

KDS 51 90 05 : 2018

하천수로터널

2018년12월31일개정
<http://www.kcsc.re.kr>

KC CODE

건설기준 제·개정에 따른 경과 조치

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

건설기준 제·개정 연혁

- 이 기준은 건설기준 코드체계 전환에 따라 기존 건설기준(설계기준, 표준시방서) 간 중복·상충을 비교 검토하여 코드로 통합 정비하였다.
- 이 기준은 기존의 하천 설계 시 수로터널에 해당되는 부분을 통합 정비하여 제정한 것으로 제·개정 연혁은 다음과 같다.

건설기준	주요내용	제·개정 (년. 월)
하천 설계기준	• 하천 설계기준 제정	제정 (1980.07)
하천 설계기준	• 전면적인 미비점 보완	개정 (1993.12)
하천 설계기준	• 교량설치에 따른 수리학적 검토 및 현실적인 유출량 산정방법의 개선	개정 (2000.05)
하천 설계기준	• 치수, 이수 및 하천환경을 고려한 자연친화적인 하천설계 개념 도입	개정 (2005.05)
하천 설계기준	• 하천제방과 관련된 조사, 계획, 설계의 적용에 한정하여 기준에 대한 기술적 재검토 및 개편	개정 (2009.09)
KDS 51 90 05 : 2016	• 국토교통부 고시 제2013-640호의 “건설공사기준 코드체계” 전환에 따른 건설기준을 코드로 정비	제정 (2016.06)
KDS 51 90 05 : 2018	• 최근의 하천수로터널 시공능력을 고려한 기준의 보완, 하천수로터널의 기능 중 침수방지용 수로터널 추가	개정 (2018.12)

제 정: 2016년 6월 30일

심 의: 중앙건설기술심의위원회

소관부서: 국토교통부 하천계획과

관련단체 (작성기관): 한국수자원학회, 한국하천협회(한국수자원학회, 한국하천협회)

개 정: 2018년 12월 31일

자문검토: 국가건설기준센터 건설기준위원회

목 차

1. 일반사항	1
1.1 목적	1
1.2 적용 범위	1
1.3 참고 기준	1
1.4 용어 정의	1
1.5 기호의 정의	2
1.6 시설물의 구성	2
2. 조사 및 계획	2
2.1 조사	2
2.2 계획	2
3. 재료	4
4. 설계	4
4.1 일반사항	4
4.2 터널지보재	5
4.3 현장타설 라이닝과 그라우팅	5
4.4 하천수로터널 안정성 해석	6
4.5 기타설계	7

1. 일반사항

1.1 목적

이 기준의 목적은 하천수로터널의 설계를 위한 제반요소를 제공하기 위함이다.

1.2 적용 범위

(1) 이 기준은 수로의 기능을 갖는 하천수로터널의 설계에 필요한 기준을 제시한다.

1.3 참고 기준

이 기준을 적용할 때에는 관련 기준을 고려하여야 한다. 이 기준과 관련된 기준은 아래와 같다.

1.3.1 관련 기준

- KDS 51 17 00 하천내진 설계
- KDS 27 10 05 터널설계 개요
- KDS 27 20 00 터널굴착
- KDS 27 25 00 TBM
- KDS 27 30 00 터널지보재
- KDS 27 40 05 현장타설 라이닝
- KDS 27 40 10 세그먼트 라이닝
- KDS 27 60 00 터널환기, 조명, 방재설비

1.4 용어 정의

- 자유수면터널: 계획유량이 자유수면을 가지고 흘러 내수압(內水壓)이 작용하지 않는 터널을 말하며, 무압터널이라고 함.
- 압력터널: 계획유량이 만류되어 내수압이 작용하는 터널
- 터널지보재(support): 터널공사에 있어서 굴착 후 라이닝 시까지 지반압등의 하중을 지지하여, 굴착단면을 안전하게 유지하기 위한 가설의 공작물
- 쏿크리트(shotcrete): 시멘트, 골재, 물, 급결재 등의 재료를 압축공기에 의해 원지반에 고속분사하여 거푸집 없이 시공하는 콘크리트
- 록볼트(rock bolt): 암반굴착 후 이완되어 있는 암반층과 심부의 암반층을 볼트로 연결하여 지반의 지내력을 증가시키는 공법에 이용되는 볼트
- 라이닝(lining): 터널내부 단면과 원지반 혹은 터널 내부 단면과 지보재 사이를 무근콘크리트, 철근콘크리트, 쏿크리트 및 철판 등으로 시공하는 것

- 그라우팅(grouting): 라이닝에 대하여 지반압을 균등히 분포시키기 위하여 라이닝 뒷면과 원지반 사이의 공극을 모르타르 등을 사용하여 채우는 것
- 수격압(water hammer): 관로(管路) 안의 물의 운동상태를 급격히 변화시킴으로써 일어나는 수격작용으로 인하여 관로에 발생한 상승압력
- 공동현상(cavitation): 유체 속에서 압력이 낮은 곳이 생기면 물 속에 포함되어 있는 기체가 물에서 빠져나와 압력이 낮은 곳에 모이는데, 이로 인해 물이 없는 빈공간이 생기는 현상

1.5 기호의 정의

내용 없음.

1.6 시설물의 구성

1.6.1 종류

- (1) 하천수로터널은 용도별로 각종 용수공급용, 침수방지용, 홍수조절용 등으로 구분된다.
- (2) 수리학상으로 자유수면터널과 압력터널로 분류하며, 지반공학적으로는 암반터널과 토사터널로 분류한다.

1.6.2 구조

- (1) 하천수로터널의 유입부와 유출부, 터널 본체로 구성된다.

2. 조사 및 계획

2.1 조사

내용 없음.

2.2 계획

2.2.1 터널의 분류

- (1) 하천수로터널은 물이 평상시 흐르거나 홍수시 일시적으로 흐르는 것을 기본으로 한다.

2.2.2 계획의 기본방향

- (1) 하천수로터널은 터널 내부로 물이 통과되거나 저장되기 때문에 이러한 수리특성을 고려한 설계가 필요하다.
- (2) 하천수로터널의 설계에서는 주변 환경, 지질조건 등을 정확히 파악한 후에 필요한 기능을 확보하여 안전하고 경제적인 시설이 되도록 한다.

2.2.3 노선조사

- (1) 하천수로터널 노선의 선정은 가능한 한 지형 및 지질조건이 양호한 지반을 통과하도록 한다. 특히 지질의 경계가 터널노선 부근에 있는 경우에는 주의하여야 한다.
- (2) 터널상부 흙의 최소 두께는 터널의 구조적 안전영역의 범위가 확보되도록 하고, 기존 구조물에 근접하여 터널을 설치할 경우에는 상호의 영향을 고려하여 안전상 지장이 없도록 충분히 이격시켜야 한다.
- (3) 선형계획은 수로의 효율성 뿐만 아니라 시공성 및 경제성을 감안하여 가능한 최단거리가 되도록 노선을 선정한다.
- (4) 수리학적으로 곡선부의 곡률반경은 가급적 큰 반경을 적용토록 하되, 적어도 터널직경의 10 배 이상으로 하는 것이 좋다.

2.2.4 갱구위치

- (1) 갱구의 위치는 산사태의 우려가 있는 곳은 피하는 것을 원칙으로 하며, 갱구 근방은 토피가 얇고 강도가 약한 풍화암을 굴착할 때가 많으므로 지반압이 크게 작용하거나 사면 지층이 갱구를 향하는 지반이 되어 있을 경우에는 엄밀히 분석한 후에 결정해야 한다.
- (2) 저습지나 계곡에는 용출수가 많고 강우의 영향을 직접 받기 쉽다. 이러한 곳에서는 호우때 물이 집중되어 토사가 흘러 갱구를 메우는 경우가 있고 적설지대에서는 눈사태의 위험도 있으므로 저습지나 계곡에는 갱구의 설치를 피하여야 한다.
- (3) 터널 공사로 인한 갱구 부근의 소음이나 진동이 주변의 환경에 악영향을 미치지 않는 곳을 선정한다.

2.2.5 터널의 최소 토피두께

- (1) 하천수로터널은 굴착시 및 운용시의 안전성 확보를 위해서 최소 토피 이상의 두께가 필요하며, 표 2.2-1을 표준으로 한다.

표 2.2-1. 터널 최소 토피두께(D_c)의 표준

구분	암반터널	토사터널
모르타르 또는 숏크리트	$D_c = 10 D_e \geq 30 \text{ m}$	-
무근콘크리트(지보재 없음.)	$D_c = 3 D_e \geq 6 \text{ m}$	$D_c = 50 D_e \geq 10 \text{ m}$
무근콘크리트 단면(지보재 있음.)	$D_c = 2 D_e \geq 4 \text{ m}$	$D_c = 3 D_e \geq 6 \text{ m}$
철근콘크리트 단면(지보재있음.)	$D_c = 1 D_e \geq 2 \text{ m}$	$D_c = 1.5 D_e \geq 3 \text{ m}$

주 1) D_e : 터널의 굴착단면의 직경

2) 토피의 두께는 터널본체 상부에서 지표까지의 높이

- (2) 터널의 최소 토피두께는 지질조건, 현장타설 라이닝의 유무 및 재질에 따라 달라지며, 압력터널에서는 수리구조적 안전성이 확보될 수 있도록 설계되어야 한다.

2.2.6 터널 경사 및 단면형

- (1) 터널경사는 터널목적 및 기능에 따라 계획 통수량을 우선하여 결정하되 내공단면과 수압, 수격압(water hammer)과 유속의 상관관계 및 시공성(버럭 등의 운반 장비의 운항성, 환기, 지하수 및 굴착용수의 배수조건 등)을 고려하여 결정한다.
- (2) 터널 유입부와 유출부의 표고차가 클 경우 하류부 수로흐름이 급격한 변화가 발생하므로 수로내 흐름안정화를 위한 시설을 계획하여야 한다.

2.2.7 최소 시공단면

- (1) 하천수로터널은 사용수량 및 장래의 증설계획을 고려하여 내공단면을 결정한다. 이때 내공단면은 계획된 단면을 기준으로 하여 터널지보재의 총 두께, 현장타설 라이닝의 두께 및 허용오차를 고려한다.
- (2) 하천수로터널의 최소단면은 통과하는 지반의 조건, 사용수량, 시공상의 제약 등에 의해 결정되며, 이 중 시공상의 조건에 가장 크게 영향을 받는다.

3. 재료

내용 없음.

4. 설계

4.1 일반사항

- (1) 터널의 수리설계에 있어서는 설계유량 외에 최다빈도유량, 최소유량 및 터널시설에 지장을 미친다고 생각되는 유량 등을 검토해야 한다.

4.1.1 설계유량

- (1) 하천수로터널의 설계유량은 터널 용도상의 분류에 따라 원칙적으로 계획하되, 배분되는 계획유량의 130% 이상을 통수시킬 수 있는 규모로 한다.

4.1.2 허용유속

- (1) 하천 수로터널에서 허용유속의 최대한도는 터널 벽면의 마모를 방지할 수 있는 범위에서 결정되어야 하며, 터널 벽체의 재질에 따라 다르게 적용해야 한다.
- (2) 허용유속의 최소한도는 유사가 가라앉지 않는 터널을 통과하는 유수의 토사혼입 정도를 추정하여 유송되는 토사의 한계소류력을 초과하는 유속으로 한다.

4.1.3 여유고

- (1) 개수로 흐름의 터널 통수단면은 수리상의 안정성을 확보하기 위하여 설계유량에 대응하는

설계수면 상에 여유고를 더하여 결정하며, 다음의 두 가지 식으로 계산한 값 중 큰 것으로 정한다.

$$d_1/D_1 = 0.80 \sim 0.83 \quad \text{식(4.1-1)}$$

여기서 d_1 는 설계유량에 대한 수심(m), D_1 는 터널의 높이(m), 단 $(D_1 - d_1) \geq 0.30(\text{m})$ 이다. 또는,

$$d_2/D_2 = 0.90 \sim 0.93 \quad \text{식(4.1-2)}$$

여기서 d_2 는 설계유량의 130 % 유량에 대한 수심(m), D_2 는 터널의 높이(m)를 나타낸다.

4.1.4 수리특성

- (1) 압력터널에서 수격작용으로 인한 수격압은 내압으로 작용하므로 설계시 수격압(water hammer)을 검토하여야 한다.
- (2) 하천 수로터널 내부에서의 유속증가와 압력의 감소는 공동현상(cavitation)의 원인이 되므로 공동현상의 발생을 억제시키는 대책을 검토하여야 한다.

4.2 터널 지보재

4.2.1 터널지보재의 종류

- (1) 일반적으로 터널지보재는 강지보재, 록볼트, 숏크리트, 철망 등으로 구성되어 있는 주지보재와 굴착의 용이성 및 안정성 증진을 목적으로 주지보재에 추가하여 시공하는 보조지보재로 구분하여 설계하여야 한다.
- (2) 터널지보재의 설계에 있어서는 지반의 분류 등급과 해당 터널지보재의 선정에 대한 기준을 제시함으로써 시공 시 실제 지반조건이 설계 시 예측조건과 상이할 경우 적합한 터널지보재로 변경할 수 있도록 하여야 한다.

4.2.2 터널지보재의 설치

- (1) 터널지보재(支保材)는 지반압에 저항할 수 있는 구조로 공사진행 상 편리하고 경제적인 양식으로 가설에 특별한 주의를 하여야 한다.
- (2) 지질이 양호한 암반인 경우에는 터널지보재가 필요하지 않을 수도 있으며, 연약한 암반의 경우에는 터널지보재의 간격을 좁게 하고 버팀대나 흠막이판 등을 설치하여 암석이 떨어지는 것을 방지하여야 한다.

4.3 현장타설 라이닝과 그라우팅

4.3.1 현장타설 라이닝

- (1) 현장타설 라이닝은 터널지보재와 함께 지압, 수압, 그 밖의 외력에 대항하여 오랫동안 소정의 단면형상을 유지, 터널 내외면 간의 통수 방지, 터널 내면의 조도를 감소시켜 가능한 한 단면의 축소 혹은 수두손실의 경감 도모 등의 기능을 가져야 한다.
- (2) 굴착 후 암반의 강도가 크고 굴착면이 매끄럽고 견고할 경우에는 현장타설 라이닝을 하지 않

을 수 있다.

- (3) 현장타설 라이닝에는 숏크리트, 무근 콘크리트, 철근 콘크리트, 철판 등이 있는데, 지질조건, 시공법, 경제성 및 장래의 유지관리 등을 종합 판단하여 결정한다.
- (4) 일반적으로 하천수로터널은 콘크리트 라이닝에 철근보강의 유무에 관계없이 내·외수압의 차이에 따라 터널 내·외부로 물이 통수된다고 가정하나, 통수가 허용되지 않는 조건에서는 철판 라이닝 또는 완전 수밀성의 철근콘크리트 라이닝을 설치하여야 한다.
- (5) 현장타설 라이닝의 두께는 터널단면의 크기와 형상, 지반조건, 작용하중, 사용재료, 시공법 등을 고려해서 결정하여야 한다.
- (6) 압력 수로터널은 통수와 배수의 운영과정에서 내수압의 작용이 반복되기 때문에 내·외 수압의 차이에 따른 수리구조적인 검토가 필요하다. 수리구조적인 검토에서는 내수압이 외수압보다 큰 경우 누수에 대한 검토와 토피구속조건에 대한 검토를, 외수압이 내수압보다 큰 경우 배수공 설치 및 외수압 하중 등에 대한 검토를 수행하여야 한다.

4.3.2 그라우팅

- (1) 그라우팅은 지압을 균등히 분포시켜 편압(偏壓)의 발생을 방지하고, 부분적으로 발생하는 현장타설 라이닝의 아치부 콘크리트의 공극에 침투하여 고결강화(固結強化)하여 현장타설 라이닝의 질적 향상을 도모, 원지반으로부터의 용출수를 방지하여 콘크리트 라이닝의 내구성을 높이는 등의 기능을 가져야 한다.
- (2) 자유수면 터널에서는 일반적으로 저압 그라우팅을, 압력터널에서는 주로 고압 그라우팅을 실시하는 것을 원칙으로 한다.
- (3) 뒷채움 그라우팅은 라이닝 후면과 암반사이의 공극을 채우기 위하여 시행되어야 한다.

4.4 하천수로터널 안정성 해석

4.4.1 해석일반

- (1) 해석시에는 지형 및 지반 조건, 지하수 조건, 수로터널의 형상 및 위치, 시공방법 및 하천 수로터널 주변 지반의 지보특성을 고려하여야 한다.
- (2) 해석기법은 2차원, 3차원 해석 방법을 여건에 따라 결정하여 수행한다. 2차원 해석을 실시할 경우에는 3차원적 실제 지반거동을 고려하여야 한다.

4.4.2 결과의 평가

- (1) 해석은 터널의 안정성 평가, 유사터널의 계측 결과와 검증 평가, 인접 구조물과 상호 영향 평가 등을 거쳐 설계에 반영한다.
- (2) 터널은 굴착의 각 단계에 대한 각 지반요소 및 터널지보재의 변위, 응력, 파괴 접근도 등의 해석 결과를 검토하여 구조적인 안정성을 평가한다.
- (3) 해석 결과는 유사한 터널의 응력 및 내공변위, 지표침하, 지중변위 등의 계측 결과와 비교·검

증하여 평가한다.

4.5 기타설계

4.5.1 굴착설계

- (1) 원지반이 본래 갖고 있는 지지력을 최대한으로 보존할 수 있는 굴착방식을 채택해야 한다.
- (2) 굴착방식은 인력(소형기구 이용), 기계 및 발파에 의한 굴착으로 나눌 수 있으며, 지반조건, 지하수 유입의 상태, 경제성 등을 고려하여 가장 적합한 방법을 선정하여야 한다.
- (3) 인력(소형기구 이용)굴착은 주변 여건상 발파가 곤란하거나 지반이 연약한 소단면 굴착에만 적용한다.

4.5.2 부대시설 설계

- (1) 부대시설로서 배수시설, 안전시설, 계측설비, 유지관리시설 등의 설치를 고려하여야 한다.
- (2) 배수시설: 유지관리상 단수하여 수로터널을 빈 상태로 만드는 경우를 고려하여 배수조, 배수구 등을 설치한다.
- (3) 안전시설: 터널 출입구에는 유지관리상의 안전을 위하여 사다리, 가드레일, 울타리 등을 설치한다.
- (4) 계측설비: 시공 중 혹은 시공 후의 내공변위(內空變位), 터널천정의 침하 등을 계측하기 위한 설비를 설치한다.
- (5) 하천수로터널의 본선길이가 15 km이상일 경우 운영중 필요한 유지관리 시설을 검토하고 설계에 반영한다.

집필위원	분야	성명	소속	직급
	하천댐	임인석	(주)동성엔지니어링	전무

자문위원	분야	성명	소속
	하천	김국일	(주)이산

건설기준위원회	분야	성명	소속
	하천	김원	한국건설기술연구원
	하천	김철규	한국토지주택공사
	하천	김태웅	한양대학교
	하천	김현준	한국건설기술연구원
	하천	김형수	인하대학교
	하천	박세훈	(주)한국시설안전연구원
	하천	배덕효	세종대학교
	하천	송석근	(주)삼안
	하천	송용진	(주)도화엔지니어링
	하천	안재현	서경대학교
	하천	안홍규	한국건설기술연구원
	하천	안희복	(주)이산
	하천	오규창	(주)이산
	하천	유철상	고려대학교
	하천	윤광석	한국건설기술연구원
	하천	이규원	동부엔지니어링
	하천	이상열	(주)이산
	하천	이승오	홍익대학교
	하천	이재응	아주대학교
	하천	임인석	(주)동성엔지니어링
	하천	장대창	(주)하이텍코리아
	하천	장창래	한국교통대학교
	하천	전경수	성균관대학교
	하천	전세진	(주)도화엔지니어링
	하천	정관수	충남대학교
	하천	최병규	(주)이산
	하천	최성욱	연세대학교
	하천	한성용	한국수자원공사
	하천	황만하	한국수자원공사

중앙건설기술심의위원회	성명	소속
	서근순	(주)신성엔지니어링
	신영호	한국수자원공사
	윤여승	평화엔지니어링
	임건목	한국수자원공사
	정건희	호서대학교
	지운	한국건설기술연구원
	최홍식	상지대학교

국토교통부	성명	소속	직책
	강성습	하천계획과	과장
	이상욱	하천계획과	서기관

설계기준
KDS 51 90 05 : 2018

하천수로터널

2018년 12월 31일 발행

국토교통부

관련단체 한국수자원학회
06671 서울시 서초구 효령로 237, 302호(서초동, 서초한신리빙타워)
☎ 02-561-2732 E-mail: sujw@chol.com
<http://www.kwra.or.kr>

한국하천협회
06130 서울시 강남구 테헤란로 7길 22(역삼동 635-4) 한국과학기술회관 신관 711호
☎ 02-565-7962 E-mail: master@riverlove.or.kr
<http://www.riverlove.or.kr>

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