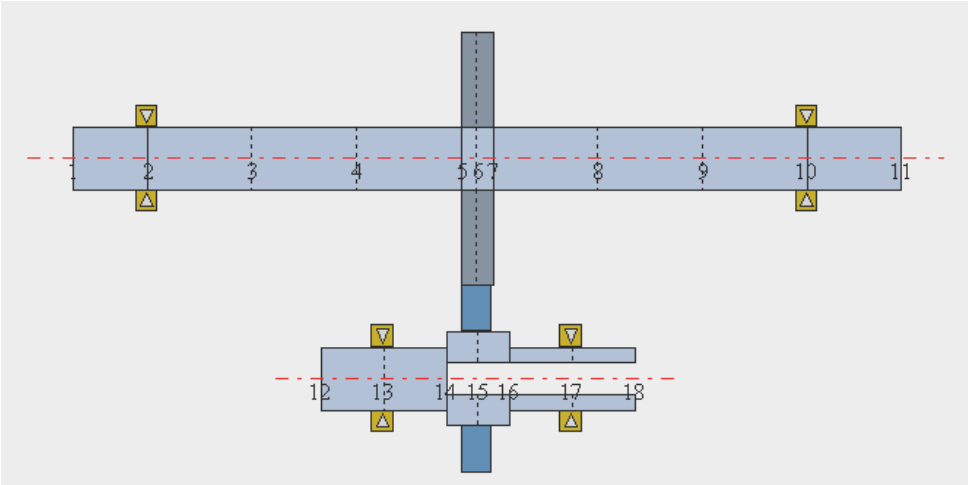


# RoDAP User Manual



# 목 차

## 1. RODAP 시작하기

1.1 RODAP 실행 환경 .....	3
1.2 RODAP 설치 .....	4
1.3 Lock-key 드라이버 설치 .....	5

## 2. RODAP 을 이용한 회전축 모델링

2.1 단순 회전축 모델 .....	6
2.2 기어 연결된 2 축 모델 .....	24

# 1. RODAP 시작하기

## 1.1 RODAP 실행 환경

RODAP 은 회전 기기의 동특성 해석, 설계를 위한 전문 엔지니어링 소프트웨어입니다. 본 소프트웨어는 CD Rom 으로 제공되고 있습니다.

RODAP 은 소프트웨어 복제 방지를 위하여 Aladdin 사의 HASP 락키와 함께 제공됩니다. RODAP 을 사용자 컴퓨터에 설치하기 전에 먼저 HASP 락키용 드라이버를 먼저 설치하여 주시기 바랍니다. RODAP 및 HASP 락키 드라이버는 Windows 98, Windows Me, Windows NT 4.0, Windows 2000, Windows XP 에서 잘 실행되는 것으로 확인되었습니다.

RODAP 을 설치하기 위한 하드 디스크의 여유 공간은 100 MB 면 충분합니다. RODAP 을 실행하기 위한 최소 메모리 요구 사항은 100MB 이며 이는 사용자의 엘리먼트 수 요구량과 관계있습니다. 즉, 사용자가 더 많은 엘리먼트 개수와 노드 개수를 사용하기 위해서는 그에 따라 더 많은 메모리를 필요로 합니다. 구매하신 RODAP 소프트웨어의 최대 노드(엘리먼트) 개수에 관한 사양은 (주)디엔엠테크놀로지에 문의하여 주시기 바랍니다.

## 1.2 RODAP 설치

RODAP 설치 CD 에는 RODAP Install 프로그램과 함께 사용자 매뉴얼, HASP 락키 드라이버가 함께 제공됩니다. RODAP 과 함께 제공되는 HASP 락키는 USB port 용과 Parallel port 용의 두 가지 중 하나가 제공됩니다.

첫 번째 단계로 RODAP 을 사용자 컴퓨터에 설치합니다. RODAP 설치 CD 를 사용자 컴퓨터에 넣으면, 자동으로 RODAP 설치 프로그램이 시작됩니다. [Install RODAP] 버튼을 누르고, 안내 화면에 따라서 RODAP 을 설치하십시오. (RODAP 의 설치 프로그램은 Uninstall 을 지원합니다.)

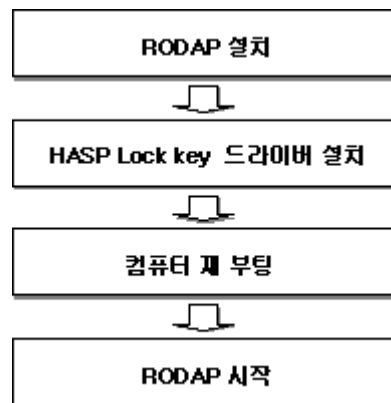


그림 1.1 RODAP 최초 설치 순서

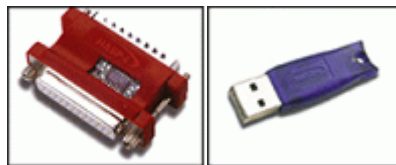
설치 중간 단계에서 RODAP 의 일련 번호(Serial number)를 입력하여야 합니다. 소프트웨어 일련 번호는 제공되는 CD 케이스에 표시되어 있습니다.

### 1.3 Lock-key 드라이버 설치

HASP 락키는 병렬 포트용과 USB 포트용의 두 가지가 있습니다. HASP 락키 드라이버는 RODAP 설치 CD 에 hdd32.exe 라는 파일로 제공됩니다.

위 프로그램을 실행시키면 사용자의 OS(Windows 98, Me, NT, 2000, XP)에 맞는 HASP 드라이버를 설치합니다. 현재 Windows XP 까지 지원이 됩니다.

드라이버가 성공적으로 설치되었다면, 바로 컴퓨터를 재부팅하여 주십시오. 컴퓨터를 재부팅하여야만 윈도우즈에서 HASP 락키를 인식할 수 있습니다. (Windows 의 PnP 기능이 지원되는 Windows Me 이상의 운영체제에서도 재부팅을 하여야 합니다.)



(a) 병렬 포트용 (b) USB 포트용

그림 1.2 HASP 락키

**Note** USP 포트용 HASP 락키를 사용하시는 경우에는 반드시 hdd32.exe 프로그램을 설치 완료하고, 재부팅 한 후에 락키를 포트에 연결하여 주시기 바랍니다.

**Note** 2002 년 이전에 구매하신 고객님의 RODAP CD 에 포함된 hdd32.exe 는 Windows XP 를 지원하지 않습니다. Windows XP 가 지원되는 드라이버 설치 파일을 사용하기 위해서는 (주)디엔엠테크놀로지에 문의하시거나 <http://www.hasp.co.kr/>에서 직접 다운받으실 수 있습니다.

## 2. RODAP 을 이용한 회전축 모델링

### 2.1 단순 회전축 모델

#### 2.1.1 기본 Rotor 생성

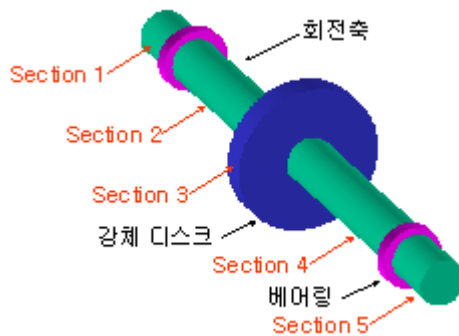


그림 2.1) 단순 회전축계

그림 2.1 은 축과 베어링으로 구성된 단순 회전축이며, RODAP 을 이용하여 처음으로 모델링하고자 하는 대상 계이다.


가장 먼저 기준 회전축을 생성한다. 기준 축을 만들기 위해서는 RODAP 을 실행시킨 후에, 새로운 프로젝트 생성용 툴박스 아이콘  을 선택한다. ( [File]-[New] 메뉴와 동일)

그림 2.2 와 같은 기본 Rotor 가 생성된다.

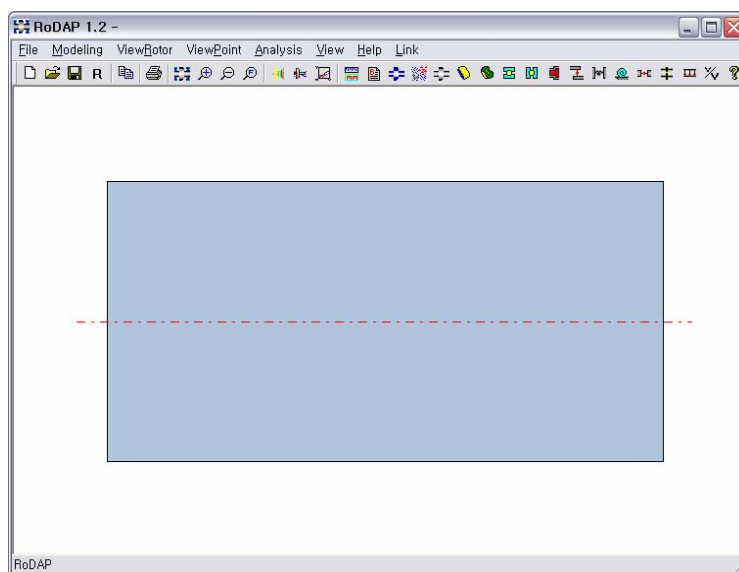



그림 2.2 New Rotor

Unit 아이콘  을 선택하면, 단위 변화 다이얼로그 박스가 나타난다. (그림 2.3) 여기서, 입력과 출력시의 단위를 선택한다. (MM-Korea, SI-Metric, US-English)

New 버튼을 눌러 새 파일을 만든 다음 단위를 바꾸고 작업을 시작 하면 된다. 작업이 완성된 후에도 다른 단위로의 변환이 가능하며. 입력한 Data값 들은 선택한 단위에 따라 자동 변환 된다. 단위를 선택하지 않을 경우 기본값으로 MM 이 설정 되어진다.

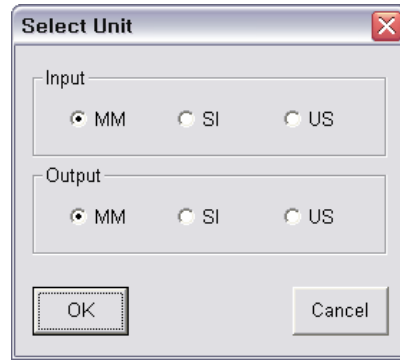


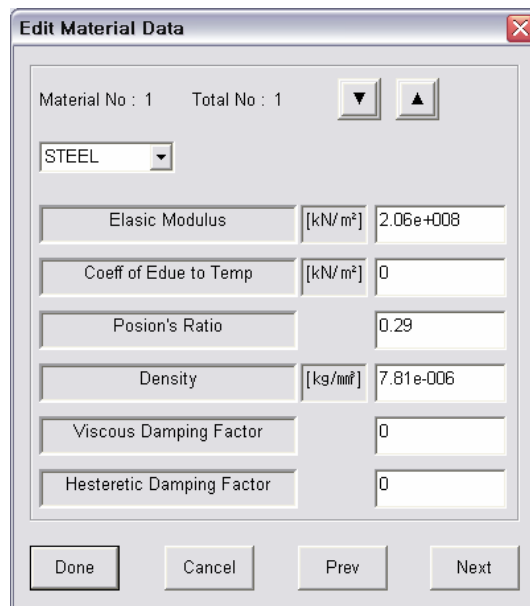
그림 2.3 “Unit” dialogbox


재질데이터의 입력, 데이터의 Young’s modulus E는 아래와 같이 기본적인 E0 값에 온도계수를 고려한 형태로 구해진다.

$$E = E_0 - \Delta E * Temp$$

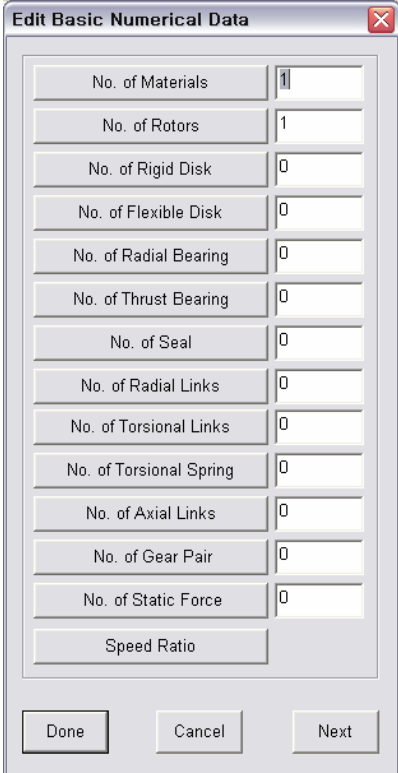
STEEL, ALUMINUM, COPPER 의 기본 값을 제공하며 이외의 값들은 User Defind로 설정된다.

데이터의 개수만큼 Arrow 버튼을 조정하여 각각 입력을 수행한다.



Basic 아이콘  을 선택하면, 모델링 다이얼로그 박스가 나타난다.(그림 2.4) 여기서, 로터의 개수 [No. of Rotor]가 1 인 것을 확인할 수 있다. 이것은 현재 작업 중인 해석 시스템이 단일 축임을 나타낸다. (스피어 기어로 연결된 2 개의 축을 모델링하고 있는 경우에는 로터의 개수가 2 개가 될 것이다.)

이제 프로그램에서 자동으로 생성해 준 Rotor 의 속성을 바꾸어 보자. 속성을 바꾸기 위해서는 먼저 주 메뉴의 [View Rotor]-[Rotor1]을 선택하도록 한다. 그리고, 마우스 포인터로 Rotor 영역 부분을 클릭하면, 밝은 파란색으로 Element 가 활성화되는 것을 볼 수 있다. (Element 선택) 이 Element 를 더블 클릭하여 그림 2.5 와 같은 속성 변경 다이얼로그를 띄우도록 하자.



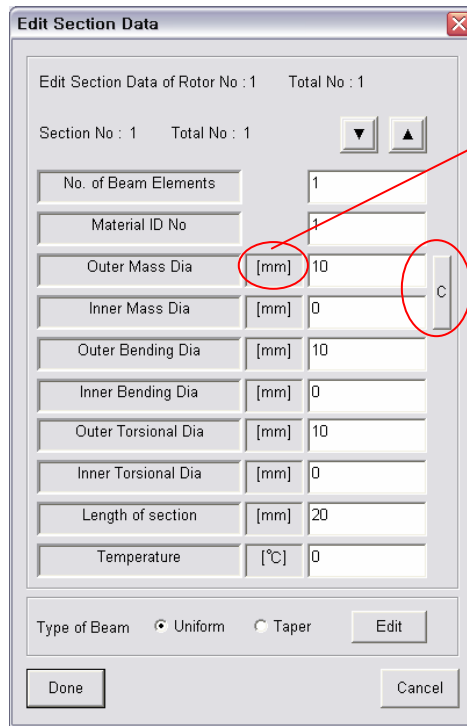
The dialog box titled "Edit Basic Numerical Data" contains the following fields and values:

Field	Value
No. of Materials	1
No. of Rotors	1
No. of Rigid Disk	0
No. of Flexible Disk	0
No. of Radial Bearing	0
No. of Thrust Bearing	0
No. of Seal	0
No. of Radial Links	0
No. of Torsional Links	0
No. of Torsional Spring	0
No. of Axial Links	0
No. of Gear Pair	0
No. of Static Force	0
Speed Ratio	

Buttons: Done, Cancel, Next

그림 2.4 “Basic” dialogbox





Unit 변경에 따라 자동으로 바뀌어진다. Unit 변경에 따라

Copy 버튼 Bending과 Torsional 의 값을 Mass 값과 같게 복사한다.

그림 2.5 “Edit Section Data” dialogbox

Diameter 와 Length 등의 치수란에 실제 값을 입력해 보도록 하자. 본 예제에서는 그림 2.1의 Section 1에 해당하며, 외경은 10mm, 길이는 12mm이다. Diameter 항목이 Mass Diameter, Bending Diameter, Torsional Diameter의 세 가지가 있는 것을 볼 수 있다. 일단 세 항목 모두 10mm를 입력하고, [Done] 버튼을 누르면 다음과 같이 치수에 맞게 Rotor의 가로-세로 비가 바뀌어 있는 것을 볼 수 있다.

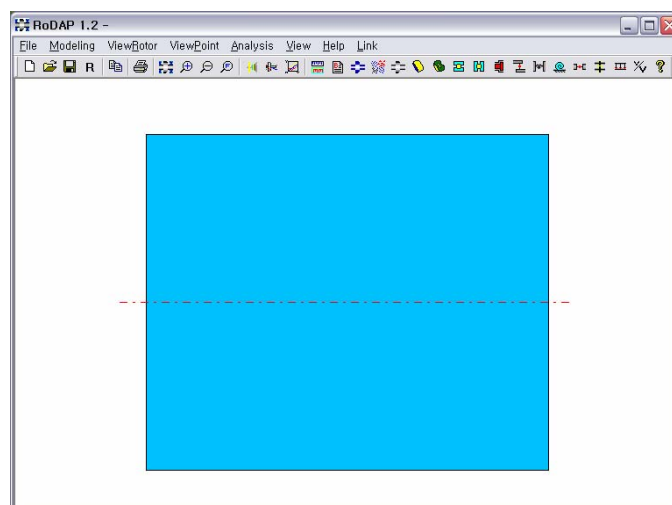


그림 2.6 Modified rotor section

### 2.1.2 엘리먼트 추가하기

이제 기본 Rotor 의 Element 가 생성되었으므로, element 를 추가하는 방법을 알아보자. 그림 2.7 과 같이 이미 생성된 Rotor 를 선택한 상태에서 마우스 우측 버튼을 누르면, *Element 하위 메뉴*가 나타난다. 메뉴 이름을 보면 각 메뉴의 기능은 쉽게 이해할 수 있다.

새로운 element 를 만들기 위하여 첫 번째 메뉴인 [Add Element(Right)]를 선택한다.

**Note** 기존 모델에서 직접 엘리먼트를 추가하기 위해서는, 주 메뉴의 [View Rotor]에서 [Rotor1]이 선택된 상태이어야 한다. [All]이 선택된 상태에서는 엘리먼트 선택 자체가 불가능하다.

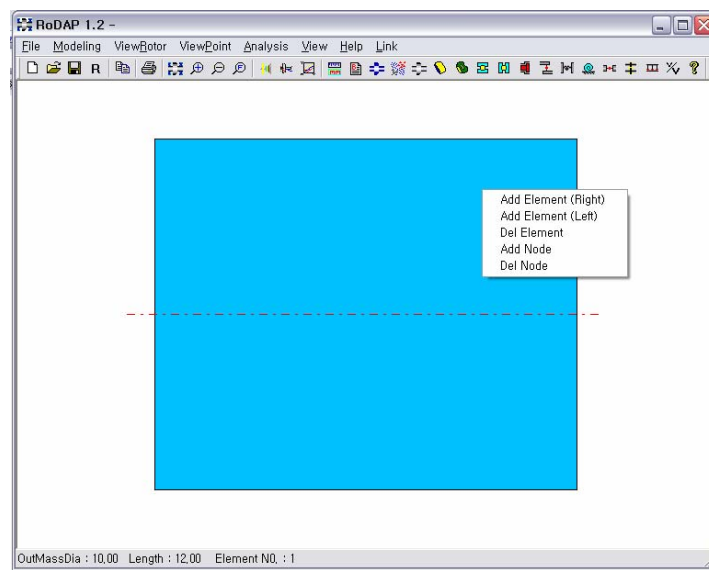
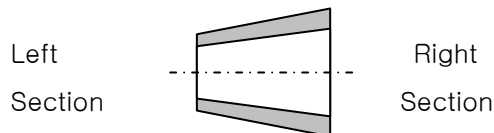


그림 2.7 Element 의 서브 메뉴

[Add Element(Right)] 메뉴를 선택하면, 그림 2.5 의 [Edit Section Data] 다이얼로그가 다시 나타난다. 엘리먼트의 외경은 10mm, 내경은 0mm, 길이는 50mm 를 각각 입력한다.

테이퍼 빔(Tapered beam)이 선택되었을 경우에는 다음 그림과 같이 right section 에 대한 직경을 입력하여야 한다



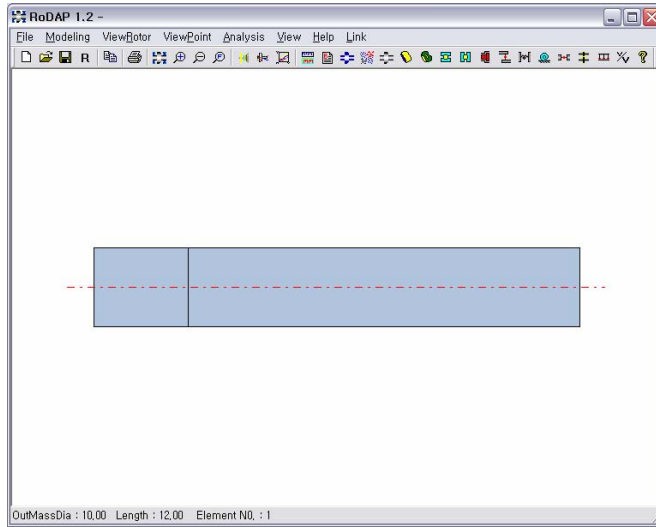


그림 2.8 New Element 의 추가

입력을 마친 후, [Done] 버튼을 누르면 그림 2.7 과 같이 두 번째 엘리먼트가 생성되었음을 볼 수 있다. 이제 표 2.1 의 값을 사용하여 세 번째, 네 번째 엘리먼트를 추가한다.

표 2.1 추가 엘리먼트의 치수 (1)

엘리먼트 번호	외경	내경	길이
3	40 mm	0 mm	5 mm
4	10 mm	0 mm	50 mm
5	10 mm	0 mm	15 mm

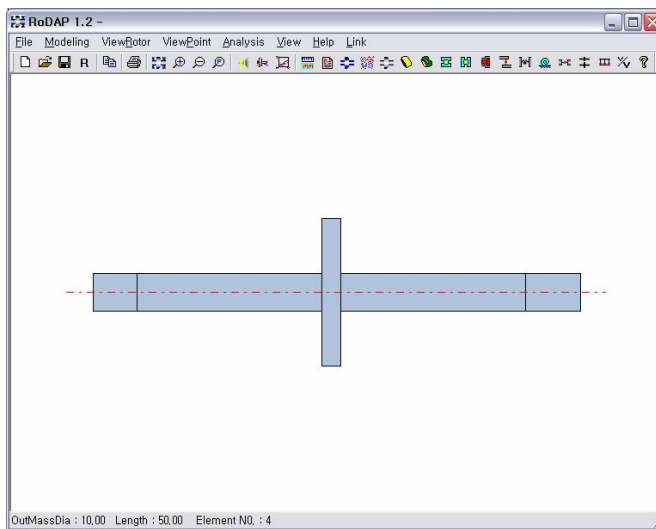


그림 2.9 완성된 5-element 축 모델

### 2.1.3 베어링 추가하기

이제는 회전축 모델에 지지 베어링을 추가해 보도록 하자. 먼저 베어링을 추가할 위치를 결정해야 한다. 먼저 위 모델의 노드 위치를 확인하기 위하여 주 메뉴의 [View Rotor]-[Node Number]를 선택하도록 한다. 그러면 그림 2.10 와 같이 각 노드의 위치에 노드 번호가 표시된다.

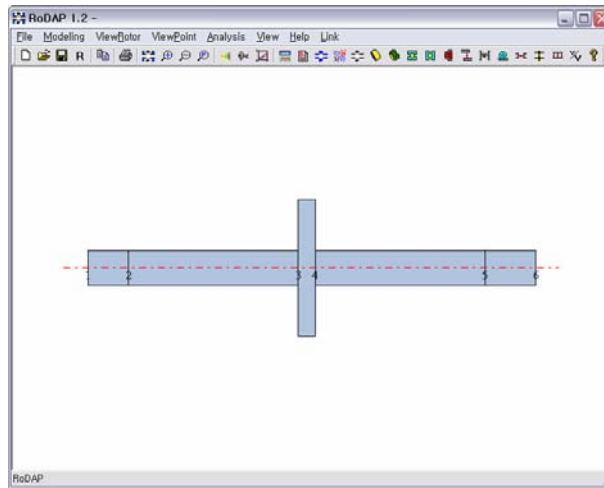


그림 2.10 노드 번호 표시

베어링을 추가할 노드 위치는 2 번과 5 번이다. 2 번 노드 위치에 있는 수직선을 마우스로 클릭한다. 정확히 선택되었다면, 그림 2.11 과 같이 선의 색깔이 붉은 색으로 바뀌게 된다. 이것은 노드가 선택된 상태이다. 노드가 선택된 상태에서 마우스 우측 버튼을 누르면, 그림 2.12 과 같은 “Node 하위 메뉴” 가 나타난다.

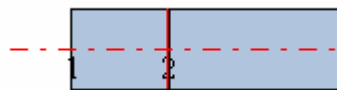


그림 2.11 노드 선택 상태



그림 2.12 노드 하위 메뉴

“노드 하위 메뉴” 중에서 [Add Bearing]을 선택한다. 베어링 속성 입력 다이얼로그의 기본값으로 베어링 형식은 [Direct Input], 노드 번호는 2가 설정되어 있다. (베어링을 추가할 위치의 노드 번호가 자동으로 입력된다.)

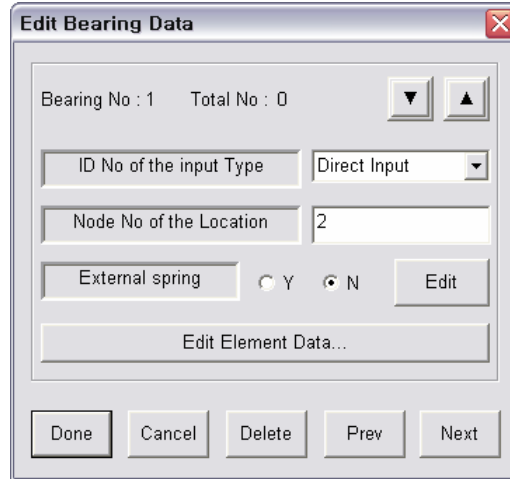


그림 2.13 “Edit Bearing Data” dialogbox

본 예제에서는 External Spring 은 사용하지 않으므로, 해당 옵션 항목에서 [N]을 선택한다. 다음으로 베어링의 강성 계수 값을 입력하기 위하여 [Edit Element Data] 버튼을 선택다. 그림 2.14 과 같이 베어링의 지지 강성 계수와 감쇠 계수를 입력할 수 있다.

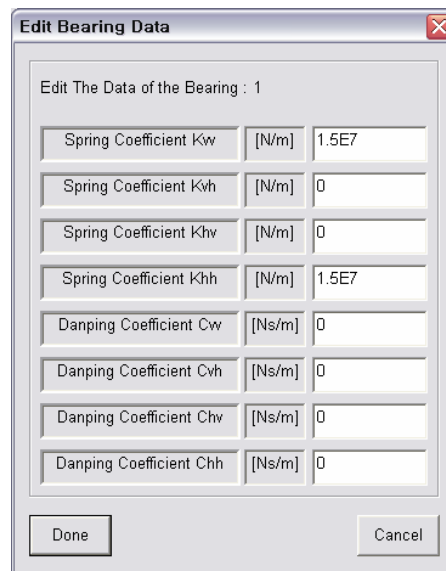


그림 2.14 베어링 강성, 댐핑 계수 입력

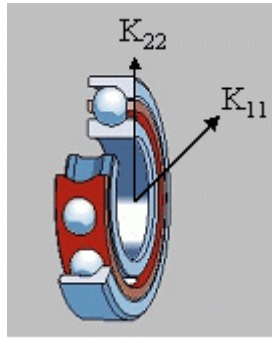


그림 2.15 베어링의 강성 계수 성분

베어링의 강성에서  $K_{vv}$ ,  $K_{hh}$  는 각각 수직 및 수평 방향의 강성 계수 성분을 의미한다. (좌표계의 설정 여부에 따라서 반대도 가능하다.) 베어링의 강성 값에 각각 1.5E7 (또는 1.5e7) 을 입력하고 [Done] 버튼을 누른다.

5 번 노드에 대해서도 앞에서와 같은 베어링 추가 과정을 반복한다.

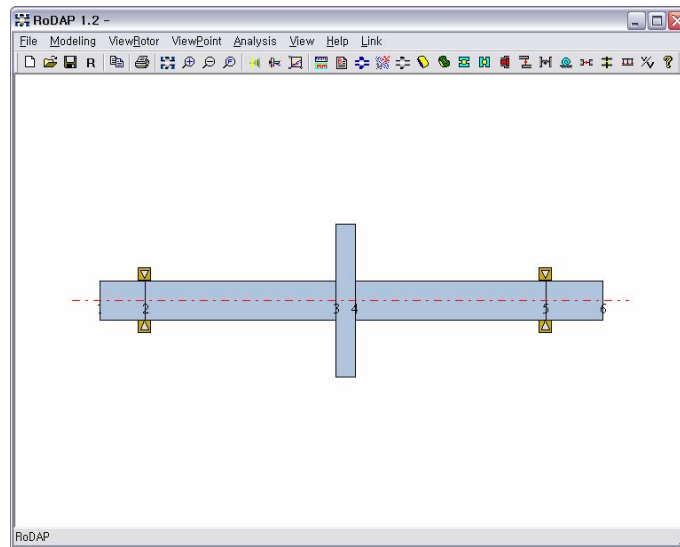


그림 2.16 베어링 추가된 회전축 모델

### 2.1.4 엘리먼트에 노드 추가하기

그림 2.16 을 보면 첫 번째 엘리먼트에 비하여 두 번째 엘리먼트의 길이가 상대적으로 길다. 사실 이 예제 모델은 상당히 단순한 시스템이어서 5 개의 엘리먼트만으로도 상당히 정확한 해석 결과를 기대할 수 있다.

그러나, 실제 모델링의 경우에 인접한 두 엘리먼트의 길이가 상대적으로 차이가 나는 경우에는, 길이가 긴 엘리먼트의 중간에 노드를 추가함으로써 해석 결과의 정확도를 높일 수 있다.

**Note** 엘리먼트의 중앙 또는 임의의 위치에 강체 디스크(Rigid Disk)나 베어링을 위치시키기 위하여 엘리먼트에 노드를 추가하기도 한다.

노드를 추가하고자 하는 엘리먼트(두 번째 엘리먼트)를 선택하여 활성화시키고, 마우스 우측 버튼을 눌러서 “엘리먼트 하위 메뉴”를 띄운다. 여기서 [Add Node]를 선택한다. 사용자는 바로 엘리먼트에 노드가 추가된 모습을 볼 수 있다. 위의 과정을 한번 더 반복하여 총 2 개의 노드를 추가하도록 한다.

또한, 4 번째 엘리먼트에도 노드를 2 개 추가한다.

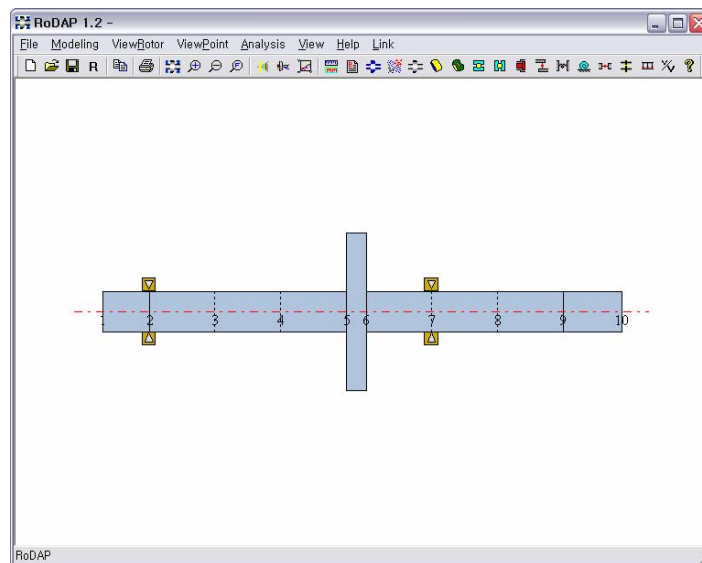


그림 2.17 엘리먼트에 노드 추가하기

그림 2.17 은 엘리먼트에 노드를 추가하고 난 후의 결과 화면이다. 베어링 위치가 7 번으로 이동하였음을 알 수 있다. 원래 베어링의 위치는 9 번 노드이었다. 베어링을 마우스 우측 버튼으로 선택한 상태에서, 9 번 노드 위치까지 끌어당긴 위에 마우스 버튼을 놓아보자. 베어링 위치가 9 번 노드로 이동하였음을 알 수 있다.

RODAP 에서는 기존의 엘리먼트에 노드가 추가되면, 이들을 각각 새로운 엘리먼트들로 간주한다. 즉, 위 그림 2.18 의 해석 모델은 9 개의 엘리먼트와 10 개의 노드, 그리고 2 개의 베어링 요소를 가지고 있다.

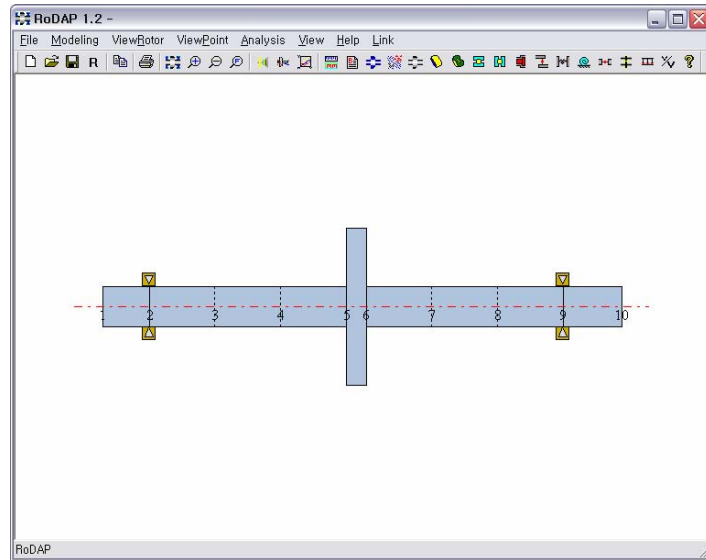


그림 2.18 베어링 위치의 변경



### 2.1.5 엘리먼트에 치수 변경

엘리먼트의 치수(속성)을 변경하는 것은 이미 2.1.1 절에서 첫번째 엘리먼트를 만들어 보면서 이미 해 보았다. 원하는 엘리먼트를 단순히 더블 클릭만 하면, 엘리먼트 속성 변경 창에서 쉽게 형상 치수를 바꿀 수 있다.

그림 2.19 의 5 번째 엘리먼트의 치수를 변경해 보자. 그림 2.19 과 같은 [Edit Section Data] 다이얼로그가 호출된다. [Outer Mass Dia.]는 40mm 로 그대로 놔 두고, [Outer Bending Dia.]와 [Outer Torsional Dia.]를 10mm 로 변경하도록 한다.

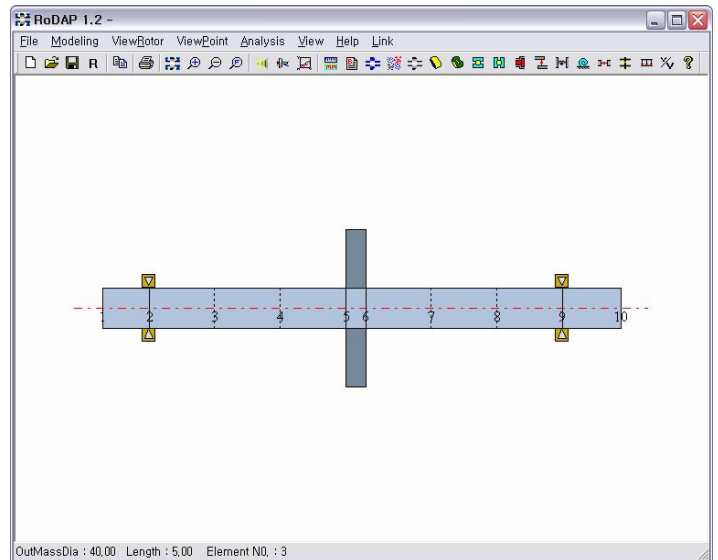
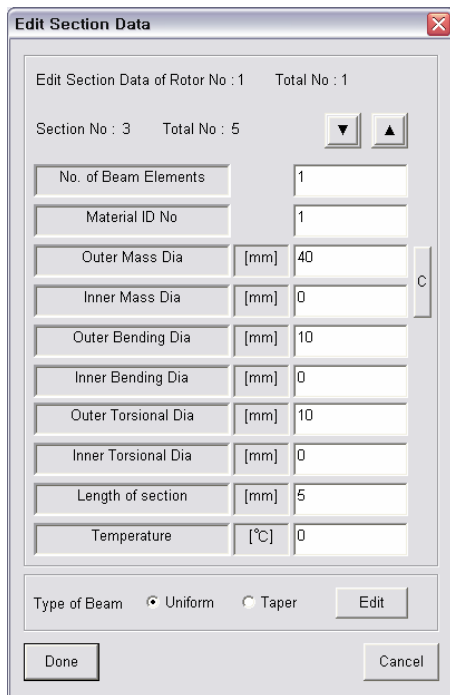


그림 2.19 엘리먼트 치수 변경 하여 Bending Dia. 와 Torsional Dia.를 수정한 모델

그림 2.19 을 보면, Mass Dia.로 지정된 40mm 까지의 부분은 어두운 파란색, Bending Dia. 와 Torsional Dia.로 지정된 부분은 밝은 파란색으로 표시됨을 볼 수 있다. 그림과 같은 회전축 형상에서 5 번째 엘리먼트에 해당하는 강체 디스크는 폭이 좁고 반경이 상대적으로 크기 때문에, 직경 10mm 외곽의 부분은 전체 회전축계의 진동 특성에 큰 영향을 미치지 못한다. 따라서, 실제로 회전축계의 진동 특성에 영향을 미치는 부분(직경 10mm 부근)까지만을 Bending Dia.와 Torsional Dia.로 지정하고, 나머지는 Mass Dia.로 지정하도록 한다.

## 2.1.6 고유진동해석

회전축 시스템의 고유 진동수나 고유 진동 모드를 구하기 위해서는 고유 진동 해석이 필요하다. 시스템의 모델링을 완료하였다면, RoDAP 의 [Analysis]-[Eigenvalue] 메뉴를 선택하여 고유 진동 해석을 할 수 있다.

**Note** 고유진동 해석을 하기전에 먼저 현재의 Project 를 파일로 Save 하여야 합니다. 현재 프로젝트를 저장하지 않고 해석을 수행하면, 현재까지 작업한 내용이 유실될 수 있습니다.

그림 2.20 에서 [Operating Speed]에는 회전축의 운전 속도를 입력한다. 회전축의 진동 해석에서는 회전 속도에 따른 자이로스코프 모멘트를 고려하여 해석하기 때문에, 기준 운전 속도가 필요하다. 여기서는 임의로 12,000rpm 을 운전 속도로 정하여 입력한다.

나머지 항목들은 기본 설정대로 그대로 두고, 시스템의 횡진동 고유진동 해석을 하기 위하여 제일 마지막 항목에서 Lateral Vib.를 선택하도록 한다. 원하는 진동 모드에 따라서 다른 항목을 선택할 수 있다.

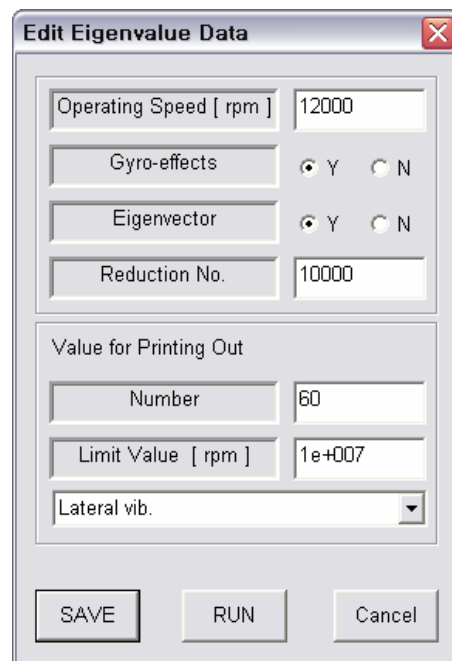


그림 2.20 Eigenvalue analysis

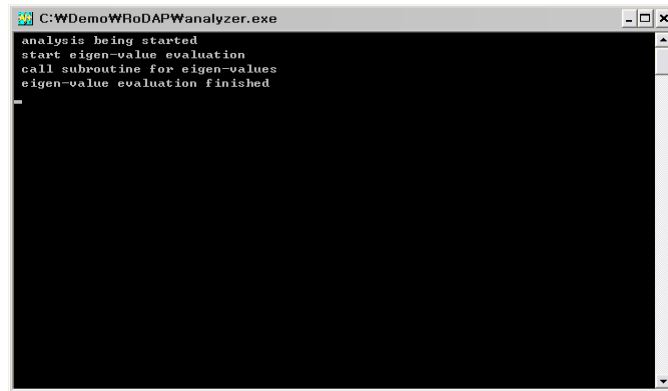


그림 2.21 고유 진동 해석

[RUN] 버튼을 누르면, 그림 2.21 과 같이 잠시 MS-DOS 창이 새로 뜨면서 해석이 진행되고 있다는 메시지가 출력된다. 고유 진동 해석이 종료되면, RODAP 의 Post-processor 인 Modeshapde.exe 가 자동으로 실행된다.

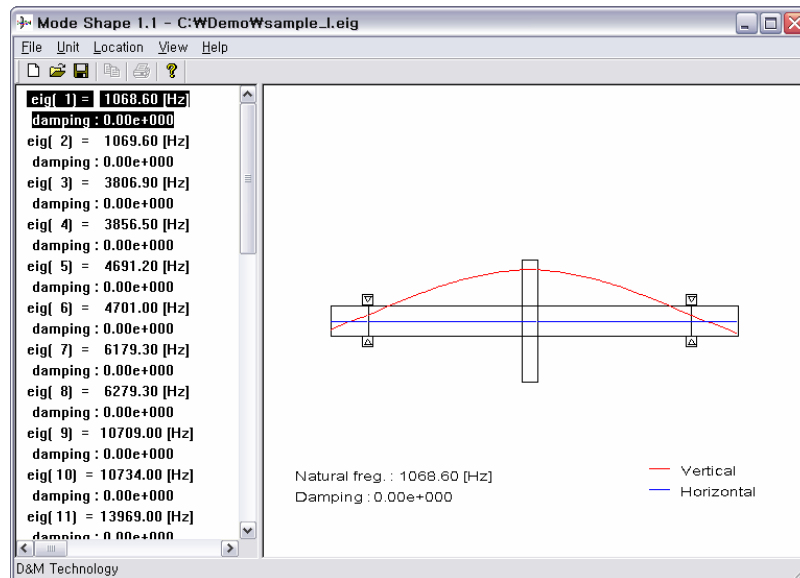


그림 2.22 Modeshape 실행 화면

Modeshape 은 두 개의 분할 창으로 구성되어 있으며, 좌측창에는 고유 진동수, 우측창에는 각 고유 진동수에 해당하는 고유 모드가 출력된다.

처음 시작시에는 고유 진동수가 헤르쯔(Hz) 단위로 표시되며, [Unit]-[rpm] 메뉴에서 rpm 또는 rad/sec 단위로 변환할 수 있다.

### 2.1.7 강제진동해석

Analysis 의 Forced vibration 을 선택하면 나타난다. 이때 해석은 조화진동 해석과 과도진동 해석이 가능하며 외력은 불평형질량, 미스얼라인먼트, 기어 형상오차, 외부 고정 진동값 등을 주어질 수 있다.

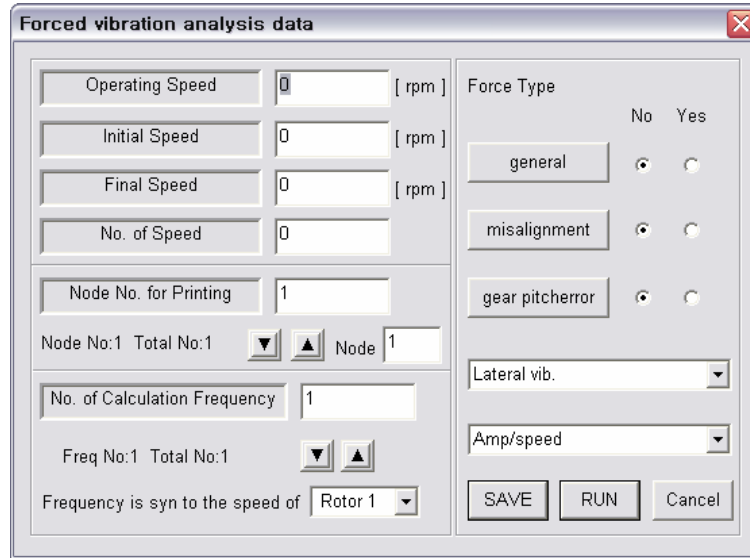


그림 2.23 Forced vibration

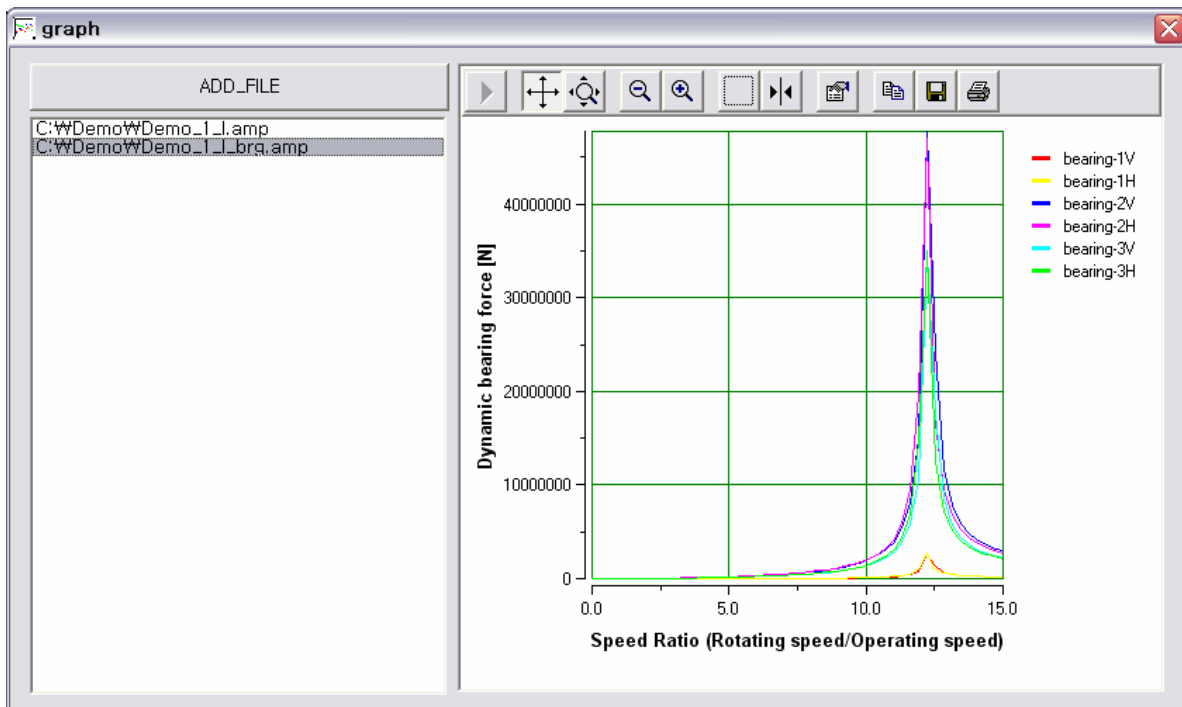


그림 2.24 강제진동해석 결과의 그래프

### 2.1.8 Critical Speed Map

이 해석은 지지부의 강성을 변화시켜가며 시스템의 위험속도의 변화를 구하는 것으로써 초기설계에 사용된다.

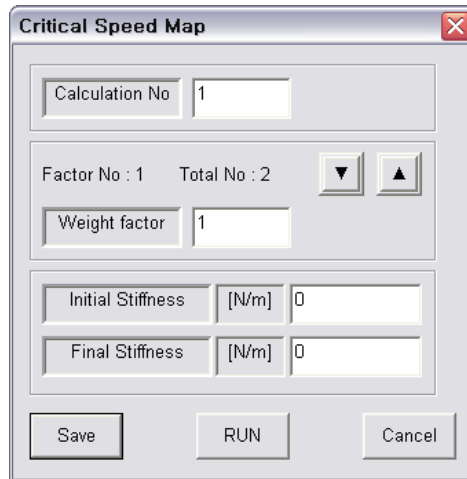


그림 2.25 Cftical Speed Map

### 2.1.9 Matrices evaluation for Magnetic Brg

Analysis 의 Forced vibration 을 선택하면 나타난다. 이때 해석은 조화진동 해석과 과도진동 해석이 가능하며 외력은 불평형질량, 미스얼라인먼트, 기어 형상오차, 외부 고정 진동값 등을 주어질 수 있다.

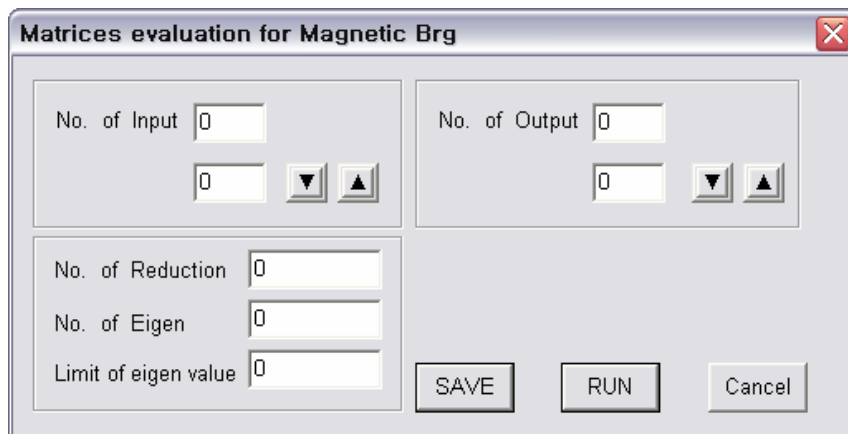
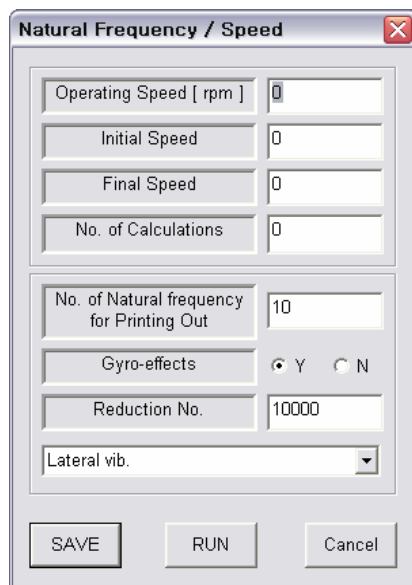


그림 2.26 Matrices evaluation for Magnetic Brg

## 2.1.10 Natural Frequency / Speed




Operating Speed [ rpm ]	0
Initial Speed	0
Final Speed	0
No. of Calculations	0
No. of Natural frequency for Printing Out	10
Gyro-effects	<input checked="" type="radio"/> Y <input type="radio"/> N
Reduction No.	10000
Lateral vib.	

SAVE RUN Cancel

그림 2.27 Natural Frequency / Speed

### 2.1.11 Visualizer

Visualizer 를 실행하기 위해서는  버튼을 누르면 된다.

3 차원 뷰어 프로그램으로 생성된 모델을 3 차원으로 보거나 모델의 고유진동 해석결과를 load 하여 모우드 형상을 볼 수 있다.

메뉴의 View 나 버튼을 이용하여 내부를 보거나 와이어프레임형태를 볼 수 있다.

또한 고유진동 해석 결과를 보기위해 Edit 메뉴를 사용한다. 3 차원의 회전은 마우스의 왼쪽 버튼과 오른쪽 버튼을 사용하며, 이동과 확대는 Shift 키와 마우스의 두 버튼을 사용한다.

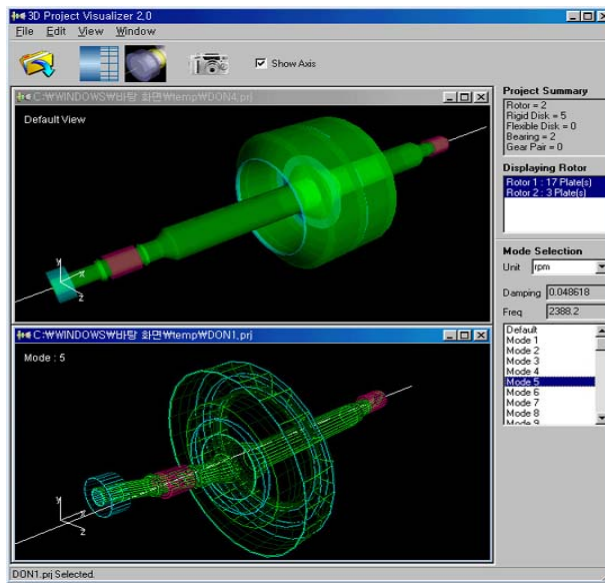


그림 2.28 Visualizer 실행모습

## 2.2 기어 연결된 2축 모델

### 2.2.1 새로운 Rotor 의 추가


이제 앞의 2.1 에서 사용한 단순한 예제를 사용하여 2 개의 축이 헬리컬 기어로 연결된 시스템을 모델링 해 보도록 한다. 축(Rotor)을 하나 더 추가하기 위해서는  아이콘을 클릭하여 "Basic" 다이얼로그를 사용한다.

그림 2.29 과 같이 Basic 다이얼로그에서 [No. of Rotors]의 값을 2 로 변경하고, 버튼을 클릭하여 속성 변경 창을 연다.

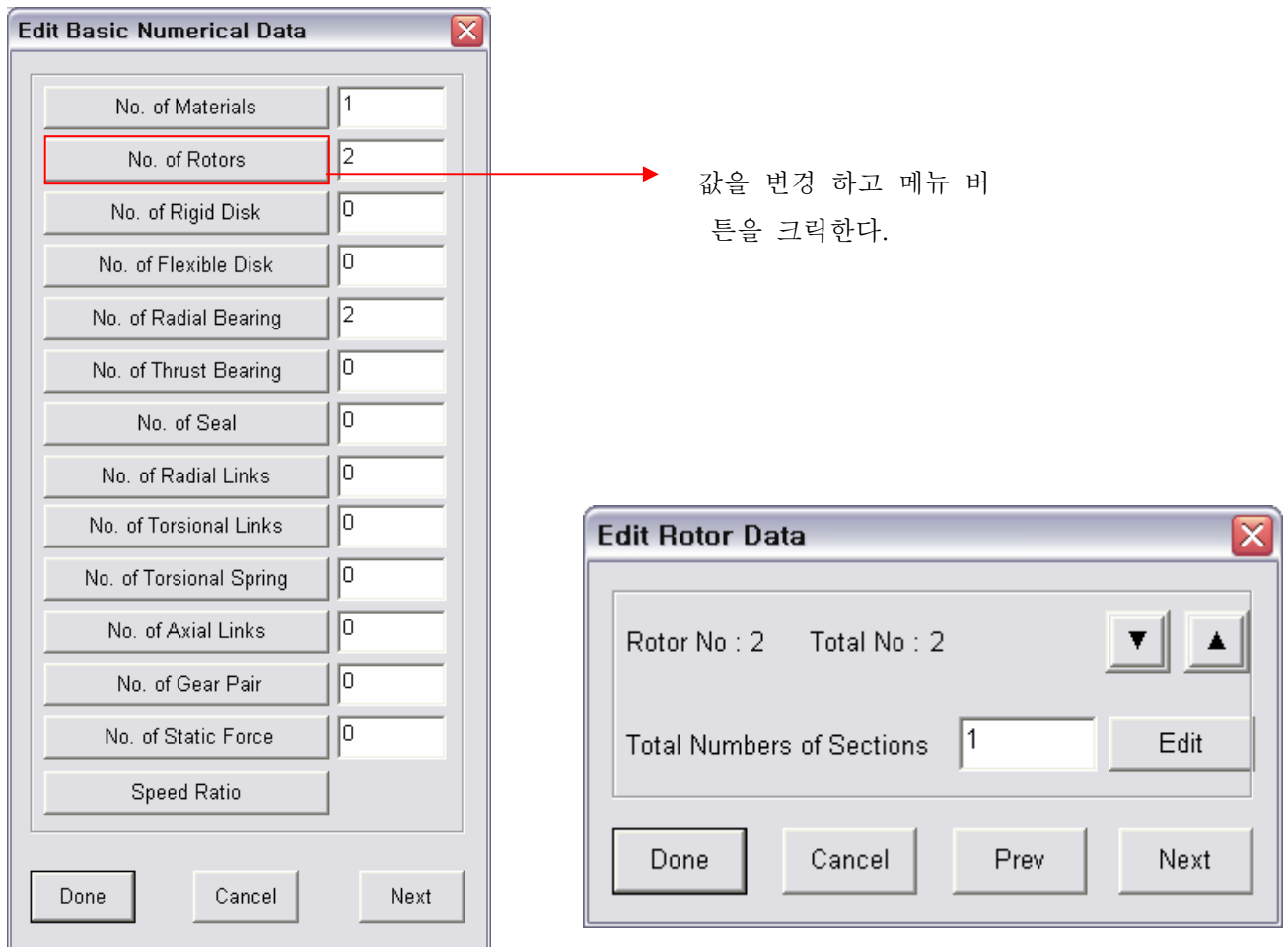


그림 2.29 "Basic" 다이얼로그에서 Rotor 개수 증가



새로 추가한 Rotor 의 Section 개수는 0 으로 되어 있다. 따라서, Section 개수를 1 또는 그 이상의 값으로 변경하도록 한다. (섹션의 개수가 0 이면, Rotor 의 형상 치수를 입력할 수 없다.) 섹션 개수를 1 로 입력하고, 우측의 [Edit] 버튼을 선택한다. 그러면, 그림 2.30 와 같이 Rotor 2 첫 번째 섹션(엘리먼트)의 형상 치수를 입력하기 위한 다이얼로그가 나타난다.

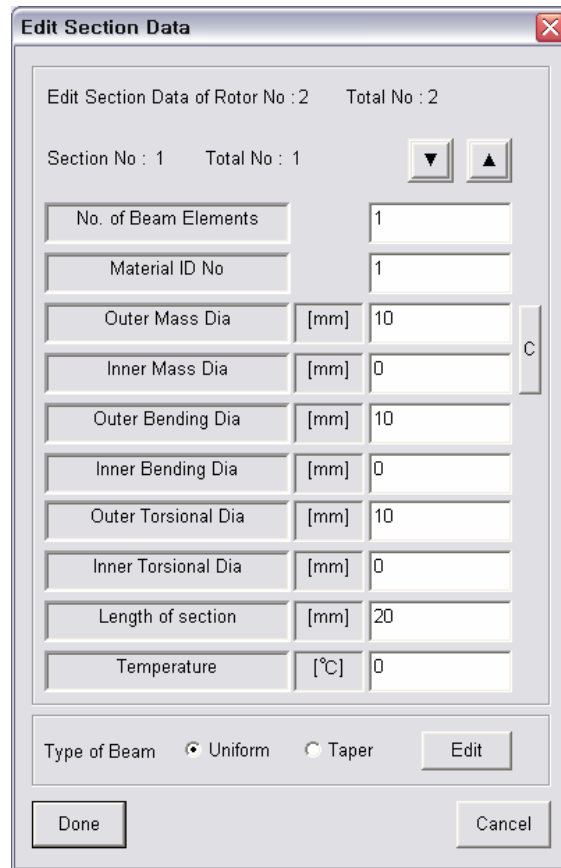


그림 2.30 새로운 Rotor 의 Section Data 입력

적당히 외경을 10 mm, 내경을 0 mm, 길이를 20 mm 로 입력하고, 확인 [Done] 버튼을 차례대로 입력하여 메인 화면으로 돌아온다. 모델링 화면이 이전과 변한 것이 없음을 알 수 있다. 이것은 현재 첫 번째 Rotor 1 이 선택되어서, 새로 추가한 Rotor 는 보이지 않기 때문이다. 메인 메뉴의 [View Rotor]-[Rotor 2]를 선택하여, 새로 추가한 Rotor 2 를 지정한다. (메뉴에서 선택하지 않고 바로 Ctrl+ 2 를 눌러도 됩니다.)

그림 2.31 과 같이 노드 11, 12 번을 가지는 Rotor 2 의 엘리먼트가 보여지게 된다. (만약 노드 번호가 보이지 않는다면, [View]-[Node Number]를 선택하세요.)

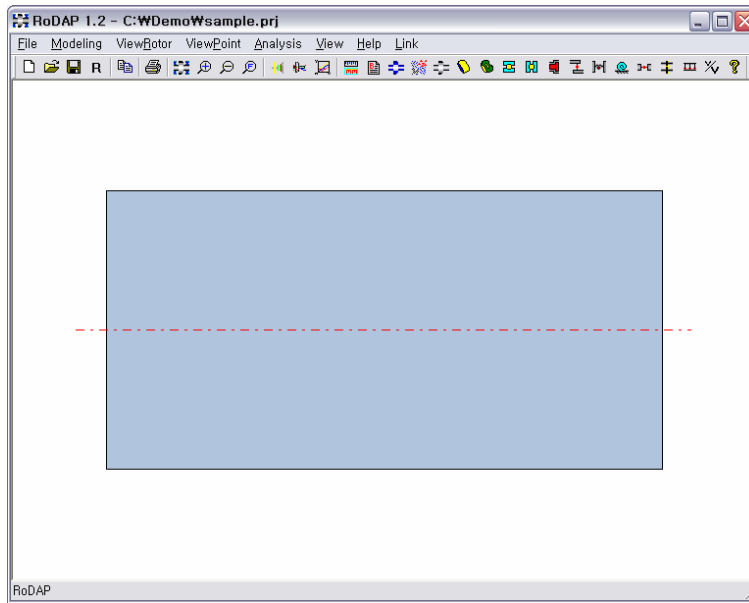


그림 2.31 Rotor 2 의 View 선택

아래 표 2.2 의 값을 사용하여 두 개의 엘리먼트를 더 추가한다.

표 2.2 추가 엘리먼트의 치수 (2)

엘리먼트 번호	외경	내경	길이
2	15 mm	5 mm	10 mm
3	10 mm	5 mm	20 mm

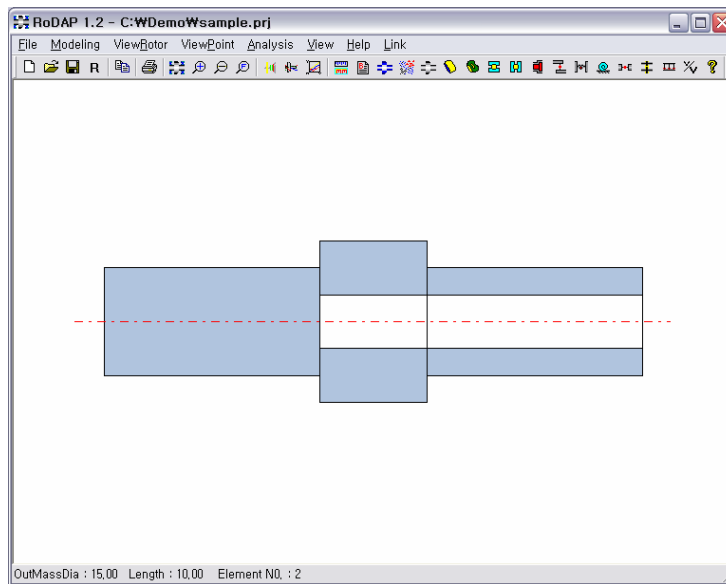


그림 2.32 Rotor 2 의 형상

이제 Rotor 2 의 첫 번째와 세 번째 엘리먼트에 각각 노드를 하나씩 추가하고, 추가된 노드 위치에 베어링을 추가하도록 한다. Rotor 1 에서와는 달리 노드를 먼저 추가하고, 그 노드 위치에 베어링을 추가하여 보자.

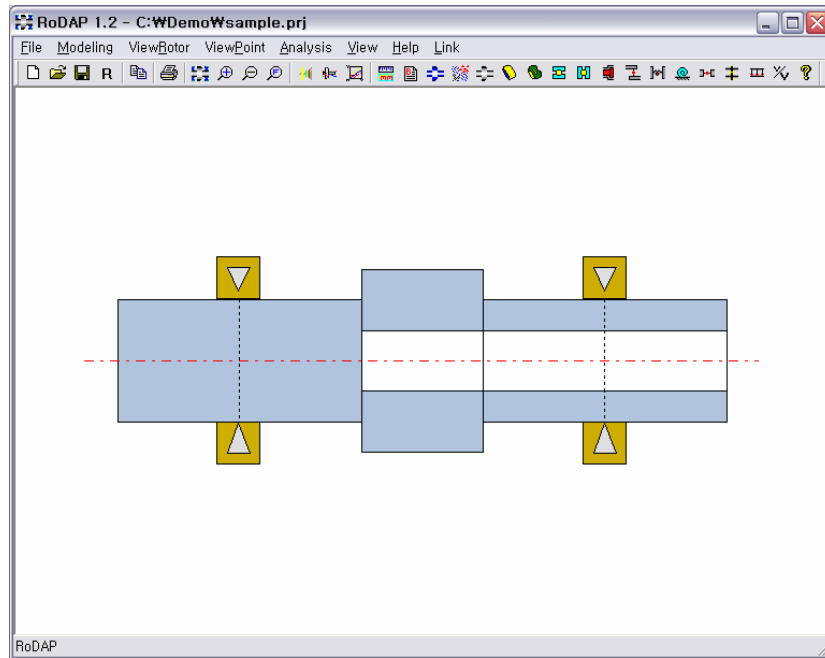


그림 2.33 Rotor 2 의 지지 베어링 추가

현재 예제를 그대로 따라 하고 있다면, 새로 추가된 노드의 번호는 각각 12, 15 번이 된다.(그림 2.33) 2.1.3 에서와 마찬가지로 두 지지 베어링의 강성 계수의 값을  $1.5e7$  으로 입력한다.

### 2.2.2 강체 디스크의 추가

이제 Rotor 2 에 기어를 추가하도록 한다. RODAP 에서 기어의 연결은 두 기어의 피치원 직경 상의 치면에서 이루어지는 것으로 간주한다. RODAP 에서 기어를 표현하기 위해서는 먼저 기어를 빔 요소 또는 강체 디스크로 간주하여 모델링에 추가하여야 한다.

표 2.3 예제의 Gear Specification

	피치원 직경 [mm]	잇수	모듈 [mm]	치폭	압력각 [degree]	나선각 [degree]
Pinion	40 mm	20	2 mm	5 mm	20	20
Gear	30 mm	15				

표 2.3 은 본 예제에서 사용할 기어의 설계 치수이다.

Rotor 1 에서는 5 번과 6 번 노드 사이의 외경 40 mm 의 엘리먼트를 기어라고 하자. Rotor 2 에는 아직 기어가 추가되지 않았으므로, 기어와 동일한 치수를 가지는 강체 디스크(Rigid Disk)를 추가하려고 한다. Rotor 2 의 중앙 부분에 기어를 추가하기 위하여, 가운데 엘리먼트를 선택하고 노드를 하나 추가한다. 추가된 14 번 노드 위치에 강체 디스크를 추가하기 위하여 노드를 마우스 왼쪽 버튼으로 선택한다.

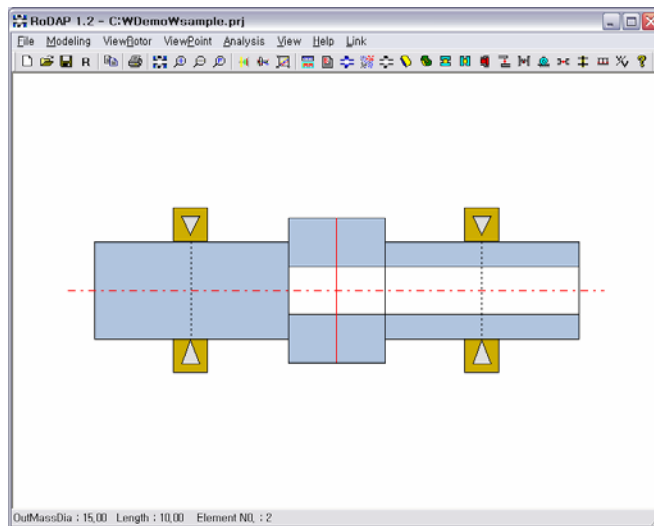


그림 2.34 강체 디스크를 추가하기 위하여 노드 선택 (14 번 노드가 적색으로 변경되어 선택된 상태를 표시)

마우스 포인터를 적색으로 변경된 14 번 노드 위에 놓고, 오른쪽 마우스 버튼을 선택하면 그림 2.12 과 같은 “노드 하위 메뉴“ 다시 나타난다. 여기서 [Add Disk]를 선택한다. 강체 디스크가 14 번 노드에 추가됨과 동시에 속성 값을 입력할 수 있는 다이얼로그가 나타나게 된다. (그림 2.35)

RODAP 에는 강체 디스크의 입력 방식에 따라 Type=0,1,2 의 세가지 형식이 존재한다. 표 2.4 에 각 입력 형식에 따른 입력 변수의 종류를 정리하였다.

본 예제에서는 Type=0 으로 하고, 강체 디스크의 Node 위치는 14 번으로 유지한다. 이제 [Edit Element Data] 버튼을 선택하여, 강체 디스크의 세부 항목을 입력하도록 한다.

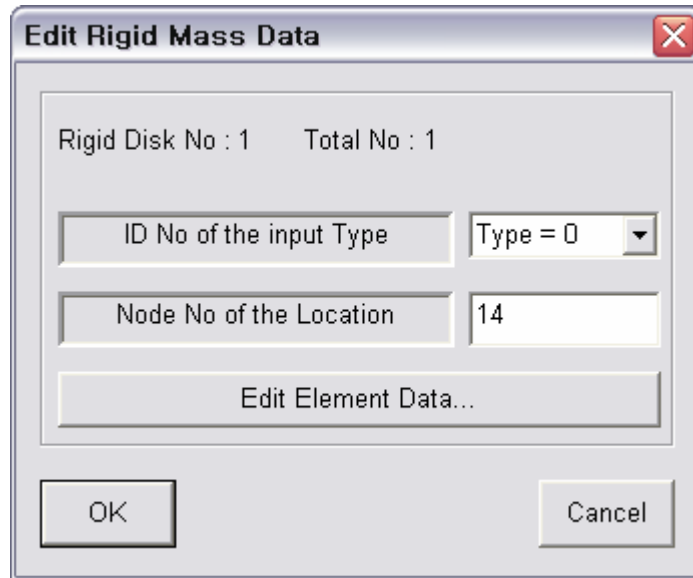


그림 2.35 강체 디스크의 형식 및 노드 위치 입력

표 2.4 Rigid Disk 의 Input Type

	Rigid Disk		
	Type=0	Type=1	Type=2
입력 항목	디스크 외경	질량	질량
	디스크 내경	회관성모멘트	자이로 직경
	디스크 폭	수직 편심량	수직 편심량
	밀도	수평 편심량	수평 편심량
	수직 편심량	디스크 폭	자기력
	수평 편심량	자기력	
	자기력	극관성모멘트	

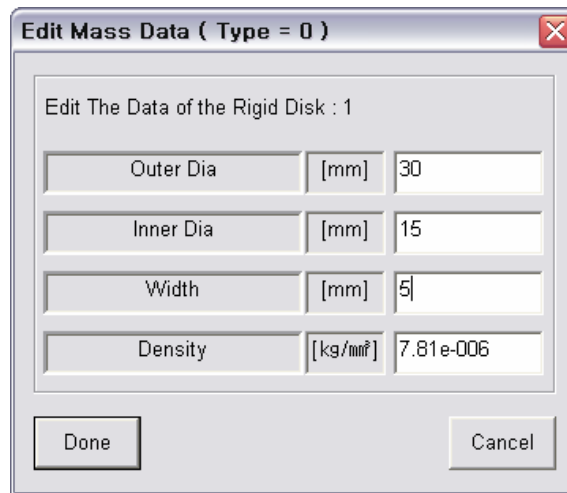


그림 2.36 강체 디스크의 세부 속성 입력

기어의 피치원 직경인 30 mm 가 디스크의 외경이 되며, 14 번 노드 위치에서의 축 외경 15 mm 가 디스크의 내경이 된다. 또한, 기어의 치폭이 5 mm 이므로 디스크의 폭을 5 mm 로 입력한다.

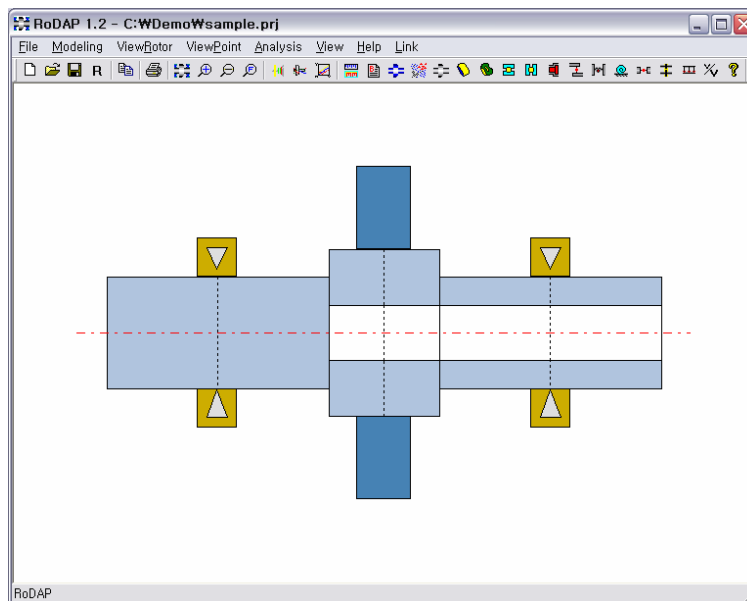


그림 2.37 강체 디스크

### 2.2.3 기어로 연결된 축

앞 절에서 Rotor 2 에 기어에 해당하는 강체 디스크를 추가하였다. 그러나, 이 요소는 기어가 아니라

일반 강체 디스크일 뿐이다. RODAP 에서 강체 디스크가 기어로 인식되기 위해서는 기어 연결 요소를 정의하여야 한다.

먼저, [View]-[All] 메뉴를 선택하여 전체 모델링 화면을 확인하자. 그림 2.38 과 같이 Rotor 1 과 Rotor 2 가 겹쳐서 표시된다.

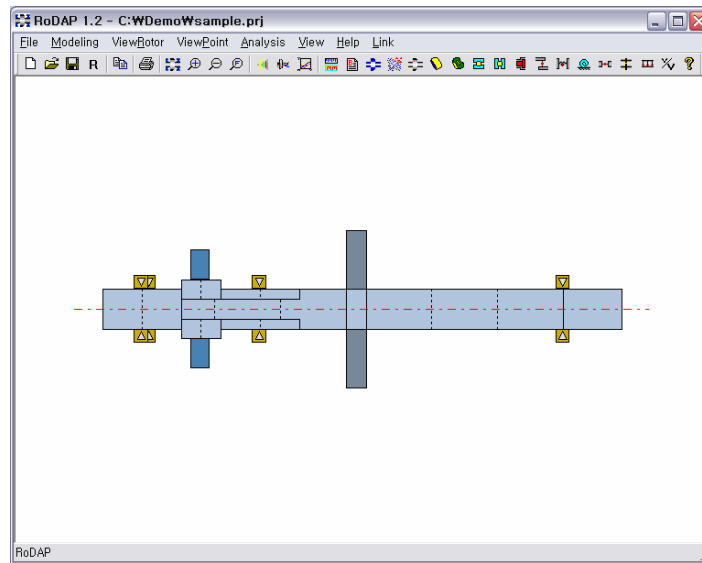


그림 2.38 연결부가 정의되지 않은 2 축계

기어 연결부를 정의하기 전에 먼저 Rotor 1 에 노드를 하나 추가한다. Rotor 1 의 5 번과 6 번 노드 사이에 새로운 노드를 추가한다. (Rotor 1 에 노드를 추가하려면, 먼저 [View]-[Rotor 1]을 선택하여야 한다.)

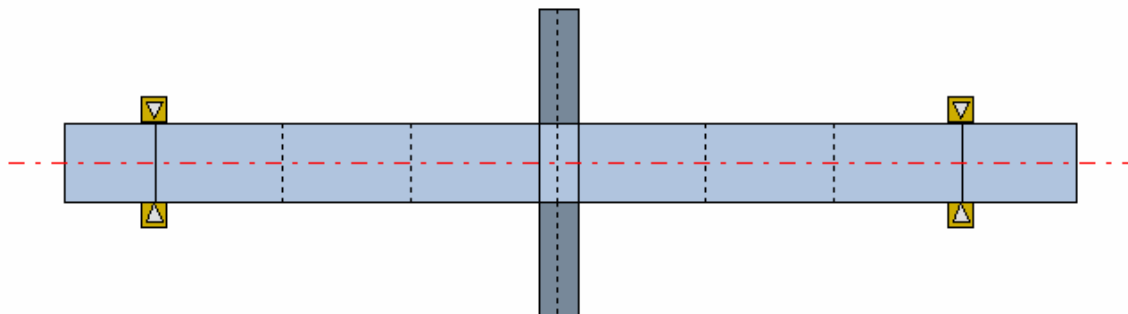



그림 2.39 기어 연결을 위한 노드 추가

이제 “Basic” 아이콘  를 선택하여 기어 연결부를 추가하자. 그림 2.35 의 “Basic” 다이얼로그에서 [No. of Gear Pair]의 값을 1로 변경하고, 버튼을 선택한다.

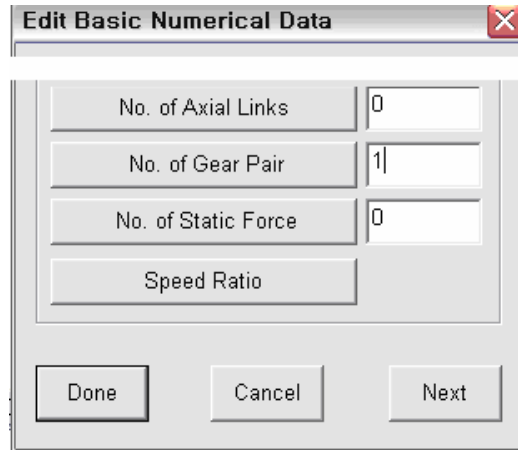


그림 2.40 기어 연결 요소 추가

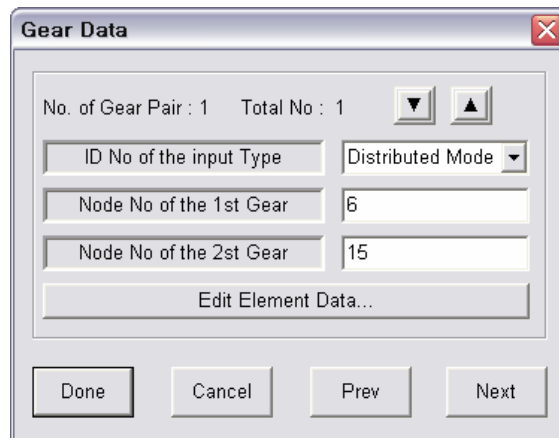


그림 2.41 기어의 노드 위치 입력

그림 2.41 와 같이 Rotor 1 의 6 번과 Rotor 2 의 15 번 노드를 기어의 연결 위치로 지정한다. 기어의 Type 은 일반적인 헬리컬 기어의 경우에 [Point Mode]를 선택한다. 이제 [Edit Element Data]를 선택하여, 기어 연결부의 세부 속성을 입력할 수 있다.

기어의 메쉬 강성(Mesh Stiffness)는  $1 \times 10^8$ , 치폭은 5, 피치원 직경은 각각 40, 30 를 입력한다. 입력각과 나선각은 모두 20 으로 한다.

기어 메쉬 강성은 기어의 재질과 치수 데이터를 사용하여 별도로 계산하여야 하는 값이며, 그 외의 값들은 기어의 설계 제원으로부터 얻을 수 있다.



**Note** RODAP 의 Annual maintenance 계약에 의하여 기어의 메쉬 강성 계산값 및 구름 베어링의 강성 계산 값은 (주)디엔엠테크놀로지로부터 지원 받을 수 있습니다.

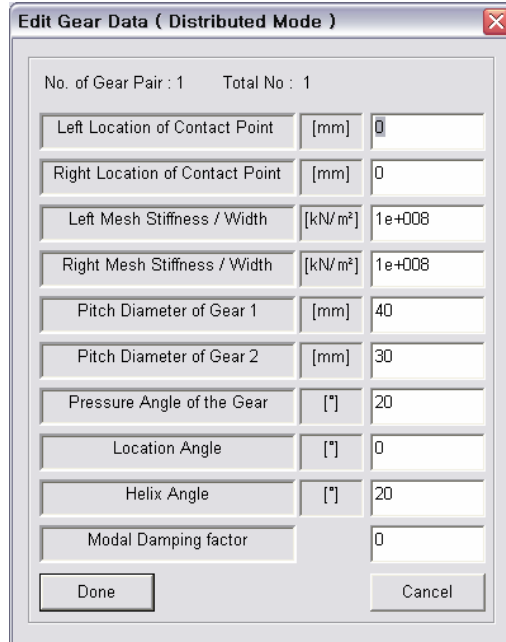


그림 2.42 기어 연결부의 속성 값 입력

기어 연결부의 모든 속성 값 입력이 완료되었으면 [Done] 버튼을 차례대로 눌러서 메인 화면으로 돌아온다. 이제 [View]-[All]을 선택하여 전체 시스템의 View 를 보면, 그림 2.38 과 같이 두 축이 기어로 연결된 것을 확인할 수 있다.

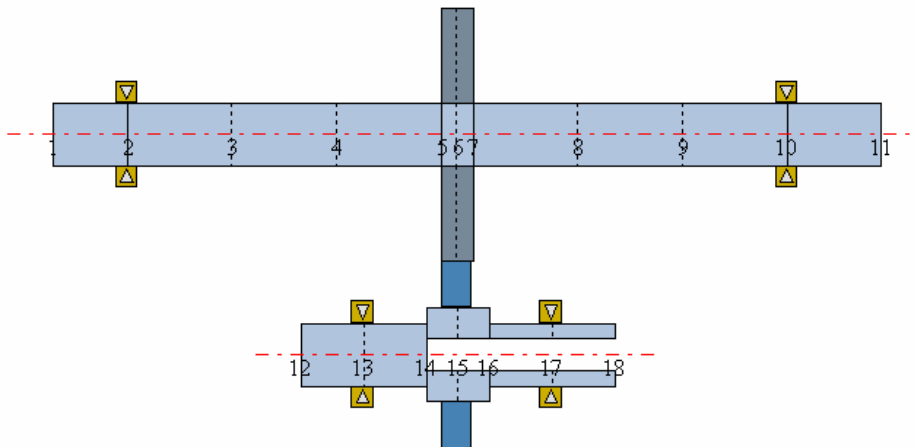


그림 2.43 기어로 연결된 두 회전축