

도로설계편람(터널편) 개정

The Revision of the Road-Design Guideline(The Chapter of Tunnel)



김 창 용 (Chang-Yong Kim)
한국건설기술연구원 지반연 구부 연구위 원
cykim@kict.re.kr

정 재 형 (Jae-Hyeung Jeoung)	한국건설기술연구원 지반연 구부 수석연구원	jjhcivil@kict.re.kr
장 수 호 (Soo-Ho Chang)	한국건설기술연구원 지반연 구실 연구위 원	sooho@kict.re.kr
권 오 성 (Oh-Sung Kwon)	국토해양부 교통정책실 간선도로과장	kwnos@korea.kr
김 주 명 (Ju-Myung Kim)	국토해양부 교통정책실 간선도로과 시설사무관	kimsky@korea.kr
김 태 호 (Tae-Ho Kim)	국토해양부 교통정책실 간선도로과 주무관	qkrldsehd@korea.kr

I. 서론

국토해양부에서는 도로시설물 중 중요 구조물 중의 하나인 터널의 설계를 담당하는 일선 기술자들이 설계업무를 효율적이고, 충실하게 수행할 수 있도록 터널의 계획에서부터 설계까지 소요되는 업무와 설계과정을 체계적이고 일관되게 정립한 『도로설계편람』을 1999년 12월에 제정하여 보급하고 있다.

그러나, 본 편람 제정 이후 『터널설계기준』, 『터널표준시방서』, 『도로터널방재설치기준』, 도로터널의 국가화재안전기준, 차종별 오염물질기준배출량(대기환경보전법)의 개정 등에 따라 본 편람의 내용과 부합하지 않는 부분이 발생하였으며, 상위 기준의 사용 단위가 국제표준 단위계(SI 단위계)로 변경됨에 따라 본 편람의 개정이 시급한 실정이었다.

이와 같은 최근의 사회 및 환경적 수요변화와 고도화

된 터널 설계기술을 반영하여 도로설계편람의 터널편을 전면 보완 개정하게 되었다.

II. 개정 개요 및 추진경과

1. 개정 개요

'99년에 제정된 『도로설계편람(터널편)』을 최근 개정된 관련 설계기준에 부합하도록 전면 개정하여 본 편람이 현행 상하위 기술기준과 연계성을 확보할 수 있도록 하였다. 그리고, 터널의 계획에서부터 설계까지의 소요되는 업무와 설계과정, 최신터널 설계기술, 설계사례 등을 체계적이고 일관되게 정립하여 보급함으로써 설계기술자들이 터널 설계업무를 보다 효율적이고 충실하게 수행할 수 있도록 개정하였다.

2. 편람의 정의 및 위계

도로 설계를 수행하기 위해서는 이와 관련된 설계 절차와 적용치에 대한 기준이 있어야 한다. 이들 관련 기준들은 내용의 기술적 수준, 범위 그리고 법적 효력 등에 따라 기준, 편람, 지침, 요령, 기술지도서 등으로 구분할 수 있으며, 이들 기준에 대한 정의를 “건설공사기준 운영체계 구축 방안 연구”(한국건설기술연구원, 건설교통부, 1997)에서는 다음과 같이 정의하였다.

- **설계 기준** : 시설물별로 설계자가 설계 업무를 수행하는데 있어 시설물이나 작업에 대해 품질, 강도, 안전, 성능 등을 유지하기 위한 설계 조건의 최저 한계를 규정한 기준으로 건설 관련 법, 령 또는 규칙에 근거한 기준과 이에 준하는 기준을 의미함.
- **지침** : 편람과 설계 기준의 중간적 성격을 띠고 있으며, 시방서 상에서 기술하기 곤란한 사항에 대해 특별히 분야별로 시공 방법 및 유지 관리에 관한 상세한 기술적 기준을 요소별로 정의하여 방침을 정하는 것을 의미함.
- **편람** : 계획, 조사, 설계, 시공, 유지 관리 단계에서 나열할 사항이 많으며 특별한 작업과 관련되지 않아 시방서 및 설계 기준에 기술하기 곤란한 사항, 기술자가 효율적인 업무 수행을 위하여 필요한 사항들을 관련 기술자들이 실무에 쉽게 적용하도록 만든 것을 말하는 것으로 편람 자체적으로는 법률상이 계약상의 강제는 없으나, 공사 시방서 상에서 공종별로 적용 기준으로 인용되는 경우, 계약상 강제력이 발생함.
- **기술지도서** : 기술 및 창의력의 향상을 위하여 새로운 설계 기법 및 시험 방법, 신개발 자재 등을 현장 실무자에게 활용할 수 있도록 제기된 것을 의미함.
- **요령** : 설계 및 시공의 재료 시험 방법 등에 대하여 현장 기술자가 능률적으로 업무를 수행할 수 있도록 시방서나 규격의 범위를 쉽게 풀이한 것을 의미함.

따라서 본 편람에서는 터널 건설을 위한 계획 초기의 입안부터 상세한 설계 내용에 이르기까지 전체를 다루면

서, 일목요연하고 간명하게 제시함으로써 설계자가 편리하게 이용할 수 있도록 구성하였다. 또한 설계의 일관성과 효율성을 도모하기 위한 것으로, 일부 내용에 있어서는 기본적 사항을 지키면서 설계자의 창의성을 충분히 발휘할 수 있는 자료가 되도록 노력하였다.

III. 주요 개정 사항

1. 계획일반

기본 계획에서 평면선형 계획에서 장대터널의 경우 곡선선형을 일부 적용할 수 있으며, 역광으로 인한 시거장애요인 제거를 위한 적정 곡선이 삽입될 수 있음을 기술하여, 최근 장대터널 시공 추세를 반영하고자 하였다. 터널 갱구부 계획에서는 주변 환경 및 안정 대책을 함께 고려하도록 하였다.

2. 조사 및 시험

터널 조사 및 시험에서는 전체적으로 기존의 편람을 근간으로 하고 현장조사, 시추조사, 물리탐사, 막장관찰, 현장시험, 암반분류 부분을 대폭 수정하였다.

시추조사부분에서는 최근의 연약대의 조사를 위하여 토사구간에서도 삼중 코아배럴이나 D-3 샘플러를 사용할 수 있도록 하였으며, 대심도 시추시에는 NQ 규격도 사용할 수 있도록 하였다. 시추방법은 기존의 경사시추에 국한되어 있는 것을 수평시추도 추가하여 시추방식의 다양화를 도모하였다.

3. 설계일반

기술적 발전을 고려하여 금번 개정에서는 기존 편람에서 소개한 NATM 개념의 터널공법 이외에 싱글셀 터널과 터널 기계화시공법에 대한 설계개념을 신설하였다. 터널 기계화시공법에서는 TBM에 의한 전단면 굴착뿐만 아니라 쇼벨(shovel), 브레이커(breaker), 로드헤더(Roadheader) 등에 의한 부분단면 굴착방법도 함께 소개하였다. 특히 국제터널협회(ITA)에서 터널 기계화시공기

술을 “비트와 디스크 등에 의해 기계적으로 굴착을 수행하는 모든 터널 굴착기술”로 정의하는 내용을 근거로 제시하였다.

4. 터널해석

터널해석 일반에서는 해석 전략의 수립, 해석 도구의 선정에 대해 최신 자료를 이용하여 새로운 하위 장을 구성하였고, 수치해석 기법에서 최신의 터널해석 발전으로 일반화된 지하수 유동해석과 수리-역학 연계해석 내용을 새롭게 추가하였다. 금번 개정작업에서는 항상 터널해석 상에서 논란이 되어왔던 보강지반의 물성산정체계를 새롭게 추가함으로써 해석상의 혼란을 최소화 하도록 유도하였다.

5. 터널지보재

강지보재에 대해 이루어진 가장 큰 개정사항은 강지보재의 치수와 단면 특성에 대한 것으로서, H형 및 U형 강지보재의 치수와 단면 형상 그림을 새롭게 갱신하였으며, 격자지보에 대해서는 독일 제작사의 표준자료에 근거하여 표준형 3개강봉뿐만 아니라 보강형 4개강봉에 대해서도 치수 및 단면특성 자료를 새롭게 제시하였다. NMT와 같은 싱글셀 터널에 의한 경제적인 터널 시공과 대단면 터널에서 경제성 시공성 향상을 위해 적용될 수 있는 고강도 슛크리트에 대한 내용 반영이 중요하였다. 슛크리트의 품질관리 내용을 보강하여 국내외 품질관리 기준과 방법들을 신설하였고, 특히 인성(toughness)에 의한 섬유보강 슛크리트의 품질관리 개념과 고성능 슛크리트에 적용될 수 있는 부착력, 내구성 및 수밀성에 대한 유럽 EFNARC의 품질관리 기준을 신설하였다.

6. 콘크리트 라이닝

콘크리트 라이닝 해석은 개정된 “콘크리트 구조설계 기준(2007)”에 부합되도록 하였으며, 종래에 적용된 허용응력법 대신 콘크리트 구조설계 기준 제19장에 규정된 “구조용 무근콘크리트”의 규정을 기술하였다.

싱글셀터널에서와 같이 라이닝이 지반의 하중을 분담하는 구조체로서의 기능이 필요하지 않는 경우에는 현장 타설 콘크리트 라이닝 대신 Precast Concrete Lining을 적용할 수 있도록 하였으며 이는 미관, 조명, 방수, 기타 시설물 설치 등을 목적으로 하는 일종의 마감재임을 강조하였다.

7. 배수 및 방수

지반-콘크리트 라이닝 투수성 상관관계 및 1차 라이닝과 2차 라이닝의 투수성 상관관계로부터, 라이닝에 작용하는 수압의 고려 유무 및 비배수형 터널의 적용한계 등을 검토하여, 설계단계에서 비배수형 터널 또는 배수형 터널의 선정을 기준으로 활용할 수 있도록 개정하였다. 금번 도로설계편람에서는 하저 및 해저터널의 방수와 배수 관련 항목을 새롭게 신설 기술하였다.

8. 굴착보조공법

기존 편람에서 굴착보조공법을 ‘터널천단부 지반의 안정’과 ‘막장면 지지’로 내용적으로 구분하였으나, 각 보조공법이 적용목적에 따라 명확히 구분되지 못하였다. 본 개정작업에서는 보조공법의 적용목적에 따라 천단보강공법, 각부 및 측벽보강공법, 막장면 자립공법으로 구분하고 터널천단안정을 위해 근래에 개발된 직천공 공법이나 FRP공법 등을 공법적 특징 위주로 기술하여 설계 시 보조공법의 선정에 도움이 되도록 하였다.

9. 계측

‘내공변위 및 천단 침하 측정’에 있어서 최근에 활발히 연구되고 실용화되고 있는 3차원 변위 계측 내용을 추가하였다. 3차원 계측을 위한 방법으로 3차원 광학변위 측정기(Total Station), 레이저 스캐닝, 디지털 카메라를 이용하는 기법 등을 소개하고 정리하였다. 계측결과의 활용 부분은 측정결과의 정리 방법, 분석방법 등에 대해서 기존의 편람에서 제시되지 못하였던 부분을 보충하여 정리하였다.

10. 개착터널부

개착터널에 대한 금번 도로설계편람 개정에서는 개착 터널의 종류로 피암터널 및 생태터널에 대한 기술을 신설하였으며, 신규 기술내용에는 피암터널 및 생태터널의 일 반개요와 피암터널의 설치기준 등을 기술하여, 피암터널 시공을 통하여 현장조건상 낙석방지울타리, 낙석방지옹벽 등으로 안전을 도모하기 어려운 구간에 대하여 낙석방호 효과 및 깎기부의 보강효과 등을 향상시킬 수 있을 것으로 판단된다.

11. 갱구부

전체적인 장의 구성으로는 일반사향, 갱구부 설계, 갱 문 설계, 부대시설로 구분하였다. 개정편람의 원칙은 현재 요구되고 있는 터널 설계의 가이드를 제시하는 것으로 기존의 방식 중에 사용되지 않는 부분은 삭제하고 주로 이용되거나 활용되는 내용을 위주로 기술하였다.

12. 단면확폭부 및 접속부

기존 편람에서 단면확폭부 및 접속부의 내용이 구분 없이 혼재되었던 것을 구분하여 재편성하고 항목을 추가 하여 보완하였다. 기존 편람에 정리되지 않았던 단면확폭 부 및 접속부 계획과 분류를 신설하였다. 단면확폭부의 설계에서는 확폭부의 굴착 방법에 대해 종방향 점증 확대 굴착, 측벽횡방향 확대굴착, 종방향과 횡방향 혼합형 굴착 등에 대해 정리하여 설명하였고 그림으로 설명하였다.

13. 연직갱 및 경사갱

연직갱과 경사갱의 계획, 위치 선정 및 지반조사에서 기존의 나열식으로 전개된 항목들 외에 지하수 유입에 대한 안정성 및 시공성, 동절기 시공과 작업용 연직갱의 내용 등 실제 시공 시 검토가 필요한 추가 내용을 자세히 기술하였다. 특히 환기, 배수, 비상용 등으로 사용되는 경우 갱에서 배출되는 오염물질의 처리에 대해 기술하여 환경 문제에 주의를 기울였다.

콘크리트 라이닝 구조계산, 전단기 설계, 수평터널과의

접속부 설계, 콘크리트 라이닝 타성방법 등을 하위 항목으로 신설하여 설계에 필요한 모든 내용이 기술될 수 있도록 노력하였다.

14. 굴착

굴착에서는 국내외 터널 발파패턴 설계사례들을 새롭게 추가하였으며, 폭약, 뇌관 및 장약에서 최신의 폭약 사양과 전자 뇌관 관련 내용들을 추가하였다. 또한 노르웨이 NTNU(노르웨이공과대학)에서 제시한 방법을 기반으로 하여 천공장비와 천공속도와 관련된 내용을 신설하고, 암질에 따른 천공속도와 관련된 국내외 자료들을 정리하였다.

15. TBM터널

“TBM의 선정(616.6절)” 및 “TBM의 제작 설계(616.7절)”를 신설하여, TBM 선정시 고려사항, 기중 선정, 커터헤드 설계, 추진기구, 기타 전기 기계기구, 세그먼트 조립기구, 부속기구 등을 설명하였다.

“지보재 및 보조공법(616.8절)”에서는 관련 내용들을 새롭게 보강하였고, “작업장 및 작업구(616.10절)”, “발진 기지(616.11절)”, “터널 내 운반시스템(616.12절)”, “기타의 설비 설계(616.13절)” 등의 최신 설계과정들을 신설하였다.

16. 환기설비

환기설비 분야에서는 최신의 소요환기량 기준과 관련 설계방법들을 반영하였다. 환기설비 일반 및 계획조사 부분의 내용을 수정하였으며, “TAB 계획” 내용을 새롭게 추가하였다.

PIARC기준(2004)을 원칙으로 환기의 대상물질, 기준 배출량, 설계농도 등을 기술하였으며, 터널제원과 교통량 제원에 따른 환기시설의 필요성을 검토할 수 있는 내용을 수정보완하였다.

17. 방재설비

최근 제정된 국토해양부의 “도로터널 방재시설 설치

및 관리지침(2009)” 관련 내용들을 적극 반영하였다. 특히, “방재 설비의 종류” 내용을 대폭 수정하고, “방재 설비의 계획”을 신설하여 터널방재등급, 터널 위험도지수 산정기준, 등급별 방재시설 설치기준 등을 설명하였다.

18. 내장설비

내장 설치기준 등 터널 내장의 설치 목적 및 기준을 대폭 보완 또는 신설하였다.

또한 타일 내장, 도로내장 등 일반 내장의 구조 및 재료 규격을 신설하였다.

19. 조명설비

최신 설계 적용 기준들로 관련 내용들을 모두 수정하였다. 또한 최근 관심이 증대되고 있는 LED 램프 등을 포함하여 터널 광원에 무전극 램프, 메탈하이드 램프, 고압나트륨 램프 등을 소개하였다.

최신 설계동향에 부적절한 조명기구의 설치간격과 플리커 내용을 삭제하였고, 비상조명 설치 내용을 최신 내용으로 수정하였다.

20. 공사 중 설비

공사 중 설비는 금번 개정 작업에서 신설된 장으로서, 공사 중 환기설비, 공사 중 조명설비, 공사 중 급수설비, 공사 중 배수설비, 공사 중 오탁수처리설비, 건설폐기물처리 등으로 내용을 구성하고 관련 내용들을 상세히 기술하였다.

21. 내진설계

내진설계는 금번 개정 작업에서 신설된 장으로서, 내진설계의 기본개념과 대상구조물, 내진성능 수준?등급 및 설계지반운동, 내진설계 방법 및 사례, 액상화 평가법, 내진설계 품질관리 등으로 내용을 구성하고 관련 내용과 실제 설계사례들을 상세히 기술하였다.

22. 소형차 전용 지하도로

소형차 전용 지하도로는 금번 개정 작업에서 신설된

장으로서 국내외 소형차 전용 지하도로 사례를 정리하는데 목적이 있다. 지하도로의 필요성, 관련 기준 및 법규, 관련 계획 현황들을 정리하였다.

국외의 설계시공사례로는 프랑스 A86, 중국 Fuxing 터널, 말레이시아 SMART터널 등을 위주로 상세한 사례 분석을 실시하였으며, 국내의 설계사례에서는 서부간선 지하도로, 올림픽 지하도로, 제물포로 지하도로, 강변북로 지하도로 등 최근 계획검토되고 있는 사업들을 간략히 소개하였다.

23. 싱글셸터널

설계에서는 싱글셸 터널을 도입하고자 하는 배경과 목표를 언급하였고, 조사, 굴착, 지보, 배수 및 방수, 마감재, 그리고 환기 및 방재에 대한 설계 방향을 제시하였다. 또한, 대부분 터널을 싱글셸로 시공하고 있는 노르웨이의 NMT에 기반한 터널공법을 중심으로, Q-system을 활용한 지반평가 방법에 대해 설명하였으며, 슛크리트, 록볼트, 철근보강 슛크리트(RRS) 등 고성능 지보재의 요구조건과 설계방법 등에 대해 자세히 기술하였다.

그리고 싱글셸 터널의 사례에 대해 정리하였는데, 먼저 실제 설계 및 시공에 활용되고 있는 싱글셸 터널의 형식에 대해 간단히 소개하였다. 또한, 2003년 ITA(국제터널협회)에서 발표한 자료를 근거로 세계 각국의 대표적인 싱글셸 터널을 요약, 정리하였으며, 노르웨이, 일본 등에서 시공된 싱글셸 터널 중에서 형식별로 주요사례를 수록하였다.

24. 침매터널

침매터널은 새롭게 작성된 장으로서 침매터널의 계획부터 관리까지의 전체적인 과정을 모두 다루고자 하였다.

침매터널의 계획에서는 침매터널의 선형, 단면 등의 계획 관련 내용을 기술하였으며, 침매터널의 조사에서는 침매터널의 설계를 위해 요구되는 각종 조사항목을, 침매터널의 설계에서는 침매터널 구조물의 요구성능, 작용하중,

침매함 설계, 트렌치부 설계, 기타 설계항목들을 상세히 설명하였다.

IV. 맺음말

본 편람을 개정하는데 있어서 국토해양부의 교통정책 실 간선도로과의 주도로 약 18개월의 작업이 진행되었으며, 16회의 집필회의 및 자문회의, 2회에 걸친 관계기관 의견조회가 있었다. 이러한 개정작업을 위하여 27명의 집필진, 54명의 기술자문위원, 11명의 한국건설기술연구

원 연구진이 직접적으로 참여하였으며, 또한 최종평가심 의에서 평가위원들의 발전적인 의견을 주셨다. 약 100여 명의 전문인력이 최신 사례를 수집하고 수차례에 걸친 회의와 함께 부단한 노력으로 본 편람의 개정을 마무리 하게 되었으며, 본 편람이 높아진 국민의 관심에 부응하 고 터널 건설경비를 절감하여 국가에 도움을 줄수 있는 터널 설계에 있어서 좋은 길잡이가 되었으면 하는 바램 이다. 

기획 : 김동근 편집간사 dkkim@skec.co.kr

기술기사 투고요청

‘대한토목학회지’에서는 다양한 분야의 기술 기사를 매달 게재하고 있습니다.
토목 및 유관 분야의 새로운 기술을 소개, 발표하고자 하시는 분들은
논문형식으로 작성한 기술 기사를
대한토목학회 편집 담당자에게 투고해 주시기 바랍니다.
투고된 기술 기사는 학회지 편집위원회의 심사를 거쳐 학회지에 게재되며,
소정의 원고료를 지급합니다.
토목인들의 많은 관심과 참여를 부탁드립니다.

투고요령

- 담당자 : 전지연(02-3400-4505 / solasy@ksce.or.kr)
- 담당자에게 이메일로 원고를 접수하신 후에 연락 주시기 바랍니다.
- 작성 방법 : 기술 기사 A4 5~10매 이내(사진 포함)로 작성