도시형 자기부상철도 토목구조물 유지관리 지침 작성을 위한 국내 철도교 유지관리 현황 분석

Investigation of Recent Maintenance and Management in Existing Railway Bridges for Development of Urban Maglev Track Structures Inspection Manual

이기열† 양태석* 정원용**
Lee, Gi-Yeol Yang, Tae-Sock Chung, Won-Yong

ABSTRACT

This paper presented a literature review and investigation analysis results of total 19 present guide book and provisions of maintenance and management system in existing railway bridges to development of urban maglev track structures inspection manual. This research carried out a cooperated research subject 3-1, development a design code and maintenance and management inspection manual for urban maglev track structures, of the Center for Urban Maglev Program. Three types of track structures were includes as a major analytical parameter together with railroad, high speed railroad, subway and light rail transit. Bridges were analyzed a general rules, investigation, evaluation, repair and strengthen method as a key aspect. And rail were analyzed examination and maintenance also. This analysis results show that the track structures evaluation are based on the test and examination results, and repaired or strengthened consideration of deterioration, track irregularity and materials according to provision requirements.

1. 서 론

현재 도시형 자기부상열차 시험 운행을 위한 시범노선의 설계가 이루어지고 있는 상황에서 향후 철도 차량의 운행에 따라 발생할 수 있는 토목구조물의 성능저하를 사전에 예방하고 효율적으로 대처하기 위해서 유지관리 지침 작성의 필요성이 크게 강조되고 있는 실정이다. 이에 따라 대형국가연구개발사업의 일환으로 2006년부터 추진 중인 도시형 자기부상열차 실용화 사업단에서 토목구조물 설계기준 및 유지보수 지침 작성 연구를 3-1과제로 하여 추진 중에 있다. 이상과 같은 연구의 필요성에 중점을 두고 도시형 자기부상열차 토목구조물 유지관리 지침을 작성하기 위한 기초 문헌조사 연구가 선행되어야 할 것이다. 이에 본 연구에서는 도시형 자기부상철도와 유사성이 높다고 할 수 있는 현재 운행중인 국내 철도 구조물에 대한 유지관리 지침, 시방서 및 관련기준 등 총 19편을 분석하여 작성을 위한 기초자료로서 활용하려고 한다. 이를 위하여 대표적인 토목구조물인 교량과 궤도를 주요 분석 항목으로 선정한 후, 일반철도, 고속철도, 지하철 및 경량전철로 분류하여 해당 내용에 대한 사항들을 중점적으로 조사하였다. 교량에 대해서는 관리일반, 점검, 조사와 평가 및 보수·보강을 중심으로, 궤도에 대해서는 점검과 정비를 중심으로 분석을 실시하였다. 그리고 이들 분석 결과를 이용하여 자기부상철도 토목구조물 유지관리 지침 작성에 적용할 수 있는 방안을 제시하였다.

† 책임저자 : 비회원, (주) 삼안, 기술개발연구원, 과장
E-mail :kylee@samaneng.com
TEL : (02)509-4814 FAX : (02)509-4827
* 정회원, (주)삼안, 철도구조부, 차장
** 비회원, (주)삼안, 기술개발연구원, 전무

2. 유지관리 분석

(1) 분석 대상 참고문헌

철도의 유지관리 적용대상은 크게 열차하중을 직접 지지하는 궤도 분야와 선로의 선형을 유지하고 궤도로부터 전달되는 하중을 지지하는 교량 분야로 나눌 수 있다. 국내 철도 유지관리 지침의 현황조사를 위해서 교량분야 9편, 궤도분야 7편, 기타 관련기준과 시방서 3편 등 19편의 문헌을 조사하였다. 각 분야별 분석 대상 참고문헌은 도표 1에 정리한 것과 같다.

도표 1 분석 대상 참고문헌

구 분		국내 철도교 토목구조물 유지관리 관련 문헌
교량 분야	공통	① 안전점검 및 정밀안전진단 세부지침, 국토해양부 한국시설안전기술공단 ② 교량유지관리매뉴얼, 국토해양부 한국시설안전기술공단
	일반 철도	③ 동해남부선(재송~송정) 복선전철 실시설계 시설물 유지관리 지침, 철도건설본부 ④ 인천국제공항 전용철도 노반, 건물 기본설계 및 노반 실시설계 시설물 유지관리 지침, 철도청 ⑤ 수인선 연수~남부간 복선전철 노반 실시설계 유지관리 지침서, 철도청 ⑥ 동순천~광양간 복선화 노반 실시설계 유지관리 지침서
	지하철	⑦ 광주도시철도 1호선 2단계 유지관리 지침서, 광주광역시 지하철건설본부
	경량 전철	⑧ 용인경량전철 건설사업 유지관리 지침서 ⑨ 부산-김해간 경량전철건설 민간투자사업 시설물 유지관리 지침서, 부산-김해 경전철 주식회사
궤도 분야	공통	⑩ 선로정비지침, 국토해양부 철도산업과, 2007.12 ⑪ 선로점검지침, 국토해영부 철도산업과, 2004.12
	고속 철도	⑫ 한국고속철도 궤도분야 유지관리 매뉴얼 ⑬ 고속철도 선로 유지관리, 오송고속철도 시설사무소 ⑭ 경부고속철도 약목보수기지 궤도부설 기타공사 유지보수 지침서, 한국고속철도건설공단
	지하철	⑮ 지하철 궤도시설 안전성 확보방안에 대한 연구, 한국철도기술원 ⑯ 부산지하철 3호선 반송선 궤도실시설계 유지관리 지침서, 부산교통공사
기 타		⑰ 보선작업지침, 국토해양부부 철도산업팀, 2007,12 ⑱ 고속철도공사 전문시방서(궤도편) ⑲ 도시철도 토목구조물 유지관리, 서울메트로

(2) 교량 분야 분석

교량분야의 경우 공통, 일반철도, 지하철, 경량전철에 대한 10편의 문헌을 조사하였다. 문헌을 비교하기 위하여 공통편 중 전체 구조물 분야를 포함하는 세부지침을 기준으로 각 시설물 관리주체에서 작성된 유지관리 문헌을 비교하였다. 교량분야의 유지관리에서 일반적으로 기술하고 있는 내용은 도표 2에 정리한 것과 같다. 각 유지관리 지침서의 적용범위는 1종 및 2종 시설물로 규정하고 있으며 대부분 시설물이 이에 해당한다. 안전점검의 구분 및 점검 주기는 도표 2에 제시된 것과 동일하다. 안전점검 방법으로 상태평가, 안전성평가, 종합평가, 점검보고서 작성기준과 보수·보강방법 및 사례 등을 기술하고 있다.

철도 형식별로 일반철도, 지하철, 경량전철에서는 유지관리 주체의 필요성에 따라 도표 3과 같은 내용을 반영하였다. 공통편은 콘크리트 및 강재를 포함한 전체 시설물의 안전관리에 필요한 지침과 실무

진 활용을 위한 세부사항이 기술되어 있다. 반면에 일반철도, 지하철, 경량전철은 해당 시설물의 관리에 직접적으로 필요한 사항만을 선별하여 기술하고 있다. 각 형식에 따라 특기 사항은 도표 3과 같다. 경량전철의 경우 유지관리의 내용이 유사한 형식인 일반철도의 인천국제공항 전용철도 노반, 건물 기본설계 및 노반 실시설계 시설물 유지관리지침과 동일하게 기술하고 있다.

도표 2 교량 유지관리 일반항목

구 분	항 목	내 용	비 고
유지관리 일반	적용대상	철도교 및 철도 시설물(1종 및 2종)	1종 및 2종 시설물은 「시행령」별표 1의 규정 적용
	일반사항	설계기준과 교량 특성을 반영할 것	
	점검종류	정기점검, 정밀점검, 긴급점검, 정밀안전진단	
안전점검 주기	정기점검	6개월 1회	초기점검과 긴급점검은 정밀점검에 준하여 시행
	정밀점검 (초기점검)	2년 1회 이상 (준공 후 6개월 이내)	
	긴급점검	관리주체의 필요에 의해	
	정밀안전진단	10년이 지난 구조물에 대해 5년에 1회	
안전점검 방법	상태평가	육안 검사를 통한 시설물 평가	점검 종류 및 시설물에 따라 구분하여 적용
	안전성평가	정밀 육안검사 및 시험을 통해 평가	
	종합평가	상태평가 및 안전성평가의 결과를 기초로 평가	
	점검보고서	점검 내용 기술	
보수・보강	공법선정	공법의 적용성, 구조적 안전성, 경제성 고려	

도표 3 철도 형식별 교량 유지관리 특기 사항

구 분	내 용	비 고
공통	▫「세부지침」-안전점검에 관해 조사・시험항목 및 수량, 상태평가/안전성평가/종합평가의 기준 및 절차 제시 ▫「교량유지관리매뉴얼」-실무진 활용기술서로 작성, 정기점검과 정밀점검의 현장 수행방법, 예방적 유지관리와 응급조치, 보수・보강법 사례 기술	
일반철도	▫ 일부 문헌에서 균열에 관한 판정기준 제시 ▫ 일상점검과 수시점검의 개념을 도입하여 점검빈도 증가 ▫ 보수・보강 방안과 공법제시	
지하철	▫ 콘크리트 재료적 특성과 균열에 대한 판정기준 제시 ▫ 보수・보강 방안과 공법제시	
경량전철	▫ 일반철도의 「인천국제공항 전용철도 노반, 건물 기본설계 및 노반 실시설계 시설물 유지관리지침」의 유지관리 내용과 동일	

(3) 궤도 분야 분석

궤도분야의 경우 공통, 고속철도, 일반철도, 지하철의 문헌 7편을 조사하고, 선로정비지침과 선로점검지침에 대해서 문헌별로 유지관리일반, 궤도검사 및 점검, 궤도틀림 등에 관해 기술하였다. 궤도의 유지관리를 위해 일반적으로 기술하고 있는 내용은 도표 4와 같다. 궤도의 유지관리는 열차운행의 주

행성과 안전성 확보를 위한 선형관리와 재료관리로 구성되어 있으며, 이를 수행하기 위해 점검사항을 기술하고 있다.

도표 4 궤도 유지관리 일반 항목

구 분	내 용	비 고
유지관리 일반	▫ 적용대상 : 철도 하중을 직접 지지하는 궤도	
	▫ 점검종류 : 정기점검, 정밀점검, 긴급점검, 특별점검 ▫ 점검방법 : 육안점검, 검측차량점검, 동·하절기 점검 ▫ 점검대상 : 궤도의 보수점검, 재료점검, 연마 및 교환	
궤도 검사 및 점검	▫ 선로점검 - 궤도 보수점검과 궤도 재료점검 - 선형검사, 레일검사, 육안검사, 신축부검사 - 선로구조물 정기점검 : 1년에 2회 이상 - 선로구조물 정밀점검 : 2년에 1회 이상 - 선로구조물 긴급점검, 특별점검 ▫ 선로정비 : 궤간, 수평, 고저, 방향, 평면성, 면맞춤, 줄맞춤 ▫ 보선작업	
궤도틀림	▫ 궤간 : 일반철도와 지하철은 기준치로, 고속철도는 4단계로 구분 ▫ 수평 ▫ 방향, 뒤틀림	
궤도 및 침목관리	▫ 레일검사 및 교환 : 레일 두부, 용접부, 단면적 감소, 균열, 파상마모 ▫ 레일연마 : 예방연마, 보수연마 ▫ 침목점검 및 정정 ▫ 도상관리 : 자갈도상, 콘크리트 도상 및 분기기	

도표 5 항목별 궤도 유지관리 특기 사항

구 분	내 용		비 고
궤도 점검	점검 방법	▫인력에 의한 도보 육안점검 ▫검측차량에 의한 순회 점검	
	점검 대상	▫궤도의 보수점검 ▫궤도 재료의 점검	
점검 주기	▫인력 점검은 상시, 검측차량에 의한 순회 점검은 주기적 ▫고속철도가 일반철도나 지하철에 비해 점검 주기가 상대적으로 짧음		
궤도 틀림	▫일반철도는 선로정비지침에 따라 궤도 틀림을 정비함 ▫지하철은 일반철도와 유사한 정비기준 적용 ▫고속철도는 보다 세분화된 관리단계와 그에 따른 궤도 틀림 정비 기준 적용		
레일 교환주기	▫레일두부의 마모 높이와 열차의 누적 통과 톤수에 따른 레일 교환 주기 명시 ▫인천지하철공사의 경우 상기 두 항목외 레일 단면적 감소에 대한 교환기준 명시		
도상관리	▫자갈 도상은 침목을 지지하는 형상이 일정하게 유지되도록 정비기준에 따라 보충 ▫콘크리트 도상은 자갈도상과 달리 형상의 변화는 크게 발생하지 않으나 도상 자체의 건전성 유지를 위하여 균열과 그 외의 파손에 대하여 관리		

일반철도와 지하철은 각각의 관리를 위한 기준으로 선로정비지침의 기준을 이용한다. 고속철도는 일반철도나 지하철이 단일기준을 제시하고 있는 것과 달리 단계별로 세분화된 등급에 따른 기준을 제시하고 있다(도표 5 참조). 이는 프랑스 고속철도 규정과 유사하게 적용하고 있다. 지하철의 경우 일부 기준에 대하여 고속철도와 유사하게 세분화된 등급과 그에 따른 관리기준을 자체적으로 설정하여 활용하고 있다.

궤도의 점검은 일반철도와 고속철도에서 선로점검지침을 기준으로 하고 있다. 각각의 관리주체는 가용 인적자원과 차량에 따른 년간 운영 계획을 수립하여 점검하고 있으며, 특히 차량의 경우 다수 보유하기 어려우므로 점검구간 및 물량에 대하여 년단위 이상의 장기적인 계획을 수립하여 점검하고 있다.

3. 자기부상철도 유지관리 지침 작성 방안

이상과 같이 총 19편의 국내 철도교 유지관리 참고문헌에 대해서 교량편과 궤도편으로 분류하여 각각 조사 및 분석을 실시한 결과를 바탕으로 도시형 자기부상열차 토목구조물에 대한 유지관리 지침 작성시에 적용할 수 있는 제안사항을 다음과 같이 정리할 수 있다.

1) 자기부상철도는 일반철도와 다르게 궤도와 직접 접촉하지 않고, 차륜에서 직접 작용하는 집중하중이 아닌 레일의 부상에 의한 등분포하중 특성을 갖기 때문에 이들 특성을 반드시 반영해야 한다.
2) 현행의 수동적 사후 유지관리 개념에서 선로 구축물에 손상이나 열화가 발생되기 이전에 미리 조치를 취하는 능동형 예방적 유지관리 개념의 도입이 필요하다.
3) 자기부상철도는 일정한 부상 간격을 유지하며 주행하는 것이 매우 중요하므로 궤도 틀림에 대한 관리가 매우 중요하다. 이를 위해서는 고속철도 궤도정비기준과 같이 유지관리 목표기준(Target Value), 주의기준(Warning Value), 보수기준(Action Value) 및 속도제한기준(Speed Reduction Value)으로 세분화된 관리단계와 그에 따른 궤도정비기준(한계값)을 제시할 필요가 있다.
4) 유지관리 지침의 체계적인 매뉴얼화 및 선로 구축물의 현재 상태를 평가할 수 있는 자동화 프로그램의 도입이 필요하다.
5) 차륜 접촉이 아닌 부상하중에 의한 손상이 예상되므로 자기부상철도 토목구조물 특성에 부합하는 평가기준의 수립 및 성능 저하에 따른 보수·보강 재료 및 공법의 선정을 해야 한다.
6) 점검자의 접근성 및 편리를 도모할 수 있으며, 토목구조물의 보수, 보강 및 교체를 용이하게 할 수 있도록 유지관리 시설물에 대한 체계적인 설치 규정의 수립이 필요하다.

감사의 글

이 연구는 국토해양부 한국건설기술평가원의 도시형 자기부상열차 실용화 사업단에 의해 수행되는 미래도시철도 기술개발사업(06 자기부상B-01)에 의해 지원되었습니다.

참고문헌

1. 류승균, 장성용, 차두표 (2008), “인천국제공항 6.1km의 도시형 자기부상열차 시범노선 건설사업 추진현황 및 계획”, 대한토목학회지, 제56권 5호, pp. 23-28.
2. 여인호, 장승엽, 정원석 (2008), “도시형 자기부상열차 선로구축물”, 대한토목학회지, 제56권 5호, pp. 29-34.
3. FTA (2004), "Chubu HSST Maglev System Evaluation and Adaptability for US Urban Maglev"
4. 도시형 자기부상열차 실용화 사업단, http://www.maglev.re.kr