

# 다단적재 복합들기 작업에 대한 NIOSH 단순들기 수식의 적용 모형 개발

박 재 희

환경대학교 안전공학과

(2008. 12. 15. 접수 / 2009. 4. 10. 채택)

## Development of an Application Model of Simple NIOSH Lifting Equation to Multi-stacking Complex Lifting Tasks

Jae Hee Park

Department of Safety Engineering, Hankyong National University

(Received December 15, 2008 / Accepted April 10, 2009)

**Abstract :** The NIOSH lifting equation has been used as a dominant tool in evaluating the hazard levels of lifting tasks. Although it provides two different ways for each simple and complex lifting task, the NIOSH simple lifting equation is almost used for not only simple tasks but also complex tasks. However, most of lifting tasks in industries are in the form of complex lifting. Therefore some errors occur inevitably in the evaluation of complex lifting tasks. Among complex lifting tasks, a multi-stacking task is the most popular in lifting tasks. To compensate the error in the evaluation of multi-stacking tasks by using the NIOSH simple lifting equation, a set of calculations for finding LIs(Lifting Indices) was performed for the systematically varying multi-stacking tasks. Then a regression model which finds the equivalent height in simple lifting task for multi-stacking task was established. By using this model, multi-stacking tasks can be evaluated with less error. To validate this model, some real multi-stacking tasks were evaluated as examples.

**Key Words :** NIOSH lifting equation, simple lifting task, complex lifting task, multi-stacking, lifting index

### 1. 서론

1981년 처음 만들어진 NIOSH 들기작업수식(NIOSH lifting equation)은 들기/내리기 작업의 정량적 평가가 가능하도록 했다<sup>1)</sup>. 이 수식은 1991년에는 비대칭성 자세의 들기작업과 커플링(coupling) 등을 포함해 응용 범위를 더 확장한 내용이 발표된 이후 지금까지 들기/내리기 작업 평가에 있어 가장 널리 사용되고 있다<sup>2)</sup>.

Ciriello와 Snook(1999)<sup>3)</sup>는 미국에서 13년 동안 2,442곳에서의 인력운반작업(manual material handling task)을 조사했는데, 이 중에 들기/내리기 작업에 대해서는 NIOSH 들기작업 수식을 적용해 그 위험도를 평가 한 바 있다. 우리나라에서도 산업현장의 들기작업 평가에 있어서 NIOSH 들기작업 수식은 가장 널리 사용되고 있는 방법이다<sup>4,5)</sup>. 제조업이 아닌, 병원의 환자 들기 등 비정형적 들기작업에 대한 평가에서도 NIOSH 들기작업수식은 자주

사용되고 있다<sup>6)</sup>.

한국산업안전공단도 근골격계부담작업 유해요인 조사 지침(KOSHA code H-30)에 NIOSH 들기작업 수식을 들기/내리기 작업을 위한 평가도구로 추천하고 있다<sup>7)</sup>. 이 때문에 2004년 시행된 근골격계 부담작업 유해요인 조사에서도 중량물 취급 작업에 대한 정량적 평가에는 대부분 NIOSH 들기작업 수식이 적용되었다<sup>8)</sup>.

이렇게 NIOSH 들기작업 수식이 널리 사용되는 이유는 상대적으로 다른 평가 방법에 비해, 다양한 작업변수를 고려하고 있어 결과의 신뢰성이 매우 높다는 점 외에, 배우기 쉽고 현장 적용이 용이하다는 점에 있다<sup>9)</sup>. 그러나 배우기 쉽고, 적용이 쉽다는 장점은 단순들기 작업(single lifting task)일 때 국한된다.

단순들기 작업이란 들기/내리기 작업을 수행하는 동안 드는 위치, 내려놓는 위치, 비대칭각도 등이 항상 일정한 작업이다. 일정 높이의 컨베이어에서 생산된 제품을 들어 일정 높이의 대차로 옮기는

작업은 단순들기 작업이다. 이에 반해 작업 수행 중 이러한 작업 변수의 값들이 변하는 경우를 복합들기 작업(composite task 혹은 complex lifting task)이라한다<sup>2)</sup>.

그런데, 산업 현장의 대다수 들기/내리기 작업은 단순들기보다 복합들이가 훨씬 많다. 일정 높이의 컨베이어에서 생산된 제품을 팔레트 위에 다단으로 적재하는 작업은 일반 제조업에서 흔히 볼 수 있는 형태인데 전형적인 다단적재 복합들기 작업(multi-stack lifting task)이다. 이 작업의 경우 종점에서의 수직위치(V) 값이  $V_1, V_2, V_3, \dots$ 와 같이 변하므로 NIOSH 단순들기 작업 수식을 적용할 수 없다.

이런 복합들이 작업에 대해 NIOSH는 식 (1)과 같은 해결 방안을 제시하고 있다. 즉, 복합들을기 단순들이로 분해한 후 그 가운데 가장 큰 LI(Lifting Index) 값을 STLI(Single Task Lifting Index)로 정의한다. 여기에 LI 값 증분( $\Delta LI$ )의 합을 더해 복합들이 작업의 복합들이지수(CLI; Composite Lifting Index)를 구하게 된다<sup>2)</sup>.

$$CLI = STLI + \Delta LI \quad (1)$$

, where

$$\Delta LI = FILL_2 \left( \frac{1}{FM_{1,2}} - \frac{1}{FM_1} \right) + FILL_3 \left( \frac{1}{FM_{1,2,3}} - \frac{1}{FM_{1,2}} \right) + \dots$$

FILI: 빈도무관 LI

$FM_{1,2,n}$ : STLI 내림차순 배열 시, 1,2...n 번째까지의 첨자에 해당하는 단순들기 작업들의 빈도의 합에 해당하는 FM(Frequency Multiplier) 값

그러나 식 (1)의 복합들이 작업 수식은 매우 복잡해 일반 산업현장의 종사자들이 이해하기 힘들어 이에 대한 적용이 잘 안 이루어지고 있다. 대부분 인간공학 전문가들도 복합들이 작업에 대해서 이를 단순들이 작업으로 가정하여 적용하고 있다.

예를 들어 다단적재 복합들이 작업의 경우에 가장 안 좋은 자세가 나타나는 시점이나 종점의 수직 위치를 이용해, 단순들이 작업수식을 적용하고 있다. 이럴 경우 오차가 발생해 들기작업의 위험성이 실제보다 높게 평가될 수 있다.

그렇다면 복잡한 복합들이 작업수식을 사용하지 않고 단순들이 작업수식만으로도 오차가 적도록 LI를 계산할 수는 없는가? 이에 본 연구에서는 다

단적재 복합들이 작업에 대해, 단순들이 수식만으로도 복합들이의 CLI 값에 근사하는 값을 구할 수 있는 방법과 수식을 제안하였다. 여기서 제안된 방법은 대부분의 다단적재 들기작업에 대한 평가를 용이하게 하고 정확도를 올릴 수 있을 것이다.

## 2. 방법

### 2.1. 대상 작업

현실에서의 복합들이 작업은 매우 다양한 형태를 띠 수 있다. 작업 중, 작업 대상물의 무게(L)나 형태가 일정하지 않은 경우, 물건을 드는 혹은 내려놓는 수평위치(H) 혹은 수직 위치(V)가 달라지는 경우, 몸통의 비틀림 각도(A)가 달라지는 경우 등이 복합들이 작업이다. 또한 작업 대상물을 한 곳에 들어 옮겼다가 바로 다른 곳으로 들어 옮기는 연속적인 들기작업도 복합들이 작업에 해당된다.

본 연구에서는 이들 가운데, 일정한 시점에서 물건을 들어 종점에 층(layer)으로 쌓는 다단적재 작업(multi-stacking task)만을 대상으로 했다. 다단적재 작업은 NIOSH 들기작업수식에서 들기작업에 관계되는 변수들 중 오직 종점의 수직위치(V)만이 변화되는 작업이다. 들기작업 지수(LI)를 계산하기 위해서는 이 외에도 다른 변수들이 요구되는데, 본 연구에서는 문제를 단순화하기 위해 나머지 변수들에 대해서는 현실의 작업을 최대한 반영해 다음과 같은 가정을 했다.

작업자 손의 수평 위치로는 시점( $H_0$ )은 30cm, 종점( $H_4$ )은 45cm로 가정했다. 이는 사업장의 일반적인 다단적재 작업이 드는 곳은 컨베이어와 같이 일정한 높이에 어느 정도 들기 쉬운 조건인 경우가 많으나, 쌓는 곳은 높이도 변하지만 적재하는 수평 위치도 30~60cm 등으로 변화하는 경우가 많아 중간 위치인 45cm로 설정했다.

종점의 수직위치( $V_4$ )는 작업 중 계속 변화되는 값으로 0~175cm 사이의 값만을 갖도록 했다. 시점의 수직위치( $V_0$ )는 들기작업에서 최적 위치인 75cm로 고정시켰다. 현실의 다단적재 작업이 드는 곳의 위치는 최적화되어 있는 곳이 많기 때문이다.

그 밖의 변수들에 대해서는 문제의 단순화를 위해 몸통의 비대칭 각도(A)는 시점, 종점 모두 0도로 고정했고, 커플링(C)은 보통으로 설정했다. 작업시간(T)도 1시간 이내인 경우로 한정했다.

그러나 작업변수들 중 무게(L), 작업빈도(F), 단차(d)는 다음과 같이 설정했다. 작업 대상물의 무

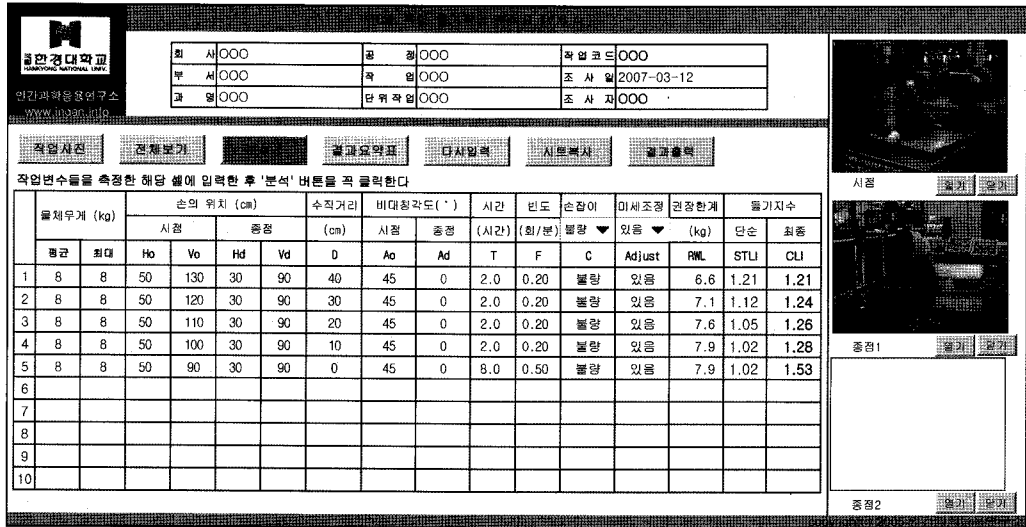


Fig. 1. Excel VBA program for the NIOSH complex lifting equation.

계(L)는 5, 10, 15, 20, 25, 30kg 등 6 단계로 변화시켰으며, 작업빈도(F)는 분당 1, 2, 4, 6, 8회 등 5단계로 변화를 주었다. 다단계적 시 단차(d)는 작업 대상물 자체의 높이와 같도록 했는데, 20, 30, 40, 60 cm 등 4단계로 변화를 주었다. 따라서 분석 대상이 된 다단계적 복합들기 작업의 수는 모두 120개(무게 6 × 빈도 5 × 단차 4)가 되었다.

NIOSH 들기작업 수식에서 손의 수직 위치가 175cm 넘는 경우 수직승수(VM)가 0으로 처리되어 들기지수(LI)가 무한대로 나타나게 된다. 따라서 여기서는 작업 대상물의 높이가 20cm이면, 0, 20, 40, .....140, 160cm 등 8단 적재가 되는 것으로 가정했으며, 60cm인 경우에는 0, 60, 120cm 등 3단 적재만 하는 것으로 가정했다.

## 2.2. 분석 프로그램

복합들기 작업의 들기지수(LI)인 복합들기지수(CLI)를 구하는 과정에서, 계산의 편이성과 정확성을 높이기 위해 한경대학교에서 개발한 복합들기 작업 분석 프로그램을 사용하였다(Fig. 1 참조). 이 프로그램에는 NIOSH가 제시한 CLI 계산 방법을 동일한 알고리즘으로 구현되어 있다.

그런데 다단계적 복합들기 작업의 CLI 계산 시 문제가 될 수 있는 부분은 작업 빈도이다. 즉, NIOSH 들기작업수식에서는 1회/분, 2회/분 등과 같이 정수 값에 대해서만 빈도승수(FM) 값을 표로 제시하고 있다. 그런데 다단계적 작업의 경우 각 적재 단계 빈도가 파악되어야 하는데 이는 다음과 같이

계산된다.

$$\text{단별 빈도}(F) = \frac{\text{전체들기작업의 빈도}(F)}{\text{적재 단수}(m)}$$

이때 단별빈도(F)가 정수 값이 아닐 수 있는데 이런 경우에는, 빈도승수(FM) 표에 나타난 값들에 대해 보간법(interpolation)을 적용해 해당 FM 값을 구하도록 했다.

## 2.3. 분석절차

복합들기 작업을 단순들기 작업으로 변환시키는 모형을 개발하기 위해 본 연구에서는 다음과 같은 절차로 분석을 수행했다.

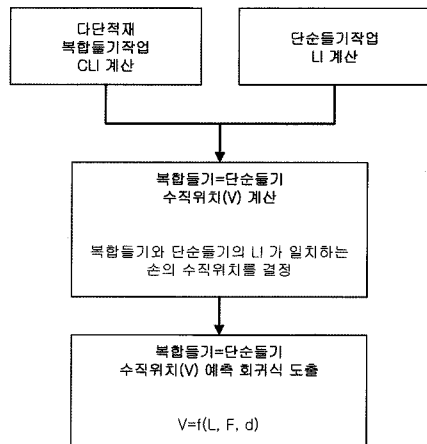


Fig. 2. Analysis procedure.

(1) 다단계재 복합들기 작업에서의 CLI 값 계산: 무게(L) 5, 10, 15, 20, 25, 30kg, 빈도(F) 1, 2, 4, 6, 8 회/분, 작업 대상물의 높이 즉, 단차(d) 20, 30, 40, 60cm 등 각 변수들의 6×4의 조합인 120개의 다 단계재 복합들기 작업에 대해 NIOSH 복합들기 작업수식을 적용해 120개의 CLI 값을 계산하였다.

(2) 단순들기 작업에서의 LI 값 계산: 무게 5, 10, 15, 20, 25, 30kg, 빈도 1, 2, 4, 6, 8회/분, 종점에서의 손의 고정된 수직 위치 0, 30, 60, 75, 90, 120, 150cm 수준에 대해, 6×5×7의 조합인 210개의 단순들기 작업에 대해서도 NIOSH 단순들기작업수식을 이용해 LI 값을 계산하였다.

(3) 복합들기의 CLI와 단순들기의 LI가 일치하는 수직위치 결정: 복합들기의 CLI 값과 단순들기의 LI 값이 일치하는 종점의 수직위치(V)를 구했다. 이때 수직위치는 75cm를 기준으로 낮은 쪽에 한 개, 높은 쪽으로 한 개가 나타나는데 이를 각각 V<sub>1</sub>, V<sub>2</sub>라고 하였다.

(4) 복합들기를 단순들기로 변환하는 수식 결정: 복합들기와 단순들이가 등가가 되는 수직위치 V<sub>1</sub>, V<sub>2</sub>를 모수인 작업 대상물의 무게(L), 작업빈도(F), 단차(d) 등으로 예측할 수 있는 회귀모형을 개발하였다.

### 3. 결과

Table 1. CLIs of varying multi-stacking tasks

무게 (L)	빈도 (F)	단차(d)				CLI 평균	표준 오차
		20cm	30cm	40cm	60cm		
5	1	0.64	0.63	0.63	0.63	0.63	0.00
5	2	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.00
5	4	0.69	0.69	0.69	0.69	0.69	0.00
5	6	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76	0.00
5	8	0.90	0.90	0.91	0.91	0.91	0.00
10	1	1.28	1.26	1.25	1.25	1.26	0.01
10	2	1.29	1.29	1.30	1.29	1.29	0.00
10	4	1.38	1.38	1.39	1.38	1.38	0.00
10	6	1.51	1.52	1.52	1.52	1.52	0.00
10	8	1.80	1.81	1.81	1.82	1.81	0.00
15	1	1.93	1.89	1.88	1.88	1.89	0.01
15	2	1.94	1.94	1.94	1.94	1.94	0.00
15	4	2.07	2.07	2.08	2.08	2.07	0.00
15	6	2.27	2.27	2.28	2.28	2.28	0.00
15	8	2.70	2.71	2.72	2.73	2.72	0.01
20	1	2.57	2.52	2.51	2.51	2.53	0.01
20	2	2.58	2.58	2.51	2.59	2.57	0.02
20	4	2.76	2.76	2.77	2.77	2.77	0.00
20	6	3.03	3.03	3.04	3.04	3.03	0.00
20	8	3.61	3.62	3.63	3.64	3.62	0.01
25	1	3.21	3.15	3.14	3.13	3.16	0.02
25	2	3.23	3.23	3.24	3.23	3.23	0.00
25	4	3.45	3.45	3.44	3.46	3.45	0.01
25	6	3.78	3.79	3.80	3.80	3.79	0.00
25	8	4.51	4.52	4.53	4.55	4.53	0.01
30	1	3.85	3.78	3.76	3.76	3.79	0.02
30	2	3.88	3.88	3.88	3.88	3.88	0.00
30	4	4.14	4.15	4.16	4.15	4.15	0.00
30	6	4.54	4.55	4.56	4.56	4.55	0.00
30	8	5.41	5.42	5.44	5.46	5.43	0.01

#### 3.1. 복합들기 CLI와 단순들기 LI 계산결과

5개의 무게 조건, 6개의 빈도조건, 4개의 단차 조건의 조합인 120개의 다단계재 복합들기 작업에 대해 CLI를 계산한 결과를 Table 1에 나타내었다. Table 1을 보면 CLI 값은 대상물의 무게와 빈도가 일정하면, 단차와 관계없이 표준오차가 0.02 이하인 것으로 나타나고 있다.

따라서 본 연구에서는 단차에 따른 CLI 값의 차이가 거의 없으므로 모델의 단순화를 위해 단차에 따른 개별 CLI 대신 평균값을 사용하기로 했다. 따라서 Fig. 3에는 단차 조건을 무시한 30개의 CLI 값을 X축에 평행한 직선식으로 나타내었다.

다음 단순들기 작업에 대해서도 LI 값 계산을 실시하였다. 무게 5, 10, 15, 20, 25, 30kg, 빈도 1, 2, 4, 6, 8회/분, 종점에서의 손의 고정된 수직 위치 0, 30, 60, 75, 90, 120, 150cm 수준에 대해, 6×5×7의 조합인 210개의 단순들기 작업에 대해서도 NIOSH 단순들기 수식을 이용해 LI 값을 계산하였다.

210개의 계산된 LI 값은 Fig. 3에 각각 점으로 표시하였다. 이때 점들의 분포는 각 무게와 빈도의 조합 별로 손의 수직위치(V)에 대해 2차 곡선 형태로 나타나 이를 2차 회귀분석을 이용해 식을 구하고 그래프로 표시하였다(Fig. 3 참조).

#### 3.2. 복합들기의 단순들기 변환 모델 개발

Fig 3에서, 복합들기 작업의 CLI를 나타내는 직선과 단순들기 작업의 LI를 나타내는 곡선 사이의 교점을 2차 방정식 해법으로 구해 Table 2에 정리하였다.

Table 2의 30개의 데이터에 대해 75cm 기준으로 하방향과 상방향에 대해 각각 회귀분석을 실시하

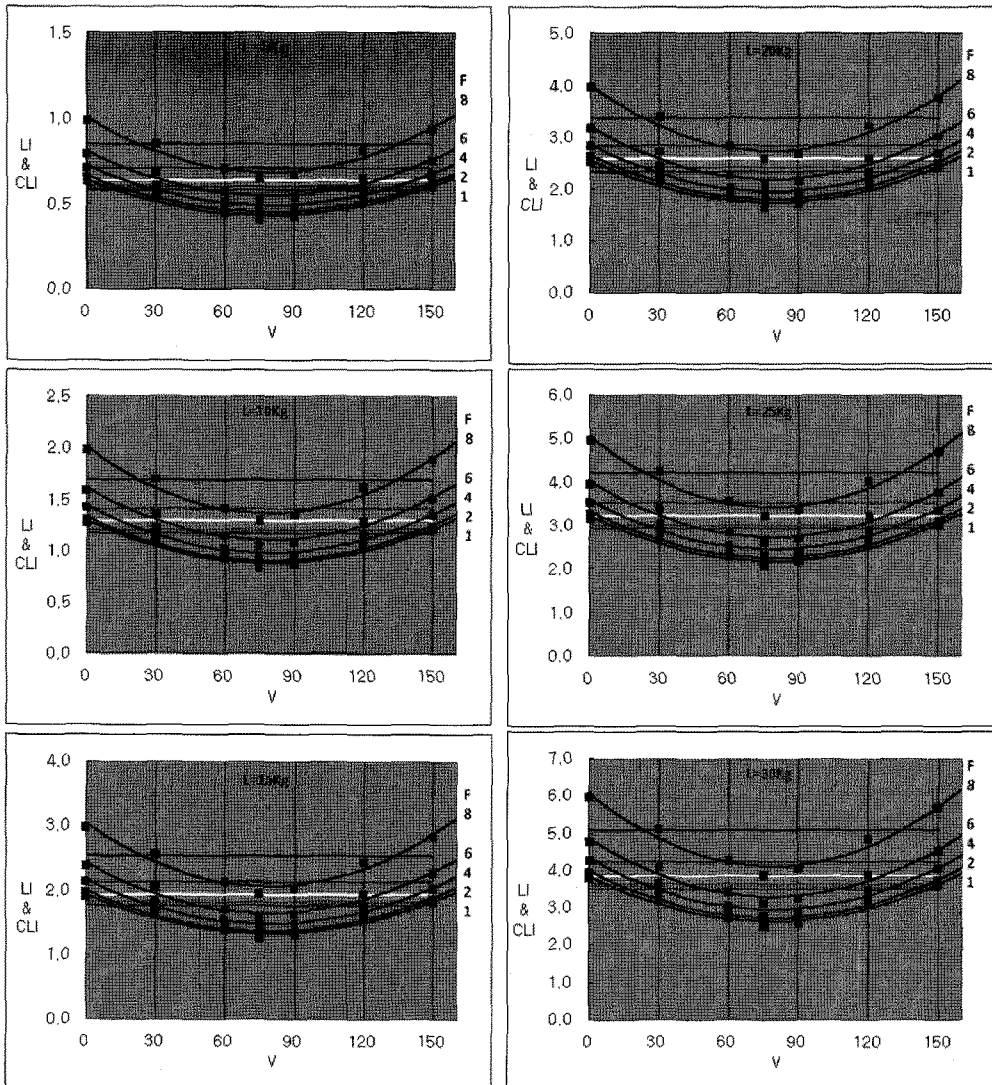


Fig. 3. CLIs of NIOSH complex lifting equations in lines and Lis of NIOSH simple lifting equation in curvatures.

였다. 회귀식의 입력변수로는 LI, F(빈도), L(무게) 등을 고려할 수 있지만, LI 값은 미리 알 수 없는 값이기에 회귀분석의 입력변수로는 빈도(F)와 무게(L)만 고려했다. 회귀분석은 단계별 입력(stepwise regression)방법에 의해서 수행되었다. 분석 결과 민감도가 떨어지는 무게(L)는 제외되고 회귀식에는 빈도(F)만 포함되었다.

회귀분석에 의해 구해진 빈도(F) 변수의 계수를 이용해, 다음과 같이 복합들기 작업을 단순들기 작업으로 변환하기 위해, 필요한 중점의 등가 높이를 하방향(V1)과 상방향(V2)으로 구할 수 있는 수식을 구하였다.

$$V1 = \text{lowest } V + 1.35F \tag{3}$$

$$V2 = \text{highest } V - 1.27F \tag{4}$$

다단계복합들기 작업은 중점의 수직위치 값이 차례로 아래에서부터  $V_1, V_2, \dots, V_n$ 와 같이 변화한다. 이때  $V_1$ 이 식 (3)의 lowest V 값이 되고,  $V_n$ 이 식 (4)의 highest V 값이 된다. 식을 적용할 때는 이 두 값 중 들기작업의 최적 수직위치인  $V = 75\text{cm}$ 와 비교해 절대 차가 큰 쪽의 수식을 이용하도록 한다.

Table 2. Equivalent heights between simple and complex lifting

L(kg)	F(회)	LI	V1(cm)	V2(cm)
5	1	0.58	12	145
5	2	0.60	13	144
5	4	0.64	15	143
5	6	0.71	16	141
5	8	0.85	22	135
10	1	1.17	14	146
10	2	1.20	14	145
10	4	1.29	14	143
10	6	1.41	17	140
10	8	1.69	23	134
15	1	1.75	13	145
15	2	1.80	14	144
15	4	1.93	15	143
15	6	2.12	17	140
15	8	2.54	23	134
20	1	2.33	12	145
20	2	2.41	13	144
20	4	2.58	14	143
20	6	2.83	17	140
20	8	3.39	23	135
25	1	2.92	12	145
25	2	3.01	13	144
25	4	3.22	14	142
25	6	3.54	16	140
25	8	4.24	23	135
30	1	3.50	12	145
30	2	3.61	13	144
30	4	3.86	14	143
30	6	4.24	16	140
30	8	5.08	23	134

V1: equivalent height downward from 75cm

V2: equivalent height upward from 75cm

#### 4. 사례 적용과 토의

본 연구에서 개발한 모형을 이용해, 실제 산업현장의 다단적재 작업에 대한 적용을 해보았다. 사례 1은 완성된 제품을 박스에 다단적재 하는 작업이

다. 제품의 무게는 8kg이고 팔레트(높이 15cm) 위에 제품을 6단 적재한다. 1단의 높이는 20cm이다. 작업빈도는 분당 5회이다(Fig. 4 참조).

사례 2는 컨베이어 벨트를 타고 오는 완성된 제품 박스를 팔레트(높이 15cm) 위에 7단 적재하는 작업이다. 박스의 높이는 20cm이고 작업빈도는 분당 3회이다(Fig. 5 참조).

사례 적용 결과를 Table 3과 4에 각각 제시하였다. NIOSH 들기작업수식을 이용해 다단적재 복합들기 조사 시, 현재 가장 많이 사용하는 방법은 최저 높이나, 최고 높이를 사용해 계산하는 것이다.

이 두 가지 방법을 사용할 경우, 이를 복합들기 수식을 사용하는 경우와 비교한 error (%)는 사례 1의 경우 3.46%, 11.31% 로 높게 나타났다. 사례 2의 경우에도 비슷하게 1.60%, 3.43%로 나타났다.

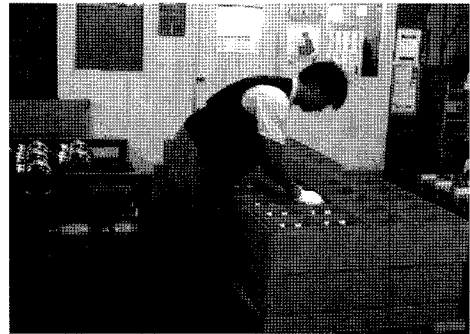


Fig. 5. Case 1: product multi-stacking task.



Fig. 6. Case 2: Box multi-stacking task.

Table 3. Result of case 1

analysis method	load (Kg)	stack layer	frequency (times/min)	H		V		LI	error	error(%)
				Ho	Hd	Vo	Vd			
complex equation.	8	6	5 (0.83/layer)	30	45	75	15,35,55,75,95,115	1.070		
simple equation with lowest V	8	1	5	30	45	75	15	1.107	+0.037	3.46%
simple equation with highest V	8	1	5	30	45	75	115	0.949	-0.121	11.31%
revised simple equation	8	1	5	30	45	75	15+1.35F=21.75	1.081	+0.011	1.03%

Table 4. Result of case 2

analysis method	load (Kg)	stack layer	frequency (times/min)	H		V		LI	error	error(%)
				Ho	Hd	Vo	Vd			
complex equation.	12	7	3 (0.43/layer)	30	45	75	15,35,55,75,95,115,135	1.486		
simple equation with lowest V	12	1	5	30	45	75	15	1.510	+0.024	1.60%
simple equation with highest V	12	1	5	30	45	75	135	1.435	-0.051	3.43%
revised simple equation	12	1	5	30	45	75	15+1.35F=19.05	1.492	0.006	0.40%

반면 본 연구에서 제안한 모델을 사용할 경우 error (%)는 1% 내외로 낮게 나타났다.

산업현장에서 다단적재 작업을 NIOSH 들기작업 수식을 이용해 평가하고자 하는 경우, 복합들기작업수식을 사용하는 것이 최선이다. 그러나 시간적 제약 등의 어려움이 있어 단순들기 작업수식을 사용해 평가할 수밖에 없을 경우 등가의 수직 위치 (V)를 결정하는 방법이 확립되어 있지 않아 어려움을 겪어 왔다. 이에 본 연구에서는 단순들기 작업수식을 위한 등가의 수직위치를 결정하는 모델을 제시하였다. 이 모델을 사용한다면 그간 최저 높이나 최고 높이 등 극단치를 사용해 평가하는 경우보다 그 평가 오차를 줄일 수 있을 것이다.

그러나 한편으로 본 연구에서 제시한 모델은 본 연구의 가정에서 제시했듯이 여러 복합들기 작업 중, 단차가 일정하고 각 단별 작업물의 무게와 작업 빈도가 동일한 다단적재 작업에만 적용될 수 있다는 제한 점을 가지고 있다. 특히 들기작업 지수에 영향을 크게 줄 수 있는 손의 수평거리 등을 변수로 고려하지 못한 점 등은, 모델 적용 시 유의해야 할 사항이며 추후 연구에서 해결해야 할 문제로 남게 되었다. 또한 현장 작업 시 많은 경우 팔레트 상에 적재가 이루어지는데 본 모델에서 최하 적재 높이를 팔레트가 없는 바닥을 가정하고 했는데 추후 연구에서는 팔레트의 높이를 고려하는 모델도 개발되어야 할 것이다.

## 참고문헌

- 1) NIOSH, Work practices guide for manual lifting, NIOSH technical report No. 81-122, 1981.
- 2) T.R. Waters, V. Putz-Anderson, and A. Garg, Application manual for the revised NIOSH lifting equation, NIOSH, 1994.
- 3) V.M. Ciriello, and S.H. Snook, "Survey of manual handling tasks", International Journal of Industrial Ergonomics, Vol. 23, pp. 149~156, 1992.
- 4) 기도형, 정민근, "벽돌제조과정에서의 들기작업에 대한 Revised NIOSH Lifting Equation의 현장 적용", 산업공학, Vol. 8, No. 4, pp. 155~167, 1995.
- 5) K.S. Lee, H.S. Park, and Y.H. Chun, "Validity of the revised NIOSH weight limit in a Korean young male population: a psychophysical approach", International Journal of Industrial Ergonomics, Vol. 18, No. 2-3, pp. 181~186, 1996.
- 6) 기도형, "병원 환자 운반 업무의 작업 부하 분석에 NIOSH 들기 작업 공식의 적용 가능성", 대한인간공학회지, 제25권, 제2호, pp. 43~50, 2006.
- 7) 한국산업안전공단, 근골격계부담작업 유해요인조사 지침, KOSHA code H-30, 2003.
- 8) 기도형, 정화식, 박재희, 이인석, 김현주, 노상철, 근골격계 부담작업 유해요인조사 이행 실태에 관한 연구, 한국산업안전공단, 2007.
- 9) P.G. Dempsey, "Usability of the revised NIOSH lifting equation", Ergonomics, Vol. 45, No. 12, pp. 817~828, 2002.