

시스템의 운용 현장 설치 전 요구되는 중간 보관 프로세스 연구 (철도차량 중심으로)

최요철
현대로템

Intermediate Storage Process required before Operation Site Installation of System (Focusing on the Rolling Stock of Railway System)

Yo Chul Choi

HYUNDAI ROTEM COMPANY

Abstract : Due to the nature of the long-term project of a Railway business, Many problems have been arisen in the process of delivering products or systems verified by suppliers to the customer's operation site. Unexpectedly, it is often necessary for the verified products to store intermediately at the supplier's site for a variety of reasons, such as delays in business and delays in civil engineering, at the time of sending them to the customer's operation site. In this study, the intermediate storage process for finding and solving problems related to intermediate storage was presented focusing on the Rolling Stock of Railway System by reference to ISO/IEC/IEEE 15288:2015. A suitable intermediate storage process based on the developed product or system's characteristics will allow the verified products or systems to be placed on the customer's operation site and to meet the customer's product or system requirements.

Key Words : Intermediate Storage Process, Railway System. Transition Process, ISO/IEC/IEEE 15288

Received: December 3, 2020 / **Revised:** December 11, 2020 / **Accepted:** December 16, 2020

* 교신저자 : Yo Chul Choi, choiyochul@naver.com

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited the original work is properly cited

1. 서론

대형 해외플랜트사업 및 철도건설사업은 보통 5년 이상의 장기간에 걸쳐 진행되는 사업의 특성 상, 공급자에 의해 검증된 (verified) 제품 또는 시스템을 고객 운용 현장에서 시운전 등 확인 (validation) 을 수행하기 전에, 현장으로의 배치 (transition) 일정에 따라 고객 사이트나 공급자 사이트의 임시 보관 장소에서 단기간 중간 보관하는 경우가 일반적이다. 그러나 공급자 사이트에서 임시 보관이 이루어지는 경우, 계획된 임시 보관 기간이 지나 고객 사이트로 제품 또는 시스템을 이송하는 시점에서, 고객 귀책으로 인한 사업 연기, 토목공사 지연, 자연재해/전염병 등 불가항력 상황 등 다양한 사유로 인해 공급자 사이트에서 제품 또는 시스템을 중장기간 보관해야 하는 경우가 종종 발생하는데 이러한 과정에서 많은 문제점이 발생한다. 특히 이러한 문제들은 해외건설사업에서 종종 발생하고 있어 공기지연으로 인한 적합한 보관 관리 미흡으로 인해 제품 또는 시스템의 기능 및 성능저하, 품질문제 발생, 그리고 현장관리비용(보관비용)의 책임문제가 이슈화되고 있다. [1] 보관비용 문제와는 별도로 공급자는 제품 또는 시스템을 고객 사이트로 이송하기 전까지 공급자 사이트에서 중장기간 적절한 보관 업무를 수행해야 하는 상황에 직면하게 되었다. 공급자 사이트 보관 시 잘못된 관리(보관 관리 대상의 부적절한 선정, 관리계획 수립 시 자연적 요인에 의한 영향 미 고려, 미흡한 보관 절차, 적기 보관업무 미 실시 등)로 인해 제품 및 시스템의 외관 및 특성 변화, 기능 고장 및 성능 저하 현상이 발생할 수 있다. 철도차량의 동적 보관에 관한 연구에 따르면, 중간 보관이라는 용어 대신 동적 보관이라는 용어를 사용하였으며, 동적 보관 시 발생할 수 있는 문제에 대해 분석하였다. 이러한 문제를 개선하기 위해 생산이 완료된 도시철도차량을 운용 현장에 보내기 전 동적 보관에 대해 신뢰성 기반 유지보수 방안에 대해 제안하였다. 또한 동적 보관 시 기능 및 성능 저하를 막기 위한 신뢰성 및 안전성 분석 방법을 제시 하였

다.[2] 그러나 동적 보관을 위한 구조적인 프로세스 제시 및 타 산업분야 적용을 위한 제안 등의 서술이 미흡하다.

이에 본 연구에서는 제품 또는 시스템의 중간 보관과 관련된 여러 사례를 분석하여 중간 보관 프로세스의 필요성을 제시하였으며, 문제 해결을 위한 제안으로 그림 1과 같이 시스템 생명주기 프로세스의 하나인 배치 프로세스를 적용하여 제품 또는 시스템을 현장 설치 전 적용 가능한 중간 보관 프로세스를 철도차량 사례를 통해 제안하였다.

서론부분에서는 제품 또는 시스템의 중간 보관에 대한 연구 배경과 연구 목표, 논문의 구성에 대해 제시하였으며, 2장에서는 ISO/IEC/IEEE 15288에 언급된 시스템 생명주기 프로세스 중 하나인 배치 프로세스 설명 및 이에 다른 중간 보관에 대한 개념에 대해 제시하였다. 3장은 다양한 산업분야에서 발생하고 있는 임시 보관 사례의 문제점을 제시하였으며, 4장은 본문부분으로 제품 또는 시스템 현장 설치 전 중간 보관 프로세스를 철도차량 사례를 통해 제시하였다. 그리고 5장에서는 연구결과 및 향후 연구방향에 대해 제시하였다.

2. 배치 프로세스 및 중간 보관의 개념

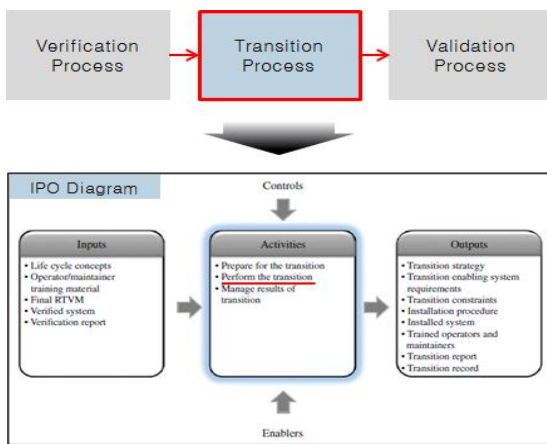
2.1 배치 프로세스 (Transition Process)

ISO/IEC/IEEE 15288(2015)에 따르면, 배치 프로세스는 이해관계자 요구사항에 규정된 서비스를 운용 환경 내에서 제공하기 위한 능력을 구축하는데 목적이 있으며, 검증된 제품 또는 시스템의 보관, 취급 및 운송관련 활동을 포함한다. [3] 그림 1과 같이 배치 프로세스는 검증 프로세스와 확인 프로세스의 중간에 위치하며, 시스템 엔지니어는 올바른 배치 계획과 절차 수립을 통해 따라 공급자 사이트에서 고객 운용 사이트로 전환 배치를 완료해야 하는 업무에서 중요한 역할을 담당한다. INCOSE 핸드북 (2015)에 따르면, ISO/IEC/IEEE 15288 (2015)에 제시된 각 프로세스에 대해 IPO (Inputs

-Process-Outputs) Diagram을 제공하고 있어 프로세스를 실행하는데 가이드를 제공하고 있다.[4] 본 논문에서도 INCOSE 핸드북에 제시된 IPO Diagram을 활용하여 중간 보관 프로세스를 구조화하였다.

2.2 중간 보관의 개념

중간 보관의 개념은 그림 1과 같이 ISO/IEC/IEEE 15288(2015)에 정의된 배치 프로세스 중 배치의 수행 (Perform the transition) 활동에서 찾을 수 있는데, 제품 또는 시스템을 정해진 운용 장소에 인도하기 전에 중간 보관 (intermediate storage)을 할 수 있음을 언급하고 있다. 본 연구에서는 중간 보관을 계획하였거나 불가피하게 발생한 보관까지를 포함한다. 중간 보관은 배치 프로세스의 일부 활동으로 정의되나, 본 논문에서는 이를 구체화하기 위해 “중간 보관 프로세스”로 정의하였다.



[Figure 1] Transition Process and IPO Diagram

그림 2는 철도차량에 대한 중간 보관의 개념을 소개한 것으로 공급자의 공장에서 완성된 철도차량은 고객의 운용 장소로 운송하기 전 중간 보관이 적합하게 수행 가능한 장소에서 임시 보관되게 된다. 이러한 중간 보관은 사업지연이나 외부적인 요인, 자연재해, 또는 불가항력적 상황 (질병이나 테러) 등으로 인한 적게는 수개월에서 많게는 수년 동안 지연될 수 있다. 중간 보관이 길어질수록 제품이나

시스템은 검증된 완성차의 품질을 유지하기가 어려워진다.



[Figure 2] Intermediate Storage case of Rolling Stock

3. 사례기반 문제점 분석을 통한 중간 보관 프로세스의 필요성

3.1 자동차 분야

해외 수출 자동차의 경우 그림 3과 같이 선적 전 부두 보관이 이루어지나, 선적시기/외부적 영향(계약 취소)으로 보관 기간이 장기화됨에 따라 자연요인(눈/비/해풍 등) 영향으로 외관/기능 저하, 그리고 특히 해풍으로 인해 장기 보관 시 부식 등 피해가 발생할 수 있다. 자동차의 외관 손상이나 부품의 노후화, 기능 고장 등 품질 문제가 발생하지 않도록 보관 기간에 따른 절차에 따라 관리 활동의 개선이 필요하다.



[Figure 3] Automobiles on dock before shipment

3.2 해양플랜트 분야

해양플랜트 분야의 경우 그림 4와 같이 구조물의 대형화로 인해 상부구조/하부구조로 나누어 건조되어 전체 구조물 통합 회사로 이송(하부구조 절벽 고박)된다. 그러나 프로젝트 일정지연으로 인해 이송

자연 및 장기 보관 시 자연요인(눈/비/태풍/해풍 등)의 영향을 받아 부식, 특히 해상에서 보관 시 하부구조 취수부에 따개비 등 부착되어 시운전 시 설비 고장이 발생하는 경우가 있다. [5]



[Figure 4] Marine plant before delivery

3.3 전력기기 분야

전력기기중 하나인 변압기는 창고 내 보관 원칙이나, 부득이한 경우 옥외에서 보관하기도 한다. 그러나 자연요소(태풍, 비, 눈, 지반 등)로 인해 피해가 발생하고 있으며, 보관 과정에서 기능 상태 점검의 어려움이 있어 단순 외관 점검만 실시하는 경우가 많다. 또한 장기간 보관 시 통전시켜야 하나 이는 옥외 보관 사이트에서 어려운 경우가 많다. 이로 인해 차단기의 취약부위 결함 발생 및 정상운영 시 작동 불능 현상이 발생할 가능성이 있다.[6]



[Figure 5] Electric Breaker in outdoor storage

3.4 철도차량 분야

철도차량의 경우 사업 일정지연 등의 이유로 고객의 운용 장소로 이송 전 중장기 보관이 불가피한

경우가 발생하고 있으며, 이러한 경우 자연적 요인으로 차량 외관 및 기능/성능 저하 현상이 발생할 수 있다. 그림 6과 같이 옥외 보관이 이루어지는 경우, 비나 눈을 피하기 위해 비닐이나 천으로 외부를 포장하게 되는데 그림에도 불구하고 부식이나 변형이 발생할 수 있다. 또한 제품특성 중심의 동적 보관 지침 미흡, 보관일정 장기화 예측 어려움, 자연적 요인 영향 예측 어려움, 보관 장비의 전문화 미흡, 최적의 보관대상 선정 미흡, 적합한 보관형태 선정 어려움 등으로 인해 동적 보관 시 여러 가지 문제가 발생할 수 있다.[7]



[Figure 6] Rolling Stock (RS) in outdoor storage

상기 산업분야별 중간 보관 사례와 같이 공급자 사이트에서 중간(임시) 보관 시 잘못된 관리로 인해 제품 특성 변화, 기능 고장 및 성능 저하 현상 등의 문제가 발생할 수 있다. 이에 사례들에 대한 문제점 분석을 통해 각 산업분야별 중간 보관 시 필요사항을 요약하였다. 이는 본 논문에서 제시한 중간 보관 프로세스를 통해서 해결될 수 있을 것이다.

<Table 1> Summary of intermediate storage by industry domain

분야	요약
자동차	중장기 부두 보관 시 자연요인으로 인한 품질 (외관/기능/성능) 유지 대책 필요
해양플랜트	중장기 해상 보관 시 자연요인으로 인한 부식 및 고장방지 대책 필요
전력기기	중장기 야외 보관 시 실제적인 기능/외관 점검 대책 필요
철도차량	중장기 야외 중간 보관에 따른 외관/기능 유지를 위한 점검 대책 필요

본 연구는 표 1과 같이 산업분야별 중간 보관 사례 분석 결과 및 ISO/IEC/IEEE 15288 [3]과 INCOSE 핸드북 [4]에 제시된 프로세스 구조를 활용하여 검증된 제품이나 시스템을 고객 사이트로 제품을 보내기 전 검증된 제품의 특성, 기능, 그리고 성능 수준을 유지하기 위한 중간 보관 프로세스를 제안하였다. 이러한 중간 보관 프로세스는 여러 산업 분야에서 중간(임시) 보관이 요구되는 사업의 경우 중간 보관 계획수립 및 실행 시 참조 가이드가 될 수 있을 것이며, 개발된 제품 또는 시스템 특성에 따른 적합한 중간 보관 프로세스를 통해 고객의 제품 요구사항을 만족하는 검증된 제품을 고객의 운영 사이트에 배치할 수 있도록 지원할 것이다.

4. 중간 보관 프로세스 (철도차량 중심으로)

4.1 중간 보관 프로세스 구조

중간 보관 프로세스 (Intermediate Storage Process; ISP)는 ISO/IEC/IEEE 15288에 제시된 프로세스 정의 구조에 따라 기본적으로 목적 (Purpose)과 수행성과 (Outcomes)를 정의하였으며, 구체적인 프로세스 구조는 하나 이상의 활동 (activity)을 가져야 하며, 그 활동은 연관된 태스크들 (tasks)을 그룹화 하여 서술하였다. 추가적으로 프로세스의 구체적인 내용이나 의도를 더 잘 설명할 필요가 있을 경우 비고(Note)를 포함하도록 제시하고 있다. ISO/IEC/IEEE 15288에는 중간 보관에 대한 구체적인 내용이 없으며, 시스템 생명주기 프로세스 및 활동 지침서인 INCOSE 핸드북 또한 중간 보관에 대한 내용을 다루지 않고 있다.

4.2 중간 보관 프로세스의 목적과 수행성과

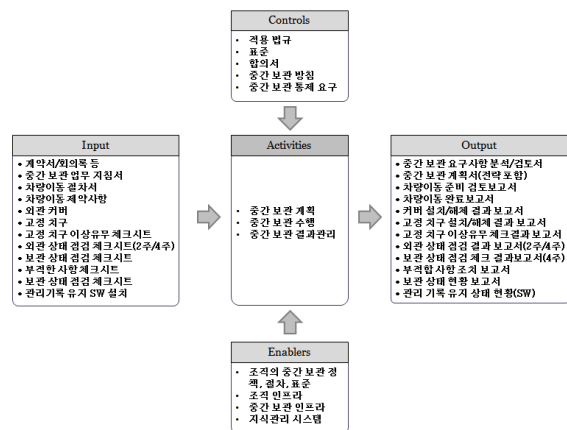
중간 보관 프로세스는 검증된 제품 또는 시스템이 고객 운용 사이트로 인도 전 이해관계자 요구사항에 규정된 서비스를 운용 환경에서 제공하기 위한 능력을 구축하고 유지하는데 목적이 있으며, 적합한

중간 보관 프로세스 실행을 통해 다음과 같은 수행 성과 (Outcomes)를 달성할 수 있다.

- 철도차량 중간 보관 요구사항 및 제약사항 식별
- 철도차량 중간 보관 계획(에너지공급 포함) 수립
- 철도차량 중간 보관 장비 및 설비 가용
- 철도차량 완성차 외관 및 기능/성능 유지
- 철도차량 완성차 고객품질 유지
- 철도차량 고객 운용 현장 이송 준비 완료

4.3 중간 보관 프로세스 IPO Diagram

INCOSE 핸드북에 따르면 IPO Diagram은 중간 보관 프로세스를 실행하기 위한 입력 (Inputs), 프로세스 (Process; Set of activities), 그리고 출력 (Outputs)으로 구성되어 있으며, 통제요소 (Control) 및 지원요소 (Enablers)를 포함한다. Control은 중간 보관 프로세스를 제약하거나 통제하는 요소에 대한 것이며, Enablers는 중간 보관 프로세스를 지원하는 조직의 중간 보관 지침서, 인프라, 그리고 중간 보관 정보를 등록 및 관리하기 위한 지식관리시스템 등이 포함될 수 있다. 그림 7은 철도차량의 중간 보관을 위한 IPO 다이어그램으로 타 산업분야에도 참고가 가능할 것으로 판단된다.

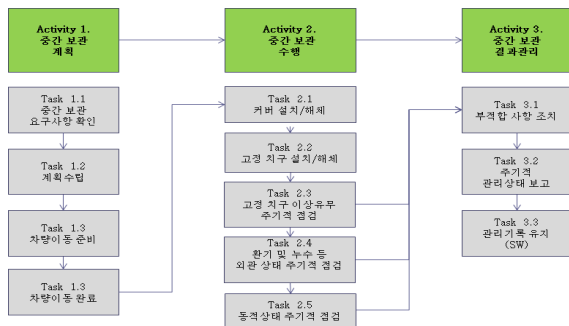


[Figure 7] IPO Diagram of Intermediate Storage for RS

4.4 중간 보관 프로세스의 활동 및 태스크

중간 보관 프로세스는 순차적인 활동 (계획 - 수행 - 결과관리)을 표현하였으며, 각 활동별로 적절

한 태스크들을 정의하였다. 그림 8은 철도차량 중간 보관을 위한 활동 및 태스크를 표현한 실제 사례이며, 이는 4.5절과 같이 입력물에 의해 태스크가 시작되며, 그 결과로 출력물이 산출되게 된다. 중간 보관에 대한 계획 수립이 가장 중요하며, 계획에는 요구사항 확인, 중간 보관 절차 (시스템 이동 포함)와 중간 보관 종료 후 고객 운용 사이트로의 이동 준비 사항, 주기별 (1주/2주) 중간 보관 체크리스트, 그리고 문서화 양식에 대한 내용을 포함하고 있다. 중간 보관 수행활동은 수립된 계획 및 절차에 따른 보관 업무를 실시하는 것으로, 시스템 고정 및 점검 도구를 활용한 주기적인 점검 (정적/동적)이 이루어진다. 중간 보관 결과관리 활동은 주기적인 관리(점검) 상태 기록, 점검 과정에서 발견된 부적합 사항을 기록하고 조치한 결과 등을 기록 (문서/전산시스템)하며, 중간 보관 동안 제품 및 시스템의 기능 및 성능, 그리고 외관 등의 품질 변화가 없음을 고객에게 주기적으로 보고하는데 필요한 정보와 문서들을 생성하게 된다.



[Figure 8] Activities and Tasks of Intermediate Storage of RS

4.5 중간 보관 프로세스의 태스크별 담당자 지정, 입력과 출력물, 비고 정의

중간 보관 프로세스는 세부적인 태스크를 가지며, 이들 태스크의 적합한 수행을 위한 담당자를 지정하고, 각 태스크별 입력과 출력, 그리고 추가 정보 제공을 위한 비고 (Note)등을 표 2와 같이 정의하였다.

<Table 2> Responsibility, Inputs, and Outputs by tasks of ISP

입력물	활동	태스크	담당부서	출력물	비고
계약서/회의록 등	A.1 중간 보관 계획	중간 보관 요구사항 확인	중간 보관팀	중간 보관 요구사항 분석/검토서	
중간 보관 업무 지침서		중간 보관 계획 수립	중간 보관팀	중간 보관 계획서(전략 포함)	사전 준비물 (전원, 사다리, 레일 설치 등)
차량이동 절차서		차량이동 준비	생산 기술팀	차량이동 준비 검토보고서	설비/장비/공구/비품/자체/작업 투입계획/보관장소 보안설비
차량이동 계약사항		차량이동 완료	생산 기술팀	차량이동 완료보고서	
외관 커버	A.2 중간 보관 수행	덮개 설치/해체	중간 보관팀	커버 설치/해체 결과 보고서	외관 세척
고정치구		고정 치구 설치/해체	중간 보관팀	고정 치구 설치/해체 결과 보고서	
고정 치구 이상유무 체크리스트		고정 치구 이상유무 주기적 점검	중간 보관팀	고정 치구 이상유무 체크결과 보고서	2주 단위/체크리스트
외관 상태 점검 체크리스트 (2주/4주)		환기 및 누수 등 외관 상태 주기적 점검	중간 보관팀	외관 상태 점검 결과 보고서 (2주/4주)	2주 단위/체크리스트
보관 상태 점검 체크리스트		보관 상태 주기적 점검	중간 보관팀	임시상태 점검 체크 결과보고서 (4주)	4주 단위/체크리스트
부적합 사항 체크리스트	A.3 중간 보관 결과 관리	부적합 사항 조치	중간 보관팀	부적합 사항 조치 보고서	
관리상태 점검 체크리스트		주기적 관리상태 보고	중간 보관팀	관리상태 현황 보고서	2주/4주 검사 결과
관리기록 유지 SW 설치		관리기록 유지 (SW)	중간 보관팀	관리기록 유지 상태 현황(SW)	

4.6 중간 보관 프로세스 적용 시 고려사항

본 연구에서는 철도 차량 중간 보관 프로세스 이행에 따른 결과 제시는 제외하였으며, 실제 철도차량 중간 보관 사례를 통해 도출된 중간 보관 활동단계 별 고려사항을 표 3과 같이 제시하였다. 중간 보관은 사업지연 및 고객의 요구사항 등 여러 가지 요

인에 따라 그 기간과 필수 및 보조업무, 제약사항 등이 달라지므로 타 산업분야 적용 시 참고 될 수 있다.

<Table 3> Considerations each Activities of Intermediate Storage

활동 단계	고려사항
A.1 중간 보관 계획	<ul style="list-style-type: none"> • 중간 보관관련 계약/협약사항 확인/확정 • 고객의 명확한 중간 보관 요구사항 식별 • 철도차량 특성에 맞는 중간 보관 프로세스 제정됨 • 중간 보관관련 명확한 역할과 책임 정의
A.2 중간 보관 수행	<ul style="list-style-type: none"> • 중간 보관을 위한 적합한 설비/도구 준비 • 철저한 중간 보관프로세스 이행 및 기록 보관 • 부적합 발생 시 기록 및 완전하고 적기 조치활동 수행/재검사
A.3 중간 보관 결과관리	<ul style="list-style-type: none"> • 부적합 사항 공유 및 주기적인 보고활동 • 고객 입장에서의 철저한 납품 품질 (기준 정의) 유지활동 실시 • 주기적인 고객 대상 현황 보고 (고객 운용 사이트로의 이동 준비 상태 등)

5. 결 론

본 연구는 제품 또는 시스템의 운용 현장 설치 전 중간 보관 프로세스를 철도차량 사례를 중심으로 제안하였다. 제안한 중간 보관 프로세스는 시스템엔지니어링 표준에 제시된 프로세스 수립 구조를 적용하였으며, 타 산업분야에 적용 시 실제적인 도움을 주고자 철도차량 중간 보관 사례 중심으로 중간 보관 프로세스 수립 과정을 구체적으로 제시하였다. 본 논문에서 언급한 중간 보관은 다양한 산업분야에서 발생할 수 있으며, 발생 시 그 영향력이 매우 크며, 사업비 증가의 요인으로 작용될 수 있고, 특히 잘못된 중간 보관을 통해 제품 또는 시스템의 품질이 저하될 경우 고객으로부터 신뢰를 잃게 되어 고객 운용 사이트로의 배치가 거부될 수도 있다. 이처럼 적합한 중간 보관 프로세스의 적용은 제품 또는 시스템을 고객 운용 사이트로 보내기 전 중간 보관기간 동안 검증된 제품 또는 시스템의 특성, 기능, 그리고 성능 수준을 유지하는데 기여할 것이며, 고객의 요

구사항을 만족하는 검증된 제품 또는 시스템을 고객의 운용 사이트에 적기에 배치할 수 있도록 지원할 것이다. 본 연구의 결과는 타 산업분야에서 고객으로부터 중간 (임시) 보관단계가 요구될 시 체계적이고 효율적인 중간 보관 프로세스를 수립하는데 가이드가 될 것으로 사료된다. 향후 중간 보관 업무 지침서 개발, 장기 보관에 따른 점검 체크리스트 개발 및 소프트웨어 기반의 통합적 중간 보관 관리 시스템의 운영 및 기능/성능 아키텍처 개발연구 등 중간 보관 프로세스가 보다 실용적으로 적용되도록 추가적인 연구를 지속할 것이다.

References

1. 정홍식, 해외건설프로젝트에서 동시발생 공기지연, 한국비교사법학회지, 제21권 제2호, pp. 827-864, 2014.
2. 김홍신, 도시철도차량 임시보관을 위한 신뢰성 기반유지보수 방안에 관한 연구, 석사학위 논문, 아주대학교(시스템공학과), 2012.
3. ISO/IEC/IEEE 15288, Systems and software engineering - System life cycle processes, ISO/IEC/IEEE, pp. 72-74, 2015.
4. INCOSE HANDBOOK 4th Edition, A Guide for System life cycle process and activities, INCOSE, pp. 88-89, 2015.
5. 국토교통과학기술진흥원, 해상 이동형 해수담수화 플랜트 기술개발 기획, 국토교통부, p. 88, 2017.
6. KFS 411, 변압기 방호 기준, 화재보험협회, p. 18, 2019.
7. 최요철 외 1, 철도차량 동적보관프로세스에 관한 연구, 한국시스템엔지니어링학회 추계학술대회, 2018. 10.