

조립합리화를 위한 유연성 있는 Pallet 설계에 관한 연구

목학수*, 이재만*, 양태일*

A Study on Flexible Pallet Design for Assembly Rationalization

Hak Soo Mok*, Jae Man Lee* and Tae Il Yang*

ABSTRACT

In the assembly system, a pallet plays an important role of transfer and storage. As products become various, many different pallets are also necessary. Since some of them are redundant, a design of pallet with high flexibility is important. This paper suggests design alternatives, in designing pallets with high flexibility. The purpose of this study is to rationalize assembly process of mid-small size products. Every pallet has suitability values depending on characteristic factors of a product, and this value is determined by using AHP (Analytic Hierarchy Process) technique. As the characteristic factors of a product are changed, the suitability value is also changed. Design alternatives can be found by tracing change of the suitability value, which are based on correlation between the characteristic factors of a product and a pallet element.

Key Words : Pallet(팔렛), Assembly Rationalization(조립합리화), Product Variety(제품다양성), Flexibility(유연성)

1. 서론

일반적으로 생산단계는 크게 설계, 가공, 조립, 검사의 4 단계를 거쳐 하나의 제품을 생산하게 되는데, 생산비용 측면에서 볼 때 주로 조립단계에서의 비용이 높다[1]. 현재, 조립 비용을 절감하기 위해 제품설계나 조립공정 측면에서 많은 연구가 수행되고 있지만, 소비자의 기호가 다양해지고 제품의 다양성 증가, 제품 수명 주기 단축, 공정 설계 및 작업 공간, 재고 통제에 대한 문제가 복잡해지면서 조립공정 내의 물자 흐름의 통제가 쉽지 않게 되었다[2,3,4]. Fig.1은 이러한 물자의 흐름을 간접적으로 개선하기 위한 대안으로 팔렛과 관련된 조립공정 내에서의 발생 가능한 문제점들과 해결방법을 나타낸 것이다. 즉, 제품 변화에 대한 팔

렛의 교체 횟수 증가, 교체 시간과 비용 증가, 교체를 위한 제반 사항 낭비, 작업현장 공간 부족 등의 문제점을 해결하기 위해서 제품의 구조적인 측면 분석, 팔렛의 교체 방법 연구, 작업장 공간 확보, 유연성 있는 팔렛 설계 등을 할 수 있다.

1980년대 초 독일에서는 공구나 부품, 대형 제품 등을 적재하여 운반하고 보관할 수 있는 다양한 용도의 팔렛을 제작하여 상품화하였다. 또한 Eversheme의 Production Engineering에서는 작업공정 내에서 사용되는 Modular pallet, Assembly pallet, Machine pallet 등을 소개하고 있다[5]. 국내의 연구 활동은 단순한 용도의 팔렛이나 자동적으로 교체 할 수 있는 팔렛 제어 분야에서 연구가 활발히 진행되고 있다. 이와 같이 국내·외적으로 전용 팔렛 혹은 단순한 기능을 하는 팔렛은 제작되고 있으나,

* 부산대학교 산업공학과, 기계기술연구소

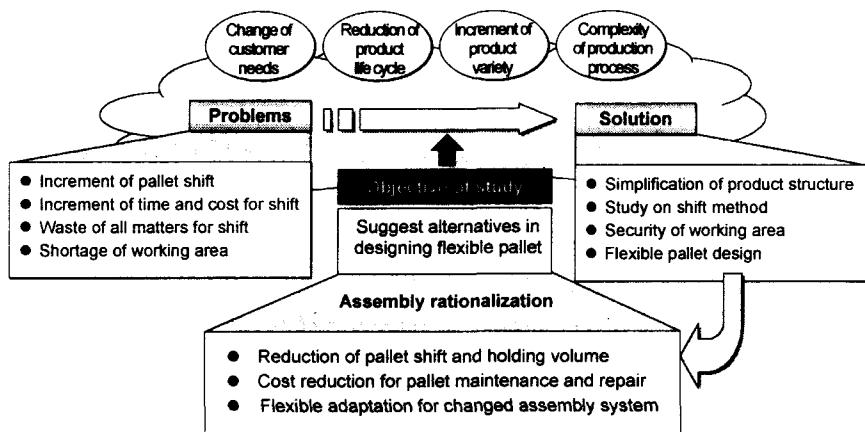


Fig. 1 Necessity and objective of study

학문적이면서 실제 생산현장에서 작업의 개선 효과를 높일 수 있는 팔렛 자체에 관한 연구는 활발하지 못한 실정이다.

따라서, 본 연구에서는 중·소형 제품의 운반과 보관 역할을 하는 팔렛에 관한 연구를 수행함으로써 제품다양화에 따른 유연성 있는 팔렛 설계 대안을 제시하고자 한다. 이러한 연구의 궁극적인 목적은 팔렛의 교체 횟수 및 보유 개수 감소, 팔렛의 유지/보수, 관리를 위한 비용 절감 효과 증대, 조립시스템 변경에 대한 유연한 적응 등의 조립합리화에 기여하는데 있다. 팔렛 설계에 영향을 미칠 수 있는 제품 정보에 대한 분석은 제품 자체 특징요소와 제품 외 특징요소로 나누어 분석하였다. 또한 여러 종류의 팔렛을 파악하여 특징요소를 결정하였으며, 분류된 팔렛의 특징요소와 제품 특징요소의 상관관계를 바탕으로 팔렛의 구성요소를 정의하였다. 마지막으로 설계 대안을 도출하기 위해 제품 특징의 세부 요소간, 제품 특징요소와 팔렛 분류 기준간, 그리고 제품 특징요소와 팔렛

구성 요소사이의 상관관계를 바탕으로, AHP (Analytic Hierarchical Process) 평가 방법에 의해 제품과 팔렛 사이의 적합성 점수를 산정한다. 따라서 적합성 점수의 변화에 영향을 미치는 제품 특징요소를 분석하여 기존 제품 정보와 변경된 제품 정보를 고려한 유연성 있는 팔렛 설계 대안을 제시하였다.

2. 제품 특징 정보

본 연구에서 제품은 팔렛 위에 놓여지는 적재 대상으로서 단일 소재로 이루어진 부품, 2개 이상의 부품이 체결요소에 의해 조립된 조립군, 조립공정이 끝나고 검사 후 출하되기 위한 완제품으로 나누었다.

Fig.2는 제품의 특징을 분류한 것이며, 팔렛 설계에 미칠 수 있는 영향요소로서 제품 자체 특징요소와 제품 외 특징요소로 구분하였다. 제품 자체 특징요소는 다시 정적 특징요소와 동적인 특징

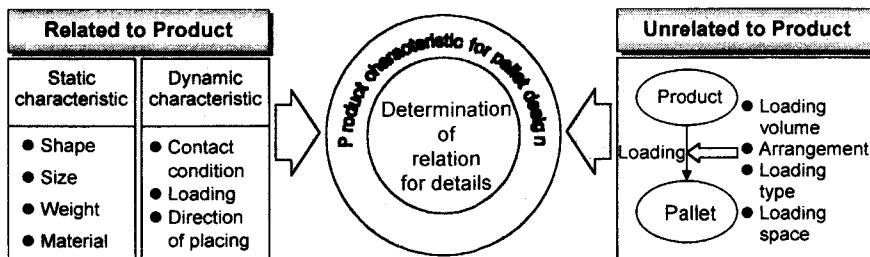


Fig. 2 Characteristic classification of product

요소로 세부적으로 구분을 하였다. 제품의 특징 요소는 제품이 팔렛 위에 적재될 경우 팔렛의 특징 요소를 결정할 수 있는 요소로서 적재 수, 정렬 유무, 적재 형태, 적재 간격으로 분류하였다[6].

2.1 제품 자체 특징요소

Fig.3은 제품 자체 특징요소를 세부적으로 분류한 것이며 형상은 Spherical shape, Disc shape, Cylindrical shape 등 11 가지로 분류하였고, 주로 조립공정이나 작업에서 정의되는 제품 형상들이다. 실제로 여러 가지의 복잡형상이 존재할 수 있다. 크기는 Finger size, Hand size, Portable size, Box size로 분류 및 정의를 하였는데 각 크기에 따라 형상 정의를 기준으로 치수를 정의하였다.

적재되는 제품의 무게는 팔렛의 설계에 있어 제품을 쌓아올리는 적재성을 고려한 것으로 무거운 제품은 바로 그 위에 적재될 경우, 적재대상의

손상과 팔렛의 지지에 무리가 갈 수가 있을 것이다. 그러므로 정성적으로 가벼움, 보통, 무거움, 아주 무거움으로 분류하였으며 적재되어지는 각 제품 하나의 무게만으로 고려하였다.

재질의 분류는 섬유, 고무, 종이류 등과 같은 유연성이 있는 소재, 철, 알루미늄, 특수합금 등과 같은 딱딱한 소재, 유리와 같은 깨어지기 쉬운 소재 그리고 나무, 플라스틱 등으로 구분을 하였다. 어떤 팔렛은 구분된 재질을 모두 적재할 수도 있고 또 다른 팔렛은 두 종류만 적재할 수 있다.

동적인 특징요소의 분류에서 접촉상태는 제품을 팔렛에 적재하여 이동을 할 경우 제품과 팔렛 지면과의 접촉하는 정도에 따라 분류하였다. 점 접촉은 제품이 팔렛 위에 한 점으로만 접촉하여 운반되는 경우로서 매우 불안정한 상태로 간주하였다. 그리고 선 접촉은 점 접촉보다는 안정하며 그 이유는 운반될 때 움직일 수 있는 방향수가 점

Unit : cm							
Classification		Definition			Dimension		
Name	Spherical shape	Disc shape	Cylindrical shape	Conical shape	Headed shape	Combined formshape	
Shape							
Name	Square shape	Plate shape	Pyramid shape	Irregular heavy shape	Inter locking shape		
Shape							
Shape Material Weight Size							
Static characteristic							
Related to product							
Dynamic characteristic							
Loading Contact condition Direction of placing							
Classification		Shape type		Direction of placing		The number of direction	
Contact condition	Point	Line	Surface	Being not right			∞
Definition	Point contact in products	Line contact in products	Surface contact in products	Complex shape (Difficult to loading)			6
							2
							1

Fig. 3 Classification and definition of characteristic factors related to product

접촉보다 적기 때문이다.

적재성은 제품이 팔렛에 적재될 경우 제품들 간 웃 방향으로의 포개짐 정도로 정의하였다. 적재되어지는 제품의 수가 아주 많을 경우는 정렬을 고려하지 않고 적재하는 경우도 있다. 그러나 적당한 제품의 수는 정렬을 고려하여 쌓아올리게 되는데 적재성은 형상과 상관관계가 높은 것으로 간주하여 제품 형상사이의 접촉정도에 따라 점, 선, 면 적재로 나누어진다. 놓임의 방향 수는 각 형상마다 놓여질 수 있는 방향의 수가 다르게 결정되며 형상별로 실제 놓여질 수 있는 가능한 방향의 갯수를 본 연구에서는 '놓임 방향 수'라고 정의하였다.

2.2 제품 자체 특징요소

제품 외 특징요소는 제품 자체의 특징요소와 함께 어느 수량만큼의 제품을 어떤 방법으로 적재하느냐에 따른 것으로, 적재되어지는 제품의 적재 수, 정렬 상태, 정렬 방향, 적재 형태, 적재 간격 등으로 구분하여 정의하였다.

제품이 팔렛에 적재되어질 경우에 적재되는 제품의 갯수에 따라 팔렛의 크기나 구성요소는 영향을 받을 수 있으며, 제품의 정렬 유무는 비정렬 상태와 정렬 상태로 나누었다. 비정렬 상태는 제품을 팔렛에 무작위 적재하는 경우로서 제품의 손상이나 엉킴성을 고려하지는 않았다. 적재되는 제품을 정렬할 경우는 정렬 방향, 적재 형태, 적재 간격 등을 고려하여 적재할 수 있다.

정렬 방향은 제품 자체 특징요소에서 정의된 형상과 놓임 방향 수에서 정의된 내용에 따라 정렬 결정 수에 의해 적재 시키는 것으로 정의하였다. '정렬 결정 수'란 놓임 방향의 수에서 방향을 바꾸어도 동일한 모양으로 놓여지는 것을 제외한 방향의 수로 정의하였다. 이것은 팔렛의 면적 결정에 영향을 미칠 수 있으며, 만약 복잡한 제품이 적재될 경우에는 기본적으로 안정된 상태를 기본 정렬 방향으로 간주하였다.

적재 형태는 적재되는 제품의 갯수가 5 개 이상으로 정렬 방향에 따라 적재대상 위에 동일 제품을 적재하는 것이다. 즉, 3 차원 공간에서 단의 수가 z 축이 되며, 1 단이나 1 개의 제품 적재를 제외하고 행과 열로서 나란히 적재가 가능하므로 최소 3×3 , 최대 10×10 의 조합이 가능한 열과 행(x 축, y 축)을 고려하여 적재 가능한 것으로 가정하였다.

적재 간격은 제품 수가 많을 경우에 적재되는 제품간의 거리와 같으며, 설계 시 간격이 없는 것을 기본값으로 두고, 간격을 둔다면 제품의 크기와 적재간격을 고려하여 팔렛 설계에 적용을 하였다.

3. 팔렛의 분류와 구성요소 결정

본 연구에서의 팔렛이란 조립시스템 내에서 사용되는 일련의 용기로서 공정 전, 중, 후 제품을 적재할 수 있는 판 혹은 특정 모양의 용기로 정의하였다. 본 연구를 위해 파악된 팔렛의 종류는 50 여 가지로서 생산 현장에서 주로 많이 사용되고 있으며 그 용도와 형상은 다양하다. 이러한 팔렛의 분류를 위한 기준을 선정하기 위해 조립공정 내에서 적재 대상의 종류, 대상의 범위, 용도와 형태 및 운반 장비 등을 고려하여 구분하였다[7].

3.1 팔렛의 분류 기준과 특징 결정

Fig.4는 팔렛을 분류하기 위한 기준들의 정의와 형태에 따른 팔렛의 분류를 예로 나타낸 것이다. 형태별 분류는 외관적으로 보이는 형태에 따라 크게 Flat 형상, Partition 형상, Box 형상, 기타 형상 등으로 나누었다. Flat 형상은 적재대상이 적재될 경우 지지면이 없으며 사방이 개방된 형상으로 정의하였다. 이 형상에는 다시 Flat 형, Pin 고정형, Part 삽입형 등이 있다.

팔렛에 적재될 수 있는 대상의 범위에 따라 범용인지 혹은 전용인지를 구분하였다. 전용 팔렛은 제품이 적재될 경우 하나의 적재대상을 한 종류만 적재를 할 수 있는 경우와 여러 제품을 혼합하여 여러 개 적재 가능한 경우로 나누었다. 범용 팔렛은 적재 대상을 하나 씩 여러 종류를 적재하거나 혹은 두개 이상의 적재대상을 같은 종류만 적재할 수 있는 경우로 나누었다. 전용은 주로 적재 대상의 형상에 의해 결정이 되며, 특히 복잡 형상이 적재되는 경우이며 범용은 모든 형상의 제품을 적재 가능한 경우이다.

용도별 분류는 생산현장에서 사용되어지는 목적에 따라 운반용, 작업용, 보관용으로 나누었으며, 각 작업장 간 순수 운반을 위해 사용되며 작업에 영향을 받지 않는 경우를 '운반용'으로 정의하였다. 흐름 조립의 경우에 base part를 적재 한 후 여러 공정을 거쳐 운반하고 조립작업도 수행 가능

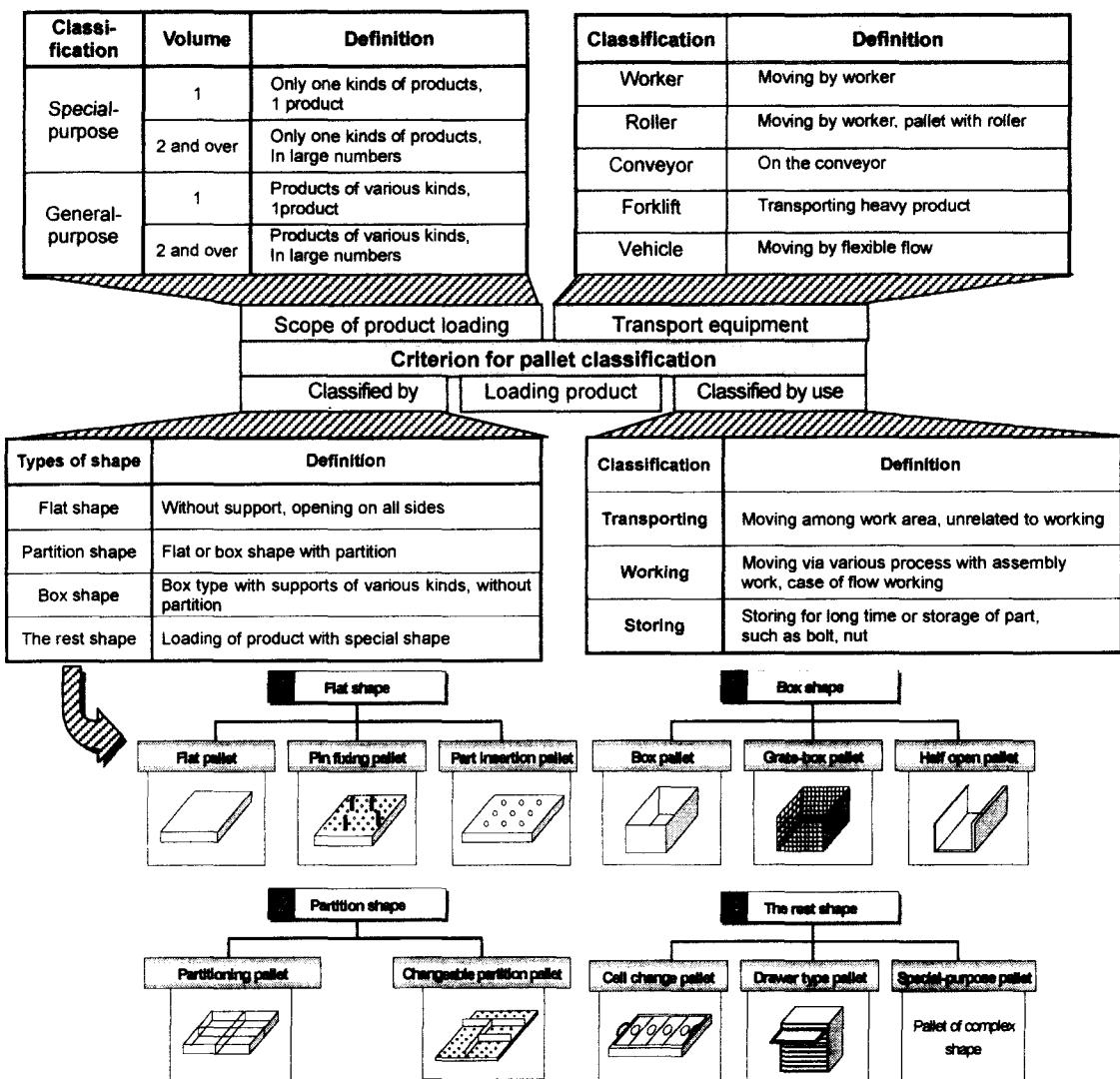


Fig. 4 Criterion for pallet classification and Example classified by shape

한 용기를 ‘작업용’, 그리고 부품을 적재하여 다음 작업에 부품을 공급 후에 작업이 수행되는 동안 다시 되돌아 오는 반복적인 운반 용기. 혹은 수 조립 작업장에서 볼트나 너트와 같이 부품이 필요 할 때 보충 시킬 수 있는 용기를 ‘보관용’으로 정 의하였다.

마지막으로 운반 장비에 따른 분류는 부품 혹은 조립군을 적재하지 않고 팔렛을 운반할 수 있는 여부에 따라 작업자가 직접 들어서 옮기는 경우, 자체 롤러로 이동 가능한 경우, 연속적인 흐름

을 위한 컨베이어, 대체로 무거운 대상을 운반할 경우에 사용되는 포크리프트나 크레인, 자동화된 작업 현장에서 사용되는 Vehicle 등으로 분류하였다. 따라서, 이러한 분류된 내용을 바탕으로 형태별 분류 기준에 따라 각 팔렛의 특징을 결정하였다.

3.2 팔렛 구성요소 결정

구성요소를 결정하기 위해 기본적인 팔렛의 특징요소로서 형상, 크기, 무게, 재질 등이 있을 수

있다. Fig.5는 제품 정보와 팔렛의 기본 특징요소와의 상관관계를 나타낸 것이며, 설계하려는 팔렛의 구성요소를 결정하는데 이용된다. 예를 들면 팔렛의 형상과 크기를 결정할 때는 제품 자체 특징 요소에서 형상과 크기, 그리고 제품 외 특징요소도 영향을 미칠 수가 있다. 또한 팔렛을 분류하기 위한 기준도 팔렛의 구성요소를 파악하고 분류하는데 사용되었다. 이러한 상관관계는 세부 영향요소별 상관관계도 고려하여 각 팔렛별 적합성을 결정하는데 이용되며, 팔렛의 설계 대안들을 제시하기 위한 자료로도 사용되어진다. 그러므로, 제품 특징 정보와 팔렛의 기본 특징요소와의 상관관계를 고려하여 팔렛의 구성요소를 크게 받침대와 보조요소로 나누었다.

받침대는 형상과 크기, 재질 등의 특징요소를 갖는데, 형상은 그 형태에 따라 Flat형, Part 삽입

형, Pin 고정형으로 분류하였고, 크기는 적재 대상의 크기와 적재 수, 정렬 방향에 따라 결정될 수 있으며, 재질은 사용자의 요구에 의해 결정될 수 있다. 여기서 받침대만으로도 팔렛의 구성요소가 될 수도 있다.

보조요소는 지지대, 로울러, 운반 손잡이, 다리, 커버 등으로 구분을 하였으며 적재되는 대상이나 특징에 따라 선택 가능하다. 지지대는 BAR(4개로 구성), 양측면대, 4면 격자, 4면 판형 등으로 나누었다[8].

4. 유연성을 고려한 팔렛 설계 체계

이 장에서는 제품 특징 정보의 자체 특징요소 중 형상, 크기, 재질과 제품 외 특징요소의 적재 수 등 네 가지의 세부요소에 따라 팔렛의 적합성

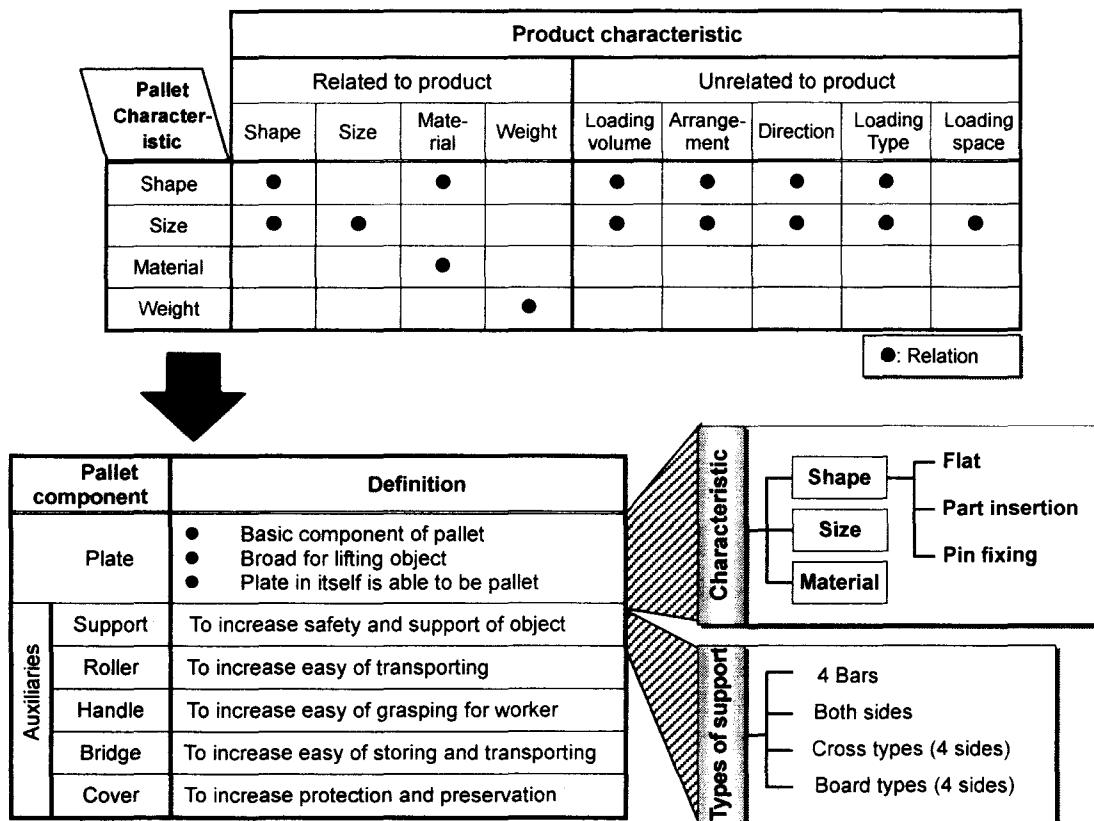


Fig. 5 Definition of pallet component

을 고려하였다. 여기에서 세부요소를 적합성 결정 요소라고 정의하며, 적합성이란 각 팔렛에 대한 제품 특성 세부요소의 적합한 정도를 말한다.

Fig.6은 유연성과 관련된 팔렛의 설계 대안을 도출하기 위한 체계도이다. 팔렛들은 분류체계에 의하여 특징이 결정되어지고, 또한 적재하기기에 가장 적합한 제품 특성요소에서부터 가장 부적합한 제품 특성요소가 결정되어진다. 여기에서 적합성 결정요소별로 적합성 점수를 산출하여 최종 팔렛에 대한 점수를 계산하게 된다.

만약 적합성 결정요소 중 어떤 요소(예; 형상)가 변경된다면 적합성 점수는 달라지게 되고, 이때 변화된 적합성 점수와 기준의 적합성 점수의 차이를 고려하여 팔렛 설계 요소들을 파악한 후 설계 대안을 도출하게 된다. 이러한 설계 대안들은 기준의 제품 특성 요소와 변화된 특성 요소들을 동시에 고려함으로써, 제품 변화에 대한 팔렛의 교체가 아닌 기존 팔렛의 사용을 위한 설계 대안이나 새로운 설계 대안이 된다.

그러므로 유연성을 고려한 팔렛 설계란 제품의 특성요소, 즉 적합성 결정요소의 변화에 대해서도 팔렛을 교체하지 않고, 적합성 점수의 변화를 나타내는 설계요소를 도출하여 제품별로 동시에 적재할 수 있는 하나의 팔렛에 대한 설계 대안을 제시하는 것이다. 여기서 두 제품을 함께 적재하는

것은 아니며 제품별로 적재할 때 두 제품을 동시에 고려한다는 의미이고 변경되는 제품 특성요소는 ‘형상’만을 고려하였다.

4.1 적합성 결정요소별 분석과 기준

적합성 결정요소는 형상, 크기, 재질, 적재 수이며 유연성에 관련하여 팔렛의 설계에 가장 큰 영향을 미치는 제품 특성요소는 형상이다. 따라서 본 연구에서는 형상의 변화에 대한 유연성을 고려하므로 각 팔렛별 형상의 적합성이 가장 중요한 결정요소로 간주하여 분석하였다. 어떤 기준에 따라 적합성을 따질 경우는 형상간에 더욱 더 적합한 형상이 있을 수 있다. 그래서 유연성을 고려한 설계를 위해 형상간의 우위 혹은 적합성 점수를 부여한다.

Fig.7은 형상의 적합성 기준과 Flat 팔렛에 대한 예를 나타낸 것이다. 여기서 모든 기준의 합계 점수는 12점이며, 네 가지의 기준 중에서 두 기준이 상이 각각 ‘2’점 이상이면 합계 점수가 최소 6점이 되므로 적재에 적합한 것으로 간주하였다. 따라서 Flat 팔렛에 적합한 제품의 형상은 6점 이상인 8 가지 형상으로 선별되었다.

각 형상의 적재가능 여부를 결정짓는 기준은 제품을 팔렛 위에 적재한 경우로서, 운반 시 제품 자체의 안정성, 팔렛의 제품 보호성, 제품 구름성,

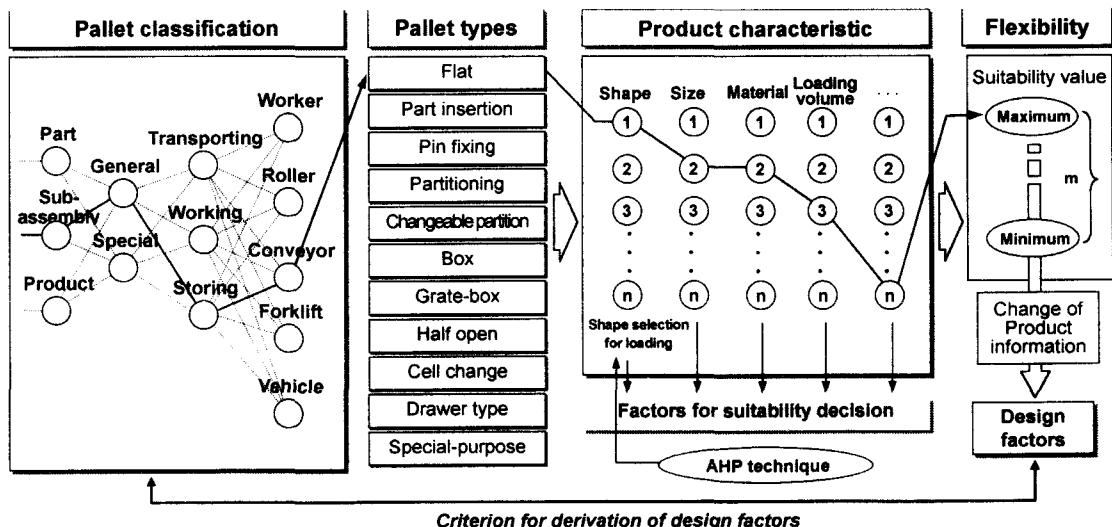


Fig. 6 Systemization for flexible pallet design

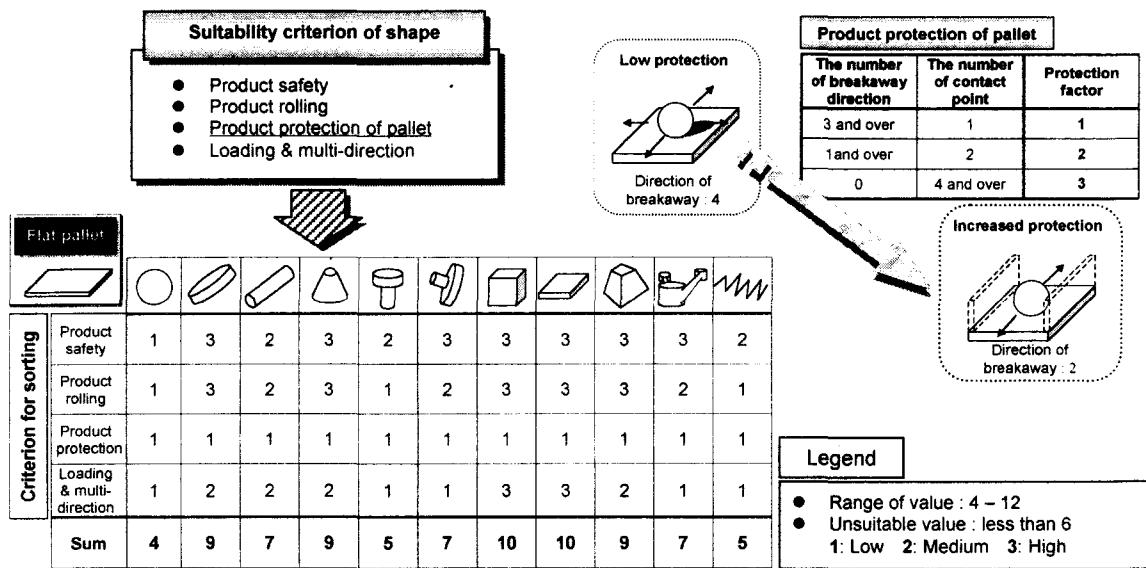


Fig. 7 Suitability criterion and example of shape selection

적재성과 다방향성 등을 고려하여 각 팔렛별로 적재 가능한 제품의 형상을 선별하였다. 제품 자체의 안정성은 제품 특징요소에서 정의된 안정성에 대한 분류와 마찬가지로 팔렛 지면과의 접촉상태에 따라 안정계수를 부여하였다. 팔렛의 제품 보호성은 적재되어진 제품이 운반이나 어떤 흔들림에도 제품의 본래 위치 혹은 특성을 가질 수 있도록 해주는 팔렛 관련 기준이다. 만약 구형의 제품을 Flat 형상의 팔렛에 적재된다고 할 경우에 제품 자체의 안정성이 낮으므로 적재 적합성이 낮다. 그러나 Box 형 팔렛은 제품 자체 안정성은 낮지만 제품 보호성은 팔렛의 지지면에 의해 높아질 수가 있을 뿐만 아니라 적재 가능한 형상이 된다. 따라서 제품이 적재되었을 경우 이탈할 수 있는 방향수와 적재된 제품과 팔렛과의 접촉점의 갯수에 의해 보호 정도 계수를 정의하였다. 구름성은 팔렛이 이동할 경우 제품의 움직임 정도나 제품 자체가 굴러가려는 성질을 가지는 정도로 정의하였으며 구름성이 낮을수록 적합성 점수는 높게 된다. 마지막 기준은 적재성과 다방향성으로서 동일 형상별로 서로 쌓아 올릴 수 있는 정도를 ‘적재성’으로 정의하며 다방향은 정렬 방향의 갯수를 의미한다.

4.2 형상에 대한 적합성 점수의 산정

본 연구에서 네 가지 평가 기준, 즉 적합성 기준 중에서 형상을 선택하는데 평가자의 주관적인 평가가 개입되기도 하는데 이러한 상황에서 최대한 객관성을 유지하는 것이 중요하다. 각 평가 기준의 정의에 따르면 전문가의 지식에 따른 평가에 의해 결정되는 정성적인 항목이다. 그러므로 본 연구에서는 객관성을 유지하면서 쉽게 평가할 수 있는 AHP(Analytic Hierarchy Process) 방법을 이용하여 형상에 대한 적합성 점수를 산정하였다[9,10].

이 방식에 의한 의사 결정은 다음의 6 단계를 따르며 각 팔렛별로 형상에 대한 선별과정을 계산해야 한다. 본 연구에서는 Flat 팔렛에 대한 최선의 형상을 선택하는 과정을 예로 나타내었다.

[단계 1] 목표 설정 : Flat 팔렛에 적합한 최선

의 형상 선택

[단계 2] 평가 기준(적합성 기준) :

- 기준(1) 제품 자체 안정성
- 기준(2) 팔렛의 제품 보호성
- 기준(3) 구름성
- 기준(4) 적재성/다방향성

[단계 3] 대안 설정 : 4.1 절에서 선별된 8 가지의 형상

[단계 4] 이 단계는 목표와 평가 기준, 그리고 설정된 대안들을 AHP Tree 형식으로 구성한다. Fig.8은 Flat 팔렛에 적재 가능한 형상의 우선 순위 결정을 위한 예를 나타낸 것이다.

[단계 5] 각 평가 기준별 상대적 적합도를 결정하기 위해 대안 대 대안을 행렬로 구성하여

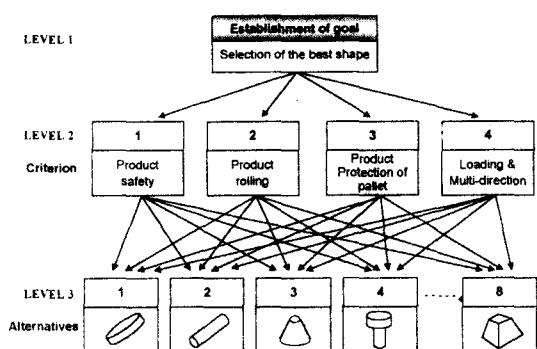


Fig. 8 Example of AHP Tree construction for suitability calculation

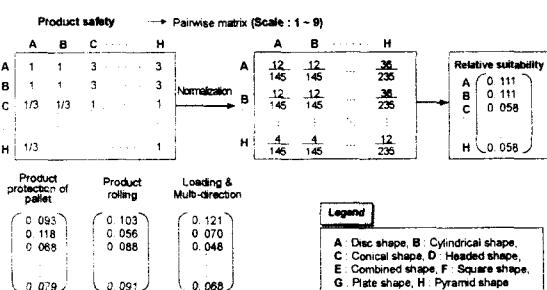


Fig. 9 Calculation of Relative suitability (example: product safety)

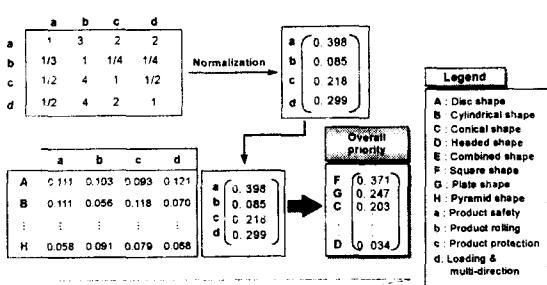


Fig. 10 Overall priority decision combined relative suitability

Pairwise 방식으로 비교한다. Fig.9는 기준 1의 제품 자체의 안정성을 예로 나타낸 것이다.

[단계 6] 전반적인 목표(최선의 형상 선택)에 근거한 기준의 상대적 선호도를 계산하고 기준의 선호도와 각 기준에 대한 대안의 상대적 적합도를 결합하여 전반적인 우선 순위를 결정한다. Fig.10은 Flat 팔렛에 대한 형상의 전반적인 우선 순위를 결정하는 과정이다.

4.3 재질, 크기, 적재 수에 대한 적합성 점수

적합성 결정요소의 하나인 재질은 5 가지의 종류만을 고려하였다. 어떤 팔렛은 제품의 재질에 관계없이 적재 가능할 수도 있고, 또 다른 팔렛은 두 종류만 적재할 수도 있다. 그 이유는 적재되는 제품의 안정성(주의를 요하는 정도)과 팔렛의 용도와의 관계에 근거하며 제품의 손상 정도, 운반용이성 등을 고려하여 적재 유무에 대한 결정을 하였다.

따라서 각 팔렛별로 적재할 수 있는 제품의 재질에 대한 등급을 나누었으며, 3.2 절의 상관관계에서와 같이 적재되는 제품의 재질은 팔렛을 제작하는데 있어 형상과 재질을 결정하는데 영향을 미칠 수 있다. 제품을 한 작업장에서 다른 작업장으로 이동을 할 경우에 있어 후속 작업장에서는 원하는 품질 수준이 있고, 또한 전체적인 품질을 만족시키기 위해서 이동간이나 접촉되는 대상으로부터 제품이 손상을 받아서는 곤란하다. 그러므로 제품의 외관이나 제품의 기능적인 측면에 손상이 없도록 적합한 팔렛의 선정을 요구하게 된다.

예를 들어 적재수가 많을 경우는 적재 형태의 결정에 따라 여러 단을 형성하여 적재하든지 혹은 비정렬 형태로 적재할 수 있다. 특히 운반 목적의 팔렛에 적재되는 제품들이 깨어지기 쉬운 재질이라면 제품 손상을 최소화하기 위해 팔렛에 대한 부가적인 조치를 취할 필요가 있다. 크기와 적재 수에 대한 선별도 재질의 선별 과정과 동일한 방법으로 분석하였다.

4.4 각 팔렛에 대한 적합성 점수 산정

4.2 절과 4.3 절에서 산정된 적합성 점수의 결과에 대해 상관관계도(Relationship chart)를 이용하여 적합성 결정요소별 가중치를 부여하였다. 즉 형상, 크기, 재질, 적재 수의 가중치를 결정하고 4.2 절의 단계 6에서 결정된 형상의 우선순위와 4.3 절의 크

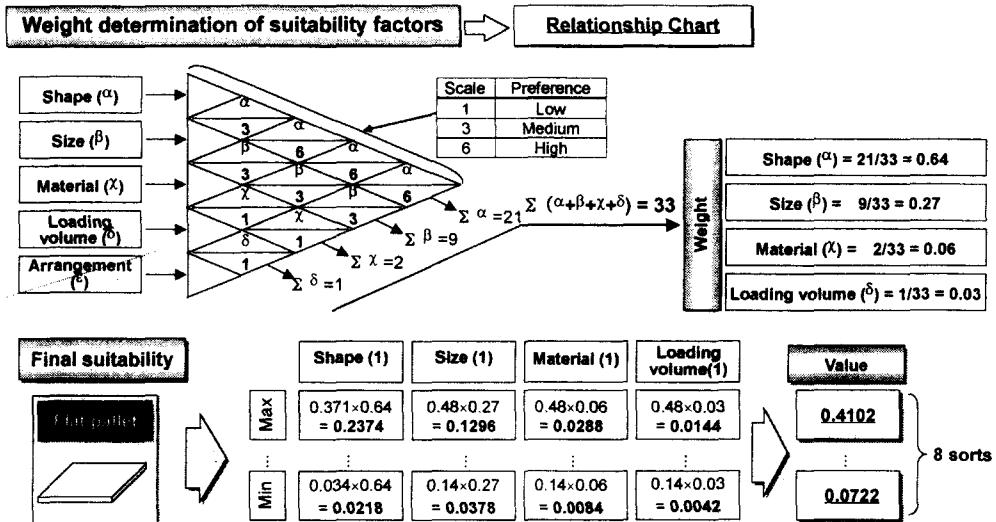


Fig. 11 Calculation of final suitability value by relationship chart

기, 재질, 적재 수에 대한 적합성 점수를 고려하여 각 팔렛별 최종 적합도 점수를 산정한다.

Fig.11은 Flat 팔렛에 대한 적합성 점수를 산정하는 과정이며, 상관관계도의 첫번째 칸의 의미는 형상(α)이 크기(β)에 비해 3 만큼 더 선호한다는 것이다.

4.5 설계 대안을 도출하기 위한 상관관계

각 팔렛별 적합성 점수 산정과 관련하여 설계 대안을 도출하기 위해 제품 특징의 세부 요소간, 제품 특징요소와 팔렛 분류 기준간, 그리고 제품 특징요소와 팔렛 구성 요소간의 상관관계를 고려한다. 또한 3.2 절에서 정의된 팔렛의 구성 요소들 사이의 결합관계와 설계에 반영될 구성 요소간의 범위를 결정하였다.

예를 들어 받침대의 형상은 세 가지 종류, 즉 Flat 형상, Part 삽입형, Pin 고정형이 있다. 여기서 보조요소인 지지대가 없는 경우에도 받침대만으로 팔렛이 가능하고, 만약 적재되는 형상의 특징에 의해 지지대가 필요하다면 받침대의 형상에 따라 지지대의 설계 가능 여부를 결정하는 것이다.

Flat 형상의 받침대는 3.2 절에서 정의된 네 종류의 지지대를 모두 결합하여 설계에 반영될 것이다. 그리고 지지대는 다른 보조요소와의 결합에 따라 결정되어 지는데, 예를 들어 양 측면대를 지지대

로 할 경우에 로울러와 다리는 설계에 반영되지만 손잡이와 커버는 설계를 위한 대상으로 고려하지 않았다. 즉 손잡이와 커버가 부착된 양 측면대 지지대는 설계될 수 없다는 것이다.

Fig.12는 적합성 점수에 영향을 미치는 제품 특징요소, 즉 적합성 결정요소와 팔렛의 용도에 대해 팔렛 구성요소와의 상관관계를 나타낸 것이다. 제품 특징요소의 형상은 팔렛의 구성요소 중 받침대의 형상 그리고 보조요소의 지지대와 관계가 있는 것으로 표시되어 있다. 그 이유는 제품 특징요소의 각 세부 형상들과 팔렛 설계를 위한 받침대 형상의 종류와의 상관관계에 따르기 때문이다.

이 상관관계는 제품 자체 특징과 제품 외 특징요소의 정의에 따른 것으로 제품을 적재할 경우 고려되어야 할 영향요소들의 정의에 근거하며, 유사하게 적합도 산정을 위한 기준들도 고려한 것이다. 예로서, Flat 팔렛의 경우에 있어 제품의 변화에 따른 팔렛의 설계 대안 도출 과정을 Fig.12에 제시하였다.

4.6 유연성 관련 설계 대안

4.5 절의 설계 대안 도출을 위한 상관관계와 적합성 기준에 관련하여 설계 대안들을 제시하게 되는데, 적합성 결정요소에 따라 각 팔렛은 최고의 적합성 점수부터 최저의 적합성 점수가 부여되며 제품의 특징요소 변화에 따라 점수가 달라지게 된

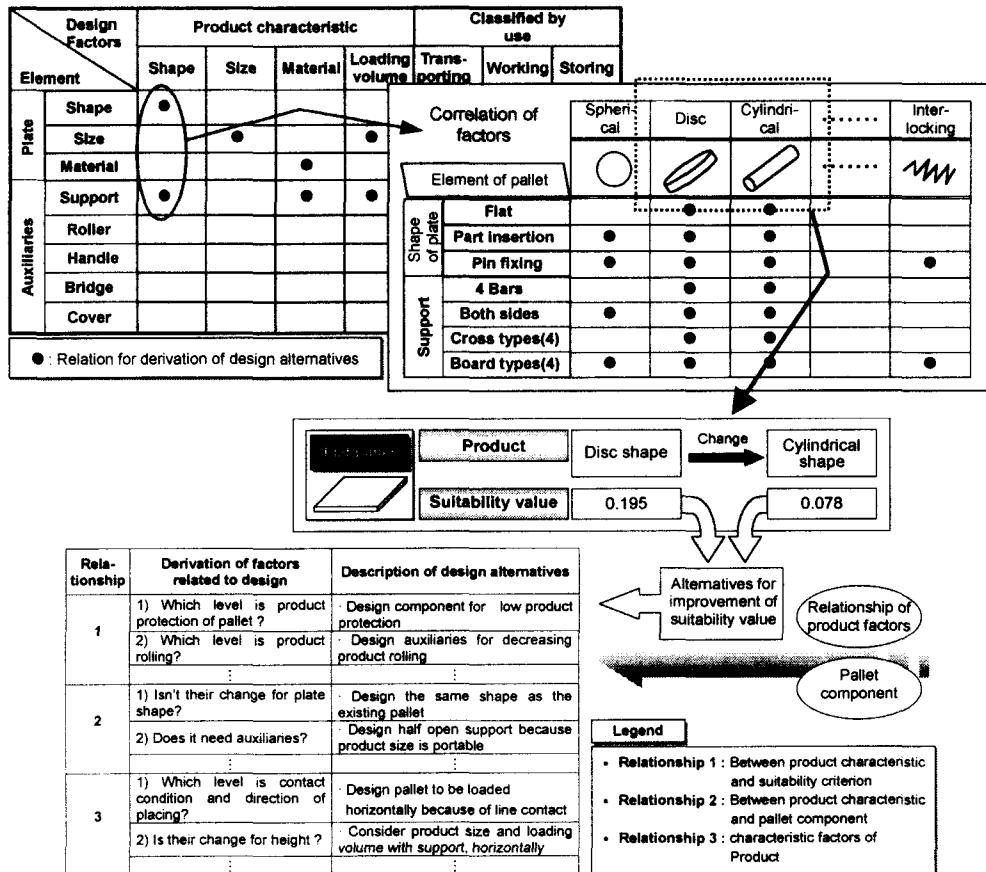


Fig. 12 Relationship table for derivation of design alternatives

다. 이러한 적합성 점수의 차에 대한 평가 기준을 도출하고, 각각의 특징 요소간 상관관계와 구성요소와의 관계에 따라 팔렛을 설계할 때 지향해야 할 설계 대안들을 도출하였다.

만약 적합도 점수에 영향을 미치는 요소들이 변화될 경우 이러한 변화를 야기시키는 요소들과 기준들을 파악하는 것이다. 그리고 기준의 선정된 팔렛의 특징과 변경된 팔렛 사이에 변화를 야기시키는 요소들의 상관관계를 바탕으로 설계 관련 요소들을 파악 및 분석한 다음 제품 정보의 변경 항목을 고려한 팔렛의 재설계 대안을 도출하는 것이다.

그러므로 유연성을 고려한 팔렛 설계란 제품의 특징요소, 즉 적합성 결정요소의 변화에 대해서도 팔렛을 교체하지 않고, 적합성 점수의 변화를 일으키는 설계요소를 도출하여 제품별로 동시에 적

재할 수 있는 하나의 팔렛에 대한 설계 대안을 제시하는 것이다.

본 연구에서는 제품의 형상만이 변경되는 것으로 간주하여 적합성 점수를 산정하였다. 즉, 기존 형상의 특징과 변경된 형상 특징에 관련하여 각 형상별 팔렛의 적합성 점수에 영향을 주는 요소의 분석과 형상별 자체 안정성에 대한 분석, 각 형상별 팔렛의 구성요소와의 상관관계 등을 파악하여 적합성 점수의 향상을 나타내는 설계 대안을 제시하는 것이다.

5. 결론

팔렛 설계에 영향을 미칠 수 있는 제품 정보의 분석을 위해 제품 자체 특징요소와 제품 외 특징요소를 파악 및 분류하고 특징요소 사이의 상관관

계를 결정하였다. 또한 현재 생산현장에서 사용되는 여러 종류의 팔렛을 파악하고 분류하여 특징요소를 결정하였으며, 각 팔렛별로 적재 가능한 제품의 특징요소를 선정하는 기준을 제시하여 적재할 수 있는 제품 정보를 파악하였다. 그리고 분류된 팔렛의 특징요소와 제품 특징요소의 상관관계를 바탕으로 팔렛의 구성요소를 정의하였다.

마지막으로 각 팔렛별로 적재 가능한 제품 특징요소, 즉 적합성 결정요소를 AHP(Analytic Hierarchical Process)평가 방법에 의해 적합성 점수를 산정하였으며, 설계 대안을 도출하기 위해서 제품 특징의 세부 요소간, 제품 특징요소와 팔렛 분류기준간, 그리고 제품 특징요소와 팔렛 구성 요소 사이의 상관관계를 분석하였다. 즉 제품 정보가 변화되었을 경우 제품 정보간 상관관계와 팔렛 구성 요소간 상관관계를 바탕으로 적합성 점수의 변화에 영향을 미치는 제품 특징요소를 분석하고, 기존 제품 정보와 변경된 제품정보를 분석함으로써 설계 가이드라인을 제시하였다.

본 연구에서는 Disc 형상의 제품이 Cylindrical 형상으로 변화되었을 경우에 Flat pallet 이 두 제품을 동시 적재할 수 있는 설계 대안들을 제시하였다. 이러한 설계 대안들이 유일한 것은 아니며, 적재되는 제품 정보와 팔렛 정보를 바탕으로 설계 대안을 도출하는 설계 방법론적인 측면에서 연구를 수행하였다.

실제로 제품과 팔렛의 특징 요소들을 완벽하게 분석하여 그 특징을 분류하고 정의하기는 쉽지가 않다. 보다 많은 자료의 확보와 명확하고 체계적으로 파악할 수 있는 방법의 연구, 그리고 본 연구에서 사용된 평가 기준과 평가방법보다 더욱 더 객관적인 방법을 이용한다면 정량적인 자료에 근거한 설계와 함께 설계된 팔렛을 대안으로 제시할 수도 있을 것으로 사료된다.

앞으로 팔렛의 교체 시간이나 비용을 고려한 연구와 이에 대한 비교 기준을 선정하여 실용적이고 현실적인 연구가 이루어진다면, 보다 조립합리화에 크게 기여할 수 있을 것이다.

참고문헌

- B. Lotter, "Manufacturing Assembly Handbook," Butterworths, pp.1~6, 1989.
- G. Boothroyd, "Assembly Automation and Product Design," Marcel Dekker, pp.242~250, 1991.
- M. M. Andreasen, S. Kähler, T. Lund, "Design for Assembly," IFS, pp.65~94, 1988.
- F. E. Meyers, "Plant Layout and Material Handling," Prentice Hall, pp.3~15, 1993.
- M. Weck, W. Eversheim, W. König, T. Pfeifer, "Production Engineering The Competitive Edge," Butterworth-Heinemann, pp.301~319, 1991.
- H. S. Mok, H.J.Kim, K.S.Moon, "Disassemblability of Mechanical Parts in Automobile for Recycling," J. of Computers ind. Engng., Vol.33. 3-4. Pergamon, 1997.
- H.S.Mok, K.S.Moon, "Evaluation System for Assemblability and Assembly time in Bolting," J. of ICC&IE, Vol.1, pp.611~614, 1997.
- K. T. Ulrich and S. D. Eppinger, "Product Design and Development," McGraw-Hill, pp.53~75, 1995.
- P. T. Harker and L. G. Vargas, "The Theory of Ratio Scale Estimation ; Saaty's Analytic Hierarchy Process," J. of Management science, Vol. 33, No 11, pp.1383~1402, 1987.
- T. L. Saaty, "Rank Generation, Preservation and Reversal in The Analytic Hierarchy Decision Process," J. of Graduate School of Business, University of Pittsburgh, Vol.18, pp.156~176, 1987.