(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2012-0070110
(43) 공개일자 2012년06월29일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
*G06F 19/00* (2011.01) *G06F 17/40* (2006.01)
(21) 출원번호 10-2010-0131531
(22) 출원일자 2010년12월21일
심사청구일자 2010년12월21일

(71) 출원인
**한국기계연구원**
대전광역시 유성구 가정북로 156 (장동)
(72) 발명자
**박지상**
경상남도 창원시 성산구 원이대로 774, 304동 2403호 (상남동, 성원아파트)
**이상훈**
경상남도 진주시 판문오동길69번길 5-3 (판문동)
*(뒷면에 계속)*
(74) 대리인
**특허법인우린**

전체 청구항 수 : 총 15 항

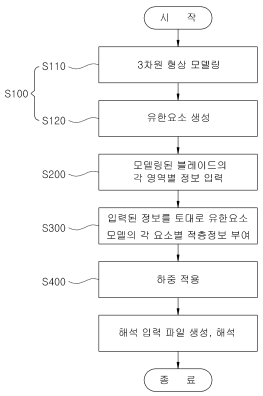
(54) 발명의 명칭 **복합재 로터 블레이드의 구조 설계 해석장치 및 이를 이용한 설계 해석방법**

## (57) 요 약

본 발명은 복합재 로터 블레이드의 구조 설계 및 그 해석을 더욱 간편하면서도 쉽게 수행하기 위한 해석장치와 이를 이용한 설계 해석방법에 관한 것이다.

이를 위해, 본 발명은 기초 설계된 블레이드에 대하여 지오메트리 모델링(geometry modeling)을 통한 3차원 형상 모델링을 수행함과 더불어 이를 토대로 유한요소 모델링(Finite Element modeling)을 통해 유한요소 모델을 생성하는 모델링 단계; 모델링 단계를 통해 모델링된 블레이드의 각 영역별 정보를 입력하는 영역 정보 입력 단계; 상기 영역 정보 입력 단계를 통해 입력된 정보를 토대로 유한요소 모델의 각 요소별로 적층 정보를 자동 부여하는 적층 정보 부여 단계; 그리고, 적층 정보 부여 단계를 통해 적층 정보의 부여가 완료된 유한요소 모델에 하중을 부여하는 하중 부여단계:를 포함하여 진행됨을 특징으로 하는 복합재 로터 블레이드의 구조 설계 해석 방법 및 이를 위한 장치가 제공된다.

*대 표 도* - 도5



(72) 발명자

**이학구**

경상남도 창원시 성산구 원이대로878번길 7, 한국기계연구원아파트 403호 (가음동)

**황병선**

경상남도 창원시 성산구 동산로 115, 115동 103호 (상남동, 대동아파트)

**박병열**

경상남도 창원시 성산구 불모산동 343번지

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

| | |
|---|---|
| 과제고유번호 | 2008NWD12P0230602009 |
| 부처명 | 지식경제부 |
| 연구사업명 | 신재생에너지기술개발사업 |
| 연구과제명 | 해상용 5MW급 풍력발전시스템용 대형 복합재 블레이드 개발 |
| 주관기관 | 한국기계연구원 부설 재료연구소 |
| 연구기간 | 2008.12.01 ~ 2013.05.31 |

## *특허청구의 범위*

**청구항 1**

각 단층별 적층 형상에 대하여 코드별로 정의된 형상 코드(shape code) 정보 데이터와, 각 단층에 대한 물성 정보 데이터와, 각종 적층 형태에 대한 적층 소재 정보 데이터가 각각 저장되는 정보 저장부; 그리고,

지오메트리 모델링(geometry modeling)을 통한 3차원 형상 모델링을 수행함과 더불어 이를 토대로 한 유한요소 모델링(Finite Element modeling)을 통해 유한요소를 생성하는 모델링 프로그램과, 블레이드 적층 설계(laminate plan)에 따라 적층되는 각 단층에 대한 영역별 정보의 입력을 위한 그래픽 유저 인터페이스(Graphical User Interface)를 제공하는 인터페이스 프로그램과, 상기 그래픽 유저 인터페이스를 통해 입력된 각 단층에 대한 영역별 정보를 토대로 상기 생성된 유한요소의 각 요소에 대한 적층 정보를 자동 부여하는 데이터 처리 프로그램이 각각 저장되어 이루어진 데이터 처리부:를 포함하여 구성됨을 특징으로 하는 복합재 로터 블레이드의 구조 설계 해석장치.

**청구항 2**

제 1 항에 있어서,

상기 데이터 처리부에는

상기 자동 부여된 각 요소에 대한 적층 정보를 토대로 동일 적층 정보를 가지는 요소들을 서로 그룹화시켜 복수의 그룹을 생성하여 저장하고, 상기 생성된 각 그룹별로 서로 다른 색상을 부여함과 더불어 상기 모델링 프로그램에 의해 모델링된 유한요소 이미지에 표시하여 디스플레이하도록 프로그래밍된 그룹핑 프로그램이 더 포함되어 이루어짐을 특징으로 하는 복합재 로터 블레이드의 구조 설계 해석장치.

**청구항 3**

제 2 항에 있어서,

상기 그룹핑 프로그램에 의해 생성되는 각 그룹은 로터 블레이드의 기본 구성 요소에 대한 약어와, 블레이드의 길이 방향 및 코드 방향에 대한 적층 좌표 및 적층 소재들의 기본 정보에 대한 수치가 포함되는 그룹명이 부여되어 저장됨을 특징으로 하는 복합재 로터 블레이드의 구조 설계 해석장치.

**청구항 4**

제 1 항에 있어서,

상기 데이터 처리부의 인터페이스 프로그램을 통해 입력되는 영역별 정보에는

형상 코드(shape code)의 명칭과, 형상 코드별 영역에 대한 좌표 및 해당 형상 코드의 적층 소재 정보가 포함됨을 특징으로 하는 복합재 로터 블레이드의 구조 설계 해석장치.

**청구항 5**

기초 설계된 블레이드에 대하여 지오메트리 모델링(geometry modeling)을 통한 3차원 형상 모델링을 수행함과 더불어 이를 토대로 유한요소분할(Finite Element meshing)을 통해 유한요소메쉬를 생성하는 모델링 단계;

모델링 단계를 통해 모델링된 블레이드의 각 영역별 정보를 입력하는 영역 정보 입력 단계;

상기 영역 정보 입력 단계를 통해 입력된 정보를 토대로 유한요소 모델의 각 요소별로 적층 정보를 자동 부여하는 적층 정보 부여 단계; 그리고,

적층 정보 부여 단계를 통해 적층 정보의 부여가 완료된 유한요소 모델에 하중을 부여하는 하중 부여단계:를 포함하여 진행됨을 특징으로 하는 복합재 로터 블레이드의 구조 설계 해석 방법.

**청구항 6**

제 5 항에 있어서,

상기 모델링 단계의 지오메트리 모델링은

스파캡(sparcap), 세어웹(shear web), 일방향 리딩 에지(Leading Edge UD) 및 일방향 트레일링 에지(Trailing Edge UD), 팁(Tip) 등과 같은 최소한의 주요 부재를 기초로 하여 모델링됨을 특징으로 하는 복합재 로터 블레이드의 구조 설계 해석 방법.

**청구항 7**

제 5 항에 있어서,

상기 영역 정보 입력 단계는

(a) 각 단층별 형상에 대한 형상 코드를 선택하도록 요청하는 과정과,

(b) 상기 선택된 형상 코드의 영역을 지정하도록 요청하는 과정과,

(c) 상기 지정된 형상 코드의 영역에 대한 적층 소재를 선택하도록 요청하는 과정과,

(d) 상기 각 과정을 통해 선택 및 입력된 정보를 해당 코드별 정보로 등록하는 과정을 포함하여 진행됨을 특징으로 하는 복합재 로터 블레이드의 구조 설계 해석 방법.

**청구항 8**

제 7 항에 있어서,

상기 (b) 과정의 형상 코드에 대한 영역을 지정하기 위해 요청하는 정보에는 영역의 시작점 좌표(span start coordinate)와, 끝점 좌표(span end coordinate)와, 끝점 폭(end width) 및 경사 각도(incline angle) 등 해당 영역의 기하학적 형상을 정의하기 위한 변수가 포함됨을 특징으로 하는 복합재 로터 블레이드의 구조 설계 해석 방법.

**청구항 9**

제 7 항 또는, 제 8 항에 있어서,

상기 (b) 과정은

상기 (a) 과정에서 선택된 형상 코드의 단층 형상을 디스플레이한 상태로 영역 지정이 진행되도록 함을 특징으로 하는 복합재 로터 블레이드의 구조 설계 해석 방법.

**청구항 10**

제 5 항에 있어서,

상기 영역 정보 입력 단계는

블레이드의 적층 설계에 따른 적층 수만큼 영역의 정의와 적층 소재 정보의 선택이 완료될 때까지 반복적으로 수행됨을 특징으로 하는 복합재 로터 블레이드의 구조 설계 해석 방법.

**청구항 11**

제 5 항에 있어서,

상기 적층 정보 부여 단계는

상기 영역 정보 입력 단계를 통해 입력받은 각 영역별 정보와 유한요소 모델의 각 요소에 대한 좌표를 비교하여 해당 좌표의 요소가 가지는 적층 정보를 각각 취득한 후 이 적층 정보 및 해당 요소의 좌표를 단일 데이터로 병합하고, 이를 각 요소별로 분류하여 저장함으로써 수행됨을 특징으로 하는 복합재 로터 블레이드의 구조 설계 해석 방법.

**청구항 12**

제 5 항 또는, 제 11 항에 있어서,

상기 적층 정보 부여 단계에는

유한요소 모델의 각 요소에 적층 정보를 자동 부여한 이후, 그룹핑 프로그램의 실행을 통해 상기 부여된 각 요소별 적층 정보 중 동일한 적층 정보를 가지는 요소들을 서로 그룹화시켜 복수의 그룹을 생성하여 저장하고,

상기 생성된 각 그룹별로 서로 다른 색상을 부여함과 더불어 상기 모델링 프로그램에 의해 모델링된 유한요소 이미지에 표시하여 디스플레이하는 과정이 더 포함되어 진행됨을 특징으로 하는 복합재 로터 블레이드의 구조 설계 해석 방법.

**청구항 13**

제 12 항에 있어서,

상기 그룹핑 프로그램에 의해 생성된 각 그룹은

로터 블레이드의 기본 구성 요소에 대한 약어와, 블레이드의 길이 방향 및 코드 방향에 대한 적층 좌표 및 적층 소재들의 기본 정보에 대한 수치가 포함되는 그룹명이 부여됨을 특징으로 하는 복합재 로터 블레이드의 구조 설계 해석 방법.

**청구항 14**

제 12 항에 있어서,

상기 적층 정보 부여 단계에는

상기 디스플레이된 유한요소 이미지에서 작업자에 의한 특정 부분에 대한 요소의 선택시 해당 요소에 대한 정보를 제공하는 과정이 더 포함되어 진행됨을 특징으로 하는 복합재 로터 블레이드의 구조 설계 해석 방법.

**청구항 15**

제 5 항에 있어서,

상기 하중 부여단계는

하중 정보를 정의한 입력 데이터와 상기 유한요소 모델의 요소 정보를 조합하여 유한요소 모델에 자동으로 하중이 부여되도록 함으로써 진행됨을 특징으로 하는 복합재 로터 블레이드의 구조 설계 해석 방법.

# *명 세 서*

## *기 술 분 야*

[0001] 본 발명은 복합재 로터 블레이드에 관한 것으로써, 더욱 구체적으로는 복합재 로터 블레이드의 구조 설계 및 해석을 더욱 간편하면서도 쉽게 수행하기 위한 설계해석 장치와 이를 이용한 설계해석 방법에 관한 것이다.

## *배 경 기 술*

[0002] 일반적으로 로터 블레이드는 송풍기나 자동차 엔진 등에서부터 헬리콥터의 로터, 항공기 엔진 및 풍력 발전기용 로터 등과 같이 다양한 분야에서 사용되고 있다.

[0003] 이러한 로터 블레이드는 통상 가볍고 튼튼한 강화섬유 복합재료로 제조되며, 이때의 로터 블레이드는 공기역학적으로 최적화된 형상으로 형성된다.

[0004] 전술한 바와 같은 로터 블레이드의 설계해석 방법은 다양하게 이루어질 수 있지만, 통상적으로는 기초 모델 설계과정, 전산 모델링 과정, 구조 해석 및 설계 수정 과정의 반복으로 진행된다.

[0005] 여기서, 상기 전산 모델링 과정은 기초 모델 설계과정을 통해 설계된 로터 블레이드를 전산 모델화하여 이후의 구조 해석 및 분석 과정이 전산상으로 진행될 수 있도록 하는 과정으로써, 일반적으로는 유한요소법(finite element method)이 사용된다. 이는 기초 설계된 로터 블레이드의 외형을 지오메트리 모델링(geometry modeling)을 통해 디자인한 다음 상기 지오메트리 모델링된 로터 블레이드의 외형을 유한요소분할(finite element meshing)과 물성 및 적층패턴 적용을 위해 각 셀(Shell) 별로 분할하고, 계속해서 상기 요소분할된 각 셀 별로의 요소 물성을 적용함과 더불어 적층 패턴을 적용하는 일련의 과정을 통해 수행된다.

[0006] 이때, 상기 각 셀 별로의 요소 물성에 대한 적용 및 적층 패턴의 적용은 각 셀 별로 해당 정보(요소 물성 및 적층 패턴)를 각각 수작업으로 메뉴얼화한 상태에서 해당 데이터를 전산상으로 일일이 입력하는 과정을 통해 수행된다.

[0007] 하지만, 전술한 바와 같은 모델링 과정 중에서 각 셀 별로의 요소 물성에 대한 적용 및 적층 패턴의 적용 과정은 모두 수작업으로 진행됨과 더불어 그 입력되는 자료가 방대하여, 블레이드의 적층 설계가 복잡한 경우 작업 시간이 과도하게 소요되고 작업 도중 오류 발생 가능성이 높았던 문제점이 있었다.

[0008] 특히, 상기한 바와 같은 수작업에 의한 오류가 발생될 경우에는 어느 부분에 대한 오류인지의 확인이 극히 어려워서 그 확인 및 수정을 위한 작업시간이 매우 오래 걸리는 문제점이 있다.

[0009] 뿐만 아니라, 전술된 각 셀 별로의 요소 물성에 대한 적용 및 적층 패턴의 적용 과정은 각 셀 별로의 개별적 진행을 통해 수행되기 때문에 전체적인 적층 패턴을 확인하기가 어려운 문제점 역시 가지고 있다.

[0010] 또한, 전술한 일반적인 로터 블레이드의 설계 방법은 상기한 모델링 과정의 복잡함으로 인해 설계 변경(예컨대, 특정 영역에 대한 적층 패턴의 변경 등)을 수행하고자 하더라도 수정 작업이 매우 복잡하여 해석을 통한 다양한 설계안의 검토가 어렵다는 문제점을 가진다.

## *발명의 내용*

### *해결하려는 과제*

[0011] 본 발명은 전술한 종래 기술에 따른 각종 문제점을 해결하기 위해 안출된 것으로써, 전산상으로의 각종 설계 정보에 대한 입력 및 선택을 통해 복합재 로터 블레이드의 구조 설계 및 그 해석이 더욱 간편하면서도 쉽게 수행될 수 있도록 한 새로운 구조 설계해석 장치와 이를 이용한 설계해석 방법에 관한 것이다.

### *과제의 해결 수단*

[0012] 상기한 목적을 달성하기 위한 본 발명의 복합재 로터 블레이드의 구조 설계 해석 장치에 따르면 각 단층별 적층 형상에 대하여 코드별로 정의된 형상 코드(shape code) 정보 데이터와, 각 단층에 대한 물성 정보 데이터와, 각종 적층 형태에 대한 적층 소재 정보 데이터가 각각 저장되는 정보 저장부; 그리고, 지오메트리 모델링(geometry modeling)을 통한 3차원 형상 모델링을 수행함과 더불어 이를 토대로 한 유한요소 모델링(Finite Element modeling)을 통해 유한요소를 생성하는 모델링 프로그램과, 블레이드 적층 설계(laminate plan)에 따라 적층되는 각 단층에 대한 영역별 정보의 입력을 위한 그래픽 유저 인터페이스(Graphical User Interface)를 제공하는 인터페이스 프로그램과, 상기 그래픽 유저 인터페이스를 통해 입력된 각 단층에 대한 영역별 정보를 토대로 상기 생성된 유한요소의 각 요소에 대한 적층 정보를 자동 부여하는 데이터 처리 프로그램이 각각 저장되어 이루어진 데이터 처리부:를 포함하여 구성됨을 특징으로 한다.

[0013] 여기서, 상기 데이터 처리부에는 상기 자동 부여된 각 요소에 대한 적층 정보를 토대로 동일 적층 정보를 가지는 요소들을 서로 그룹화시켜 복수의 그룹을 생성하여 저장하고, 상기 생성된 각 그룹별로 서로 다른 색상을 부여함과 더불어 상기 모델링 프로그램에 의해 모델링된 유한요소 이미지에 표시하여 디스플레이하도록 프로그래밍된 그룹핑 프로그램이 더 포함되어 이루어짐을 특징으로 한다.

[0014] 또한, 상기 그룹핑 프로그램에 의해 생성되는 각 그룹은 로터 블레이드의 기본 구성 요소에 대한 약어와, 블레이드의 길이 방향 및 코드 방향에 대한 적층 좌표 및 적층 소재들의 기본 정보에 대한 수치가 포함되는 그룹명이 부여되어 저장됨을 특징으로 한다.

[0015] 또한, 상기 데이터 처리부의 인터페이스 프로그램을 통해 입력되는 영역별 정보에는 형상 코드(shape code)의 명칭과, 형상 코드별 영역에 대한 좌표 및 해당 형상 코드의 적층 소재 정보가 포함됨을 특징으로 한다.

[0016] 그리고, 상기한 목적을 달성하기 위한 본 발명의 복합재 로터 블레이드의 구조 설계 해석방법에 따르면 기초 설계된 블레이드에 대하여 지오메트리 모델링(geometry modeling)을 통한 3차원 형상 모델링을 수행함과 더불어 이를 토대로 유한요소분할(Finite Element meshing)을 통해 유한요소메쉬를 생성하는 모델링 단계; 모델링 단계를 통해 모델링된 블레이드의 각 영역별 정보를 입력하는 영역 정보 입력 단계; 상기 영역 정보 입력 단계를 통해 입력된 정보를 토대로 유한요소 모델의 각 요소별로 적층 정보를 자동 부여하는 적층 정보 부여 단계; 그리고, 적층 정보 부여 단계를 통해 적층 정보의 부여가 완료된 유한요소 모델에 하중을 부여하는 하중 부여단계:를 포함하여 진행됨을 특징으로 한다.

[0017] 여기서, 상기 모델링 단계의 지오메트리 모델링은 스파캡(sparcap), 세어웹(shear web), 일방향 리딩 에지(Leading Edge UD) 및 일방향 트레일링 에지(Trailing Edge UD), 팁(Tip) 등과 같은 최소한의 주요 부재를 기초로 하여 모델링됨을 특징으로 한다.

[0018] 또한, 상기 영역 정보 입력 단계는 (a) 각 단층별 형상에 대한 형상 코드를 선택하도록 요청하는 과정과, (b) 상기 선택된 형상 코드의 영역을 지정하도록 요청하는 과정과, (c) 상기 지정된 형상 코드의 영역에 대한 적층 소재를 선택하도록 요청하는 과정과, (d) 상기 각 과정을 통해 선택 및 입력된 정보를 해당 코드별 정보로 등록하는 과정을 포함하여 진행됨을 특징으로 한다.

[0019] 또한, 상기 (b) 과정의 형상 코드에 대한 영역을 지정하기 위해 요청하는 정보에는 영역의 시작점 좌표(span start coordinate)와, 끝점 좌표(span end coordinate)와, 끝점 폭(end width) 및 경사 각도(incline angle) 등 해당 영역의 기하학적 형상을 정의하기 위한 변수가 포함됨을 특징으로 한다.

[0020] 또한, 상기 (b) 과정은 상기 (a) 과정에서 선택된 형상 코드의 단층 형상을 디스플레이한 상태로 영역 지정이 진행되도록 함을 특징으로 한다.

[0021] 또한, 상기 영역 정보 입력 단계는 블레이드의 적층 설계에 따른 적층 수만큼 영역의 정의와 적층 소재 정보의 선택이 완료될 때까지 반복적으로 수행됨을 특징으로 한다.

[0022] 또한, 상기 적층 정보 부여 단계는 상기 영역 정보 입력 단계를 통해 입력받은 각 영역별 정보와 유한요소 모델의 각 요소에 대한 좌표를 비교하여 해당 좌표의 요소가 가지는 적층 정보를 각각 취득한 후 이 적층 정보 및 해당 요소의 좌표를 단일 데이터로 병합하고, 이를 각 요소별로 분류하여 저장함으로써 수행됨을 특징으로 한다.

[0023] 또한, 상기 적층 정보 부여 단계에는 유한요소 모델의 각 요소에 적층 정보를 자동 부여한 이후, 그룹핑 프로그램의 실행을 통해 상기 부여된 각 요소별 적층 정보 중 동일한 적층 정보를 가지는 요소들을 서로 그룹화시켜 복수의 그룹을 생성하여 저장하고, 상기 생성된 각 그룹별로 서로 다른 색상을 부여함과 더불어 상기 모델링 프로그램에 의해 모델링된 유한요소 이미지에 표시하여 디스플레이하는 과정이 더 포함되어 진행됨을 특징으로 한다.

[0024] 또한, 상기 그룹핑 프로그램에 의해 생성된 각 그룹은 로터 블레이드의 기본 구성 요소에 대한 약어와, 블레이드의 길이 방향 및 코드 방향에 대한 적층 좌표 및 적층 소재들의 기본 정보에 대한 수치가 포함되는 그룹명이 부여됨을 특징으로 한다.

[0025] 또한, 상기 적층 정보 부여 단계에는 상기 디스플레이된 유한요소 이미지에서 작업자에 의한 특정 부분에 대한 요소의 선택시 해당 요소에 대한 정보를 제공하는 과정이 더 포함되어 진행됨을 특징으로 한다.

[0026] 또한, 상기 하중 부여단계는 하중 정보를 정의한 입력 데이터와 상기 유한요소 모델의 요소 정보를 조합하여 유한요소 모델에 자동으로 하중이 부여되도록 함으로써 진행됨을 특징으로 한다.

## *발명의 효과*

[0027] 이상에서와 같은 본 발명의 복합재 로터 블레이드의 구조 설계 해석장치 및 이를 이용한 해석 방법은 각 형상 코드별로의 영역 지정 및 이 지정된 영역에 대한 물성 정보와 적층 정보를 선택하는 과정에 의해 유한요소 모델의 각 요소에 대한 적층 설계가 이루어지기 때문에 블레이드에 대한 적층 플랜의 설계와 입력 과정이 직관적이고 동시적으로 이루어지는 효과를 가진다.

[0028] 또한, 지오메트리 모델링 과정에서 적층 설계와는 무관하게 주요 부재에 대한 3차원 형상의 모델링만 수행하면 됨에 따라 해당 모델링 과정이 간단히 이루어질 수 있게 된 효과를 가진다.

[0029] 뿐만 아니라, 모델링 과정 중 유한요소분할(Finite Element meshing)은 적층 설계와는 무관한 단순한 메쉬 생성이 가능하게 된 효과를 가진다.

[0030] 특히, 유한요소 모델의 각 요소의 물성 정보 및 적층 정보를 부여하는 방법이 형상 코드별로 지정된 영역 단위로 물성 정보 및 적층 정보를 입력받은 후 이를 토대로 각 요소별 물성 정보 및 적층 정보가 자동 부여되기 때문에 작업 시간이 획기적으로 단축되고 휴먼 에러(human error)의 발생 가능성을 최소화할 수 있게 된 효과를 가지며, 휴먼 에러의 발생시에도 해당 위치를 쉽게 인지할 수 있기 때문에 수정이 용이하게 이루어질 수 있다는 효과를 가진다.

[0031] 또한, 본 발명은 기초 설계된 모델에 대한 적층 설계를 정확히 반영할 수 있기 때문에 해석상의 오차를 방지할 수 있게 된 효과를 가진다.

[0032] 또한, 본 발명은 기초 설계된 모델에 대한 설계 변경시 이러한 설계 변경된 정보를 토대로 한 유한요소 모델의 각 요소별 정보가 자동으로 변경되어 구조 해석이 진행됨으로써, 다양한 설계안의 검토가 가능하게 된 효과를 가진다.

## 도면의 간단한 설명

[0033] 도 1은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 복합재 로터 블레이드의 구조 설계 해석장치를 설명하기 위해 나타낸 개략적인 블럭도

도 2 내지 도 4는 물성 정보 및 적층 정보의 입력을 위한 유저 인터페이스의 일 예를 설명하기 위해 나타낸 참고도

도 5는 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 복합재 로터 블레이드의 구조 설계 해석 방법에 대한 과정을 설명하기 위해 나타낸 개략적인 순서도

도 6은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 복합재 로터 블레이드의 구조 설계 해석 과정 중 적층 설계의 입력을 위한 영역 정보 입력 단계를 설명하기 위해 나타낸 개략적인 순서도

도 7은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 복합재 로터 블레이드의 구조 설계 해석 과정 중 적층 설계의 입력을 위한 각 단층별 형상에 대한 형상 코드의 선택과 영역 정의를 위한 인터페이스의 일 예를 나타낸 참고도

도 8은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 복합재 로터 블레이드의 구조 설계 해석 과정 중 유한요소 모델에 각 요소에 대한 그룹별로의 색상 부여가 이루어진 상태를 설명하기 위해 나타낸 참고도

도 9는 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 복합재 로터 블레이드의 구조 설계 해석 과정 중 특정 요소의 정보 확인을 위한 인터페이스의 일 예를 나타낸 참고도

## 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0034] 이하, 본 발명의 복합재 로터 블레이드의 구조 설계 해석장치 및 이를 이용한 해석 방법에 대한 바람직한 실시예를 첨부된 도 1 내지 도 9를 참조하여 설명하도록 한다.

[0035] 첨부된 도 1은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 복합재 로터 블레이드의 구조 설계 해석장치의 구성을 개략적인 블럭도로 나타내고 있으며, 이를 통해 알 수 있듯이, 본 발명의 실시예에 따른 복합재 로터 블레이드의 구조 설계 해석장치는 로터 블레이드의 구조 설계를 해석하기 위한 컴퓨터 시스템으로써, 크게 정보 저장부(100) 및 데이터 처리부(200) 그리고, 디스플레이부(300)를 포함하여 구성된다.

[0036] 이때, 전술된 바와 같은 본 발명의 실시예에 따른 복합재 로터 블레이드의 구조 설계 해석장치는 단일의 컴퓨터 시스템으로 구성됨을 그 예로 하지만, 필요에 따라서는 복수의 컴퓨터 시스템으로 구성될 수도 있다.

[0037] 예컨대, 정보 저장부(100)의 경우 별도 컴퓨터 시스템의 메모리를 사용함과 더불어 상기 데이터 처리부(200)는 상기 별도 컴퓨터 시스템과 네트워크 연결(혹은, 온라인상으로의 데이터 통신이 가능하게 연결)된 또 다른 컴퓨터 시스템으로 구성할 수도 있는 것이다.

[0038] 아래에서는, 전술한 본 발명의 실시예에 따른 복합재 로터 블레이드의 구조 설계 해석장치를 각 구성별로 더욱 상세히 설명하도록 한다.

[0039] 먼저, 상기 정보 저장부(100)는 각종 정보 데이터가 저장되는 저장 매체를 의미한다.

[0040] 상기한 정보 데이터에는 형상 코드(shape code) 정보 데이터(110)와, 물성 정보 데이터(120)와, 적층 소재 정보 데이터(130)가 포함된다.

[0041] 여기서, 상기 형상 코드 정보 데이터(110)라 함은 각 단층별 적층 형상에 대하여 코드별로 정의된 데이터이다. 이러한 형상 코드 정보 데이터(110)는 기초 모델 설계과정에서 설계된 적층 설계(laminate plan)의 각 단층별 적층 형상을 근거로 하여 특정 영역별로 적층 소재 정보를 적용한 후 이에 각각의 코드를 부여함으로써 생성된다.

[0042] 이때, 상기한 각 단층별 적층 형상에 대한 정보는 그 이미지와 함께 코드별로 정의된 형상 코드 정보 데이터

로 저장되도록 함이 바람직하다.

[0043] 또한, 상기 물성 정보 데이터(120)는 각 단층의 물성에 대한 정보의 데이터로써, 예컨대, 각 단층에 대한 탄성계수(elastic modulus), 프와송비(poisson's ratio), 밀도(density) 등이 될 수 있으며, 필요에 따라서는 전단계수(shear modulus), 열팽창계수(thermal expansion coefficient) 등이 더 포함될 수 있다.

[0044] 또한, 상기 적층 소재 정보 데이터(130)는 물성 정보를 토대로 정의된 각 단층별 직물의 적층 형태에 대한 정보를 기록한 데이터를 의미하며, 이때 상기 적층 형태에 대한 정보에는 각 단층의 직물에 대한 방향성(각도)과 적층 수(數) 및 두께 등이 포함된다.

[0045] 전술한 바와 같이 정보 저장부(100)에 저장되는 각종 정보 데이터(110,120,130)는 복합재 로터 블레이드에 대한 기초 설계된 정보를 토대로 작업자에 의해 각각 정의되어 저장되며, 상기 정보 데이터(110,120,130)에 대한 정의는 첨부된 도 2 내지 도 4와 같은 물성 정보 및 적층 소재 정보의 정의를 위한 별도의 유저 인터페이스를 통해 수행된다.

[0046] 다음으로, 상기 데이터 처리부(200)는 상기 정보 저장부(100)에 저장된 각종 데이터(110,120,130) 및 작업자가 입력한 각 영역별 정보를 토대로 모델링과 각 요소별 적층 정보(물성 정보 및 적층 소재 정보)를 자동으로 부여하며, 상기 작업자의 편리한 조작을 위한 인터페이스를 제공하도록 구축된 일련의 구성이다.

[0047] 상기한 바와 같은 데이터 처리부(200)에는 모델링 프로그램(210)과, 인터페이스 프로그램(220)과, 데이터 처리 프로그램(230)이 각각 저장된다.

[0048] 여기서, 상기 모델링 프로그램(210)은 지오메트리 모델링(geometry modeling)을 통한 3차원 형상 모델링을 수행함과 더불어 이를 토대로 한 유한요소 분할(Finite Element meshing)을 통해 유한 요소를 생성하도록 프로그래밍 된 프로그램이다.

[0049] 또한, 상기 인터페이스 프로그램(220)은 적층 설계(laminate plan)(기초 모델 설계과정에서 설계된 블레이드의 적층 설계)에 따라 적층되는 각 단층의 영역별 정보의 입력을 위한 그래픽 유저 인터페이스(GUI;Graphical User Interface)를 제공하도록 프로그래밍 된 프로그램이다.

[0050] 이때, 상기 인터페이스 프로그램(220)에 의해 입력되는 영역별 정보에는 형상 코드(shape code)의 명칭과, 형상 코드별 영역에 대한 정보(좌표) 및 해당 형상 코드의 적층 소재 정보가 포함된다.

[0051] 또한, 상기 데이터 처리 프로그램(230)은 상기 그래픽 유저 인터페이스를 통해 입력된 영역별 정보와, 정보 저장부(100)에 저장된 각종 정보 데이터(110,120,130)를 토대로 상기 모델링 프로그램(210)을 통해 생성된 유한요소의 각 요소에 대한 적층 정보를 자동 부여하도록 프로그래밍 된 프로그램이다.

[0052] 즉, 상기 데이터 처리 프로그램(230)에 의해 작업자가 그래픽 유저 인터페이스를 통해 선택 및 입력한 정보가 취합된 후 각 요소별로 물성 정보와 적층 소재 정보 등의 적층 정보가 각각 자동으로 부여된다.

[0053] 한편, 본 발명의 실시예에서는 작업자가 각 요소별 적층 구조를 시각적으로 쉽게 인지할 수 있도록 함과 더불어 적층 설계 상태의 확인 및 적층 정보의 수정 보완이 용이하게 이루어질 수 있도록 하기 위해, 상기한 데이터 처리부(200)가 그룹핑 프로그램(240)을 더 포함하여 이루어짐을 추가로 제시한다.

[0054] 여기서, 상기 그룹핑 프로그램(240)이라 함은 상기 데이터 처리 프로그램(230)에 의해 자동 부여된 각 요소에 대한 적층 정보를 토대로 동일한 적층 정보를 가지는 요소들을 서로 그룹화시켜 복수의 그룹을 생성하여 저장하고, 상기 생성된 각 그룹별로 서로 다른 색상을 부여함과 더불어 이를 상기 모델링 프로그램(210)에 의해 모델링된 유한요소 이미지에 표시하여 디스플레이부(300)를 통해 디스플레이하도록 프로그래밍 된 프로그램을 의미한다.

[0055] 특히, 상기한 그룹핑 프로그램(240)에 의해 생성되는 각 그룹은 로터 블레이드의 기본 구성 요소에 대한 약어와, 블레이드의 길이 방향 및 코드 방향에 대한 적층 좌표와, 적층 소재들의 기본 정보에 대한 수치가 포함되는 그룹명이 부여됨을 제시한다.

[0056] 다음으로, 상기 디스플레이부(300)는 각종 모델링 정보나 이미지 정보 및 인터페이스 등의 디스플레이를 위한 일련의 구성으로써, 통상의 모니터가 될 수 있다.

[0057] 특히, 상기한 디스플레이부(300)는 상기 데이터 처리부(200)를 가지는 컴퓨터 시스템과 직접 연결되는 모니터일 수도 있고, 상기 데이터 처리부(200)를 가지는 컴퓨터 시스템과 온라인 연결된 또 다른 컴퓨터 시스템의 모니터일 수도 있다.

[0058] 하기에서는, 전술한 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 복합재 로터 블레이드의 구조 설계 해석 방법에 대하여 첨부된 도 5 및 도 6의 순서도와 도 7 내지 도 9의 인터페이스 참고도를 참조하여 설명하도록 한다.

[0059] 본 발명의 실시예에 따른 복합재 로터 블레이드의 구조 설계 해석 방법은 기초 모델 설계가 완료된 블레이드에 대한 구조 설계를 해석하는 일련의 과정으로써, 크게 모델링 단계(S100)와, 영역 정보 입력 단계(S200)와, 적층 정보 부여 단계(S300) 및 하중 부여 단계(S400)를 포함하여 진행되며, 이러한 각 단계에 대하여 전체적인 구조 설계 해석 과정을 기초로 하여 더욱 상세히 설명하면 다음과 같다.

[0060] 먼저, 작업자에 의한 구조 설계 해석이 요청되면 데이터 처리부(200)는 모델링 프로그램(210)을 실행시켜 모델링 단계(S100)를 수행한다.

[0061] 상기한 모델링 단계(S100)는 기초 모델 설계과정에 의해 설계된 로터 블레이드에 대하여 지오메트리 모델링(geometry modeling)을 통한 3차원 형상 모델링(S110)을 수행함과 더불어 이를 토대로 한 유한요소분할(Finite Element meshing)을 통해 유한 요소를 생성(S120)함으로써 진행된다.

[0062] 이때, 상기 3차원 형상 모델링(S110)은 종래의 경우 다음 단계의 유한요소 분할(Finite Element Meshing) 및 요소 물성 정의가 가능하도록 대략 200여개의 셀로 나누어 수행하였지만, 본 발명의 실시예에서는 블레이드를 이루는 주요 부재에 의해 구분되는 대략 10여개 내외의 섹션을 토대로 모델링됨으로써 상기 지오메트리 모델링 과정이 간단히 이루어진다는 장점을 가진다.

[0063] 이는, 종래의 경우 지오메트리 모델링의 이후 과정인 유한요소 모델링 과정에서의 유한요소 분할(Finite Element Meshing)이 적층 설계(laminate plan)를 고려하여 진행되는 반면, 본 발명의 실시예에서는 지오메트리 모델링의 이후 과정인 유한요소 모델링 과정에서의 유한요소 분할(Finite Element Meshing)이 적층 설계(laminate plan)와는 독립적으로 진행되기 때문이다.

[0064] 이때, 블레이드를 이루는 주요 부재라 함은 예컨대, 스파캡(sparcap), 세어웹(shear web), 일방향 리딩 에지(Leading Edge UD) 및 일방향 트레일링 에지(Trailing Edge UD), 팁(Tip) 등이 될 수 있다.

[0065] 다음으로, 상기한 모델링 단계(S100)가 완료되면 상기 데이터 처리부(200)는 인터페이스 프로그램(220)을 실행하여 영역 정보 입력 단계(S200)를 수행한다.

[0066] 이때, 상기 영역 정보 입력 단계(S200)는 블레이드의 적층 설계에 따른 적층 수만큼 각 단층의 각 영역별 정보를 입력하는 일련의 과정이다.

[0067] 상기한 영역 정보 입력 단계(S200)는 형상 코드의 지정과, 영역 지정과, 적층 소재의 선택 및 정보 등록 과정이 순차적으로 진행됨으로써 수행된다.

[0068] 즉, 데이터 처리부(200)는 디스플레이부(300)를 통해 디스플레이되는 도 7과 같은 유저 인터페이스를 이용하여 작업자로부터 각 단층별 형상에 대한 형상 코드를 지정하도록 요청(S210)하고, 상기 지정된 형상 코드의 영역을 지정하도록 요청(S220)하며, 상기 지정된 영역에 대하여 적층 소재를 선택하도록 요청(S230)함과 더불어 상기한 일련의 과정을 통해 선택 및 입력된 정보를 해당 코드별 정보로 등록하는 과정(S240)이 순차적으로 진행되는 것이다. 이는, 첨부된 도 6의 순서도와 같다.

[0069] 이때, 상기 형상 코드의 영역을 지정하기 위해 입력하는 정보는 영역의 시작점 좌표(span start coordinate)와, 복수의 끝점 좌표(span end coordinate)와, 끝점 폭(end width) 및 경사 각도(incline angle) 등이 포함된다.

[0070] 이와 함께, 상기 적층 소재의 선택은 미리 데이터화된 상태로 정보 저장부(100)에 저장된 적층 소재 정보 데이터(130)를 상기 정보 저장부(100)로부터 불러와서 상기 유저 인터페이스의 드롭다운 메뉴(drop-down menu)를 통해 선택된다.

[0071] 또한, 전술한 일련의 과정 중 상기 작업자로부터의 형상 코드에 대한 지정이 이루어질 경우 상기 데이터 처리부(200)는 해당 인터페이스를 통해 상기 지정된 형상 코드의 이미지를 디스플레이부(300)의 인터페이스 화면상에 디스플레이함으로써 작업자가 상기 형상 코드의 영역 지정이 더욱 용이하게 이루어질 수 있도록 함이 더욱 바람직하며, 이는 첨부된 도 7에 도시된 바와 같다.

[0072] 전술한 바와 같은 영역 정보 입력 단계(S200)는 블레이드의 적층 설계에 따른 적층 수만큼 적층 영역에 대한 형상 코드 선택과 영역 정의 및 적층 소재 정보의 선택이 완료될 때까지 반복적으로 수행된다.

[0073] 즉, 기초 설계된 블레이드의 모든 적층 설계에 대한 영역별 정보의 입력이 완료될 때까지 전술한 영역 정보

입력 단계(S200)가 반복적으로 수행되는 것이다.

[0074] 그리고, 상기한 영역 정보 입력 단계(S200)가 완료되면 데이터 처리부(200)의 데이터 처리 프로그램(230)은 상기 영역 정보 입력 단계(S200)를 통해 입력받은 각 영역별 정보를 토대로 유한요소 모델의 각 요소별로 적층 정보를 각각 자동으로 부여하는 적층 정보 부여 단계(S300)를 수행한다.

[0075] 즉, 유한요소 모델의 각 요소별로 적층 재료의 종류와 두께와 적층각 및 좌표계 등에 대한 적층 정보를 각각 자동으로 부여하는 것이다.

[0076] 이는, 상기 영역 정보 입력 단계(S200)를 통해 입력받은 각 영역별 정보와 유한요소 모델의 각 요소에 대한 좌표를 비교하여 해당 좌표의 요소가 가지는 적층 정보를 각각 취득한 후 이 적층 정보 및 해당 요소의 좌표를 단일 데이터로 병합하고, 이를 각 요소별로 분류하여 저장함으로써 수행된다.

[0077] 그리고, 전술한 각 요소별 적층 정보에 대한 부여가 완료되면 데이터 처리부(200)는 그룹핑 프로그램(240)을 실행시켜 상기 부여된 각 요소별 적층 정보 중 동일한 적층 정보를 가지는 요소들을 서로 그룹화시킴으로써 복수의 그룹을 생성하여 저장하고, 상기 생성된 각 그룹별로 서로 다른 색상을 부여함과 더불어 상기 모델링 프로그램에 의해 모델링된 유한요소 이미지에 표시하여 디스플레이한다.

[0078] 이에 따라, 작업자는 첨부된 도 8에 도시된 바와 같은 모델링 이미지를 통해 적층 상태를 쉽게 확인할 수 있게 된다.

[0079] 특히, 상기한 모델링된 유한요소 이미지의 각 요소는 사용자의 선택(예컨대, 마우스 클릭 등)을 통한 정보 요청이 발생될 경우 첨부된 도 9와 같은 방식으로의 적층 정보가 출력되도록 함이 더욱 바람직하다.

[0080] 이와 함께, 상기 그룹핑 프로그램(240)에 의해 생성되는 각 그룹은 로터 블레이드의 기본 구성에 대한 약어와, 블레이드의 길이 방향 및 코드 방향에 대한 적층 좌표와, 적층 소재들의 기본 정보에 대한 수치가 포함되는 그룹명이 부여되어 정보 저장부(100)에 저장된다.

[0081] 즉, 그룹명만 보더라도 개략적인 해당 그룹의 위치와 적층 상태를 알 수 있도록 한 것으로써, 예컨대, 첨부된 도 7의 도시 내용 중 “LEZ015YM01139440100”이라는 그룹명은 리딩 에지(Leading Edge) 부위의 적층 시작 좌표가 블레이드 길이 방향으로 015이고, 적층 시작 좌표가 블레이드 코드 방향으로 -011이며, 적층 소재들의 층(ply)이 각각 39, 44, 01, 00이라는 의미이다.

[0082] 또한, 전술된 적층 정보 부여 단계(S300) 중에서는 예컨대, 스파캡과 같이 길이 방향(블레이드의 루트 부위로부터 팁 부위를 향하는 방향)으로 두께 분포가 달리 이루어지는 부위에 대하여 상기한 두께 분포를 고려한 적층 설계가 추가적으로 이루어지도록 함이 바람직하다.

[0083] 이는, 상기 스파캡의 길이 방향에 대한 두께 분포를 입력 파일로 미리 정의하고, 기 전술된 구조 해석 과정에서 유한요소 모델의 각 요소에 자동 부여된 적층 정보 중 상기 스파캡을 이루는 위치의 요소에 상기 미리 정의된 입력 파일을 비교하여 이 스파캡 두께 분포가 해당 요소에 각각 적용될 수 있도록 함으로써 수행된다.

[0084] 한편, 전술한 일련의 과정을 통한 적층 정보 부여 단계(S300)가 완료되면 하중 부여 단계(S400)가 수행된다.

[0085] 상기 하중 부여 단계(S400)는 상기 적층 정보 부여 단계(S300)를 통해 적층 정보의 부여가 완료된 유한요소 모델에 하중을 자동 부여하여 기초 설계된 블레이드에 대한 해석이 수행되도록 하는 일련의 과정이다.

[0086] 이때, 상기한 하중의 부여 방법은 다양하게 이루어질 수 있지만, 본 발명의 실시예에서는 하중 적용 지점을 노드 셋(Node set)으로 구성하여 이 노드 셋 내 노드(node)들의 위치 좌표와 하중 종류, 방향, 크기, 위치 정보를 정의한 입력 파일 정보와 상기 유한요소 모델의 요소 정보를 조합하여 상기 유한요소 모델에 자동으로 하중이 부여되도록 함으로써 진행됨을 제시한다.

[0087] 즉, 상기 미리 지정한 하중의 입력 파일의 정보와 상기 유한요소 모델의 요소를 비교하여 조건에 부합되는 노드(node)에 하중이 자동 적용되도록 한 것이다.

[0088] 상기한 방법은 종래의 경우 모든 모델링이 완료된 이후에 이 모델링된 정보를 근거로 하여 하중의 적용 위치와 하중 크기 및 방향 등을 결정하고 부여하였기 때문에 해석 시간이 더욱 오래 걸릴 수밖에 없었던 문제점을 해결하기 위한 것이다.

[0089] 결국, 전술한 일련의 과정을 통한 복합재 로터 블레이드의 구조 설계 해석이 완료되면 데이터 처리부(200)는 그 결과에 대한 해석 입력파일(input file for solving)을 생성하여 작업자에게 제공함과 더불어 그 해석

(solving) 과정을 거침으로써 구조 해석 작업이 완료된다.

[0090] 한편, 작업자는 전술된 구조 설계 해석 결과값을 기초로 하여 다양한 설계안의 검토가 가능하다.

[0091] 즉, 작업자가 설계 변경을 하고자 할 경우에는 물성 정보, 적층 소재 정보, 적층 영역 정보 등 해당 정보를 유저 인터 페이스에서 변경하는 간단한 작업만 수행하더라도, 데이터 처리부(200)는 상기한 변경된 정보를 토대로 유한요소 모델의 해당 요소(혹은, 해당 요소 그룹)의 적층 정보가 자동으로 변경되도록 함과 더불어 이의 신뢰성 검토를 자동으로 수행할 수 있게 됨으로써 다양한 설계안의 검토가 가능해지는 것이다.

[0092] 이렇듯, 본 발명에 따른 복합재 로터 블레이드의 구조 설계 해석장치 및 이를 이용한 해석방법은 기초 설계된 적층 설계 도면을 기초로 한 직관적 작업이 가능함과 더불어 작업자가 손쉽게 이용할 수 있는 그래픽 유저 인터페이스를 제공함으로써 구조 설계해석 작업이 간편하게 이루어질 수 있다는 장점을 가진다.

[0093] 즉, 각 요소별 적층 정보에 대하여 작업자가 일일이 기록하고, 이를 토대로 유한요소 모델을 생성한 후 다시금 작업자가 상기 유한요소 모델의 각 요소에 상기 기록한 각 요소별 적층 정보를 일일이 입력함으로써 야기될 수 있는 수작업에 의한 과도한 작업 소요시간과 휴먼 에러(human error)의 불편함이 전술된 본 발명의 기술에 의해 해소될 수 있게 된 것이다.

[0094] 특히, 실질적인 적층 설계의 정확한 모델링 구현으로 유한요소 해석 정확도 역시 향상될 수 있으며, 블레이드 모델링 및 해석 시간이 획기적으로 단축될 수 있다는 장점을 가진다.

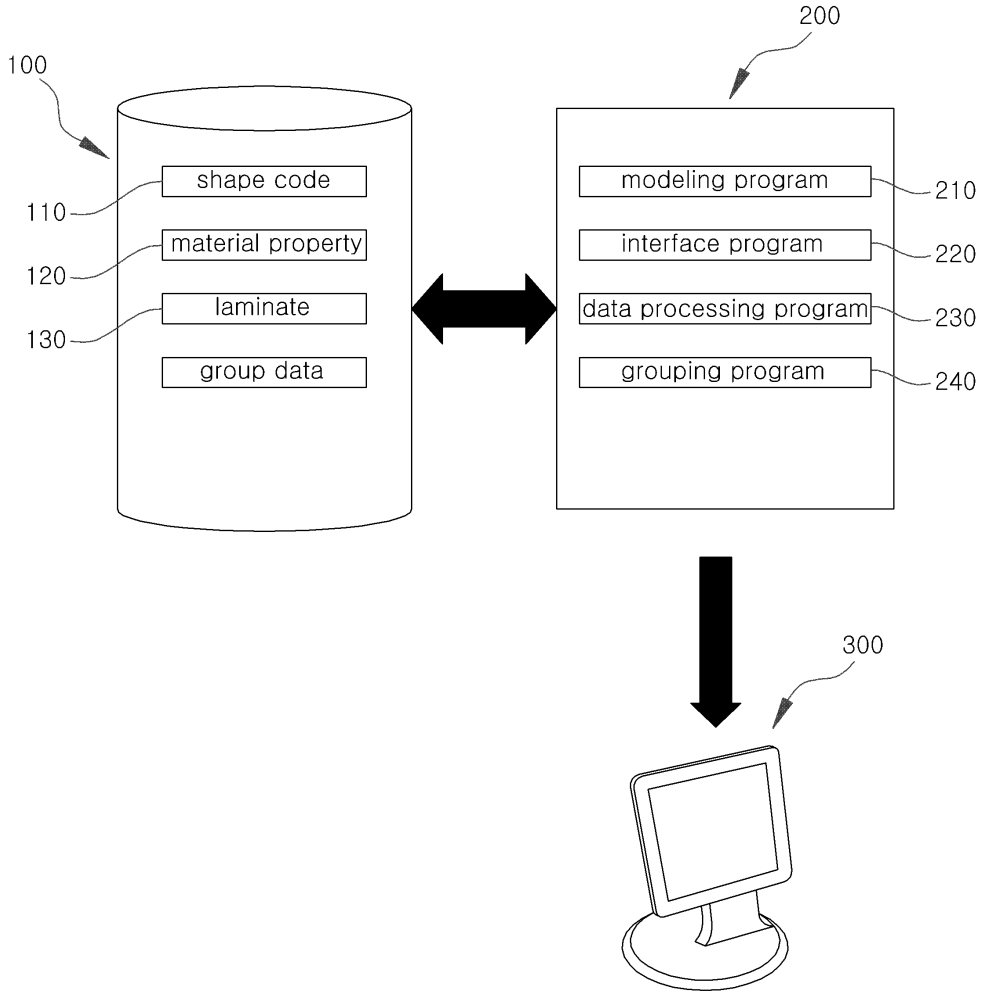
## *부호의 설명*

[0095]

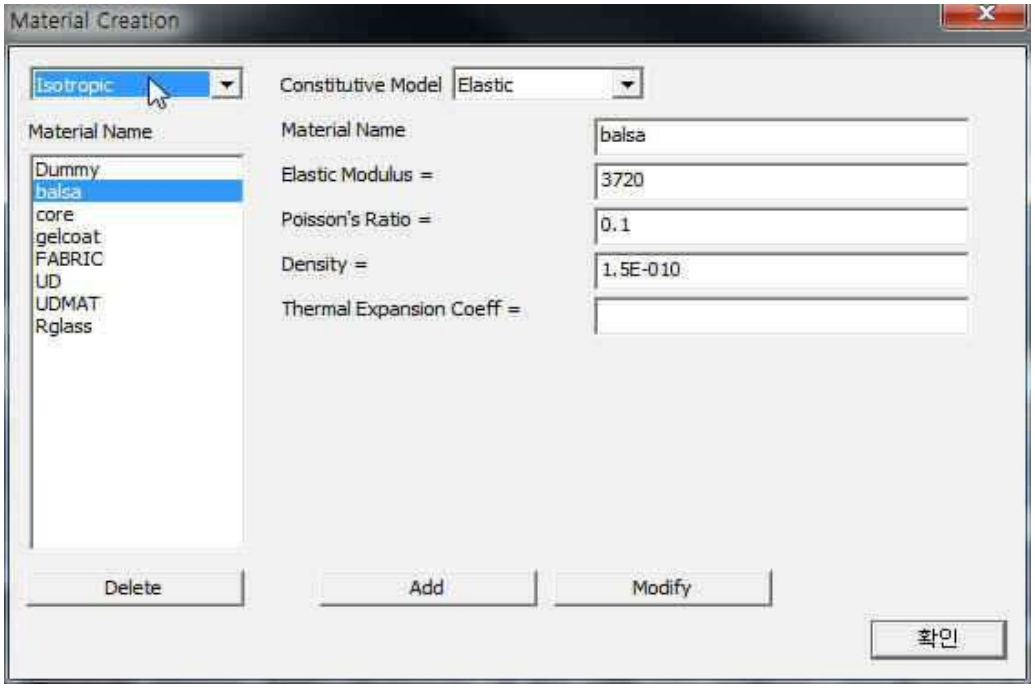
| | |
|---|---|
| 100. 정보 저장부 | 110. 형상 코드 정보 데이터 |
| 120. 물성 정보 데이터 | 130. 적층 정보 데이터 |
| 200. 데이터 처리부 | 210. 모델링 프로그램 |
| 220. 인터페이스 프로그램 | 230. 데이터 처리 프로그램 |
| 240. 그룹핑 프로그램 | 300. 디스플레이부 |

## 도면

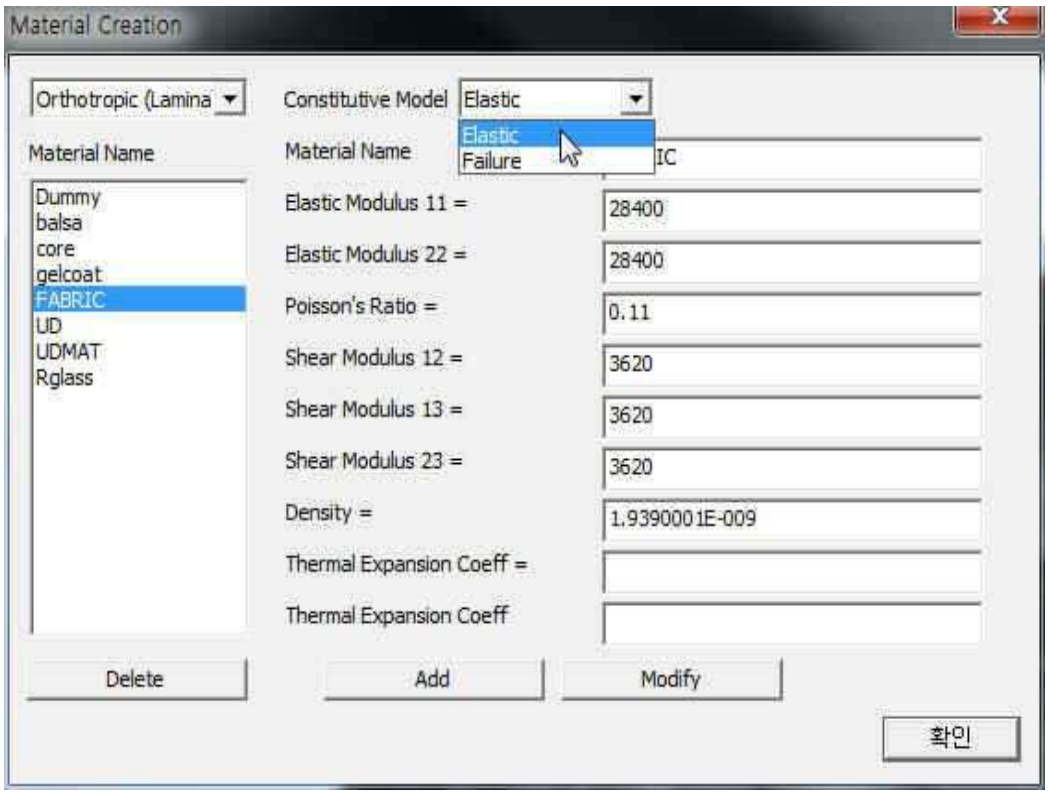
### 도면1


100
shape code
110
material property
120
laminate
130
group data
200
modeling program
210
interface program
220
data processing program
230
grouping program
240
300

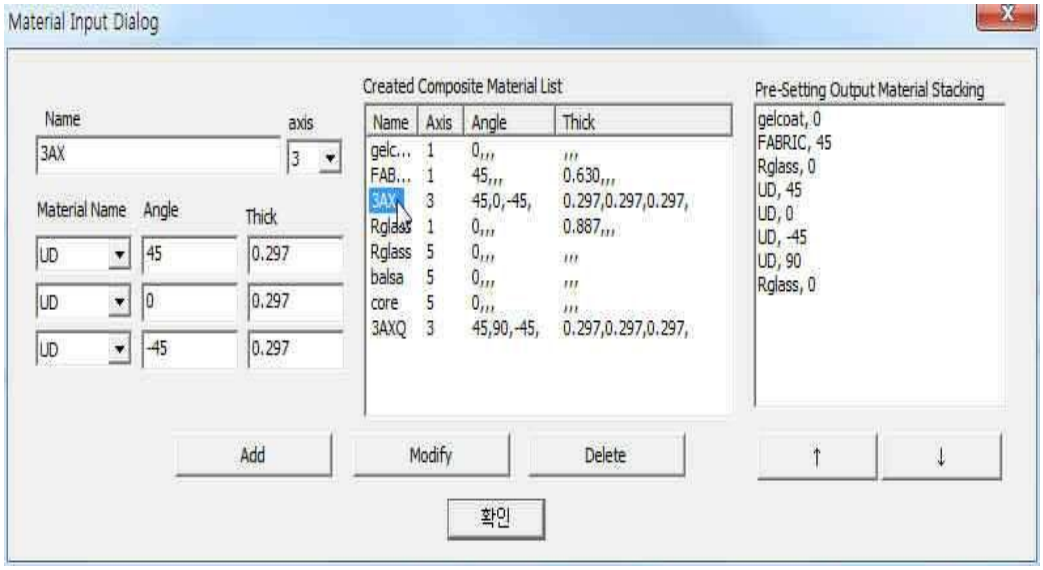
도면2


Material Creation
Isotropic
Constitutive Model
Elastic
Material Name
Material Name
balsa
Dummy
balsa
core
gelcoat
FABRIC
UD
UDMAT
Rglass
Elastic Modulus =
3720
Poisson's Ratio =
0.1
Density =
1.5E-010
Thermal Expansion Coeff =
Delete
Add
Modify
확인

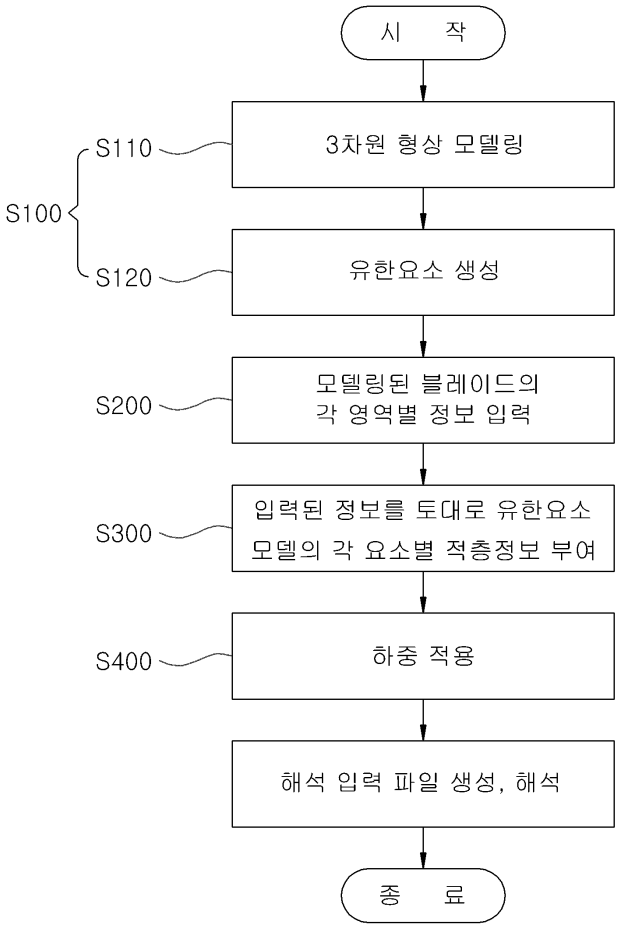
도면3


Material Creation
Orthotropic (Lamina
Constitutive Model
Elastic
Elastic
Failure
Material Name
IC
Material Name
Dummy
balsa
core
gelcoat
FABRIC
UD
UDMAT
Rglass
Elastic Modulus 11 =
28400
Elastic Modulus 22 =
28400
Poisson's Ratio =
0.11
Shear Modulus 12 =
3620
Shear Modulus 13 =
3620
Shear Modulus 23 =
3620
Density =
1.9390001E-009
Thermal Expansion Coeff =
Thermal Expansion Coeff
Delete
Add
Modify
확인

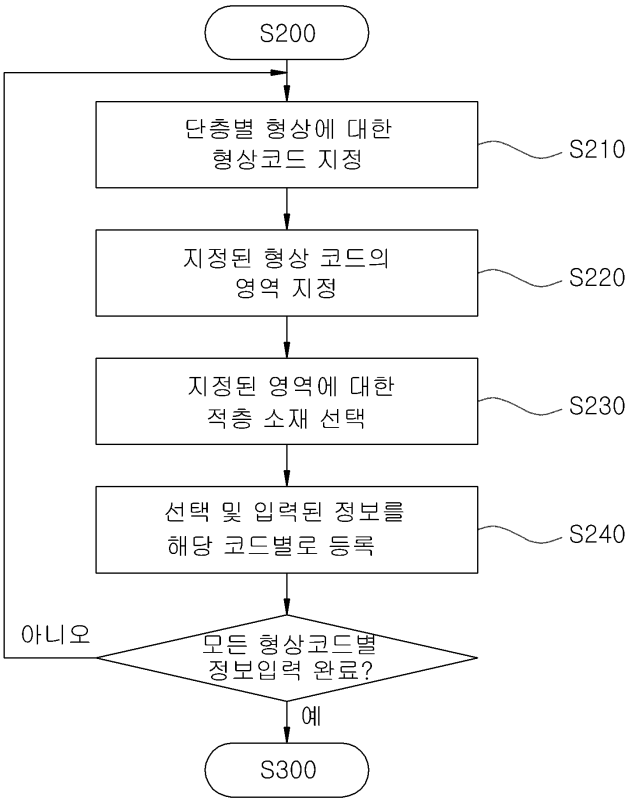
도면4


Material Input Dialog
Name
3AX
axis
3
Material Name
Angle
Thick
UD
45
0.297
UD
0
0.297
UD
-45
0.297
Created Composite Material List
Name
Axis
Angle
Thick
gelc...
1
0,,,
,,,
FAB...
1
45,,,
0.630,,,
3AX
3
45,0,-45,
0.297,0.297,0.297,
Rglass
1
0,,,
0.887,,,
Rglass
5
0,,,
,,,
balsa
5
0,,,
,,,
core
5
0,,,
,,,
3AXQ
3
45,90,-45,
0.297,0.297,0.297,
Pre-Setting Output Material Stacking
gelcoat, 0
FABRIC, 45
Rglass, 0
UD, 45
UD, 0
UD, -45
UD, 90
Rglass, 0
Add
Modify
Delete
↑
↓
확인

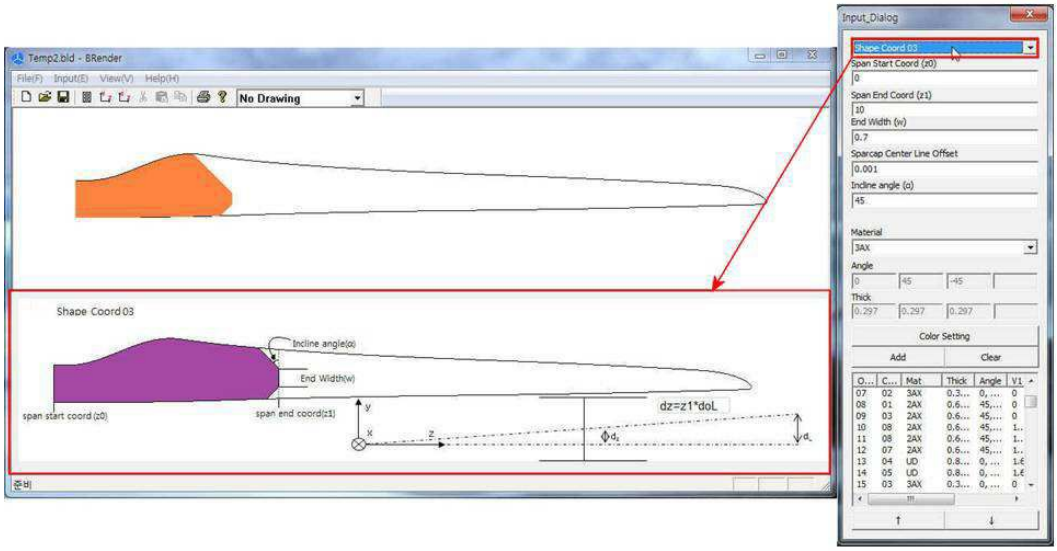
도면5


시 작
S100
S110
3차원 형상 모델링
S120
유한요소 생성
S200
모델링된 블레이드의
각 영역별 정보 입력
S300
입력된 정보를 토대로 유한요소
모델의 각 요소별 적층정보 부여
S400
하중 적용
해석 입력 파일 생성, 해석
종 료

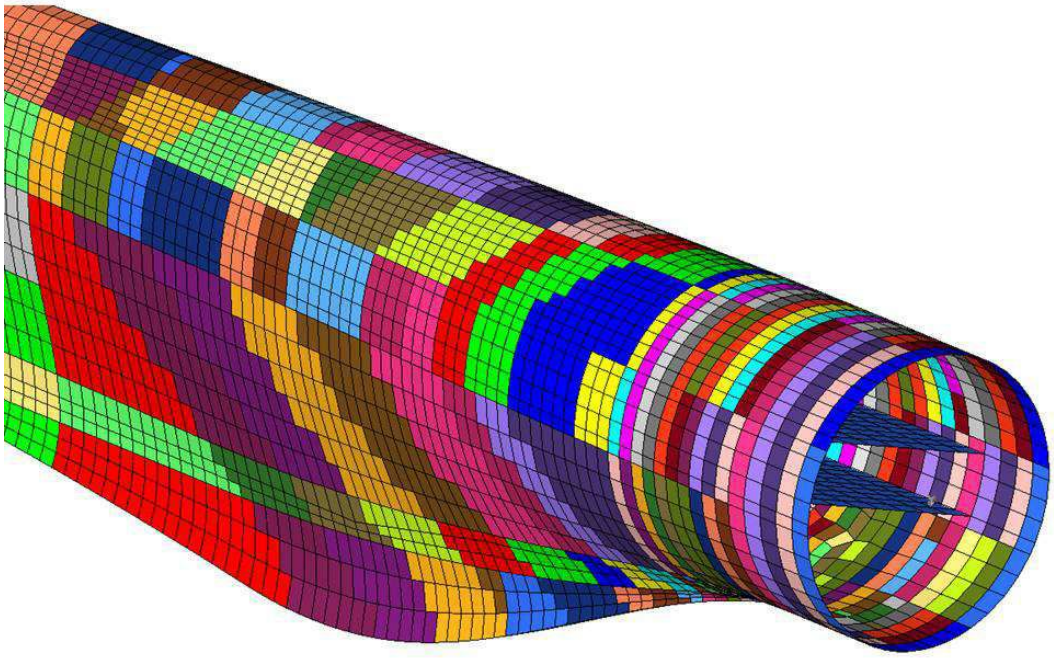
도면6


S200
단층별 형상에 대한
형상코드 지정
S210
지정된 형상 코드의
영역 지정
S220
지정된 영역에 대한
적층 소재 선택
S230
선택 및 입력된 정보를
해당 코드별로 등록
S240
아니오
모든 형상코드별
정보입력 완료?
예
S300

도면7


Temp2.bld - BRender
No Drawing
Shape Coord 03
Incline angle(α)
End Width(w)
span start coord (z0)
span end coord(z1)
dz=z1*doL
Input_Dialog
Span Start Coord (z0)
Span End Coord (z1)
End Width (w)
Sparcap Center Line Offset
Incline angle (α)
Material
Angle
Thick
Color Setting
Add
Clear

도면8



도면9

