컴퓨터를 이용한 설계의 효율성 극대화와 물류비 절감 방법

1. 배경

한국파렛트기술연구소 책임연구원
미국 버지니아 공과대학
파렛트연구소 방문교수
엄 재 균 박사

파렛트는 단위 화물의 물류시스템(Unit-Load Material Handling System)을 위한 국내외 물류의 이동과 보관 및 하역에 필요한 기본 도구이다. 그러므로 파렛트를 설계한다는 것은 단위화물의 특성과 그에 포함된 물자의 내구성 및 효율성과 물류의 경제성을 동시에 고려해야 하는 중요한 작업이다. 또한 공급체인망 관리가 널리 보급되고 있는 현실에서 단순히 단위화물의 이동뿐 만 아니라 단위화물이 전체 물류 공급망 내에서 여러 단계를 거쳐 해체되고 조합되는 과정을 거치면서 발생되는 비효율성을 제거해야 한다. 이를 위해 단위화물의 기본이 되는 파렛트의 구조해석과 및 내구성 및 경제성 뿐 만 아니라 포장까지를 고려한 파렛트 설계 기술의 필요성이 널리 인식되어야 할 것이다. 그러나 국내의 파렛트 설계 기술은 물류의 효율성과 경제성을 사전에 충분히 고려하지 못하는 경우가 많은 것이 또한 현실이다.

이러한 문제를 해결하기 위해 미국 농무성 산하의 연구소와 미국 파렛트협회, 버지니아 공과대학이 합동으로 연구개발을 한 결과 1984년 세계 최초로 PDS(Pallet Design System)이라는 컴퓨터 소프트웨어 시스템을 개발하였다. 현재 미국을 포함한 18개국 168군데의 물류현장에서 사용하고 있다

2. 파렛트 설계의 표준프로세스

파렛트를 설계하는 과정은 기본적으로 계획 프로세스로서 파렛트의 기능성과 경제

성을 동시에 고려해야 한다. 내구성과 화물의 하중만을 고려한 과다 설계는 경제성이 떨어져 시장에서 경쟁력을 상실하게 된다. 반대로 판매단가만을 고려한 설계는 내구성과 안정성이 떨어져 비효율적이 될 것이다. 그러므로 파렛트를 설계할 때는 이러한 기능성과 경제성간의 균형을 적절히 맞추어야 할 것이다.

파렛트를 설계할 때 단계별로 고려해야 할 사항을 보면, 우선적으로 단위화물의 하중을 지탱할 수 있는 강도를 유지해야 한다. 두 번째는 물류현장의 환경에 요구조건에 부합하는 기능성을 가져야 하고, 또한 필요한 정도의 내구성을 갖추어야 할 것이다. 마지막으로 중요한 단계는 경제적으로 타당성이 있고 시장에서 경쟁력을 가질 수 있는 가를 판단해야 한다.

2.1 비용 측면

파렛트를 설계할 때 경제적 측면에서 물류 효율화에 직접적으로 영향을 미치는 비용에 대해 알아본 후, 기능적인 측면에서도 살펴보기로 한다.

A. 공간 활용도: 파렛트 형태와 무게 및 구조적 견고성으로 인해 운송화물의 적재량과 보관과 하역에 필요한 공간활용에 영향을 주기 때문에 파렛트 설계에 의해 공간활용도에 따른 비용에 영향을 미칠 것이다.

B. 운반작업 속도: 파렛트 크기의 일관성과 파렛트 차입구의 높이와 위치 뿐 만 아니라 파렛트의 휨강도에 따라 단위포장시의 작업속도, 여러 종류의 운송기계를 이용하여 화물을 들어 올리거나 내리는 작업의 속도에 영향을 미친다.

C. 물류기기 비용: 파렛트 설계에 따라 화물을 포장하는 포장비용과 물류기기 선택도 영향을 미친다. 예를 들어 랙(Rack) 보관일 경우의 파렛트는 랙에 필요한 충분한 스팬(Span)을 가져야 하고, 운반기구가 파렛트 잭(Pallet Jack) 혹은 지게차(Fork Lift)에 따라 차입구 높이와 위치도 달라져야 한다. 또한 롤러 컨베이어(Roller Conveyor) 혹은 체인 컨베이어(Chain Conveyor)와 같이 어떤 컨베이어 시스템을 사용하는 가에 따라 파렛트 설계가 달라져야 할 것이다.

D. 물품 손상비용: 1986년 미국 식료품 협회와 식료품 마케팅 연구소의 의뢰를 받아 Cleveland Consulting사가 조사한 결과에 따르면 년간 25억불에 달하는 식료품 손상의

20%(약 5억불)가 잘못된 파렛트 설계 때문이라는 결론을 얻었다. 파렛트의 구조적인 견고성과 형태가 단위포장뿐 만 아니라 물품 자체에도 손상을 입혀 막대한 비용을 발생된다는 것이 입증이 된 것이다. 참고로 비용을 나누어 보면 파렛트 구입비와 수리비는 각각 3.6억불, 2.6억불이다.

E. 인건비용: 파렛트가 특별한 물류기기를 사용하도록 설계되었다면 그 물류기기 작업자를 위한 훈련비가 발생할 것이다.

F. 폐기비용: 파렛트의 재질에 따라 재사용, 재활용 및 Pool 시스템 등 다양한 용도로 사용할 수 있기 때문에 그에 따른 폐기비용도 고려해야 한다.

G. 보험비용: 파렛트 설계의 적합성에 따라 물류현장에서의 안전성과 물품손상비용이 발생하여 보험비용에 영향을 미칠 수 있다.

2.2 기능적 측면

기능적인 측면에서는 하중과 하중받침 및 취급 조건에 관한 정확한 정보가 필요하다.

A. 파렛트 강도(Strength): 하중에 지탱할 수 있는 능력
B. 파렛트 경도(Stiffness): 휨 하중에 지탱할 수 있는 능력
C. 파렛트 내구성(Durability): 단위화물을 운반할 수 있는 횟수
만일 운반해야 할 물품과 물류시스템의 종류가 다양할 때는 가장 조건이 좋지 않을 경우를 선택하여 파렛트를 설계해야 한다.

경제적이고 기능적인 측면을 모두 고려하여 파렛트를 설계하려면 테스트 모델을 기본으로 하여 시험을 해야 한다. 시험방법은 현장에서 직접 시험하는 방법과 시험실에서 수행할 수 있는데 시험실에서는 현장의 조건을 모두 고려하여 시험하기에는 한계가 있을 것이다. 그러므로 현장시험이 절대적으로 필요하지만 비용이 많이 들고 또한 시간이 많이 소요될 것이다. 현장시험의 대안으로 컴퓨터를 이용하여 수학적인 모델을 만들어 시뮬레이션을 함으로써 정확한 시험결과를 얻어낼 수 있다.

현재 미국 대부분의 파렛트 생산자와 사용업체에서 이러한 컴퓨터 모델을 사용하는데 그 대

표되는 프로그램이 Pallet Design System(PDS)이다. PDS를 이용하여 반복되는 프로세스를 거쳐 빠른 시간 내에 최적의 파렛트 설계 안을 선택할 수 있다. 설계안이 확정되면 통계적 품질관리 프로그램을 이용하여 파렛트가 사양에 적합하게 생산되고 사용되는지를 확인하는 작업이 필요하다. 단위화물의 운반조건이 자주 변하기 때문에 물류현장 조건을 정기적으로 확인하여 설계사양을 재 평가하는 작업도 중요하다. 다만 현재의PDS는 목재 파렛트에 만 적용 할 수 있다는 한계가 있다.

3. Pallet Design System(PDS)

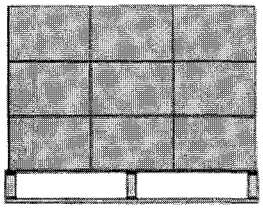
PDS는 공학의 기본원리와 구조해석 및 시험실과 현장실험을 거쳐 만들어진 소프트웨어이다. PDS사용자가 자사 파렛트의 사양과 사용환경을 입력하면 1) 파렛트 강도2) 변형율 3) 내구성 등의 결과를 얻을 수 있다. 이러한 결과를 이용하여 다음과 같은 평가를 할 수 있다.

1) 기존의 파렛트 설계의 성능평가: 예를 들어 현재의 파렛트가 필요 이상으로 성능이 좋은지? 제안한 설계안이 주어진 하중을 견디기에 충분한가?
2) 기존의 파렛트의 성능을 향상할 필요가 있을 때,
3) 새로운 조건의 새로운 파렛트를 설계할 경우이다.

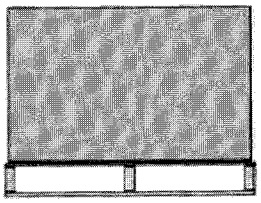
구체적으로 PDS의 적용범위를 살펴보기로 한다.

3.1 적용범위

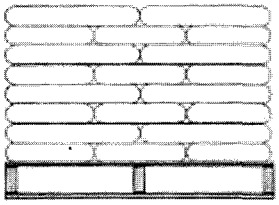
1) 2-5개의 받침목, 2 방향 혹은 부분적인 4방향 차입식, 4, 6, 9개의 블록 혹은 기둥형 파렛트
2) 단면 혹은 양면형, 날개형 파렛트, 한면 및 양면 사용형 파렛트
3) 침엽수와 활엽수를 포함한 목재로 만든 파렛트
4) 목재 혼합 판넬로 만든 파렛트(OSB, Plywood)
5) 못 혹은 꺽쇠로 만든 파렛트
6) Racking 혹은 Stacking
7) 지게차(Forklift), 파렛트 잭(Jack), Sling
8) 상자형, Bagged goods, 블록형의 적재



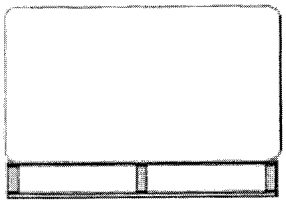
박스형



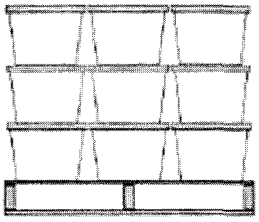
벌크형



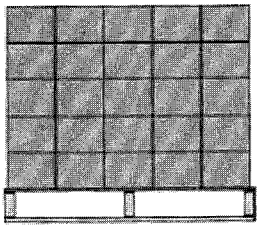
Bag형



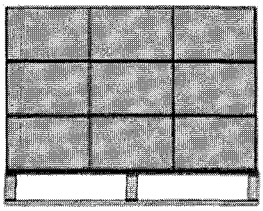
벌크 Bag형



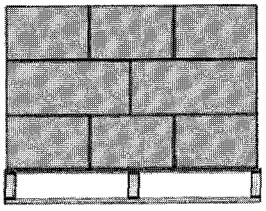
Pail형



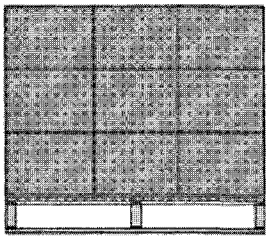
블록형



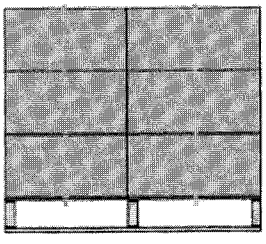
Column 적재형



Interlocking



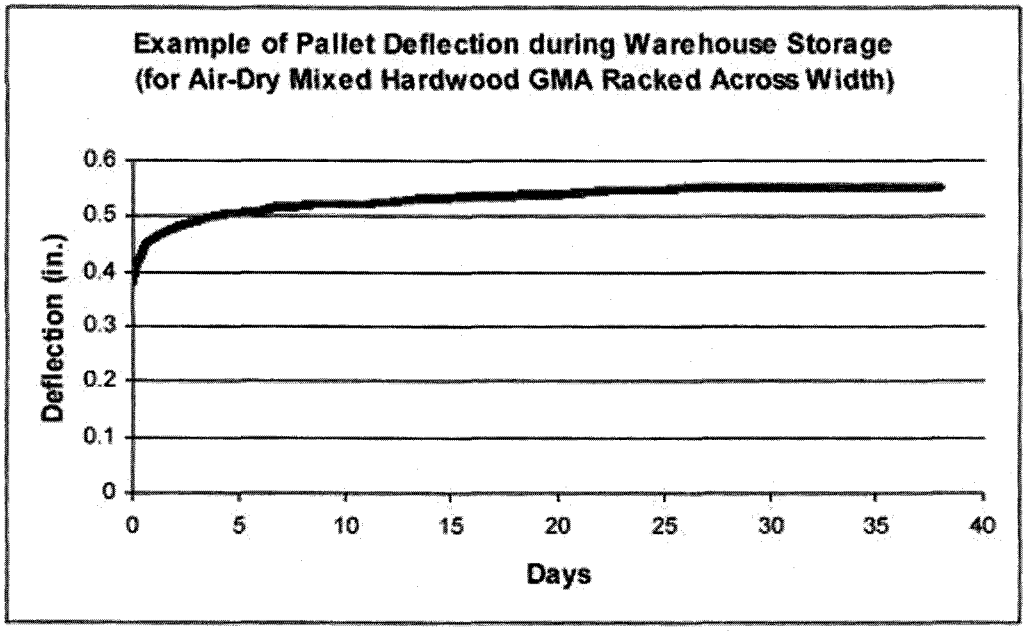
Stretch or Shrink Wrap 형



Vertical Banding 형

3.2 최신판의 수정내용

PDS Version 3.3에서는 파렛트의 휨 변형율을 30일까지 늘려 측정할 수 있도록 하여 실제 현장에서 오래 적재된 화물의 하중에 파렛트의 변형 정도를 측정할 수 있도록 하였다. 아래 그림에 보여주고 있는 듯이 실제로 최초의 휨 변형율 보다 거의 40% 이상의 변형율을 나타내고 있다.



4. 결 론

물류시스템의 발달과 공급망 관리의 확대로 인한 단위화물 시스템(Unit Load System)에 대한 인식이 확대되면서 단위화물의 기본단위인 파렛트의 성능이 중요하게 되었다. 기존 혹은 새로운 파렛트의 성능을 PDS와 같은 컴퓨터 프로그램을 이용하여 쉽게 시험하여 그 결과를 가지고 평가하면 물류현장에서의 효율성이 제고되어 물류비용이 절감될 것으로 판단된다.

별첨: PDS 적용사례

파렛트 명: 2800 Hardwood: Heavy Duty 48 inch ×40 inch GMA의 성능평가 가운데 일부분을 발췌하였다(Adopted from Center for Unit Load Design Web site).

(lbs(pound) = 0.45359Kg)

PALLET DESIGN SYSTEM Version 3.06

Pallet Structural Analysis

Pallet ID: 2800 - Hardwood
Classification: 48.00 x 40.00, Stringer-Class, Double-Face Non-Reversible, Partial 4-Way, Multiple-Use
Unit Load Type: Uniformly Distributed - Full Pallet Coverage
Unit Load Weight Variability: User-Specified
Weight Coefficient of Variation: 49.5 % Maximum to Average Weight Ratio: 2.15
Service Environment: Dry Service Environment (EMC <= 19%)

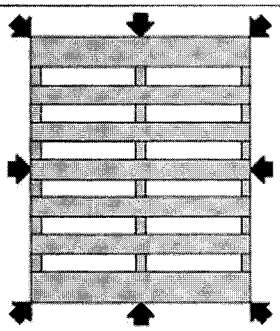
Support Condition	Safe Maximum Load	Deflection at Maximum Load	User Specified Deflection Limit	Maximum Load for Deflection Limit	Critical Member
Racked Across Length (Span = 44.00)	3174 lbs.	0.24 in.	0.50 in.	NA	Center Stringer
Racked Across Width (Span = 36.00)	2855 lbs.	0.46 in.	0.50 in.	2331 lbs.	Bottom Deckboard
Stacked 1 Unit Load High	9602 lbs.	0.12 in.	----	----	Top Deckboard
Stacked 4 Unit Loads High	3693 lbs. (each pallet)	0.12 in.	----	----	Top Deckboard

Lateral Collapse Resistance

Low | Medium | Good | Excellent

H/V = 2.84

Pallet Durability Analysis



Low | Medium | Good | Excellent

Durability Rating = 53

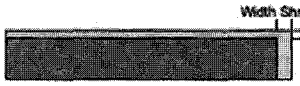
PALLET DESIGN SYSTEM Version 3.06

Pallet Physical Property Analysis

Pallet ID: 2800 - Hardwood

Classification: 8.00 x 40.00, Stringer-Class, Double-Face Non-Reversible, Partial 4-Way, Multiple-Use

	At Manufacture	At 25% MC	At 19% MC	At 15% MC	At 12% MC
Average Pallet Weight	75 lbs.	53 lbs.	51 lbs.	49 lbs.	48 lbs.



Dimensional Change due to Wood Drying

Component	Original Dimension	Shrinkage from Manufacture to 19% MC	Shrinkage from Manufacture to 15% MC
Top Deckboards	0.750 in. Thickness 5.500 in. Width 3.500 in. Width	0.018 in. (+/- 0.006 in.) 0.131 in. (+/- 0.042 in.) 0.083 in. (+/- 0.027 in.)	0.026 in. (+/- 0.008 in.) 0.189 in. (+/- 0.060 in.) 0.120 in. (+/- 0.038 in.)
Stringers	3.750 in. Height 1.750 in. Width	0.089 in. (+/- 0.028 in.) 0.042 in. (+/- 0.013 in.)	0.129 in. (+/- 0.041 in.) 0.060 in. (+/- 0.019 in.)
Bottom Deckboards	0.750 in. Thickness 5.500 in. Width 3.500 in. Width	0.018 in. (+/- 0.006 in.) 0.131 in. (+/- 0.042 in.) 0.083 in. (+/- 0.027 in.)	0.026 in. (+/- 0.008 in.) 0.189 in. (+/- 0.060 in.) 0.120 in. (+/- 0.038 in.)

Pallet Design System - Version 3.06

Software developed by:
The Pallet and Container Research Laboratory
Department of Wood Science and Forest Products
College of Natural Resources
Virginia Polytechnic Institute and State University
Blacksburg, Virginia 24061-0503

Based on research conducted by:
Virginia Polytechnic Institute and State University
U.S.D.A. Forest Service
APA - The Engineered Wood Association
NWPCA - National Wooden Pallet and Container Association

The recommendations from PDS are based on the NWPCA's continuing program of laboratory and field research.
They represent the best available engineering information compiled to date.
However, the quality of workmanship, the input data, and the conditions in which pallets are used may vary widely.
Therefore, the Association cannot accept responsibility for pallet performance or design as actually constructed.
Wood pallets bearing the NWPCA SPEQ trademark are manufactured to the Uniform Voluntary Standard for Wood Pallets established by the Association which define the prescriptive and performance criteria.
Wood pallets manufactured to this PDS design are for the sole purpose of storing and/or transporting material.
Under no circumstance should any person stand, step, or lean upon them or otherwise use them for support.

Pallet Design System - Version 3.06 (C) Copyright 1985-2000
National Wooden Pallet and Container Association
1500 North Kent Street, Suite 911, Arlington, Virginia 22209-2109
http://www.nwpca.com
All Rights Reserved

Reference Data

Top Deckboard Locations (from Pallet End):
0.00 8.75 15.50 22.25 29.00 35.75 42.50
48.00 39.25 32.50 25.75 19.00 12.25 5.50

Stringer Locations (from Pallet Edge):
0.00 19.13 38.25
40.00 20.88 1.75

Bottom Deckboard Locations (from Pallet End):
0.00 15.00 22.25 29.50 42.50
48.00 33.00 25.75 18.50 5.50

Fasteners/Connection:
Top Deck: 3 2 2 2 2 2 3 (Total: 48)
Bottom Deck: 3 2 2 2 3 (Total: 36)

Material Volume:
Top Deck: 5.9 bd ft Stringers: 6.6 bd ft Bottom Deck: 4.5 bd ft (Total: 17.0 bd ft)