

자동창고에 사용되는 파렛트 성능기준에 관한 연구

1. 서론

전통적으로 파렛트 형태의 단위화물을 운반하고 보관하기 위해 창고에서는 주로 지게차, 파렛트 잭과 일반 랙을 이용하고 있다. 최근에는 물류효율을 높이기 위해 수동물류 기기를 대신하여 자동화된 물류기기를 사용하는 추세가 늘어나고 있다. 이러한 변화에 따라 파렛트 단위의 화물은 수동기기뿐만 아니라 자동물류기기를 번갈아 사용하면서 운반 및 보관작업을 하고 있어 파렛트 성능기준을 재고해야 할 필요성이 높아지고 있는 실정이다. 이러한 자동화된 물류기기에 맞는 성능기준을 설정하기위해 미국의 사례1를 소개함으로써 국내 파렛트 성능기준을 재정비할 수 있도록 하는 것이 본 논문의 목적이다.



엄재균 박사
한국파렛트 기술연구소 소장
명지전문대학 산업시스템경영과 교수

Dr. Marshall White
Director of Center for Unit Load Design
Virginia Polytechnic Institute and State University
U.S.A.

2. 연구방법

위의 연구목적을 달성하기 위해 다음과 같은 연구방법을 이용하였다.

- 첫째로 자동화된 단위화물 물류시스템에 대한 설문조사,
- 둘째는 파렛트 제조업체, 자동물류기기 제조업체 현장조사,
- 셋째는 자동물류기기, 파렛트 단위화물에 대한 시험실 테스트이다.

첫번째 연구방법으로 설문조사를 통해 물류 제조업체들의 의견을 확인하였다. 두 번째 방법인 현장조사를 위해 자동화된 물류기기를 사용하고 있는 미국 동부에 위치한 농산 및 식음료 업체 9군데를 방문하여 자동물류기기 종류와 파렛트 형태와 성능, 화물의 특성 등의 요소를 확인하였다. 마지막

으로 현장조사와 설문조사를 바탕으로 버지니아공대 파렛트 연구소에서 자동물류기기 환경하의 파렛트 성능시험한 결과를 분석하여 파렛트 성능기준을 제안한다. 시험방법은 정량적인 평가를 위해 파렛트 운반회전율, 파렛트 운반의 일관성, 파렛트 변형도를 기준으로 평가를 하였다.²

3. 파렛트와 물류기기 제조업체 설문조사

현장조사와 시험을 위해 임시적으로 파렛트 성능기준을 다음과 같이 설정하여 실제 현장조사와 시험결과와 비교하여 성능기준을 최종적으로 결정하기로 한다.

표 1. 자동물류시스템에 사용되는 파렛트의 성능기준 (임시적임)

순서	성능기준구분	기준요건
1	파렛트 강도	2,800 lbs
2	파렛트 내구성	사용자 요구사항에 의거
3	파렛트 크기 및 형태	48" × 40"
	길이	+0" / -0.125"
	너비	+0" / -0.125"
	높이	+0.188 / -0.125"
4	직각도	0.5" 이내
	상판의 평판도	±0.094"
5	파렛트 상판의 마찰계수	최소 0.20
6	하판의 면적	최소 50%
7	하판 디자인 형태	사용자 요구조건에 의거
8	파렛트 부속품 크기 변형율	
	두께	+0.063" / -0.031"
	너비	+0.063" / -0.031"
9	길이	+0" / -0.188"
	부속품의 정위치 변형율	정위치에서 +0.25" 이내
10	하중하의 파렛트 최대 변형도	0.375"
11	하중하의 파렛트 부속품 최대 변형도	0.25"
12	블록형 파렛트를 선호하나 필요조건을 아님	

파렛트 및 물류기기 제조업체로부터의 설문결과를 목재, 플라스틱, 물류기기업체로 구분하여 상기에 설정한 기준을 중심으로 한 조사한 결과는 다음과 같다.

3.1 목재 파렛트

일반적으로 목재 파렛트 제조업체의 반응은 위의 성능기준이 가능하다는 의견이 나왔다. 파렛트 휨정도 뿐만 아니라 파렛트와 물류기기 사이의 최소 여유공간에 대한 기준을 설정하는 것이 중요하다는 의견이 있었다. 또한 수분함유율이 30%이상인 파렛트는 수분함유율이 10-15%이하로 떨어지면 파렛트 높이가 1/4인치로 줄어들기 때문에 높이 변형을 0.125인치를 초과한다. 만약 높이 기준을 0.125인치로 한다면 건조된 목재 파렛트를 사용하여야 하는데 그러면 건조 비용에 대한 부담이 있다는 의견도 있었다.

표 2. 목재 파렛트 제조업체로부터 받은 설문결과

	성능기준 구분	업체 1	업체 2	업체 3
1	파렛트 강도	가능	가능	어떻게 측정?
2	파렛트 내구성	가능	가능	어떻게 측정?
3	파렛트 크기 및 형태	가능	가능	어떻게 측정?
	길이			
	너비 높이 직각도			
4	상판의 평판도	가능	가능	가능
5	파렛트 상판의 마찰계수	가능	가능	어떻게 측정?
6	하판의 면적	최소 39%	가능	최소 30%
7	하판 디자인 형태	사용자 요구조건에 의거	가능	가능
8	파렛트 부속품 크기 변형을	+0.031"/-0.063" 가능 가능	가능	가능
	두께			
	너비 길이			
9	부속품의 정위치 변형을	0.125" 이내	가능	가능
10	하중하의 파렛트 최대 변형도	가능	가능	가능
11	하중하의 파렛트 부속품 최대 변형도	가능	가능	가능
12	블록형 파렛트를 선호하나 필요조건은 아님	가능	가능	가능

3.2 플라스틱 파렛트

플라스틱 파렛트 제조업체는 제안된 성능기준 중에 강도와 휨경도에 맞는 파렛트를 생산하기가 어렵다는 의견이 있었다. 폴리에틸렌으로 만든 플라스틱 파렛트는 온도의 변화에 따라 팽창과 수축율이 높기 때문에 38℃가 되면 파렛트 길이와 너비가 1/2인치까지 변할 수 있기 때문에 1/4인치 허용치보다는 1/2인치가 더 현실적이라는 의견이다. 또한 상판의 평판도도 1/4인치보다는 3/8인치가 적당하며 파렛트 및 그 부재의 휨은 3/8인치에서 0.96인치로 완화할 필요가 있다고 주장하였다.

표 3. 플라스틱 파렛트 제조업체로부터 받은 설문결과

	성능기준 구분	업체 1	업체 2	업체 3	업체 4	업체 5	업체 6
1	파렛트 강도	1800~2000 lbs	너무 높다	어떻게 측정?	가능	가능	가능
2	파렛트 내구성	가능	가능	가능	가능	가능	가능
3	파렛트 크기 및 형태		가능	너무 엄격		가능	가능
	길이	±0.125"			+0/-0.50	±0.25"	
	너비	±0.125"			+0/-0.50	±0.25"	
	높이	±0.125"			가능	가능	
	직각도	가능				가능	
4	상판의 평판도	±0.375"	가능	너무 엄격	0.125"	0.125"	가능
5	파렛트 상판의 마찰계수	가능	가능	가능	가능	어떻게 측정?	가능
6	하판의 면적	가능	가능	왜?	가능	어떻게 측정?	가능
7	하판 디자인 형태	가능	가능	가능	가능	가능	가능
8	파렛트 부속품	가능	가능	목재만 해당	가능	가능	가능
	크기 변형을						
	두께						
	너비						
	길이						
9	부속품의 정위치 변형을	가능	가능	가능	가능	가능	가능
10	하중하의 파렛트 최대 변형도	스팬의 2%	너무 엄격	어떻게 측정?	0.500"	어떻게 측정?	가능
11	하중하의 파렛트 부속품 최대 변형도	가능	너무 엄격	어떻게 측정?	0.500"	어떻게 측정?	가능
12	블록형 파렛트를 선호하나 필요조건을 아님	가능	가능	가능	가능	가능	가능

3.3 물류기기 업체

물류기기 업체는 대체로 파렛트 하판 디자인과 양방향으로 사용이 가능한 하판의 설계방법 (Perimeter/Cruciform base)이 컨베이어 상에서 원활하게 운반할 수 있는지 의문을 가지고 있다. 또한 파렛트 휨은 제한한 3/8인치보다 휨율이 더 작아야 한다는 의견이 있다. 평탄하지 못하고 강도가 약한 파렛트 하판, 과도하게 변형된 파렛트 크기, 미끄러지기 쉽고 돌출된 연결재가 문제가 될 수 있다는 것을 지적하였다.

표 4. 자동물류기기 제조업체로부터 받은 설문결과

	성능기준 구분	업체 1	업체 2	업체 3	업체 4	업체5	업체6	업체7	업체8	업체 9
1	파렛트 강도	가능	가능	가능	가능	가능	가능	가능	가능	4000lbs.
2	파렛트 내구성	가능	가능	가능	가능	가능	가능	가능	가능	가능
3	파렛트 크기 및 형태	가능	가능	가능	가능	가능	가능	가능	가능	가능
	길이 너비 높이 직각도									
4	상판의 평판도	가능	가능	가능	가능	가능	가능	가능	가능	가능
5	파렛트 상판의 마찰계수	가능	가능	가능	가능	가능	가능	가능	가능	가능
6	하판의 면적	3/4"두께	가능	가능	가능	가능	가능	가능	가능	가능
7	하판 디자인 형태	가능	가능	양방향 5/8"두께	가능	가능	가능	가능	가능	양방향으로 가능하도록
8	파렛트 부속품 크기 변형을	가능	가능	가능		가능	가능	가능	가능	가능
	두께 너비 길이				+0.31/0"					
9	부속품의 정위치 변형을	가능	가능	가능	가능	가능	가능	가능	가능	가능
10	하중하의 파렛트 최대 변형도	가능	가능	가능	가능	가능	가능	AS/RS는 보다 엄격한 기준	0.25"	가능

성능기준 구분	업체 1	업체 2	업체 3	업체 4	업체5	업체6	업체7	업체8	업체 9
11 하중하의 파렛트 부속품 최대 변형도	가능	가능	가능	가능	가능	가능	가능	가능	가능
12 블록형 파렛트를 선호하나 필요조건을 아님	가능	가능	가능	가능	가능	가능	가능	가능	가능

4. 자동화된 유니트로드 물류시스템에 대한 현장조사

두 번째 방법인 현장조사를 위해 자동화된 물류기기를 사용하고 있는 파렛트 사용업체 9군데를 방문하여 자동물류기기 종류와 파렛트 형태와 성능, 화물의 특성 등의 요소를 알아보았다..

표 5. 현장조사 사용실태

파렛트	사용업체	자동물류시스템	사용업체
목재	9	Deep bay, Shuttle cart, dynamic rack	1
플라스틱	3	AS/RS	4
합판재	2	Skate wheel rack	2
		Dynamic push-back rack	1
		Roller conveyor	9
		Chain conveyor	8
		Palletizer	9
		AGVs	1

현장 조사한 모든 업체에서 지게차와 파렛트 잭을 사용하여 운반 및 보관을 하고 있으며, 현재 사용하고 있는 물류자동기기와 파렛트 종류, 적재하중, 파렛트 휨정도, 물류기기와의 공간확보 등에 관한 데이터를 수집한 결과는 아래의 표와 같다.

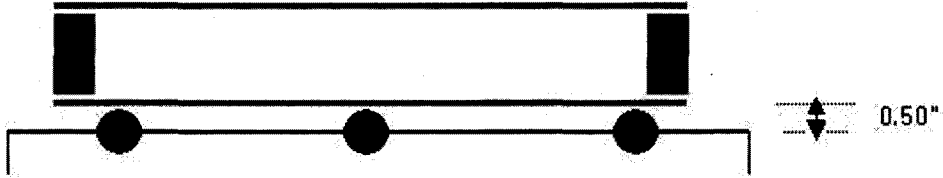
표 6. 자동물류기기별 수직/수평공간 여유

물류기기	사 양	수직공간 여유	수평공간 여유
롤러 컨베이어	롤러지름1.75" , 롤러간 간격3"	0.50"	-
	롤러지름2.5" , 롤러간 간격3"	0.50"	-
	롤러지름2.5" , 롤러간 간격4"	0.50"	-
	롤러지름2.5" , 롤러간 간격5"	0.50"	-
	롤러지름2.5" , 롤러간 간격6"	0.50"	-
	롤러지름2.5" , 롤러간 간격6.5"	0.50"	-
체인 컨베이어	2줄, 48" 파렛트/41" 스펠	0.75"	-
	2줄, 37" 파렛트/33" 스펠	0.75"	-
	2줄, 48" 파렛트/41" 스펠	0.36"	-
	2줄, 40" 파렛트/34" 스펠	0.34"	-
	2줄, 40" 파렛트/25" 스펠	-	1"
	2줄, 44" 파렛트/28" 스펠	-	2"
	3줄, 37" 파렛트/14" 스펠	-	2"
Dynamic Racks with skate-wheel conveyors	40" 파렛트/34" 스펠	3.5"	0.50"
	40" 파렛트/33" 스펠	-	3.0"
AS/RS	48" 파렛트/39" 스펠	약 2"	-
	52" 파렛트/46" 스펠	약 2"	-
	40" 파렛트/33" 스펠	0.875"	0.50"
AGVs	48" 파렛트/23" 스펠	1.50"	1.50"
Shuttle carts	Cart와 파렛트 사이의 간격	0.625"	-
Order picking	파렛트와 기기 프레임 사이 간격	-	0.50"

4.1 롤러 컨베이어

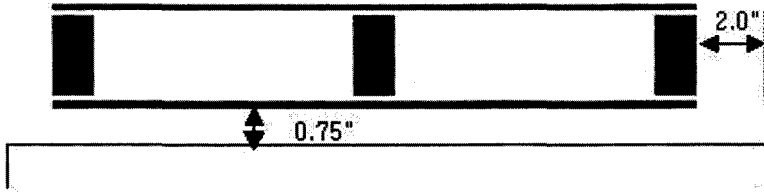
컨베이어 롤러의 크기가 지름 1.75" 부터 2.5", 롤러의 간격은 3인치에서 6인치까지 6 종류의 롤러 컨베이어를 선택하여 시험을 하였다. 가장 일반적인 형태는 롤러의 지름이 2.5인치, 롤러의 중심간 간격은 6인치이다. 시험 결과는 롤러를 효과적으로 움직일 수 있도록 하판의 디자인 형태가 하판의 면적보다 기능적으로 더 중요하다는 것을 발견하였다. 또한 가장 엄격한 기준은 롤러의 위부분과 롤러 프레임간의 간격이 0.5인치이기 때문에 파렛트 혹은 파렛트 부재의 휨 정도가 0.5인치를 넘는다면

롤러의 움직임을 방해하기 때문에 휨 기준을 최대 0.5인치로 정해야 할 것이다.



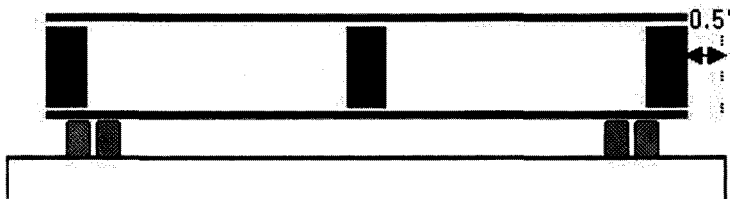
4.2 체인 컨베이어

2줄 혹은 3줄의 체인을 가진 7 종류의 체인 컨베이어를 대상으로 시험하였다. 체인의 스패니 작게는 파렛트 너비의38% 많게는 90% 정도가 된 파렛트를 시험한 결과 체인과 컨베이어 프레임 간격은 최소 0.75인치이기 때문에 하중을 받았을 때 파렛트 혹은 부재의 휨 정도가 0.75인치를 초과하여서는 컨베이어 작동에 문제가 있을 것이다.



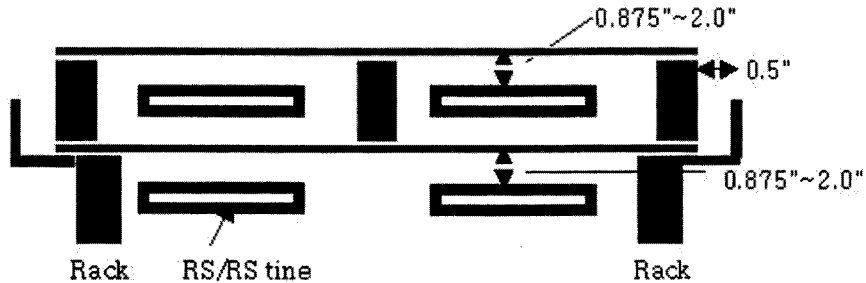
4.3 Dynamic High-density Rack

랙 스패니 파렛트 너비의 85% (너비 40"파렛트/34" 스패니)이며 이러한 랙에서 가장 중요한 기준은 평탄한 파렛트 하판 설계이다. 파손된 부재나 과도한 변형, 튀어나온 못 혹은 부재가 있다면 치명적인 결과를 가져 올 것이다.



4.4 AS/RS

AS/RS 시스템 제조업체 4군데를 방문하여 랙 스패인이 파렛트 너비의 최소 81% 에서 88% 라는 것을 조사하였다. 파렛트와 Crane Lifting Arm 사이의 간격은 0.875인치에서 2.0인치까지 서로 다르며 파렛트 옆면과 AS/RS 랙의 면과의 간격은 최소 0.5인치 간격을 유지하여야 한다. 이러한 기준에 맞지 않으면 AS/RS 시스템이 파렛트로 인하여 전체 시스템의 작동을 중지해야 하는 손실을 입을 것이다.

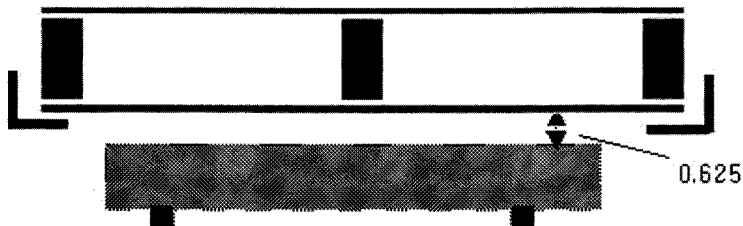


4.5 AGVs

I-beam 을 사용한 AGV는 I-beam과 Docking Station과의 수직간격이 1.5인치 이내가 되어야 하며 I-beam과 파렛트 Stringer와의 간격도 1.5인치가 되어야 한다. I-beam의 길이가 40인치 밖에 되지 않기 때문에 파렛트의 크기가 1인치 이상의 오차가 있다면 파렛트 화물이 AGV에서 떨어질 수 있다.

4.6 Shuttle Cart

파렛트와 카트의 상단부와의 간격이 5/8인치 이하이기 때문에 Shuttle Cart 시스템이 효과적으로 작동하려면 최소한 0.5인치 간격을 유지해야 할 것이다.



4.7 Order-picking System

Order-picking System에서는 파렛트 길이와 너비의 변화 한계가 0.5인치 이하로 기준을 설정하여

야 효과적으로 운용할 수 있을 것이다.



다음은 물류기기의 조사한 결과 가운데 대표적인 특성을 나열한다..

- 롤러컨베이어의 롤러지름은 2.5인치, 롤러간 간격은 6.0인치이다.
- 롤러가 효과적으로 움직이는 것은 파렛트 하판의 설계형태가 하판의 면적을보다 더 영향을 미친다.
- 롤러컨베이어상에서 파렛트를 운반할 때는 파렛트 및 부재의 휨정도가 1/2인치를 초과해서는 곤란하다.
- 체인컨베이어상에서는 파렛트 및 부재의 휨정도가 3/4인치이하가 되어야 한다.
- 파렛트 하판의 평탄도가 다이내믹 보관 랙 (Dynamic High-density Rack)에서 가장 중요한 요소이다. 파렛트 하판 부재에 손상이 있거나 과도한 두께 변형, 돌출한 연결재 등은 운반을 하는데 치명적인 결함을 가져 온다.
- 파렛트와 AS/RS lifting arm과의 거리는 0.875~2.0인치정도의 공간을 확보해야 한다. 파렛트 결함으로 인해AS/R시스템의 작동이 중단되면 그 손실이 막대하다.
- 파렛트 부재의 길이/너비와 정 위치의 허용범위 및 휨율은 1/4인치이어야 한다.

5. 자동물류시스템 환경에서의 파렛트 성능 시험실 결과

여러 종류의 파렛트 성능을 평가하기 위해 롤러 컨베이어, High Density Dynamic 보관 랙, 4-deep Push Back Rack을 사용하여 시험실에서 테스트를 하였다. 또한 15개의 48×40 인치의 목재, 합판, 플라스틱 파렛트를 사용하여 아래와 같은 정량적 성능기준을 가지고 주어진 종류의 물류기기가 적합한지를 평가하였다.

- 파렛트 운반 율
- 파렛트 운반 일관성

● 파렛트 휠 정도

또한 표면 마찰계수, 롤러컨베이어상에서의 파렛트 방향에 따른 작동여부, 파렛트 손상유무, 운반 기기 손상, 제품의 손상, 화물의 안정성 등을 관찰하고 기록하였다. 화물의 적재 하중과 형태도 3가지 (600, 1500, 2800lbs)로 분류하여 조사하였다.

5.1 롤러 컨베이어 시험

파렛트 하판이 롤러컨베이어의 롤러의 작동에 따라 움직이는 경우에는 파렛트 형태, 방향, 화물의 하중에 관계가 없으나 평탄하지 못하거나, 튀어나온 연결재, 손상된 하부판인 경우에는 파렛트의 움직임이 고르지 못하다는 것을 발견할 수 있다. 파렛트 표면 마찰계수가 0.15까지는 롤러컨베이어상에서 정상적으로 운반되고 있음을 알 수 있다.

5.2 High-density Dynamic Storage Rack 시험

High-density Dynamic Storage Rack은 2개의 스케이트 휠 레일로 구성되어 있으며 레일 위에 공기주머니를 이용하여 상하 이동이 가능한 복수의 스케이트 휠을 갖추고 있다. 균일하게 평탄한 하판을 가진 파렛트는 상대적으로 평탄하지 않거나 저급의 목재나 하판이 메쉬형으로 된 플라스틱 파렛트보다 더 원활한 흐름을 보여준다. 특히 무거운 하중을 지닌 화물을 메쉬형 혹은 빗살모양의 플라스틱 파렛트를 이용하여 운반할 경우는 메쉬형이나 빗살모양의 파렛트가 스케이트 휠 부근에서 집중하중을 받기 때문에 운반하는데 지장을 줄 수 있음을 확인할 수 있다.

이러한 현상을 방지하기 위해서는 파렛트 하판의 모든 부재는 적어도 3인치 이상의 너비를 가진 설계를 해야 한다. 파렛트 휠 정도가 1인치 이하인 경우에는 파렛트 화물을 효과적으로 운반하는데 지장을 주지 않는다. 그러나 파렛트 부재의 휠 정도가 0.25인치를 초과하면 운반하는데 상당한 문제가 생길 수 있다. 그러므로 파렛트 사용업체는 메쉬형이나 빗살무늬를 가진 하판을 Skate-wheel 컨베이어로 운반할 때는 유의를 해야 한다.

5.3 Push Back Rack 시험

전체적으로 모든 형태의 파렛트가 Push-back 랙에서 효과적으로 운반을 할 수 있다는 것을 시험을 통해서 확인할 수 있었다. 파렛트를 약 48인치 정도를 밀어넣은 후 파렛트의 미끄럼 정도를 확인하였는데 목재 파렛트는 0~1.19인치, 플라스틱 파렛트는 0.50~1.94인치 정도의 미끄러짐을 관찰하였다. 하판의 마찰계수가 0.15를 가진 파렛트는 과도한 미끄럼 현상은 없었다.

6. 결 론

자동화된 유니트로드 물류기기를 이용한 파렛트의 최소 성능기준은 아래의 표와 같다. 일반적으로 자동물류기기 환경에서 효과적으로 파렛트를 사용하려면 기본적으로 일관성이 있는 파렛트 크기, 형태를 가져야 한다. 또한 파렛트의 휨 율이 작아야 하며 표면마찰계수는 최소한 0.15를 유지해야 한다. 이러한 성능기준은 자동 물류기기와 만나는 모든 종류의 파렛트에 적용할 수 있다.

이러한 성능기준은 최소한의 기준이며 기능성과 경제성을 모두 고려하였다. 그러나 여기서 제안한 성능기준에 따른다고 하더라도 산업별로 독특한 특성이 있기 때문에 모든 종류의 자동 물류시스템에서 적용할 수는 없을 것이다. 다만 이러한 연구를 통하여 파렛트 설계와 물류기기 설계가 자동물류시스템에 어떠한 영향을 미치는지를 확인하여 더 효율적인 파렛트와 통합물류시스템을 설계할 수 있을 것이다.

향후 연구과제로는 최적의 물류시스템을 설계하기 위해 민감도 분석을 통하여 더 다양한 물류기기와 관계할 때의 성능을 시험하여 평가기준을 설정하여야 할 것이다. 또한 국내에서 사용하는 자동물류기기를 조사·분석하여 국내 실정에 부합하는 파렛트 성능기준을 마련해야 할 것이다.

표 4. 자동화된 유니트로드 물류기기 환경에서의 파렛트 성능기준

성능기준 구분	성능기준
파렛트 크기와 형태 변형	
길 이	+0.125 / -0.250"
너 비	+0.125 / -0.250"
높 이	+0.125 / -0.375"
직각도	사선으로 0.5" 이내
상판의 평탄도	0.25" 이내
최소 마찰계수	0.15
부속품이 정위치 변형도	정 위치로부터 0.25" 이내
하중하의 최대 휨 정도	0.50"
하중하의 물류기기와의 최소 여유간극	0.50"
하중하의 부속품 최대 휨 정도	0.25"

참고사항:

1. 상기의 성능기준은 표준파렛트 설계를 의미하지는 않는다.
2. 또한 이러한 성능기준은 기본적으로 다음의 기준에 부합하는 파렛트가 되어야 한다.
 - 손상되거나 느슨한 파렛트 부재가 없다.
 - 돌출된 연결재가 없다.
 - 스트레칭 포장도 느슨하지 않아야 한다.
 - 파렛트 하판은 롤러와 스케이트 휠 간의 중심과 중심사이에 위치해야 한다.
 - 메쉬나 빗살무늬를 가진 하판은 스케이트 휠 컨베이어에서는 문제가 있을 수 있다.
 - 낮은 압축강도를 가진 하판(특히 포스트형의 플라스틱 파렛트)은 롤러상에서 운반하는데 어려움이 있을 수 있다.
3. 상기 기준에 99% 부합하면 된다.
4. 생산자와 수요자의 합의에 의해서는 위의 기준을 넘을 수는 있다.

※ 참고문헌

1. White, M.S., "What's needed for today's automated equipment", Center for unit Load Design Note 3, Virginia Polytechnic Institute and State University. 1999.
2. Clarke, John W., and M.S. White. "Automated Unit Load Equipment Pushing Pallet Design Specifications." Packaging Technology & Engineering, May 1998