

Bubble Column 에 있어서의 Gas Hold-up 에 미치는 부유물의 영향에 관한 연구

金 柱 奉* · 孫 鎮 彥* · 金 相 烈*

A Study on the Effect of the Solid Suspension to the Gas Hold-up in the Bubble Column

*Joo Bong Kim. · *Jin Un Sohn. · *Sang Yul Kim.

Dept. of Chem. Eng., College of Engineering, Dong-A University

Abstract

The effect of the solid suspension to the gas hold-up in the bubble column was studied where by;

- (1) The relation between the gas velocity (U_G) and the gas hold-up ($1-\phi$) in the independent bubble flow range ($U_G \approx 0 \sim 7$ cm/sec) at different specific gravity of solid suspension and its weight was linear, while in the blow up flow range of bubbles the gas hold-up was constant to the gas velocity.
 (2) In the independent bubbles flow range, the relation among the gas hold-up ($1-\phi$), the specific gravity (ρ) of solid suspension and its weight (W), the gas velocity (U_G) appeared as follows;

$$(1-\phi) = 0.3567\rho - 3.044W - 0.4726U_G$$

1. 서 론

Bubble column 의 연구로서는, 먼저 정지 액탑에 공기를 넣어 넣는 기포탑에 관한 실험으로 Verschoor⁽¹⁾, Stein⁽²⁾ Houghton⁽³⁾ 등에 의하여 연구되어 있으며 기액향류의 경우에는 Schulman⁽⁴⁾에 의하여 연구되어 있다.

또한 Kato⁽⁵⁾ 에 의해서도 공기의 유속, 액의 유속, 탑경, 탑높이, distributor 의 hole number, distributor 의 hole diameter, 기액향류, 기액병류등의 변화에 따른 gas hold-up 을 측정하여 위의 여러 변수에 관한 상호관계를 해석했다. 본 실험에서는 탑내에 흐르는 액

에 부유물인 고형입자를 넣었을 때, distributor 의 hole number 와 hole diameter 의 변화에 따라 gas hold-up 에 미치는 영향을 검토하였으며, 또한 액의 유속을 정지 상태에 두었을 때 부유물인 고형입자의 무게, 비중 및 가스의 유속이 gas hold-up 에 미치는 영향과 그들의 함수관계를 검토하였다.

2. 실 험

1. 장 치

실험장치는 Fig. 1, 2 와 같이 투명한 프라스틱 판으로 만들어진 다단탑 인데 직경은 $\phi 48$ mm, 탑의높이 2000 mm이고 25 cm 간격마다 flange 로 연결되어 있으며

*東亞工大 化學工學科

$$v = U_G / (1 - \varphi) \quad (9)$$

이 성립한다. Fig. 9에서

$$U_G = 5, W = 10\text{g 일 때}$$

$$(1 - \varphi) = 0.61 \rho^{-3.044} \quad (10)$$

을 얻을 수 있고

또한 $(1 - \varphi) = 0.2, \rho = 1.4$ 일 때

$$U_G = 1.71 W^{0.4726} \quad (11)$$

이 된다. (10)식과 (11)식을 결합시키면

$$(1 - \varphi) = 0.3567 \rho^{-3.044} W^{-0.4726} U_G \quad (12)$$

이 성립된다.

4. 고 찰

(1) Fig. 3, 4, 5와 같이 부유물의 무게를 각각 $W = 10\text{g}$, 15g , 및 20g 에 대해서 비중을 변화시켰을 때의 영향을 gas의 유속과 gas hold-up로 plot 하면 독립기

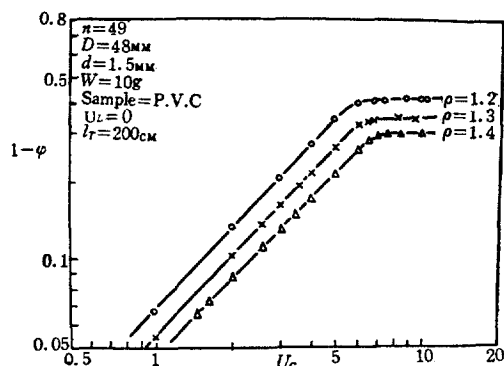


Fig. 3 $(1 - \varphi)$ vs U_G at Different Specific Gravity of 10g. of Solid Suspension

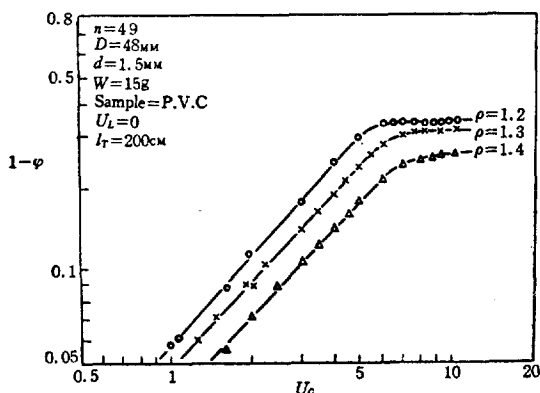


Fig. 4 $(1 - \varphi)$ vs U_G at Different Specific Gravity of 15g. of Solid Suspension

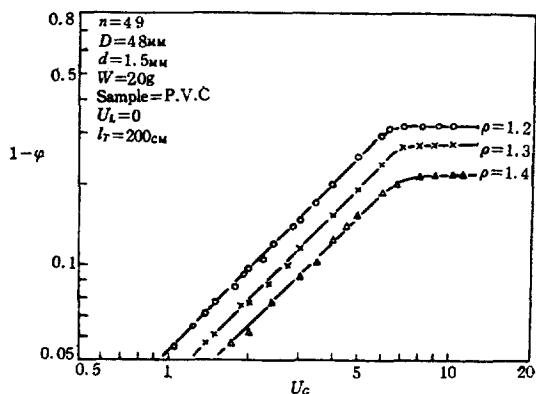


Fig. 5 $(1 - \varphi)$ vs U_G at Different Specific Gravity of 20g. of Solid Suspension

포군의 범위 ($U_G \approx 0 \sim 7$ cm/sec)에서는 gas의 유속과 gas hold-up 사이에는 직선적인 관계가 성립하고 그 이상의 범위 (blow up-flow range 나 gas agitating-flow range)에서는 가스의 유속에 관계없이 gas hold-up은 평형상태가 되어 일정한 값을 나타냄을 알았다.

(2) Fig. 6, 7, 8은 부유물의 비중을 각각 $\rho = 1.2, 1.3$ 및 1.4 에 대해서 무게를 변화시켰을 때의 영향을 gas 유속과 gas hold-up로 plot 한 것인데 독립기포군의 범위 ($U_G \approx 0 \sim 7$ cm/sec)에서는 부유물의 무게의 경우와 똑같이 직선적인 관계가 성립하고 그 이상의 범위 (blow up-flow range와 gas agitating-flow range)에서도 역시 평형 상태로서 가스의 유속에 영향을 받지 않고 일정한 값을 가지는 것을 알았다.

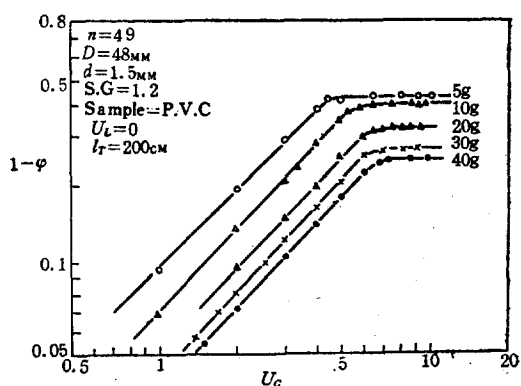


Fig. 6 $(1 - \varphi)$ vs U_G at Different Weight of Solid Suspension (S.G.; 1.2)

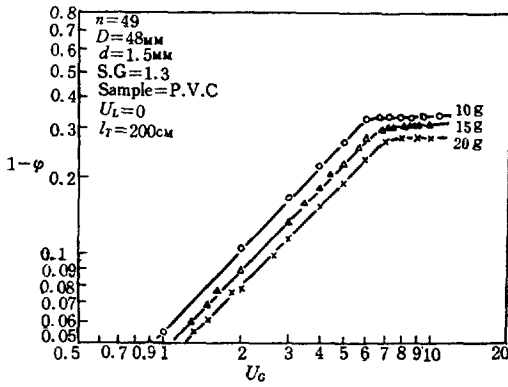


Fig. 7 $(1-\phi)$ vs U_G at Different Weight of Solid Suspension (S. G. 1.3)

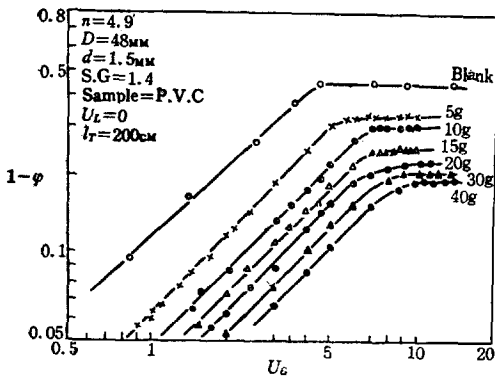


Fig. 8 $(1-\phi)$ vs U_G at Different Weight of Solid Suspension (S. G. 1.4)

(3) Fig. 9는 부유물의 무게와 비중에 대한 실험결과(Fig. 3-8)를 종합한 것이다. 이 Fig. 9에서 $U_G = 5$ cm/sec, $W = 10$ g 로 일정하게 두고 독립기포군의 범위 ($U_G = 0 \sim 7$ cm/sec)에서 gas hold-up ($1-\phi$)과 부유물의 비중 ρ 와의 관계를 Fig. 13에 표시하였다. 여기서 구한 식은 다음과 같다.

$$(1-\phi) = 0.61\rho^{-3.044} \quad (10)$$

또한 $(1-\phi) = 0.2$, $\rho = 1.4$ 로 두고 똑같은 범위에서 공기의 유속 U_G 와 부유물의 무게 W 와의 관계를 역시 Fig. 13에 나타내었다. 여기서 U_G 와 W 와의 관계를 구하면 다음과 같다.

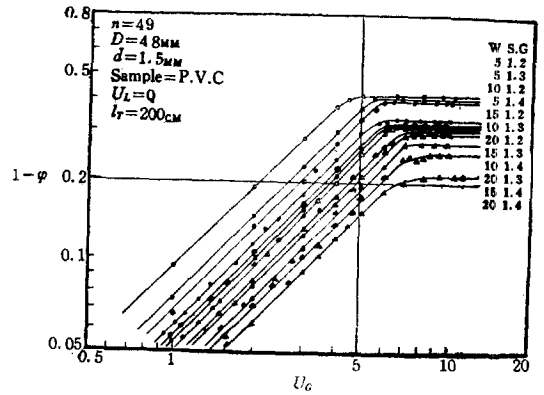


Fig. 9 $(1-\phi)$ vs U_G at Different Weight and Specific Gravity of Solid Suspension

$$U_G = 1.71 \bar{W}^{0.4726} \quad (11)$$

또 (10)식과 (11)식에서 다음과 같은 관계식 (12)을 얻었는데 이 식은 독립기포군의 범위 ($U_G = 0 \sim 7$ cm/sec)인 균일층에서만 성립한다.

$$(1-\phi) 0.3567 \rho^{-3.044} \bar{W}^{-0.4726} U_G \quad (12)$$

(4) Fig. 10, 11은 기포의 평균상승 속도와 U_G 와의 관계를 부유물의 무게와 비중의 변화에 따라 표시한 것인데 Fig. 10과 Fig. 11을 종합한 Fig. 12에서 관찰된 결과를 보면 부유물의 무게나 비중에 대해서 독립기포

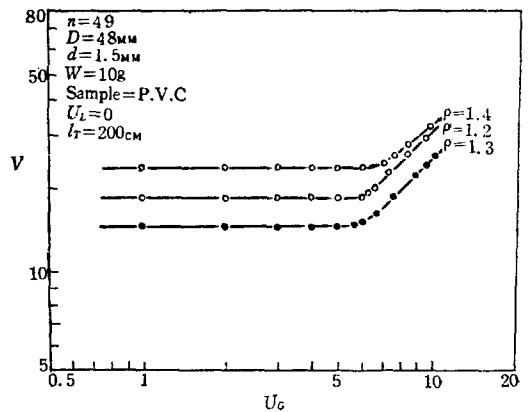


Fig. 10 v vs U_G at Different Specific Gravity of 10g. of Solid Suspension

군의 범위에서는 기포의 평균 상승속도가 가스의 유속에 무관계 하나 그 이상의 범위(blow up-flow range와 gas agitating-flow range)에서는 가스의 유속이 커짐에 따라 더욱 더 기포의 평균상승 속도가 급격하게 커지고 있음을 알 수 있다. 또한 비중과 무게의 변화에 대한 몇몇 경우에는 기포의 평균상승 속도가 일치하고 있는 것도 알 수 있다.

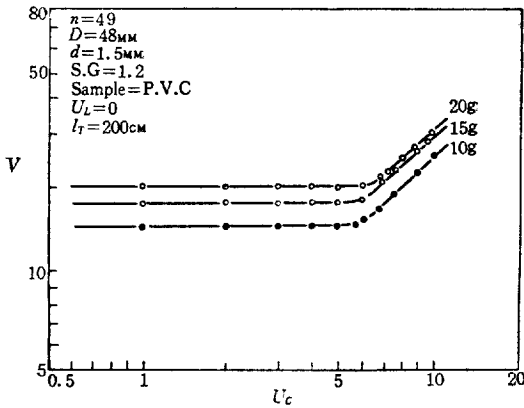


Fig. 11 v vs U_G at Different Weight of Solid Suspension (S.G.: 1.2)

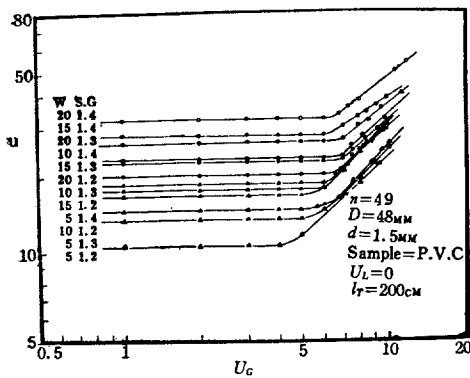


Fig. 12 v vs U_G at Different Weight and Specific Gravity of Solid Suspension

(5) Fig. 14는 distributor의 hole diameter를 변화시켰을 때 gas hold-up과 공기유속 U_G 와의 관계를 표시한 것인데 구멍의 직경이 클 수록 gas hold-up이 적어

지는 것을 알았다.

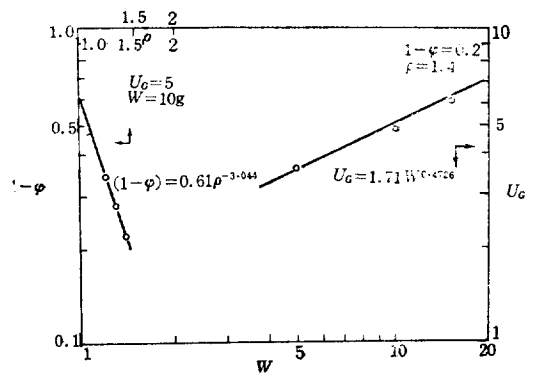


Fig. 13 Plots of $(1-\phi)$ vs Specific Gravity at $U_G=5\text{cm/sec}$, $W=10\text{g}$. and Plots of U_G vs W at $(1-\phi)c=0.2$, $\rho=1.4$

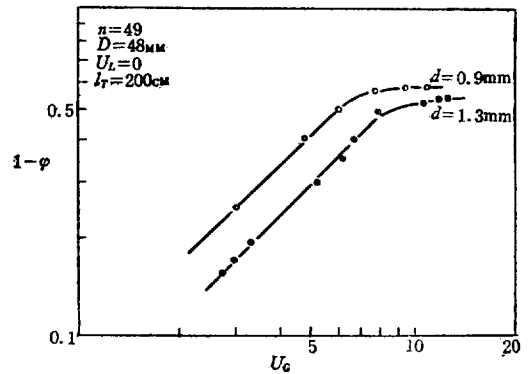


Fig. 14 $(1-\phi)$ vs U_G at Different Hole Number of Distributor.

5. 결 론

(1) 부유물의 무게에 대한 gas hold-up의 영향은 Fig. 3, 4, 5와 같이 독립기포군의 범위 ($U_G \approx 0.7\text{cm/sec}$)에서는 gas hold-up과 공기의 유속 U_G 사이에는 직선적인 관계가 성립한다. 그 이상의 범위에서의 gas hold-up은 U_G 에 무관계 하다.

(2) 부유물의 비중에 대한 gas hold-up의 영향은 Fig. 6, 7, 8과 같이 독립기포군의 범위에서는 gas hold-up과 U_G 사이에 직선적인 관계가 성립하며 그 이상의 범위에서는 gas hold-up이 공기의 유속에 관계없이 일정한 값을 가진다.

(3) 독립기포군의 범위에서는 gas hold-up $(1-\varphi)$ 과 부유물의 비중 ρ , 부유물의 무게 W 및 공기의 유속 U_G 사이에는 다음과 같은 관계식의 성립됨을 알았다,

$$(1-\varphi) = 0.3567 \rho^{-3.044} W^{-0.4726} U_G \quad (12)$$

6. NATATION

A ; Cross-sectional area of column	(cm ²)
D ; Column diameter	(cm)
d ; Hole diameter	(cm)
g ; Gravitational acceleration velocity	(cm/sec ²)
g_c ; Gravitational conversion factor	(g.cm/Gr.sec ³)
l ; Column length from the top	(cm)
l_G ; V_G/A	(cm)
l_L ; V_L/A	(cm)
l_T ; Total column length	(cm)
N ; Number of bubble per unit volume	(1/cm ³)
n ; Number of hole	
ΔP_{LV} ; Total pressure drop for liquid flow in the vertical column	(Gr/cm ²)
t ; Liquid temperature	(°C)
U_G ; Gas velocity based on A	(cm/sec)
U_L ; Liquid velocity based on A	(cm/sec)

V ; Column volume	(cm ³)
V_L ; Liquid volume	(cm ³)
v ; Average velocity of bubble rising through a cross-section in a column	(cm/sec)
φ ; Average liquid hold-up per unit volume of the column l or l_T	(—)
$(1-\varphi)$; Average gas hold-up per unit volume of the column l or l_T	(—)
ρ_L ; Specific gravity of liquid	(—)
ρ ; Specific gravity of solid suspension particles	(—)
W ; Weight of solid suspension particles	(g.)

7. LITERATURE CITED

1. G. Houghton, A. M. Mclean and P. D. Ritchie: *Chem. Eng. Sci.*, **7**, 40(1957).
2. Shulman, H. L. and M. C. Molstad: *Ind. Eng. Chem.*, **42**, 1058 (1950).
3. Stein, N., et al.: *Petrol. Trans., AIME*, **192**, 233 (1952).
4. Verschoor, H.: *Trans. Inst. Chem. Eng.* (London), **28**, 52 (1950).
5. Kato, Y.: *Kagaku Kogaku* **26**, 1068 (1962).