

# 회전속도 의존매기변수를 갖는 회전체-베어링계의 동적해석프로그램 개발

(DARBS : Dynamic Analysis of Rotor-Bearing Systems)

·장수현\*, 이종원\*\*

(Development of Dynamic Analysis Software for Rotor-Bearing Systems with Rotational Speed Dependent Parameters)

(Sue-Hyun Chang, Chong-Won Lee)

## 1. 서론

DARBS는 저널베어링 및 구름베어링에 지지되어 있는 회전체-베어링계에 대한 동력학적 해석을 수행하는 프로그램이다. 해석에는 유한요소법(finite element method)을 이용하며 선회전속도(whirl speed), 모우드 형상(mode shape), 임계속도(critical speed) 그리고 비동기 가진응답(asynchronous response) 등에 대한 해석결과를 제공한다. 본 프로그램의 주된 특징은 람다 행렬(lambda matrices)의 개념을 도입하여 비동기 가진응답의 해석에 적용하고, 베어링 상수와 자이로 효과와 같은 회전속도 의존성에 대하여 체계적인 접근방법을 사용했다는 점이다.

본 프로그램은 IBM PC 및 호환 기종에 적합하도록 개발되었으며 기본적인 출력장치를 지원하는 S/W가 포함되어 있다. 또한 대화식 데이터 입력과 메뉴처리방식을 채택하여 사용하기 편리하게 하였으며, 오류발생시 메시지가 나타나 오류수정을 용이하게 하였다.

## 2. 구조 및 사양

DARBS는 크게 4개의 모듈로 구성되며 화면관리 모듈을 통해 자료편집 모듈, 해석 모듈, 결과처리 모듈을 제어한다. 해석 모듈은 모우드 해석, 임계속도해석 그리고 비동기 가진응답해석을 수행하는 부모듈로 구성되어 있다. 모우드 해석에서는 선회전속도 해석과 모우드 형상에 대한 해석을 수행하며, 비동기 가진응답해석의 특별한 경우로 불균형 질량응답에 대한 해석이 있다. 수행된 결과는 일정한 형태의 자료로 저장되며 결과처리 모듈을 통해 도표나 수치로 표현되고 화면상의 결과는 화일 형태로 저장하거나 프린터로의 출력이 가능하다.

본 프로그램에 대한 주요 사양은 아래와 같다.

- 컴퓨터 : IBM PC 및 호환 기종
- 기억용량이 640kB 이상
- v. 2.0이상의 DOS

\* 삼성 전자(주)  
\*\* 한국과학기술원

- 모니터 : CGA, EGA, VGA, Hercules.
- 프린터 : Epson 호환기종.

## 3. 모형화

회전체-베어링계의 유한요소 모형은 3개의 요소 즉 유한탄성 회전축, 강성회전판 그리고 베어링의 조합으로 표현된다.

### 3.1 회전체의 모형화

사용자는 해석하고자 하는 회전체의 형상과 재질에 관한 자료를 화면상에서 입력한다. 입력된 자료는 사용자가 정의한 이름의 화일로 기억장치에 저장된다. 회전축은 Euler 보, Rayleigh 보, Timoshenko 보 등의 선택이 가능하며 회전판은 관성을 갖는 강체로 모형화된다.

입력된 자료와 회전체의 형상을 그림 1과 같이 화면에 나타낼 수 있으며 이를 통해 입력된 자료의 확인과 수정이 용이하다.

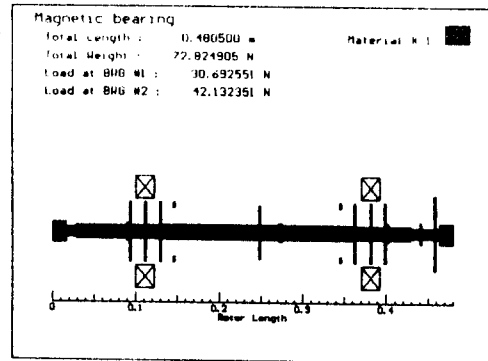


그림 1. 회전체의 형상

### 3.2 베어링의 모형화

베어링은 선형이며 회전속도 의존성을 갖는 8개의 계수 즉 4개의 강성계수와 4개의 감쇠계수를 갖는다고 모형화한다. 이와 같이 주어지는 자료는 람다 행렬법을 이용한 해석을 위해 회전속도에 대한 다항식의 형태로 곡선근사화가 이루어지

며, 이때 사용자는 화면상으로 근사화의 결과를 확인하고 적절한 차수를 선택한다(그림 2).

#### 4. 해석

모형화 과정에서 준비된 자료와 해석을 위해 화면 상에서 대화식으로 입력된 자료를 이용하여 다음의 해석을 수행한다.

##### 4.1 모우드 해석

모우드 해석에서는 주어진 회전속도 범위 내에서 고유진동수의 변화를 구하는 해석과 일정한 회전속도에서 고유진동수와 거기에 대응되는 모우드 형상을 구하는 해석을 수행할 수 있다. 수행된 결과를 통하여 선회속도도표(whirl speed chart), 대수감쇠비(logarithmic decrement)의 변화 그리고 모우드 형상에 대한 애니메이션(mode animation)을 얻을 수 있다. 그림 3과 그림 4는 각각 선회속도도표와 대수감쇠비를 나타내며 이때 사용자는 보고자하는 최대 모우드를 선택할 수 있다. 애니메이션에서는 몇 개의 기능을 정의하여 정지화면, 단계별화면등을 선택할 수 있으며 사용자가 보는 각도도 조절할 수 있다. 애니메이션의 결과 화면중 정지화면을 그림 5에 나타내었다.

##### 4.2 임계속도 해석

임계속도 해석에서는 람다 행렬법을 이용하여 주어진 비동기 가진배수에 대응되는 임계속도를 구한다. 동기 가진에 의한 임계속도는 비동기 가진배수가 1인 경우이다. 여기서 해석된 결과는 비동기 가진응답에 대한 해석을 수행할 때 이용된다.

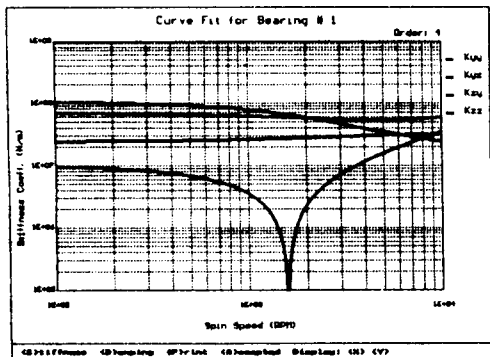


그림 2. 베어링 자료의 곡선근사화

##### 4.3 비동기 가진응답해석

가진력이 회전속도의 임의의 실수배(비동기 가진배수)로 주어질 때의 응답에 대한 해석을 수행하며, 가진력의 비동기 가진배수에 대한 임계속

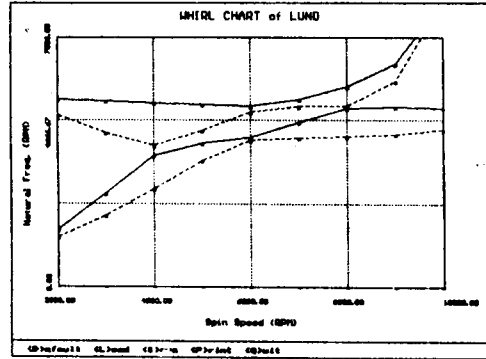


그림 3. 모우드 애니메이션

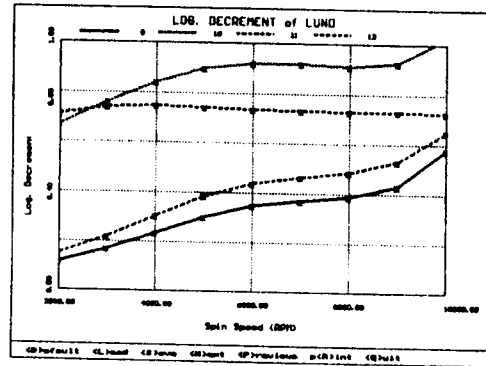


그림 4. 선회속도도표

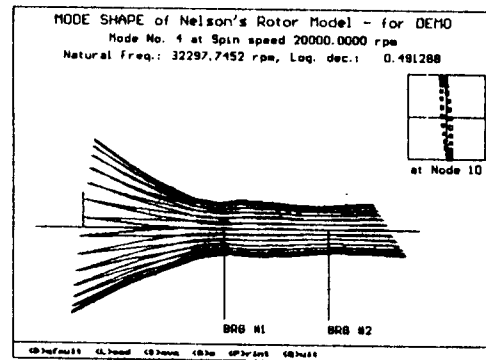


그림 5. 대수감쇠비

도 해석이 선행되어야 한다. 불균형 질량에 의한 응답(unbalance response)은 비동기 가진배수가

1. 일 때에 해당된다. 가진력의 위치, 센서의 위치 등의 자료는 화면 상에서 입력되고 응답의 크기(magnitude)와 위상(phase)에 대한 결과를 얻는다. 그림 6과 그림 7은 각각 응답의 크기와 위상에 대한 결과를 나타낸다.

### 5. 결론

이상으로 DARBS의 각 기능에 대하여 간략한 설명과 함께 결과를 나타내었다. 개인용 컴퓨터가 이미 널리 보급되어 있는 국내의 상황을 고려할 때 개인용 컴퓨터를 이용하여 쉽게 회전체-베어링계를 설계하고 기초적인 해석을 할 수 있다면 현장의 엔지니어들에게는 큰 도움이 되리라 생각한다.

### 참고 문헌

1. Lancaster, P., "Lambda-matrices and vibrating systems", New York, Pergamon Press, 1966.
2. Bathe, K. J., "Finite Element Procedure in Engineering Analysis", Prentice-Hall, 1982.
3. Tsuneo Someya, "Journal-Bearing Databook", 1988.
4. Y. D. Kim and C. W. Lee, "Finite Element Analysis of Rotor-Bearing Systems Using Modal Transform Matrix", J. of Sound and Vibration, Vol.111, 1986, pp.441-456.
5. 재 양규, "비대칭 연속 회전체 베어링계의 진동", 한국과학기술원 박사학위논문, 1988.
6. 홍 성욱, "불균형 응답을 이용한 회전체 베어링계의 베어링동적계수 규명", 한국과학기술원 박사학위논문, 1989.

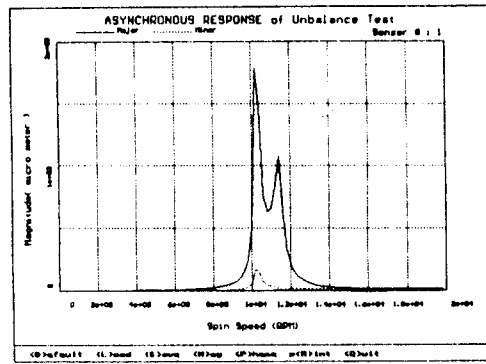


그림 6. 비동기 가진응답(크기)

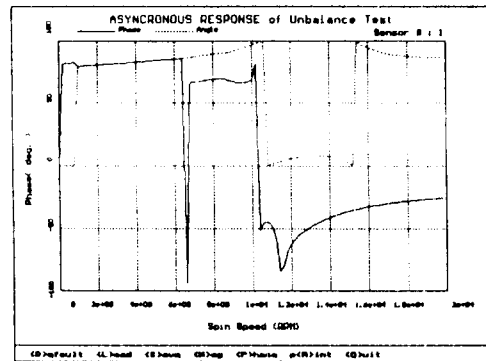


그림 7. 비동기 가진응답(위상)