

# 플렉서블디자인효과 조율을 위한 3D유닛패턴 디자인방법 체계화

Systematization of 3D Unit Pattern Design Method for Adjustable Flexible Design Effects

주 저 자 : 하봉수 (Ha, Bong Soo)    동양대학교 교수  
see@daum.net

<https://doi.org/10.46248/kids.2023.2.414>

접수일 2023. 5. 30. / 심사완료일 2023. 5. 31. / 게재확정일 2023. 6. 5. / 게재일 2023. 6. 30.

이 논문은 2022년도 동양대학교 학술연구비의 지원으로 수행되었음.

## Abstract

The purpose of this study was to provide a systematic design method that can harmonize the images of order and change, which can be considered as the visual characteristics of the Flexible Design Pattern(FDP). The research reviewed previous studies by grouping them according to their types and presented a design template that can harmonize visual impressions. As a result, the design method of FDP is summarized in three ways, starting with the square division based on modular and Fibonacci grid, creating order and change through the presence of symmetry manipulation in the shape design and development process, drawing visual effects while maintaining the convenience of a single unit by dividing the square into isomorphism and dimorphism, and creating unexpected intermediate forms through the overlap of large and small units. The design method that can harmonize the visual impressions of these patterns revolves around design aspects and development methods. In other words, design factors include division methods, shape design, cell combinations(cell overlap), and unit composition, while development methods include regular and irregular unit development using symmetry, among other factors that influence visual effects. The variations in impressions generated by these factors were symbolically indicated, and ultimately, a design template consisting of four adjustment directions and four combination methods was provided to facilitate the expression of the images of order and change. Furthermore, this study not only establishes a theoretical foundation for productization but also provides practical tools for design, which is expected to be useful not only for further research but also for design education.

## Keyword

Flexible Design Effects(플렉서블디자인효과), 3D Unit Pattern(3D유닛패턴), Systematization of Design Method(디자인 방법 체계화)

## 요약

본고는 플렉서블디자인패턴(FDP)의 시각적 특징이라 할 수 있는 질서와 변화의 이미지를 조율할 수 있는 체계적인 디자인방법을 제공하는데 목적을 두었다. 연구는 선행연구 자료를 유형별로 그룹핑하여 검토한 다음 시각적 인상을 조율하는 디자인 템플릿으로 제시하였다. 결과적으로 FDP의 디자인방식은 모듈러 및 피보나치 그리드 기반의 정사각형 분할을 시작으로 해서 형상디자인 및 전개과정에 대칭조작의 유무를 통해 질서와 변화를 생성시키는 방식, 사각형을 동형 및 이형으로 구획하여 단일유닛의 편리함을 유지하면서 시각적 효과를 도출하는 방식, 대소유닛의 중첩을 통해 예상하지 못한 중간형태를 생성하는 방식 등 세 가지로 요약된다. 이들 패턴의 시각적 인상을 조율할 수 있는 디자인방법은 디자인 측면과 전개방식을 축으로 한다. 즉 디자인은 분할방식, 형상디자인, 셀조합(셀중첩), 유닛구성 등의 요인이 있고, 전개방식은 대칭성 등을 이용한 유닛의 규칙적 전개와 불규칙 전개 등이 시각적 효과를 좌우하는 요인이라 할 수 있다. 이상의 요인에 의해 생성되는 인상의 변화를 기호로 명시했고, 최종적으로 4가지의 조율방향과 4가지의 조합방식으로 구성된 디자인템플릿을 제공함으로써 질서와 변화의 이미지를 용이하게 표현할 수 있도록 했다. 한편, 본 연구는 제품화를 위한 이론적 토대를 정비함과 동시에 디자인을 위한 응용도구를 제공하여 후속연구는 물론 조형교육에도 유용할 것으로 기대된다.

## 목차

### 1. 서론

1-1. 연구배경 및 목적

1-2. 연구대상 및 방법

### 2. 플렉서블디자인패턴(FDP)

- 2-1. 평면패턴의 구조와 인상
- 2-2. 플렉서블디자인패턴과 시각적 특징

### 3. 디자인 요인별 시각적 효과(PDE) 검토

- 3-1. 모듈러 응용 분할
- 3-2. 동형 구획과 이형 구획
- 3-3. 중첩 유닛
- 3-4. 연결포인트 이용 띠 형상

## 1. 서론

### 1-1. 연구배경 및 목적

연구자는 현재까지 2차원 평면의 조형원리인 대칭성(Symmetry)에 주목해 이를 이용한 3차원 입체패턴에 관한 연구를 진행해 왔고, 그러한 과정에서 플렉서블 입체타일을 개발해 보고한 바 있다. 이 입체타일은 기본적으로 유닛조형이 가지는 질서 정연함 속에서도 변화를 환기시키는 이른바 질서와 변화의 이미지를 동시에 겸비한 입체적 패턴으로 장식용 아티파일로 활용이 가능하다. 본인은 실제 제품화를 궁극적인 목표로 하고 다양한 각도에서 이를 확인하는 연구를 진행해 왔다. (표 1) 본 연구에서는 과거의 연구자료를 망라해 디자인 방법론의 체계를 구축함으로써 제품화를 위한 이론적 토대를 완비함과 동시에 후속연구를 위한 디자인 지침을 제시하고자 한다. 연구결과는 일종의 디자인템플릿으로서 기본적으로 질서와 변화의 정도를 가능하고 조절할 수 있는 유용한 지침이 될 것이다.

한편, 이러한 연구는 입체타일의 제품화를 지향한 연구이지만 교육적 활용도 가능하다. 특히 3D프린터를 활용한 모형 개발과정을 수업과 연계하면 학생들에게 시각과 촉각을 동시에 사용하는 유니크한 체험활동을 제공하여 조형원리의 구현과정의 이해는 물론 형태적 상상력을 자극하는 효과를 기대할 수 있을 것이다.

[표 1] 선행연구 목록

목록	제목
1	아시아적 문화 확산을 위한 문자패턴 연구
2	경상(鏡像)을 응용한 문자패턴 개발에 관한 연구
3	디자인 수법으로서 대칭에 관한 교육적 제재의 조사 및

## 4. 디자인방법 체계화

- 4-1. 시각적 효과의 형식화
- 4-2. FDE 조율 가이드

## 5. 결론

## 참고문헌

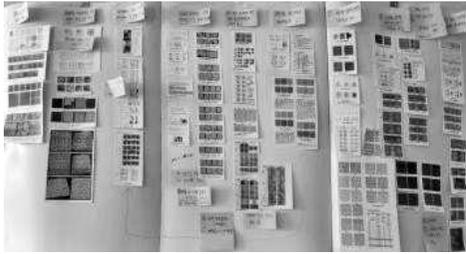
	고찰
5	한국전통문양의 구성형식 체계화를 위한 기반연구
6	17가지 수학적 대칭성의 시각적 교육모형 개발에 관한 연구
7	평면의 수학적 대칭성 모형에 기반 한 한국전통문양의 구성형식 체계화 연구
8	평면의 대칭군과 단정문양을 접목한 퍼즐형 교수매체 개발에 관한 연구
9	전통문양을 이용한 입체문양 개발 및 활용에 관한 연구
10	청소년 시설환경 개선을 위한 3D 시메트리 타일의 적용성 검토
11	모듈러를 접목한 플렉서블 입체조형물 개발 연구 ; 3D 프린팅을 통해서
12	모듈러를 응용한 플렉서블 입체조형물의 교육적 활용방안 연구
13	커뮤니티 아트 지향의 공공벽화 디자인패턴 개발과정 체계화 및 유용성 검토
14	시각형 유닛 기반의 다각형패턴 인식 입체타일 개발에 관한 연구
15	명암 대비, 그라데이션, 입체화와 음영의 유닛 반복 조형과 시각적 효과
16	플렉서블 입체모델의 채색 효과 연구
17	입체 유닛조형에 관한 연구
18	입체 유닛조형의 시각적 효과에 관한 연구
19	입체 유닛조형의 활용에 관한 연구

### 1-2. 연구대상 및 방법

연구는 질서와 변화의 이미지를 단계별로 표현할 수 있는 디자인 지침을 제시하는데 중점을 두고 기존까지 진행한 선행연구를 모두 나열한 다음 연구대상 및 디자인 방법, 결과에 대해 시각적 비교를 중심으로 유사성 및 관련성을 검토하여 그룹핑하고, 이를 토대로 형상디자인 수법과 전개방식에 대해 체계화 해가는 방식

으로 진행되었다.(그림 1)

특히 형상 디자인은 면적 디자인과 선적 디자인으로 구분되는데, 면적 형상을 가진 유닛을 사방으로 전개하면 연결이 매끄럽지 못해 리듬감이 약화되는 문제가 발생되는 경우가 있다. 때문에 리듬 및 연속성을 보완하기 위해서는 선적 형상이 유용하다. 여기서는 두 가지 형상의 차이와 이들의 활용에서 나타나는 시각적 효과를 염두에 두고 디자인 지침을 마련하고자 한다.



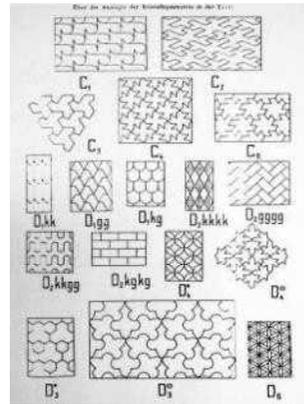
[그림 1] 선행연구 유형분류 및 검토

## 2. 플렉서블디자인패턴(FDP)

### 2-1. 평면패턴의 구조와 인상

1891년 러시아 결정학자 페드로프(E. S. Fedorov)는 평면상에 반복되는 패턴이 모두 17가지라는 것을 증명했고, 1924년 헝가리 수학자 폴리아(G. Polya)는 이를 17가지 도판으로 제시했다.<sup>1)</sup>(그림 2)

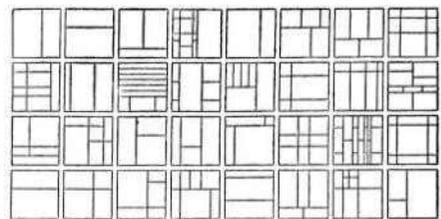
이는 평면상의 반복 패턴을 생성하는 수법으로 통칭 벽지패턴(Wallpaper Pattern)으로도 불린다. 이들 평면패턴은 단위형태(Unit)를 다양한 방법으로 이동시켜 생성한 것으로 평행이동, 반사, 미끄러짐 반사, 회전대칭 등에 의해 이루어진다. 결국, 이러한 4가지 기본 대칭조작을 반복함으로써 17가지 상이한 패턴을 생성하지만, 이들 패턴을 보면 대부분 단일유닛의 조작에 의해 이루어지기 때문에 시각적 변화보다는 질서 및 통일감이 강조된다.



[그림 2] G. Polya의 17가지 평면패턴 도판

### 2-2. 플렉서블디자인패턴(FDP)과 시각적 특징

입체적 형상의 플렉서블디자인패턴은 르 꼬르뷔지에의 분할놀이<sup>2)</sup>에 착목해 만든 것이다. 그림 3과 같이 정방형 유닛을 모듈러로 분할하면 여러 가지 모습의 면으로 구획된다. 특히, 분할된 최소단위(셀)를 정방형 내부에서 이동이나 회전하면 다양한 모습으로 나타난다. 이처럼 황금비를 내포한 모듈러로 분할된 정방형은 셀 및 유닛의 조작에 따라 시각적 모습이 조금씩 달라지면서 동시에 일정한 아이덴티티를 유지하는 것이 특징이다. 연구자는 이를 플렉서블 아이덴티티 디자인(Flexible Identity Design)의 개념에 비유하여 하나의 통일된 이미지를 유지함과 동시에 변화의 성질을 갖추고 있다는 의미에서 플렉서블디자인패턴(Flexible Design Pattern)<sup>3)</sup>이라고 명명했다.



[그림 3] 모듈러를 응용한 분할놀이

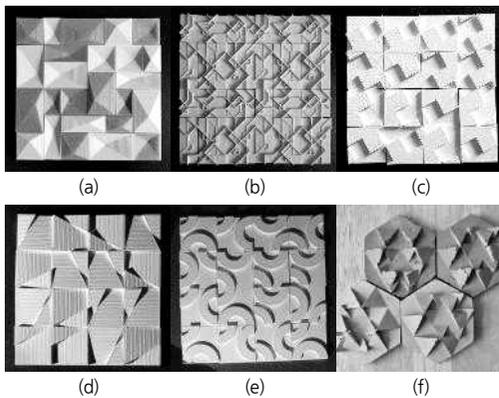
그동안 개발된 FDP는 크게 3가지 유형으로 분류할 수 있다. 첫 번째는 모듈러를 이용한 분할놀이에서 착

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

2) 르·콜뷔지에, 『모듈러 1』, 吉阪隆正訳, 鹿島出版会, 1993, p.65

3) [표 1]의 목록 11 연구. 이하 플렉서블디자인패턴은 FDP라고 약칭하여 기술함.

안해 최초로 개발한 FDP(그림 4의 a, b)<sup>4)</sup>이며, 두 번째는 이어붙이기, 정사각형 등분할, 폴리오미노 등을 활용한 면의 구획과 입체화 과정을 통해 개발된 FDP(그림 4의 c)<sup>5)</sup>와 브루노 무나리(Bruno Munari)<sup>6)</sup>의 분할법을 이용한 직선형 유닛과 곡선형 유닛의 FDP(그림 4의 d, e)<sup>7)</sup>이다. 세 번째는 모아레(Moire) 현상 및 듀얼(Dual) 테셀레이션 등에서 힌트를 얻어 대·소유닛을 중첩시켜 개발한 FDP(그림 4의 f)<sup>8)</sup>로 육각형과 사격형 유닛의 경우가 있다. 그리고 이러한 FDP가 갖는 질서와 변화의 이미지를 동시에 불러일으키는 시각적 특징을 플렉서블디자인효과(Flexible Design Effects)<sup>9)</sup>라고 칭한다.



[그림 4] 플렉서블디자인패턴 예시

### 3. 디자인 요인별 시각적 효과(FDE) 검토

#### 3-1. 모듈러 응용 분할

이는 하나의 유닛을 사방으로 전개시키는 기존 방식에서 벗어나 유닛을 여러 개의 셀로 분할하고 이들 셀을 대칭적 조작 및 랜덤 조작을 통해 재배치시켜 표정이 각기 다른 유닛으로 완성한 다음 이를 사방으로 전

4) [표 1]의 목록 11, 12 연구

5) [표 1]의 목록 14 연구

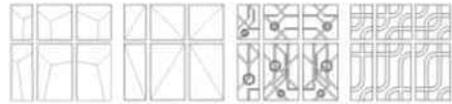
6) 브루노 무나리, 예술로서의 디자인, 김운수 역, 두성북스, 2012, p.225

7) [표 1]의 목록 15 연구

8) [표 1]의 목록 17~19 연구

9) 이하, 플렉서블디자인효과를 FDE라고 약칭하여 기술함.

개시키는 방식이다.(그림 5) 하나의 유닛을 여러 개의 셀로 나누고 이를 재구성한다는 원리는 매우 단순하지만 셀의 입체화와 재구성 방법에 따라서 매우 흥미로운 시각적 효과가 발생한다.



[그림 5] 모듈러 응용 6분할 유닛

이처럼 모듈러를 응용한 FDP 제작은 무엇보다 유닛의 ‘분할’이 출발점이다. [표 2]의 1)번과 2)번 연구는 분할방식에 중점을 두고, 셀 평면디자인, 셀 입체디자인 등 형상디자인 측면과 셀 조합, 유닛 전개 등 패턴의 구성적인 측면을 구분하여 FDP 개발 및 그 효과를 정리한 것이다.

[표 2] 모듈러 응용 분할과 시각적 효과

목록	구분	내용 <sup>1)</sup>
1)번 연구	목표	모듈러 응용 분할 패턴의 개발 및 시각적 효과 검토
	분할방식	<ul style="list-style-type: none"> <li>■모듈러 기반 6, 8, 9분할</li> <li>*같은 형태(동형)의 셀이 많으면 통일감 유도, 다른 형태(이형)의 셀이 많으면 변화유도</li> <li>*9분할의 경우, 상대적으로 질서, 통일감 유도</li> </ul>
	셀 평면 디자인	<ul style="list-style-type: none"> <li>■대각선, 평행선 등 직선 디자인</li> <li>*대각선으로 연결되는 셀은 연속성이 강조되고 질서와 리듬감 강화</li> <li>■원, 원호 등 곡선 디자인</li> <li>*원형 등 단독형태를 가진 셀을 랜덤하게 배치하면 연결성이 부족, 그러나 유닛을 규칙적으로 전개시키면 질서감 및 통일감 유도 가능, 즉 질서, 변화의 조율이 가능함</li> <li>*점, 작은 형상은 변화가 적고 통일감 생성</li> </ul>
	셀 입체 디자인	<ul style="list-style-type: none"> <li>■오목, 볼록, 경사</li> <li>-셀의 입체 형상은 오목, 볼록, 경사진 모습으로 디자인</li> <li>*경사면의 경우, 형상은 단순하나 패턴으로 전개시키면 변화가 강조됨</li> </ul>
셀 조합	<ul style="list-style-type: none"> <li>■셀의 이동, 회전, 반사, 자유조합</li> <li>-규칙적 조합(대칭성)과 불규칙적 조합</li> <li>*동형의 오목과 볼록 셀을 병치하면 시각적 변화와 더불어 질서 생성</li> </ul>	

	유닛전개	<ul style="list-style-type: none"> <li>■규칙적 전개 : 이동, 회전, 반사 등</li> <li>*대칭조작이 얼마나 규칙적인가가 질서의 척도가 됨</li> <li>*셀과 셀, 유닛과 유닛사이의 연결선(대각선)이 이어지면 질서, 통일감 생성</li> <li>*복수의 유닛을 병용하여 규칙적으로 전개하면 변화 있는 질서 유도</li> <li>■불규칙적 전개, 랜덤</li> <li>*무작위적인 셀 및 유닛의 전개는 질서 있는 이미지를 약화시킴</li> </ul>
2)번 연구	목표	1)번 연구의 입체패턴이 갖는 비연결성, 연속성 보완방안 검토
	분할방식	<ul style="list-style-type: none"> <li>■피보나치 그리드 기반 6분할</li> <li>*분할 자체는 질서보다 변화 생성에 영향</li> <li>■a유형 : 대각선 연결 중심(연구 1)</li> <li>■b유형 : 사각형의 가로 변 및 세로 변 사이의 연결성 강화(연구 2)</li> <li>-오스트발트의 형태시스템 응용 대칭적 형상을 가진 셀 디자인</li> <li>-변을 등간격으로 구획(연결포인트)하여 셀 디자인에 활용</li> <li>*대각선 및 변과 변 사이를 연결하는 형상(선적, 면적)은 연속성, 질서 유도</li> <li>*연결포인트 개수, 위치조건에 따라 변화 유도</li> <li>*띠 형상의 교차방법, 굵기, 셀의 여백에 형상 추가 등에 따라 변화 유도</li> </ul>
	셀 평면 디자인	
	셀 입체 디자인	<ul style="list-style-type: none"> <li>■오목, 복록, 경사, 곡면</li> <li>*표면 요철의 대비를 규칙 또는 불규칙적으로 구성하면 질서와 변화 조율</li> </ul>
	셀 조합	<ul style="list-style-type: none"> <li>■셀의 이동, 회전, 반사, 자유조합</li> <li>*오스트발트의 형태시스템 응용하면 시각적 질서 생성</li> </ul>
	유닛전개	<ul style="list-style-type: none"> <li>■규칙적 전개 : 이동, 회전, 반사 등</li> <li>*선적, 면적 형상의 유닛을 규칙적으로 전개하면 연속성, 연결성, 중간형태가 생성되면서 질서, 통일감 연출</li> <li>■불규칙적 전개(랜덤)</li> <li>*유닛의 불규칙적 전개는 변화 이미지 강화</li> <li>*선적 형상의 경우, 불규칙 전개에도 선 형상의 연결이 부분적으로 이루어지면서 연속성이 생김. 더불어 기존 유닛의 외곽형태가 사라지면서 이미지 변화</li> </ul>

[표 2]의 1번과 2)번 연구의 결과, 시각적 효과를

- 10) 표 내용에 사용된 기호의 의미
- : 디자인 요인에 대한 설명(타이틀)
  - : 디자인 요인에 대한 세부설명
  - \* : 디자인 요인별 시각적 효과

좌우하는 다섯 가지 디자인 요인을 보면, 먼저 분할 개수에 따라 질서와 통일감의 차이가 있다. 즉 분할 개수가 많을수록 시각적 차이가 줄어들면서 통일감 생성에 영향을 준다. 때문에 분할 개수를 통해 시각적 효과를 조율하는 것은 가능하지만 시공상의 어려움이나 효율성을 고려할 때 무한정 분할 개수를 늘리는 것은 합리적이지 않다.

셀 평면디자인은 기본적으로 대각선을 이용하면 연속성이 강조되면서 질서와 리듬감을 생성시킬 수 있고, 사각형의 각 변을 연결하는 방식, 특히 띠 형상을 연결하는 것은 질서 및 리듬감을 생성하는데 도움이 된다. 또한 셀 평면에 표현된 단독형태의 경우, 셀의 조합이나 유닛전개의 규칙 유무에 따라서 질서와 변화를 유도할 수 있다. 한편, 연결포인트를 이용한 가로 및 세로 연결성을 강조하기 위해서는 띠 형상의 교차방법, 굵기 등에 따라 시각적 효과를 조율할 수 있다.

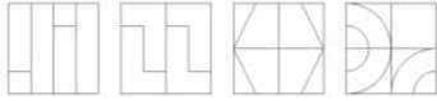
셀 조합 및 유닛의 전개는 대칭조작에 따른 규칙적 조작은 질서와 리듬을, 불규칙적 조작은 변화를 생성한다. 면적 형상의 유닛의 경우, 랜덤하게 배치하면 연결성은 약해지지만 통일감은 어느 정도 유지된다. 한편, 선적 형상은 불규칙적으로 전개해도 어느 정도 연결성이 생성된다.

### 3-2. 동형 구획과 이형 구획

정사각형을 모듈러로 분할하면 상사형<sup>11)</sup>이 생성되는데 이는 시각적 통일감을 주는 요인임에 틀림없다. 아래 4), 5)번 연구는 상사형의 특성을 고려하면서 또한 사각형 단일 유닛이 갖는 시공 효율성을 유지하기 위해 그림 6과 같이 하나의 유닛을 동형과 이형으로 구획<sup>12)</sup>한 뒤 입체화하여 FDE가 생성되는지 확인한 것이다. 즉 셀 및 유닛의 외곽형상에 주목해 외형차시와 중간형태 생성이 이루어지는지를 세부 디자인 요인별로 그 특성을 재구성 한 것이 [표 3]이다.

11) 상사형(相似形)의 사전적 의미는 크기와 관계없이 모양이 서로 비슷한 둘 이상의 도형을 말한다. 본고에서는 상사형과 달리 크기와 형태가 같은 형태를 동형(同形)으로 표기하고, 크기와 형태가 다른 형태를 이형(異形)으로 표기한다.

12) 보통 타일과 같이 한 가지 유닛을 단위로 하여 시공하면 가장 편리하다. 그러나 모듈러로 분할된 여러 가지 셀을 조합하고 이를 다시 사방으로 전개시키는 것은 시공상 어려움이 있다. 여기서는 이러한 문제를 개선하기 위해 유닛을 분할하지 않고 평면을 구획하여 입체화하는 방법을 사용했다.



[그림 6] 동형과 이형구획 유닛

[표 3] 동형 및 이형 구획과 시각적 효과

목록	구분	내용
4)번 연구	목표	사각형 단일 유닛의 시공 편리성을 가지면서 FDE를 발휘할 수 있는 입체패턴 개발
	구획방식	<ul style="list-style-type: none"> <li>■사각형 분할방식               <ul style="list-style-type: none"> <li>-삼각형 이어붙이기</li> <li>-팔각형 이어붙이기</li> <li>-육각형 이어붙이기</li> <li>-력키퍼즐</li> </ul> </li> <li>■정사각형 구획 방식</li> </ul> <동형 구획> <ul style="list-style-type: none"> <li>-정사각형 등분할 도형</li> </ul> *셀의 형태가 동일하여 통일, 질서 유지 <이형 분할> <ul style="list-style-type: none"> <li>-테트로미노 및 5×8사각형 배치</li> <li>-펜토미노 및 6×10 사각형 배치</li> </ul> *셀의 형태가 각기 달라 변화 유도
	셀 평면 디자인	-평면의 형상디자인 없음
	셀 입체 디자인	<ul style="list-style-type: none"> <li>■요철 및 경사</li> </ul> -분할된 셀은 요철 또는 경사로 입체화 *셀의 높이 차이(2배~4배)를 두면 시각적 다양화 가능
	셀 조합	<ul style="list-style-type: none"> <li>■규칙 또는 불규칙 조합</li> </ul> *셀의 조합방식에 따라 질서와 변화 유도
	유닛전개	<ul style="list-style-type: none"> <li>■규칙적 전개 : 이동, 회전, 반사 등</li> </ul> *입체유닛을 전개하면 사각형 유닛이 아니라 다각형으로 인식되는 경향이 강함 *유닛의 외형이 사라지면서 중간형태 생성 ■불규칙적 전개, 랜덤
	목표	4)번 연구에 이어 명암, 음영 요소를 주목하여 FDE를 발휘할 수 있는 입체패턴 개발
	분할방식	<ul style="list-style-type: none"> <li>■브루노 무나리의 분할법</li> </ul> -정사각형을 비대칭적으로 구획
	셀 평면 디자인	<ul style="list-style-type: none"> <li>■직선형 셀과 곡선형 셀</li> </ul> -직선을 이용한 비대칭적 정사각형 구획 -곡선을 이용한 비대칭적 정사각형 구획 ■평면 셀에 명암과 그라데이션 적용
	셀 입체 디자인	<ul style="list-style-type: none"> <li>■요철 및 경사</li> </ul> -입체 셀을 통한 음영효과 검토

셀 조합	<평면 셀 조합> <ul style="list-style-type: none"> <li>■직선형 셀</li> </ul> -2톤/3톤/그라데이션 셀 규칙, 불규칙 조합 <ul style="list-style-type: none"> <li>■곡선형 셀</li> </ul> -2톤/3톤/그라데이션 셀 규칙, 불규칙 조합 <입체 셀 조합> <ul style="list-style-type: none"> <li>-입체 셀 높이 차이(2배~4배)를 두고 규칙, 불규칙 조합</li> <li>-경사면의 입체 셀 규칙, 불규칙 조합</li> </ul>
	유닛전개 <ul style="list-style-type: none"> <li>■규칙적 전개 : 이동, 회전, 반사 등</li> </ul> *리듬, 연속성, 연결성 인식 용이, 외형차시 효과 생성 <ul style="list-style-type: none"> <li>■불규칙적 전개</li> </ul> *외형차시효과 높지만 리듬, 연속성, 중간형태 생성효과 약함 *음영효과는 조명의 방향에 따라 시각적 변화 큼

세부적으로 4)번 연구는 사각형<sup>13)</sup> 유닛을 도형 이어붙이기, 도형의 등분할, 폴리오미노 등의 수법을 응용하여 동형과 이형으로 구획하고, 구획된 면을 요철로 입체화 한 다음 이들 사각형 유닛을 규칙·불규칙적으로 전개시켰을 때 사각형의 외곽형태가 사라지면서(외형차시) 다각형(중간형태)이 인식되는지 검토한 것이다. 한편, 5)번 연구는 정사각형 유닛을 브루노 무나리의 분할법을 응용하여 이형으로 구획하고, 구획된 면(셀)을 명암과 그라데이션, 그리고 입체화 등을 통해 유닛을 완성한 다음 이를 전개시켜 시각적 효과(외형차시와 중간형태 생성, 연속성과 리듬감)를 검토한 것이다.

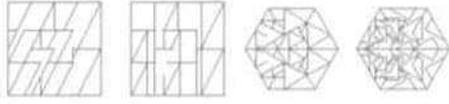
결과적으로 셀의 형태(동형, 이형)에 따라 질서, 변화의 유도가 가능하며, 입체의 높이를 차등적으로 구분하면 시각적 다양성 확보가 용이하다. 또한 유닛을 규칙적으로 전개하면 사각 원형이 가진 외형이 사라지면서 중간형태가 용이하게 생성된다.

### 3-3. 중첩 유닛

표 4의 7), 8), 9)연구는 셀 및 유닛의 형상에 중점을 둔 것으로 셀의 평면디자인과 입체디자인, 그리고 중첩 및 전개에 따른 시각적 효과를 검토한 것이다. 그림 7과 같이 7)번 연구는 6각형 유닛을 중심으로, 8)번 연구는 6각형 유닛과 4각형 유닛의 비교를 통한 시각적 효과를 검토하였고, 이를 바탕으로 시제품 개발

13) 구체적으로 마름모꼴, 직사각형, 정사각형이 사용됨.

및 제품으로서 장점을 검토한 것이 9)번 연구다.



(4각형 유닛)

(6각형 유닛)

[그림 기] 대소 유닛의 중첩을 통한 유닛

[표 4] 중첩 유닛과 시각적 효과

목록	구분	내용
7)번 연구	목표	FDE를 생성하는 6각형 유닛개발 검토
	분할방식	<ul style="list-style-type: none"> <li>■3각형 셀과 6각형 유닛</li> <li>-셀은 대칭적인 정삼각형과 비대칭적인 이등변 삼각형으로 구분</li> </ul>
	셀 평면 디자인	<ul style="list-style-type: none"> <li>■오스트발트의 형태시스템 응용</li> <li>-반사, 회전 등 대칭축을 이용한 셀 내부형상 제작을 통해 질서, 통일감 생성 요인 발굴</li> <li>*셀 평면디자인이 비대칭적일 때 변화 인상 유도</li> <li>■듀얼테셀레이션 응용</li> <li>-셀의 크기변화(확대·축소)와 중첩을 통한 변화 요인 발굴</li> </ul>
	셀 입체 디자인	<ul style="list-style-type: none"> <li>■평탄한 형상(평탄형)</li> <li>-요철의 돌출부를 평탄하게 디자인</li> <li>■뾰족한 형상(돌기형)</li> <li>-돌출부가 삼각형 돌기 형상의 디자인</li> <li>*셀 디자인에 있어 대칭성 유무(평면 디자인)보다 돌기형 형상(입체 디자인)이 시각적 변화를 주도</li> </ul>
	셀 조합	<ul style="list-style-type: none"> <li>■셀의 이동, 반사, 회전, p31m 등 대칭적 조작과 불규칙적 조작</li> <li>-대소 셀, 유닛을 중첩시켜 최종 유닛을 완성</li> <li>*대소 셀, 유닛의 중첩 위치에 따라 시각적 이미지 변화</li> </ul>
	유닛전개	<ul style="list-style-type: none"> <li>■중첩 유닛 전개</li> <li>-규칙 및 불규칙 전개를 통해 시각적 효과 확인</li> <li>*돌기 형상의 대소 유닛이 서로 중첩되면서 우연적인 형태 생성과 변화 유도</li> <li>*돌기 형상의 중첩 유닛을 불규칙적으로 전개하면 변화인상 강화</li> <li>*셀 조합보다 유닛의 전개방식이 시각적 효과에 영향을 미침</li> </ul>
	8)번 연구	<ul style="list-style-type: none"> <li>목표</li> <li>7)번 연구에 이어 FDE 생성을 위한 4각형 유닛개발(6각형 유닛과 비교)</li> <li>분할방식</li> <li>■6각형 유닛 : 3각형 셀</li> </ul>

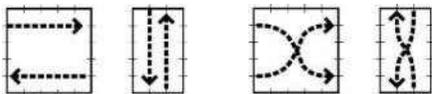
9)번 연구	셀 평면 디자인	<ul style="list-style-type: none"> <li>■4각형 유닛 : 4각형 셀</li> <li>■6각형 유닛 : 오스트발트의 형태시스템, 듀얼테셀레이션 응용</li> <li>-반사, 회전 등 대칭축 이용한 삼각 셀 내부형상 디자인</li> <li>■4각형 유닛 : 브루노 무나리의 분할법 응용</li> <li>-무나리의 시각형 분할법을 이용한 대칭, 비대칭 사각 셀 디자인</li> </ul>
	셀 입체 디자인	<ul style="list-style-type: none"> <li>■평탄한 형상(평탄형)</li> <li>-요철의 돌출부를 평탄하게 디자인</li> <li>■뾰족한 형상(돌기형)</li> <li>-돌출부가 삼각형 돌기 형상의 디자인</li> <li>*대소 셀의 형상차이는 대칭성 유무로 결정</li> <li>*대소 셀의 형상은 돌기형, 돌기형의 높이 차이를 두면 시각적 변화 유도</li> </ul>
	셀 조합	<ul style="list-style-type: none"> <li>■6각형 유닛 : 회전, p31m 등 대칭적 조작과 불규칙적 조합</li> <li>■4각형 유닛 : 이동, 중첩 등 대칭적 조작과 불규칙적 조합</li> <li>*대소 셀의 중첩은 여러 가지 대칭조작을 이용해 질서와 변화의 인상을 조율</li> </ul>
	유닛전개	<ul style="list-style-type: none"> <li>■중첩 유닛의 규칙적, 불규칙적 전개</li> <li>*중첩 유닛 개발시 대소 셀의 형상 및 크기 차이가 시각적 효과에 영향을 줌</li> <li>*유닛전개에 있어 규칙성 유무에 의해 시각적 효과 좌우</li> <li>*셀 또는 유닛 중첩시 기존 셀의 형상과는 전혀 다른 모습으로 변형되면서 일종의 중간 형태가 생성됨</li> <li>*셀 및 유닛이 갖는 대칭적 형태, 이들의 규칙적 전개에 의해 질서와 리듬이 생성</li> </ul>
	목표	FDP의 제품화 가능성 및 특성 검토
	분할방식	<ul style="list-style-type: none"> <li>■6각형 유닛 : 3각형 셀</li> <li>■4각형 유닛 : 4각형 셀</li> </ul>
	셀 평면 디자인	<ul style="list-style-type: none"> <li>■6각형 유닛 : 오스트발트의 형태시스템, 듀얼테셀레이션 응용</li> <li>■4각형 유닛 : 브루노 무나리의 분할법 응용</li> <li>*셀 평면디자인에 있어 비대칭적 형상이 시각적 변화 유도</li> <li>■평탄한 형상(평탄형)</li> <li>■뾰족한 형상(돌기형)</li> <li>*셀 입체디자인은 돌기형이 유용</li> <li>*돌기의 높이를 저, 중, 고부조 형식으로 구분하면 시각적 효과 조율 용이</li> </ul>
셀 조합	<ul style="list-style-type: none"> <li>■6각형 유닛 : 회전, p31m 등 대칭적 조작과 불규칙적 조합</li> <li>■4각형 유닛 : 이동, 중첩 등 대칭적 조작과 불규칙적 조합</li> </ul>	

	-셀의 조합은 대칭/비대칭, 규칙/불규칙적 조합이 가능
유닛전개	<ul style="list-style-type: none"> <li>■중첩 유닛의 규칙적, 불규칙적 전개</li> <li>*규칙적 조작은 물론 자유로운 유닛전개 과정을 통해 사용자의 감각이 관여할 수 있는 기회를 제공하기 때문에 완성품에 대해 만족감과 자긍심을 높임</li> </ul>

이상 표 4의 연구에서 알 수 있는 주요 디자인 지침은 다음과 같다. 먼저, 수학적 대칭조작이 복잡한 6각형 중첩 유닛의 경우, 복잡한 대칭조작 만큼 시각적 효과 역시 다양할 것이라는 기대와는 달리 4각형 유닛과의 확연한 차이는 발견할 수 없다. 한편, 셀의 평면 디자인 보다 입체디자인이 시각적 효과를 좌우하는 중요한 요인이며, 돌기형 형상의 경우 셀 중첩 및 유닛 중첩에 의해 새로운 중간형태가 생성되면서 시각적 변화를 주도한다. 그리고 셀 조합보다는 유닛의 전개에 의해 시각적 변화가 강조되고, 규칙적 전개와 불규칙적 전개에 의해 질서와 변화를 조율할 수 있다. 결국 이러한 패턴의 전개에 있어 의도적이든 무작위적이든 사용자의 감각이 관여할 수밖에 없고, 그러한 감정의 개입이 결과물에 대한 만족감으로 이어진다는 점이 제품으로서의 장점이라 할 수 있다.

### 3-4. 연결포인터 이용 띠 형상

표 5의 3)과 6)번 연구는 셀 및 유닛디자인에 있어 선적 형상 및 채색 효과를 중점적으로 검토한 것이다. 3)번 연구는 셀 평면에 연결포인터를 지정하고, 띠 형상으로 연결함으로써 패턴의 연결성, 리듬감이 강조되는지 검토한 것이고(그림 8), 6)번은 선적 형상에 컬러를 적용하면 연결성, 리듬감, 외곽형태 착시, 중간형태 생성 등 시각적 효과가 강화되는지 검증한 것으로 두 가지 연구 모두 평면적 패턴에 한정된다.



[그림 8] 연결포인터와 연결 방식 예시

[표 5] 연결포인터 이용 띠 형상과 시각적 효과

목록	구분	내용
3)번 연구	목표	패턴의 연결성, 연속성 확보를 위한 '연결포인터'와 '띠 형상' 디자인에 중점을 두고 시각적 효과 검토
	분할방식	■분할 템플릿

		-피보나치 그리드 기반 4, 6, 9분할
6)번 연구	셀 평면 디자인	<ul style="list-style-type: none"> <li>■스케치 템플릿</li> <li>-연결포인터(띠 형상의 연결방법 : 동일방향 연결, 잇달리게 연결, 180° 연결, 90° 연결, 혼합형 등)</li> <li>-형상 스케치 방법 제시(형태, 명암, 선의 굵기, 선의 교차 등)</li> </ul>
	셀 조합	<ul style="list-style-type: none"> <li>■구성 템플릿</li> <li>-셀 조합방법 제시(평행이동, 회전 등)</li> </ul>
	유닛전개	<ul style="list-style-type: none"> <li>■구성 템플릿</li> <li>-유닛 전개방법 제시(평행이동, 회전 등)</li> <li>-규칙적 전개와 불규칙적 전개</li> </ul>
	목표	3)번 연구의 패턴은 흑백채원, 6)번 연구는 컬러 채용시 FDE 검증
	분할방식	<ul style="list-style-type: none"> <li>■피보나치 그리드 기반 4, 6, 9분할</li> <li>*분할 개수에 따라 시각적 차이 발생</li> </ul>
	셀 평면 디자인	<ul style="list-style-type: none"> <li>■연결방식</li> <li>-가로 및 세로연결, 교차연결, 90° 연결, 자유연결</li> <li>*띠 형상이 교차되는 경우 시각적 효과 및 흥미 제고</li> <li>■띠 형상 및 굵기</li> <li>-띠 형상 : 직선, 곡선, 직선+곡선</li> <li>-띠 굵기 : 가는 띠, 굵은 띠, 중간, 혼합</li> <li>-띠 중간 및 여백에 시각적 모티브 삽입</li> <li>*띠 형상의 여백에 모티브 삽입 및 채색 할 경우 연결성, 중간형태 생성 기여</li> <li>*띠 형상 채색시 연결성 강화</li> <li>*가는 띠 형상의 경우보다 굵은 띠 형상이 시각적 효과 양호</li> <li>■띠 개수 : 1~3개</li> <li>*굵기가 각기 다른 띠가 교차될 때 시각적 효과 큼</li> </ul>
	셀 조합	<ul style="list-style-type: none"> <li>■조합방법</li> <li>-평행이동, 회전, 평행이동+회전</li> </ul>
	유닛전개	<ul style="list-style-type: none"> <li>■전개방법</li> <li>-평행이동+회전, 평행이동+드롭, 평행이동+회전+드롭, 순차적 90° 회전+드롭, 반사+평행이동+드롭 등</li> </ul>

이상과 같이 연결포인터를 이용한 띠 형상과 채색에 의한 전개패턴의 시각적 효과는 다음과 같다. 먼저 셀의 평면디자인에 있어 띠 형상의 굵기 그리고 연결방법 등이 중요하다. 예를 들어 가는 띠 형상보다 굵은 띠나 굵기가 다른 띠가 상호 교차될 때 시각적 변화가 증가된다. 또한 띠 형상이 지나가는 빈 공간에 모티브(형상)를 삽입하면 중간형태 생성이 용이해지면서 연속성이 부각된다.

컬러의 경우, 수평·수직 연결방식보다 90°의 사선으로 배치되는 선의 경우가 셀과 셀 사이에서 연결이 생기면서 중간형태가 용이하게 생성된다(외곽형태 착시). 결국 띠 형상을 대각으로 연결하는 방식은 기존 이미지의 변화와 더불어 연결성, 리듬감 등이 부각되기 때문에 셀의 조합이나 유닛의 전개방식을 다양하게 시도하면 시각적 효과를 조정할 수 있다. 특히 선적 형상에만 채색을 하는 경우보다 선과 인접한 여백에 채색하게 되면 컬러 면의 그룹핑이 이루어지면서 시인성이 높아지고 시각적 인상도 강화된다. 또한 채색한 띠 형상 역시 가는 것보다는 두께를 가진 선이 효과적이며 두께가 일정하지 않을 때 시각적 변화도 크다.

#### 4. 디자인방법 체계화

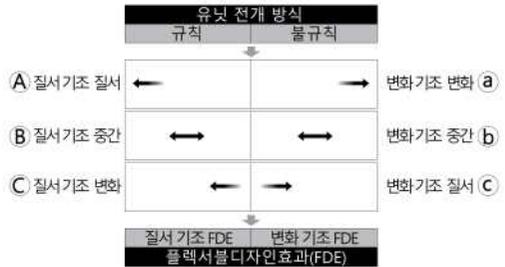
##### 4-1. 시각적 효과의 형식화

FDE는 입체 패턴에서 느껴지는 질서있는 리듬감과 더불어 변화의 이미지를 동시에 환기시키는 것으로 정의된다. 이러한 정의를 가능하게 하는 디자인 요인(그림 9)과 그 시각적 효과(그림 10)를 기호로 제시했다. 먼저 디자인 요인은 크게 분할, 형상 디자인(셀 형상 및 유닛구성), 전개 등이며, 이들은 대칭과 비대칭으로 구분되어 인상의 차이를 만들어 낸다고 할 수 있다. 시각적 효과는 유닛의 전개방식에 따라 6가지로 구분된다. 그림 10을 보면 규칙적 전개에 의해 생성되는 시각적 효과를 기호(⇐) (⇒) (⇔)으로 표기했고, 이는 질서가 강조되면서 변화의 인상을 느낄 수 있다는 의미이다. 불규칙 전개의 (⇒) (⇔) (⇒) 기호는 변화가 강조되면서 질서를 내포하고 있음을 의미한다. 즉 기호(⇔)는 질서를 기조로 하고 있으며, 표기되는 위치(좌측, 우측)에 따라 인상의 정도가 달라진다는 의미이다. 기호(⇒)는 변화를 기조로 하고 있다는 의미이며, 기호(⇔)는 질서와 변화의 인상을 함께 내포하고 있다는 뜻이다.

세부적 디자인 요인에 대한 시각적 효과는 표 7로 정리해 제시했다. 표 역시 유닛의 전개방식에 따라 규칙과 불규칙으로 구분하고, 각각의 시각적 효과(질서+변화)를 용이하게 이해할 수 있도록 해당 위치에 기호로 나타냈다.

분할	형상디자인			전개
	셀	유닛		
Symmetry (상사형)	평면 (대칭형)	입체 (대칭형)	대칭셀조합 (대칭셀유닛)중첩	규칙전개
Asymmetry	이형	평면 (비대칭형)	입체 (비대칭형) 비대칭셀조합	불규칙전개

[그림 9] 디자인 요인



[그림 10] 유닛 전개방식에 따른 시각적 효과

[표 6] 세부 디자인 요인별 시각적 효과 기호화

대분류	중분류	소분류	유닛 전개와 시각적 효과		
			규칙	불규칙	
			질서+변화	질서+변화	
분할 방식	피보나치 그리드	(가)정사각형 4분할	⇐	⇒	
		(나)정사각형 6분할	(1) ⇔	⇔ (1)	
		(다)정사각형 9분할	⇐	⇒ (2)	
		(라)정사각형 등분할	⇐	⇔	
	동형분할	(마)정육각형 6분할	⇐	⇔	
		(바)도형 이어붙이기	⇐	⇔	
		이형분할	(사)테트로미노	(3) ⇐	⇒
			(아)펜토미노	⇐	⇒
			(자)무나리 분할법	⇐	⇒
			<요소>		
형상 디자인	셀 평면 디자인	(A)대각선	(4) ⇐	⇔	
		(B)원, 원호, 곡선	(5) ⇔	⇒	
		(C)수평, 수직선	⇐	⇒	
		(D)띠 형상	⇐	⇒	
		(E)점, 작은 형상	⇐	⇔	
		(F)단독형상	⇐	⇒	
		<조작>			
		(G)대칭적 디자인	⇐		
		(H)비대칭적 디자인		⇒	
		(I)가는 띠 형상	⇔	⇔	
		(J)굵은 띠 형상	(6) ⇐	⇒	
		(K)굵기가 다른 띠	⇔	⇒	
(L)채색 띠 형상	⇐	⇒			

	셀 입체 디자인	(M)띠 형상 수평교차	↔	↔
		(N)띠 형상 90° 연결	←	→
		<요소>		
		(a)평탄형	←	↔
		(b)돌기형	←	⇒
		(c)경사형	↔	⇒
		<조작>		
(d)저부조 셀	←	↔		
(e)고부조 셀	←	⇒		
(f)요철 혼합 셀	↔	⇒		
유닛 구성	셀 조합	ㄱ)대칭적 조합	←	↔
		ㄴ)비대칭적 조합	↔	⇒
	셀(유닛) 중첩	ㄷ)대칭적 중첩	←	↔
		ㄹ)비대칭적 중첩	↔	⇒

시각적 효과의 대표적 사례를 살펴보면, 사각 점선 (1)과 같이 정사각형을 피보나치 그리드에 기반을 두고 6분할 할 경우, 규칙과 불규칙 전개 상관없이 질서와 변화의 이미지가 적절히 겸비(⇔)되어 나타난다. (2)와 같이 분할 수를 늘리면 셀의 크기가 작아지면서 전개 방식에 따른 질서(⇔)와 변화(⇒)의 기초를 가지면서도 질서 및 통일감이 상대적으로 강조되는 것을 표기 위치를 통해 알 수 있다. 반대로 (3)과 같이 이형으로만 분할되는 테트로미노의 경우, 전개방식에 따라 미묘한 차이는 있지만 전반적으로 변화의 이미지가 강조된다. 한편 (4)의 대각선은 규칙적으로 전개하면 질서(⇔)를, 불규칙적으로 전개하면 질서와 변화가 적절히 융합된 이미지(⇒)가 연출된다. 반대로 (5)의 원, 원호 등은 규칙적으로 전개하면 질서와 변화가 융합된 이미지(⇔)가 나타나지만 불규칙적으로 전개시키면 변화(⇒)가 강조된다. 그리고 (6)의 굽은 띠 형상의 경우는 규칙적 전개시 질서(⇔)가, 불규칙 전개시 변화(⇒)가 각각 강조된다.

#### 4-2. FDE 조율 가이드

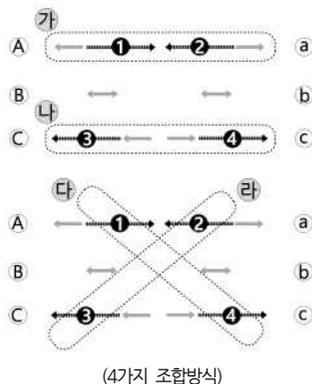
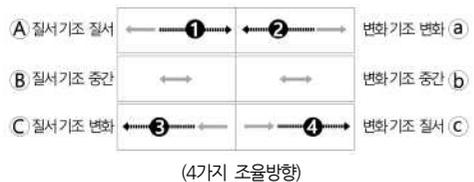
FDE를 생성하기 위한 디자인 방법은 크게 디자인 측면과 전개방식으로 대별된다. 즉 디자인은 분할방식, 형상디자인, 셀조합(셀중첩), 유닛구성 등으로 구분되며, 유닛 전개방식은 대칭성 등을 이용한 규칙적 전개와 불규칙 전개로 구분된다.

디자인 측면에서 보면, 먼저 분할방식은 피보나치 그리드 기반의 6분할이나 동형분할의 경우가 질서있는 인상을 제공하며, 이형분할은 변화를 유도한다. 특히

이형분할 중 테트로미노와 무나리의 분할법의 경우 질서와 변화사이에 적절한 간격을 유지하고 있어 시각적 효과의 조율이 용이하다. 셀의 형상디자인은 평면과 입체로 구분된다. 평면디자인은 다시 요소적 요인과 조작적 요인이 있고, 요소적 요인 중에는 대각선, 띠 형상, 작은 형상, 단독형상 등이 질서와 변화의 인상에 관계되고, 조작적 요인 중에는 띠 형상의 굽기 및 채색, 띠 형상의 연결방법 등이 시각적 인상을 좌우한다. 그리고 셀 입체 디자인은 돌기형과 고부조 셀의 경우가 질서와 변화의 인상에 관계되는 주요 요인이다.

한편, 유닛의 전개방식에 따라 규칙적 전개는 질서와 변화를 겸비하지만 질서를 기조로 하며, 불규칙 전개는 질서와 변화의 이미지를 환기시키지만 변화의 이미지가 강조된다.

이상의 세부적 요인에 대한 시각적 인상을 조율하기 위한 가이드로 그림 11과 같은 템플릿이 활용될 수 있다. 이 템플릿은 4가지의 조율방향(① ② ③ ④)과 4가지의 조합방식(가 나 다 라)을 제공한다.



[그림 11] FDE 조율 템플릿

먼저, 시각적 인상의 조율은 ①, ②, ③, ④와 같이 4가지 조율방향이 지칭이 된다. 즉 ①은 A를 C수준으로 ②는 A를 C수준으로 ③은 C를 A수준으로 ④는 C를 A수준으로 조율하는 것이다. 이들은 각각 (질질)→(질변)④, (변변)→(변질), (질변)→(질질), (변질)→(변변)으로 인상의 변화를 유도한다. 결국 ① ③과,

㉒ ㉓는 페어를 이루고 있고, 때문에 인상의 조율은 ㉔ ㉕를 기준으로 ㉖ ㉗를 조율하는 것으로 대체될 수 있다.

또한 유닛 전개에 있어 규칙과 불규칙적 전개조건을 무시하면 ㉘, ㉙, ㉚, ㉛와 같이 ㉜ ㉝조합, ㉞ ㉟조합, 그리고 ㊱ ㊲조합, ㊳ ㊴조합 등으로 묶어서 조작하는 것도 가능하다. 즉 ㉘를 ㉙수준으로(반대의 경우도 가능) 조율하면 질서와 변화의 인상차이를 크게 줄일 수 있다. 한편, ㉚를 ㉛수준으로(반대의 경우도 가능) 조율하면 질서 있는 인상을 변화 이미지로 미세하게 조율할 수 있다.

## 5. 결론

본고는 FDP가 갖는 질서와 변화의 인상을 조율할 수 있는 디자인 방법론을 체계적으로 제시하는데 목적을 두고, 기존 연구자료를 열거하여 유형별로 정리하여 최종적으로 시각적 인상을 좌우하는 디자인 요인과 이를 조율할 수 있는 디자인 템플릿을 제시하였다.

FDP의 디자인 방식은 모듈러 및 피보나치 그리드 기반의 정사각형 분할을 시작으로 형상디자인 및 전개 과정에 대칭조작의 유무를 통해 질서와 변화를 생성시키는 방식과 사각형을 동형 및 이형으로 구획하여 단일유닛의 편리함을 유지하면서 시각적 효과를 도출하는 방식, 그리고 대·소유닛의 중첩을 통해 예상하지 못한 중간형태를 생성하는 방식 등으로 요약할 수 있다.

그리고 이들 패턴의 시각적 이미지를 좌우하는 디자인 방법은 디자인 측면과 전개방식을 축으로 하고 있다. 먼저 디자인은 분할방식, 형상디자인, 셀 조합(셀 중첩), 유닛구성 등의 요인이 있고, 전개방식은 대칭성 등을 이용한 유닛의 규칙적 전개와 불규칙 전개가 있다. 이상의 요인에 의해 생성되는 시각적 인상을 기호로 나타냈고, 최종적으로 4가지의 조율방향과 4가지의 조합방식으로 구성된 디자인 템플릿을 통해 질서와 변화의 이미지를 용이하게 조율할 수 있도록 PDE 조율 가이드를 제시하였다.

한편, 본 연구는 입체타일 제품화를 위한 디자인방법론 체계화에 중점을 두었지만, 3D프린터를 활용한 모형 개발과정을 디자인수업에 적용하면 학생들에게 시각과 촉각을 동시에 사용하는 유니크한 체험을 제공할

수 있기 때문에 조형교육을 위한 매개체로서도 그 역할이 기대된다.

## 참고문헌

1. 브루노 무나리, 디자인과 시각 커뮤니케이션, 노성두역, 두성북스, 2010
2. D. Schattschneider, Visions of Symmetry, W. H. Freeman and Company, 1990
3. Karl Gerstner(阿部公正訳), 色の形, 朝倉書店, 1996
4. 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
5. 양성원, 현대섬유미술에 있어 반복표현에 관한 연구, 한국공예논총, Vol.15, No.2, 2012
6. 하봉수, 모듈러를 접목한 플렉서블 입체조형물 개발 연구, 기초조형학회, Vol.18 No.5, 2017
7. 하봉수, 모듈러를 응용한 플렉서블 입체조형물의 교육적 활용방안 연구, 기초조형학연구, Vol.19 No.2, 2018
8. 하봉수, 사각형 유닛 기반의 다각형패턴 인식 입체타일 개발에 관한 연구, 상품문화디자인학연구, No.56, 2019
9. 하봉수, 명암대비, 그러데이션, 입체화와 음영의 유닛 반복조형과 시각적 효과, 디자인리서치, Vol.4 No.4, 2019
10. 하봉수, 입체 유닛조형에 관한 연구, 디자인리서치, Vol.6 No.3, 2021
11. 하봉수, 입체 유닛조형에 시각적 효과에 관한 연구, 디자인리서치, Vol.7 No.1, 2022
12. 하봉수, 입체 유닛조형의 활용에 관한 연구, 디자인리서치, Vol.8 No.2, 2022

14) (질질)→(질변)은 (질서 기초 질서)→(질서 기초 변화)를 약칭한 것임.