

## (주)자라윈드

주식회사 자라윈드는  
국내 최고의 풍력 발전기  
블레이드 유지보수  
전문 회사입니다



# ZARAWIND

풍력 블레이드 전문 기업  
대한민국 No.1 자라윈드

Addr. 전북 군산시 산단남북로 193, 203호  
Tel. 063-465-0044  
Fax. 063-465-9114  
E-mail. admin@zarawind.co.kr  
Homepage. www.zarawind.co.kr



본 문서는  
대한민국 풍력 산업 관계자들의  
블레이드 명칭 및 결함에 대한 이해와  
상호간의 소통의 편리함을 위하여  
제작되었습니다.

본 문서에 포함된 각종 삽화와 내용은  
해외에서 널리 사용되는 교보재와  
당사 교육 자료 및 풍력 관련 문헌 등을 살펴  
직접 제작한 것입니다.

저작권은 당사에 귀속됨을 알려드리며  
본 문서의 상업적 사용을 금합니다.

기타 궁금한 사항이 있으시면  
www.zarawind.co.kr  
bladesafer@zarawind.co.kr  
063)465-0044  
로 문의 바랍니다.

감사합니다.

자라윈드 대표  
박승희 배상

# 2006

(주)KM 풍력블레이드 도장부 협력사 운영  
(주)KM 풍력블레이드 단품 제작 생산파트  
협력사 운영

# 2011

(유)JDC 한주 설립

# 2017

중소벤처기업부 장관 표창

# 2020

(주)자라윈드 설립  
풍력블레이드 유지보수사업부 개시  
풍력블레이드 도장 및 파츠 제작  
-(주)휴먼컴퍼지트 사내 협력사

# 2021

두산에너지빌리티,  
현대일렉트릭 협력사 등록  
각종 해외 인증 획득

주식회사 자라윈드는  
다년간의 축적된 노하우로  
명실공히 대한민국 블레이드 O&M의  
선두주자입니다

오직 풍력 O&M에 특화된  
자사 정규 인력을 바탕으로  
국내 최고의 블레이드 O&M 분야 ISP로서  
고객사의 모든 요구에 맞추어  
합리적인 O&M 전략을 제시합니다



KBS [다큐ON] 20207017

**DOOSAN** Enerbility

**현대일렉트릭**

EC  
ITB

IAF  
INTERNATIONAL  
ASSOCIATION  
OF  
FRIGORIFICATION  
TECHNOLOGISTS

GW

# 안전, 자라윈드의 또 다른 이름

풍력발전기는  
지상 100미터 높이에서 운전합니다.  
지상에서 가장 높은 곳에 설치된 고전압 발전기에는  
필요한 모든 안전교육을 이수한  
고숙련 기술진이 투입되어야 합니다.

우리는 고공작업에 특화된 기술팀을 보유하고 있습니다.  
최고 등급의 IRATA 회원, 응급처치강사, 인명구조요원 등으로  
구성된 기술팀에게 창사 이래  
무사고-무재해는 자부심이자 자랑거리입니다.

지속가능한 미래와 고객의 소중한 자산  
그리고  
우리 자신을 위해 절대적인 안전 작업을 추구합니다.

Chief Manager  
Irata Lev.3  
EFR Instructor

Rope Manager  
Irata Lev.3  
인명구조요원



GWO Sea Survival



GWO BST



SKY 750N  
최고 작업 높이: 73M

## 자라윈드의 기술력은 각종 국내외 인증과 다양한 고객사로부터 확인할 수 있습니다

### 벤처 인증 및 연구개발



· 기업부설연구소



- UBOP
- Blade Balancer
- 블레이드 세척 장치 외

### 기술 인력 및 해외 인증



국제 산업 로프 접근  
무역 협의회  
최고등급 Level 3

ISO 9001:2015  
풍력발전기  
블레이드 유지보수

국제풍력협회  
BST, BR

엔지니어링  
건설산업  
교육위원회  
MJ1.10.18.19

방폭공사자격  
EX 01,02,03,04

방폭 공사 자격  
EX01,07,08

미국 비파괴검사 협회  
Level 2 (UT,PT,MT)

### 주요 고객사



# 자라윈드의 강점은 블레이드 O&M 종합 관리 다양한 해외 솔루션 적용 에 있습니다

**레인카라**  
**Rain Collar**  
설치, 검사, 보수

**스피너와 나셀**  
운송 및 설치 중 파손 검사  
복합소재 수리

**블레이드 성능 향상**  
Add-On 설치 (Multi Brand or OBM)  
Weight balancing (COG 맞춤 시공)  
표면 공학적 향상 (Multi Brand)

**드론 검사**  
수리 전 포인트 확인 및 견적  
보증 만료 전 검사 (옵션)

**T-bolt**  
Torque 검사(Hydro, NDT)  
Cross Nut 적출 및 재설치

**Tower**  
토크 검사  
(Tower Joint, Tray bolt)  
운송 및 설치 중 파손 검사 (NDT)  
보수(볼팅, 용접 및 도장)  
청소

**내부 결함  
검사 & 수리 & 보강**  
표면, 접착 박리  
접착 실패 / 코어 박리  
라미네이션 손상  
라미네이션 분리 / 균열  
검사 및 수리

**LEP**  
**Leading Edge Protection**  
**앞면 보호**  
LEP 부분 보수  
LEP 교체, 시공  
(Multi Brand)

**표면 결함  
청소 & 검사 & 수리**  
낙뢰 손상  
조류 충돌 손상  
침식  
파임  
균열

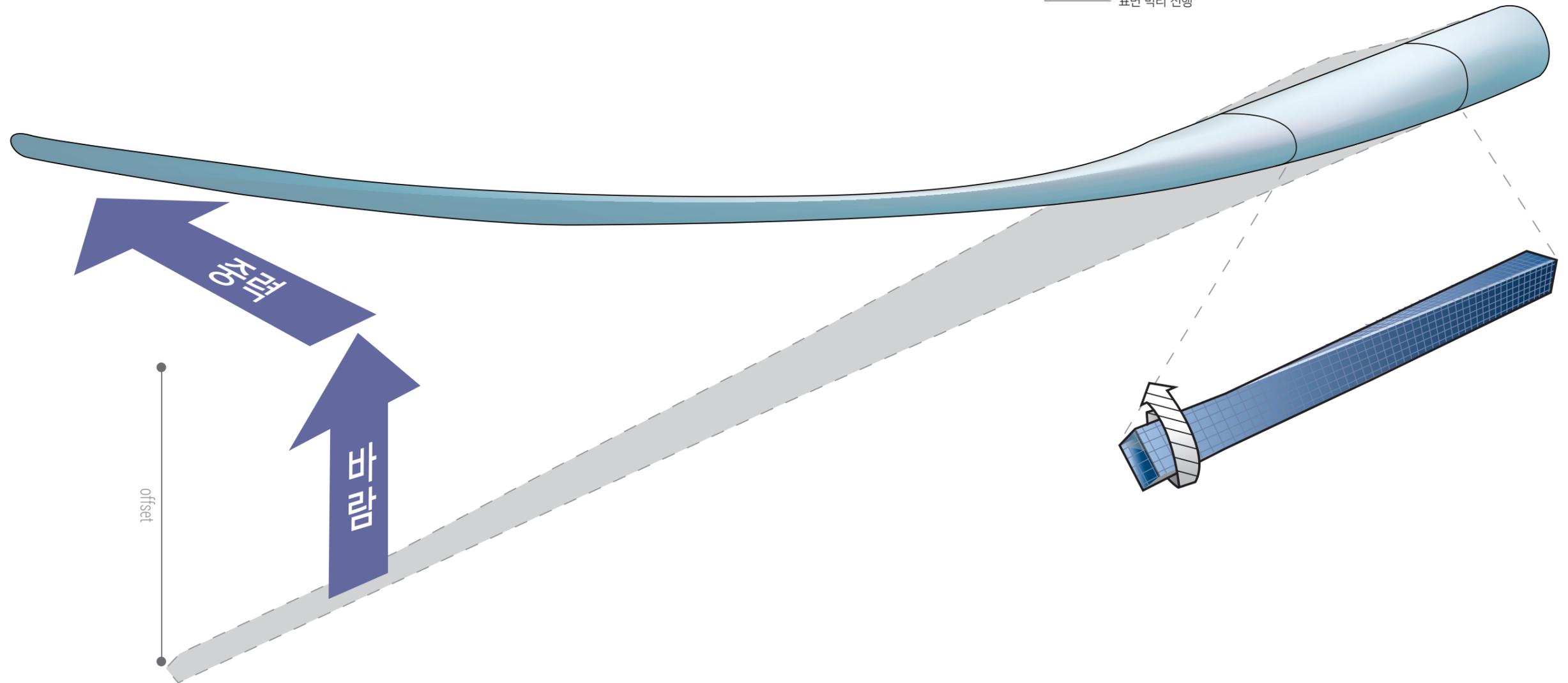
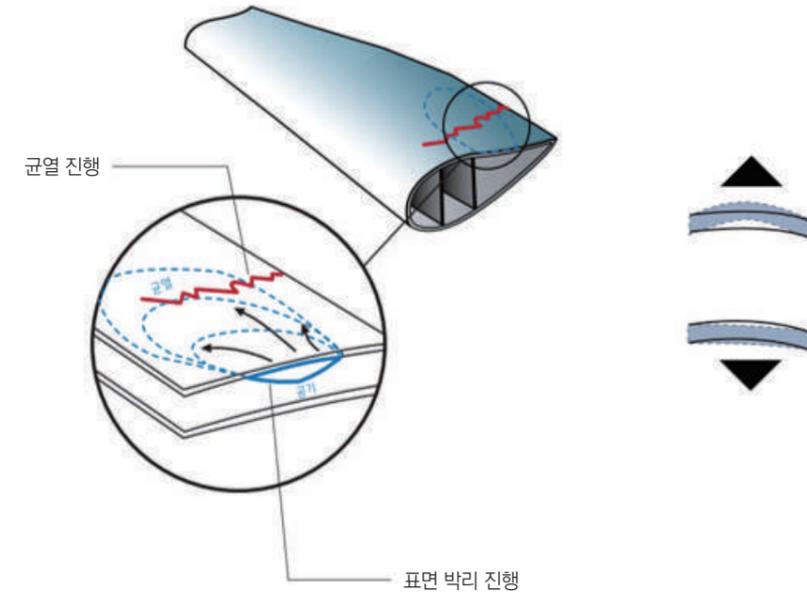
**낙뢰 보호 시스템**  
Receptacle 통전 검사, 기능 복원  
Receptacle 성능 개선  
(Multi Brand)

# 블레이드의 뒤틀림

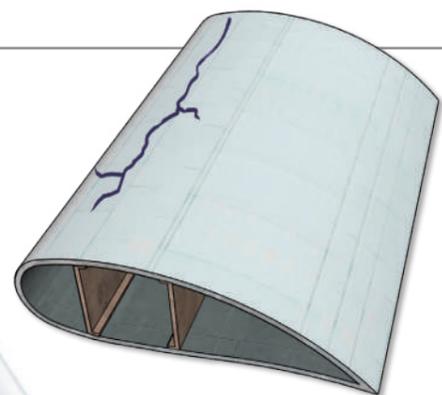
운전중의 블레이드는

공력에 의한 굽힘 하중과 난류(turbulence), 돌풍(gust)에 의한 피로 하중을 지속적으로 받습니다.

가혹한 조건 속에서 블레이드 내외부는 접합부 탈락과 균열 등의 결함이 발생하며 지속적인 검사와 수리 및 보강을 통해 관리 되어야 합니다.

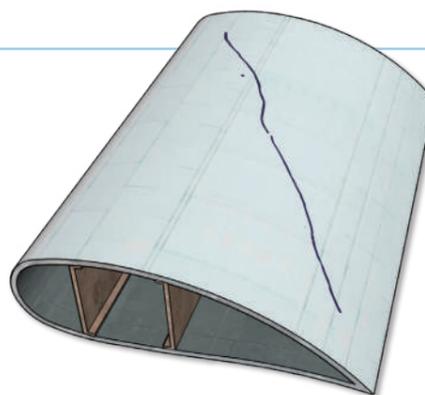


# 블레이드 표면 결함 유형



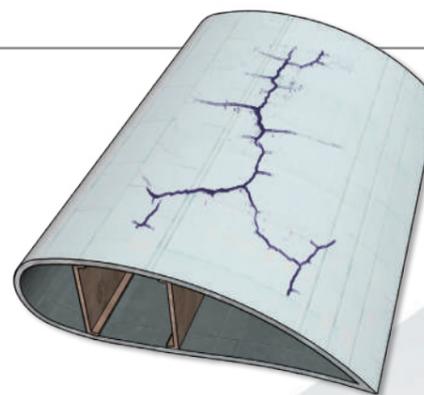
**앞전 수직 균열**  
Longitudinal cracks on LE bond lines

진행 부위, 방향, 깊이, 적층 방향 및 진행중인 erosion과의 수리 주기에 따라 다양한 수리 전략을 고려해야 한다



**표면상 45° 균열**  
45° cracks on surface

진행 부위, 방향, 깊이, 적층 방향에 따라 다양한 수리 전략을 고려해야 한다



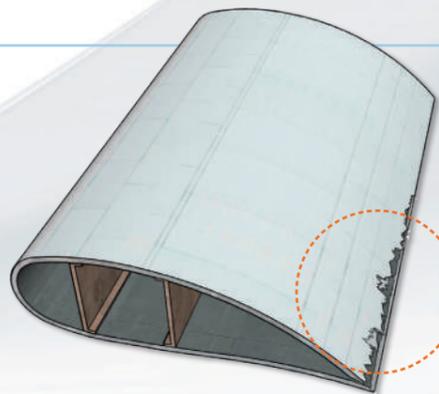
**표면상 기타 균열**  
Other cracks on surface

진행 부위, 방향, 깊이, 적층 방향에 따라 다양한 수리 전략을 고려해야 한다



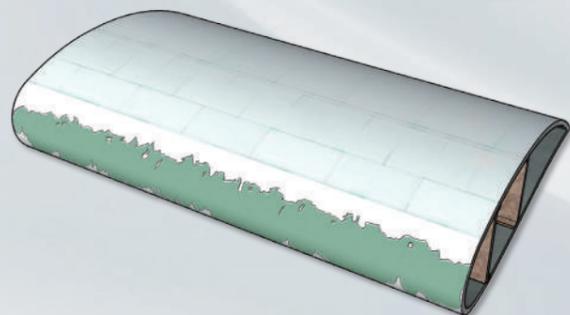
**앞전 보호 테이프 손상**  
LEP tape defects

테이프 찢김 등의 손상 확인



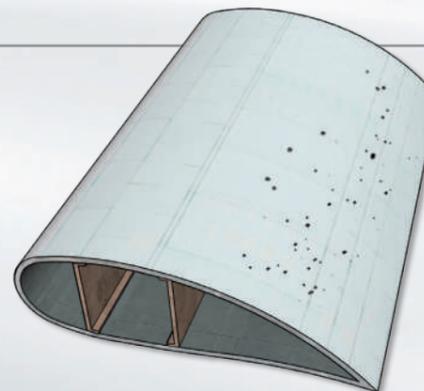
**뒷전 접착선 개방**  
Open bond line in TE

진행성이 강하며 내부 오염 유발 구조용 접착제로 마감되어야 함



**앞전 침식**  
Leading edge erosion

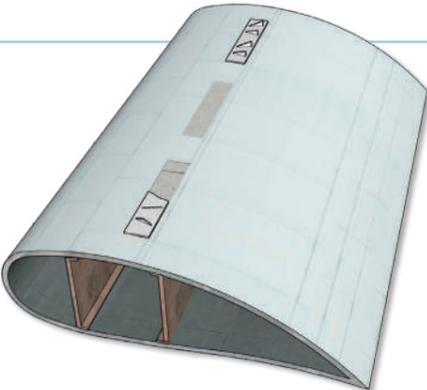
고속으로 바람을 가르는 앞전에 주로 발생 앞전의 침식 및 오염은 이중 실속을 유발 발전효율성에 저해하는 주요 요인



**핀홀**  
Pinhole

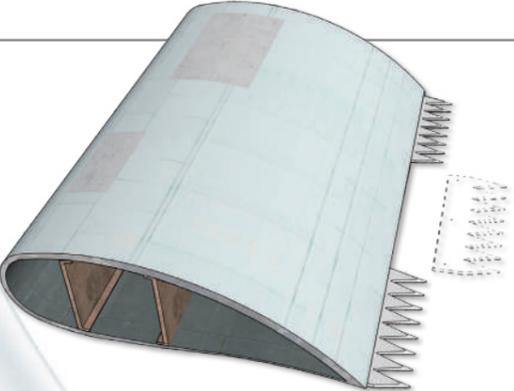
라미네이션 노출 정도를 살펴야하며 핀홀의 집중도 및 범위, 발생 부위에 따라 다양한 수리 전략을 고려한다.

블레이드 표면 결함 유형



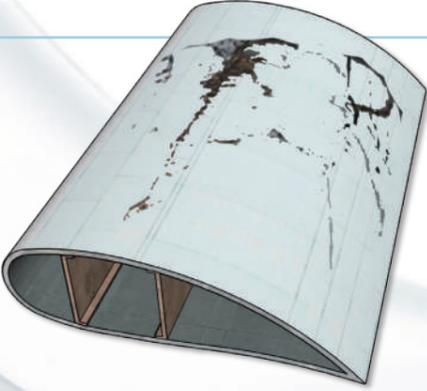
**와류발생기 탈락**  
Vortex generator defects

와류발생기의 접착강도, 탈락, 균열 확인



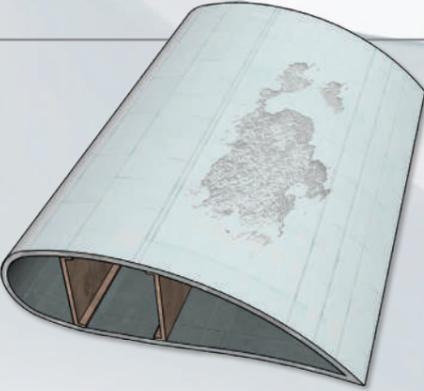
**표면 부착물 건전성**  
Add-on defects

접착 강도, 탈락, 균열 확인  
Spoilers, dinoshell, serration, gurney flaps



**유압유 오염**  
Blade with hydraulic oil

유압유 혹은 구리스에 의한 오염으로 크랙과 혼동할 수 있어 기술자가 접근하여 정확한 검사를 진행해야 한다



**도장 손상**  
Paint damages

복합소재는 자외선 노출이 취약하며 특히 Tip 쪽의 도장 손상은 즉시 수리되어야 함  
도장은 온도, 습도, 이슬점, Interval 시간을 고려 숙련 작업자가 시공 필요

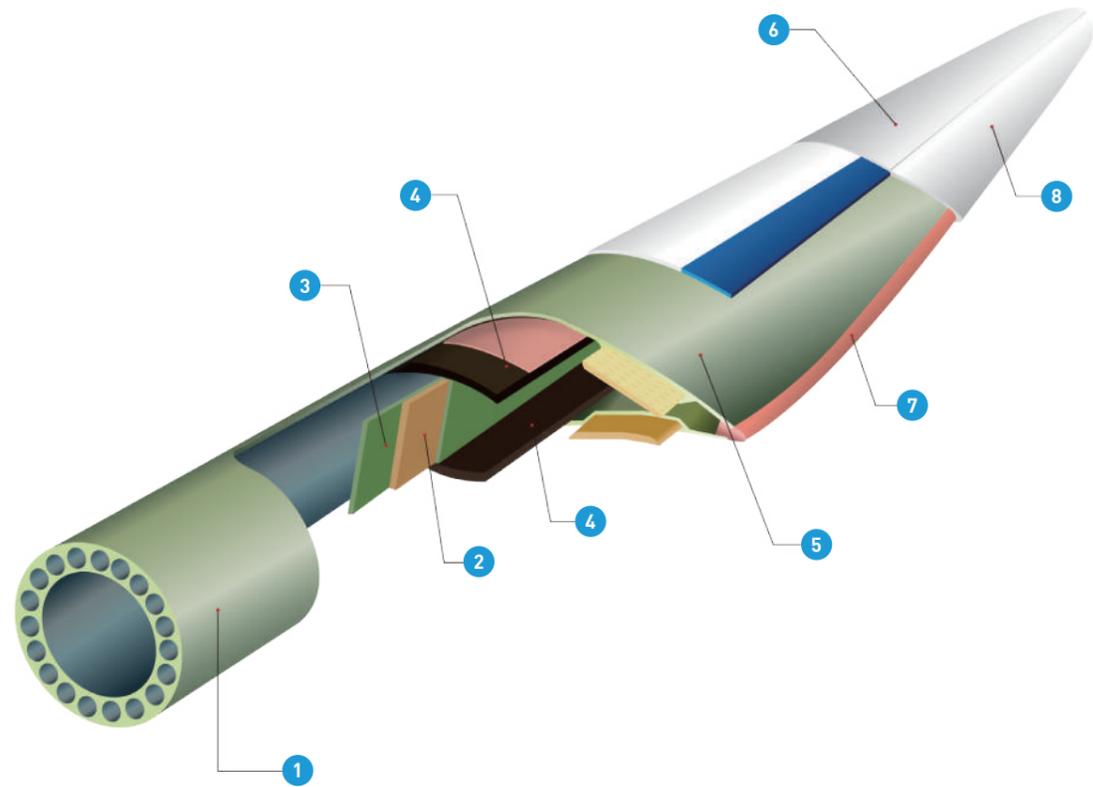
# 블레이드 결함 등급표

CATEGORY	DAMAGE	ACTION	TURBINE
1	미관상의 문제 LPS 저항 50mΩ 이하	즉시 수리를 진행할 필요 없음	운전
2	간소한 손상 일상적 마모	다른 수리와 함께 수리	운전
3	중간 수준의 손상 일상적인 수준을 넘어섬 LPS 저항 50mΩ 이상	6개월 이내 수리 필요	운전
4	심각한 손상	3개월 이내 수리 필요 지속적 관찰	운전
5	치명적 손상	즉시 수리를 진행해야 함	운전 중지

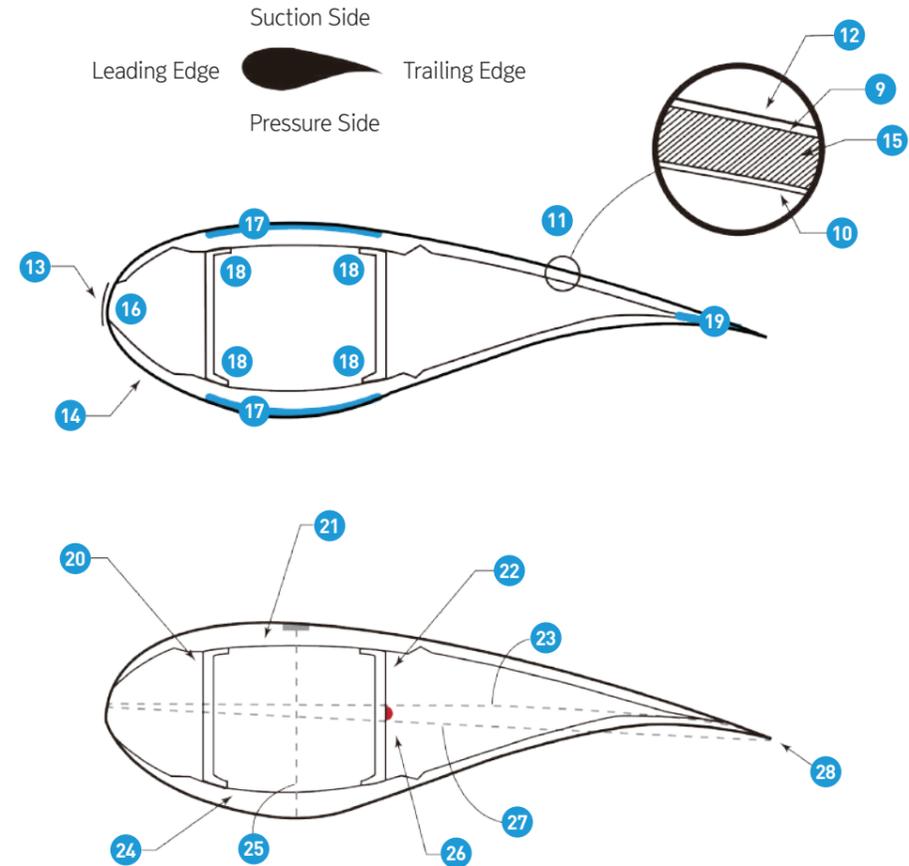
## 포토카드 양식 (Handy version, 120 mm × 90 mm)

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	8
1	<b>BLADE MAINTENANCE SIGNBOARD</b>											7
2	WINDFARM NAME 작업 장소											6
3	CLIENT 고객사		DATE 일자		2022. . .							5
4	WTG 터빈 NO.		OPERATORS 작업자		자라윈드							4
5	Blade No. (√)		#1	#2	#3	Blade Serial No.						3
6	DAMAGE DESCRIPTION 손상 설명					DAMAGE DIMENSION 손상 치수		Transverse 90도 (mm)		Length 0도 (mm)		2
7						DAMAGE DIMENSION 파손부위		pressure side (√)		Suction side (√)		1
8	작업 단계					OPERATION LOCATION 작업위치		Root from (M)		LE from (M)		0
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	0

# 블레이드 상세도

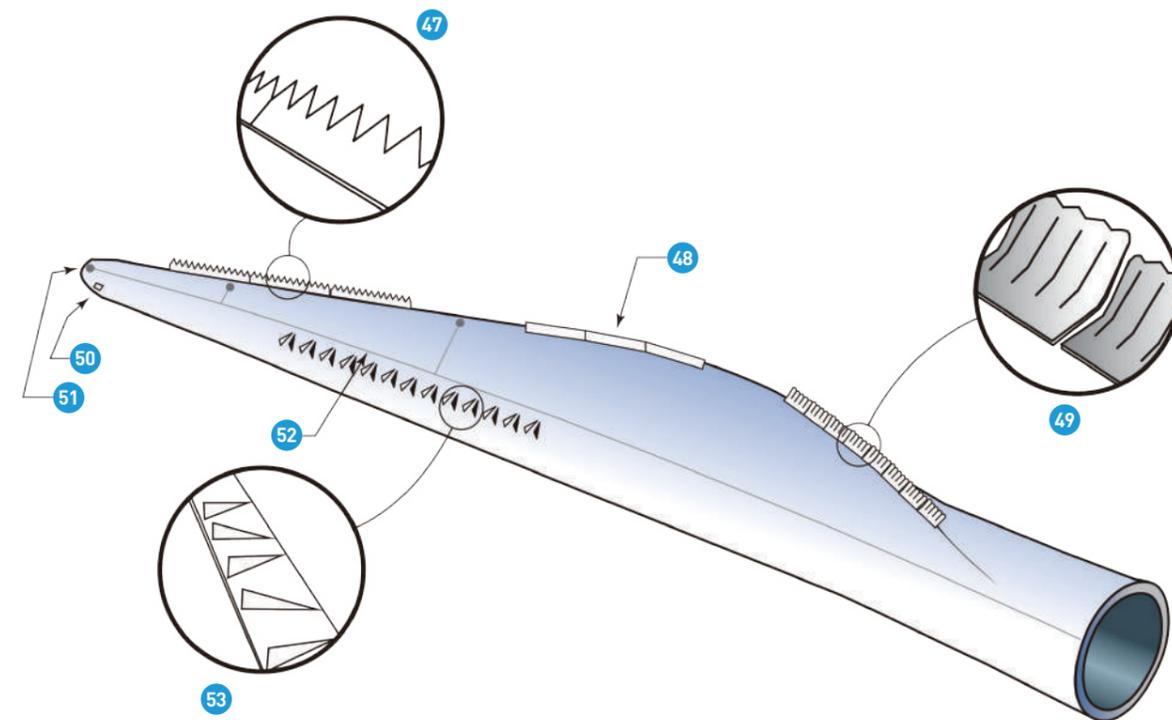
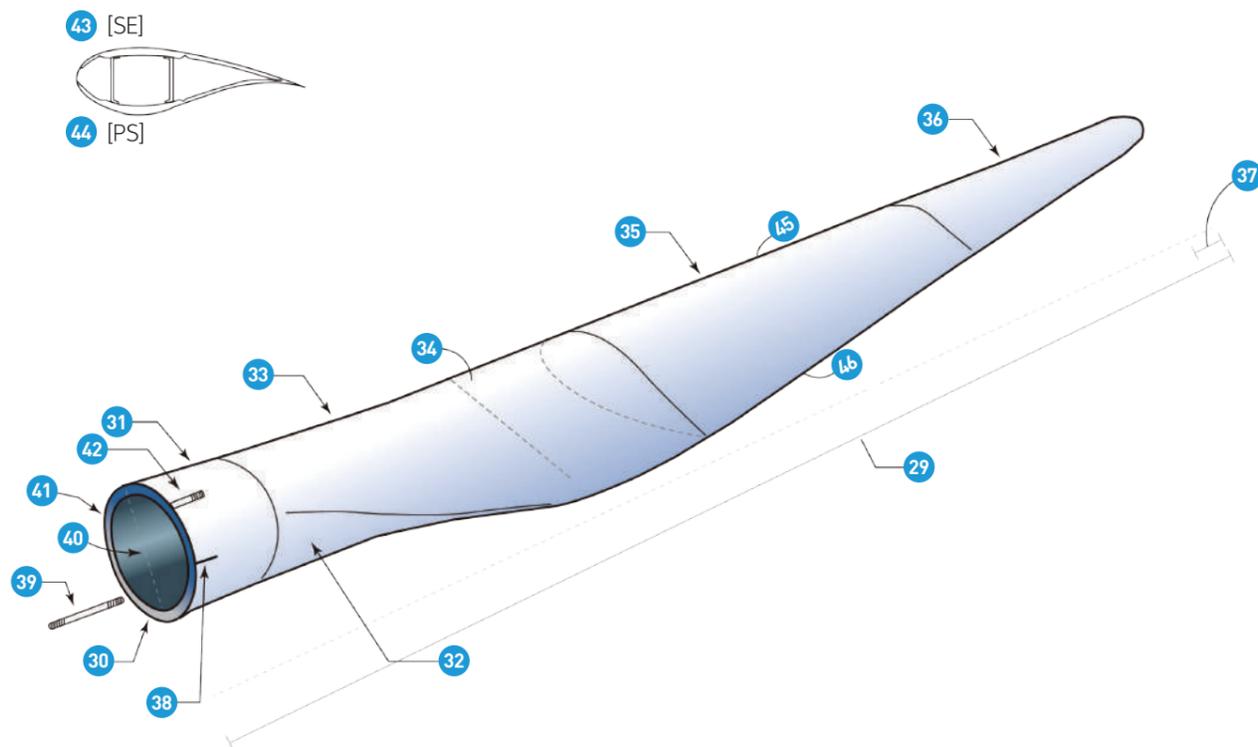


- 1 Root: Hub와의 접합 부분으로서 전체 하중을 지탱해야 하므로 강건하고 두터움
- 2 Core: PVC foam, Balsa Wood로 이루어졌으며 2개의 복합재 층 사이에 위치
- 3 Shear Web: 샌드위치 셸 구조로 만들어지며 공력과 구조 하중을 지탱
- 4 Spar: 블레이드의 가장 중요한 부분으로 플랫방향 굽힘 강성을 가지도록 함
- 5 Shell: 외면체(겉데기), 유리섬유를 적층 후 레진으로 함침하여 제작
- 6 PU paint: 폴리우레탄 페인트로서 신축성, 내후성, 내화학성 등의 장점을 지닌 도료
- 7 Structure Adhesive: 구조 접착제
- 8 Epoxy Gelcoat: 몰딩시 복합재 층 외면에 적용하는 표면 막. 내구성과 기계적 특성을 보완



- 14 Load Carrying Shell: 내하중 외면체로서 일종의 스포일러
- 15 Core: PVC foam, Balsa Wood로 이루어졌으며 2개의 복합재 층 사이에 위치
- 16 Leading Edge Bondline: 앞전 접착 라인
- 17 Spar Cap Bondline: Spar Cap 접착 라인
- 18 Wed/Spar Bondline: Shear Web과 Spar cap 사이의 접착 라인
- 19 Trailing Edge Bondline: 뒷전 접착 라인
- 20 Front Shear Web: 앞전 쪽 Shear Web
- 21 Suction Side Spar Cap: 흡입면 방향 Spar Cap
- 22 Aft Shear Web: 뒷전 쪽 Shear Web
- 23 Blade Center Line Chordwise: 면내 중앙 라인
- 24 Pressure Side Spar Cap: 압력면 방향 Spar Cap
- 25 Height: 높이
- 26 Lightning System Cable: 낙뢰 보호 시스템 케이블
- 27 Blade Chord: 블레이드 시위
- 28 Trailing Edge Connection Point: 뒷전 접합 라인

## 블레이드 상세도



- 29** Blade Length: 블레이드 Root 부터 Tip 까지의 길이를 말한다
- 30** Root End: 베어링과 연결되어 볼트로 고정되는 블레이드의 끝단
- 31** Root Section: Root의 원통형 면
- 32** Transition Zone: Root의 원통형 면에서 뒷전의 평평한 면으로 연결되는 부위
- 33** Max Chord Section: 최대시위면. 일반적으로 Root로부터 1/3 지점
- 34** Max Chord: 최대 시위. (cf.시위란 앞전과 뒷전을 연결하는 직선)
- 35** Mid Section: Root로부터 1/3 과 2/3 지점의 사이 구간
- 36** Tip Section: Root로부터 마지막 3/3 구간
- 37** Blade Tip: Root의 반대 방향에 있는 마지막 부분
- 38** Zero Meter Mark: 원형인 Root에 표시되며 길이 측정의 기준점
- 39** Bolt: 블레이드와 베어링을 연결하는 금속 볼트
- 40** Bolt Circle Diameter: 볼트 중심과 그 대칭의 반대쪽 볼트 사이의 지름
- 41** Bolt Flange: 블레이드 Root와 허브 사이의 금속 플랜지
- 42** Bolt Connection: 루트에 삽입되는 강철 부싱 형태로 볼트의 나사 역할 수행

- 43** Suction Side[SE]: 바람을 받는 면의 반대면으로서 상대적 저기압을 형성
- 44** Pressure Side[PS]: 바람을 직접 받는 면으로서 상대적 고기압을 형성
- 45** Leading Edge: 바람을 가르는 면으로서 블레이드의 동근 날개 부분
- 46** Trailing Edge: 회전 방향의 반대면으로서 얇고 각진 Airfoil 후면
- 47** Serrated Edge: 난류를 줄이고 공기 역학을 개선하여 소음을 줄이며 시위선을 연장시켜 발전량을 증가시키는 부착물
- 48** Gurney Flaps: 양력 증가를 위한 부착물
- 49** Serrated Flaps: 뒷전의 Root 면에 부착되며 공력 성능을 향상시키는 부착물
- 50** Drain Hole: 수분, 먼지 및 기타 등등의 배출구. 주기적으로 청소되어야 함.
- 51** Lightning Receptor: 지면과 접지된 낙뢰 수용부
- 52** Lightning System Cable: 낙뢰 수용부와 지면을 연결하는 전선
- 53** Vortex Generator: Root 쪽에 설치되며 블레이드 표면에 가까운 공기와 더 멀리 있는 공기를 혼합하여 표면에서 분리되는 공기 흐름을 지연시킴으로서 양력을 증가시킴

