

초고층 건축공사의 특수성을 고려한 최적 재고 관리 방안에 관한 연구

-철근공사를 중심으로-

An optimal inventory management system for high-rise building -Focused on Re-bar Works-

김 근 환* 이 수 환** 윤 정 숙*** 박 경 모**** 김 창 덕*****
Kim, Geun-Hwan Lee, Su-hwan Yun, Jung-Suk Park, Kyung-Mo Kim, Chang-Duk

Abstract

Since high-rise building construction sites are usually located in crowded city areas, sufficient spaces for the inventories of key materials are rarely available. This spatial constraints have been one of the critical challenge that may cause productivity loss and increasing costs of the high-rise building construction projects. The proper material inventory management is certainly a key to the success of high-rise building construction projects as it handles difficulty of securing material stock yards, changes in demands, uncertain delivery time through integrating the construction schedules and actively responding to the key materials attributes. In this light, this research analyzes the latest inventory model, (Q,r) model, in accordance with the high rise building characteristics. This research suggests an optimal inventory management of re-bar considering various demands and lead times. The case study is also presented with regard to the re-bar inventory management.

키워드 : 재고관리, 적정 주문시점, 안전재고

Keywords : Inventory Management, Optimal Order Point, Safety Inventory

1. 서 론

1.1 연구의 목적

건설현장에서 필요이상의 재고는 재고 유지비용을 크게 증가시키고 자재 적치를 위한 넓은 야적장을 필요로 하게 되며, 수행동선에도 영향을 미쳐 현장의 생산성 또한 저하시키는 부정적 요소이다. 반면 현장의 재고가 적정 재고량에 못 미칠 경우 예상치 못했던 수요 발생 시 자재수급이 어려워져 공기 지연을 야기시킬 수 있고, 잦은 주문으로 인한 주문비용의 증가라는 결과를 초래할 수 있다. 따라서, 현장에서의 적정재고 보유는 공기와 비용 모두의 측면에서 중요한 요소라 할 수 있다.

하지만 초고층 건물과 같은 현재의 도심지 건설현장에서는 충분한 크기의 야적장을 확보하기 어렵고 심한 경우 야적장이 없는 공사 현장도 상당수 있다. 이는 재고관

리의 어려움을 가져 오면서 동시에 적정재고량 보유에 실패함으로써 공기나 비용에 심각한 영향을 줄 수 있다. 따라서 자재가 현장에 투입되어 조립, 설치되기 까지 지속적인 모니터링을 통하여 재고량이 일정수준에 다다른 경우 자재의 재 주문을 통하여 재고의 수준을 올려 주고 재고가 남을 경우 주문을 보류하여 재고수준에 따른 유동적인 주문이 이루어져야 한다.(정도영, 2006)

건설 산업에서 자재에 관련한 비용은 원가구성비 측면에서 전체 공사 원가의 40%를 차지하고 있다.(임건순, 2008) 도시의 인구집중으로 인한 토지의 효율적 활용과 새로운 거주유형에 대한 대응 및 건축구조와 재료기술의 발달로 건축물의 초고층화는 더욱 발달 되어 가고 있는 현재의 실정이다. 이러한 경향에 발맞추어 비용관리나 사업수행 과정에 큰 영향을 미치는 자재조달관리는 새로운 방법의 개발이 요구되어 지고 있다.

* 광운대학교 건축공학과 박사과정(sphandex@kw.ac.kr)

** 광운대학교 건축공학과 석사(leroy1081@gmail.com)

*** 광운대학교 건축공학과 박사과정(pinkstar114@kw.ac.kr)

**** 광운대학교 건축공학과 박사과정(kmpark@kw.ac.kr)

***** 교신저자, 광운대학교 건축공학과 교수(stpkim@kw.ac.kr)

이에 본 연구에서는 제조업에서 활발하게 사용되고 있는 재고관리 모델인 (Q, r)모델을 건설업 분야에 적용함으로써 초고층 건설현장의 JIT¹⁾달성을 위해 현장에서 발생할 수 있는 수요의 변화와 공급 소요시간 등의 재고관리 불확실성을 가지는 상황에서의 최적재고 수립에 대한 방법을 제안하고 그에 대한 적용성을 검토하여, 재고관리 비용 절감 방안을 제시하였다.

1.2 연구의 방법 및 절차

본 연구에서는 먼저 일반적인 재고의 개념과 재고관리 시스템에 대하여 살펴보고 건설업과 일반 제조업과 다른 건설현장에서의 자재관리 특수성 및 실무에서의 자원조달 업무를 분석하고 초고층 공사의 특성에 맞는 (Q,r)모형 검토를 통하여 철근자재를 대상으로 재고관리 현황을 살펴보고 철근 가공·조립과정의 적용성 여부를 판단하였다. 이후 자재의 리드타임 변이와 리드타임 동안의 자재 수요율 변이를 고려하여 자재의 재 주문 시점을 언제로 할 것인지를 결정하고 주문비용 및 재고유지비용, 자재 수요량을 고려한 주문량 산정을 통하여 기존 재고관리 시스템에서 개선된 최적 재고 관리 방안을 제시한다.

2. 문헌고찰

2.1 건설 현장의 자재관리 특수성

건설사업은 자재의 구매형태나 특히 재고관리 측면에서 아래와 같이 제조업과는 상당히 다른 양상을 보이고 있다.

- 1) 주문생산이므로 자재의 장기 수급계획 수립 곤란
 - 2) 공사별, 공사 지역에 따라 획일적인 자재관리 불가능
 - 3) 다종 소량의 제품으로 규격화, 통일화가 곤란
 - 4) 공사장소가 분산되어 자재의 운반 및 관리가 어려움
 - 5) 당초 예상하지 못한 불확정 요소나 자연환경의 영향에 의한 예외적 사태발생으로 인해 긴급조달을 요하는 경우가 많음
 - 6) 공사원가의 구성비 자재가 차지하는 비율이 높으므로 조달상황에 대한 추가비용의 검토가 필요함
- (이재명, 2007)

건설업은 일반제조업과 달리 생산라인이 결정되면 그 배치가 고정되어 있는 것이 아니라 장비, 자재 하역장, 임시 창고, 작업장 등의 위치가 시간에 따라 변화하여 그 배치가 매우 동적이다. 표 1은 자재관리 측면에서의 건설업과 일반제조업의 차이점이다.

2.2 건설업에서의 재고관리에 관한 기존 문헌고찰

기존의 연구에서는 자재의 리드타임 산정이나 주문량

1) just in time : 적기공급생산. 재고를 쌓아 두지 않고서도 필요한 때 적기에 제품을 공급하는 생산방식이다

표 1. 제조업과 건설업의 차이

구분	제조업	건설업
특징	·생산라인 결정 후 주요장비 및 설비가 배치되고 자재와 인력이 움직이며 작업·배치의 변화가 거의 없음	·장비, 자재보관소, 작업장 등의 위치가 변화하여, 건설 공급 사슬이 복잡하게 변화함 ·프로젝트 수행방식의 다양성, 일회성
낭비 작업	·재고와 과잉생산 ·작업대기 및 운반 작업 ·제작업	·다양한 선행작업 및 작업 대기 ·과다한 자재야적 및 이동 ·시공 잘못으로 인한 재작업
JIT 시스템	·조립에 필요한 부품이 필요만큼 필요장소에 도착	·공사수행에 지장이 없도록 작업의 낭비 요소를 제거 ·필요한 시간 내에 필요한 자재를 반입하여 공급

산정에 관련한 연구들이 활발하게 진행되었으며, 표 2는 기존 연구의 대표적 사례들이다.

표 2. 재고관리에 관한 기존연구

저자	내 용
Tommelein (1999)	철근 조립, 설치 공정에서의 자재재고 분석을 통해 철근 공종에서의 자재재고의 필요성을 증명
Thomas (2005)	철근 조립 및 설치 공정에서의 자재재고 수준과 노동력의 성과비교를 통해 적정 자재수준을 제시
이경근 (2001)	JIT구매 시의 공간절감의 효과를 갖는 총 구입비용과 재고 비용에 대한 비용함수를 구한 후, EOQ와 JIT의 구매 방식에 대한 정태적 분석
김상훈 (2004)	건설공사에서 여러 가지 자재 주문량을 결정하는 모델들을 비교분석하여 가장 적합한 방법을 도출하고 이에 근거한 적정 주문량을 결정하고 재고비용을 분석

하지만 위의 연구들은 건설현장의 자재 수요량에 대한 변동성을 반영하지 못하였으며, 재고 부족으로 인하여 발생할 수 있는 비용에 대한 부분의 분석이 미흡한 상태이다. 또한 적정 재고량을 고려하여 자재 주문시점과 자재 재고량을 결정하는 구체적인 알고리즘을 제시하지 못하였다는 한계점이 있다.

2.3 건설 실무에서의 자원조달 업무

국내 대형 건설업체 수준의 실무적 차원의 조달관리 업무절차를 조달계획, 구매계약, 제작 및 운송, 현장반입, 보관, 사용, 재고관리 등의 단계로 구분하여 관리하도록 하고 있다.(송도현, 1999)

실무적으로 건설회사에 따라 차이가 있으나 일반적인 경우 자재구매 범위는 본사 구매를 원칙으로 하고, 자재의 종류와 규모에 따라서는 부분적인 현장 구매도 가능하도록 계획을 수립한다.

실무적인 자재조달 업무 흐름은 다음 그림 1과 같으며, 본 연구는 현장의 자원조달계획에 대하여 중점적으로 논

의한다.

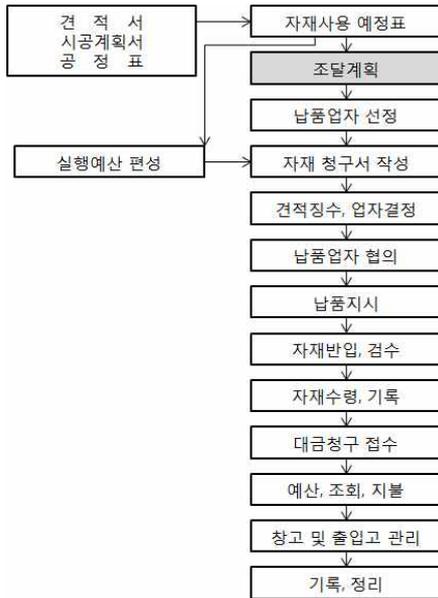


그림 5. 실무적 자재 조달관리 업무

2.4 초고층 현장의 조달관리 고려사항

최근 국내의 건설 프로젝트들은 초고층화를 기반으로 이루어지고 있는 상황이다. 이들은 도심외곽지역의 대형 재개발 프로젝트뿐만 아니라 도심지 내에서의 초고층 건물까지 포함하고 있어, 다양한 환경에서의 프로젝트 수행능력을 필요로 하고 있다. 초고층 현장은 일반 현장관리 방법과는 달리 경험에 의한 의사결정에는 한계가 있다. 도심지의 대형 공사를 짧은 공기 내에 수행함에 있어 가장 큰 문제로 부각된 것은 건설자원의 전반적인 관리이다. 이에 프로젝트 진행 사전에 공사 전반에 걸친 계획과 준비가 필요하게 되었으며 현장 내 자재의 적시생산에 대한 중요도 또한 높아지면서 초고층 현장의 특성에 능동적으로 대처할 수 있는 자재조달 관리 시스템의 개발이 요구된다. 다음 표 3은 초고층 현장 조달관리의 고려사항이다.

2.5 연속검토 모형 (Q,r)

자재의 수요예측이 불가능한 경우 주문비용이나 작업 준비비용이 너무 많이 발생하기 때문에, 필요시 매번 보충할 수 없다. 따라서 유지보수 관리자는 얼마나 재고를 갖고 있어야 하는지 뿐만 아니라, 한 번에 얼마나 주문/생산하는지를 결정해야 한다. 이 두 가지 이슈를 동시에 고려하는 것이 (Q,r) 모델의 주 관심사이며 다음과 같은 가정을 가진다.

- 1) 제품들은 독립적이다.
- 2) 수요는 한 번에 한 번씩 발생한다.
- 3) 만족치 못한 주문은 미납 주문된다.

- 4) 보충 리드타임은 고정되어 있다.
- 5) 연간 보충 주문 횟수에 대해 제약이 있다.

표 3. 초고층 현장 조달관리의 고려사항

초고층 현장 조달관리 고려사항
• 도심지 교통상황 변화에 따른 유동적 자재수급 필요
• 프로젝트의 대형화, 복잡화에 따른 자재의 다양화 및 물량의 증가
• 야적장의 유무에 따른 자재 재고의 부족
• 대량, 다종의 자재와 제품의 조립식 공정으로 인한 긴급물량 소요
• 공구의 분할 및 반복공정작업에 따른 자재 투입의 연속성
• 다양한 상황의 변수로 인한 수요율의 변이 발생 가능성이 높음
• 다수의 참여 업체로 인하여 의사소통의 문제 발생 가능성이 높음
• 여러 공종의 집중현상으로 공종 상호간의 방해요소가 많음.
• 고소작업으로 인한 양중장비를 통한 자재 투입의 사전계획 필요

(송도현, 2004).

확률적 재고모형 (Q,r)모형(Quantity, Reorder Point의 약자로 줄여서 Q,r모델로 사용)은 Deurmeyer and Schwarz(1981)에 의해 개발되었으며, 이 모델은 연속해서 재고 소모를 추적하여 각 품목별로 현재의 재고수준에 대한 정보를 제공하는 것이 가능하다. 보유중인 재고량이 미리 결정된 최소재고 수준에 도달하게 되면 고정된 양 (Q)의 주문이 발생하게 된다. 이 시스템의 장점은 재고소모에 대한 연속적인 조사를 통해 얻을 수 있는 통찰력에 있다. 건설프로젝트에서는 제조업에서처럼 높은 작업 신뢰도를 만족시키기가 어렵기 때문에 건설생산 요소들의 변동성에 의한 영향을 완충 시켜 줄 수 있는 장치가 제조업에 비해 더욱 필요하다. 자재재고도 이러한 완충장치 중에 하나라고 할 수 있다.

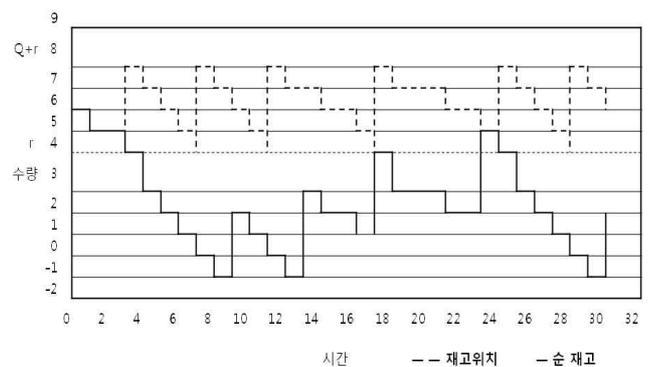


그림 6. Q=4인, (Q,r)모델에서 시간당 순 재고와 재고 위치

그림2는 (Q,r)모델의 기본적인 원리를 나타낸 그림이다. 여기서는 하나의 제품에 연속적으로 관측되는 순재고 수준(보유재고-미납주문 수준)과 재고위치(순재고수준+보충주문)을 볼 수 있다. 수요는 임의적으로 발생하지만 한 번에 하나씩 발생하기 때문에 그림 2에서

보통이 순 재고수준은 하나씩 감소하고 있다. 재고위치가 재 주문점 r 에 도달하면, Q 만큼 주문되며 리드타임 이후에는 주문이 도착한다. Q 와 r 은 각각 다른 목적을 가지고 있다. 보충량 Q 는 생산/주문 횟수와 재고간의 상충관계에 영향을 준다. Q 가 크면 보충횟수는 적어지지만 높은 평균재고가 발생한다. Q 가 작으면 보충횟수는 많아지지만 낮은 평균재고가 발생한다. 이에 비해 재 주문점 r 은 재고 부족 가능성에 영향을 준다. 높은 재 주문점 r 은 높은 재고로 나타나므로 재고부족 확률을 낮춘다. 낮은 r 은 그 반대로서 낮은 재고로 나타나므로 재고부족 확률을 높인다. Q 는 순환재고(cycle stock, 과도한 보충비용을 피하기 위해 갖는 재고)와 연관이 있고 재 주문점 r 은 안전재고(safety stock, 재고부족을 피하기 위해 갖는 재고)와 연관이 있다. 이런 면에서 (Q,r) 모델은 두 모델을 통합한 것이다.

3. 초고층 현장 최적 재고량 산정모델

3.1 현재 자원조달계획 시스템의 문제점

자원조달계획은 각 건설담당자가 공정에 필요한 소요 자원의 항목과 수량을 파악하여 자재청구서를 자재관리 담당자에게 제출하도록 되어있다. 현장 자재관리 담당자의 업무는 현장의 전체자원 소요량을 취합하여 조달방법을 결정하고, 공사수행 및 자재조달이라는 업무를 완료하기 위해 자원소요 예측을 시행하여야 하고 자원 조달에 문제가 발생했을 경우 문제해결 등과 같은 사후 업무처리가 중심이 되는 책임활동이다. 이와 같은 건설 프로젝트의 자원소요계획을 수립하여 적용하는데 다음과 같은 적용상의 한계점을 지니고 있다.

첫째, 숙련된 담당자가 아닐 경우 필요한 자원의 항목과 수량을 잘못 파악하여 자재요구서를 제출할 때 이에 즉시 대처 할 수 있는 프로세스가 존재 하지 않으며, 또한 자재조달 업체의 능력이나 생산과정에서 생길 수 있는 변수에 대한 고려를 하지 않음으로 인해 결국 자재반입 지연으로 인한 공기 지연의 원인이 되기도 한다.

둘째, 자재조달계획은 보통 1주 단위로 계획공정표 업데이트에 맞추어 이루어지므로 최소 1주 이상의 기간을 고려한 자재계획을 세울 수 있으나 긴 리드타임을 요하는 자재의 경우는 현장 공정에 맞게끔 자재 반입이 안 이루어 질 수 있는 확률로 인하여, 불필요한 시기의 자재반입이 발생 할 수 있다. 특히 야적장이 부족한 도심지의 초고층 현장일 경우 많은 재고비용이 발생 할 수 있으며, 늦게 자재가 도착할 경우에는 전체 공기의 큰 영향을 줄 수 있다.

셋째, 초고층 현장과 같은 특수한 현장의 경우 자원조달계획의 기초 자료가 부족하여 주로 경험과 직관에 의존하는 경향이 있다. 현장의 자원조달계획은 초기의 계획공정표를 기준으로 이를 업데이트 하면서 진행하

게 되는데 이를 반영한 조달계획이 잘못된 경험과 직관에 이루어짐으로 해서 현장 개설 후 자원조달업무는 잘못 작성된 자원조달계획서와 계획공정표를 수정 보완하는데 많은 시간이 소요되어 효율적인 업무의 수행에 어려움을 가져온다. 따라서 건설자재의 경우 현장내의 작업량 및 재고, 스케줄을 유기적으로 고려한 재고관리 기술이 필요하다. 재고량이 일정수준에 다다를 경우 자재의 재 주문을 통하여 재고의 수준을 끌어올려주며, 재고가 남아 있는 경우에는 주문을 보류함으로써 재고 수준에 따른 유동적인 주문이 이루어지는 결정이 가능한 알고리즘이 제시될 필요가 있으며, 표 4는 자재재고량에 따라 발생 할 수 있는 문제점이다.

표 4. 자재재고량에 따른 자재관리 문제점

자재재고량 과잉 시 문제점	자재재고량 부족 시 문제점
·현장내 불필요한 인력과 장비 이동으로 인한 추가비용 소요 ·불필요한 재고량 야적으로 인한 공간사용의 제약	·자재부족에 따른 공기지연 발생
·타공종 및 공정에 간섭으로 생산성 저해 ·안전사고 발생의 위험	·추가적인 자재수송시간의 증가로 작업량 감소
·야적공간 부족으로 현장 외곽에 자재 야적 시 민원발생 ·자재의 마모로 인한 품질 저하와 폐기량의 증가 ·진행간 많은 재고로 내재된 변이 발생	·선행공정의 지연이 후행공정에 영향을 미쳐 원활한 흐름생산이 이루어지기 어려움

3.2 적정 주문시점²⁾

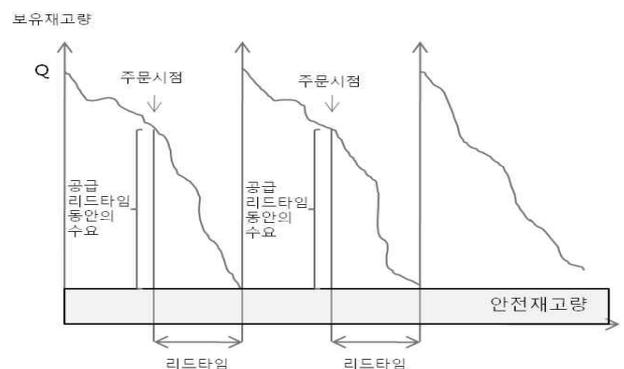


그림 7. 주문시기 산정 그래프

본 연구에서는 제조업에서 재고량에 관한 최적치를 구하는데 이용되는 확률적 재고모형을 이용하여 안전재고수준과 그에 따른 재 주문 시점을 결정하려 한다. 재고모형은 수요율을 확정적으로 보느냐 확률적으로 보느냐의 구분에 따라 확정적 모형과 확률적 모형으로 나뉜다. 이 중에서 확률적 재고 모형은 수요가 불확실하

2) 3.2, 3.3, 3.4는 본 연구에서 제안하는(Q,r)모델을 소개하는 내용으로서 현병연, 신 물류관리, 2004 등의 내용을 인용하였음.

다는 가정 하에 수요를 만족시킬 확률을 어떤 수준으로 유지하기 위해 요구되는 안전재고 수준을 구하는데 이용되기 때문에 건설현장의 상황을 적용하기에 적절한 재고모형이라 판단된다. 주문시기의 산정은 그림 3에서 알 수 있듯이 자재의 리드타임 조달기간의 수요에 안전재고량을 더한 값이 된다.

$$ROP = \sigma + SS \quad (식1)$$

여기서,

ROP : Reorder Point

σ : 리드타임동안의 소요량

SS : 안전재고량

3.3 안전재고량의 산정

건설현장에서 자재의 소요량은 위에 언급한 건설업의 특징에 따라 예외적인 요소가 많으며, 환경변화에 많은 영향을 받음으로 상황마다 자재 관련 업무 전반에 걸친 변화가 일어가는 경우가 빈번하다. 경우에 따라서는 자재의 입하 전 재고를 모두 소비함으로 인해 공사지연등의 문제를 일으켜 프로젝트에 성과에 영향을 미칠 수 있다. 이러한 재고의 품질을 방지하기 위해 발주부터 입하까지의 기간 내(리드타임)의 자재 소요량의 오차를 고려해 두는데 이것을 안전재고라 부르며 산정 방법은 아래 (식2)와 같다.

$$SS = K\sigma_D \sqrt{LT} \quad (식2)$$

여기서, SS : 안전재고량

K : 안전계수

σ : 리드타임 동안의 수요량

LT : 자재조달 리드타임

3.4 적정 주문량 산정

적정 자재의 주문량은 안전재고량을 고려한 리드타임 기간의 자재 수요량에서 현재의 재고량을 뺀 값으로 정해진다.

$$Q = (\sigma + ss) - \text{stock quantity} \quad (식3)$$

여기서,

σ : 리드타임 동안의 소요량

ss : 안전재고량

stock quantity : 주문시점 재고량

4. 사례연구

4.1 사례연구 개요

본 연구에서 분석하고자 하는 사례는 도심지에 위치한

주상복합 신축현장에서의 철근 재고관리 현황이다. 사례현장의 총 소요기간은 38개월, 철근의 총 투입량은 6,420TON이며, 시내중심부 및 주거지역을 통과하는 도심지 공사로서 민원발생 등으로 인한 공정계획 변동의 위험성이 높고 자재야적 및 관리를 위한 간접비 비율이 높은 것으로 조사되었다. 따라서 효율적인 자재재고에 관한 관리의 필요성이 높은 현장이라 할 수 있다. 본 연구에서 자재의 주문시점과 주문량을 구하는 방법은 주문이 필요한 자재의 안전재고량과 리드타임동안의 수요량을 구한 후, 이를 현재 재고량과 비교하여 주문량 및 작업이 지연되지 않고 수행될 수 있는 최적의 주문시기를 결정하게 된다.

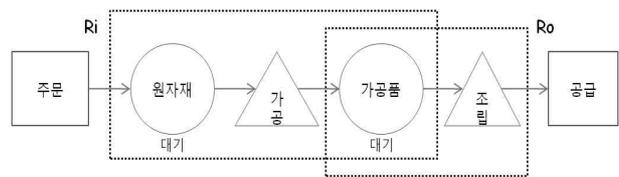


그림 8. 철근 가공·조립 공정

철근의 경우 공사 전 단계에 걸쳐서 쓰이는 범위가 광범위 하여 지속적으로 작업이 이루어지며, 건설현장의 안·밖의 여러 변동요인들에 의해 자재수급에 영향을 크게 받는 등, 자재의 특성상 많은 변동성을 가지고 있어 위와 같은 개념을 적용하기에 적절하다고 판단된다. 철근 원자재가 투입되어 설치되는 과정을 간단히 나타내면 그림 4와 같다. 본 연구에서 제시한 자재의 주문시기와 주문량의 산정 방법에 적용성 검토를 위하여 현장을 선정하고 시범 적용 하였다. 현장에서 수행하는 자재관리업무에 추가작업 없이 자재관리 하는 것을 목표로 하여 현장에서 작성되는 자재관리 데이터의 수집과 이를 통하여 제시하는 산정법을 검증한다. 표 5는 조사대상 현장 개요를 정리한 것이다.

표 5. 사례현장 개요

항 목	사례현장
공사명	00동 주상복합 신축공사
적용현장	00동 주상복합 현장
공사규모	지상 39층, 지하 4층
적용자재	철근
총 소요기간	38개월
총 소요량	6,420ton

4.2 현장 DATA수집

현장자료 수집결과 주문된 일반 철근자재는 1회에 걸쳐 124 TON이 입고되었다. 주문량과 입고량은 일치하며, 현장내의 소요변경에 의해 재고가 발생 할 수 있다.

4.3 적정 주문량 및 주문시기 산정 검증

표 6. 현장 자재 주문/입고 현황

구분	내용
평균리드타임	7일
총 입고량	124 TON

수집된 데이터를 통해 주문시기를 산정하는데 필요한 정보를 수집한다. 표 7은 철근의 주간 업데이트 자료를 정리한 것이다.

표 7. 주간 업데이트 데이터

설치일	필요수량
11.09.19	12.3
11.09.20	13.4
11.09.21	12.1
11.09.22	15.1
11.09.23	10.8
11.09.24	12.6

표 8은 업데이트된 정보와 기존의 정보를 이용하여 주문시기 산정에 필요한 데이터를 정리한 것이다.

표 8. 적정 주문량 산정 시 요구되는 데이터

필요수량	시작일	자재 리드타임	공사기간
12.3	11.09.19	7	1
13.4	11.09.20	7	1
12.1	11.09.21	7	1
15.1	11.09.22	7	1
10.8	11.09.23	7	1
12.6	11.09.24	7	1

표 9는 사례현장에서 조사를 실시한 철근의 일반적 하루 소요량과 현장의 상황에 따라 변동하는 현장에서의 최소, 최대 철근 소요량을 나타낸 것이다.

표 9. 철근 일일소요량 이동범위

계획된 일반적 하루 소요량	약 12 TON
최대로 생산성이 높았을 때 하루 소요량	약 15 TON
최소로 생산성이 낮았을 때 하루 소요량	약 10 TON

4.4 안전 재고량 산정

식 2를 이용하여 안전재고량을 산정한다. 안전계수는 기존에 선행되었던 자재관리 연구에서 사용한 5%를 적용하였는데³⁾, 이는 본 연구에서 진행한 현장 자재 담당자와의 면담을 통해 결정된 안전계수와도 일치하였다. 데이터의 분석결과를 활용하여 11년 09월 19일로 주문시점을 가진다면, 리드타임 동안의 수요량은 11년 09년 10일부터 11년 09월 24일까지의 자재수요량을 통해 결정된다.

3) “건설 현장 자재수요 변동을 고려한 주문시점 산정 방법”, 이재명(2008)에서 안전계수를 5%로 적용함.

$$SS = K\sigma_D \sqrt{LT}$$

$$= 0.05 * 76.3 * \sqrt{7} \quad \therefore SS = 10 \text{ TON}$$

4.5 적정 주문량 산정

식 3을 이용하여 적정 주문량을 산정한다. 이 때 현장의 재고량에 대한 정보가 필요하다. 재고량은 입고량에서 설치량을 뺀 값으로 결정되며, 현장의 데이터 분석결과 주문전일까지의 입고량이 124TON이었고 현장내의 재고량의 확인결과 98.1TON을 사용했음을 확인하였다. 이를 활용하여 재고량을 산정하면 다음과 같다.

$$\text{일반철근 재고량} = \text{자재입고량} - \text{자재 설치량}$$

$$= 124 - 98.1$$

$$\therefore 25.9 \text{ TON}$$

산정한 재고량을 바탕으로 식3을 이용하여 적정주문량을 산정하면 다음과 같다.

$$Q = (\sigma + ss) - \text{stock quantity}$$

$$\text{적정주문량} = (\text{리드타임동안의 수요량} + \text{안전재고량}) - \text{현재재고량}$$

$$= (76.3+10)-25.9$$

$$\therefore 60.4\text{TON}$$

마지막으로 식 1을 이용하여 적정주문시점을 산정할 수 있다. 적정주문시점은 리드타임동안의 수요량과 안전재고량의 합으로 결정되며, 적정주문시점은 철근의 재고가 86.3TON일 때 주문이 이루어지면 된다.

$$ROP = \sigma + SS$$

$$= 76.3+10$$

$$\therefore 86.3 \text{ TON}$$

건설현장에서 사용하는 철근의 경우 수요율 및 리드타임이 일정하지 않고 자재의 수요량이 시간에 따라 변이가 발생하지만 자재의 주문이 고정 주문 간격에 의해 이루어지지 않고 앞서 유도한 재 주문점에 의하여 이루어질 경우 수요량이 불규칙하더라도 변동성에 의한 영향을 완충시키는 것이 가능 할 것으로 판단된다. 즉, 수요량이 많아질 경우 높은 재고수준에서 주문을 하게 되고 주문 간격이 좁아져 주문횟수가 늘어나면서 미래의 높은 수요에 미리 대비하는 두 가지 아이디어를 하나로 통합한 연속검토모형 (Q,r)모델에 기본 원리인 재주문점이 r에 도달하면 Q만큼 주문한다는 개념에 적용 가능한 주문시

점과 주문량의 산정을 통해 건설현장에 자재관리에 있어 수요율의 변화와 공급소요 시간 등의 불확실성에 의한 영향을 줄일 수 있을 것으로 기대된다.

5. 결론

초고층 현장에서의 자재관리는 경쟁력 확보와 원가절감이라는 측면에서 매우 중요하다. 특히 다종의 자재와 높은 공사비가 투입되는 초고층 건축 현장에서의 기존 경험과 직관에 의해서 의존되며, 시공사보다는 협력업체에 의해 이루어졌던 자재관리를 효율적으로 개선함으로써 기업의 이익을 증대시킬 수 있다. 도심지 고층공사의 경우 대지의 여유 공간이 협소, 자재적치와 수행동선을 위한 공간 확보의 어려움, 수요의 변화와 공급 소요시간의 불확실성 등의 이유로 인한 생산성 저하 및 추가비용의 발생을 막기 위하여 프로젝트 진행 사전 공사전반에 걸친 계획과 초고층 현장의 특성에 능동적으로 대처할 수 있는 자재조달 관리 시스템의 개발이 요구된다. 이에 본 연구에서는 먼저 일반 제조업 분야의 조달관리와 다른 건설산업의 자재관리의 특수성을 알아보았으며, 실무에서의 자원조달 업무를 파악한 후 초고층공사의 특성에 맞는 (Q,r)모형 검토를 통하여 철근자재를 대상으로 재고관리 현황을 살펴보고 철근 가공·조립과정의 적용성 여부를 판단하였다. 이후 자재의 리드타임변이와 리드타임동간의 자재의 수요율 변이를 고려하여 자재의 재 주문 시점을 언제로 할 것인지를 결정하고 주문비용 및 재고유지비용, 자재 수요량을 고려하여 주문량을 얼마로 할 것인지를 결정하는 방법을 제시하였다. 본 연구는 제조업에서 소개되어진 재고 모형인 (Q,r)모형을 상대적으로 연속성이 많이 발생하는 초고층 건설현장에서의 재고모형로서 적용 가능한지 그 가능성을 살펴보았으며, 사례연구를 통해 그 사실을 입증하였다. 하지만 본 연구에서 제시하고 있는 주문량 및 주문시점 산정 방법은 공정계획과 사전 물량 산출이 정확하게 이루어지고 있다는 가정에서 시작하며 재고량의 파악을 위하여 입고된 자재와 설치된 자재의 정보파악이 가능해야 한다는 조건이 있다. 리드타임은 프로젝트 진행과정에서 수급되어지는 자재의 리드타임을 통하여 파악이 가능하나 여러 가지 조달과정의 변수를 고려한 자재의 리드타임에 대한 고려가 필요하며 주문량 결정에 있어서 주문비용과 재고유지비용 외에 다른 요소들을 고려하지 못하였다. 또한 다종의 자재가 투입되어지는 초고층현장에 따른 자재별 관리 대상이 될 수 있는 자재에 대한 연구와 이러한 산정방법을 실제 현장의 자재관리 방법으로 적용하여 사용성에 대한 연구가 이루어져야 할 필요가 있다.

본 연구는 건설업에서 (Q,r)모형의 적용가능성을 살펴보았다는 점에서 그 의의가 있다고 할 수 있으며, 다종의 자재에 대한 적용 및 더 많은 사례 연구를 통해 적용 가능성을 확대시켜 나가야 할 것이다.

감사의 글

본 연구는 2011년도 광운대학교의 교내연구과제 지원으로 수행되었음.

참고문헌

1. 김대길 외 4인, 초고층 건물의 구조체 공사의 작업계획방법에 관한 연구, 2006, 한국건축시공학회 학술·기술 발표회 논문집, v.6, n.1
2. 김상훈 외 2인, 건설공사의 적정 Lot Size 결정에 의한 효율적인 재고관리방안에 관한 연구, 2004, 한국건축시공학회 논문집, v.4, n.2
3. 김승구, 철근의 수급예측에 따른 안전재고량 산정에 관한 연구 : S건설사를 중심으로, 1996, 서강대학교 석사학위 논문
4. 도주희 외 2인, 건설통합관리를 위한 자원조달 측면에서의 건설 프로세스 규명, 1998, 대한건축학회 춘계학술발표대회 논문집(구조계), v.18, n.1
5. 박대홍 외 2인, 건설 현장 자재수요예측시스템에 관한 연구, 2001, 대한건축학회 논문집(구조계), v.17, n.11
6. 박창규 외 1인, 확률적 재고시스템에서 조달기간 수요에 대한 고찰, 2003, 대한상공학회 춘계학술대회 논문집
7. 이상범, 건설자재의 적정 리드타임 산정에 관한 연구, 2004, 한국건축시공학회 논문집, v.4, n.1
8. 이성룡 외 4인, 초고층 마감공사 최적공정계획 연구, 2007, 대한건축학회 학술발표대회 논문집
9. 이재민 외 2인, 자재구매 및 조달관리가 공정에 미치는 영향분석, 2007, 대한건축학회 논문집(구조계), v.23, n.12
10. 이재명 외 4인, 건설 현장 자재수요 변동을 고려한 주문시점 산정 방법, 2008, 대한건축학회 논문집(구조계), v.24, n.10
11. 이재명 외 2인, 야적장 크기를 고려한 철근의 경제적 주문량 (EOQ) 산정, 2007, 한국건설관리학회 학술발표대회 논문집
12. 임진순 외 4인, 원자재 조립/가공 과정을 갖는 건설공사 프로세스의 적정 재고관리 방안에 관한 연구, 2008, 한국건설관리학회 논문집, v.9, n.1
13. 정도영 외 4인, 건설현장 철근작업 프로세스상의 적정 자재재고 관리 방안에 관한 연구, 2006, 한국건설관리학회 학술발표대회 논문집
14. 김문환 외 17인 공저, 건설영공학, 1999, 기문당
15. 송도현, 초고층건축 시공, 2004, 기문당
16. 현병언 외 3인 공저, 신 물류관리, 2003, 율곡출판사
17. Alessandro Persona 외 3인, Optial safety stock level of subassemblies and manufacturing components, 2007, International Journal of Production Economics, v.110, Issues 1-2
18. F. Rovert Jacobs, Operations and Supply Management, 2007
19. Wallace J. Hopp, Factory foundation of manufacturing management, 2005
20. William J. Stevenson, Operation Management, 2009

투고(접수)일자: 2012년 12월 14일

수정일자: (1차) 2013년 1월 31일

(2차) 2013년 2월 8일

게재확정일자: 2013년 2월 10일