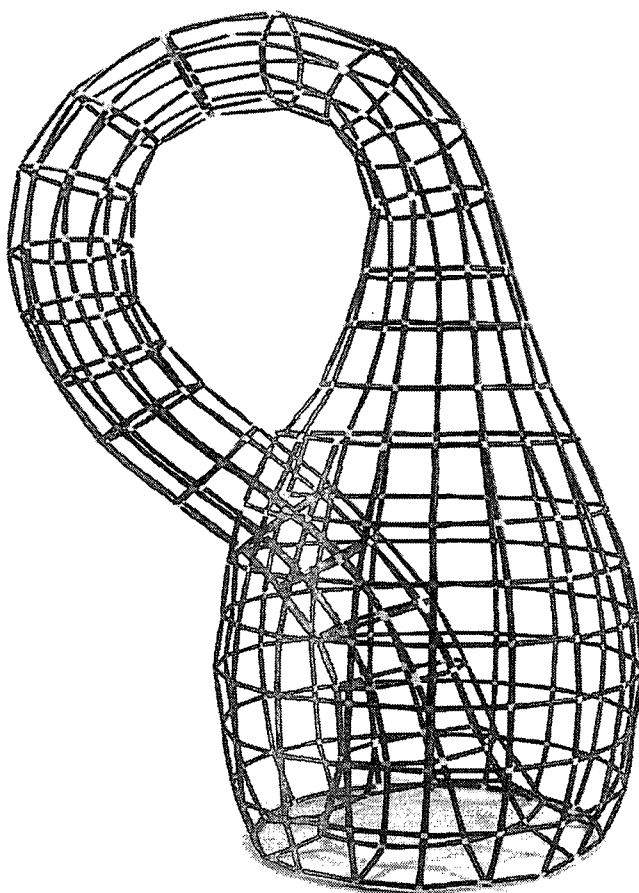


## 포디프레임으로 나만의 클라인 병 만들기

박 호 결 (포디창의연구소 소장)

[p3474@chol.com](mailto:p3474@chol.com) [www.4dframe.com](http://www.4dframe.com)



지름  $\times 3.14 =$  원둘레 / 임의에 수 = ? 를 포디프레임을 가위로 잘라서 연결하여 세상에서 하나밖에 없는 자기만의 클라인병 구조를 만들어 볼 수 있다.

- 수학기호로만 외우고 있는 원주 구하기 공식을 실제로 적용하여 4차원 도형으로 알고 있는 아름다운 클라인병을 만들어 봄으로서 수학의 신비함과 재미를 느낄 수 있다.

## 1. 포디프레임의 개념

포디프레임의 개념은 한마디로 말해 제한이 없고 자유롭다는 것이다. 상상할 수 있는, 표현하고자 하는 모든 사물을 만들어 낼 수 있는 만능 재료인 것이다. 그래서 포디프레임은 표현능력이 무한하고 자유롭다. 그것은 포디프레임의 유연성으로부터 나온다. 포디프레임은 움직인다는 것이 가장 큰 특징이다. 과학의 원리와 형태과학의 유기적 발달의 기본 원리를 응용발전시킬 수 있도록 만들어진 기본 단위(unit)의 교구재인 것이다.

## 2. 포디프레임의 특징

포디프레임은 연결봉과 연결봉을 연결대로 이어서 각도를  $0^{\circ}$  - $360^{\circ}$ 까지 자유롭게 만들 수 있다. 간단한 도구-가위 하나만 가지고 연결봉과 연결대를 원하는 길이와 모양대로 자르고 이어서 무엇이든 만들 수 있는 것이다. 이것이 포디프레임의 가장 크고 핵심적인 특징이다. 연결대(6발, 8발등)를 이용하여 연결봉을 위쪽으로 세우거나 아래쪽으로 내리는 것, 이것이 포디프레임을 무한히 확장할 수 있게 하는 것이다. 한마디로 포디프레임은 **제3의 흙**이라 할 수 있다.

우리나라의 문화가 갖고 있는 여러 가지 특징 가운데 하나는 보자기와 같은 문화라는 것이다. 보자기는 쓰임새와 따라 물건을 담는 가방이 될 수도 있고 허리를 묶는 끈도 될 수 있고, 바람 부는 날에는 여인의 머리에 쓸 수도 있다. 보자기가 그렇듯이 포디프레임도 상황과 조건에 따라 가장 이상적인 모양으로 무엇이든 만들어 낼 수 있다. 길면 긴대로 짧으면 짧은 대로, 각이 작으면 작은 대로 크면 큰대로 막힘없이 상상력이 따라 무엇이든 표현할 수 있다.

유연한 사고의 행동은 디지털 시대의 생존전략이라고 할 수 있다. 이렇듯이 디지털 시대의 교구도 표현능력으로부터 유연해져야 한다. 이미 공장에서 만들어져 나올 때부터 제한된 틀을 갖는다면 아이들의 상상력과 창의력도 제한받을 수밖에 없지 않을까? 이와 같은 제한된 틀을 벗어나 자유롭게 표현할 수 있는 것이 무엇일까를 고민하는 과정에서 만들어진 것이 바로 포디프레임이다.

여러분은 어떤가? 여러분은 아이들의 상상력을 끊임없이 자극하여 무엇이든 표현해 낼 수 있도록 기꺼이 도울 수 있는가? 그렇게 할 수 있는가?

## 3. 포디프레임이란?

포디프레임의 사전적 의미는 '4차원'(4 dimension) + '프레임'(틀 또는 뼈대 · 구조 · 짜임새, frame)을 뜻하는 합성어이다. 포디는 3차원에서 시간의 개념을 더한 4차원을 뜻한다. 이것은, 그 하나로서는 별다른 의미를 지니지 못하는 한 개체(점: 0차원)가 또 다른 개체와 만남으로써 선(1차

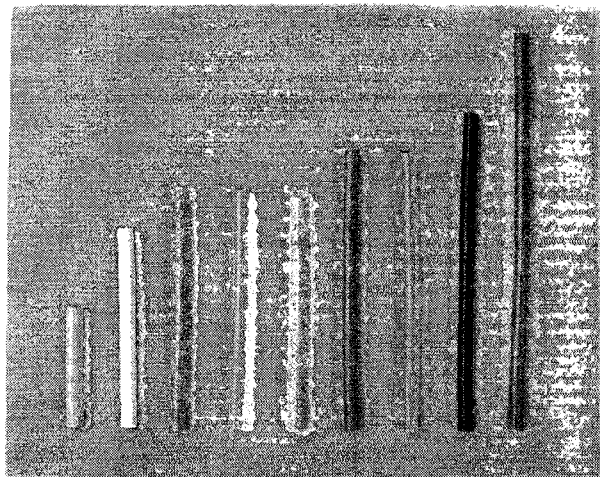
원), 면(2차원) 그리고 입체(3차원)를 통해, 궁극적으로, 표현하고자 하는 사람의 생각과 내면의식까지 나타낸다는 것을 뜻한다. 이것을 통해 사용자 - 유아이전 어른이전 간에 사물이 구성되어 감을 느낄 수 있고, 사고의 시작이 이뤄질 수도 있다. 또한 '포디'라는 이름 안에는 꿈(dream)도 들어 있다. 아이들이 가지고 있는 상상의 나래를 포디를 통해 마음껏 펼쳐나가라는 뜻을 담고 있는 것이다. 이름을 포디 빨대라 하지 않고 굳이 외국어인 포디프레임이라 한 까닭은 글러벌 시대에 맞춰 국내에서 머물지 않고 세계시장으로 나가기 위한 의지가 담긴 전략적 표현이다.

포디프레임은 **연결봉과 연결대**로 이루어져 있다. **연결봉**은 <표 1>과 같이 여러 가지 색과 길이로 되어 있다. 연결봉은 여러 가지 방법으로 연결대에 이어서, 만들고 싶은 모양의 도형이나 구조물 및 조형물을 창조해 내는데 쓰인다.

<표 1> 연결봉의 종류

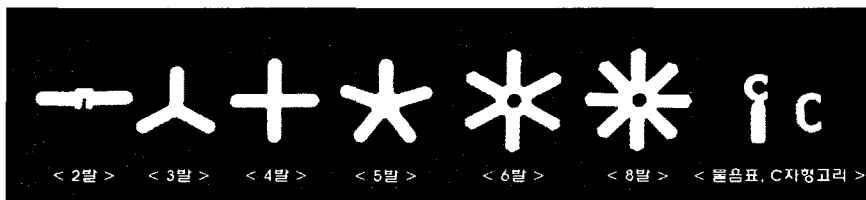
길이(cm)	3	5	6	7	10
색깔	노랑색	흰색	파랑색, 녹색	주홍색, 야광(축광)	주홍색

가장 많이 쓰이는 연결봉의 길이는 7cm이다. 이것은 아이들이 무엇인가를 만들었을 때 보기에든 가장 좋고 크기도 가장 그럴듯하게 만들어지기 때문이다. 연결봉은 간단한 도구(가위) 하나로 길이를 마음대로 조절하여 쓸 수 있다. 표현력에 한계가 없다는 말이다. 또한 연결봉의 배를 가위로 길게 자르면 연결봉의 두께를 줄일 수 있는데 이것을 이용하여 봉과 봉 사이에 끼워 연결할 수도 있다. 이렇게 하는 것은 2발과는 다른, 나름대로 특별한 효과를 내는데 쓸 수 있다.



<그림 1> 여러 종류의 연결봉

연결봉을 이어주는데 쓰이는 연결대는 포디프레임의 가장 핵심적인 요소이다. 왜냐하면 연결대에 연결봉을 자유자재로 이어줌으로써 무엇이든 표현해 낼 수 있기 때문이다. 말하자면 연결대는 연결봉에게 자유롭게 상상의 나라를 펼 수 있도록 날개를 달아준 셈이다. 연결대는 2발~6발, 8발, C형 고리 및 물음표 고리(?) 등 8종류가 있다. 연결대의 핵심은 각각의 발이 갖고 있는 발과 발 사이의 각도가 변한다는 데 있다. 2발의 발과 발 사이의 각도는 180도(직선)이고 3발의 그것은 120도, 4발은 90도... 이와 같이 발의 수에 따라 각도가 변하는 것이다. 뿐만 아니라 발을 위아래로 꺾거나 옆으로 젖히면 입체적으로 각도를 변화시킬 수 있다. 막힘이 없다. 이와 같이 연결대의 각도를 상하좌우로 조절할 수 있다는 것이 연결봉의 표현력을 자유자재로 높여 나가는 강력한 힘이 되는 것이다.



<그림 2> 여러 종류의 연결대

연결대는 적응력이 뛰어나다. 발의 수에 구애받지 않고 상상이 날개를 펼 수 있다. 4발, 6발, 8발은 2발 대신 쓸 수 있다. 6발은 또한 3발과 같이 쓸 수 있다. 6발의 발을 하나 건너 하나씩 잘라내면 3발과 같은 모양이 되기 때문이다. 6발과 같은 방식으로 자르면 8발도 4발과 같이 쓸 수 있다. 6발과 8발 안에는 각각 3발과 4발이 2개씩 들어있는 셈이다. 필요할 때에는 상황에 따라 8발을 잘라 7발로도 만들어 쓸 수도 있고, 6발을 잘라 5발로도 만들어 쓸 수 있는 것이다. 이 밖에도 연결대는 상상력이 미치는 범위에 따라 폭넓게 이용할 수 있다. 그 범위를 넓혀 나가도록 아이들을 진정으로 돕는 것, 이것이 포디랜드의 철학인 것이다.

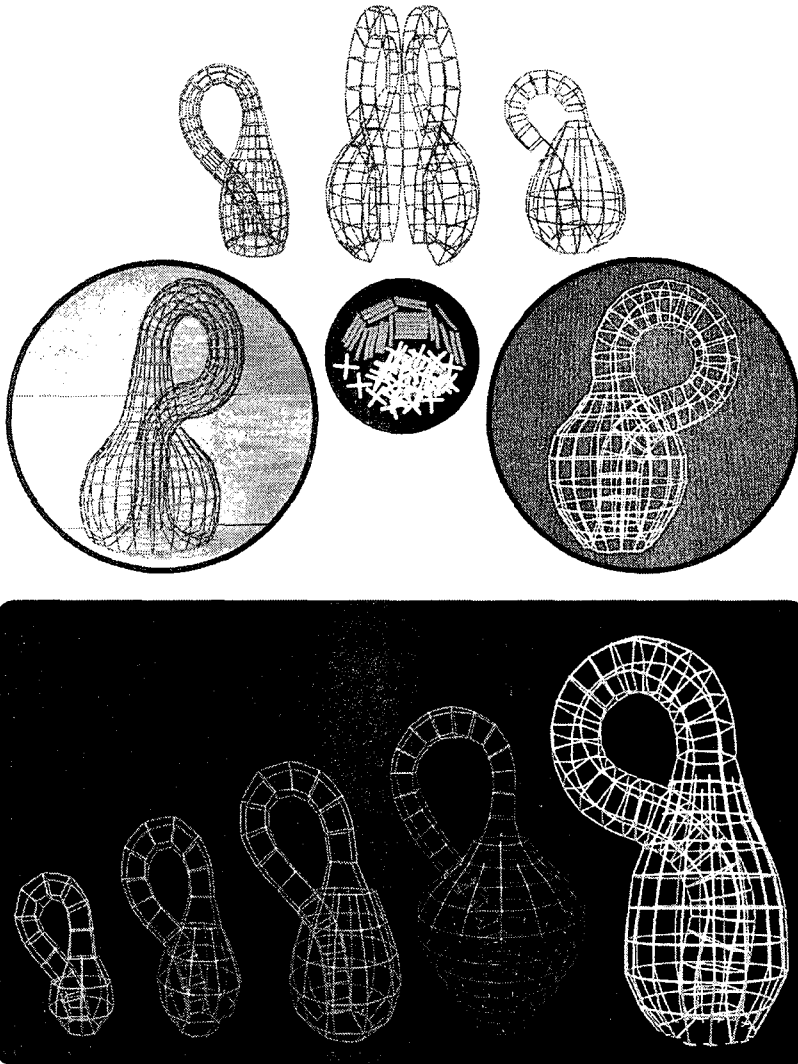
위에서 살펴본 바와 같이 연결봉과 연결대를 이용한 포디프레임의 표현능력은 무궁무진하다. 나아가 포디프레임은 가장 적은 재료로 튼튼한 구조물을 만들 수 있다. 가장 적은 재료라 함은 튼튼한 정도에 비해 가장 가볍게 만들 수 있다는 뜻이다. 시에르핀스키 삼각형 구조물이 가장 좋은 본보기이다. 5단계의 높이가 약 4.5cm인데 이렇게 만들 수 있는 것은 포디프레임이 무엇보다 가벼운 재질로 만들어졌기 때문이다. 아직까지 다른 재료로 이렇게 만든 사례는 찾아볼 수 없다.

포디프레임의 가장 큰 장점은 연결봉이 활처럼 휘는 데 있다. 재질자체가 부드러운 연질재료(폴리프로필렌, PP, Poly-propylene)로 되어 있고 속이 비어 있기 때문이다. 또한 색깔과 굵기가 다양하여 유선형 구조물도 가능한 것이다. 연결봉 안이 비어있지 않고 꽉 차있었다면 휘어지기 힘들고 부러졌을 것이다. 이것은 마치 갈대가 바람이 불었을 때 흔들릴지언정 부러지지는 않는 것과 같다.

또 하나의 특징은 집단 활동을 할 수 있다는 것이다. 한 사람이 하나의 유닛을 만들어 여럿이 모여서 합치면 하나의 거대한 구조물을 만들어 낼 수 있다. 특히 정형화된 형상물 보다는 자유로운 구

조물을 표현하는데 큰 장점을 지니고 있다. 이와 같은 집단 활동을 통하여 사회의 한 구성원으로서 자신의 정체성을 배워 갈 수 있고, 자신의 소중함과 함께 이웃의 소중함도 깨달아 갈 수 있다. 나아가 함께 하는 과정을 통하여 혼자 힘은 작을 지라도 여럿이 함께 힘을 모으면 생각보다 큰 힘을 낼 수 있다는 협동심도 배울 수 있다.

이 밖에 야광(축광)프레임을 사용하여 야간 디스플레이 및 이벤트용으로 활용하면 좋은 효과를 낼 수도 있고, 한 번 만들고 마는 일회성에 그치는 것이 아니라 한 동안 보다가 분해하여 얼마든지 다른 것을 만들 수도 있다. 반영구적으로 쓸 수 있는 것이다.



<그림 3> 여러 가지 종류의 클라인 병

## [참고자료]

## 4. 클라인 병(Klein Bottle)

대부분의 컨테이너는 내부와 외부로 이루어져 있다. 꽃병과 내부와 외부로 이루어져 있고, 축구공도 내부와 외부로 이루어져 있다. 꽃병의 경우에 내부와 외부를 구별하는 경계는 꽃병이 주둥이(가장자리=선)이다. 꽃병의 외부에서 내부로 들어가려면 주둥이 즉, 선으로 된 경계를 지나야 한다. 축구공의 경우에도 외부와 내부를 구별하는 경계는 곡면이다. 외부에서 내부로 들어가려면 곡면을 뚫고 지나가야 한다.

그러나 클라인 병은 내부와 외부라는 것의 구분없이 단 하나의 면으로만 이루어져 있다. 그러나, 이것은 3차원에서는 곡면의 교차없이 구현하기 어려우며, 4차원에서 형상화시킬 수 있다.

아래 그림은 실제로 4차원 공간에서만 존재하는 곡면을 3차원의 시각에서 2차원 평면인 종이 위에 투영한 그림이다.(무슨 소리인지?)

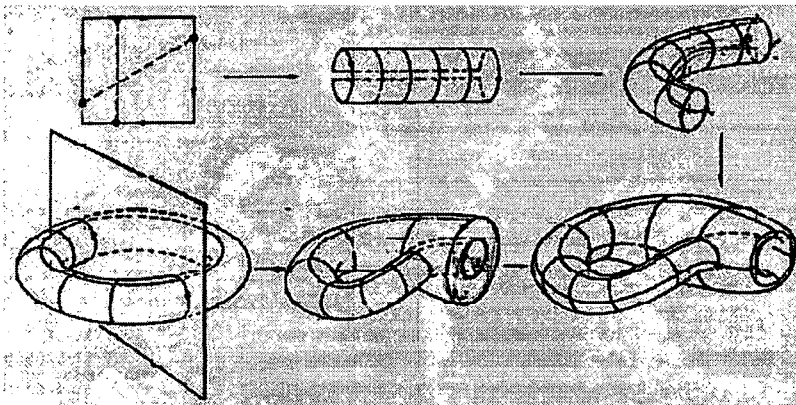


그림 출처 : <http://blog.naver.com/superulsan?Redirect=Log&logNo=100001974086>

만든 유리관이 있다고 하자. 세 번째 그림처럼 밑면과 윗면이 뚫려 있는, 그 한쪽 끝은 붙잡고 잡아 늘린 다음, 그 끝은 유리관의 옆구리에 미리 뚫어놓은 구멍에다 끼워서, 다시 양 끝을 연결하는 거다.

솔직히 클라인 병은 3차원 공간에서는 표현할 수 있는 도형이 아니다. 4차원 공간에 있어야 자연스러운 도형이다. 만약 4차원 공간에서라면 구멍 없이도 곡면이 자신의 몸통을 통과할 수 있다.

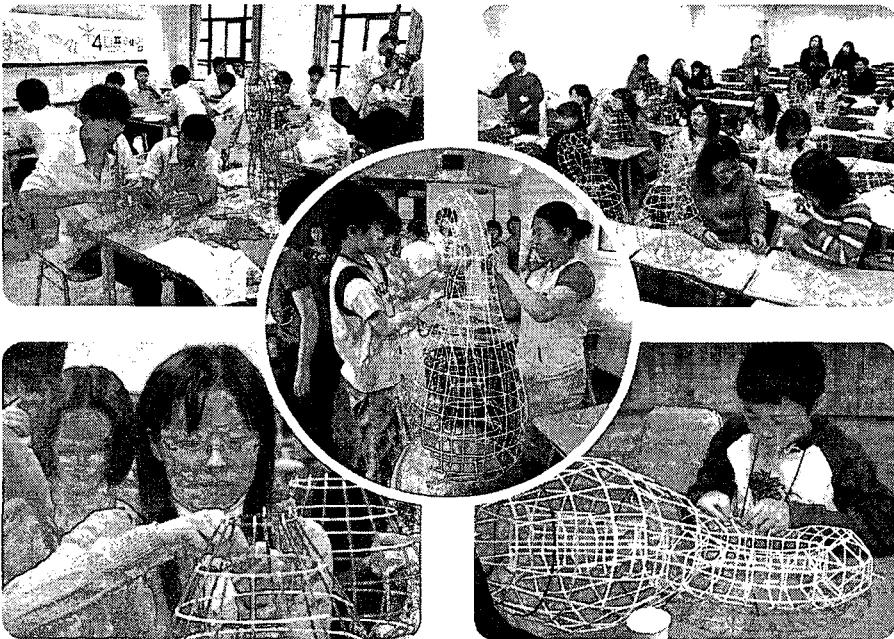
클라인 병은 유리병의 주둥이(가장자리)처럼 단절된 부분없이 통째로 이어져 있다. 요컨대 피비우스 띠의 경우에서처럼 클라인 병의 외부에서 있다고 생각하자. 그 점에서 출발하여 곡면 전체를 이리저리 방황하며 단 한 점으로 이르는 길을 따라가다보면 원래 출발점의 반대편으로 갈 수 있다는 뜻이다. 다시 말하면 어느 지점에서 그 곡면을 관통하든 간에 우리는 언제나 곡면의 바깥에 있다. 왜냐하면 이 곡면에는 '안'이라는 것이 없다.

놀라운 것은 이 병을 세로로 2등분하는 경우 피비우스 띠 두개가 생긴다. 즉, 이 말은 피비우스

따 두 개의 경계를 붙이면 클라인 병이 만들어진다는 거다.

클라인 병은 가장자리가 없고 면이 하나밖에 없는 곡면이다. 4차원 공간에서 클라인 병에는 경계가 없고 방향도 없기 때문에 클라인 병에 물을 부으면 붓는 것과 동시에 물이 줄줄 흐르게 된다.

출처 : <http://user.chollian.net/%7Ebadang25/bdf03.htm>

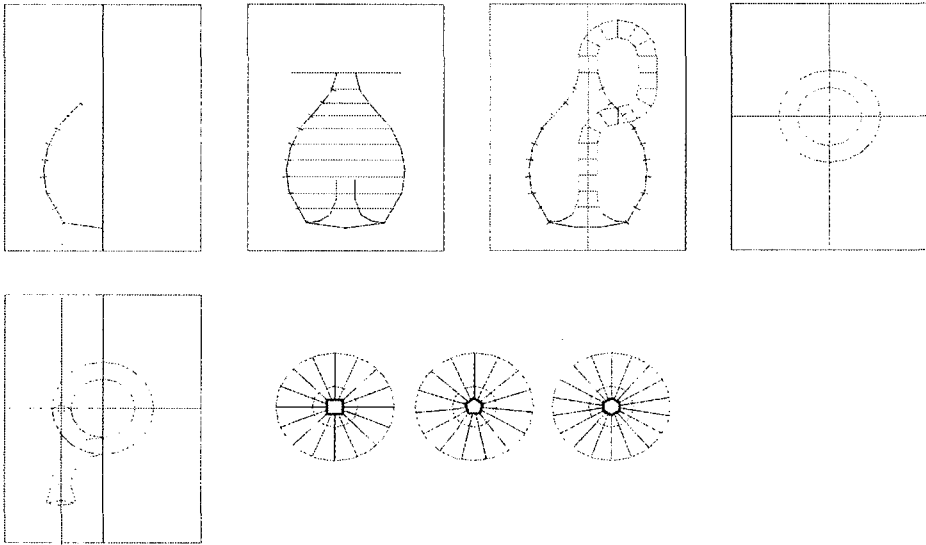


< 클라인 병 만들기 수업 >



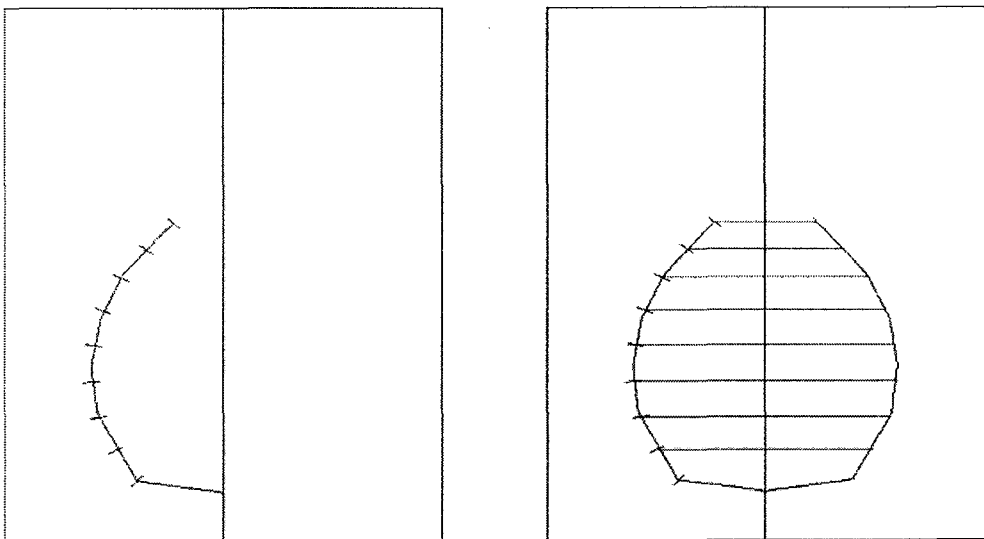
< 나만의 클라인 병과 함께~! >

(포디 프레임을 이용한) 클라인병 만들기



- 위의 순서에 맞도록 포디프레임과 연결대를 사용하여 포디클라인병을 만들어 갑니다.
- 준비물 - 모눈종이, 필기도구, (컴퍼스)

1. 계란형 구조(클라인 병 몸체) 만들기

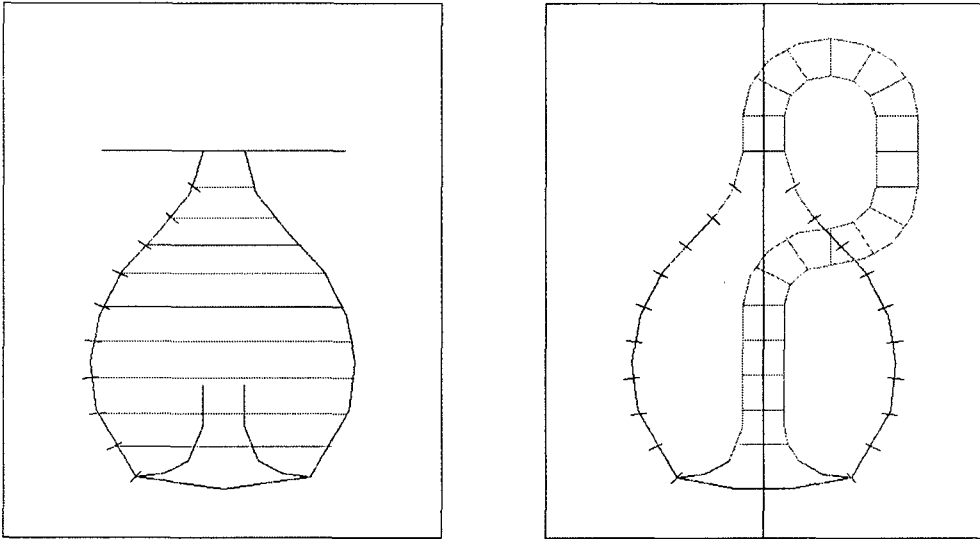


1. 모눈종이에 중심선을 만들고 중심을 기준으로 임의의 자유로운 곡선을 그립니다.



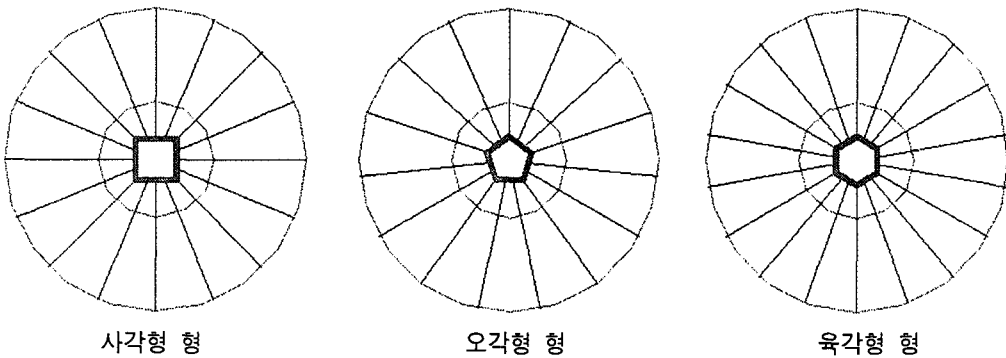
2. 그런 곡선 위에 임의의 간격으로 선을 나눈 후 번호를 매깁니다.
3. 기준점을 중심으로 반지름과 지름을 계산하여 반대쪽에 똑같이 대칭하여 선을 연결합니다.

2. 계란형과 토러스(torus) 연결하기



1. 지름 X 3.14의 수를 계산한 후 임의의 수만큼 나누어 길이를 자르게 되는데, 대칭이 되는 링 번호의 연결봉 길이까지 잘라 같은 길이끼리 구분해 둡니다.
2. 길이대로 프레임 연결봉을 구분한 후 곡선 연결을 양쪽 서로 마주보는 반대쪽부터 먼저 연결하여 기준을 잡고 기준을 중심으로 균형을 맞추어 링을 연결합니다.
3. 중간 곡선을 중심으로 프레임을 연결하고 그 기준 링을 중심으로 위 아래는 곡선이 되기 위한 조건 안에서 임의대로 크기를 정해서 나머지 링을 연결합니다.

3. 토러스(torus) 구조 만들기



사각형 형

오각형 형

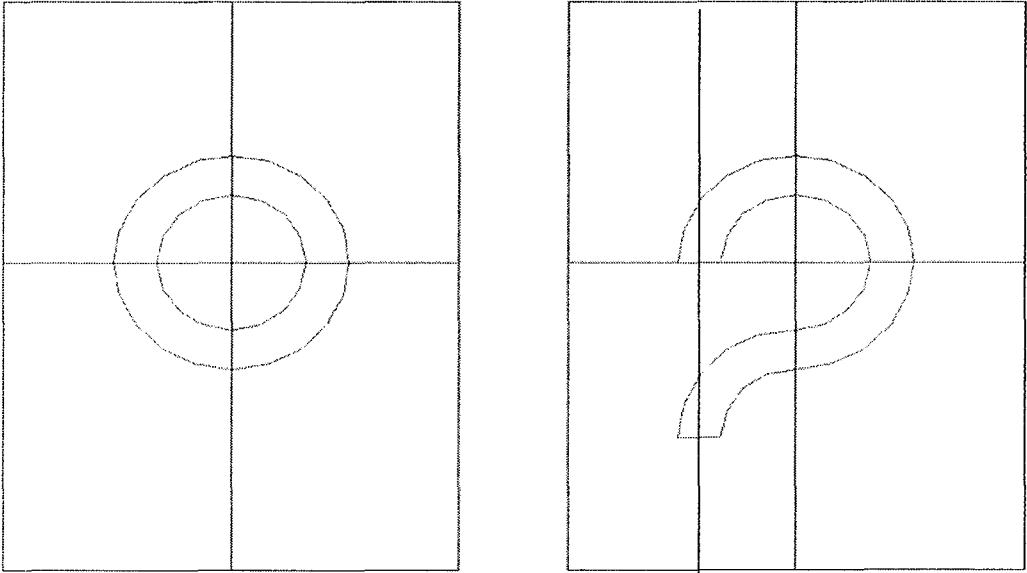
육각형 형

1. 되도록 짝수가 되는 구조(사각형, 육각형)를 중심으로 일자로 연결한 후에 그 연결부분을 원모

양으로 밖으로 돌려서 간격을 두고 토러스 구조를 만듭니다.

2. 토러스 구조를 만들 때는 오차로 인한 균형을 잡기 위해서 한 부분씩을 건너 뛰고 연결한 후 마무리 연결활동으로 토러스 구조를 마무리합니다.

#### 4. 계란형과 토러스(torus) 연결하기



1. 짝수도형으로 연결된 연결부분을 토러스 구조로 만든 후 한 쪽 일부분을 방향만 바꾸어서 아래부분으로 다시 연결합니다.
2. 계란형과 토러스 구조를 연결시킬 때에는 연결부분을 상황에 맞추어 임의적으로 프레임 길이를 조정하여 가위로 잘라서 연결한 후 완성합니다.