

일일 수요량 변동성과 가용야적면적을 고려한 건설 자재의 경제적주문량(EOQ) 산정 프로세스

Economic Order Quantity(EOQ) Determination Process for Construction Material
considering Demand Variation and Stockyard Availability

윤 정 숙*
Yun, Jung-Sook

유 정 호**
Yu, Jung-Ho

김 창 덕***
Kim, Chang-duck

요 약

자재 및 재고관리에 관한 부분은 전 산업 분야에서 기업의 이익을 위해 고려되는 주요 요소 중 하나이지만 국내 건설 프로젝트에서는 조달 관리의 중요성이 상대적으로 평가절하 되어왔고 기존의 재고관리에 관한 연구는 개별 요소로 한정되어 많이 연구되었으며 제조업의 이론을 도입하는 단계에 머물렀다. 따라서 건설 프로젝트의 자재 및 재고관리를 전체적인 프로세스 관점에서 바라보고 개선하며 기존 이론의 도입에 더하여 건설 프로젝트 특성 반영이 필요하다.

본 연구에서는 계획 단계의 현장 관점에서 야적장의 면적과 재고량을 이용하여 경제적주문량을 결정하는 자재관리 프로세스를 제안하고 이를 건설 현장의 기존 프로세스와 비교하여 그 유용성을 검증하였다.

키워드 : 일일 수요량 변동, 가용야적면적, 재고관리, 경제적주문량, 자재관리 프로세스

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

자재 및 재고관리에 관한 부분은 전 산업 분야에서 기업의 이익을 위해 고려되는 주요 요소 중 하나이지만 국내 건설 프로젝트에서는 조달 관리의 중요성이 상대적으로 평가절하 되어왔고 기존의 재고관리에 관한 연구는 적정 주문시점 및 적정 주문량 산정을 위주로 재고관리에 관련한 개별 요소로 한정되어 많이 연구되었다.

자재관리에 관한 주요 요소를 합리적으로 산정하는 연구도 중요하지만 건설업의 자재관리에 관한 부분을 총체적인 관점에서 바라보고 개선하는 것이 필요하다. 현재 건설 자재 관리에 관한 연구는 제조업의 이론을 도입하여 진행되어 왔지만 제조업과 달리 건설 프로젝트의 자재 특성상 야적 공간과 수요한계에 관한 부분에서 차이를 보인다. 따라서 자재 및 재고관리에 있어 기존

이론의 도입에 더하여 건설 프로젝트 특성 반영이 필요하다.

본 연구에서는 자재관리의 계획 단계에서 해당 자재관리를 현장 관점에서 주문시점에 가용 가능한 재고량을 파악하고 건설 프로젝트의 특성인 야적장을 그 면적을 자재에 관한 가용일로 표현한 야적장의 여유사이즈정보를 고려하여 경제적 주문량을 결정하는 자재관리 프로세스를 제안하였다. 또한, 이를 현재 건설 현장에서 이루어지고 있는 자재관리 프로세스와 비교하여 그 유용성을 검증하여 프로세스의 타당성을 검증하였다.

1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구에서는 건설 프로젝트에서 자재의 최종 수요자인 현장 관점에서 해당 자재에 관한 자재관리의 경제적 주문량 산정 프로세스를 제안하였다.

따라서 본 연구에서는 자재관리의 범위를 현장에 한정하였고 제조업과 건설업의 차이점인 야적장을 고려한 건설 자재관리를

* 일반회원, 광운대학교 건축공학과 대학원, 공학석사(교신저자), pinkstar114@kw.ac.kr

** 중신회원, 광운대학교 건축공학과 조교수 공학박사, myazure@kw.ac.kr

*** 중신회원, 광운대학교 건축공학과 정교수, 공학박사, stpkim@kw.ac.kr

위하여 야적지가 충분하지 않은 도심지 공사로 한정하여 연구를 진행하였다. 이 현장의 자재의 재고 보충 시스템²⁾은 주문시점-목표수준재고량(s,S) 시스템을 사용하였으며 본 재고보충 시스템을 이용한 자재관리 프로세스는 초기 계획 수립시에 이용된다. 재고관리의 목적은 현장 여건에 따라 다양할 수 있지만 본 연구에서의 재고관리 목적은 경제적인 측면으로 한정하였다.

본 연구에서는 일일 수요량의 변동성과 가용야적장 면적에 따른 경제적주문량 산정 프로세스를 제안하고 실제 현장에 적용하여 그 유용성을 검증하고 한계점과 추후 해결되어야 하는 개선 방향을 제시하며 연구의 흐름은 그림1과 같다.

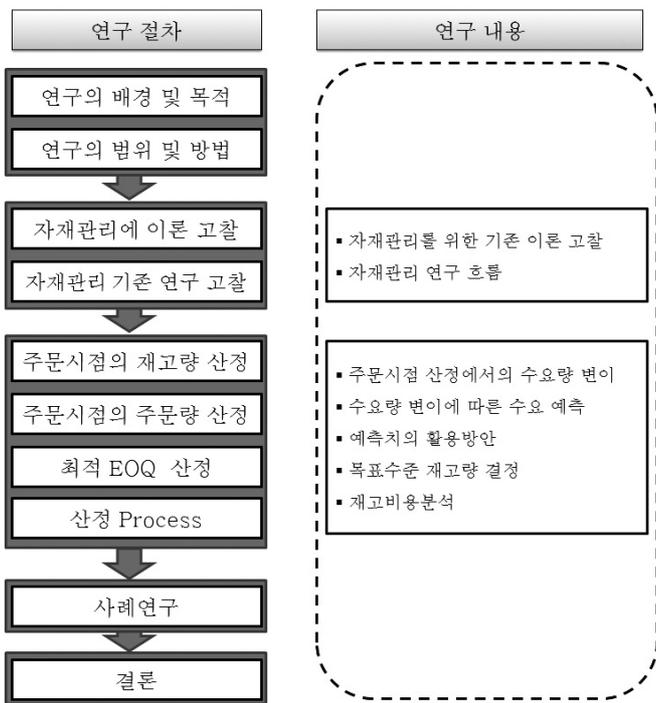


그림 1. 연구의 흐름

2. 예비적 고찰

2.1 자재관리 수요 계획

자재관리는 주문시기와 주문량을 대상으로 관련 비용 함수들을 최적화시키고자 하는 의사결정의 한 범주로 이해할 수 있다.(현병연, 2003) 자재관리의 첫 단계라고 할 수 있는 자원소요 예측은 건설프로젝트는 당초 예상하지 못한 예외적 사태의 발생 빈번하여 일정정보의 변경이 심하기 때문에 건설업의 산업

- 1) 자재를 들여오기 위해서 주문시기와 주문량을 정해두고 재고를 보충하는 방식의 자재관리 시스템
- 2) 재고수준이 주문점보다 낮을 때 재고를 보충하는 방법으로 보충량은 목표재고수준에 재고수준을 맞추는 방식으로 선택적 보충방식으로도 불린다.

메카니즘 상 자원 소요 예측이 어렵다.(박대홍 외, 2001)

수요관리에 필요한 사전단계의 계획에서 예측은 중요한 요소이며 특히 건설 프로젝트는 다음과 같은 특성을 가지고 있다.(이재명, 2007)

- 1) 자재의 장기 수급계획을 세우기 어렵다,
- 2) 공사의 모호성에 의해 획일적인 자재관리가 어렵다.
- 3) 자재의 규격화, 통일화가 어렵다.
- 4) 종합적인 자재의 예산 통제나 운반관리가 어렵다.

도심지 현장의 경우 야적장의 규모가 협소하거나 부족하여 재고 부족으로 인한 문제를 야기할 수 있는 리스크를 크게 내포하고 있다. 따라서 정확한 예측에 따른 경제적이고 합리적인 재고관리를 통한 자재관리는 필수적이다.

2.2 건설업에서의 자재관리 관련 기존 연구

자재관리에서 기반이 되는 이슈는 적정 주문량 및 적정 주문 시기 산정이다. 산정시 가장 주요하게 반영되는 부분으로 경제적주문량(EOQ) 모형이 대표적이다. 경제적주문량(EOQ) 모형은 제조업에서 사용된 방법인데 상황에 맞는 수정 EOQ 방법들이 개발되었다.

건설업에서의 연구를 살펴보면 이재명(2009)의 연구는 최적 주문량 산정에 있어 야적장이라는 건설 프로젝트의 특성을 반영한 것이 기존 연구들과 차이점이지만 야적장 크기 산정에 관한 부분이 고려되지 않았고, 이재명(2008)의 다른 연구에서는 제조업의 주문점-목표수준(s,S) 시스템의 건설 프로젝트로의 적용 단계에 관한 연구가 진행되었다. 이현수(2002)의 연구에서는 자재관리에 있어 목표 재고량 혹은 시점 산정과 개별 변이에 관한 자재관리에 집중하기 보다는 자재관리에 있어 전체적인 프로세스적 접근이 필요하다는 것을 나타냈다.

건설에서 자재관리에 관한 연구의 주요 내용과 그 한계점을 정리한 표는 다음과 같다.

표 1. 자재관리 주요연구

연구자	연구내용	한계점
송영웅 외, 2003	- 비용·일정 통합관리를 이용한 자원 소요량 산출방법 제시 - 비용·일정 통합관리를 이용한 자원 조달관리 업무프로세스를 분석하여 체계적인 자원소요계획 체계 마련	- 계획 단계의 자재관리에 관한 부분 배제 - 소요계획의 정확성을 높였으나 조달 가능성에 관한 검토 부재
이현수 외, 2002	- 자재를 관리하는 업무 프로세스를 공사 진행되는 현장의 입장에서 개선하는 방안 제시	- 업무 프로세스의 개선으로서 비용 절약 및 작업의 질 개선의 방향으로 실질적 자재가 관리하는 주요 대상이 아님
박대홍 외, 2001	- 비용·일정 통합모델과 연계된 건설현장 자원소요예측 시스템 제안	- 계획 단계가 아닌 실행 단계에서의 변동 DB를 기반으로 한 시스템
이상범, 2004	- 자체별 리드타임과 일정계획을 연계시켜 건설자원소요계획 수립	- 산정된 적정 리드타임의 결과의 활용부분 미제시

표 1. 자재관리 주요연구(계속)

연구자	연구내용	한계점
장영훈, 2009	- 자재관리를 중심으로 공급사슬을 관리하는 지원시스템의 프로토타입 개발	- 건설공급사슬관리를 위한 지원시스템으로 자재에 관한 소요계획 부분 배제
이재명 외, 2009	- 동작 자재 정보를 이용한 주문량 산정법 제시	- 공정 계획과 사전 물량 산출이 정확하다는 가정하에 진행되어 변수에 관한 고려가 이루어지지 않음
이재명 외, 2008	- 주문시점 산정 플로우 차트 제시로 적정 주문시기 산정	- 주문시점 산정에 있어 제조업의 수리적 모델의 이론적 도입 단계에 그침

예비적 고찰 결과 본 연구에서는 건설 프로젝트 생산성과 관련된 수요량 변이와 제조업과 차이를 보이는 특성인 자재의 야적장을 고려하여 주문시점 및 주문량 산정 프로세스를 제안하고 또한, 건설 프로젝트의 특성상 제조업에서 사용되던 기존 EOQ 모형을 수정하여 사용하여 경제적인 자재관리가 가능하도록 한다.

2.3 재고 보충 시스템

자재의 수요관리를 위한 재고관리에 있어 결정되어야 하는 것이 재고보충 시스템이다. 주문시기와 주문량을 정하는 방법에 따라 다음 4가지로 구분된다.(정남기, 2003)

표 2. 재고보충시스템

주문량	주문시기	정기(t)	주문점(s)
정량(q)		(t,q)system	(s,q)system
목표수준(S)		(t,S)system	(s,S)system

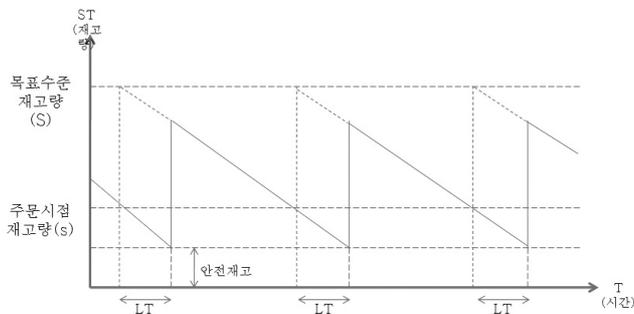


그림 2. 주문시점-목표수준(s,S) 시스템 개념도

위의 4가지의 재고보충시스템 중 건설 프로젝트에서는 선택적 보충방식으로 실무적인 편의를 위해 일정기간마다 재고수준을 조사하는 주문점-목표수준(s,S) 시스템이 가장 적합하다고 판단된다. 그림2는 주문점-목표수준(s,S) 시스템의 개념도이다. 이 시스템은 리드타임(LT)동안의 수요량과 안전재고량을 더한 주문시점재고량(s)이 되었을 때 가용 야적장 및 수요 속도 등의 현장 상황을 고려한 목표수준재고량(S)을 기준으로 주문하며 그 주문량은 목표수준재고량(S)과 주문시점재고량(s)의 차이가 되는 재고보충 시스템이다.

2.4 경제적주문량(EOQ) 모형

기업에서 구매하는 제품 중 규칙적으로 소비되는 제품은 일반적으로 구매 비용과 재고 비용을 알 수 있다. 이런 제품의 연간 수요와 소비 패턴은 미리 결정될 수 있고 공급자와 가격 협상의 기초로 사용될 수 있다. 경제적주문량(EOQ) 모형은 이러한 제품의 주문량을 결정하는데 쉽게 사용될 수 있는 것으로 자재의 수요량과 수요 기간을 예측할 수 있는 건설 프로젝트에 있어서 효과적으로 사용할 수 있는 모형이다.

경제적주문량 모형은 다음의 가정을 가지고 있으며 본 연구 프로세스 중 경제적주문량 산정에 있어 위와 같은 EOQ 모델의 기본 가정을 사용한다.

- 1) 연간 수요는 일정하며 알려져 있다.
- 2) 재고부족은 허용되지 않는다
- 3) 주문한 품목은 전량이 한번에 입고된다
- 4) 주문비는 주문량에 상관없이 일정하고, 재고 유지비는 평균재고에 비례한다.
- 5) 품목에 따른 재고유지비는 일정하다.

경제적주문량 모델에서 연간 주문비용은 1회 주문량과 반비례 관계에 있음을 알 수 있고 EOQ 모형에서의 연간 총재고비용은 연간 재고유지비용과 연간 주문비용의 합으로 나타낼 수 있다.

$$TC = \text{연간 재고유지비용} + \text{연간 주문비용} \dots\dots (1)$$

$$= \frac{Q}{2} \times H + \frac{D}{Q} \times OC$$

- TC = 총비용
- D = 연간수요량
- Q = 주문량
- OC = 주문비용
- H = 연간 재고유지비용

또한 재고유지비용과 주문비용이 동일한 수준에서 총비용이 최소가 된다.

$$\text{경제적 주문량}(Q_0) = \sqrt{\frac{2D \times OC}{H}} \dots\dots (2)$$

$$\text{주문간격} = \sqrt{\frac{2 \times OC}{DH}}$$

3. 주문시점 및 주문량 산정 프로세스

본 연구에서는 건설 현장 해당 자재의 주문시점의 재고량 및 주문시점의 주문량 산정을 위한 프로세스를 제안하며 그 프로세스는 그림3과 같다.

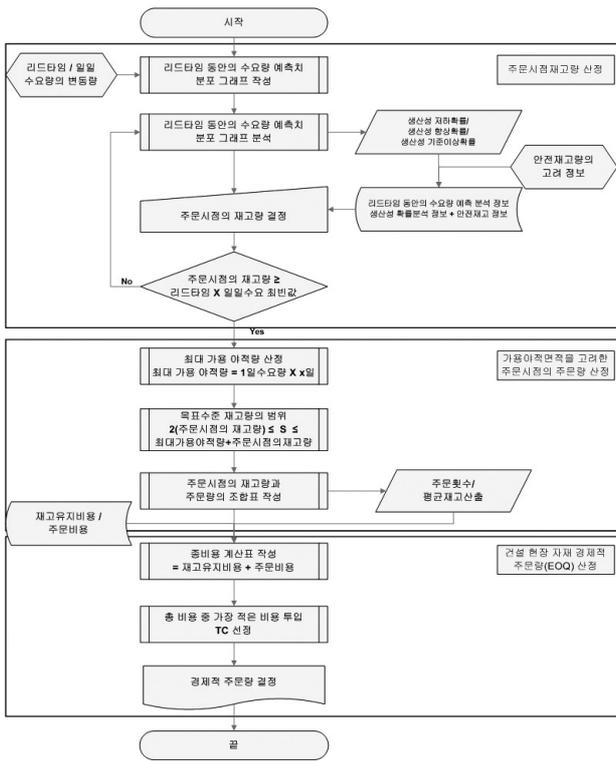


그림 3. 주문시점 및 주문량 산정 제안 프로세스

본 연구에서 제시하는 자재관리 프로세스의 작성은 제조업에서 사용하는 이론을 토대로 건설 현장 프로젝트의 특성을 반영하여 작성하였고 프로세스는 총 3단계로 이루어졌다.

주문시점 및 주문량 산정 프로세스에 주어진 문제 상황은 다음과 같다.

- 1) 단일 자재이다
- 2) 리드타임은 고정, 1일 평균 예상 수요량은 변동가능
- 3) 건설 현장 관점
- 4) 최대 가용 야적장은 자재에 관한 x일 어치의 값으로 고정
- 5) 자재에 관한 점검 주기는 리드타임일의 간격

3.1 주문시점재고량 산정

주문시점재고량 산정은 본 연구에서 제시하는 주문시점 및 주문량 산정 프로세스의 첫 번째 단계에 해당한다.

3.1.1 주문시점 산정에서의 수요량 변이

주문시점-목표수준(s, S) 시스템에서 주문시점재고량(s)의 결정으로 주문시점을 산정할 수 있으며 주문시점재고량(s)은 식4와같이 표현할 수 있다.

$$s = SS + \sigma \dots\dots (3)$$

s : 주문시점의 재고량
 SS: 안전재고량
 σ : 리드타임 동안의 수요량

또한 안전재고량을 고려하지 않은 주문시점재고량 산정은 다음의 식과 같이 표현 할 수 있다.

$$s = (L \times \bar{d}) \dots\dots (4)$$

s = 주문시점 재고량
 L = 리드타임
 \bar{d} = 예상되는 일일 수요 평균

주문량을 산정함에 있어 안전재고량을 고려하지 않은 경우 가장 주요한 요소가 리드타임과 일일 수요량이다. 하지만 공급사슬경영(SCM: Supply chain management)을 고려하지 않은 건설 현장에 한정된 범위의 관점에서 리드타임의 경우 리드타임의 준수 여부는 서로 합의하에 계약 관계에 놓여 있다면 현장보다는 공급업체의 책임 소지가 더 큰 부분이다. 따라서 현장 관점에서 리드타임 동안의 수요량의 변동가능성이 큰 요소로 여길 수 있는 부분은 예상되는 일일 수요이다.

주문시점의 재고량 산정에 있어 JIT[®] 개념의 도입으로 안전재고를 고려하지 않고 야적장의 사용을 최소화 한다는 가정하에 주문시점의 재고량은 리드타임 동안의 예상되는 일일 수요 평균의 곱으로 나타낼 수 있다. 하지만 앞에서 언급했듯이 예상되는 일일 평균 수요가 변함으로 인해 주문점 및 주문량 그리고 자재 수요 일정에 영향을 미칠 수 있다.

야적장이 충분하지 않은 도심지 공사의 경우라고 가정한다면 수요량 변이가 공사에 영향을 미칠 수 있는 유형을 2가지로 요약할 수 있다. 첫 번째는 일일 수요량이 예상보다 많아졌을 경우, 리드타임 동안의 예상 수요량만을 주문하여 입고하였기 때문에 자재 부족으로 인해 공사가 중단될 가능성이 있다. 이는 계획보다 실행이 생산성이 높은 경우로 공기에 영향을 미쳤다고 할 수 없으나 이는 보유 자재가 없기 때문에 노동력의 평준화의 미성취와 공기 단축의 여지를 활용할 수 없는 문제를 야기할 수 있다. 두 번째는 일일 수요량이 예상보다 적어졌을 경우이다. 이 경우 앞의 가정에서 야적장이 충분하지 않은 도심지 공사라고 가정하였기 때문에 만약 계획 수정이 이루어지지 않은채로 주문하여 자재가 입고된다면 잉여 자재 보유에 따른 야적 문제와 자재 관리비용 상승의 불이익을 초래할 수 있다.

따라서 자재 관리의 초기 공사 계획시 수요량 변이에 따른 영향에 관해 미리 예측해보고 그에 따른 대책을 강구하여 건설 공

3) Just-In-Time의 약어로 정확한 시기에 필요한 양만큼만 공급하는 자재 관리의 개념

사를 진행함에 있어 리스크를 줄이는 노력이 필요하다.

3.1.2 주문시점의 재고량 결정

주문시점의 재고량은 리드타임과 일일 수요량의 변동량을 기본 정보로 한 리드타임 동안의 수요량 예측치 분포 그래프를 작성하고 분석하여 생산성에 관한 확률을 따져보고 안전재고량에 관한 정보를 추가하여 리드타임 동안의 수요량 예측 분석 정보를 산출한다. 이 정보로 주문시점의 재고량을 결정하고, 이 결정된 값을 일일 수요 최빈값으로 계산한 리드타임 동안의 수요량과 비교하여 결정된 값이 클 경우 최종 결정되어 다음 단계로 넘어간다.

3.2 가용야적면적을 고려한 주문시점의 주문량 산정

이 단계는 전체 프로세스의 2번째 단계에 해당되며 주문시점의 주문량은 가용야적장면적을 고려하여 산정된 목표수준재고량에서 고정값으로 결정한 주문시점재고량의 차로 구한다.

$$OQ = S - s \quad \dots\dots (5)$$

OQ: 주문량 (Order Quantity)

주문시점의 주문량을 산정하기 위해서는 주문시점재고량(s)이 고정 값으로 결정되어야 한다. 앞에서 언급하였듯이 주문시점재고량(s)은 주문량과 주문횟수 산출에 있어 가장 기본적인 가정 사항이 되므로 일괄적인 결과 값 도출보다는 현장 여건을 고려한 최적의 값이 되어야 한다.

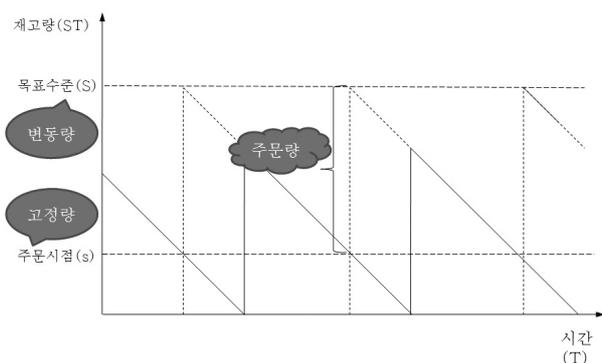


그림 4. (s,S) 시스템에서의 주문량 산정 개념도

재고 보충 시스템 중 본 연구에서 사용하고 있는 주문시점-목표수준(s,S) 시스템에서의 주문량은 목표수준재고량과 주문시점재고량의 차이로 산정할 수 있다. 따라서 주문시점의 재고량이 고정 값으로 결정되고 목표수준재고량이 범위값으로 산정된다

면 그 결과 주문량도 범위값으로 산정된다. 본 연구에서 목표수준재고량에 영향을 주는 요인은 가용야적장면적이고 이에따라 목표수준재고량이 범위값으로 주어지며 그 결과 주문량도 범위값으로 주어져 각 주문량에 따른 총 비용의 계산이 가능하며 그 중 가장 적은 비용이 투입되는 경제적 주문량이 최종 결정값이 된다.

3.2.1 목표수준재고량 결정

목표수준재고량 결정에 있어 권치명(2003)의 연구에서 기존의 (s,S) 시스템에 대한 확률 최적화 기법을 응용한 연구가 가장 본 연구와 흡사한 방향을 가지고 있으나 기본가정으로 주문시점재고량과 목표수준재고량이 주어진 다음 주문 시기에 발생하는 불확실한 상황에 따른 확률적 대안을 통한 시스템의 최적화를 시도하였다. 따라서 본 연구에서 제시하고자 하는 경제적 주문량을 산정하는 프로세스와 기본 가정과 그 방법론을 달리하고 있다.

따라서 (s,S) 시스템의 목표수준재고량(S)을 결정하는 확일적이고 수리적인 방법이 존재하지 않는다는 판단과 건설업은 제조업과 다른 특성을 가지고 있다는 사실을 고려하여 본 연구에서 목표수준재고량 결정에 야적장을 변수로 하여 산정하였다. 건설업의 경우 현장에서 자재관리에 있어 그 자재를 야적할 수 있는 공간에 관한 부분이 자재관리에 있어 중요한 요소이다. 따라서 건설 현장에서 자재관리 시 야적장에 관한 부분이 충분히 고려되어야만 적합한 자재관리가 가능하다.

주문시점에 있어 주문량은 목표수준재고량(S)과 주문시점재고량(s)의 차이로 나타낼 수 있다. 본 가정에서 주문시점재고량(s)는 확률적 예측치와 현장 여건을 통해 결정된 고정값으로 결정하였다. 따라서 주문량에 있어 결정적 요인이 되는 것은 목표수준재고량(S)의 크기인데 이는 가용야적장의 크기로 범위를 설정할 수 있다. 야적장을 근거로 도출한 목표수준재고량(S)의 범위는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$2(s \text{의 재고량}) \leq S \leq (\text{최대 수용 재고량} + s \text{의 재고량}) \quad \dots\dots (6)$$

3.2.2 주문시점의 주문량 산정

앞에서 언급한 현장 자재관리의 목적에서 본 연구에서는 그 자재관리의 목적을 경제성으로 정의하고 재고 유지비용과 수요 부족에 따른 기회비용의 사이에서 기업의 이익을 극대화 할 수 있도록 한다.

다음의 조건으로 안전재고를 고려하지 않고 도출한 주문시점재고량(s)의 값이 최종값이라고 가정하고 최대 가용 야적장이 8일치 자재를 수용할 수 있다고 가정한다면 아래와 같이 식(6)을

사용하여 목표수준재고량(S)의 범위를 구할 수 있다. 그리고 총 수요량이 100개이므로 주문횟수는 3회에서 5회 사이이다. 또한 평균 재고는 경제적주문량(EOQ) 기본 가정에 따라 주문량의 반으로 간주한다.

표 3. 주문시점의 주문량 산정 가정 조건

조건	
대상	A 자재
총 수요량	100개
예상되는 일일 수요 평균	5개
리드타임	4일
주문시점재고량	20
최대 가용 아적장	A 자재의 8일치 수요량

$$2(4\text{일} \times 1\text{일 수요량}) \leq S$$

$$\leq (8\text{일} + 4\text{일}) \times 1\text{일 수요량}$$

$$\therefore 40 \leq S \leq 60$$

주문량(OQ)의 값을 식(5)로 주문량의 범위를 계산하면,

$$\therefore 20 \leq OQ \leq 40$$

위와 같은 주문량의 범위를 도출할 수 있다.

표 4. 목표수준재고량 범위에 따른 결과값

주문시점 재고량(s)	목표수준 재고량(S)	1회 주문량 (OQ)	주문횟수 (ON)	평균재고 (Q/2)
20	40	20	5	10
	41	21	5	10.5
	42	22	5	11
	43	23	5	11.5
	44	24	5	12
	45	25	4	12.5
	46	26	4	13
	47	27	4	13.5
	48	28	4	14
	49	29	4	14.5
	50	30	4	15
	51	31	4	15.5
	52	32	4	16
	53	33	4	16.5
	54	34	3	17
	55	35	3	17.5
	56	36	3	18
	57	37	3	18.5
	58	38	3	19
	59	39	3	19.5
60	40	3	20	

3.3 건설 현장 자재 경제적주문량(EOQ)산정

이 단계는 제안 프로세스의 세 번째 단계로 최종적으로 경제적인 주문시점의 주문량을 산정하는 단계이다.

3.3.1 건설 현장 적용을 위한 EOQ모형

건설 현장에 적용하기 위해서는 그에 맞도록 EOQ모형의 수정이 필요하지만 경제적 주문량 산정에 있어 총비용의 기본 개념은 같다.

범은 같다.

$$\text{총비용} = \text{재고 유지비용} + \text{주문비용} \dots\dots (9)$$

기본 EOQ 모형에서는 재고 유지비용과 주문비용 산출에 연 단위를 사용한다.

1) 재고 유지비용

제조업 : 연간총재고유지비용 =

$$\frac{\text{재고수준}(Q)}{2} \times \text{연간단위당 재고유지비용}(H),$$

라고 표현된다면,

건설업 : 총수요기간 재고 유지비용 =

$$\frac{\text{재고수준}(Q)}{2} \times \text{총수요기간 단위당 재고유지비용}(H)$$

으로 그 의미에 맞게 수정할 수 있다.

2) 주문비용

제조업 : 연간주문비용 = $\frac{\text{연간수요량}(D)}{\text{재고수준}(Q)} \times \text{주문비용}(OC)$

으로 계산한다면, 본 연구에서는 건설업의 경우 앞에서 산출한 주문시점재고량과 목표수준재고량 범위가 결정되어졌기 때문에 이에따라 각 조합의 주문횟수(ON: Oder Number)를 이미 산출하였다. 따라서 이를 반영하여 식을 주문횟수와 주문비용(OC: Oder Cost)의 곱으로 간단히 한다면,

건설업 : 연간주문비용 = 주문횟수(ON) × 주문비용(OC)

으로 앞서 도출한 결과 값을 가지고 간단하게 계산할 수 있다.

제조업의 경우 예상 수요 수준과 비용정보만을 가지고 가장 경제적인 주문량을 산정하지만 건설 현장 자재관리에 대입한다면 기본 가정식보다 많은 결정사항을 가지고 있어 기본식을 응용하여 찾는것보다 간단하고 정확하게 경제적 주문량(EOQ)를 산정할 수 있다. 따라서, 앞서 본 연구에서 제안한 프로세스에 따라 도출한 주문시점재고량, 목표수준재고량과 그에 따른 주문횟수의 결과값과 본 연구에 맞도록 수정된 EOQ 모형으로 총 비용(TC)을 계산하여 그 결과값을 비교하면 가장 경제적인 주문 조합을 도출할 수 있다.

3.3.2 총비용(TC) 산출결과를 활용한 경제적주문량 선정

EOQ모형은 경제적 주문량을 산정하기 위한 모형이다. 여기서 주문량에 관하여 2가지로 명명할 수 있는데, 한가지가 TC(total cost)이고 다른 하나가 찾고자 하는 EOQ(economic order quantity)이다. 기본 EOQ의 경우 모형의 산식에 정해진 값들을 대입하여 구해진 값이 EOQ이므로 기본식에서는 TC의 개념이 상대적으로 강조되지 않은 것이 사실이다. 하지만 본 연구에서는 산술적 모형에 가정값들을 대입하여 계산되어진 값을

사용하는 것이 아니라 제시한 프로세스에 의하여 산정된 범위의 조합들의 경제적 측면을 비교하여 선정하는 방식이기 때문에 TC의 개념을 확실히 해 둘 필요가 있다. TC는 모든 조합들로 인하여 도출되는 값이고 이 중 가장 적은 비용이 투입되는 경제적 조합의 값이 EOQ가 되는 것이다.

4. 사례연구

4.1 사례연구 개요

사례연구의 목적은 제시한 주문시점 및 주문량 산정 프로세스의 유용성을 검증하는 것이다. 검증하고자 하는 유용성은 본 연구가 제시한 프로세스를 통해 산정된 주문시점 및 주문량은 경제적으로 자재관리를 할 수 있는 프로세스의 유용성이다. 사례연구의 흐름은 그림 5와 같다.

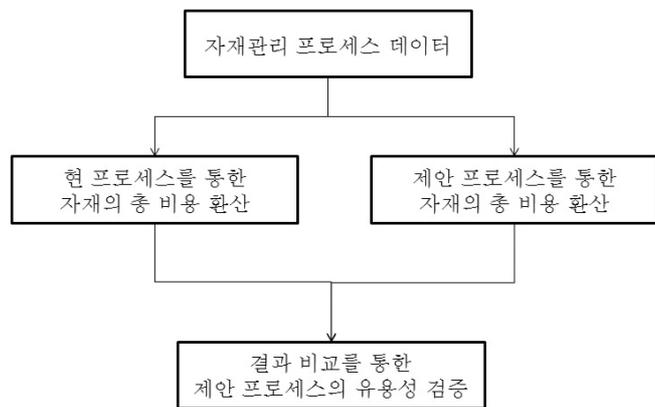


그림 5. 사례연구의 흐름

고층 빌딩의 경우 커튼월 공사가 전체 공사비에서 차지하는 비율은 약 10~15%로서 타 공종에 비해 상대적으로 높은 비중을 차지하며 이러한 비용적 중요성뿐만이 아니라 전체 프로세스 상에서도 주 공정(Critical Path)상에 위치하는 주요 관리 대상 공종이다.(강현구, 2008) 따라서 본 연구에서 제안 프로세스의 유용성을 검증함에 있어 사례 연구의 대상으로 유닛 방식의 커튼월을 선정하였다.

표 5. 사례 현장 개요

항목	사례현장		
공사명	00동 오피스 빌딩 신축공사		
적용 현장	서울시 서대문구		
대지면적	1,932.40 m ²	건축면적	1,132.96 m ²
공사규모	지하 7층, 지상 19층		
사례연구 대상 공종	유닛 방식 커튼월 공사		
총 소요기간	143 일		
총 소요량	1716 개		

건설 프로젝트 현장에 있어서 자재관리에 관한 목적은 한가지로 단일화 될 수 없다. 일반적으로 건설 프로젝트 자재 관리에 있어 주요하게 작용하는 것이 야적장의 크기이다.

사례 현장의 경우 자재관리의 목적의 우선순위를 알아보았다. 자재 부족 리스크의 최소화가 사례 현장 자재관리 목적의 최우선순위였지만 도심지 공사의 특성인 야적장의 협소로 인해 실제 최대 반입량은 2개층 작업량인 184개였다. 또한 본 연구의 목적인 경제적인 측면의 최소 비용 투입은 두 번째의 우선순위로 선정되었다.

4.2 사례적용 및 결과 분석

사례 적용에 있어 기존 프로세스 및 제안 프로세스에서 총 비용을 구하는데 동일하게 적용되어야 하는 가정한 총 소요량과 소요기간 그리고 필요한 비용 정보를 정리하면 다음과 같다.

표 6. 유닛 방식 커튼월 자재소요 기본 정보

적용 자재	유닛 방식 커튼월
총 소요기간	143 일
총 소요량	1716 개
재고유지비용	140,000 원/개

재고 유지 비용이 경우 건설 프로젝트 자재에 있어 개당 재고 유지 비용은 정량적으로 구하는 것은 어렵다고 판단되어 제조업에서 일반적으로 사용되는 자재 단가의 20~40% 중 20%를 개별 자재의 재고 유지비용으로 산정하였다. 또한 주문비용의 경우 1회 반입시 운반 비용 및 현장 상하차 비용을 통합하여 산정하였는데 이는 1회 반입량에 따라 다르게 책정되므로 프로세스에서 산정된다.

4.2.1 기존 프로세스에서의 총비용

사례 적용 현장의 경우 계획된 프로세스에 따른 총비용 산출의 필요 정보는 다음과 같다.

표 7. 기존 자재관리 프로세스의 총비용 산출 기본 정보

예상 일일 소요량	12 개
1회 주문량	92 개
주문량 입고 횟수	19 회
평균재고량	91 개
1회 운반비용 (현장상하차포함)	1,250,000 원/회
안전재고량	90 개

위의 정보를 이용하여 식(2)로 총 비용을 구하면 다음과 같다.

$$\begin{aligned}
 \text{총비용}(TC) &= \text{평균 재고} \times \text{단위당 재고유지비용} \\
 &\quad + \text{주문횟수} \times \text{1회당 주문비용} \\
 &= 91 \text{ 개} \times 140,000 \text{ 원} + 19 \text{ 회} \times 1,250,000 \text{ 원} \\
 &= 36,490,000 \text{ 원}
 \end{aligned}$$

따라서, 유닛 방식 커튼월의 기존 프로세스에서의 총비용은 36,490,000원이다.

4.2.2 제안 프로세스에서의 총비용과 경제적 주문량

사례 현장의 유닛 방식 커튼월에 관하여 일일 소요량이 변동할 수 있다고 가정하였을 때 소요량의 설정에 관하여 아래와 같이 답하였다.

표 8. 유닛 방식 커튼월 일일 소요량 변동 범위

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

유닛 방식 커튼월을 주문 후 입고되는데 걸리는 리드타임은 2일이고 현장 면담자에게 안전율의 고려 필요 여부를 물었을 때 안전 재고는 고려되어야 한다고 대답했으며 그 양은 90개가 적당하다고 답하였지만 일일 소요량의 변동 범위와 2일이라는 짧은 리드타임을 고려하였을 때 본 프로세스에서 안전 재고량은 1일치의 계획 소요량으로 설정 하였다. 식(3)을 사용하여 주문시점의 재고량을 구하면 아래와 같다.

$$\begin{aligned}
 s &= SS + \delta \\
 &= SS + L \times \bar{d} \\
 &= 12 + 2 \times 12 \\
 &= 36
 \end{aligned}$$

따라서, 제안 프로세스의 첫 단계의 결과물인 주문시점재고량은 36 개로 선정하였다.

다음 단계인 주문시점의 주문량을 결정하기 위하여 알아야 하는 정보는 목표수준재고량(S)이다.

표 9. 제안 프로세스 주문시점의 주문량 산출 기본 정보

예상 일일 수요	12 개
리드타임	2 일
가용 야적량	유닛 방식 커튼월 15차 수요량

$$2(s \text{의 재고량}) \leq S \leq (\text{최대 수용 재고량} + s \text{의 재고량})$$

$$\begin{aligned}
 2(2\text{일} \times 12\text{개} + 12\text{개}) &\leq S \\
 &\leq (15\text{일} \times 12\text{개}) + (2\text{일} \times 12\text{개} + 12\text{개}) \\
 \therefore 72\text{개} &\leq S \leq 216\text{개}
 \end{aligned}$$

목표수준재고량의 범위가 위와 같이 도출되었으므로 식(5)의 주문량(OQ) 산정 식으로 주문량의 범위를 구할 수 있다.

$$\begin{aligned}
 OQ &= S - s \\
 \Rightarrow (72\text{개} - 36\text{개}) &\leq OQ \leq (216\text{개} - 36\text{개}) \\
 \therefore 36\text{개} &\leq OQ \leq 180\text{개}
 \end{aligned}$$

위의 정보로 산출할 수 있는 결과값은 주문시점재고량(s), 목표수준재고량(S), 1회주문량(OQ)와 주문횟수(ON), 평균재고

(Q/2)이다.

앞에서 목표수준재고량 범위에 따른 결과값으로 주문횟수와 평균재고가 계산 되었다. 하지만 주문량에 따라 운반비가 달라지기 때문에 1회 운송 비용 즉 흔히 말하는 주문비용은 별도로 계산되어야 한다. 유닛 방식 커튼월의 주문비용을 구하는 방법을 가우스기호를 사용하여 식으로 표현하면 다음과 같다.

$$\text{주문비용} = \{[(OQ-1)/1\text{대최대수하량}+1]*1\text{대운송 비용} \dots\dots (13)$$

1회 운반 비용은 1차량당 20개의 개를 운송할 수 있으므로 1회 주문량을 20으로 나눈후 그 값을 올림처리한 후 1차량당 드는 운송 비용 250,000을 곱하여 구한다.

$$\text{주문비용} = \{[(OQ-1)/20 + 1] * 250,000$$

위의 정보들을 사용하여 1회 주문량과 주문횟수 그리고 주문비용을 곱하여 도출한 주문비용과 1개당 유지비용과 재고를 곱한 재고유지비용을 더하여 총 비용을 구하고 최소값을 찾으면 주문시점재고량이 36이고 1회 주문량이 40일 때 주문횟수는 43회, 평균 재고는 20으로 총비용 24,300,000원으로 최소값이 도출된다.

표 10. 총 비용 계산 표

주문시점 재고량(s)	목표수준 재고량(S)	1회 주문량 (OQ)	재고 유지 비용(H)	주문비용 (OC)	총비용 (TC)
	72	36	2520000	24000000	26520000
	73	37	2590000	23500000	26090000
	74	38	2660000	23000000	25660000
	75	39	2730000	22000000	24730000
	76	40	2800000	21500000	24300000
	77	41	2870000	31500000	34370000
	78	42	2940000	30750000	33690000
	79	43	3010000	30000000	33010000
	80	44	3080000	29250000	32330000
	81	45	3150000	29250000	32400000
	82	46	3220000	28500000	31720000
	83	47	3290000	27750000	31040000
	84	48	3360000	27000000	30360000
	85	49	3430000	27000000	30430000
	86	50	3500000	26250000	29750000
	87	51	3570000	25500000	29070000
	88	52	3640000	24750000	28390000
	89	53	3710000	24750000	28460000
	90	54	3780000	24000000	27780000
	:	:	:	:	:
	:	:	:	:	:
	206	170	14420000	24750000	39170000
	207	171	14490000	24750000	39240000
	208	172	14560000	24750000	39310000
	209	173	14630000	24750000	39380000
	210	174	14700000	24750000	39450000
	211	175	14770000	24750000	39520000

36

표 10. 총 비용 계산 표(계속)

주문시점 재고량(s)	목표수준 재고량(S)	1회 주문량(OQ)	재고 유지 비용(H)	주문비용(OC)	총비용(TC)
36	212	176	14840000	24750000	39590000
	213	177	14910000	24750000	39660000
	214	178	14980000	24750000	39730000
	215	179	15050000	22000000	37050000
	216	180	15120000	22000000	37120000

4.2.3 기존 프로세스와 제안프로세스의 결과 비교

유닛 방식 커튼월 자재 관리에 있어 총 비용을 비교한 결과 기존 프로세스에서의 총 비용은 36,490,000원이고 제안 프로세스에서의 총 비용은 24,300,000원으로 12,190,000원으로 33.4%의 비용 절감 효과가 있는 것으로 나타났다.

표 11. 기존 프로세스와 제안 프로세스의 결과값

기존 프로세스에서의 총 비용	36,490,000 원
제안 프로세스에서의 총 비용	24,300,000 원

5. 결론

자재 및 재고관리는 전 산업 분야에서 기업의 이익을 위해 고려되는 주요 요소 중 하나이며 건설업도 예외가 아니며 건설업의 자재관리를 전체적이고 체계적인 프로세스 관점에서 바라보고 개선하는 것이 필요하다. 건설업의 경우 제조업과 차별화된 수요 한계와 야적장에 관한 고려 사항을 가지고 있다. 따라서 자재 및 재고 관리에 있어 기존 이론의 도입에 관한 건설 프로젝트 특성 반영이 필요하다.

하지만 아직 건설업의 자재관리는 프로세스 관점에서 제조업에 비해 미흡하다고 판단되며 건설업의 경우 제조업보다 현장의 환경요인 등 많은 변이를 내포하고 있다고 판단되지만 건설업에 있어 이를 고려하여 확률적으로 접근한 연구가 없었다. 따라서 본 연구는 일일 수요량의 변동성을 고려한 주문시점재고량 산정과 최대 가용 야적장을 고려한 목표수준재고량 산출로 주문량의 범위를 산출하여 각각의 조합에 대한 총비용을 계산하여 가장 경제적인 주문량을 산정하는 프로세스를 제안하였다.

본 연구의 의의를 요약하면 현장에서 공기지연을 우려하여 가능한 많은 재고를 보유하고자 하는 것이 경제적인 것은 아니며 이 프로세스를 통해 경제적인 자재관리가 이루어질 수 있다는 것을 제시하였다. 또한 제조업의 이론을 도입하여 인용하는 방식에서 한걸음 나아가 건설 현장에 맞게 프로세스를 정의하고 EOQ 모형을 수정하여 사용함으로써 제조업에서 사용하고 있는 이론들이 건설 현장으로의 적용 가능성을 제시하고 있다.

하지만, 본 연구의 한계점으로 향후 연구가 필요한 부분은 다음과 같다.

- 1) 생산성과 연계되는 일일 수요량 분포 설정의 타당성
- 2) 자재의 유닛 사이즈와 타 공종 자재와의 간섭에 따른 가용 야적장 면적 산정
- 3) 재고유지비용과 주문비용의 정량화

감사의 글

본 연구는 국토해양부가 주관하고 한국건설교통기술평가원이 시행하는 2010년도 첨단 도시개발사업[09첨단도시A01]에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

강현구, 하영서, 임철우, 김창덕, 유정호 (2008). "RFID 기술 적용에 따른 유닛타입 커튼월 공사의 효율성 분석", 제9권, 제3호, 한국건설관리학회 논문집, pp. 206~213.

김길선, 김재환, 김의탁, 서창적, 어운양, 유시정, 우한주, 황복주 (2004). 디지털 시대의 생산시스템과 SCM, 범문사, 박대홍, 김재준, 이현수 (2001), "건설 현장 자원소요예측시스템에 관한 연구", 제17권, 제11호, 대한건축학회 논문집, pp97-105.

송영용, 최윤기 (2003), "비용 일정 통합관리를 이용한 자원소요 계획에 관한 연구", 제4권, 제1호, 한국건설관리학회 논문집, pp106-113.

윤상국 (2001). "JIT 구매와 가격 할인이 있는 EOQ의 재고 비용에 대한 비교 분석", 석사학위논문

이상범 (2004). "건설자재의 적정 리드타임 산정에 관한 연구", 제4권, 제1호, 한국건축시공학회 논문집, pp. 105~110.

이재명, 김창덕, 유정호 (2007), "야적장 크기를 고려한 철근의 경제적 주문량(EOQ) 산정, 한국건설관리학회학술발표논문집, pp549-552.

이재명, 유정호, 김창덕, 이광재, 임병수 (2008), "건설 현장 자재수요 변동을 고려한 주문시점 산정 방법", 제24권, 제10호, 대한건축학회논문집, pp117-125.

이재명, 유정호, 김창덕 (2009), "동적 자재 정보 기반 주문량 산정 방법", 제25권, 제12호, 대한건축학회 논문집, pp145-153

이현수, 송상훈, 김우영 (2002), "정보 분석을 통한 자재관리 프로세스 재설계", 제18권, 제11호, 대한건축학회논문집, pp125-132.

Richard B. Chase, F.Robert Jacobs (2007), "operations and supply management", 한경사,

논문제출일: 2010.07.15

논문심사일: 2010.07.16

심사완료일: 2010.10.27

Abstract

Part of material and inventory management is one of important factor for business interests. But importance of material and inventory management in domestic construction project has been relatively devalued. The existing study of inventory has been studied with limited individual factor about inventory management. Therefore construction material management needs improvement via an accurate prediction with whole and systematic process viewpoint, and existing theory of material and inventory introduction to construction from manufacturing needs reflecting characteristics about construction project.

This paper suggests material management process for economic material management. This paper to make a unit curtain wall of case construction project comparison between total cost of existing material management process and total cost of economic order quantity of proposal material management process To verify usefulness of order point and order quantity determination process.

Keywords : *Demand Variation, Useable Stockyard Size, Inventory Management, Economic Order Quantity(EOQ), Materials Management process*
