

KWCS 31 50 17 05 : 2021

수차설비 일반사항

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 17 05 : 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
1.2 참고 기준	1
1.2.1 관련 법규	1
1.2.2 관련 기준	1
1.3 용어의 정의	1
1.4 요구조건	1
1.4.1 일반	1
1.4.2 설비신뢰성	2
1.4.3 단독제작자	2
1.5 제출물	2
1.5.1 제출도서 및 도면	2
1.5.2 유지관리지침서	2
1.5.3 예비품 및 부속품	3
1.5.4 준공도서	3
1.6 품질보증	4
1.6.1 품질보증 일반	4
1.6.2 품질보증 특수	4
1.7 포장, 운반 및 보관	5
1.8 타 공정과의 협력작업	5
2. 자재	5
2.1 일반사항	5
2.2 구조 및 재질	5
2.2.1 러너	5
2.2.2 주축	6
2.2.3 가이드 베어링	6

2.2.4 케이싱	6
2.2.5 씰링박스	7
2.2.6 헤드커버, 디스차지 링(Discharge ring), 바텀 링(Bottom ring)	7
2.2.7 윗갯트게이트 및 조작기구	7
2.2.8 서보 모터	8
2.2.9 흡출관(draft tube)	8
2.2.10 급기설비	9
2.2.11 계기 및 스위치	9
2.3 도장 및 설비의 표기	9
2.3.1 도장	9
2.3.2 설비의 표기	10
2.4 공장시험 및 검사	10
2.4.1 공장조립 및 시험	10
2.4.2 수차 모형시험	10
2.4.3 조립검사	11
2.4.4 수압시험	11
2.4.5 재료시험	11
2.4.6 쉬어핀의 파괴시험	11
2.4.7 비파괴검사	11
2.4.8 기타 필요한 사항	11
2.5 부속품 및 공구	11
2.6 기타 계약상대자가 기술하여야 할 사항	12
2.6.1 수차	12
2.6.2 러너	12
2.6.3 윗갯트게이트	13
2.6.4 윗갯트게이트 서보모터	13
2.6.5 윗갯트게이트 조작기구	13
2.6.6 윗갯트게이트 링크	13
2.6.7 무급유 베어링	13
2.6.8 가이드베어링	13

2.6.9 주축	14
2.6.10 실링박스	14
2.6.11 스파이럴 케이싱	14
2.6.12 스테이 링	14
2.6.13 윤활탱크	14
3. 시공	15
3.1 일반사항	15
3.2 설치	15
3.3 현장시험 및 검사	16
3.4 성능보증 및 배상	16
3.4.1 성능보증효율 배상	16
3.4.2 하자담보책임기간 내 가동률 미달에 따른 손해배상	17

1. 일반사항

1.1 적용 범위

(1) 수급인은 계약서에 따른 수차와 수차 부속품을 완전하게 사용할 수 있도록 하여야 하며 이 기준의 규정은 별도 명시되어 있는 경우를 제외하고는 모든 수차와 부속설비 적용한다.

1.2 참고 기준

1.2.1 관련 법규

내용 없음

1.2.2 관련 기준

- KWCS 10 10 10 공무행정요건
- KWCS 31 50 17 55 종합시험
- KWCS 57 80 05 기계공사 일반사항
- ANSI(American National Standard Institute) 미국국립공업규격
- ASTM(American Society For Testing And Material) 미국재료시험협회
- AWWA(American Water Works Association) 미국수도협회
- NEMA(National Electrical Manufactures Association) 미국전기제품 제조업자협회
- IEC(International Electro-technical Conference) 국제전기기술위원회
- ISO(International Standard Organization) 국제표준기구
- JIS(Japan Industrial Standard) 일본공업규격
- IEEE(Institute of Electrical and Electronics Engineers) 전기전자공학규격
- ASME(American Society of Mechanical Engineers) 미국기계학회
- JEM(Standards of Japanese Electro-technical Manufacturer's Association) 일본전기기술제조업자협회

1.3 용어의 정의

내용 없음

1.4 요구조건

1.4.1 일반

(1) 수급인은 계약문서에 따라서 완전한 성능을 발휘할 수 있는 모든 수차와 부속품을 공급하여야 한다. 수급인은 정부로부터 인증된 우수기술(NEP, NET, IR52 등)표시를 받은 제품이나 KS 인증을 받은 제품이어야 한다.

1.4.2 설비신뢰성

- (1) 수급인은 각 기준의 제품의 설계, 조립, 납품, 시험, 설치의 조정과 제품의 공급을 위해 책임을 지며 각 기준의 요구에 준수하여야 할 책임이 있다.

1.4.3 단독제작자

- (1) 같은 형식 또는 같은 규격의 수차가 두 대 이상일 경우는 동일한 제작자에 의한 것이어야 하며 별도로 승인받거나 명시하지 않는 한 단독제작자는 수차의 제작자이어야 한다.

1.5 제출물

- (1) 수급인이 제출하여야 할 제출물은 KWCS 10 10 10 (1. 일반사항)에 따르며 명시하지 않는 사항은 다음에 따른다.

1.5.1 제출도서 및 도면

- (1) 수급인이 과거에 설계 공급한 유사형의 수차 기준
- (2) 보증치수가 기입된 수차 및 부속설비의 일반 배치도
- (3) 수차의 조립 단면도
- (4) 수차 주변, 조속기 및 다른 특수설비에 대한 구조 및 운전에 대한 개략설명과 부재의 유연성, 내식성 및 내구성 등 수차에 사용되는 재료에 관한 기술
- (5) 출력에 대한 원형수차 효율곡선
- (6) 기동 및 정지 시퀀스에 대한 설명
- (7) 현장 또는 모형 시험결과 및 캐비테이션 계수에 대한 기타 부속자료
- (8) 최대 과도 게이지 압력을 발생시키는 조건
- (9) 입찰금액에 포함되는 유지관리용 설비목록
- (10) 씰링박스의 구조에 대한 상세설명서(씰링박스로부터 누수의 방지법 및 배수방법 포함)
- (11) 유효낙차와 수차 방류량의 관계(유효낙차와 수차 방류량의 관계는 윗갯트게이트(wicket gate) 개도, 수차출력 및 수차효율 같은 인자에 따라 계산이 되어야 한다. 그 결과를 표 및 곡선으로 표시하여야 한다.)
- (12) 흡출관 자연급기에 대한 상세 설명서
- (13) 적용된 강제 공기급기장치에 대한 상세 설명서

1.5.2 유지관리지침서

- (1) 유지관리지침서는 KWCS 10 10 10 (1.23)에 따르며 명시하지 않는 사항은 다음에 따른다.

① 예비지침서

- 가. 설비의 구조 및 기능, 주요되는 설비의 모든 품목을 포함한 주요계통, 주유의

- 주기 및 제작자의 권장 주유를 포함한 예비운전 및 유지관리 지침서 일체
- 나. 주기 검사 및 분해 검사용 권장품
- 다. 주요분해를 포함한 검사 및 분해검사의 방법
- 라. 필요한 모든 계통도, 도면, 팜플렛
- 마. 모든 자동제어 및 감시장비에 대한 포괄적인 지침서
- 바. 고장진단법(고장수리)
- 사. 수동장비, 공구, 시험장비 및 예비부품에 대한 일체 목록
- 아. 예비부품에 대한 주문자료(카달로그 번호)

② 최종지침서

- 가. 표준 규격이나 소장하고 있는 항목에 대한 일체 목록
- 나. 모든 제어, 경보, 보호 및 트립장치의 설정을 보여주는 일체의 스케줄
- 다. 계측, 가동, 조작요소, 계전기 및 조작장치를 포함한 설비의 모든 항목의 운전 및 조정을 위한 일체의 상세도
- 라. 분해 후 재설치를 위해 필요한 모든 관련 레벨기 및 기준점의 상세도
- 마. 모든 설비의 일상 유지보수에 대한 스케줄

1.5.3 예비품 및 부속품

(1) 다음에 명시하지 않은 사항은 KWCS 10 10 10 (1.13.4)에 따른다.

- ① 수급인은 계약 후 계약서에 명시된 예비품이 계약에 따라 공급되는 기자재의 모든 부품과 동일함을 확인하는 도면 및 설명서를 포함하여 품목별 규격, 기능, 사용방법, 추천사유와 내용년수가 명시된 추천목록을 제출하여야 한다. 단, 제출 시기와 추천목록 부수는 공사시방서에 따른다.
- ② 계약에 의해 공급되는 모든 예비품은 당초 공급된 해당부품과 동일하거나 또는 상호 호환성을 갖는 부품이어야 하며 모든 점에서 당초 공급된 부품에 적용된 기술 규격과 일치하여야 한다.
- ③ 소모성자재를 포함한 모든 부품이 정상적인 설치 혹은 시운전 과정에서 수급인의 귀책사유로 인하여 교체가 요구되는 경우 수급인은 자신의 비용부담으로 공급 또는 대체하여야 하며 이로 인하여 상업발전지연이 초래될 경우 이 계약에 따른 수급인의 책임이 면제되지 아니한다.
- ④ 모든 예비품은 성능시험을 위한 설치완료 전에 현장에 인도되어야 한다.

1.5.4 준공도서

- (1) 준공도서는 KWCS 10 10 10 (1.22)에 따라 작성하며 현장 성능시험 결과보고서, 운전 유지보수 설명서를 포함하여야 한다.
- (2) 준공도서에는 설치완료 후 제작자가 설치상태를 점검하여 이상이 없음을 명시한 설치 완료 확인서와 현장 시운전 완료 후 수급인이 작성한 시운전 완료확인서를 포함하여야 한다.

1.6 품질보증

1.6.1 품질보증 일반

(1) 품질보증에 관한 일반적인 사항은 KWCS 57 80 05 (1.5)에 따른다.

1.6.2 품질보증 특수

(1) 수급인은 다음에 명시한 항목을 기술하여야 하며 무구속 속도, 최대속도, 수압상승 등은 수차, 발전기, 조속기, 수압철관 등에 상호 연관되어 있으므로 각각의 최대치를 계산 제출하고 이 한도 내에서 안전하게 운전되도록 설계, 제작, 보증하여야 한다.

- ① 정격속도(rev/min)
- ② 정격낙차에서의 전부하 차단시 최대속도 상승율(%)
- ③ 전부하 차단시 최대 수압상승
 - 가. 최대 낙차에서(m)
 - 나. 정격 낙차에서(m)
- ④ 최저 낙차에서 풍손 및 마찰을 고려한 최대 무구속 속도(rev/min)
- ⑤ 정격속도 및 정격낙차(m)에서 수차 정격출력(MW)
- ⑥ 정격속도 및 최저유효낙차(m)에서 수차 최소출력(MW)
- ⑦ 정격속도 및 최대유효낙차(m)에서 수차 최대출력(MW)
- ⑧ 모형수차출력, 윗갯트게이트 개도, 방류량 및 효율

표 1.6-1 출력, 개도, 방류량 및 효율

번호	낙차(m)	출력(MW)	윗갯트게이트 개도(%)	방류량(m ³ /s)	효율(%)
1	○○	○○			
2	○○	○○			
3	○○	○○			
‘	‘	‘			
‘	‘	‘			
10	○○	○○			
11	○○	MAX. OUTPUT()			
12	○○	90%OF MAX. OUTPUT()			
13	○○	75%OF MAX. OUTPUT()			
14	○○	50%OF MAX. OUTPUT()			
15	○○	25%OF MAX. OUTPUT()			

- ⑨ 러너와 디스차지 링의 캐비테이션에 기인한 과도피팅량
 - 가. 러너(kg)
 - 나. 디스차지 링(kg)

- ⑩ 연속운전 시 수차 가이드베어링 최대온도(°C)
- ⑪ 최대낙차에서 입구밸브 또는 윗갯트게이트를 통한 누수량(ℓ / min)

1.7 포장, 운반 및 보관

- (1) 포장, 운반 및 보관은 KWCS 57 80 05 (1.7)에 따른다.

1.8 타 공정과의 협력작업

- (1) 타 공정과의 협력작업은 KWCS 57 80 05 (1.8)에 따른다.

2. 자재

2.1 일반사항

- (1) 다음에 명시되지 않은 사항은 이 기준 1.2에 따르며, 각 기준의 요구사항에 따라서는 제작자의 표준 기기로 필요에 따라 수정될 수 있다.
- ① 수차의 회전부는 정적 및 동적으로 평행되어야 하며 정상속도와 임의의 부하 및 최대속도까지의 임의 속도로 운전될 때 불평형으로 인한 이상진동이 발생하지 않아야 하며 가능한 소음이 없이 운전될 수 있어야 한다.
 - ② 최대 유효낙차에서 발전기의 무부하, 무여자상태로 윗갯트게이트 전개(full open)시 최대 무구속 속도 (maximum runaway speed)를 입찰시 제시하고 이 값을 보증하여야 한다.
 - ③ 수차의 부품들은 동일 규격의 수차와 호환성을 가져야 하며 충분한 강도 및 강성을 가져야 한다.
 - ④ 별도 명시된 경우를 제외하고 수차와 발전기는 직결되어야 하며 회전부에는 안전대책을 고려하여 보호장치를 설치한다.
 - ⑤ 수차의 성능곡선은 정격속도와 전 구간을 통한 출력, 사용수량, 효율을 나타낸 곡선으로 운전점에서의 효율이 보증효율 이상이어야 한다.

2.2 구조 및 재질

2.2.1 러너

- (1) 러너(runner)의 재질은 13Cr 스테인리스강 또는 동등이상의 강도로 가진 재질로 일체형으로 제작하여야 하며 최대낙차, 최대부하에서 급차단되는 경우 등의 이상 운전상태에서도 견딜 수 있는 충분한 강도를 가져야 한다.
- (2) 러너는 무구속 속도, 자중 및 수차축 중량을 충분히 지지할 수 있는 강성을 가져야 하며 주조응력, 가공응력 등 내부응력을 충분히 제거하여야 한다.
- (3) 러너와 주축은 볼트에 의해 결합되며 결합볼트는 운전 중 물에 의한 토크 증가를 방지할 수 있도록 적당한 커버를 설치하여야 한다.

- (4) 수류에 접촉하는 러너의 모든 표면은 캐비테이션, 침식 또는 변형을 일으킬 수 있는 결함이 없도록 매끄럽게 연마(▽▽ 이상)하여야 한다.
- (5) 완성된 러너는 정적, 동적 평행검사 및 조정을 하여 운전 중 진동이 발생되지 않도록 하여야 한다.

2.2.2 주축

- (1) 수차축은 단조, 평로 탄소강 또는 적절히 열처리한 합금강의 재질로 제작하여야 한다.
- (2) 수차축은 실링박스를 통과하는 부분에 탈착, 교체 가능한 스테인리스 재질의 슬리브를 정밀하게 가공, 연마하여 축에 견고하게 부착하여야 한다.
- (3) 수차축은 임계속도로 수차의 최대 무구속 속도이상에서도 견디어야 하며, 수차의 어떠한 운전조건에서도 진동, 편심, 변형을 일으켜서는 안된다.
- (4) 수차와 발전기축의 접합을 위한 플랜지는 발전기 축의 플랜지와 동일규격으로 편심이 일어나지 않도록 하여야 하며 정적, 동적평형을 이루도록 설치해야 한다.

2.2.3 가이드 베어링

- (1) 가이드 베어링은 자급윤활 실린더형 또는 세그먼트형에 의한 윤활방식으로 내부표면은 고품질의 바벳 메탈을 입힌 강판 이상의 재질로 제작하여야 한다.
- (2) 베어링은 수차의 기동, 정지 또는 운전시 발생할 수 있는 하중 또는 최대 무구속 속도까지의 운전 회전수에서 연속운전에 견딜 수 있어야 한다.
- (3) 베어링 지지대 또는 하우징은 주강 또는 구조용 용접강으로 베어링을 견고하게 지지하고 헤드커버에 부하를 전달할 수 있는 구조이어야 한다.

2.2.4 케이싱

- (1) 케이싱은 용접강판 또는 주강으로 제작하고 취급편의상 불가피할 경우 공사감독자의 승인을 얻어 가능한 최소의 분할 단편으로 구획하여야 한다.
- (2) 용접 전에 각 분할 단편을 인접단편과 정확히 연결되도록 연결마크를 확실히 하여야 하며 현장용접이 용이하도록 설계대로 가공하여야 한다.
- (3) 케이싱은 주변의 콘크리트에 지지되지 않은 어떠한 상태에서도 최대 수두에 수격압과 서지로 인해 발생하는 수압상승분을 합한 최대압력에 충분히 견디도록 제작하여야 한다.
- (4) 수급인은 현장수송, 설치 및 그라우팅 작업시 케이싱의 변형을 방지할 수 있도록 필요한 브레이싱을 모두 공급하여야 한다.
- (5) 케이싱은 콘크리트 중에 매설되며 콘크리트 타설작업 중 변형이 발생되지 않도록 하기 위해 충분한 양의 보강재와 앵커자재를 공급하여야 하며 충분한 양의 레벨 조정용 스크류 또는 잭, 러그 및 턴버클부착 앵커롯드를 공급하여 콘크리트 타설 및 시험 실시중 케이싱을 지지하여야 한다.
- (6) 모든 앵커와 철재 지지물을 수급인이 공급하여야 하며 일차 콘크리트 타설시 설치할

자재는 공사감독자의 승인을 얻어 수급인이 설치하여야 한다.

2.2.5 씰링박스

- (1) 주축의 헤드커버를 통과하는 위치에 압력수의 누출을 방지하기 위해 씰링박스를 설치하여야 한다.
- (2) 씰링박스는 메커니컬 씰형 또는 기타 구조의 것으로 최대부압에 적합한 것으로 내구성이 큰 것이라야 한다.
- (3) 씰링박스의 구조는 가이드 베어링을 분해하지 않고서도 보수와 조정이 가능한 구조이어야 한다.
- (4) 씰 하우스는 둘 또는 그 이상의 개수로 분해 조립이 가능한 구조로 청동 또는 스테인리스 강재의 내부식성 볼트, 너트 및 스크류를 사용하여야 하며 기타 모든 자재도 내부식성의 것이어야 한다.
- (5) 씰링소자를 교환하거나 장기간 수차운전을 휴지한 경우에 누수방지를 위해 주축 씰 하부에 적합한 장치를 설치하여야 한다.

2.2.6 헤드커버, 디스차지 링(Discharge ring), 바텀 링(Bottom ring)

- (1) 헤드커버, 디스차지 링, 바텀 링은 주강 또는 용접강판으로 제작하여야 하며 가능한 각각 단일체로 제작하여야 한다.
- (2) 헤드커버 가이드 베어링이 받는 하중과 모든 수 추력 하중을 스테이 베인에 전달할 수 있는 구조로 어떠한 변형이나 집중응력이 거의 발생하지 않도록 하여야 한다.
- (3) 헤드커버의 하부는 헤드커버와 러너 간의 공간에서 마찰과 와류손실이 최소화되도록 설계하여야 하고 그 공간은 헤드커버 밑의 과도한 수압 또는 러너 상부의 과도한 수 추력을 방지하기 위해 적당히 배수할 수 있어야 한다.
- (4) 디스차지 링은 스테이 링과 일체로 해도 좋으며 각 디스차지 링에는 흡출관 라이너와의 연결을 위해 볼트 조임 플랜지가 설치되어야 하며 바텀 링은 디스차지 링과 일체로 할 수 있다.
- (5) 수차 축을 발전기 축으로부터 떼어 놓을 때 수차 러너와 축의 중량을 지지할 수 있도록 각 디스차지 링 또는 흡출관 라이너에 지지용 턱 또는 어깨를 설치하여야 한다.
- (6) 접수의 우려가 있는 공간이 생기지 않도록 헤드커버를 설계하여야 하며, 모든 물을 자동적으로 가능하면 중력에 의해 배수피트로 배수가 되도록 확실한 대책을 강구하여야 한다.

2.2.7 윗갯트게이트 및 조작기구

- (1) 윗갯트게이트는 스테인리스강 또는 동등이상의 재질로 제작하고 서로 교환할 수 있는 구조이어야 한다.
- (2) 수차 러너로의 수량을 제어하고 안내하는 적당한 수의 윗갯트게이트를 설치하여야 하고 윗갯트게이트의 수, 스테이 베인의 수 및 러너베인의 수는 수차가 과도한 진동없

이 운전될 수 있도록 선정하여야 한다.

- (3) 각 게이트 스템과 게이트 웨어링 링 사이에 파단링크 이중 전단편을 설치해야 하며 이들은 가장 약한 부분으로서 윗갯트게이트 사이에 방해물이 끼어 움직일 수 없게 되었을 경우 전단되어 기타 조작기구를 손상시키지 않도록 하여야 한다.
- (4) 윗갯트게이트 행정은 하나의 윗갯트게이트가 조작 기구로부터 분리되더라도 다른 윗갯트게이트의 동작에 영향을 주지 않도록 제한하여야 한다.
- (5) 윗갯트게이트 축을 통한 누수를 방지할 수 있는 방법을 강구하여야 하며 윗갯트게이트의 개별 조정으로 개도가 같도록 하고 폐쇄된 상태에서 누수가 최소가 되도록 하여야 한다.
- (6) 윗갯트게이트 웨어링 링의 지지구조는 하나의 서보 모터가 부동인 상태에서 나머지 서보 모터의 추력으로 게이트 조작링을 구동할 때 주가이드 베어링과 주축의 힘을 방지할 수 있도록 적당한 강도와 경도를 갖추어야 한다.

2.2.8 서보 모터

- (1) 각 수차에서는 양방향으로 유압이 가해지는 유압 또는 전기식 서보 모터를 설치하여야 하며 조속기 유압장치로부터 공급되는 최소의 규정압력으로 어떠한 수력 조건하에서도 윗갯트게이트를 구동할 수 있는 충분한 용량이어야 한다.
- (2) 운전 중 서보 모터의 미끄러짐이나 요동을 방지하고 서보 모터를 콘크리트 구조물에 고정시킬 수 있도록 적당한 연결핀과 기초 앵커볼트를 설치하여야 한다. 서보모터의 위치와 배치를 조정할 수 있는 방법이 강구되어야 한다.
- (3) 서보 모터 실린더의 윗갯트게이트를 움직이는 힘이 양 실린더에 균등하게 배분되고 윗갯트게이트 웨어링 링의 양측에 실질적으로 동일한 크기로 작용하도록 설계하고 또한 그 위치를 정하여야 한다.
- (4) 서보 모터 실린더의 양단에는 조작류의 유입 및 방출에 필요한 적절한 장치가 부착되어야 하며 각 실린더에는 드레인이 있어야 한다.
- (5) 서보 모터 실린더는 주강 또는 구조강으로 제작하여야 하며 정밀하게 가공하여 동심원이 되게 천공하고 호우닝하여야 한다.
- (6) 수압철관 내의 압력상승을 최소로 하기 위해 서보 모터의 폐쇄속도를 늦추는 폐쇄시간 가변장치가 있어야 하며 폐쇄속도를 늦추는 범위는 정격 유효낙차의 무부하 개도보다 약간 낮은 개도에서 전폐 위치까지이며 정격 유효낙차에서의 무부하 개도는 보증하여야 한다.

2.2.9 흡출관(draft tube)

- (1) 흡출관의 형상은 원추형 또는 엘보형으로 용접강판이나 주강이상의 재질로 제작하여 수차효율에 영향을 주는 유효 흡입고의 동요가 방지되도록 완전히 기밀을 갖는 구조이어야 한다.
- (2) 흡출관 라이너의 내부는 매끄러워야 하며 방향이 급격히 변화되어서는 안된다.

- (3) 라이너는 리브나 구조강으로 그 외부를 강하게 보강하여야 하며 발전소 지하구조를 돌레 콘크리트 내에 단단히 고정시킬 수 있는 적당한 방법을 마련하여야 한다.
- (4) 콘크리트 타설 후 흡출관 라이너의 그라우팅을 할 수 있도록 스크류 플러그가 달린 구멍을 설치하여야 하며 라이너의 상부에 흡출관 압력 및 진공게이지용 탭을 설치하여야 하고 게이지는 수차제어반에 설치하여야 한다.
- (5) 흡출관 라이너의 하부에 배수관을 설치하여야 하고 배수구를 적당한 입구격자로 보호하여야 하여야 한다. 배수밸브 접속을 위한 적당한 크기의 배관 및 플랜지를 공급하여야 하며 각 흡출관에는 수동밸브를 가진 배수관을 설치하여야 한다.

2.2.10 급기설비

- (1) 수차의 운전조건을 개선하기 위해 수차 및 흡출관 내에 자연급기 또는 강제급기를 할 수 있도록 조치하여야 한다.
- (2) 모델시험의 결과에 따라 급기설비의 형식, 위치, 규격, 수량 등을 결정하여 공사감독자의 승인을 얻어 공급 설치하여야 한다.
- (3) 급기설비의 설치 여부에 대한 어떠한 결정에 관계없이 수급인은 수차 주변 콘크리트에 매설될 급기관용 슬리브를 공급 설치하여야 한다.

2.2.11 계기 및 스위치

- (1) 수차에 필요한 각종 계기와 스위치를 공급하여야 하며 계기의 스케일에 대해 기술되어 있지 않은 경우 수급인은 운전조건에 맞추어 적당한 스케일을 결정하여야 한다.
- (2) 압력 스케일은 MPa, 진공 스케일은 mAq, 온도 스케일은 °C, 유량 스케일은 ℓ/min으로 하여야 한다.
- (3) 수차 효율측정을 위한 유량 측정용 설비는 공사감독자의 승인을 얻어 다음 유량계 중 가장 적합한 형식을 선정하여 설치하여야 한다.
 - ① 압력시간법
 - ② 초음파유량계
 - ③ 전자유량계
- (4) 수급인은 수차에 공급되는 모든 계기에 대해, 크기, 스케일 범위, 전기적 정격, 제작자명을 포함하여 완벽하게 공급하여야 한다.

2.3 도장 및 설비의 표기

- (1) 설비의 도장 및 표기는 KWCS 57 80 05 (2.10)에 따르며, 추가사항은 다음과 같다.

2.3.1 도장

- (1) 콘크리트 내에 매설되는 모든 부재는 표면을 깨끗이 하고 제작자 공장에서 시멘트 세척 또는 승인된 기타 방법으로 보호하여야 하며 설치 전에 모든 스케일을 제거하고 녹과 기타 부착물을 깨끗하게 청소하여야 한다.

- (2) 기계가공을 한 부품이외의 부품은 설치 후 노출되는 모든 부재는 선적 전에 승인된 양질의 프라이머로 1회 도장하고 승인된 양질의 마감 페인트로 2회 도장하여야 한다.
- (3) 모든 배관의 내부표면은 설치 전에 승인된 방법으로 깨끗하게 해야 하고 시운전 전에 오물, 스케일, 용접슬래그 등이 남아 있지 않게 재차 청소를 하여야 한다.
- (4) 모든 설비의 최종 마감색상은 K-water의 댐 및 수도시설 색상기준을 적용하며 색상기준에 없는 경우는 공사감독자의 승인을 받아야 한다.

2.3.2 설비의 표기

- (1) 수급인은 운전 및 유지관리를 위해 설비의 모든 부속품에 신속하고 확실하게 확인할 수 있도록 충분한 양, 크기 및 내용의 명판을 공급하고 명판은 황동 또는 스테인리스 명판을 부착해야 한다.
- (2) 수급인은 전기안전관리규정에 따라 공사감독자가 지시한 형식과 문구로 수급인이 공급하는 설비에 위험표시를 부착하여야 하며 옥외의 경고문은 투명에나멜을 칠한 스테인리스판으로 제작하여야 한다.

2.4 공장시험 및 검사

2.4.1 공장조립 및 시험

- (1) 흡출관을 포함한 각 수차의 매설부품은 공장에서 완전히 조립하고 현장조립과 배열의 정확성을 기하기 위해 적절히 마킹을 한다. 다만, 현장조립과 드릴링 가공 후 삽입되는 장부축 등은 예외로 한다.
- (2) 매설되지 않은 각 수차의 부분은 가조립하거나 필요한 부분에 한하여 정밀히 임시 맞춤설비를 사용하여 마킹하거나 결합하여야 한다.
- (3) 서보모터 실린더는 운전 시 사용될 오일과 유사한 오일로서 최대설계 압력의 1.5배의 게이지 압력에서 시험하여야 하며 시험에 필요한 모든 설비와 인원은 계약상대자가 공급하여야 한다.
- (4) 공장조립에는 수차피트라이너, 계단, 난간, 바닥판 등을 포함하여 적당히 접합표시를 하여야 한다.
- (5) 흡출관 라이너는 공장에서 완전히 조립하고 현장조립이 쉽도록 접합표시를 해 놓아야 한다.
- (6) 공장조립 시 볼트 접합개소에는 한단 작은 볼트를 용접접합 개소에는 클립을 사용한다.

2.4.2 수차 모형시험

- (1) 효율시험
- (2) 캐비테이션 시험
- (3) 무구속 속도 특성시험

- (4) 축추력
- (5) 인덱스 시험방법의 탭 위치 결정 시험
- (6) 압력 맥동시험

2.4.3 조립검사

- (1) 수차본체를 개별로 조립하여 다음의 측정을 병행하는 조작시험을 하여야 하며 조립된 상태로 측정이 불가능한 개소는 분해 시에 측정하여야 한다.
 - ① 치수검사
 - ② 러너 외주 및 상하의 틈 사이
 - ③ 윗갯트게이트와 상하 커버와의 사이
 - ④ 윗갯트게이트를 닫았을 때의 윗갯트게이트 선단 사이
 - ⑤ 주축과 축수 메탈과의 사이
 - ⑥ 서어보 모터 행정과 윗갯트게이트 개도와의 관계
 - ⑦ 수차축의 진폭 측정(발전기 축과 직결한 경우도 측정한다.)
 - ⑧ 각종 조작 시험
 - ⑨ 흡출관 가조립 치수검사

2.4.4 수압시험

2.4.5 재료시험

2.4.6 쉬어핀의 파괴시험

2.4.7 비파괴검사

2.4.8 기타 필요한 사항

2.5 부속품 및 공구

- (1) 수급인은 수차 설치 감독에 필요한 또는 수차의 조립, 설치, 배열, 또는 일부분의 철거 시 필요한 표면경화 렌치, 스파이더, 지그 및 특수공구 등 수차공구 1세트를 공급하여야 한다.
- (2) 수급인은 각 수차의 매설기기와 함께 콘크리트 타설시 흡출관 라이너 및 터빈 부품을 정위치에 고정하고 지지하는데 필요한 모든 잭, 레벨 스크류, 잭 솔플레이트, 앵커볼트, 턴-버클, U-바, I-빔, 칼람 등을 공급하여야 한다.
- (3) 지지용 로트는 케이싱이 콘크리트에 의한 부력에 견딜 수 있도록 설계하여야 하며, 잭에 필요한 경우 솔플레이트 및 수차부품과의 용접이 가능하도록 철베이스와 캡을 갖추어야 한다. 단, 콘크리트의 밀도(kg/m^3)는 공사시방서에 따른다.

- (4) 수차러너, 헤드커버, 축 등과 같은 수차의 모든 주요부품은 크레인 취급이 용이하도록 인양빔, 아이볼트, 러그 또는 특수장치를 갖추어야 한다.
- (5) 수급인은 모든 볼트, 스테드, 윤활장치, 게이지, 패킹, 개스킷 및 수차운전에 필요한 설비를 공급하여야 한다.

2.6 기타 계약상대자가 기술하여야 할 사항

2.6.1 수차

- (1) 제작자
- (2) 운전 중 출력의 최대 변동폭(MW)
- (3) 보증 변동율에 기준할 플라이휠 효과(GD²)
 - ① 발전기(kg-m²)
 - ② 수차 회전부(kg-m²)
- (4) 조속기 성능에 기술된 조건에서 지속적인 속도 진동(±%)
- (5) 정상 운전의 어떤 조건에서 수차 및 관로내의 최대 순간 게이지 압력(m-water)
- (6) 흡출관 내에서 수압 변동의 최대크기(정상운전)(m-water)
- (7) 하향 최대 축수력(kg)
- (8) 상향 최대 축수력(kg)
- (9) 정격낙차에서 윗갯트게이트를 통한 누수량(ℓ /min)
- (10) 비속도(m · kW)
- (11) 임계 캐비테이션 계수
- (12) 최대 축수력(kg)
- (13) 수차 회전부 중량(ton)
- (14) 수차의 최대 부품
 - ① 부품명
 - ② 중량(ton)
 - ③ 치수(L×W×H)
- (15) 수차의 최대크기 포장품
 - ① 부품명
 - ② 중량(ton)
 - ③ 치수(L×W×H)

2.6.2 러너

- (1) 러너의 날개수(Nos)
- (2) 스톱트 직경(mm)
- (3) 입구 직경(mm)
- (4) 출구 직경(mm)

- (5) 러너 높이(mm)
- (6) 최대 직경(mm)
- (7) 러너의 플라이 휠 효과(kg·m²)

2.6.3 윗갯트게이트

- (1) 형식
- (2) 윗갯트게이트 수(Nos)
- (3) 윗갯트게이트 피치 서클 직경(mm)

2.6.4 윗갯트게이트 서보모터

- (1) 대수(sets)
- (2) 내경(mm)
- (3) 스톱로크 길이(mm)
- (4) ()MPa 압력에서 용량
 - ① 개로시(kg.m/unit)
 - ② 페로시(mm)
- (5) 용적(ℓ/unit)

2.6.5 윗갯트게이트 조작기구

- (1) 쉬어 핀
 - ① 형식
 - ② 재질
 - ③ 전단력(kg)
 - ④ 치수(mm)

2.6.6 윗갯트게이트 링크

- (1) 형식
- (2) 재질

2.6.7 무급유 베어링

- (1) 제작자
- (2) 형식
- (3) 재질
- (4) 기술자료

2.6.8 가이드베어링

- (1) 형식

- (2) 재질
- (3) 냉각기 입구에서 25℃ 냉각수 조건에서
 - ① 냉각기 입구에서 냉각수온도(℃)
 - ② 베어링메탈의 최대허용온도(℃)
- (4) 정상운전에서 베어링 탱크 충유를 위해 소요되는 유량
- (5) 사용 오일의 등급

2.6.9 주축

- (1) 길이(mm)
- (2) 직경(mm)

2.6.10 실링박스

- (1) 형식
- (2) 재질

2.6.11 스파이럴 케이싱

- (1) 수직 중심선에서 스파이럴 케이싱 외측까지 치수
 - ① 3시 방향(m)
 - ② 6시 방향(m)
 - ③ 9시 방향(m)
 - ④ 12시 방향(m)

2.6.12 스테이 링

- (1) 형식
- (2) 최대직경
- (3) 스테이 베인의 수

2.6.13 윤활탱크

- (1) 용량(ℓ)
- (2) 품질 및 등급
- (3) 윤활유탱크 치수(mm*mm*mm)
- (4) 충유펌프 용량(ℓ/min)
- (5) 정격토출 압력(MPa)
- (6) 주요부분의 재질 및 설계응력

표 2.6-1 주요부분의 재질 및 설계응력(표 예시)

항 목	재 질	안전율	설계응력(MPa)
스파이럴 케이싱			
스태이 링			
런너	허브		
	콘		
헤드커버			
버텀 링			
디스차지 링			
윗갯트게이트			
수차축			
헤드커버 및 버텀링의 스테인리스 스틸링			
축 슬리브			
흡출관 라이너			

3. 시공

3.1 일반사항

(1) 다음에 명시하지 않은 사항은 KWCS 57 80 05 (3. 시공)에 따르고, 추가사항은 다음과 같다.

- ① 모든 작업은 기존설비의 운전 또는 타 수급인의 작업에 방해가 되지 않도록 수행하여야 하며, 레벨링, 설치, 배치, 설치 및 조정 작업등을 포함한 설비의 조립설치가 완료되는 단계마다 작업상태를 공사감독자에게 제출하여 승인을 받아야 한다.
- ② 수급인은 해당기기 제작자의 최종 변경도면 내용에 일치하도록 설치하여야 하며 이 기준에 구체적으로 명시되지 않더라도 필요한 모든 세부역무사항을 수행하여야 한다.
- ③ 본 공사에 투입되는 용접공은 K-water의 입회하에 관련규정에 따라 검정시험에 합격한 용접공을 투입하여야 한다.

3.2 설치

(1) 이 기준에 명시되지 않은 사항이나 기준과 현장사정이 맞지 않는 사항은 추후 제공하는 관련도면에 표시되는 사항 또는 기자재 공급자의 설치 기준 및 공사감독자의 지시에 따라 설치하여야 한다.

- ① 수급인은 수차 설치 시 사전에 현장을 실측하고 시공도면을 작성하여 공사감독자의 승인을 받아야 한다.
- ② 베이스프레임의 수차 지지면, 본체 외관검사 및 주요치수를 확인한 후 설치평면도에 따라 설치하되 수차축의 중심이 방수로 기준 레벨에서 정확한 위치에 있도록

하여 프레임에 정치하고 고정하여야 한다.

- ③ 흡출관을 설치하기 전 외관검사 및 치수를 확인한 후 베이스프레임 기초위에 설치하고 필요한 경우 베이스 프레임과 H빔 기초사이에 작은 금속판제를 삽입하여 견고하게 설치하여야 한다.
- ④ 각 수차에서 현장조작반까지의 전원 및 제어에 필요한 전기배관 및 배선공사는 본 공사로 하며 각 부하에 필요한 배선 및 배관규격은 전기공사와 연관하여 선정, 시공하여야 한다.

3.3 현장시험 및 검사

(1) 수급인은 시험 및 검사계획서에 따라 기자재 설치 후 공사감독자 및 제작자 입회하에 다음 항목에 대한 현장시험 및 검사를 실시하여야 한다.

- ① 출력시험
- ② 효율시험

가. 공사감독자가 승인한 시험절차서에 의해 현장시험을 시행하여야 한다.

- ③ 스파이럴 케이싱 및 스테이 링의 중심, 표고, 용접 및 치수검사
- ④ 용접 후 흡출관 및 스파이럴 케이싱의 변형검사
- ⑤ 디스차지링, 헤드커버의 센터링 및 헤드커버의 표고 검사
- ⑥ 윗갯트게이트 접촉면 및 측면 공극의 간격측정
- ⑦ 수차 및 발전기의 센터링 검사
- ⑧ 가이드 베어링의 간격 검사
- ⑨ 다이얼형 온도계의 검정
- ⑩ 압력게이지의 검정
- ⑪ 공기냉각기, 오일냉각기, 스트레이너 및 배관의 압력시험
- ⑫ 정상 및 과도상태를 포함하는 운전에 대한 배열점검, 수압추력, 평행 및 베어링 특성의 확인시험
- ⑬ 순간적인 부하차단을 포함한 수차운전에 대한 속도 및 압력변동 시험
- ⑭ 기타 항목

3.4 성능보증 및 배상

3.4.1 성능보증효율 배상

(1) 정상운영 시 발전단 출력기준 정격출력 운전점(정격유효낙차, 정격사용수량)에서의 종합효율이 입찰시 제시한 효율에 미달할 경우 K-water는 인수를 거부할 수 있으며, 성능시험은 결과의 신뢰성 및 공정성을 위해 제3의 기관에서 시행하며 시험비용은 수급인이 부담한다. 단, 상기 조건에서 종합효율이 3% 이내로 미달할 경우에는 보증치 미달출력에 대하여 현가계수를 적용한 아래의 금액을 배상해야 한다.(종합효율 측정 시 가중치산정이 가능한 경우 가중평균효율 및 출력을 기준으로 하고, 가중치 산정이 어

려운 경우 특정낙차, 특정부하를 기준으로 배상하여야 한다.) 종합효율이 3%를 초과하여 미달하는 경우 K-water는 인수를 거부할 수 있으며, 인수를 거부할 경우 수급인은 현장을 원상복구 하여야 한다.

$$\text{※ 배상금} = 0,000,000 \text{ kWh} \times (\text{SMP} + \text{REC}) \times \text{PWA} \times \text{배상출력효율}$$

- ① 연간 송전량 : 0,000,000 kWh
- ② SMP(원/kWh) : 준공기준 최근 1년 SMP 평균
- ③ REC(원/kWh) : 준공기준 최근 1년 일반 REC 평균 거래금액(1REC = 1MWh)
- ④ PWA(현가계수, Present Worth Annuity Factor) : 00.00

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

(i : 할인율(K-water 재무성 분석기준 실질할인율 적용), n : 사용연수(40년))

- ⑤ 배상출력효율 :

$$\frac{\text{보증출력}(kW) - \text{시험출력}(kW)}{\text{보증출력}(kW)} \times 100[\%]$$

* 배상효율은 소수점 둘째자리에서 반올림한다.

3.4.2 하자담보책임기간 내 가동률 미달에 따른 손해배상

3.4.2.1 가동률

(1) 입찰참가자는 하자담보책임기간(3년)동안 년 평균 가동률 최소값(%)을 입찰서에 제시하고 보증(이하 보증 가동률)하여야 하며, 가동률의 산식 및 정의와 산정절차는 다음의 기준을 적용한다. 여러 대가 설치된 경우 단위 호기별로 가동률을 적용한다.

- ① 가동률 산정 및 정의

$$\text{가동률} = \frac{\text{최대운전가능시간} - \text{고장정지시간}}{\text{최대운전가능시간}}$$

가. 최대 운전 가능시간

(가) 최대 운전 가능시간인 26,280시간(8,760시간×하자담보책임기간)을 의미한다.

나. 고장 정지시간

(가) 하자담보책임기간동안 수력발전기의 발전 정지에서 고장복구 완료되는 시간을 의미한다. 다만, 운전 유효범위를 벗어나서 수력발전기를 가동하지 못하는 경우와 설비가 정지되는 사유 및 원인이 수급인의 귀책사항으로 인해 발생하지 않은 경우 등은 고장 정지 시간에 포함하지 않으며, 다음과 같은 경우를 제외한다.

- ㉑ 수력발전기 운전이 가능한 유량 및 낙차의 유효범위를 벗어난 경우
- ㉒ K-water 또는 한국전력공사 측 전력계통의 요청에 따라 정지될 경우
- ㉓ 불가항력적 상황에 해당되는 운전조건 중 기술규격 및 성능보증 요건과 연계하여 명백히 공급설비의 합리적인 운전범위를 벗어난 경우 등. 단, 수급인은 기기 자체의 결함 등 수급인 공급설비의 설계·제작·공급관리·설치상의 결함, 시운전 및 성능시험 시 등 보증기간 동안 수급인의 부주의로 인하여 발생한 발전 정지시간은 고장 정지시간에 포함되어야 한다.

다. 수력발전설비의 고장정지시간 산정에 대한 이견 발생 시 수급인은 그 귀책사유가 없음을 서면으로 입증하여야 한다.

3.4.2.2 가동률 미달에 따른 손해배상 산정

- (1) 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.
- (2) 가동률과 보증 가동률의 비교 결과, 가동률이 보증 가동률을 초과하거나 동일한 경우에 성능보증이 이뤄진 것으로 간주한다.
- (3) 가동률이 보증 가동률에 미달하는 경우에는 성능보증이 이뤄지지 않은 것으로 간주되며, 손실발전량 산정은 가동률이 보증 가동률을 미달된 시점부터 계상되며, 이에 대한 발전 손실분에 대해 아래와 같이 배상하여야 한다.

$\text{배상금} = \sum \text{손실발전량(kWh)} \times (\text{SMP} + \text{REC})$
--

- ① 손실발전량(kWh) : 보증 가동률 미달 시점부터 하자담보책임기간 종료 시점까지 각 고장 정지시간 동안 발전 가능 무효방류량 및 낙차(K-water 발전정보시스템 및 수운영 데이터 시간별 데이터 활용)로 계산한 이론적 발전량의 합계. 단, 동일 장소에 여러 대가 설치되어 고장 호기 외의 수력발전설비로 전량 발전 방류하는 경우 발전 가능 무효방류량은 없는 것으로 고려한다.
산정식 = $9.8 \times Q \times H \times \eta$ (성능시험 시 정격출력 운전점에서의 종합효율)
- ② SMP(원/kWh) : 손실발전량 발생일의 SMP 일평균 단가
- ③ REC(원/kWh) : 손실발전량 발생일의 최근 현물시장 REC 단가
- (4) 하자보수를 이행하지 않아 하자보수보증금을 전액 몰취하는 경우, 하자보수에 직접적으로 소요된 비용을 보전하고 보증금이 남은 경우에는 그 상당액을 배상금 청구액에서 공제한다.
 - ① 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 17 05 : 2021 수차설비 일반사항

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>