



# 04

## 풍력발전시스템 인증

### The Certification of Wind Turbine System

장화섭 Hwasup Jang  
(사)한국선급 창조기술연구팀 책임연구원

음학진 Harkjin Eum  
(사)한국선급 신재생에너지연구팀 팀장

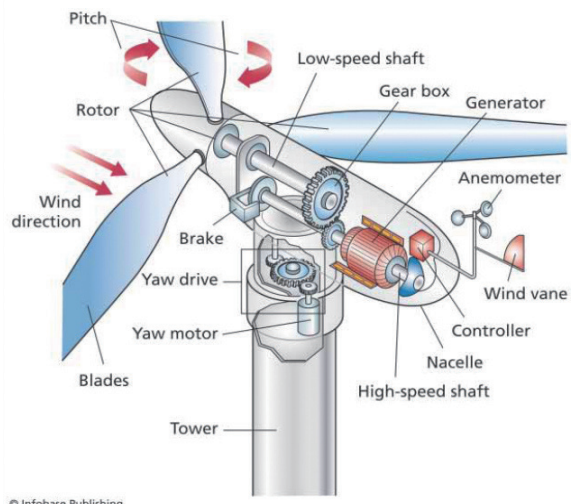
## 1. 풍력발전시스템 개요

### 1.1 풍력발전이란

풍력발전이란 블레이드(날개)의 공력특성을 이용하여 바람의 운동에너지를 회전에너지로 바꾼 후 이 회전에너지를 발전기에서 전기에너지로 변환시키는 장치이다. 블레이드를 통과하는 바람에 의하여 발생하는 양력과 항력으로 부터 로터 블레이드를 회전시키는 힘이 발생하며, 이때 바람이 가지는 운동에너지의 일부를 기계적인 에너지로 추출 하게 된다. 블레이드의 회전 동력은 주축을 통하여 발전기의 회전자로 전달되어 전기를 생산한다. 발전기에서 생산 된 전력은 축전지에 저장하여 사용하거나 전력계통에 연계하여 송전한다.

### 1.2 풍력발전기의 구조

풍력발전기는 크게 풍력발전기 구조물과 풍력발전기를 제어하는 제어시스템으로 구분된다. 풍력발전기 구조는 <그림 1>과 같이 바람이 가지는 에너지를 회전력으로 변환시키는 블레이드(blade), 블레이드를 연결하는 허브(hub), 회전력을 증속기에 전달하는 주축(main shaft), 저회전 고투크의 회전을 고회전 저토크의 회전으로 변환하는 증속기(gearbox), 회전력을 전력으로 바꾸는 발전기(generator), 풍력발전기를 지지하는 타워(tower), 블레이드의 피치각을 조절하는 피치 시스템(pitch system), 나셀을 바람이 부는 방향으로 일치시키는 요 시스템(yaw system) 그리고 풍력발전기를 제어하는 제어/모니터링 시스템으로 이루어져 있다.



© Infobase Publishing

그림 1. 풍력발전기의 구조 및 구성

## 2. 풍력발전시스템 인증

국제 전기표준회의인 IEC(International Electrotechnical Commission)는 1906년에 설립되어 전기전자와 관련된 모든 기술에 관한 국제기준을 제정하는 조직이다. 풍력분야로는 1988년 풍력기술에 대한 국제기준을 준비하는 기술위원회의 IEC/TC 88이 결성되어 풍력발전기의 안전, 로터 블레이드 시험, 출력곡선, 소음과 하중 측정 및 IEC 61400 시리즈를 기반으로 전력품질에 관한 기술적 가이드라인과 기준들을 발표하고 풍력발전기 인증절차를 수립하기 위해 노력하였으며, 그 결과 2001년 4월 풍력발전기 인증제도 기준 및 절차 등을 규정한 IEC WT 01을 공표하였다<그림 2>. IEC WT 01은 풍력발전기의 인증 및 적합성 평가, 절차정의, 문서조항 등 인증에 관한 모든 요구사항을 다루고 있다. 풍력발전기 제조사 또는 개발자가 인증을 받기 위해서는 IEC WT 01의 기준 및 요구사항에 따라 인증기관에서 수행하는 해당 절차를 통해 요구기준을 만족시켜야 한다<그림 3>. 즉, 인증이란 개발된 기술 또는 제품에 대해 설계평가, 제조검사, 성능평가를 수행함으로써 그 성능 및 안전

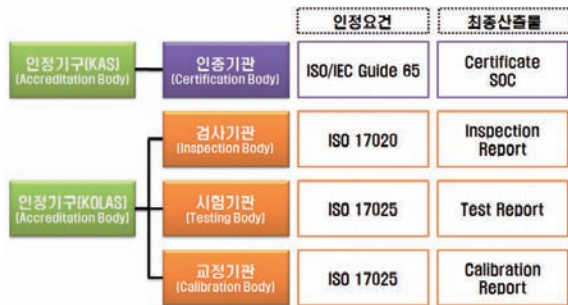


그림 2. 인증기관의 요건



그림 3. 인증기관의 최소 요구사항

성을 검증하는 행위로 볼 수 있다. 설계평가, 제조검사, 성능평가를 모두 검증 받은 후 최종적으로 인증서를 발급받을 수 있으며, 필요에 따라서는 개별 항목별 SOC(Statement of Compliance) 획득이 가능하다.

인증의 범위는 크게 형식인증(Type Certificate), 프로젝트 인증(Project Certificate), 부품인증(Component Certificate)으로 구분할 수 있다.

## 3. 형식인증

형식인증은 풍력발전기 형식이 설계가정, 지정된 규격, 기타 기술 요구사항에 적합하게 설계되고, 문서화되며, 제작되었음을 확인하는 것을 목적으로 한다. 또한, 풍력발전기가 설계문서에 따라 설치, 운전, 유지된다는 검증이 필요하다. 형식인증은 동일한 풍력발전기의 설계와 제작에 적용되며, ① 설계근거평가, ② 설계평가, ③ 형식시험, ④ 제조검사, ⑤ 최종평가와 같이 의무적인 요소로 구성된다. 또한 선택적인 요소는 ① 기초설계평가, ② 기초제조평가, ③ 형식특성측정으로 구성된다.

각 요소들의 평가결과에 따라 최종평가 보고서와 적합확인서(SOC)가 발급된다<그림 4>.

## 4. 프로젝트 인증

프로젝트 인증은 형식인증 된 풍력발전기 및 기초설계가 외부조건 즉, 지정된 사이트에 관련되는 건설, 전

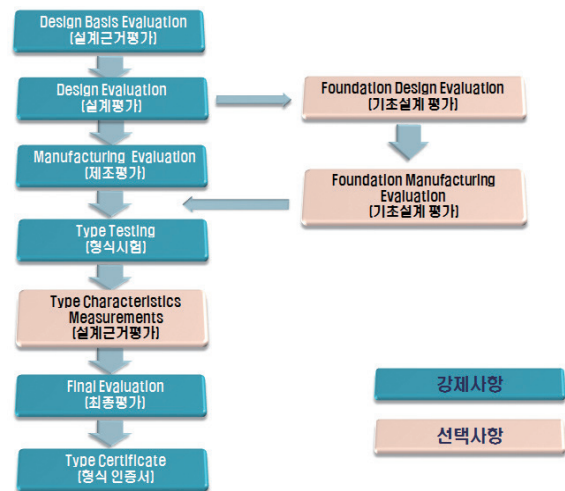


그림 4. 형식인증 절차도

기의 규격 및 기타 요구사항 등에 적합한지를 평가하는 것을 목적으로 한다. 풍력발전기의 형식인증서가 없는 경우에 프로젝트인증을 획득하기 위하여 형식인증에 포함된 강제적인 요소들에 대한 평가가 이루어져야 한다. 인증기관은 사이트의 바람조건, 기타 환경조건, 전력계통조건과 지반조건이 풍력발전기 형식과 기초에 대하여 설계문서에 정의된 것과 비교하여 적합한지를 평가한다<그림 5>.

형식인증된 풍력발전기의 프로젝트인증은 다음의 요소들로 구성된다.

- (1) 사이트평가
- (2) 설계근거평가
- (3) 통합하중 해석
- (4) 특정 사이트에 대한 풍력발전기 설계평가
- (5) 특성 사이트에 대한 지지구조 설계평가
- (6) 기타 기기 설계평가
- (7) 풍력발전기 제조 감독
- (8) 지지구조 제조 감독
- (9) 기타기기 제조 감독
- (10) 프로젝트 특성 측정
- (11) 운송 및 설치 감독
- (12) 시운전 감독
- (13) 최종평가
- (14) 운전 및 정비 감독

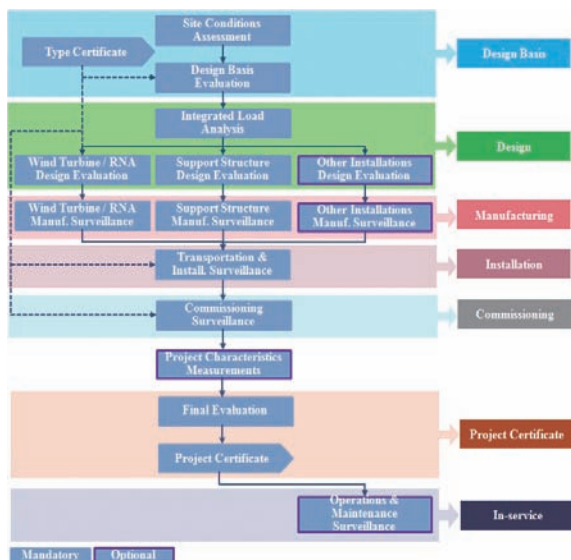


그림 5. 프로젝트 인증 절차도

#### 4.1 사이트 평가(Site Assessment)

다음과 같이 해상풍력발전기가 설치/운전될 사이트의 환경조건, 전력계통조건, 토양특성이 풍력터빈의 설계문서에 정의된 조건과 일치 여부를 판단해야 한다.

- 1) Wind condition(풍속분포/속도프로파일/돌풍/난류/방향 등)
- 2) Other environmental conditions(온도/습도/공기밀도/일사량/비, 우박, 눈 및 결빙/낙뢰/염분/화학적 활성물질/기계적 활성입자)
- 3) Earthquake conditions
- 4) Electrical power network conditions
- 5) Geotechnical conditions
- 6) Marine conditions
- 7) Weather windows and weather downtime

설치 사이트에서 측정된 데이터는 충분해야하며, 문서화 되어야 하고 공인된 시험기관 또는 인증기관에 의해 측정에 대해품질 및 신뢰성이 확인되어야 한다. 또한, 시험 및 교정법/장비/측정능력/시험 및 보정결과의 품질보증/결과보고 등의 평가되어야 한다<그림 6>.

#### 4.2 설계근거평가(Design Basis Evaluation)

설계근거평가는 설계근거가 적합하게 문서화되고 사업의 이행과안전한 설계를 위해 충분한지 평가하는 것이며, 다음과 같은 항목을 평가하게 된다.

- 1) 외부조건에 대한 설계파라미터
- 2) 설계방법 및 원칙
- 3) 규정 및 기준
- 4) 기타 정부의 관련 법상의 요구사항

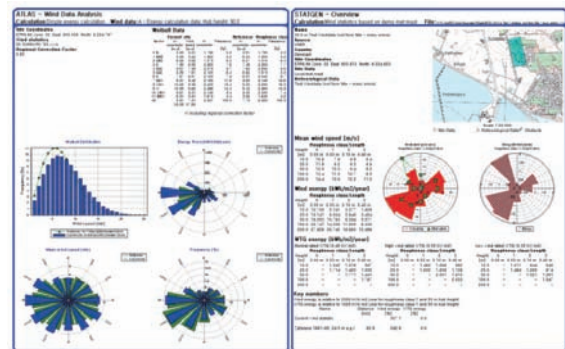


그림 6. 사이트평가의 예(주풍향, 풍속 등)

- 5) 풍력터빈 형식/주요사양/형식인증서
- 6) 지지구조 개념
- 7) 제조, 이송, 설치 및 시운전 요구사항
- 8) 운전 및 유지보수 요구사항
- 9) 계통연결 요구사항
- 10) 기타사업의 요구사항

설계방법 및 원칙 중 검토해야 할 항목은 다음과 같다.

- 1) Codes and standards
- 2) External design parameters
- 3) Wake effects
- 4) Design load cases
- 5) Partial safety factor
- 6) Extreme and fatigue design loads analysis

#### 4.3 통합하중평가(Integrated Load Assessment)

통합하중평가는 풍력터빈에 작용하는 하중이 RNA, 지지구조 및 토양 등을 고려하여 설계근거에 따라 계산되었는지 여부를 평가하는 것이며, 다음과 같은 항목을 검토하게 된다<그림 7>.

- 1) 외부조건과 설계상태의 조합을 고려
- 2) 풍력발전기 배치에 따른 후류영향 고려
- 3) 사이트의 특성 하중과 형식인증에서 가정한 하중 비교(특성하중이 작을 경우 추가의 하중계산이 필요 없음)

<표 1>은 IEC 61400-1에 명시되어 있는 풍력발전기의 class와 external condition에 따른 분류표이다.

#### 4.4 기타사항 평가

사이트 특성에 따른 풍력발전기의 구조적, 기계적인

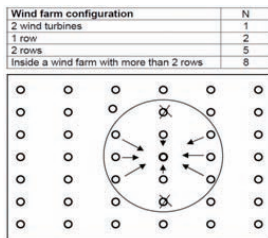


그림 7. 발전단지 배치에 따른 후류영향

표 1. WTGS Class & External Condition

풍력터빈 클래스	I	II	III	IV	S	
$V_{ref}$ (m/s)	50	42.5	37.5	30	제작사가 규정하는 수치	
$V_{ave}$ (m/s)	10	8.5	7.5	6		
A	$I_{15}(-)$	0.18	0.18	0.18		0.18
	a(-)	2	2	2		2
B	$I_{15}(-)$	0.16	0.16	0.16		0.16
	a(-)	3	3	3		3

$V_{ref}$ : 기준풍속

$V_{ave}$ : 허브높이에서 수년간의 연평균풍속

A: 고 난류강도에 대한 카테고리

B: 저 난류강도에 대한 카테고리

$I_{15}$ : 15m/s의 풍속에서 난류강도

a: 경사인자

평가가 다음과 같은 항목에 요구된다.

- 1) Rotor/Nacelle assembly
- 2) Structural, Mechanical and electrical components
- 3) Tower, Substructure, Foundation
- 4) Substation, Cables
- 5) 기타 신청자 요청에 의한 평가

#### 4.5 제조검사

다음과 같이 풍력발전기에 관한 제조검사가 실시되어야 한다.

- 1) WT 제조검사
  - Critical items/processes
  - Test programs/procedures
- 2) 지지구조 제조검사
  - Manufacture of steel plates
  - Manufacture of primary load-carrying steel structure
  - Manufacture of secondary steel structure (Deck, ladder)
  - Build of concrete structure

#### 4.6 프로젝트 특성 측정

다음과 같이 특성치들이 검증되어야 한다.

- 1) 계통연결
  - Grid Code



- 출력성능 검증
- 측정절차: IEC 61400-12
- 2) 신청자에 의한 요구사항 및 절차
  - 음향소음
  - 지역 규정 또는 신청자가 제시한 기준
  - 인증기관은 측정절차 검증

#### 4.7 운전 및 유지보수

시운전은 적어도 1기, 50기마다 1기의 풍력발전기를 시운전해야 하며, 매뉴얼/지침에 따라 시운전되는지를 평가해야 한다. 또한, 운전 및 유지보수에 관해서는 인증기관과 신청자 사이의 계약이 필요하며, 매뉴얼에 따라 유지보수 되는지가 평가되어야 한다. <사진 1>과 같은 항목을 검토하게 된다.

### 5. 부품인증

풍력발전기 부품인증은 지정된 형식의 주요 구성부품이 설계가정, 지정된 규격, 기타 기술 요구사항에 적



사진 1. 운전 및 유지보수 예

합하게 설계되고, 문서화 되며, 제작되었음을 확인하는 것을 목적으로 한다. 부품인증은 설계평가, 형식시험, 제조평가, 최종평가로 구성된다.

### 6. 콘크리트 지지구조물(하부구조) 설계평가(예시)

콘크리트 재료로 시공되는 지지구조물 중 대표적인 중력식 지지구조(gravity type)의 경우 설계평가시 극한한계상태, 사용한계상태, 피로한계상태에 대한 안전성을 검토한다. 또한, 지반쪽에서 지지력, 침하량 및 전도, 활동에 대한 안정성도 함께 평가한다. 설계평가시 사용되는 기준의 경우 설계 엔지니어가 선택한 설계 기준을 토대로 동일한 방법으로 인증기관 자체 프로그램에 의해 안전성 검토를 수행하며, 설계자는 반드시 관련 도면, 구조계산서 등의 자료를 인증기관에 제시해야 한다(표 2).

### 7. 국내외 인증기관

인증기관은 ISO/IEC Guide 65, 즉 제품인증기관 운영요건에 만족하고 국가의 승인기관으로부터 인정되어 풍력발전기 제품의 공정 또는 서비스가 규정된 요구사항에 따른 것인지의 적합성 여부를 판단한 뒤 문서화함으로써 보증해주는 제3자 역할을 하는 기관이라고 할 수 있다. 국외의 대표적인 인증기관으로는 DNV(Det Norske Veritas, 노르웨이 선급), GL(Germanischer Lloyd, 독일선급), DEWI-OCC(Deutsches Windenergie-Institut Offshore and Certification Center) 등이 현재 풍력발전기 인

표 2. 콘크리트 중력식 지지구조 극한한계상태 평가 항목(예시)

검토항목 (Check List)	정의 (Definition)	중요성 (Importance)	관련기준 (Related to Code or Guideline)
휨	보나 기둥과 같은 구조물에 만족시키는 힘이 작용할 때의 변형	휨을 받는 콘크리트는 인장부에 휨 균열이 발생되어 구조물의 건전성을 저해함	EUROCODE 2, ISO 19903, 도로교설계기준(2012), 콘크리트구조기준(2012) 등
압축	축방향에 작용하는 하중에 의하여 그 부피가 줄어드는 현상	콘크리트에 발생하는 축방향력(압축력)에 의하여 좌굴 등이 발생되어 구조물의 건전성을 저해함	EUROCODE 2, ISO 19903, 도로교설계기준(2012), 콘크리트구조기준(2012) 등
전단	물체에 서로 평행이고 반대 방향인 힘이 작용하여 어떤 면을 경계로 절단하는 일	전단력에 의하여 콘크리트 구조물에 사인장 균열이 발생되어 구조물의 건전성을 저해함	EUROCODE 2, ISO 19903, 도로교설계기준(2012), 콘크리트구조기준(2012) 등
편칭	집중하중 또는 그와 유사한 하중에 의해 편형 콘크리트 부재에 생기는 전단력	좁은 범위에 원뿔모양으로 빠지는 파괴를 야기함	EUROCODE 2, 도로교설계기준(2012), 콘크리트구조기준(2012) 등
비틀림	기둥이나 보 등의 축선 둘레에 우력이 작용할 때 발생하는 회전 변형	비틀림에 의해 발생하는 비틀림 균열은 구조물의 건전성을 저해함	EUROCODE 2, 도로교설계기준(2012), 콘크리트구조기준(2012) 등

증을 가장 활발히 진행하고 있다. 국내의 인증기관은 국제기준에 의거하여 제품인증기관을 평가 및 공인하는 한 한국제품인증제도(KAS, Korea Accreditation System)에서 시정하며, 지정된 인증기관에서 인증을 받을 경우 외국의 인증기관에서 별도로 인증을 받을 필요가 없으며, 국내에서는 (사)한국선급이 유일하게 국제인증기관으로 인증업무를 수행하고 있다.

## 8. 건설(토목)에서의 인증

다양한 풍력산업 중 해저 기반기초, 해양공학, 강재 및 콘크리트 해양구조물, 타워 구조물 등에서 토목공학 분야에 해당된다고 할 수 있다. 해당 분야의 경우 풍력발전기 전체 비용에서 20~40% 정도를 차지하고 있어 매우 중요한 분야이다. 해당 분야에 대한 기술 개발을 위해 정부에서 다양한 R&D가 추진되고 있으며, 그 성과로 원천 기술 확보 및 다양한 공법들이 개발되고 있다. 개발된 기술 및 공법 등이 실질적으로 사업화와 연결되기 위해서는 해당 기술 및 공법에 대한 국제 인증서를 획득함으로써 해외시장 진출을 모색해야 한다.

앞으로 풍력발전기의 대형화, 해상풍력단지 개발 등으로 인해 풍력발전기 인증제도의 중요성이 더욱 커지고 있다. 인증제도에 대한 거부감 및 부담감을 갖기 보다는 풍력산업의 활성화 및 사업화를 위해 인증제도의 필요성도 함께 인지하여 국내 기업들의 해외진출 무역장벽 해소로 활용하는 것이 바람직할 것으로 판단된다. □

담당 편집위원 : 문도영(경성대학교) dymoon@ks.ac.kr



**장화섭 책임연구원**은 원광대학교 토목환경공학과에서 박사학위를 취득 후 한국선급 창조기술연구팀에 책임연구원으로 재직하고 있다. 고정식 해상풍력 지지구조, 부유식 해상풍력 지지구조, 부잔교, 극한환경 해양플랜트 등 해양에 설치되는 구조물에 대한 연구 및 인증업무를 수행하고 있다.

janghs@krs.co.kr



**음학진 팀장**은 서울대학교 기계항공공학부 대학원에서 박사학위를 취득하였으며, 현재 한국선급 신재생에너지연구팀에서 풍력발전인증 책임자이다. 신재생에너지연구팀은 국내 풍력발전 설비인증제도에서 설계평가기관으로 지정되었으며, 한국제품인증기구로부터는 풍력발전 국제인증기관으로 지정되었다.

hjeum@krs.co.kr



## 콘크리트 구조물의 환경영향 및 CO<sub>2</sub> 평가

- 저 자 : 한국콘크리트학회
- 출판사 : 기문당
- 발행일/Page : 2013-3-15 / 182(판형 B5변형)

- 정가(비회원가) : 15,000원
- 회원할인가 : **12,000원**  
배송비 착불(3,000원)



### 도서 소개

미래의 핵심 주제를 다루고 있는 이 책은 「콘크리트와 환경」의 내용을 잇는 환경분야의 두 번째 학회 출판물이다. 총 6개의 장과 콘크리트 및 콘크리트구조물에서 CO<sub>2</sub> 평가 예를 포함하는 6개의 부록으로 구성되어 있으며, 본문에서 제시된 평가방법을 바탕으로 부록에서는 각 경우에 따른 콘크리트 및 콘크리트구조물에서의 CO<sub>2</sub> 평가 예를 상세히 보여주고 있다.