

재래시장의 화재 확산 방지를 위한 수막설비 설치 지침

The Water Curtain Installation Guideline for Fire Spread Prevention in Market

최정욱(Jung-Uk Choi)¹, 조성우(Sung-Woo Cho)^{2*}

¹창원대학교 건축공학과 대학원, ²창원대학교 건축학부

¹Graduate Course, Department of Architectural engineering, Changwon University, Changwon, 51140, Korea

²Department of Architectural engineering, Changwon University, Changwon, 51140, Korea

(Received May 17, 2016; revision received May 31, 2016; Accepted: June 7, 2016)

Abstract This paper aims to suggest the water curtain installation guideline for prevention of fire spread. The water curtain systems play a role in preventing fire spread which is caused by fire flames and radiation heat release from a fire source. The radiation attenuation ratio is affected by the water droplet size, vertical distance from the nozzle and flow rate. This study suggests the water curtain installation guideline as follows : (1) Investigation of a reference store array (2) Calculation of the number of drencher heads (3) Review of the relationship between droplet size and attenuation factor depending on the height of the drencher head (4) Review of a drencher head array and spray overlapping. The reference traditional market in which a fire compartment is installed using a water curtain can be predicted to have a radiation attenuation ratio of 50%.

Key words Water curtain(수막), Dropt size(수적크기), Drencher head(드렌처 헤드), Attenuation ratio(감쇠율), Flow rate(유량)

† Corresponding author, E-mail: swcho@changwon.ac.kr

기호설명

D	: 노즐 지름 [m]
D_L	: 헤드와 헤드의 이격거리 [m]
We	: Weber number
hd	: 노즐로부터의 거리 [m]
mi	: 단위유량 [kg/s]
n	: 헤드개수
P	: 압력 [Pa]
Q	: 유량 [kg/s]
r	: 수적크기 [μ m]
U_d	: 유속 [m/s]
U_m	: 평균유속 [m/s]

그리스 문자

ρ	: 유체밀도 [kg/m^3]
σ	: 계면계수 [0.728 N/m]
θ	: 노즐각도

1. 서 론

재래시장 개별 점포는 판매를 촉진시키기 위하여 일

반적으로 물품의 과도한 적재 및 외부 전시 등으로 인하여 화재에 취약하다고 할 수 있다. 2015 국정감사 보도 자료⁽¹⁾에 따르면 최근 5년간 재래시장 화재 건수가 316건 발생하였으며, 10건 중 6건은 폐장된 시간에 발생하였고, 소방차의 진입이 곤란한 곳도 179곳이나 된다고 보고하고 있다. 재래시장 화재원인으로는 전기적 요인, 화원 사용 부주의 등을 원인으로 볼 수 있으며, 화재 발생으로 인한 피해는 타 화재발생사고와 비교하여 크다고 할 수 있다. 이는 가연성 물품의 무분별한 적재에 따른 급속한 화재확산속도와 이를 진압하기 위한 스프링클러 등과 같은 소화설비 부족 및 소화 성능 등을 들 수 있다. 2014년 4월에 일어난 A 사업장 화재에서 스프링클러의 작동에도 불구하고 10시간 이상 화재가 지속되었다고 보고⁽²⁾하고 있다. 이는 과도한 적재로 인하여 스프링클러의 작동에 영향을 미치게 되어 소화능력이 크게 감소한 결과라고 할 수 있다.

이와 같이 재래시장 경우도 상점 내에 다양한 가연성 물품과 많은 적재량을 보유하므로 실내에 소화장비를 설치하는 경우 적재물에 의하여 화원에 직접적으로 소화활동을 방해되는 경우도 발생할 수 있으며, 재래시장의 특성상 점포와 점포와의 간격이 좁으므로 빠른 시간

내에 화재가 확산하는 특징을 지니고 있다. 그러므로 화재확산을 방지하기 위해서는 점포 외부에서 화염 확산을 차단할 필요가 있다. 그리고 재래시장의 방화구획은 블록별로 지정되어 있으나, 블록내의 방화구획은 설정되지 않고 있는 실정이다. 또한, 재래시장의 블록 내에서 좁은 간격으로 설치되어 있는 점포의 화재확산을 방지하기 위하여 최근 도입되고 있는 수막설비 설치에 대한 상세 지침은 마련되지 않은 실정이다.

이에 본 연구에서는 화재확산을 방지하기 위한 수막설비의 소화능력을 감안한 수막설비의 설치 지침을 제시하는데 목적을 두고 있다.

2. 이론적 고찰

2.1 수막설비

수막설비는 소방대상물을 인접 장소 등의 화재 등으로부터 방화구획이나 연소 우려가 있는 부분의 개구부 상단에 설치하여 물을 수막(水幕)형태로 살수하여 화원으로부터 화재 화재확산을 예방할 수 있는 소화시설이라고 할 수 있으며, Fig. 1과 같이 작동한다.

점포 간격이 좁은 재래시장에서의 화재확산을 방지하기 위해서는 수막설비를 점포의 외부 상부에 설치하여 화염 확산을 막을 수 있으며, 수막설비 성능은 수압과 드렌처헤드의 직경에 의하여 결정될 수 있다.

2.2 수막설비관련 규정

화재확산 방지를 위한 수막설비는 드렌처설비라고도 하며, 국내에서는 NFSC(국가화재안전기준) 103 제15조 2항⁽³⁾에서 규정하고 있으며 이에 대한 내용은 아래와 같이 정리할 수 있다.

- 드렌처헤드는 개구부 위 측에 2.5 m 이내마다 1개를 설치할 것
- 제어밸브는 특정 소방대상물 층마다에 바닥 면으로부



Fig. 1 Water curtain.

- 터 0.8 m 이상 1.5 m 이하의 위치에 설치할 것
- 수원의 수량은 드렌처헤드가 가장 많이 설치된 제어밸브의 드렌처헤드의 설치개수에 1.6 m³을 곱하여 얻은 수치 이상이 되도록 할 것
- 드렌처설비는 드렌처헤드가 가장 많이 설치된 제어밸브에 설치된 드렌처헤드를 동시에 사용하는 경우에 각각의 헤드선단에 방수압력이 0.1 MPa 이상, 방수량 80 ℓ/min 이상이 되도록 할 것

국외의 경우, 호주에서는 수압과 수량을 규정하고 있고, NFPA에서는 스프링클러와 구분하여 수막설비에 대한 수량을 나타내고 있다. 그리고 중국의 경우에는 오리피스 관경별로 수압과 수량을 규정하고 있는 것으로 조사되었다. 이에 대한 내용은 Table 1⁽⁴⁾과 Table 2⁽⁴⁾와 같이 정리할 수 있다. 국내 및 국외의 수막설비에 대한 규정을 살펴보면 수압과 수량에 대한 규정은 공통적이며, 중국의 경우에는 관경별 수압과 수량으로 세분화되어 규정하고 있는 것으로 나타났다. 그러나 수막설비의 설치간격에 대한 규정하지 않고 있는 것으로 파악된다.

Table 1 Summary of operating conditions of drencher system under different codes(Australia & NFPA)

Description	Water pressure	Water flow rate
Australia Standard (AS 2118.1 & AS 2118.2-1995)	Not less than 70 kPa for light hazard system, 35 kPa for ordinary hazard system or 50 kPa for high hazard systems	Not less than 5 L/m ² /min
	Less than 1 MPa	
NFPA (13, 80 A)	Not less than 48 kPa	Not less than 56.8 L/min for each sprinkler or 37 L/min/m for water curtain

Table 2 Summary of operating conditions of drencher system under different codes(Chinese)

Chinese Regulation (orifice diameter drencher head)		
-10 mm	3 bar	0.57 L/s
	4 bar	0.66 L/s
-12.7 mm	3 bar	0.93 L/s
	4 bar	1.08 L/s
-19 mm	3 bar	2.06 L/s
	4 bar	2.37 L/s

2.3 복사감쇠율과 수적(水滴)크기

수막설비는 화원으로부터 화염확산과 동시에 복사열을 차단하여 화재확산을 방지하는데 목적을 두고 있다.

특히 복사열로 인한 확산을 방지하기 위해서는 수막설비의 수적(물방울, 水滴) 지름과 관계가 있으며, Usui and Matsuyama⁽⁵⁾은 실험을 통하여 유량별로 수적의 지름과 복사열 감쇠율에 대한 관계를 보고를 하고 있으며, Fig. 2와 같다. 또한 Buchlin⁽⁶⁾은 수직 수막설비에서는 50~75%의 복사열에 대한 감쇠율을 기대할 수 있으나, 이를 겹치도록 설치하면 90%까지 감쇠율이 높아질 수 있으므로 수막설비 설치 시, 수막이 겹치도록 하는 것이 유리하다. Fig. 3은 높이별에 따른 감쇠율에 대한 결과를 보고하고 있으며, 가로축은 복사열의 감쇠율, 세로축은 높이를 나타내고 있다.

그러나 수막설비에서의 유체흐름은 비규칙적이고 일시적인 현상이므로, 복사 감쇠율을 예측하기가 어렵다고 할 수 있다. 이를 해결하기 위하여 수적 지름은 Weber 수를 활용하여 구할 수 있으며 Eq.(1)⁽⁷⁾과 같다.

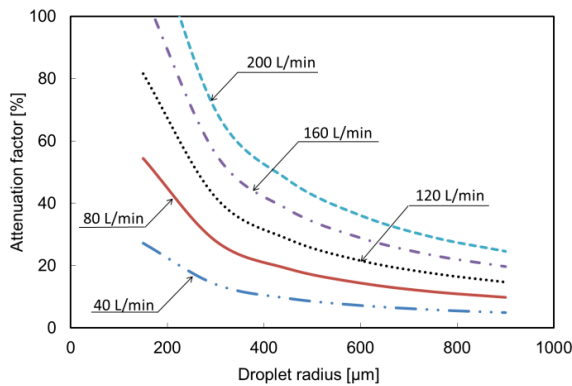


Fig. 2 Prediction of attenuation factor for droplet radius.

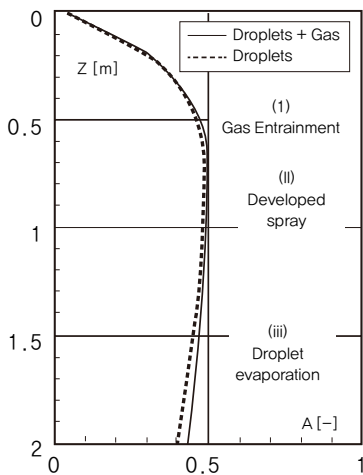


Fig. 3 Vertical distribution of the total attenuation.

$$r = \frac{d_{50}}{D} = C_{(hd)} \times We^{-0.39} \quad (1)$$

여기서, $C_{(hd)} = -0.000922456 \times h_d + 1.48031$

노즐로부터 이격거리에 따른 성능을 파악하기 위하여 수적의 속도를 이용하여 하였으며, Eq.(2)⁽⁷⁾와 같다.

$$We = \frac{\rho U_d^2 D}{\sigma} \quad (2)$$

Weber 수에서 유속(U_d)를 평균유속(U_m)으로 대체할 수 있으며, 유속은 Eq.(3)⁽⁷⁾과 같다.

$$U_m = 0.085 \times Q + b \quad (3)$$

여기서, $b = -0.50792 + 1.557 / (1 + 10^{(601 - h_d)}) - 0.00505$

수막분사는 유체흐름에 의해서 특정되어지며, 이는 노즐의 압력과 유량으로 나타낼 수 있으며, Eq.(4)⁽⁶⁾와 같이 나타낼 수 있으며, 이를 이용하여 단위 길이 당 설치개수와 유량으로 표현할 수 있다.

$$m_l = n F_N \sqrt{\Delta P} \quad (4)$$

여기서, $F_N = Q_T / P$ [kg / Pa.s]

방화구획은 Buchlin⁽⁶⁾가 제시한 드렌처헤드로부터의 거리에 따른 복사 감쇠율을 고려하면, 개구부 상부에서 1 m 지점에 설치하는 것이 유리할 것으로 판단되며, 이는 NFSC 규정⁽²⁾인 개구부 상부 2.5 m 이내를 만족시키고 있다. 이에 따라 드렌처헤드와 드렌처헤드사이의 이격거리에 대한 개념도는 Fig. 4와 같다. 그리고 드렌처헤드사이의 간격은 노즐의 각도에 따라 변화되므로 각도와 간격사이의 관계는 Eq.(5)와 같다.

$$D_L = \sin \theta \quad (5)$$

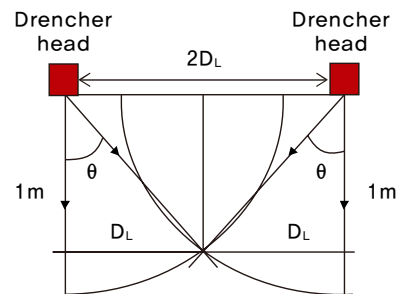


Fig. 4 Distance between drencher head and drencher head.

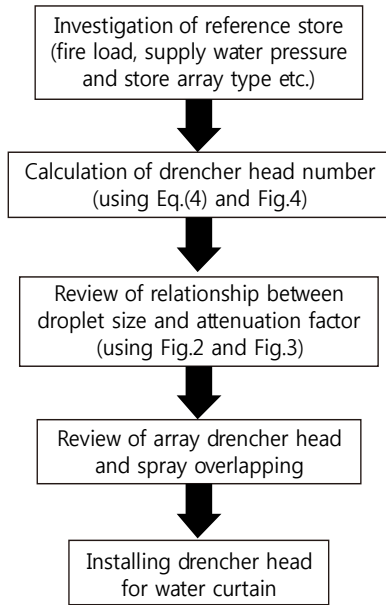


Fig. 5 Flow chart for installation of water curtain.

3. 방화구획 설계지침

재래시장에서 화재가 발생한 점포 즉 화원에서 화염 및 복사열을 차단하기 위한 목적으로 설치되는 수막설비를 근거로 한 방화구획을 설정하고자 한다.

재래시장에서의 화재 확산은 인접점포와 상층에 위치한 점포로 발생하는 것이 일반적이다. 먼저 화재 확산을 방지하기 위해서는 화원이 된 점포에서 화염과 복사열을 차단하기 위해서는 화염이나 복사열의 방출을 발생시킬 수 있는 개구부를 수막으로 덮는 것이 가장 효율적이라고 할 수 있다. 수막 노즐은 압력과 유량에 대하여 수적의 크기가 결정되며, 수적 크기는 복사 감쇠율과 관계가 있으므로, 복사 감쇠율을 높이기 위하여 서로 겹치도록 하여 설치가 되어야 함에 따라 이에 대한 검토가 필요하다. 재래시장에서 수막설비지침을 근거로 한 방화구획 흐름도는 Fig. 5와 같다.

4. 방화구획 적용 사례

4.1 대상시장 개요

본 논문에서 제시한 수막설비 설치 지침을 근거로 1차년도에서 조사한 대전의 J 시장에 적용하고자 하며, 대상 시장의 전체 평면도는 Fig. 6과 같다.

시장의 대부분은 소방기본법 제13조 화재경계지구의 지정 등에서 화재경계지구로 지정되어 있으며, 대상 시장의 경우도 화재경계지구의 지정 대상이다. 본 연구에서는 대상 시장 전체에 대하여 수막설비를 토대

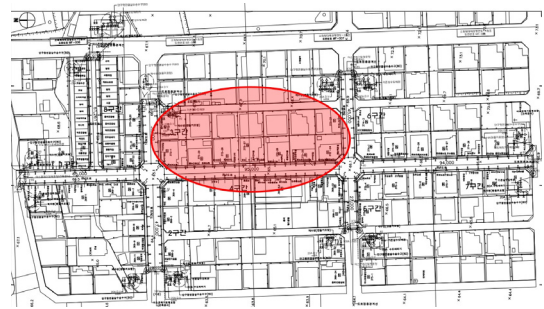


Fig. 6 Daejeon J market plan.

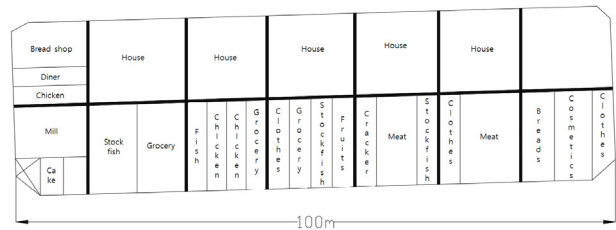


Fig. 7 The Magnified Daejeon J market Plan.

로 한 구획 설정은 현실적으로 무리가 있으므로, Fig. 6에서 붉은색 부분으로 된 하나의 구역을 대상으로 구획을 설정하고자 한다.



4.2 수막설비 설치지침

구획설정은 제3장에서 언급한 순서로 하고자하며, 먼저 대상 구역에 대한 너비와 점포의 특성을 파악하였으며, 이는 Fig. 7(Fig. 6의 붉은색 부분 확대)와 같다.

첫 번째, 각각 점포 너비는 3 m~10 m의 범위에 있으며, 구역 전체의 너비는 100 m로 조사되었다. 또한 대상구역 점포는 화재하중이 높다고 판단되는 옷가게가 3곳이고, 화장품 가게가 1곳이며, 그 외는 건어물, 채소 및 반찬가게로 구성되어 있다. 여기서, 유량과 압력은 재래시장마다 차이가 있으므로 확인이 필요하다.

두 번째, 드렌처 헤드 수는 Fig. 4와 Eq.(4)를 활용하여 구할 수 있다. 본 논문에서는 Table 3에 나타난 2종

Table 3 Drencher head summary

		
Shape		
Flow rate	80 L/min	160 L/min
Water pressure	350 kPa	
Internal diameter	20 mm	

류의 드렌치 헤드를 기준으로 수압은 350 kPa, 내경은 20 mm, 유량은 80 L/min과 160 L/min으로 선정하여 계산하고자 한다. θ 가 90°인 경우, 헤드 위치는 개구부 상부 1 m, 헤드사이의 간격은 2.0 m로 총 50개가 설치되는 것으로 나타났으며, 설치위치는 Fig. 8과 같다.

세 번째, 수적의 크기와 감쇠율을 조사할 필요가 있으며, 먼저 Eq.(1)을 이용하여 수적의 크기를 계산하고, 계산된 수적의 크기와 Fig. 2와 Fig. 3을 활용하여 감쇠율을 예측할 수 있다. 본 논문에서는 수적의 크기는 80 L/min인 경우 136 μm 이며, 감쇠율은 50%로 예측할 수 있고, 160 L/min인 경우 131 μm 이며, 감쇠율은 80%

로 예측할 수 있다. 유량이 클수록 수적의 크기는 작고, 감쇠율은 증가하는 것을 알 수 있다.

네 번째, 기 계산된 드렌치 헤드 개수를 근거로 이를 배치하여야 하고, 반드시 분사가 겹치도록 하여야 한다. 헤드 배치 시, 시작위치는 Fig. 9와 같이 천장의 가장자리와 소화반경이 맞물리도록 하고, 중간지점 또한 Fig. 10과 같이 분사 반경이 겹치도록 하여야 하며, 설치 끝 지점도 Fig. 11과 같이 설치하여 화염이나 복사열을 차단할 수 있도록 하여야 한다. 헤드 각도에 따른 대상 점포 전체에 대하여 드렌치설비를 적용한 예는 Fig. 12, Fig. 13과 같이 나타낼 수 있다.

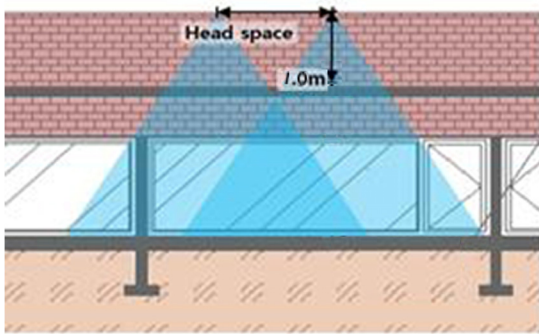


Fig. 8 Installation position of drencher.

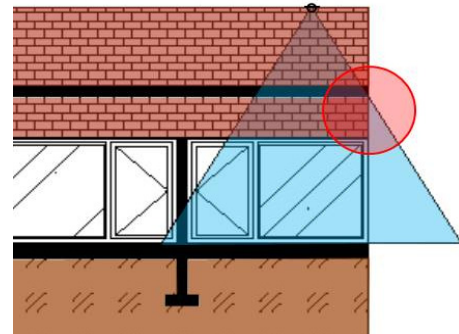


Fig. 9 Starting point of drencher head.

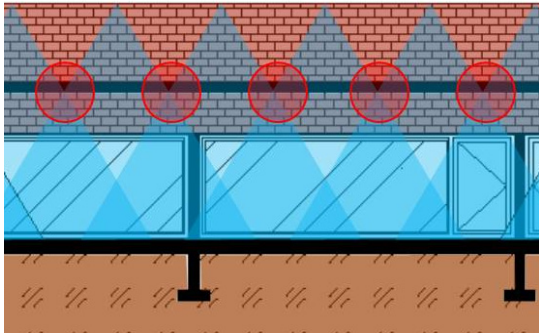


Fig. 10 Middle point of drencher head.

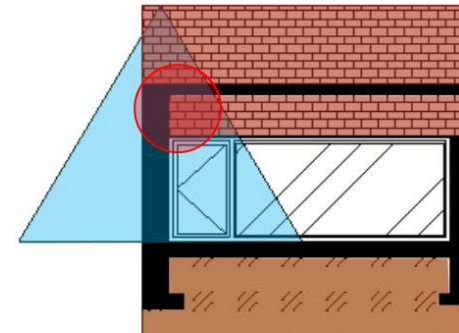


Fig. 11 End point of drencher head.

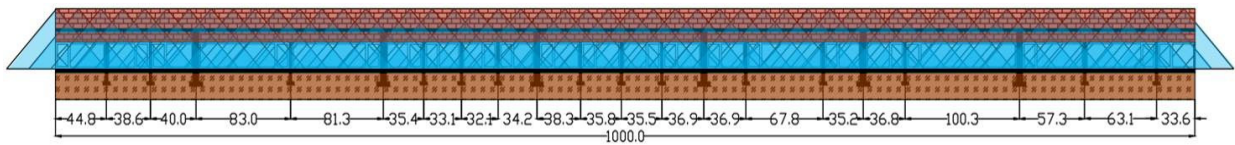


Fig. 12 Application result at $\theta = 75^\circ$.

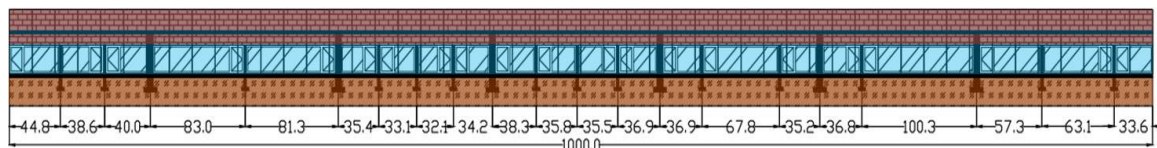


Fig. 13 Application result at $\theta = 90^\circ$.

4. 결 론

재래시장에서 화원으로부터 화재확산을 방지하기 위한 수막설비의 설치지침에 대한 연구를 수행한 결과는 아래와 같이 정리할 수 있다.

- (1) 화재확산의 원인이 되는 화염과 복사열을 차단하기 위하여 수막설비는 필요한 것으로 판단된다.
- (2) 특히 복사열의 차단은 수적의 크기와 수직높이 및 유량에 의하여 영향을 받는 것으로 나타났다.
- (3) 본 연구에서 제시한 수막설비를 이용하여 화재 확산을 방지하기 위한 설치 지침은 재래시장에 대한 정보수집(화재하중, 점포배열, 점포크기 등), 헤드수의 계산, 수적과 감쇠율과의 관계파악, 헤드 분사가 겹치도록 헤드 배열 및 설치의 순으로 제안하였다.
- (4) 수막설비 설치지침에 의하여 헤드를 배열한 경우, 대상시장에서의 복사 감쇠율은 50% 이상으로 나타났다.

후 기

본 연구는 소방방재청 차세대 핵심소방안전기술개발사업(NEMA-차세대-2014-49)의 연구비 지원으로 수행된

결과의 일부입니다.

References

1. 2015 Inspect of the government offices report.
2. <http://www.joongdo.co.kr/>.
3. NFSC 103 the second clause of Article 15.
4. Fong, N. K. and Chan, W. T., 2001, On the properties of a water curtain discharged from a drencher system, *International Journal on Engineering Performance-Based Fire Codes*, Vol. 3, No. 2, pp. 87-91.
5. Usui, K. and Matsuyama, K., 2014, An Experimental Study on Attenuation of Radiant Heat Flux from Flame through Water Droplets, *Fire Safety Science-proceedings of the 11 International Symposium*, pp. 1196-1207.
6. Buchlin, J. M., 2005, Thermal shielding by water spray curtain, *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, Elsevier, Vol 18, No. 4-6, pp. 423-432.
7. You, W. J. and Ryou, H. S., 2016, Effects of drop-let ratio and void fraction on the attenuation of radiative heat flux in water curtain, *Fire Safety Journal*, Elsevier, Vol. 80, pp. 46-55.