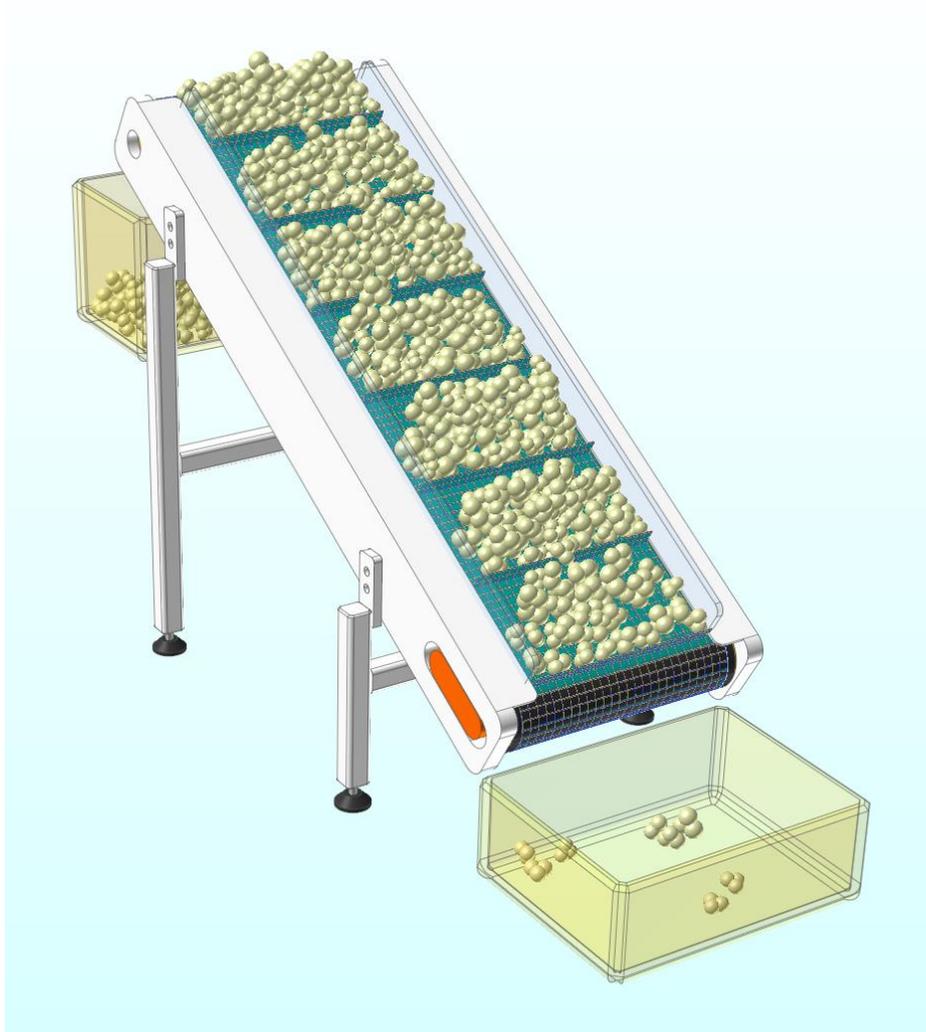




## Cleated Belt Conveyor (EDEM)



**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 .....	4
목적 .....	4
필요 요건 .....	5
과정 .....	5
RecurDyn 리본에 EDEM UI 등록 .....	6
목적 .....	6
예상 소요 시간 .....	6
Configuration XML 파일 가져오기 .....	7
시작 모델 해석 및 분석 .....	9
목적 .....	9
예상 소요 시간 .....	9
모델 불러오기 .....	10
시뮬레이션 실행 .....	12
Wall 생성 및 내보내기 .....	14
목적 .....	14
예상 소요 시간 .....	14
Wall 생성하기 .....	15
*.wall 파일 내보내기 .....	19
EDEM 모델 생성 .....	20
목적 .....	20
예상 소요 시간 .....	20
EDEM Creator .....	21
EDEM Simulator .....	33
Co-simulation .....	34
목적 .....	34
예상 소요 시간 .....	34
Co-simulation .....	35
EDEM Analyst .....	36
결과 분석 및 검토 .....	37
목적 .....	37
예상 소요 시간 .....	37
Post Process .....	38

## Chapter

## 1

## 개요

본 교재는 **RecurDyn** 과 **EDEM** 두 소프트웨어 간의 Co-simulation 하는 방법을 다루고 있습니다. **RecurDyn** 은 기구해석과 유연체해석을 담당하고, **EDEM** 는 DEM(Discrete Element Modeling)법을 이용해 입자해석을 담당합니다. 본 교재에서는 두 소프트웨어를 사용하여 유연체의 움직임에 따른 입자의 거동을 해석하게 됩니다.

본 교재에서 다루게 될 모델은 Cleated Belt Conveyor 시스템으로서 일정속도로 유입되는 입자를 경사면을 따라 위로 퍼 나르는 모델입니다. 입자의 유실 없이 최대 효율이 좋은 벨트의 속도 또는 입자의 유입속도를 찾아봅니다.

## 목적

본 교재에서 다루고자 하는 내용은 다음과 같습니다.

- **RecurDyn** 을 통한 강체, 유연체에 대한 Wall 생성 방법
- **RecurDyn** 을 통한 Wall Export 방법
- **EDEM** 에서 물성을 찾는 방법
- **EDEM** 에서 입자들을 생성하는 방법
- **RecurDyn** 에서 Co-simulation 을 수행하는 방법
- **RecurDyn** 과 **EDEM** 에서 Post-processing 을 수행하는 방법

## 필요 요건

- 본 교재는 RecurDyn 에서 제공하는 Basic Tutorial 을 사전에 숙지한 사용자를 위한 것입니다. 따라서 본 교재를 사용하기 위해서는 앞서 언급된 교재를 선행해야 본 교재의 이해를 높일 수 있습니다.
- 본 교재를 진행하기 위해서는 EDEM 소프트웨어가 설치되어 있어야 합니다. 본 교재는 EDEM 2019 버전으로 진행하였습니다.

## 과정

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

(\*소요시간(분)은 컴퓨터의 사양과 숙련도에 따라 달라질 수 있습니다.)

과정	시간(분)
RecurDyn 리본에 EDEM UI 등록	5
시작 모델 해석 및 분석	15
Wall 생성 및 내보내기	5
EDEM 모델 생성	10
Co-simulation	150
결과 분석 및 검토	10
총합	195

Chapter

2

## RecurDyn 리본에 EDEM UI 등록

RecurDyn 리본 GUI에는 기본적으로 **External SPI(EDEM)** GUI가 보이지 않습니다. 별도로 제공되는 **Configuration XML** 파일을 사용하여 **RecurDyn**에 GUI를 추가해야 합니다.

### 목적

본 장에서는 **EDEM** 소프트웨어에서 제공하는 **Configuration XML** 파일을 사용하여 **RecurDyn** 리본에 GUI에 **External SPI(EDEM)** 탭을 추가하는 방법을 배우게 됩니다.



예상 소요 시간

5 분

## Configuration XML 파일 가져오기

### EDEMV1\_1\_0.xml 파일 복사하기

EDEM 소프트웨어 설치경로에 있는 **EDEMV1\_1\_0.xml** 파일을 복사합니다.

- <EDEM Install Path>\lib\EDEMV1\_1\_0.xml

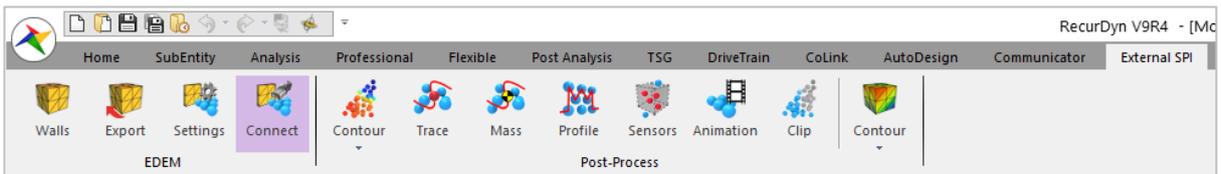
### RecurDyn 폴더에 붙여넣기

위에서 복사한 **EDEMV1\_1\_0.xml** 파일을 아래 경로에 붙여넣습니다.

- <RecurDyn Install Path>\Bin\Solver\CoSim\StdParticleInterface\EDEMV1\_1\_0.xml

### RecurDyn GUI 확인하기

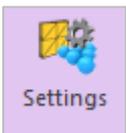
RecurDyn 을 실행해보면 아래 그림과 같이 리본 GUI 에 **External SPI** 탭이 생성되고 하위에



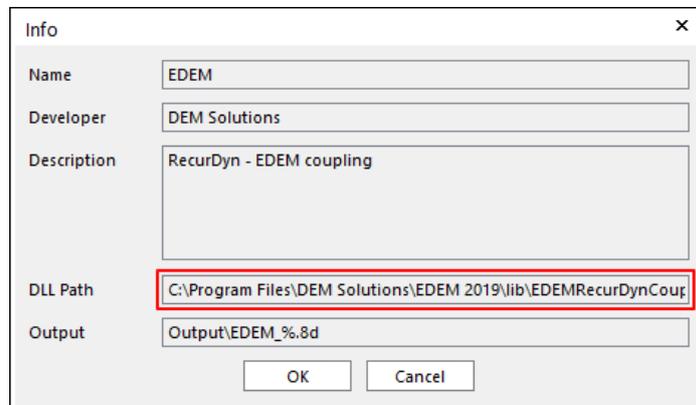
**EDEM** 그룹이 생성됩니다.

### Particle Solver DLL 경로 확인하기

Particle Solver DLL 파일이 있어야 할 경로를 확인합니다.



1. **External SPI** 탭의 **EDEM** 그룹에서 **Settings** 를 클릭합니다.
2. 대화상자가 나타나면 **Info** 버튼을 클릭합니다.



**Info** 대화상자에서 **DLL Path** 를 확인할 수 있습니다. 이 값은 EDEM 의 기본 설치 위치로 설정되어 있기 때문에 EDEM 을 다른 경로에 설치하였다면 Configuration XML 파일에서 DLL Path 를 수정해 줘야 합니다.

---

**Tip: Configuration XML 에서 Particle Solver DLL Path 수정하기**  
**(Info 의 DLL Path 가 다른 경우 진행)**

1. EDEMV1\_1\_0.xml 파일을 엽니다.
2. 아래 그림과 같이 **<Path>** 뒤에 적힌 DLL 경로를 알맞게 수정합니다.

```
<?xml version="1.0"?>
<!-- The first letters of names of elements are capitalized and names of attributes are written in lower case -->
<!-- Any element for which support is optional must have the attribute "supported" with the value of "true" -->
<!-- If there are multiple supported options of an element, then the element can have an attribute to control which one is used -->
<!-- The names of elements in this file cannot be changed. -->

<!-- Configuration : required -->
<!-- Requires the attribute "type" and "version"-->
<!-- The value of the attribute "type" must be "Embedded" or "Independent" -->
<Configuration type="Independent" version="1010">
  <!-- Details : required -->
  <Details>
    <!-- Name : required -->
    <!-- This text will be used as the name of Ribbon Group icon in RecurDyn to identify this particle solver -->
    <Name>EDEM</Name>

    <!-- Developer : optional -->
    <Developer>DEM Solutions</Developer>

    <!-- Description : optional -->
    <Description>RecurDyn - EDEM coupling</Description>

    <!-- Path : required -->
    <!-- The path of the dll that RD will load to connect to the particle solver -->
    <!-- The path is set during installation -->
    <!-- e.g. C:\Program Files\DEM Solutions\EDEM 2018\lib\EDEMRecurDynCouplingClient1.dll -->
    <Path>C:\Program Files\DEM Solutions\EDEM 2019\lib\EDEMRecurDynCouplingClient1.dll</Path>
  </Details>
</Configuration>
</!-- Details : required -->
```

3. **Configuration XML** 파일을 저장합니다.
  4. **Configuration XML** 이 정상적으로 수정된 것을 확인한 후 **RecurDyn** 을 재시작 합니다.
-

## Chapter

## 3

## 시작 모델 해석 및 분석

본 교재에는 완성된 **Cleated Belt Conveyor** 모델을 제공합니다. ED Configuration EM 과 Co-simulation 을 진행하기에 앞서 **RecurDyn** 에서 MFBD 모델을 단독으로 해석해보고 모델은 분석해 봅니다.

### 목적

본 장에서는 **RecurDyn** 에서 제공하는 **Cleated Belt Conveyor** 모델을 해석한 후 분석합니다.



예상 소요 시간

15 분

## 모델 불러오기

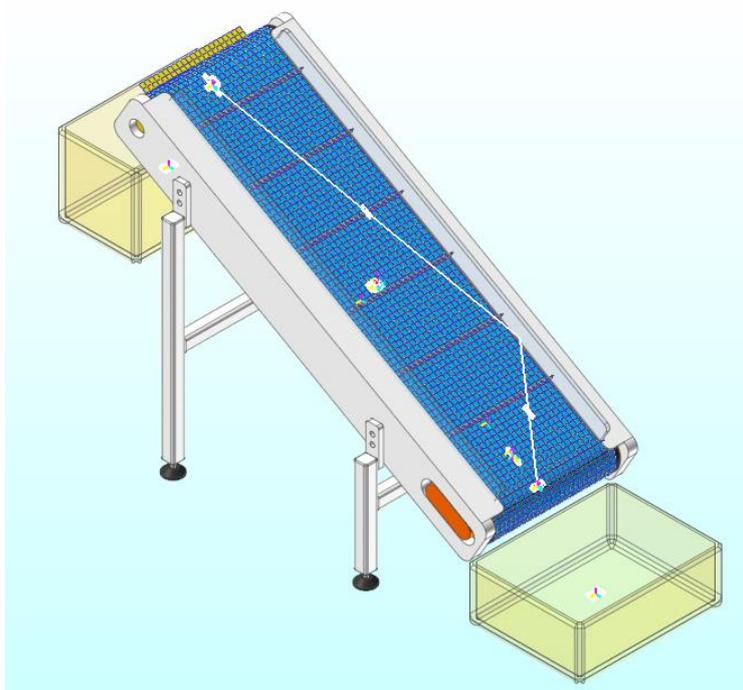
예제모델 복사하기

- **RecurDyn** 에서 제공하는 SPI(EDEM) 튜토리얼 예제 폴더를 해석이 가능한 위치에 복사합니다.
- 폴더 경로: <Install Dir>\Help\Tutorial\SPI\EDEM\CleatedBeltConveyor

**RecurDyn** 실행 및 초기 모델 불러오기



1. 바탕화면에서 **RecurDyn** 아이콘을 더블 클릭하면, **RecurDyn** 이 실행되면서 **Start RecurDyn** 대화상자가 나타납니다.
2. **Start RecurDyn** 대화상자가 나타나면 닫아줍니다.
3. **File** 메뉴에서 **Open** 을 클릭합니다.
4. 위에서 복사한 **CleatedBeltConveyor** 폴더에 있는 **CleatedBeltConveyor\_Start.rdyn** 선택합니다.
5. **Open** 을 클릭합니다. 아래의 그림처럼 모델이 보여집니다.

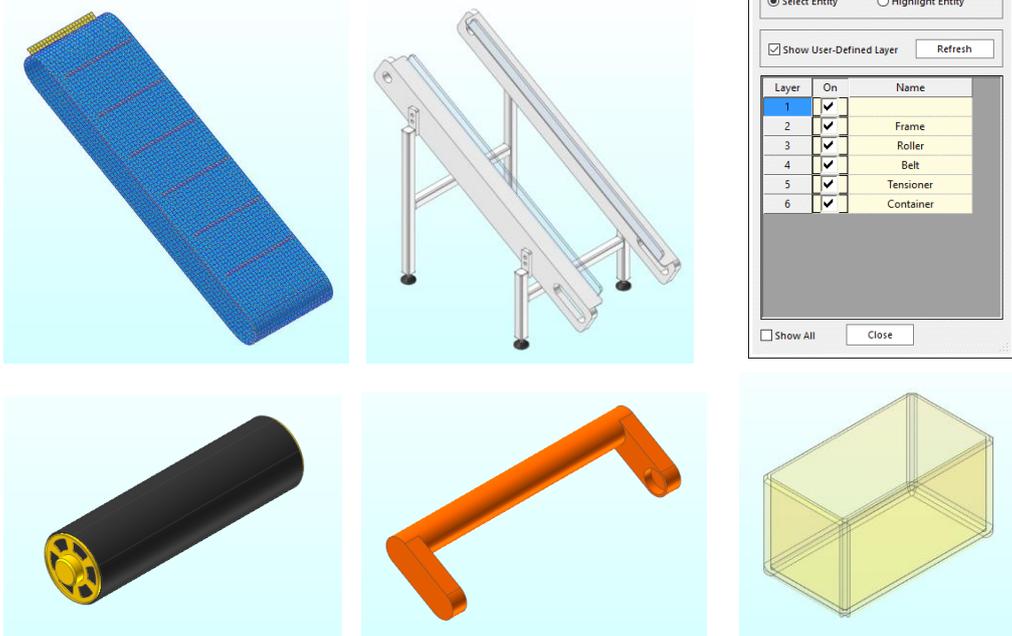


모델 구성 분석하기



1. **Render Toolbar** 에서 **Layer Settings** 를 클릭합니다.
2. **Layer Settings** 대화상자에서 각 **Layer** 의 **On** 을 켜고 끄면서 모델은 분석합니다.

모델의 구성은 다음과 같습니다.



모델은 Belt, Frame, Roller, Tensioner, Container 로 구성되어 있습니다. 여기서 Belt 는 Flexible Body 로 모델링되어 있습니다. Belt 와 Roller 는 Geo Cylinder Contact 구성되어 있고 Roller 는 Motion 에 의해 회전합니다.

## 시뮬레이션 실행

모델의 시스템을 이해하는 것을 돕기 위해서 시뮬레이션을 실행합니다.

시뮬레이션 실행하기



1. **Analysis** 탭의 **Simulation Type** 그룹에서, **Dyn/Kin** 를 선택합니다.

**Dynamic/Kinematic Analysis** 대화상자가 나타납니다.

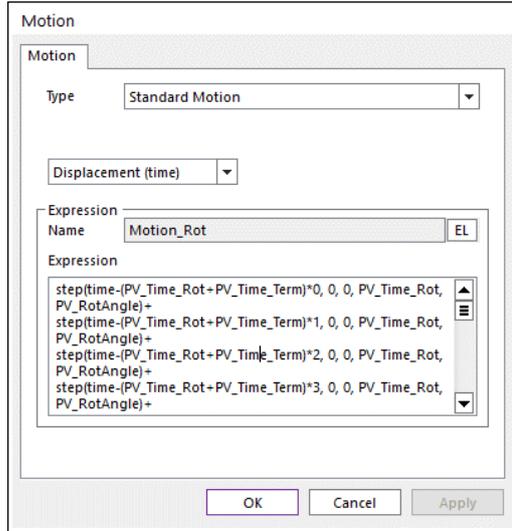
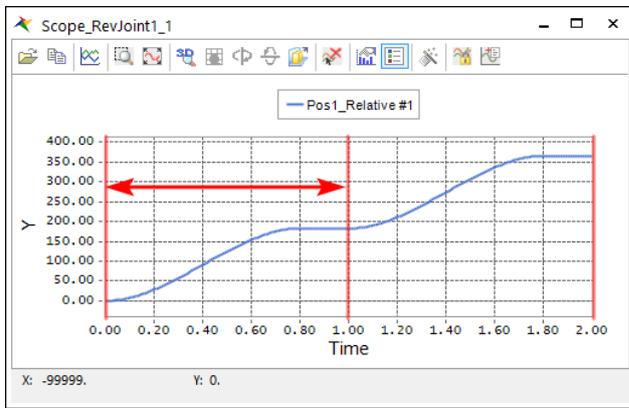
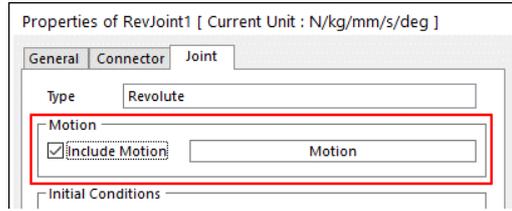
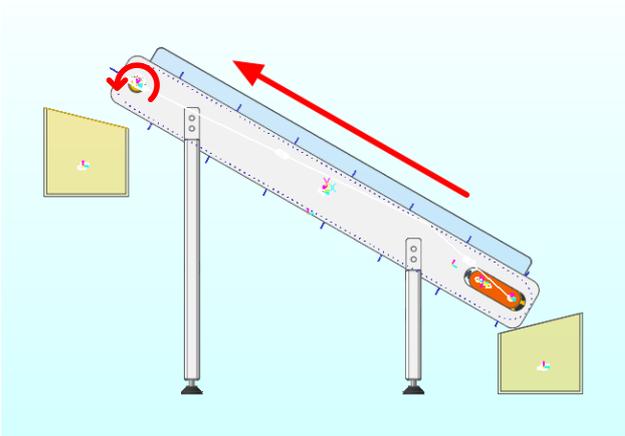
2. 설정된 상태를 확인한 뒤, **Simulation** 버튼을 클릭합니다.
  - End Time: 2
  - **Step: 200**

결과보기



- **Analysis** 탭의 **Animation Control** 그룹에서 **Play** 버튼을 눌러 아래 그림처럼 시스템이 작동하는 것을 확인합니다.

위쪽 Roller 에 달려있는 RevJoint1 의 Motion 에 의해 Belt 가 움직입니다. RevJoint1 의 Pos1\_Relative 에 대한 Scope 를 그려보면 1 초의 주기로 일정하게 회전하는 것을 알 수 있습니다.



## Chapter

## 4

## Wall 생성 및 내보내기

**RecurDyn** 과 **EDEM** 이 서로 데이터를 주고받기 위해 **Wall** 이라는 매개체가 필요합니다.

### 목적

본 장에서는 **EDEM** 에서 Import 할 Geometry 를 **RecurDyn** 에서 정의하는 방법과 \*.wall 파일을 내보내는 방법을 배우게 됩니다.



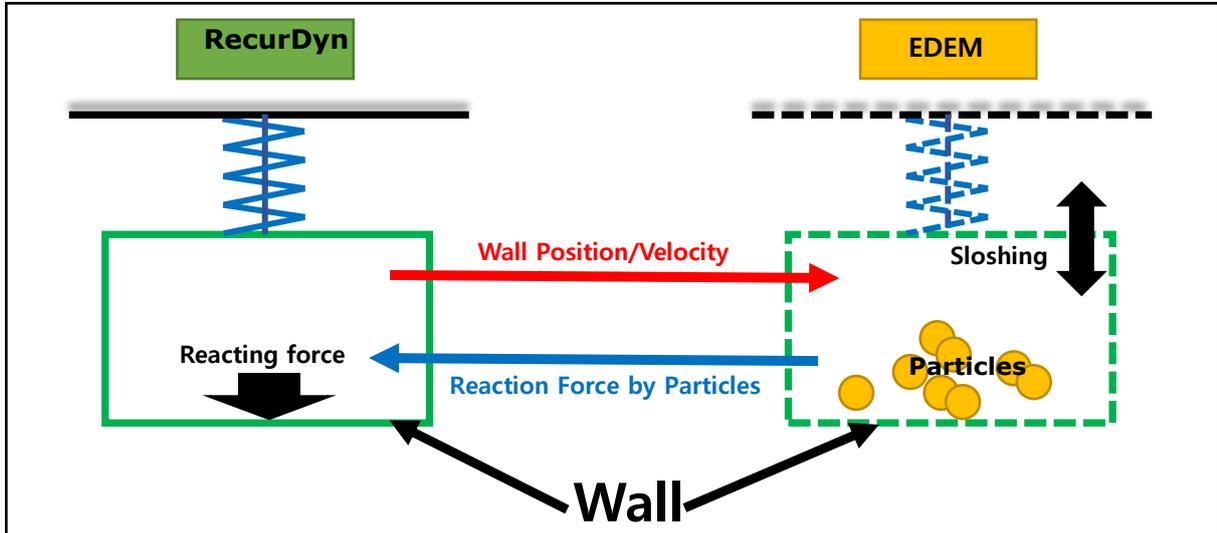
### 예상 소요 시간

5 분

## Wall 생성하기

### Note: Wall 이란?

Wall 은 유체와 접하는 Geometry 를 정의하는 Entity 이다. **RecurDyn** 은 Wall 을 통해 입자로부터



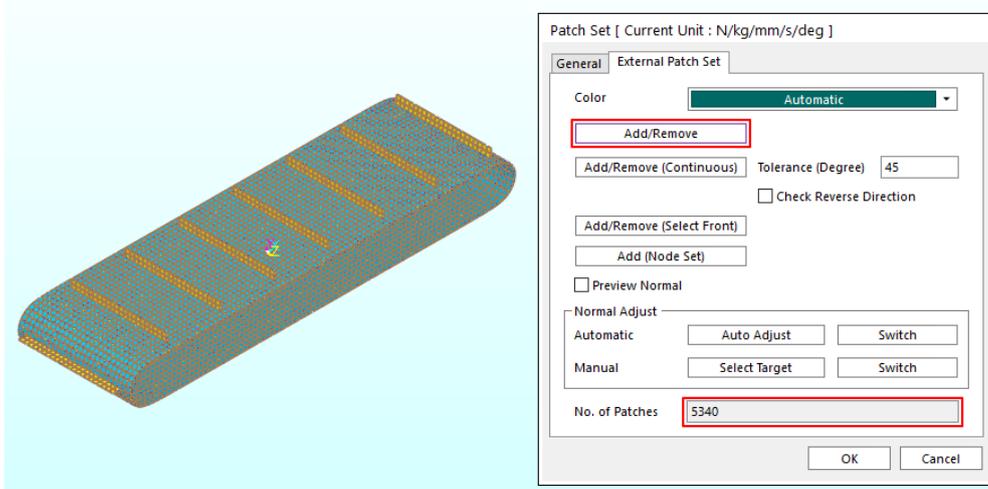
받는 외력에 대한 데이터를 받고 **EDEM** 은 Wall 을 통해 Geometry 의 움직임에 대한 데이터를 받는다

Flexible Body 를 Wall 로 정의하기 위해서는 Wall 로 지정할 면을 Patch Set 으로 정의해야 합니다.

### PatchSet 생성하기

1. **Shell\_CleatedBelt** 의 **Flex Edit Mode** 에 진입합니다.
2. **FFlex Edit** 탭의 **Set** 그룹에서 **Patch** 를 클릭합니다.
3. Patch Set 대화상자에서 **Add/Remove** 를 클릭합니다.
4. 전체 **Patch** 를 선택합니다.

- Working Window 에서 마우스 우클릭한 후 나타난 Pop-up Menu 에서 **Finish Operation** 을 클릭합니다.



- No. of Patches** 가 **5340** 인지 확인한 후 OK 를 눌러 Patch Set 을 생성합니다.  
Database 에 **SetPatch2** 가 생성됨을 확인합니다.
- Exit** 을 클릭하여 **Edit Mode** 에서 나옵니다.

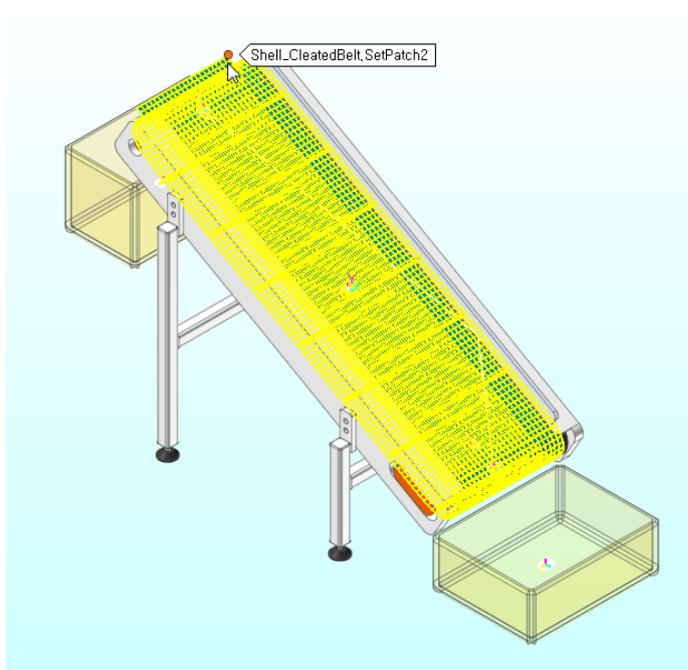
Particle 이 접촉되는 Belt, Container, Frame 에 Wall 을 생성해 줍니다.

#### Wall 생성하기



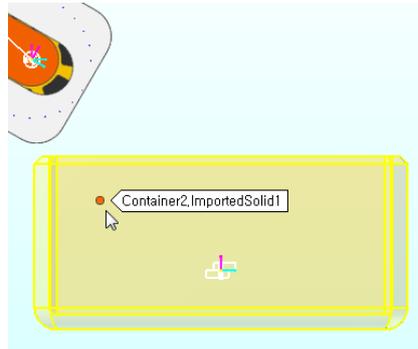
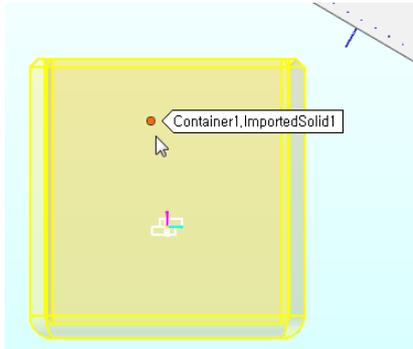
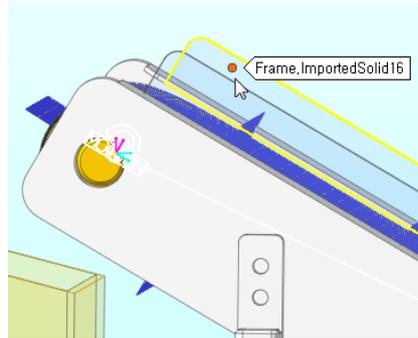
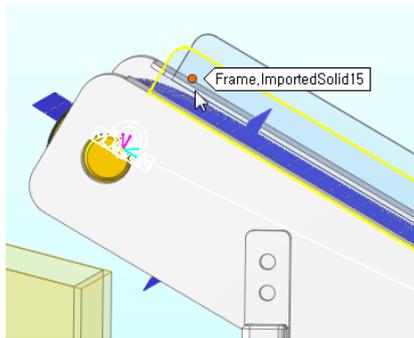
- External SPI** 탭의 **EDEM** 그룹에서 **Walls** 를 클릭합니다.
- Working Window** 에서 **Shell\_CleatedBelt.SetPatch2** 을 클릭합니다.  
Wall1 이 생성됩니다.

CLEATED BELT CONVEYOR (EDEM)



3. 1-2 과정을 반복하여 Geometry 들을 이용하여 Wall 을 생성합니다.

- **Frame.ImportedSolid15**
- **Frame.ImportedSolid16**
- **Container1.ImportedSolid1**
- **Container2.ImportedSolid1**



## \*.wall 파일 내보내기



1. **External SPI** 탭의 **EDEM** 그룹에서 **Export** 를 클릭합니다.
2. 대화상자가 나타나면 저장할 폴더를 찾아 선택 후 **OK** 를 클릭하여 저장합니다.  
저장된 폴더에 **EDEM.wall** 파일과 **Wall1.obj, Wall2.stl, Wall3.stl, Wall4.stl, Wall5.stl** 이 생성됩니다.

---

### Note:

**\*.obj** 파일과 **\*.stl** 파일에는 Wall Geometry 의 CAD 정보가 저장됩니다. 그리고 **EDEM.wall** 파일에는 Wall Geometry(\*.obj, \*.stl)의 위치 자세에 대한 정보들이 들어있습니다.  
Geometry File 들은 **RecurDyn** 단위계와 상관없이 항상 **Meter** 단위로 정보를 찍습니다.

---



---

### Tip: RecurDyn 단독 해석하기

**Wall** 이 생성된 다음부터는 **RecurDyn** 은 Simulation 을 실행하면 **EDEM** 과 Co-simulation 을 진행하려고 시도합니다. 따라서 **EDEM** 이 연결되기 전에 해석이 불가능합니다.  
**EDEM** 과의 연결관계를 끊고 **RecurDyn** 만 단독 해석을 수행하려면 **Connect** 상황을 해지합니다.



## Chapter

## 5

## EDEM 모델 생성

**EDEM**에는 여러 방식으로 입자를 생성할 수 있습니다. 그 중 일정 속도로 입자를 생성하는 방식을 이용하여 벨트 위에 입자를 생성해 봅니다.

### 목적

본 장에서는 **EDEM**에서 제공하는 Material를 통해 입자의 물성을 세팅하는 방법과 입자를 생성하는 방법 등을 배우게 됩니다.



### 예상 소요 시간

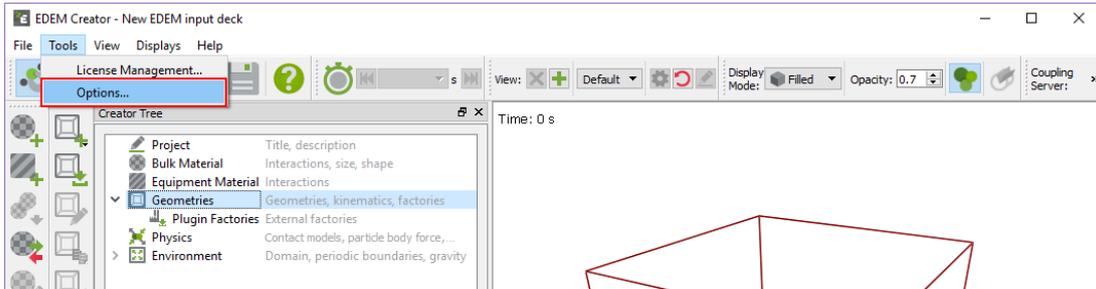
10 분

# EDEM Creator



## EDEM 실행 및 RecurDyn Coupling 세팅하기

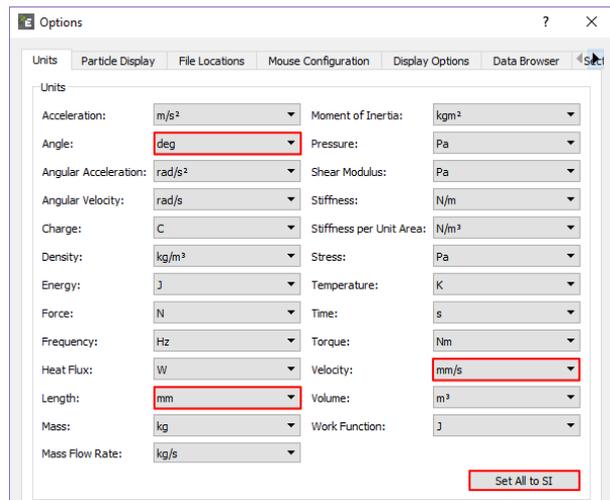
1. **EDEM.exe** 를 실행합니다.
2. **EDEM** 이 실행되면 **Tool>Options** 를 클릭합니다.



뒤에서 EDEM 모델을 모델링 할 때 입력 받는 값들의 단위를 맞추기 위해서 Unit 설정을 변경합니다.

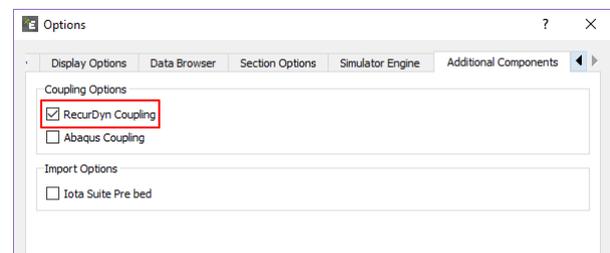
3. Options 대화상자가 열리면, **Units** 탭에서 **Set All to SI** 버튼을 클릭하여 단위계 초기화 시켜줍니다.
4. Angle, Length, Velocity 의 단위를 아래와 같이 변경합니다.

- Angle: deg
- Length: mm
- Velocity: mm/s



5. **Additional Components** 탭에서 **Coupling Options** 그룹의 **RecurDyn Coupling** 옵션을 켭니다.

이 옵션을 활성화시키지 않으면 나중에 **RecurDyn** 에서 Export 한 \*.wall 파일을 Import 할 수 없습니다.



6. **OK** 를 클릭합니다.

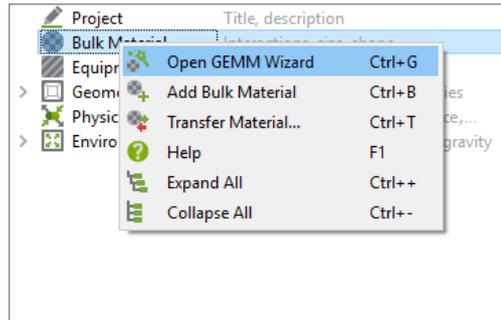
EDEM 에서 제공하는 GEMM Database 를 통해 입자 특성에 맞는 적절한 input deck 를 찾아 불러옵니다.

**Tip: GEMM (Generic EDEM Material Model) Database**

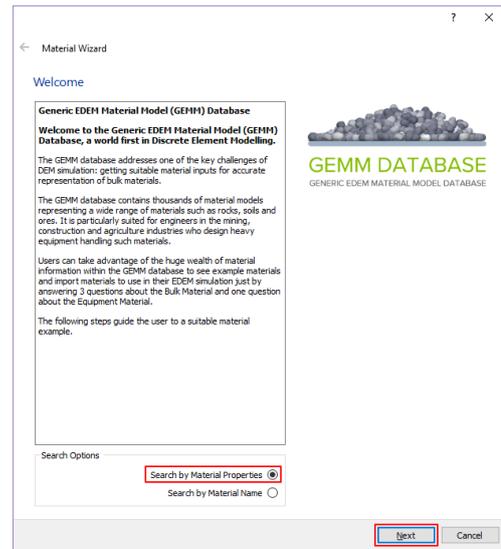
GEMM Database 에는 바위, 토양, 광석 등 광범위한 재료를 대표하는 수천 가지 재료 모델이 포함되어 있습니다. 사용자는 GEMM Database 에 있는 방대한 양의 재료 정보를 활용하여 EDEM 시뮬레이션에 사용할 input deck 를 다운로드할 수 있습니다.

**Material** 생성하기

1. Database 에서 **Bulk Material** 을 우클릭하여 **Open GEMM Wizard** 를 클릭합니다.  
Material Wizard 대화상자가 나타납니다.



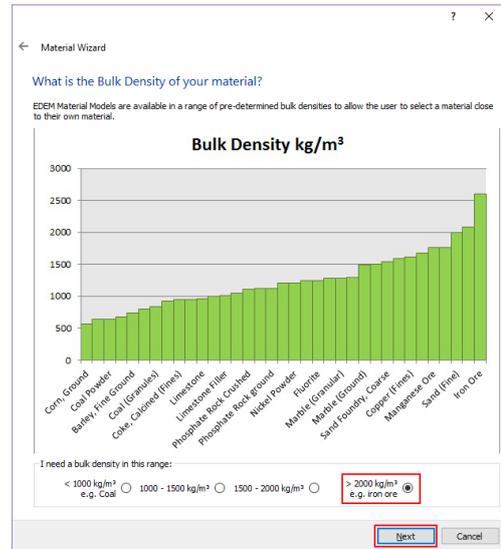
2. **Search by Material Properties** 를 선택한 후 **Next** 를 클릭합니다.



3. **Small: Back hoe, Screw auger or small-scale mixing equipment** 를 선택한 후 **Next** 를 클릭합니다.



4. >2000kg/m<sup>3</sup> 를 선택한 후 **Next** 를 클릭합니다.



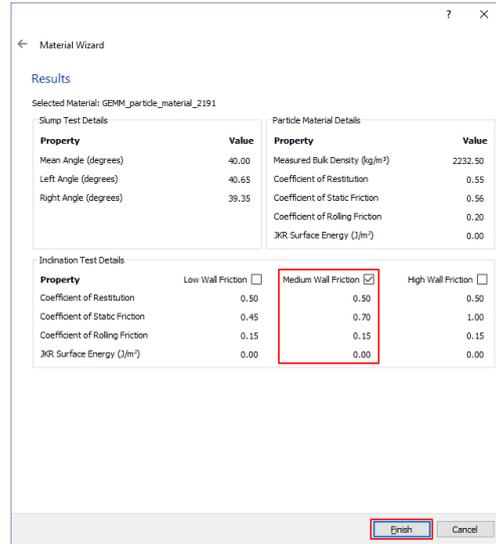
5. **Angle** 에 **40** 를 입력한 후 **Next** 를 클릭합니다.



6. 첫번째 줄에 표기된 Material 을 선택한 후 **Next** 를 클릭합니다.

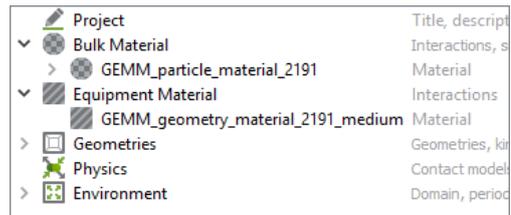


7. **Medium Wall Friction** 을 선택한 후 **Finish** 를 클릭합니다.



**Bulk Material** 은 입자에 적용되는 물성치이고 **Equipment Material** 은 Wall 에 적용되는 물성치입니다. 위에서 찾은 특성에 맞는 Input 값이 적용된 material 이 각각 추가됩니다.

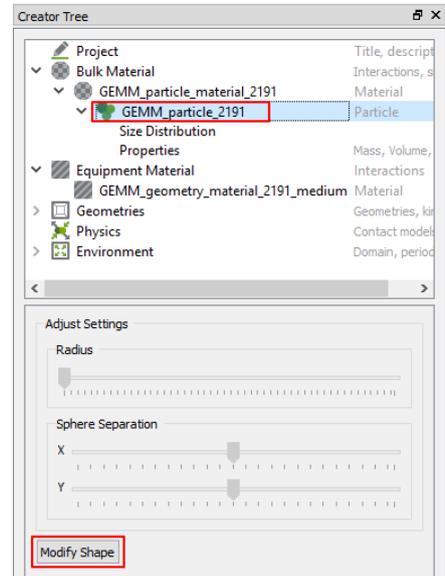
오른쪽 그림과 같이 Database 의 Bulk Material 과 Equipment Material 에 GEMM\_particle\_material\_2191 과 GEMM\_geopetry\_material\_2191\_medium 이 추가된 것을 확인할 수 있습니다.



**GEMM\_particle\_material\_2191** 하위에 Particle 에 대한 정보인 **GEMM\_particle\_2191** 이 포함되어 있습니다. Property 값을 수정하여 Particle 의 Size 를 변경해 봅니다.

**Particle Shape** 수정하기

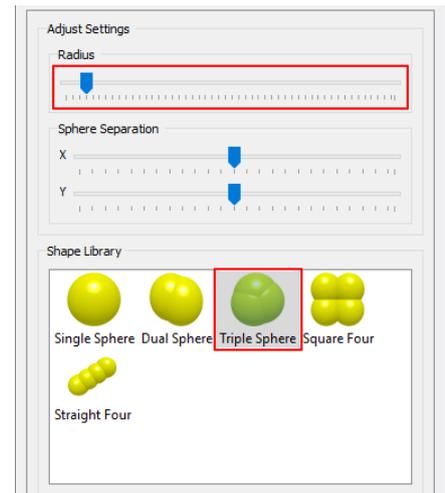
1. **Bulk Material> GEMM\_particle\_material\_2191> GEMM\_particle\_2191** 을 클릭합니다.
2. **Modify Shape** 을 클릭합니다.



3. **Triple Sphere** 를 클릭한 후 **Physical Radius** 를 **7mm** 까지 키웁니다.

아래 그림과 같이 sphere0, sphere1, sphere2 가 모두 7mm 가 되었는지 확인합니다. 값이 다르다면 직접 아래와 같이 수정하여 맞춥니다.

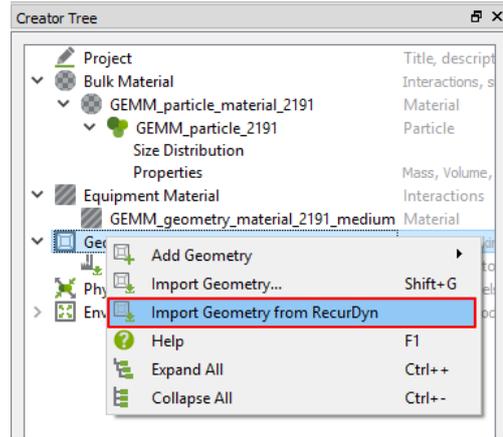
GEMM_particle_2191 Spheres					
<input type="checkbox"/> Edit Contact Radius					
	Name	Position X (mm)	Position Y (mm)	Position Z (mm)	Physical Radius (mm)
1	sphere 0	-4.97	-2.87	0	7
2	sphere 1	4.97	-2.87	0	7
3	sphere 2	0	5.74	0	7



Particle 에 대한 설정이 모두 끝났습니다. 이제 **RecurDyn** 에서 Export 한 Wall 을 **EDEM** 에서 Import 를 해야 합니다.

**RecurDyn Wall 불러오기**

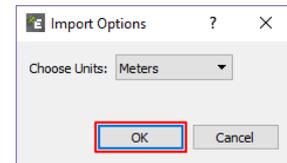
1. Database 에서 **Geometries** 를 우클릭하여 **Import Geometry from RecurDyn** 을 클릭합니다.



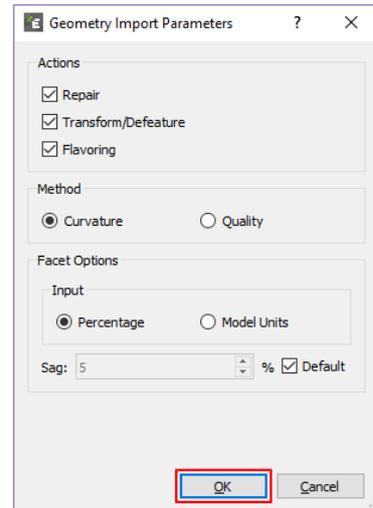
2. **RecurDyn** 에서 Export 한 **EDEM.wall** 파일을 Open 합니다.

3. **Import Options** 대화상자가 나타나면 **Choose Units** 을 **Meters** 로 설정하고 **OK** 를 클릭합니다.

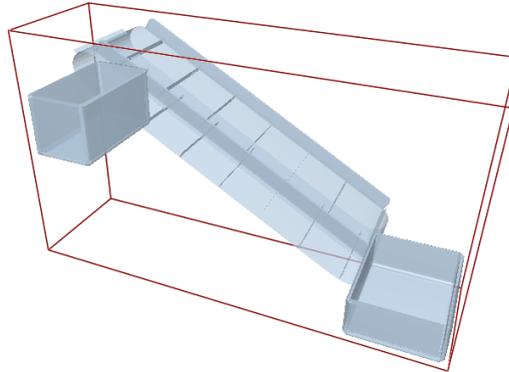
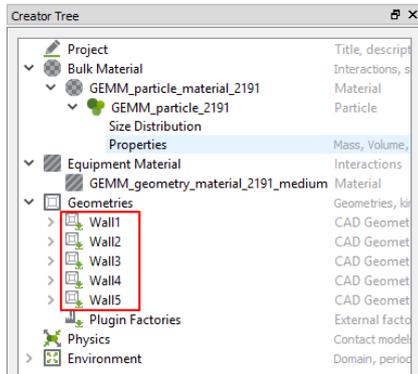
(위에서 언급한 것과 같이 **RecurDyn** 에서 Export 된 Wall 의 Geometry File 들은 **Meter** 단위로 작성되었습니다)



4. **Geometry Import Parameters** 대화상자가 나타나면 **OK** 를 클릭합니다.

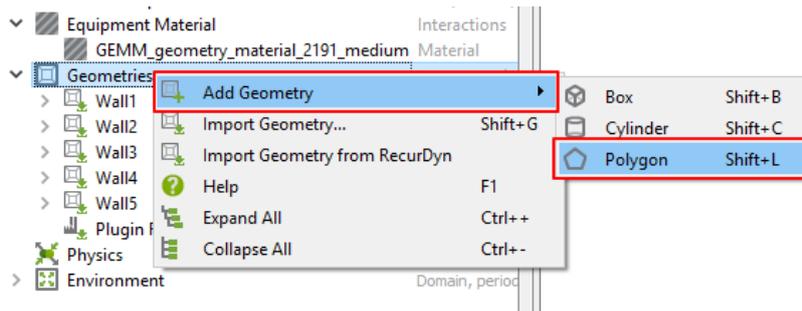


아래 그림과 같이 Database 에 5 개의 Wall 이 Import 된 것을 확인할 수 있습니다.



**Particle** 이 생성하는 구역 정의하기

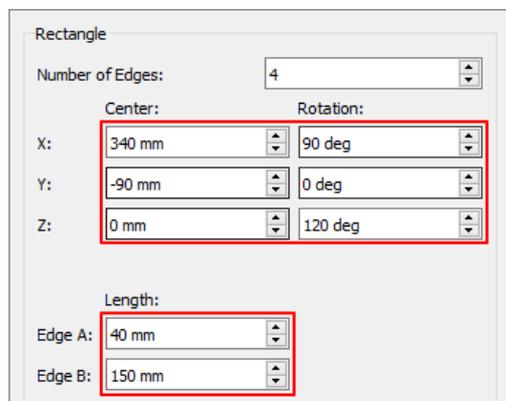
1. **Database** 에서 **Geometries** 를 우클릭하여 **Add Geometry>Polygon** 을 클릭합니다.



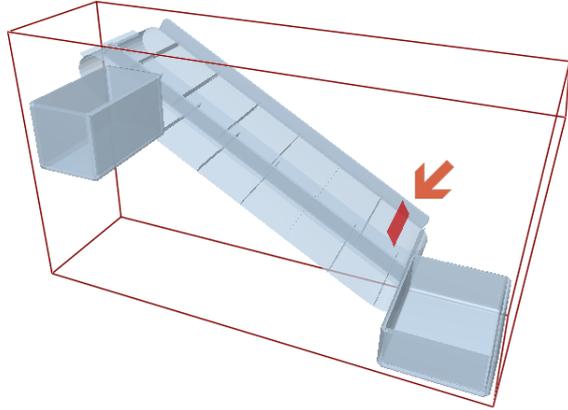
**Geometries** 하위에 **New Section 5** 가 생성됩니다.

2. **New Section 5** 하위에 **Polygon** 을 클릭하여 형상과 위치를 변경합니다.

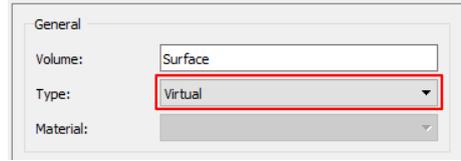
- Center
  - **X: 340mm**
  - **Y: -90mm**
  - **Z: 0mm**
- Rotation
  - **X: 90deg**
  - **Y: 0deg**
  - **Z: 120deg**
  - **Length**
  - **Edge A: 40mm**
  - **Edge B: 150mm**



오른쪽 그림과 같이 **New Section 5** 가 벨트 하단부분에 정의됩니다.



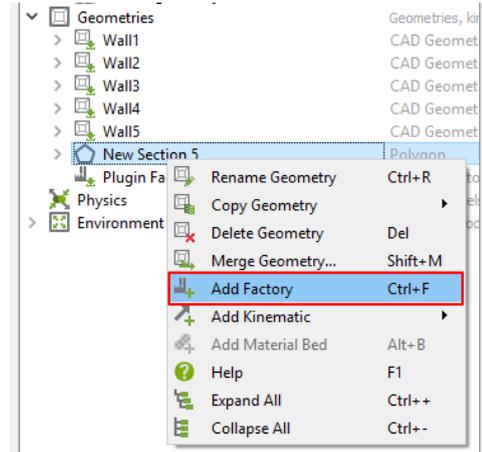
**New Section 5** 를 클릭한 후 Type 을 **Virtual** 로 변경합니다.



Type 이 Virtual 로 변경되어야 **Factory** 를 생성할 수 있습니다. (Factory 는 입자생성을 정의하는 Entity 입니다.)

3. **Database** 에서 **New Section 5** 를 우클릭하여 **Add Factory** 를 클릭합니다.

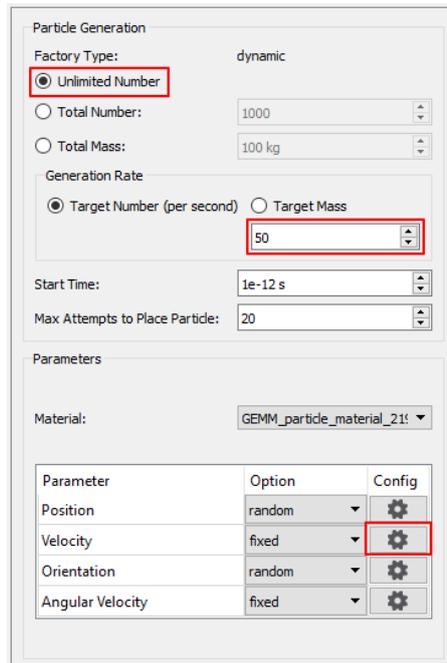
**New Section 5** 하위에 **New Factory 1** 이 생성됩니다.



4. **New Factory 1** 을 클릭하여 아래와 같이 수정합니다.

- Particle Generation
  - **Unlimited Number**
  - **Target Number (per second): 50**

위와 같이 설정되면 초당 50 개의 입자가 Polygon 위치에서 생성됩니다.



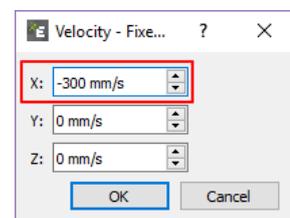
- Parameters
  - **Velocity: Fixed**

입자가 생성될 때 일정한 초기속도를 갖습니다. 입자의 초기속도를 수정해 봅니다.

5. **Parameters** 의 **Velocity** 의 **Config** 를 클릭합니다.

6. Velocity Fixed 대화상자에서 **X** 를 **-300mm/s** 로 수정합니다.

7. **OK** 를 누릅니다.

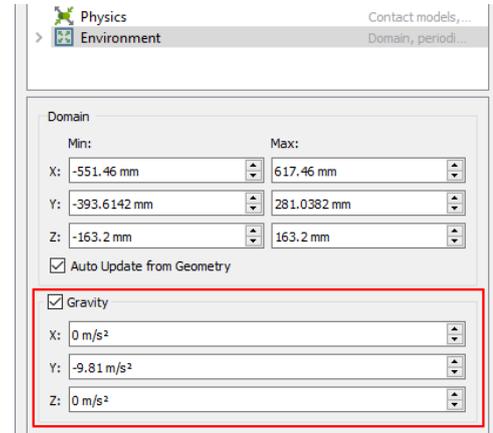




EDEM 의 Gravity 를 RecurDyn 과 동일한 방향으로 맞춰야 합니다.

중력 설정하기

1. Database 에서 **Environment** 를 클릭합니다.
2. **Gravity** 를 아래와 같이 수정합니다.
  - **X: 0 m/s<sup>2</sup>**
  - **Y: -9.81 m/s<sup>2</sup>**
  - **Z: 0 m/s<sup>2</sup>**



모델 저장하기

- 이로서 EDEM Creator 에서 Particle 생성과 관련된 모든 설정이 끝났습니다. EDEM 모델을 저장합니다.

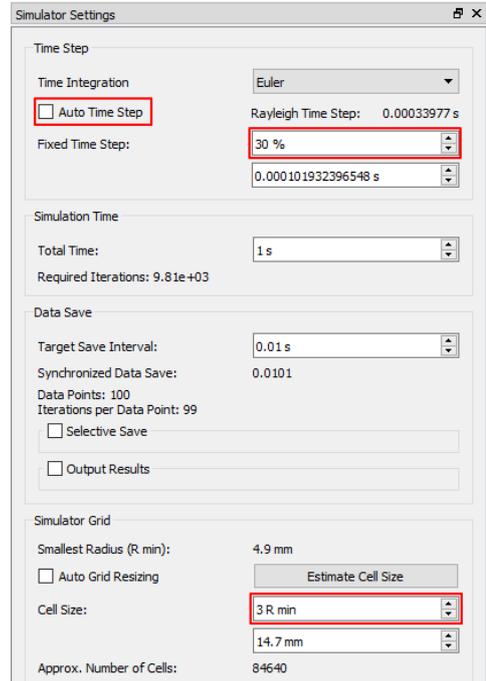
## EDEM Simulator

이제 해석과 관련된 요소들을 설정합니다.

### Simulator 설정하기



1. 리본 메뉴에서 **Simulator** 아이콘을 클릭합니다.
2. **Time Step** 에서 **Auto Time Step** 옵션을 끕니다.
3. **Fixed Time Step** 을 **30%**로 설정합니다.
4. **Simulation Grid** 에서 **Cell Size** 를 **3R** 로 설정합니다.



### Coupling 활성화하기



- 리본 오른쪽 상단에 있는 Coupling Server 아이콘을 클릭하여 활성화시킵니다.
- 활성화가 되면 아래 그림과 같이 변경됩니다.



Co-simulation 하기 위한 준비를 모두 마쳤습니다. **RecurDyn** 과 Co-simulation 을 하려면 **EDEM** 이 켜져 있어야 합니다. 프로그램을 켜 놓은 채로 다음 장을 진행합니다.

## Chapter

## 6

## Co-simulation

본 장에서는 **RecurDyn** 과 **EDEM** 을 사용하여 동역학 모델과 입자간의 거동을 해석하기 위한 Co-simulation 을 수행합니다.

### 목적

본 장에서는 **RecurDyn** 에서 Co-simulation 을 수행하는 방법을 배우게 됩니다.



예상 소요 시간

150 분

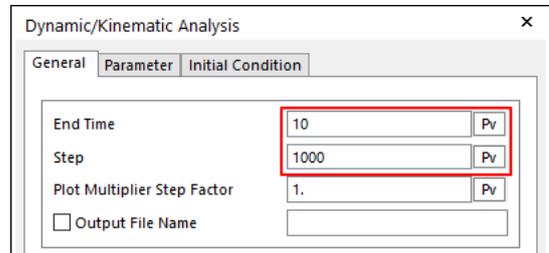
## Co-simulation

RecurDyn 에서 **Co-simulation** 진행하기

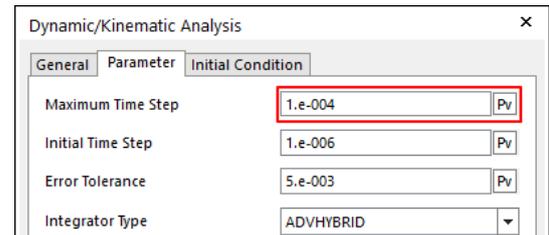
1. **RecurDyn** 을 실행하여 4 장에서 저장한 모델을 엽니다.
2. **External SPI** 탭의 **EDEM** 그룹에서 **Connect** 를 활성화합니다.



3. **Analysis** 탭의 **Simulation Type** 그룹에서 **Dyn/Kin** 을 클릭합니다.
4. **General** 탭에서 아래와 같이 수정합니다.
  - **End Time:** 10
  - **Step:** 1000



5. **Parameter** 탭에서 **Maximum Time Step** 을 **1.e-004** 으로 설정합니다.



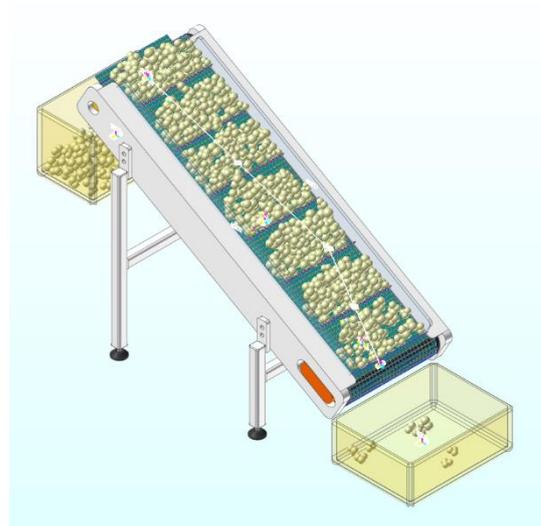
6. **Simulate** 버튼을 클릭합니다.

**RecurDyn** 과 **EDEM** 이 Co-simulation 을 진행합니다.

결과보기



- **Analysis** 탭의 **Animation Control** 그룹에서 **Play** 버튼을 눌러 애니메이션을 확인합니다.



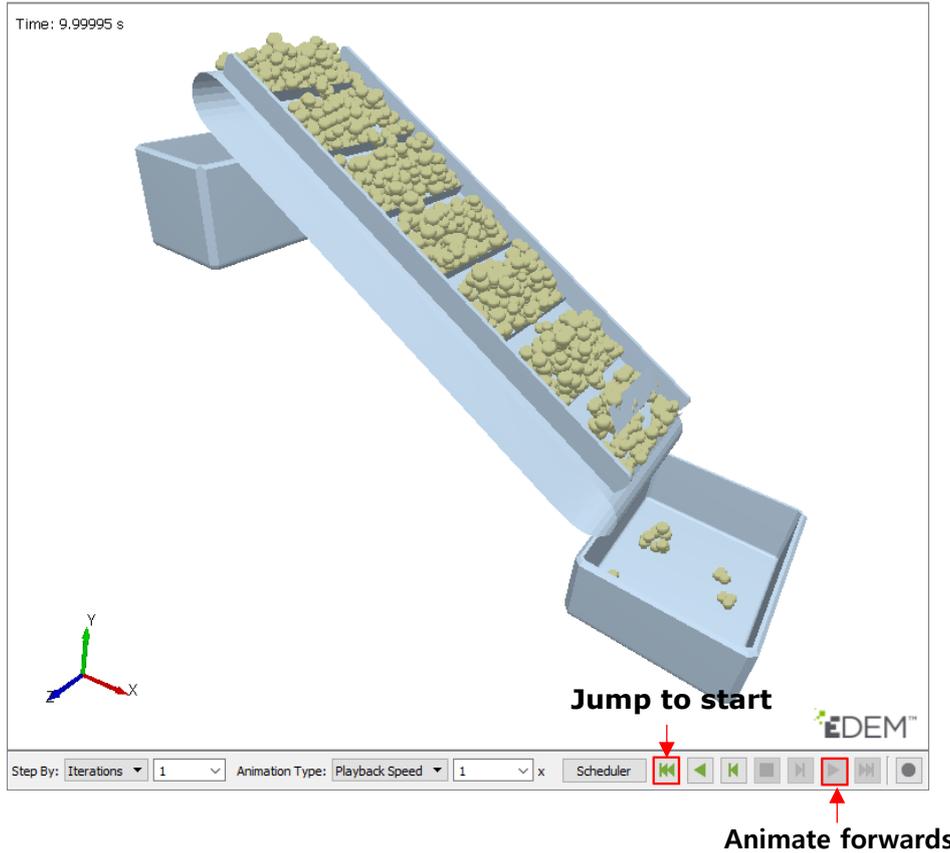
## EDEM Analyst

EDEM 에서 해석된 결과를 재생해 봅니다.

### Simulator 설정하기



1. EDEM 리본 메뉴에서 **Analyst** 아이콘을 클릭합니다.



2. **Jump to start** 아이콘을 클릭하여 0 Frame 으로 이동합니다.
  3. **Animate forwards** 를 클릭하여 애니메이션을 재생합니다.
- RecurDyn** 과 동일한 애니메이션을 확인할 수 있습니다.

## Chapter

## 7

## 결과 분석 및 검토

본 장에서는 6 장에서 수행한 결과를 **RecurDyn** 의 Post Tool 을 이용하여 분석해 봅니다.

### 목적

본 장에서는 **RecurDyn** 에서 SPI Post Tool 을 사용하는 방법을 배우게 됩니다.



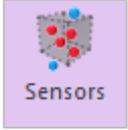
### 예상 소요 시간

10 분

## Post Process

RecurDyn 에서 제공하는 Particle Post 기능을 이용하여 결과를 분석해 봅니다.

### Particle Sensor 생성하기



1. **External SPI** 탭의 **Post-Process** 그룹에서 **Sensors** 를 클릭합니다.

Particle Sensor 대화상자가 나타납니다.

2. **Add Box** 를 클릭합니다.

3. 아래 정보를 입력합니다.

- **EDEM\_1**
- **Ground**
- **-540, 330, -160**
- **606, -387, 160**

**P\_Sensor1** 이 생성됩니다.

4. **P\_Sensor1** 의 색상을 **Blue** 로 수정합니다.

5. 다시 **Add Box** 를 클릭합니다.

6. 아래 정보를 입력합니다.

- **EDEM\_1**
- **Container1**
- **-530, 110, -150**
- **-370, -60, 150**

**P\_Sensor2** 이 생성됩니다.

7. **P\_Sensor2** 의 색상을 **Red** 로 수정합니다.

8. 다시 **Add Box** 를 클릭합니다.

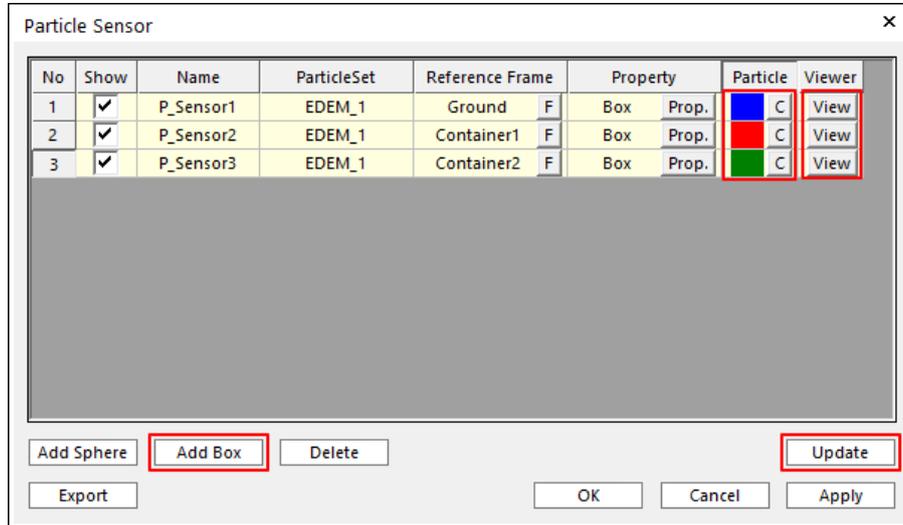
9. 아래 정보를 입력합니다.

- **EDEM\_1**
- **Container2**
- **366, -270, -150**
- **596, -377, 150**

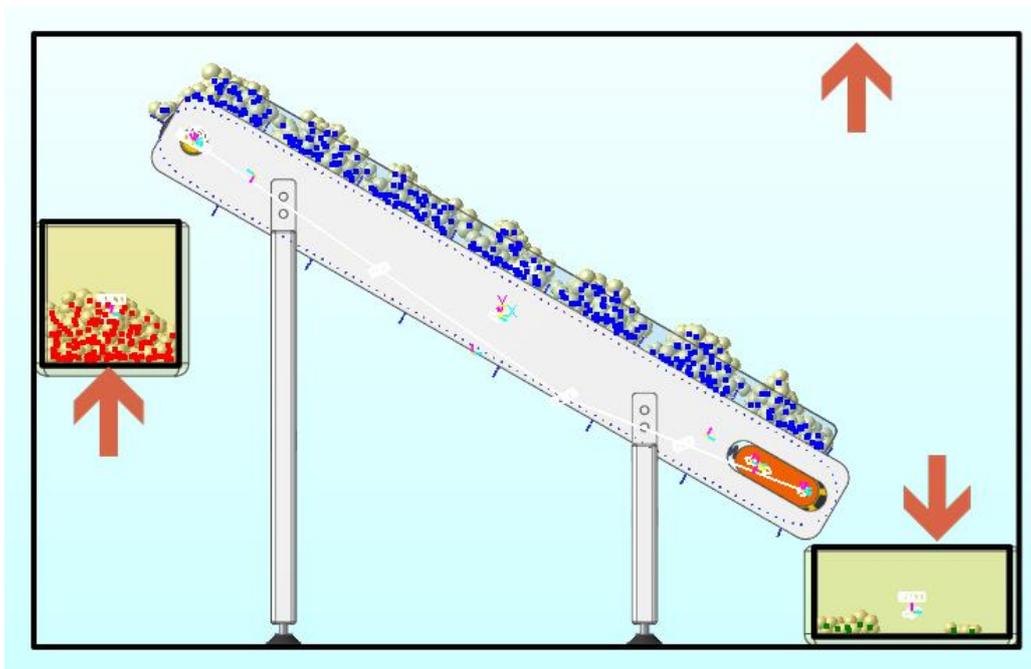
**P\_Sensor3** 이 생성됩니다.

10. **P\_Sensor3** 의 색상을 **Green** 으로 수정합니다.

11. **Update** 를 클릭합니다.
12. **P\_Sensor1** 과 **P\_Sensor2** 의 **View** 를 클릭하여 Scope 를 띄웁니다.
13. **OK** 를 클릭합니다.

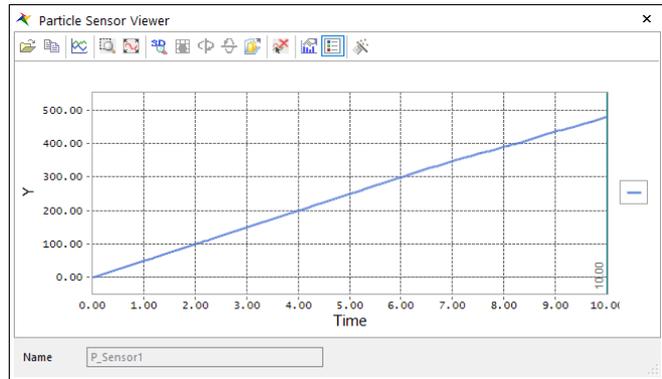


그림과 같은 위치에 Box 모양의 Sensor 가 3 개 생성됩니다. Animation 을 재생해보면 Box 안에 Particle 이 들어오면 하이라이트 됩니다.

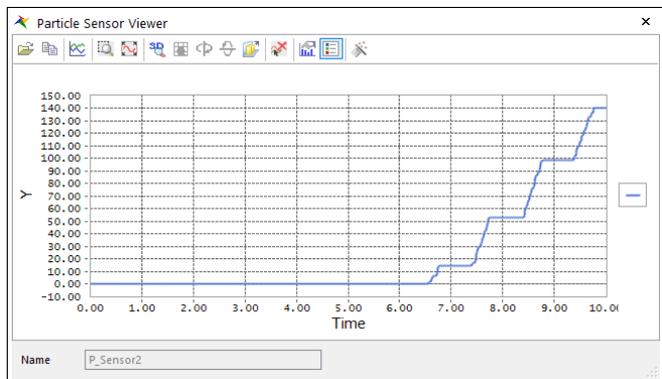


Viewer 의 Scope 결과를 분석해 봅니다.

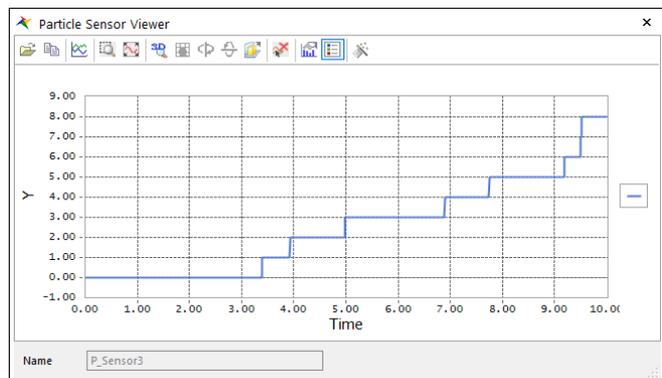
먼저 **P\_Sensor1** 의 결과는 전체공간에 대한 입자 개수로 입자의 생성 유입 속도를 알 수 있습니다. 대략 50 개/sec 으로 EDEM 에서 입력한 Generation Rate 와 일치함을 확인할 수 있습니다.



두번째 **P\_Sensor2** 의 결과는 Belt 에 의해 Container1 에 담기는 입자 개수입니다.



마지막 **P\_Sensor3** 의 결과는 Belt 에 담기지 못하고 떨어져 나가 Container2 에 담기는 입자 개수입니다.



참고로, **EDEM** 에서 입자들이 생성될 때 Random 한 위치, 자세를 갖도록 설정되어 있습니다. 따라서 위 결과와 미소하게 다를 수 있습니다.

*Thanks for participating in this tutorial*