

설계오류 자동 검증을 위한 안전 설계 Rule Checking 체계에 관한 연구

A Study on the Safety Design Rule Checking System for Automatic Verification of Design Errors

김덕한¹ · 양유호² · 천영우^{3*}Dukhan Kim¹, Yuho Yang², Youngwoo Chon^{3*}¹Ph.D Course, Program in ET&ST Convergence, Inha University, Incheon, Republic of Korea²Master Course, Program in ET&ST Convergence, Inha University, Incheon, Republic of Korea³Associate Professor, Program in ET&ST Convergence, Inha University, Incheon, Republic of Korea

*Corresponding author: Youngwoo Chon, ponychon@inha.ac.kr

ABSTRACT

Purpose: When designing plants and workplaces such as handling and using chemicals, a system that can automatically determine whether the design has been made in compliance with domestic safety management laws is established to shorten the review time and increase accuracy. **Method:** Safety design standards for chemical handling and use workplaces were investigated, and types and systems were derived that could automatically judge design errors by dividing the articles into semantic units. **Result:** An automatic design review method performed when designing a building was proposed, and a system that can review the safety design requirements required when designing a chemical handling business site through the development of a rule checker was proposed. After confirming whether the law is subject to application, the safety design rules are classified into semantic units through pre-processing. The classified results can be classified into four types, and the specifications, space, conditions, situations, and specific devices and facilities to reinforce safety were analyzed as representative types. It proposes a system that prepares a diagram for the safety design rule and allows it to be reviewed through the rule checker program.

Keywords: Safety Design, Rule Checking, Automatic Design Error Review

요약

연구목적: 화학물질 취급, 사용 등의 플랜트 및 사업장 설계 시 국내 안전관리 관련 법령을 준수하여 설계가 이루어졌는지 자동으로 판단할 수 있는 체계를 마련하여 검토 시간의 단축과 정확성을 높이고자 한다. **연구방법:** 화학물질 취급, 사용 사업장에 대한 안전 설계 기준을 조사하고, 조문을 의미단위로 구분하여 자동으로 설계오류를 판단할 수 있는 유형과 체계를 도출하였다. **연구결과:** 건물 설계 시 수행하던 자동 설계 검토 방법을 화학물질 취급 사업장을 설계 시 요구되는 안전설계 사항을 Rule Checker 개발을 통해 검토할 수 있는 체계를 제안하였다. 법 적용 대상 여부의 확인 후 전처리를 통해 의미단위로 안전설계 Rule을 구분한다. 구분된 결과는 4가지 유형으로 분류할 수 있고, 특정 장치 및 설비에 대한 사양, 공간, 조건, 상황에 대한 부분과 안전성을 강화하기 위한 특정 장치 및 설비에 대한 사항이 대표적인 유형으로 분석되었다. 각각의 안전설계 Rule에 대한 Diagram을 작성하고, 이를 Rule checker 프로그램을 통해 검토할 수 있도록 하는 체계를 제안한다.

핵심용어: 안전설계, 안전설계 기준 검토, 설계 오류

Received | 18 December, 2023

Revised | 21 March, 2024

Accepted | 21 March, 2024

OPEN ACCESS



This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>) which permits unrestricted noncommercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

© Society of Disaster Information All rights reserved.

서론

국내뿐만 아니라 전 세계적으로 프로젝트의 발주처, 엔지니어링회사를 중심으로 플랜트 설계 오류 자동 검증을 통한 프로젝트 리스크 감소 활동에 관심이 높다. '16년 보스턴컨설팅그룹(BCG)에서는 디지털 전환에 따른 비용 절감 효과가 약 7억 달러로 전체 비용의 12%를 감소시키는 효과가 있다고 밝힌 바 있으며, 여러기업들이 설계 오류 자동 검증을 위한 프로그램을 개발하기 위해 노력하고 있다(Boston Consulting Group, 2016).

플랜트 기본 설계 시 수작업으로 설계가 이루어지는 것과 이에 대해 안전 전문가가 수작업으로 하나하나 검토를 수행하는 것에 대한 한계와 문제점은 다수 존재한다. 설계를 하는 측면에서는 설계자가 모든 안전설계 규정에 대해 알기 어렵고, 설계자의 지식수준과 경험에 따라 반영 수준에 차이가 날 수밖에 없는 근본적인 한계를 갖고 있다. 안전설계 규정은 특정 설비를 대상으로 하는 것뿐만 아니라 사업장 및 단위 설비, 패키지화되어 있는 설비 등에 대한 것까지 포함하고 있어 설계자의 해석에 따라 규정 적용 여부와 반영 사항이 달라질 수 있다(Eastman et al., 2009, Korea Institute of Technology, 2020). 규제에 대한 해설서와 많은 질의 응답 내용은 이러한 문제점이 있음을 반증한다. 안전전문가가 검토를 하는 측면에서는 수작업으로 오류를 검토하게 됨에 따라 많은 시간과 비용이 수반되며 검토 사항에 대한 누락과 검토 오류 가능성이 존재한다는 점, 검토자의 지식수준과 경험에 따라 검토 사항에 차이가 날 수 있다는 것이다(Lee et al., 2021).

설계 작업 시 안전 관련 법을 준수하지 않아 설계 도면의 완성도가 떨어지게 되면 제작상의 오류 및 법의 미준수로 이어지고, 최악의 경우엔 현장에서의 사고로 연결되는 문제를 발생시킬 우려가 있다(Choi et al., 2013, Choi et al., 2009). 또한, 일반적으로 도면의 오류를 찾는 과정은 플랜트 설계 시 수백장의 P&ID를 이해하고 설계 도면을 한 장씩 일일이 검토(檢度)하는 방법 이외엔 오류를 찾아낼 확실한 방법이 없다.

따라서, 이미 설계된 도면의 데이터를 이용하여 자동으로 오류를 찾거나 설계과정에서 오류가 발생하는 것을 방지하도록 함으로써 공사 지연 및 공사비 상승 뿐만 아니라, 시공 품질 저하 등 문제로 인한 사고 발생 확률을 감소시켜 리스크 감소로 이어지도록 안전 Rule에 대한 설계 오류 자동 검증 방법을 마련할 필요가 있다(Yang, 2017). 이를 위하여 플랜트 및 사업장 설계 시 국내 안전관리 관련 법령을 준수하여 설계가 이루어졌는지 자동으로 판단할 수 있는 체계를 마련함으로써, 향후 Rule Checker 개발 시 검토 시간의 단축과 정확성을 높이는 데 기여 할 수 있는 프로그램 작동 기반을 마련하고자 한다. 제안하는 Rule Checking 체계를 기반으로 개발될 Rule Checker는 검토 수준의 동질성, 검토 사항과 적용의 일관성을 확보할 수 있으며 검토 사항 누락에 대한 오류 가능성 뿐만 아니라 시간과 비용을 감소시킬 수 있을 것으로 판단된다.

연구방법

연구대상

본 연구의 연구 대상은 화학물질을 취급 사용 저장 등을 하는 사업장에 대해 기본 설계 시 기준이 되는 안전설계 Rule에 해당하는 산업안전보건법, 화학물질관리법, 고압가스안전관리법, 위험물안전관리법에 대하여 국가법령정보센터에 공개된 정보를 수집하였다.

연구 범위 및 내용

본 연구는 화학물질을 취급, 사용 등을 하는 경우 안전관리 사항에 대해 명시하고 있는 대표적인 법률인 산업안전보건법,

화학물질관리법, 고압가스안전관리법, 위험물안전관리법을 기준으로 2D 상태에서 검토될 수 있는 구체적인 안전 설계 사항에 대해 명시하고 있는 개별 규칙 및 고시, 기술기준에 대한 사항을 분석하였다.

(1) 산업안전보건법의 하위법인 「산업안전보건기준에 관한 규칙」(시행, 2023.11.14.)의 안전설계 Rule을 도출 및 분석을 실시하였다. (2) 화학물질관리법 시행규칙에서 위임된 유해화학물질 제조·사용시설, 실내 및 실외 저장, 보관 시설, 지하 저장 시설, 사외배관 이송시설 설치 및 관리에 관한 고시(시행, 2023.1.1.) 7가지를 대상으로 안전설계 Rule을 도출 및 분석하였다. (3) 위험물안전관리법의 하위법인 「위험물안전관리법 시행규칙」(시행, 2023.6.29.) 제조소 등의 안전거리의 단축기준, 옥내저장소의 위치·구조 및 설비의 기준 등 [별표4~11, 17] 9가지를 대상으로 안전설계 Rule을 도출 및 분석을 실시하였다. (4) 고압가스안전관리법의 하위법인 「고압가스안전관리법 시행규칙」(시행, 2023.6.3.)의 안전설계 Rule을 도출 및 분석을 실시하였다.

분석 방법

4가지 분석 대상의 각 기준의 적용 범위 및 규칙에 대해 의미를 확인하고 2D 설계 도면상에서 검토될 수 있는 사항을 구분한다. 설계 자료인 2D 형태의 P&ID 등에서 검토 가능한 사항으로 판별되는 경우 안전설계 검토가 필요한 Rule로 분류하며 의미 단위가 되도록 한다. 예를 들어 「산업안전보건기준에 관한 규칙」 제72조 ‘사업주는 인체에 해로운 분진, 흙, 미스트, 증기 또는 가스 상태의 물질을 배출하기 위하여 국소배기장치를 설치하는 국소배기장치의 후드가 다음 각 호의 기준에 맞도록 하여야 한다.’라고 명시되어 있는데, 이를 ‘사업주는 인체에 해로운 분진, 흙, 미스트, 증기 또는 가스상태의 물질을 배출하기 위하여 국소배기장치를 설치해야 한다’ 라는 안전설계 Rule과 제72조 1호 “유해물질이 발생하는 곳마다 설치할 것”를 ‘유해물질이 발생하는 곳인 경우 국소배기장치를 설치해야 한다.’라는 의미로 이해하여 안전 설계 Rule로 구분한다. 프로그램을 통한 효율적인 검토를 위해서 단순한 구조의 Logic이 효율적이며, 추후 기준에 변경이 있더라도 다른 Rule 검토에 영향을 미치지 않도록 하기 위함이다(Lee et al., 2016).

Rule의 구성요소는 기본적으로 Rule의 대상이 되는 설비나 장치가 있고, 해당 설비나 장치에 설치해야 하는 안전 설비나 장치가 존재한다. 나아가 설비나 장치가 설치되어야 하는 상황이나, 장소에 대한 사항 또는, 설비나 장치 자체의 사양과 조건에 대한 내용들로 구성된다. 안전 설계 Rule을 Rule Checker를 통해 검토하기 위해서는 일정한 논리 구조가 필요하며, 이를 위해 분석 대상별 안전설계 Rule을 5가지 유형으로 분류하였다. 마지막으로 각 유형별로 Diagram을 작성하여 자동 검토를 할 수 있도록 안전 설계 Rule Checking 체계에 대해 제안하였다.

연구결과

일반적 특성

각 기준의 적용 범위 검토

법의 목적상 사업장의 종류나, 근로자 수, 유해·위험 정도 등에 관계 없이 국내 모든 사업장을 대상으로 하는 「산업안전보건기준에 관한 규칙」은 화학물질의 물리화학적 특성이 인화성, 부식성, 산화성 등 7가지 특성이 있는 경우에 대하여 안전설계 Rule을 제시하고 있다. 유해화학물질 취급시설을 대상으로 하는 유해화학물질 제조·사용시설 등 설치 및 관리에 관한 고시에서는 인화성, 폭발성, 산화성, 독성 등 11가지 특성이 있는 경우에 대하여 규정하고 있다. 「위험물안전관리법 시행규칙」에서

는 인화성 또는 발화성 등의 성질을 갖는 화학물질을 제1~7류(산화성 고체 등) 위험물로 구분하고 있고 일부 고인화점 위험물을 특례 형태로 안전 설계 사항을 규정하고 있다. 「고압가스안전관리법 시행규칙」에서는 상용 온도 압력 1MPa 이상이 되는 압축가스와 0.2Mpa 이상인 액화가스 등을 대상으로 가연성, 불활성 등의 특성을 갖는 고압가스와 특정고압가스에 대한 안전 설계 기준을 제시하고 있는 것으로 분석되었다. 이는 해당 규제의 대상 화학물질 인지 여부와 화학물질의 물리화학적 특성을 확인하여 안전설계 기준이 존재하는지 여부를 1차적으로 판단 할 수 있음을 알 수 있다. 특히, 안전설계 Rule Checker 프로그램 개발 시 각 규칙 및 고시, 기준이 적용되는 안전설계 기준 존재 유무를 판단하기 위하여 모든 기준을 한번에 검토되도록 하는 것이 아니라 각 기준을 개별적인 모듈로 검토 될 수 있도록 개발함으로써 오류 발생 가능성을 줄일 수 있다.

설계 검토가 요구되는 Rule 분류: 전처리

연구대상 전체 Rule에서 2D 설계 자료에서 검토 가능한 Rule을 분류하기 위해 각 Rule을 의미단위로 구분하였다. 「산업 안전보건기준에 관한 규칙」은 구분상 법령에 해당되어, 편·장·조·항·호·목의 구조를 취하고 있다. 편·장의 내용은 법 내용간 구분을 하는 기능을 수행하는 부분이므로 제외하고, 실질적인 의미를 갖고있는 조, 항, 목이 존재하는 경우 의미 단위로 구분 하기 위해 분석을 실시하였다. 유해화학물질 제조·사용시설 등에 관한 세부기준, 「위험물안전관리법 시행규칙」[별표4-11, 17], 고압가스안전관리법에 의한 KGS(KOREA GAS SAFETY CODE) FP111 2023의 규정 또한 안전 설계 의미를 갖고 있는 부분에 대해 분석하였다.

분석한 결과는 Table 1과 같이 2,072개가 안전 설계와 관련된 규정으로 분석되었다. 화학물질관리법 관련 고시는 제조사 용시설, 실내저장시설 등으로 위험물안전관리법 관련 기준은 옥내저장소, 옥외탱크저장소 등 각 시설별로 구분하여 안전 설계 기준을 제시하고 있었고, 고압가스안전관리법 관련 CODE에서는 가스관련 배관 및 밸브 등의 설계 사양에 대하여 구체적으로 제시하고 있어 해당 기준을 개별화함으로써 설계 기준의 수가 500개 이상으로 분석되었다. 산업안전보건기준에 관한 규칙은 모든 사업장을 대상으로 하는 안전관련 기준 중 화학물질을 취급 등을 함에 따라 설계에 반영되어야 하는 사항만을 도출한 결과로 타 기준 대비 적은 숫자인 254개로 분석되었다.

Table 1. Types and physicochemical characteristics of regulated chemicals

구분	산업안전보건기준에 관한 규칙 (산업안전보건법)	유해화학물질 제조사용 시설 등 고시 (화학물질관리법)	제조소의 위치·구조 및 설비 등 기준 (위험물안전관리법)	KGS CODE FP111 2023 (고압가스안전관리법)
안전 Rule 적용 대상 화학물질 및 물리화학적 특성	인화성, 부식성, 산화성, 독성, 석면, 금지유해물질, 허가유해물질	인화성, 폭발성, 산화성, 발화성, 독성, 금속부식성, 발열성, 자연발화성, 자기반응성, 물반응성, 유기과산화물	산화성 고체, 가연성 고체, 인화성 액체, 자연발화성, 금속성 물질, 산화성 액체, 자기반응성 물질, 고인화점 위험물	가연성, 불활성, 독성, 부식성, 산소, 압축가스, 액화가스, 지정가스

안전 설계 규정의 분류 및 유형화

의미 단위로 분석된 내용에 대한 분류를 위해 Table 2와 같은 6가지 항목으로 구분하여 Fig. 1과 같이 분류하였다. 법에서 안전 설계를 하도록 제시하고 있는 구조를 파악하여 다른 안전 관련 기준 또는 규칙을 추가해야 하는 경우, 일관성 있는 형태로 분류하고 자동 검토가 이루어질 수 있도록 하기 위함이다.

Table 2. The result of dividing into semantic units

구분	산업안전보건기준에 관한 규칙 (산업안전보건법)	유해화학물질 제조사용 시설 등 고시 (화학물질관리법)	제조소의 위치·구조 및 설비 등 기준 (위험물안전관리법)	KGS CODE FP111 2023 (고압가스안전관리법)	합계
Total(개)	254	750	507	561	2,072

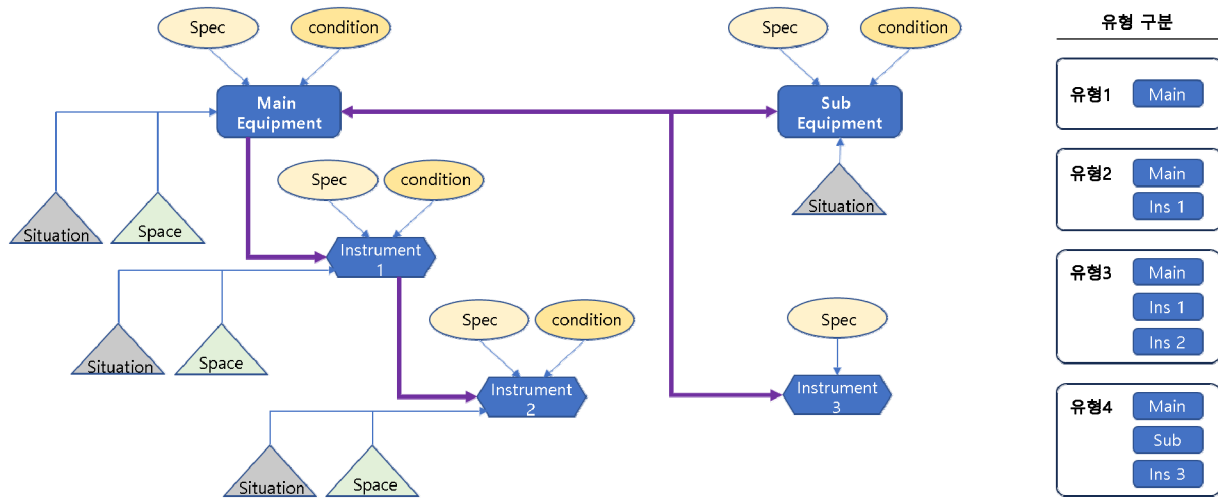


Fig. 1. Classification and typification of safety design regulations

안전 설계 기준은 Fig. 1의 결과로 비추어 봤을 때 Table 3의 분류방법에 따라 4가지 유형으로 분류 할 수 있다. 첫 번째 유형은 안전 설계 대상 장치 및 설비 자체에 대해 규정하고 있는 유형이다. 예를들어, 제조소의 위치·구조 및 설비 등 기준 V-1-나-1)에서 가연성가스 등이 체류할 우려가 있는 장소의 조명등은 방폭등(防爆燈)으로 하도록 하고 있다.

Table 3. Components for classifying types

항목	내용
Main·Sub Equipment	안전 설계의 대상이 되는 주요 장치 및 설비
Instrument	주요 장치 및 설비에 부착하거나 인근에 설치해야 하는 장치 및 설비
Spec	대상이 되는 장치 및 설비에 적용해야 하는 사양
Situation	대상이 되는 장치 및 설비 설치 등 지시사항(Spec)을 적용해야 하는 특정 상황 또는 환경
Space	대상이 되는 장치 및 설비 설치 등 지시사항(Spec)을 적용해야 하는 위치 또는 공간
Condition	대상이 되는 장치 및 설비 설치 등 지시사항(Spec)을 적용 시 반영해야 하는 조건

두 번째 유형은 안전 설계 대상 장치 및 설비가 존재하고, 이에 대한 안전성을 확보하기 위한 장치가 필요한 경우이다. 예를 들어, KGS CODE 11.3.(2)에서 가연성가스저온저장탱크에는 압력경보설비를 설치하도록 하고 있다.

세 번째 유형은 두 번째 유형에서 메인 장비나 설비를 안전하게 하기 위한 추가 장치에 대해서 안전성을 확보하기 위해 요구되는 장치가 필요한 경우이다. 이는 안전 설계를 확보하는 방법으로 특정 설비나 장치를 안전하게 하는 것은 물론이고, 해

당 장치에 문제가 발생했을 때를 대비한 안전 장치와 대비 성격의 안전장치에 대한 안전성 강화 장치를 운용하도록 규정하는 것으로 이해 될 수 있다. 예를들어, 「산업안전보건기준에 관한 규칙」 제261조 1항 안전밸브 등의 설치에 따르면 특정 설비에 대해서 과압에 따른 폭발을 방지하기 위하여 폭발 방지 성능과 규격을 갖춘 안전밸브 또는 파열판을 설치하도록 하고 있다.

네 번째 유형은 설비와 설비 사이에 발생하는 문제를 해결하도록하는 장치를 설치하도록 하는 경우이다. 예를들어, 유해 화학물질 제조사용시설 설치 및 관리에 관한 고시 [별표1] 나-1)-1 에서 유해화학물질의 감압설비와 그 물질의 반응설비간의 배관에는 긴급 시 물질이 역류되는 것을 효과적으로 차단할 수 있도록 역류방지밸브 등을 설치하도록 규정하고 있다.

기준 별 안전설계 Rule 분류 결과

안전설계 Rule 2,072개에 대해 4가지 유형으로 구분한 결과는 Table 4와 같다. 산업안전보건기준에 관한 규칙의 경우 총 561개의 Rule은 유형1 439개, 유형2 118개, 유형3 4개로 구분되었다. 유해화학물질 제조사용 시설 등에 관한 고시, KGS CODE, 위험물관리법에 따른 제조소의 위치·구조 및 설비 등 기준에 대해서도 4가지로 유형을 구분하였으며, 특정 장치나 설비에 대한 안전 설계 기준이 1,579개로 76.2%로 가장 많은 비중을 차지하였다. 특정 장치나 설비에 안전장치 및 설비를 부착하도록 하는 유형 2번의 경우 21.1%의 비중을 차지하였으며, 유형 3번과 4번을 합친 비율이 2.6%를 차지하고 있는 것으로 분석되었다. 이는 안전설계를 함에 있어 해당 장치나 설비 자체에 대한 안전성을 기하도록 하는 기준과 이를 보완하기 위한 보조적 장치가 있는 기준이 대부분을 차지하고 있고, 일부 특정한 상황에서 추가적인 안전장치를 고려하도록 하는 형태를 취하고 있는 구조인 것으로 이해할 수 있다.

Table 4. Typing results by criteria

구분	유형1		유형2		유형3		유형4		합계(개, %)	
	개	%	개	%	개	%	개	%	개	%
산업안전보건기준에 관한 규칙	439	78.3	118	21.0	4	0.7	-	0.0	561	27.1
유해화학물질 제조사용 시설 등 고시	180	70.9	58	22.8	16	6.3	-	0.0	254	12.3
제조소의 위치·구조 및 설비 등 기준	624	83.2	107	14.3	16	2.1	3	0.4	750	36.2
KGS CODE FP111 2023	336	66.3	155	30.6	12	2.4	4	0.8	507	24.5
합계	1,579	76.2	438	21.1	48	2.3	7	0.3	2,072	100

1번 유형으로 분류된 장치 및 설비는 가스 검지 및 경보장치, 간이 저장탱크, 감압설비, 과전류차단장치, 보일러, 보호망, 밸브 등이 있으며, 2번 유형으로 분류된 장치 및 설비는 급기구, 냉방장치, 덕트, 방류벽, 방호틀 등이 있다. 3번 유형으로 분류된 장치 및 설비는 공기흡입구, 안전제어장치, 파열판 등이 있으며, 4번 유형의 경우 반응설비, 비상전력설비, 사고예방설비, 정치설비, 집유설비로 분류되었다. 이러한 결과는 어떤 한 장치나 설비가 특정 유형에만 해당하는 것이 아니라는 것을 알 수 있다.

안전설계 Rule 자동 검토를 위한 Rule Checker 체계 및 Rule 검토 Diagram

Rule Checker 프로그램을 개발하여 자동 Rule 검토를 수행하기 위해서는, P&ID 등 2D상에 설계한 내용이 기준의 목적인 장치나 설비가 무엇인지 규정하고 자체적인 사양이나 사양을 갖춰야 하는 특정 상황, 공간, 조건을 확인하여 적합하게 설

계되었는지 확인하도록 하는 절차를 거쳐야 한다. 이후, 기준의 목적이 되는 장치나 설비를 안전하게 하기 위한 별도의 장치나 설비가 무엇인지 확인하고 자체적인 사양과, 사양을 갖춰야 하는 특정 상황 등을 검토한다. 이러한 Fig. 2와 같은 절차를 통해 안전설계를 검토하는 Rule Checker는 모든 정보를 2진수로 표현하는 컴퓨터 프로그램에 적합하도록 구성하고, 주 설비와 보조 설비 및 장치를 각각 검토하도록 함으로써 설계상 오류 여부를 판단하도록 개발해야 한다.

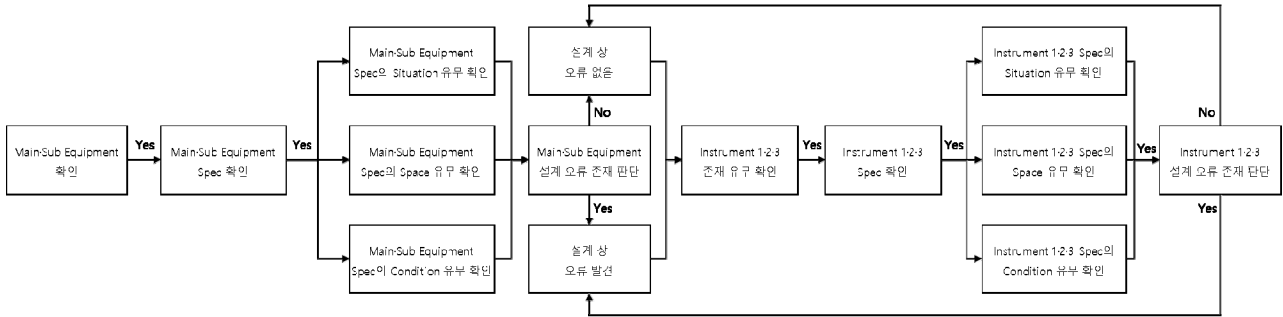


Fig. 2. Rule checker system for automatic safety design rule review

Rule Checker를 통해 오류 검토를 하기 위해서 Diagram을 작성하면 프로그램의 작동 방식에 따른 검토 내용을 체계적으로 빠짐없이 검토할 수 있다. 「위험물안전관리법 시행규칙」 [별표 8] 지하탱크저장소의 위치 구조 및 설비의 기준 I-9. “액체위험물의 지하저장탱크에는 위험물의 양을 자동적으로 표시하는 장치 및 계량구를 설치하고, 계량구 직하에 있는 탱크의 밑판에 그 손상을 방지하기 위한 조치를 하여야 한다.”라는 기준은 Fig. 3과 같은 형태로 나타낼 수 있다. 또한 설계 오류 사항에 대한 검토를 위해 개발 중인 프로그램에서 구현한 예시적 형태는 다음 Fig. 4과 같다. 즉, 의미 단위로 구분한 안전설계 기준을 분류하여 각 장치 및 설비에 대한 안전설계 Rule이 P&ID 등에 설계된 내용에 반영 되었는지를 Diagram을 작성하여 Rule Checker를 통해 검토할 수 있다.

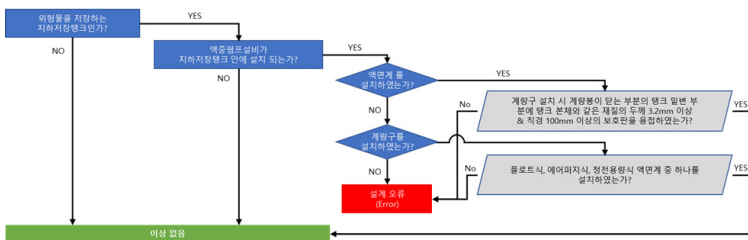


Fig. 3. Rule checker for automatic safety design rule review

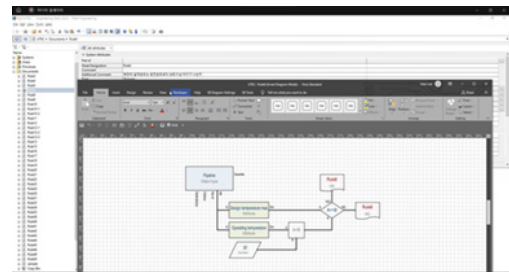


Fig. 4. Examples of program development

결론

본 연구는 화학물질을 취급·사용·저장 등을 하는 사업장을 설계 할 때 준수해야 하는 산업안전보건법, 화학물질관리법, 고압가스안전관리법, 위험물안전관리법의 구체적인 안전설계 Rule에 대해 분석하였다. 안전설계 Rule에 대해 의미 단위로 구분하여 해당 기준에서 제시하고 있는 설계 유형화를 수행하였다. 각 유형별 기준 준수 여부를 자동으로 확인을 할 수 있는 제

계에 대해 제시하고자 하였다.

각 기준의 적용 여부를 판단하기 위해서는 법 적용 대상 여부를 먼저 확인해야 하고, 특정 화학물질 및 물리화학적 특성을 갖고 있는 경우 안전설계 Rule이 제시되고 있음을 확인하였다. 시행규칙 및 고시에서 요구하는 사항에 대해 분석하기 위해서 원문에 대한 전 처리를 반드시 필요로 하며 이를 의미 단위로 하여 안전설계 Rule을 도출할 수 있었다. 도출된 결과는 4가지 유형으로 구분될 수 있고, 크기는 특정 장치 및 설비 자체에 대한 기준과 이를 안전하게 하기 위한 장치 및 기준으로 구분된다. 또한, 장치 및 설비에 대한 구체적인 사양이나 해당 사양을 만족시켜야 하는 공간 및 조건, 상황에 대한 기준들이 연결되어 있음을 확인하였다. 이러한 안전설계 Rule의 구조는 Rule Checker 프로그램을 개발하고 설계 오류 검토 시 장치 및 설비의 종류, 설비의 사양 등에 대한 검토가 이뤄져야 함을 시사한다. 오류 검토 절차는 개별적인 안전설계 기준에 대한 Diagram 작성을 함으로써 체계적으로 진행될 수 있다. 특히, 안전설계 Rule Checker 프로그램은 각 법을 통합하여 한 번에 검토되도록 하는 체계보다는 각 법을 개별적으로 검토하여 오류를 검토하도록 하는 것이 효율적인 것으로 판단된다. 그 이유는 안전설계 대상이 다르고 법에서 규정하는 설비나 장치의 명칭이 상이하거나 범위가 다를 수 있기 때문이다. 또한 기준에 변동이 생길 경우 모두 연결되어 검토되는 형태의 프로그램은 정지 또는 작동 오류상태에 빠질 확률이 커서 결과의 불확실성을 높일 가능성이 있어 개별 검토되는 체계를 제안한다.

본 연구의 한계는 P&ID 등의 설계 자료와 의미 단위로 구분된 안전설계 Rule의 적용성을 완벽하게 판단하기는 어렵다는 점이다. 그 이유는 특정 설비로 명시되어 있는 경우, 해당 설비에 대한 명확한 정의가 되어 있지 않은 경우가 있고 해석자의 개인적인 견해가 들어갈 수 있다. 예를들어 안전한, 적절한 구조, 적당히 경사지게 하거나 적합한 장소를 선택해야 한다고 규정된 경우엔 판단하는 사람에 따라 얼마든지 해석의 차이를 보일 수 있어, 개별 기준의 검토 명확화를 위한 정의 등을 새로이 하는 등 추가적인 연구를 통해 해결될 필요가 있다고 판단된다.

Acknowledgement

본 연구는 2024년도 정부(산업통상자원부)의 재원으로 한국산업기술기획평가원의 지원을 받아 수행되었습니다(P00143881, 탄소저감모델연계 디지털엔지니어링 설계 기술 개발).

References

- [1] Choi J.S., Kim, I.H. (2013). "Development of check-list for BIM based architectural design quality check." Transactions of the Society of CAD/CAM Engineers, Vol. 18, No. 3, pp. 177-188.
- [2] Choi, J.S., Kim, I.H., Jo, C.W., Choi, J.H. (2009). "Application status of domestic architectural industry of open BIM and development direction." Transactions of the Society of CAD/CAM Engineers, Vol. 14, No. 6, pp. 355-363.
- [3] Eastman, C., Lee, J.M., Jeong, Y.S., Lee, J.K. (2009). "Automatic rule-based checking of building designs." Automation in Construction, Vol. 18, No. 8, pp. 1011-1033.
- [4] Employment and Labor (2021). Occupational Safety and Health Act.
- [5] Korea Institute of Construction Technology (2020). Final Report on the Establishment of the Integrated Plant Safety Management Package for the Advancement of the Plant Industry. Ministry of Land, 18RDPP-C150 506-01, Gyeonggi-do, Republic of Korea.
- [6] Lee, H.S., Lee, J.K., Park, S.K., Kim, I.H. (2016). "Translating building legislation into a computer-executable

format for evaluating building permit requirements.” *Automation in Construction*, Vol. 71, Part 1, pp. 49-61.

- [7] Lee, Y., Kim, J.M., Choi, Y.S. (2021). “A study on the consistency analysis of BIM design and field construction scan data of plants.” *KOREA Spatial Information Society*, Online, pp. 81-83.
- [8] Ministry of Environment (2020). *Chemical Substances Control Act*.
- [9] Public Safety and Security (2023). *Act on The Safety Control of Hazardous Substances*.
- [10] *The Transformative Power of Building Information Modeling* (2016). Boston Consulting Group. <https://www.bcg.com/publications/2016/engineered-products-infrastructure-digital-transformative-power-building-information-modeling>.
- [11] Trade, Industry and Energy (2021). *High-Pressure Gas Safety Control Act*.
- [12] Yang, D.S. (2017), “Development of an verification system for enhancing BIM design base on usability.” *LHI Journal*, Vol. 27, pp. 23-29.