

# 인천공항 제2여객터미널 ‘HELLO’ 작품의 풀리와 전선의 디자인에 관한 연구

강희라

인하대학교 디자인융합학과 조교수

## A Study on Designs for the Pulley and Electric-wire for 'HELLO' Artwork at Incheon Airport Terminal 2

Hee-Ra Kang

Assistant Professor, Department of Desing Convergence, Inha University

요 약 본 연구는 인천국제공항 제2여객터미널 그레이트홀의 “HELLO” 미술작품 제작을 위한 부품인 풀리와 전선의 디자인과 제작에 관한 연구이다. 연구의 방법은 풀리와 전선의 제작을 위한 디자인을 제시하고 이를 작품에 적용시켜 시험 가동하여 제작된 풀리와 전선의 내구성과 문제점을 분석하고 이를 개선하여 제작을 완료하게 되었다. 풀리의 디자인은 세 가지 샘플 제작하여 실험 하였으며, 전선도 세 가지 디자인을 샘플 제작하여 실험하였다. 그 결과 풀리의 디자인은 전선을 풀리의 중심에 고정할 수 있는 방법이 가장 효율 적이었으며, 전선은 납작한 전선에 와이어를 가운데 심은 전선이 가장 효과적이었다. 이에 인천국제공항 제2여객터미널의 그레이트홀 “HELLO” 미술작품에 적용하여 운영 중이다. 전선과 풀리의 경우 차 후 더 정밀한 실험과 결과 분석을 통해 보완되어야 할 점을 개선할 필요가 있다고 판단되며 추후 연구가 이어질 것이다.

주제어 : 융합, 예술작품, 풀리 디자인, 전선 디자인, 디자인융합

**Abstract** This study focused on the designs for the pulley and electric cables for Hello, the artwork displayed at the Great Hall at the Incheon International Airport Terminal 2. This study presented designs for the pulley and cables, and the parts were applied and tested to analyze their durability and problems. Improvements were made for the final production of the work and three samples were produced respectively for the designs of the pulley and the cables. As are sult, this study found that for the pulley, the most efficient design was to fix the cables at its center. In the case of cables, it was most efficient touse flat cables with a wire in the core. These designs were applied to the artwork Hello, which is currently installed at the Great Hall at the Incheon International Airport Terminal 2. Future research will be conducted to make further improvements to the cable sand the pulley.

**Key Words** : Convergence, Artwork, Pully Desing, Electric-wire Design, Design Convergence

### 1. 서론

#### 1.1 연구의 배경 및 목적

2018년 01월 18일, 인천국제공항공사에서는 인천국제공항 제2여객터미널을 오픈 하였다. 이에 앞서 2017년 10

월 인천국제공항공사에서는 제2여객터미널의 주제를 ‘아트포트’로 정하고 약40억원의 미술작품을 공모하였다. 이에 제2여객터미널의 그레이트홀의 모빌 작품에 “HELLO” 작품으로 공모에 당선되면서 작품을 만들기 위해 필요한 여러 부품들을 디자인하게 되었다. 이에 본 연구에서는

\* This work was supported by INHA UNIVERSITY Research Grant. (INHA-57835)

\* Corresponding Author : Hee-Ra Kang(whitise@inha.ac.kr)

Received July 18, 2018

Accepted October 20, 2018

Revised August 2, 2018

Published October 28, 2018

작품에 필요한 여러 부품 중 ‘폴리’<sup>1)</sup>와 ‘전선’<sup>2)</sup> 디자인과 제작에 관한 연구이다. 본 연구의 목적은 “HELLO”작품을 완성하기 위한 ‘폴리’와 ‘전선’을 디자인하고 이를 작품에 적용시켜 실험 가동해 보며 최적의 ‘폴리’와 ‘전선’의 디자인을 완료하는 것이 본 연구의 목적이다.

### 1.2 연구의 방법 및 범위

본 연구는 “HELLO” 작품에 사용될 ‘폴리’와 ‘전선’을 디자인하고 제작하는데 있다. “HELLO” 작품은 폴리에 스텝모터를 연결하여 7m의 전선을 감고, 폴리 전선의 끝에 연결된 한글유닛의 RGB 색상을 제어하고, 높낮이를 제어 하여 1,000개의 한글 유닛이 3D 입체 모형을 만들어 내는 작품으로 슬립링<sup>3)</sup>을 연결한 폴리의 디자인과 슬립링에 연결되어 폴리에 감기고 폴리는 전선을 원활하게 작품이 작동하게 디자인해야 하므로 다양한 폴리의 디자인과 샘플제작 실험, 그리고 다양한 전선의 디자인과 샘플 제작 실험이 필요한 연구이다. 이에 실제 디자인과 샘플 제작, 실험을 통해 본 연구는 진행되며 본연구의 결과는 작품에 적용된다.

## 2. 인천국제공항 제2여객터미널 “HELLO”

### 2.1 디자인

본 작품은 16m(가로)×10m(세로)×7.5m(높이)크기의 작품으로 지상에서 40m 높이의 천정에 매달려 있는 키네틱아트 작품이다. 1,000개의 한글 자음, 모음이 전선에 매달려 있으며 각각의 전선은 스텝모터에 연결되어 있고 스텝모터를 움직여 전선을 감고 풀면서 전선의 길이와 한글유닛의 RGB 색상을 조절한다. 1,000개의 유닛을 각각 스텝모터를 이용해 높낮이를 조절하면 3D 입체 모형을 나타낼 수 있다. 또한 본 작품은 한글 유닛의 색상의 개별 제어가 가능하여 각각의 형태에 맞는 색상을 제어

- 1) 바퀴에 줄이나 벨트를 걸어 힘의 방향을 바꾸거나 힘의 효율을 확대하는 장치[1].
- 2) 전력 또는 전기신호를 보내기 위해 사용되는 선류를 통틀어 이르는 말이다[2].
- 3) 슬립링은 로터리 조인트, 로터리 커넥터등으로 불리는 전기/기계적 부품으로, 회전하는 장비에 전원 또는 신호라인을 공급할 때 전선의 꼬임없이 전달 가능한 일종의 회전형 커넥터이다[3].

함으로 입체감을 극대화 할 수 있는 작품이다. 본 작품은 인천국제공항 제2여객터미널 ‘그레이트홀’ 천정에 설치 완료 하였다.

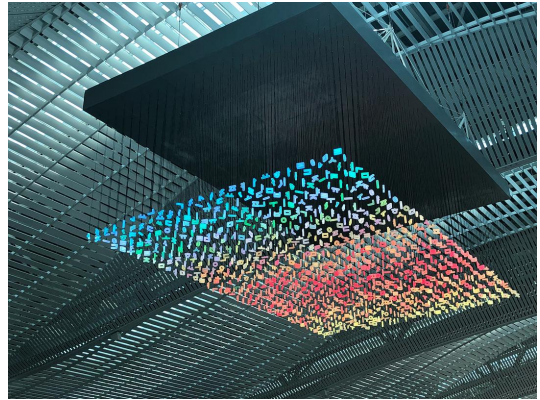


Fig. 1. INCHEON NATIONAL AIRPORT TEMINAL 2 Artwork “HELLO” (Artist : Kang HeeRa)[4]

### 2.2 설계 및 작동원리

본 작품은 마이크로컨트롤러유닛(MCU)을 개발하여 각각의 한글 자음, 모음의 높낮이와 색상을 제어 하고 있으며 마이크로컨트롤러유닛(MCU)은 아래와 같이 구성 되었다.

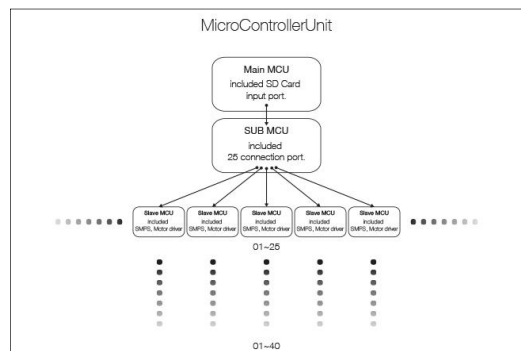


Fig. 2. Configuration Diagram of Microcontroller

위의 사진에서 보이는 것과 같이 메인 마이크로컨트롤러유닛(MCU)은 SD카드를 삽입할 수 있게 되어 있고, SD카드의 내용을 읽어 주는 역할을 한다. “HELLO” 작품은 매년 콘텐츠의 교체를 필요로 하기 때문에 SD카드를 사용할 경우 쉽게 SD카드 교체만으로 작품의 콘텐츠를 교체 할 수 있다. 그림에서 보이는 두 번째 서브 MCU는 SD카드에서 읽힌 데이터를 1,000개 각각의 슬립링

MCU에 전달해 주는 역할을 한다. 그리고 1,000개의 슬립링 MCU들은 모터의 높낮이와 한글의 색상을 제어 하게 구성 되었다. 위와 같은 방법으로 본 작품은 1,000개의 한글 유닛의 높낮이와 색상을 제어 하며 3D입체 형태를 만들어 낸다.

### 3. ‘폴리(PULLY)’의 디자인 및 제작

본 작품에 사용될 폴리이다. 디자인은 총 3회에 걸쳐 진행되었다. “HELLO”작품에 최적화된 폴리를 찾기 위해 많은 구상을 하였다. 본 작품은 1,000개의 모터와 폴리를 이용하기 때문에 보다 정확하고 검증된 폴리를 사용해야 한다. 설계 개발의 원리에서도 다음과 같이 말한다.

“선정된 해법은 최종 산출물로 정제되고 향상되고 구체화되어 사용자에게 전달되어야 한다. 이 과정은 주기적으로 반복되는 과정으로 결과물이 사용자에게 판매된 후에도 지속될 수 있다. 개발의 목표는 해법이 작동되어야 하고, 위험을 줄여야 하며, 성공을 최적화해야 한다.” [5] 그러기 위해 다음 세 가지 요소를 주의 하여 디자인 하게 되었다.

- ① 작동되게 하라
- ② 위험 요소를 줄여라
- ③ 최적화/모순을 극복하라 [6]

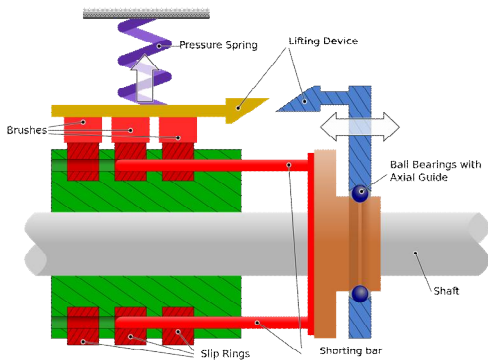


Fig. 3. SlipRing [7]

위의 그림은 폴리에 고정될 슬립링의 모습이다. 폴리에 감기게 될 전선에 전원과 통신을 위한 장치이다. 스텝모터를 이용해 전선을 감기 위해 폴리가 회전운동을 한다. 이에 전선이 계속해서 꼬이게 되면 전선이 끊어지게 된다. 이러한 이유에서 슬립링을 사용하게 되었다.

#### 3.1 첫 번째 ‘폴리’의 디자인 및 제작

아래 그림은 첫 번째 디자인, 제작된 폴리의 모습이다. 디자인은 총 3회에 걸쳐 진행되었고, 최종적으로는 세 번째 디자인을 선택하여 작품에 적용하였다.

아래의 폴리는 슬립링이 폴리의 중심을 이루고 있는 원통 안으로 삽입되어 폴리의 바깥쪽 지지대에 고정되었다. 세 가지 디자인 중 가장 안정적인 모습을 하고 있으나 중앙의 원통에 슬립링을 넣기 위해 중앙 원통의 지름이 커지게 되고 그로 인해 중심축에 연결된 모터의 더 높은 사양을 필요로 하게 된다. 중심축에 전선이 감기게 되는데 전선의 길이가 7m이며, 전선이 모두 감기기 위해선 더 큰 폴리를 필요로 한다. 이러한 이유로 가장 구조적으로 안정적인 형태이지만, 모터의 무게와 비용이 증가하는 문제로 첫 번째 폴리의 디자인은 사용되지 못하였다.

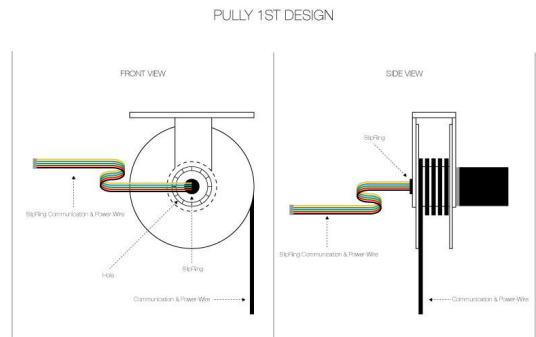


Fig. 4. 1<sup>st</sup> Design : Pulley

본 작품은 많은 제약을 가지고 디자인 되었다. 인천국제공항 제2여객터미널의 상부구조의 하중 설계와 맞춰 작품의 디자인이 진행되어야 하기 때문에 작품 전체의 무게와 한정된 비용 안에서 작품이 제작되었다.

#### 3.2 두 번째 ‘폴리’의 디자인 및 제작

첫 번째 디자인된 폴리에서 변형된 형태의 디자인이다. 앞서 디자인된 폴리는 슬립링의 지지대와 폴리가 하나로 연결되어 있었는데, 두 번째 디자인은 폴리와 슬립링의 고정 장치가 분리 되어있다.

슬립링의 고정 장치가 분리된 점은 1,000개를 설치 시 번거로운 작업임에 분명하나 아래 그림 Fig. 5에서 볼 수 있듯이 폴리 중심의 지름 크기가 줄어들어 모터의 사양

을 낮추고 풀리의 크기를 줄일 수 있다. 하지만, 여러 번의 실험 결과 전선이 풀리를 통과하는 구멍이 날카로워 장시간 모터가 구동되면 전선이 끊기는 현상이 발생하였다. 전선 끊김의 원인은 전선을 특수 제작 하면서 전선의 중앙에 철심을 삽입하여 전선의 아래 부분에 매달린 한글유닛의 무게를 감당하기 위해 전선 위부분의 철심을 풀리의 왼편 바깥쪽에 묶었기 때문이다. 한글유닛의 하중을 견디기 위해 전선 자체가 전선 구멍에 마찰을 일으켰기 때문이다.

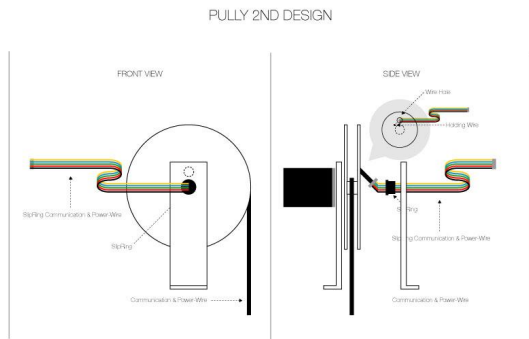


Fig. 5. 2<sup>nd</sup> Design : Pully

### 3.3 세 번째 ‘풀리’의 디자인 및 제작

두 번째 디자인된 풀리에서 변형된 형태의 디자인이다. 앞서 디자인된 풀리의 구조가 전선의 철심이 옆에서 힘을 지탱하는 구조로 되었다. 풀리의 옆 판에서 힘을 지탱할 경우 전선 자체의 단선의 위험이 발견 되었다. 이를 개선하기 위해 전선의 철심을 풀리의 옆판이 아닌 풀리의 중앙에 체결 하는 방법으로 디자인을 변경 하였다.

그림 Fig. 6의 왼쪽에서 볼 수 있는 것과 같이 풀리의 중심에 전선의 철심을 나사를 이용해 고정 시킨다. 이 위로 전선이 적층되어 싸이게 된다. 전선의 가운데에 있는 철심을 나사에 넣기 위해 와이어용 슬리브를 사용하게 되는데 이는 검정색 피복이 벗겨진 전선에 마찰을 일으켜 검정색 피복 안쪽의 각각의 전선들이 끊길 수 있다.

이러한 이유로 슬리브가 조여진 부분에 절연테이프를 이용하여 감싸 주었다. 또한 풀리 옆판의 전선이 나오는 구멍에 고무패킹을 이용해 전선과의 마찰을 통한 단선의 가능성을 낮췄다.

PULLY 3RD DESIGN

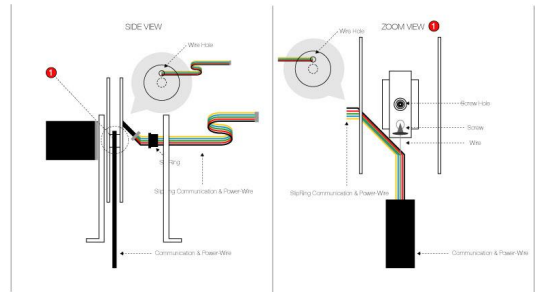


Fig. 6. 3<sup>rd</sup> Design : Pully

이 후 현저하게 전선의 끊김 현상이 없어졌으며 세 번째 디자인을 이용하여 “HELLO”작품에 사용될 1,000개의 풀리를 제작 하게 되었다.

### 3.4 공진을 고려한 스텝모터 속도의 변경

마지막으로 풀리를 디자인하고 모터를 움직였을 때 일정 속도에서 풀리에 매달린 전선과 한글유닛이 떨림 현상과 굉음을 발행 하였다. 공진 현상이 일어났다. 4) 이를 해결하기 위해 모터의 회전 속도를 조정 하였다. 이후 공진 현상은 발생하지 않았다.

## 4. ‘전선’의 디자인 및 제작

본 작품을 제작하는 과정에서 풀리와 연결될 전선도 특수제작 되어야 한다. “HELLO” 작품의 경우 전선이 1,000개의 한글유닛을 매달고 있으며 한글유닛 한 개의 무게는 약 600g 정도이다. 이 무게를 매달고 전선이 끊어 지지 않기 위해서는 전선의 강도가 매우 중요하다. 이러한 이유로 기존 판매되는 일반적인 전선을 이용할 수 없다. 또한 전선은 RGB LED를 제어하기 위한 것으로 세 개의 통신선과 한 개의 GND 선이 필요하다. 전선 또한 세 번에 걸쳐 디자인 되었다.

4) 축 자체의 처짐 또는 비틀림의 변화주기가 축의 고유진동수와 일치하든지 또는 그 차이가 극히 작을 때는 공진(resonance)이 발행하여 진동현상은 더욱 격렬히 일어나고 진폭은 차차 등대되어 결국 축의 탄서한도를 넘어서 파괴가 된다[8].

#### 4.1 첫 번째 ‘전선’의 디자인 및 제작

첫 번째 디자인된 전선은 폴리브테넴<sup>5)</sup>을 이용한 전선이다. 폴리브테넴은 강성이 좋아 얇은 선으로 전선을 만들 수 있지만 저항이 너무 높아 사용할 수 없었다. 본 작품의 처음 계획에 전선의 길이를 10m로 사용하기로 했고, 저항 값이 약 20Ω 정도로 측정 되었다. 1A의 전류가 흐를 때 전압강하는 20V였다. 전선의 경우 한글유닛의 RGB LED를 제어하기 위한 것이므로 전류의 흐름으로 보면 들어갈 때 세 개의 선으로 들어가고 나올 때 한 개로 합쳐져서 나옴으로 1.33배 정도의 GND 선에 저항이 걸리기 때문에 20V에 1.33을 곱하면 다음과 같다. 즉,  $20V \times 1.33 = 26.6V$ . 전선에 이렇게 많은 저항이 걸리면 본 전선을 통해 RGB LED를 구동할 수 없게 된다.

#### 4.2 두 번째 ‘전선’의 디자인 및 제작

두 번째 디자인된 전선은 일반 전선을 특수 제작한 형태로 이루어 졌다.

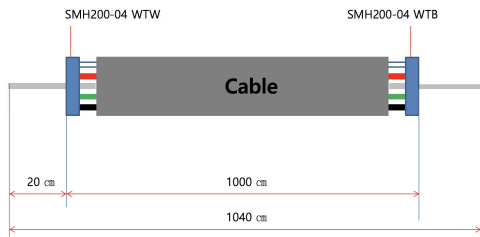


Fig. 7. Wire Structure [9] <sup>6)</sup>

그림 Fig. 7은 전선을 연결할 커넥터와 특수 제작되는 전선의 내용을 나타낸다. 커넥터는 국내에서 일반적으로 쉽게 구할 수 있는 ‘연호전자’의 커넥터를 이용하였다. 가운데 철심(강선)을 이용하여 한글유닛의 무게를 지탱할 수 있게 디자인 하였다.

5) 원자번호 42번 원소인 폴리브테넴은 독일어 명칭 ‘molybdän’을 우리말로 표기한 폴리브덴으로 흔히 불려져 왔다. 이 원소는 1778년에 휘수연석이라 불리는 황화물 광석에서 처음 발견되었다. 이 광석은 고대부터 ‘검은 납’을 일컫는 흑연과 헛갈려 왔으며, 흑연과 구분이 된 이후에도 가끔 납의 광석인 방연광(PbS)과 혼동되었다. 폴리브테넴이란 원소 이름은 그리스어로 납을 뜻하는 몰리브도스(molybdos)에서 나왔다. 우리말에서는 ‘액체 납’을 뜻하는 수연(水鉛)이라 부르기도 하였는데, 이 때문에 여러 폴리브테넴 광석 이름에 ‘수연(水鉛)’이란 말이 들어가 있다[10].

6) 전력케이블(특수제작)

아래 전선의 경우 원형 모형을 하고 있어, 전선이 폴리에 감길 때 폴리의 중심축에 차례로 적층되지 않고 한쪽 면에 몰려 적층될 경우 전선이 감기고 풀릴 때 덜컥거리는 현상이 나타났다. 안전상의 이유로 디자인을 변경하게 되었다.

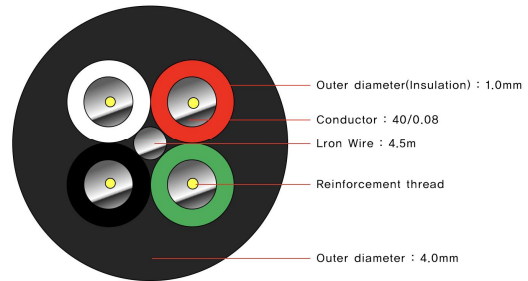


Fig. 8. Wire Cross Section (Circle type) [11]<sup>7)</sup>

#### 4.3 세 번째 ‘전선’의 디자인 및 제작

세 번째 디자인된 전선은 두 번째 디자인된 전선의 단점을 보완하고 폴리의 모양을 전선의 넓이에 맞추면서 새롭게 디자인된 납작 모양의 전선이다. 전선 모형이 납작하고 폴리의 넓이가 전선의 넓이와 같을 경우 전선이 폴리에 감기고 풀릴 때 전선 위로 겹쳐서 적층되게 된다. 전선이 위로 겹쳐 적층될 경우 아래 매달려 있는 한글유닛이 높낮이를 조절할 때 덜컥거리는 현상을 없앨 수 있다.

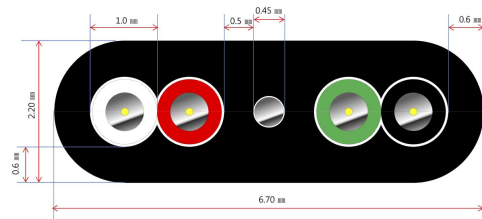


Fig. 9. Wire Cross Section (Flat type) [12]<sup>8)</sup>

그림 Fig. 9의 디자인은 최종 실험을 거쳐 실제로 ‘HELLO’ 작품에 사용되었다.

7) 제어용 비닐절연 비닐시즈케이בל

8) 비닐절연 통신용 점퍼선



## 5. 결론 및 향후과제

“HELLO” 작품은 수백 가지의 부품들이 하나로 결합되어 완성된 디자인, 예술, 기술의 융합작품이다. “HELLO”작품의 설계는 일반적인 설계와는 처음부터 근본 가치를 다른 곳에 두고 있다. “이것은 예술가와 작가의 설계 대부분과는 대조되는데, 그들의 설계는 즐거움 제공과 의미 전달에 중점을 두고 있기 때문이다.” [13] 본 작품은 예술작품이고 이 작품의 모든 설계는 의미 전달에 중점을 두고 진행 되었다. 또한 “독창성을 찾고자 하는 사람은 지속 가능한 즐거움이 아닌 신기함을 발견하는 경향이 있다. 반면, 실제로 잘 작동하는 설계를 만들고자 하는 사람은 대부분 오래도록 이어지는 가치를 갖는 새로운 설계를 부산물로 만들어 내는 경향이 있다.”[14]. 본 연구는 예술작품이자 동시에 오래도록 인천공항 제2 여객터미널에 설치되어 있는 기계장치이다. 이러한 이유에서 본 연구자는 독창성과 잘 작동하는 설계 사이에서 많은 고민을 하였다.

본 연구는 풀리와 전선의 디자인에 관한 연구였다. 여러 번의 실험을 거쳐 풀리의 모습이 결정 되었고, 전선의 디자인도 결정 되었다. 하지만 현재 운영 중인 작품이고 본 작품은 유지 보수 모델이다. 앞으로 유지 보수 과정을 통해 풀리와 전선의 보다 최적화된 디자인의 개선이 필요할 것으로 예상 되며 향후 지속적인 연구가 필요할 것으로 생각 된다.

## REFERENCES

- [1] Doosan. NAVER Dictionary. Doopia.  
<http://terms.naver.com/entry.nhn?docid=159025&cid=40942&categoryId=32353>
- [2] Doosan. NAVER Dictionary. Doopia.  
<http://terms.naver.com/entry.nhn?docid=1139&cid=40942&categoryId=32372>
- [3] Wikipedia. WikiDictionary. Doopia.  
<http://terms.naver.com/entry.nhn?docid=1139&cid=40942&categoryId=32372>
- [4] InchenAriport. InchenAriport Website. Inchen International Ariport Company.  
<http://www.airport.kr/ap/ko/svc/attractionDetail.do>
- [5] M. W. Joo. (2017). *Guidebook for Creative Design*. GyungGiDo : DaAll Media. p435.
- [6] M. W. Joo. (2017). *Guidebook for Creative Design*. GyungGiDo : DaAll Media. p436.
- [7] Wikipedia. WikiDictionary. Doopia.  
[http://en.wikipedia.org/wiki/Slip\\_ring](http://en.wikipedia.org/wiki/Slip_ring)
- [8] T. Y Lee & D. C Shin. (2014). *Machin Element Design*. Seoul : Moonundang.
- [9] C. W. Baek. Kwangil Cable. kicable.  
[http://www.kicable.co.kr/web/bbs/bosrd.php?bo\\_table=23](http://www.kicable.co.kr/web/bbs/bosrd.php?bo_table=23)
- [10] J. W. Park. TTi. TTi.  
[http://www.tti.co.kr/index/bbs/board.php?bo\\_table=s4\\_04&wr\\_id=5](http://www.tti.co.kr/index/bbs/board.php?bo_table=s4_04&wr_id=5)
- [11] C. W. Baek. Kwangil Cable. kicable.  
<http://www.kicable.co.kr/web/data/cheditor4/1107/dXYf3cgzc.gif>
- [12] C. W. Baek. Kwangil Cable. kicable.  
[http://www.kicable.co.kr/web/bbs/board.php?bo\\_table=25\\_7](http://www.kicable.co.kr/web/bbs/board.php?bo_table=25_7)
- [13] Frederick P. Brooks. (2017). *The Design of Design*. GyungGiDo : Jpub. p12.
- [14] Frederick P. Brooks (2017). *The Design of Design*. GyungGiDo : Jpub. p195.
- [15] Yasuyuki Yamagiwa. (2006). *Sustainable Design*. Busan : Universal Design Research Center.

강희라(Kang, Hee Ra)

[정회원]



- 2007년 3월 ~ 2009년 2월: 계원예술대학 영상디자인과 교수
- 2009년 3월 ~ 2017년 2월 : 미니스타일 디자인팀
- 2017년 3월 ~ 현재 : 인하대학교 디자인융합학과 교수

- 관심분야 : UI/UX 디자인, 인터랙티브디자인
- E-Mail : whitishe@inha.ac.kr

9) 유지 보수 모델은 소모한 부품을 교환해서 장수명화하는 것으로써, 사용자원을 최소화하는 제품[15]