



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2014년06월19일  
(11) 등록번호 10-1401466  
(24) 등록일자 2014년05월23일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
F03D 11/00 (2006.01) F03D 1/00 (2006.01)  
F03D 11/04 (2006.01) E04H 12/00 (2006.01)  
(21) 출원번호 10-2014-0000252  
(22) 출원일자 2014년01월02일  
심사청구일자 2014년01월02일  
(30) 우선권주장  
1020130063032 2013년05월31일 대한민국(KR)  
(56) 선행기술조사문헌  
KR1020120073785 A  
KR1020120023385 A  
KR1020110079180 A

(73) 특허권자  
한밭대학교 산학협력단  
대전광역시 유성구 동서대로 125 (덕명동)  
(72) 발명자  
최병호  
대전광역시 유성구 은구비로155번안길 64, 401호  
(74) 대리인  
김종관, 박창희, 권오식

전체 청구항 수 : 총 5 항

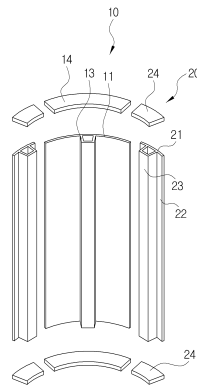
심사관 : 박종오

(54) 발명의 명칭 폐합단면 보강부를 갖는 셀 기둥

(57) 요약

본 발명은 풍력발전의 타워구조물 등에 사용되는 모듈러타워를 형성하는 셀 기둥에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 ㄷ자형 보강재가 구비된 단위모듈을 형성하고, 상기 단위모듈들을 조립하여 셀 기둥을 마련하여 모듈제작으로 인한 단면 확장 가능성으로 인해 구조효율성이 극대화되고, 운송 및 설치시에 형상 유지 및 안정성 확보에 유리할 뿐만 아니라, 국부좌굴강도 향상에 매우 효과적인 셀 기둥에 관한 것이다.

대표도 - 도13



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 2012-0095

부처명 미래창조과학부

연구사업명 기초연구사업

연구과제명 등방성 및 복합적층 이방성 평판의 폐단면리브 소요강성 연구

기 여 율 1/1

주관기관 한밭대학교

연구기간 2012.05.01 ~ 2013.04.30

---

## 특허청구의 범위

### 청구항 1

평판을 횡방향으로 곡면가공 또는 절곡가공하여 형성되는 측부재(11)와,

상기 측부재의 횡방향 양단에 형성되는 연결부(12)와,

개방된 양단이 상기 측부재(11)의 내측에 접합되어 상기 측부재(11)와 폐합단면을 이루는 보강재(13)와,

상기 측부재(11)의 종방향 일단 또는 양단에 횡방향 내측으로 접합된 끝단부 보강재(14)를 포함하여 이루어지는 복수의 단위모듈(10); 및

횡방향이 직선인 평판 및 상기 평판을 횡방향으로 곡면가공하여 형성되는 보조 측부재(21)와, 상기 보조 측부재(21)의 종방향 일단 또는 횡방향 내측으로 접합된 보조 끝단부 보강재(24)를 포함하여 이루어지는 복수의 보조 단위모듈(20);을 포함하고,

상기 단위모듈(10) 사이에 상기 보조 단위모듈(20)이 결합되어 형성되며,

상기 단위모듈(10)의 측부재(11) 양단과 외측에서 결합되는 보조 단위모듈(20)의 보조 측부재(21)와, 상기 단위모듈(10)의 측부재(11) 양단과 내측에서 결합되는 보조 보강재(23)를 포함하고, 상기 보조 보강재(23)는 개방된 양단이 외측으로 절곡된 것을 특징으로 하는 폐합단면 보강부를 갖는 셀 기둥.

### 청구항 2

삭제

### 청구항 3

삭제

### 청구항 4

삭제

### 청구항 5

삭제

### 청구항 6

제 1항에 있어서,

상기 보조 보강재(23)는

개방된 양단이 외측으로 절곡된 부분에 나사부(23-1)가 형성되며, 상기 단위모듈(10) 및 상기 보조 단위모듈(20)과 나사결합되는 것을 특징으로 하는 폐합단면 보강부를 갖는 셀 기둥.

### 청구항 7

제 1항에 있어서,

상기 단위모듈(10)은

상기 보강재(13)가 폐합단면을 이루는 폐합구간( $R_w$ )과 상기 보강재(13)가 구비되지 않은 비폐합구간( $R_s$ )을 포함 하되, 상기 비폐합구간( $R_s$ )의 길이는 상기 폐합구간( $R_w$ ) 길이의 1.5 내지 4배인 것을 특징으로 하는 폐합단면 보강부를 갖는 셀 기둥.

## 청구항 8

제 1항에 있어서,

상기 보강재(13)의 두께(Tu)는 상기 측부재(11)의 두께(Tp)의 0.5 내지 3배인 것을 특징으로 하는 폐합단면 보강부를 갖는 셸 기둥.

## 청구항 9

제 1항, 제 6항, 제 7항, 제 8항 중 선택되는 어느 하나의 폐합단면 보강부를 갖는 셸 기둥(100)이 다수 개 결합되어 이루어지는 모듈러타워(1000)로서, 상기 폐합단면 보강부를 갖는 셸 기둥(100)을 높이방향으로 조립하여 형성되는 것을 특징으로 하는 모듈러타워.

## 명세서

### 기술분야

[0001] 본 발명은 풍력발전의 타워구조물 등에 사용되는 모듈러타워를 형성하는 폐합단면 보강부를 갖는 셸 기둥에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 ㄷ자형 보강재가 구비된 단위모듈과 ㄷ자형 보조 보강재가 구비된 보조 단위모듈을 형성하고, 상기 단위모듈과 상기 보조 단위모듈들을 조립하여 셸 기둥을 마련하여 모듈제작으로 인한 단면 확장가능성으로 인해 구조효율성이 극대화되고, 운송 및 설치시에 형상 유지 및 안전성 확보에 유리할 뿐만 아니라, 국부좌굴강도 향상에 매우 효과적인 폐합단면 보강부를 갖는 셸 기둥에 관한 것이다.

### 배경기술

[0002] 지금 세계는 화석연료의 과다사용으로 인한 환경오염과 온실가스 배출로 인한 지구 온난화문제에 직면해 있으며, 많은 에너지를 얻을 수 있고 친환경적인 에너지원으로 불리던 원자력발전 또한 많은 위험성과 우려를 낳고 있는 실정이다.

[0003] 상기와 같은 문제점을 해결하기 위하여 많은 국가에서 화석연료를 대체할 신재생에너지의 연구 및 개발이 이루어지고 있으며 특히, 풍력발전은 다른 신재생에너지 중 비교적 시설이 간단하고 유지보수비용 또한 저렴하며 효율성이 높고 경제성 또한 뛰어나 많은 각광을 받고 있다.

[0004] 상기 신재생에너지의 비중은 화석연료를 대체하여 점점 증대될 것이며, 풍력발전기 또한 대용량의 풍력발전을 위해 풍력발전기의 블레이드 길이가 길어지고 발전기 중량이 증대되므로, 상기 이를 지지하는 타워구조물 또한 대형화 및 고도화가 불가피하다.

[0005] 현재 2MW 용량의 풍력발전을 위해 70m 내외 높이의 타워가 주로 설치되고 있지만, 가까운 시일에 5MW 이상의 용량을 가진 풍력발전기의 건설을 위해 약 160m 높이의 타워로 확대되어 갈 것으로 예측된다.

[0006] 상기 타워의 대형화와 고도화가 진행되면서 상기 타워의 높이 증가에 따른 비용 증가 문제와 상기 타워의 운반 및 조립의 어려움이 발생하게 되는데, 타워 제작의 모듈화는 상기 문제점을 해결할 수 있을 것이라고 제안된다.

[0007] 이는 도 1에 도시된 바와 같이, 종래선행기술 한국공개특허공보 제10-2012-0070233호의 풍력발전기의 타워 제조 방법 및 그 타워가 제안된 바 있으며, 상기 방법은 제작하고자 하는 타워의 직경과 비례하는 곡면을 가지는 단위체를 형성하고, 상기 단위체를 조립하여 기둥을 형성한 후, 상기 기둥을 높이방향으로 연결하여 풍력발전의 타워구조물을 형성하는 방법이다.

[0008] 하지만, 상기의 원통형 구조는 단면반경이 증가할수록 단면내하강도와 허용응력이 저감되는데, 타워의 단면직경이 대형화 될수록 효율성이 급격하게 저하되는 문제점이 발생하게 됨으로써 대형화 되어가는 풍력발전의 타워구조물로서의 역할에 한계가 발생한다.

[0009] 또한, 도 2에 도시된 바와 같이, 공개특허공보 제10-2012-0000315호 풍력발전기용 타워 및 이를 적용한 풍력 발

전기에는 타워벽의 높이 방향으로 이어지되, T자형상의 단면을 갖는 다수개의 보강재가 제안되어 있다.

- [0010] 하지만, 다수개의 종방향 보강재가 추가되면 열영향부가 많아져, 초기 불완전성의 관리 및 구조물 유지관리 측면에 부정적인 영향을 끼치게 된다.
- [0011] 아울러, 상기의 원통형 타워의 문제점을 보완하고자 다각형 단면의 셸 기둥이 제안되었으며, 상기 다각형 단면의 셸 기둥의 제작은 선택되는 각형의 서브패널에 맞게 후판을 절단한 후 서브패널을 둔각으로 용접하여 다각형 단면의 셸 기둥을 형성하거나, 다각형의 모서리에서 강재를 덧대어 볼트로 결합 시킨 후 용접하는 방식이다.
- [0012] 이는 종래선행기술 미국특허 제8250833호의 WIND TURBINE TOWER AND METHOD FOR CONSTRUCTION A WIND TURBINE TOWER가 제안된 바 있다
- [0013] 하지만 상기 다각형 단면의 셸 기둥은 서브패널에 종방향 보강재가 추가되면 열영향부가 많아져, 초기 불완전성의 관리 및 구조물 유지관리 측면에 부정적인 영향을 끼치게 된다.

## 선행기술문헌

### 특허문헌

- [0014] (특허문헌 0001) 특허 : 한국공개특허공보 10-2012-0070233
- (특허문헌 0002) 특허 : 한국공개특허공보 10-2012-0000315
- (특허문헌 0003) 특허 : 미국특허 8250833

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

- [0015] 본 발명은 상술한 바와 같은 문제점을 해결하기 위하여 안출된 것으로서, 본 발명의 목적은 대용량의 풍력발전을 위해 대형화와 고도화 되어가는 풍력발전의 타워구조물의 제작에 있어서, ㄷ자형 보강재가 구비된 셸 기둥을 각각 단위모듈로 나누는 모듈화를 통해 높이 증가에 따른 비용 증가 문제와 상기 타워구조물의 운반 및 조립의 어려움을 해결하는 폐합단면 보강부를 갖는 셸 기둥을 제공하는 것이다.
- [0016] 특히, 대형화와 고도화 되어가는 타워구조물에 있어서, ㄷ자형 보강재가 구비된 셸 기둥을 제공하여 운송 및 설치시에 형상유지 및 안전성 확보에 유리한 폐합단면 보강부를 갖는 셸 기둥을 제공하는 것이다.
- [0017] 또한, ㄷ자형 보강재가 구비된 보조 단위모듈을 형성하여, 셸 기둥의 제작 시 제작의 기준을 정립하게 하여 제작이 용이할 뿐만 아니라, 보조로 지지하는 보조 단위모듈로 인해 셸 기둥의 전체의 휨강성을 효율적으로 증진시키는 효과가 있는 폐합단면 보강부를 갖는 셸 기둥을 제공하는 것이다.
- [0018] 또, 대형화와 고도화 되어가는 타워구조물에 있어서, ㄷ자형 보강재가 구비된 셸 기둥을 제공하여 폐합단면을 이루어 단면회전강성발휘를 통한 국부좌굴강도 향상에 효과적일뿐만 아니라, 전체기둥의 단면 휨강성을 효율적으로 증진시키는 효과가 있는 폐합단면 보강부를 갖는 셸 기둥을 제공하는 것이다.
- [0019] 아울러, 대형화와 고도화 되어가는 타워구조물에 있어서, ㄷ자형 보강재가 구비된 셸 기둥을 제공하여 고유진동수 향상으로 공진에 안전할 뿐만 아니라, 모듈제작으로 인한 단면의 확장 가능성으로 구조효율성을 극대화할 수 있는 폐합단면 보강부를 갖는 셸 기둥을 제공하는 것이다.
- [0020] 또한, 기본 모듈 및 셸 기둥을 섬유강화플라스틱으로 제작함으로써, 다양한 방식으로 최초 설계된 형상으로 곧바로 제작 가능할 뿐만 아니라, 대형 단면이 아닌 경우에는 분절 없이 제작할 수 있는 폐합단면 보강부를 갖는 셸 기둥을 제공하는 것이다.
- [0021] 또, 다각형 단면의 셸 기둥에 대해서도 ㄷ자형 보강재를 구비함으로써, 패널 양 단의 회전구속효과로 인해 국부좌굴강도가 향상되는 효과가 있는 폐합단면 보강부를 갖는 셸 기둥을 제공하는 것이다.

## 과제의 해결 수단

- [0022] 본 발명에 따른 폐합단면 보강부를 갖는 셸 기둥은, 횡편을 횡방향으로 곡면가공 또는 절곡가공하여 형성되는 측부재; 상기 측부재의 횡방향 양단에 형성되는 연결부; 개방된 양단이 상기 측부재의 내측에 접합되어 측부재와 폐합단면을 이루는 보강재; 상기 측부재의 종방향 일단 또는 양단에 횡방향 내측으로 접합된 끝단부 보강재를 포함하여 이루어지는 복수의 단위모듈; 및 횡??향이 직선인 평편 및 상기 평편을 횡방향으로 곡면가공하여 형성되는 보조 측부재와, 상기 보조 측부재의 종방향 일단 또는 횡방향 내측으로 접합된 보조 끝단부 보강재(24)를 포함하여 이루어지는 복수의 보조 단위모듈;을 포함하고, 상기 단위모듈 사이에 상기 보조 단위모듈이 결합되어 형성되는 것을 특징으로 한다.
- [0023] 특히, 상기 보조 단위모듈은 개방된 양단이 상기 보조 측부재의 내측에 접합되어 상기 보조 측부재와 폐합단면을 이루는 보조 보강재를 포함하여 이루어지는 것을 특징으로 한다.
- [0024] 또한, 상기 단위모듈 및 상기 보조 단위모듈들은 용접 또는 나사결합되는 것을 특징으로 한다.
- [0025] 또, 상기 보조 단위모듈은 상기 보조 측부재의 양측에 볼트 나사산이 형성되어 상기 단위모듈과 나사결합되는 것을 특징으로 한다.
- [0026] 아울러, 상기 보조 단위모듈은 보조 보강재를 더 포함하고, 상기 단위모듈의 측부재가 상기 보조 측부재와 보조 보강재 사이에 결합되어 이루어지는 것을 특징으로 한다.
- [0027] 또한, 상기 보조 보강재는 개방된 양단이 외측으로 절곡되어 형성되는 나사부를 포함하고 상기 단위모듈과 나사결합되는 것을 특징으로 한다.
- [0028] 또, 상기 단위모듈은 보강재가 폐합단면을 이루는 폐합구간과 상기 보강재가 구비되지 않은 비폐합구간을 포함하되, 상기 비폐합구간의 길이는 상기 폐합구간 길이의 1.5 내지 4배인 것을 특징으로 한다.
- [0029] 아울러, 상기 보강재의 두께는 상기 측부재의 두께의 0.5 내지 3배인 것을 특징으로 한다.
- [0030] 또한, 폐합단면 보강부를 갖는 셸 기둥(100)이 다수 개 결합되어 이루어지는 모듈러타워(1000)로서, 상기 폐합단면 보강부를 갖는 셸 기둥을 높이방향으로 조립하여 형성되는 것을 특징으로 한다.

## 발명의 효과

- [0031] 본 발명에 따른 폐합단면 보강부를 갖는 셸 기둥은 대형화와 고도화 되어가는 타워구조물의 제작에 있어서, C자형 보강재가 구비된 셸 기둥을 각각 단위모듈로 나누는 모듈화를 통해 높이 증가에 따른 비용 증가 문제와 상기 타워구조물의 운반 및 조립의 어려움을 해결하는 장점을 가진다.
- [0032] 특히, 본 발명에 따른 폐합단면 보강부를 갖는 셸 기둥은 대형화와 고도화 되어가는 타워구조물에 있어서, C자형 보강재가 구비된 셸 기둥을 제공하여 운송 및 설치시에 형상유지 및 안전성 확보에 유리한 장점을 가진다.
- [0033] 또한, 본 발명에 따른 폐합단면 보강부를 갖는 셸 기둥은 C자형 보강재가 구비된 보조 단위모듈을 형성하여, 셸 기둥의 제작 시 제작의 기준을 정립하게 하여 제작이 용이할 뿐만 아니라, 보조로 지지하는 보조 단위모듈로 인해 셸 기둥의 전체의 휨감성을 효율적으로 증진시키는 효과가 있는 장점을 가진다.
- [0034] 또, 본 발명에 따른 폐합단면 보강부를 갖는 셸 기둥은 대형화와 고도화 되어가는 타워구조물에 있어서, C자형 보강재가 구비된 셸 기둥을 제공하여 폐합단면을 이루어 단면회전강성발휘를 통한 국부좌굴강도 향상에 효과적일뿐만 아니라, 전체기둥의 단면 휨감성을 효율적으로 증진시키는 효과가 있는 장점을 가진다.
- [0035] 아울러, 본 발명에 따른 폐합단면 보강부를 갖는 셸 기둥은 대형화와 고도화 되어가는 타워구조물에 있어서, C자형 보강재가 구비된 셸 기둥을 제공하여 고유진동수 향상으로 공진에 안전할 뿐만 아니라, 모듈제작으로 인한 단면의 확장 가능성으로 구조효율성을 극대화할 수 있는 장점을 가진다.
- [0036] 또한, 본 발명에 따른 폐합단면 보강부를 갖는 셸 기둥은 기본 모듈 및 셸 기둥을 섬유강화플라스틱으로 제작함으로써, 다양한 방식으로 최초 설계된 형상으로 곧바로 제작 가능할 뿐만 아니라, 대형 단면이 아닌 경우에는 분절 없이 제작할 수 있는 장점을 가진다.
- [0037] 또, 본 발명에 따른 폐합단면 보강부를 갖는 셸 기둥은 다각형 단면의 셸 기둥에 대해서도 C자형 보강재를 구

비함으로써, 패널 양 단의 회전구속효과로 인해 국부좌굴강도가 향상되는 효과가 있는 장점을 가진다.

### 도면의 간단한 설명

[0038]

도 1은 종래의 셸 기둥을 나타낸 도면.

도 2는 또 다른 종래의 셸 기둥을 나타낸 도면.

도 3은 본 발명에 따른 폐합단면 보강부를 갖는 셸 기둥을 구성하는 단위모듈을 나타낸 도면.

도 4는 본 발명에 따른 폐합단면 보강부를 갖는 셸 기둥을 단면을 나타낸 도면.

도 5는 본 발명에 따른 폐합단면 보강부를 갖는 셸 기둥을 나타낸 도면.

도 6은 본 발명에 따른 폐합단면 보강부를 갖는 셸 기둥을 구성하는 단위모듈에 U자형 보강재가 적용된 모습을 나타낸 도면.

도 7은 본 발명에 따른 폐합단면 보강부를 갖는 셸 기둥을 구성하는 단위모듈에 반원형 보강재가 적용된 단위모듈을 나타낸 도면.

도 8은 본 발명에 따른 폐합단면 보강부를 갖는 셸 기둥을 구성하는 단위모듈에 끝단부 보강재가 적용된 모습을 나타낸 도면.

도 9는 본 발명에 따른 폐합단면 보강부를 갖는 셸 기둥을 구성하는 단위모듈에 끝단부 보강재가 적용된 모습을 나타낸 분해사시도.

도 10은 본 발명에 따른 폐합단면 보강부를 갖는 다각형 셸 기둥의 단면을 나타낸 도면.

도 11은 본 발명에 따른 폐합단면 보강부를 갖는 다각형 셸 기둥을 나타낸 도면.

도 12는 본 발명에 따른 단위모듈과 보조 단위모듈을 나타낸 도면.

도 13는 본 발명에 따른 단위모듈과 보조 단위모듈을 나타낸 또 다른 도면.

도 14는 본 발명에 따른 단위모듈과 보조 단위모듈이 결합되어 셸 기둥을 형성한 것을 나타낸 도면.

도 15는 본 발명에 따른 단위모듈과 보조 단위모듈이 결합되어 셸 기둥을 형성한 것을 나타낸 또 다른 도면.

도 16은 본 발명에 따른 보조 단위모듈의 보조 보강재에 나사부가 구비된 것을 나타낸 도면.

도 17은 본 발명에 따른 보조 단위모듈에 볼트나사선이 구비된 것을 나타낸 도면.

도 18은 본 발명에 따른 단위모듈의 폐합단면과 비폐합단면과의 길이의 비교를 나타낸 도면.

도 19는 본 발명에 따른 폐합단면 보강부를 갖는 셸 기둥이 높이방향으로 조립되어 모듈러타워가 형성되는 것을 나타낸 도면.

도 20은 본 발명에 따른 폐합단면을 이루는 보강재의 단면강성 효과를 설명하기 위한 도면

도 21은 본 발명에 따른 폐합단면 보강부를 갖는 셸 기둥의 해석 결과를 나타낸 도면.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0039]

이하, 상기한 바와 같은 특징을 가지는 본 발명에 따른 폐합단면 보강부를 갖는 셸기둥을 첨부된 도면을 참조로 상세히 설명한다.

[0040]

이에 앞서, 본 명세서 및 청구범위에 사용된 용어나 단어는 통상적이거나 사전적인 의미로 해석되어서는 아니 되며, 발명자는 그 자신의 발명을 가장 최선의 방법으로 설명하기 위해 용어의 개념을 적절하게 정의할 수 있다는 원칙에 입각하여, 본 발명의 기술적 사상에 부합하는 의미와 개념으로 해석되어야만 한다.

[0041]

따라서, 본 명세서에 기재된 실시예와 도면에 도시된 구성은 본 발명의 가장 바람직한 일 실시예에 불과할 뿐이고 본 발명의 기술적 사상을 모두 대변하는 것은 아니므로, 본 출원시점에 있어서 이들을 대체할 수 있는 다양한 균등물과 변형예들이 있을 수 있음을 이해하여야 한다.

- [0042] 도 1은 종래의 셸 기둥을 나타낸 도면이고, 도 2는 또 다른 종래의 셸 기둥을 나타낸 도면이며, 도 3은 본 발명에 따른 폐합단면 보강부를 갖는 셸 기둥을 구성하는 단위모듈을 나타낸 도면이고, 도 4는 본 발명에 따른 폐합단면 보강부를 갖는 셸 기둥을 단면을 나타낸 도면이며, 도 5는 본 발명에 따른 폐합단면 보강부를 갖는 셸 기둥을 나타낸 도면이고, 도 6은 본 발명에 따른 폐합단면 보강부를 갖는 셸 기둥을 구성하는 단위모듈에 U자형 보강재가 적용된 모습을 나타낸 도면이며, 도 7은 본 발명에 따른 폐합단면 보강부를 갖는 셸 기둥을 구성하는 단위모듈에 반원형 보강재가 적용된 단위모듈을 나타낸 도면이고, 도 8은 본 발명에 따른 폐합단면 보강부를 갖는 셸 기둥을 구성하는 단위모듈에 끝단부 보강재가 적용된 모습을 나타낸 도면이며, 도 9는 본 발명에 따른 폐합단면 보강부를 갖는 셸 기둥을 구성하는 단위모듈에 끝단부 보강재가 적용된 모습을 나타낸 분해사시도이고, 도 10은 본 발명에 따른 폐합단면 보강부를 갖는 다각형 셸 기둥의 단면을 나타낸 도면이며, 도 11은 본 발명에 따른 폐합단면 보강부를 갖는 다각형 셸 기둥을 나타낸 도면이고, 도 12는 본 발명에 따른 단위모듈(10)과 보조 단위모듈(20)을 나타낸 도면이며, 도 13은 본 발명에 따른 단위모듈(10)과 보조 단위모듈(20)을 나타낸 또 다른 도면이고, 도 14는 본 발명에 따른 단위모듈(10)과 보조 단위모듈(20)이 결합되어 셸 기둥을 형성한 것을 나타낸 도면이며, 도 15는 본 발명에 따른 단위모듈(10)과 보조 단위모듈(20)이 결합되어 셸 기둥을 형성한 것을 나타낸 또 다른 도면이고, 도 16은 본 발명에 따른 보조 단위모듈(20)의 보조 보강재에 나사부가 구비된 것을 나타낸 도면이며, 도 17은 본 발명에 따른 보조 단위모듈(20)에 볼트나사선이 구비된 것을 나타낸 도면이고, 도 18은 본 발명에 따른 단위모듈(20)의 폐합단면과 비폐합단면과의 길이의 비교를 나타낸 도면이며, 도 19는 본 발명에 따른 폐합단면 보강부를 갖는 셸 기둥이 높이방향으로 조립되어 모듈러타워가 형성되는 것을 나타낸 도면이고, 도 20은 본 발명에 따른 폐합단면을 이루는 보강재의 단면강성 효과를 설명하기 위한 도면이며, 도 21은 본 발명에 따른 폐합단면 보강부를 갖는 셸 기둥의 해석 결과를 나타낸 도면이다.
- [0043] 본 발명에 따른 폐합단면 보강부를 갖는 셸 기둥(100)의 가장 큰 특징은, 모듈화를 통해 단면이  $\pi$ 자형인 보강재(13)가 내측에 구비된 단위모듈(unit module)(10)을 형성하고, 상기 단위모듈(10)들의 양단을 조립하여 상기 폐합단면 보강부를 갖는 셸 기둥(100)을 형성하는 것이다.
- [0044] 도 3에 도시된 바와 같이, 상기 단위모듈(10)은 강재인 측부재(11)의 횡방향 단면을 선택되는 단면에 맞게 곡면으로 가공하거나 절곡하여 가공(미도시)한 후, 횡방향 단면이  $\pi$ 자형인 보강재(13)를 내측에 접합한다.
- [0045] 이 때, 상기  $\pi$ 자형 보강재(13)의 개방된 양단이 내측에 접하게 된다.
- [0046] 그 후, 도 4 내지 도 5에 도시된 바와 같이, 단면이 곡면으로 가공된 다수개의 상기 단위모듈(10)은 횡방향 양단에 형성된 연결부(12)끼리 조립되어 원형 단면의 폐합단면 보강부를 갖는 셸 기둥을 형성하게 되며, 도 10 내지 도 11에 도시된 바와 같이, 단면이 절곡되어 가공된 다수개의 상기 단위모듈(10)은 조립되어 다각형 단면의 폐합단면 보강부를 갖는 셸 기둥을 형성하게 된다.
- [0047] 이 때, 상기 단위모듈(10)들의 횡방향 양단이 서로 용접되어 조립된다.
- [0048] 위와 같이, 풍력발전의 타워 및 타워구조물을 형성하는 모듈러타워(1000)의 제작 및 시공에 있어서, 상기 폐합단면 보강부를 갖는 셸 기둥(100)은 모듈화를 통해 형성된 상기 단위모듈(10)을 타워구조물을 제작하고자 하는 위치의 현장으로 운송하여 간단한 방식으로 조립되며, 상기 폐합단면 보강부를 갖는 셸 기둥(100)을 설계된 높이만큼 높이방향으로 조립하여 상기 모듈러타워(1000)를 형성하게 된다.
- [0049] 도 20은 본 발명에 따른 폐합단면을 이루는 보강재의 단면강성 효과를 설명하기 위한 도면으로서, 양 측에 굽힘 모멘트( $M_A$ ,  $M_B$ )가 작용하더라도, 수직 리브(AD, BC) 구간은 내측으로, 수평 리브(CD) 구간은 외측으로 변형함에 따라 절점 A, B에서의 회전변위를 구속하게 되며, 이에 따라 전체 유효강성이 증가하고, 곡면좌굴강도 역시 상당히 향상시키게 된다.
- [0050] 이와 같이, 상기 보강재(12)를 폐합단면을 만들 수 있도록  $\pi$ 자형으로 형성함으로써, 운송 및 설치 시 형상 유지 및 안정성 확보에 유리하며, 단면회전강성 발휘를 통해 국부좌굴강도 향상에도 매우 효과적인 장점이 있다.
- [0051] 또한, 전체 셸 기둥 단면 휨강성의 효율적 증진효과와, 고유진동수 향상 또는 조정이 용이하여 공진 등에 대해 보다 안전하게 효과적으로 대처할 수 있을 뿐만 아니라, 모듈제작으로 인한 단면확장 가능성으로 인해 구조효율성을 극대화할 수 있는 장점이 있다.

- [0052] 아울러, 단면이 다각형인 셸 기둥에 대해서도 패널 양 단의 회전구속효과를 인한 국부좌굴강도가 향상되는 효과를 가진다.
- [0053] 상기, 보강재(13)는 ㄷ자형 뿐만 아니라, 도 6에 도시된 바와 같이 단면이 U자형으로 형성 가능할 뿐만 아니라, 도 7에 도시된 바와 같이 단면이 반원형이거나 타원형(미도시)으로 형성 가능하다.
- [0054] 본 발명에 따른 폐합단면 보강부를 갖는 셸 기둥은 기존의 재질인 강재 외에 섬유강화플라스틱(FRP)을 포함하는 복합소재로도 형성할 수 있다.
- [0055] 이는 펄트루전 방식 또는 다양한 방식으로 최초 설계된 제원 형상으로 곧바로 제작 가능한 장점을 가진다.
- [0056] 특히, 상기 단위모듈(10)을 섬유강화플라스틱으로 형성함으로써, 대형 단면이 아닌 경우에 상기 단위모듈(10)을 분절 없이 한 번에 제작할 수 있는 장점을 가진다.
- [0057] 또한, 섬유강화플라스틱으로 제작된 상기 단위모듈(10) 및 상기 폐합단면 보강부를 갖는 셸 기둥(100)은 조립시 용접이 불가하므로, 볼팅 작업으로 조립하는 것이 권장되지만, 그 외 선택되는 방법으로 조립 가능하다.
- [0058] 본 발명에 따른 폐합단면 보강부를 갖는 셸 기둥(100)은 도 8 내지 도 9에 도시된 바와 같이, 상기 단위모듈(10) 종방향 양단에 횡방향 내측으로 접합되는 끝단부 보강재(14)를 포함한다.
- [0059] 상기 끝단부 보강재(14)는 상기 폐합단면 보강부를 갖는 셸 기둥(100)이 조립되어 상기 모듈러타워(1000)로 형성될 때, 상기 끝단부 보강재(14)끼리 면접결합 됨으로써, 상기 단위모듈(10)간의 접합 작업을 용이하게 할 뿐만 아니라, 수직방향 강성을 높일 수 있는 장점이 있다.
- [0060] 아울러, 본 발명에 따른 폐합단면 보강부를 갖는 셸 기둥(100)은 도 12 내지 도 13에 도시된 바와 같이, 횡방향 이 직선인 평판 및 상기 평판을 횡방향으로 곡면가공하여 형성되는 보조 측부재(21)와 상기 보조 측부재(21)의 종방향 일단 또는 횡방향 내측으로 접합된 보조 끝단부 보강재(24)를 포함하는 복수의 보조 단위모듈(20)을 포함하며, 상기 단위모듈(10) 사이에 상기 보조 단위모듈(20)이 결합되어 셸 기둥을 형성한다.
- [0061] 이 때, 상기 보조 단위모듈(20)과 상기 보조 단위모듈(20) 양측에 결합되는 상기 단위모듈(10)과 함께 결합되어 상기 보조 단위모듈(20)과 폐합단면을 이루는 보조 보강재(23)를 포함한다.
- [0062] 또한, 상기 단위모듈(10)과 유사하게 횡방향 단면이 ㄷ자형이며 개방된 양단이 상기 보조 측부재(21)의 내측에 접합되어 상기 보조 측부재(21)와 폐합단면을 이루는 보조 보강재(23)를 포함한다.
- [0063] 즉, 보조 단위모듈(20)에 형성되는 보조 보강재(23)는 타워의 크기 및 목적에 따라 상기 보조 보강재(23)의 형성 유무 및 형성 개수를 선택할 수 있다.
- [0064] 본 발명에 따른 폐합단면 보강부를 갖는 셸 기둥(100)은 ㄷ자형 보조 보강재(23)가 구비된 보조 단위모듈(20)을 형성하여, 상기 단위모듈(10)보다 비교적 소형의 보조 단위모듈(20)을 먼저 시공하고, 상기 보조 단위모듈(20)을 기준으로 상기 단위모듈(10)을 접합하여 시공할 수 있다.
- [0065] 즉, 셸 기둥의 제작 시 보조 단위모듈(20)을 통해 제작의 기준을 정립하게 하여 제작이 용이할 뿐만 아니라, 보조로 지지하는 보조 단위모듈로 인해 셸 기둥의 전체의 휨감성을 효율적으로 증진시키는 효과가 있는 장점을 가진다.
- [0066] 이는 산이나 언덕의 꼭대기 등 설치가 용이하지 않은 곳에서의 작업에 매우 유리하며, 셸 기둥(100)을 운반하여 높이방향으로 조립하는 일반적인 타워에 비해 단위모듈(10) 및 기본모듈(20)을 운반하므로 운반성이 높은 장점이 있다.
- [0067] 도 14 내지 도 15에 도시된 도면은 상기 단위모듈(10) 사이에 상기 보조 단위모듈(20)을 형성하여 셸 기둥을 형성한 것을 나타낸 도면이다.

- [0068] 본 발명에 따른 폐합단면 보강부를 갖는 셀 기둥(100)은 상기 단위모듈(100) 및 상기 보조 단위모듈(20)들이 용접 또는 나사결합되는 것을 특징으로 한다.
- [0069] 도 16에 도시된 바와 같이, 본 발명에 따른 폐합단면 보강부를 갖는 셀 기둥은 상기 단위모듈(10)의 측부재(11) 양단과 외측에서 결합되는 보조 단위모듈(20)의 보조 측부재(210)와 상기 단위모듈(10)의 측부재(11) 양단과 내측에서 결합되는 보조 보강재(23)를 포함한다.
- 이 때, 상기 보조 보강재(23)는 개방된 양단이 외측으로 절곡된 것을 특징으로 하며, 개방된 양단이 외측으로 절곡된 부분에는 나사부(23-1)가 형성되며, 도 16에 도시된 바와 같이, 상기 단위모듈(10) 및 상기 보조 단위모듈(20)과 나사결합되는 것을 특징으로 한다.
- [0070] 상기에 기재된 바와 같이, 본 발명에 따른 폐합단면 보강부를 갖는 셀 기둥은 상기 나사부(23-1)에 의해 볼팅작업을 수월하게 할 수 있는 장점이 있다.
- 아울러, 상기 보조 단위모듈(20)의 보조 측부재(21)로만 외측에서 상기 단위모듈(10)의 측부재(11)와 결합되는 방식에 비해, 상기 단위모듈(10)의 측부재(11) 내측으로 보조 보강재(23)가 더 결합되므로, 결합을 위한 볼팅작업이 용이할 뿐만 아니라, 셀 기둥의 전체적인 강도가 증대되는 장점이 있다.
- [0071] 도 17은 상기 보조 단위모듈(20) 외측에 나사결합을 위한 볼트나사선(25)이 형성된 것을 나타낸 도면이다.
- [0072] 상기 볼트나사선(25)이 미리 상기 보조 단위모듈(20)에 구비되어 있어, 상기 단위모듈(10)과 상기 보조 단위모듈(20)간의 결합을 용이하게 해주는 역할을 한다.
- [0073] 도 18에 도시된 바와 같이, 본 발명에 따른 폐합단면 보강부를 갖는 셀 기둥은 상기 단위모듈(10)에 있어서, 상기 보강재(13)가 상기 측부재(11)와 폐합단면을 이루는 폐합구간( $R_w$ )과 상기 보강재(13)가 구비되지 않는 비폐합구간( $R_s$ )을 포함하되, 상기 비폐합구간( $R_s$ )의 길이는 상기 폐합구간( $R_w$ )의 길이의 1.5 내지 4배로 형성되는 것이 권장된다.
- [0074] 아울러, 도 21에 도시된 바와 같이, 상기 보강재 두께( $T_u$ )는 상기 측부재 두께( $T_p$ )의 0.5 내지 3배로 형성되며, 실험결과로 보듯이 상기 보강재 두께( $T_u$ )는 상기 측부재 두께( $T_p$ )의 1배 내지 2배로 형성되는 것이 권장된다.
- [0075] 도 19에 도시된 바와 같이, 상기 폐합단면 보강부를 갖는 셀 기둥(100)은 설계된 높이만큼 높이방향으로 조립되어 상기 모듈러타워(1000)를 형성하게 된다.
- [0076] 본 발명에 따른 폐합단면 보강부를 갖는 셀 기둥(100)은 보조 단위모듈(20)들을 시공하고자 하는 위치에 시공하는 기준정립단계와 상기 보조 단위모듈(20) 양측에 단위모듈(10)들을 결합하여 폐합단면 보강부를 갖는 셀 기둥을 형성하는 기둥형성단계, 상기 폐합단면 보강부를 갖는 셀 기둥을 높이방향으로 조립하여 모듈러타워(1000)를 형성하는 타워형성단계를 포함한다.
- [0077] 이 때, 상기 단위모듈(10)의 끝단부 보강재(14) 및 상기 보조 단위모듈(20)의 보조 끝단부 보강재(24)끼리 면접결합되는 것을 특징으로 한다.
- [0078] 아울러, 상기 모듈러타워(1000)는 풍력발전기의 타워 및 다양한 형태의 타워구조물로 이용될 수 있으며, 폭이 일정한 상기 모듈러타워(1000) 뿐만 아니라, 상기 폐합단면 보강부를 갖는 셀 기둥(100)의 폭을 조절하여 상기 모듈러타워(1000)의 상부로 올라갈수록 폭이 좁아지는 형태의 타워구조물로도 이용될 수 있다.

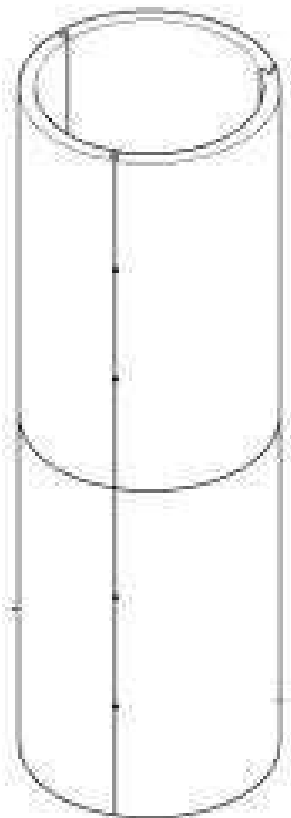
### 부호의 설명

- [0079] 10 : 단위모듈  
11 : 측부재  
12 : 연결부  
13 : 보강재  
14 : 끝단부 보강재

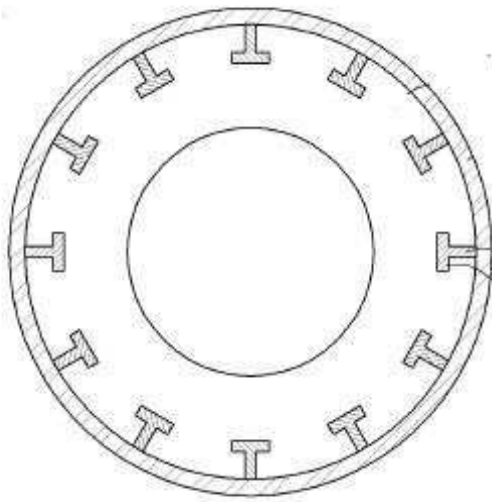
- 20 : 보조 단위모듈
- 21 : 보조 측부재
- 22 : 보조 연결부
- 23 : 보조 보강재
- 23-1 : 나사부
- 24 : 보조 끝단부 보강재
- 25 : 볼트나사선
- 100 : 셸 기둥
- 1000 : 모듈러타워
- Rw : 폐합구간
- Rs : 비폐합구간
- Tu : 보강재 두께
- Tp : 측부재 두께

## 도면

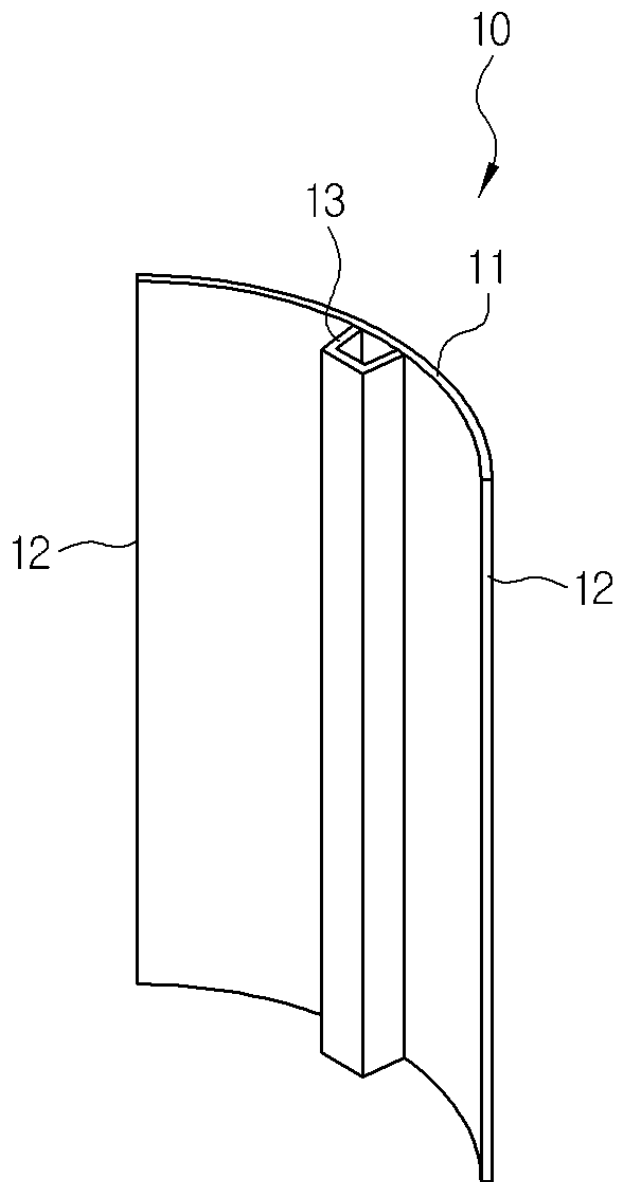
### 도면1



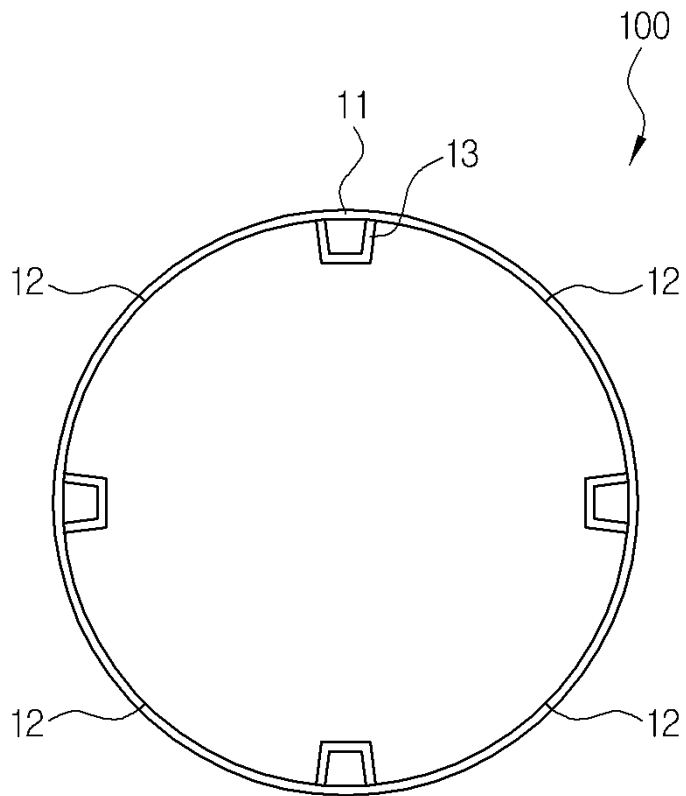
도면2



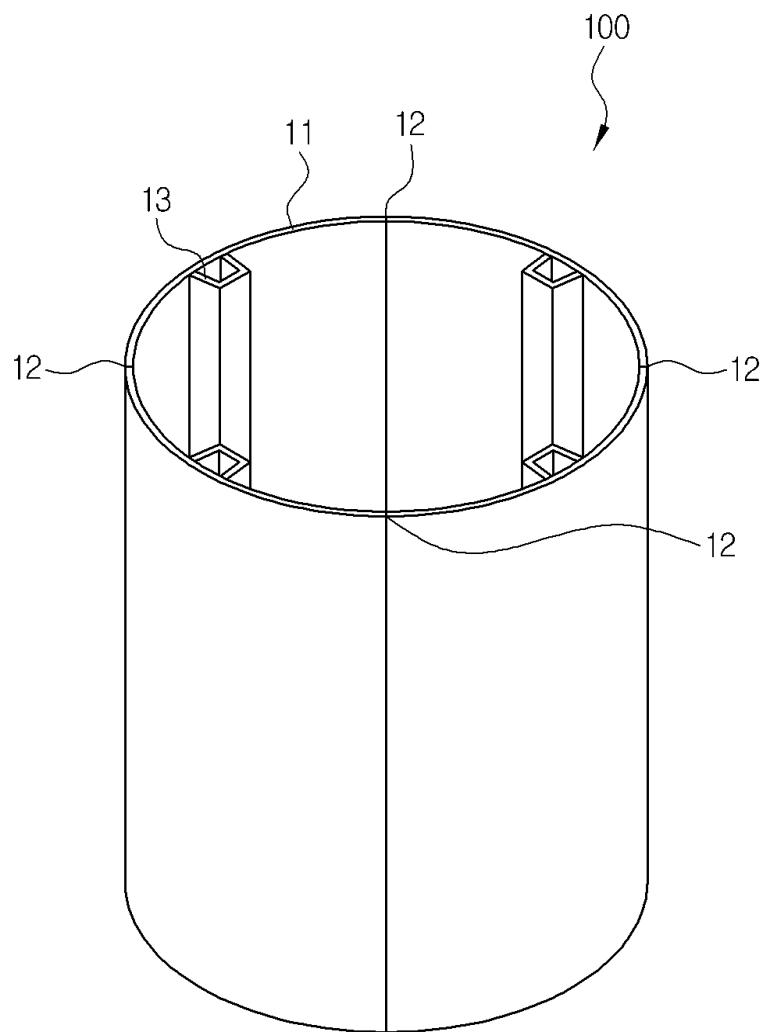
도면3



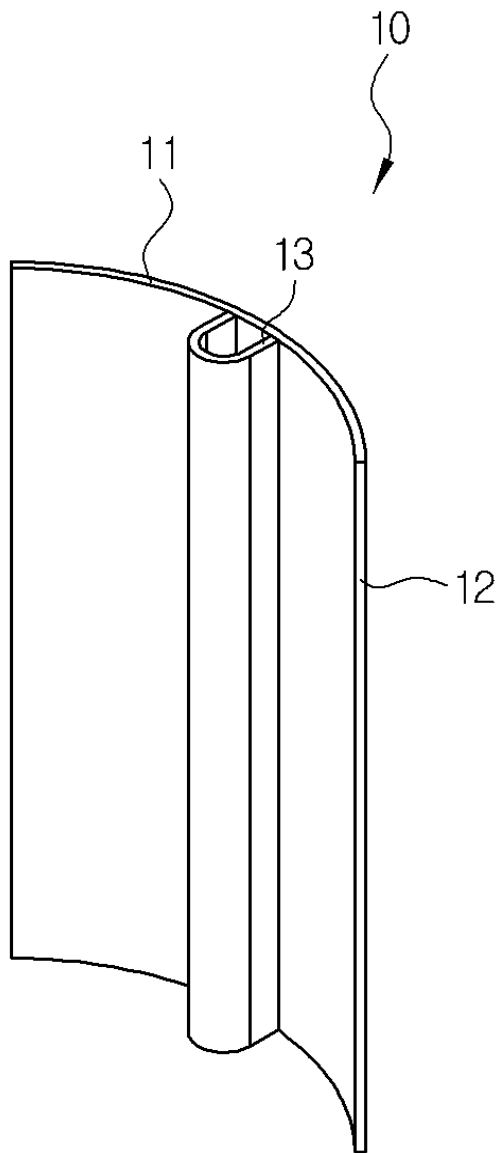
도면4



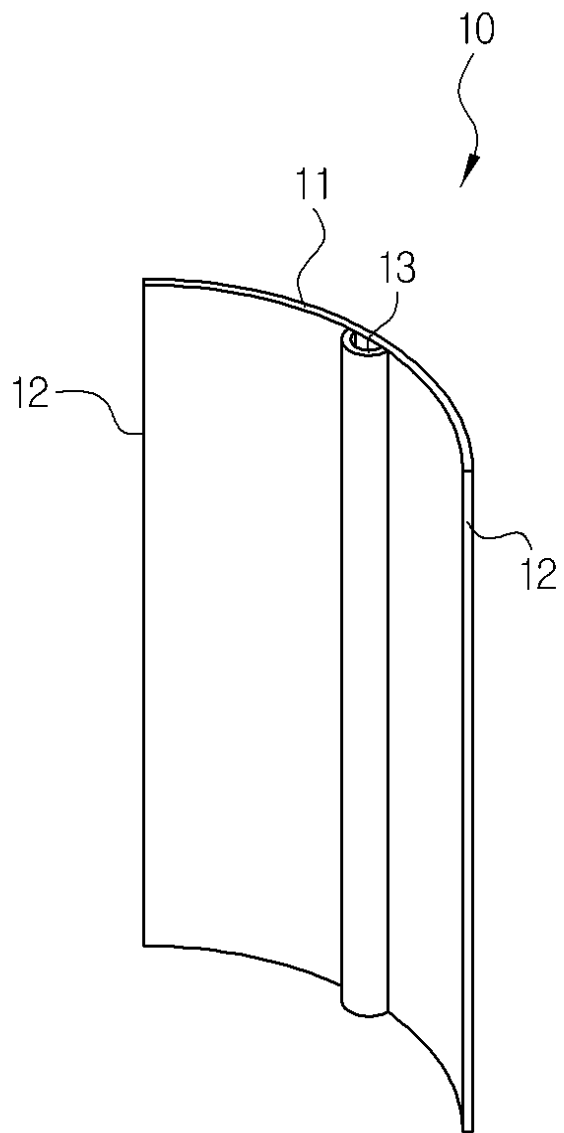
도면5



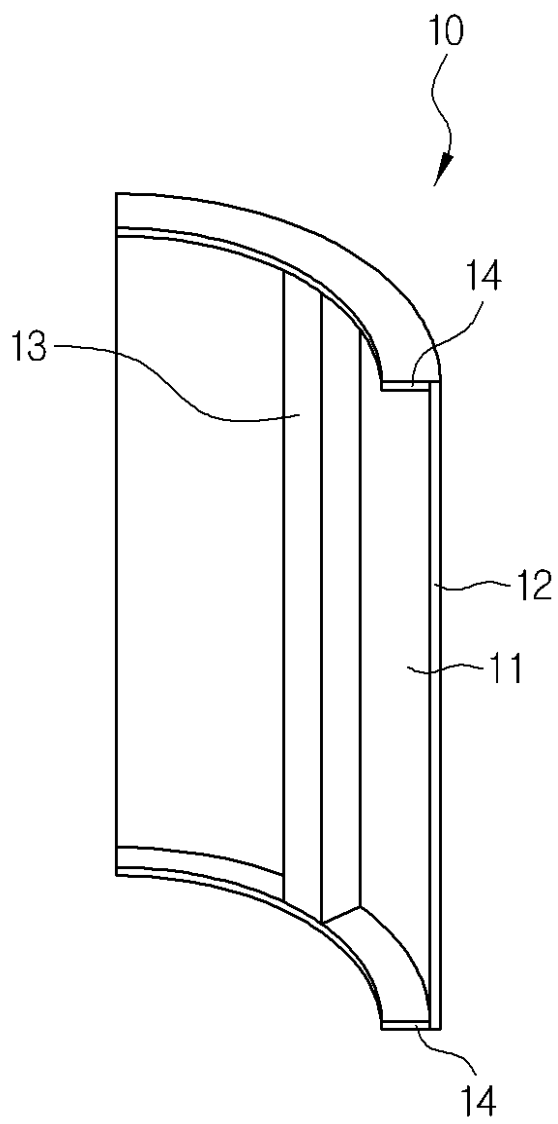
도면6



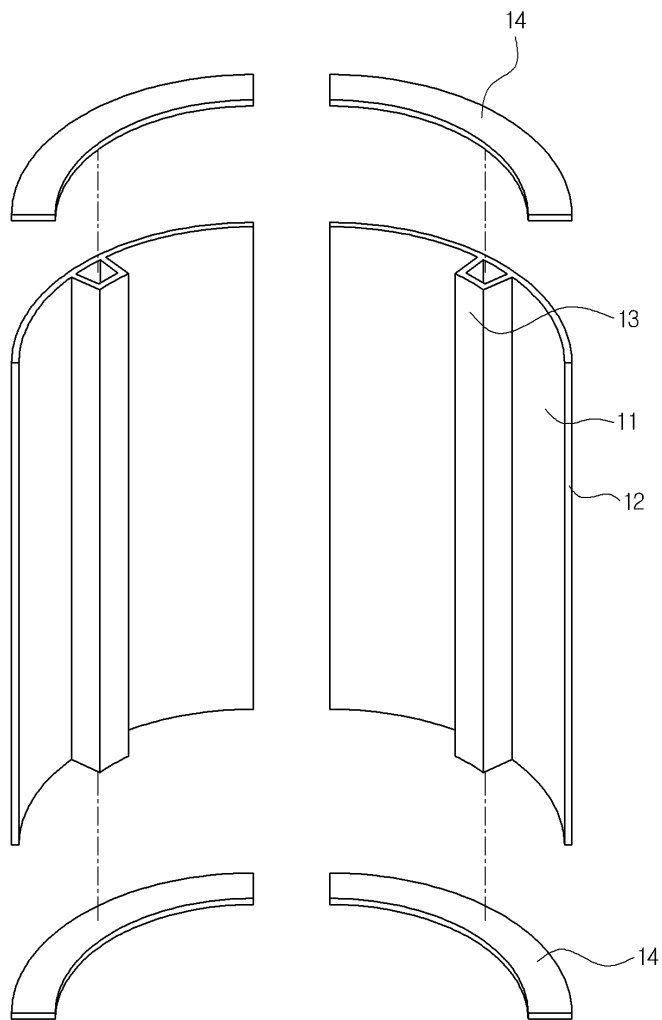
도면7



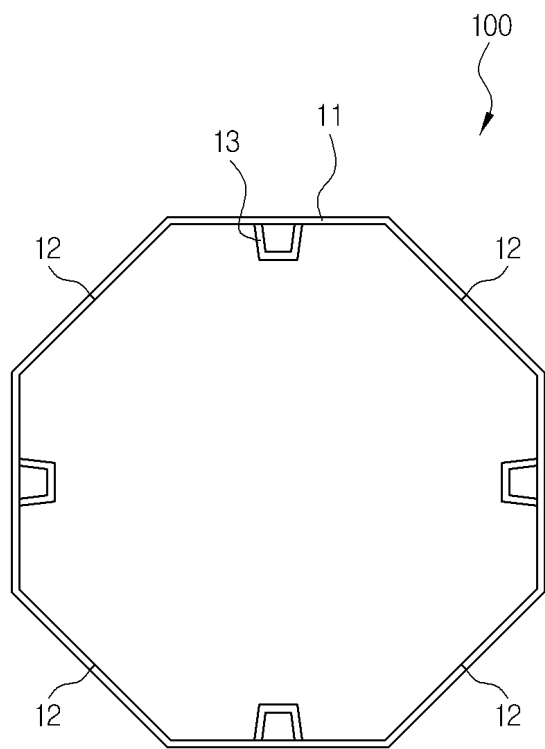
도면8



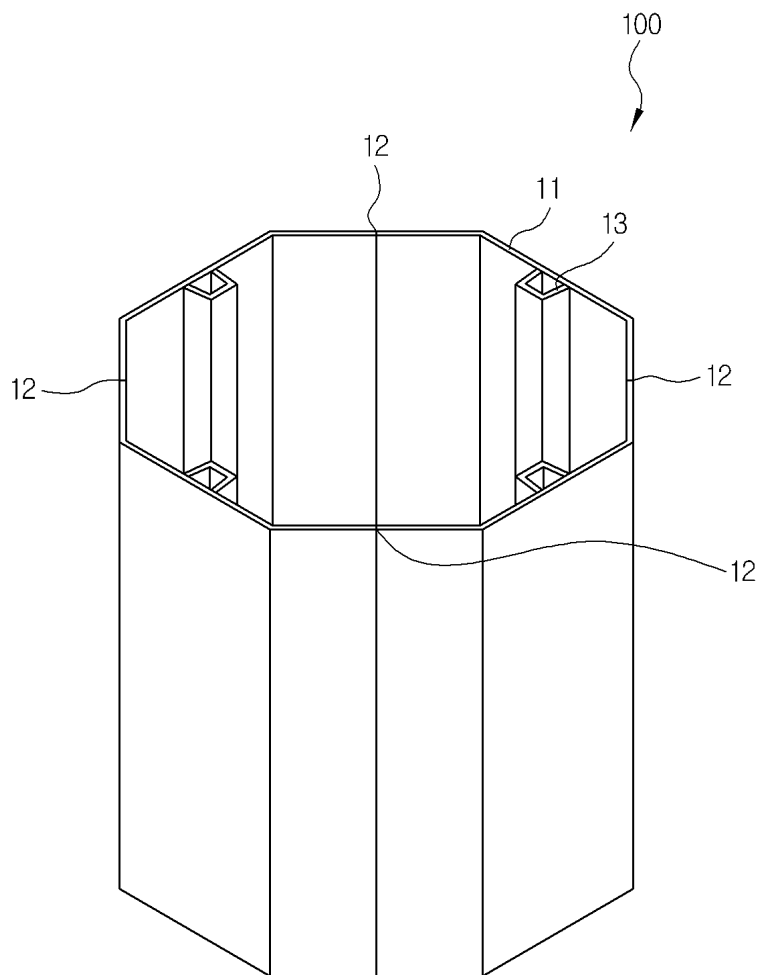
도면9



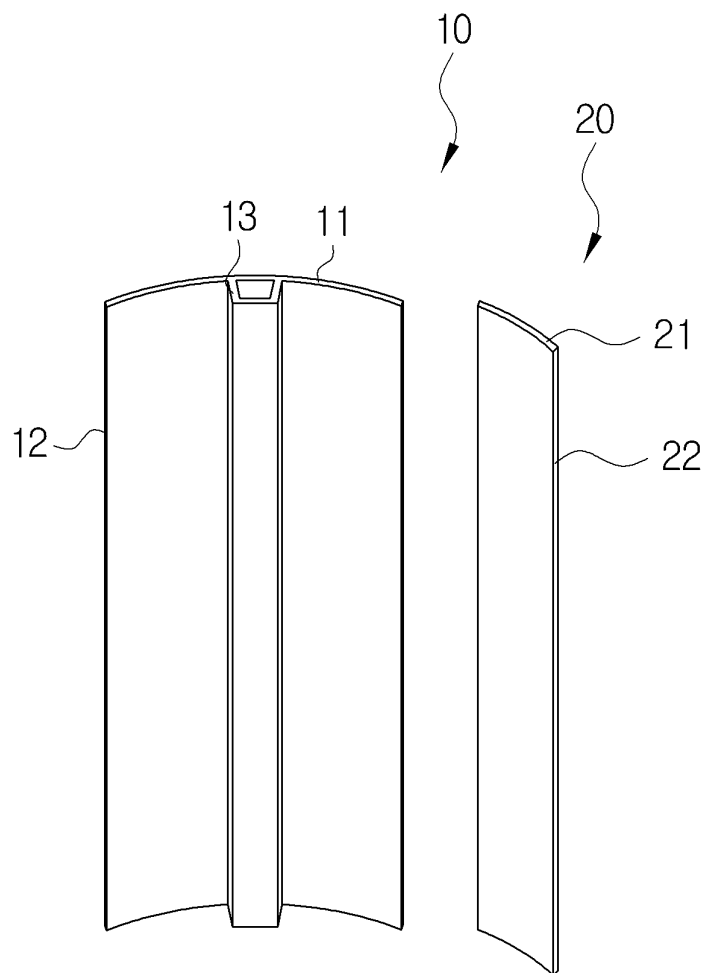
도면10



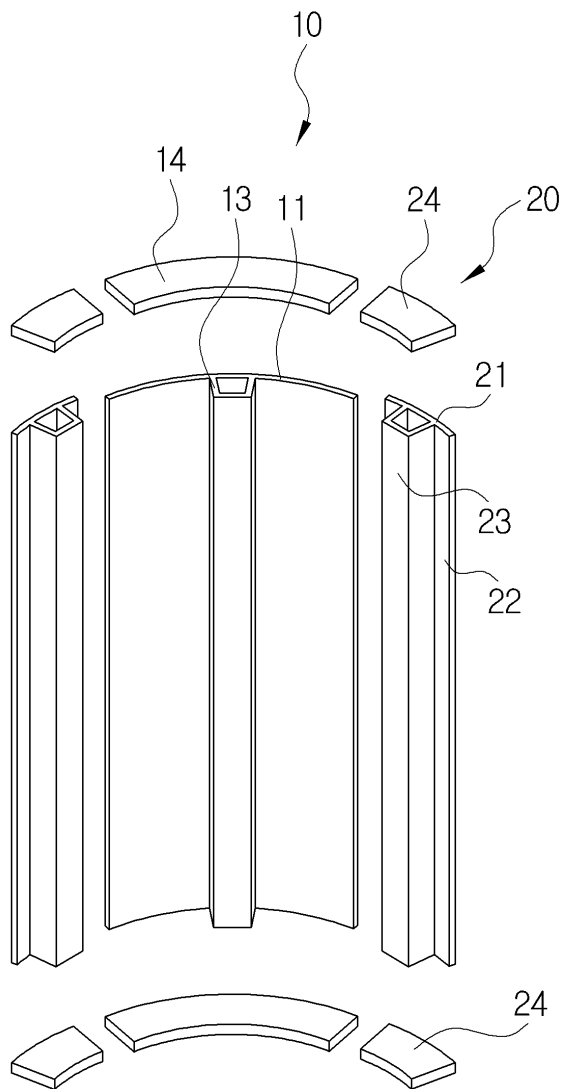
도면11



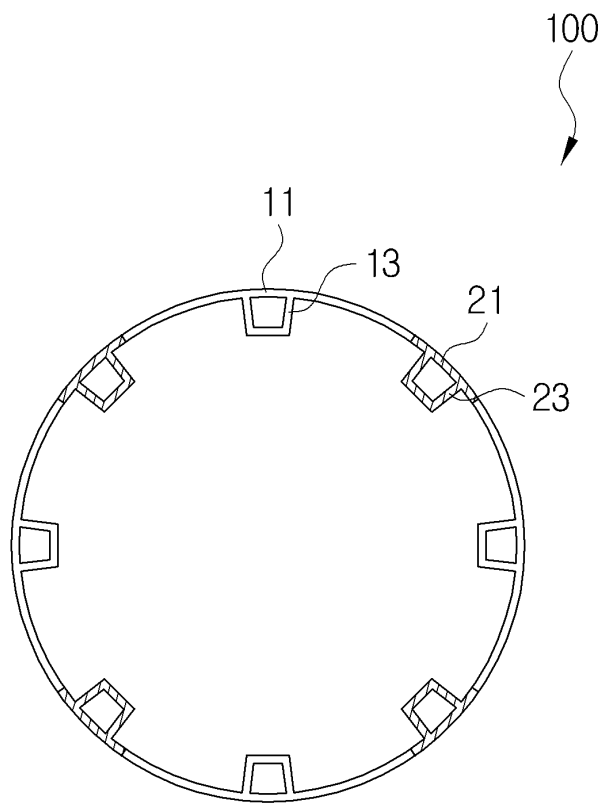
도면12



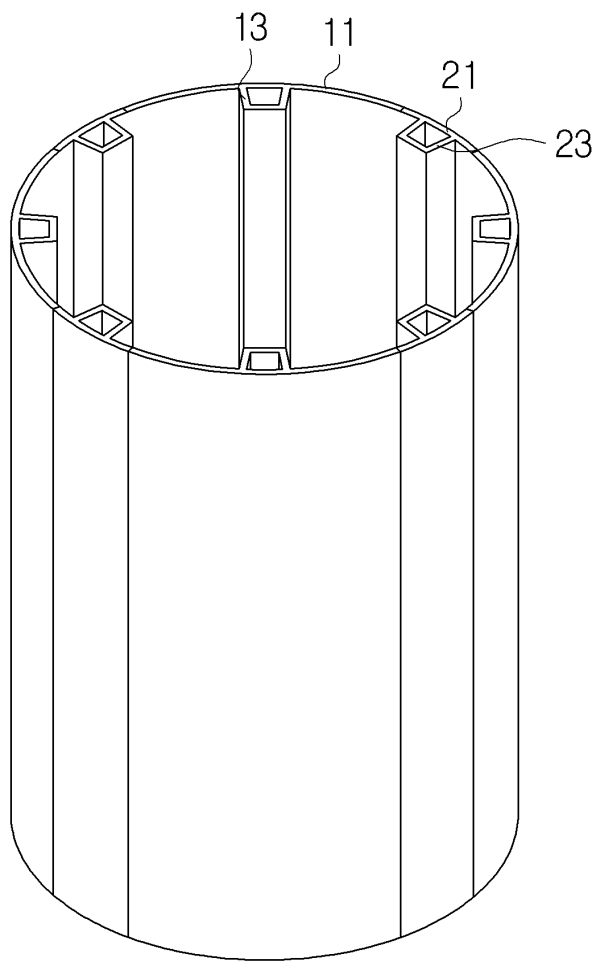
도면13



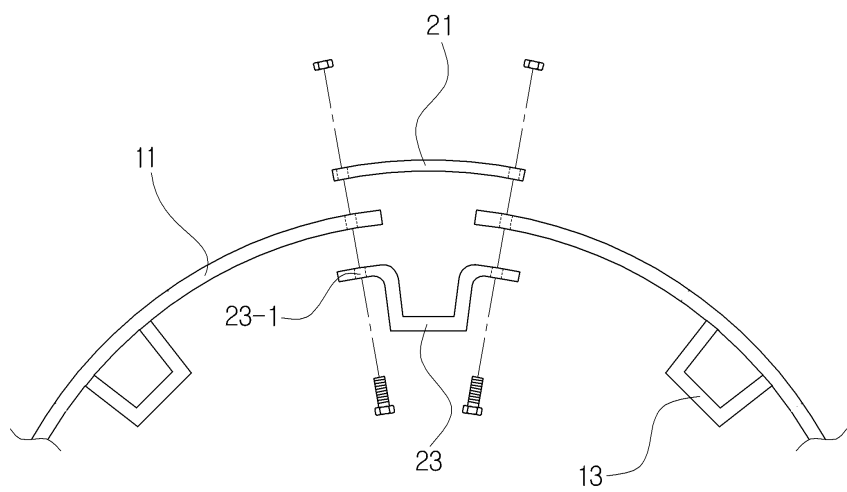
도면14



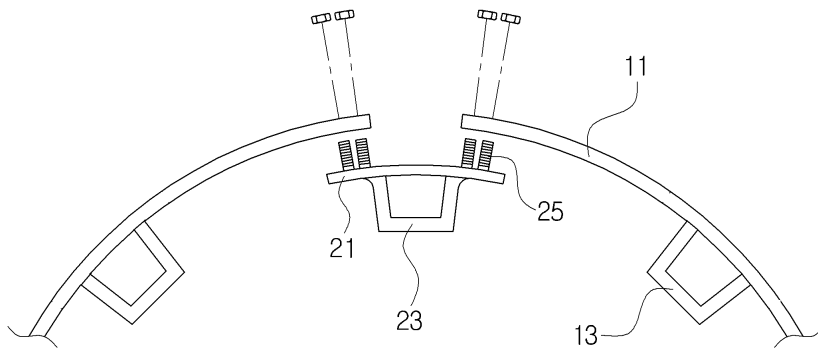
도면15



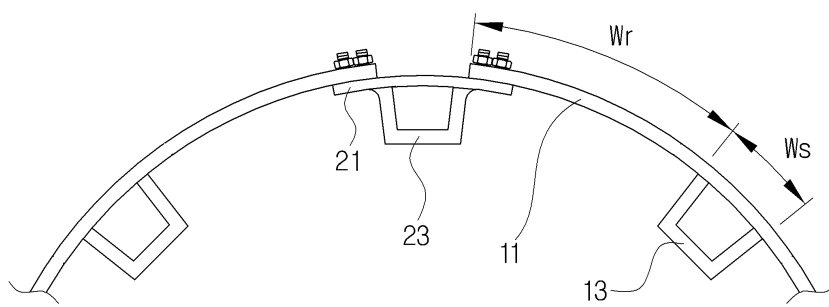
도면16



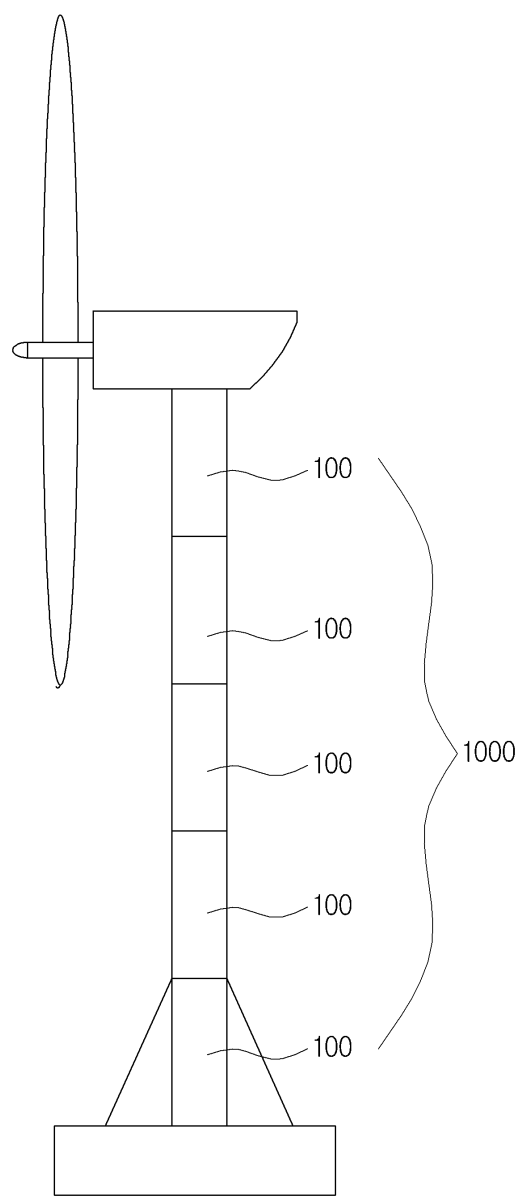
도면17



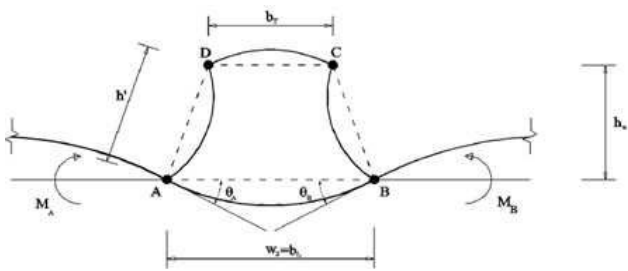
도면18



도면19



도면20



도면21

| type | Dimensions |            |           | $N_{\sigma} (\times 10 N/mm)$ |                  |       | $\Phi(k_R)$     |       |             | MODE |
|------|------------|------------|-----------|-------------------------------|------------------|-------|-----------------|-------|-------------|------|
|      | $T_0(mm)$  | $\alpha_L$ | $T_0(mm)$ | $N_{\sigma}^{ss}$             | $E_{\sigma}(10)$ | $FEM$ | $E_{\sigma}(0)$ | $FEM$ | $Diff.(\%)$ |      |
| L    | 24         | 3          | 14        | 31,7                          | 42,3             | 21,8  | 1,34            | 0,86  | 55,7%       | UB   |
|      | 24         | 3          | 16        | 31,7                          | 42,8             | 33,1  | 1,35            | 1,07  | 26,7%       | GB   |
|      | 24         | 3          | 48        | 31,7                          | 45,0             | 38,6  | 1,62            | 1,32  | 22,5%       | PB   |
|      | 18         | 5          | 10        | 67,5                          | 90,2             | 55,6  | 1,34            | 0,82  | 62,3%       | UB   |
|      | 18         | 5          | 18        | 67,5                          | 95,7             | 80,8  | 1,42            | 1,20  | 18,3%       | PB   |
|      | 14         | 7          | 9         | 203,3                         | 272,5            | 169,3 | 1,35            | 1,04  | 29,5%       | GB   |
|      | 14         | 7          | 14        | 203,3                         | 273,5            | 179,3 | 1,42            | 1,22  | 16,5%       | PB   |
| M    | 16         | 3          | 7         | 203,3                         | 288,3            | 212,6 | 1,38            | 0,99  | 39,4%       | UB   |
|      | 16         | 3          | 10        | 159,9                         | 214,4            | 137,7 | 1,40            | 1,18  | 19,1%       | GB   |
|      | 16         | 3          | 15        | 159,9                         | 216,3            | 170,7 | 1,47            | 1,31  | 11,8%       | PB   |
|      | 11         | 5          | 5         | 159,9                         | 259,2            | 211,6 | 1,38            | 1,04  | 33,1%       | GB   |
|      | 11         | 5          | 9         | 47,4                          | 65,5             | 47,0  | 1,44            | 1,35  | 6,3%        | PB   |
|      | 11         | 5          | 10        | 47,4                          | 66,6             | 55,9  | 1,46            | 1,39  | 5,0%        | PB   |
|      | 9          | 6          | 4         | 47,4                          | 69,5             | 62,1  | 1,38            | 1,14  | 21,8%       | GB   |
|      | 9          | 6          | 5         | 15,4                          | 21,3             | 16,0  | 1,39            | 1,28  | 8,8%        | PB   |
|      | 9          | 6          | 15        | 15,4                          | 22,2             | 20,9  | 1,62            | 1,60  | 0,7%        | PB   |
|      | 8          | 7          | 4         | 15,4                          | 22,5             | 21,4  | 1,39            | 1,20  | 16,0%       | GB   |
|      | 8          | 7          | 6         | 8,4                           | 11,7             | 9,6   | 1,43            | 1,36  | 4,7%        | PB   |
|      | 8          | 7          | 10        | 8,4                           | 11,8             | 10,8  | 1,54            | 1,53  | 0,3%        | PB   |
|      | 7          | 9          | 4         | 8,4                           | 13,6             | 13,5  | 1,40            | 1,15  | 21,2%       | GB   |
|      | 7          | 9          | 8         | 5,9                           | 8,2              | 7,1   | 1,51            | 1,51  | 0,2%        | PB   |
|      | 7          | 9          | 20        | 5,9                           | 8,4              | 8,1   | 1,71            | 1,69  | 0,9%        | PB   |
| S    | 11         | 5          | 5         | 5,9                           | 9,1              | 9,1   | 1,46            | 1,11  | 31,2%       | GB   |
|      | 11         | 5          | 8         | 4,0                           | 5,5              | 4,6   | 1,49            | 1,37  | 8,8%        | PB   |
|      | 9          | 6          | 4         | 4,0                           | 6,0              | 6,0   | 1,46            | 1,22  | 19,4%       | GB   |
|      | 9          | 6          | 5         | 4,0                           | 6,8              | 6,7   | 1,47            | 1,35  | 8,9%        | PB   |
|      | 9          | 6          | 9         | 15,4                          | 22,5             | 17,2  | 1,53            | 1,47  | 3,9%        | PB   |
|      | 8          | 7          | 4         | 15,4                          | 22,9             | 21,0  | 1,47            | 1,30  | 12,5%       | GB   |
|      | 8          | 7          | 6         | 15,4                          | 23,1             | 21,5  | 1,49            | 1,41  | 5,7%        | PB   |
|      | 8          | 7          | 20        | 8,4                           | 12,3             | 6,8   | 1,70            | 1,68  | 1,1%        | PB   |
|      | 7          | 9          | 4         | 8,4                           | 12,3             | 10,3  | 1,47            | 1,29  | 14,1%       | GB   |
|      | 7          | 9          | 7         | 8,4                           | 12,4             | 11,4  | 1,53            | 1,49  | 2,1%        | PB   |
|      | 7          | 9          | 14        | 8,4                           | 12,9             | 12,4  | 1,66            | 1,67  | -0,2%       | PB   |