

## 입체 유닛조형에 관한 연구

육각형 유닛 전개를 통한 FDP효과 검토를 중심으로

### A Study on Cubic Unit Modelling

Mainly about checking FDP effect through expansion of hexagonal unit

주 저 자 : 하봉수 (Ha, Bong Soo)

동양대학교 교수

see@daum.net

<https://doi.org/10.46248/kids.2021.3.186>

접수일자 2021. 08. 24. / 심사완료일자 2021. 09. 17. / 게재확정일자 2021. 09. 25.

“이 논문은 2020년도 동양대학교 학술연구비의 지원으로 수행되었음”

## Abstract

Noting the quality of so-called ‘Flexible Design Pattern’ which keeps the image of order & variation, this dissertation examines FDP effect of hexagonal cubic unit. Especially, it focuses on creating FDP effect by ‘unit interposition’ mode, emphasizing practical utilization of cubic unit modelling. To this end, real 2D & 3D program is used to design cell & unit and visual effect is compared by expanding them on the basis of theoretic study including preceding study. As a result, the main variables of FDP effect are cell shape, composition mode of unit and expansion mode. The cubic shape & expansion mode of cell out of them is confirmed to be the entity which decides visual effect. Namely, cell shape is more effective when it is protuberant than it is plane & expansion mode in expansion pattern interposition is more effective than unit interposition. However, expansion mode by unit interposition is required in consideration of actual cubic tile construction. Then, it is corroborated that irregular layout of unit is helpful to get FDP effect. Although the above result is useful as decorative cubic tile, its application scope is broad such as accessory, playing learning tools, art kit, etc. In that aspect, study on unit modelling is not only effort to expand the expression world of modelling itself, but also practical modelling search to contribute to human life & industry. Searching the commercialization of hexagonal cubic tile hereafter, I will construct it as program which realizes shape design/expansion of unit that can simultaneously and automatically generate FDP effect on computer.

## Keyword

Flexible Design Pattern(플렉서블 디자인 패턴), Cubic Unit Modelling(입체 유닛조형), Hexagonal Decorative Tile(육각형 장식타일)

## 요약

본고는 질서와 변화의 이미지를 겸비한 이른바 ‘플렉서블 디자인 패턴(Flexible Design Pattern : 이하 FDP라 칭함)’의 성질에 주목하여 육각형 입체유닛을 대상으로 FDP효과를 검토한 것이다. 특히 입체 유닛조형의 실용적 활용에 중점을 두고 ‘유닛 중첩’ 방식에 의한 FDP효과 창출에 중점을 두었다. 이를 위해 선행연구를 포함한 이론연구를 토대로 실제 2D 및 3D프로그램을 이용해 셀 및 유닛을 디자인하고 이를 전개시키면서 시각적 효과를 비교하는 방식을 취했다. 결과적으로 FDP효과는 셀의 형상과 유닛의 구성방식, 그리고 전개방식 등이 주요 변수다. 그 중에서도 셀의 입체형상과 전개방식이 시각적 효과를 좌우하는 요체라는 것을 확인하였다. 즉 셀의 형상은 평탄형보다 돌기형이 효과적이며, 전개방식은 유닛 중첩보다 전개패턴 중첩이 효과적이다. 다만, 실제 입체타일 시공을 고려해 유닛 중첩에 의한 전개방식이 필요하며, 이때 FDP효과를 얻기 위해서는 유닛의 불규칙적 배치가 도움이 된다는 것을 실증했다. 이상의 결과는 장식용 입체타일로 유용하지만 액세서리, 놀이학습도구, 아트 키트 등 그 적용범위가 넓다. 그런 측면에서 유닛조형에 대한 연구는 조형 본연의 표현세계를 확장하려는 노력이기도 하지만 인간 생활 및 산업에 공헌할 수 있는 실용적 조형탐구이기도 하다. 향후 육각형 입체타일로의 제품화를 모색하면서 동시에 컴퓨터상에서 자동으로 FDP효과를 생성할 수 있는 유닛의 형상디자인 및 전개가 가능한 프로그램으로 구축해 가고자 한다.

## 목차

### 1. 서론

1-1. 연구배경 및 목적

1-2. 연구대상 및 방법

## 2. 이론적 검토

- 2-1. 유닛 반복 문양과 대칭성
- 2-2. 분할놀이와 플렉서블 디자인
- 2-3. 플렉서블 디자인 패턴의 응용

## 3. 육각형 유닛조형의 생성기법

- 3-1. 테셀레이션
- 3-2. 오스트발트의 형태시스템

## 1. 서론

### 1-1. 연구배경 및 목적

유닛조형은 최소단위의 수학적 반복에 의해 환기되는 질서 있는 리듬의 심미적 효과가 그 특징이다. 문양 등 평면패턴의 경우 이러한 효과를 강화하기 위해 매우 객관적이고 체계적인 룰을 가지고 있다. 이러한 룰(기법)의 변화가 결과적으로 조형성에 영향을 미치기 때문에 최소단위의 형상 디자인 및 반복기법의 탐구가 유닛조형의 핵심이라고 할 수 있다. 연구자는 이러한 형상 디자인과 반복기법이라는 두 축을 기반으로 하면서 입체적 매체로 영역을 확장해 유닛조형의 시각적 효과를 검토하는 연구를 진행해 왔다. 즉 평면적인 차원에서 벗어나 입체 오브젝트를 대상으로 형상개발과 반복패턴의 전개방식을 개발함으로써 시각적 효과를 보다 풍부하게 표출할 수 있는 입체 유닛조형의 형식화를 추구하고 있다. 여기서 말하는 시각적 효과란 유닛 반복 조형에 있어 환기되는 질서감을 바탕으로 하면서도 변화의 이미지를 겸비하는 이른바 ‘플렉서블 디자인 패턴(Flexible Design Pattern : 이하 FDP로 칭함)’의 성질<sup>1)</sup>을 의미한다.

본 고에서는 사각형 입체유닛을 이용한 FDP 개발사례<sup>2)</sup>를 발전시켜 육각형 입체유닛에 있어 FDP의 효과를 도출할 수 있는 방안을 검토하고자 한다. 이를 기반

- 1) FDP의 성질에 대한 구체적인 설명은 본문 2-2. 기술을 참고하면 된다.
- 2) 하봉수, 모듈러를 접목한 플렉서블 입체조형물 개발 연구, 기초조형학회, Vol.18 No.5, 2017, pp.655-669  
하봉수, 모듈러를 응용한 플렉서블 입체조형물의 교육적 활용방안 연구, 기초조형학회, Vol.19 No.2, 2018, pp.545-558

## 4. 육각형 입체유닛 개발 및 전개

- 4-1. 셀 및 유닛 디자인과 전개방식
- 4-2. 평면유닛 전개
- 4-3. 입체유닛 전개

## 5. 결론

## 참고문헌

으로 향후 육각형 입체타일로의 제품화 가능성을 모색하면서 동시에 컴퓨터상에서 자동으로 FDP효과를 생성할 수 있는 유닛의 형상디자인 및 전개가 가능한 프로그램으로 완성해 가고자 한다.

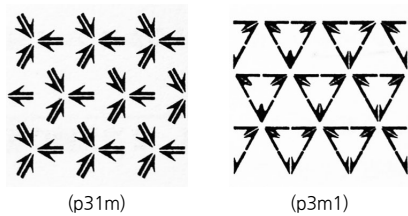
### 1-2. 연구대상 및 방법

선행연구에서 제시한 FDP의 경우, 사각형을 유닛의 형상은 골격으로 하고 있다. 기본적으로 사각형은 사용 및 시공 편의성 측면에서 매우 유용하지만 시각적인 면에서는 삼각형 및 육각형의 경우에 비해 단조로울 수 있다. 그림 1과 같이 육각형 구조의 대칭조작은 매우 난해하지만 그만큼 풍부한 표현이 가능할 것으로 추찰된다.

이에 본고에서는 삼각형 셀 및 육각형 유닛을 대상으로 FDP효과 도출을 위한 이론적 연구와 함께 실제 셀 및 유닛 디자인 그리고 여러 가지 전개방식을 2D 및 3D프로그램을 이용해 검토해 가면서 시각적 효과를 직접적으로 비교했다. 무엇보다 유닛 조형의 제품화를 염두에 두고 ‘전개패턴 중첩’과 ‘유닛 중첩’이라는 두 가지 중첩방식<sup>3)</sup>의 비교에 초점을 맞추었다. 즉 실제 시공 상황을 고려하면 기본단위인 유닛을 하나하나 쌓아갈 때 FDP효과가 생성되는 것이 중요하다. 이론 연구를 통해 평면에서는 전개패턴 중첩에 의해 FDP효과가 생성되는 것을 확인했다. 따라서 입체의 경우에도 가능한지 검토하는 것이 근본 과제이다. 따라서 여기서는

- 3) ‘전개패턴 중첩’은 2가지 셀을 기본단위로 각각 전개패턴을 완성한 다음 이들 전개패턴을 중첩하는 것을 의미하며, ‘유닛 중첩’은 각 셀을 먼저 중첩시켜 이들 묶음인 유닛을 만든 다음, 이를 전개시키는 것을 말한다. 시각적인 설명은 4-2.가 참고가 된다.

전개패턴 중첩을 대조인자로 유닛중첩을 실험인자 역할로 구분하여 비교하는 방식으로 이루어졌다.



[그림 1] 육각형 구조의 수학적 대칭성의 예<sup>4)</sup>

## 2. 이론적 검토

### 2-1. 유닛 반복 문양과 대칭성

유닛 조형으로서 일반화되어 있는 평면문양의 반복은 실제 제작과정에 있어 매우 객관적이고 체계적인 룰을 가지고 있다. 기본적으로 문양의 전개에는 단위문양 이용법 및 중간문양 이용법<sup>5)</sup>, 사방이음(평이음)·평스텝·천지스텝·계단스텝 등 리프트 배열법<sup>6)</sup> 등이 있다. 또한 단순반복(Repetition), 교차반복(Alternation), 그라데이션(Gradation), 점층적 반복(Progression) 등<sup>7)</sup>과 함께 17가지 수학적 대칭성<sup>8)</sup> 등도 활용되며 이러한 방법들은 형태적 질서와 함께 미적 쾌감을 환기키는 문양의 구성수법<sup>9)</sup>이라고 할 수 있다.

이처럼 유닛 반복 문양에 내재된 공통된 성질이라 할 수 있는 대칭성(Symmetry)의 경우, 평행이동을 비롯해 좌우대칭(반사), 회전대칭, 축소확대 등 네 가지 뿐만 아니라 ‘반사+회전’의 두 가지 대칭을 조합한 것을 비롯해 ‘회전+이동+확대’와 같이 세 가지 대칭을 조합한 형식 등 14가지의 다양한 대칭이 존재한다.(표 1)

[표 1] 기본대칭과 조합<sup>10)</sup>

| 기본형                     | 기본형 2조합                                            | 기본형 3조합                                      |
|-------------------------|----------------------------------------------------|----------------------------------------------|
| 이동<br>반사<br>회전<br>확대/축소 | 반사+회전<br>회전+이동<br>이동+확대<br>확대+반사<br>반사+이동<br>회전+확대 | 반사+회전+이동<br>회전+이동+확대<br>이동+확대+반사<br>확대+반사+회전 |

이러한 대칭조합에 의해 생성되는 결과물에서 느낄 수 있는 것은 복잡함의 차이는 있지만 질서 정연한 리듬감이라고 요약할 수 있다. 즉 셀의 형상 및 구성방법에 따라 패턴의 인상 차이는 있겠지만 기본적으로 수학적 질서가 만들어 내는 율동적인 리듬감의 범주에서 벗어나기 어렵다. 사람이 느끼는 아름다움이란 이러한 리듬감에 의해서도 환기되겠지만 그것이 지나치게 되면 오히려 단조롭고 무기질적으로 느낄 수도 있다.

### 2-2. 분할놀이와 플렉서블 디자인

르 꼬르뷔지에의 모듈러를 응용한 분할놀이가 있다.<sup>11)</sup> 그림 2와 같이 정방형 유닛을 모듈러로 분할하면 여러 가지 형태로 구현된다. 구현된 각각의 면은 조형의 최소단위(Cell)라 할 수 있고, 이들 셀은 정방형 유닛 내부에서 이동과 회전 등 조합이 가능하다. 그림 2의 우측 상단에 점선으로 표시된 유닛을 참고로 6분할 한 셀을 정방형 내에서 이동과 회전 등의 조형적 조합을 가하면 그림 3(a)와 같이 다양한 표정의 정방형 유닛을 얻을 수 있다. 또한 그림 3(a)의 우측에 점선으로 표시된 유닛의 경우, 유닛을 단순 이동시키면 (b)와 같이 질서 있는 패턴이 생성되며, 유닛을 불규칙적으로 배치하면 (c)와 같이 전과는 판이하게 변화된 이미지의 패턴을 얻을 수 있다. 결국 셀 및 유닛의 단순 조합만으로도 생각하지 못했던 조형적인 결과를 얻을 수 있는 유익한 수단이다.

황금비를 토대로 하고 있는 본 패턴의 특징은 셀 및 유닛의 조합에 따라 시각적 모습이 조금씩 달라지면서도 뚜렷하게 아이덴티티를 유지한다는 점이다. 즉 하나의 통일된 이미지를 유지함과 동시에 변화의 성질을 갖추고 있다는 측면에서 플렉서블 디자인<sup>12)</sup>과 맥을 같이

4) 日本図学会編, 美の図学, 森北出版, 1998, p.86

5) 한국문화재보호재단편, 한국의 무늬, 한국문화재보호재단, 2005, pp.296-300

6) 이경희, 모던 텍스타일 디자인, 창지사, 1999, pp.48-54

7) 三井秀樹, 形の美とは何か, NHKbooks, 2000, p.100

8) D. Schattschneider, Visions of Symmetry, W. H. Freeman and Company, 1990, p.23

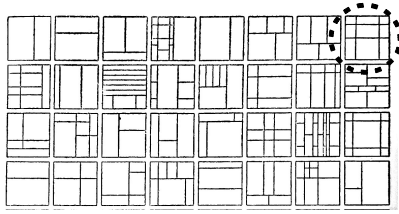
9) 하봉수·권영철·구자홍, 평면의 수학적 대칭성 모형에 기반 한 한국전통문양의 구성형식 체계화 연구, 기조조형학연구, Vol.12 No.4, 2011, p.403-416

10) 디자인기법편집위 편집, 「디자인기법강좌 I」, 낙원출판사, 1977, pp.114-126 참조하여 정리

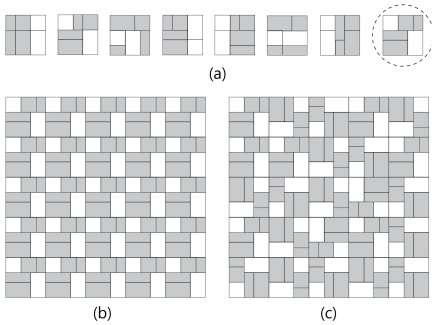
11) ル・コルビュジェ, モデュロール 1, 吉阪隆正訳, 鹿島出版会, 1993, p.65

12) 김겨수, 아이덴티티 디자인 or 로고 디자인 웬만큼 이해하기, 드마북스, 2014, pp.138-139

이하, 그런 이유에서 ‘플렉서블 디자인 패턴(Flexible Design Pattern)’이라 해도 무방할 것이다.<sup>13)</sup>



[그림 2] 모듈러를 응용한 분할놀이



[그림 3] 셀 및 유닛의 조작에 따른 결과

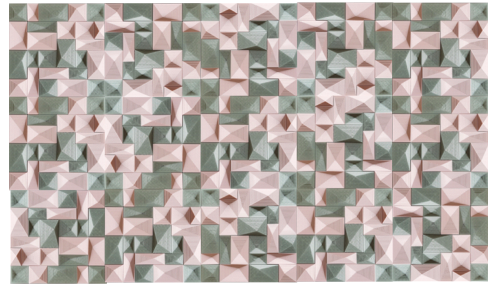
### 2-3. 플렉서블 디자인 패턴(FDP)의 응용

FDP는 도시나 건축, 실내나 실외든 다양화·개성화되어 가는 생활환경 속에서 이를 해결하는 ‘장식적 입체타일’로서 활용이 가능하다.(그림 4) 그림 4(a)는 그림 3(a)를 활용한 사례로 6개의 평면 셀을 요철 형태로 렌더링 한 다음 3D프린터를 통해 두 가지 컬러로 출력해 이를 자유롭게 배치한 결과이다. 그림 4(b)는 또 다른 비율로 구획한 6개의 셀을 토대로 입체화한 사례로 출력 후 컬러를 채색하여 자유롭게 전개한 경우다.

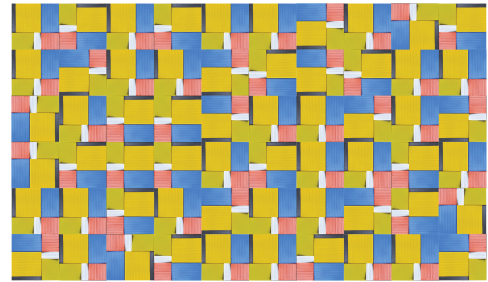
FDP는 무엇보다 조작과정에 개인의 자유로운 감성이 반영되기 때문에 마치 DIY 조형 키트와 같은 조작이 가능하다. 결국, 특정한 규칙에 구애되기 보다는 개인의 직관에 따라 자유롭게 구성할 수 있고, 그렇게 조합하여도 생각 이상의 아름다운 결과를 얻을 수 있다는 장점을 가지고 있기 때문에 사람들에게 흥미로운 경험을 제공할 뿐만 아니라 각자의 개성을 마음껏 표출할 수 있는 매체이기도 하다.<sup>14)</sup>

13) 하봉수(2017), 앞의 논문, p.660

14) 하봉수(2017), 앞의 논문, p.667-668



(a)



(b)

[그림 4] 플렉서블 디자인 패턴(FDP) 모형

## 3. 육각형 유닛조형의 생성기법

### 3-1. 테셀레이션

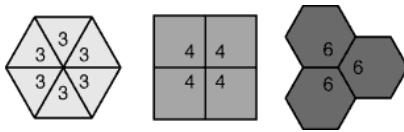
테셀레이션(Tessellation)이란 벽이나 천정, 바닥 등에 깔려있는 타일처럼 어떠한 틈이나 포개짐 없이 평면이나 공간을 도형으로 완벽하게 덮는 것을 말한다.<sup>15)</sup> 즉 ‘타일 깔기(tiling)’나 ‘모자이크(mosaic)’와 동일하며, 우리말로 ‘꼭매맞춤’이라고 부른다. 이러한 테셀레이션을 이용하여 패턴을 생성하는 방법으로는 모든 꼭지점에서 같은 배열을 갖는 ‘아르키메데스 테셀레이션’과 각 꼭지점에서의 정다각형의 배열순서가 두 가지 또는 세 가지로 되어 있는 ‘반정다각형 테셀레이션’, 그리고 정다각형이 아닌 다각형으로 이루어진 테셀레이션과 그 외 여러 가지 테셀레이션이 있다.<sup>16)</sup>

육각형 유닛조형을 위한 테셀레이션은 정삼각형, 정육각형 등 한 종류의 다각형으로 만들어지는 정다각형 테셀레이션이 기본이 된다.(그림 5) 특히 FDP효과를 만들어내기 위한 기법으로 듀얼(Dual) 테셀레이션이 힌

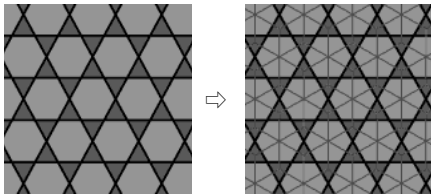
15) 채희원 외 2인, 새롭게 다가가는 평면도형·입체도형I, 수학사랑, 1999, p.26

16) 허영인, 수학 교수-학습에서 테셀레이션 활용 가능성에 관한 연구, 한국외국어대학교 석사학위논문, 2006, p.5

트가 된다.(그림 6) 이는 그림과 같이 임의의 테셀레이션에서 인접한 다각형의 모든 중심을 연결하여 새로운 테셀레이션을 만드는 것이다. 이렇게 만들어진 테셀레이션은 본래 테셀레이션에 또 다른 패턴의 테셀레이션이 겹친 모습으로 마치 모아레(Moire) 현상(그림 7)과 같이 두 장의 투명 레이어가 중첩된 느낌과 유사하다. 따라서 두 가지의 패턴의 중첩 위치를 변화시키면서 시각적 효과를 검토한다면 마치 모아레 현상에서 일어나는 패턴의 변화를 발견할 가능성도 있다고 판단된다.



[그림 5] 정다각형 테셀레이션



[그림 6] 듀얼 테셀레이션

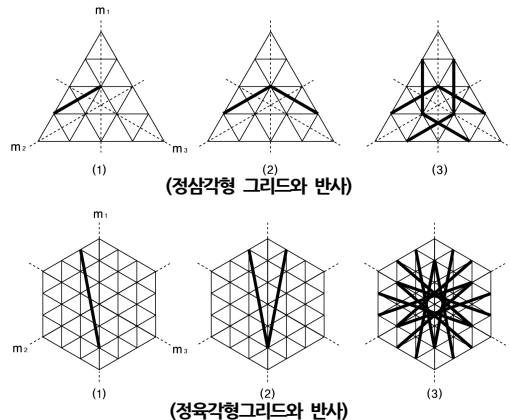


[그림 7] 모아레 현상<sup>17)</sup>

### 3-2. 오스트발트의 형태시스템

색채 연구가로 유명한 오스트발트(F. W. Ostwald)의 형태에 관한 연구결과가 흥미롭다. 그의 형태시스템<sup>18)</sup>은 테셀레이션과 같이 수학적으로 매우 엄격하게 이루어져 있다. 정테셀레이션과 유사하게 형태를 생성하는 기본구조로 삼각형, 정사각형, 정육각형 그리드를 활용하고 있으며, 각각의 그리드에 반사축이나 회전축을 설정함으로써 단 하나의 형태소만으로도 순차적이며

즉시적으로 복잡한 패턴을 생성할 수 있는 것이 특징이다.(그림 8)



[그림 8] 오스트발트의 형태시스템 기본구조

이상 듀얼 테셀레이션과 오스트발트의 형태시스템 등에 내재된 공통적 성질을 분석하면 대칭성이 중심이 되고, 질서와 더불어 변화의 이미지를 생성시킬 수 있는 기법으로는 중첩에 힌트가 있다고 판단된다. 즉 대칭을 통해 복잡함 속에 질서를 생성해 내면서 확대·축소, 중첩 등 변형의 요인을 제공함으로써 통일과 변화라는 미의 정의에 다가가는 형식을 취하고 있다. 특히 오스트발트의 형태시스템에서 채용한 정삼각형과 정육각형의 그리드는 테셀레이션과 마찬가지로 평면을 빈틈 없이 메우는 타일형식의 패턴을 만들 수 있는 방법이지만, 오스트발트의 그것은 테셀레이션과는 달리 그리드 내부에 반사축과 회전축을 형태생성의 원리로 활용하고, 다각형의 그리드는 내재적 구조로만 활용하고 있는 점이 주목된다.

## 4. 육각형 입체유닛 개발 및 전개

### 4-1. 셀 및 유닛 디자인과 전개방식

앞에서 검토한 대칭성은 마치 거울이 어떤 대상의 허상을 자동적으로 생성하는 것처럼 같은 형태를 자동적으로 생성하는 힘을 가지고 있다. 또한 모아레 현상이나 듀얼 테셀레이션, 그리고 오스트발트의 형태시스템 등은 수학적 대칭성이 만들어 내는 질서에 형상적 변화를 촉발시켜 FDP효과를 얻을 수 있는 힌트를 제공한다. 이런 관점에서 셀의 디자인 및 구성방식, 그리고 유닛의 전개방식 등에 있어서 주기성, 비주기성, 규칙

17) 브루노 무나리, 디자인과 시각 커뮤니케이션, 노성두역, 두성북스, 2010, p.121, p.150

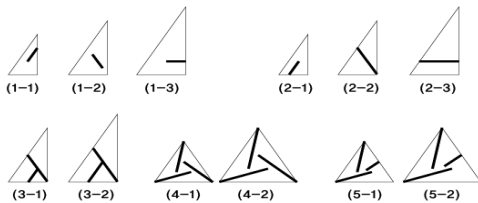
18) Karl Gerstner(阿部公正訳), 『色の形』, 朝倉書店, 1996, pp.75-90

성과 불규칙성 등의 조작이 필요하고, 그런 차원에서 셀 및 유닛디자인과 전개방식을 표 2와 같이 정리했다.

[표 2] 셀 및 유닛 디자인과 전개방식

| 삼각형 셀(Cell)                                                                            |                                                                                                                | 육각형 유닛(Unit)                                                                                             | 전개방식                                                                         |
|----------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|
| 내부 형상                                                                                  | 입체 형상                                                                                                          |                                                                                                          |                                                                              |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• 반사대칭</li> <li>• 회전대칭</li> <li>• 변형</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 평탄형(<math>\Pi</math>)</li> <li>• 돌기형(<math>\Lambda</math>)</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 평행이동</li> <li>• 반사대칭</li> <li>• 회전대칭</li> <li>• P31m</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 전개패턴 중첩</li> <li>• 유닛 중첩</li> </ul> |

먼저 셀의 디자인은 그림 9, 10과 같이 평면과 입체로 구분했다. 두 경우 모두 셀은 정삼각형을 기본으로 하며, 다만 패턴의 최소단위는 대칭성을 갖지 않는 원칙을 고려하여 이등변 삼각형으로 구현한 경우를 추가적으로 검토했다. 여기서 셀의 내부 형상은 오스트발트의 형태생성 규칙을 응용해 회전대칭, 반사대칭, 변형 등을 이용해 만들어 졌고(그림 9, 10참고), 입체 형상은 돌출부가 평평한 평탄형( $\Pi$ )과 돌기형( $\Lambda$ ) 등 2가지 스타일로 구분하여 제작했다.(그림 10) 셀의 조합체라고 할 수 있는 유닛은 정육각형을 기본으로 하며, 유닛의 구성방식은 평행이동 및 반사대칭, 그리고 17가지 수학적 대칭성 중에서 대표적인 사례인 p31m<sup>19)</sup>의 방식을 적용해 완성했다. 특히, 시각적 효과를 최종적으로 좌우할 수 있는 전개방식은 평면상의 전개패턴 중첩의 효과를 참고해, 입체유닛의 경우에도 전개패턴 중첩과 유닛 중첩 후 사방 전개시키는 경우로 구분해 비교했다.



[그림 9] 평면 셀 디자인

19) 구자홍·하봉수, 17가지 수학적 대칭성의 시각적 교육모형 개발에 관한 연구, 기초조형학연구, Vol.12 No.1, 2011, p.34를 참조하면, P31m의 조작방법은 최소단위를 120° 회전중심에 따라 회전시켜 삼각형의 격자로 구성한 다음, 이를 반사시키면 기본적으로 전 평면을 매우게 되는데, 이때 각 삼각형의 회전중심을 연결하면 정육각형의 격자를 토대로 하는 단위문양을 완성할 수 있다.

| 구분 | 평탄형( $\Pi$ ) | 돌기형( $\Lambda$ ) |
|----|--------------|------------------|
| 1  |              |                  |
| 2  |              |                  |
| 3  |              |                  |
| 4  |              |                  |
| 5  |              |                  |
| 6  |              |                  |

[그림 10] 입체 셀 디자인

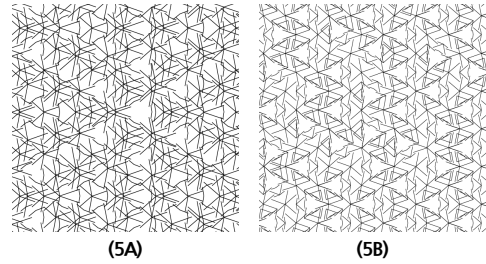
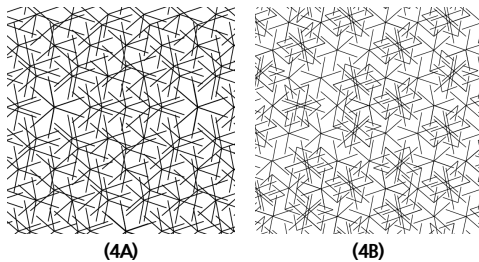
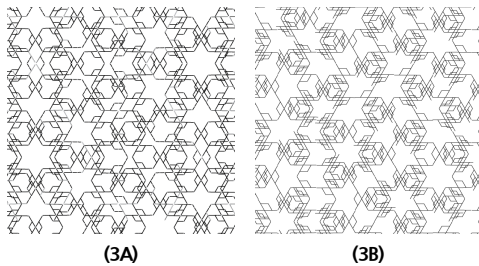
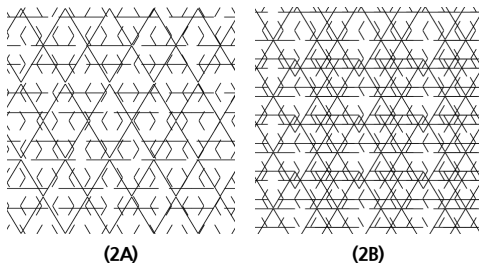
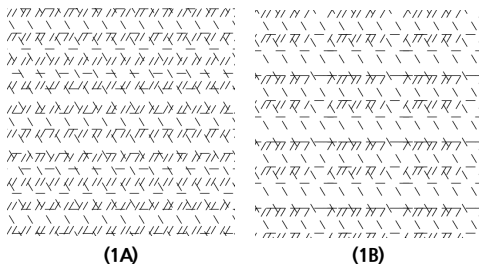
#### 4-2. 평면유닛 전개

평면유닛의 경우, FDP효과를 확인하기 위해 다섯 종류의 셀을 최소단위로 한 유닛을 구성한 다음, 전개 패턴 중첩과 유닛 중첩이라는 두 가지 방식을 채용해 그 결과를 11과 같이 제시했다. 먼저 그림 11에서 전자의 3종류는 이등변삼각형을 셀로 사용한 것이고, 나머지 2종류는 정삼각형 셀을 이용한 경우다. 또한 (A)는 전개패턴 중첩을 (B)는 유닛 중첩의 결과다. 세부적인 제작과정을 설명하면, 예를 들어 (1A)는 전개패턴 중첩의 경우로 각 셀 (1-1), (1-2), (1-3)을 회전대칭 및 평행이동을 통해 전개패턴을 완성한 다음, 이들 세 가지 전개패턴을 중첩한 결과다. (1B)는 유닛 중첩의 경우로 셀 (1-1), (1-2), (1-3)을 변 또는 꼭지점이 일치하도록 중첩한 다음 이들 묶음인 유닛을 회전대칭 및 평행이동시켜 전개패턴으로 완성한 것이다.

이상의 시각적 결과를 표 3처럼 기호로 정리했다. 표 3의 FDP효과를 보면, 셀의 형상, 즉 이등변 삼각형 (1A~3B)과 정삼각형(4A~5B)에 의한 차이는 크지 않고, 또한 동일한 외형의 이등변 삼각형이지만 내부 형태를 달리한 3가지의 경우를 비교해도 시각적 효과 측면에서 확연한 차이는 발견되지 않는다. 유닛의 구성방식인 대칭성의 경우 통상의 평행이동, 반사, 회전대칭의 경우보다 p31m과 같이 복잡한 대칭조작이 이루어지는 경우가 통일감이 강조되는 반면에 변화의 인상이 적다는 것을 알 수 있다. 그러나 전개방식은 예상한대로 전개패턴 중첩의 경우가 유닛중첩의 경우보다 질서와 변화를 겸비한 FDP효과가 선명하게 나타난다는 것을 알 수 있다. 반면 (2B)와 같이 1/2, 1/3처럼 이음

방식(중첩정도)에 따라 시각적 효과가 강화되기도 하며, (4B)와 같이 유닛전개가 규칙적일 때 보다 불규칙적으로 배치할 때 변화의 이미지가 생성되는 것을 확인할 수 있다.

결국, 평면유닛 전개에의 경우, 셀의 형상이나 유닛의 구성방식은 시각적 변별력이 약하고 전개방식만이 FDP 효과를 생성하는 인자로서 의미가 있다고 할 수 있다. 특히 유닛 중첩의 경우는 규칙적 전개보다 불규칙적 전개가 어느 정도 시각적 효과를 얻을 수 있다는 것을 알 수 있다.



[그림 11] 평면유닛의 전개

[표 3] 평면 유닛조형의 FDP효과

| 구분 | 셀(Cell)                     | 유닛(Unit)                                       | 전개방식                         | FDP효과                                             |
|----|-----------------------------|------------------------------------------------|------------------------------|---------------------------------------------------|
| 범례 | • 이등변 삼각형 (△)<br>• 정삼각형 (△) | • 평행이동 (Tra)<br>• 반사(Re)<br>• 회전(Ro)<br>• P31m | • 전개패턴 중첩(PO)<br>• 유닛 중첩(UO) | • 강화(◎)<br>• 보통(○)<br>• 약함(◇)<br>• 없음(x)<br>질서/변화 |
| 구분 |                             |                                                |                              |                                                   |
| 1A | △                           | Tra                                            | PO                           | ○/○                                               |
| 1B | △                           | Tra                                            | UO                           | ○/◇                                               |
| 2A | △                           | Re                                             | PO                           | ○/○                                               |
| 2B | △                           | Re                                             | UO*                          | ○/○                                               |
| 3A | △                           | P31m                                           | PO                           | ○/○                                               |
| 3B | △                           | P31m                                           | UO*                          | ○/◇                                               |
| 4A | △                           | Tra+Ro                                         | PO                           | ○/○                                               |
| 4B | △                           | P31m                                           | UO*                          | ○/○                                               |
| 5A | △                           | P31m                                           | PO                           | ○/◇                                               |
| 5B | △                           | P31m                                           | UO*                          | ○/◇                                               |

#### 4-3. 입체유닛 전개

평면유닛의 전개 결과를 참고해 FDP효과를 생성하기 위해 그림 10과 같이 평탄형과 돌기형 두 가지 타입의 입체 셀을 5종 디자인했다. 이어 평행이동, 반사대칭, 회전대칭, p31m 등 대칭조작을 통해 유닛을 구성하고, 전개패턴 중첩과 유닛 중첩방식으로 전개시킨 결과를 그림 12와 같이 제시했고, FDP효과를 표 4로 다시 정리했다. 여기서 a는 셀의 입체 형상이 평탄형(□)을, b는 돌기형(△)을 의미하고, PO(Pattern Overlap)는 전개패턴 중첩을 UO(Unit Overlap)는 유닛 중첩을 나타낸다. 그리고 PDF효과는 범례와 같이 질서/변화의 인상을 기호를 이용해 나타냈다. 예를 들어 ◎/◎은 수학적 질서와 변화의 인상이 강한 것으로 개념적으로 성립될 수 있지만 대립적 성질이 강해 실현이 매우 어려울 수 있다. 반면 ○/○은 질서성과 변화성을 조화롭게 겸비한 상태로 본고에서 추구하는 이상적인 FDP효과라 할 수 있다.

먼저 그림 12의 (1)사례는 그림 10의 1 셀을 사용했고, 여기서는 평탄형(a)과 돌기형(b)으로 디자인한



셀의 입체 형상 차이에 따른 FDP효과를 전개패턴 중첩을 통해 확인하고자 했다. 결과적으로 평탄형은 질서보다 형태의 변화가 강하게 느껴지며, 돌기형은 질서와 변화의 인상이 동시에 환기되면서 가장 이상적인 FDP효과를 발휘한다는 것을 확인할 수 있다.

(2)사례는 그림 10의 2 셀을 사용했고, 평행이동과 회전(Tra+Ro)이라는 가장 단순하고 편리한 유닛 구성 방식을 사용할 경우의 FDP효과를 검토했다. 평탄형의 경우, 전개패턴 중첩(2a\_1)이 유닛 중첩(2a\_2)보다 변화가 강하지만, 돌기형은 전개패턴 중첩(2b\_1)과 유닛 중첩(2b\_2)의 차이가 적고 질서와 변화의 이미지를 함께 느낄 수 있다.

(3)사례는 그림 10의 3 셀을 사용했고, p31m이라는 유닛의 구성원리에 따른 FDP효과를 유닛 중첩을 통해 검토했다. 특히 유닛 중첩 후 사방전개에 있어 규칙적 전개(UO)와 불규칙적 전개(UO\*)로 구분해 이들의 차이를 관찰했다. 그림 (3a\_1), (3a\_2)와 같이 평탄형의 경우 질서는 생기지만 변화의 이미지가 적고, 또한 규칙 및 불규칙 전개에 의한 시각적 차이도 크지 않다. 반면, (3b\_1), (3b\_2)와 같이 돌기형의 경우 규칙적 전개보다 불규칙적 전개에 의해 변화의 인상이 강화되는 것을 알 수 있다.

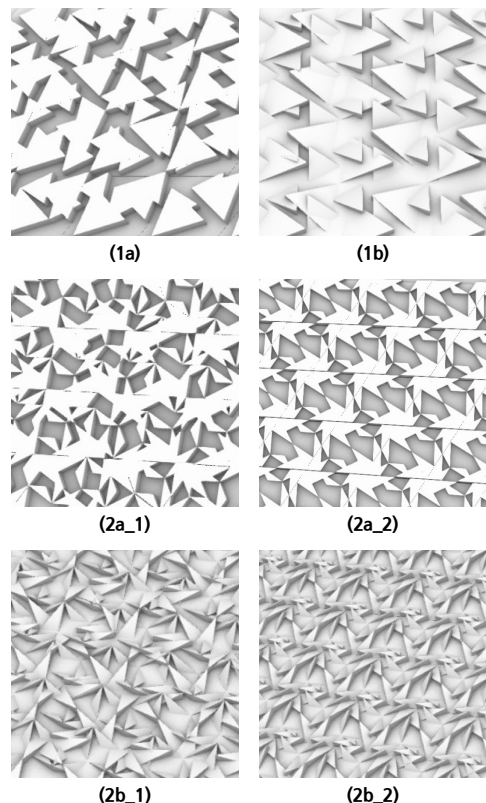
(4)사례는 위 (3)의 결과를 재확인하기 위해 그림 11의 4와 같이 셀의 입체 형상을 달리하여 FDP효과를 검토했다. 결과적으로 셀의 디자인에 따라서는 평탄형 유닛중첩이라도 불규칙적으로 전개하면 변화의 이미지가 생성될 수 있으며(4a\_2), 돌기형의 경우 평탄형에 비해 강한 변화를 생성한다는 점을 재확인하였다(4b\_2).

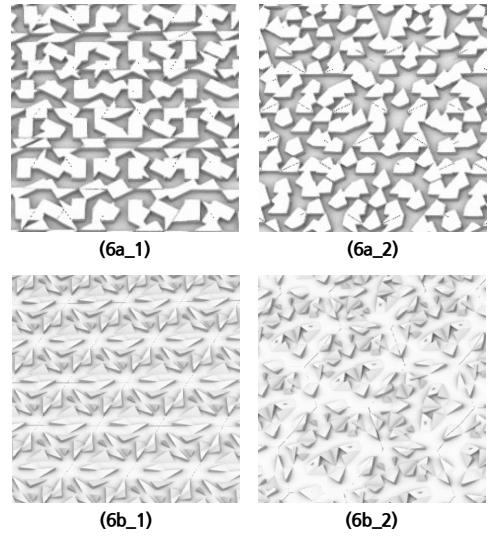
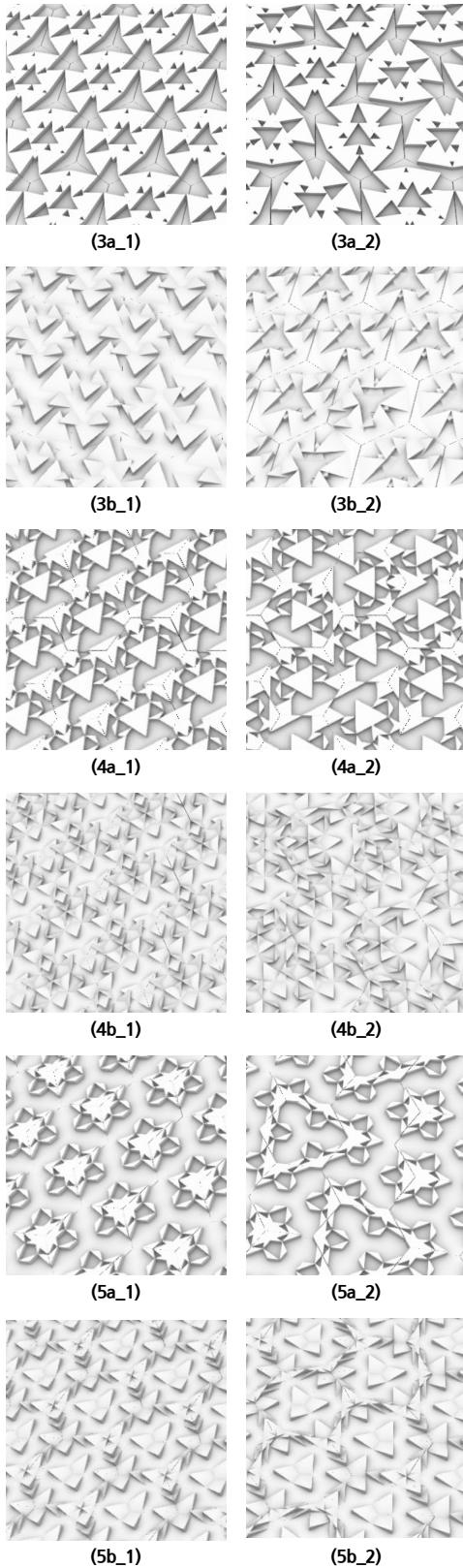
(5)사례는 위 (3), (4)의 결과를 바탕으로 FDP효과를 강화하기 위한 방책으로 그림 10의 5와 같이 셀의 형상을 비대칭적으로 제작했다. 결과적으로 비대칭 형상의 셀을 조합한 유닛중첩의 경우, (5a\_2), (5b\_2)와 같이 규칙보다 불규칙적으로 전개할 경우 FDP효과가 생성되며, 평탄형보다 돌기형에서 변화의 인상을 강하게 느낄 수 있다.

(6)사례는 그림 10의 6 셀을 사용했고, 여기서는 셀의 입체 형상 차이, 유닛 구성방식의 차이, 전개방식의 차이에 의한 FDP효과를 포괄적으로 검토했다. 그림과 같이 셀의 세부적인 형태보다 평탄형과 돌기형 등 입체 형상의 차이에 의해 확연한 인상차이가 생긴다. 결국 FDP효과를 도출하기 위해서는 셀의 입체적 형상 디자인이 무엇보다 중요하다는 점을 시사한다. 또한 유

닛의 구성방식보다는 전개방식에 따른 차이를 확인할 수 있고, 특히 유닛 중첩의 경우라도 육각유닛을 자유롭게 회전시키면서 랜덤하게 배치하면 시각적 질서와 함께 변화를 추구할 수 있다는 점을 확인했다(6b\_2).

이상 결과를 효과적인 FDP효과 창출을 위한 방법론적 측면에서 시사점을 요약하면 다음과 같다. 첫째, 셀의 디자인(대칭적, 비대칭적)보다 입체형상(평면형, 돌기형)이 상대적으로 더 중요하다. 따라서 비대칭적 셀 디자인과 돌기형 입체형상을 어떻게 만들 것인가에 중점을 두고 개발할 필요가 있다. 둘째, 유닛의 구성방식(기본 대칭성, p31m)보다 전개방식(유닛 중첩, 전개패턴 중첩)이 중요하고, 무엇보다 유닛 중첩의 경우, 불규칙한 배치가 효과적이라 할 수 있다. 결국 디자인이나 형상의 방향성을 의식하지 않고 무작위로 배치하여도 변화 속에 질서를 담고 있는 육각형 플렉서블 디자인 패턴은 단순하지도 그렇다고 복잡하지도 않은 변화 속에서 통일성을 갖춤으로써 오랜 미의 정의에 접근하고 있는 매우 유니크한 조형물이라 할 수 있다.





[그림 12] 입체유닛의 전개

[표 4] 입체 유닛조형의 FDP효과

| 구분   | 셀(Cell)                                                                      | 유닛(Unit)                                                                                                           | 전개방식                                                                                 | FDP효과                                                                                                                       |
|------|------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 범례   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 평탄형(□)</li> <li>• 돌기형(△)</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 평행이동 (Tra)</li> <li>• 반사(Re)</li> <li>• 회전(Ro)</li> <li>• P31m</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 전개패턴 중첩(PO)</li> <li>• 유닛 중첩(UO)</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 강함(◎)</li> <li>• 보통(○)</li> <li>• 약함(◇)</li> <li>• 없음(x)</li> <li>질서/변화</li> </ul> |
| 구분   |                                                                              |                                                                                                                    |                                                                                      |                                                                                                                             |
| 1a   | □                                                                            | Tra+Ro                                                                                                             | PO                                                                                   | ◇/◎                                                                                                                         |
| 1b   | △                                                                            | Tra+Ro                                                                                                             | PO                                                                                   | ○/○                                                                                                                         |
| 2a_1 | □                                                                            | Tra+Ro                                                                                                             | PO                                                                                   | ◇/◎                                                                                                                         |
| 2a_2 | □                                                                            | Tra+Ro                                                                                                             | UO                                                                                   | ○/x                                                                                                                         |
| 2b_1 | △                                                                            | Tra+Ro                                                                                                             | PO                                                                                   | ○/○                                                                                                                         |
| 2b_2 | △                                                                            | Tra+Ro                                                                                                             | UO                                                                                   | ○/◇                                                                                                                         |
| 3a_1 | □                                                                            | P31m                                                                                                               | UO                                                                                   | ○/x                                                                                                                         |
| 3a_2 | □                                                                            | P31m                                                                                                               | UO*                                                                                  | ○/◇                                                                                                                         |
| 3b_1 | △                                                                            | P31m                                                                                                               | UO                                                                                   | ○/◇                                                                                                                         |
| 3b_2 | △                                                                            | P31m                                                                                                               | UO*                                                                                  | ○/○                                                                                                                         |
| 4a_1 | □                                                                            | P31m                                                                                                               | UO                                                                                   | ○/x                                                                                                                         |
| 4a_2 | □                                                                            | P31m                                                                                                               | UO*                                                                                  | ○/◇                                                                                                                         |
| 4b_1 | △                                                                            | P31m                                                                                                               | UO                                                                                   | ○/◇                                                                                                                         |
| 4b_2 | △                                                                            | P31m                                                                                                               | UO*                                                                                  | ○/○                                                                                                                         |
| 5a_1 | □                                                                            | P31m                                                                                                               | UO                                                                                   | ○/x                                                                                                                         |
| 5a_2 | □                                                                            | P31m                                                                                                               | UO*                                                                                  | ○/◇                                                                                                                         |
| 5b_1 | △                                                                            | P31m                                                                                                               | UO                                                                                   | ○/◇                                                                                                                         |
| 5b_2 | △                                                                            | P31m                                                                                                               | UO*                                                                                  | ○/○                                                                                                                         |
| 6a_1 | □                                                                            | Tra+Ro                                                                                                             | PO                                                                                   | ◇/◎                                                                                                                         |
| 6a_2 | □                                                                            | P31m                                                                                                               | PO                                                                                   | ◇/○                                                                                                                         |
| 6b_1 | △                                                                            | Tra+Ro                                                                                                             | UO                                                                                   | ○/x                                                                                                                         |
| 6b_2 | △                                                                            | P31m                                                                                                               | UO*                                                                                  | ○/○                                                                                                                         |

## 5. 결론

본고는 육각형 입체유닛을 기반으로 FDP효과를 창출할 수 있는 방안을 검토한 것이다. 특히 입체 유닛조형의 활용, 즉 실용적인 측면에서 입체타일로의 제품화를 염두에 두고 '유닛 중첩' 방식에 의한 FDP효과 창출에 중점을 두었다.

보통 반복 패턴의 경우 단위가 되는 두 요소가 근접해 있고, 이들 요소의 정 가운데에 대칭성이 존재하는데, 여기에는 한 종류의 대칭성의 반복이 아니라, 부분부분이 이 쪽 대칭성의 영역이기도 하며, 저 쪽 대칭성의 영역이 되기도 하면서 시각적 착각을 불러일으키는 것이 특징이라 할 수 있다. 한편, 입체 유닛조형의 경우, 셀 및 유닛을 중첩시키면서 최소단위가 되는 형태소가 기존의 형상과는 전혀 다른 모습으로 변형되고, 이러한 형태 변화와 대칭성이 조합됨으로써 대칭성만으로는 얻을 수 없는 통일과 변화의 이미지를 만들어 내면서 사람들에게 미적 쾌감을 줄 수 있다는 것이 FDP가 갖는 매력이라 할 수 있다.

이러한 FDP효과는 기본적으로 셀의 형상과 유닛의 구성방식, 그리고 전개방식 등이 변수가 되겠지만, 무엇보다 셀의 입체형상과 전개방식이 시각적 효과를 좌우하는 요체라는 것을 확인하였다. 즉 셀의 형상은 평탄형보다 돌기형이 효과적이며, 전개방식은 유닛 중첩보다 전개패턴 중첩이 효과적이다. 다만, 실제 입체타일 등 제품화를 고려해 유닛 중첩에 의한 전개방식이 필요하며, 이때 시각적 효과를 얻기 위해서는 유닛의 불규칙적 배치가 유효하다는 것을 밝혔다.

FDP는 심미적 결과물을 생성하는 기법이자 원리로서 다양한 응용이 가능하다. 본고에서를 인테리어 측면에서 장식용 입체타일의 경우를 검토했지만, 액세서리, 놀이학습도구, 아트 키트 등 다양하게 활용이 가능하다. 그런 측면에서 유닛조형의 연구는 조형 본연의 표현세계를 확장하려는 노력이기도 하지만 인간 생활 및 산업에 공헌할 수 있는 실용적 조형탐구이기도 하다.

## 참고문헌

1. 구자홍, 텍스타일디자인을 위한 형태 발상지원도구 개발에 관한 연구, 한국디자인문화학회지, 2010
2. 구자홍·하봉수, 17가지 수학적 대칭성의 시각적 교육모형 개발에 관한 연구, 기초조형학회, Vol.12 No.1, 2011
3. 김거수, 아이덴티티 디자인 or 로고 디자인 웬만큼 이해하기, 드마북스, 2014
4. 디자인기법편집위 편집, 디자인기법강좌 I, 낙원출판사, 1977
5. 브루노 무나리, 디자인과 시각 커뮤니케이션, 노성두역, 두성북스, 2010
6. 이경희, 모던 텍스타일 디자인, 창지사, 1999
7. 채희원 외 2인, 새롭게 다가가는 평면도형입체도형, 수학사랑, 1999
8. 하봉수 권영철·구자홍, 평면의 수학적 대칭성 모형에 기반 한 한국전통문양의 구성형식 체계화 연구, 기초조형학회연구, Vol.12 No.4, 2011
9. 하봉수, 모듈러를 접목한 플렉서블 입체조형물 개발 연구, 기초조형학회, Vol.18 No.5, 2017
10. 하봉수, 모듈러를 응용한 플렉서블 입체조형물의 교육적 활용방안 연구, 기초조형학회연구, Vol.19 No.2, 2018
11. 허영인, 수학 교수-학습에서 테셀레이션 활용 가능성에 관한 연구, 한국외국어대학교 석사학위논문, 2006
12. 한국문화재보호재단편, 한국의 무늬, 한국문화재보호재단, 2005
13. D. Schattschneider, Visions of Symmetry, W. H. Freeman and Company, 1990
14. Karl Gerstner(阿部公正訳),『色の形』, 朝倉書店, 1996, pp.75-90
15. ル・コルビュジェ, モデュロール1, 吉阪隆正訳, 鹿島出版会, 1993
16. 三井秀樹, 形の美とは何か, NHKbooks, 2000  
日本図学会編, 美の図学, 森北出版, 1998