

고속철도 설계기준 제정 배경 해설
The background commentary of enacting design criteria for
High Speed Rail

이강재* 이현정** 김성용*** 박병은**** 김동기*****
Lee, Gang Jae Lee, Hyeon Jeong Kim, S ng Yong Park, Byeong Eun Kim, Dong Gi

ABSTRACT

Design standard specifications for structures applied to Seoul-Pusan High Speed Rail construction were established in 1991. Those specifications have been changed and supplemented in the process of above construction, and need to improve in accordance with the new criteria for construction works of Korean government. Also, a settlement of the criteria for prevention against disasters of Seoul-Pusan High Speed Rail is needed, and related specifications have been revised. The design criteria for Seoul-Pusan High Speed Rail are enacted with knowhow which resulted from High Speed Rail construction, and those are enacted for the purpose of establishing criteria for High Speed Rail construction in the inside and outside of Korea.

1. 시작하는 글

고속철도는 국가경쟁력의 상징이자 21세기 우리가 만들어 갈 번영의 기반으로서 생활과 산업 모두 고속철도가 가져다주는 속도혁명의 다양한 혜택을 경험하고 있습니다. 이제 우리도 일본, 프랑스, 독일, 스페인에 이어 세계 5대 고속철도 강국으로 부상했으며 향후 「21세기 철의 실크로드」의 시발점인 한국을 환태평양 경제권과 대륙 경제권을 연결시키는 전략적 요충지로서 우리나라를 동북아 물류 경제 중심지로 발돋움시켜 나가는데 핵심적인 역할을 담당하게 될 것입니다.

-
- * 한국철도시설공단 처장, 정회원
 - ** 한국철도시설공단 부장, 정회원
 - *** 한국철도시설공단 차장, 정회원
 - **** 한국철도시설공단 부장, 정회원
 - ***** (주)유신코퍼레이션 철도부 전무이사, 정회원

또한 전국이 만나질 생활권으로 열리게 됨으로서 서울과 지방이 빠르게 연결돼 지역 간 교류가 활발해 지고 지방발전과 지역균형발전을 가속화 시킬 수 있게 되었으며 교통 혼잡으로 인한 물류비 부담이 크게 줄어 산업경쟁력이 한층 강화될 것입니다. 그리고 앞으로 호남고속철도 등 신설 건설사업과 해외진출사업에 대해서도 적극적인 관심을 갖고 차질 없이 추진해 나가야 할 것입니다.

이 기준서는 최대시속 350km/h로 달리는 고속철도 설계기준(노반편) 으로서 2003. 05 (사)대한토목학회에서 제정 작업에 착수하여 2005. 09에 건설교통부의 승인을 받아 착수한지 2년 4개월 만에 제정하게 되었습니다. 고속철도 건설공사에 적용하였던 구조물별 설계표준시방서('91.9)를 토대로 정부의 새로운 건설공사기준 체계에 따라 건설과정에서 축적된 보완사항을 집대성 하여 향후 고속철도 건설시 적용 할 수 있도록 작성 하였습니다.

세부 내용으로는 '94년 TGV 차량형식 결정에 따라 차량과 노반의 연계성을 감안하여 설계검증을 실시한 결과를 반영하였고, 고속철도시설물 내진설계기준, 건설과정에서 변경·보완된 설계기준, 단위체계를 SI단위로 변환, 그리고 터널 방재시설기준 및 국내 관련 설계기준 등을 반영하여 제정 하였습니다.

2. 추진경위

- '90.11 ~ '91.09 : 고속철도 구조물별 설계표준시방서 작성 ((사)대한토목학회)
- '91.12 : 고속철도 건설규칙(안) 작성
- '93.09 ~ '95.06 : 터널의 동적안정성 검토 ((사)대한터널협회)
- '93.09 ~ '95.04 : 고속주행에 따른 교량·터널 동적안정성 검토 (미국 CEC사),
- '94.09 ~ '98.05 : TGV 차량형식 결정에 따른 노반설계 검토보완 (프랑스 SYSTRA)
- '96.06 : 전 구간 노반실시설계착수 ◦ '00.02 : 「공사시방서 작성요령(건교부.'99.11)」 지침마련
- '00.12 : 고속철도 내진설계기준 제정
- '02.01 : 감사원 방재대책 부적정에 따른 방재시설기준을 수립토록 통보
- '03.05 : 고속철도 설계기준 제정(노반편) (사)대한토목학회에서 착수
- '03.09 : 토목학회 자문심의(터널방재시설)
- '03.10 : 건설교통부 중앙 설계 심의(터널방재시설)
- '03.11 : 터널방재부문 건설교통부 승인
- '04.02 : 토목학회 자문심의
- '04.03 : 고속철도 설계기준 중 터널방재시설(안) 확정
- '04.04 : 경부 고속철도 1단계구간 개통
- '04.06 : 토목학회 자문심의
- '04.08 : 토목학회 자문심의
- '04.11 : 한국철도시설공단 외부전문가 심의
- '05.02 : 감사원 터널방재기준 보완 지적
- '05.05 : 토목학회 자문심의(터널방재시설)
- '05.06 : 유관기관 의견 조회
- '05.07 : 한국철도시설공단 자문심의(터널 방재시설 기준개정(안))
- '05.08 : 건설교통부 중앙 설계 심의
- '05.09 : 고속철도 설계기준 건설교통부 승인

3. 고속철도 설계기준 제정 배경

3.1 제정 배경

경부고속철도 건설공사에 적용하고 있는 구조물별 설계표준시방서 내용이 '91년 제정 이후 건설 과정에서 많은 부분이 변경·보완 되었고, 정부의 새로운 건설공사기준 체계(공사시방서 작성요령('99.11. 건교부)에 따른 정비가 요구되며, 감사원의 '01년 우리공단 정기 감사시 지적된 “방재대책 부적정” 통보에 대한 합리 적인 방재시설기준 필요 등에 따라 건설과정에서 축적된 고속철도 노반공사의 know-how를 집대성하여 향후 고속 철도 건설시 적용할 설계기준(노반편)을 정비·보완 작성하고자 한국철도시설공단에서 (사)대한토목학회에 고속철도 설계기준 제정을 의뢰하였습니다.

3.2 주요내용

- 작성체계는 「공사시방서 작성요령(건교부. '99.11)」 준용
- '94년 TGV로 차량형식 결정에 따른 설계검증 결과 반영
- 고속철도시설물 내진설계기준 ('00.12) 반영
- 그동안 고속철도 건설과정에서 변경·보완된 설계기준 반영
- 감사원 감사에 따른 터널 방재시설기준 보완 개정
- 단위체계를 SI체계로 통일
- 개정된 최근 관련기준 및 시방서 적용

4. 고속철도 설계기준 주요부분 해설

4.1 구성내용

제1장 총칙

본 기준의 적용범위, 단위 및 기호, 용어의 정의, 참고기준 등 제시하였습니다.

제2장 설계일반사항

각장의 일반적이고 공통적인 사항을 본 장에 정리하여 본 설계기준 전반에 걸쳐 동일한 목적에 의해 적용코자 신설. 특히 인터페이스 계획 및 유지관리 등 고속철도 특성에 맞는 내용과 '00. 12월에 개정된 고속철도 내진설계기준을 추가하였습니다.

제3장 노반계획

본 설계 기준의 고속철도 노반에 대한 계획을 정의함으로서 그동안 건설과정에서 검토되었던 내용 외에 '94년TGV로 차량형식 결정에 따른 설계검증결과를 반영하고 본 설계기준과 고속철도 건설규칙(안)과의 연계성을 감안하고 고속철도 설계기준의 적용이 원활히 이루어지도록 노반계획을 신설하였습니다.

제4장 흙구조물

본 장은 흙구조물과 관련된 계획, 설계일반, 흙쌓기, 깎기 및 본바닥, 강화노반, 보강토 및 Nailing공법과 본선부속시설에 대한 설계기준을 규정하였으며 흙과 암석의 분류 및 기호는 현재 일반적으로 사용되는 것으로 변경하였고, 연약지반 판정, 잔류허용침하량, 사면기준안전율, 침하, 액상화, 연약지반계측 및 주요공법개요를 추가하여 설계효율성을 높이도록 하였습니다.

흙쌓기 재료, 암쌓기 재료, 구조물 뒷채움재료, 다짐관리기준들을 고속철도전문시방서와 일치하여 조정하였으며 사면부 식생공법은 최근의공법이 반영되도록 하였고, 강화노반재료, 표준단면, 시험기준, 다짐등 의 보완이 이루어 졌습니다. 또한 보강토 옹벽의 외적, 내적 안정검토를 보완하여 안전한구조물이 되도록 하였습니다.

제5장 토류구조물

본 장은 토류구조물과 관련된 계획, 설계일반, 옹벽, 토류벽과 사면보호벽, 교대, 박스암거, 가설 토류벽과 이에 연관된 내진설계에 대한 설계기준을 규정하였으며 옹벽종류별 적용높이 저면마찰 계수, 옹벽토압개념, 옹벽의안정조건 과 안전율, Shear Key검토, 전체 사면안정 등을 보완하여 설계의 신뢰성을 높이도록 하였습니다. 또한, 옹벽의 구조상세인 덮개, 배근, 최소철근비, 시공이음, 수축이음, 신축이음 등을 최근 내용으로 수정하였으며, 가설구조물재료의 허용응력을 일목요연하게 정리하고 주변구조물 보호의 중요성에 따라 검토, 판단을 추가하였고, 가설 토류벽에 대한 계측을 신설하였습니다. 별도로 규정되었던 내진 설계규정중 해당내용을 본장에 편집하였습니다.

제6장 교량구조물 일반사항

고속철도 교량의 특수요구조건을 포함하는 설계의 원칙과 계산에 대하여 정의 하였으며, 차량운행 기능을 확보하기 위한 교량 요구사항에 대하여 서술하였습니다. 교량 및 구조물 설계에 요구되는 영구하중 및 운행중 열차하중, 풍하중, 온도, 2차 구조부하중(장비, 설비) 등과 같이 영구하중과 고속철도 운행하중이 아니면서 상시 하중으로 적용될 수 있는 하중 등을 서술하였습니다.

고속철도 구조물에 적용되는 설계방법에 대한 하중조합 및 설계안전도, 사용성 내구성설계로서 균열, 피로, 부식, 처짐, 변위, 열화대책 등을 서술하였습니다. 그리고 차량운행 안정성, 지진시 운행 안정성 한계조건 서술했으며 고속철도 운행 기능을 확보하기 위한 설계요구조건으로서 시공을 고려한 설계 와 고속철도에서 요구하는 받침부 (받침, 크리프커플러, 스토퍼등과 설치부위) 설계요구조건, 낙교방지공, 상판에 부설되어야하는 시설물, 건축한계, 유지관리, 등에 대한 설계요구 사항을 서술하였습니다.

제2장의 내진설계를 기본으로 한 고속철도 교량 및 구조물의 내진설계 적용범위와 내진해석 방법 등에 대해서도 서술하였습니다.

제7장 철근콘크리트 교량구조물

콘크리트, 철근, 강재, PSC용 각종 재료에 대한 내용 및 철근상세 등을 서술 하였으며 철근콘크리트 및 프리스트레스트 콘크리트에 대한 강도설계법에 대하여 서술하였습니다. 1방향, 2방향 슬래브의 설계 및 벽체, 바닥판, 슬래브교, T형교, 연속형교, 라멘교, 박스거더교, 아치교 등에 대하여 서술하였습니다. 상부구조와 하부구조가 명확히 구별되어있는 콘크리트구조교각 및 확대기초의 설계에 관한 사항 및 하중계수를 적용하지 않은 사용하중의 작용하의 선형 탄성이론에 의한 응력해석과 설계에 대하여 서술하였습니다.

제8장 강교 및 강합성 교량구조물

구조용 강재, 연결용 재료 등 재료 대한 내용 및 교량거더의 처짐, 전도, 상양력 등에 대한 일반사항과 허용응력에 대한 내용 수록하였으며, 판 요소의 폭-두께비와 보강재, 바닥틀과 바닥판, 연결, 브레이싱 및 다이아프램, 플레이트 거더, 합성거더교, 트러스, 아치, 붕괴유발부재, 라멘구조 등에 대한 내용을 수록하였습니다.

제9장 구조물 기초

기초의 조사에 대한 내용으로 조사순서와 내용, 예비조사, 선행조사, 본조사, 정밀조사 등에 대한 내용 수록하였으며, 기초의 내진설계, 하중 및 하중조합, 액상화 평가 등 일반사항과 얇은 기초, 케이슨기초, 말뚝기초에 대하여 수록하였습니다.

제10장 터널구조물

터널과 관련하여 선형, 내공단면, 터널연장에 따른 고려사항, 부속설비, 계측계획 등의 제반사항과 규정에 대한 개략적인 내용을 수록하였으며, 터널설계시 반영하여야 될 제반사항에 대한조사에 대한 내용 및 터널 설계 시 포함되어야 할 기본적인 사항들과 설계방향에 대한 내용, 그리고 터널해석에 대한 하중 및 해석방법 등과 터널지보재, 콘크리트 라이닝, 개착터널, 굴착 및 계측, 배수 및 방수, 갱구부, 터널단면 확대, 수직갱 및 사갱 등에 대한 내용을 수록하였습니다.

TBM터널, 쉴드TBM터널, 핸드레일(안전손잡이), 터널유지보수용 진입도록 및 주차장 설치, 방호울타리 설치, 터널의 내진설비 등에 대한 내용도 수록하였습니다.

'03.11.20 건교부 중앙건설기술 심의 위원회에서 승인을 받은 방재시설기준에 선진외국 터널방재시설기준을 추가 보완하여 방재성능 기준을 한층 더 강화 하였습니다.

4.2 주요 개정 및 보완 내용

4.2.1 공통사항

종곡선 반경조정, 분기기 설치기준 신설, 장대레일 신축이음 설치기준 신설, FL과 HWL 최소높이, 보조도상콘크리트 강도, 정차장의 선로중심 간격과 최급기울기, 구조물 온도 영향, 구조물 접지, 개정된 하천 설계 기준의 계획 홍수량에 따른 다리 및 공간, 배수시설 용량산정, 동결지수 산정 등을 근거로 이에 따른 내용을 추가, 신설 개정 보완 하였습니다. 그리고 SI 단위의 기본 변경은 콘크리트 구조설계기준(2003)에서 적용한 기준을 기본으로 하여 $1\text{kgf}/\text{cm}^2=1.0\times 10^{-1}\text{MPa}$ 를 사용하고, 강재의 기계적 성질(응력 등)에서는 $0.981\times 10^{-1}\text{MPa}$ 를 적용하였습니다.

4.2.2 토공

흙분류 상세분포, 배수시설 용량산정 추가, 연약지반 판정, 잔류침하량 연약지반 대책공법 보완, 사면안전율 세부기준 제시, 내진 안전성 검토추가, 암쌓기 기준 및 시험방법 보완, 흙쌓기 접속부 상세기준 추가, 쌓기 비탈면 보호공 최근공법 보완, 깎기 비탈면 보호공 돌망태 추가, 강화노반 기준관리 보완, 보강토 옹벽에서 블록식 옹벽을 추가하였습니다.

토류 구조물은 토압, 옹벽 안정 검토 방법추가, 상재하중 수정, 비탈면 보호벽 구조상세 추가, 강재 허용응력(철도지지 시)추가, 앵커설계 상세 보완, 버팀좌굴길이 보완, 내진설계 추가 하였습니다.

4.2.3 교량

고속철도 운행을 위한 특별시방조건, 고속철도 운행안정성 확보를 위한 설계 조건, 승차감 확보를 위한 설계조건, 교량 상대 허용 변형 조건을 서술하였습니다. 교량 구조적인 측면에서는 궤도 교량 상호작용, 궤도의 거동, 교량의 거동, 궤도 - 교량 상호 작용의 고려사항, 그리고 궤도/교량 구조물 상호작용의 영향을 기술하였습니다.

강교에서는 제 6장에서 언급한 내용 외에 일반철도와 거의 비슷하나 부재의 처짐의 제한, Comber의 계산 방법 등 안전율에 대한 부분이 일부 상이하고, 재료 및 허용응력에서 현재 극후판 강재를 많이 사용하게 됨에 따라 이에 따른 기준 제시하였습니다. 그리고 기존에 없던 아치, 라멘구조, 붕괴유발구조 등을 새로 기술하였으며, 전체적으로 CGS 단위를 SI 단위로 변경하여 식, 허용응력 등을 수정하였습니다.

기초부문에서는 얇은 기초, 말뚝기초의 전체적인 설계순서 및 내진설계 제시, 지반, 구조, 시공 조건에 따른 얇은 기초의 설계조건 및 방법을 제시하였습니다.

4.2.4 터널

고속 주행하는 고속철도 특성을 고려한 공기압과 터널 단면, 터널간격, 라이닝 콘크리트 강도보강, 터널 및 절노구간 배수기울기, 하중의 종류 및 내진 설계기준을 반영하였습니다. 또한 환경 및 민원을 고려하여 공사 중 발파진동 상시 일상계측 갱구부 내진하중 고려, 갱구부 보완 시추조사 등을 보완하였습니다.

터널방재시설 기준은 외국기준의 제정된 근거 및 적용사례를 분석 조사하여 고속철도 터널 방재에 대한 합리적인 기준을 추가 보완하였습니다.

5. 맺는말

본 기준서를 작성하면서 가장 어려웠던 점은 당초 '91년에 제정되었던 구조물별 설계 시방서를 건설교통부에서 '99년 제시한 공사시방서 작성요령에 따라 정부의 새로운 건설공사 체계로 변환시키는 과정에서 목차, 기준 및 해설, 용어 등이 구 설계 표준시방서 체계에 속달된 고속철도 건설 사업에 참여한 많은 기술자들이 불편함을 호소하였습니다. 특히 기준 및 해설을 모두 편집하여 제정하느냐, 기준만으로 제정 하는 것에 대해서도 많은 이견이 있었습니다만 우리나라의 고속철도건설과정에서 참여하였던 일본, 프랑스, 독일 등 유럽의 시설기준과 사업관리를 하였던 벡텔사의 관리기준 등이 총 망라된 점을 감안하여 절충안으로 7권의 설계표준시방서의 기준 및 해설을 모두 요약한 다음 건설과정에서 추가 및 개정된 내용을 보완하였습니다. 다음 개정 때에는 성능기준의 설계기준이 될 수 있으리라 생각합니다.

앞으로 이 기준서는 철도건설기준 발전과 기술경쟁력 확보에 밑거름이 되도록 새로운 기술부분은 지속적으로 보완·개정해 나갈 계획이오니 관계 건설기술자 여러분의 많은 관심과 참여를 부탁드립니다.

끝으로 이번 고속철도 설계기준(노반편) 제정과 고속철도 터널 방재시설기준 개정에 참여해 주신 (사)대한토목학회 전문분야별 집필위원과 아낌없이 자문과 의견을 주신 유관기관, 외부전문가, 중앙건설기술심의위원, 철도시설공단임직원, 관계공무원 여러분들께 진심으로 감사드립니다.

참고문헌

1. 고속철도 구조물별 설계표준시방서('91.09)
 - 고속철도 구조물기초 설계표준시방서(안)
 - 고속철도 방토구조물 설계표준시방서(안)
 - 고속철도 강교량 및 합성형교량 설계표준시방서(안)
 - 고속철도 흙구조물 설계표준시방서(안)
 - 고속철도 콘크리트구조물(RC 및 PC)설계표준시방서(안)
 - 고속철도 터널 표준시방서(안)
 - 고속철도 강교량 제작시방서(안)
2. '94년 TGV 차량형식 결정에 따라 차량과 노반의 연계성을 감안하여 설계검증을 실시한 결과 보완·변경된 사항 (종곡선 반경 조정 등 27개 항목)
3. 고속철도시설물 내진설계기준 개정('00.12)
4. 기타 그동안 건설과정에서 약 120여회 걸쳐 설계기준 관련사항 변경·보완 자료
5. 최근 개정된 각종 관련 기준 및 시방서