

TRUCK CAB 전착 도장 시 부력 방지용 HOLE 영향 평가

임정환*

현대자동차 상용선행개발팀

Evaluation of The Holes Reducing Buoyancy During Painting of A Truck Cab

Junghwan Lim*

Hyundai Motor Company, 772-1 Jangduk-Dong, Whasung-Si, Gyeonggi-do 445-706, Korea
(Received 27 November 2003 / Accepted 23 June 2004)

Abstract : When a truck cab is conveyed at a constant speed by a hanger and immersed into the painting reservoir, it may fall off from the hanger by buoyancy. In order to reduce the buoyancy, on the bottom of a cab panel are holes placed, which allow paint to flow into the inside of a cab. In this study, a differential equation is derived which can be solved numerically by using 4th-Order Runge-Kutta method to calculate transient behavior of the buoyant force with sizes and locations of the holes given. The solution is utilized to optimally determine sizes and locations of the holes.

Key words : Buoyancy(부력), Truck cab(트럭 캡), Painting reservoir(도장 저수조), Differential equation(미분 방정식), Runge-Kutta method(런지 커터 방법)

Nomenclature

- A : horizontal area of container, m²
- F_B : buoyancy, N
- S : cross section area of hole, m²
- V_w : volume of water in container, m³
- V_c : volume of container immersed in water, m³
- a : height of hole from container bottom, m
- g : gravity, 9.80 m/s²
- h_e : external water level, m
- h_w : internal water level, m
- v_c : immersing container velocity, m/s
- v_w : velocity of water flowing in container, m/s
- α : distance from cab bottom to door opening, m
- β : distance from rear cab panel to door opening, m

- v : cab width, m
- θ : angle between cab bottom and water surface
- ρ : water density, kg/m³

Subscripts

- B : buoyancy
- c : container
- w : water

1. 서론

트럭 Cab 도장 공정은 탈지, 수세 등 전처리 공정과 전착 공정 등 다수의 공정으로 이루어지기 때문에, Cab은 Conveyer에 매달린 Hanger에 안착되어 각 공정을 이동하게 된다. 각 공정마다 Cab은 Hanger에 안착 된 채로 전처리액의 저수조로 완전히 잠기게 되는데, 이 때 Cab이 Hanger에서 이탈될

*To whom correspondence should be addressed.
limjung@hyundai-motor.com

경우 생산 라인의 정지 및 심각한 재산상의 피해를 입게 된다.

Cab이 Hanger로부터의 추락 이유로는 부력, Door Stay 미장착 및 Hanger 형상 변형으로 인한 안착 불량 등을 들 수 있다. 안착 불량인 경우, 초음파 및 Vision 센서의 설치로 사전에 탐지가 가능하여 저수조 안에서의 추락을 방지할 수 있으나, 부력으로 인한 추락은 저수조 내에서만 발생하기 때문에 보다 근본적인 대책이 필요하다.

부력으로 인한 Cab의 부상 및 추락은 결국 부력이 Cab 무게에 비해 상대적으로 클 경우 안착 불량 및 다른 요인에 의하여 발생할 수 있으므로, 이의 방지를 위하여 Dummy Weight를 추가하여 Cab 무게를 증가시키든지, 아니면 부력을 감소시키는 방안을 들 수 있다. 본 연구에서는 Cab Dipping시 가장 먼저 액면에 닿는 Cab Floor 부분에 부력 방지 Hole을 뚫어 부력을 감소시키는 방안을 선택하였다.

Fig. 1은 Truck Cab이 Hanger에 안착 되어 이송되는 모습을 보여주고 있다. Cab 후면 방향이 Conveyor가 이동하는 방향이고, 양 Door는 약간 열린 채로 Door Stay에 의해 Cab에 고정된 채 이송된다.

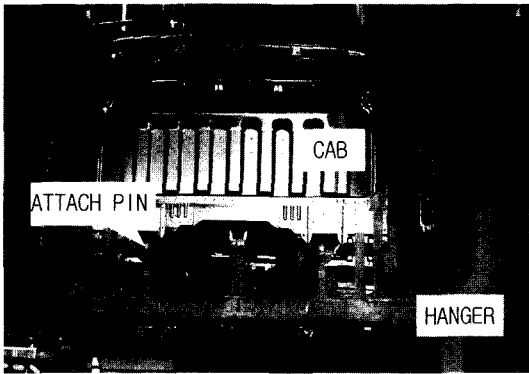


Fig. 1 Truck cab sitting at hanger

본 연구에서는 Truck Cab 도장 시 부력방지용 Hole 설계인자 및 공정인자가 부력에 미치는 영향을 파악하기 위하여 시간에 따른 부력의 변화를 계산할 수 있는 1차 비선형 미분방정식을 유도하였고, 이의 해를 구하기 위한 Program을 개발하였다. 개발된 Program을 이용하여 설계인자 및 공정인자가 부력의 변화에 미치는 영향을 파악하였고, 이를 현재

생산중인 여러 형상의 Cab에 적용하여 이탈 방지를 위한 Hole 크기 및 위치를 결정할 수 있었다. 마지막으로 계산 결과의 유효성 검증을 위하여 시험 결과 값과 비교하였다.

2. 이론 및 해석

2.1 MATHEMATICAL FORMULATION

부력계산을 위한 방정식을 유도하기 위하여 Fig. 2와 같은 임의의 체적의 용기를 액에 잠글 때 표면에 있는 Hole를 통하여 액이 용기내면으로 흘러 들어가는 경우를 가설하였다. 이 경우 계산에 필요한 변수들을 Fig. 2에서와 같이 정의하면, $a(m)$ 는 Container 최저면으로부터 Hole까지의 수직 높이, $g(9.8 m/s^2)$ 는 중력 가속도, $h_c(m)$ 는 외부 수면 높이, $h_w(m)$ 는 내부 수면 높이로 나타내면, 각각의 변수의 상관관계는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

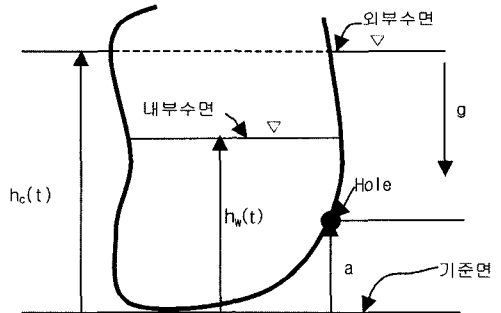


Fig. 2 Arbitrary container with a hole

2.1.1 각 변수간의 상관관계

1) Hole를 통한 액의 유입 속도, $v_w(m/s)$

내외부 수면과 Hole 위치에 Bernoulli 식을 적용하면 $h_w(t)$, $h_c(t)$ 와 a 의 상관관계에 따라 다음과 같이 유입 속도를 구할 수 있다.¹⁻⁵⁾

$$v_w(t)=0 \quad \text{when } h_c < a \quad (1a)$$

$$= \sqrt{2g\{h_c(t) - a\}} \quad \text{when } h_c \geq a, h_w < a \quad (1b)$$

$$= \sqrt{2g\{h_c(t) - h_w(t)\}} \quad \text{when } h_c, h_w \geq a \quad (1c)$$

2) 외부 수면 높이, $h_c(m)$

외부 수면 높이는 Cab의 경우와 같이 용기가 잠기는 속도 v_c 가 일정한 경우 용이하게 구할 수 있다.

$$h_c(t) = v_c \cdot t \quad (2)$$

3) 용기내로 유입된 액의 부피, $V_w(m^3)$
 Hole를 통하여 용기내부로 유입된 액의 총부피는 Hole 단면적을 통하여 들어온 액의 유속과 단면적 넓이 S 를 곱한 값을 시간에 대한 적분을 하여 구할 수 있다.

$$V_w(t) = \int_0^t S \cdot v_w(t) dt \quad (3a)$$

또한 용기 내부 액의 부피를 내부 수면 높이와 용기의 수평 단면적 A 를 이용하여 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$V_w(t) = \int_0^{h_w} A(h_w) dh_w \quad (3b)$$

4) 액에 잠긴 용기의 부피, $V_c(m^3)$
 식 (3b)와 마찬가지로 용기 수평 단면적을 외부 수면 높이에 따라 적분하여 구할 수 있다.

$$V_c(t) = \int_0^{h_c} A(h_c) dh_c \quad (4)$$

5) 용기에 작용하는 부력, $F_B(N)$
 용기에 작용하는 부력은 용기가 액에 잠길 때 밀어낸 액의 무게와 같으므로 다음과 같이 구할 수 있다.

$$F_B(t) = \rho g (V_c(t) - V_w(t)) \quad (5)$$

여기서 $\rho (kg/m^3)$ 는 물의 밀도를 나타낸다.

2.1.2 부력 계산 순서

앞 절에서 각 변수의 상관관계가 정의 되었으므로 이를 이용하여 부력을 계산할 수 있다. 먼저, 식 (5)에서 볼 수 있는 바와 같이, 어느 특정 시간 t 의 부력은 $V_c(t)$ 와 $V_w(t)$ 의 함수이고 이는 식 (3b)와 (4)를 통하여 $h_c(t)$ 와 $h_w(t)$ 의 함수로 나타낼 수 있다. 따라서 먼저 $h_c(t)$ 와 $h_w(t)$ 를 구하고 이를 이용하여 부력을 계산할 수 있다.

1) $h_c(t)$

외부 수면 높이 $h_c(t)$ 는 식 (2)를 이용하여 쉽게 구할 수 있다.

2) $h_w(t)$

내부 수면 높이 $h_w(t)$ 는 식 (3a), (3b)를 이용하면 다음과 같은 시간에 대한 1차 미분방정식으로 나타

내어진다.

$$A(h_w) \frac{dh_w}{dt} = 0 \quad \text{when } h_c < a \quad (6a)$$

$$= S \sqrt{2g(h_c(t) - a)} \quad \text{when } h_c \geq a, h_w < a \quad (6b)$$

$$= S \sqrt{2g(h_c(t) - h_w(t))} \quad \text{when } h_c, h_w \geq a \quad (6c)$$

여기서 $A(h_w)$ 는 용기의 형상에 따라 달라지므로 식 (6a), (b), (c)는 h_w 에 대하여 비선형 1차 미분방정식이 되므로 4차 Runge-Kutta 방법에 의하여 해를 구할 수 있다.⁶⁻¹²⁾

3) $V_w(t), V_c(t)$

$V_w(t)$ 와 $V_c(t)$ 는 식 (3b)와 (4)를 이용하여 계산할 수 있다. $A(h_w)$ 와 $A(h_c)$ 값은 용기의 형상에 따라 정의되고, 용기의 전체 수평단면적 크기에 비해 용기의 벽 두께가 작을 경우 두께를 무시하면 $A(h_w)$ 와 $A(h_c)$ 는 같은 데이터를 사용할 수 있다.

4) $F_B(t)$

$V_w(t)$ 와 $V_c(t)$ 가 계산되면 부력은 식 (5)를 이용하여 간단히 계산할 수 있다.

2.1.3 Hole이 여러 개인 경우

Hole이 여러 개 있을 경우, 용기 내부의 액의 부피는 각각의 Hole를 통하여 유입된 양의 합이 되므로, 총 N 개의 Hole중 k 번째 Hole의 단면적과 기준면에서의 높이를 각각 S_k 와 a_k 라 하면, 식 (6a), (6b), (6c)는 다음과 같이 표시할 수 있다.

$$A(h_w) \frac{dh_w}{dt} = \sum_{k=0}^N S_k \cdot B_k(h_w; t) \quad (7)$$

여기서 $B_k(h_w; t)$ 는 $a_k, h_c(t)$ 와 $h_w(t)$ 의 관계에 따라 다음과 같이 주어진다.

$$B_k(h_w; t) = 0 \quad \text{when } h_c < a_k$$

$$= \sqrt{2g(h_c(t) - a_k)} \quad \text{when } h_c \geq a_k, h_w < a_k$$

$$= \sqrt{2g(h_c(t) - h_w(t))} \quad \text{when } h_c, h_w \geq a_k$$

2.2 NUMERICAL IMPLEMENTATION

앞 절에서 소개한 부력계산을 위한 절차는 해석적 방법으로 접근하기에는 불가능하므로, 이를 계산하기 위하여 FORTRAN언어를 이용하여 Program 작업을 수행하였다.

2.2.1 Cab 형상의 단순화

기본적으로 앞 절에서 유도한 식들은 임의의 모든 형태의 용기에 적용 가능 하므로 Cab 본래의 형상에도 적용 가능 하지만, 이 경우 식 (3b), (4)의 계산을 위해서는 외부수면높이 $h_c(t)$ 및 내부수면높이 $h_w(t)$ 에 따른 수평단면적 $A(h_c)$ 와 $A(h_w)$ 의 데이터가 필요하므로, 계산의 편의를 위해 Fig. 3과 같이 Cab 형상을 단순화하여 변수 $\alpha, \beta, \gamma, \theta$ 가 Cab 형상을 정의할 수 있도록 하였다. 여기서 θ 는 Cab이 전처리액에 입수 시 Cab 밑면과 액면이 이루는 각이다.

실제로 Cab 잠수 시 부력의 영향이 중요한 구간은 Cab 후미 하부가 잠기기 시작하여 Door 공간부를 통하여 액이 Cab 내부로 다량 유입되기 전까지 이므로 계산에서는 이 구간만을 고려하였다.

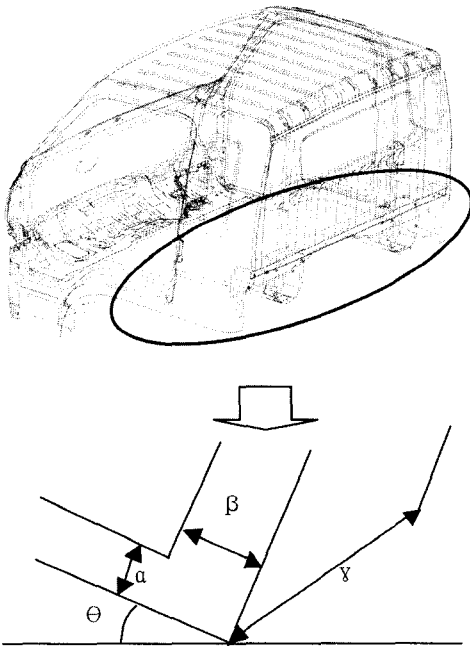


Fig. 3 Simplified cab configuration

2.2.2 Program 구성

Fig. 4는 Program의 구성 및 계산 순서를 보여준다. 먼저 부력계산에 필요한 데이터를 입력한다. 입력값은,

- Cab이 잠기는 속도: v_c
- Hole 단면적 및 위치: S_h, a_h
- Cab 형상 자료: $\alpha, \beta, \gamma, \theta$

로 이루어진다.

Program의 구성은 시간에 대하여 반복 계산을 필요로 하는데, 즉 새롭게 정의되는 시간마다 '2.1.2 부력 계산 순서'에 소개된 내용과 동일한 과정으로 부력을 계산한다. 잠기는 시간이 최종시간, t_{final} (외부수면이 Door 공간부에 미치는 시점 = 부력 최대점)을 경과하면 Program이 종료된다.

출력값은 시간 t 에 따른, $h_c(t), h_w(t), F_B(t)$ 값을 출력한다.

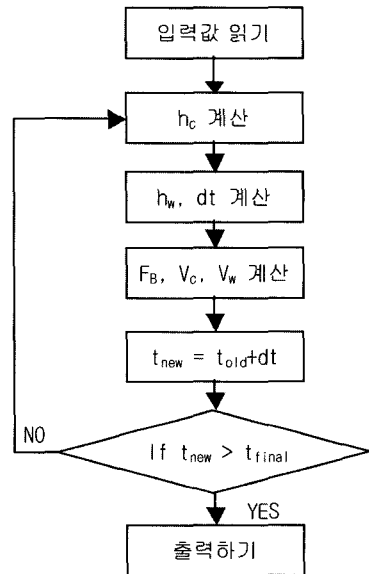


Fig. 4 Program flow chart

2.2.3 Runge-Kutta Method

식 (7)은 비선형 1차 미분방정식 이므로 4차 Runge-Kutta Method를 사용하여 해를 구하였다. 더불어, 인위적으로 시간 증가분 dt 를 정의할 경우 생길 수 있는 계산 시간의 증가 또는 정확도의 감소를 방지하기 위하여 최적의 dt 를 정할 수 있는 Algorithm을 사용하였다.⁶⁾

3. 결과 및 분석

3.1 계산에 사용된 입력 변수값

계산에 사용된 입력변수값을 Table1에 소개하였다. 밀도는 60°C의 물의 밀도를, 무게는 전처리 전의 Door를 포함한 BIW Cab무게를 사용하였다. 또 Cab

형상은 현재 생산 중인 세 가지 형태의 Cab을 고려하였다. 이탈 발생 문제가 있는 2.5t Standard, 2.5t Super, 그리고 이탈 발생 문제가 없는 5t Cab을 고려하였다. 형상 변수값들은 Fig. 3에 정의되어 있다.

Table 1 Program input data

밀도	ρ	983.2Kg/m ³		
잠기는 속도	V_c	90.86 cm/min		
Cab 종류		2.5t STA	2.5t SPR	5t
Hole 자료	크기		6.28 14.14	
	s	14.14cm ²	54.24	130.02
Hole 자료	위치		25.36 139.46	
	a	12.68mm	44.38	67.91
Cab 형상자료		α	117mm	117
		β	220mm	520
		ν	1780mm	1780
		θ	25°	
Cab 무게		163.0Kg	188.5	260

여기서 Cab무게는 계산에 사용되는 입력값은 아니며 나중에 Cab무게 대비 부력의 상대적 크기를 계산하기 위하여 소개하였다.

3.2 각 변수의 부력에 대한 영향 평가

Program을 이용하여 여러 가지 변수, 즉 용기가 잠기는 속도 v_c , Hole의 크기 S 및 위치 a가 내외부 수면의 변화와 부력에 미치는 영향을 알아보았다. 입력변수값은 2.5t Standard 모델을 사용하였다.

3.2.1 잠기는 속도의 영향, v_c

잠기는 속도의 영향을 보기 위해서 실제 Cab 전착 전처리 및 도장에서 잠기는 속도 90.86 cm/min의 0.5, 1, 2배 되는 속도를 입력값으로 주고 부력을 계산하여 보았다.

Fig. 5a에서 보는 바와 같이 잠기는 속도가 느려질수록 Door 공간부까지 도달하는 시간은 길어지므로 주어진 Hole 로 유입되는 전체 액량이 많아져 내부 수면높이는 높아지고, Fig. 5b에서 보는 것처럼 부력의 크기는 작아진다. 따라서 부력을 작게 하기 위해서는 잠기는 속도를 작게 하면 효과가 있다는 것을 알 수 있으나, 실제 현장에서는 Conveyer 이송 속도,

단위 시간당 생산량과 직결되는 문제이므로 잠기는 속도를 변화시키는 것은 어려운 일이다.

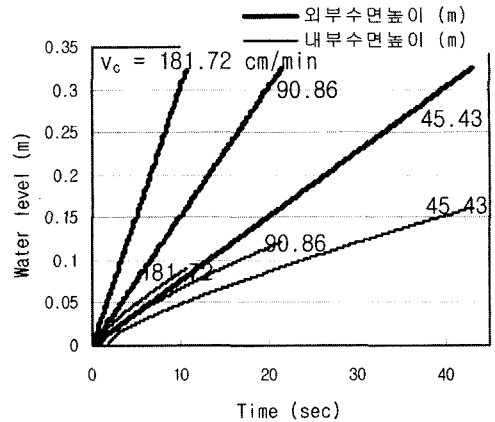


Fig. 5 (a) Water level behavior at various immersing velocities

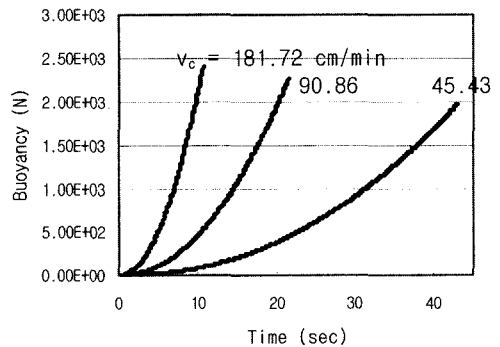


Fig. 5 (b) Buoyancy at various immersing velocities

3.2.2 Hole 크기의 영향, S

Hole 크기의 영향을 알아보기 위하여 실제 Hole 지름의 0.5, 1, 2배로 크기를 변화시켜 내외부 수면 및 부력의 크기에 미치는 영향을 알아보았다.

Fig. 6a, b에서 보는 바와 같이, Hole 단면적의 증가에 따라 단위 시간당 액 유입의 증가로 일정 시간에서의 내부액면높이의 증가 및 부력의 감소를 관찰할 수 있다.

3.2.3 Hole 위치의 영향, a

Hole 위치가 기준면에서 낮게 위치할수록 용기내 부로의 전체 유입량은 더 많아져 부력은 더 작아질 것으로 예상되나, 실제 Cab 구조상 하부에 위치하기에는 설계상 제약이 많이 있다. 따라서 Hole 위치의

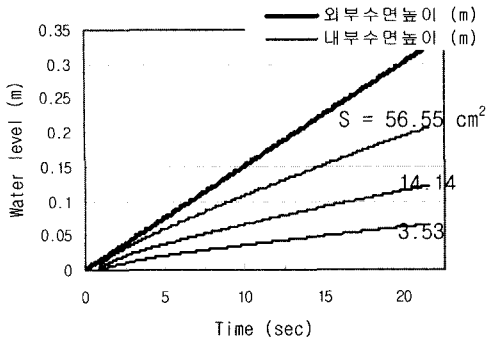


Fig. 6 (a) Water level behavior at various hole sizes

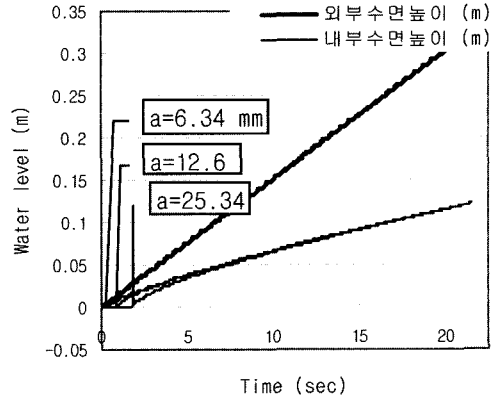


Fig. 7 (a) Water level behavior at various hole locations

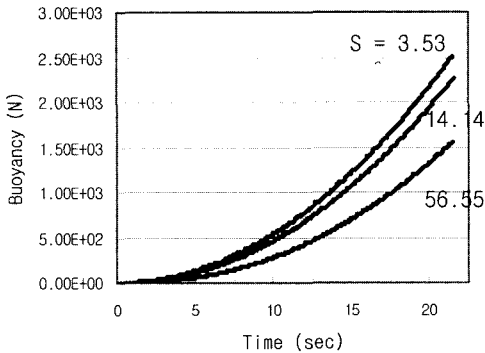


Fig. 6 (b) Buoyancy at various hole sizes

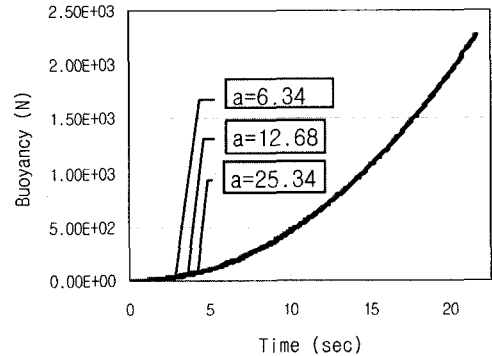


Fig. 7 (b) Buoyancy at various hole locations

변화에 따른 부력 변화의 민감도를 관찰할 필요가 있다.

Fig. 7a의 내부수면높이 변화를 보면, Hole 위치의 변화에 따라 초기 수면높이는 차이가 있으나 곧 차이가 없어지는 것을 관찰할 수 있다. 이는 Hole 위치가 높을수록 액이 내부로 유입되기 시작하는 시간은 늦어지나 일단 유입되기 시작하면 식 (1b)에 의하여 지배되므로 식 (1c)의 경우보다 유입량이 훨씬 크기 때문이다. Fig. 7b에서 볼 수 있는 바와 같이 Hole 위치에 따른 부력의 변화는 거의 없는 것을 알 수 있다.

3.3 각 Cab의 부력 상대 비교

이 절에서는 Table I에 소개된 3가지 Cab에 대하여 최대 부력을 계산하였다. 3가지 Cab은 현재 양산 중인 사양이고 2.5t Standard, 2.5t Super Cab에 대해서는 부력방지용 Hole을 뚫기 전의 경우도 계산하였다.

실제 Cab이 액에 잠길 때 Cab의 Hanger로부터 이탈 여부를 결정하는 것은 부력 그 자체보다는 Cab의 무게에서 부력을 제외한 값, 즉 Cab에 의해 Hanger에 작용하는 반력의 크기이다. 이 반력값이 클수록 Cab이 상대적으로 안전하다고 할 수 있다.

Fig. 8에서 보는 바와 같이, 2.5t Standard Cab의 경우 작용하는 부력이 크지 않기 때문에 Hole(2×φ20)이 있는 경우와 없는 경우 반력의 크기는 크게 차이가 없다. 2.5t Super Cab의 경우 Hole이 없는 경우 부력이 Cab 무게 보다 커 가장 불리한 조건이라고 볼 수 있다. 이 Cab의 경우 구조상 작용하는 부력이 크기 때문에 설치한 Hole (2×φ20, slot hole: 2×50×35, 2×φ30)은 부력을 많이 감소시켜 반력을 크게 개선했다. 5t Cab의 경우 구조상 부력을 거의 받지 않을 뿐만 아니라 무게도 무거워 가장 유리한 조건을 가지고 있다.

따라서 가장 문제가 되고 있는 2.5t Super Cab의

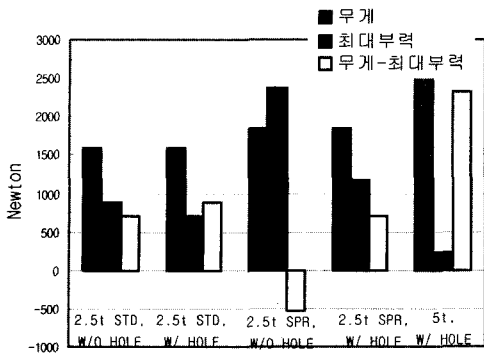


Fig. 8 Comparison of buoyancies and reaction forces among various cabs

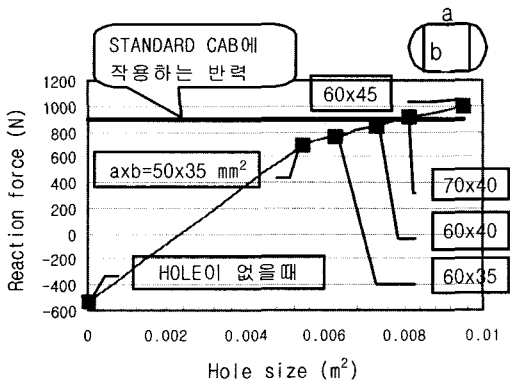


Fig. 9 Reaction force behavior with a hole size increased

경우 Hole이 있는 2.5t Standard Cab 수준의 반력을 갖기 위해서는 Fig. 9에서 보는 바와 같이 현재의 Hole크기, Slot Hole 2×50×30보다 더 큰 2×70×40의 Slot Hole이 되어야 한다.

또한 5t Cab 수준의 반력을 갖기 위해서는 2.5t Cab의 경우 부력이 0이 되더라도 불가능한 일이다. 따라서 아무리 Hole를 크게 하더라도 5t Cab 수준의 반력을 가질 수 없으므로 Locking System 등 다른 방법으로 Cab 이탈을 방지하여야 한다.

3.4 COMPARISON OF EMPIRICAL AND COMPUTATIONAL RESULTS

계산값의 유효성을 검증하고, 부력과 부상 높이의 관계성을 파악하기 위하여, 실제 Cab 전처리 과정에서 Cab 부상 높이를 측정하였다. Fig. 10은 시험값인 부상 높이와 계산값인 반력(CAB 무게-부력)을 서로 비교하였다.

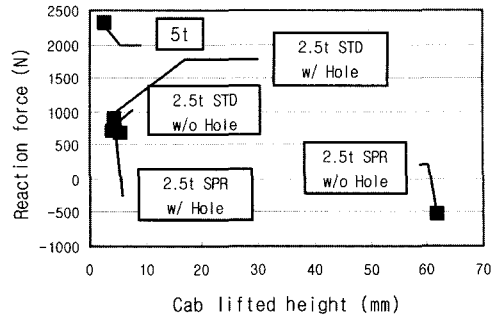


Fig. 10 Relationship between reaction force and Cab lifted height

가로축에 나타난 부상 높이는 반복 시험한 결과의 평균값이다. 부상 높이는 Hanger에 작용하는 반력값과 반비례 관계에 있는 것을 알 수 있다. 즉, 부력이 클수록 부상 높이는 커지는 것을 보여준다. 부력이 커져 반력이 0에 가까워지면 부상 높이가 급격히 커지는 것을 볼 수 있다. 반대로 반력이 충분히 클 경우 반력의 변화에 부상 높이는 민감하지 않다.

4. 결론

Truck 도장 시 발생하는 부력을 감소시키는 방법으로 사용하는 부력 방지용 Hole의 최적설계를 위하여 각 인자들의 부력에 대한 영향을 평가하였다.

먼저 Hole의 설계인자 Hole 크기 및 위치가 부력에 미치는 영향을 고려하였다. 또한 공정상의 변수인 Cab이 전처리액에 잠기는 속도가 부력에 미치는 영향도 고려하였다. 현재 양산중인 각종 Cab에 작용하는 최대부력을 상대 비교하여 2.5t Super Cab의 Hole을 설계하는데 참고로 하였다. 또한, 실제 공정 상에서 각종 Cab의 부상 높이를 측정하여 계산된 반력값과 비교하여 해석의 유효성을 검증하였다. 이상의 결과에서 다음과 같은 결론을 얻을 수 있다.

1) 설계 및 공정변수가 부력에 미치는 영향

Hole 면적의 증가에 따라 부력은 감소하나, Hole 위치는 부력에 그다지 영향을 주지 않는다. Cab이 잠기는 속도가 느릴수록 부력을 줄일 수 있다.

2) Cab 부력의 상대 비교

2.5t Super Cab에 작용하는 반력 수준을 2.5t Standard Cab 수준의 반력으로 하기 위해서는 현재의 Hole 크기를 약 50% 증대시켜야 한다. 또한,

5t Cab 수준의 반력을 갖게 하기 위해서는 Hole를 뚫는 방법으로는 불가능하고 Locking System 등 다른 방법을 강구하여야 한다.

3) 시험 결과 비교

Cab 전착 공정 중 측정된 Cab 부상량은 계산된 반력값과 반비례 관계에 있고, 이러한 경향은 계산값의 유효성을 잘 검증해 준다.

References

- 1) D. F. Young, B. R. Munson, Theodore H. Okiishi, A Brief Introduction to Fluid Mechanics, John Wiley & Sons Inc., pp.207-277, 1997.
- 2) M. H. Kim, D. H. Lee, Y. K. Lee, "A Numerical Analysis on the Optimum Distribution of an Air-Conditioning Duct with Multiple Outlets in a Medium Bus," SAE 2001-01-2813, International Truck and Bus Meeting and Exhibition, Chicago, Illinois, November 12~14, 2001.
- 3) Y. D. Jeon, J. H. Lee, "Multi-Block Technique for a Duct Flow with Multiple Outlets," Trans. KSME B, Vol.20, No.4, pp.1416-1425, 1996.
- 4) M. H. Kim, D. H. Lee, "A Study on the Optimum Design of Air-Conditioning Duct with Multiple Diffusers," Transactions of KSAE, Vol. 10, No.5, pp.98-106, 2002.
- 5) M. H. Kim, I. B. Chyun, D. H. Lee, "A Numerical Analysis on the Optimum Design of a Duct with Multiple Outlets in a Medium Bus," Transactions of KSAE, Vol.10, No.4, pp.223-233, 2002.
- 6) W. H. Press, B. P. Flannery, S. A. Teukolsky, W. T. Vetterling, "Numerical Recipes: The Art of Scientific Computing," Cambridge University Press, pp.547-577, 1986.
- 7) U. Mruthunjaya, H. C. Dhariwal, "Investigation of Control of Speed of Diesel Engines Using PID Governor," SAE 2000-01-2314, SAE 2000 World Congress, Detroit, Michigan, March 6~9, 2000.
- 8) D. C. Huang, E. Oker, S. L. Yang, O. Arici., "A Dynamic Computer-Aided Engineering Model for Automobile Climate Control System Simulation and Application Part II: Passenger Compartment Simulation and Applications," SAE 1999-01-1196, International Congress and Exposition, Detroit, Michigan, March 1~4, 1999.
- 9) C. T. Chung, K. C. Chen, J. H. Lu, "Comparison of Boundary Condition Models and Numerical Methods for the Gas Dynamic Effect of a Two-Stroke Engine," SAE 950985, International Congress and Exposition, Detroit, Michigan, February 27~March 2, 1995.
- 10) M. Marcic, "Calculation of the Diesel Fuel Injection Parameters," SAE 952071, International Off-Highway & Powerplant Congress & Exposition, Milwaukee, Wisconsin, September 11~13, 1995.
- 11) G. Ricci, A. Verma, "Fuel Delivery System Model," SAE 960076, International Congress & Exposition, Detroit, Michigan, February 26~29, 1996.
- 12) J. E. M. Baross, R. M. Valle, P. S. da Silva, "Object Oriented Modeling of Piston Engines," SAE 2001-01-3855, 2001.