

순수 형태의 단계적 조형 실험에 의한 기초 디자인 교육

Evolutionary Experiments in the Basic 3-Dimensional Design

우 홍 룡

서울 산업 대학교 공업 디자인 학과

중심어 : 입체조형, 기초디자인, 최대-최소 포락면, 틀 구조체

1. 서론

일반적으로 기초디자인은 특히 평면디자인과 입체디자인 과정을 통하여 대상의 감상, 조형원리의 분석 그리고 그 이미지를 형성하여 조형화하고 있다. 특히 그 대상의 형태와 기능연구가 병행되어 제품디자인에 연결시키는 것도 하나의 디자인 조형의 접근방법이 되고 있다.

그러나 자연의 유기체가 지니고 있는 다양한 곡면에 의한 입체의 객관적 이해와 전달, 자연원리에 따른 조형적 구조체로의 해석 및 구성방법 그리고 유기적 형태(Organic Form)를 주로하여 전개하는 제품조형을 위한 기초 디자인 교육 프로그램이 충실하지 못한 것은 사실이다. 특히 2차 곡면의 3차원 공간상의 조형 효과에 대해서는 보다 충분한 기초조형교육-학습과정이 요구된다고 본다.

따라서 본 연구에서는 공업디자인 학과의 제품조형의 기초과정으로서 조형연습 교과목을 위한 입체 디자인 전개과정에 대한 체계적인 교수-학습 모듈을 P.Pierce의 Experiments im Form의 입체조형원리를 기본으로 삼아 개발하였다. 특히 3차원적 공간형태의 최소 표면적(Minimized Surface Area)-최대 응력분산(Maximized Distribution of Stress)의 자연원리에 따른 2차원적 조형계획과 이를 통한 3차원 공간형태의 형성 그리고 이의 3차원적 재구성에 의한 틀 구조체의 전개에 의한 기초 디자인 교수-학습 모듈을 제안하고자 한다.

2. 교수학습 모듈의 개발

2-1 과 목 명 :

조형연습(3학점)

2-2 교과진행 :

소요시수:4시간*8주, 수강 학년/학기:2학년 2학기, 수강인원:20명

2-3 선이수 교과목 :

기초디자인(#1, #2), 색채연습

2-4 교수학습 목표 :

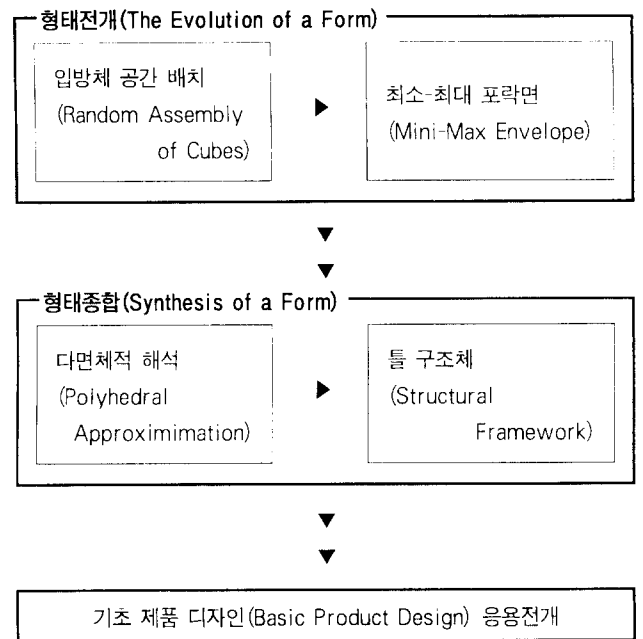
본 조형연습 교과목은 기초디자인(#1, #2) 즉 평면 디자인과 입체 디자인을 이수한 이후, 기초 제품 디자인 연결시키는 교과로서 보편적이고 순수한 입체구조물에 중점을 두고 조형을 실험적으로 전개하여 2~3차원적 조형능력과 표현능력을 기르며, 특히 자연원리에 근거한 순수 조형능력과 분석력, 상상력 그리고 응용력을 함양하여 제품 조형의 기초를 습득하는 데 있다.

2-5 과제 목표:

제품 디자인의 입체적 조형능력을 함양하기 위하여 3차원적 공간형

태 특히 2차 곡면체를 중심으로 그 추상적 입체물에 대한 창의력, 관찰력, 표현력, 입체적 사고력을 증진시킨다. 특히 공간형태의 최소 표면적-최대 응력 분산의 원리의 이해 및 적용을 조형실험을 통하여 조형기법을 습득한다.

(그림-1)과 같이 '형태전개'와 '형태종합'의 과제를 설정하고 그 세부 입체조형 실험 각각의 문제별로 2주씩 할당하여 총 8주 완성으로 계획하였다. 3차원-2차원의 상황 전환과 조형소체를 선체, 면체, 매스(mass)체로 변화시켜서 공간형태의 특성 변화의 파악과 함께 실험을 전개하고, 각 단계별 형태를 발전시키는 과정을 통해 조형력 및 응용력을 배양한다.



(그림-1)

2-6 교수-학습 내용

<과제 1> 형태전개(The Evolution of a Form)

- 문제 1: 입방체 공간배치(Random Assembly of Cubes)

문제 제기(Problem): 동일한 크기의 입방체(Cubes) 30개를 가급적 비대칭이 되도록 하여 공간상에 배치한다. 처음 3개의 입방체는 서로 거리가 같도록 하여 바닥 면에 깔아 놓고, 나머지를 그위에 배치한다. 가장 높은 곳에 위치하는 마지막 입방체는 바닥면에 배치한 3개의 입방체가 이루는 3각형의 중심의 수선 상에 위치하도록 한다. 입방체의 한 면을 3.8cm로 할 경우, 전체의 가장작 공간 경계가 35.6cm 구형(Sphere)안에 들게 한다. 모든 입방체들은 평행이며, 서로의 면에서 접촉하여 조립한다.(그림-2)

이와 같이 제한적인 조건 아래 입방체 조합에 의한 전체형상은 임의로 하여 자유유계 구성한다. 여기에서의 결과물이 후속하는 문제를 위한 매개물(Vehicle)로 다루어 진다.

- 외적 벡터(Extrinsic Forces): 디자인 목표와 공간제약

• 내적 벡터(Intrinsic Forces): 입방체의 기하학적/대칭적 특성, 3차원 공간의 성질, 재료의 특성 그리고 구조의 질

• 실험개요(Conceptual Guide Line): 주어진 공간변수 아래 비대칭의 기준이 최대한 달성되도록 공간구성의 폭을 넓히고, 디자인 원리의 이해 및 그 조형력을 기른다. 상대적인 대칭정도를 객관적으로 분석하고 평정한다. 완성된 입방체 표면에 특정 자연형(Shape)과 색채를 창의적으로 적용하여 형태를 발전시킨다.

문제 2: 최소-최대 포락면(Mini-Max Envelope)

• 문제 제기(Problem): 입방체 공간 배치(Random Assembly of Cubes)를 알맞게 둘러싸는 포락면(Envelope)에 의한 입체형태를 디자인한다. 그 형태는 최소 표면적(Minimized Surface Area)과 최대 응력분산(Maximized Distribution of Stress)이라는 상충하는 기준을 만족시켜야 한다. 형태를 연속적으로 흐르도록 하여, 어느 방향에서도 갑작스런 변화가 없도록 한다.

• 외적 벡터(Extrinsic Forces): 입방체 공간배치(Random Assembly of Cubes)의 형태

• 내적 벡터(Intrinsic Forces): 최소 표면적과 최대 응력분산 그리고 사용재료와 기법

• 실험 개요(Conceptual Guide Line): 입방체 공간배치(Random Assembly of Cubes)는 건축과 산업 디자인의 하나의 은유(metaphor)로 기능적, 사회적 그리고 미적 매개변수의 집합을 나타낸다. 최소표면적과 최대 응력분산의 원리는 자연현상으로 간주되며, 내적인 힘으로 고려한다. 최소표면적의 원리는 비눗물 막의 구조에서 찾아 볼 수 있다. 하나의 비눗방울(Soap Bubble)은 구형체(Sphere)이다. 즉 그 껍질이 체적에 대해 최소화한 것으로, 응력이 고르게 분포되는데 따른 것이다. 하나의 비눗방울이 최소표면적과 최대 응력분산이라는 이 실험에서의 기준을 정확히 만족시키고 있다. 그러나 최소의 표면적은 사전에 정해진 형태에 따른 것이 아니라 그 체적에 관련하여 생겨 난 것이다. 만일 비눗방울을 입방체의 임의배치에 적용하여 왜곡시킬 경우, 그것은 최소-최대 포락면(Mini-Max Envelope)의 형태와 아주 유사하게 될 것이다.

비눗방울 거품에서 체적대 표면적은 최소화되고 비눗방울의 배열

은 이웃한 것과 면을 공유하는 다면체로 채워진 다양한 형태들로 이루어져 있다. 이와 같은 공유면은 종종 말안장과 같은 만곡면(Curvature)을 보여준다. 선 구조 다각형을 비눗물 용액에 담근 뒤 꺼내면, 얇은 비눗물 막이 생긴다. 그와 같은 막이 그 틀을 완전히 덮은 최소 표면적의 외피가 되는 것이다.

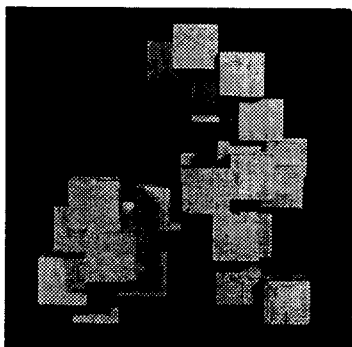
다각형이 평면이면 그 최소 표면은 편평한 면이 되고, 평면이 아니면, 최소 표면은 어떤 말안장과같은 형태로 될 것이다. 그와 같이 평면이 없는 다각형을 왜곡 다각형(Skew Polygon)이라 부른다. 여러 면을 갖는 왜곡다각형은 복잡성을 띠는 복합적인 말안장 모양을 보여준다.

입방체 공간 배치를 에워싸는 것과 동종인 포락면의 형태는 말 안장과 같은 형태들로 결합된 3차원 배열에 유사할 것이다. 이러한 가설적 말안장 형태가 실제로는 한정된 다각형만으로 생겨나지는 않으므로, 그들 사이에 뚜렷한 경계는 없을 것이다. 그 결과는 연속성의 원칙에 따라 형태의 유동성을 보이게 된다. 그러한 원리는 강구비와 같은 자연적 구조에서 찾아 볼 수 있는 하나의 중요한 것이다.(그림-3, 4)

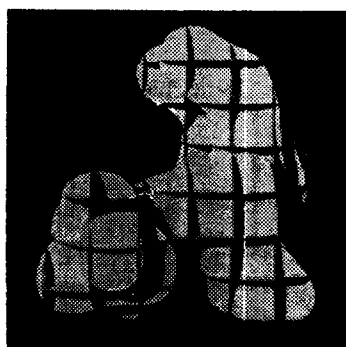
만일 최소화된 표면이 동종의 포락면에 대한 유이의 디자인 목표라면 입방체의 모서리가 포락면 밖으로 돌출될 것이다. 그러나 최대의 응력 분산이 또한 디자인 목표로 설정되므로 만곡의 변화가 최소화된다. 이것은 방향변화가 가능한 최대의 거리로 분산되는 곡선으로 구성되어야 한다는 것을 의미한다. 이러한 조건아래 최소 노력에 의한 곡선은 응력을 동등하게 하고, 최적으로 분산되도록 만든다. 달리 말해 최소-최대 포락면(Mini-Max Envelope)은 하나의 표면지향에서 다른 것으로 연속적으로 이행하는 부드러운 형태인 것이다. 이와 같이 요구된 연속성으로 안에 배열된 입방체의 존재를 그 꼭지점에서조차 알 수 없도록 감싸게 될 것이다.

왜곡된 다각형의 최소표면이 최소 에너지의 배치를 나타내므로 최소표면-최대 응력분산의 통합은 쉽게 얻어진다. 순수학적으로 완전한 최소-최대 포락면을 실제로 전개하는 간단한 방법이란 없다. 그러나 직관력과 적절한 방법을 통하여 내적인 논리에 의한 개략적인 최소-최대 포락면의 현실적 구성은 가능한 것이다.

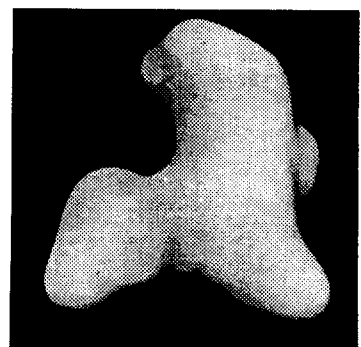
완성된 2차 곡면체의 외부 표면에 특정 형(Shape), 색상 그리고



(그림 2)



(그림 3)



(그림 4)

질감을 부여하여 형태를 발전시킨다.

〈과제 2〉 형태종합(Synthesis of a Form)

• 문제 1: 최소-최대 포락면(Mini-Max Envelope)의 다면체적 접근(근사 다면체)

• 문제 제기(Problem): 3각형의 연속적인 네트워크로 전장 문제 2에서 생성된 최소-최대 포락면(Mini-Max Envelope)의 형태에 유사한 하나의 다면체로 전개/구성한다.

평균적인 다각형의 크기를 가능한 크게 하되, 포락면(Envelope)의 전체 형태에 유사하도록 한다.

• 외적 벡터(Extrinsic Forces): 최소-최대 포락면(Mini-Max Envelope)의 외형

• 내적 벡터(Intrinsic Forces): 3차원 공간의 고유 기하학적 제한 (특히 다면체의 특성과 2차 곡면)

• 실험 개요(Conceptual Guide Line): 현실 조형세계에서 단일체(Monolith)가 아닌 동종의 구조를 실제로 구축하기란 불가능하다. 대부분의 구조들은 분리된 요소들의 결합으로 절충된다.

대부분 그와 같은 요소들은 기하학적으로 매우 단순하며, 전형적으로 평면이나 선적인 성분으로 이루어진다.

최소-최대 포락면(Mini-Max Envelope)의 외형으로 재현된 복합적 형태의 구성은 현실적으로 어떤 종류의 합성적 구조를 통하여 가능하게 된다. 포락면에 대한 하나의 포장체계로서, 그 표면의 구조에 따라 하나의 형태가 합성될 수 있다.

공간 포장체계의 기본은 다면체 특성에서 찾아 볼 수 있다. 다면체는 4개 이상의 다각형으로 3차원 공간에서 형성된다. 하나의 다각형은 3개 이상의 선 또는 선분으로 이루어지는 평면 형태이다.

하나의 다면체는 단위 다각형의 조립으로 만들어 진다. 여기서의 문제는 주어진 형태를 다면체의 '맵(map)'으로 유도하도록 제한하고 있다. 이러한 매핑(mapping)은 고전적 다면체의 형성에서 유래하는데, 여기서 그 형태는 사전에 정해진 물의 다각형의 조합으로 정해진다. 일부 다면체들은 구형(Sphere)의 다각형 맵으로 산출될 수도 있다.

그와 같은 구형적 맵은 공통의 상상적인 구체의 표면 위에 놓이는 다면체의 꼭지점을 나타낸다. 여기에 최소-최대 포락면(Mini-Max

Envelope)의 표면 위의 다각형 맵을 산출하는 실마리가 있다. 특히 3각형 네트워크는 최소-최대 포락면의 표면상에 놓이는 점들을 연결함으로써 생겨난다.

다면체가 포락면 입체의 표면에 3각형을 이용하여 다면체를 만든다는 2가지 중요한 이유가 있다. 하나는 기하학적 이유이며, 또 다른 하나는 구조적인 이유 2가지로, 3각형이 자연에서 가장 안정된 기하학적 형태라는, 사실에 기인한다. 수학에서 3각법(Trigonometry)은 3각 분할(Triangulate)에 의존한다. 그 이유는 3각형의 각들이 그 변의 길이에 의해 정해지기 때문이다. 각도가 주어지지 않는 어떤 기하형태의 구축은 3각형의 결합만으로 가능한 것이다. 3각형 구조가 아닌 시스템은 기하학적으로 구조적으로 불안정하다. 즉 3각형 구조만이 유일하게 안정된 것이다. 이러한 이유로, 3각형 구조체계가 가장 효율적인 하중지지 구조가 되는 것이다.

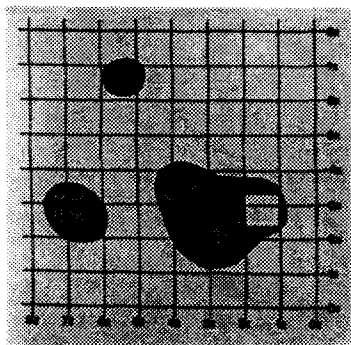
동일한 길이, 단면, 그리고 재질로 된 같은 종류의 지주(strut) 12개로 2가지 전혀 다른 구조를 만들 수 있다. 하나는 6개의 정사각형(Squares)에 의한 입방체(Cubes)이고 다른 하나는 8개의 정삼각형면(Triangle Faces)으로 이루어진 정8면체(Octahedron)이다. 만일 이 각각의 구조체가 붕괴될때까지 하중을 증가시키면, 정8면체가 입방체보다 100%나 더 견고함을 확인하게 될 것이다. 즉 입방체는 정8면체를 붕괴시킨 하중의 거의 1/2이하의 하중으로 붕괴되는 것이다. 달리 말하면, 자원의 동등한 투입으로 정8면체는 2배의 일을 하고 있는 셈이다.

여기에서 3번 이상의 다각형으로 포락면을 에워싸는 다면체의 산출은 사실상 불가능한 것이다. 3각법에 의한 형태를 이용하지 않고 이와 같이 비대칭의 형태를 위한 통합 구조체를 제시하는 실제적이고 효율적인 방법은 없다.

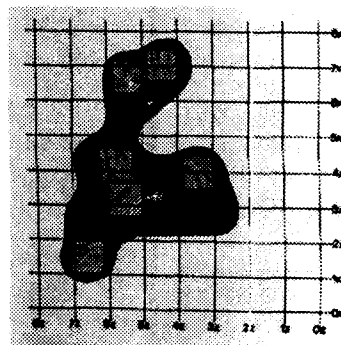
완성된 다면체에 특정 형태와 색상을 적용하여 형태를 발전시키고 그 변화를 감상한다.

• 문제 2: 최소-최대 포락면(Mini-Max Envelope)의 틀 구조(Structural Framework)

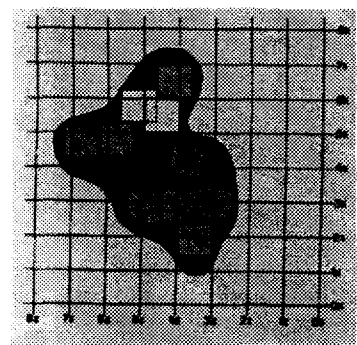
• 문제 제기(Problem): 국부 및 전체적으로 안정성을 가지며 과제 2 문제 1의 다각형 맵의 네트워크에 바탕을 둔 틀 구조체(Structural Framework)를 구성한다. 틀 구조체 조립에 사용할 지주(strut)의



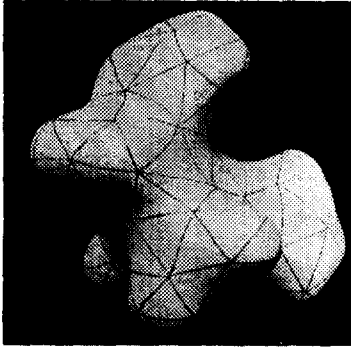
(그림 5)



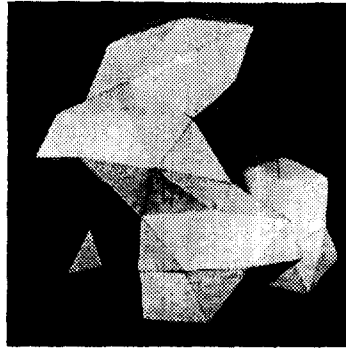
(그림 6)



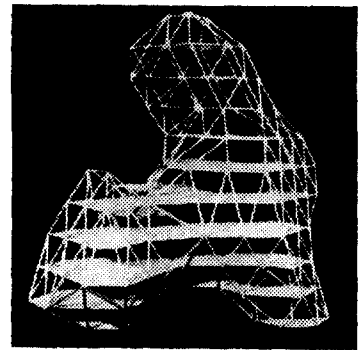
(그림 7)



(그림 8)



(그림 9)



(그림 10)

길이는 3각 분할된 다면체 상의 변의 길이에 두배로 한다.

- 외적 벡터(Extrinsic Forces): 최소-최대 포락면(Mini-Max Envelope)에 유사한 3각 분할된 다면체의 외형

- 내적 벡터(Intrinsic Forces): 기하 구조에 고유적인 특성과 안정성을 지배하는 조건들

- 실험 개요(Conceptual Guide Line): 최소-최대 포락면(Mini-Max Envelope)에 유사한 다면체를 완성한 뒤 그 구조 작용을 주목한다. 그것이 실령 자체의 중량을 쉽게 지지하더라도, 부분적인 불안정이 나타날 수 있다. 만일 종이 다면체를 3개의 바닥점에 놓고 아래 위로 누르면, 구조가 휘어지므로서 어느 정도 유연성을 보이며, 붕괴되지 않은 채 눈에 뵈 정도로 상당히 구부러질 수도 있을 것이다.

비록 이 다면체가 전적으로 3각형 구조라 해도, 이 3각형들의 3차원 배열은 완전히 안정된 것은 아니다. 전반적으로는 안정성을 지니겠지만, 국부적으로는 불안정성을 보일 수도 있을 것이다. 구조체는 기본적으로 다면체 상에 \square 와 \square 부분의 결합에 의해 만들어 진다. \square 부분이 만나는 지역은 종종 그와 같은 변화지점의 구조적 모호성으로 인해 국부적 불안정성이 나타난다.

완전한 3각형의 \square 구조인 삼각형 구조체는 국부적/전체적 안정성을 보이며 완전히 견고한 것이다. 만일 \square 구조의 삼각형 구조체가 유동적인 연결부로 구축되어도, 그 기하형태의 안정성으로 완전한 견고성을 지니게 될 것이다.

3각형 구조체가 2차원적 안정선만을 취할 경우, 국부적 불안정성이 생길 수 있다. 이 점으로부터 하나의 시스템에서 국부적 불안정성을 제거해도 3차원적 안정성이 보장되지 못한다는 점을 이해하게 된다. 이를 위해서는 불안정한 꼭지점들을 전 방향에서 고정시킬 필요가 있다. 이것은 원래의 틀 구조에 전략적으로 지주를 추가하여 설치함으로써 완성된다. 이와 같은 지주를 틀 구조체의 내부, 외부에 추가함으로써 서로 각각에 전형적으로 불안정한 관계를 보이는 이웃한 꼭지점들을 연결하게 될 것이다. 여기서는 기하구조의 기하형태가 다면체 틀 구조체에 완전한 안정성이 보증되도록 지주를 추가하는 것이 목적이다.

완성된 틀 구조체에 선재, 면재, 매스(mass)재를 적용하여 입체 조형물을 창의적으로 발전시킨다.

2-7 평가 및 기대효과:

평가항목은 다음과 같다. 첫째로 정확한 형태전개에 관하여 시각화 및 입체적 사고 능력, 최소 표면적-최대 용적분산원리의 이해 그리고 공간구성 능력을 평가한다. 둘째로 디자인 원리의 이해를 바탕으로 창의적 공간 구성력을 평가한다. 셋째로 재료 및 방법의 이해 및 표현 능력을 평가한다. 넷째로 각 단계별로 구축된 입체형태에 특정 자연형이나 색채 및 텍스처(Texture)를 적용시켜, 기본 형태를 발전적으로 전개시키며, 최종 단계로서 제품 디자인에의 응용력을 평가한다.

다음으로 본 교수-학습 모듈의 기대효과는 다음과 같이 요약된다. 3차원적 공간형태 특히 2차 곡면체를 중심으로 그 추상적 입체물에 대한 창의력, 관찰력, 표현력, 입체적 사고력을 증진하여 제품 디자인의 입체적 조형능력을 함양한다.

3차원-2차원-3차원의 상황 전환과 조형소재의 선재, 면재, 매스(mass)재 등의 변화에 따라 공간 형태의 특성 변화를 파악하여, 입체 조형실험을 전개하고 발전적으로 그 응용력을 배양한다. 특히 공간형태의 최소 표면적- 최대 용적분산의 원리의 이해 및 적용을 조형실험을 통하여 조형력을 습득한다.

3. 결론

형태와 기능의 연구가 선행된 후 제품 디자인에 연결 적용하는 것도 하나의 디자인 조형의 접근 방법이다. 여기에서 대상의 관찰과 분석, 표현 그리고 창의적 응용과정에서 기초 디자인 교육은 보다 체계적으로 다양한 곡면에 의한 입체의 객관적 이해와 전달, 자연원리에 따른 조형적 구조체로의 해석 및 구성방법 그리고 제품 조형 능력의 함양이 요구된다. 특히 여기에서는 2차 곡면의 3차원 공간상의 조형 효과에 대해 초점을 두고 하나의 기초 디자인 교수-학습과정으로 개발하였다.

교수-학습 내용에서 제시된 과제 1의 입방체 공간배치는 3차원 공간 다이어그램으로 구현된 기능적, 사회적 그리고 미학적 변수의 집합을 나타내는 하나의 메타포(metaphor)로 간주할 수 있다.

이와 더불어 높은 수준의 추상적 단계에서 진행된 작업일지라도 과

제 2의 볼 구조체는 입방체 공간배치(Random assembly of Cubes)와 최소-최대 포락면(Mini-Max Envelope)형태에 따른 산업 디자인 및 건축 디자인의 가능성을 제시해 주고 있다. 그러므로 이와 같은 교수-학습의 모듈을 시행함에 있어서 매 단계의 결과에 형태와 색채 그리고 기능을 추가하여 기초적인 제품조형의 창의적인 응용으로 발전시킨다면 보다 충실한 기초 디자인 교육에 일조함은 물론, 더 나아가서 실제 제작 과정에 투입되는 재료 및 방법의 습득과 형태구조의 실험, 그리고 컴퓨터 시뮬레이션(Computer Simulation)과의 비교 분석 그리고 공업디자인 대상에 대한 유기적 형태(Organic Form)와 뉴매틱 구조(Pneumatic structure)의 응용적인 전개도 가능할 것이다.



참고문헌

- Pierce, Peter and Pierce Susan, Experiments in form, Van Nostrand Reinhold, New York, 1980
- Minke, Gernot and Eggers, Hans, Pneumatic Structures, Oxford Press, New York, 1976.
- Wolchonok, Louis, The Art of Three Dimensional Design, Dover Publications, New York, 1969.
- Zelanski, Paul and Fisher, Mary Pat, Design Principle and Problems, Holt, Rinehart and Winston, New York, 1984