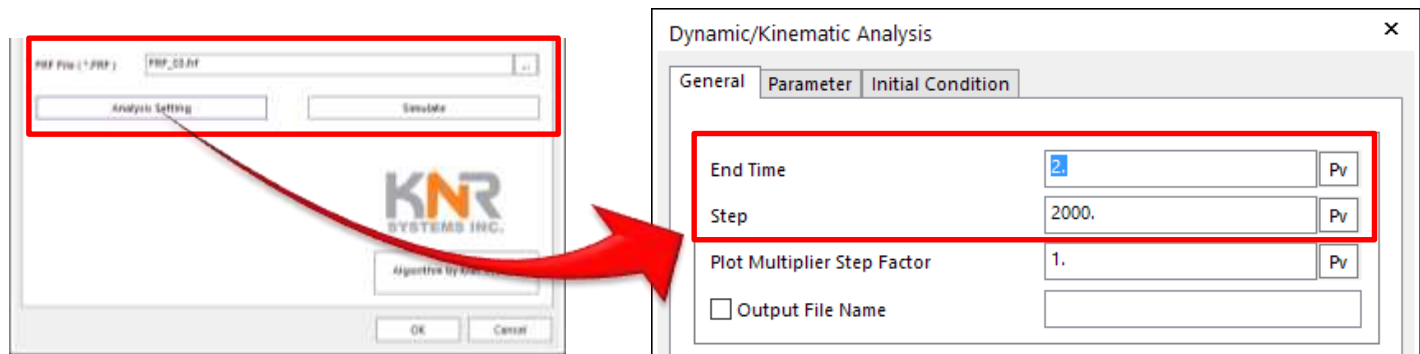
## ◆ FRF (2)

### ▶ 적용방법 (2)

- Advanced Option는 Sweep Sine Function의 Magnitude를 설정함.
  - ✓ 본 Tutorial 모델은 MKS단위를 사용하고 있으므로, 기본 설정값이 1을 적용하게 되면 Tire의 변위가 1.0m만큼 이동하게 되어 과도한 조건이 됨.
  - ✓ 따라서, 이 옵션의 값을 0.01로 변경하여 적용함.



- FRF 결과를 저장하게 될 파일명과 파일 경로를 설정한 뒤, Dynamic Modeling의 **Analysis Setting**을 설정하고 **Simulation**을 실행
  - ✓ Analysis Setting에서 중요한 사항은, Target Signal을 생성함에 있어 Sampling Frequency를 고려하여 End Time과 Step을 설정해야 한다.
  - ✓ 본 Tutorial의 Sampling Frequency는 1000Hz이므로 2초 동안 Step은 2000으로 설정한다.

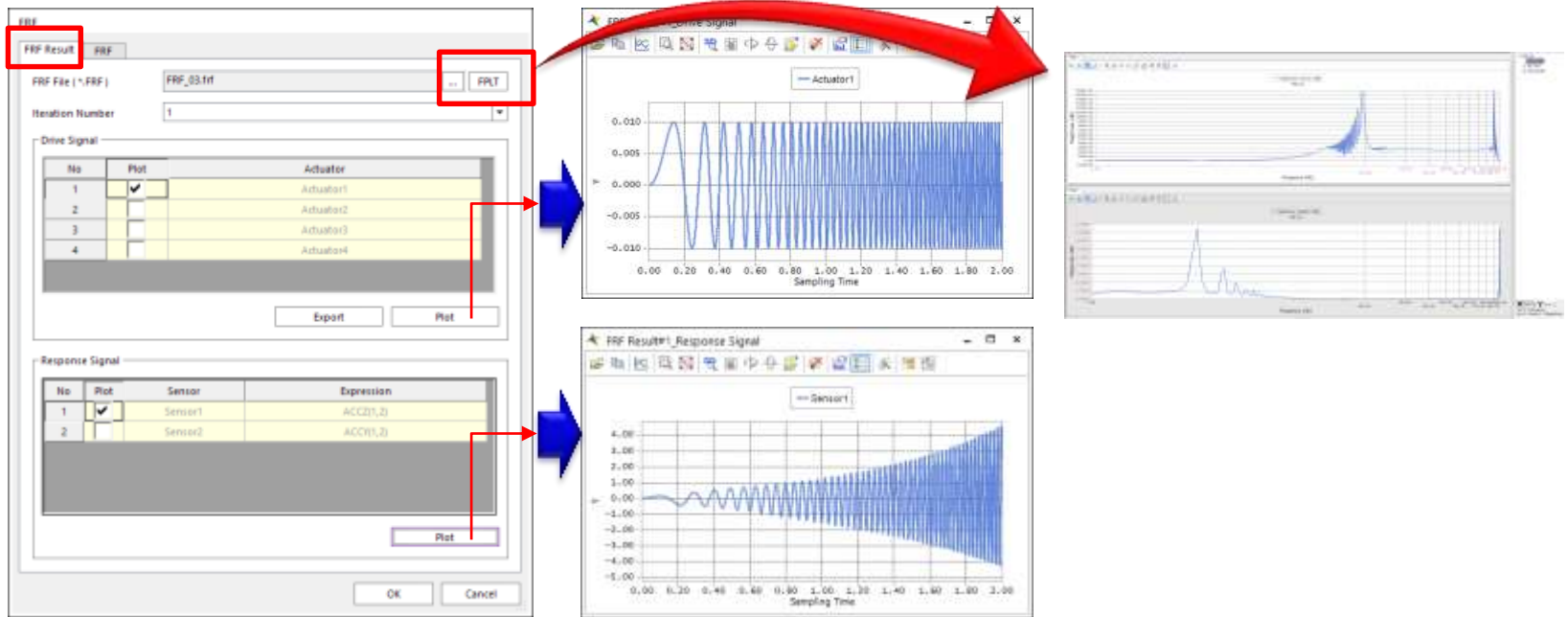


# RecurDyn/TSG Tutorial (9)

## ◆ FRF (3)

### ▶ 적용방법 (3)

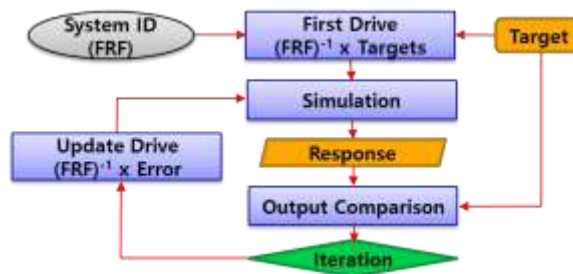
- **Simulation** 버튼을 클릭하면 설정된 Actuator의 수만큼 해석을 수행함.
  - ✓ 본 Tutorial에서는 4번의 Simulation이 반복해서 진행됨.
  - ✓ FRF 과정에서 Actuator에 적용되는 Sweep Sine Function은 각각 개별적으로 적용하게 되는데, 하나의 Actuator를 가진할 때, 나머지 Actuator는 0을 입력하여 시뮬레이션
- 해석 완료 후, FRF Result탭에서 Actuator에 가진된 Drive Signal (Sweep Sine Function)과 Sensor에서 도출된 Response Signal을 확인할 수 있음.
  - ✓ 또한, FPLT 버튼을 실행하여 Plot Mode에서 FRF 결과를 직접 확인 가능함.



# RecurDyn/TSG Tutorial (10)

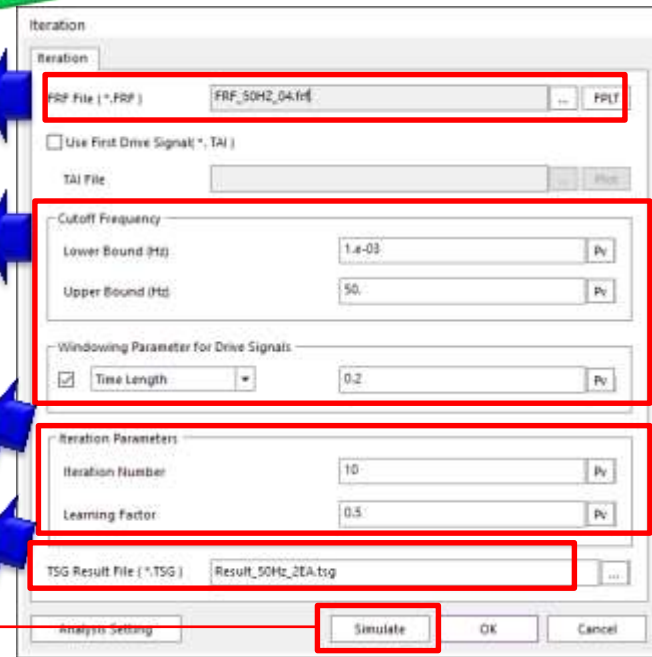
## ◆ Iteration

- ▶ **Iteration** 과정은 앞에서 계산된 FRF 결과를 바탕으로 Sensor에서 측정되는 **Response Signal**을 사용자가 정의한 Target Signal과 최대한 일치시키기 위해서 Actuator에 가해지는 **Drive Signal**을 반복적인 시뮬레이션을 통해 도출하는 과정임.



## ▶ 적용방법

- 이전단계에서 계산된 FRF 결과는 일반적으로 자동으로 불러오지만 그렇지 않을 경우, 생성된 FRF 파일을 찾아 불러들임.
- Cutoff Frequency, Windowing Parameter는 Target/FRF에서 적용된 설정을 그대로 적용.
- Iteration Parameters의 Iteration Number에서 시뮬레이션 반복 횟수를 설정하고, Learning Factor에서는 Target Signal과 Response Signal과의 오차를 보정할 계수 값을 설정함.
- TSG Results File에서는 'Result' 기능에서 활용할 결과 파일명과 경로를 지정함.
- 설정을 마친 후, Simulate

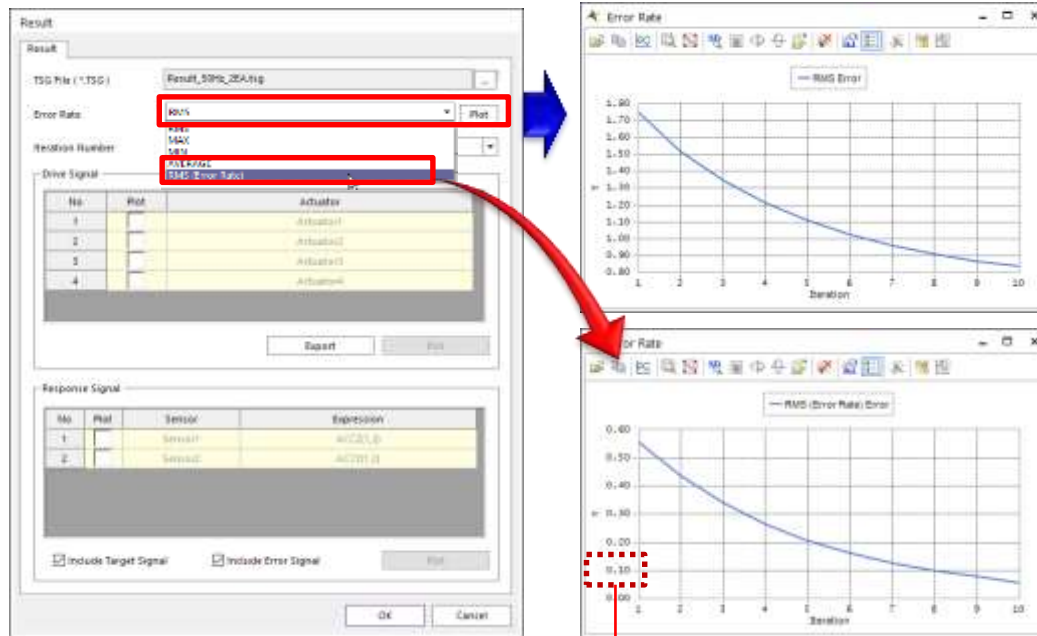


# RecurDyn/TSG Tutorial (11)

## ◆ Result (1)



- Iteration 과정을 거친 후 생성된 \*.tsg 파일의 결과를 Plot으로 보여주는 기능을 담당하는 Post-processor.
  - **Error Rate (RMS)**: Iteration 순서에 따른 Response Signal (Sensor) vs. Target Signal 간의 매순간 오차를 RMS 기법으로 계산하여 도출된 결과를 보여줌.
  - **Error Rate (RMS (Error Rate))** : 전체 시간에 대한 Target Signal의 RMS값과 Response Signal (Sensor)의 RMS값의 상대적인 차이를 계산한 결과.
- 적용방법 (1)
  - Error Rate의 Type을 선택한 후, 'Plot' 버튼을 실행함.



0.1은 Target Signal과 Response Signal이 전체적으로 10%정도의 오차가 있음을 의미

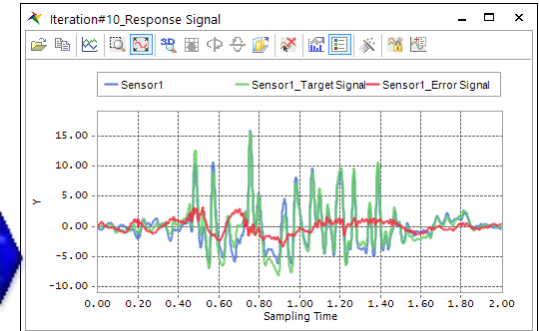
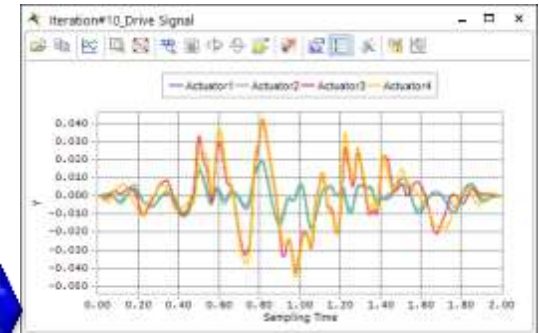
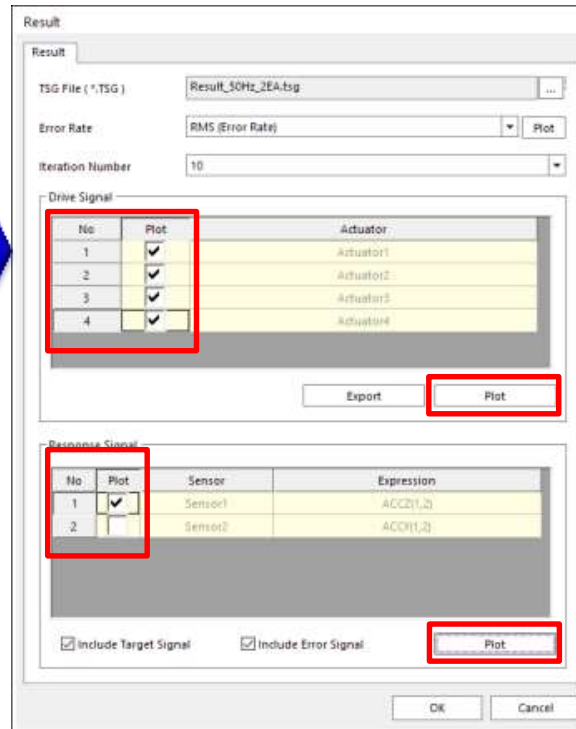
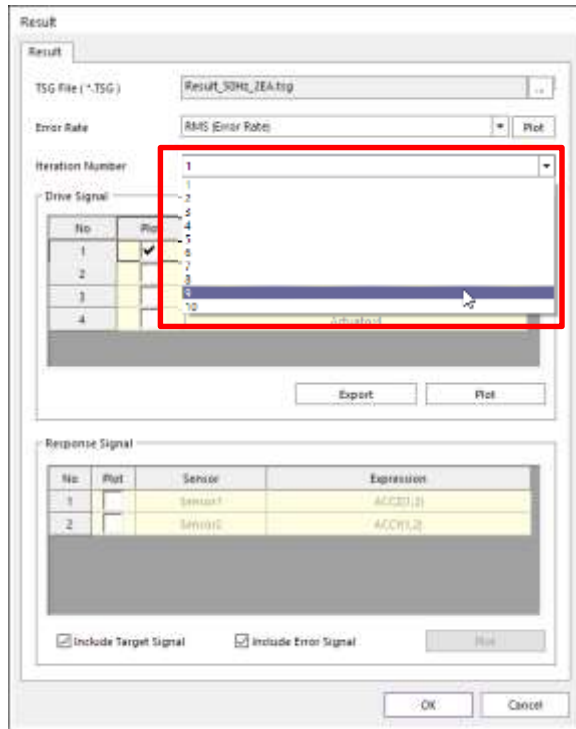


# RecurDyn/TSG Tutorial (12)

## ◆ Result (2)

### ▶ 적용방법 (2)

- Error Rate 결과그래프에서 Iteration 순서에 따른 오차율을 확인한 후, 'Iteration Number'에서 원하는 시뮬레이션 순번을 선택하면, 그 순번에 해당하는 Actuator의 Drive Signal과 Sensor의 Response Signal 결과를 확인할 수 있음.
- 'Drive Signal'과 'Response Signal' 영역에서 선택한 Actuator와 Sensor의 결과를 Plot할 수 있음



# RecurDyn/TSG Tutorial (13)

## ◆ Result (3)

### ▶ 적용방법 (3)

- 'Drive Signal' 영역에 포함된 'Export' 버튼은 선택된 Iteration Number에 대해 모든 Drive Signal을 \*.tai file로 출력하는 데 사용됨.
  - ✓ tai 파일은 10번의 Iteration 이후 추가적인 Iteration을 수행하고자 할 때 사용
  - ✓ Iteration 대화창에서 'Use First Drive Signal' 옵션을 활성화한 후, 생성된 \*.tai file을 지정하여 활용할 수 있음.

The image shows three windows from the RecurDyn/TSG software interface:

- Result Dialog:** Shows the 'Drive Signal' table with an 'Export' button highlighted in a red box. The 'Iteration Number' is set to 10.
- Iteration#10\_Drive Signal Plot:** A line graph showing the drive signals for four actuators (Actuator1 to Actuator4) over a sampling time of 0.00 to 2.00. The y-axis ranges from -0.050 to 0.040.
- Iteration Dialog:** Shows the 'Use First Drive Signal (\*.TAI)' checkbox highlighted in a red box. The 'TAI File' field is empty. Other parameters like 'Cutoff Frequency' and 'Iteration Number' are also visible.

Blue arrows indicate the flow of information: from the 'Export' button in the 'Result' dialog to the plot, and from the plot to the 'Use First Drive Signal' checkbox in the 'Iteration' dialog.

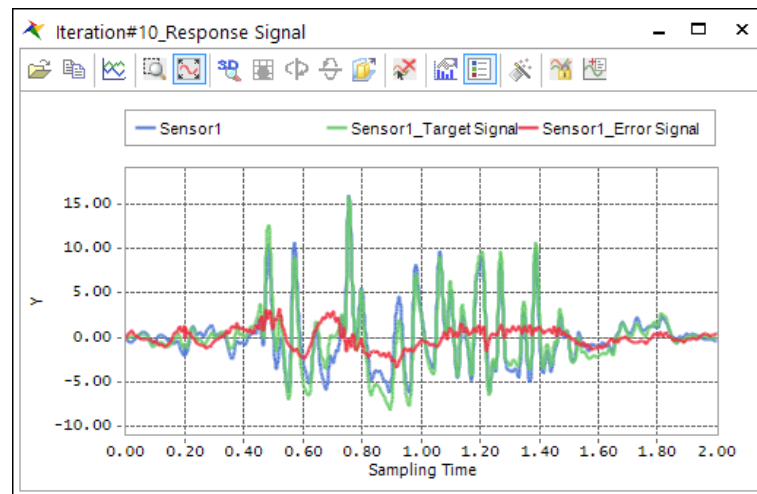
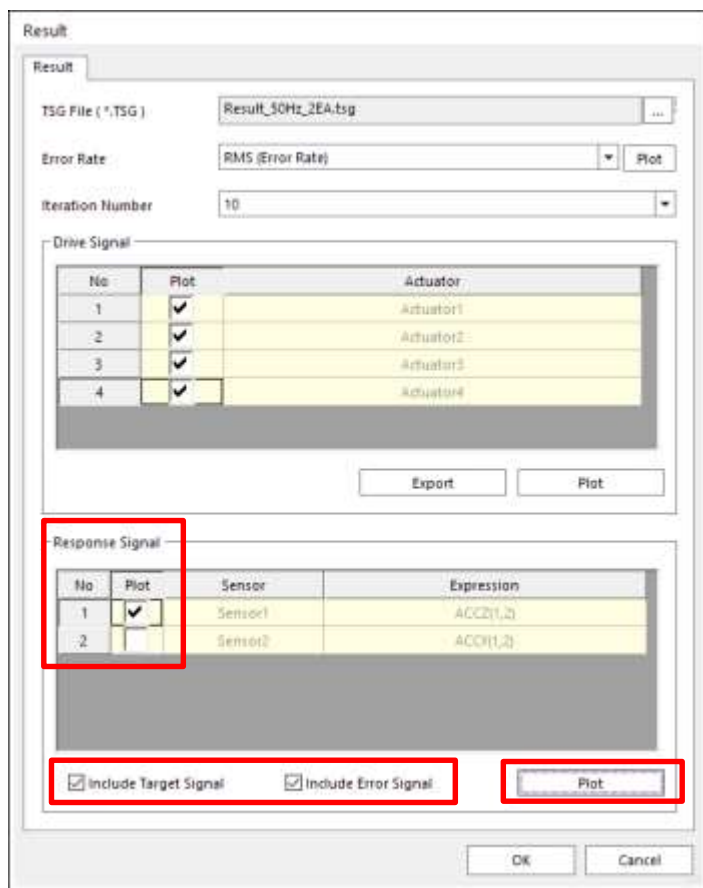


# RecurDyn/TSG Tutorial (14)

## ◆ Result (4)

### ▶ 적용방법 (4)

- 'Response Signal' 영역에 포함된 Sensor를 Plot할 때,
  - ✓ 'Include Target Signal'과 'Include Error Signal'의 체크여부에 따라,
  - ✓ Sensor의 출력값 외에 Target Signal값과 Error Signal값을 함께 Plot



# Summary of RecurDyn/TSG Tutorial



# RecurDyn/TSG Tutorial 요약 (1)

## ◆ Actuator 생성

- ▶ 4개의 Actuator 'Add' 버튼으로 생성 후, Motion 적용
  - Tran. Joint : 'TACT(Actuator1)' 적용 (4개)

## ◆ Sensor 생성

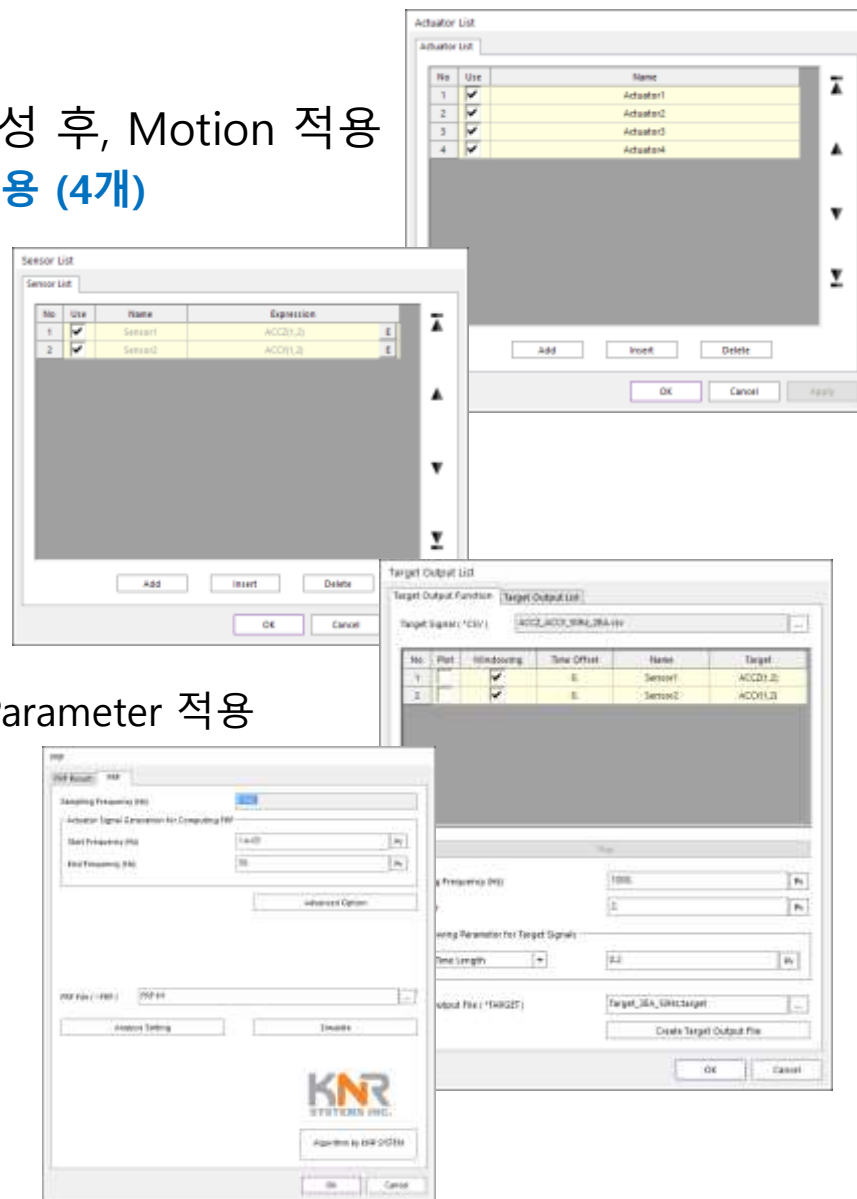
- ▶ 2개의 Sensor 'Add' 버튼으로 생성
  - Sensor1 → ACCZ(1,2) 적용
  - Sensor2 → ACCY(1,2) 적용

## ◆ Target Signal 생성

- ▶ \*.CSV File 불러오기
- ▶ \*.TARGET File 생성
  - Sampling Frequency, Windowing Parameter 적용

## ◆ FRF 생성

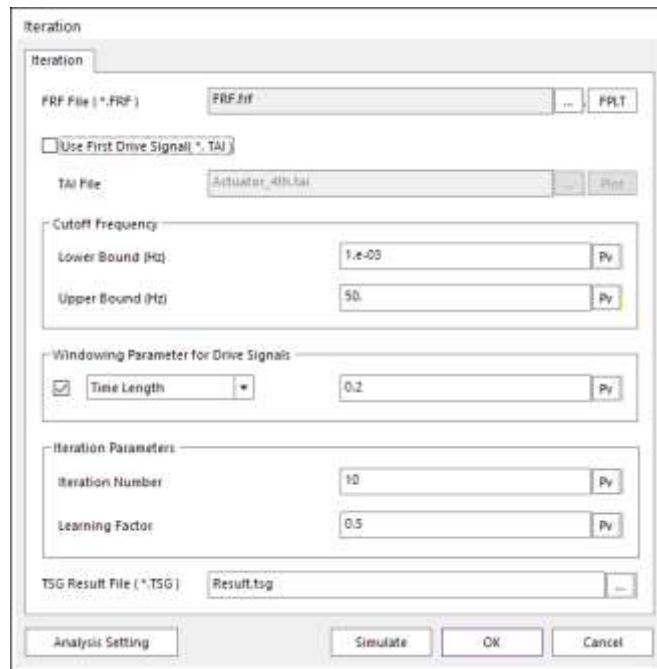
- ▶ \*.FRF File 생성
  - Start/End Frequency
  - Advanced Option
- ▶ 4번 해석 수행
- ▶ FRF, FRF<sup>-1</sup> 결과 확인



# RecurDyn/TSG Tutorial 요약 (2)

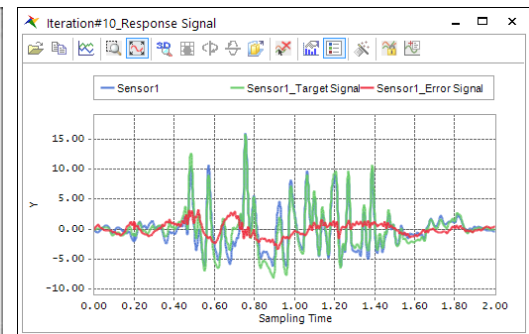
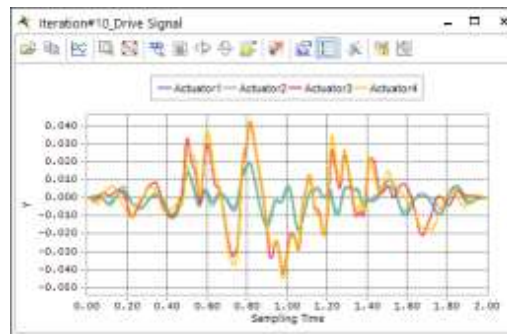
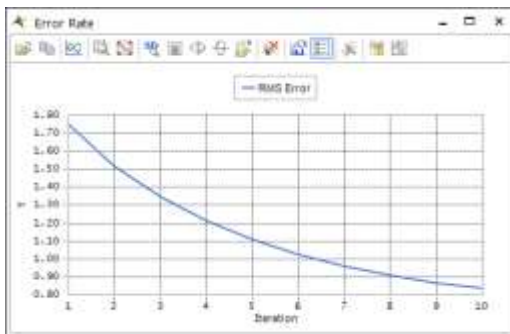
## ◆ Iteration 수행

- ▶ FRF 불러오기
- ▶ 옵션 설정
  - Cutoff Frequency
  - Window Parameter
  - Iteration Parameter
- ▶ \*.TSG File 생성
  - 10번 반복해석 수행



## ◆ Result 확인

- ▶ Error Rate (RMS) 확인
- ▶ Drive/Response Signal 확인





Thank you

5F, Pangyo Seven Venture Valley 1 danji 2dong, 15, Pangyo-ro 228beon-gil,  
Bundang-gu, Seongnam-si, Gyeonggi-do, 13487, Korea  
Tel : +82-31-622-3700, Fax +82-31-622-3704, <http://www.functionbay.co.kr>