

# 적합성검증목록의 고도화를 통한 개발 요구사항의 입증 및 추적관리 방안 연구

이진호\*, 김상현\*, 박진규\*, 강지성\*, 박성호\*

\*한국산업기술시험원 철도부품평가센터

e-mail: jh0710@ktl.re.kr

## A Study on the Demonstration of Development Requirements and Tracking management Plans for Advance Compliance Checklist

Jin-Ho Lee\*, Sang-Hun Kim\*, Jin-Kyu Park\*, Ji-Sung Kang\*, Sung-Ho Park\*

\*Dept. of System Verification, Korea Testing Laboratory

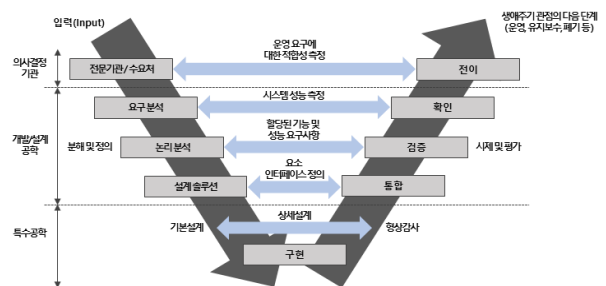
### 요 약

철도부품 국산화 기술개발 사업에서 국산화 기술개발 대상의 특성을 명확하게 정의하는 것은 개발 요구사항이다. 이 개발 요구사항은 개발 요구사항의 정의로부터 평가를 통해 단계별로 검증이 되어야 한다. 다만 단계별로 실시되는 검증은 검증의 방법에 따라 잠재적인 위험이 있을 수 있으므로 선택하려는 검증의 방법을 면밀하게 고려하여 선택해야 한다. 충분히 고려되지 않은 상태에서 부적절한 방법을 선택하여 검증을 실시하게 된다면 부정확한 검증의 결과를 초래하게 되고 향후 연구개발의 일정 지연과 불필요한 비용을 지출하는 등의 문제가 발생될 수 있다. 따라서 성공적인 사업으로 견인하기 위해서는 사업에 기술 프로세스를 적용하고 생애주기 관점을 충분히 고려한 검증방법을 선택하여 검증활동을 수행할 필요가 있다. 따라서 본 연구에서는 적합성검증목록의 고도화를 통한 개발 요구사항의 입증과 추적관리 방안을 도출하기 위해 수행한 연구의 결과를 제시하고자 한다.

### 1. 서론

사업에서 국산화 기술개발 대상의 특성을 명확하게 정의하는 것은 개발 요구사항이다. 이 개발 요구사항은 개발 요구사항의 정의로부터 평가를 통해 단계별로 검증이 되어야 한다. 다만 단계별로 실시되는 검증은 검증의 방법에 따라 잠재적인 위험이 있을 수 있으므로 선택하려는 검증의 방법을 면밀하게 고려하여 선택해야 한다. 충분히 고려되지 않은 상태에서 부적절한 방법을 선택하여 검증을 실시하게 된다면 부정확한 검증의 결과를 초래하게 되고 향후 연구개발의 일정 지연과 불필요한 비용을 지출하는 등의 문제가 발생될 수 있다. 따라서 성공적인 사업으로 견인하기 위해서는 사업에 기술 프로세스를 적용하고 생애주기 관점을 충분히 고려한 검증방법을 선택하여 검증활동을 수행할 필요가 있다. 여기에서 기술 프로세스의 적용에 따른 검증방법을 이해가 가능하도록 설명하여 보면 시험에 의한 전체적인 검증의 실현이 가능하지 않을 경우에는 상세설계에 따른 기술적인 분석이나 수식풀이 또는 해석을 통해 가정한 내용을 기술적인 문서로써 검증이 가능하다. 다만 이러한 방법은 개발 요구사항의 정의에서부터 상세설계가 종료될 때까지 간헐적인 변화가 있을 수 있으므로 변화가 있을 때마다 지속적인 관리와 검증을 요구하게 된다. 그리고 시험에 의한 전체적인 검증의 실현이 가능한 경우에는 적절한 검증의 방법을 선택하여 검증하

고 정확한 검증의 결과를 확보하면 된다. 그림 1은 기술 프로세스의 개념을 표현한 내용이다. 기술 프로세스에서 보여주는 검증은 상향식 프로세스인 반면 개발 요구사항의 정의에서부터 상세설계가 종료될 때까지의 검증은 하향식 프로세스이다.

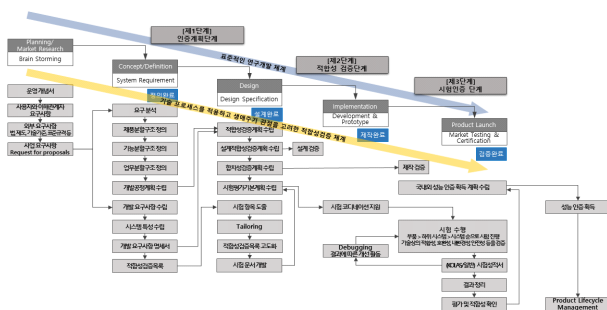


[그림 1] 기술 프로세스의 개념

### 2. 적합성검증목록의 고도화를 통한 개발 요구사항의 입증 및 추적관리 방안 연구

과거의 사업은 기술 프로세스를 고려하지 않고 직관적으로 생산하여 통합하고 시험을 수행하는데 초점을 맞추고 있다. 과거의 잘못된 연구개발 방식 때문에 연구개발의 일정 지연과 불필요한 비용의 지출 등

의 문제가 발생되었다. 최근 시대의 흐름에 따라 기술 프로세스의 개념을 고려한 적합성검증 연구 반영의 중요성은 지속적으로 대두되고 있으며 이를 전체적으로 반영한 체계적인 사고의 필요성이 요구되고 있다. 그래서 사업에 기술 프로세스를 적용하고 생애주기 관점을 고려한 적합성검증 체계를 반영할 필요가 있다. 사업에 적합한 적합성검증 체계는 기술 프로세스의 개념을 흡수하여 개발 요구사항의 정의단계, 설계단계(기본설계단계, 상세설계단계), 제작 및 시행단계, 통합단계, 평가단계로 구분할 수 있다. 적합성검증 체계에 따른 적합성검증 활동은 크게 설계적합성검증 활동에 해당하는 설계검증, 합치성검증에 해당하는 제작검증, 국산화 기술개발 대상의 기능과 성능을 평가하기 위한 시험검증 등으로 구분된다. 여기에서 적합성검증 체계와 적합성검증 활동에 대해 이해가 가능하도록 설명하여 보면 체계적인 적합성검증 활동을 수행하기 위해서 개별적인 활동을 식별하고 그 활동의 인터페이스를 분석하여 상호 작용이 가능하도록 구축한 절차를 체계라고 표현 할 수 있다. 그리고 그 체계의 식별된 활동을 적합성검증 활동이라고 표현한다. 그림 2는 사업의 성공을 위해 제안한 적합성검증 체계를 표현한 내용이다. 적합성검증 체계에서 보여주는 적합성검증 활동은 기술 프로세스가 적용되어 단계별로 생애주기 관점을 고려하도록 개별적인 활동이 식별되고 구성되어져 있다.



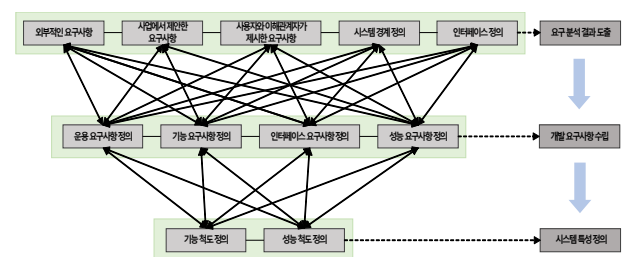
[그림 2] 사업에 제안한 적합성검증 체계

사업에 제안한 적합성검증 체계를 반영할 경우 다음과 같은 단계별 연구가 수행되어야 한다. 개발 요구사항의 정의단계에서는 외부적인 요구사항, 사업에서 제시한 요구사항, 사용자와 이해관계자가 제시한 요구사항 등을 분석하여 국산화 기술개발 대상의 개발 요구사항과 특성을 명확하게 정의해야 한다. 기본설계단계에서는 상세설계를 위해 국산화 기술개발 대상에 대한 제품분할구조, 기능분할구조를 정의하고 업무분할구조를 수립하여 개발 요구사항, 제품 기술사양서, 개발공정 계획, 적합성검증목록 등을 기본적으로 생성해야 한다. 상세설계단계에서는 개발 요구사항을 기반으로 상세설계가 이루어져야 하고 검증을 위해 적합성검증목록을 고도화해야 한다. 그리고 완료된 상세설계의 산출물을 활용하여 설계검증을 실시해야 한다. 이때 상세설계에 활용된 산출물이 개발 요구사항을 충족하는지를 면밀하게 확인해야 한다. 제작 및 시행단계에서는 설계검증을 통해 확인된 상세설계의 산출물을 활용하여 국산화 기술개발 대상을 구현하고 제작검증을 실시해

야 한다. 이때 구현된 국산화 기술개발 대상이 개발 요구사항을 충족하고 완료된 상세설계의 산출물과 합치되는지를 면밀하게 확인해야 한다. 평가단계(통합단계 포함)에서는 제작검증을 통해 검증된 부품, 하위 시스템, 시스템을 활용하여 시험검증을 실시해야 한다. 이때 시험검증은 부품, 하위 시스템, 시스템 순으로 실시되며 시험검증을 통해 개발 요구사항을 충족하고 규정된 기능과 성능을 확보하였는지를 도출된 시험평가 결과로써 확인해야 한다.

## 2.1 개발 요구사항 명세서 개발 연구

사업에서 국산화 기술개발 대상의 특성을 명확하게 정의하는 것은 개발 요구사항이다. 이에 따라 개발 요구사항의 정의단계에서 외부적인 요구사항, 사업에서 제시한 요구사항, 사용자와 이해관계자가 제시한 요구사항 등을 분석하고 시스템의 경계와 인터페이스를 정의하여 운영 요구사항, 기능 요구사항, 인터페이스 요구사항, 성능 요구사항 등이 수립된 개발 요구사항을 정의해야 한다. 그리고 이를 활용하여 사용자와 이해관계자가 동의하는 기능과 성능 특성을 명확하게 설정해야 한다. 이와 같이 사전에 국산화 기술개발 대상에 대한 개발 요구사항과 기능 및 성능 특성을 설정함으로써 연구개발 기간 동안 발생할 무분별한 개발 요구사항의 변경을 통제하게 되고 개발 요구사항의 정확성과 명확성, 완전성, 일관성 등을 확보하게 된다. 그림 3은 요구분석을 통해 개발 요구사항을 정의하고 국산화 기술개발 대상에 대한 기능과 성능 특성을 수립해 나가는 과정을 표현한 내용이다. 그리고 제시한 표 1을 활용하여 개발 요구사항의 변경에 대한 이력을 필수적으로 관리해야 한다. 이 양식에 작성되는 내용은 향후 개발 요구사항의 변경에 따른 영향력을 판단할 기초자료로써 활용되고 개발 요구사항의 변경에 따른 추적성을 확보하게 된다.



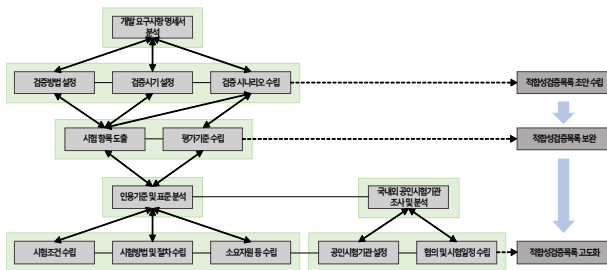
[그림 3] 개발 요구사항 명세서 개발 과정

[표 1] 변경관리 양식

| 개발 요구사항 식별 | 개발 요구사항 내용 | 인용 기준 및 표준 | 관련된 내용 | 검증시기  |       |       | 변경관리  |       |       | 검증 결과 |
|------------|------------|------------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|            |            |            |        | 설계 검증 | 제작 검증 | 시험 검증 | 변경 사유 | 변경 내용 | 변경 문서 |       |
|            |            |            |        |       |       |       |       |       |       |       |
|            |            |            |        |       |       |       |       |       |       |       |

## 2.2 적합성검증 활동을 위한 적합성검증목록의 고도화 연구

사업에서 국산화 기술개발 대상에 대한 구현과 검증의 가능성을 명확하게 정의하는 것은 적합성검증목록이다. 이에 따라 기본설계단계에서 개발 요구사항 명세서를 면밀하게 분석하여 개별적인 개발 요구사항에 대한 검증방법을 설정하고 설계검증, 제작검증, 시험검증 등으로 검증시기를 구분해야 한다. 여기에서 구분된 검증방법과 검증시기를 생애주기 관점으로 고려하여 단계별 검증을 위한 검증 시나리오를 수립해야 한다. 그리고 이를 활용하여 상세설계단계에서 사용자와 이해관계자가 동의하는 시험항목을 도출하고 평가기준을 수립해야 하며 시험에 대한 조건과 방법, 절차, 소요자원 등을 수립해야 한다. 이와 같이 개발 요구사항 명세서를 활용하여 사전에 국산화 기술개발 대상에 대한 검증방법, 검증시기, 검증 시나리오, 인용기준 및 표준, 시험조건, 시험방법, 시험절차, 소요자원, 기타(국내외 공인시험기관, 시험일정) 등을 수립함으로써 개별적인 개발 요구사항의 입증 방안을 확보하게 된다. 그림 4는 체계적인 적합성검증 활동을 위해 적합성검증목록을 고도화해 나아가는 과정을 표현한 내용이다. 그리고 제시한 표 2를 활용하여 적합성검증목록을 고도화해야 한다. 이 양식에 작성되는 내용은 향후 적합성검증 체계를 준용한 적합성검증 활동을 수행할 때 입증 여부를 확인할 기초자료로써 활용되게 된다. 다음은 적합성검증목록을 고도화하는 과정을 자세하게 서술하고자 한다.



[그림 4] 적합성검증목록 고도화 과정

[표 2] 적합성검증목록 고도화 양식

| 시험 항목 | 개발 요구사항 식별 | 개발 요구사항 내용 | 인용 기준 및 표준 | 검증방법 |   |   |    |    | 검증시기  |       |       | 입증 여부 |
|-------|------------|------------|------------|------|---|---|----|----|-------|-------|-------|-------|
|       |            |            |            | I    | A | D | GT | IT | 설계 검증 | 제작 검증 | 시험 검증 |       |
|       |            |            |            |      |   |   |    |    |       |       |       |       |
|       |            |            |            |      |   |   |    |    |       |       |       |       |

### 2.2.1 개발 요구사항 명세서의 분석에 따른 검증방법 및 검증시기 설정

과거의 사업에서는 기술 프로세스가 적용된 적합성검증 연구를 요구하지 않았다. 따라서 국산화 기술개발 대상에 적용될 개발 요구사항을 정의하지 않은 상태에서 연구개발을 수행하였고 결과적으로 사용자와 이해관계자의 지속적인 요구사항의 변경에 대한 요구와 국내외 성능인증에서 요구하는 기술문서의 불충분으로 연구개발의 일정 지연과 불필요한 비용을 지출하는 등의 문제가 발생되었다. 이러한 문제가

발생되지 않도록 개발 요구사항의 정의단계에서 국산화 기술개발 대상에 대한 개발 요구사항 명세서의 개발이 필요하다. 나아가 효율적인 연구방법인 비행안전성 인증에 관한 업무 규정 일부를 사업에 반영하여 기본설계단계에서 개발 요구사항 명세서를 면밀하게 분석하여 개별적인 개발 요구사항에 대한 검증방법을 설정하고 설계검증, 제작검증, 시험검증 등으로 검증시기를 구분해야 한다. 표 3은 개별적인 개발 요구사항에 대해 검증방법과 검증시기가 수록되도록 구성한 양식이다. 이와 같은 과정을 통해 국산화 기술개발 대상에 적용된 개별적인 개발 요구사항을 생애주기 관점으로 검증방법을 설정하고 검증시기를 고려하게 된다.

[표 3] 검증방법 및 검증시기 설정 양식

| 개발 요구사항 식별 | 개발 요구사항 내용 | 인용 기준 및 표준 | 검증방법 |   |   |    |    | 검증시기  |       |       | 비고 |
|------------|------------|------------|------|---|---|----|----|-------|-------|-------|----|
|            |            |            | I    | A | D | GT | IT | 설계 검증 | 제작 검증 | 시험 검증 |    |
|            |            |            |      |   |   |    |    |       |       |       |    |
|            |            |            |      |   |   |    |    |       |       |       |    |

### 2.2.2 개발 요구사항 명세서의 분석에 따른 검증 시나리오 수립

과거의 사업은 기술 프로세스의 개념을 고려하지 않고 직관적으로 생산하여 통합하고 시험을 수행하는데 초점을 맞추고 있다. 과거의 잘못된 연구개발 방식 때문에 연구개발을 실패의 방향으로 이끄는 문제들이 발생되었다. 최근 시대의 흐름에 따라 기술 프로세스의 개념을 고려한 적합성검증 연구 반영의 중요성은 지속적으로 대두되고 있으며 이를 전체적으로 반영한 체계적인 사고의 필요성이 요구되고 있다. 따라서 개발 요구사항의 정의단계에서부터 평가단계(통합단계 포함)까지 수월하게 접근이 가능하도록 기본설계단계에서 설정한 검증방법과 검증시기를 고려하여 어떤 기준과 방법으로 검증을 수행할지를 구체화하였는지를 수립해야 한다. 표 4는 개별적인 개발 요구사항에 대해 검증방법과 검증시기가 설정되고 검증 시나리오가 수립되도록 구성한 양식이다. 이와 같은 과정을 통해 국산화 기술개발 대상에 적용된 검증 시나리오는 검증의 목적과 방향성 및 절차와 방법이 제시된다. 또한 연구개발 하는 기간 동안 소요되는 일정과 비용을 고려하게 되며 상세설계단계에서부터 발생될 수 있는 위험을 감소시키게 된다.

[표 4] 검증 시나리오 수립 양식

| 개발 요구사항 식별 | 개발 요구사항 내용 | 인용 기준 및 표준 | 검증방법 |   |   |    |    | 검증시기  |       |       | 검증 시나리오 | 비고 |
|------------|------------|------------|------|---|---|----|----|-------|-------|-------|---------|----|
|            |            |            | I    | A | D | GT | IT | 설계 검증 | 제작 검증 | 시험 검증 |         |    |
|            |            |            |      |   |   |    |    |       |       |       |         |    |
|            |            |            |      |   |   |    |    |       |       |       |         |    |

### 2.2.3 국산화 기술개발 대상에 적용될 시험항목 및 평가기준 도출

상기와 같이 수립된 개발 요구사항 명세서를 면밀하게 분석하여 개별적인 요구사항에 대한 검증방법을 설정하고 검증시기를 설계검증, 제작검증, 시험검증 등으로 구분하였다. 그리고 이를 기반으로 어떤 기준과 방법으로 개별적인 개발 요구사항을 검증할지를 구체화하여 검증의 목적과 방향성 및 검증의 절차와 방법을 제시하였다. 여기에서 이를 활용하여 적합성검증 체계에 따른 적합성검증 활동의 수행이 용이하도록 개발 요구사항을 설계검증, 제작검증, 시험검증 등의 항목으로 재구성되도록 재배열이 필요하다. 이와 같은 과정을 통해 국산화 기술 개발 대상의 기술상의 적합성, 부품 장치 간 호환성, 내환경성, 안전성 등의 기능과 성능을 검증하기 위한 시험항목과 평가기준을 확보하게 된다. 추가적으로 TOP-DOWN 방식을 활용하여 도출된 시험항목에 대해 직접적으로 관련이 있는 조건들을 다시 취합하고 재배열하여 검증을 위한 하나의 연결 구조를 생성할 필요가 있다. 표 5는 시험항목이 결정되고 개별적인 개발 요구사항을 검증할 방안을 정리하기 위해 구성한 양식이다. 이와 같은 과정을 통해 국산화 기술개발 대상에 적용되는 시험항목에 따른 개별적인 개발 요구사항과 검증 시나리오를 확인할 수 있게 되며 이를 통해 시험항목 대비 개발 요구사항을 추적할 방안을 수립하게 된다. 단, 이 모든 과정의 결과는 사용자와 이해관계자가 동의해야 한다.

[표 5] 시험 항목별 개발 요구사항 정리 양식

| 시험항목<br>구분 | 개발<br>요구사항<br>식별 | 개발<br>요구사항<br>내용 | 인용기준<br>및 표준 | 검증<br>시나리오 | 비고 |
|------------|------------------|------------------|--------------|------------|----|
| 시험 1       |                  |                  |              |            |    |
| ...        |                  |                  |              |            |    |

## 2.2.4 수립된 인용기준 및 표준 분석을 통한 기준 설정

시험은 대상의 특성을 검증하기 위해서 수행되며 의사소통에 필요한 기초자료를 획득하는 과정이다. 평가는 대상에 대한 시험을 수행하여 획득한 기초자료와 기타 수단으로 확보한 자료들을 기반으로 대상이 사용자와 이해관계자가 제시한 요구사항과 확정된 개발 요구사항 명세서를 만족하는 설계를 수행하였는지를 설계를 준용한 제작을 하였는지를 판단하는 과정이다. 다시 정리해보면 의사결정에 필요한 종합적인 기초자료를 시험평가를 수행함으로써 확보하게 된다. 그리고 연구개발을 수행하는 과정에서 사용자와 이해관계자가 제시한 요구사항과 확정된 개발 요구사항 명세서를 만족시키고 불필요한 일정과 비용을 지출하지 않도록 유의하여 제한된 사업의 계획을 효율적으로 활용해야 한다. 따라서 사업에서 성공적인 시험평가를 수행하기 위해 효율적인 접근 방법을 모색하고 체계적인 계획을 수립하여 설정된 기준을 만족하는지 여부를 확인하여야 한다. 그래서 수립된 인용기준 및 표준을 면밀하게 분석하고 이를 기반으로 국내외 공인시험기관과 체계적인 협의가 필요하다.

## 3. 결론

본 논문에서 적합성검증목록의 고도화를 통한 개발 요구사항의 입증 및 추적관리 방안을 도출하기 위한 연구를 수행하였다. 먼저 국산화 기술개발 대상의 특성을 명확하게 정의하기 위해 개발 요구사항 명세서를 수립하기 위한 방안을 우선 제시하고 이를 기반으로 검증방법, 검증시기, 검증 시나리오, 인용기준 및 표준, 시험조건, 시험방법, 시험절차, 소요자원 기타(국내외 공인시험기관, 시험일정) 등을 설정하기 위한 방안을 개발하였다. 향후 연구에서는 이를 활용하여 국산화 기술개발 대상의 개발 요구사항 명세서를 수립하고 적합성검증 체계를 준용한 적합성검증 활동을 수행하며 국산화 기술개발 대상의 특성을 검증하고자 한다.

## 사사

본 연구는 국토교통부 국토교통과학기술진흥원 철도기술연구사업(과제명칭 : 철도차량부품 적합성검증 체계 및 인증 획득 지원), 과제번호 : 21RSCD-A156121-02)의 지원으로 연구되었습니다.

## 참고문헌

- [1] VERIFICATION, VALIDATION AND TESTING OF ENGINEERED SYSTEM, AVNER ENGEL