



멤브레인식 LNG 저장탱크용 통합제어안전관리시스템에 대한 연구

*김청균

홍익대학교 트리보·메카·에너지기술 연구센터
(2010년 2월 4일 접수, 2010년 4월 29일 수정, 2010년 4월 29일 채택)

A Study on Integrated Control and Safety Management Systems for LNG Membrane Storage Tank

*Chung Kyun Kim

Research Center for Tribology, Mechatronics and Energy Technology
Hongik University, Seoul 121-791, Korea
(Received 4. February. 2010, Revised 29. April. 2010, Accepted 29. April. 2010)

요 약

본 연구에서는 기존 멤브레인식 LNG 저장탱크의 측정장치와 안전장치에 대한 고찰과 분석을 통해 초대형 멤브레인식 LNG 저장탱크에 적합한 새로운 통합제어안전관리시스템 연구를 수행하고자 한다. 통합제어안전관리시스템은 기존에 단수로 설치한 압력계를 추가하고, 기존의 LNG 저장탱크에는 없는 변위센서와 하중센서를 내부탱크와 예응력 콘크리트 구조물 사이를 관통하는 강재앵커에 새로이 설치함으로써 초대형 LNG 저장탱크의 안전성과 효율성을 향상시키는 역할을 담당할 것으로 예상된다. 변위센서와 하중센서는 멤브레인 패널의 파손여부, 내부탱크로부터 발생된 LNG 누설의 단서를 제공하게 될 것이다. 기존의 누설센서는 내부탱크 뒤편의 보냉재 공간에 설치한 온도센서에 의해 LNG 누설이라는 신호를 보낼 때까지도 멤브레인 패널의 손상에 관련된 적절한 정보를 제공하지 못할 수 있다. 결국 새로운 통합제어안전관리시스템은 온도, 압력, 변위량, 하중, LNG의 밀도 데이터를 수집하고 분석하기 위한 것으로, 탱크시스템의 안전성과 내부탱크의 누설을 제어하기 위한 시스템이다. 또한, 디지털 데이터는 멤브레인 패널의 안전성에 관련된 변위량과 하중, LNG의 액위와 밀도, 쿨다운 공정, 누설, 압력 등을 제어하기 위해 측정된다.

Abstract - In this study, the integrated control and safety management system for a super-large LNG membrane storage tank has been presented based on the investigation and analysis of measuring equipments and safety analysis system for a conventional LNG membrane storage tank. The integrated control and safety management system, which may increase a safety and efficiency of a super-large LNG membrane storage tank, added additional pressure gauges and new displacement/force sensors at the steel anchor between an inner tank and a prestressed concrete structure. The displacement and force sensors may provide clues of a membrane panel failure and a LNG leakage from the inner tank. The conventional leak sensor may not provide proper information on the membrane panel fracture even though LNG is leaked until the leak detector, which is placed at the insulation area behind an inner tank, send a warning signal. Thus, the new integrated control and safety management system is to collect and analyze the temperature, pressure, displacement, force and LNG density, which are related to the tank system safety and leakage control from the inner tank. The digital data are also measured from measurement systems such as displacement and force of a membrane panel safety, LNG level and density, cool-down process, leakage, and pressure controls.

Key words : LNG storage tank, membrane, integrated control and safety management system, sensor

*주저자:ckkim_hongik@nate.com

I. 서 론

멤브레인식 LNG 저장탱크는 -162°C 의 초저온 액체를 저장하기 위해 특수하게 제작한 초저온탱크로 강도안전을 담보하기 위한 PC(prestressed concrete) 구조물의 외부탱크(outer tank)와 LNG를 저장하기 위한 멤브레인 패널의 내부탱크(inner tank), 외부로부터 유입되는 열을 차단하기 위한 보냉재 구조물로 구성된다. 또한, 저장탱크에 LNG를 공급하고, 송출하기 위한 펌프, 배관, 밸브 등 수많은 유틸리티 설비와 이것들을 효율적으로 작동하기 위한 자동화 시스템이 필요하다. 여기에 유틸리티 설비를 최적의 작동조건에서 안전하게 운전하기 위해 필요한 측정장치, 감시장치, 안전장치, 경보 및 방재장비 등을 시스템적으로 연결하여 중앙제어 운전실에서는 저장탱크의 정상적인 운전상태와 비정상적인 위험모드를 실시간으로 체크하고 컨트롤한다.

LNG 저장탱크를 안전하고 효율적으로 관리하기 위해서는 탱크시스템의 강도안전과 누설안전을 충분히 확보할 수 있는 수준에서 설계비, 건설비, 유지관리비, 안전비용 모두를 만족하는 최적점에서 설계해야 한다. LNG 저장탱크를 최적설계 범위에서 정상적으로 작동하기 위해서는 측정장치, 감시장치, 안전설비 등을 충분히 아우를 수 있는 통합 제어안전관리시스템을 도입하고, 여기에 LNG 저장탱크 운전 유경험자의 노하우를 연계하면 LNG 저장탱크의 생산성은 높아지고, 예기치 못한 가스 사고를 미연에 방지할 수 있다.

우리나라에서 건설한 멤브레인식 LNG 저장탱크는 $100,000\text{m}^3 \sim 200,000\text{m}^3$ 급의 초대형으로 탱크용량 밀도측면에서는 세계 최고이고, LNG 저장탱크를 건설하기 위해 프랑스, 일본, 한국의 멤브레인 고유모델 모두를 건설해본 유일한 국가이다. LNG 저장탱크는 지구상에서 인공으로 제작한 가장 큰 구조물로 LNG의 기화성과 인화성이 대단히 높고, 화재 위험성 또한 어느 연료보다도 높기 때문에 엄격한 국제기준에 의해 건설되고 있다. 저장탱크의 지붕이나 벽면 구조물은 테러리스트 공격이나 미사일, 그리고 바닥 구조물은 지진에 어느 정도 견딜 수 있도록 설계되어 있다.

또한, LNG와 접촉하는 내부탱크의 파손에 의해 누설이 진행되어도 일정기간 동안은 탱크내부에 체류될 수 있는 설계 안전성이 보장되어야 한다. 따라서 탱크의 강도안전과 누설안전을 확보하기 위해 국제적으로 공인된 유럽의 EN1473, 일본의 RPIS, 미국의 ASME 등과 같은 안전기준에 의해

건설되고 있다. 여기에 LNG 저장탱크를 안전하고 효율적으로 운영하기 위해서는 다양한 안전장치, 자동화 설비, 감시장치, 통합제어 프로그램을 노련한 엔지니어에 의해 운영되어야 한다.

초대형 LNG 저장탱크는 건설단가를 낮추고 공간 활용도를 높이며, 환경 친화적 가스공급 단지를 형성할 수 있다는 측면에서 바람직하다. 또한, 안전성과 효율성도 함께 확보하여 도시가스 생산성을 극대화할 수 있는 새로운 안전장치를 설치하고, 이것들을 통합적으로 제어하는 안전관리시스템을 추가한다면 최상의 LNG 저장탱크 시스템이 완성될 것이다.

따라서 본 연구에서는 기존의 멤브레인식 LNG 저장탱크에 대한 안전장치와 계측장치에 대한 고찰을 통해 문제점을 찾아내고, 여기서 지적된 현안에 새로운 시스템적 보완을 통해 안전성과 효율성을 높일 수 있는 측정장치와 통합제어안전관리시스템에 대한 연구를 수행하고자 한다.

II. 안전장치 및 측정장치

LNG 저장탱크에서 강도안전과 누설안전, 그리고 효율성을 확보하기 위해서는 국제적으로 공인된 API 620, BS 7777, EN1473, ASME 규격에 따라 건설하고 운영하는 것은 물론 저장탱크를 건설하는 나라의 안전기준이나 법규를 만족할 수 있도록 설계되어야 한다. 여기에 저장탱크의 성능과 기능이 정상적으로 작동하는지를 검증하기 위한 측정장치와 감시장치, 다양한 자동화 설비에 대한 운전데이터를 자동으로 확보하고 분석하는 설비관리안전시스템이 작동되어야 한다.

LNG 저장탱크를 건설하는 단계에서 설계, 시공, 감리를 체계적으로 관리하고, 시운전을 거쳐 정상적으로 운영되는 저장탱크에 대한 운전실태, 유지보수, 안전관리에 대한 업무를 총괄적으로 관리하는 전담기관이 별도로 설치되어 있는데, 우리나라에는 한국가스안전공사가 있다. 따라서 LNG 저장탱크의 설계안전과 누설안전은 관리기관의 기술수준과 안전규제 의지가 가스사고 위험성을 차단하는 지름길이다.

2.1. 안전장치

LNG 저장탱크의 안전성과 효율성은 1차적으로 저장탱크 구조물에 대한 안전설계와 정밀시공에 의해 확보될 수 있고, 저장탱크에 설치된 각종 자동화 설비, 안전장치, 측정장치, 감시장치를 연계한 DCS 시스템과 운전자의 숙련도에 의해 보장받을 수 있다.

LNG 저장탱크의 정상적인 작동은 설계 한계치 이내에서 보장하지만, 온도나 압력 등의 이상 신호가 발생하면 저장탱크에 설치된 각종 센서와 게이지로부터 감지되어 운영관리 프로그램에 의해 밸브나 펌프 등의 신속한 작동으로 안전을 되찾지만, 최악의 경우는 안전밸브의 작동에 의해 높아진 가스압력을 외부로 방출하여 저장탱크의 안전성을 확보하게 된다. 저장탱크의 안전설비로 분류할 수 있는 주요장치로 주펌프(primary pump)를 포함한 각종 펌프와 모터, 안전밸브를 포함한 각종 밸브류, 진동측정장치, 감시카메라, 소화설비 및 화재경보 시스템, 지진차단 안전장치, 단열재, 온도와 압력을 측정할 수 있는 센서와 게이지, DCS를 포함한 안전관리 프로그램 등이 있다. 또한, 저장탱크 시스템의 안전운전과 비상상태를 안전하게 운전할 수 있는 압력상승 방지장치, 부압 방지장치, 오조작 방지장치, 정전기 제거장치, 낙뢰 방지장치, 방폭구조 전기설비, 가스치환 설비 등 다양한 안전운행 자동화 설비시스템 등이 구비되어 있다.

2.2. 측정장치

LNG 저장탱크는 액화천연가스를 저장하고 송출하는 역할을 담당하기 때문에 온도와 압력이 가장 중요한 측정기준이고 안전관리의 핵심이다. 저장탱크의 주요부에 설치된 측정장치에서 확보된 온도와 압력 데이터는 저장탱크의 안전성과 효율성, 생산성의 핵심적인 관리 포인트가 된다. 특히 저장탱크에 설치된 온도센서는 탱크의 작동상태를 실시간으로 감시하고, 운전하는 기본 데이터로 중요하다. 저장탱크의 안전성과 효율성을 담보하기 위해 설치된 주요장비를 요약하면 다음과 같다.

(1) 액위측정

내부탱크에 저장된 LNG의 높이를 측정하는 것으로, 최저액위와 최고액위가 안전 기준치에 도달하면 연결된 자동화 설비와 경보장치를 작동시켜 LNG의 액위를 관리한다.

(2) 압력측정

증발가스(BOG) 압력을 측정하여 저장탱크의 안전성을 확보하기 위한 것으로, 가스압력이 기준치 이상으로 올라가거나 부압이 걸리면 연결된 자동화 설비와 경보장치를 작동시켜 안전을 확보하지만, 최악의 경우는 안전밸브를 열어서 가스압력을 낮춰 저장탱크의 안전성을 회복한다.

(3) 온도측정

내부탱크의 측벽면 및 바닥면에 설치한 온도센서에 의해 측정된 온도 데이터는 LNG 누설, 액위, 쿨다운 공정 등을 관리하기 위해 사용하고, 보냉재 공간의 바닥면에 설치한 온도센서는 내부탱크로부터 LNG가 누설되었다는 것을 입증하는 자료로 사용된다.

(4) 비중측정

내부탱크에 저장된 LNG의 비중을 측정하는 것으로, 원산지에 따라 약간씩 다른 비중을 측정하여 롤오버(rollover)와 같은 위험한 현상이 발생하는 것을 예측하기 위한 안전관리 데이터로 사용한다.

III. 멤브레인식 저장탱크의 구조 및 건설비용

3.1. LNG 저장탱크의 구조

멤브레인식 LNG 저장탱크는 1.2~2mm의 SUS 304L 박판에 특수주름(corrugation)을 넣어서 제작한 Fig. 1과 같은 멤브레인 패널을 용접한 초대형 내부탱크, 내외부로부터 발생하는 모든 하중을 담당하기 위해 예응력 콘크리트(PC)로 건설한 외부탱크, 완전밀폐식(full containment type)으로 건설하기 위해 외부탱크와 지붕을 링빔(ring beam)에 의해 연결한 루프(roof), 외부로부터 유입되는 열원을 차단하기 위한 보냉재로 구성된다. Fig. 2에서 보여준 멤브레인식 LNG 저장탱크는 100,000m³~200,000m³ 저장용량을 갖는 지상식, 지중식, 지하식으로 건설할 수 있으며, 초대형 저장탱크의 대부분은 완전밀폐식으로 건설하여 안전성과 효율성, 특히 경제성을 확보하려한다. 멤브레인 패널로 제작된 내부탱크는 단지 LNG의 누설을 차단하는 기능을 갖고



Fig. 1. Typical membrane panel.

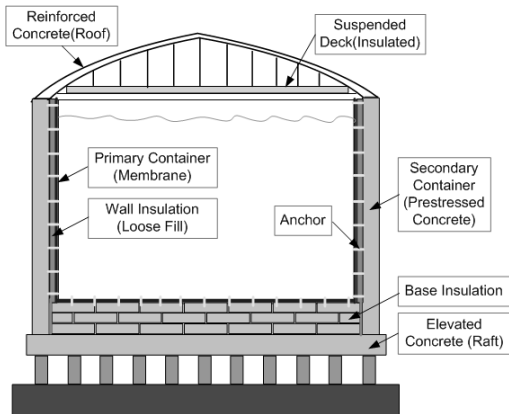


Fig. 2. Membrane storage tank of liquefied natural gas.

있으며, 여기서 발생하는 모든 하중은 보냉재 공간을 관통하는 강재앵커(steel anchor)에 의해 외부탱크로 전달되어 지지하도록 설계된다.

3.2. LNG 저장탱크의 건설비용

LNG 저장탱크의 저장용량은 나날이 증가하고 있다. 이것은 동일한 저장용량의 탱크 2개를 건설하는 것보다 초대형 탱크 1개를 건설하는 것이 더 경제적이라는 일본 도쿄가스사의 Fig. 3과 같은 연구결과에 기초한다. 도쿄가스사에서 분석한 자료에 의하면, 100,000m³의 저장탱크를 지상식으로 건설할 경우의 건설비 지수(Construction Cost Index)를 100으로 할 때, 2배 용량인 200,000m³ 저장탱크를 동일한 환경에서 건설한다면 건설비 지수(CCI)가 80으로 떨어져 약 20%의 건설비를 절감할 수 있다는 것이다. 그러나, 200,000m³의 초대형 LNG 저장탱크를 지중식으로 건설할 경우는 지상식과 거의 같은 건설비와 건설기간을 요하는 것으로 나타났다. 여기서 지중식 저장탱크의 경우는 지상식에 비해 토목비용과 단열비가 많이 들어가기 때문에 거의 같은 건설비가 필요하지만, 저장탱크를 지중으로 건설하는 큰 장점이라 할 수 있는 LNG 누출에 보다 안전하고, 건설부지 활용도가 높으면서 지상 노출물이 작아 환경 친화적이라는 측면에서 지진 위험성이 높은 일본에서 많이 건설되는 LNG 탱크모델이다.

초대형 LNG 저장탱크 건설에 따른 전체적인 건설비용은 줄어드는 것으로 나타났지만, 저장탱크 시스템의 강화된 안전장치, 추가적인 안전구조물의 설치, 효율적인 운영체계 등에서는 기존의 저장

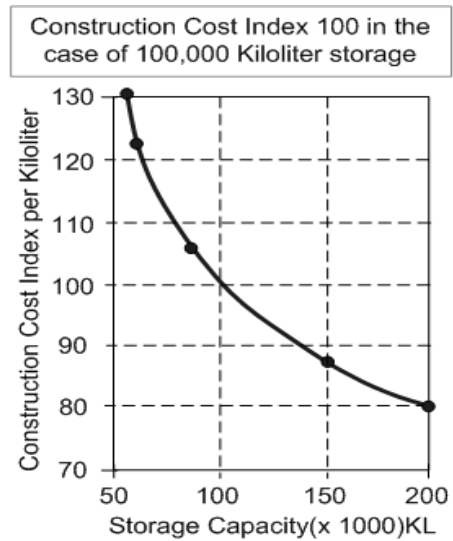


Fig. 3. Construction cost index per kiloliter depending on the LNG storage capacity.

탱크에 비해 크게 달라진 것이 없는데 문제가 있다. 결과적으로 초대형 LNG 저장탱크 건설에 따른 토목비용을 줄이는 것에 병행하여 보다 강화된 안전장치, 측정장비, 자동화 설비, 감시장치 등이 함께 개발되어야 할 것이다.

IV. 측정장치 및 통합제어 안전관리 시스템

4.1. 측정장치의 현황 및 문제점

LNG 저장탱크의 안전성과 효율성을 확보하기 위해 많은 종류의 측정장치, 안전장치, 경보장치, 소방설비, 통합관리 프로그램 등을 연계하여 종합적으로 관리하고 있다. 그중에서 탱크의 정상작동에 따른 안전성을 담보하기 위해 꼭 필요한 온도장치, 압력장치, 액위 및 밀도 측정장치에 대해 고찰하고자 한다.

Fig. 4는 멤브레인식 저장탱크에서 많이 사용되고 있는 온도 및 압력측정 시스템으로 저장탱크의 상부에는 압력계이지가 단수로 설치되어 내부탱크에 걸리는 절대압력, 게이지 압력, 내부탱크와 외부탱크 사이의 차압을 계측하고, 이들 데이터는 중앙 제어실로 보내져 가공된 데이터를 기반으로 밸브나 펌프, 자동화 설비를 작동시켜 안전운전을 확보한다. 또한, 내부탱크의 상부에 LNG의 액위나 밀도를 계측할 수 있도록 게이지를 장착하여 LNG 액위의

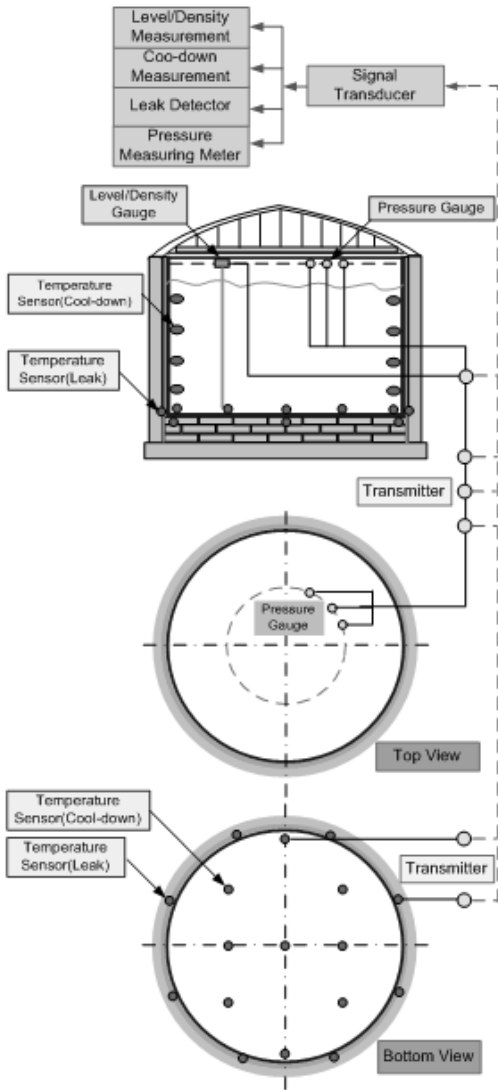


Fig. 4. Typical measurement system for a conventional LNG membrane storage tank.

높낮이 및 밀도를 측정하고, 그 데이터를 기반으로 저장탱크 시스템의 안전한 운전조건을 확보할 수 있도록 생산설비, 경보장치, 안전장치 등을 연계하여 작동한다.

내부탱크의 측면과 바닥면에는 많은 수의 온도 센서를 설치하여 계측된 온도 데이터는 쿨다운 공정, LNG 누설, LNG의 액상 및 기상의 분포도 등을

파악하는데 사용되고, 특히 저장탱크 시스템의 안전성과 효율성, 생산성 향상에 중요한 역할을 담당한다. 온도센서를 장착한 또 다른 위치는 보냉재의 바닥면 공간으로, 이곳에서 조차온 온도가 계측된다면 LNG가 누설되었다는 것을 의미하는 내부탱크의 파손으로 대단히 위험한 상황이기 때문에 모든 안전장치를 신속하게 작동해야 한다.

계측장치에서 가장 위험한 시그널은 가스누설 감시장치가 작동하는 경우이다. LNG 누설은 LNG 저장탱크의 파손에 따른 연소폭발 가능성을 내포하기 때문에 모든 안전시스템은 자동으로 작동해야 하고, 만약의 폭발화재에 대비하기 위해 주변 사람들에게 긴급대피를 지시해야 한다.

LNG 저장탱크를 저렴하게 건설하기 위해 초대형으로 건설하지만, 안전시스템에 대한 보장연구는 약간 떨어지는 것으로 판단된다. 현재의 LNG 저장탱크에는 압력센서를 비롯한 모든 측정장치가 단수로 설치된 경우가 대부분이다. 국내에서 발생한 멤브레인식 LNG 저장탱크의 누출사고를 보면 인천 및 평택생산기지 모두에서 발생하였다는데 문제가 있다. 인천생산기지에 지중식으로 건설한 200,000m³급 멤브레인식 LNG 저장탱크의 경우는 14호기에서 발생한 가스누출사고(2005년 9월 28일)[1-3]를 시작으로 15~17호기에서 연달아 유사한 가스사고가 발생하였다. 가장 최근에는 평택생산기지에 지상으로 건설한 100,000m³급 멤브레인식 LNG 저장탱크 7호기의 가스누출사고(2007년 7월 3일)[4,5]는 멤브레인 패넬과 지붕사이를 연결하는 보냉재 부근에서 시간당 36리터의 가스가 누출된 것으로 알려져 있다.

국내에서 발생한 LNG 저장탱크의 가스누출사고를 보면, 건설비를 줄이고 효율적인 안전관리를 위해 국제규격의 최첨단 초대형 저장탱크로 건설하였다고는 하지만 가스누출사고의 빈도수는 많아지고 있다는데 문제가 있다. 따라서 초대형 LNG 저장탱크의 측정장치, 안전관리 시스템의 정상적인 작동상태에 대한 전반적인 검토와 신기술 개발의 필요성이 제기되는 상황이라 생각된다.

4.2. 측정장치, 통합관리시스템의 개선방향

본 연구에서는 LNG 저장탱크의 초대형 건설 트렌드에 맞추어 측정장치, 안전관리 시스템에 대한 설계안전 시스템을 개발하고자 한다. 그동안 발생한 가스누출 사고를 기반으로 기존의 안전장치, 측정장치, 감시장치 등에 새로운 압력측정 및 변위령거동센서 시스템을 추가로 설치함으로써 저장탱크의 파손 가능성을 줄이고, LNG 누설을 차단하기

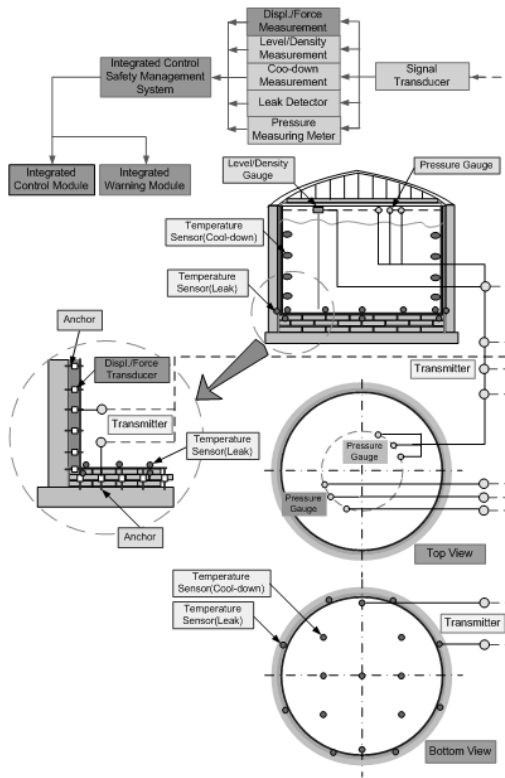


Fig. 5. Integrated measurement, control and safety management system for LNG membrane storage tank.

위한 새로운 통합제어안전시스템을 연계하자는 것이다.

LNG 저장탱크에는 수많은 온도센서가 설치되어 작동하지만, 온도센서로는 내부탱크의 멤브레인 구조물이 온도하중이나 내부탱크 내외부의 압력차에 의해 발생한 멤브레인 구조물의 변형상태를 정확하게 측정할 수 있는 방안이 없다.

따라서 본 연구에서는 Fig. 5에서 제시한 것처럼 저장탱크의 압력계를 180° 떨어진 위치에 복수로 설치하여 압력계가 부분적으로 고장이 발생해도 압력을 항상 측정할 수 있도록 하여 압력 데이터의 신뢰도를 높인다. 또한, 멤브레인의 거동상태를 측정하기 위해 내부탱크와 외부탱크 사이를 연결하는 기다란 강재앵커에 변위센서 또는 하중센서를 설치하여 내부탱크에 걸리는 압력변동과 외부탱크로부터 전달되는 하중거동 상태를 측정하여 멤브레인 패널의 변위거동을 정확하게 계측하는 새로

운 측정장치이다. 여기서 확보된 압력과 변위량 데이터는 기존의 측정시스템을 통해 확보한 여러 가지 데이터와 함께 신호변환기로 보내져 변위계, 하중계, 액위계, 밀도계, 쿨다운 측정기, 누설감지기, 압력측정기, 감시장치 등에 의해 데이터의 분석과 적절한 조치가 취해지는 프로세스는 기존 시스템과 동일하고, 여기에 통합제어안전관리시스템을 추가한 것이다.

본 연구에서 제시한 통합제어안전관리시스템은 저장탱크에서 공급된 모든 데이터를 통합적으로 분석하고 관리하는 인공지능형 스마트 프로그램으로 최적의 분석데이터를 기반으로 평상시에는 펌프, 밸브와 같은 생산제어설비를 작동시켜 안전성과 효율성을 확보하지만, 비상시에는 안전장치, 제어장치, 경보장치 등을 작동시켜 안전성을 확보하는 새로운 제어시스템이다. 통합제어안전관리시스템의 작동으로도 LNG 저장탱크의 안전성을 확보하기 어려운 경우는 저장된 LNG를 인접한 또 다른 저장탱크에 신속하게 송출하는 동시에 화재감시장치, 소방설비, 긴급연락설비 등을 작동시켜 저장탱크의 안전성을 확보하는 최첨단 IT기반 통합제어 안전관리시스템이다.

V. 결 론

본 연구에서는 100,000m³~200,000m³급 초대형 멤브레인식 LNG 저장탱크 시스템의 안전성과 효율성을 확보하기 위해 기존의 측정장치, 안전관리 시스템에 대해 고찰하고, 현재의 문제점을 기반으로 새로운 통합제어안전관리시스템을 개발하였다. 새로운 통합제어시스템은 기존의 단수 압력계를 복수로 설치하여 저장탱크의 압력을 측정함으로써 압력계 고장으로 인한 위험성을 줄인다. 특히 기존의 저장탱크에는 설치되지 않은 멤브레인 패널의 변형거동을 측정할 수 있도록 앵커 구조물과 멤브레인 패널에는 변위센서, 하중센서 등을 설치하여 온도하중, 압력차 하중의 변동에 의해 발생하는 거동량을 계측한다. 또한, 정상적인 운영에서는 LNG 저장탱크에서 확보한 모든 데이터를 종합적으로 분석한 데이터를 기반으로 LNG 저장탱크를 제어하고 관리하여 효율성을 확보하지만, LNG 누설과 같은 가스사고가 발생하면 모든 제어시스템과 안전장치를 즉시 가동하여 1차적으로 LNG 저장탱크의 압력을 낮추어 안전성을 확보하고, 그래도 어려운 경우는 저장된 LNG를 인접한 또 다른 LNG 저장탱크로 신속하게 송출하면서 소방설비를 작동하는 것은 물론 주변 사람들에게 대피할 것을 알려주는

시스템이다.

초대형 LNG 저장탱크에서 LNG 누출사고가 발생하면 주변에 미치는 피해와 특히 에너지 공급측면에서 경제적, 사회적 파장이 너무도 크기 때문에 안전장치 및 관리시스템의 설계기준은 보다 강화되어야 한다. 그러나 과도한 안전장치는 원가상승으로 작용한다는 저장탱크 발주권자의 주장에 밀려 새로운 통합제어안전관리시스템과 같은 신기술의 상용화가 어려운 실정이다.

참고문헌

- [1] 권순철, “인천LNG 가스누출 이유 있었네,” 경향신문 (2007. 7. 5)
- [2] 박양수, “가스저장시설 관리체계 ‘구멍,’” 문화일보 (2007. 10. 24)
- [3] 김영환, “송도 LNG 저장탱크 가스누출 원인도 파악 못해,” 한겨레신문 (2007. 2. 9)
- [4] 강경숙, “평택 LNG 기지 가스누출 은폐 의혹,” 평택시민신문 (2007. 10. 10)
- [5] 안영건, “한국가스공사 평택LNG기지 가스누출 ‘축소’ 의혹,” 재난포커스 (2007. 11. 13)