

KWCS 31 50 15 15 : 2021

풍력발전설비공사

2021년 5월 21일 제정
<http://www.kcsc.re.kr>

한국수자원공사 전문시방서 제·개정에 따른 경과 조치

이 기준은 발간 시점부터 사용하며, 이미 시행 중에 있는 설계용역이나 건설 공사는 발주기관의 장이 필요하다고 인정하는 경우 종전에 적용하고 있는 기준을 그대로 사용할 수 있습니다.

건설기준 연혁

- 이 기준은 건설기준 코드체계 전환에 따라 기존 댐 및 상수도공사 전문시방서와 건설기준(설계기준, 표준시방서) 간 중복·상충을 비교 검토하여 코드로 통합 정비하였다.
- 댐 및 상수도공사 전문시방서를 중심으로 해당 부분을 통합 정비한 것으로 제·개정 연혁은 다음과 같다.

건설기준	주요내용	제정 또는 개정 (년.월)
K-water 댐 및 상수도공사 전문시방서	• K-water 댐 및 상수도공사 전문시방서 제정	제정 (1997)
K-water 댐 및 상수도공사 전문시방서	• K-water 댐 및 상수도공사 전문시방서 개정	개정 (2004)
K-water 댐 및 상수도공사 전문시방서	• K-water 댐 및 상수도공사 전문시방서 개정	개정 (2008)
K-water 댐 및 상수도공사 전문시방서	• K-water 댐 및 상수도공사 전문시방서 개정	개정 (2010)
KWCS 31 50 15 15 : 2021	• 건설기준 코드체계 전환에 따라 코드화로 통합 정비함	제정 (2021.5)

제 정 : 2021년 5월 21일

심 의 : 중앙건설기술심의위원회

소관부서 : 환경부

관련단체 : 한국수자원공사

개 정 :

자문검토 : 국가건설기준센터 건설기준위원회

작성기관 : 한국수자원공사

목 차

1. 일반사항	1
1.1 적용 범위	1
1.1.1 공사 범위	1
1.2 참고 기준	1
1.2.1 관련 법규	1
1.2.2 관련 기준	1
1.2.3 적용 사항	2
1.3 용어의 정의	2
1.4 공급항목	2
1.4.1 풍력발전설비	2
1.4.2 원격 제어 및 감시설비(H/W 및 S/W 포함) 1식	3
1.4.3 전기설비	4
1.4.4 토목구조물	4
1.4.5 구조물 관련 기본 및 상세설계	4
1.4.6 풍력발전기의 조정, 보수시 필요한 공구, 시험장비 및 하자기간 동안 소요되는 예비품 및 소모품(설치 및 시운전용 포함)	4
1.4.7 기타	5
1.5 기타사항	6
1.5.1 기술회의 참석	6
1.5.2 도서승인	6
1.6 유기물 제거	6
1.7 성능보증을 위한 전제조건	6
1.7.1 성능보증	6
1.8 성능보증 방법	7
1.9 태풍 및 기상이변에 대한 준수사항	9
2. 풍력발전설비 일반	9

2.1 풍력발전설비 기본 요구사항	9
2.1.1 형식인증	9
2.1.2 요구사항	9
2.1.3 운전조건	11
2.2 설계 및 제작요건	12
2.2.1 일반사항	12
2.2.2 풍력발전기 및 부속기기	12
2.2.3 타워 및 부속설비	17
2.2.4 구조용 강재	18
2.2.5 구조물 설계	20
2.2.6 보안시설	20
2.2.7 전력 및 부대설비	20
2.2.8 기타 전기설비	22
3. 풍력발전기타워 기초공사	25
3.1 토공	25
3.1.1 준비공 및 배수	25
3.1.2 기초 터파기	25
3.2 구조물공	26
3.2.1 콘크리트 적용기준	26
3.2.2 시멘트 및 혼합재료	26
3.2.3 기타 원자재	26
3.2.4 레디믹스트 콘크리트 운반 시공	26
3.2.5 다지기	27
3.2.6 양생	27
3.2.7 철근	27
3.2.8 거푸집	27
3.3 구조물 기초공사	28
3.3.1 적용기준	28
3.3.2 일반사항	29
3.3.3 특기사항	29

3.4	자재 반입	30
3.4.1	일반사항	30
4.	타워제작 및 풍력발전기 설치	30
4.1	타워 제작	30
4.1.1	사용재료	30
4.1.2	용접 및 제작	30
4.1.3	표면처리 및 도장	31
4.2	타워 및 풍력발전기 운송, 설치	33
4.2.1	타워 및 풍력발전기 운송	33
4.2.2	타워 및 풍력발전기 설치	33
4.3	제작도서 제출 및 기타사항	34
4.3.1	제작도서 제출	34
4.3.2	명판	34
4.3.3	기타 특별사항	35
5.	풍력발전설비 성능보증	35
5.1	성능보증 및 가동률 배상	35
5.1.1	성능보증 배상	35
5.1.2	가동률 배상	36

1. 일반사항

1.1 적용 범위

(1) 이 기준은 풍력발전설비공사의 제작, 납품, 설치, 시험 및 검사, 시운전 등에 적용되며, 주요내용은 다음과 같다.

- 풍력발전설비 일반사항
- 풍력발전기타워 기초공사
- 타워제작 및 풍력발전기 설치
- 풍력발전설비 성능보증

1.1.1 공사범위

(1) 수급인은 계약서상의 조항 및 조건과 K-water에서 요청된 지시에 따라 현장 정리, 암반정리, 적치, 되메우기 관련 부대공을 포함한 모든 작업을 완공하기 위해 필요한 기계, 노동력, 장비 및 자재를 공급하여야 한다.

1.2 참고 기준

1.2.1 관련 법규

내용 없음

1.2.2 관련 기준

- KCS 14 20 10 일반콘크리트
- KWCS 10 10 10 공무행정요건
- KWCS 31 50 17 40 발전 감시제어설비
- KWCS 57 80 05 기계공사 일반사항
- KS D 3504 철근 콘크리트용 봉강
- KS D 3507 배관용 탄소 강관
- KS F 4009 레디믹스트 콘크리트
- ACI(American Concrete Institute) 미국콘크리트협회
- AFBMA(Anti-Friction Bearing Manufacturers Association) 미국베어링공업회
- AISC(American Institute of Steel Construction) 미국강주물제조자협회
- AISI(American Iron and Steel Institute) 미국철강협회
- ANSI(American National Standards Institute) 미국규격협회
- ASCE(American Society of Civil Engineers) 미국토목학회
- ASME(American Society of Mechanical Engineers) 미국기계학회
- ASNT(American Society for Nondestructive Testing) 미국비파괴검사협회
- ASTM(American Society for Testing and Materials) 미국재료시험협회

- DIN(Deutsche Industrie Normen) 독일공업규격
- ICEA(Insulated Cable Engineers Association) 미국절연전선협회
- IEC(International Electro-technical Conference) 국제전기기술위원회
- IEEE(Institute of Electrical and Electrics Engineers) 국제전기전자기술자협회
- ISA(Instrument Society of America) 미국계측학회
- ISO(International Organization for Standardization) 국제표준화기구
- JIS(Japanese Industrial Standards) 일본공업규격
- NACE(National Association of Corrosion Engineers) 미국부식엔지니어링협회
- NEC(National Electrical Code) 미국전기공사규정
- NEMA(National Electrical Manufactural' Association) 미국전기제작업협회
- NFPA(National Fire Protection Association) 국제화재방지협회

1.2.3 적용 사항

- (1) 수급인은 상기 규격 및 표준을 포함하여 이 기준에서 언급된 모든 규격과 표준을 적용하여 설계 및 제작하여야 한다. 상기 이외의 규격과 표준을 적용한 기기 및 기자재의 사양이 상기 규격 및 표준과 동등 혹은 보다 우수하고 안전성이 높을 경우에도 K-water의 사전 승인을 받아 시행하여야 한다.
- (2) 수급인은 상기규격 및 표준과 상이한 규격 및 표준을 적용할 경우에 관련 자료를 제출하여 K-water의 승인을 받아야 한다.
- (3) 이 기준에 따라 제출되는 모든 문서 및 도면의 단위는 MKS를 기준으로 사용하여야 한다.

1.3 용어의 정의

내용 없음

1.4 공급항목

- (1) 수급인은 이 기준에 따른 풍력발전소 건설에 필요한 각종설비 및 구조물의 설계, 제작, 공급, 운송, 취급, 저장, 설치, 시험 및 시운전, 성능보증, 도면 및 도서제출, 건설에 필요한 수급인이 진행해야 할 인허가 등의 모든 업무를 이 기준에서 명시된 요건에 적합하도록 수행하여야 한다.
- (2) 수급인은 풍력발전기를 운전 조건에 적합하고 안정된 상태로 운전하는데 필요한 모든 기기와 설비보호를 위한 장치 및 시험을 위한 설비를 공급하여야 한다. 수급인의 공급항목은 아래와 같으며 반드시 이에만 국한되지 않는다.

1.4.1 풍력발전설비

- (1) 풍력발전기 및 부속기기 일체
 - ① 발전기

- ② 날개, 축차(rotor), 허브(hub) 및 악세서리(accessories)
- ③ 강철 관형 타워(steel tubular tower)
- ④ 주축(main shaft), 변속장치(gear box)를 포함한 엔진실(nacelle) 및 내부 부속기기 일체
- ⑤ 요잉 시스템(yaw system)
- ⑥ 브레이크 시스템(aerodynamic brake 및 mechanical brake)
- ⑦ 냉각 및 여과 시스템
- ⑧ 호이스트(hoist)
- ⑨ 타워 및 타워 내부 부속설비 일체(승강기, 조명 등)
- ⑩ 개인용 안전장구 일체(climbing assistance tool)
- ⑪ 화재 예방 시스템(fire protection system)
- ⑫ 예비품(spare part) 및 소모품
- ⑬ 공구 및 시험장비
- ⑭ Type Certificate 또는 Provisional Type Certificate
- ⑮ 디자인 인증서(design certificate)(2.0MW, IEC Class II A)
- ⑯ 안전복, 안전모, 안전로프 등 안전장구 일체

(2) 기타

1.4.2 원격 제어 및 감시설비(H/W 및 S/W 포함) 1식

(1) 아래에 언급되지 않은 사항은 KWCS 31 50 17 40 (2. 자재)에 따른다.

(2) 주제어설비의 운전상태를 감시할 수 있도록 제어계통은 각 발전기로부터 실시간으로 자료를 제공받아 풍속, 풍향, 출력, 주파수 등의 모든 자료를 LCD 모니터에 감시 및 표시되어야 하며, 풍력용 원격 제어설비와 각 풍력발전기간의 데이터 통신은 개방형 프로토콜을 사용한 통신방식으로 한다. 그리고 HMI 화면구성은 아래 사항은 필히 구성한다.

- ① 전체화면(overall screen)
- ② 풍력 터빈 개요 화면(wind turbine overview screen)
- ③ 발전기 화면(generator screen)
- ④ 변속 장치 화면(gear box screen)
- ⑤ 유압 제어 시스템(hydraulic control system)
- ⑥ 요잉 시스템(yaw system)
- ⑦ 네트워크 및 통신 시스템(network & communication system)
- ⑧ 알람 화면(alarm screen)
- ⑨ 트렌드 화면(trend screen)
- ⑩ 발전 화면(power generation screen)
- ⑪ 데이터 분석 화면(data analysis screen)

(3) 수급인은 시공당시의 최신 기종을 사용하여야 한다.

1.4.3 전기설비

- (1) 각종 케이블류(전력, 제어, 통신, 접지, 기타)
- (2) 발전기내부 AC or DC 전원공급 설비
- (3) 무정전 전원장치
- (4) 인터폰 설비
- (5) 각종 보호계전기반
- (6) 조명설비
- (7) 항공장애표시등 설비
- (8) 화재탐지, 경보설비 및 아래 사항을 만족하는 너셀내부 자동소화장치
 - ① 고체에어로졸 자동소화장치의 형식승인 및 제품검사의 기술기준에 적합하여야 한다.
 - ② 풍력발전기 나셀 내부에 발생한 화재를 충분히 진압하도록 소화약제량이 선정되어야 한다. (방호체적은 전체 나셀체적 적용)
- (9) 피뢰설비
- (10) 전원인입 퓨즈 설비
- (11) 통신설비 보호설비
- (12) 기타 필요한 모든 설비

1.4.4 토목구조물

- (1) 토공(굴착 및 되메우기 포함)
- (2) 버림 콘크리트(lean concret)
- (3) 타워 및 보조설비 기초 구조물
- (4) 기초 보호공(성토공, 사석, 피복석 포함)
- (5) 도로횡단(전선관로 매입) 토공
- (6) 기타 필요한 토목설비

1.4.5 구조물 관련 기본 및 상세설계

- (1) 수급인이 공급하는 대상 구조물에 대한 상세설계
- (2) 구조계산서
- (3) 구조물 상세도면(평면도, 단면도, 종단도 및 횡단도)
- (4) 배근도 및 상세도(Bar List 포함)
- (5) 기술검토 보고서 및 현장시험보고서(필요시)
- (6) 기타 필요한 토목도면

1.4.6 풍력발전기의 조정, 보수시 필요한 공구, 시험장비 및 하자기간 동안 소요되는 예비품 및 소모품(설치 및 시운전용 포함)

- (1) 필수 예비품(설치수량과 동일)

- ① 발전기 베어링(generator bearing) (부하측, 반부하측)
 - ② 컨트롤 판넬 부품(MCCB, magnetic contactor, power supply, relay, surge protector, fuse 등)
 - ③ 요잉(yaw), 피치 제어 시스템(pitch control system) (엔코더, 리밋스위치 등)
 - ④ 냉각시스템 주요부품
 - ⑤ 유압시스템 주요부품(해당시)
- (2) 필수 시험장비
- ① 센서류 등 부속품 일체와 프로그램을 포함하여, 시험장비는 아래 사양과 동급 또는 이상이어야 한다.
 - 가. 소음측정기 : 측정범위 30 dB~130 dB, 분해능 0.1 dB, 정확도 ±1.4 dB
 - 나. 진동계 : 측정범위 0.1 mm/s(mm/s²)~200 mm/s(mm/s²), 분해능 0.1 mm/s(mm/s²), 정확도 ±5% 또는 2 Digits
 - 다. 적외선 온도계 : 측정범위 -50 °C ~ +500 °C, 분해능 0.1 °C, 정확도 ±1 % rdg. (at 200 °C to 500 °C), ±2 °C (at 0 °C to 200 °C), 비접촉식, 디지털형
 - 라. 메가 테이트(meger tester) : 정격 출력전압(DC) 500 V~5,000 V, 절연저항 측정범위 200 kΩ~100 GΩ, 디지털형
 - 마. 디지털 전력분석기는 표 1.4-1을 따른다.

표 1.4-1 디지털 전력분석기

측정요소		측정범위	분해능	비고
전압	V-rms wye	57 Vac~480 Vac	0.1 V	※ 기타 시험장비별 상세 내용은 제작사 사양에 따름
	V-rms delta	100 Vac~830 Vac	0.1 V	
전류		15 Arms~3,000 Arms	0.01 A	
전력		전압, 전류조건에 따름	-	
주파수		~64 Hz	0.01 Hz	
역률		0.000 ~ 1.000	0.001	
고조파		~50차		

1.4.7 기타

- (1) 도면 및 도서 제출
- (2) 성능보증에 필요한 각종 시험, 데이터 취득(장비 포함), 시운전 및 현장기술지원
- (3) 하자기간 동안 주기별 정기점검 등 유지보수 일체
- (4) K-water 직원에 대한 운영, 유지보수 분야 교육훈련
- (5) 기자재 운송, 저장관리, 설치 및 시운전에 필요한 모든 소모성 자재 및 관련 업무
- (6) 설계, 제작, 설치 및 시공 관련법에 따라 필요한 각종 인·허가 및 모든 법정검사
- (7) 환경오염 방지에 필요한 기타 업무
- (8) 안전 및 방호시설 설치

1.5 기타사항

1.5.1 기술회의 참석

- (1) 수급인은 공급사항 및 이와 관련된 제반사항에 대한 문제점과 대책을 협의하기 위해 K-water가 주관하는 관련 기술회의를 지원하고 참석하여야 한다.

1.5.2 도서승인

- (1) 수급인은 모든 기자재의 설계, 제작, 설치 및 시공에 대한 규격서, 절차서, 도면 등을 작업 착수 전에 K-water의 승인을 받아야 한다. K-water의 승인 없이 사전 제작 및 시공으로 발생하는 모든 문제 및 손해는 수급인 책임이다.
- (2) 수급인은 이 기준과 일치하지 않는 규격서 및 절차서를 적용하거나 설계변경 사항이 있을 경우 사전 K-water의 승인을 받아야 한다.

1.6 유기물 제거

- (1) 지상 및 지하의 초목, 잡근 등 유기물과 폐기물 등은 모두 제거시켜야 하며 소각이 필요할 시 해당법률 또는 방화규정을 준수해야 한다.

1.7 성능보증을 위한 전제조건

1.7.1 성능보증

- (1) 수급인이 아래의 국제 인증기관으로부터 풍력발전기 형식인증서(type certificate) 또는 임시형식인증서(provisional type certificate) 취득을 위한 형식시험으로 인증된 출력곡선(이하 보증출력곡선)과 본 사업에서 설치한 풍력발전기의 측정 출력곡선으로 각각의 연간에너지생산량(AEP : Annual Energy Production)을 구하여 상호 비교하는 방법으로 시행한다.
 - ① Germanischer Lloyd
 - ② DNV(Det Norske Veritas)
 - ③ DEWI-OCC
 - ④ 리소 실험실(riso laboratory)
 - ⑤ ECN
 - ⑥ CRES
 - ⑦ 국제 성능시험기관 협의체(MEASNET) 또는 K-water가 동등하다고 인정한 독립 시험기관
- (2) 보증 연간에너지생산량(AEP)의 산출근거로서 보증출력곡선의 제시와 함께 다음사항을 입찰서에 기재하고 성능을 보증하여야 한다.
 - ① 풍력발전기 연간에너지생산량
가. weibull shape parameter, K

- 나. weibull scale parameter, C
- 다. average wind shear factor
- 라. average turbulence intensity
- 마. guaranteed power curve at standard air conditions
- 바. guaranteed AEP with the given standard wind data from K-water at standard air conditions

AEP : kWh(가동율 100 % 기준)

- ② 가동율 : 준공일 이후 (1차년) %, (2차년) %, (3차년) % 이상

1.8 성능보증 방법

- (1) 수급인은 계약기간 내 6개월 이상 시운전을 실시하고, 이 기간 동안 풍력발전기의 성능보증을 완료하여야 한다.
- (2) 성능보증을 위해 취득한 데이터(풍속-출력)는 입찰시 제출한 보증출력곡선과 함께 국내 풍력발전기 성능평가 분야의 전문기관에 의뢰하여 측정출력곡선, 예상 연간발전량 등에 대한 성능보증 결과보고서를 IEC 61400-12-1의 보고서 서식(reporting format)을 참고하여 작성하고 준공일 전까지 K-water에 제출해야 한다.
- (3) 성능보증은 측정 출력곡선과 보증 출력곡선에 동일한 표준풍황자료를 적용하여 산정한 각각의 연간에너지생산량을 비교하는 방법으로 하며, 데이터 취득 및 사용에 관한 구체적인 방법은 아래와 같다.
 - ① 입찰시 제시하는 보증 연간에너지생산량의 산정에 있어 적용되는 표준풍황자료는 풍속 측정자료(K-water 제공)를 기준으로 한다.
 - ② 측정 연간에너지생산량(measured AEP)은 시운전 기간 내에 측정한 출력곡선(measured power curve)에 입찰시 K-water가 제공한 표준풍황자료를 대입하여 산출한다.
 - ③ 성능보증을 위해 필요한 풍향, 풍속 데이터는 넷셀 상부에 각 2개씩 설치된 풍향, 풍속계로부터 취득하되, 풍속계 및 풍향계는 국제 성능시험기관 협의체(MEASNET) 등 국제 인증기관의 인증을 받은 제품을 사용해야 하며, 출력데이터는 풍력발전기의 변압기 2차(저압)측에 전력계를 설치하여 취득하되 풍속데이터와 동기화된 10분 단위 평균치를 사용하여야 한다.
 - ④ 성능보증 데이터 취득 주기는 최소한 1 Hz 이상의 측정주기로서 연속 측정되어야 하고 평균값, 표준편차, 최고값, 최저값을 측정 처리하여 측정구간 10분에 대한 평균치로 저장되어야 한다.
 - ⑤ 성능보증을 위한 측정장비는 K-water의 사전승인을 득한 후 현장에 설치하여야 하며, 측정장비의 선정에 대한 일체의 사항은 K-water와 협의하여 결정할 수 있다.
 - ⑥ 풍력발전기의 측정출력곡선 작성을 위한 풍속자료 분류조건은 병입풍속(cut-in wind speed)의 (-)1 m/s 풍속으로부터 병해풍속(cut-out wind speed)까지의 0.5 m/s 단위로 분류된 풍속으로 취득하고, 각 단위 구간(Bin)별 취득자료는 최소한 3

- 개(30분) 이상의 측정 자료를 포함하여야 하며 총 자료측정 기간은 풍력발전기 유효 운전조건 풍속범위 내에서 최소한 180시간 이상의 취득자료가 포함되어야 한다.
- ⑦ 이상의 시방에서 명시하지 않은 성능보증을 위한 장비의 요건 및 데이터 취득방법은 IEC 61400-12-1을 준용하되 K-water와 협의하여 결정한다.
- (4) 성능보증을 위한 데이터 취득 완료 후 완성된 측정출력곡선은 모든 풍속조건에 대하여 (5)~(6)에 반영된 요건을 입증하여야 한다. 또한, 입찰시 제시한 보증출력곡선은 IEC ISO Guide 65에 따라 인가된 아래 독립기관으로부터 인증된 출력곡선이어야 하며 자체 계산에 근거한 출력곡선은 인정되지 않는다.
- ① Germanischer Lloyd
 - ② DNV(Det Norske Veritas)
 - ③ DEWI-OCC
 - ④ 리소 실험실(riso laboratory)
 - ⑤ ECN
 - ⑥ CRES
 - ⑦ 국제 성능시험기관 협의체(MEASNET) 또는 K-water가 동등하다고 인정한 독립 시험기관
- (5) 상기의 성능보증 방법에 의해 산출된 측정출력곡선(measured power curve)으로 K-water가 제공한 표준풍황자료(시운전기간 중 실측자료)에 의해 계산된 측정 연간에너지생산량(measured AEP)과 보증 연간에너지생산량(guaranteed AEP)을 비교하여 하기의 식이 만족할 경우 성능보증은 이루어진 것으로 한다.

$$0.95 \leq \frac{\text{Measured AEP (측정 연간에너지생산량)}}{\text{Guaranteed AEP (보증 연간에너지생산량)}}$$

- ① 보증 연간에너지생산량(guaranteed AEP) : 국제인증기관으로부터 인증된 출력곡선에 K-water에서 제공한 표준풍황자료를 기준으로 산정된 에너지생산량을 말한다.
 - ② 측정 연간에너지생산량(measured AEP) : K-water에서 제공한 표준풍황자료를 기준으로 실제 측정된 에너지생산량을 말한다.
- (6) (5)에 기술된 성능보증조건을 만족하지 못할 경우에 성능보증은 이루어지지 않은 것으로 간주하며, 미달 연간에너지생산량은 하기의 식에 의하여 계산한다.
- ① 미달 연간에너지생산량(kWh) = (0.95 x guaranteed AEP) - measured AEP
- (7) 수급인은 불가피한 사유로 시운전 기간 내에 데이터 취득이 불충분하여 준공일 전까지 성능보증 결과보고서 제출이 어려울 경우, 그 사유를 K-water에 서면으로 제출하여야 하며, 준공일 이후 성능보증에 추가로 소요되는 기간은 K-water와 협의하여 별도로 정한다.
- (8) 단, 어떠한 경우에도 성능보증 관련 소요되는 모든 비용은 수급인이 부담하여야 하며, (5)에 따른 성능보증이 이루어지지 않아 성능배상 조건에 따른 배상을 하여야 할 경우 이를 성실히 이행해야 한다.

1.9 태풍 및 기상이변에 대한 준수사항

- (1) 수급인은 준공 이후의 태풍 및 기상이변 조건에 대하여 풍력발전설비의 건전성에 미치는 영향을 최소화와 안정성 및 신뢰도에 영향을 미치지 않도록 수명기간(20년) 동안 보증하여야 한다.

2. 풍력발전설비 일반

2.1 풍력발전설비 기본 요구사항

2.1.1 형식인증

- (1) 풍력발전기는 국제인증기관(DEWI-OCC, GL, DNV 등)으로부터 취득한 형식인증서 또는 임시형식인증서 취득조건 및 아래 설계조건을 만족하도록 설계, 제작 및 설치하여야 한다.

※ 임시형식인증서는 본 계약의 준공 전 정식형식인증서를 공문으로 K-water에 제출해야 한다. 다만 정식형식 인증을 준공 전에 제출하지 못할 경우 국가를 당사자로 하는 계약에 관한 법률에 의거 정식형식 인증 제출시까지 지체상금을 부과한다.

2.1.2 요구사항

2.1.2.1 내풍속조건

- (1) 풍력발전기 주요 구성품인 날개(blade), 회전자(rotor), 나셀(nacelle) 및 내부 구성기기, 타워 등은 이 기준에서 명시된 설계조건과 표준풍황자료 및 인근지역에 위치한 기상대의 과거 기상자료를 포함한 다양한 운전조건에서도 충분한 설비 신뢰도와 성능을 발휘하도록 설계되어야 한다.
- (2) 설계 및 안전등급의 설정은 표준풍황자료, 인근지역 기상대의 풍속자료 및 풍력발전기 설치지점과 기상대간의 지형조건 등을 충분히 반영하여야 한다.
- (3) 풍력발전기의 설계등급은 IEC Class를 만족할 수 있도록 평균풍속, 순간최대 풍속, 난류강도 등을 충분히 고려하여야 한다. 풍력발전시스템의 안전성 측면을 고려한 풍속 기준은 IEC 61400-1의 규격요건을 고려하여 선정하며, 입찰시 인증기관의 최종 평가 보고서를 K-water에 제출하여야 한다.

2.1.2.2 안전등급(safety classes)

- (1) IEC 61400-1 및 국내 산업안전보건법에 따라 설계하여야 하며, 특히 인명 보호를 위한 안전요건으로써 최소한 다음사항들이 고려되어야 한다.
 - ① 안전지침
 - ② 장비 인양설비
 - ③ 접근로 및 통로

- ④ 플랫폼 및 핸드레일
- ⑤ 조명, 전기 및 접지설비
- ⑥ 방화대책
- ⑦ 비상 정지버튼

2.1.2.3 내진설계

(1) 내진설계는 KDS 14 31 60 (4.1)을 따른다

2.1.2.4 소음 및 진동, 일조권

- (1) 환경정책기본법 및 소음진동관리법의 기준을 준수하여야 한다.
- (2) 수급인은 풍력발전기 주요기기의 허용 진동치를 제시하고 이를 준수하여야 한다.

2.1.2.5 풍하중

(1) 구조물(타워 및 기초 등)의 풍하중은 IEC Class에 적용하는 기본풍속(50년 주기 10분 간 평균 풍속치)를 적용하여 설계·제작되어야 한다.

2.1.2.6 전파장해 및 전력품질

- (1) 풍력발전기로 인한 인근지역에 대한 어떠한 전파장해도 없어야 한다.
- (2) IEC 61400-21 규정, 전기사업법, 한전의 송(배)전용 전기설비 이용규정 및 분산형 전원 배전계통연계 기술기준에 제시된 전력품질을 보증하도록 설계하여야 한다.

2.1.2.7 전원설비 요건(타워내부 전원용)

- (1) 동력용 전원
 - ① AC 380/220 V ±10 %, 직접접지, 60 Hz 3상 4선
- (2) 제어용 전원
 - ① AC 120/220 V ±10 %, 60 Hz, DC 110 V, 85 ~ 125 V
- (3) 조명 및 리셉터클 전원
 - ① AC 380/220 V ±10 %, 60 Hz

2.1.2.8 결빙 방지대책

(1) 겨울철 저풍속 기간 중 강설에 의해 블레이드에 눈쌓임이나 결빙이 발생하지 않도록 시동풍속 이하의 풍속에서 피치각 조정(0°~20°)이 자동 및 수동으로 가능하고 블레이드에 눈 쌓임이 최소화되도록 아이들링(idling)할 수 있어야 한다.

2.1.2.9 K-water 로고 표시

(1) 풍력발전기 너셀의 양면에 K-water 로고를 표시하며, 로고의 크기와 색상 등은 공사 감독자와 협의하여 결정한다.

2.1.3 운전조건

2.1.3.1 일반사항

- (1) 풍력발전기 및 모든 부속설비는 이 기준에서 명시된 조건을 고려하여 충분한 내구성, 내염, 내자외선, 내부식성을 유지하며 한전배전계통의 연계 운전에 문제없이 운전될 수 있도록 설계, 제작, 공급 및 설치되어야 한다.

2.1.3.2 풍력발전기 출력조건

- (1) 정격 출력 및 정격풍속(rated power and rated wind speed)
 - ① 풍력발전기 출력기준으로 명판출력(nameplate output)을 만족시키는 조건에서의 출력 및 풍속
- (2) 최대출력 및 종단풍속(maximum power and cut-out wind speed)
 - ① 풍력발전기가 전력을 생산할 수 있는 풍속범위 중 종단풍속(최대평균풍속)하에서의 출력
- (3) 부분변동 출력 및 병입풍속(partial power and cut-in wind speed)
 - ① 풍력발전기가 전력을 생산할 수 있는 병입풍속(최소평균풍속)부터 정격풍속 범위까지의 부분출력조건으로 정격출력 이하에 해당하는 출력

2.1.3.3 설계수명

- (1) 풍력발전기 및 부속기기, 타워, 기타 모든 부대설비 등은 아래의 수명 이상으로 설계되어야 하며, 요구되는 성능을 만족하여야 한다.
 - ① 설계수명 : 20년
 - ② 운전수명 : 20년
 - ③ 경제수명 : 20년

2.1.3.4 운전조건

- (1) 기동운전(start-up operation)
 - ① 풍력발전설비가 정지된 상태에서 로터가 회전하기 시작하여 기동되는 상태로써 기동을 위한 모든 운전조건이 만족되어야 하며 정상정지 되어야 한다.
- (2) 정상운전(normal operation)
 - ① 풍력발전설비가 기동되어 정상적으로 부하 운전되고 있는 상태로써 병입풍속(cut-in wind speed)부터 병입해지풍속(cut-out wind speed)범위까지 정상운전 중에는 모든 부하에 걸쳐 안정된 운전상태가 유지되어야 한다.
- (3) 정상정지(normal shut-down)
 - ① 저회전수 상태에서 일정기간 무부하 운전된 후 정지되는 조건으로 모든 제어계통은 정상운전 대기상태를 만족하여야 한다.
- (4) 비상 정지운전(emergency shut down)

- ① 정상운전 중 설계범위를 벗어난 급격한 외내부요인 발생 시 자동 및 수동으로 정지되는 조건으로써 설비보호 및 인명의 안전을 위한 제반 조건이 충족될 수 있도록 설비가 제작설치 되어야 한다.
- (5) 정지(standstill or idling)
 - ① 정상정지 후 감속제동장치가 정상적으로 작동되어 풍력발전기가 완전히 정지된 상태로써 요구되는 제반사항이 만족되어야 한다.

2.2 설계 및 제작요건

2.2.1 일반사항

- (1) 수급인이 공급하는 주요부품은 기상조건 변화에 따라 윤활유 및 조작유의 누출, 냉각수 및 관련 계측설비의 열적 변형과 동파, 성능에 영향을 미치는 기계적 손상 또는 기타 변형이 발생하지 않도록 설계하여야 한다.
- (2) 부품은 마모, 부식, 고장 등으로 조정, 점검, 수리 등이 필요할 시 접근하기 쉽고 제거가 용이하도록 설계하여야 하고 정비수단을 가져야 한다.
- (3) 부품 및 예비품은 완전한 교환이 가능하도록 호환성이 있어야 하며 사양에 대한 상세 자료를 제출하여야 한다.
- (4) PLC, 센서, 네트워크, 어댑터(adaptor), 모니터링 소프트웨어(monitring S/W) 및 주요자재는 공인인증기관에서 발행하는 관련규격에 의한 인증시험 성적서를 제출하여야 한다. 단, K-water 승인시 자체 시험성적서를 인정할 수 있다.

2.2.2 풍력발전기 및 부속기기

2.2.2.1 풍력발전기

- (1) 형식
 - ① 발전기의 형식은 제작자 표준규격에 따르며, 냉각방식 및 여자방식 또한 제작자 표준규격에 따른다.
- (2) 정격
 - ① 발전기의 용량은 권선의 절연계급 F급 이상으로 규정된 역율 및 고정자 온도에서 IEC Code 및 ANSI C50.13에 명시된 표준온도 상승치를 초과치 않고 정격전압 및 정격주파수로 최대 출력을 발전할 수 있어야 한다.
- (3) 수급인은 계약완료 후 즉시 전력계통 연계를 위한 발전기 자료를 제출하여야 한다.
- (4) 일반사항
 - ① 풍력발전기는 외부 풍속의 변화에 따라 바람이 부는 방향과 직각으로 위치하여 최고 효율로 운전될 수 있도록 설계되어야 한다.
 - ② 풍력발전기에서 출력되는 전력은 교류로써 3상, 60 Hz이어야 한다. 풍력발전기는 날개, 회전자(rotor), 주축(main shaft), 기어박스(gear box), 발전기(generator), 냉각 및

여과 시스템(cooling and filtration system), 제동 시스템(braking system), 나셀(nacelle), 요잉 시스템(yawing system), 인버터 시스템(inverter system), 계측기 및 모니터링 시스템(instrument & monitoring system), PLC 제어 시스템(PLC control system), 통신 시스템(communication system) 및 타워(tower) 등으로 구성되어야 한다.

- ③ 모든 풍력발전기의 제작은 ISO 9001 또는 국제적으로 인정하는 품질인증기관으로부터 인정된 절차에 따라야 하며 기본적인 설계기준은 이 기준의 발전소 개요 및 일반설계기준에 따라야 한다.
- ④ 풍력발전기 및 모든 부속설비는 일반설계조건에 명시된 내외부 환경에서 내염성, 내자외선 및 내식성을 지니고 비정상 운전 조건에서도 충분한 내구성을 유지할 수 있는 재질 및 도장 조건을 적용하여야 한다.
- ⑤ 풍력발전기의 운전조건을 벗어난 기상조건(풍속, 온도, 습도, 기압) 등을 제외하고는 모든 출력범위에 걸쳐 기동, 정지 및 연속운전이 가능하도록 설계하여야 한다.
- ⑥ 풍력발전기의 출력조정방식은 블레이드의 피치각 제어방식을 채택하여 외기 풍속 변화에 따라 효과적으로 출력이 조절되어야 한다.
- ⑦ 풍력발전기는 감속 및 정지시 날개의 공기역학적 제동기능(aerodynamic brake system)에 의해 1차적 감속 및 기계적 제동장치(mechanical brake system)에 의한 2차적 정지기능을 갖추어야 한다.
- ⑧ 풍력발전기는 무부하운전(idling) 조건 시 로타 진동수와 타워의 고유진동수에 의한 공진현상이 발생하지 않도록 주파수 주기를 고려하여 설계한다.
- ⑨ 풍력발전기는 최소한 진동, 회전, 자중 및 지진 등과 같은 관성과 중력에 기인한 정적, 동적하중과 공기유동에 의해 풍력발전기의 고정부 및 회전부에 상호 작용되어 가중되는 공기역학적 하중, 풍력발전기의 운전 및 제어 시 가중되는 운전하중 및 기타 파상하중, 충격하중 등 모든 부하조건을 감안하여 설계한다.
- ⑩ 풍력발전기의 주요 구성품을 포함하고 있는 나셀(nacelle)은 기기 내에서 발생하는 열을 제거하기 위한 기기냉각계통과 산업안전보건법에 적합하도록 환기 및 제어장치 및 극한조건에서도 제 성능을 발휘할 수 있도록 난방(heating) 설비 등이 구성되어 자동으로 항상 최적의 운전 온도조건이 유지되도록 설계·제작하여야 한다.
- ⑪ 풍력발전기의 풍속계 및 풍향계는 결로 및 동파되지 않도록 일정온도를 유지할 수 있도록 설계, 제작, 설치하도록 한다.
- ⑫ 풍력발전기는 평균 10분 이상 중단풍속을 초과하거나 일정기간동안 풍력발전기가 허용할 수 없는 최대순간풍속 조건하에서는 설비를 정지하여 설비 안정도 및 신뢰도에 영향을 주지 않도록 자동제어장치를 설치하여 운전 정지되어야 한다.
- ⑬ 풍력발전기는 모든 풍황조건 상태에 대하여 설비의 건전성을 유지하기 위하여 수평면 기준, 평균 풍량에 대한 적정구배를 유지하도록 IEC-61400-1을 참조하여 설계하고, 풍력발전기의 설계하중 또한 IEC-61400-1에 명시된 모든 조건에 대하여 충분한 부분안전계수(partial safety factor) 이상을 적용하여 설계하여야 한다.

- ⑭ 부분안전계수는 하중 종류 및 재질에 따라 모든 불확실도를 충분히 고려하여야 한다.

2.2.2.2 회전자(rotor)

- (1) 회전자 날개(rotor blade)는 외기환경에서 내염성, 내자외선 및 내식성을 지니고 비정상 운전 조건에서도 충분한 내구성을 유지할 수 있는 재질을 사용하여야 한다.
- (2) 날개는 DS/EN ISO 12944-2 Corrosion protection of steel structures by protective paint system에 따라 금속 부품, 젤 코트(gel coat), 날개 내부 라미네이트 접착제(laminate adhesive), 조인트 실란트(joint sealant) 등에 대한 모든 조건들이 충족되어야 하며 도장(coating)은 ASTM E314에 따라 시험되어야 한다.
- (3) 회전자는 풍속에 따른 최대의 출력을 생산할 수 있도록 회전자 날개 설계 시 날개의 각도, 면적 및 길이 등을 고려하여야 하며, 날개 끝 부분에는 IEC 61400-24에 따라 낙뢰로부터 풍력발전기를 보호할 수 있는 보호설비가 설치되어야 하며, 대지방류 되도록 접지되어야 한다. 낙뢰는 베어링 및 주축(main shaft)을 통해 도전되어서는 안 된다. 또한, 풍력발전기의 운전 정지 시 날개의 각도가 조정되어 1차적 제동기능을 갖추어야 한다.

2.2.2.3 주축(main shaft)

- (1) 주축(main shaft)은 충분한 강도를 지닌 재질을 사용하여야 하며 회전자 쪽의 주축은 회전자로부터 축 방향으로 밀어내는 힘을 흡수하며, 적합한 베어링으로 고정되어야 한다.
- (2) 주축과 기어박스는 커플링에 의해 충분한 힘이 전달될 수 있어야 한다.

2.2.2.4 기어박스(gear box)

- (1) 기어박스 내의 기어는 다단구성으로써 기어의 토크는 풍력발전기가 요구하는 토크보다 커야 한다.
- (2) 기어비는 로터(rotor) 회전수 대비 풍력발전기가 요구하는 회전수가 충족되어야 하며, 기어에서 발생하는 소음을 최소화하기 위한 장치가 포함되어야 한다.
- (3) 기어 박스 내의 윤활유의 교체 및 윤활유량을 운전자가 쉽게 점검 및 교체가 가능하여야 한다.

2.2.2.5 나셀(nacelle)

- (1) 나셀의 프레임(frame)은 외기환경에서 내염성을 지니고 설치지역의 설계조건에서 외부충격 및 부식에 견딜 수 있는 재질로 제작되고 도장되어야 하며, 나셀 내부에 설치된 발전기, 로터, 기어박스 등에서 발생하는 소음 및 진동이 감소될 수 있는 구조로 설계되어야 한다.
- (2) 산업안전보건법의 작업환경에 적합하도록 환기설비를 구비하여야 한다.

2.2.2.6 발전기(generator)

- (1) 발전기는 비동기식 또는 동기식으로 외함 보호등급은 관련규격에 의거 발전기를 충분히 보호할 수 있도록 제작하며, 농형유도발전기의 경우 한류리액터, 콘덴서 등을 이용한 계통 보호대책을 K-water에 제시하여 승인을 득하여야 한다.
- (2) 발전기에서 발생된 전기는 전력계통과 병렬운전을 위한 자동동기 투입장치가 설치되어 전력계통기준을 충족하기 위하여 soft cut in 동작에 필요한 모든 설비를 보유하여야 한다.
- (3) 계통투입시 돌입 전류(in rush current)로 인한 전압강하가 허용기준치를 넘지 않도록 적절한 조치를 취하여야 하며, 발전기 출력에 관계없이 출력단에서 역율이 항상 90 % 이상 유지하여야 한다. 고조파 함유율은 3 % 이하로 제한되어야 한다.
- (4) 발전기와 타워 하부에 설치된 전기 패널간의 케이블은 난연성으로 발전기 용량에 적합한 형식 및 크기를 사용하여야 한다. 발전기 자체 고장 또는 외부고장으로부터 발전기 및 전력계통을 보호할 수 있는 보호설비를 갖추어야 한다. 기타 상세규격은 K-water과 협의하여 제작자 표준에 따른다.

2.2.2.7 풍력발전기 냉각 및 여과계통(cooling & filtering system)

- (1) 기어박스, 베어링 윤활계통 및 발전기 등에서 발생하는 폐열을 제거하기 위한 냉각계통은 수냉식 또는 공랭식으로 적용하고 부속되는 펌프 또는 송풍기, 필터 등은 그 기능에 부합되도록 설계한다.
- (2) 산업안전보건법에 적합한 작업환경을 유지하기 위하여 맑은 공기(fresh air) 공급설비 등의 환기설비가 구비되어야 한다.
- (3) 기어박스의 베어링, 기어박스의 오일, 발전기의 권선, 발전기의 베어링 냉각수 또는 공기의 온도 감시 및 운전제어를 위한 설비를 갖추어야 한다.

2.2.2.8 감속제동계통(brake system)

- (1) 풍력발전기는 블레이드의 공기역학적 제동기능(aerodynamic brake)과 기계적 제동설비(mechanical brake)를 갖추어 계획정지 및 비상정지 시 제 기능을 발휘하도록 설계하여야 하며, 기계적 제동설비는 유지보수 시 수동으로 제동설비를 고정시킬 수 있어야 한다.
- (2) 나셀(nacelle)에 설치된 풍속계의 측정결과를 따라 입력데이터로 발전기보호 연산을 하고 자동으로 공기역학 브레이크 및 전기식 또는 기계식 브레이크를 작동시켜 정지시킬 수 있는 제어장치를 설계·제작해야 한다.
- (3) 공기역학적 제동기능은 풍력발전기가 충분한 제 성능을 발휘할 수 있도록 설계 및 동작되어야 하며, 디스크브레이크는 계통고장(system failure) 및 동작전원 상실 등의 경우 자동으로 작동되어야 한다.
- (4) 소내 전원계통의 단전 등 전원상실시 보조전원으로 브레이크가 자동으로 동작하여야 한다.

2.2.2.9 요잉 시스템(yawing system)

- (1) 요잉 시스템(yawing system)의 구성은 요 베어링(yaw bearing), 요 드라이브(yaw drive), 요 브레이크(yaw brake) 및 제어장치로 구성되어야 한다. 나셀(nacelle) 상부에 설치된 풍향, 풍속계의 센서(sensor)에 의해 바람의 방향, 속도를 연속적으로 측정하여 바람과 직각 방향으로 날개(blades)가 자동위치 하도록 하여 최대한 발전 출력이 유지될 수 있도록 추적 제어되어야 한다.
- (2) 요잉 드라이브(yawing drive)는 풍력발전기를 무리 없이 회전시킬 수 있는 성능을 지녀야 하며, 이에 적합한 구동기를 구비하여야 한다. 기어는 강도, 마모, 내부식 등의 측면에서 설계수명기간 동안 모든 운전조건에서도 충분히 견딜 수 있도록 고강도의 재질로 제작되어야 한다.

2.2.2.10 인양설비(hoist)

- (1) 풍력발전기 나셀 내에 설치된 주요구성 설비의 유지, 보수 및 보수용 부품 또는 공구류 등을 인양할 수 있는 인양설비를 설치하여야 하며 유지, 보수 시 최대 중량물을 감당할 수 있는 충분한 용량으로 설계하여야 한다.
- (2) 인양설비는 나셀 외벽을 개방하지 않고 정비 가능한 최대 중량물을 인양할 수 있는 용량과 구조이어야 한다.

2.2.2.11 승강기 & 작동보조도구(climbing assistance tool)

- (1) 풍력발전기 타워 내부에는 풍력발전기 나셀 내 주요 구성설비를 유지, 보수 및 점검하기 위하여 운전원이 나셀부위로 안전하고 원활하게 이동할 수 있도록 하기 위한 승강기 및 작동보조도구(climbing assistance tool)를 갖추어야 한다.
- (2) 승강기는 운전원의 안전한 접근을 보장하기 위하여 최소한 다음 조건을 만족하여야 한다.
 - ① 운전원의 추락을 방지하기 위한 보호막(케이지 등) 구비
 - ② 운전원의 휴식을 위한 플랫폼(platform)과 사다리(ladde)의 규격은 ANSI 14.3을 만족하여야 하며, 플랫폼(platform)은 사다리(ladde)에서 안전하게 접근할 수 있어야 한다.
 - ③ 운전원의 안전을 위해 가이드 레일(guide rail)을 설치하여야 한다.
 - ④ 타워의 사다리에는 운전원의 안전을 위해 장력장치를 갖춘 안전줄을 설치하여야 한다.
 - ⑤ 정전시나 고장으로 승객이 갇혔을 때 외부와의 연락을 위한 비상호출버튼 또는 인터폰 등 승강기 관계법령에 적합하도록 안전장치를 설치하여야 한다.
- (3) 운전원의 점검 및 정비작업에 필요한 안전장비 일체를 2인 1조 기준 2개조가 사용할 수 있는 수량을 구비해야 한다.

2.2.2.12 소방설비(fire protection system)

- (1) 소화설비 및 화재탐지, 경보계통은 국내의 관련 소방법규에 따라 설계하고 자동화재 탐지설비를 갖추어야 하며, 대관 인허가 업무 및 책임감리를 포함한 준공업무를 수행하여야 한다.

2.2.2.13 피뢰설비

- (1) 풍력발전기의 피뢰설비는 블레이드, 허브 콘과 나셀 상단 등에 피뢰침을 설치하여 직격뢰에 대해 신속하게 대지로 방전시켜 설비에 이상이 없도록 한다.
- (2) 유도뢰에 대해 나셀 외함에 동판을 설치하여 뇌에 의한 전자계를 차단하며 전원 및 제어설비에 서지보호기(Surge Protective Device, SPD)를 설치하여 이상전압에 대해 보호하여 설비에 이상이 없도록 한다.

2.2.2.14 역률보상장치

- (1) 역률은 분산형전원계통연계기준에 의거 90 %이상을 유지하도록 역률보상장치를 설치하며 풍력발전기 제어시스템을 통해 자동제어되도록 구성한다.

2.2.3 타워 및 부속설비

- (1) 타워형식은 제작사 표준규격에 따르며 허브높이는 설계도면 또는 공사시방서에 따른다.
- (2) 타워 및 앵커 볼트(anchor bolt) 는 내진 I 등급 및 풍력발전기 안전등급에 충분히 견딜 수 있는 구조로 설계되어야 하며, 구조계산서 또는 국제공인기관의 인증서를 제출하여야 한다.
- (3) 타워는 품질확보를 위하여 현장 작업이 최소가 되도록 제작·공급되어야 하며 앵커 볼트로 타워 기초에 확고하게 고정되도록 설계되어야 한다.
- (4) 타워는 해상, 육로운반 및 현장설치를 고려하여 가능한 최대의 크기로 분할하여 제작하며 현장에서의 각 부분의 조립은 현장여건 및 완성품에 대한 설계의 건전성을 충분히 고려하여 플랜지(flange) 연결 또는 용접 체결 등을 적용한다.
- (5) 제작된 타워 각단의 플랜지 연결 시 플랜지는 풍하중에 견딜 수 있도록 설계 제작되어야 한다.
- (6) 플랜지 연결 시 플랜지 연결부의 볼트 구멍은 중심선에 상호 대칭되도록 설계하여야 한다.
- (7) 타워 각 부분에는 현장 설치시 인양을 위한 인양고리(lifting lug) 등의 보조장치를 부착하여야 한다.
- (8) 풍력발전기가 설치되는 최상부의 플랫폼(platform)은 발전기의 유지 및 정비 시 하부로 기름이 누출되지 않도록 설계, 제작되어야 한다.
- (9) 최상부층은 운전 및 보수를 위한 작업자, 공구 등의 하중을 고려하여 설계 및 제작되어야 하며, 최대 동시 작업자 수를 명시한 명판을 설치하여야 한다.
- (10) 타워 내에 설치되는 모든 플랫폼(platform)은 진동이 발생하지 않도록 하여야 한다.

- (11) 타워 내부 출입을 위해 충분한 크기의 출입문을 설치하여야 하며, 출입문은 방습, 방풍구조로 주 풍향을 피해 설치하여야 하고 시건장치를 구비하여야 한다.
- (12) 타워 출입문 및 출입문의 힌지는 현장조건을 고려 부식이 되지 않는 재질로 제작되어야 한다.
- (13) 타워는 현장여건을 고려하여 설계수명 기간동안 염해에 충분히 견딜 수 있도록 적합한 규격으로 설계 및 제작되어야 한다.
- (14) 풍력발전기 및 타워 내 기기의 유지·보수를 위하여 적정조도를 유지할 수 있는 조명설비 및 비상시를 대비한 비상 조명설비를 설치하여야 한다.
- (15) 타워 안쪽에 설치되는 케이블 및 전선은 하중에 의한 케이블의 절단이나 처짐을 방지하기 위한 케이블 클램프(cable clamp) 등을 이용하여 적당한 방법으로 고정하여야 한다.
- (16) 모든 볼트연결은 자가 잠금(self-locking) 너트의 사용 등 풀림 방지장치를 하여야 한다.
- (17) 타워 하부에는 안전줄, 소화설비, 각종 운전지침서 등을 보관할 수 있는 공간을 두어야 한다.
- (18) 수급인은 시험 및 검사 완료 후 작업 중에 설치된 모든 임시부착물 또는 용접부들을 모재표면이 손상시키지 않도록 주의하여 제거하여야 하며, 손상된 도장부분을 원상복구 하여야 한다.
- (19) 타워 내에 화재탐지 및 경보설비, 인터폰 설비 등을 설치하여야 한다.
- (20) 타워 바닥에는 전기 및 통신관련 각종 제어반 및 분전반이 설치될 수 있는 공간을 확보하여야 한다.
- (21) 지반침하, 타워의 수평 및 수직도를 계속하여 확인할 수 있는 계측기를 설치하여야 한다.
- (22) 타워의 모든 금속부분은 접지를 위한 규정을 갖추어야 하고, 주 접지망에 접지하여야 한다.
- (23) 수급인은 타워기초 및 기초 보호공 등 주요 구조물 및 기타 부대공사에 대한 설계 및 구조 계산서를 포함한 상세설계도서에 대하여 K-water의 승인을 받은 후 시공하여야 한다.

2.2.4 구조용 강재

2.2.4.1 일반사항

- (1) 구조용 강재는 타워와 플랫폼, 보행자 통로, 난간, 바닥강판 등을 포함한다.
- (2) 구조용 강재의 조립 및 설치는 최신판 AISC를 따르거나 국내 건축법의 강구조 설계기준을 따른다.
- (3) 구조용 강재의 설계는 최신판 AISC 또는 국내 건축법의 강구조 설계기준의 허용 응력설계법을 따른다.

2.2.4.2 재료

- (1) 구조용 강재와 강판은 최신판 ASTM A36, ASTM A572 또는 KS D3505 SS400등등 이상의 재질을 사용하여야 한다. 수급인은 ASTM에 언급된 재료의 화학적 구성과 물리적 특성에 대한 제조사 인증서와 함께 시험성적서 사본을 K-water에 제출하여야 한다.
- (2) 모든 강재가 플랜지 연결일 경우 고장력 볼트(다크로 코팅)을 사용하여야 하며 (ASTM A325, A490 또는 KS B1010), 한번 사용한 고장력 볼트는 재사용이 불가하다.

2.2.4.3 제작요건

- (1) 각 구조물은 지진하중, 해일 및 설계 순간최대풍속 이상으로 제작하여야 한다.
- (2) 각 구조물은 보행자 통로, 플랫폼, 사다리 및 풍력발전기를 지지하여야 하며, 또한 풍력발전기에 연결된 전선, 기타 설비 등의 추가하중을 지지해야 한다.
- (3) 수급인은 구조용 강재 접합설계에 필요한 모든 정보를 K-water가 요구할 경우에 제공해야 한다.
- (4) 모든 용접은 AWS D1.1 에 접합하여야 한다.
- (5) 기초 저판은 수급인이 공급하여야 하며, 기초 저판에 중심선 긋기 및 중심천공을 정확하게 하여야 한다. 기초 저판의 상부 지지표면은 절단, 압연, 프레스, 절삭 등의 작업 후에도 완전 평면이어야 하고, 구멍과 모서리를 따라 발생하는 변형도 제거되어야 한다.
- (6) 앵커볼트와 너트는 수급인이 공급하여야 한다. 수급인은 앵커볼트 규격이 명시된 설치 도면을 제출하여야 한다.
- (7) 플랫폼과 보행자 통로는 32 mm x 5 mm의 지지대로 최소간격 30 mm 인 아연 도금된 그레이팅을 사용하여야 한다. 재료는 ASTM A36 또는 ASTM A659 및 ASTM A123 또는 국내 KS 규격의 용융아연도금을 따라야 한다. 그레이팅 고정방법은 아연도금된 Hilti Pin으로 시행함을 원칙으로 하며, 추후 K-water와의 협의 하에 방법을 변경할 수 있다.
- (8) 난간, 손잡이, 킥 플레이트 및 기둥의 설치시 난간의 높이는 1,200 mm 이고 난간의 중간 및 상부 자재는 직경 32 mm 강관을 사용하고 100 mm 높이의 킥 플레이트를 설치한다. 난간의 기둥 설치 간격은 최대 2 m 이다. 난간에 사용되는 파이프는 ASTM A53 또는 이상이 KS규격을 따라야 한다.
- (9) 수급인은 설계도면을 따라야 하며, 제작 및 설치도면에 설치 및 식별이 용이하게 구조용 강재에 번호를 기입하여야 한다.
- (10) 수급인은 설계도면에 따라 제작하여야 하고, 설계도면과 일치하지 않는 제작 상세도면 또한, 제작이 잘못된 부재는 제작현장에서 즉시 반출하여야 하며, 이에 대한 책임은 수급인에 있다. 또한, 부재의 교체 및 제작오류로 인한 수정작업에 소요되는 비용은 수급인이 부담하여야 한다.

2.2.5 구조물 설계

- (1) 타워 및 기초구조물을 설계기준에 따라 산정된 외부하중으로부터 안전하도록 설계되어야 하며, 특히 인근 기상청에서 기록된 최대풍속에도 안전하도록 안전성이 확보되어야 한다.
- (2) 발전기 부지는 주 설비 및 보조설비의 설치에 사용되는 모든 중장비의 가동 및 안전에 필요한 공간 및 지반지지력이 확보되어야 한다.
- (3) 기초구조물은 견고한 암반 위에 설치되어야 하며, 암반이 아닐 경우 버림콘크리트 (lean concrete)로 치환하여야 한다.
- (4) 기초의 규모 및 제원은 수급인이 납품하는 발전기 및 타워에 따라 현장여건을 고려해, K-water의 실시설계 결과와 상이할 경우 추가 구조해석을 통해 최적 기초구조물을 설계하여 반영하여야 한다. 콘크리트 기초 상단의 높이는 조성된 부지 위로 100 mm 돌출되도록 설계되어야 한다.
- (5) 공사 중 또는 공사 준공 후에 공사현장 및 인근의 환경에 파괴 훼손이 없도록 환경보호에 만전을 기하며, 환경 훼손 시에는 공사완료 후 원상 복구하여야 한다.
- (6) 기초 구조물에 낙뢰방류를 위한 접지설비를 포함하여 안전성이 확보되도록 하여야 한다.

2.2.6 보안시설

- (1) 보안시설은 전기실 주변 및 발전기 주변의 시설 보호를 위하여 보안 울타리를 시설하되 관련 법 규정에 따라 설계한다.

2.2.7 전력 및 부대설비

2.2.7.1 전기설비 설계온도 및 습도

- (1) 전기설비는 아래의 온도 및 습도조건에서 안전하게 운전, 유지 및 보수가 가능하도록 설계, 공급하여야 한다.
 - ① 옥내 전기설비의 설계온도
가. 4 °C ~ 50 °C(운전 시, 건구기준)
 - ② 옥외 전기설비의 설계온도
가. -20 °C ~ 40 °C(운전 시, 건구기준)
 - ③ 옥내 전기설비의 설계습도
가. 0 % ~ 95 %
 - ④ 옥외 전기설비의 설계습도
가. 0 % ~ 100 %

2.2.7.2 계통전압

- (1) 발전기, 소내전원 계통, 제어전원, 송전계통 및 기동용 전원의 공칭전압은 표 2.2-1과

같다.

표 2.2-1 공칭전압

계통	공칭전압	비고
변전소 송·수전계통	22.9 kV	
저압계통	380/220 V	
교류제어 및 계기용 전원	120/220 V	
방습가열기 전원	220 V	
직류 제어전원	110 V	

2.2.7.3 전력계통 감시, 원격제어 및 보호

- (1) 보호계전기는 실시설계에 따른 보호기능을 갖추어야 하며, 차단기를 제어하고 상태를 감시할 수 있어야 한다. 또한, 최소한 다음과 같은 기능을 갖추어야 한다.
 - ① 마이크로 프로세서 기반(microprocessor based)
 - ② 현장 및 원방 정정기능
 - ③ 고장진단 및 분석기능
 - ④ 비휘발성 메모리
 - ⑤ 데이터 링크(data link)에서 분리 시 본래기능 유지
 - ⑥ 다중 보호(multi-protection) 기능
 - ⑦ 사고 및 고장기록(event, fault recording) 기능
 - ⑧ 계전기 내 논리(logic) 구현기능
- (2) 발전기는 사고 시 손상을 극소화하기 위하여 발전기 내부 및 외부사고에 대한 적절한 보호설비를 하여야 한다.
- (3) 여자계통을 갖는 발전기일 경우, 제작자 표준의 적절한 보호설비를 포함하여야 한다.
- (4) 발전기는 ANSI C37.106 등 관련규격 및 코드에 따라 부족주파수 및 과 여자에 대비한 보호계전기를 구비하여야 한다.
- (5) 발전기 보호계전기 설계 시 다음사항을 고려하여야 한다.
 - ① 지락보호 및 감지를 위한 적절한 설비를 설치하여야 한다.
 - ② 차동보호계전기는 발전기의 외부사고, 변압기의 돌입여자전류 및 고장전류의 직류 분에 의한 변류기 포화에 의해 동작해서는 안 된다.
 - ③ 기타 K-water 규정에 의한 보호설비를 구비하여야 한다.
- (6) 한전 배전선로에 연계 운전에 따른 계통보호는 한전의 분산형전원 배전계통 연계 기술기준에 따라야한다

2.2.7.4 접지공사

- (1) K-water 규정에 의한 공용 접지공사에 따른다.

2.2.8 기타 전기설비

2.2.8.1 전력, 제어 및 계측제어 신호용 케이블

- (1) 열전대(thermocouple)와 조명용 전선을 제외한 모든 도체는 연동연선으로 다음과 같은 난연성 케이블을 사용하여야 하며 KS, ES 및 PS규격에 적합하여야 한다.(Panel 내부의 모든 전선도 난연성 전선을 사용하여야 한다.)
 - ① 22.9 kV 전력용 케이블 : CN/CV-OW
 - ② 발전전압 전력용 케이블 : FR-CV
 - ③ 0.6 kV~1 kV 전력용 케이블 : FR-CV
 - ④ 600 V 조명용 전선 : HIV
 - ⑤ 600 V 제어용 케이블 : FR-CVV, FR-CVVS
 - ⑥ 300 V 계측용 케이블 : FR-CVVS
 - ⑦ 화재경보용 케이블 : HIV, FR-3, FR-8
 - ⑧ 인터폰용 케이블 : FR-CPEVS-B
- (2) 모든 전력케이블의 허용전류는 IEEE 835, IEEE S-135-1, ICEA P-54-440 및 NFPA 70에 따라서 결정하여야 한다. 케이블 굵기는 정상 시 도체온도가 90℃를 초과하지 않고 단락 시 250℃를 초과하지 않도록 선정하여야 한다.
- (3) 480 V 이하의 전압에 사용되는 전력용 케이블은 전압 600 V, 도체온도 90℃의 정격을 갖는 절연재료로 절연하여야 한다. 600 V용 전력케이블은 가교폴리에틸렌(XLPE) 절연을 사용하는 난연성 외피이어야 한다. 60 mm²이하의 케이블은 다심케이블을 사용하며, 600 V 전력케이블 도체의 최소 굵기는 3.5 mm²를 사용한다.
- (4) 전기설비 제어용 케이블은 600 V 정격의 케이블을 사용하고 도체온도 75℃의 정격을 갖는 절연재료로 절연하여야 한다. 모든 제어회로에는 다심케이블을 사용하고 난연(flame retardant)성능을 가진 재질의 외장을 가져야 하며, 절연 및 외장두께는 ES 124-393-883에 준한다. 제어용케이블의 도체의 굵기는 최소한 2.0 mm²를 사용하여야 하며, 옥내변전 및 수전설비와 발전소 사이의 제어용 케이블은 차폐형을 사용한다.
- (5) 모든 부하 회로용 도체 각각은 전부하정격의 125 % 전류를 분담할 수 있는 굵기로 하고, 변압기 1차 및 2차 간선케이블의 용량은 변압기 최대정격의 115 %를 연속적으로 부담할 수 있어야 한다.
- (6) 정상운전시 차단기반 인입피이더 케이블 전압강하는 1 %를 초과하지 말아야 하며, 전동기 및 기타 기기용 피이더의 케이블 전압강하는 3 %를 초과하지 말아야 한다.
- (7) 기타 사항은 IEEE 422, IEEE 525 및 IEEE S-135-1을 기준으로 한다.
- (8) 계측제어 신호용 케이블
 - ① 계측제어 신호용 케이블은 다음과 같은 종류의 케이블을 사용하여야 한다.
 - 가. 아날로그 및 디지털 계측용 케이블
 - 나. 저항 온도감지기의 연결 케이블
 - 다. 열전대용 보상도선

- ② 아날로그 계측제어신호용 케이블은 다심형, 꼬임 및 차폐형이어야 하며, 아날로그 계측용 케이블은 300 V 절연내력을 가져야 하고 디지털 계측용 케이블은 600 V 절연내력을 가져야 한다. 차폐접지는 기기제작사의 규정에 따라 행하고 단자함과 캐비닛 사이는 가능한 한 다심케이블을 이용한다. 절연 및 외장재료는 제어용케이블 사양과 동일하다. 도체의 공칭 단면적은 1.25 mm²(16 AWG) 이상이거나, 4 Pair이상인 경우에는 다심의 0.5 mm²(20 AWG)도 사용 가능하다. 각종 히터(heater) 등과 같이 주변온도가 높은 온도 지역에서는 도체온도 200 °C 절연정격을 갖는 실리콘 고무절연 유리 편조 케이블이나 250 °C 절연정격을 갖는 테플론절연 Glass 편조케이블, 또는 이와 동등한 케이블을 사용해야 한다.

2.2.8.2 전선관(conduit)

- (1) 전선관은 완전하게 설계 및 설치되어야 하며, 지지물 사이의 거리는 NEC 345-12에 따른다.
- (2) 전선관의 크기와 수용가능 한 전선 수는 NEC에 따른다.
- (3) 트레이 사용이 비경제적이거나 불가능할 경우에 지중전선관, 노출전선관 혹은 콘크리트 매입전선관을 사용하여야 한다.
- (4) 전선관은 다른 중요한 구조물과 간섭이 생기지 않는 한 직선으로 설치하여야 하며, 다른 기기들과 연결 시에는 가능한 한 곡률 반경이 커야 한다.
- (5) 현장 제어장치(controller)간 고속의 정보전송에 필요한 전용의 전선관은 54 mm의 아연도 금강이어야 한다.
- (6) 전선관의 곡률반경은 수용한 케이블의 곡률반경보다 작아서는 안 된다.
- (7) 옥내 및 옥외의 노출전선관은 용융 아연 도금강 이어야 한다.
- (8) 모든 금속전선관은 전기적으로 연속이어야 하며, 적어도 한 곳 이상에서는 나 연동선으로 접지하여야 한다. 전선관이 접지도체로 사용될 때에는 NEC250-91(B)를 따라야 한다.
- (9) 모든 전선관의 끝에는 공사 중 플러그 혹은 뚜껑을 씌워야 한다. 여분의 전선관 끝도 추후 사용될 때까지 플러그 혹은 뚜껑을 씌어 두어야 한다.
- (10) 전기설비로부터 공기, 습기 및 연기의 침입을 방지하기 위하여 케이블 주위에 밀폐형 플러그, 부상, 컴파운드를 사용하여야 한다.
- (11) 전선관의 부속품(fittings, accessories)은 전선관 및 마감재와 같은 재질이어야 한다.
- (12) 금속전선관이 신축이음을 통하여 연결될 때와 전기적으로 비연속일 때에는 접지용 동 케이블로 연결하여야 한다.
- (13) 지하매설전선관
 - ① 지하매설전선관은 HI-VE 경질 비닐 전선관 또는 파상형 경질 폴리에틸렌전선관을 사용해야 한다.
 - ② 지하매설전선관의 매설깊이 및 방법은 동결깊이를 고려하여 한전 배전설계 기준을 적용하여 설계한 후 K-water의 승인을 득한 후 시공하여야 한다.

- ③ 모든 지하매설전선관의 상부표면에는 보호판을 설치하고 경고테이프를 매설하여 전선관이 배설되어 있음을 식별가능 하도록 하여야 한다.

2.2.8.3 낙뢰보호(lightning protection)

- (1) 낙뢰보호설비의 필요여부는 ANSI/IEEE 665 (5.6)과 IEEE 141 (7.4) 및 IEEE 142 (3.3)에 따라 결정하여야 한다. 낙뢰보호설비는 NFPA 780과 ANSI/IEEE 665 (5.6)의 요건에 따라 설계하고 설치하여야 한다.
- (2) 기타 본 기술규격에 언급되지 않은 사항은 NFPA 780에 따른다.

2.2.8.4 조명계통(lighting)

- (1) 조명계통은 일반 및 비상 조명계통으로 구성한다.
- (2) 일반조명계통은 전원공급이 정상적일 때 풍력발전설비에 필요한 모든 조명을 제공한다.
- (3) 비상조명계통은 정전 또는 비상시 안전 운전을 필요로 하는 지역에 최소의 조도를 유지할 수 있어야 한다.
 - ① 비상조명계통은 자체 내장된 축전지로부터 전원이 공급된다.
 - ② 축전지 내장 비상등은 평상시는 소내용 전원을 공급받고, 전원상실시 내장 축전지 전원으로 자동 전환되며, 축전지 용량은 30분 이상이다.
 - ③ 소방기술기준에 관한 규칙에 의해 설치되는 축전지 내장 유도등은 비상구, 출입구, 복도, 계단 등에 사용하며 평상시는 소내용 전원에서부터 전원을 공급받다가 전원상실시 내장 축전지 전원으로 자동전환(내부전환)되며 축전지 용량은 60분 이상이다.
- (4) 일반조명계통은 380/220 V, 3상, 4선식으로 발전용 주변압기로부터 전원을 공급받는다.
- (5) 분전반 주모선과 수전케이블의 굵기는 연결부하의 125 %를 감당할 수 있도록 하여야 한다.
- (6) 나셀(nacelle)에는 항공장애표시등을 최신 국내 항공법과 항공법 시행규칙에 의거 고광도, 중광도, 저광도 등으로 구분하여 설치하며 국내법규에 언급하지 않은 규정은 FAA(U.S, Federal Aviation Act)에 따른다.
- (7) 조명분전반은 풍력발전기 각 개소에 설치하고 등기구 및 소 부하 동력용 리셉터클 전원으로 220 V 단상전력을 공급하고, 표 2.2-2, 2.2-3에 따른다.

표 2.2-2 기준조도 및 등기구 종류

주요 지역	기준조도(Lux)	등기구 종류
타워 내부	100	형광등, 백열등

표 2.2-3 항공장애표시등 광도기준 및 등기구 종류

구 분	주 요 지 역	중광도등	저광도등
광원색깔	섬광하는 백색등	점멸하는 적색등	점멸하지 아니하는 적색등
점멸회수 섬광주기	분당 40회~60회 섬광	분당 20점멸~60점멸	-
실효광도	200,000 cd 이상	1,600 cd 이상	10 cd 이상
배경 밝기에 따른 실효광도	- 배경의 밝기 50 cd/m ² 미만 : 2,000cd±25% - 배경의 밝기 50 cd/m ² ~ 500 cd/m ² : 20,000cd±25% % - 배경의 밝기 500 cd/m ² 초과 : 200,000cd±25% %이상	-	-

3. 풍력발전기타워 기초공사

3.1 토공

3.1.1 준비공 및 배수

- (1) 공사 현장의 체수는 미리 배수함과 동시에 공사 시공 중에는 공사현장을 양호한 상태로 유지한다.
- (2) 공사현장의 수목 및 기타 유해한 잡물은 공사에 앞서 모두 제거해야 한다.
- (3) 준비배수에 있어 수급인 임의로 부근의 밭, 임야, 가옥 등으로 배수하여서는 안 된다.

3.1.2 기초 터파기

- (1) 수급인은 공사감독자의 지시가 없는 한 도면에 명시된 대로 구조물 표고와 구매에 맞춰 굴착하여야 한다. 공사감독자가 인정하지 못할 과도한 구조물 굴착은 공사감독자가 지시한대로 적합한 재료로서 되메우기 하여야 한다. 공사감독자가 인정하지 못할 구조물 굴착 중 공사감독자가 콘크리트 혹은 쇠석의 사용을 요구하는 부분에서는 수급인은 이를 제공하여야 한다.

3.2 구조물공

3.2.1 콘크리트 적용기준

- (1) 이 기준은 콘크리트 구조물에 사용하는 콘크리트 재료 및 시공에 관한 일반적인 표준을 규정한다.
- (2) 콘크리트 재료 및 시공은 풍력발전기 제작사가 제공한 기초도면에 준한다.
- (3) 이 기준에서 규정되어 있지 않은 사항은 국토교통부 제정 철근 콘크리트 표준시방서

에 의거 적용한다.

- (4) 적용할 제시험은 KCS 14 20 10 (1.4)에 따른다.
- (5) 콘크리트는 소요강도, 내구성, 수밀성을 가지고 품질이 균일한 것이라야 하며, 콘크리트 강도는 재령 28일의 압축강도를 기준으로 한다.

3.2.2 시멘트 및 혼합재료

- (1) 보통 포틀랜드시멘트나 또는 이와 동등 이상의 것을 사용하여야 한다.
- (2) 혼화제는 그 품질, 사용방법 등을 공사감독자의 지시에 따라 사용하여야 한다.

3.2.3 기타 원자재

- (1) KSF 4009 레디믹스트 콘크리트의 원부자재 기준에 적합하여야 한다.
- (2) 물은 기름, 산, 염류, 유기물 등 콘크리트의 품질에 영향을 주는 물질의 유해량이 함유되어서는 안 된다.

3.2.4 레디믹스트 콘크리트 운반 시공

- (1) 공사 개시 전에 레미콘 구입, 운반 등을 포함한 시공계획서를 작성 공사감독자에게 제출하여야 한다.
- (2) 레미콘의 운반은 트럭믹서를 사용하고 운반차는 비빔콘크리트를 충분히 균일하게 유지하고 재료분리가 일어나지 않도록 하여야 한다. 운반차는 콘크리트의 1/4과 3/4의 부분에서 각각 시료를 채취하여 슬럼프시험을 하였을 경우 그 양쪽의 슬럼프 차가 30 mm 이내가 되는 것이어야 한다.
- (3) 콘크리트를 치기 전에 운반장치, 치기설비 및 거푸집 안을 청소하여 콘크리트 중에 잡물이 혼입되는 것을 방지하여야 하며, 동결의 우려가 있는 경우 이외에는 거푸집을 물로 충분히 적셔야 한다.
- (4) 터파기안의 물이 있는 경우 치기 전에 배제하여야 한다. 또 터파기안에 흘러들어온 물이 새로 친 콘크리트가 섞이지 않도록 적당한 조치를 강구해야 한다.
- (5) 콘크리트 치기 중에 재료의 분리가 일어나지 않도록 주의해야 하며 치기 중 재료분리가 일어났을 경우에는 거듭 비비기를 해야 한다.
- (6) 콘크리트의 치기작업에 있어서는 기초 실린더의 정확한 수평과 철근의 배치가 흐트러지지 않도록 주의해야 한다.
- (7) 콘크리트는 거푸집 안에 투입한 후 다시 이동시킬 필요가 없도록 쳐 넣어야 한다.
- (8) 한 작업구획 내(기초콘크리트 상단부 및 하단부)의 콘크리트는 동시에 타설하여야 하며 재료분리가 생기지 않도록 하여야 한다.
- (9) 콘크리트는 그 표면이 한 구획 내에서는 수평이 되도록 치는 것을 원칙으로 한다.
- (10) 거푸집의 높이가 높은 경우에는 재료분리를 방지하기 위해서 타설 층의 상부에 있는 철근 및 거푸집에 콘크리트가 부착하여 경화하는 것을 막기 위해서 거푸집에 투입구를 설치하거나 또는 연직슈트 등을 사용해서 콘크리트를 쳐야 한다.

- (11) 콘크리트 치기 중 표면에 떠올라 고인물이 있을 경우에는 적당한 방법으로 제거하여야 한다.

3.2.5 다지기

- (1) 콘크리트의 다지기는 인력 다짐을 원칙으로 한다.
- (2) 콘크리트 치기가 끝나는 직후에는 충분히 다져지고 콘크리트가 철근의 주위 및 거푸집의 구석구석에 완전히 채워지도록 하여야 한다.

3.2.6 양생

- (1) 콘크리트를 친 후 저온건조 및 급격한 온도의 변화 등에 의한 유해한 영향을 받는 일이 없도록 충분히 양생하여야 한다.
- (2) 콘크리트 양생 중 진동, 충격, 하중이 가해지지 않도록 해야 한다.

3.2.7 철근

- (1) 철근은 KSD 3504 및 3507의 규정에 적합한 것이어야 한다.
- (2) (1)항의 철근을 사용하지 않는 경우에는 공사감독자의 승인을 얻어야 한다.
- (3) 철근은 설계도에 표시된 형상과 치수에 일치하도록 재질을 해치지 않는 방법으로 가공하여야 한다.
- (4) 철근은 상온에서 가공하는 것을 원칙으로 하며 불가피하게 가열하여야 할 경우 공사감독자의 승인을 받아야 한다.
- (5) 철근은 조립하기 전에 잘 닦고 녹이나 그 밖의 철근의 콘크리트와의 부착시 저해요인이 있는지 여부를 점검해야 한다.
- (6) 철근은 소정의 위치에 정확하게 배치하고 콘크리트를 칠 때에 움직이지 않도록 충분히 견고하게 조립해야 한다. 필요에 따라서는 조립철근을 사용해야 한다.
- (7) 철근의 조립이 끝난 후 반드시 검사해야 한다.
- (8) 철근은 조립한 이상 시일이 경과한 경우에는 콘크리트를 치기 전에 다시 조립검사를 하고 청소해야 한다.

3.2.8 거푸집

- (1) 모든 거푸집 재료는 목재, 목재 플라스틱(wood plastic), 압착 화이버판, 합판 또는 철재이어야 하며 거푸집은 콘크리트의 자중 및 시공도중 가해지는 하중이나 목재의 수축으로 인하여 비틀어지거나 터지지 않도록 충분히 견고성을 지니며 콘크리트가 새어나오지 않도록 만들어야 한다. 거푸집은 실용적이고 견고한 것이라야 하며 콘크리트 구조물의 치수에 맞추어 제작해야 한다. 또한, 거푸집은 콘크리트 타설시에 진동기에 의한 영향을 감안하여 설치해야 한다.
- (2) 거푸집은 위치를 정확히 유지하기 위하여 적절한 조치를 강구해야 한다.
- (3) 거푸집은 쉽고 안전하게 철거할 수 있도록 설치해야 하며 패널 등의 이음은 가능한

한 수직 또는 수평으로 하여 모터가 새지 않는 구조로 해야 한다.

- (4) 거푸집 내부를 깨끗이 청소하고 공사감독자의 검사와 승인을 받기 전엔 콘크리트를 타설해서는 안 된다.
- (5) 외부에 노출되는 콘크리트의 표면에 사용할 거푸집은 합판, 압착 화이버판, 철판으로 안을 대어서 만든 비미장 목재 또는 미장 목재로 만들어야 하며 콘크리트의 재료가 새지 않도록 제작하여야 한다. 거푸집의 표면은 평평하게 하여 콘크리트의 표면이 깨끗하고 결이 고르게 마무리할 수 있어야 한다. 거푸집용 목재는 완성된 구조물의 외관에 영향을 미치지 않는 품질이어야 하며, 적당한 위치에 개구부를 만들어야 한다.
- (6) 재사용하는 거푸집의 내면은 깨끗이 청소하여야 하나 철재 거푸집인 경우에는 흙이 날 정도로 철사솔을 해서 안 된다.
- (7) 특별히 지정하지 않은 경우라도 콘크리트의 모서리는 모따기를 해야 한다.
- (8) 거푸집은 콘크리트 표면에 흙이나 자국이 남기지 않도록 볼트나 봉강으로 죄어야 한다. 철선으로 거푸집을 잡아매거나 철근과 거푸집 또는 구조물 내부의 타부분과 잡아매는 것은 반드시 공사감독자의 승인을 받아야 한다.
- (9) 필요한 경우에는 거푸집의 청소, 검사 및 콘크리트 타설에 편리하도록 적당한 위치에 일시적 구멍을 만들어야 한다.
- (10) 거푸집의 내면은 콘크리트의 부착을 막기 위하여 공사감독자가 승인하는 박리제로 피복하여야 하며 콘크리트가 묻거나 변색이 우려되는 박리제의 사용을 금한다.
- (11) 공사감독자가 재사용이 불가능하다고 결정한 거푸집은 현장에서부터 반출하여야 한다.
- (12) 거푸집 콘크리트가 자중 및 시공 중에 가해지는 하중에 충분히 견딜만한 강도를 가질 때까지 떼어내서는 안 된다.

3.3 구조물 기초공사

3.3.1 적용기준

- (1) 이 기준은 구조물의 기초공 시공에 적용할 시방을 규정한다.
- (2) 이 기준에서 규정하고 있지 않은 사항은 KCS 11 00 00 지반공사에 의거 적용한다.

3.3.2 일반사항

- (1) 모든 구조물의 기초터파기 및 기초공은 설계도면에 명시한 대로 시행하되 굴착 후 기초지반에 연약 지반이 노출될 시는 수급인 부담으로 필요한 시험을 행해야 하며, 구조물 기초지반의 지내력 및 지지력이 연약하여 원설계대로 시공할 수 없다고 판단될 경우 양질토로의 기초치환 및 말뚝 기초 등의 대안을 제시하여 공사감독자의 승인을 득한 후 시행하여야 한다.
- (2) 용수지역은 배수처리를 하여 수위를 낮춘 후 시공을 하여야 한다.
- (3) 일체로 된 구조물이 암반 굴착부와 성토부에 축조될 경우 부등침하가 일어나지 않도록

록 성토부를 충분히 다져 지내력 시험을 행하고 공사감독자의 승인을 득한 후 시공해야 한다.

- (4) 콘크리트 부착이 잘되게 하기 위하여 기초 콘크리트 공사 전 굴착부위의 불순물 및 기타 잡물은 완전히 제거하여야 한다.
- (5) 구조물 위치의 성토재는 불순물이 들어가지 않아야 하며 토질시험을 수급인 부담으로 시행한 후 구조물 기초의 토질로 적합하다고 공사감독자가 승인한 후에 성토재로 사용하여야 한다.
- (6) 지하수에 의한 부력이 각 구조물의 기초 및 저판·벽체 시공시 구체가 부상하지 않도록 대책을 강구하고 물푸기를 실시한 후 시공하여야 한다.
- (7) 현장 굴착 후 수급인이 토질시험을 시행하여 그 결과를 근거로 한 대안제시를 하고, 공사감독자가 검토 후 지시에 따라야 하며 기초형식을 양질토 치환, 직접기초 또는 기타 적절한 형식으로 변경하고 이로 인해 구조물에 이상이 발생했을 때는 수급인 부담으로 복구하여야 한다.

3.3.3 특기사항

- (1) 수급인은 공사 착수 전에 풍력발전기 기초에 대한 구조계산서 및 기초 지반에 대한 충분한 검토를 하여야 하며 기초 터파기 완료 후 토질시험(soil test) 및 지내력 시험 등을 거쳐 허용응력도, 장기 허용 지내력 및 허용 침하량과 지하수위면을 최종적으로 판단하여 설계도서상의 지지력 하중을 받을 수 있도록 안전하게 기초를 시공하여야 하며 설계도서 상의 배근도는 원 제작사측의 배근도와 세밀히 비교 후 시공하여야 한다.
- (2) 수급인은 K-water가 제시하는 풍력발전기 타워 기초구조물의 설계자료를 바탕으로 하여 필요시 추가 지질조사를 하여야 하며, 자사(自社) 풍력발전설비의 동적하중, 정적하중, 풍하중, 지진하중 등 풍력발전기 타워 기초구조물에 미치는 제반하중들을 고려한 구조계산서와 설계도면 등을 작성하여 토목구조기술사의 검토 및 확인을 거쳐, K-water에 제출하여야 하며 K-water의 승인을 득한 뒤 공사를 개시하여야 한다.
- (3) 수급인은 자사(自社) 풍력발전기 타워 기초구조물이 국제 인증기관으로부터 인증(certification)을 받았거나 동등 이상의 성능을 유지하여 토목구조기술사로부터 확인을 득하였을 경우 대안으로 제시하여 K-water의 승인을 득한 후 시공할 수 있다.
- (4) 풍력발전설비의 기초공사가 아래의 조건을 만족하는지 확인 후 설치작업에 들어가야 한다.
 - ① 기초의 위치 및 치수가 정확한지 여부
 - ② 앵커 볼트(anchor bolt) 위치가 정확하며 파손이 발생한 부분이 없는지 여부
- (5) 각종 자재 및 기기 부품들은 설치장소에 안전하게 운반한다.
- (6) (2)~(3)에서 타워 기초공사에 관한 제반비용은 계약금액에 포함된 것으로 한다.

3.4 자재 반입

3.4.1 일반사항

3.4.1.1 적용범위

- (1) 본 시방서는 풍력발전 시설공사 기초공사에 소요되는 레디믹스트 콘크리트와 철근의 규격, 품질 운반 등 납품 전반에 대하여 적용한다.

3.4.1.2 납품장소

- (1) 풍력발전 시설공사 현장 내 공사감독자가 지정한 장소

3.4.1.3 반입자재의 품질

- (1) 레디믹스트 콘크리트 KS F 4009의 규격에 적합하여야 한다.
- (2) 철근 KS D 3504에 적합하여야 한다.

3.4.1.4 기타

- (1) 이 기준에서 명기되어 있지 않은 사항은 공사감독자의 지시에 따른다.

4. 타워제작 및 풍력발전기 설치

4.1 타워 제작

4.1.1 사용재료

- (1) 셀, 플랜지에 사용되는 재료에 대한 원제조자의 재질확인서가 있어야 한다.
- (2) 체결 볼트는 극도의 풍하중과 피로하중을 견디는 것이어야 한다.

4.1.2 용접 및 제작

- (1) 타워의 각 부재는 정확한 치수로 절단, 벤딩, 맞춤, 고정이 되어야 한다.
- (2) 용접에 의한 수축이 최소화되도록 사전여유를 주어 완료 후의 길이가 치수허용치 내에 들어야 한다.
- (3) 기계가공이 있는 것도 적당한 가공여유를 주어야 한다.
- (4) 용접될 표면은 건조·청소되어야 하고 녹, 유분, 페인트, 수분, 기타 오염물이 있어서는 안 된다.
- (5) 용접봉은 사용 전에 적당히 건조되어야 하며, 용접될 모재에 적합해야 한다.
- (6) 모든 용접은 도면 지시대로여야 하며 과도한 오버랩이나 언더컷이 있어서는 안 된다.
- (7) 용접부는 스파터, 과도한 산화물, 아크에 의한 흠집 등이 없도록 그라인딩 되어야 한다.

- (8) 용접부는 적절한 방법에 따라 검사 및 시험을 실시한다.
- (9) 용접은 KS나 ASME에 따라 자격 인정시험을 거친 작업자에 의해 수행되어야 한다.
- (10) 사용될 용접절차는 변형과 잔류응력을 최소화하는 것이어야 하며 필요시 응력제거를 하여야 한다.
- (11) 용접에 필요한 모든 사전 및 사후서류가 작성·준수되고 요구시 제출하여야 한다.
- (12) 볼트 체결은 과도한 토크가 작용하지 않도록 하여야 하며 적용 체결, 토크 기준에 따라야 한다.

4.1.3 표면처리 및 도장

- (1) 도장은 해안, 기후 기타 주위 여건에 충분히 견디도록 되어야 한다. 이를 위해서 도장 전 표면처리, 도장기준이 충분히 검토되어야 한다. 표면처리와 도장기준은 사전 승인 사항이다. 부분별 도장기준은 아래와 같다.
- (2) 셀 외부 도장은 아래 사양 또는 동등 이상의 품질을 확보하여야 한다.
 - ① 표면처리 : Sa 2 1/2 - 3
 - ② 하도 : Zn 또는 Zn/Al 스프레이, 도막두께 60 μm
 - ③ 2액형 에폭시 프라이머로 도장, 도막두께 20 μm
 - ④ 중도 : 2액형 폴리우레탄계 도장, 도막두께 90 μm (부식우려가 높은 곳은 140 μm)
 - ⑤ 상도 : 2액형 폴리우레탄계 도장(자외선 차단 50~70 % 광택), 도막두께 60 μm
- (3) 셀 내부 도장
 - ① 표면처리 : Sa 2.5
 - ② 하도
 - 가. 2액형 징크리치 에폭시 프라이머, 도막두께 40 μm
 - ③ 상도
 - 가. 2액형 박막 폴리우레탄 도장, 도막두께 100 μm
- (4) 플랜지
 - ① 표면처리와 하도는 셀 외부도장과 같다. 플랜지의 접촉면은 메탈 스프레이만 되어야 한다. 셔라우드 플레이트 내부의 인접 500 mm만큼 역시 메탈 스프레이 되어야 하고 징크도장 되어서는 안 된다. 플랜지 후면의 도막두께는 50 μm 을 초과해서는 안 된다.
- (5) 분리되는 제품
 - ① 강재부품은 두께 5 mm이상의 경우 ISO 1461의 등급A, 5 mm미만의 경우 등급 C로 용융아연도금 되어야 한다.
- (6) 기초부 도장
 - ① touch - up, 표면처리 및 하도는 위의 셀 외부 도장 요건과 같다.
 - ② 상도 : 지상에서 300 mm까지는 내, 외면 공히 건조도막두께 500 μm 으로 이온방지 도장되어야 한다. 건조도막두께 250 μm 으로 도장되어야 할 곳은 형강 등의 철재류, 부착품 등이다.(홀, 보강재 등도 동일하게 적용한다.)

- ③ 플랜지 : 상부 플랜지의 접촉면은 메탈 스프레이만 되어야 한다. 플랜지의 후면은 50 μ m이하로 도장되어야 한다.

(7) 검사 및 시험

- ① 제작자는 검사 및 시험계획서를 승인용으로 제출하여야 한다. 본 계획서가 승인되기 전에는 제작이 착수되어서는 안 된다.
- ② 검사 및 시험사항 중에서 입회를 필요로 하는 항목에 대해서는 사전 충분한 시일을 두고 서면으로 요청되어야 한다. 본 항목에 대해서는 엔지니어링사/설계자, K-water, 제작자와의 협의에 따라 정해질 것이다.
- ③ 시험 및 검사는 크게 제작자 자체시험, K-water 및 공인기관의 입회로 구분될 것이다.
- ④ 검사 및 시험에 대한 각종보고서는 제작자에 의해 보관, 제출되어야 하고 식별이 용이하도록 제품과 일치되는 일련번호가 부여되어야 한다.
- ⑤ 주요 검사 항목은 다음과 같다.

가. 재료검사 : 셀 및 플랜지 소요자재에 대해서는 원제조자의 재질 확인서가 있어야 하며 별도의 기계적 및 성분분석을 행할 수도 있다.

나. 용접검사 : 용접부에 대해서는 승인된 적용규격에 준하여 시험 및 검사되어야 한다. 주요 항목은 다음과 같다.

- (가) 용접부에 대하여 도면대로 인지의 확인 (용접방법, 사이즈 등)
- (나) NDT 검사보고서 및 필름을 제출하여야 한다.
- (다) 용접과 관련한 각종 시방서, 기록 등과의 일치 여부 체크
- (라) 기타 유해한 결함 여부의 확인

다. 치수 및 외관 검사

- (가) 제작도면의 요건을 만족하는지 여부(본 검사에서는 조립 검사도 포함된다.)
- (나) 국부적인 변형, 손상, 그라인딩 상태 등에 대한 확인
- (다) 기타 필요사항의 확인

라. 도장검사 : 승인된 도장시방서와 일치 여부를 확인하며, 표면처리, 도막두께, 점착도 시험 등이 이루어져야 한다.

마. 출하검사 : 운송계획과 일치여부, 명판 및 식별표시 등의 확인이 이루어져야 한다.

바. 자체검사 성적서는 입회시 적정시점에 제시되어 확인이 이루어져야 하고, 검사 및 시험에 대한 결과서는 납품시 함께 제출되어야 한다.

4.2 타워 및 풍력발전기 운송, 설치

4.2.1 타워 및 풍력발전기 운송

- (1) 운송 계획은 관련 국내 법규를 만족하여야 하고 운송 중이나 하역시 변형, 손상이 방지되어야 한다.

- (2) 기계가공면이나 도장이 되지 않은 면은 녹, 기타 유해한 조건으로부터 보호되어야 한다.

4.2.2 타워 및 풍력발전기 설치

- (1) 수급인은 풍력발전기와 타워를 안전하고 정확하게 설치할 수 있도록 하기 위하여, 중량에 맞는 대형 크레인을 이용할 수 있도록 사전 준비하여야 한다.
- (2) 우선 타워를 토목 시공한 기초공사 위에 정확하고 견고하게 설치한다.
- (3) 기기의 취급시 떨어뜨리거나 부딪치거나 또는 끌지 않도록 특별히 주의를 요한다. 기기를 들어 올릴 경우 부착된 인양고리를 이용하여야 하며 이러한 고리가 없을 경우 후크 또는 밧줄로 묶어 인양하여야 하고 타워나 기계부품이 파손되지 않도록 일정한 높이까지 들어 설치한다.
- (4) 수급인은 기기가 원활한 운전이 될 수 있도록 정확하고 견고하게 설치하여야 한다. 또한, 마감처리를 하여야 하며 마감재료 기초 치수 및 기기 중량 외형치수 등 기초에 관련된 모든 자료를 제출하여 공사감독자의 승인을 받아야 한다.
- (5) 나사 결합
 - ① 나사 가공은 기계절삭을 원칙으로 하나 현장 작업에 있어서는 TAP, DIP에 의하여 나사 절삭을 해도 무방하다. 나사 조립부 쉘은 나사부를 휘발유로 잘 씻어 충분히 건조시킨 후 페이스트(paste) 기름 등을 바르지 말고 충분히 박은 후 시행한다. 또, 쉘부는 여분의 나사가 남지 않도록 보강 살붙임을 하여야 한다.
- (6) 플랜지 결합
 - ① 플랜지를 조일 때는 중심의 엇갈림 또는 플랜지면의 평형상태를 확인하고 볼트가 한쪽만 조여지지 않도록 하여야 한다. 플랜지를 결합할 때는 볼트 구멍이 수직선이거나 수평선 또는, 동서선이나 남북선의 중심선에 걸리지 않도록 중심 백분율하에서 접합한다.
- (7) 기초 볼트와 너트
 - ① 수급인은 콘크리트 기초에 기기 받침판을 충분히 고정할 수 있도록 정밀히 설계된 기초볼트, 너트, 와셔, 및 슬리브를 공급하여야 하고, 기초 볼트 뿐만 아니라 고정판 및 설치도면은 구조물 콘크리트를 타설할 때 앵커볼트를 설치할 수 있도록 충분한 시간적 여유를 갖고 공급되어야 한다.
- (8) 유지관리
 - ① 수급인은 가동 전에 적합한 오일과 윤활유를 모든 장치와 부품에 주입해야 하며, 공사 감독의 준공검사를 필할 때까지의 모든 신설 기기의 운전과 유지관리를 해야 한다.

4.3 제작도서 제출 및 기타사항

4.3.1 제작도서 제출

- (1) 수급인은 건설기간과 본 설비의 인수가 완료된 후 운전 및 유지관리에 필요한 각종 도면 지침서 사양서, 검사서 등 기술자료와 공사감독자가 요구하는 본 사업과 관련된 자료를 다음과 같이 제출하여야 한다.
- (2) 낙찰시 제출 서류류
 - ① 전체조립도, 부분도, 각 부차품의 도면, 상대품과 조립관계를 나타내는 도면 및 타 위제작 범위에 관련되는 도면 등
 - ② 제작도 및 부품도면
 - ③ 강제 용접시공 관련 자격이나 능력에 대한 증빙서류
 - ④ 품질 보증 명세서(ISO기준)
 - ⑤ 용접 시방서(WPS)
 - ⑥ 도장 시방서
 - ⑦ 시험 및 검사계획서
 - ⑧ 제조공정표
 - ⑨ 기타 공사감독자가 요구하는 도서
- (3) 자재납품시 제출 서류류
 - ① 납품시 풍력발전기 원제작사의 인증을 증명할 수 있는 보증서
 - ② 포장목록(packing list)
 - ③ 검사, 시험성적서
 - ④ 취급 설명서 및 유지관리지침서
 - ⑤ 도장 시방서
 - ⑥ 시험 및 검사결과서
 - ⑦ 제조공정표
 - ⑧ 무상사후 보증기간 중의 예비부품
 - ⑨ 기타 공사감독자가 요구하는 도서

4.3.2 명판

- (1) 명판의 제작도면은 승인되어야 하며, 명판은 부식이 안 되는 재질로 제작되어야 하고 식별이 용이하고 제품에 유해한 영향을 주지 않는 위치가 부착되어야 한다. 명판에 기재 되어야 할 사항은 아래와 같다.
 - ① 엔지니어링사/설계자 및 제작자
 - ② 검사(시험)자 및 검사일
 - ③ 풍력발전 시스템의 용량 및 주요제원
 - ④ 모델명 및 시리즈 번호
 - ⑤ 제조일자, 시공일자
 - ⑥ 발주자명

4.3.3 기타 특별사항

- (1) 이 기준에 명시되지 않은 사항이라도 기기의 성능발휘에 당연히 필요한 사항 또는 고려하여 할 사항에 공사감독자에게 의견을 제시하여 승인을 득한 후 수급인 책임하에 이를 이행하여야 하고 이는 계약에 포함된 것으로 간주한다.
- (2) 이 기준에 특별히 지정되지 않은 품목이라도, 전체 종합성능에 필요한 것으로 간주되는 물품은 이를 본 계약에 포함된 것으로 간주하여 납품, 설치한다.
- (3) K-water가 작성, 지시하는 시방서 및 기타 관계서류에 대하여 질의사항이 있을 경우에는 수시로 K-water에 문의하고, 판정과 지시에 따라 제작하여야 한다.
- (4) 준공 시까지 풍력발전설비의 유지보수에 소요되는 비용은 계약금액 중 풍력발전 기자재비에 포함된 것이며, 수급인은 규격입찰서로 제출한 계획에 따라 하자기간 동안 유지보수를 성실히 이행하여야 한다.
- (5) 예비품의 정리 보관은 관리실 등 공사감독자가 별도로 지정하는 장소에 간소히 진열하며 부품의 교환 보수시기의 설명서와 함께 표기한다.
- (6) 풍력발전기 나셀(nacelle)의 상부에 항공법에 의한 주간장애표시를 도색하여야 하며, 피뢰침 인근에 항공장애표시등을 설치하여야 한다.
- (7) 이 기준에 명기된 내용 중 관계법규에 저촉되거나 적용기준이 법령상의 규격기준과 상이할 때에는 관계 규정에 따른다.

5. 풍력발전설비 성능보증

5.1 성능보증 및 가동률 배상

5.1.1 성능보증 배상

- (1) 이 기준 1.3 (5)에 의한 성능보증 시험 결과 측정 연간에너지생산량이 보증 연간에너지생산량의 95 %에 미달할 경우 매 kWh 미달에 대하여 다음과 같이 계산한 배상금액을 K-water에 패널티(penalty)로서 지불하여야 한다.

※ 배상금 = 0,000,000kWh ×
(SMP+REC) × PWA

- ① 미달 연간에너지생산량 : 0,000,000 kWh (이 기준의 1.3 (6)에 따른다.)
- ② SMP(원/kWh) : 준공기준 최근 1년 SMP 평균
- ③ REC(원/kWh) : 준공기준 최근 1년 일반 REC 평균 거래금액(1REC = 1MWh)
- ④ PWA(현재가계수, Present Worth Annuity Factor) : 00.00

$$PWA = \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n}$$

(i = : 연이자율(KDI 발표기준), n : 사용년수(20년))

- (2) 성능미달로 배상하여야 하는 경우 수급인은 K-water의 청구서를 접수한 날로부터 30 일 이내에 해당금액을 K-water에 납부하여야 한다.

5.1.2 가동률 배상

(1) 수급인은 하자담보책임기간 동안 연차별 가동률을 규격입찰서에 제시하여야 하며, 가동률의 산식 및 정의와 산정절차는 다음의 기준을 적용한다.

(2) 가동률 산식 및 정의

$$\text{※ Availability Factor} = \frac{H_i - B_i}{H_i}$$

① H_i

가. 풍속조건에 관계없이 연간 최대운전가능시간인 8,760시간을 의미한다.

② B_i

가. 풍력발전기의 “연간 최대운전가능시간(H_i)” 동안 계약자가 제시한 고장정지시간 (unscheduled outage hours)을 의미한다. 수급인은 운전범위를 초과하는 불가항력적인 상황 발생의 경우와 설비가 정지되는 사유 및 원인이 계약자의 귀책사유로 인해 발생하지 않은 경우 등은 B_i 항목에 포함하지 않으며, 다음과 같은 경우들을 의미한다.

(가) 10분 평균풍속 기준으로 풍속조건이 풍력발전기의 운전풍속범위인 기동풍속(cut-in wind speed)에서 정지해지풍속(cut-out wind speed) 범위를 벗어난 경우(단, 운전풍속 범위를 초과한 경우라 할지라도 고장정지 또는 고장으로 인한 보수시간은 B_i 항목에 산입된다.)

(나) K-water 또는 전력계통의 계통고장 등 요청에 따라 정지될 경우

(다) 불가항력적 상황에 해당되는 운전조건 중 기술규격 및 성능보증 요건과 연계하여 명백히 공급설비의 합리적인 운전범위를 벗어난 경우 등. 단, 수급인은 기기 자체의 결함 등 계약자 공급설비의 설계·제작·공급관리·설치상의 결함, 시운전시 및 성능시험시 등 보증기간 동안 계약자의 부주의로 인하여 발생된 고장정지시간(unscheduled outage hours)은 본 B_i 항목에 포함되어야 한다.

(라) 풍력발전설비의 B_i 산정에 대한 이견 발생 시 계약자는 그 귀책사유가 없음을 서면으로 입증하여야 한다.

③ 가동률 미달에 따른 연간 에너지생산량 손실분의 산정

가. 입찰참가자는 규격입찰서에 준공 이후 하자담보책임기간 내에 연차별 보증 가동률을 제시해야 한다. .

나. 수급인은 하자담보책임기간 완료 15일 전에 하자담보책임기간동안의 가동률을 제시하여 공사감독자의 승인을 받아야 한다. 단, 가동률 제출 이후에 발생하는 하자보수에 대해서는 발생 즉시 가동률을 보완 제출하여야 한다.

다. 연차별 가동률과 보증 가동률의 비교결과 가동률이 보증 가동률을 초과하거나 동일한 경우에 성능보증이 이뤄진 것으로 간주한다.

라. 가동률이 보증 가동률에 미달하는 경우에는 성능보증이 이뤄지지 않은 것으로 간주되며, 이에 따른 손실발전량 및 배상금은 하기의 식에 의하여 계산한다.

- (가) 연간 손실발전량(kWh) = guaranteed AEP × (보증 가동율 - 측정 가동율)
 - (나) 배상금 = 연간 손실발전량(kWh) × (SMP+REC)
 - (다) SMP(원/kWh) : 손실발전량 발생기간의 SMP 일평균 단가
 - (라) REC(원/MWh) : 손실발전량 발생기간 직전월 평균 REC 단가
- 마. 연간 가동율 및 보증 가동율 미달에 따른 연간 손실발전량 산정기간은 준공일로부터 하자담보책임기간 종료일까지의 기간 중 매 365일 기준으로 하며, 손실발전량 산정은 가동률이 보증 가동률을 미달된 시점부터 계상한다.
- 바. 하자보수를 이행하지 않아 하자보수보증금을 전액 몰취하는 경우, 하자보수에 직접적으로 소요된 비용을 보전하고 보증금이 남은 경우에는 그 상당액을 배상금 청구액에서 공제한다. (※ 하자보수보증금 전액(A)이 하자보수 소요 비용(B)보다 큰 경우, 배상금 청구액(C)은 A-B만큼의 금액을 제외하고 청구한다.)

집필위원

성명	소속	성명	소속
이현	한국수자원공사	제갈훈	한국수자원공사
문부영	한국수자원공사	송두호	한국수자원공사
설재현	한국수자원공사	장창래	한국수자원학회
손승규	한국수자원공사	백태효	한국수자원학회

자문위원

성명	소속	성명	소속
김철	건화		

국가건설기준센터 및 건설기준위원회

성명	소속	성명	소속
이영호	한국건설기술연구원	서병택	용인송담대학교
구재동	한국건설기술연구원	이수연	(주)한일엠이씨
김기현	한국건설기술연구원	김용성	두산건설
김나은	한국건설기술연구원	최종언	삼성건설
김태송	한국건설기술연구원	성순경	가천대학교
김희석	한국건설기술연구원	정재원	한양대학교
류상훈	한국건설기술연구원	김태형	디엔테크건설기술연구소
소병진	한국건설기술연구원	황인주	한국건설기술연구원
원훈일	한국건설기술연구원		
이승환	한국건설기술연구원		
이용수	한국건설기술연구원		
이용준	한국건설기술연구원		
주영경	한국건설기술연구원		
최봉혁	한국건설기술연구원		
허원호	한국건설기술연구원		

중앙건설기술심의위원회

성명	소속	성명	소속
이제묘	국가핵융합연구소	정재동	세종대학교
박보경	(주)비전이엔지	최경	정현이엔에스(주)
곽명근	LH	김정훈	한국기계전기전자시험연구원
최준영	한국산업기술시험원		

소관부처

성명	소속	성명	소속
이상훈	환경부	박찬흥	환경부

KWCS 31 50 15 15 : 2021 풍력발전설비공사

2021년 5월 21일 제정

소관부서 환경부

관련단체 한국수자원공사
34350 대전광역시 대덕구 신탄진로 200
Tel : 042-629-3114(대표전화)
<http://www.kwater.or.kr>

작성기관 한국수자원공사
34350 대전광역시 대덕구 신탄진로 200
Tel : 042-629-3709~3710
<http://www.kwater.or.kr>

국가건설기준센터
10223 경기도 고양시 일산서구 고양대로 283(대화동)
Tel : 031-910-0444 E-mail : kcsc@kict.re.kr
<http://www.kcsc.re.kr>