

거리 가구 제작을 위한 3D 프린팅 기술 중요도 도출 및 적용 방안에 관한 연구

이성호¹, 이태희^{2*}, 임현수²

¹순천향대학교 미래융합기술학과, ²순천향대학교 건축학과

A Study on the Importance and Application of 3D Printing Technology for Street Furniture Manufacturing

Sung Ho Lee¹, Tae Hee Lee^{2*}, Hyun Su Lim²

¹Department of Future Convergence Technology, Soonchunhyang University

²Department of Architecture, Soonchunhyang University

요약 본 연구는 3D 프린팅 기술을 활용한 거리 가구 제작 시 기술 특성 중요도를 도출하고 거리 가구 중 비정형 벤치 제작을 통해 우선순위가 높은 3D 프린팅 기술의 적용 방안을 제시하는 것을 목적으로 한다. 본 연구를 위해 품질기능 전개(QFD: Quality Function Deployment) 방식으로 중요도를 분석하여 점수로 계량화하였으며 개발 및 연구에서 우선시 되어야 할 기술요소는 '출력 크기', '재료의 수축성', '출력 각도' 순으로 나타났다. 연구결과의 검증에 위해 비정형 거리 가구 디자인을 대형 3D 프린팅 출력물로 제작하였으며 제작 과정에서 우선순위 기술요소들의 적용 방안을 모색하였다. 거리 가구 제작은 기능성과 안정성을 기반으로 설계되어야 하며 경제성, 제작성, 심미성 등이 고려되어야 하므로 '출력 크기'는 파츠의 분할을 최소화시켜 안정성을 확보하였다. '재료의 수축성'은 형태의 오차를 최소화시켜 심미성 및 제작성을 충족시켰으며 마지막으로 '출력 각도'는 출력물의 품질을 향상시켜 다양한 출력 각도를 통해 효율적이고 구조적 안정성이 있는 각도를 선정함으로써 연구결과에 대한 검증과 적용 방안에 대해 제시하였다.

Abstract This study evaluated the importance of technical characteristics in manufacturing street furniture using 3D printing technology to suggest the direction of development of high priority 3D printing technology. The importance was analyzed by the QFD, quantified by scores and the priority of the items was summarized. As a result, the 'output size', 'shrinkage of material', and 'output angle' were derived as technical elements that should be prioritized in development and research. For verification, the design of atypical street furniture was made into a large 3D printed output and the development direction was suggested by applying the technical elements of priority during the manufacturing process. Street furniture should be designed based on functionality and stability, as well as economic efficiency, productivity, and aesthetics. Therefore, the 'output size' ensured stability by minimizing the division of parts, and the 'contractability of materials' satisfied the aesthetic and productivity by minimizing the error of form. Finally, the 'output angle' was verified by improving the quality of the output and selecting an angle with efficient and structural stability through various output angles.

Keywords : 3D Printing, Street Furniture, Large 3D Printing Method, Quality Function Deployment, House of Quality

본 연구는 국토교통부/국토교통과학기술진흥원 연구과제로 수행되었음.(20CTAP-C152019-02)

본 연구는 순천향대학교 학술연구비 지원으로 수행하였음

*Corresponding Author : Tae Hee Lee(Soonchunhyang Univ.)

email: ithesuni@sch.ac.kr

Received November 20, 2019

Revised February 19, 2020

Accepted April 3, 2020

Published April 30, 2020

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

다양성의 요구와 미래기술의 적용은 전 분야에 걸친 시대적 흐름으로 거리 가구 분야에서도 주요한 변화로 인식되고 있다. 거리 가구에 대해 과거와 달리 사회의 변화에 따른 도시민들의 관심과 인식 수준이 높아지고 있으며, 단순히 공원이나 거리에서 편의성, 기능성만을 제공하고 있던 거리 가구에서 점차 활용도와 인지도를 높여가고 있다. 더 나아가 도시민들은 삶의 질적 향상, 타 도시와의 차별화, 특화된 공간 구성을 위해 지속적인 공공디자인 및 거리 가구의 개선과 발전을 요구하고 있다. 현재 세계 주요 도시들은 건축디자인 규제 등으로 차별화된 도시 경관 조성에 나서고 있으며 국내도 지자체에서 도시 차원의 경관기본계획을 수립하는 추세이다[1]. 이러한 현대 사회는 획일성과 정형화를 벗어나 디자인의 자율성을 확보하기 위한 비정형 거리 가구에 대한 요구가 높아지고 있으며 형태의 자율성과 합리성을 충족시켜 줄 수 있는 3D 프린팅 기술 적용을 대안으로 제시하고 있다. 3D 프린팅 기술은 통일성과 보편성에 초점을 둔 소품종 대량 생산 방식인 기존 제조 공정과는 반대로 다양한 사용자들의 니즈를 충족시킬 수 있는 차별성과 특성화에 기반을 둔 다품종 소량 생산이라는 특징을 갖고 있어 도시 및 공간의 다양성 및 정체성(Identity)을 충족시킬 수 있는 기술이다. 이에 따라 본 연구는 3D 프린팅 기술을 활용한 거리 가구 제작 시 기술 특성 중요도를 도출하며 우선순위가 높은 3D 프린팅 기술의 적용 방안을 제시하는 것을 목적으로 한다.

1.2 연구의 방법 및 범위

본 연구에서는 산업공학에서 활용되는 품질기능전개(QFD: Quality Function Deployment)의 기본 원리를 바탕으로 대형 3D 프린팅을 위한 변형된 검증 도구를 제안하였다. 또한 공공디자인 및 거리 가구, 3D 프린팅 기술을 다룬 국내·외 문헌과 간행물 등을 바탕으로 대형 3D 프린팅을 활용하여 거리 가구 제작 시 요구되는 요구 품질 요소를 제작성, 경제성, 사용성으로 분류하여 도출하였다. 기술특성은 대형 3D 프린팅의 요구 품질을 만족시킬 수 있으며 요구 품질에 직접적인 영향을 미치는 기술요소를 도출하여 전문가 표적집단면접법(F.G.I: Focus Group Interview)을 통해 재정립하였다. 요구 품질의 중요도 도출은 리커트 5점 척도를 사용하였으며 요구 품

질과 기술특성 간의 상관관계 평가 및 분석을 통해 기술 특성 중요도와 우선순위를 도출하고 연구결과의 검증을 위해 비정형 거리 가구 디자인을 대형 3D 프린팅 출력물로 제작하였다. 제작 과정에 우선순위의 기술요소들을 적용시켜 적용 방안을 제시하였다.

2. 이론적 고찰

2.1 거리 가구

거리 가구는 도시 공간에 존재하는 가로시설물, 옥외 생활을 지원하는 각종 ‘가구, 도구, 장치’를 지칭하는 말이다[2]. 거리 가구는 “외부 공간에 있어서 인간의 행위를 조절하고 보조하는 기능을 갖는 장치”라고 정의할 수 있다. 또한 도시민들의 옥외 생활 기반 및 쾌적성을 제공하는 중요한 요소이며 편의성을 제공하기 위한 역할과 도시환경의 심미성까지 고려되어야 하며 옥외 공간의 효율성을 높여주는 필수적인 요소이다[3].

거리 가구는 도시와 그 도시에 거주하는 사람들의 평균적인 미적 감각과도 연결되며 그로 인해 다양화되고 있다. 이는 거리 가구를 통해 특정 도시와 도시민들의 문화 수준까지 파악할 수 있다는 의미로 해석될 수 있으며 실제로 현대의 도시들에 설치되어있는 거리가구들은 도시 문화, 도시민의 수준에 따라 시시각각 기능과 디자인의 변화를 맞이하고 있다. 이에 따라 앞으로는 도시와 도시민들의 정체성(identity)을 고려한 맞춤형 제작되는 스마트 시티 가구(smart city furniture)가 새로운 트렌드가 될 것이라는 의견도 있다[4]. 이와 더불어 사람들이 환경과 미래를 생각하는 수준이 높아지면서 아래 Fig. 1과 같이 플라스틱 쓰레기를 재활용하여 거리 가구를 3D 프린터로 제작하는 사례도 나오고 있다. 이러한 업사이클링(upcycling) 거리 가구 제작은 사람들의 재생 에너지에 대한 관심 및 긍정적 인식을 확산시켜 환경에 대한 교육 역할도 수행하기도 한다. 현재의 특화된 거리 가구는 도시의 이상적인 환경을 조성하기 위해 기능성, 편리성, 심미성, 경제성, 안전성 등의 효과를 수반한다[5].

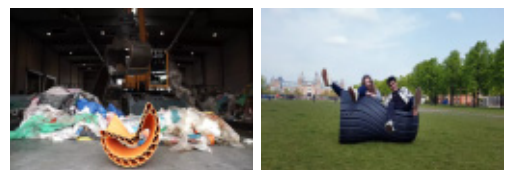


Fig. 1. Street Furniture 3D Printing Case[6].

2.2 3D 프린팅 기술

3D 프린팅 기술은 분말, 액체, 고체 등 다양한 소재를 설계에 따라 적층하는 방식으로 3차원 형태의 제작물을 제조하는 방법이다[7]. 형태의 제약 없이 적층하는 방식의 3D 프린팅 기술은 기존의 제조법에서 해결하지 못하거나 어려움을 겪던 복잡한 디자인의 제작물이 가능해지고 원재료를 절삭하여 만드는 기존 제조법에 비해 재료의 낭비가 적어 비용 절약 효과가 크다는 장점을 가지고 있다[8,9].

3D 프린팅을 활용한 공정은 기존 제조공정과 반대 개념으로서 다품종 소량생산 시스템을 추구하며 소비자 맞춤형 생산체계를 의미한다[9]. 디지털 데이터를 기반으로 바로 출력되는 3D 프린팅 기술은 디지털 제조의 보편화에 핵심적인 역할을 담당하고 있다.

Table 1. A Comparison of 3D Printing Process and Existing Manufacturing Process.[10].

Classification	3D Printing Process	Existing Manufacturing Process
Method	<ul style="list-style-type: none"> - Layer by layer of raw materials - Fabricate final product without assembly process 	<ul style="list-style-type: none"> - Production of parts using molds - Assembly to fabricate completed products
Distribution	<ul style="list-style-type: none"> - Distribution of digital drawings - Output where desired 	<ul style="list-style-type: none"> - Production and transportation of products from the factory
Advantage	<ul style="list-style-type: none"> - Advantages to custom production - Ease of production of complex shapes - There's no waste of materials, economical - Reduce the cost and time of prototyping 	<ul style="list-style-type: none"> - Efficient in mass production - Easy to make products with simple shapes - Material restriction is low
Shortcoming	<ul style="list-style-type: none"> - Inefficient to mass-produce a single product - Material restriction - Surface precision is somewhat reduced 	<ul style="list-style-type: none"> - Different molds and production lines are required for different products - Additional processes, such as assembly, required - The more complex the product structure, the higher the cost

2.3 품질기능전개(Q.F.D: Quality Function Deployment)

품질기능전개는 기획 및 설계 단계부터 제조공정에 이르는 전 과정을 나타낸다. 고객 요구와 관련된 품질특성을 단계별로 전개하면서 중요도 도출을 통해 중점 관리해야 할 사항을 명확하게 하여 고객의 니즈를 충족시키

고자 하는 기법이다. 고객이 요구하는 무엇 'What'과 고객의 니즈를 충족시키기 위해서 제품과 서비스를 어떻게 설계하고 생산할 것인지 'How' 즉, 목적과 수단의 관련성을 상호 평가하여 연관성의 정도를 나타내주는 매트릭스를 이용하여 구조화하는 것이다.(목적-수단의 매트릭스). 품질기능전개는 조직의 의사결정 과정에서 고객 요구를 실현 가능한 기능으로 변환시키며 고객이 원하는 제품 및 서비스를 개발하는 것에 중점을 두고 있다는 것이 특징이다[11].

품질의 집은 품질기능전개의 대표적인 도구로서 품질기능전개 적용 모형의 각 요소를 도출한 결과를 통해 작성되며, 도출된 고객의 요구 사항을 실질적인 기술적 목표로 전환시키는 기능을 갖고 있는 도표이다. 품질의 집은 자료를 공학적으로 해석하여 고객의 니즈를 충족시킬 수 있는 제품을 설계하는데 사용된다. 품질의 집에서는 고객 요구(요구 품질)를 왼쪽, 이러한 요구를 충족시켜주기 위한 기술적인 대응 방법(기술특성)을 행렬 위쪽에 표시한다[12].

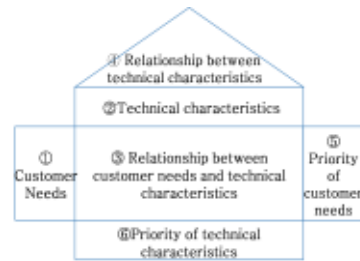


Fig. 2. House of Quality

3. 연구 방법

3.1 연구 설계

본 연구는 대형 3D 프린팅 기술을 활용하여 거리 가구 제작 시 제작 과정의 효율성을 높이기 위한 시스템을 구축하는 데 있어 사용자의 요구 사항을 반영한 시스템을 제시하기 위해 기술특성의 중요도를 평가하고자 한다. 요구 품질과 기술특성을 도출하기 위해 선행연구 및 참고문헌을 통하여 해당 요소를 도출하였으며 대형 3D 프린팅 관련 직무 및 연구를 수행하고 있는 전문가를 통해 검증 과정을 진행하였다. 사용된 검증 도구는 산업공학에서 계량화가 어려운 고객의 주관적 요구 사항을 구체적인 설계 목표로 전환하기 위해 개발되어 활용되고 있는

품질기능전개의 기본 원리를 바탕으로 대형 3D 프린팅을 위한 변형된 검증 도구를 Fig. 3과 같이 제안한다.

Required quality		Technical characteristics
A subordinate concept	Importance	Relationship between customer needs and technical characteristics
Technical Characteristics Importance		
Percent		
Ranking		

Fig. 3. Large 3D Printing QFD Research Model

위와 같이 기존 품질기능전개의 개념을 응용하여 새로운 대형 3D 프린팅을 위한 품질기능전개를 제안하였으며 요구 품질은 대형 3D 프린팅 기술을 활용한 거리 가구 제작 시 해결해야 할 고객의 요구 사항으로 해석하였다. 기술특성은 요구 품질에 대한 직·간접적인 영향을 주는 대형 3D 프린팅 기술로 해석하였다. 고객의 요구 속성의 중요도는 대형 3D 프린팅 거리 가구 제작 시 효율성에 영향을 미치는 정도를 수치화한 것이며 중요도가 높은 요구 품질일수록 품질 개선을 위해 우선적으로 개선 및 반영해야 할 요구 품질 요소가 되는 것이다.

3.2 연구 모형

대형 3D 프린팅 품질기능전개의 작성은 3단계의 프로세스로 진행하였으며 품질기능전개의 품질 표 작성에

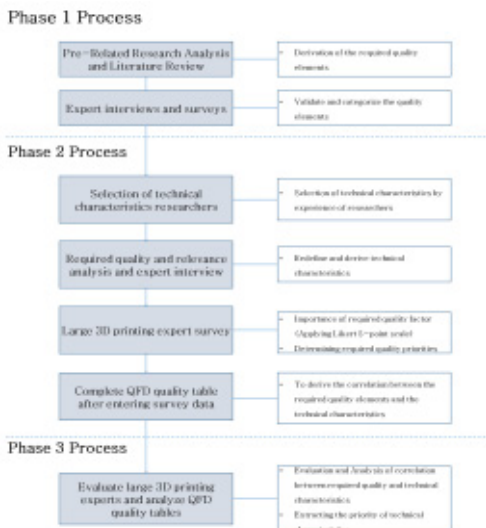


Fig. 4. Large 3D Printing QFD Process

필요한 항목들과 관련 항목 값을 도출하는 과정에 대해 정리하였다. 1, 2단계는 품질 표의 기본 항목을 작성 및 도출하는 단계이며 3단계는 전문가 표적집단면접법(F.G.I: Focus Group Interview), 설문을 통해 요구 품질 요소와 기술특성 간 상호 관련성 정도에 대한 평가 및 분석을 하는 단계이다. 아래 Fig. 4는 대형 3D 프린팅의 품질기능전개 프로세스를 나타낸 것이다[13].

4. 대형 3D 프린팅 품질기능전개 적용

4.1 요구 품질

본 연구에서 활용한 품질기능전개 연구 모형의 요구 품질은 대형 3D 프린팅 기술을 활용하여 거리 가구 제작 시 충족시켜야 할 품질 요소이다. 요구 품질은 연구 자료 및 문헌 등을 참고하여 주요 요소를 도출하였으며 전문가 표적집단면접법을 통하여 검증 절차를 진행하였다. 대형 3D 프린팅을 위한 요구 품질은 15가지의 항목으로 도출되었으며 도출된 요구 품질을 포괄할 수 있는 제작성, 경제성, 사용성 3가지의 상위 개념으로 구분하여 요구 품질을 정리하였다. 첫 번째 제작성은 제작 과정 및 공정에 직접적인 영향을 주는 요구 품질을 포함하였으며, 두 번째 경제성은 직·간접적인 비용 및 경제 활동에 영향을 주는 하위 요소를 포함시켰다. 세 번째 사용성은 대형 3D 프린팅 기술을 적용하여 제작된 거리 가구를 사용자가 사용하였을 때 직·간접적으로 영향을 미치는 요구 품질로 구성하였다.

4.2 기술특성

본 연구의 기술특성은 대형 3D 프린팅의 요구 품질을 만족시킬 수 있으며 요구 품질에 직접적인 영향을 미치는 기술 요소이다. 사용자의 요구 품질과 테이블 품의 기술특성 간의 상관분석을 위해 세 단계를 거쳐 기술특성을 도출하였다. 첫째, 앞서 조사한 15개의 각 요구 품질을 분석하여 관련된 기술특성 28가지를 도출하였다. 둘째, 선정된 기술특성 요소들을 검증 및 선별하기 위해 대형 3D 프린팅 관련 전문가 인터뷰를 실시하였으며 중복 요소, 불필요한 요소, 광범위한 개념적 요소로 구분하여 기술특성에서 제외 대상 요소로 선정하였다. 셋째, 선정된 기술특성 요소의 상위개념 요소를 설정하였으며 장비, 재료, 제작 설계 항목으로 설정하여 관련도가 높은 기술특성 요소를 항목별로 설정된 상위개념 요소의 하위개념 요소로 그룹화하였으며 아래 Fig. 5와 같다.

Table 2. Quality required for large 3D printing

Classification	Required Quality	References and literature					
		Jung Yeob Han(2013)	Hyun Dae Kang(2015)	Hyun Jung Lee(2016)	Kwan Bae Kim(2018)	Hae Sung Yoon(2018)	Etc (Expert)
1	Production	Maximize Output Size				○	○
2		Minimize Build Time	○	○		○	
3		Simplify the Production Process	○	○			○
4		Minimize Output Quality Error	○	○		○	
5		Convenient Post-processing Operation	○			○	○
6		Minimize Connection Member	○	○	○	○	
7	Economics	Lower Cost of Production	○	○		○	○
8		Minimize Auxiliary Output	○	○			○
9		Minimize the Number of Workers	○	○		○	
10		Ease of Reuse and Recycling		○	○		○
11	Usability	Excellent Structural Stability	○		○	○	
12		Excellent Durability		○		○	○
13		Heat-resistant Excellence		○		○	○
14		Ease of Ergonomic Fabrication	○	○	○		○
15		Ease of Smooth	○			○	○

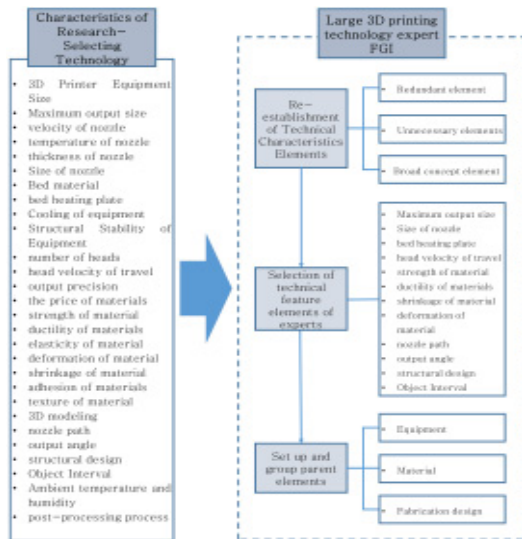


Fig. 5. Technical Feature Element Derivation Process

4.3 요구 품질 중요도

본 연구에서는 요구 품질의 중요도를 요구 품질이 대형 3D 프린팅 거리 가구 제작 시에 미치는 영향력 정도를 나타내는 것으로 정의하였다. 도출된 요구 품질의 중요도 산정을 위해 사용자 집단에 설문을 실시하였으며 도출된 점수의 평균값을 중요도로 나타내었다. 실제 사용자의 요구를 반영하기 위해 대형 3D 프린팅 제작 기술에

직접적인 연관이 있으며 현재 직무 및 연구를 수행하는 전문 사용자 20명을 대상으로 '리커트 5점 척도'로 구성된 요구 품질의 중요도 평가 설문을 실시하였다.

그 결과 제작성의 '출력 크기의 최대화'(4.3)이 가장 높게 나타났으며 사용성의 '구조적 안정성 우수'(4.25)가 두 번째로 높게 나타났다. 제작성의 '연결 부재 최소화'(4.2)와 '제작시간 최소화'(4.1)가 그 뒤를 이었으며 제작성의 '출력물 품질 오차 최소화'(2.85), 경제성의 '작업 인원 최소화'(2.65), 제작성의 '후처리 작업 편리화'(2.35) 항목의 요구 품질은 현저히 낮은 중요도로 평가되었다. 중요도의 설문 평가에 참가한 전문가의 일반적 특성과 설문 평가 결과는 아래 Table 3, Table 4와 같다.

Table 3. 3D Printer User(Expert) General Characteristics

	Spec	Respondents	Percentage
Gender	Male	15	75
	Female	5	25
Age	20	10	50
	30	7	35
	40	3	15
Jobs and research periods related to 3D printer	Less than 1 year	2	10
	1 to 3 years	11	55
	3 to 5 years	4	20
Experience with large 3D printing	More than 5 years	3	15
	Yes	8	40
	No	12	60
	Total	20	100

Table 4. Importance Survey Assessment Results

Required Quality	Total Score	Importance	Importance average	Ranking
P r o d u c t i o n	Maximize Output Size	86	4.3	1
	Minimize Build Time	82	4.1	4
	Simplify the Production Process	70	3.5	9
	Minimize Output Quality Error	57	2.85	13
	Convenient Post-processing Operation	47	2.35	15
	Minimize Connection Member	84	4.2	3
E c o n o m i c s	Lower Cost of Production	75	3.75	6
	Minimize Auxiliary Output	68	3.4	10
	Minimize the Number of Workers	53	2.65	14
	Ease of Reuse and Recycling	72	3.6	7
U s a b i l i t y	Excellent Structural Stability	85	4.25	2
	Excellent Durability	79	3.95	5
	Heat-resistant Excellence	71	3.55	8
	Ease of Ergonomic Fabrication	66	3.3	11
	Ease of Smooth	65	3.25	12

4.4 요구 품질-기술특성 상관관계

4.4.1 전문가 상관관계 평가

다음은 대형 3D 프린팅 거리 가구 제작 시 요구 품질과 이러한 요구 품질을 충족시키기 위한 기술특성의 상호 관련성을 평가하여 시스템 구성요소의 각 관련성을 측정하였다. 요구 품질 요소와 기술특성 요소는 서로 원인/결과 관계에 있으며 각 항목을 1:1로 대응시켰을 때 두 항목이 어느 정도 원인/결과 관계에 있는지에 대해 대형 3D 프린팅을 위한 품질기능전개의 품질 표를 작성하여 관련 직무 및 연구 경력 5년 이상을 활동한 전문가 5명의 평가 및 표적집단면접법을 통해 관련성 정도를 도출했다. 평가 척도는 품질기능전개법 연구 초기부터 사용했던 방법을 참고하여 관련성의 정도에 따라 1/3/9점 척도를 사용했으며 각 행과 열이 교차하는 칸에 관련성 없음(-), 관련성 약함(△), 관련성 보통(○), 관련성 강함(●)으로 표기하였다. 이를 통해 각 기술특성의 우선순위 및 요구 사항을 개선하기 위한 각 기술특성의 중요도를 정량적으로 도출하였다. 도출된 기술특성의 중요도는 아래 Table 5와 같다.

Table 5. Required Quality-Technical Characteristics Correlation Table

Required Quality			Technical Characteristics											
A Super ordinate concept	A subordinate concept	Importance	Equipment				Material				Production Design			
			Output Size	Size of Nozzle	The Heating Plate	Head Moving Speed	Strength	Ductility	Contractility	Transform	Nozzle Path	Output Angle	Structural Design	Object Spacing
P r o d u c t i o n	Maximize Output Size	4.3	●	●	○	△	○	○	●	△	△	●	●	○
	Minimize Build Time	4.1	●	●	○	●	△	△	○	△	●	●	●	○
	Simplify the Production Process	3.5	●	○	○	△	△	△	○	△	○	●	○	○
	Minimize Output Quality Error	2.85	○	●	●	○	△	△	●	●	○	●	△	○
	Convenient Post-processing Operation	2.35	●	○	○	△	○	△	○	△	△	●	△	○
	Minimize Connection Member	4.2	●	●	△	△	○	○	●	△	△	○	●	○
E c o n o m i c s	Lower Cost of Production	3.75	●	○	△	○	○	△	●	○	○	●	●	○
	Minimize Auxiliary Output	3.4	●	●	●	-	△	△	●	△	△	●	△	○
	Minimize the Number of Workers	2.65	●	○	△	△	△	△	△	△	△	○	○	△
	Ease of Reuse and Recycling	3.6	-	-	-	-	●	●	●	●	-	-	-	-
U s a b i l i t y	Excellent Structural Stability	4.25	●	●	△	△	●	○	●	○	○	●	●	○
	Excellent Durability	3.95	△	●	-	-	●	△	●	○	-	△	-	△
	Heat-resistant Excellence	3.55	-	-	-	-	●	○	○	●	-	-	-	-
	Ease of Ergonomic Fabrication	3.3	●	○	○	△	△	●	●	△	○	●	●	○
	Ease of Smooth	3.25	●	●	○	△	△	●	△	△	●	●	△	△
Technical Characteristics Impotance			363.95	319.35	133.5	84.5	205	166.8	348.8	156.9	136	339.95	245.4	117.85
Percent			13.90	12.20	5.10	3.23	7.83	6.37	13.32	5.99	5.20	12.99	9.37	4.50
Ranking			1	4	10	12	6	7	2	8	9	3	5	11

4.4.2 요구 품질-기술특성 상관관계 분석

기술특성의 하위 요소별 중요도와 우선순위를 도출한 결과, 대형 3D 프린팅 방식을 활용하여 거리 가구 제작 시 요구 품질을 향상시키기 위한 가장 중요한 기술특성 요소로 장비 부분의 '출력 크기'(363.95)가 가장 높은 중요도를 나타냈고, 재료 부분의 '재료의 수축성'(348.80), 제작 설계 부분의 '출력 각도'(339.95) 순으로 높은 중요도를 나타냈다. 이는 대형 3D 프린팅 기술을 활용하여 거리 가구 제작 시 요구되는 요구 품질을 개선하기 위해 출력 크기와 재료의 수축성, 출력 각도 순으로 중요한 기술특성임을 의미한다고 볼 수 있다. 하위권에서도 다소 격차를 보이고 있는 제작 설계 부분의 '객체 간격'(117.85)과 장비 부분의 '헤드의 이동속도'(84.50)는 다른 기술특성 요소에 비해 적은 영향력으로 해석된다. 따라서 거리 가구 제작 시 한 번에 제작 가능한 출력물의 크기를 결정함과 동시에 출력 시간, 제작 공정, 연결 부재, 제작비용, 보조 출력물의 양 등 대부분의 요구 품질에 가장 큰 영향을 주는 '출력 크기'가 가장 우선시 되어야 하는 기술특성이며 출력물의 크기, 품질 오차, 보조 출력물의 양, 내구성 등에 큰 영향을 주는 재료의 특성 중 하나인 수축성, 출력 시간, 출력물 품질 오차, 제작 비용, 보조 출력물의 양, 구조적 안정성 등의 요구 품질에 많은 영향을 주는 3D 프린팅 출력 시 가장 합리적인 출력 각도를 우선적으로 고려해야 하는 것으로 나타난다. 각 기술의 중요도를 통해 우선순위를 도출하였지만 각 기술특성 요소를 만족할 수 있도록 보완 및 해결하기 위해 장비, 재료, 제작 설계 부분의 전문 협업 시스템이 구축되어야 할 것으로 판단된다.

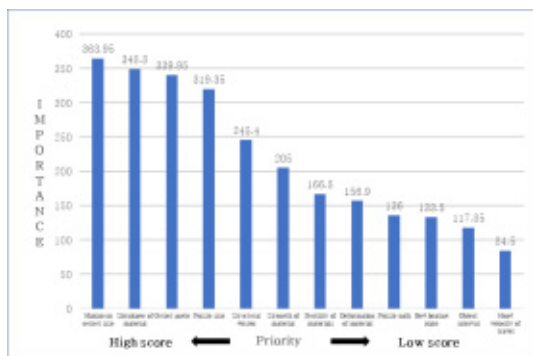


Fig. 6. Technical Characteristics Importance and Ranking

4.4.3 거리 가구 3D 프린팅 기술 적용 방안

3D 프린팅 기술 적용 방안을 제시하기 위해 비정형 거리 가구 디자인을 대형 3D 프린팅 출력물로 제작하였으며 제작 과정 중 우선순위의 기술요소들을 적용시켰다. 3D 프린터 기술 요소의 적용 방안은 다음과 같다. 첫째, 거리 가구는 제작 시 기능성과 안정성을 기반으로 설계되어야 한다. '출력 크기'의 증가는 안정성을 확보하는데 중요한 기술요소이지만 출력 오류 시 시간 및 재료의 사용량 등 경제적 손실이 크므로 복구할 수 있는 해결 방안도 동시에 모색되어야 한다. 둘째, 재료의 수축성은 출력물의 형태 오차로 인한 제작성, 심미성에 영향을 끼치는 요소이다. 본 연구에서 사용된 재료는 PLA로 비교적 다른 재료에 비해 수축성이 적으나 대형 출력 시 열 수축 현상이 심해져 형태의 오차가 발생한다. 또한 재료의 수축성으로 인해 장비가 멈추는 현상이 나타나 재료의 소모 및 제작 시간 등 경제성에도 연관되어 있어 보조 출력물, 베드의 온도, 외부환경요소 등으로 해결되어야 한다. 셋째, '출력 각도'는 효율성 및 구조적 안정성을 결정하는 요소이다. FDM 방식의 3D 프린터는 재료를 적층하여 결과물을 제작하므로 거리 가구에 작용하는 하중 등을 고려해야 한다. 또한 출력 각도에 따라 보조 출력물의 생성 정도가 결정되므로 재료의 양, 출력 시간 등 경제성도 고려되어야 한다. 우선순위 기술 요소를 고려하여 제작한 3D 프린팅 거리 가구 제작 과정은 아래 Fig. 7, Fig. 8과 같다.

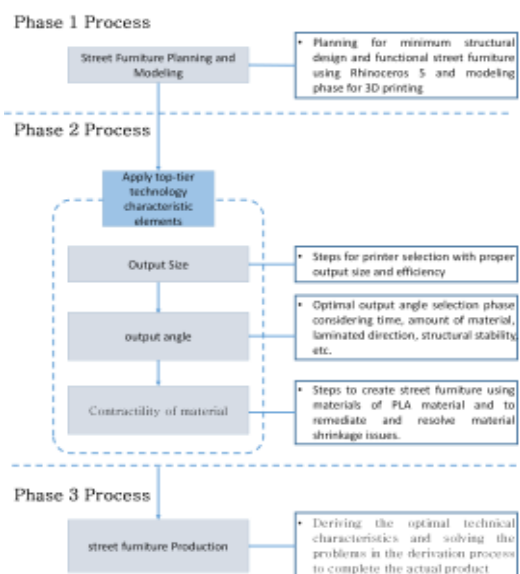


Fig. 7. 3D Printing Street Furniture Production Process



Fig. 8. 3D Printing Street Furniture Production

5. 결론

본 연구는 품질기능전개를 통해 3D 프린팅 기술특성과 거리 가구의 요구 품질 간의 상호 관련성 평가 및 분석을 진행하여 기술요소의 우선순위를 도출하였으며 3D 프린팅 기술을 활용한 비정형 거리 가구에 적용하여 적용 방안을 제시하였다.

품질기능전개 방식으로 중요도를 분석하여 점수로 계량화하고 항목의 우선순위를 정리하였으며 그 결과 개발 및 연구에서 우선 시 되어야 할 기술요소는 ‘출력 크기’, ‘재료의 수축성’, ‘출력 각도’ 순으로 나타났다. 거리 가구는 제작 시 기능성과 안정성을 기반으로 설계되어야 하며 경제성, 제작성, 심미성 등이 고려되어야 한다. 우선순위의 기술 요소인 ‘출력 크기’는 3D 프린팅 거리 가구 제작 시 파츠의 분할을 최소화시켜 안정성을 확보하는데 중요한 기술요소이지만 대형 3D 프린터의 경우 출력 오류 시 재료의 사용량 등 경제적 손실이 크므로 복구할 수 있는 해결 방안도 동시에 모색되어야 할 것이다. ‘재료의 수축성’은 대형 출력 시 열 수축 현상으로 인한 형태의 오차를 최소화시킬 수 있는 방안을 고려해야 하며 형태의 오차로 인한 장비가 멈추는 현상을 방지해야 하므로 보조 출력물, 베드의 온도, 외부환경요소 등을 최적화하여 경제성을 확보하여야 한다. ‘출력 각도’는 출력물의 품질을 향상시키는 기술로 단순히 수평·수직으로 출력하기 보다는 다양한 출력 각도를 통해 효율적이고 구조적 안정성이 있는 각도를 선정해야 한다. 또한 보조 출력물의 생성 정도를 고려하여 경제성을 확보하고 최소한의 보조 출력물의 생성은 품질을 향상시키는 중요한 요소이다.

거리 가구 크기의 대형 출력물이 아직은 경제성, 디자인의 자율성, 제품으로서의 내구성 등이 부족하지만 부분 요소 기술들이 빠른 속도로 발전하고 있기에 머지않아 도시민들의 니즈를 충족시킬 수 있는 거리 가구가 보편화될 것으로 판단된다. 이에 본 연구가 기술과 실제 제작 시 발생하는 문제들을 조율하는데 기여하며, 추후 상위 우선순위의 기술 요소뿐 아니라 주어진 환경(장비, 재료,

디자인) 변화에도 유연하게 적용할 수 있는 후속 연구가 필요할 것으로 보인다.

References

- [1] M. H. Lee, This is Golden Time for urban redevelopment... "Customized architecture" is in harmony with the environment, *Kyunghyang sinmun*, 2019.
http://news.khan.co.kr/kh_news/khan_art_view.html?artid=201906112111005&code=620101
(accessed Jan, 10, 2020)
- [2] Nisijawa. T, B. Y. Kim, B. J. Lee, External environment design, p.289, Ki Moon Dang, 1986, pp.9
- [3] S. I. Choi, S. H. Lee, E. K. Baek, "A Study on the Maintenance and Management of Urban Elements", *Archives of Design Research*, Korean Society of Design Science, Korea, pp.18-19, May 2001.
- [4] Smartcity, Smart City Furniture is The Next Urban Trend, Smartcity, 2018,
<https://www.smartcity.press/smart-city-street-furniture-trends/> (accessed Dec. 20, 2018)
- [5] J. R. Seo, Urban public design, p.83, Communicationbooks, 2016, pp.30-57
- [6] The New Raw, Print Your City-Amsterdam, AMS Institute, TU Delft NL, 2017,
<https://thenewraw.org/Print-Your-City-Amsterdam>
(accessed Oct. 1, 2018)
- [7] D. H. Moon, "Key performance factors by application of 3D printing technology", *Korean Journal of Computational Design and Engineering*, Vol.19, No.3, pp.19-23, 2013
- [8] S. J. Jung, T. H. Lee, "Study of Trends in The Architecture and The Economic Efficiency of 3D Printing Technology", *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, Vol.15, No.10, pp.6336-6343, 2014
DOI: <https://doi.org/10.5762/KAIS.2014.15.10.6336>
- [9] H. D. Kang, "Analysis of Furniture Design Cases Using 3D Printing Technique", *The Journal of the Korea Contents Association*, Vol.15, No.2, pp.177-186, 2015
DOI: <https://dx.doi.org/10.5392/JKCA.2015.15.02.177>
- [10] S. I. Kim, *A Study on the development of the model of design-business using 3D printing*, ph.D dissertation, Kon Kuk University of Art and Design, Seoul, Korea, pp.7-8, 2015
- [11] Y. M. Jung, "A Case Study on Applying QFD to Improve Library Service Quality", *Journal of Korean Library and Information Science Society*, Vol.45, No.1, pp.319-338, 2014
DOI: <https://dx.doi.org/10.16981/kliss.45.1.201403.317>
- [12] Naver Blog, QFD(Quality Function Deployment) /

HoQ(House of Quality), Naver, 2017,
<https://blog.naver.com/win21/221009066306>
(accessed Aug 20, 2018)

- [13] S. H. Lee, *A Study on the Technology of Street Furniture Manufacture in Large 3D Printing*, Master's thesis, SoonChunHyang University of Architecture, Chungnam, Korea, pp.23-27, 2019.

이 성 호(Sung Ho Lee)

[정회원]



- 2019년 2월 : 순천향대학교 대학원 건축학과 (건축학석사)
- 2019년 3월 ~ 현재 : 순천향대학교 대학원 미래융합기술학과 (박사과정)

<관심분야>

디지털건축, 스마트시티, 3D프린팅 건축

임 현 수(Hyun Su Lim)

[정회원]



- 2017년 2월 : 고려대학교 대학원 건축사회환경공학과 (공학박사)
- 2017년 3월 ~ 2018년 2월 : 고려대학교 BK21 건설인재양성사업단 연구교수

• 2018년 3월 ~ 2018년 8월 : 고려대학교 초고층건설기술 연구단 연구교수

• 2018년 9월 ~ 현재 : 순천향대학교 건축학과 교수

<관심분야>

시공자동화, 건설ICT

이 태 희(Tae Hee Lee)

[정회원]



- 2004년 2월 : 순천향대학교 대학원 건축학과 (공학석사)
- 2013년 2월 : 충남대학교 대학원 건축공학과 건축계획전공 (공학박사)
- 2013년 3월 ~ 현재 : 순천향대학교 건축학과 교수

<관심분야>

디지털건축, 스마트시티, 3D프린팅 건축