

RPA(Robotic Process Automation)기반 건설 안전관리 서류 작성 자동화 지원시스템 제안

Proposal for an RPA-based Construction Safety Documentation Support System

○ 이 유 진* 윤 해 인* 이 준 성**
Lee, Yoo-Jin Youn, Hae-In Yi, June-Seong

Abstract

This study proposes an RPA-based system to automate repetitive safety documentation in small and medium-sized construction firms under South Korea's Serious Accidents Punishment Act. From 46 documents, 15 key types and 8 categories were identified, with six recurring fields—work name, content, date, cause, type, and cost—structured in an SQL-based data hub for automatic input across forms. RPA enabled rule-based generation and formatting, supported by a customizable UI/UX. If implemented, the system could achieve around 39.6% automation, indicating feasibility but also potential limitations in manual input, legal validation, and platform integration. Overall, automation can enhance efficiency and compliance, though supportive policies and regulatory adaptation are required for adoption.

키워드 : 건설 안전관리, 문서 자동화, 중대재해처벌법 대응, 로보틱 프로세스(RPA), 데이터 허브

Keywords : Construction Safety Mngement, Document Automation, Legal Compliance, Robotic Process Automation(RPA), Data Hub

1. 서론

1.1 연구배경

건설현장의 안전관리 문제는 오랜 시간 동안 산업계의 주요한 과제로 자리해왔다. 최근 건설 산업에서 산업재해가 지속적으로 증가하고 있으며, 이는 작업자의 생명과 직결된 중대한 문제로 대두되고 있다. 표1에서 보는 바와 같이 2023년 산업재해현황분석에 따르면, 재해천인율은 14.49‰로 전년도 12.53‰ 대비 1.96‰ 증가하였으며, 도수율과 강도율 또한 각각 9.34, 5.24로 전년 대비 상승한 수치를 기록하였다. 이러한 지표는 현장의 전반적인 안전관리 체계가 여전히 미흡함을 시사한다.

표1. 건설업 안전사고 지표

연도 구분	2018	2019	2020	2021	2022	2023
재해천인율	9.41	10.94	11.73	12.59	12.53	14.49
도수율	5.33	6.64	7.09	7.68	7.74	9.34
강도율	2.75	3.46	3.81	4.07	4.08	5.24

특히, 최근 서울세종고속도로 청용 천교와 신안산선 공사현장에서의 대형 붕괴사고는 안전관리의 중요성을 다시금 일깨워주고 있다. 해당 사고들에서는 사고 원인 규명을

위한 핵심 자료가 누락되거나 부실하게 관리된 사례가 드러나, 사고 조사조차 지연되는 문제가 발생하였다. 이는 현장 안전관리 문서의 체계적 작성과 정보 공유 시스템의 부재가 재해 대응의 또 다른 취약점이 되고 있음을 보여준다.

현행 건설현장의 서류 작성 방식은 대부분 수작업에 의존하고 있으며, 이 과정에서 정보 누락, 오류, 작성 지연 등의 문제가 자주 발생하고 있다. 특히 중소규모 건설사의 경우, 안전관리나 법무 전담 인력이 부족해 중대재해처벌법과 같은 법적 요구사항에 효과적으로 대응하기 어려운 실정이다. 이로 인해 반복적으로 작성되는 안전서류는 현장 관리자에게 과도한 행정적 부담이 되고 있으며, 이는 결과적으로 안전관리의 본질적인 기능을 약화시키는 원인이 되고 있다.

1.2 연구의 목적

본 연구는 건설현장에서 반복적으로 사용되는 안전관리 서류를 분석하여 항목 간 중복성과 연계 구조를 체계적으로 정리하고, 이를 중앙 ‘허브’ 시스템을 통해 통합 관리할 수 있는 정보 구조를 설계하였다. 이러한 기반 위에서 RPA 기술을 적용한 안전서류 자동화 시스템을 제안함으로써, 중소건설사가 「중대재해처벌법」에 능동적으로 대응할 수 있도록 지원하고자 한다. 본 시스템은 안전문서 관리의 효율성을 높이는 동시에 사고 대응의 신속성과 정확성을 향상시키며, 궁극적으로 업무 효율성과 안전관리의 신뢰성을 동시에 확보하는 것을 목표로 한다.

2. 선행연구 고찰

2.1 건설현장 안전관리의 중요성

건설업은 구조적으로 위험이 높은 산업군으로, 안전관리는 단순 절차가 아니라 경영전략 차원의 핵심 기능이다. 선행연구들은 안전관리계획이 법정 제출요건을 충족하는데 그치고 현장 실행과 분리되는 “형식화” 문제가 광범위함을 지적한다. 계획의 외주 의존, 책임 주체의 불명확성, 실행력 부재는 문서와 현장의 괴리를 심화시키며, 이는 사고 예방과 사후 대응 모두에 부정적 영향을 미친다. 따라서 안전관리의 실효성을 확보하려면 문서의 표준화·정합성·추적가능성을 높이고, 계획-실행-검증이 선순환하도록 제도와 프로세스를 재설계할 필요가 있다.

2.2 안전관리 서류의 역할과 현황 문제점

현장의 안전관리자는 법정 직무 외에 각종 보고·증빙 등 행정업무를 겸임하는 경우가 많아, 하루 평균 수 시간 이상을 문서 작업에 소모한다는 보고가 있다. 특히 중소현장은 인력·자원 제약으로 인해 서류가 기한 준수와 형식 채우기에 치우치고, 오기입·누락·중복 작성 등 휴먼에러가 빈발한다. 다양한 문서에 동일 정보(작업명, 사고일시, 공종, 사고유형, 원인, 비용 등)를 반복 입력하는 구조는 비효율을 구조화하고, 문서 간 불일치로 신뢰성을 떨어뜨린다. 강화되는 법적 책임 환경에서 이러한 비효율은 곧 리스크로 전이되므로, 반복 항목의 체계적 관리와 자동화가 시급한 과제로 부상한다.

2.3 RPA 및 문서 자동화 관련 선행연구

최근 연구는 RPA를 OCR, NLP, BIM 등과 통합하여 비정형 데이터를 정형화하고, 반복 문서를 자동 작성하는 접근을 제시한다. 그래프 기반 분석으로 사고 원인·맥락을 구조화하고, OCR-RPA 모듈로 서류 입력을 자동화함으로써 누락·오류를 줄이고 처리 시간을 단축할 수 있음이 보고되었다. 또한 포렌식 관점에서는 사고 이후 문서가 법적·기술적 증거라는 점에서, 표준화되고 일관된 자동 작성의 중요성이 강조된다. 다만 기존 문헌은 통합 시스템 설계와 응용에 방점이 찍혀 있으며, 문서 항목 수준에서의 중복·연계 구조를 해부하고 자동화 단위를 정밀히 규정하는 연구는 상대적으로 부족하다. 본 연구는 이 간극을 메우기 위해 항목 중심의 데이터 허브와 RPA 적용 단위를 구체화한다.

3. 연구방법론

3.1 자동화 기술 비교 및 RPA 방법론 선정

본 연구는 건설 안전문서의 특성(정형 양식, 고정 항목, 반복 입력)에 적합한 자동화 방안을 검토하기 위해 RPA, NTL, LLM을 비교하였다. RPA는 규칙 기반으로 반복·정형 작업을 자동화하여 기존 시스템과의 호환성이 높고, 문서 간 공통 데이터를 매핑해 자동 입력하는 데 효과적이다. NTL은 문서 패턴을 학습해 날짜·금액·사고유형 등

필드를 추출할 수 있으나, 학습 데이터와 정확도 확보가 필요하다. LLM은 비정형 텍스트 처리에는 강점이 있으나, 법적 효력이 요구되는 정형 문서에는 한계가 있다.

분석 결과, 본 연구의 1차 목표인 “정해진 양식의 반복 항목을 정확·일관되게 기입”에 가장 적합한 방법은 RPA로 판단되었다. 특히 중앙 데이터 허브와 결합할 경우, 허브에 저장된 공통 항목을 사고조사보고서, TBM 회의록, 사전안전보건정보, 안전작업허가서 등 다양한 문서에 자동 분배할 수 있다. 연구 절차는 (1) 46종 문서 전수조사 및 8종 핵심 문서 선정, (2) 항목 표준화 및 스키마 정의, (3) 데이터 허브 설계, (4) 문서 매핑 규칙 기반의 RPA 시나리오 구축으로 요약된다.

이 접근은 반복 입력 최소화, 문서 정합성 확보, 제출 기한 준수, 신속·정확한 사고 문서화를 가능하게 하며, 중대재해처벌법 대응에 필요한 책임성과 추적성을 실무적으로 지원한다..

3.2 안전점검·안전사고 이원화 데이터 허브 설계

건설현장 안전관리 서류는 크게 안전점검 관련 문서와 안전사고 관련 문서로 구분된다. 두 영역은 모두 반복적으로 작성되는 항목이 많지만, 문서의 성격과 활용 목적이 다르기 때문에 하나의 허브 구조로는 정보 관리의 효율성이 떨어질 수 있다. 따라서 본 연구에서는 이원화된 데이터 허브 개념을 적용하였다.

첫째, 안전점검 데이터 허브는 정기/수시 점검 결과, 위험성 평가, TBM 회의록, 안전작업허가서 등 예방 중심의 문서에 필요한 항목을 관리한다. 주요 데이터는 작업명, 공종, 점검일자, 점검결과, 개선조치, 확인자 등으로 구성되며, 이를 통해 현장 점검 결과가 여러 문서에 일관되게 반영되도록 한다.

둘째, 안전사고 데이터 허브는 사고조사보고서, 사고경위서, 재발방지대책 보고서 등 사고 발생 이후의 문서 작성을 지원한다. 주요 항목은 사고일시, 사고장소, 사고유형, 사고원인, 인적·물적 피해, 피해자 정보, 대응조치 등으로, 동일한 사고 데이터를 여러 문서에 반복적으로 입력할 필요 없이 자동 분배가 가능하다.

이 두 허브는 SQL 기반 중앙 데이터베이스 구조를 공유하되, 문서 성격에 따라 관리되는 항목군을 분리하여 효율성과 확장성을 확보한다. 이를 통해 문서 간 정합성을 유지하면서도, 예방 관리와 사고 대응이라는 상이한 목적에 최적화된 데이터 흐름을 구현할 수 있다.

4. 안전관리 서류 분석

4.1 안전관리 서류 분석 및 핵심 항목 도출

건설현장에서 실제로 작성되는 안전관리 서류 총 46종을 수집한 후, 제출 빈도와 실무 중요도, 항목 중복성 및 정보 중심성을 기준으로 1차로 24종의 서류를 선별하였다. 이후 자동화 적용의 효과성이 높은 서류를 추리기 위해 세 가지 기준을 적용하였다:

- 1) 제출빈도: 현장에서 자주 반복, 작성되는 서류 여부
- 2) 항목 중복성: 여러 서류에 공통적으로 반복 기입되는 항목의 존재 여부
- 3) 정보 중심성: 사고 대응, 위험 예방, 현장관리 등의 정보 흐름에서 핵심 역할 여부

이 과정을 통해 최종적으로 15종의 주요 서류를 선정하였고, 공통 항목 분석 결과 사고일시, 작업명, 작업내용, 사고원인, 사고유형, 금액 등 6가지가 반복성과 정보 중심성이 높은 핵심 요소로 도출되었다. 이를 바탕으로 TBM회의록, 사고조사보고서, 아차사고보고서, 사전안전보건정보, 안전작업허가서, 산업안전보건관리비 사용계획서, 사용내역서, 재해재발방지대책계획서 등 8종을 최종 자동화 대상으로 선정하였다. 이후 각 항목이 포함된 서류 수를 집계해 항목별 중복률(%)을 산출하였으며, 이 결과는 데이터 허브 설계 시 핵심 항목 선정의 기준이 되었고, 관련 내용은 표2에 제시하였다.

표2. 항목별 중복률 산출

항목명	포함된 서류수 (8종 중)	중복률(%)
작업명	5	62.5
작업내용	5	62.5
사고원인	4	50
사고유형	3	37.5
사고일시	2	25
금액	2	25

4.2 자동화율 산출 및 평가

선정된 8종의 핵심 안전관리 서류에 대해, 반복적으로 나타나는 중요 항목(사고일시, 작업명, 작업내용, 사고원인, 사고유형, 금액)을 기준으로 각 서류의 자동화 가능성을 정량적으로 분석하였다. 자동화율은 다음과 같은 산식에 따라 산출하였다. 자동화율 (%) = (서류에 포함된 중요 항목 수) / (해당 서류의 총 항목 수) × 100. 해당 분석을 통해 각 서류별로 자동 기입 가능한 항목의 비중을 계산하였으며, 그 결과는 다음 표3과 같다.

해당 결과를 종합하면, 8종의 서류에 대한 평균 자동화율은 약 39.6%로 나타났다. 이는 공통 데이터 허브를 통해 서류 작성의 약 40%가 자동화될 수 있음을 시사하며,

현장의 서류 작성 부담을 실질적으로 경감할 수 있는 가능성을 보여준다.

또한 자동화율이 상대적으로 높은 서류(예: 사전안전보건정보, 아차사고보고서)는 공통 항목 반영 비율이 높아 RPA 자동기입 적용에 우선 순위로 고려될 수 있으며, 자동화율이 낮은 서류(예: 안전작업허가서)는 향후 반자동화 기법이나 사용자 입력 유도 설계 등으로 보완이 필요하다.

표3. 서류별 자동화율

서류명	자동화율(%)
TBM 회의록	29
사고조사보고서	42
사전안전보건정보	80
산업안전보건관리비 사용계획서	17
산업안전보건관리비 사용내역서	33
아차사고보고서	67
안전작업허가서	9
재해재발방지 대책계획서	40

4.3 허브-서류 관계도(히트맵) 산출 방법

허브-서류 관계도를 산출하기 위하여, 먼저 8종 핵심 서류(TBM회의록, 사고조사보고서, 아차사고보고서, 사전안전보건정보, 안전작업허가서, 산업안전보건관리비 사용계획서, 산업안전보건관리비 사용내역서, 재해재발방지 대책계획서)의 각 항목과 설명을 하나의 본문으로 통합하였다. 이후, 8종 서류의 항목을 의미 단위로 재구성한 문서유래 허브를 정의하고, 각 허브에 대하여 동의어·표기변형, 문서 접미사(…서/계획/보고서/절차/지침/점검표/기록) 등을 반영한 키워드 클러스터를 구축하였다.

이들 클러스터를 기준으로 서류 본문과의 일치도를 정규식·단어경계·퍼지매칭 순으로 평가하고, 클러스터 내 최댓값을 해당 클러스터의 점수로 채택하였다. 허브 단위의 점수는 클러스터 점수의 가중합으로 산출하되, 키워드 수가 많은 허브가 과도하게 불리해지는 문제를 방지하기 위해 분도 완화($\alpha=0.80$)를 적용하였다.

긴 문서에서의 국소 적중을 보정하기 위해 본문을 일정 길이로 겹치게 분할(창크링)하고, 각 분할 구간의 점수 중 최댓값을 국소 점수로 사용하였다. 최종 점수는 국소 점수와 전역 점수의 가중 평균($\lambda=0.85$)으로 산출하여 0-1 범위의 강화 커버리지로 정의하였다. 최종적으로, 행(서류)과 열(허브)은 합계 점수가 높은 순으로 정렬하여 관계도를 시각화하였으며, 결과 히트맵은 그림1 자료에 제시하였다.

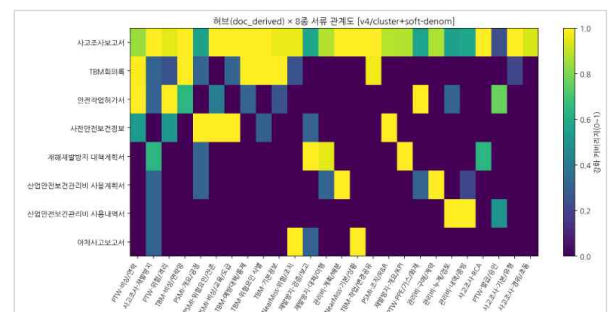


그림1. 히트맵

5. UI/UX 설계

본 연구에서는 앞서 제안한 건설 안전관리 서류 자동화 지원 시스템의 기능을 사용자의 실제 경험 관점에서 시각화하고자 UI/UX 설계를 수행하였다. 특히 사용자의 직관적인 사용성과 접근성을 고려하여 인터페이스를 구성하였으며, 반복 업무의 효율적 수행을 중심으로 사용자 중심 디자인을 적용하였다.

기능별로는 다음과 같은 화면 설계를 적용하였다. 첫 번째는 대시보드(Dashboard) 화면으로, 해당 메뉴 클릭 시 사용자 정보, 로그인 이력, 공사 관련 개요 사항이 포함된 확대된 화면이 나타난다. 전체화면 전환 시에는 공사현황, 결제 현황, 공사 타임라인, 공지사항 등의 정보가 통합적으로 제공되며, 특히 타임라인 기능을 클릭하면 현재 공정 상황에 대한 세부 정보를 확인할 수 있다.



그림2. UI/UX 설계 - 대시보드 화면

본 시스템의 핵심 기능인 ‘중대재해처벌법 대응 매뉴얼’ 메뉴는 관련 법령에 근거한 대응 체계를 시각적으로 정리한 화면으로 구성되었다. 각 조항에 대한 세부 문서 목록이 포함되어 있으며, 항목 클릭 시 관련 서류 작성화면으로 즉시 이동할 수 있다. 이는 사용자에게 법적 기준 준수에 필요한 문서 작성 과정을 명확하게 안내하고, 빠르게 작성할 수 있도록 돕는다.

이러한 기능을 통해, 사용자들은 중대재해처벌법 등 관련 법령에서 요구하는 각종 점검 서류 목록을 체계적으로 확인하고 관리할 수 있으며, 이미 작성된 모든 서류는 커스터마이징 기능을 통해 현장별 특성과 운영 방식에 따라 유연하게 조정할 수 있도록 설계되었다. 특히 서류의 항목명을 현장의 용어 체계에 맞게 변경하거나, 기존 템플릿의 구성 요소를 현장 여건에 따라 추가 또는 삭제하는 등의 편집 작업이 가능하여, 고정된 양식을 넘어서 실질적인 업무 적용성이 확보된다.

6. 기대효과

본 연구에서 제안한 건설 안전관리 서류 자동화 지원 시스템은 반복적이고 정형화된 안전 서류 작성 과정을 자동화함으로써, 현장 업무의 효율성과 정확성을 높이고, 법적 대응력을 강화하는 데 기여할 수 있다. 특히 안전관리

담당자, 중소기업 건설사, 나아가 건설업계 전반에 걸쳐 다음과 같은 효과가 기대된다.

첫째, 안전관리 담당자는 자동화된 템플릿과 데이터 허브를 통해 초보자도 쉽게 문서를 작성할 수 있으며, 반복 입력이 줄어 작성 오류와 시간 소모를 감소시켜 현장 점검 등 핵심 업무에 집중할 수 있다.

둘째, 중소기업 건설사는 전문 인력 부족으로 인한 법적 대응 한계를 보완할 수 있다. 표준화된 템플릿과 자동 작성 기능은 중대재해처벌법 등 규제 대응을 지원하며, 문서 커스터마이징을 통해 다양한 현장 여건에도 유연하게 적용 가능하다.

셋째, 건설업계 전반에서는 서류 표준화와 자동화를 통해 안전관리 체계의 일관성과 신뢰성이 향상된다. 단순 행정 문서를 넘어 실질적인 리스크 예방에 기여할 수 있으며, 향후 비정형 문서 자동화와 디지털 전환의 기반으로 확장될 수 있다.

종합적으로 본 시스템은 서류 자동화 기술을 통해 업무 효율성과 정확성을 동시에 확보함과 동시에, 현장의 법적 대응 역량과 안전관리 수준을 향상시킬 수 있는 실질적인 솔루션으로 기능할 수 있다.

참고문헌

1. 조철형. (2023). 건설현장 안전관리자의 서류 업무 부담 완화에 관한 연구. 「한국건설안전학회지」, 38(3), 41-47.
2. 김필규. (2024). 중대재해처벌법 하에서 건설업 법적 안전보건관리체도와 재해지표 간의 관계에 관한 연구. 「산업안전보건연구」, 42(1), 45-60.
3. 김영근. (2024). 「중대재해처벌법 해석: 중대산업재해의 쟁점과 사례」. 법문사.
4. 한국과학기술정보연구원. (2019). 업무 자동화를 위한 RPA 융합기술 연구. 「KISTI 이슈브리프」, 5.
5. 대한건축학회. (2023). 건설업 중대재해처벌법 적용 개선방향. 「대한건축학회 논문집」, 23(1), 77-84.
6. 이동수, 오태근. (2023). 중대재해처벌법 시행 이후 건설 현장 관리자 및 근로자의 안전의식에 관한 연구. 「문화기술의 융합」, 9(4), 543-548.
7. 임재룡, 문진배, 박찬용, 윤성민. (2023). 건설안전사고 원인 규명을 위한 인간오류분류체계(HFACS)의 적용성. 「대한건축학회 논문집」, 23(4), 107-114.
8. 문정. (2023). 건설현장 안전사고 분석을 위한 빅데이터 기법 적용. 「한국건설안전학회지」, 15(2), 101-112.
9. 박한주, 이준성, 서민배, 이수연. (2024). 건축 안전사고의 활동 기반 위험도 분석. 「대한건축학회 논문집」, 40(1), 287-295.
10. 신동현, 김형운, 이광호. (2019). 「건설분야 포렌식 조사 가이드라인」. 한국건설기술연구원.