



화학물질 안전관리 시설기준 합리화 연구 : 방류벽 중심

김남석 · †유병태
화학물질안전원

(2020년 1월 17일 접수, 2020년 4월 11일 수정, 2020년 4월 12일 채택)

A Study of the Rationalization of Handling Facility Safety Management Standard for Hazardous Chemicals : Focusing on Dike

Nam-Suk Kim · †Byung-Tae Yoo

National Institute of Chemical Safety, Korea

(Received January 17, 2020; Revised April 11, 2020; Accepted April 12, 2020)

요약

화학사고의 예방 및 대응을 위한 화학물질관리법이 2015년 전부 개정되었다. 이를 계기로 유해화학물질 취급시설의 설치 및 관리기준도 상당히 강화되었다. 하지만, 일부 기존시설의 경우 시설기준 준수가 어려운 쉽지 않은 경우가 발생하지만 일괄적으로 적용되고 있어 산업계에서는 어려움을 호소하고 있는 실정이다.

본 연구에서는 이러한 최근 2년(2017-2018)간 취급시설 중 민원(1,087건)이 가장 많았던(2017:117건, 2018:83건) 방류벽에 대한 선행연구, Flacs 시뮬레이션, 국내 · 외 기준, 만족도 조사 등을 통해 보다 합리적인 방안을 마련하고자 하였다. 이에 현재 가동 중인 기존시설에 한하여 방류벽의 설치 목적을 고려하여 화학물질 유·누출을 신속하게 감지할 수 있고 신뢰성을 높이기 위해 감지기를 추가로 설치하거나 상시 모니터링이 가능한 폐쇄회로텔레비전(CCTV)을 추가로 설치·운영하는 경우 추가 대체방안으로 인정하였다. 이는 부지를 확보하기 힘들거나, 공사비용 등 경제적인 문제로 법적인 규제를 이행하지 못하는 영세사업장 또는 중소기업의 안전측면과 비용적인 측면에 도움이 될 것이다.

Abstract - The Chemical Control Act has revised in 2015 to promote chemical safety, particularly enhancing the standards for the installation and management of hazardous chemical handling facilities. However, in some existing facilities, it was difficult to comply with some facility standards because of lack of land, safety accident possibility during rebuilding. In this study, we attempted to provide a more rational approach of dike standard which was the highest(2017: 117, 2018: 83) complaint for two years(2017~2018, 1,087) by prior study, FLACS simulation, analyze safety management standard and conduct a survey. Therefore, considering the purpose of installing the discharge wall only at existing facilities in operation, additional sensors that can detect chemical leakage and leakage were recognized as an additional alternative to installing and operating closed circuit television (CCTV). This will help the safety and cost aspects of small or medium-sized businesses or small and medium-sized enterprises that cannot secure legal grounds or fail to enforce legal regulations due to economic problems such as construction costs.

Key words : handling facilities , dike, safety accident, safety management, FLACS

†Corresponding author: flyduck@korea.kr

Copyright © 2020 by The Korean Institute of Gas

I. 서론

정부는 2013년 범정부적으로 추진한 「화학물질 안전관리 종합대책」 및 구미 불산사고 등의 유해화학물질 사고 발생에 따라 화학물질 취급 안전관리 기준을 강화하였다. 기존의 유해화학물질관리법(이하 ‘유해법’이라 한다.)을 화학물질관리법(이하 ‘화관법’)과 화학 물질 등록 및 평가 등에 관한 법률로 전면 개정·시행하였다[1-3]

환경부에서 발표한 ‘2016년도 화학물질 통계조사’ 결과 유해화학물질 유통량은 매년 꾸준히 증가하고 있다. 2016년은 10년 전인 2007년 대비 81.9% 늘었으며 구미 불산 누출사고가 발생한 2012년 대비 31.0% 증가하였다. 수입은 크게 늘지 않은 반면 제조·사용의 경우 큰 폭으로 증가하고 있다[4-6]. 늘어나는 유해화학물질만큼 취급시설에 대한 안전관리가 수반되어야 하지만 그렇지 못한 실정이다[7].

우리나라 화학물질 안전관리는 2015년 이전과 이후로 나눌 수 있다. 특히, 화관법의 경우 화학물질의 체계적 관리를 통해 국민 건강 및 환경을 보호하기 위한 목적으로 화학물질에 대한 통계조사 및 정보체계구축, 유해화학물질 취급 및 설치·운영기준 구체화 등의 안전관리를 강화하였다. 또한, 장외영향평가제도 및 영업허가제 신설 등을 통한 유해화학물질 예방관리체계를 강화하였고 화학사고의 발생 시 즉시 신고의무를 부여, 현장조정관 파견 등 화학사고의 대비·대응의 내용도 담고 있다[4].

취급시설 설치 및 관리기준이 크게 변화하여, 당초 유해법의 78개 조항에서 413개로 대폭 확대·강화되었다.[7-8]. 413개 조항으로 확대되면서 취급시설 항목 또한 71개로 개편되었다. 특히 가동 전 설치검사가 새롭게 추가되며 유해화학물질 취급시설의 안전성을 사전검사로써 규정하였다.

화관법 취급시설 기준은 신규시설을 포함하여 2014년 12월 31일 이전에 착공한 기존시설의 경우에도 5년(2019.12.31)의 유예기간을 두고 소급적용토록 하였다. 이러한 상황으로 화관법 제정 이후 산업계에서는 기존시설의 소급적용 부분에 대해 지속적으로 어려움을 호소하면서 합리화 방안을 요구하였다.

화학물질안전원은 취급시설 기준의 합리화 및 현장 적용성을 강화하기 위하여 일부 시설에 대해 특례(2018년 1월, 안전성평가제도)를 신설·운영하고 있으며, 유해화학물질 취급량에 따른 차등화 된 기준 마련(2018년 6월, 소량취급시설기준) 등 지속적인 제도 개선도 진행하였다[7].

그럼에도 불구하고, 2014년 12월 31일 이전에 설

치되어 운영되고 있는 취급시설(이하 ‘기존 시설’)의 경우 화관법에 따라 안전을 확보하기 위한 현장 작업 시 오히려 안전을 위협할 수 있다는 현장의 어려움이 있었다[9-11]. 화관법 시설 기준을 적용하고 싶어도 물리적인 공간이 부족하거나, 기준 준수를 위해 현장 작업 시 오히려 사고 위험 우려가 있는 취급시설인 방류벽에 합리적인 대안을 마련하고자 하였다.

이에 선행연구를 분석하고 시뮬레이션으로 방류벽의 필요성을 분석하였다. 또한, 국내·외에서 규제하고 있는 방류벽 기준을 비교하였고, 현장조사를 통하여 설치현황을 알아보고 사업장 대상 설문 등을 통해 만족도를 조사하였다. 위의 결과를 토대로 법령 정비와 추가안전관리방안의 필요성이 도출되었다.

II. 연구방법

화관법상 방류벽에 대한 법적 설치기준은 저장탱크 외면으로부터 방류벽까지의 이격 거리를 1.5m, 또는 탱크지름이 15m이상인 경우 탱크높이의 1/2 이상 또는 15m 미만인 경우 탱크높이의 1/3 이상 이격하여야 하며, 높이는 최소 0.5m 이상, 용량은 탱크 용량 110%가 확보되어야 한다. 산업계의 가장 큰 애로사항으로 현재 운영 중인 시설에 대한 해당기준의 소급적용 사항이다.

본 연구에서는 Fig.1과 같이 최근 2년간 가장 많은 민원이 발생한 방류벽(2017:117건, 2018:83건)에 대한 법령 정비 및 추가안전관리 방안을 마련하여 정부 정책과 현장 적용성의 간격을 줄여 유해화학물질 취급자가 화관법 이행을 기민하게 할 수 있도록 법령을 정비하는 방안을 연구하였고 그 방법은 아래와 같다.

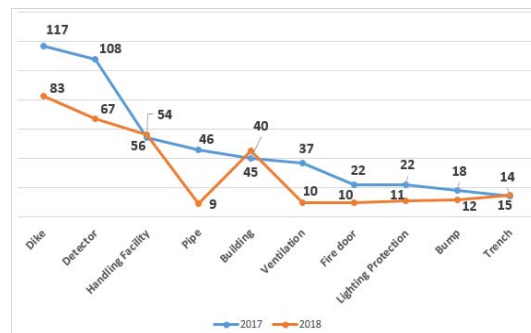


Fig. 1. Trend of handling facilities civil complaints for 2 years.



Fig. 2. Atmospheric dispersion of hydrochloric acid from the Dike[16].

2.1. 선행연구 고찰

유해화학물질 취급시설에 대한 사회 및 기업의 관심이 높아지면서 최근 들어 방류벽에 대한 학문적 연구가 활발히 이루어졌다. 이재열[12] 등은 저장물질의 액위 높이와 누출구의 높이 차이에 따른 탱크와 방류벽 사이 간격에 관한 연구를 수행하였다. 이원재[13]는 누출속도를 근거로 누출계적을 계산하여 방유제의 역할을 제대로 수행하는지 평가하였다. 황현석[14]은 피해영향범위에 관한 연구를 피해예측프로그램을 통해 피해영향범위를 줄일 수 있는 방안을 연구하였다. 이은별[15]은 탱크와 방류벽간의 거리보다 누출구의 높이, 탱크와의 체결 배관, 펌프 등을 고려하여 효과적인 예방대책을 연구하였다. 위의 연구내용을 검토하여 분석하였다.

2.2. 시뮬레이션

방류벽은 유해화학물질을 취급하고 있는 시설에서 유·누출 사고 및 2차사고를 예방하기 위한 중요한 시설 중 하나이며, 안전설비로서 그 역할 및 기능이 매우 중요함을 Fig. 2를 통해 알 수 있다[16]. 염산(농도 35%) 저장탱크 이송배관의 밸브 부식에 의해 염산이 유·누출 되어 지속적으로 흡이 발생하고 있으나, 방류벽내에 흡이 체류하여 대기확산이 방지되고 피해영향범위를 줄이고 있다.

이러한 방류벽 기능을 위해 FLACS 10.9r1 모사를 통해 방류벽의 유무에 따른 효율성을 검증하였다. 탱크 모형은 수직 원형탱크로 선정하였으며, 현장 설계 여건을 반영하기 위해 OO화학공장 톨루엔 저장탱크 및 방류벽을 3D스캔을 통해 모듈화하여 설계하였고 스캔데이터를 정합 후 CAD파일로 변환하여 FLACS Geometry로 Import하여 Fig. 3과 같이 생성하였다. 가로 8m, 세로 9.4m 시설위에 지름 2.9m, 높이 5.2m의 저장탱크이다.

방류벽은 현장과 동일하게 가로 8m, 세로 9.4m의

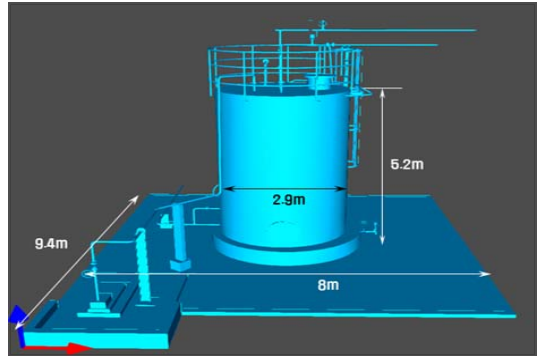


Fig. 3. Structure & Specification of toluene storage tank.

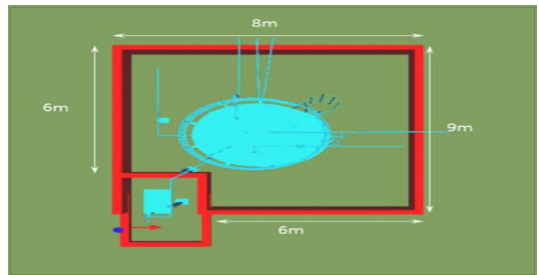


Fig. 4. Structure & Specification of Dike.

값을 적용하였으며 세부사항은 Fig. 4와 같다.

공정에 따른 누출시나리오는 화학물질안전원지침 제2018-5호(2018.2.6.) “사고시나리오 선정에 관한 기술지침”에 따라 선정 하였다. 저장용기에서 최대량이 누출되어 사람 및 환경에 미치는 영향범위가 최대인 사고시나리오인 최악의 사고 시나리오 환경 및 조건으로 검증하였으며 저장탱크의 공정조건은 온도 25℃, 압력 대기압으로 적용하였다. 범위는 가로 60m, 세로 60m로 적용하여 방류벽 유무에 따른 확산범위를 알아보기 위한 시뮬레이션을 수행하였다.

2.3. 국내·외 기준 비교

방류벽은 용어의 차이가 있지만 국내·외 안전관련 부처의 관련법령에서 설치 및 관리 기준을 규정하고 있으며, Table. 1과 같다.

2.4. 현장조사

유해화학물질을 취급하는 방류벽 설치현황을 파악하기 위해 현장방문으로 조사를 실시하였다. 방류벽이 취급시설 기준에 적합하게 설치되었는지 여부를 파악하고 기준에 적합하게 개선이 가능한지

여부를 조사하였다. 방류벽의 유효체적용량, 이격거리, 높이의 적절성과 이를 개선할 경우 문제점에 대해 조사하였다.

2.5. 만족도 설문조사

취급시설 기존시설(2015년 이전시설)에 대한 화관법의 소급적용 대신 물리적 공간부족, 대규모 이설이 필요한 취급시설의 경우 추가안전관리방안을 마련하였다. 특히, 방류벽의 경우 감지기 및 CCTV를 추가 설치하여 시설의 안전을 확보할 수 있도록 마련한 추가안전관리방안의 만족도 조사위해 설문조사를 실시하였다.

대구지역에서는 587명이 참석하여 약 41.7%인 245명이 응답하였으며, 전주에서 전북 지역 유해화학물질 사업장 환경안전담당자 354명을 대상으로 현장 설

명 후 설문조사를 실시하였고, 그중 약 31.7%인 112명이 응답하였다. 여수에서는 309명이 참석하여 41.1%인 127명이 응답하였다. 추가안전관리방안 만족도 질문에 대한 답변은 5단계(매우만족, 만족, 보통, 미흡, 매우 미흡) 구분하였다.

III. 연구결과

3.1. 선행연구 고찰 결과

선행연구를 분석하면, 탱크 누출구가 높을수록 체적이 줄어들었지만 방류벽 높이인 0.5m 이상으로 누출되는 경우도 발생함을 알 수 있었다. 탱크와 방류벽간의 거리보다 누출구의 높이에 영향을 받는 것으로 나타났으며, 탱크와의 체결 배관, 펌프 등 누출 우려가 높은 부분의 높이를 고려하는 것이 효과적일 것으로 판단된다. 그러나 높은 위치에서는 탱크의 수위변화로 인해 적은 양이 누출되며, 탱크의 누출구는 일반적으로 상부보다는 압력을 많이 받는 하부 배관의 밸브 등에서 누출되는 경우가 일반적이다. 방류벽과 저장탱크간의 이격거리는 유지·보수를 위한 공간확보도 중요하지만 화학사고 예방차원에서 매우 중요하다. 다만, 부지를 확보하기 힘들거나, 가동 중인 시설, 대규모 이설공사에 따른 안전사고 가능성 등도 함께 고려되어야 하는 사항이다.

3.2. 시뮬레이션 결과

방류벽 미 설치 시 1cm이상의 Pool 두께를 갖는 최대크기는 누출시간이 약 10분 일 때 X축으로 28m, Y축으로 31m로 결과가 도출되어, Fig. 5와 같다. 방류벽 설치 시에는 누출시간 10분 일 때 방류벽 내에 체류되어, 방류벽이 피해영향범위 감소에 효과가 있음을 알 수 있었다.

Table 1. Comparison of domestic and foreign Dike and storage tank spacing

Applied to	Purpose& Characteristic	Minimum Distance	Compulsory
Indoor Tank of Toxic Chemicals Control ACT	Exceptions if maintenance is not interrupted	0.5m	○
Outdoor Tank of Act on The Safety Control of Hazardous Substances	Exceptions if maintenance is not interrupted	0.5m	○
Indoor Tank of Occupational Safety and Health act	No criteria for indoor tank	1.5m	○
Outdoor Tank of Occupational Safety and Health act	Exception when applying other laws	1.5m	X
UK Pollution Control Rules Applied Tank	Purpose of inspection	0.75m	○
Australian Environmental Protection Agency-Applied Storage Tank	Purpose of leakage prevention	1m	○
NFPA	Purpose of firefighting activities	1.5m	○
OSHA	Purpose of fire prevention	1.5m	X
EPA	-	-	X

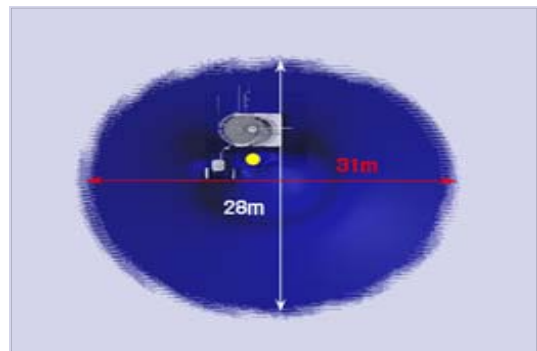


Fig. 5. Maximum size of more than 1cm in Dike.

3.3. 국내 · 외 기준 비교 결과

위험물안전관리법과 산업안전보건법에서는 위험물 및 지정수량을 지정하여 방류벽을 적용하고 있다. 위험물안전관리법에서는 화관법과 동일한 기준을 적용하고 있으며 산업안전보건법은 방류벽 적용에 대한 이격거리, 용량, 방류벽 높이 등에 대해서는 구체적인 기준을 법적으로 강제하지 않고 Kosha Guide에 따라 권고하고 있다.

미국 환경보호청에서도 방류벽과 같은 시설을 설치하도록 하고 있으나, 방류벽과 저장탱크 사이의 거리를 규정하지는 않고 있다. 영국의 오염관리규칙에서는 탱크의 부식 또는 누출을 외부에서 검사할 수 있도록 탱크와 방류벽 사이의 최소 간격은 0.75m, 탱크와 방류벽 바닥사이의 최소간격은 0.6m를 권장하고 있었으며, 호주 환경보호청은 높이는 0.5m~1.5m로 하되, 방류벽 내벽과 저장탱크 사이의



Fig. 6. Difficulties in applying the standard.

거리는 최소 1m를 제시하고 있었다.

3.4. 현장조사 결과

유해화학물질 유·누출로 인한 외부 확산을 1차적으로 차단하기 위하여 필요한 방류벽의 경우 차량통행로, 주변시설 인접 등으로 Fig. 6처럼 물리적 공간부족 등으로 시설준수가 매우 어렵거나 개선을 위해서는 대규모 이설 또는 주변 시설을 철거해야 하는 경우가 발생한다.

또한, 2015년에서 2018년 사이의 화학사고 총 334건 중 정비·보수 중 발생한 사고는 19건으로 5.6%를 차지하고 있으며, 2008년에서 2017년 사이의 중대산업

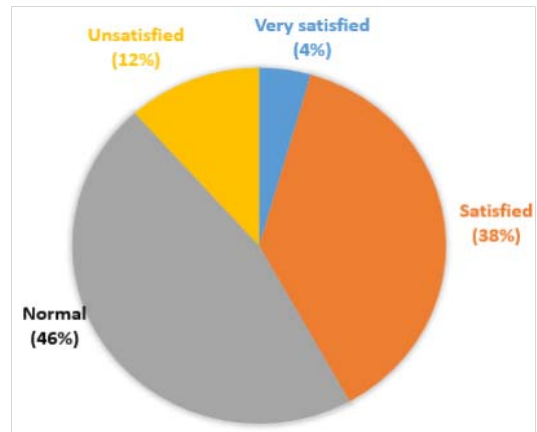


Fig. 8. Result of survey for alternative system in Jeonju.

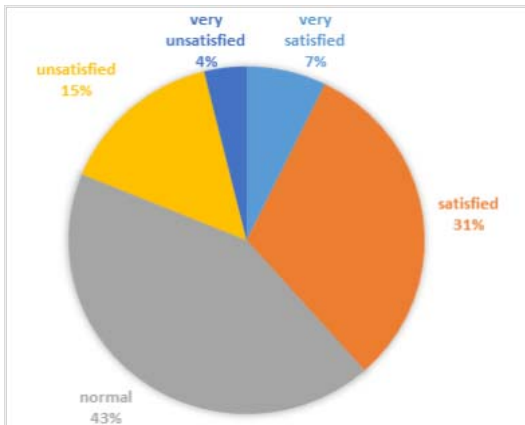


Fig. 7. Result of survey for alternative system in Daegu.

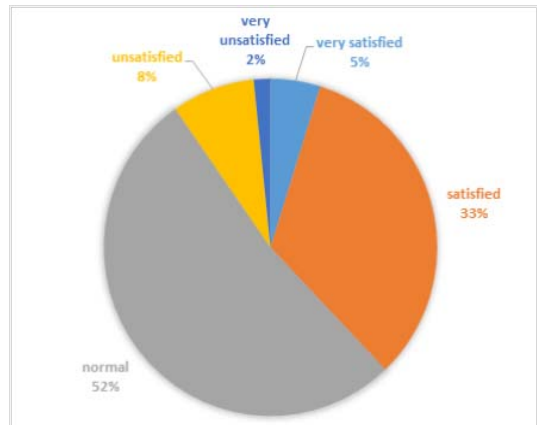


Fig. 9. Result of survey for alternative system in Yeosu.

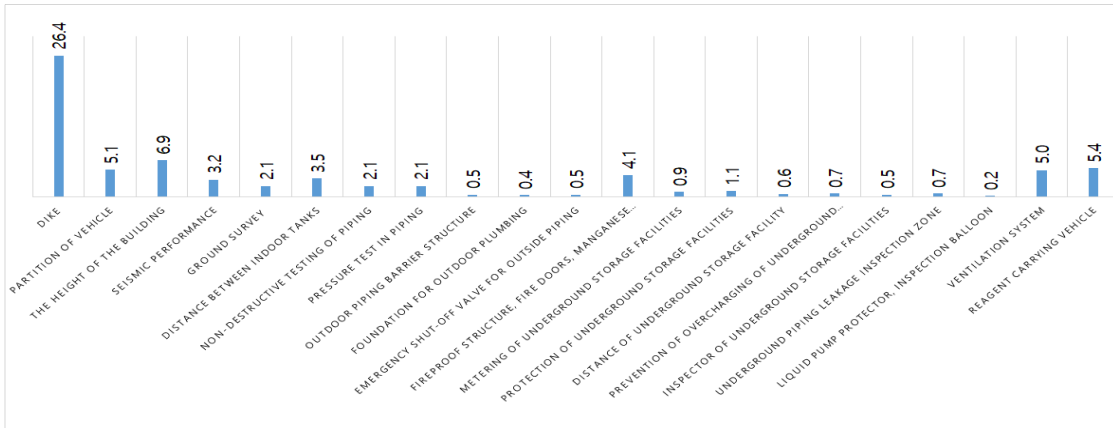


Fig. 10. Satisfied items of survey for alternative system.

사고 총 63건 중 정비·보수 중 발생한 사고는 23건으로 36.5%를 차지하고 있다. 화관법상 취급시설도 예외는 아니다.

즉, 사업장의 안전관리 향상을 위하여 기술적 측면뿐만 아니라 관련 제도를 현장여건을 고려하여 안전한 체계로 개선하는 것 또한 사업장의 안전관리를 향상시킬 수 있는 방안 중 하나인 것이다.

3.4. 만족도 설문조사 결과

대구에서는 매우만족(7%), 만족(31%), 보통(43%)로 응답하여 긍정적인 부분이 81%로 분석되었다. 또한 15%가 미흡하다고 답했으며 매우 미흡하다는 답변은 4%로 분석되었다(Fig. 7.).

전주에서는 설문조사 결과 매우만족(4%), 만족(38%), 보통(46%)로 응답하여 긍정적인 부분이 88%로 분석되었다. 또한 12%가 미흡하다고 답했으며 매우 미흡하다는 답변은 없는 것으로 분석되었다(Fig. 8.).

여수에서는 매우만족(5%), 만족(33%), 보통(52%)로 응답하여 긍정적인 부분이 90%로 분석되었다. 또한 8%가 미흡하다고 답했으며 매우 미흡하다는 답변은 2%로 분석되었다(Fig. 9.).

전북지역에서는 추가안전관리방안 중 다중 선택이 가능한 조건으로 만족도가 높은 시설은 방류벽(31.0%), 내진성능(8.1%), 차량 칸막이 및 방파판(7.7%) 순으로 나타났으며, 불만족이 높은 시설로는 배관 비파괴(20.5%), 내진성능(15.4%), 내화구조(12.8%) 순으로 나타났다. 대구지역과 여수지역에서도 추가안전관리방안 중 다중 선택이 가능한 조건으로 만족도가 높은 시설은 방류벽으로 각각 25.5%, 24%로 나타났다.

대구, 전주, 여수 지역에 대한 설문조사 결과 전반

적으로 추가안전관리방안에 대한 만족도는 높았으며, 추가안전관리방안 항목 중 방류벽에 대한 부분이 26.4%로 가장 높은 비율을 차지하였다(Fig. 10.).

VI. 결론

본 연구에서는 유해화학물질 취급시설 기준에 대한 정부 정책과 현장 적용성의 간격을 줄여 합리적인 제도 운영 및 기준 이행력을 강화할 수 있도록 관련 법령체계 개선방안 및 화관법 시설 기준 준수가 어려운 방류벽 시설을 도출하여 추가적인 안전관리 방안을 제시하고자 하였다.

먼저, 최근 2년간 화학물질안전원에 접수된 취급시설관련 국민신문고 민원 1,087건을 조사·분석하여 연도별 주요 이슈사항, 산업계 관심사항 그리고 애로사항 등을 분석하였다. 분석 결과를 바탕으로 2015년 화관법 개정 이전 설치 및 운영 중인 기존 시설 중 물리적 공간부족, 대규모 이설 등으로 오히려 시설기준 준수를 위한 작업 중 안전사고 발생 위험성이 우려되는 기존시설 중 민원사항이 가장 많은 방류벽을 선정하여 해당시설에 대한 화관법 소급적용 없이 해당시설의 안전관리를 통해 화학사고를 예방할 수 있는 추가 안전관리방안을 마련하였다.

이에 선행연구를 분석하고 시뮬레이션으로 방류벽의 필요성을 분석하였다. 또한, 국내·외에서 규제하고 있는 방류벽 기준을 비교하였고, 현장조사를 통하여 설치현황을 알아보고 사업장 대상 설문을 통해 만족도를 조사하였다.

위의 결과를 토대로 방류벽의 이격거리는 유지·보수를 위한 공간확보 뿐만 아니라 사고예방차원

에서 필요하다, 이격거리로 인해 부지를 확보하기 힘들거나, 공사비용 등 경제적인 문제로 법적인 규제를 이행하지 못하는 영세사업장 또는 중소기업이 다수 존재하므로 타당성 검토를 통해 합리적인 대안의 도출이 필요하였다. 사고 위험성이 높을 수 있는 현재 가동 중인 기존시설에 한하여 방류벽의 설치 목적을 고려하여 방류벽의 설치 목적을 고려하여 화학물질 유누출을 신속하게 감지할 수 있고 신뢰성을 높이기 위해 감지기를 추가로 설치하거나 상시 모니터링이 가능한 폐쇄회로텔레비전(CCTV)을 추가로 설치·운영하는 경우 추가 대체방안으로 인정하였다. 이는 방류벽 설치기준에 미흡하더라도 유누출을 신속히 감지하여 초동 대처가 가능한 부분이며, 유지보수로 인한 사고발생의 위험을 줄일 수 있다.

향후 법적 기준과 현장의 이행 수준을 지속적으로 조사·분석하여 제도의 현장 이행력을 강화할 수 있는 다양한 방법과 신기술 도입 등 추가 안전관리 방안이 마련되어 사업장 안전관리 강화를 위하여 현장에 적용할 수 있는 기술들이 다양한 연구를 통해 필요할 것으로 판단된다. 또한, 공간이 좁은 시설일수록 시설의 유지·보수, 사고 대응활동에 필요한 공간 확보가 반드시 고려되어야 하므로 작업자의 접근성을 확보하는 추가방안에 대한 연구가 필요할 것으로 보인다. 그러나 무엇보다도, 사업장 스스로 위험을 찾아 합리적이고 허용 가능한 수준에서의 해결책을 모색하는 것이 중요하다.

REFERENCES

- [1] E. B. Lee, B. T. Yoo, "A study on the Rationalization of Safety Management in Chemical Facilities: Focused on Architecture Fire Resistance Standards", *Journal of Fire Science and Engineering*, 33(3), 91-97, (2019)
- [2] Lee, K.H., Kwon, H.M., Cho, S.S., Kim, J.Y., Moon, I., "Improvements of safety management system in Korean chemical industry after a large chemical accident". *J. Loss Prev. Process Ind.*, 42, 6-13, (2016)
- [3] B. Yoo, S.D. Choi, "Emergency Evacuation Plan for Hazardous Chemicals Leakage Accidents Using GIS-based Risk Analysis Techniques in South Korea" *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 16(11). 1948, (2019)
- [4] Ministry of Environment, *Environmental Statistics Yearbook*, (2018)
- [5] Ministry of Environment, *White Paper of Environment*, (2018)
- [6] H. S. Lee, J. P. Yim "A Study on Prevention Measure Establishment through Cause Analysis of Chemical- Accidents", *Journal of the Korean Society of Safety*, 32(3), 21-27, (2017)
- [7] B. T. Yoo, E. B, J. G. Kim "Development on the Safety Management System of Hazardous Chemicals under the Chemicals Control Act: Focusing on Safety Assessment System", *Journal of the Korean Society of Safety*, 34(3), 89-85, (2019)
- [8] National Institute of Chemical Safety, *Facilities Installation Standard Guide*, (2017)
- [9] National Institute of Chemical Safety, *Chemical safety clearing-house* (<https://csc.me.go.kr/>)
- [10] KOSHA, "Safety and Health", Vol.359, July, (2019)
- [11] Korean Federation of SMEz, *Survey of Analysis of Operating Results related to Chemicals Control Act*] of SEMz, (2019)
- [12] J.Y.Lee, "A Study of the Distance between a Tank and a Dike Considering a Leakage Velocity at an Opening Hole in case of a Leakage Accident", *Journal of Korea Society of Safety*, 33(5), 35-41, (2018)
- [13] W.J.Lee, "A study of dike design considering a leakage accident and velocity at an open hole of methanol storage tank", Pukyong National University, (2018)
- [14] H.S, Wang, "A Study on the Damage Impact Range for the Capacity and Safety Distance of the Dike with Storage Tank", Seoul National University of Science and Technology, (2019)
- [15] E.B, Lee, "A Study on the Installation of Height Extension Plate of Dike for Safety of Hazardous Chemical Storage Tank", Chungbuk National University, (2018)
- [16] D.J, Lee, "A Study on the Improvement of Safety Management of Hazardous Noxious Substances for Prevention of Chemical Accident", Incheon National University, (2019)