

고리를 옮긴다.

꼬이지 않을

잘리지 않았다.

그림 4.155 매듭풀린 맛줄! 잘리지 않았다.



그림 4.153 3차원의 매듭 맛줄 고리



그림 4.154 맛줄을 4차원으로 끌어올린다. 잘렸나? 아니다!

제로 자르지 않고 4차원 공간에서 맛줄의 매듭을 푸는 것을 신기루가 어떻게 도울 수 있는지 설명할 수 있는가?(그림 4.154) 여러분이 보는 것과 실제로 일어나는 일을 시각화하라. 유사에 의해 논의하는 것을 상기하라. 여러분이 다 마치면, 여러분은 매듭이 없는 아적도 봉인된 고리를 잡고 있을 것이다(그림 4.155)<sup>5</sup>.

#### 4.7.4 정육면체 시각화하기

차원의 개념을 더 설명하기 위해, 이제 4차원 정육면체를 구성하고 시각화함으로써 공간의 기하학을 생각한다. 언제나처럼, 먼저 모든 낮은 차원에서 정육면체를 구성함으로써 활력을 불어넣기로 한다. 이 방법은 전의 차원에서 구성된 정육면체를 이용해 다음 높은 차원에서 정육면체를 연속적으로 구성하도록 허용할 것이다. 우리가 다시 차원성을 순차적으로 조사하고 있음을 주목하라.

0차원 정육면체는 상당히 쉽다. 모든 것은 단지 점인 것을 상기하라. 따라서, 0차원 정육면체는 점이다. 이제 0차원 정육면체에 잉크를 묻히고, 새로운 방향으로 한 단위 끈다. 이 끄는 것은 실제로 1차원 정육면체인 직선 선분을 생성한다. 이 직선 선분에 잉크를 묻혀 전의 것과 수직인 방향으로 한 단위 끈다면 (정사각형으로 알려진) 2차원 정육면체를 얻는다. 만약 2차

5) 그림 4.154의 맛줄은 3차원 관찰 시야에서는 열렸다. 4차원에서 → 고리를 풀고 꼬임을 풀고 내려 놓으면 신기하게도 풀린 맛줄을 보게 된다.

0차원 정육면체    끈다.    1차원 정육면체

$\begin{array}{|c|} \hline \uparrow \downarrow \\ \hline \end{array} = \begin{array}{|c|} \hline \blacksquare \\ \hline \end{array}$   
끈다.    2차원 정육면체

$\begin{array}{|c|} \hline \uparrow \downarrow \\ \hline \end{array} = \begin{array}{|c|} \hline \blacksquare \\ \hline \end{array}$   
끈다.    3차원 정육면체

그림 4.156 순차적 정육면체 만들기

원 정육면체 전체에 잉크를 묻혀 앞의 방향과 다른 새로운 방향으로 한 단위 끈다면, (정육면체로 알려진) 3차원 정육면체를 구성한다(그림 4.156).

마지막 정육면체는 실제로 3차원 정육면체의 그림—미술가의 표현—이다. 2차원 종이에서 완전하고 완벽한 3차원 정육면체를 그린다 것은 불가능하다. 대신에, 3차원 눈이 올바르게 이해하고 설명하는 투시적 그림을 그린다. 예를 들어, 그림 4.157을 생각하고 이것을 투시적 그림이 아닌 순전히 종이 조각 위의 도형으로만 관찰하라. 우리는 실제로 무엇을 보는가?

이 그림의 몇 개의 직선은 다른 것보다 길고, 몇 개의 각은 크고, 다른 각들은 매우 작다. 이 성질은 3차원 정육면체의 성질이 분명히 아니다. 3차원 정육면체에서는 모든 모서리는 같은 길이를 가졌고, 모든 각은 완전한 직각이다. 따라서, 그림이 왜 이렇게 우습게 보이는가? 다시, 이것은 투시그림의 미술가의 표현일 뿐이다. 우리는 3차원 물체를 본능적으로 보고 이해하는 피조물이기 때문에 조정을 하고, 그림을 알맞은 방법으로 설명한다. 비록 모든 각이 그런 방법으로 그려지지 않고 모든 모서리가 같게 그려지지 않았더라도 우리는 모든 각을 직각으로 보고, 모든 모서리를 같은 것으로 본다. 우리의 마음은 눈이 실제로 보는 것에 자동적으로 적응한다.

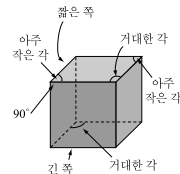


그림 4.157 평면에서의 도형-분명히 대칭이 아니다!