

# Optimizing the Exhaustion of Inventory for Design Changes: Focusing on Concrete Pump Truck Outrigger Process

Chan-Woong Park<sup>†</sup>

Department of Industrial Engineering, Gachon University

## 설계변경 재고 소진 최적화: E社 펌프카 아우트리거 공정 중심으로

박 찬 응<sup>†</sup>

가천대학교 기계 스마트 산업공학부

Companies are making design changes by improving product quality and function to succeed while meeting customer requirements continuously. Design changes are changing the product BOM's amount, item, specification, and shape while causing a change in the product's structure. At this time, the problem of inventory exhaustion of parts before design change is a big topic. If the inventory exhaustion fails, the pieces before the design change become unused and are discarded, resulting in a decrease in asset value, and the quality cost of the design change affects the company's profits. Therefore, it is necessary to decide to minimize quality costs while minimizing waste inventory costs at the time of application of design changes. According to the analysis, priorities should be prioritized according to urgency because the quantity of items before the design change affects the applied lead time.

**Keywords :** Exhaustion of Inventory, Design Changes, Concrete Pump Truck

### 1. 서 론

글로벌 시장 환경은 변동이 크며, 제품의 사용에 따른 불만족에 대한 고객의 요구사항을 반영하고, 더 나아가 고객이 발견하지 못한 미지의 서비스를 개척해나가야만 갈수록 심화되는 글로벌 시장 환경 속에서 위기를 극복하고 지속경영이 가능하게 되었다[14, 20] 다수의 기업은 제품에 대한 고객의 만족도를 높이고 제품수명주기를 연장하기 위하여 설계변경을 진행하고 있는데, 설계변경은 제품의 구조를 변경시키는 것으로, 제품 BOM의 소요량이나 품목, 스펙, 형상을 변경시키게 한다[3]. 이러한 설계변경 프

로세스에서는 설계변경 전 부품의 재고 소진 방안이 큰 화두가 되고 있는데, 설계변경 전 부품의 재고관리는 결국 재고비용으로 인한 기업의 수익성과 현금흐름에 미치는 영향이 큼에도 불구하고, 방법론적인 접근의 어려움으로 인하여 평가 및 분석을 통한 연구가 세부적으로 실행되지 않아서 집약적인 지식을 실현하는 과정의 어려움이 있다 [6, 15]. 또한, 설계변경은 부서간의 업무를 정립하여 MRP 실행을 통한 자재발주, 부품의 재고관리, 생산 투입의 진행과정에서 의사결정이 필요한데, 다수의 설계변경을 적용하기 위하여 통제해야 할 범위가 많다[4].

설계변경 전 부품의 재고 소진을 실패하게 되면, 불용재고가 되어 폐기를 하게 되면서 자산의 가치가 감소하게 되고, 이것은 불필요한 비용을 발생시킨다. 따라서 고객의 요구사항을 설계변경을 통하여 만족시키고 동시에 운영비

Received 7 November 2022; Finally Revised 9 December 2022;  
Accepted 14 December 2022

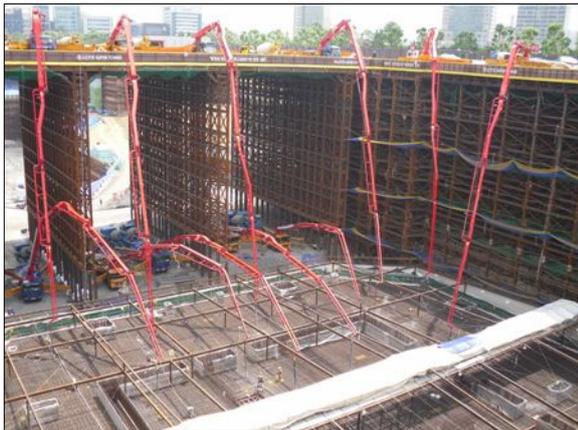
<sup>†</sup> Corresponding Author : cwpark@gachon.ac.kr

용을 최소화하기 위한 노력이 필요하다[11].

E社에서 생산하는 펌프카는 고층 건물을 건축할 때 다량의 시멘트 콘크리트를 유압을 통하여 이송하는 목적에 의해 제조된 특장차로 작업 현장은 <Figure 1>과 같다. 펌프카 제품에서는 제품의 판매 수량의 변동 편차로 인하여 생산계획이 수시로 변동하게 되어 공정 간 발생하는 불균형, 인력 변동에 따른 관리, 재고관리의 어려움이 있는 환경 속에서 경쟁력 있는 제품을 생산하기 위하여 다수의 설계변경을 진행하고 있다.

즉 역동적인 변동 속에서 기업의 보유 재고를 최소화하면서 동시에 속도감 있는 설계변경 적용이 필요한데, 본 논문에서는 실측 데이터 분석을 통하여 최적의 의사결정을 도출하는 방법론을 제시하였다.

본 연구를 통하여 펌프카의 아우트리거 반제품의 재고 소진을 통한 운영비용 개선 효과를 얻을 수 있을 것으로 기대된다.



<Figure 1> Concrete Pump Truck Lotte World Tower Concrete Deposition Site[16]

## 2. 기존 연구 및 문헌 조사

### 2.1 설계변경

Rhee et al.[20]은 경영환경의 변화에 따라서 생산 방식이 다양해지고 있으며 Evolutionary Optimizer의 시스템 구조화를 통하여 양산단계에서 시행착오적 방법으로 문제를 해결하고 있으며, 공정의 품질특성을 체계화하는 것이 필요하다고 하였다. 대량생산 방식에서 BOM은 부품과 공정의 명확한 정보가 생산성의 효율에 영향이 있으므로 세분화된 부품의 정보와 공정의 구분을 위하여 레벨 수준이 깊은 BOM을 사용하게 되는데, 멀티 레벨 BOM은 설계, 생산, 부품 카탈로그와 같은 정보를 다양한 관점에서 고객

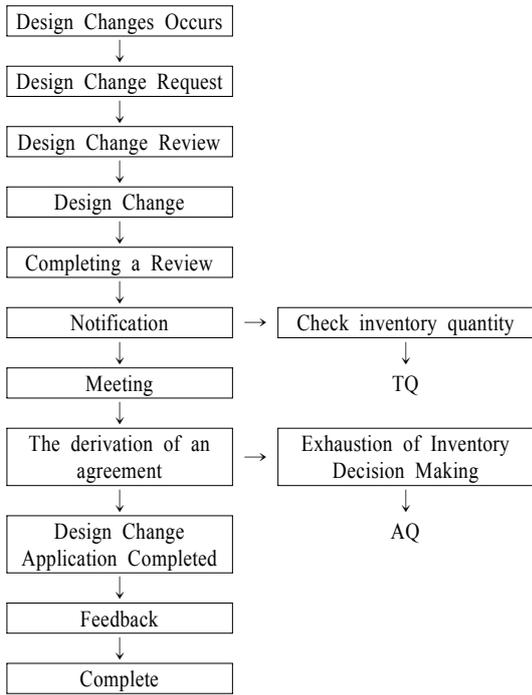
지원 할 수 있다[2]. 설계변경은 제품수명주기를 연장하기 위한 목적으로 진행되는데, Do[4]는 기업의 제품 개발을 지원하는 필수 도구로 일반화 되었으며, 이로 인하여 전문 인력이 절실히 필요하다고 하였으며, 제품수명주기를 관리하는 인력은 제품 개발 과정과 필요 자료에 대한 이해와 다양한 분야의 기반 지식이 요구되며, 이를 갖추기 위해 별도의 교육과정이 필요하다고 하였다. 제품의 모델은 정보시스템 관점에서 제품수명주기 관리 구축과 이를 운용하는데 필요한 데이터베이스와 연관이 있으며, 프로세스 연계 교육 및 정보 시스템 교육, 실습 위주 교육은 제품 개발 프로세스 중심과 제품 자료 모델 중심에서 중요하다고 하였다[12].

Kim[11]은 설계변경 적용 리드타임을 단축하기 위해서는 하나의 설계변경에 연관되지 않은 설계변경을 포함하는 것은 설계변경의 부분 적용으로 인한 모니터링 과정에서 불필요한 시간이 소모되고 있으며, 설계변경 적용을 완벽하게 진행하지 못하게 되어 불필요한 재고비용을 발생한다고 하였다[18]. Do[4]에 의하면 설계변경은 고객의 만족을 실현하고 더 나아가 지속 성장을 위하여 필요한 프로세스이며 기업의 수익에 절대적으로 영향이 있음에도 불구하고 설계변경에 대한 의사결정 연구가 생존을 위한 경영방식에 절실하나 복잡하고 어려운 프로세스로 인하여 연구가 많지 않은 것이 사실인데, 설계변경을 이해하기 위해서는 <Figure 2>에 나타난 바와 같은 설계변경 프로세스의 이해가 필요하며, 업무 프로세스를 이해하고 생산관리, 품질관리, 구매관리, 자재관리, 연구소 등 각 부서와 협업하여 설계변경을 적용하는 시점에 대한 관리가 필요하다[9].

### 2.2 재고 소진

재고 관리는 기업이 경영 활동을 하는 과정에서 필요한 관리 요소임은 틀림없다[19]. 불확실성이 존재하는 시장에서 비용을 최소화하는 방안의 대표적인 예가 재고 관리이기 때문이다. 재고 관리에는 어려움이 존재한다. 최종 소비자의 불규칙성에 의한 불확실성 소비 패턴이 부품을 공급하는 업체에서부터 생산 업체로 거슬러 올라가면서 이러한 비효율이 증폭되기 때문이다[17]. 이러한 환경에서 판매 대응 및 생산 활동을 진행하는 과정에서 운영비용을 절감하기 위한 목적으로 재고의 생산 및 재고 소진 관리를 해야 하는데, 펌프카를 구매하는 고객들은 원하는 기간에 제품을 인도받지 못하면, 다음 작업 기회가 올 때까지 현장에서 작업을 할 수 없기에 고객의 수입을 보장할 수 없는 어려움이 있고, 펌프카의 재고 관리에 관한 연구가 활발하지 않았던 것이 사실이다.

본 연구에서는 펌프카의 현실적인 설계변경 재고 소진 모형을 제시하면서 해법을 제안한다.

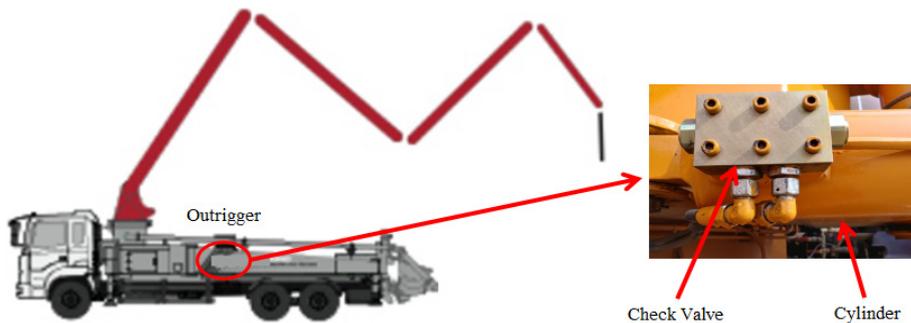


<Figure 2> Process for Applying Design Changes[11]

### 3. 아우트리거 설계변경 및 재고 소진 대상 선정

#### 3.1 아우트리거 체크 밸브 및 제관물 구조 설계변경

<Figure 3>에 나타난 바와 같은 유체가 반대 방향으로 흐르는 것을 막는 체크 밸브는 실린더의 수축 및 이완을 통하여 아우트리거의 동작을 제어하는데, 건설 현장에서 콘크리트를 이송하는 작업을 하는 펌프카의 균형을 고정 하면서 전복 사고를 예방하기 위하여 아우트리거의 체크 밸브 기능 및 품질 향상을 위한 부품 변경과 아우트리거 제관물의 간섭 부위에 따른 일부 스펙을 변경하는 설계변경 전후의 비교는 <Table 1>과 같다.



<Figure 3> Concrete Pump Truck Outrigger Check Valve

자품번의 소요량에는 변동이 없으나 모품번 S207927C에서 S207927D로 변경되면서 S329459A는 미사용하게 되지만, S329459A는 타 기종에도 사용하고 있는 공용 부품으로 폐기 없이 사용하게 된다. 설계변경 적용을 진행하게 되면 S207927D로 생산계획을 수립하여 MRP가 실행되므로 S329459A는 발주가 진행되지 않게 된다. 또한, 스펙의 간섭 여부에 따른 변경으로 설계변경 전후 부품의 혼용 사용이 불가하게 되어 반제품 조립 시에는 설계변경 전 부품의 재고 소진에 대한 의사결정이 선행된 후 설계변경 적용을 진행하도록 요구된다.

#### 3.2 재고 소진 대상 선정

설계변경 전 부품에서 연구소의 스펙 검토를 통하여 재고 소진이 가능한 품목을 <Table 2>로 정리한 뒤에 다른 제품에서도 사용이 가능한 부품은 재고 소진 대상에서 제외하기로 한다. 부품별 총 보유재고 수량은 식 (1)을 사용하고, 부품별 재고 소진 가능 대수는 부품별 총 보유재고 수량에서 BOM의 자품번 소요량을 나누어 구한 식(2)와 같이 결정한다.

$$TQ = IQ + OQ \tag{1}$$

$$AQ = TQ / BQ \tag{2}$$

여기서 TQ는 부품별 총 보유재고 수량을, IQ는 사내 보유재고 수량, OQ는 업체 보유재고 수량, AQ는 부품별 재고 소진 가능한 제품의 수량, BQ는 BOM의 자품번 소요량, UP는 부품의 단가(Unit Price)를 의미하는데, 사내재고와 업체 재고에 한정하여 눈에 보이는 관리를 통한 재고 소진을 진행해야 하는데, 특히 업체에서 보유하고 있는 재고를 동시에 확인하지 않으면 추후 불용재고가 되기 때문에 협력업체와 재고 소진 대상에 대한 정보를 실시간으로 공유해야 하며, 부품별 재고 소진 가능 대수의 확인을 사전에 점검하여 재고 소진에 대한 부품의 이력 관리를 동시에 진행한다.

<Table 1> Status of Design Changes

AS-IS				TO-BE			
Assembly	CMP Level	Component	CMP Qty	Assembly	CMP Level	Component	CMP Qty
S209928A	2	S200098A	1	S209928B	2	S200098B	1
S209932A	3	S210921A	1	S209932B	3	S210921B	1
S207927C	4	S310120A	2	S207927D	4	S310120D	2
S207927C	4	S310310A	2	S207927D	4	S310310D	2
S207927C	4	S329459A	5	S207927D	4	Null	0

\*CMP Level: Component Level  
 \*CMP Qty: Component Quantity  
 \*S329459A is a common part

<Table 2> Exhaustion of Inventory List

Material Number	IQ	OQ	TQ	UP (KRW)
S200098A	7	5	12	4,000,000
S210921A	3	25	28	50,000
S310120A	16	0	16	3,500
S310310A	17	31	48	6,200

20개, S310310A 32개는 폐기 대상이 된다. 이때 재고 소진 실패비용(FC)은 식 (3)과 같으며 여기서 LQ는 재고 소진 초과 부품 수량을, VC는 부품 단가를 의미하며, 총 재고 소진 실패비용은 17,198,400(KRW)가 된다.

$$FC = \sum(LQ \times VC) \tag{3}$$

## 4. 재고 소진 Case 분석 및 평가

### 4.1 부족 부품 발주 없이 재고 소진 Case 분석

<Table 3>에서 각 부품별 총 보유재고 수량(TQ)을 BOM 소요량(BQ)로 나누면 각 부품별 재고 소진 가능한 제품의 수량을 확인할 수 있다. 각 부품별 부족 부품은 추가 발주없이 재고 소진을 진행하게 될 경우에는 최소 제품의 수량이 재고 소진이 가능한 제품의 수량이 된다. 각 부품별 총 재고비용(TC)에서 사용 가능한 제품의 수량(NQ)보다 초과로 남는 부품(LQ)은 추가 발주 없이 재고 소진하게 되므로 폐기를 진행하게 된다.

<Table 3> Exhaustion of Inventory Status(4.1)

Material Number	TQ	TC(KRW)	UP (KRW)	BQ	NQ	OQ
S200098A	12	48,000,000	4,000,000	1	12	4
S210921A	28	1,400,000	50,000	1	28	20
S310120A	16	56,000	3,500	2	8	0
S310310A	48	297,600	6,200	2	24	32

즉, 제품 8대 생산 시 각 부품별 재고 소진이 가능하게 되며, 재고 소진 초과 부품(LQ)인 S200098A 4개, S210921A

### 4.2 부족 부품발주 후 전체 재고 소진 Case 분석

<Table 4>에 나타낸 바와 같이 각 부품별 재고 소진 가능한 제품 수량 중 가장 큰 수량인 28대를 재고 소진 가능한 제품의 수량으로 선정하고 부족한 제품 수량(XQ)에 대하여 추가 발주를 진행하면, 남는 재고를 모두 소진하여 재고 소진 실패비용은 0원으로 개선할 수 있으나, 그에 따른 추가 발주비용(AC)은 식 (4)와 같이 발생하게 된다.

<Table 4> Exhaustion of Inventory Status(4.2)

Material Number	TQ	UP (KRW)	BQ	NQ	XQ	BQ×XQ
S200098A	12	4,000,000	1	12	16	16
S210921A	28	50,000	1	28	0	0
S310120A	16	3,500	2	8	20	40
S310310A	48	6,200	2	24	4	8

$$AC = \sum(BQ \times XQ \times UP) \tag{4}$$

### 4.3 재고 소진 없이 전부 폐기 후 적용 Case 분석

<Table 5>와 같이 설계변경 전 부품의 재고 소진 없이 전부 폐기를 진행하면 재고 소진 실패비용은 49,753,600 (KRW)으로 폐기비용(Disposal Cost, DC)이 된다.

<Table 5> Exhaustion of Inventory Status(4.3)

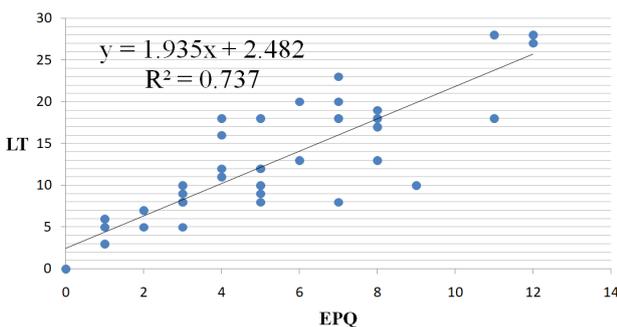
Material Number	TQ	UP(KRW)	DC(KRW)
S200098A	12	4,000,000	48,000,000
S210921A	28	50,000	1,400,000
S310120A	16	3,500	56,000
S310310A	48	6,200	297,600
Total DC(KRW)			49,753,600

4.4 실패비용 분석 및 설계변경 긴급성 평가

4.3과 같이 재고 소진 없이 모두 폐기할 경우 재고 소진 실패비용이 가장 크며, 비용 측면에서 본다면 4.2와 같이 부족 부품에 대하여 추가 발주를 진행하면 실패비용을 최소화할 수 있다. 다만, 설계변경 적용의 긴급성에 대한 제약조건이 의사결정에 종속되므로 재고 소진 실패비용을 고려하여 의사결정이 필요하다.

4.5 재고 소진 제품의 수량과 설계변경 적용 리드타임 분석

E社에서 생산하는 펌프카 제품에 대하여 재고 소진 제품의 수량(EPQ)과 설계변경 적용 리드타임(LT)을 상관관계를 분석한 결과는 <Figure 4>와 같다. 설계변경 전 부품의 재고 소진 제품의 수량이 증가할수록 설계변경 적용 리드타임은 증가하게 된다. 반면에 재고 소진 제품의 수량이 감소하게 되면, 설계변경 적용 리드타임은 감소하게 되고, 고객의 요구사항을 즉시 반영할 수 있다.



<Figure 4> Exhaustion of Products Inventory Quantity and Leadtime for Design Changes

5. 결과 비교 및 고찰

다수 기업에서는 제품수명주기를 연장하기 위하여 설계변경을 진행하고 있는데, 설계변경 전 부품의 재고 소진은 기업에서의 낭비 비용을 어느 정도 감수해야 하는지

알지 못하는 상황이 큰 문제가 되고 있으며, 고객의 만족도를 높이기 위해 설계변경을 적용하기 위해서 고려되는 리드타임이 어느 정도가 되는지 필요한 의사결정에도 불구하고, 복잡한 설계변경 프로세스로 인하여 합의점을 도출하는 연구가 활발하지 않았던 것이 사실이다. 본 연구에서는 E社의 펌프카 아우트리거 공정에서 체크 밸브의 기능을 향상하기 위한 설계를 진행하면서 아우트리거의 조립되는 부분이 간섭되는 것을 해결하기 위한 설계변경을 진행하였는데, 설계변경을 적용하는 과정에서 발생하는 재고 소진 실패비용을 최소화하기 위한 Case 분석을 진행한 결과, <Table 6>에 나타난 바와 같이 부족 부품 발주 없이 재고 소진을 진행하는 방식(4.1)은 재고 소진 실패비용과 설계변경 적용 리드타임 속도가 보통인 것을 확인할 수 있으며, 부족 부품에 대하여 추가 발주를 진행한 뒤 재고 소진을 진행하는 방식(4.2)은 재고 소진 실패 비용을 최소화할 수 있으나 설계변경 적용 리드타임 속도가 느리며, 재고 소진 없이 설계변경을 진행하는 방식(4.3)은 재고 소진 실패 비용이 가장 크나, 설계변경 적용 리드타임 속도가 빠른 것을 확인할 수 있었다. 즉, 산업현장에서는 설계변경에 대한 의사결정을 진행할 때 재고 소진 실패비용과 설계변경 적용의 긴급성을 판단하여 의사결정을 진행할 수 있다. 펌프카의 전복 위험 요소가 사전에 감지되어 인사 사고로 이어질 수 있는 부분은 부품의 재고 소진과는 별개로 즉시 설계변경을 적용해야 하기에 부품의 재고 소진 없이 즉시 적용해야 하는 의사결정이 필요할 것이고, 펌프카의 기능상에는 문제가 없으나 원가절감과 같은 재료비 개선에 대한 설계변경을 진행할 경우에는 설계변경에서 모든 부품을 재고 소진을 진행해야 재고 소진 실패비용을 최소화할 수 있으므로, 현장에서 발생하는 의사결정에 대한 방향성을 제시했다는 것에 큰 의미가 있다고 볼 수 있다. 즉, 설계변경 전 품목의 재고 소진을 진행할 때, 재고 소진 제품의 수량에 대한 의사결정이 선행되어야 설계변경 전 품목의 판매오더를 생성하고 생산계획을 수립하며 재고 소진을 위한 작업지시서 BOM 변경 및 발행, 설계변경 전후 품목의 재고관리를 진행하여 생산 흐름을 원활하게 할 수 있게 되어 운영비용을 최소화할 수 있다.

<Table 6> Exhaustion of Inventory Cost and Application of Design Changes Leadtime

Case	DC (KRW)	Leadtime
4.1	17,198,400	Normal
4.2	0	Slow
4.3	49,753,600	Fast

향후 연구과제로는 설계변경 의사결정 과정에서 파생된 축적된 데이터베이스의 활용을 통하여 설계변경 재고관리

에서 우선순위 알람 시스템을 개발하여 산업현장에서 낭비 비용을 최소화할 수 있는 방안이 필요하다고 판단한다.

## References

- [1] Asian economy, Korea's Architectural Technology Will Surprise the World, 2011. <http://www.asiae.co.kr/news/view.htm?idxno=2011060708242504747>.
- [2] Do, N.C., A Product Lifecycle Management Framework for Customer Services, *Society of Science Conference*, 2008, Seoul, Korea.
- [3] Do, N.C., Developing a BOM Management System for Personal Manufacturing, *Korean Journal of Computational Design and Engineering*, 2017, Vol. 22, No. 4, pp. 352-362.
- [4] Do, N.C., *Introduction to PLM and its applications*, Life and Power Press, Korea, 2007.
- [5] Jeong, M.K., New Products (NPI) and Old Products (EOL) Conversion Period for Optimal Inventory Management, [Ph.D. thesis], [Incheon City, Korea], Inha University Graduate School, 2017.
- [6] Jeong, N.G., TOC Utilization for Inventory Reduction and Delivery Timing at SCM, 2003, Korea Logistics Innovation Conference, Session 4.
- [7] Jianjun, Y.M., Baiyang, J., Yifeng, G., Jinxiang, D., and Chenggang, L., Research on evaluation methodologies of product life cycle engineering design (LCED) and development of its tools, *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 2008, Vol.21, No. 8, pp. 923-942.
- [8] Jung, S., Kim, B., Oh, J., Baek C.H., and Lee, S., An Integrated Multi-BOM System for Product Data Management(in Korean), *Transactions of the Society of CAD/CAM Engineers*, 2002, Vol. 17, No. 3, pp. 216-223.
- [9] Kang, J.H. and Kim, S.B., Bootstrap-Based Fault Identification Method, *Journal of the Korean society for quality management*, 2010, Vol. 39, No. 2, pp. 234-243.
- [10] Kim, J.B., Kim, W.J., and Cho, N.W., An Efficiency Evaluation among Manufacturing Processes using Hybrid DEA/AFP Mode, 2008.
- [11] Kim, K.H., A Study on the Reduction of Design Change Application Time and Effects Analysis, [Master's thesis], [Gyeonggi-do, Korea], Gachon University Graduate School, 2014.
- [12] Kim, S.H., A Review for Improving CAD education from an Industry View, *CAD/CAM Review*, 2005, Vol. 11, No. 3, pp. 53-57.
- [13] Korea Institute of Construction and Industry, Seminar on the Prospects of Construction Real Estate in 2020, 2019.
- [14] Kwon H. C., Inventory Model and Cost Sensitivity Analysis by Reducing Inventory Investment, *Digital Policy Research*, 2013, Vol. 11, No. 12, pp. 265-274.
- [15] Kwon, M.H., Kim, D.H., Yi, J.E., Kim, D.H., Hyun, Y.T., Kim, K.H., Lee, J.S., Ahn, J.S., and Kang, K. C., Development of Remotemonitoring system for CNC machine tools, *Korean Society for Manufacturing Technology Engineers*, 2015, pp. 189-189.
- [16] Lee, S.H., A Study on the Optimal Inventory Management of Construction Projects Using Simulation, [Master's thesis], [Seoul Metropolitan City, Korea]: Kwangwoon University Graduate School, 2011.
- [17] Maloni, M. and Benton, W.C., Power Influences in the Supply Chain, *Journal of Business Logistics*, 2000, Vol. 21, pp. 49-73.
- [18] Martin, M.V. and Ishii, K., Design for variety: Developing standardized and modularized product family architectures, *Research in Engineering Design*, 2002, Vol. 13, pp. 213-235.
- [19] Park, H.C., Inventory Clearance Policies of a Franchiser, *Journal of the Korean Society of Production Management*, 2009, Vol. 20, No. 4, pp. 3-22.
- [20] Rhee, C.K., Byun, J.H., and Do, N.C., A System Design of Evolutionary Optimizer for Continuous Improvement of Full-Scale Manufacturing Processes, *IE Interfaces*, 2005, Vol. 18, No. 4, pp. 465-476.

## ORCID

Chanwoong Park | <https://orcid.org/0000-0002-3594-7101>