도시형 자기부상열차 유지보수시스템 구축을 위한 ILS체계 적용성 연구

A Study on the applications of Integrated Logistics supports (ILS) to Urban Maglev Maintenance system

설석균* 문재석** 장성용***

Seol, Seok-Kyun Moon, Jae-Suk Jang, Seong-Yong

ABSTRACT

To develop the most effect maintenance system of urban MAGLEV train which is being developed based on system engineering, logistics belong to special system engineering were applied to maintenance system and Integrated Logistic Supports (ILS) were employed to tailor every step of MAGLEV project. Since ILS had not been applied to domestic train project, the followings were studied to validate ILS: 1) case studies on maintenance procedures at home and abroad, 2) overview of standardized process of ILS, 3) Comparison and analysis of relationship between RAMS and ILS, 4) Application of ILS to MAGLEV maintenance system and other domestic train system.

1. 서 론

최근 세계적으로 도시형 철도교통수단으로 경전철 시스템을 도입하고 있고, 그 중 자기부상철도는 기술적 특이성, 무공해성, 경제성 등을 장점으로 내세워 21세기의 신교통 시스템으로 급부상하고 있다. 국내에서는 2006.11월에 도시형 자기부상열차 실용화사업이 공고되어 2006.12월부터 2012년까지 사업이 진행될 예정이며, 한국철도시설공단은 도시형 자기부상열차 실용화사업 중 시범노선 구축 건설공사 총괄업무를 담당하고 있다. 도시형 자기부상열차 실용화사업은 현 기술의 신뢰성, 안전성 향상, 시험평가 및 인증, 운영 유지보수 기술개발, 성능시험 안전 기준 수립 등 사업 기간 내에 기술을 보완하여 완성하는 것을 목표로 하고 있다. 주된 관리방법은 Systems Engineering (SE) 체계를 구축하고 그 기반 하에 총괄기관과 핵심과제 및 세부/협동간의 인터페이스 체계구축 및 지속적인 관리를 통하여 완벽한 사업을 이루어 내려고 한다.

시범노선에 건설될 시설에는 약 7㎞의 자기부상열차 본선 선로시설물, 궤도, 역사, 전력, 신호, 통신과 유지보수(O&M : Operating & Maintenance) 시설이 있다. 그 중 유지보수시설은 본선에 운행하는 차량 및 선로 시설물에 대한 운영 및 유지보수를 담당하는 시설과 인력이 집중되어 있는 곳이며 자기부상열차의 안전운행에 있어서 가장 중요한 시설 중에 하나라고 할 수 있다. 하지만 국내에서 유지보수시스템의 계획단계부터 SE의 특수엔지니어링 분야인 신뢰성이나 유지보수성 및 유지지원성(Logistics)등이 체계적으로 적용된 사례가 거의 없으며 특히, 유지지원성은 사업전반적인 활동이 필요한 사항이지만 필수적인 분야로 고려되지 않아 사업후반기와 운영 및 유지단계에서 문제가 자주 발생되어 사업관리에 어려움이 많았다.

* 한국철도시설공단, 건설본부 자기부상열차사업단 과장, 비회원

E-mail : seol0413@empal.com

TEL : (042)250-2784 FAX : (042)250-2777

** 한국철도시설공단, 건설본부 자기부상열차사업단장 공학박사, 회원

*** 한국철도시설공단, 건설본부 자기부상열차사업단 부장, 비회원

따라서 본 연구에서는 도시형 자기부상열차의 유지보수시스템을 체계적으로 구축하기 위하여 SE의 특수 엔지니어링 분야인 유지지원성(Logistics)을 적용하고자 하였으며, 이를 사업전반에 걸쳐 적용하기 위하여 세부관리기법으로 Integrated Logistics Supports (ILS)의 적용성을 연구하였다.

2. 본문

2.1. 자기부상열차 시스템의 특성

경량철도의 한 분야인 자기부상열차 시스템의 특성에 맞는 ILS 통합군수지원체계를 적용하기 위하여 자기부상열차시스템의 특성을 분석하였다 (표 1). 자기부상열차와 기존 철도차량과의 가장 큰 차이는 구동 방식이다. 철도차량은 차륜과 레일의 마찰구동으로 추진력을 얻지만 자기부상열차는 차량이 레일과의 접촉 없이 공중 부상하여 떠 있는 상태이므로 그 만큼 차량에 대한 신뢰성과 안정성이 요구된다. 무인운전을 목표로 개발되고 있는 자기부상열차 시스템은 차량과 전력, 신호, 통신시스템 사이에 많은 상호인터페이스가 존재하므로, 유기적이고 안정된 시스템을 확보하기 위해서는 통합된 시스템이 요구된다. 기존 철도시스템과 같이 자기부상열차 시스템 또한 승객, 화물 등을 안전하고 정확하게 수송하는 것을 최우선으로 한다. 따라서 자기부상차량이 지속적인 안정성과 신뢰성을 확보하기 위해서는 체계적인 유지보수시스템의 확보를 통하여 높은 정비성을 유지하는 것이 필요하다.

표 1. 자기부상열차시스템의 특성

구 분	자기부상열차시스템의 특성
1	차량에 대한 신뢰성과 안정성이 요구됨
2	통합된 시스템이 요구됨
3	정시성과 안전성 확보
4	높은 정비성 유지 필요

2.2. 자기부상열차 유지보수시스템 필요성

자기부상열차 실용화사업을 성공적으로 수행하기 위해서는 타 경전철시스템보다 투자되는 사업비측면에서 우위를 점해야 비교우위를 가질 수 있을 것으로 예상된다. 자기부상열차와 현재 계획되고 있거나 운행 중인 경전철인 철체차륜경전철 (LIM), 고무차륜경전철 (K-AGT), 모노레일과 투자비용을 비교해 보았을 때 (표 2), 자기부상열차의 경우 건설비 측면에서는 유사하나 유지보수비 측면에서는 LIM, K-AGT에 비해 경제적이었으며, 이는 자기부상 열차의 차량에 윤축이 없는 구조로 인하여 부품비 및 인건비 등이 절감되기 때문인 것으로 사료된다.

표 2. 경전철 형식별 비용특성 비교

구 분		도시형 자기부상열차	철체차륜경전철 (LIM)	고무차륜경전철 (K-AGT)	모노레일
건설비		96%	100%	96%	77%
차량구입비		90%	100%	70%	85%
동력비		120%	100%	100%	90%
유지보수비	인건비	80%	100%	90%	100%
	부품비	50%	100%	100%	100%
	평균	70%	100%	95%	100%

따라서 자기부상열차가 타 경전철 시스템보다 시장 경쟁력을 가지기 위해서는 총수명주기비용(LCC : Life Cycle Cost)의 60%를 차지한다는 유지보수 비용의 절감하는 것이 최대의 과제라 할 있으며, 이를

위해서는 특수엔지니어링분야인 로지스틱스(Logistics)와 사업전반에 지원하기 위한 활동체계인 ILS를 도입하여 체계적인 유지보수시스템을 구축할 필요가 있다.

2.3. ILS의 개념

2.3.1. SE와 ILS의 통합

시스템엔지니어링(SE)의 정의를 미국 국제시스템엔지니어링협회(INCOSE : International Council on Systems Engineering)에서는 "성공적인 시스템을 개발하기 위한 다분야의 종합적인 접근방법과 수단" 으로 정의하고 있다. 시스템엔지니어링은 한 시스템을 개발함에 있어서 계획, 설계, 시공, 시운전, 운영 등의 사업기간동안 시스템엔지니어링 프로세스에 따라 그림1과 같이 전문공학 및 특수엔지니어링(Engineering Specialty)분야가 통합된 학문적 근거로 뒷받침되어야 한다.

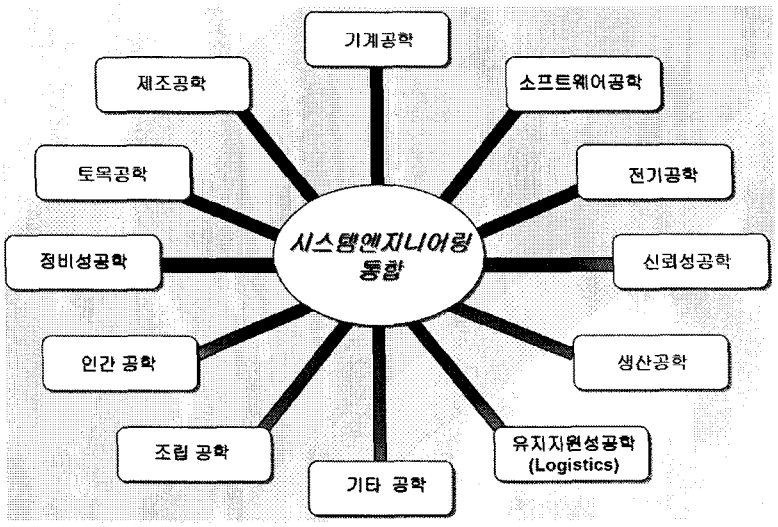

그림 1. 시스템 특수엔지니어링 통합

2.3.2. ILS의 이해

ILS는 1960년대 초반에 미국 국방부(DoD: Department of Defense)에서 제시되어 1960년대 중반에 접어들어 공식적으로 개발된 관리기법이며, 이후 민간분야에서는 우주·항공사업으로 군수분야에서는 무기획득체계의 기준으로 지속적으로 사용되고 있다.

1) ILS의 정의와 목적

유지지원성(Logistics)은 시스템 총수명주기에 걸쳐 일어나는 여러 가지 광범위한 활동으로 정의되며 시스템을 분배하고 이를 유지하기 위한 지원 활동으로 이해되고 있다. 유지지원성(Logistics)의 세부관리기법인 ILS는 1960년대에는 "시스템 또는 장비의 모든 유지보수 수준에 대하여 모든 지원대상은 규정된 생애주기 동안 효율성과 경제성지원을 확보하는 것" 으로 정의 되었으며, 1975년대에는 "로지스틱 고려사항을 설계노력으로 종합하고, 로지스틱지원체계의 모든 요소를 기획, 획득, 시험하는 과정이다" 로 확대정의 되었으며, 최근에는 Army Regulation 700-127에서는 "시스템 또는 장비의 생애주기 동안 모든 요소의 계획, 개발, 획득, 지원가능자원을 포함한 정해진 생애주기동안 로지스틱스 정책과 절차를 수행하는 프로세스" 로 정의하고 있다.

ILS 목적은 조직의 전반적인 목표를 근간으로 하고 있으며 시스템의 수명주기 동안에 필한 제반 지원요소를 획득하고 유지하여 가용성을 최대화하고 생애주기비용(LCC)를 최소화하는데 있다. 가용성을 최대화하기 위해서는 정비시간, 고장시간 등을 최소화 할 수 있도록 체계적인 유지보수를 통한 유지보수성을 향상 시켜야 하며, 생애주기비용(LCC)를 줄이기 위해서는 최적의 운영유지계획을 통해서 운영유지비를 최소화 하여야 한다. 따라서 시스템의 운영에 필요한 다양한 지원요소의 확보, 과학기술의 발전에 따른 시스템의 복잡화로 인한 정비기술 및 정비요원의 전문화 요구, 시스템의 발전에 따른 소모성 유지

보수비용의 증가 등에 대응하기 위해서는 ILS의 이해와 적용이 필수적이다.

2) ILS의 기본요소

ILS의 핵심적인 기본요소는 그림 2와 같다. 군수분야의 Army Regulation 700-127에서는 ILS의 요소를 유지보수계획, 운영인력 및 조직구성, 공급지원, 지원장비, 기술자료, 교육 및 교육지원, 컴퓨터자원지원, 시설, 포장·운반·저장 및 운송활동, 설계인터페이스로 구분하였다. 민간분야의 Logistics Engineering and Management(6th Edition)에서는 로지스틱스·유지보수 및 지원조직계획, 공급지원(유지보수부품 및 재고관리), 시험·측정·운반·지원장비, 기술자료·보고서 및 문서, 교육 및 교육지원, 컴퓨터자원지원, 유지보수·지원시설과 유틸리티, 포장·운반·저장/창고 및 운송, 유지지원성(Logistics)정보로 구분하고 있다. 따라서 군수분야와 민간분야간의 사업특성에 따라 구성요소에는 약간의 차이가 있지만 모든 ILS 기본요소는 각기 시스템엔지니어링(SE) 프로세스와 ILS 프로세스를 통해서 통합되어져서 개선되고 관리된다.

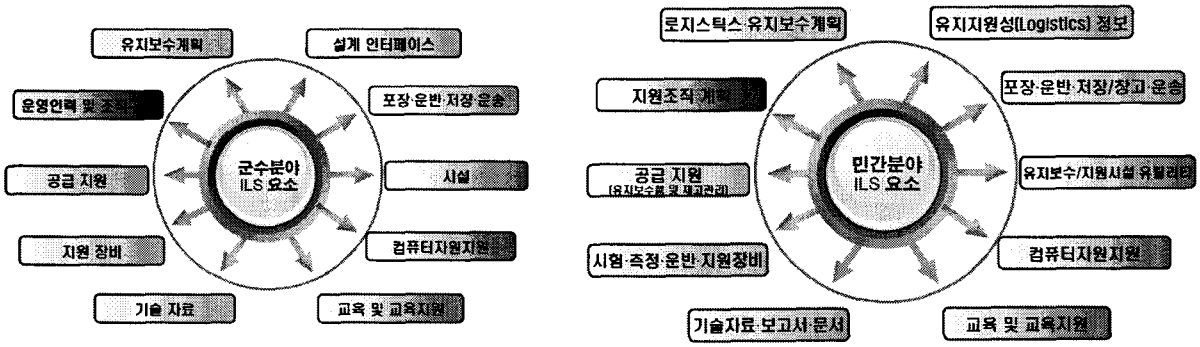

그림 2. ILS 기본요소(군수, 민간분야)

3) ILS 프로세스의 이해

ILS 프로세스는 그림 3과 같이 사업전반의 생애주기와 시스템엔지니어링(SE)의 프로세스에 따라 나누어져 있으며 프로세스 진행단계별로 필요한 지원요소의 분석(LSA: Logistic Support Analysis)을 통해서 시스템엔지니어링(SE) 프로세스와 연계되어 지원하는 역할을 한다.

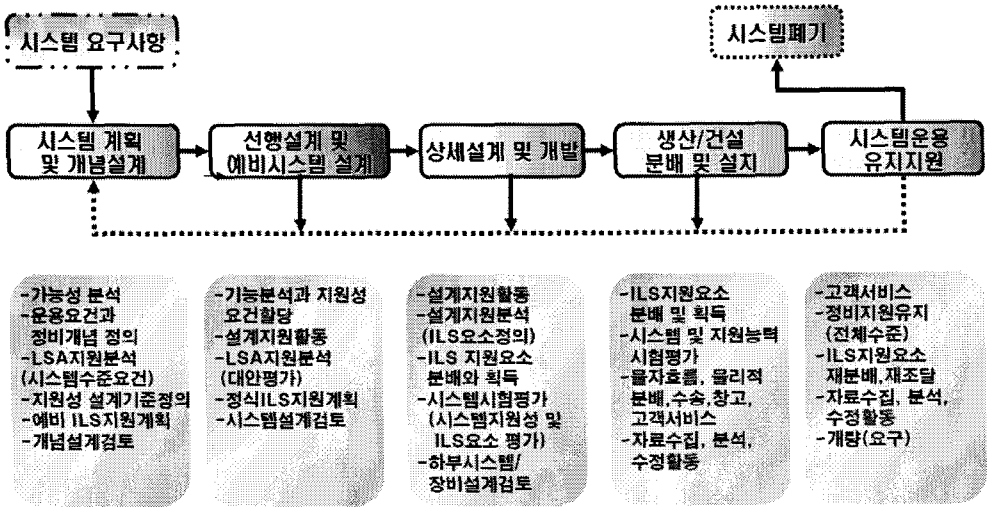

그림 3. ILS 프로세스

4) ILS와 RAMS와의 연관관계

ILS는 프로세스 수행단계별로 ILS 기본요소를 기준으로 사업의 영향을 검토·분석하며, 그림 4와 같이 분석을 위한 도구로 사용하는 것이 특수엔지니어링분야중 하나인 Reliability Availability Maintainability(RAM)

이다. RAM 데이터는 유지보수시스템의 유지보수체계결정, 유지보수 계획수립, 시설규모의 결정, 유지보수용 소모부품 및 예비부품 수량의 결정 등에 필요한 근거자료를 생성하는데 사용되어지며 ILS 프로세스에서는 반드시 필요한 도구로서 사용되어진다.

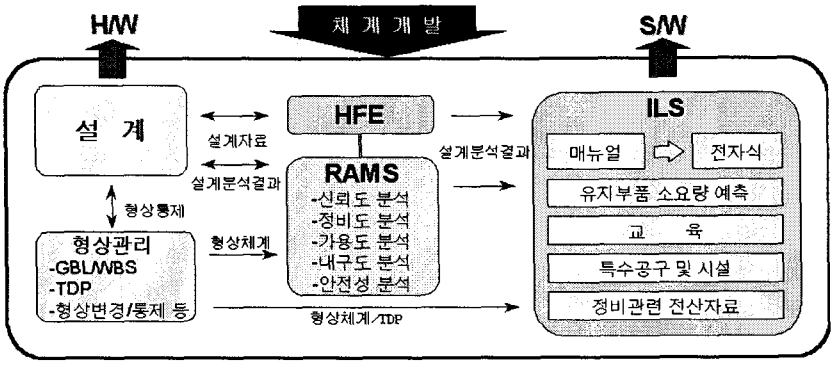

그림4. ILS와 RAMS와의 연계도

2.4. 유지보수시스템에 ILS 적용

도시형 자기부상열차 유지보수시스템에 ILS기법을 적용하기 위해서는 사업단계별로 ILS 기본요소가 자기부상열차 유지보수시스템에 어떻게 연계되는지에 대한 조사가 필요하므로 사업단계별로 적용 가능한 핵심사항에 대하여 분석하였다.

2.4.1. 자기부상열차 시스템의 구성

자기부상열차 시스템은 크게 메인시스템인 자기부상차량과 서브시스템인 도시형 자기부상열차 시범노선으로 나누어진다. 특히 자기부상열차를 운행하기 위한 시범노선은 자기부상차량 전용 자기부상선로구축물 및 관련 시설 등으로 이루어지며, 자기부상선로구축물에는 토목(교량, 구조물 등), 궤도, 역사, 전기, 전차선, 신호, 통신설비 및 Main 유지보수시스템인 차량기지로 구성되며, 차량기지는 그림 5와 같이 토목구조물, 건축물, 궤도, 분기기, 검수설비, 검수정보시스템, 건축기계설비, 전기설비, 3궤조 전차선설비, 신호설비, 통신설비로 구성된다.

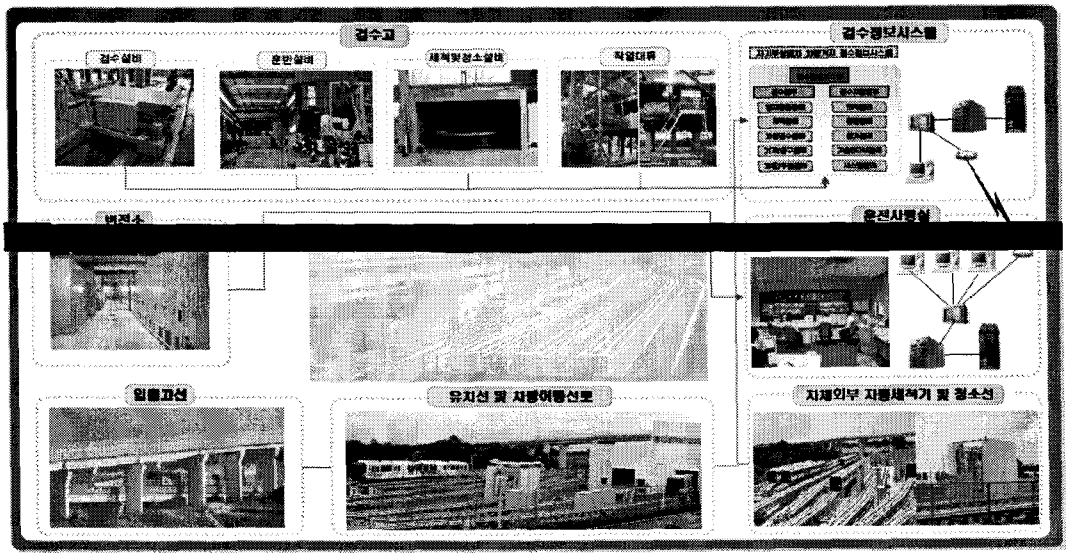

그림 5. Main 유지보수시스템 구성도(일본 리니모 차량기지 사례)

2.4.2. Main 유지보수시스템 사업절차

Main 유지보수시스템인 차량기지의 건설을 위한 사업수행절차는 크게 기본계획, 설계(기본/실시), 시공, 시운전, 인계·인수 및 운영으로 구분된다. 자기부상차량의 유지보수를 위한 세부적인 업무를 구분

하면 설계단계에서는 유지보수체계수립, 유지보수계획 작성, 운영·유지관리인력 및 조직계획, 유지보수용 부품 공급 및 보관계획수립, 차량 유지보수용 검수장비 수량 및 사양결정, 각종 설계도서 작성, 운영·유지보수요원 교육계획, 검수정보시스템 계획, 차량기지 시설계획 및 규모결정, 자재창고, 각 분야별 설계인터페이스 시행 등을 시행한다. 시공시에는 상기 설계단계에 계획·결정된 사항에 대한 실행과 도입장비 등에 대한 반입계획 및 운영자 및 유지보수요원의 교육시행 등을 수행한다. 시공이 완료되면 차량기지 자체 시운전계획 수립을 통한 시운전을 시행하여 설계·시공단계에 결정했었던 사항이 실제 자기부상차량의 유지보수를 수행함에 있어서 적합한지를 확인하며, 인계·인수 및 운영 시에는 운영자가 인수받은 유지보수시스템의 지속적인 개선을 시행하는 단계로 이루어진다.

2.4.3. ILS 기본요소와 유지보수시스템 연계항목

ILS는 기본요소를 중점으로 각 시스템의 사업단계별로 검토·분석하는 프로세스를 가지고 사업을 수행하므로 자기부상열차 시스템에도 동일한 ILS 기본요소를 기준으로 자기부상열차 Main 유지보수시스템의 사업수행내용과의 연관도를 파악하면 본 사업에 적용가능여부를 파악할 수 있다. ILS 기본요소와 Main 유지보수시스템의 적용가능성을 파악을 위한 상호 연계항목을 비교 검토한 결과는 그림 6과 같다. ILS의 기본요소와 Main유지보수시스템의 연계항목이 일치하므로 ILS 기법이 Main 유지보수시스템의 사업 전반에 적용 가능함을 알 수 있다.

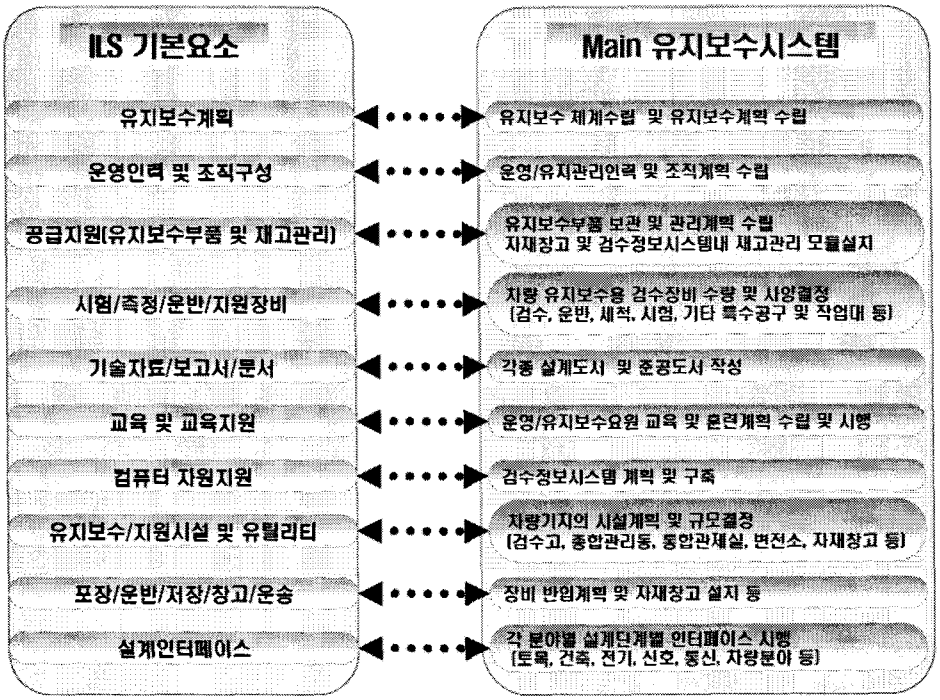

그림 6. ILS 기본요소와 Main 유지보수시스템과의 연계항목

2.5. 결 론

지금까지 ILS의 개념과 도시형 자기부상열차 유지보수시스템에 ILS기법의 적용가능성을 분석해 보았다. ILS는 국내 철도에 적용된 사례가 없어서 이를 위하여 국제적으로 적용되는 규격과 민간·군수분야에서 적용되는 일반기준을 조사하였으며, 자기부상열차 유지보수시스템에 적용성을 파악하기 위하여 ILS 기본요소와 프로세스를 Main 유지보수시스템인 차량기지와의 상호연관성을 분석하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

첫째. ILS의 기본요소와 Main유지보수시스템의 연계항목이 일치함의 확인을 통해서 ILS 기법이 Main 유지보수시스템의 사업전반에 적용 가능함을 확인할 수 있었다.

둘째. ILS를 적용하기에 앞서 적용대상의 범위를 먼저 정하여야 한다. 당장 유지보수시스템 전반에 적

용하기에는 전문인력과 경험이 전무하므로 Main 유지보수시스템의 차량검수 등 가능한 분야를 우선으로 취사선택하여 실행할 수 있도록 테일러링(Tailoring)작업을 먼저 하여야 하는 연구의 한계를 느낄 수 있었다.

셋째. 도시형 자기부상열차 실용화사업은 단지 국내에 한정되어 완료되는 사업이 아니라 장래 해외진출까지 고려한 사업으로 인식되고 있으므로 사업을 추진함에 있어 과학적 사고방식으로 인정받고 있는 시스템엔지니어링(SE)의 특수엔지니어링분야인 ILS를 적용하여 자기부상열차 유지보수시스템을 구축관리하면 체계적인 사업관리와 대외 경쟁력을 높일 수 있을 것임을 확인할 수 있었다.

참고문헌

1. 자기부상열차 실용화 타당성조사보고서(2006.9 건설교통부/건설교통기술평가원)

2. Logistics Integrated Logistics Support, [Army Regulation 700-127(2005)]

3. Benjamin S.Blanchard, Logistics Engineering and Management 6th Edition, 2004

3. 이상만 외(1998), "ILS의 발전방향에 관한 연구" , 전북대학교.

4. 민성기 외(2004), 시스템엔지니어링 원론(1), 시스템체계공학원

5. Washington State University course outline (System Engineering Management),2000

후 기

본 연구는 국가대형연구개발사업으로 추진 중인 도시형자기부상열차실용화사업 시범노선 구축과제의 지원으로 작성되었다.