



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

工學碩士 學位論文

메탄올 저장탱크의 누출사고 시 누출속도를
고려한 방유제 설계에 관한 연구



2018年 5月

釜慶大學校産業大學院

安全工學科

李元宰

工學碩士 學位論文

메탄올 저장탱크의 누출사고 시 누출속도를
고려한 방유제 설계에 관한 연구

指導教授 李 彰 峻

이 論文을 工學碩士 學位論文으로 提出함

2018年 5月

釜 慶 大 學 校 產 業 大 學 院

安 全 工 學 科

李 元 宰

李元宰의 工學碩士 學位論文을

認准함

2018年 5月



主 審 工學博士 이 의 주 (인)

委 員 工學博士 서 용 윤 (인)

委 員 工學博士 이 창 준 (인)

**A study of dike design considering a leakage accident and
velocity at an open hole of methanol storage tank**

Won Jae Lee

Department of Safety Engineering,
Pukyong National University

Abstract

Methanol, a typical hazardous chemical, is being used in industrial sites for more materials such as solvents and biodiesel. However, methanol is highly toxic to the human body and flammable, which can cause fire or explosion, which requires attention during storage and handling. Due to the hazards and risks of methanol, leakage prevention measures and extent of damage effects are studied that have been strengthened and specialized in storage and handling facilities. However, most of the research focuses on qualitative measures such as early detection, evacuation and control of the accident. For this reason,

various accident simulations and safety device modeling are required to quantitatively calculate leakage volume and extent of damage before methanol leakage accident and to establish and verify accurate countermeasures.

In this study, the leakage rate is calculated according to the diameter and height of the leak source in the storage tank of methanol, which is used as a material in the biodiesel process, and the leakage trajectory of methanol is used to calculate the leakage velocity.

The research method calculates the leakage trajectory by comparing the actual operation pressure of the methanol storage tank with the various operation pressure, and evaluates the validity of this Regulation and presents the plan for future actions. As a simulation tool, MATLAB is used to calculate differential spinning techniques effectively.

Key Words : Methanol, MATLAB

목 차

Abstract	i
목차	iii
Table List	v
Figure List	vi
제 1 장 서 론	1
1.1 연구배경 및 목적	1
1.2 연구방법	4
제 2 장 연구내용	6
2.1 모델링 대상공정 선정	6
2.2 누출 시나리오	9
2.3 Torricelli's theorem	10
2.4 수직형 실린더 탱크 누출속도 모델링	13
2.5 수평형 실린더 탱크 누출속도 모델링	15
2.6 구형 탱크 누출속도 모델링	18
2.7 저장탱크의 누출 궤적 모델링	20

제 3 장 연구결과	22
3.1 메탄올 저장탱크(수직형 실린더 탱크) 누출속도 분석	22
3.2 누출구 높이에 따른 저장탱크 최대 누출속도 비교	23
3.3 누출구 높이에 따른 저장탱크 누출 궤적 비교	24
제 4 장 결론 및 고찰	26
참고문헌	28



Table List

Table 1. Physicochemical characteristic	2
Table 2. The Methanol Storage Tank & Dike Design	7
Table 3. Matlab Simulations Input data	22
Table 4. Maximun leakage velocities according to various height of opennig holes	23

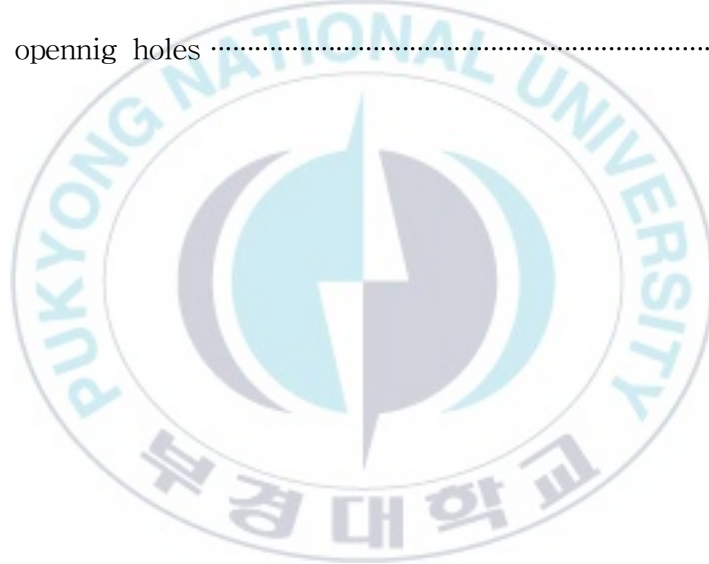


Figure List

Figure 1. The Methanol Storage Tank	7
Figure 2. Between The Methanol Storage Tank wall and Dike	8
Figure 3. The mathematical model of the Vertical Storage tank	13
Figure 4. The mathematical model of the Horizontal Storage tank	15
Figure 5. The mathematical model of the Sphere Storage tank	19
Figure 6. The trajectory of Methanol according to various height of an opening hole. (1 atm)	24
Figure 7. The trajectory of Methanol with Dike according to various height of an opening hole . (1 atm)	25

제 1 장 서 론

1.1 연구배경 및 목적

메탄올은 무색 투명한 휘발성 액체로 물을 비롯한 각종 용매와 잘 섞여 다양한 냄새역치를 갖게 되므로 냄새를 노출수준의 경고표지로 삼기 어렵다. 메탄올은 포름알데히드, 아세트산 등을 생산하는데 쓰이며, 바니쉬, 신너, 플라스틱, 잉크, 염료, 자동차 워셔액 등에 중요한 성분으로 포함된다. 일반적으로 메탄올 중독사고는 잘못 마셔서 발생하지만 사업장에서는 메탄올 증기를 흡입하고나 메탄올 액체에 피부가 노출되면서 일어나는 경우가 많다. 섭취가 가장 빈번한 중독 경로지만 메탄올 증기 흡입이나 피부를 통한 흡수도 급성독성 효과를 내는 데어는 경구 못지않다고 밝혀져 있다. 메탄올에 고농도로 노출될 경우 눈, 피부, 호흡기를 자극하는데 특히 실명으로 이어질 수 있고 고농도에 노출될 경우 혼수상태 혹은 사망에 이를 수도 있다¹⁾.

지금까지 메탄올 흡입에 의한 실명 사례보고는 일부 있었으나 모두 1960년대 이전의 것이다. 1911년 미국에서 3일 정도 맥주통 내부 바니쉬 작업을 하던 노동자가 고농도 메탄올 증기흡입으로 실명됐다²⁾는 보고가 있었

고, ACGIH는 메탄올에 대한 8시간 시간가중평균값(TLV-TWA)을 이미 1948년에 현행 우리나라 기준과 같은 200 ppm으로 권고했고 1976년에는 250 ppm의 단시간 노출기준 (STEL)을 제정·권고했다. 미국 산업안전보건연구원 (NIOSH)은 1994년 메탄올의 긴급대피농도(IDLH)를 6,000 ppm으로 공고했고³⁾ 메탄올의 물리화학적 특성⁴⁾은 Table 1와 같다.

Table 1. Physicochemical characteristic

구분	특성
색상 및 냄새	무색 / 알코올 냄새
끓는점 / 녹는점	64.7°C / -97.6°C
인화점	12°C (c.c.)
시간가중평균값(ACGIH)	TWA-200ppm, STEL-250ppm
폭발상한/ 하한	44%/ 15%
증기압	127mmHg (25°C)
특정 표적장기 독성	중추 신경계 억제 및 시각기 장애가 나타남
긴급대피농도(IDLH)	6,000ppm (Richard K et al, 2009)

1960년 이전에도 매우 드물었고 그 뒤에는 사례가 거의 없었던 메탄올 흡입 중독에 의한 실명사고가 2016년 한국에서 6건이 발생했다.

실제로 2016년 2월 4일 경기도 부천시 B사업장에서는 CNC 절삭 작업과 검사작업을 하면서 고농도의 메탄올 증기를 흡입하는 사고로 근로자 4명이 실명하는 부상을 입는 중대산업사고가 발생하였다⁵⁾.

이러한 유해화학물질 사고의 빈도와 위험성 때문에 최근에는 유해화학물질에 대한 더욱 더 전문적이고 종합적인 대책이 요구되어지고 있다⁶⁾. 하지만 대부분의 연구는 사고 발생 시 조기 발견과 대피, 방제 등의 정성적인 대책 부분에 초점이 맞추어져 있다. 이 때문에 메탄올 누출사고가 발생하기 전에 정량적으로 누출량 및 누출속도를 통한 피해 범위를 계산하여 정확한 대책 수립과 검증이 이루어지기 이루어져야 한다.

본 연구에서는 바이오디젤 생산공정에서 원료로 사용되는 메탄올의 저장탱크에서 누출사고 발생 시 누출구의 직경, 높이에 따라 누출속도를 계산하고, 누출속도를 이용하여 메탄올의 누출궤적을 자유낙하운동을 이용하여 계산⁷⁾하여 규정에 맞게 설치된 방유제가 그 역할을 제대로 수행할 수 있는지 평가하려고 한다.

1.2 연구방법

본 연구에서는 산업현장에서 메탄올이 저장되어있는 저장탱크에 누출 발생 시 누출구의 직경, 높이에 따라 누출속도를 계산하려고 한다. 저장탱크의 종류에 따라 수평형 원통, 수직형 원통, 구(sphere) 세가지 경우로 나누어 누출 시 저장되어 있는 양에 따라 누출속도를 계산하는 식을 도출하고, 실제 산업현장에서 사용하고 있는 수직형 원통 저장탱크의 운전 데이터를 직접 입력하여 결과를 도출하고자 한다.

누출속도의 계산으로는 hydraulic pressure에 의해 누출되는 유체의 속도를 Bernoulli's principle을 기반으로 한 Torrichelli의 법칙을 이용하였다. 미분방정식을 도출하여 이를 토대로 누출구에서의 누출 속도의 계산이 가능하고, 위험물의 누출속도를 이용하여 위험물의 누출궤적을 자유낙하운동을 이용하여 계산하여 구정에 맞게 설치된 방유제가 그 역할을 제대로 수행할 수 있는지 평가하고자한다. 현재 안전보건공단⁸⁾의 방유제 설치에 관한 기술지침⁸⁾에는 탱크 외벽과 방유제 내벽사이의 거리가 1.5mm 이상을 유지하고 그 높이를 0.5m 이상 3m 이하로 규정되어 있다. 수직 원통형 탱크의 누출구의 높이에 따라 누출궤적을 계산하여 이 규정이 어느정도 유효한지에 대해 평가하고 추후에 어떠한 대책이 필요한지에 대해 제시하고자 한다

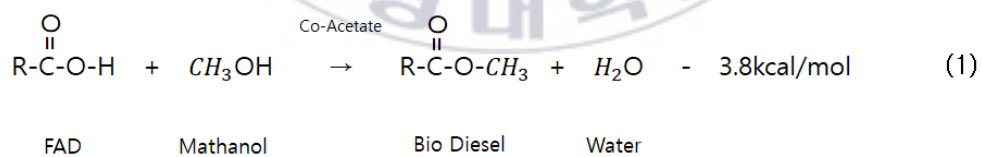
다. 시뮬레이션 도구로서 Matlab을 이용하여 미분방적식을 효과적으로 계산하고자 한다.



제 2 장 연구내용

2.1 모델링 대상공정 선정

메탄올 저장탱크의 방유제의 유효성을 평가하기 위한 모델링 대상공정은 바이오디젤 제조공정이다. 바이오디젤의 원료물질인 Palm Fatty Acid Distillate(FAD)와 Methanol을 에스테르 교환반응 시켜 합성한 물질로서 일반 경우와 물리화학적 특성이 거의 같고 디젤자동차의 기관 변경 없이 원료로 사용할 수 있어 석유수입을 줄이고 매연, 이산화탄소, 유황 등의 오염물질 배출이 적인 환경친화적인 대체 에너지이다. 그 반응 메커니즘은 아래 (1) 식과 같다.



그리고 모델링을 실시할 바이오디젤 공정의 메탄올 저장탱크 및 방유제의 형태는 아래의 Figure 1.이다.



Figure 1. The Methanol Storage Tank

그리고 해당 저장탱크와 방유제의 설계값은 Table 2에서 확인할 수 있고, 그 설계값을 통해서 저장탱크와 방유제 사이의 최소 거리를 Fig 2 에서와 같이 2.5m 임을 확인 할 수 있다.

Tank Design	- Vol(m^3) : 300.4 - Demension(mm) : ID 7303 x H 7315 - Operation Temp' : 20 °C - Operation Press' : 1 atm
Dike Design	- R 12300 x L 12300 X H 3000

Table 2. The Methanol Storage Tank & Dike Design

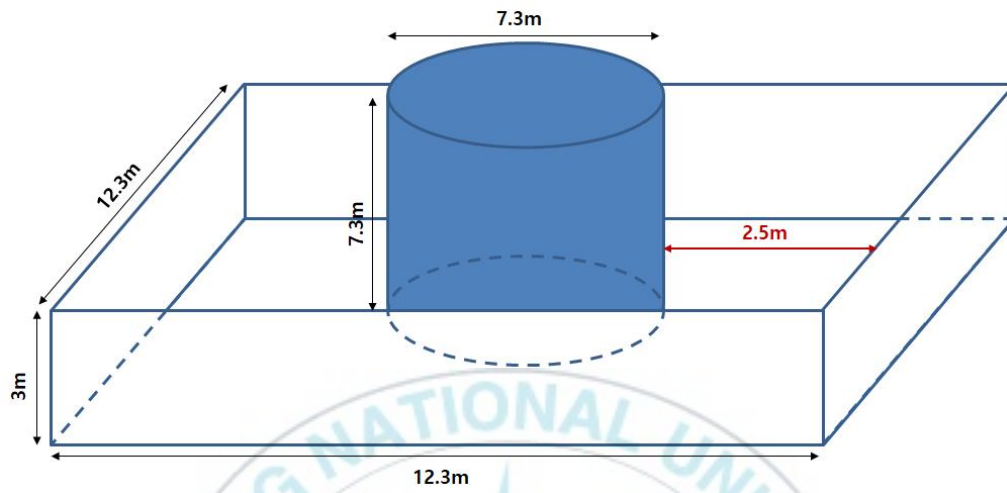


Figure 2. Between The Methanol Storage Tank wall and Dike

2.2 누출 시나리오

메탄올 저장탱크에서 누출구가 발생하여 메탄올이 외부로 누출되는 경우 누출구의 위치에 따라 누출되는 메탄올의 누출속도를 Matlab 프로그램을 통해서 산출하기 위해 사전에 미리 정해야 하는 변수들은 다음과 같다.

- 1) 누출구의 직경
- 2) 누출구의 위치
- 3) 방유제의 위치
- 4) 저장탱크의 운전압력

저장탱크는 평상시에 총 설계용량의 90%의 용량으로 운영된다고 가정하였고, 공기가 탱크 내 비어있는 공간에 존재한다고 가정하였으며, 누출이 발생하면서 부피 증가에 따라 압력이 감소한다고 가정하였다.

누출구의 직경은 안전보건기술지침에 나와 있는 최대 직경을 이용하여 누출속도를 계산하고자 한다. 누출구 직경 및 모양은 누출 속도에 영향을 미치지 않으며 누출구 직경 및 모양은 누출량에만 영향을 미친다. 누출구 높이는 다양한 높이에서 발생하는 경우를 가정하여 시뮬레이션을 진행하였다.

2.3 Torricelli's theorem

Bernoulli 정리 중 수조 측면 하부의 대기와 개방된 작은 구멍을 통하여 유출되는 유체(Fluid)의 속도(Velocity) 값을 계산하는 Torricelli의 정리를 이용하여 저장탱크에서의 메탄을 누출속도를 계산하였다. Torricelli의 정리는 비압축성 흐름(incompressible flow) 방정식에서 변형된 수식이다.

Torricelli의 정리를 적용하기 위한 비압축성 흐름 방정식은 다음과 같으며 비압축성 유체(incompressible fluid), 비점성 유체(invscid fluid), 대기 (1atm: atmosphere)에 개방, 수위의 하강 속도를 무시할 정도의 작은 구멍 (토출구) 이러한 네 가지의 조건이 충족되어야 한다. 아래의 식(2)은 Torricelli의 정리의 공식을 나타낸다.

$$\frac{v^2}{2} + gh + \frac{P}{\rho} = constant \quad (2)$$

v 는 유체의 속도, g 는 중력가속도, h 는 기준점에서의 높이(수위), P 는 압력, ρ 는 밀도이다. 이 식을 메탄올 저장탱크에서 누출이 발생하는 상황을 적용하면 다음과 같다.

$$\frac{v_1^2}{2} + gh_1 + \frac{P_1}{\rho} = \frac{v_2^2}{2} + gh_2 + \frac{P_2}{\rho} \quad (3)$$

v_1, v_2 는 각각 liquid 최상단과 누출구에서의 유체의 속도, h_1, h_2 는 각각 liquid 최상단의 액위의 높이와 누출구에서의 액위의 높이, P_1, P_2 는 liquid 최상단에서의 압력과 누출구에서의 압력이다. 누출이 진행되면 메탄올의 부피는 감소하고 산소의 부피는 증가하게 된다. 따라서 탱크내부의 압력 또한 감소하기 때문에 이를 반데르발스 기체 상태 방정식을 이용하여 압력의 값으로 표현하였다.

$$(P + \frac{n^2a}{V^2})(V - nb) = nRT \quad (4)$$

$$P = \frac{nRT}{V - nb} - a(\frac{n}{V})^2$$

산소의 압력변화 P 를 구하기 위하여 산소의 몰수 n 은 98 mol , 산소 기체 상수는 $8.3145 \text{ m}^3 \cdot \text{Pa} / \text{mol} \cdot \text{K}$, 상수 a 는 $0.1358 \text{ m}^6 \cdot \text{Pa} / \text{mol}^2$, 상수 b 는 $0.0000365 \text{ m}^3 / \text{mol}$ 두었다.

식 (4)에서 n , V , T 는 Inert gas의 mole 수, 부피, 온도이며 a 와 b 는 기체 분자간의 척력 및 인력과 기체분자 자체의 부피를 나타내는 반데르발스 상수이다. 위에서 언급한 내용을 모두 결합하면 다음의 식 (5)를 유도할 수 있다.

$$v_2 = \sqrt{2g(h_1 - h_2) + \frac{2(P_1 - P_2)}{\rho} + \left(\frac{dh_1}{dt}\right)^2} \quad (5)$$

2.4 수직형 실린더 탱크 누출속도 모델링

탱크 유형에 따른 액위의 변화는 단위시간당 누출량은 액위상단에서 단면적과 시간당 높이 변화의 곱은 누출구에서 단위시간 당 빠져나가는 유체의 양과 동일하다고 생각할 수 있다. 그래서 수직형 실린더 탱크의 유체 속도는 Fig.3에서 같이 액위 상단의 단면적이 계속 일정하기 때문에 간단하게 계산이 가능하다.

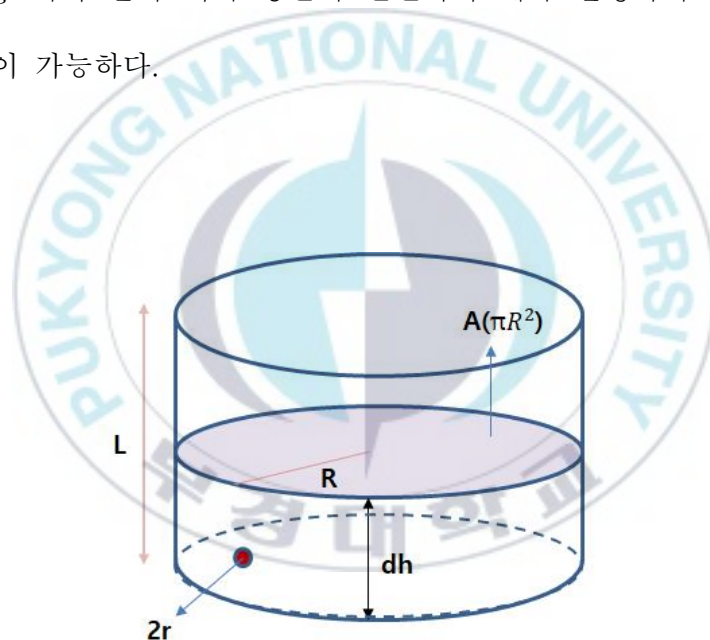


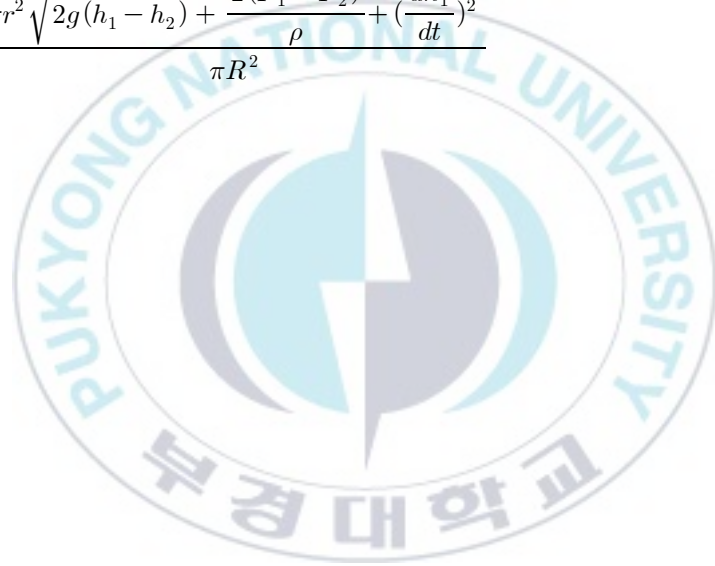
Figure 3. The mathematical model of the Vertical Storage tank

저장탱크의 누출량을 나타내는 식은 다음과 같이 표현 할 수 있다.

$$A \frac{dh_1}{dt} = \pi R^2 \frac{dh_1}{dt} = \pi R^2 v_2 \quad (6)$$

이를 식 (5)에 대입하면 다음과 같은 식을 구할 수 있다.

$$\frac{dh_1}{dt} = \frac{\pi r^2 \sqrt{2g(h_1 - h_2) + \frac{2(P_1 - P_2)}{\rho} + \left(\frac{dh_1}{dt}\right)^2}}{\pi R^2} \quad (7)$$



2.5 수평형 실린더 탱크 누출속도 모델링

수평 원통형 저장탱크 누출량을 식으로 표현하기 위해 액위의 높이 변화를 나타내는 dh 와 수평 원통형 측면 부분의 원의 반지름 R , 액위 최상단에서 측면에서 바라본 액위의 길이 $2\sqrt{R^2 - (R-h)^2}$, 액위 최상단의 면적 A , 저장탱크의 길이 L , 누출구의 직경을 $2r$ 로 둔다. 이를 도식화하여 표현하면 Figure 4와 같다.

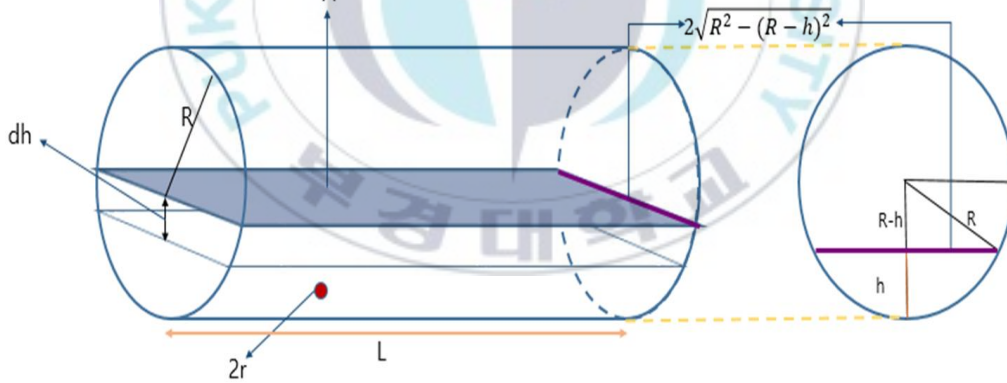


Figure 4. The mathematical model of the Horizontal Storage tank

액위 최상단에서 측면에서 바라본 액위의 길이는 Figure 3에서 알 수 있듯이 반지름 R 과 반지름 R 에서 액위의 높이 h 를 뺀 길이를 이용하여 피타고라스 정리를 통해 나타낼 수 있다. 따라서 시간당 저장탱크에서 변하는 유체의 부피는 다음과 같이 정리 할 수 있다.

$$A \frac{dh_1}{dt} = 2L \sqrt{R^2 - (R - h_1)^2} dh = \pi r^2 v_2 \quad (8)$$

액위 최상단 높이에서의 면적 A 와 액위 최상단의 높이 변화량 dh 를 곱하여 누출량을 계산 할 수 있으며 또 다른 식으로 액위의 최상단에서 측면에서 바라보았을 때 액위의 길이와 저장탱크의 길이 L 의 곱을 통하여 계산할 수 있다.

시간에 따른 액위 변화에 관한 0 미분방정식을 구하기 위해 앞서 구한 식 (8)를 아래의 과정을 통해 식(9), 식(10)으로 표현할 수 있다. 여기서 v_2 는 식 (5)에서 알 수 있는 누출구의 속도이다.

$$2L\sqrt{R^2-(R-h_1)^2}\frac{dh}{dt}=\pi r^2\sqrt{2g(h_1-h_2)+\frac{2(P_1-P_2)}{\rho}+\left(\frac{dh_1}{dt}\right)} \quad (9)$$

$$\frac{dh_1}{dt}=\frac{\pi r^2\sqrt{2g(h_1-h_2)+\frac{2(P_1-P_2)}{\rho}+\left(\frac{dh_1}{dt}\right)}}{2L\sqrt{R^2-(R-h_1)^2}} \quad (10)$$

2.6 구형 탱크 누출속도 모델링

Fig. 5은 구형 탱크의 경우를 보여주고 있다. 구형탱크의 경우 액위 상단의 단면적은 식 (11)과 같이 나타낼 수 있다.

$$A \frac{dh_1}{dt} = \pi \left(\sqrt{R^2 - (R - h_1)^2} \right)^2 = \pi r^2 v_2 \quad (11)$$

액위 상단의 표면적이다. 식(5)에서 구한 v_2 와 식 (11)을 결합하면 dh_1/dt 는 다음과 같이 정리할 수 있다.

$$\frac{dh_1}{dt} = \frac{\pi r^2 \sqrt{2g(h_1 - h_2) + \frac{2(P_1 - P_2)}{\rho} + \left(\frac{dh_1}{dt} \right)}}{\pi \sqrt{R^2 - (R - h_1)^2}} \quad (12)$$

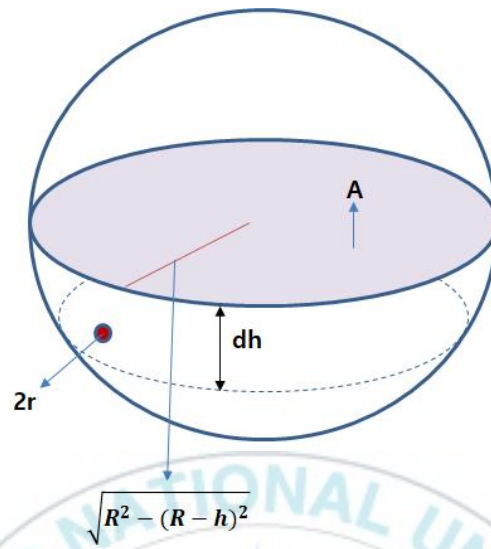


Figure 5. The mathematical model of the Sphere Storage tank

2.7 저장탱크의 누출 궤적 모델링

메탄올이 외부로 누출되는 경우 기체의 누출 궤적은 대기 상태, 누출 속도, 대기 안전도 등 다양한 주변 환경에 의해 결정된다. 하지만, 액체의 경우는 주로 누출 속도에 의해 그 궤적이 결정된다. 정확한 누출궤적을 계산하기 위해서는 대기조건, 풍속, 메탄올 누출 시 탱크 내부로 공기가 들어가는 양 등 많은 불확실한 요소를 정확하게 알아야 계산이 가능하다. 따라서 본 연구에서는 수평방향으로 가장 멀리 날아가는 궤적으로 가정하여 계산하고자 한다. 즉, 누출구에서 위험물은 수평방향으로 자유낙하하는 형태로 누출된다고 가정하였다. 즉, 수직방향의 속도는 0이고, 누출속도는 수평방향의 속도와 일치한다고 가정하였다.

식 (5)를 통해 누출이 발생하는 시간별로 누출 속도를 계산할 수 있고, 최대 누출 속도를 계산할 수 있다. 유체가 최대속도 v_{max} 로 수평방향으로 누출되는 경우 지면에 수평 방향으로 가장 멀리 유체가 낙하하며, 이를 식으로 표현하면 다음과 같다.

$$S_x = v_{max}t \quad (13)$$

$$S_y = h_2 - \frac{1}{2}gt^2 \quad (14)$$

또한, 지면에 도달하기까지 걸리는 시간 T 는 식 (15)와 같다.

$$T = \sqrt{2h_2/g} \quad (15)$$



제 3 장 연구 결과

3.1 메탄올 저장탱크(수직형 실린더 탱크) 누출속도 분석

메탄올 저장탱크에서 3m~7m 까지 0.5m 간격으로 총 9가지 누출구에서 누출사고가 발생한다고 가정하여 누출속도 계산을 위한 시뮬레이션을 진행하였다. 메탄올 저장탱크 누출 시나리오를 시뮬레이션하기 위해 사용된 데이터는 Table 3 와 같다.

Table 3. Matlab Simulations Input data

Data	Value
Gravity	9.81 m^2/s
radius of tank	3.6 m
Operation pressure	1 atm
Operation Temperature	20 $^{\circ}C$
Atmospheric pressure	1 atm
Length of tank	7.3 m
Hole Height	3/ 3.5/ 4/ 4.5/ 5.0/ 5.5/ 6.0/ 6.5/ 7 m

3.2 누출구 높이에 따른 저장탱크 최대 누출속도 비교

식 (5)와 (7)을 이용하여 메탄올 저장탱크에 누출구 높이에 따른 시간에 따른 누출속도를 계산하였고, 누출구 높이에 따른 최대 누출 속도는 Table 4 와 같다.

Table 4. Maximun leakage velocities according to various height of opennig holes

The Height of an opening hole (m)	MaximunLeakage Velocity (m/s)
7	2.48
6.5	4.00
6	5.08
5.5	5.97
5	6.74
4.5	7.43
4	8.06
3.5	8.65
3	9.20

메탄올의 액위 높이와 누출구의 위치 차이가 커질수록 유체의 누출속도가 빨라짐을 계산결과 확인할 수 있다.

3.3 누출구 높이에 따른 저장탱크 누출 궤적 비교

Table 4에서 얻은 최대 누출 속도를 이용하여 식 (12), (13)을 통해 누출구의 낙하궤적을 계산하였으며, Fig 6 에서 그 결과를 확인할 수 있다.

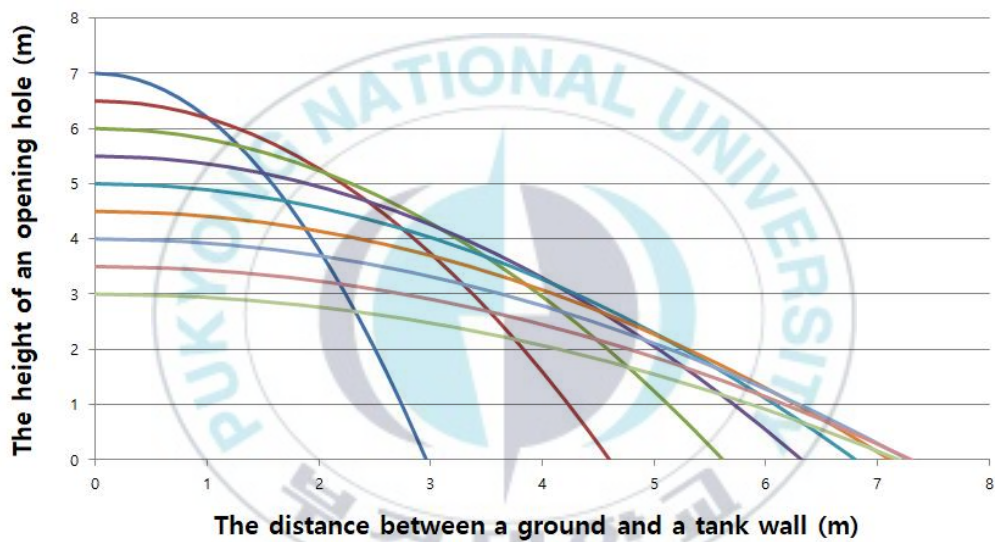


Fig 6. The trajectory of Methanol according to various height of an opening hole. (1 atm)

그리고, 방유제의 높이와 설치 위치를 Fig 7 에 반영하여 도식하면 Fig 6 과 같이 명확하게 누출구 높이에 따른 방유제의 유효성에 대해 확인 할 수 있다.

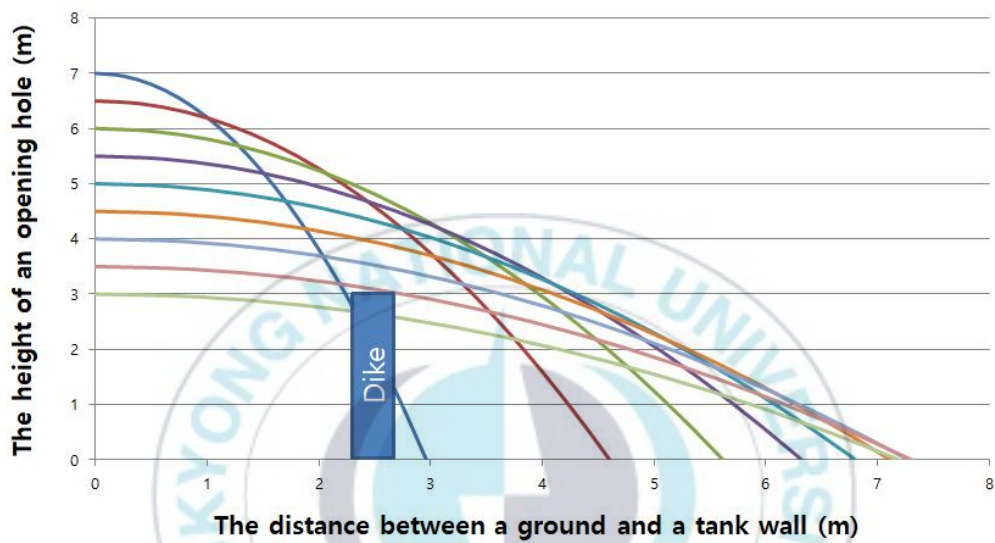


Fig 7. The trajectory of Methanol with Dike according to various height of an opening hole. (1 atm)

제 4 장 결론 및 고찰

본 연구에서는 바이오디젤 생산공정에서 원료로 사용되는 메탄올의 저장 탱크에서 누출사고 발생 시 누출구의 직경, 높이에 따라 누출속도를 계산하기 위해서 Matlab 프로그램을 이용하였으며 산출된 누출속도를 근거로 누출계적을 계산하여 방유제 설치에 관한 기술기침에 의해 설치된 방유제가 제 역할을 제대로 수행하는지 평가하였다.

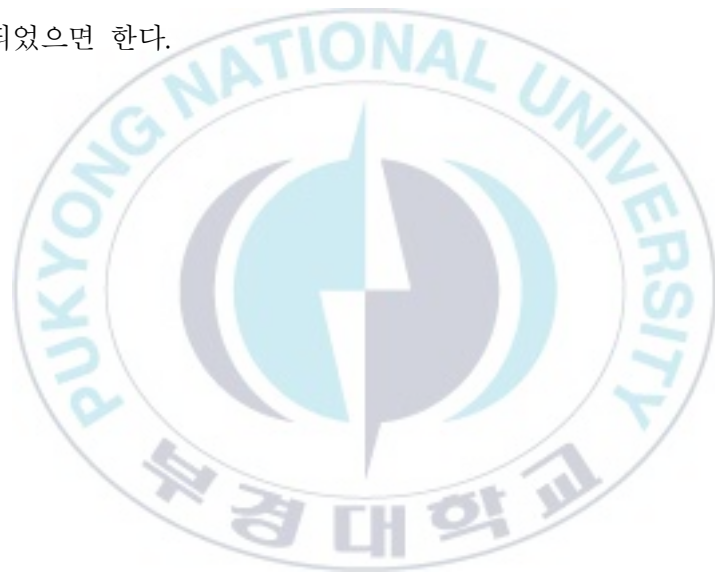
Torrocelli의 법칙에 따라 저장물질의 액위 높이와 누출구의 위치 차이가 커질수록 유체의 누출 속도가 빨라짐을 계산 결과를 통해 확인이 가능하였다.

그 결과 탱크 내부 압력이 대기압과 같은 조건에서는 누출구가 7m이상에서는 메탄올이 낙하하였을 경우 지표면에 닿는 거리가 짧아져 방유제 안에 메탄올을 모두 저장 할 수 있었고, 누출구가 3m이하에서는 지표면에 닿는 거리가 멀지만 방유제에 의해 메탄올을 모두 저장 할 수 있었다. 그리고 누출구가 6.5 ~ 4m 높이에서 위험물이 낙하하였을 경우에는 방유제 설치에 관한 기술지침에 맞게 설치된 방유제를 넘을 수 있음을 Fig 6와 같이 확인 할 수 있었다.

그리하여 방유제 설치에 관한 기술 지침을 기반으로 작성된 방유제일지라도

일정한 조건이 되면 방유제 설치의 목적에 부합하지 않음을 확인 할 수 있었고, 만약 그 물질이 위험한 물질일수록 사고 시에 큰 위험이 발생할 수 있음을 확인 할 수 있었다.

그래서, 실제 사고 시를 방유제 이외의 추가 안전대책을 해당공정에서는 실시를 해야 하겠고, 또한 이를 근거로 하여 강화된 방유제 설치에 관한 기술지침이 마련되었으면 한다.



참고문헌

- 1) WHO. Environmental health criteria 196: methanol. Geneva: WHO, 1997
- 2) Tyson HH. Amblyopia from inhalation of methyl alcohol. Arch Ophthalmol 1912;41:459-79.
- 3) Richard K, Richard N, Michael S. Medical toxicology and public health. J of medical toxicology, 2009;5
- 4) 안전보건공단 물질안전보건자료, <http://www.kosha.or.kr/>
- 5) 한국산업안전공단, 중대산업사고 사례, 2016
- 6) <http://www.chemnavi.or.kr/main.do>
- 7) 박순희, 김동현, 이재열, 이창준, “누출사고 시 저장탱크 위험물 누출속도를 고려한 방유제 설계에 관한 연구”, 삼성디스플레이, 부경대학교 안전공학과

8) 한국산업안전보건공단, 방유제 설치에 관한 기술지침, 2017

