



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

碩士學位論文

일위대가 방식과 작업조 방식의
생산성 분석 및 비교 연구
- 무진동 암 터파기 공법을 중심으로 -

濟州大學校 大學院

土木海洋工學科

趙 洪 峻

2011年 8月

일위대가 방식과 작업조 방식의
생산성 분석 및 비교 연구
- 무진동 암 터파기 공법을 중심으로 -

指導教授 李 東 昱

趙 洪 駿

이 論文을 工學 碩士學位 論文으로 提出함

2011 年 8 月

趙洪駿의 工學 碩士學位 論文으로 認准함

審査委員長 _____ 印

委 員 _____ 印

委 員 _____ 印

濟州大學校 大學院

2011年 8月

Productivity Analysis on the Standard
Quantity-Per-Unit Costing Method and
Work Crew Combination Method
: Focused on Non-Vibration Mass Excavation Method

Hong-Jun Cho

(Supervised by Professor Dong Wook Lee)

A thesis submitted in partial fulfillment of the requirement for
the degree of Master of Engineering

2011. 8

This thesis has been examined and approved by

Thesis director, Byung-Gul Lee, Prof. of Civil & Ocean Engineering

Thesis director, Sang-Jin Kim, Prof. of Civil & Ocean Engineering

Thesis director, Dong Wook Lee, Prof. of Civil & Ocean Engineering

August. 2011

Department of Civil & Ocean Engineering

GRADUATE SCHOOL

JEJU NATIONAL UNIVERSITY

목 차

목 차	i
표 목 차	iii
그림 목차	iv
Summary	v
I. 서 론	1
1.1 연구 배경 및 목적	1
1) 연구 배경	1
2) 연구 목적	2
1.2 연구 범위와 방법	3
1) 연구 범위 및 절차	3
II. 작업조 적산방식에 관한 기존 연구 동향	6
III. 이론 및 고찰	8
3.1 일위대가	8
1) 표준품셈	8
2) 표준품셈에 의한 예정가격 산정방식	10
3.2 작업조 방식에 따른 공사비 산정	11
1) 작업조 방식에 따른 공사비 산정	11
2) 작업조 방식의 공사비 산정 사례 - 미국의 사례	12
3.3 표준품셈의 일위대가 방식과 작업조 방식	14

1) 일위대가 기반 표준품셈의 고찰	14
2) 작업조 기반 표준품셈의 고찰	15
IV. 무진동 압 터파기 공법에 대한 공사비 분석	16
4.1 무진동 압 터파기 공법의 유사공법	16
1) 무진동 할암 공법	16
2) 미진동 파쇄기 공법	16
4.2 무진동 압 터파기 공법의 작업절차	17
4.3 무진동 압 터파기 공법의 생산성 분석	19
1) 데이터 수집 방법	19
2) 무진동 압 터파기 공법의 Cycle 분석	20
3) 일위대가 방식과 작업조 방식의 적산과정 비교 및 분석	23
4) 일위대가 방식에 따른 공사비 도출	27
5) 작업조 방식에 따른 공사비 도출	29
(1) 회귀분석의 개념	29
(2) 비정상적 관측치	32
(3) 회귀분석을 통한 작업조 방식의 회귀식 개발	35
(4) 회귀방정식의 검증	38
4.4 일위대가 방식과 작업조 방식의 공사비 비교	39
1) 일위대가 방식과 작업조 방식의 총공사비 비교	39
2) 세부작업별 공사비 비교	41
V. 결론	44
VI. REFERENCES	46
감사의 글	49

표 목 차

표 3.1 R.S Means 비용항목	13
표 4.1 작업시간 분석 방법	20
표 4.2 현장내 작업별 순수 평균 작업시간 도출 방법	21
표 4.3 A현장의 세부작업별 순수 평균 작업시간	22
표 4.4 B현장의 세부작업별 순수 평균 작업시간	22
표 4.5 C현장의 세부작업별 순수 평균 작업시간	22
표 4.6 세부작업별 작업시간 도출 방법	23
표 4.7 일위대가 방식과 작업조 방식의 적산 기준	24
표 4.8 일위대가 방식과 작업조 방식의 공사비 도출	28
표 4.9 작업일수-작업량의 Data	31
표 4.10 회귀분석 계수(Data-30ea)	32
표 4.11 회귀분석 모형요약(Data-30ea)	32
표 4.12 분산분석(Data-30ea)	33
표 4.13 비정상적 관측치(Data-30ea)	33
표 4.14 회귀분석 계수(Data-28ea)	35
표 4.15 회귀분석 모형요약(Data-28ea)	35
표 4.16 분산분석(Data-28ea)	35
표 4.17 비정상적 관측치(Data-28ea)	35
표 4.18 회귀방정식의 검증	38
표 4.19 회귀식을 이용한 작업조의 1일 작업량	39
표 4.20 일위대가 방식과 작업조 방식의 단위물량에 대한 공사비	40
표 4.21 작업조 방식의 전체에 대한 세부 작업의 비율	41
표 4.22 일위대가 방식과 작업조 방식의 작업별 공사비 도출	42
표 4.23 일위대가 방식과 작업조 방식의 작업별 공사비 비교	43

그림 목 차

그림 1.1 연구의 흐름	5
그림 3.1 현행 예정가격 결정기준	10
그림 3.2 일위대가 방식의 표준품셈 적용기준	14
그림 3.3 작업조 방식의 표준품셈 적용기준	15
그림 4.1 무진동 암 터파기 공법의 작업절차	17
그림 4.2 무진동 암 터파기 공법 시공 전경	18
그림 4.3 무진동 암 터파기 공법의 모니터링 및 측정 전경	19
그림 4.4 일위대가 방식의 적산 흐름	25
그림 4.5 작업조 방식의 적산 흐름	26
그림 4.6 회귀분석의 절차	31
그림 4.7 작업조 방식의 회귀방정식 도출(Data-30)	34
그림 4.8 작업조 방식의 회귀방정식 도출(Data-28ea)	37

Summary

Recently, the non-vibration mass excavation method is used on sewage pipes and road construction sites in Jeju. However, a construction cost estimation based on the unit quantity does not provide a proper unit price that doesn't consider about the size of construction site, regional differences and construction period.

In this study, it analyzes the productivity by comparing the standard quantity-per-unit costing method that based on the standard quantity per unit and the work crew combination method which using the data related the amount of labor and works.

It is based on the site monitoring of the non-vibration mass excavation method that is used in construction sites near Jeju. For this, data of 35 sites were collected: a regression equation was derived from the 30 data, and verification was carried out through the remaining 5 data. The analysis concluded that a day's workload is 16.43m^3 .

In addition, a combination of the equipment considering the site conditions and the amount of labor, which varies with the number of work crew was obtained in order to estimate the construction cost of the work crew combination method. The construction cost was calculated based on the one-day workload (16.43m^3) derived from the regression analysis.

The cost then was analyzed and compared with the standard quantity-per-unit costing method.

The model of Standard Quantity-Per-Unit Costing Method and Work Crew Combination Method from this research will present a new direction for Vibration-free Rock Excavation which had problems and limited options by selecting the standard of each estimation method and determining best combination of the equipment as well as appropriate amount of labor on the

following conditions of the construction site.

Moreover, it will be used not only as a beneficial basic data for those similar construction methods but also a data in order to analyze the efficient productivity for the Work Crew Combination Method in some civil construction projects.

I. 서론

1.1. 연구배경 및 목적

1) 연구 배경

건설공사에서 암 터파기 공사를 위한 암의 파쇄 작업 시 도심지나 주거지가 인접된 지역 또는 인구이동이 많은 지역에서 거둬지는 소음과 진동, 분진 등으로 민원이 거둬지고 이로 인하여 공사가 중지되는 등 건설공사의 시공에 대해 많은 불편을 겪고 있다. 이에 무진동 암 터파기 공법은 이러한 민원을 해결할 수 있는 주된 공법으로 자리 잡고 있다.

현재 무진동 터파기의 유사 공법에 대해 그에 소요되는 공사비는 표준품셈을 기반으로 한 일련의 적정한 설계단가가 존재하는 실정이다. 그러나 제주도내 도심지에서 시공이 주로 이루어지는 하수관거 정비공사 및 일부 도로공사 현장에 대한 무진동 암 터파기 공법 시공의 경우 공사 단가를 산정함에 있어서 표준품셈의 설계기준이 미흡한 실정이다. 그와 더불어 설계 도서에서 제시된 무진동 암 터파기 공법과 공사 수행과정에서의 무진동 암 파쇄 공법을 비교했을 시 공사현장의 규모, 지역의 차이, 공사기간 등을 고려한 현장에서 시행되는 공법에 대한 적절한 단가 제시가 이루어지지 않은 실정이다.

현재 표준품셈은 정부 등 공공기관에서 시행하는 건설공사의 적정한 예정가격을 산정하기 위한 일반적인 기준으로 예정가격 산정의 기초자료로서 유일한 적산 기준이다. 그러나 이는 일반적이고, 보편적인 공종에 대하여 기본으로 작성되어 시설물의 특성이나, 공사의 규모, 다양성 등을 반영하지 못한 일률적인 단가의 적용으로 효과적인 비용 산정이 이루어지지 못하고 있는 실정이다. 이에 따라 공사의 실질적인 면을 감안한 새로운 단가산출의 필요성을 인지하여 공사품질의 향상과 부실공사의 방지를 위한 새로운 적산 모델이 필요한 실정이며, 표준품셈을 기반으로 한 효율적인 일위대가 방식과 작업조 방식의 모델개발이 필요한 실정이다.

본 연구에서는 이러한 과정을 중심으로 협소한 지역에서 시공되는 관로 암 터파기 공법을 중심으로 일위대가 방식의 적산방식과 작업조 방식의 적산방식을 비교하여 공사현장의 규모, 지역의 차이, 공사기간 등을 고려한 효율적인 공사비를 도출하고자 한다.

2) 연구 목적

현행 표준품셈의 적산 방식은 일반적이고, 보편적인 공종에 대하여 기본으로 작성되어 일률적인 단가 적용으로 인한 효과적인 비용 산정이 이루어지지 못하고 있는 실정이다.

현행 표준품셈의 표준성 및 보편성을 극복하고, 건설기술의 급속한 발전과 변화, 그에 따른 적산 및 시공 능력을 포괄적으로 고려하였을 때, 시장가격을 적절히 반영 하여 효율 및 품질의 향상에 따른 건설 공사의 가치를 높일 수 있는 새로운 적산모델이 필요한 실정이다.

이에 본 연구에서는 무진동 암 터파기 공법의 현장 시공 시 공사 품질의 향상과 경제성 향상을 위한 새로운 적산 모델을 개발하여 적산방식에 따른 개선사항을 제안하는 것이다. 이를 위해 표준품셈의 현황을 검토 하고, 현장 모니터링을 통한 작업측정기법인 시간연구법을 활용하여 각 공종의 비교 및 분석을 통해 표준품셈 기반의 공사비를 도출한다.

이를 기반으로, 현행 무진동 암 터파기 현장 시공 시 이루어지는 작업조 방식을 분석하고, 그에 따른 현장 작업조 방식의 공사비를 도출한 후 두 적산방식을 비교·분석하여, 새로운 적산모델을 개발함으로써 효율적인 공사비 도출을 목표로 하고 있다.

1.2. 연구 범위 및 방법

1) 연구 범위 및 절차

본 연구는 무진동 암 터파기 공법에 대해 표준품셈을 기반으로 한 효율적인 일위대가 방식의 공사비 산출과, 공법의 시공에 있어서 하나의 구성 체계를 만들어 생산성을 고려한 작업조 방식의 공사비를 비교, 분석하고 새로운 적산모델을 제안하는 것이다.

본 연구는 제주도 내에서 시공되고 있는 무진동 암 터파기 공법을 대상으로, 파쇄 암반의 종류는 연암으로 시공 지역 및 암반의 종류에 대한 연구의 범위를 한정하였고 파쇄 하고자 하는 암반의 성질에 상당부분 좌우되는 작업효율의 특성에 기반 하여 암의 종류와 수량, 그에 따른 공기 및 시공 연장에 대한 자료를 측정, 분석하였다. 측정된 데이터를 토대로 현행 설계 방식인 표준품셈을 기반으로 한 표준적 기준으로 단위수량 시공에 소요되는 재료비, 노무비, 경비 등을 기본수량으로 나타낸 일위대가 방식의 무진동 암 터파기 공사비를 산출 하였다.

표준품셈의 방식을 근거로 작업조 방식의 기준에 따른 각각의 단가를 적용하여 작업조 방식의 공사비를 산출 하였으며 각각의 적산방식에 따른 공사비 산출 과정은 다음과 같다.

첫째, 일위대가 방식의 시간에 대한 분석은 현장의 모니터링을 통한 작업측정기법인 시간연구법을 활용하여 각 4개의 작업인 ①천공, ②코아제거 및 할암절개, ③절개암 분리, ④집토 및 상차의 세부 작업으로 나누어 적산에 관련한 데이터를 분석 및 측정 하였다. 그 측정 자료를 토대로, 각각의 세부 작업시 소요되는 작업시간을 도출 하여 표준품셈에 근거한 일위대가 방식의 단가산출에 적용하였다.

각 공정에 있어 적용방법 및 할증 등의 기준은 2010년 표준품셈을 활용 하였으며, 공사비 산정을 위한 시간의 데이터들 외에, 적산과정에 있어 필요한 자원인 재료, 노무, 및 경비 등에 각각 적용된 자료는 다음과 같다.

시공에 소요되는 기계경비에 대해서는 2010년 표준품셈의 기준 및 경비를 활용하였고, 품셈의 기준이 없는 품목에 대해서는 2010년 상반기 물가 정보지를 이용하였다. 시공에 소요되는 재료(주연료) 부분에 대해서는 2010년 상반기 단가(한국석유공사 2010년 8월)를 적용하였고, 제주도서 지역의 할증을 적용한 2010년 상반기 노임을 적용하여 일위대가 방식의 단위물량에 대한 공사비를 도출하였다.

둘째, 일위대가 방식과 작업조 방식의 비교를 위하여 두 적산방식의 비교 방법을 산정하였다. 일위대가 방식과 작업조 방식의 비교를 위하여 현장 모니터링을 통해 도출된 무진동 암 터파기 시공시 소요되는 시간(시공기간)에 따른 작업량의 자료 35개에 대해 회귀분석을 실행함으로써 최적의 회귀식을 도출하고, 그에 따른 단위시간(1일)에 대한 작업량(m^3)을 산정하였다. 두 적산 방식의 비교를 위하여 위에서 도출된 단위시간(1일)에 대한 작업량을 단위물량을 기준으로 산출되어진 일위대가 방식에 적용하여 1일을 기준으로 한 작업조 방식과 비교할 수 있는 기준을 산정하였다.

셋째, 작업조 방식의 공사비 산출에 있어서 각 작업에 대해 소요되는 재료, 노무, 및 경비 등은 작업조 방식의 기준에 있어서 소요되는 기계 및 노무비에 대해 일위대가 방식에 사용되는 각각의 단가를 적용하여 작업조 방식의 공사비를 도출하였다.

본 연구의 표준품셈을 기반으로 한 효율적인 일위대가 방식의 공사비 산출과, 생산성을 고려한 작업조 방식의 적산모델 개발을 위한 전체적인 흐름은 다음과 같다.

1. 문헌조사를 통하여 작업조 방식의 적산 산정방식에 대해 분석하고 표준품셈을 기반으로 한 일위대가 방식의 적산 산정방식에 대한 문제점을 검토하였다.
2. 기존 연구결과를 통해 무진동 암 터파기의 생산성 분석 및 본 연구에 적합한 분석방법을 산정하였다.
3. 현장의 모니터링을 통해 암의 종류와 수량, 그에 따른 공기 및 시공 연장 및 작업량에 대한 자료를 측정하여 무진동 암 터파기 공법의 생산성을 분석하였다.

4. 측정 및 분석 자료를 활용하여 표준품셈을 기반으로 한 단위수량 시공에 소요되는 재료비, 노무비, 경비 등을 기본수량으로 나타낸 일위대가 방식의 무진동 압 터파기 단가를 산출 하였다.
5. 35개 zone에 대한 작업량(m³)에 따른 소요시간(시공기간)의 자료에 대해 분석 후 회귀분석을 통하여 작업조에 대한 최적의 회귀식을 도출 하였다.
6. 회귀식을 이용하여 1일 소요시간 즉 단위시간에 따른 작업량을 도출하여, 작업조 방식에 따른 공사비를 도출하고, 표준품셈을 기반으로 한 일위대가 방식에 1일 작업물량을 적용하여 일위대가 방식의 공사비와 작업조 방식의 공사비를 비교 분석 하였다.

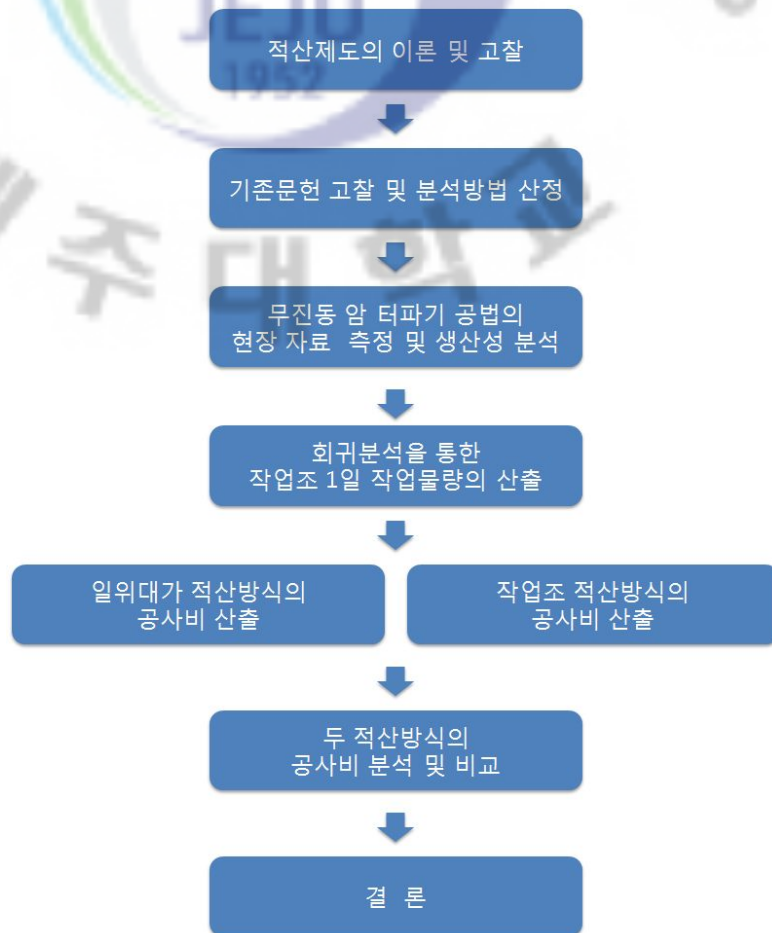


그림 1.1 연구의 흐름

II. 작업조 적산방식에 관한 기존 연구 동향

건설공사에 대한 공사금액과 공사효율의 중요성을 인식하여 표준품셈에 대한 많은 문제점이 제기 되고 있다. 그에 대해 실적공사비의 생산성에 관련된 연구는 상대적으로 많은 반면, 현장에서의 작업조를 고려한 생산성에 관한 연구는 아직 미흡한 실정이다.

먼저 하기주 외(2009) 논문은 표준품셈의 적산 방식이 효과적인 비용 산정이 이루어지지 못함에 따라 새로운 적산 모델의 필요성을 인식하고 건설공사의 합리적인 공사비를 산정을 위한 적산기술 및 시공능력의 향상을 도모할 수 있도록 표준품셈의 선진화 작업을 통하여 현행 품셈의 구조를 개선하고 현실성을 고려한 작업조 기반으로 한 모델을 개발 하였다.

현행 표준품셈의 작업조 구성 현황을 분석하여 공동주택의 시멘트 액체방수 공사를 중심으로 작업조 구성 및 현장사례를 통하여 시멘트 액체방수 공사의 노무량을 비교·분석 하였다.(하기주외, 2009)

정영호(2009)의 논문 에서는 현행 품셈을 적용한 적산방법의 문제점에 따른 공사비 산정의 부정확성에 대해 가장 현실적인 공사비 산정이 이루어지도록 합리적인 공사비 산정을 위한 새로운 적산방법을 개발하였다.

철근조립 공종을 대상으로 실제 현장에서 운영되고 있는 작업조 (장비+인력) 조합의 개념을 적용하여 현장 여건에 맞게 구성하였고 공사비 변동에 중요한 요소인 인력의 단위당 소요 품과 기계장비의 품을 조사하여 표준품셈과 작업조 (장비+인력) 방식의 공사비에 대해 비교·분석하였다.(정영호, 2009))

강동완(2010)의 논문 에서는 건설공사의 효율적이고 합리적인 공사비를 산정하는데 어려움을 주고, 공사비를 산정하기 위해 많은 노력이 요구되는 등에 대해 현행 표준품셈 제도의 문제가 제기되고 있음에 따라 새로운 적산모델의 필요성

을 인식하고 현실성을 고려한 작업조 기반의 모델에 대해 연구했다. 건설공사의 적정 예정가격을 산정하기 위해 합리적으로 공사비를 산정할 수 있는 작업조 기반의 Cost Data Prototype을 제안하였고 이를 위해, 공동주택의 다양한 평면유형 및 크기를 반영하여, 거푸집공사를 대상으로 생산성을 분석할 수 있는 CYCLONE모델을 개발하고, 거푸집공사의 작업인원에 따른 작업량 산정을 위한 회귀식을 제안하였다.(강동완, 2010)

신진수(2003)의 논문에서는 표준품셈의 여러 문제점에 대해 합리적, 효율적인 운영을 위한 새로운 적산 모델을 개발 하였다. 적산에 영향을 주고 있는 중요 공사비 요소들을 추출, 기술통계분석기법과 상관분석을 실시하여 새로운 적산모델 산정식을 제시하기 위한 변수 항목을 결정하였고 생산성과 휴지일수를 고려한 실제 투입일정의 조사와 함께 실제 데이터의 수집으로 실제의 단가를 반영할 수 있는 작업조-일정 기반의 새로운 적산모델 산정식을 제시하여 현업의 실측치에 의한 정산단가와 표준품셈의 설계단가를 비교·검토하였다.

작업조의 기본 자료로는 도로공사와 관련된 공사비와 관련 데이터의 수집과 앞서 조사된 적산방법을 근간으로 요인분석 하여 수집된 데이터의 특성을 통계 분석 기법인 기술통계분석(Descriptive Statistics analysis)과 적산에 영향을 미치는 요소간의 관계정도를 분석하기 위한 상관분석(Correlation Analysis)을 실시하였다.(신진수, 2003)

본 연구에서는 제주도내 무진동암터파기 현장의 모니터링을 통한 시간측정기법을 통해 시간에 따른 시공 물량의 측정과 분석을 실시하여 효율적인 공사비 산정을 위한 작업조 적산 모델을 제시 하고자 한다.

III. 이론 및 고찰

3.1. 일위 대가

1) 표준품셈

표준품셈은 1962년 제정으로 40여년 이상 유일한 적산기준으로 활용되어 정부 등 공공기관에서 시행하는 건설공사의 적정한 예정가격을 산정하기 위한 일반적인 기준으로 국가, 지방자치단체, 정부투자기관 및 위 기관의 감독과 승인을 요하는 기관은 물론 민간사업에도 광범위하게 이용되는 예정가격 산정의 기초자료로 활용되고 있다. 표준품셈은 건설공사중 대표적이고 보편적이며 일반화된 공종, 공법을 토대로 매년 50~60개 정도의 항목에 대해 제·개정이 이루어지고 있다. 단위공종에 대해 표준적으로 소요되는 투입인력 재료 및 작업시간 등의 작업량을 제시하고, 단위를 적용한 부피, 면적, 인력 등을 수치로 표시한 기준을 제시하며, 작업에 필요한 할증 및 계상방법에 대한 기준 또한 제시한다.

그러나 이는 일반적이고, 보편적인 공종에 대하여 기본으로 작성되어 시설물의 특성이나, 공사의 규모, 다양성 등을 반영하지 못한 일률적인 단가를 적용함으로써, 작업 중심의 적산보다는 공식에 의한 적산 방법으로 효과적인 비용 산정이 이루어지지 못하고 있는 실정이다. 그리고 신기술, 신공법의 생산성 향상과 관련된 환경변화에 적절히 대응하지 못해 이에 적용이 어렵고 설계자 및 시공자가 신기술, 신공법을 적용하고자 하여도 적산에 대한 표준품셈의 DB 근거 부족으로 기술개발 의지를 약화시키는 요인이 되고 있다.

또한, 현행의 설계는 표준품셈에 기초하여 설계자가 임의의 내역작성과 공사비를 산출하는 방식에 따르고 있다. 시공 업체의 경우 지정된 공법 및 장비의 사용으로 건설공사의 시공 과정에서 축적된 기술력과 노하우를 경직시키게 되어 이로 인한 생산성저하의 요인을 낳고 있으며 내역서 상의 자재 가격과 거래관계의 자재 공급업자의 실제 거래가격에 대한 부조합의 원인이 되고 있다.

현재 보편적으로 사용되는 원가계산방식은 노무비, 재료비, 경비, 일반관리비 등의 원가에 이윤을 추가하는 방식으로서, 원가계산은 표준품셈을 이용, 표준적이고 보편적인 공법 및 공종을 기준으로 시간당 표준적으로 투입되는 재료, 인력, 기계 자원의 작업량을 제시하고 단위 작업 당 소요량을 수치로 표시한 적산 기준이다.

2) 표준품셈에 의한 예정가격 산정방식¹⁾

원가계산을 위한 각 비목별 소요량은 표준적이고 보편적인 공법 및 공종을 기준으로 단위작업당 소요되는 재료수량, 노무량, 장비 사용시간 등을 수치로 표시한 적산기준인 표준품셈을 기초자료로 시중노임에 대해서 105개 공사 직종에 대해 건설협회에서 연 2회 조사·발표 되어진 자료와, 거래 실가격에 있어서 조달청장이 조사·공표하는 가격, 물가조사기관 등에서 조사·발표하는 가격을 활용하고 있다. 현재 국내 공공기관에서는 원가계산방식에 의한 예정가격작성기준(회계예규2200.04-160-7, 2010.4.15)에 의거하여 공사예산을 산정하고 있으며 그림 3.1과 같이 원가계산 방식에 있어서 건설공사에 소요되는 원가비목을 재료비, 노무비, 경비, 일반관리비, 이윤으로 구분하여 각각의 소요량과 단위당가격을 곱하여 예정가격을 산정하고 있다.

원 가 계 산 적 산 기 준	재료비	<ul style="list-style-type: none"> · 직접재료비 · 간접재료비 · 가설재료비 <div style="margin-left: 20px;"> $\left. \begin{array}{l} \text{직접재료비} \\ \text{간접재료비} \\ \text{가설재료비} \end{array} \right\} \text{재료량(표준품셈)} \times \text{단위가격(거래실례가격)}$ </div>
	노무비	<ul style="list-style-type: none"> · 직접노무비 : 노무량 (표준품셈) × 시중노임단가 · 가설재료비 : 직접노무비 × 요율
	경비	<ul style="list-style-type: none"> · 직접계산비목 : 기계경비, 운반비, 가설비 등 15개 비목 (표준품셈, 계약서 등에 의해 직접계산) · 요율적용비목 : 보험료, 안전관리비, 기타경비 등 11개 비목 (법정 요율에 의해 계산)
	일반관리비	<ul style="list-style-type: none"> · (재료비 + 노무비 + 경비) × 요율
	이윤	<ul style="list-style-type: none"> · (노무비 + 경비 + 일반관리비) × 요율

그림 3.1 현행 예정가격 결정기준

1) 건설교통부 실적공사비제도 설명회, 2004

3.2. 작업조 방식에 따른 공사비 산정

1) 작업조 방식에 따른 공사비 산정

표준품셈은 유일한 적산기준으로 활용되어 왔으나 이는 일반적이고, 보편적인 공종에 대하여 기본으로 작성되어 시설물의 특성이나, 공사의 규모, 다양성 등을 반영하지 못한 일률적인 단가의 적용으로 효과적인 비용 산정이 이루어지지 못하고 있는 실정이다.

이러한 표준품셈의 단점을 보완하여 효과적인 비용 산정에 대한 새로운 작업조 적산방식의 모델을 제시 하고자 한다.

작업조 방식은 한 공종의 시공 시 필요로 하는 재료, 노무, 장비등 소요 자원에 대하여 파악하고 각각의 세부적인 내용을 하나의 구성 체계를 만들어 1일 동안 작업조의 시공에 대한 작업물량을 산출한 후, 세부 작업을 수행하는데 필요한 자재비, 노무비, 장비의 비용을 산출하고 이 내용을 토대로 전체 공사비를 도출하는 방식이다.

세부 작업별 공사 단가의 산정 시 무진동 암 터파기 작업에 대한 건설생산성을 고려하고, 시공업체의 기술능력에 의한 효율적인 생산성 유발을 기초로 실제 시공현장에 작업 모니터링을 실시하여 작업시간 및 작업량에 대한 측정 및 분석을 통해 현실적인 작업조 모델을 제시함으로써 기존 표준품셈보다 이해하기 쉽도록 접근 할 수 있는 최적의 적산방식을 제시하였다.

2) 작업조 방식의 공사비 산정 사례 - 미국의 사례

미국의 적산 방식은 1) 표준 품셈과 유사한 적산참고 자료에 의한 방식(품셈견적), 2) 물·공량 적산방식(실측견적), 3) 복합단가 이용방식(단가견적), 4) 개산견적데이터모델이용방식(총액견적)으로 구분할 수 있다.(정대권, 2008)

현재 미국에서 사용하는 적산방식은 다양한 실적자료를 활용하는 실적공사비와, 작업조와 노무량의 개념을 반영하는 민간기관의 RS Means의 적산방법을 사용하고 있다. RS Means는 하나의 공종에서 작업조(자재, 인력, 장비)의 작업수량을 조사하여 원가를 산정할 수 있는 방식이다. RS Means의 적산방법은 작업을 수행하는데 필요한 작업조(자재, 인력, 장비)의 구성을 결정하고, 정해진 작업조에 의해 일정한 기간(즉 1시간, 1일 등) 동안 시공된 작업 물량을 산출하여 투입된 자원에 대한 비용을 작업물량으로 나누어 단위수량의 작업을 수행하는데 필요한 자재, 노무, 장비의 비용으로 산출하고 이것을 원가 산정의 기초 데이터로 활용하는 방식이다.(하기주, 2009)

표 3.1 R.S Means 비용항목

구분	항목
자재비	<ul style="list-style-type: none"> • 자재비는 미국 내 평균 자재비를 산출하기 위하여 미국 및 캐나다의 제조업자, 중개업자, 공급업자, 계약자와의 접촉을 통하여 자료를 수집함.
노무비	<ul style="list-style-type: none"> • 노무비는 미국 내 30대 도시의 임금을 평균하여 계산 • 임금은 노동조합(Labor Union)의 동의 또는 최근 노동성(DOL)에서 고시하고 있는 건설업의 Prevailing wage 에 따라 최종 결정됨 • 생산성을 고려한 공사량은 실제 공사경험이 많은 전문가들의 의견을 통한 품질관리(Quality Control)의 관점에서 정성적인(Qualitative) 방법으로 산정 • 노임은 실제 작업조건에 근거하여 생산성을 반영하는데 노동시간은 자재의 반입 및 반출, 운송, 현장운반, 휴식, 정리 등의 실제 설치작업보다 작업(tasks)에 소요되는 정상 노동일수 동안 소요된 시간을 포함 • 생산성을 연장기간동안 지속적으로 개발되는데 비정상 적인 변수에 의한 영향을 받기보다는 평균치를 반영하고 있음.
장비비	<ul style="list-style-type: none"> • 임차료, 연료, 오일과 정기검진 등의 운영비(operating cost)를 포함 • 장비비와 임차료는 북아메리카의 계약자, 공급자, 중개업자, 제작자 등으로부터 자료를 입수하여 결정 • 각 장비 작업원(crew)마다 요구되는 가동장비의 일비용은 순수 주간 임차료를 5일로 나누고 시간당 운영비에 8시간을 곱한 것을 더해서 산출
이윤	<ul style="list-style-type: none"> • 각 항목별(인건비, 자재비 및 장비비)로 산정되고 있는데 노임에 대한 이윤이 자재나 장비에서의 이윤보다 거의 두 배 정도로 높게 산정 • 일반관리비(Overhead)와 이윤을 포함한 노임은 별첨으로 수록해 놓아 참조할 수 있도록 하고 있음

출처 : 하기주외(2009)에서 인용

3.3. 표준품셈의 일위대가 방식과 작업조 방식

1) 일위대가 기반 표준품셈의 고찰

현행 설계 방식은 표준품셈의 표준적 기준을 적용하여 단위수량 시공에 소요되는 재료비, 노무비, 경비 등을 기본수량으로 나타낸다.

표준품셈은 단위 공중에 대해 표준적으로 소요되는 투입인력, 재료 및 작업시간 등의 기준을 제시하고, 단위를 적용한 부피, 면적, 인력 등을 수치로 표시한 기준을 제시하며, 또한 작업에 필요한 할증 및 계상방법에 대한 기준을 제시한다.

그림 3.2 는 단위공중에 소요되는 일위대가 적산방식에 대한 자원의 기준을 나타낸 2010 표준품셈의 합판거푸집의 예이다.

6-3-2 합판 거푸집('01년, '08년, '09년 보완)						(m ³ 당)	
종	별	단위	기준수량 (1회사용시)	사용횟수별기준수량에대한 비율(%)			비 고
				횟 수	재료비(%)	노무비(%)	
합	판	m ²	1.030				12mm내수 합판기준 제작조립 철거포함
각	제	m ²	0.038	1회사용시	100.0	100.0	
철	선	kg	0.29	2회사용시	57.0	60.0	
				3회사용시	46.1	47.1	
	못	kg	0.20	4회사용시	40.1	40.0	
박	리	ℓ	0.19	5회사용시	37.1	34.2	
형	볼	공	0.22	6회사용시	34.7	32.0	
보	통	인	0.12				
인	부	인					
사	용	고					
평	가	기	23				

[주] ① 본품의 2회 이상의 사용고재량은 재료비비율속에 기포함되어 있다.
 ② 본품의 기준수량은 합판 거푸집 1회 사용시 기준한 것이며 사용 횟수별로 재
 료 및 노무비를 계상코자 할 때는 횟수별 비율을 적용한다.
 ③ 등바리재료 및 폼은 포함되지 않는다.
 ④ P.C빌 제작용 볼트, 긴장기 및 세퍼레이터를 사용할 때의 재료는 별도 계상
 할 수 있다.
 ⑤ 측면부분의 거푸집은 자재 및 폼을 별도 계상할 수 있다.
 ⑥ 본 품은 수직고 7m까지 적용하며, 이를 초과하는 경우 매 3m 증가마다 인
 력품을 10%까지 가산한다. 다만 현장여건에 따라 장비가 필요하다고 판단되
 는 구조물에서는 장비로 계상할 수 있다.
 ⑦ 산재되어 있는 소형구조물(콘크리트 10m²미만)인 경우에는 인력품을 30%까
 지 가산할 수 있다.
 ⑧ 폼타이(Form Tie) 사용시는 다음에 의거 계상한다.
 ㉠ 폼타이(D형 1/2인치 경우) 소요량은 거푸집 m²당 2.14 본(1.07조)으로
 하고 사용횟수는 10회로 한다.
 ㉡ 복수한 경우(거푸집 측압이 6t/m²이상)에는 폼타이 수량을 적의 조정할수
 있다.
 ㉢ 세퍼레이터는 필요한 경우에 소모 재료로 계상한다.

출처 : 2010 건설공사 표준품셈, 토목부분에서 인용

그림 3.2 일위대가 방식의 표준품셈 적용기준(합판거푸집)

2) 작업조 기반 표준품셈의 고찰

표준품셈의 제 12장 도로포장 및 유지공사 부분은 2008년 신기술 및 신공법을 제외하여 전 항목을 작업조를 기반으로 개정하여 발간하였다. 작업조는 한 공중에 소요되는 작업조(재료+노무+기계)의 구성 체계를 만들어 1일당 작업물량과 그에 대한 자원의 기준을 제시하고 있다.

그림3.3은 작업조 적산방식의 단위공중에 소요되는 자원의 기준을 나타낸 도로의 기층포장에 대한 작업량과 자원에 대한 기준의 예이다.

12-2-3 기층('08년 신설)					
1. 린 콘크리트 기층					
배치인원(인)		사용기계 (1대)		시공량 (㎡)	
		명칭	규격		
특별인부	1	아스팔트 피니셔	3m	550	
보통인부(포설)	2	타이어롤러	8-15ton		
보통인부(양생)	1	진동롤러	10ton		
[주] ① 본 품은 린 콘크리트 기층의 포설과 양생에 대한 품이다. ② 다짐시 공사시방에 따라 장비조합을 변경할 수 있다.					
2. 아스팔트 기층 (BB층)					
배치인원(인)		사용기계 (1대)		시공량 (㎡)	
		명칭	규격		
포장공	4	아스팔트 피니셔	3m	두께≥10cm	3,600
		머캐덤롤러	10-12ton		
보통인부	1	타이어롤러	8-15ton	두께<10cm	4,000
		진동롤러	10ton		
		살수차	16,000ℓ		
[주] ① 본 품은 아스팔트 기층(BB층)의 포설과 다짐에 대한 품이며, 1층 포설을 기준으로 한다. ② 소규모 현장 포설시 12-3-1의 아스팔트 표층의 '인력식 소규모 장비사용 시공'을 적용한다. ③ 다짐시 공사시방에 따라 장비조합을 변경할 수 있다.					

출처 : 2010 건설공사 표준품셈

그림3.3 작업조 방식의 표준품셈 적용기준(기층)

IV. 무진동 암 터파기 공법에 대한 공사비 분석

4.1. 무진동 암 터파기 공법의 유사공법

1) 무진동 할암 공법

무진동 할암 공법은 절개하고자 하는 암반에 일정한 선을 따라 유압크롤러 드릴로 천공(Drilling)하고 무진동 암반 절개장비 작동부(Element)를 천공 홀 속에 장착 암반을 절개(Splitting) 시킨 후, Breaker나 Ripper로 절개된 암반을 모암으로부터 분리시키는 공법이다.(최영천, 2004)

시공 방법과 시공과정에 있어서 본 연구의 무진동 암 터파기 공법과 매우 유사하나 그 사용 장비의 경우 무진동 할암 공법은 천공의 경우 유압크롤러 드릴을 사용하여 $\varnothing 95\text{mm}$ 의 홀을 만들고, 절개의 경우 직경 $\varnothing 80\text{mm}$ 의 할암기를 사용하여 할암작업시 다수의 할암기를 동시에 사용하고 있다. 또한 수평과 수직 모두 천공이 가능한 장점을 가지고 있고, 시간이 많이 소요되며, 브레이커 파쇄공법보다 공사단가가 고가인 단점을 가지고 있다.

2) 미진동 파쇄기 공법

미진동 파쇄기 공법은 특수화공품인 미진동파쇄기를 사용하는 공법으로 대형 브레이커에 의한 2차 파쇄를 실시하는 공법이다.

공기압축기식 크롤러 드릴 또는 유압식 크롤러 드릴을 이용하여 직경 $\varnothing 51\text{mm}$ 이내로 깊이 1.5m, 간격 0.7m로 천공하고, 시멘트, 건조된 모래, 급결제의 비중비를 1:1:1의 비율로 혼합시켜 순간적인 열팽창으로 암석에 균열을 발생 시키는 리를 이용하고 있다. 화약류법에 의한 허가와 시공시 진동 계측관리를 실시해야 하고, 공극이 많은 현무암 지형에는 발파효과가 적으며, 브레이커 2차파쇄시 추가로 진동, 소음이 발생하는 단점을 가지고 있다.

4.2. 무진동 암 터파기 공법의 작업절차

무진동 암 터파기 공법은 각종 건설현장에서 암석 및 기존 콘크리트 구조물의 파쇄시 일반적으로 사용되는 화약발파 및 브레이커(Breaker) 작업은 안전사고 및 진동, 분진, 소음공해로 인한 민원 발생의 원인이 되고 있으며, 크랙과 여굴의 보강공사는 부실공사 원인제공으로 지적되어 왔다. 이에 각종 암반지대의 터널굴진, 지하터파기, 도로개설, 콘크리트 구조물 제거 등의 공사현장에서 진동, 분진, 소음은 최대한 줄이는 장점을 살리면서 시간당 작업물량을 최대화 하여 공사단가를 낮추는 기술 및 시공법을 개발하게 되었다.(주기술나라 외, 2000)

본 연구에서 사용된 무진동 암 터파기 공법은 각종 공사현장에서 암반 파쇄의 시공시 진동 및 소음을 최대한 감소시켜 안전 및 소음과 진동에 대한 민원 발생의 부분을 효과적으로 하기 위하여 사용되는 기술로서 백호에 $\varnothing 200\text{mm}$ 급 Diamond Bit를 장착하여 깊이 0.65m~1.2m로 천공하고, 200ton급 이상의 유압잭을 이용하여 암반에 균열을 일으킨 후 백호에 장착된 Ripper을 사용하여 암반을 모암으로부터 분리시키는 기술이다.

무진동 암 터파기의 작업절차를 살펴보면 다음과 같다.

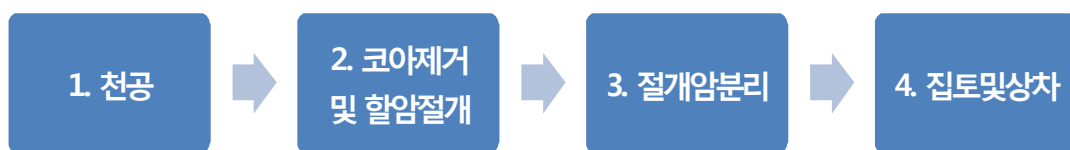


그림 4.1 무진동 암 터파기 공법의 작업절차

※ 무진동 암 터파기의 작업절차

- ① 코아 천공작업을 할 작업반경내 바닥면의 토사 및 사석을 제거한다.
- ② 굴삭기에 장착된 코아 천공기에 Bit를 부착하여 코아 천공기를 굴착위치에 고정하고 코아 튜브통 안으로 물을 공급하며 Diamond Bit를 회전시켜 평균 0.65~1.2 m 깊이로 천공한다.
- ③ 천공된 코아석을 지렛대와 코아 집계를 이용하여 코아석을 제거한다.
- ④ 코아석을 제거한 홀(HOLE) 속에 할암기(유압잭)을 넣어 유압펌프(유압유닛)를 사용하여 암을 파쇄한다.
- ⑤ 할암작업 후 균열이 간 암반은 리퍼로 암석을 제거한다.
- ⑥ 제거한 암석은 0.6(유압식백호)을 이용하여 들어내기를 하되, 덤프로 적재를 병행 작업한다.(이근조, 2011)



천 공



코아제거



할암절개

그림 4.2 무진동 암 터파기 공법 시공 전경

4.3. 무진동 암 터파기 공법의 생산성 분석

무진동 암 터파기 공법에 대해 표준품셈을 이용한 두 가지의 적산방법으로, 현행 공공공사에 이용되는 표준품셈의 적산방식과 실제 현장의 실정을 토대로 한 작업조 적산방식의 공사비를 산출하여 비교 및 분석 하였다.

1) 데이터 수집 방법

작업측정에 주로 사용되는 기법에는 시간연구법, 기정시간표준법, 표준자료법, 역사적 자료법, 워크 샘플링법등이 있으며 본 연구의 데이터 수집에는 시간연구법(time study)을 활용 하였다.

시간연구법(time study)은 19세기 말 테일러(F.W. Taylor)에 의해 도입된 것으로 오늘날 가장 광범위하게 이용되고 있는 작업측정 법이다. 스톱워치나 다른 계시기구를 이용하여 주어진 과업에 소요되는 시간을 결정하는 방법으로 이 기법은 측정에 대한 주기가 짧고, 반복적인 작업에 대한 시간의 연구에 적절하며, 수차의 작업 수행주기에 걸쳐 측정한 결과를 토대로 표준시간을 도출하는 방법이다. 먼저 시간연구를 위한 준비 후, 측정 대상 작업을 요소작업으로 세분화 하고, 작업수행을 관측하며, 필요한 관측횟수를 결정한 후, 선정시간, 정상시간, 표준시간을 도출하는 절차에 의해 이루어진다.(이근조, 2011)

본 연구의 생산성 분석을 위한 데이터는 현장모니터링을 통한 동영상 촬영과 시간 및 작업 물량의 측정, 실제 기술자와의 인터뷰로 이루어 졌다.



그림 4.3 무진동 암 터파기 공법의 모니터링 및 측정 전경

2) 무진동 압 터파기 공법의 Cycle 분석

무진동 압 터파기 단가를 산정함에 있어 작업시간에 대한 데이터는 A, B, C 현장의 모니터링을 통한 시간의 측정으로 다음과 같은 결과를 얻었다.

작업 시간 산출은 천공의 경우 A현장에서 총 n개의 작업 시 전체적인 작업을 시작한 시각(A1)을 체크하고, 전체적인 작업이 종료된 시각(A2)을 체크하여 두 시각의 차이를 이용(A1-A2), A현장 안에서의 작업에 소요되는 총 작업시간(A3)을 도출 하였다.

표 4.1 작업시간 분석 방법

A 현 장 (B,C현장동일)		
1. 천 공	시작시간	A ₁ : A현장의 천공작업 시작시각 (ex.1:00pm)
	종료시간	A ₂ : A현장의 천공작업 종료시각 (ex.3:00pm)
	소요시간	A ₃ : A ₁ -A ₂ =총 천공 작업시간 (준비시간포함, ex.1:00pm-3:00pm=2:00)
	순수평균 작업시간	A ₄ : A현장의 순수 n개의 천공작업시간 (n=천공홀개수)
2.코어제거	시작시간	B ₁ : A현장의 코어제거작업 시작시각 (ex.1:00pm)
	종료시간	B ₂ : A현장의 코어제거작업 종료시각 (ex.3:00pm)
	소요시간	B ₃ : B ₁ -B ₂ =총 코어제거 작업시간 (코어제거대기시간포함, ex.1:00pm-3:00pm=2:00)
	순수평균 작업시간	B ₄ : A현장의 순수 n개의 코어제거 작업시간 (n=천공홀개수)
3.할암절개	시작시간	C ₁ : A현장의 할암절개작업 시작시각 (ex.1:00pm)
	종료시간	C ₂ : A현장의 할암절개작업 종료시각 (ex.3:00pm)
	소요시간	C ₃ : C ₁ -C ₂ =총 할암절개 작업시간 (인발맞이동시간포함, ex.1:00pm-3:00pm=2:00)
	순수평균 작업시간	C ₄ : A현장의 순수 n개의 할암절개 작업시간 (n=천공홀개수)
4.절개암분리	시작시간	D ₁ : A현장의 절개암분리작업 시작시각 (ex.1:00pm)
	종료시간	D ₂ : A현장의 절개암분리작업 종료시각 (ex.3:00pm)
	소요시간	D ₃ : D ₁ -D ₂ =총 절개암분리 작업시간 (ex.1:00pm-3:00pm=2:00)

순수 평균작업 시간의 산출을 위해 전체적인 작업시간 내에서 n개의 각 작업 별로 한공당 작업을 시작한 시각($a_1, a_2, a_3, \dots, a_n$)을 체크하고, 작업이 종료된 시각($b_1, b_2, b_3, \dots, b_n$)을 체크하여 두시각의 차이를 이용($a_1-b_1, a_2-b_2, a_3-b_3, \dots, a_n-b_n$), n개 각 작업의 소요시간($c_1, c_2, c_3, \dots, c_n$)을 도출 하여 작업의 수 n으로 나누어 줌으로서 단위작업당 순수평균작업시간을 도출 하였다.

표 4.2 현장내 작업별 순수 평균 작업시간 도출 방법

A현장 (B,C현장동일)	천공 작업별 세부 소요시간		
작업	시작시각	종료시각	세부소요시간
1	a_1	b_1	$c_1 (a_1-b_1)$
2	a_2	b_2	$c_2 (a_2-b_2)$
3	a_3	b_3	$c_3 (a_3-b_3)$
⋮	⋮	⋮	⋮
n	a_n	b_n	$c_n (a_n-b_n)$
순수평균 작업시간	$A4=(c_1+c_2+c_3+\dots+c_n)/n$		

이와 같은 방법으로 A, B, C현장의 코어제거, 할암절개, 절개암분리의 시간을 도출하였으며 결과는 다음 표 4.3, 4.4, 4.5와 같다.

표 4.3 A현장의 세부작업별 순수 평균 작업시간

A 현장				
세부작업	시작시각	종료시각	총 작업시간	순수평균 작업시간
천공	A1	A2	A3 (A1-A2)	A4
코어제거	B1	B2	B3 (B1-B2)	B4
할암절개	C1	C2	C3 (C1-C2)	C4
절개암분리	D1	D2	D3 (D1-D2)	-

표 4.4 B현장의 세부작업별 순수 평균 작업시간

B 현장				
세부작업	시작시각	종료시각	총 작업시간	순수평균 작업시간
천공	E1	E2	E3 (E1-E2)	E4
코어제거	F1	F2	F3 (F1-F2)	F4
할암절개	G1	G2	G3 (G1-G2)	G4
절개암분리	H1	H2	H3 (H1-H2)	-

표 4.5 C현장의 세부작업별 순수 평균 작업시간

C 현장				
세부작업	시작시각	종료시각	총 작업시간	순수평균 작업시간
천공	I1	I2	I3 (I1-I2)	I4
코어제거	J1	J2	J3 (J1-J2)	J4
할암절개	K1	K2	K3 (K1-K2)	K4
절개암분리	L1	L2	L3 (L1-L2)	-

천공의 경우 총 작업 시간은 천공준비시간과, 천공굴진시간, 인발 및 이동시간으로 이루어져 있다. 작업량(Q)의 산정 시 작업에 소요되는 시간을 적용하기 위해 A, B, C 세 현장의 천공준비시간과, 천공굴진시간, 인발 및 이동시간의 평균값을 도출해야 하는데, 천공준비시간과 인발 및 이동시간은 총 작업시간에서 천

공굴진시간(순수평균 작업시간)을 제외한 시간이 된다.

A, B, C 각 현장의 총 작업시간을 작업의 수 n으로 나누어 작업 당 평균 소요 시간을 구하고, A, B, C 각 현장에 대한 천공굴진시간(순수평균 작업시간)의 차의 평균으로서 세 현장의 천공준비 시간과 인발 및 이동시간인 ㉠을 도출하게 된다. 위와 같은 방법으로 코아제거 및 할암절개의 경우 작업량 산정을 위해 코어제거, 할암절개 및 인발 및 이동시간을 도출 하는데, 코아작업 대기시간의 경우 연속잡업으로 간주하여, 작업량 산정 시 작업소요시간에서 제외한다.

절개암 분리의 소요시간은 백호의 Cycle Time을 산정하기 위해 A, B, C 각 현장의 총 작업시간만을 사용한다.

표 4.6 세부작업별 작업시간 도출 방법

	1.천공		2.코아제거및할암절개				3.절개암분리
	천공준비시간	천공굴진평균시간	코어제거평균시간	할암절개	코아작업대기시간	인발 및 이동시간	소요시간
A 현장	$A_3/n-A_4$	A_4	B_4	C_4	$B_3/n-B_4$	$C_3/n-C_4$	$D_1-D_2=D_3$
B 현장	$E_3/n-E_4$	E_4	F_4	G_4	$F_3/n-F_4$	$G_3/n-G_4$	$H_1-H_2=H_3$
C 현장	$I_3/n-I_4$	I_4	J_4	K_4	$J_3/n-J_4$	$K_3/n-K_4$	$L_1-L_2=L_3$
평균시간	㉠	㉡	㉢	㉣	㉤	㉥	

3) 일위대가 방식과 작업조 방식의 적산과정 비교 및 분석

표준품셈은 무진동 암 터파기 공법에 대해 세부작업별 적용기준을 명확히 제시하지 않아 정확한 공사비 산출이 어려운 실정이다. 이러한 문제점의 해결방법으로 현장 모니터링 자료를 반영하여 노무량 및 기계 등 무진동 암 터파기 시공 시 소요되는 자원은 공사비 산정을 위하여 다음 표 와 같은 적산기준을 적용 하였다.

표 4.7 일위대가 방식과 작업조 방식의 적산 기준

세부 작업	노무비 (일위대가)	노무비 (작업조)	기계경비	비 고
I. 천 공	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 보링공 1인 •천공경 및 천공각도 조정과 암반절리 상태를 파악 하여 암괴 탈락의 우려가 없도록 천공간격 및 위치를 설정하고 절개암반의 성질 변화, 현장작업의 난이도, 작업 물 량, 암석의 강도를 파악하기 위해 보링공 1인을 적산 기준으로 적용. 	<ul style="list-style-type: none"> ※ 일위대가 방식과 동일 	<ul style="list-style-type: none"> •유압코아드릴: 물가정보를 이용하여 현재 거래되는 실단가를 적용(25,000천원). 경비 산정시 표준품셈 (5901) 코아드릴의 순료계수 5200×10^{-7} 적용 •굴삭기 : 타이어 BH 0.6m³ •물탱크 : 5,500ℓ 현장인터뷰를 통해 1일당 10m³의 물이 소요됨을 적용하여 1m³당 소요되는 물의량을 산출 •천공부자재: 현장 인터뷰를통해 3단코어비트 부자재의 교체 기준을 산정 - 1개당/70m 	
II. 코 아 제 거 및 활 암 제 거	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 특별인부 2인 작업반장 1인 •코아제거의 위험작업과 동시에 절개암반의 암질을 파악하여 활암기를 배치, 조정해야 함을 고려하여 일반 잡역 보다 특수작업으로 간주 특별인부 2인을 적산 기준으로 적용. •작업장 여건, 민원대책 등 작업의 원활한 진행을 위해 작업반장 1인을 적산 기준으로 적용. 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 특별인부 1인 보통인부 1인 •현장 모니터링: 코아제거의작업에 보통인부 1인을 투입,, 활암절개 작업시 활암절개의 기술을 보유한 특별인부 1 인 을 투입함 	<ul style="list-style-type: none"> •유압잭 경비 산정시 유압잭 200t의 순료계수 $4,489 \times 10^{-7}$ 적용 •발전기 발전기는 규격 25Kw의 발전기를 사용, 품셈에 근거하여 재료비,노무비,경비를 산정 	
III. 절 개 암 분 리	-	-	<ul style="list-style-type: none"> • 리퍼: 물가정보를 이용하여 현재거래되는 실단가를 적용 (1,520천원) • 굴삭기 : 타이어 BH 0.6m³ + 리퍼 BH의 기계경비와 리퍼 기계순료의 합으로 산출 ① k(버킷계수):0.55 리퍼작업에의한 암이나 파쇄암 ② f(체적환산계수):1/L=1/1.4 연암의L을 적용 ③ E(작업효율):0.35-파쇄암,불량의 경우 ④ Cm(1회사이클시간): 절개암분리 소요시간 평균작업시간 표1. 참조 	
IV. 집 토 및 상 차	-	-	<ul style="list-style-type: none"> • 굴삭기 : 타이어 BH 0.6m³ ① q(버킷용량m³) : 0.6m³ ② k(버킷계수) : 0.55 리퍼작업에의한 암이나 파쇄암 ② f(체적환산계수):1/L=1/1.4 (연암L) ③ E(작업효율):0.45-파쇄암,보통의 경우 ④ Cm(1회사이클시간): 20sec 0.6m³-135'기준 적용 	

일위대가 방식에서의 단가를 산정함에 있어 그 과정을 살펴보면 장비, 노무, 재료 등 자원에 대해 각각 세부 작업별로 분류되고 단가의 산출 또한 하나의 한 작업 안에 여러 세부작업으로 분리됨을 볼 수 있다. 단가의 산정에 있어서 일위대가 방식은 각각 세부작업에 대해 소요되는 재료비, 노무비, 경비를 단위물량에 대해 소요되는 자원의 양으로 산출하게 된다.



그림 4.4 일위대가 방식의 적산 흐름

반면에 작업조 방식에 있어서는 무진동 암 터파기에 소요되는 모든 자원에 대해 중복되지 않음을 보여주고 있다. 이는 작업조의 산정 방식 기준이 1일로 기준함에 따라 소요되는 모든 자원은 중복되지 않고 1일에 소요되는 자원에 대해 단가 및 공사비를 산정하는 방식이다.

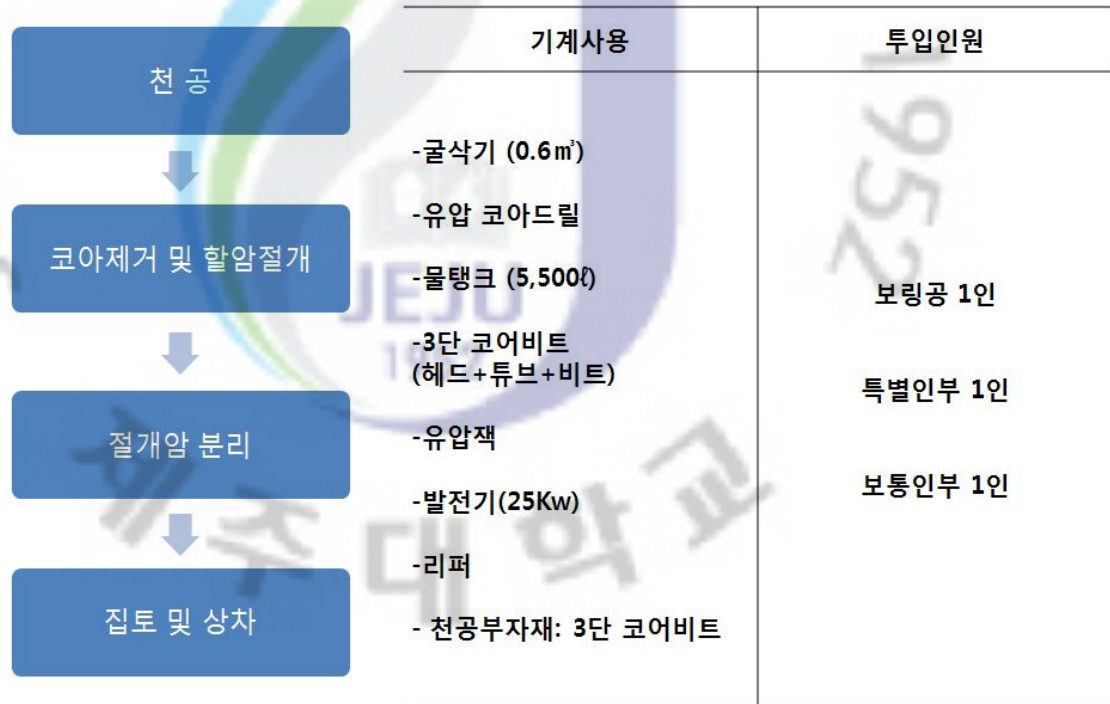


그림 4.5 작업조 방식의 적산 흐름

무진동 암 터파기 공법의 시공 시 코아제거 및 할암제거 작업을 제외한 다른 세 개의 작업에서 일위대가 방식과 작업조 방식의 경우 노무량 및 기계에 따른 경비에 대해 두 적산방식은 동일하게 적용 하였다.

반면, 코아제거 및 할암절개의 경우 안전 및 민원을 고려한 일위대가 방식의 적산 방식은 특별인부 2인, 작업반장 1인을 필요로 하나 실제 현장에서 시공되는 작업조 방식에서는 특별인부 1인 및 작업반장 1인을 필요로 함으로서 두 적산 방법의 차이를 두어 적용 하였다.

4) 일위대가 방식에 따른 공사비 도출

현행의 표준품셈은 정부 등 공공기관에서 시행하는 건설공사의 적정한 예정가격을 산정하기 위한 일반적인 기준으로 예정가격 산정의 기초자료로 유일한 적산 기준으로 사용되고 있다. 표준품셈은 단위공종에 대해 표준적으로 소요되는 투입인력 재료 및 작업시간 등의 작업량을 제시하고, 단위를 적용한 수치로 표시된 기준을 제시한다.

다음은 표준품셈을 근거로 한 2010년 단가적용, 무진동 암 터파기 품의 계산방식에 대해 보여주고 있다.

표 4.8 일위대가 방식과 작업조 방식의 공사비 도출

세부 작업	산 출 근 거	비 고
I. 천공	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 공당작업량 = 천공간격 × 천공거리 × 천공높이 ◆ 작업소요시간 = 천공준비시간+천공(굴진)평균시간+인발 및 이동시간 ◆ 작업량 (Q) = 공당작업량 / 작업소요시간 × 작업효율 ◆ 천공길이 = 1m³천공시 공의수 × 천공높이 = □m/m³ (1공:공당작업량m³ = □공:1m³작업량) ◆ 1m³천공시물사용량 = 1일물사용량 / 작업량×8hr (Q×8=1일작업량) 	<ul style="list-style-type: none"> •공당작업량:1공당 소요될 수 있는 암의 물량 •t=작업시간 표4.6 참조 •E:0.8 적용-작업여건 및 천공장비의 위치선정에 따른 효율을 고려 •1일물사용량- 현장인터뷰:10m³
	1) 기계사용료 ① 유압코어드릴 : 경 비 = 기계손료 / 작업량 ② 굴삭기(0.6m ³) : 재료비 = 주연료&잡품 / 작업량 노무비 = 중기운전사 / 작업량 경 비 = 기계손료 / 작업량 ③ 물탱크(5,500ℓ) : 재료비 = 주연료&잡품 / 물탱크 작업량 노무비 = 중기운전사 / 물탱크 작업량 경 비 = 기계손료 / 물탱크 작업량 2) 천공부자재 (3단코어비트) 천공길이(□m/m ³) / 70m = □EA 재료비 = □EA × 기계가격 3) 투입인원 : 노무비 = 보링공 1인 / 작업량 / 8hr	<ul style="list-style-type: none"> •기계경비 산정에서 손료계수는 (5901) 코어드릴의 계수(0.52)를 적용 •노임:시간당노임산출 •코아소모측교체시기- 현장인터뷰:1개당 70m •3단코어비트 가격 : 물가정보이용 •천공작업시 투입인원에 대해 보링공 1인 기준 산정
II. 코아 제거 및 할암 절개	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 작업소요시간 = 작업준비시간(코아제거및이물질제거)+장비삽입및작동시간+인발및이동시간 ◆ 작업량 (Q) Q = 공당작업량 / 작업소요시간 × 작업효율 	<ul style="list-style-type: none"> •t=작업시간 표4.6 참조 •E:1적용-작업모니터링 결과를 기초로한 코아제거율을 고려
	1) 기계사용료 ① 유압잭 : 경 비 = 기계손료 / 작업량 ② 발전기 (25Kw) 재료비 = 주연료&잡품 / 작업량 노무비 = 운전사(기계) / 작업량 경 비 = 기계손료 / 작업량 2) 투입인원 : 노무비 = 특별인부 2인 / 작업량 / 8hr 작업반장 1인 / 작업량 / 8hr	<ul style="list-style-type: none"> •유압잭 = 200ton •코아제거 및 할암절개 작업시 투입인원에 대해 -특별인부2인, 작업반장1인 기준으로 산정
III. 절개 암 분리	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 작업량 BH 0.6m³ Q = 3,600×공당작업량×버킷계수×1/연암체적변화율×작업효율 / 1회사이클시간 재료비 = 주연료&잡품 / 작업량 노무비 = 운전사(기계) / 작업량 경 비 = 기계손료 / 작업량 	<ul style="list-style-type: none"> •k:리퍼작업에의한 암이나 파쇄암(0.55) •f:1/L=1/연암(1.4) •E : 파쇄암,불량(0.35) •Cm: 절개암분리 소요시간 작업시간 표4.6 참조
IV. 집토 및 상차	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 작업량 BH 0.6m³ Q = 3,600×버킷용량(m³)×버킷계수×1/연암체적변화율×작업효율 / 1회사이클시간 재료비 = 주연료&잡품 / 작업량 노무비 = 운전사(기계) / 작업량 경 비 = 기계손료 / 작업량 	<ul style="list-style-type: none"> •q:버킷용량 (0.6m³) •k:리퍼작업에의한 암이나 파쇄암(0.55) •f:1/L=1/연암(1.4) •E : 파쇄암,보통(0.45) •Cm:0.6m³,135'(20)

5) 작업조 방식에 따른 공사비 도출

작업조 기반의 공사비 산정시 먼저 작업일수에 대한 작업량을 산정한다.

현장에서 얻은 35개의 자료를 바탕으로 30개의 자료에 대해서는 회귀분석자료로 활용하고 나머지 5개의 자료에 대해 검증의 자료로 활용 하였다.

최근 사회과학 분야에서 널리 이용되고 표준화된 통계프로그램으로 SPSS, BMDP, SAS, STATA, MINITAB 등이 활용되고 있다. 본 연구 에서는 작업일수와 작업량에 대해 통계프로그램 Minitab을 사용하여 단순회귀분석을 실시하였다. 프로그램을 활용한 분석을 통해 회귀식을 산출하여, 단위시간에 대한 작업량을 도출하고, 도출된 작업량을 이용하여 품셈기반의 적산방식과 작업조기반의 적산방식의 모델에 각각 적용함으로써 두 모델에 대한 공사비를 비교, 분석 하였다.

(1) 회귀분석의 개념

회귀분석(Regression Analysis)이란 하나의 종속변수와 하나 내지는 2개 이상의 독립변수들 간의 관련성을 규명할 수 있는 수학적 모형을 측정된 변수들의 자료로부터 추정하는 통계적 방법이다.

이 추정된 모형을 사용하여 예측을 하거나 관심 있는 통계적 추론 등을 하게 된다. 어떤 변수가 다른 변수에 영향을 주는 경우에 영향을 주는 변수를 독립변수(Independent Variable, 설명변수)라 하고, 영향을 받는 변수를 종속변수(Dependent Variable) 또는 반응변수(Response Variable)라 한다.²⁾

회귀모형의 종류는 종속변수의 형태에 따라 반응변수(Y)가 연속형인 선형회귀(Linear Regression)모델과 반응변수(Y)가 범주형인 로지스틱회귀(Logistic Regression)모델로 나뉘게 되고, 독립변수의 수에 의해 독립변수(X)가 한 개인 단순선형회귀(Simple Linear Regression)모델과 독립변수(X)가 두 개 이상인 다중선형회귀(Multiple Linear Regression)모델로 나뉘게 된다.

2) 이기훈, Excel을 이용한 통계학, 자유아카데미, pp. 263-264

회귀분석의 절차를 살펴보면 1)자료의 탐색, 2)회귀분석 수행, 3)모형선정, 4)모형검토, 5)예측활용의 단계로 이루어진다.

자료의 탐색으로서 산점도나 산점도 행렬, 상관분석을 통하여 변수들이 어떠한 관계를 가지고 있는가를 대략적으로 파악하게 되고, 종속변수와 독립변수를 구분하고, 독립변수와 종속변수의 형태에 적절한 분석방법을 선택하여 회귀분석을 수행하게 된다. 모형선정의 단계에서는 미니탭을 이용하여 회귀함수의 적합성, 회귀계수에 대한 유의성 검정 및 추정, 반응변수의 변화와 밀접한 관련이 있는 독립변수를 선정하고, 추정된 모형이 타당한지를 검토하기 위해 잔차분석을 실시한다. 회귀분석을 통해 찾아진 회귀모형을 적합한 모형으로 판단하기 위해서는 잔차의 독립성, 정규성, 등분산성이 만족되어야 하고, 모형의 검토 단계에서 회귀모형이 타당하지 않을 경우, 모형의 선정으로 돌아가 새로운 모형선정을 하여야 한다. 마지막으로 회귀 모형 및 계수들의 통계적 유의성이 입증된 후 추정된 회귀식을 통하여 모형을 해석하고, 추후 변화에 대하여 예측을 한다.³⁾

본 연구에서는 무진동 압 터파기 공법의 시공현장의 모니터링을 통해 얻은 시공기간에 대한 작업량 35개의 자료중 30개의 자료에 대해 회귀분석을 실행하여 회귀식을 도출 하였고 도출된 회귀식에 대해 비정상적 관측치 및 식의 유의성을 판단하여 비정상적 관측치를 제외한 28개의 자료에 대해 다시 회귀분석을 실행하여 최적의 회귀식을 도출 하였다. 총 35개의 자료에서 회귀분석에 사용된 30개의 자료를 제외한 나머지 5개의 자료는 도출된 회귀식에 대해 오차의 범위를 측정하는데 사용 되었다.

3) 유성모외, Minitab으로 배우는 기초통계, 이레테크, pp. 433-434

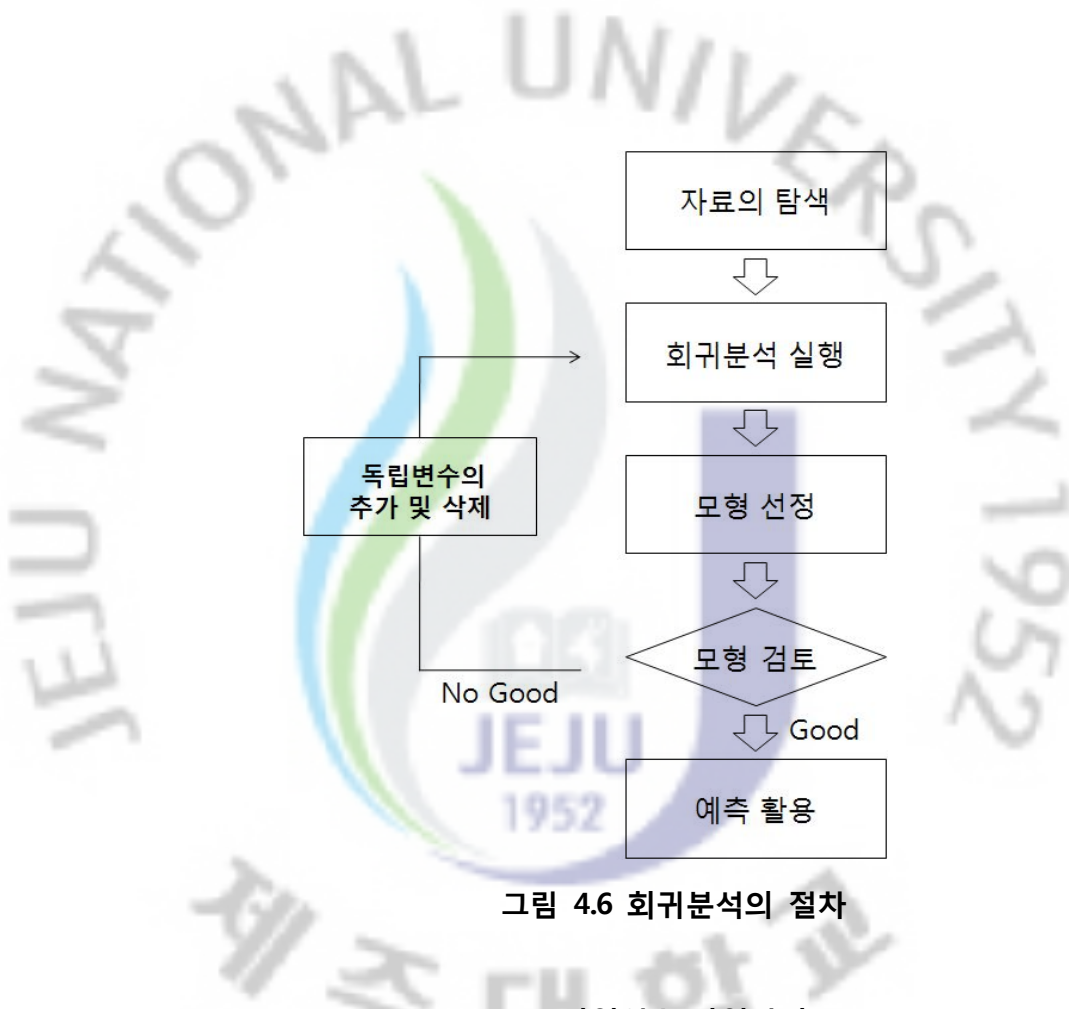


그림 4.6 회귀분석의 절차

표 4.9 작업일수-작업량의 Data

No.	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	No.7	No.8	No.9	No.10
시공기간(일)	2	3	4	4	4	4	4	4	4	4
작업량(m ³)	8.8	23	40.29	43.25	12.01	22.65	11.13	27.54	41.9	48.13

No.	No.11	No.12	No.13	No.14	No.15	No.16	No.17	No.18	No.19	No.20
시공기간(일)	6	6	7	7	7	8	8	8	9	10
작업량(m ³)	25.13	42.29	49.17	52.56	51.51	76.79	48.26	45.02	39.329	81.56

No.	No.21	No.22	No.23	No.24	No.25	No.26	No.27	No.28	No.29	No.30
시공기간(일)	11	11	12	15	15	17	27	39	39	44
작업량(m ³)	76.84	84.4	56.82	90.23	83.71	117.58	151.71	199.69	395.47	147.58

검 증 자 료					
No.	검1	검2	검3	검4	검5
시공기간(일)	9	16	12	8	2
작업량(m ³)	68.94	115.4	79.5	62.35	23.56

(2) 비정상적 관측치

회귀분석에 있어 분석자료 중에서 몇 개의 자료가 전체적 자료에 비해 극단적인 값을 갖는 경우가 있다. 회귀모형을 벗어나는 특이치가 있으면 추정된 회귀식의 결과가 왜곡 될 수 있다. 따라서 특이치(이상치, Qitlier) 를 식별하여 그 발생 원인 또는 새로운 대안을 찾는 것이 중요하다.

비정상적 관측치는 표준화 잔차의 절대값이 일반적으로 2보다 크면 해당 데이터는 특이치라 의심한다. 표준화 잔차는 잔차를 표준화 시킨 것으로 회귀모형에 잘 적합 되지 않은 관측치(특이치)를 식별할 때 사용된다.⁴⁾

회귀식에 의한 결과의 오차율을 최소화하기 위해 이상치에 대한 존재의 유무를 확인 하였고, 수집된 30개의 자료를 대상으로 회귀분석의 그 결과는 다음의 표와 같다.

표 4.10 회귀분석 계수

예측변수	계수	표준오차	T	P
상수	7.690	10.520	0.730	0.471
시공기간	5.724	0.662	8.64	0.000

표 4.11 회귀분석 모형요약

결정계수	R ²	R ² (수정)
계수값	72.7%	71.7%

4) 유성모외, Minitab으로 배우는 기초통계, 이레테크, pp. 444-448

표 4.12 분산분석

분산분석					
출처	자유도	SSTR	MSTR	F	P
회귀	1	119401	119401	74.610	0.000
잔차오차	28	44809	1600	-	-
총계	29	164210	-	-	-

표 4.13 비정상적 관측치

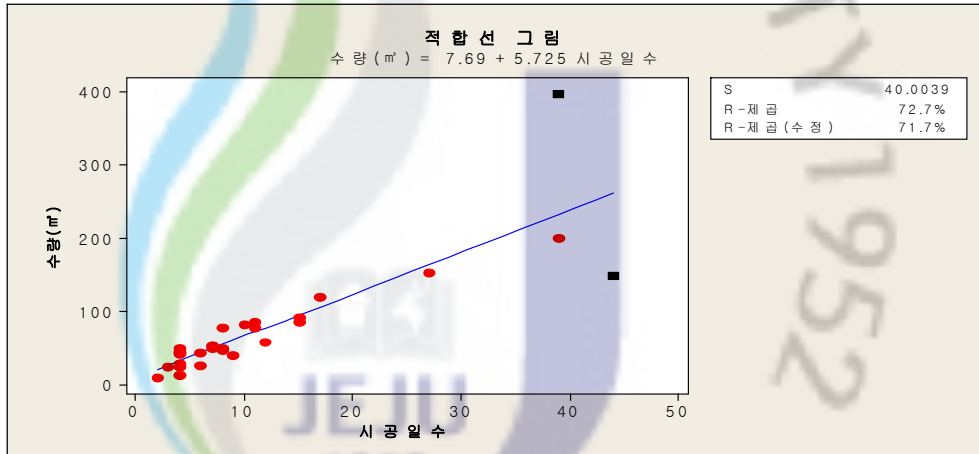
비정상적 관측치	시공기간(일)	작업량 (m ³)	표준화 잔차
NO. 28	39	199.690	-0.90
NO. 29	139	395.470	4.72
NO. 30	44	147.580	-3.41

회귀분석의 결과 절편과 기울기에 대한 P-value값이 0.471, 0.000으로 일반적인 유의수준 $\alpha = 0.05$ 를 초과한 결과로 ($0.471 > \alpha = 0.05$) 독립변수 X는 종속변수 Y에 영향을 미치지 않는 것을 의미한 통계적으로 유의하지 않다는 결과를 나타냈다. 또한 비정상적 관측치 측면을 검토한 결과 NO.29, NO.30 자료의 표준화 잔차 절대값이 비정상적 관측치의 기준인 2를 초과하여 비정상적 관측치, 즉 이상치가 존재하는 것으로 확인 되었다.

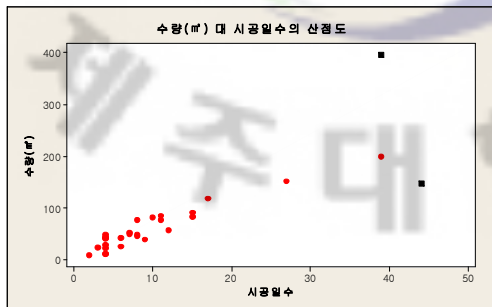
◆ 회귀방정식

$$\text{작업량}(\text{m}^3) = 7.7 + 5.72 \times \text{시공기간}(\text{일})$$

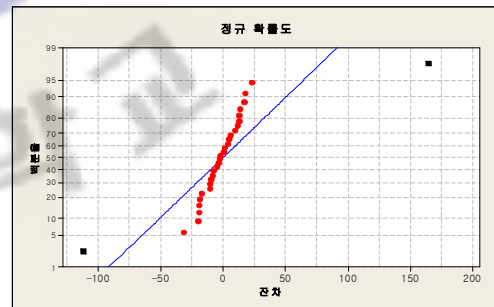
$$y = 7.7 + 5.72x \text{ 수량}(\text{M}^3)$$



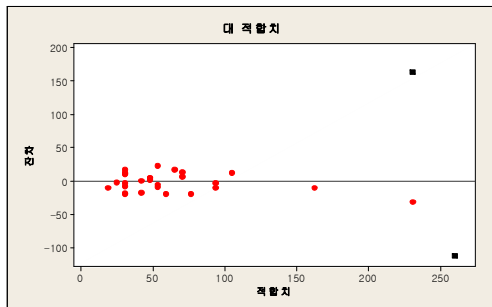
수량에 대한 시공일수의 적합선도



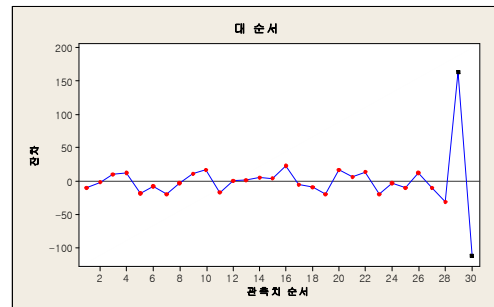
시공량(m³)-공기(일)의 산점도



잔차정규확률도



잔차 대 적합치



잔차 대 데이터 순서

그림 4.7 작업조 방식의 회귀방정식 도출(DB-30)

(3) 회귀분석을 통한 작업조 방식의 회귀식 개발

비정상적 관측치 존재 여부를 확인 하여, 추정된 회귀식의 결과가 왜곡 될 가능성이 있는 No.29 No.30의 데이터를 수집된 30개의 데이터에서 제외하여 나머지 28개의 자료를 대상으로 회귀분석을 재 실시하였고, 28개의 자료에 대한 회귀 분석의 결과는 다음 표와 같다.

표 4.14 회귀분석 계수

예측변수	계수	표준오차	T	P
상수	11.302	3.877	2.92	0.007
시공기간	5.1340	0.3200	16.04	0.000

표 4.15 모형 요약

결정계수	R ²	R ² (수정)
계수값	90.8%	90.5%

표 4.16 분산 분석

분산분석					
출처	자유도	SSTR	MSTR	F	P
회귀	1	44643	44643	257.330	0.000
잔차오차	26	4511	173	-	-
총계	27	49154	-	-	-

표 4.17 비정상적 관측치

비정상적 관측치	시공기간(일)	작업량 (m ³)	표준화 잔차
No. 27	27	151.710	0.150
No. 28	39	199.690	-1.35

분석결과 수정 상관계수 R^2 의 값은 90.5%로 작업물량에 대해 작업일수로 설명할 수 있는 부분이 90.5%라는 것을 의미하였고, 절편 및 기울기에 대한 P-value 값이 각각 0.007, 0.000으로 일반적인 유의수준 $\alpha = 0.05$ 보다 미만인 결과 ($0.007 < \alpha=0.05$, $0.000 < \alpha=0.05$) 로 회귀모형이 통계적으로 유의한 것을 나타내었다.

또한 F-검정의 기각치(critical value)는 $F(0.05;1,28)=4.20$ 이므로 다음 식 $F=257.33 > 4.20$ 이 성립되어 회귀변동이 유의하게 되며, 가정된 회귀식이 데이터를 설명하는데 유효한 결과가 나타났다. 비정상적 관측치에 대해서는 No.27, No.28 표준화 잔차의 절대값이 2보다 작은 값을 가지므로 유효한 결과가 나타났다.

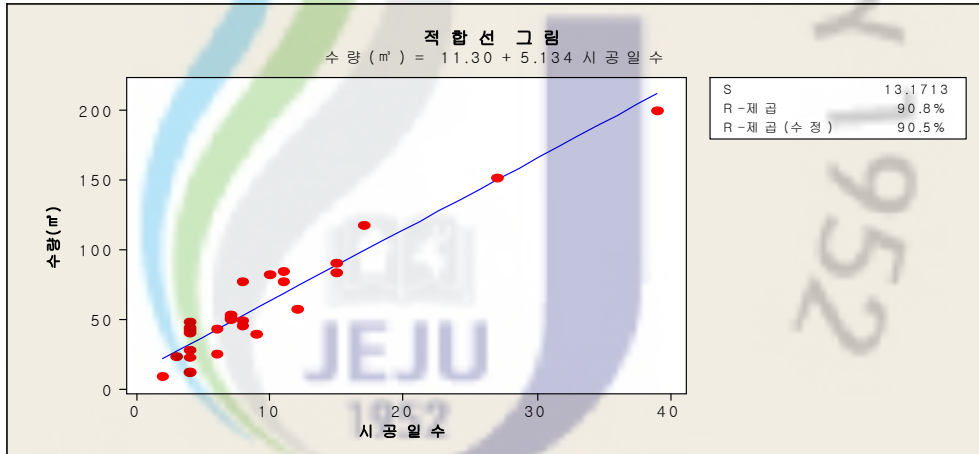
추가적으로 그래프의 결과를 살펴보면, 먼저 정규확률 그래프에 있어서 잔차들이 대체로 직선으로 나타나므로 근사적으로 정규분포를 따른다 가정할 수 있고, 적합치 그래프에 있어서는 0을 중심으로 위아래로 고르게 분포되어 있으므로 불편성을 만족, 분포정도가 X축을 따라 비슷하므로 등분산성도 만족된다 볼 수 있다. 또한 대순서 그래프의 각각의 점들이 랜덤하게 나타나므로 독립적이라 할 수 있다.

도출된 회귀방정식 $y = 11.3 + 5.13x$ 은 시공기간에 1일의 적용 시 16.43m^3 의 작업물량이 나오게 된다. 반면 2일의 적용 시 21.56m^3 의 작업 물량이 나오게 되는데 처음 작업일수 1일을 제외하고 2일 째부터 작업일수가 1일 증가 시 5.13m^3 의 물량만이 증가하게 된다. 이는 회귀분석에 사용된 자료가 모두 2일 이상의 시공기간을 갖고 있는 점과 무진동 암 터파기 공법을 현장에 투입할 시, 첫날에 대해 장비 및 필요한 자원의 준비가 필요함에 따라 1일시 작업물량이 많이 측정 된다 볼 수 있다. 또한 2일째부터는 1일에서 준비된 자원의 활용으로 5.13m^3 의 물량을 증가 시킨다 볼 수 있다.

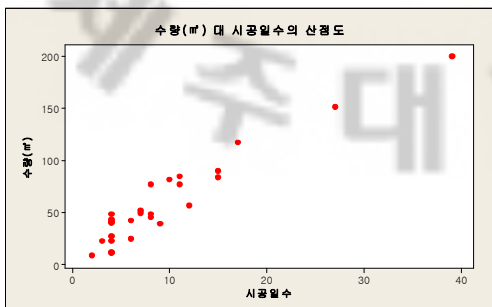
◆ 회귀방정식

$$\text{작업량(m}^3\text{)} = 11.3 + 5.13 \times \text{시공기간(일)}$$

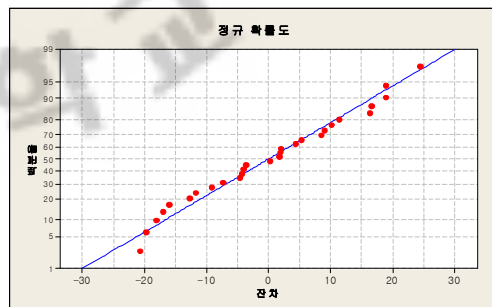
$$y = 11.3 + 5.13x$$



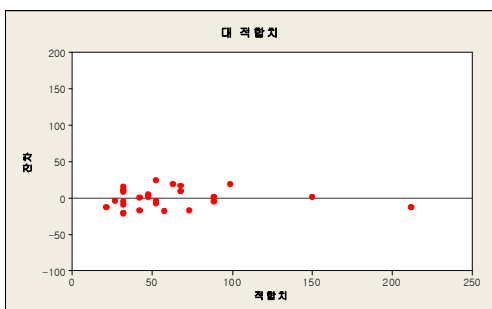
수량에 대한 시공일수의 적합선도



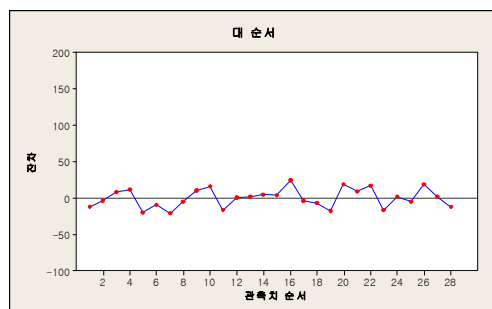
시공량(m³)-공기(일)의 산점도



잔차정규확률도



잔차 대 적합치



잔차 대 데이터 순서

그림 4.8 작업조 방식의 회귀방정식 도출(DB-28)

(4) 회귀방정식의 검증

앞에서 개발된 회귀식의 검정을 위해 5곳의 현장에 대한 자료를 바탕으로 검증을 실시하였다. 검증자료에 대하여 검증은 각기 다른 시공기간과 작업량을 대상으로 실시하였고 시공기간을 28개의 데이터를 활용한 회귀식에 대입하여 물량을 산출 후 실제 작업량과 비교하였다.

회귀식을 통한 추정작업량과 실제작업량과의 비교 결과는 표 4.17과 같다.

회귀식에 대한 검증 결과, 각 현장에 대해 오차율은 17%, 19%, 8%, 16%, 8%의 차이를 보이고 있다.

표 4.18 회귀방정식의 검증

현장	시공기간(일)	실제작업량	추정작업량	오차	오차율
A	9	68.940	57.470	11.470	17%
B	16	115.396	93.380	22.016	19%
C	12	79.500	72.860	6.640	8%
D	8	62.350	52.340	10.010	16%
E	2	23.560	21.560	2.000	8%

4.4. 일위대가 방식과 작업조 방식의 공사비 비교

1) 일위대가 방식과 작업조 방식의 총공사비 비교

현장에서 얻은 35개의 자료를 바탕으로 30개의 자료에 대해서는 회귀분석자료로, 5개의 자료에 대해서는 검증의 자료로 활용하였고, 비정상적 관측치를 제외한 나머지 28개의 자료를 회귀 방정식 자료로서 활용 하였다.

자료에 대한 작업일수와 작업량에 대해 통계프로그램 Minitab을 사용하여 단순회귀분석을 실시하여 회귀식을 산출함으로써 회귀식을 통한 작업조의 작업시간인 1일에 대한 작업량의 추정이 가능하게 되었다.

회귀식을 통한 작업조의 1일 작업량은 표 4.18과 같다.

표. 4.19 회귀식을 이용한 작업조의 1일 작업량

회귀방정식	시공기간	작업량
$y = 11.3 + 5.13x$	1일	16.43m ³

공사비 비교에 있어 일위대가 방식과 작업조 방식의 두 적산방식에 대해 표준품셈을 근거로 1일당 작업물량인 16.43m³을 일위대가 적산방식에 적용하여 그에 따른 공사비를 산출 후 작업조 방식의 공사비와 비교·분석 하였고 산출 과정에 있어서 각 적산방식의 기준에 의해 작업조 방식의 코아제거 및 할암제거 작업의 투입인원을 두 적산방식에 차별하여 적용 하였다.

표준품셈을 근거로 2010년 단가를 적용한 무진동 암 터파기 공법의 시공시 단위 물량에 대한 공사비는 다음과 같다.

표 4.20 일위대가 방식과 작업조 방식의 단위물량에 대한 공사비

	일위대가 방식	작업조 방식	비고
I. 천공	<ul style="list-style-type: none"> • 단위작업당 재료비 : 20,861.9(원/m³) • 단위작업당 노무비 : 24,372.2(원/m³) • 단위작업당 경비 : 22205.3(원/m³) ※ 작업조 1일 작업물량(16.43m³)의 적용 • 총 재료비:20861.9원/m³×16.43m³=342,761원 • 총노무비:24,372.2(원/m³)×16.43m³ = 400,435.2원 • 총경비:22,205.3(원/m³)×16.43m³ = 364,833.1원 	<ul style="list-style-type: none"> ※ 회귀식을 통한 1일 작업물량(16.43m³)의 공사비 ① 노무비 • 보링공 1인 : 102,000원 • 특별인부 1인 : 97,000원 • 보통인부 1인 : 79,300원 	
II. 코아제거 및 할암절개	<ul style="list-style-type: none"> • 단위작업당 재료비 : 3,285.0(원/m³) • 단위작업당 노무비 : 21,039.5(원/m³) • 단위작업당 경비 : 9,256.5(원/m³) ※ 작업조 1일 작업물량(16.43m³)의 적용 • 총 재료비:3,285.0(원/m³)×16.43m³ = 53,972.6원 • 총노무비:21,039.5(원/m³)×16.43m³ = 345,679.0원 • 총경비:9,256.5(원/m³)×16.43m³ = 152,084.3원 	<ul style="list-style-type: none"> ② 기계경비 • 유압코아드릴 - 경비 : 13,000(원/hr)×8hr= 104,000원 • 굴삭기 (0.6m³) - 재료비: 20,209(원/hr)×8hr=161,672원 - 노무비:23,625(원/hr)×8hr=189,000원 - 경 비:22,085(원/hr)×8hr=176,680원 • 물탱크 (5,500l) - 재료비:16,985(원/hr)×8hr=135,880원 - 노무비:23,625(원/hr)×8hr=189,000원 - 경 비:7,823(원/hr)×8hr=62,584원 	
III. 절개암분리	<ul style="list-style-type: none"> • 단위작업당 재료비 : 9,301.2(원/m³) • 단위작업당 노무비 : 3,327.4(원/m³) • 단위작업당 경비 : 3,127.4(원/m³) ※ 작업조 1일 작업물량(16.43m³)의 적용 • 총재료비:9,754.2(원/m³)×16.43m³=152,818.7원 • 총노무비:3,964.0(원/m³)×16.43m³ = 54669.2원 • 총경비:3,127.4(원/m³)×16.43m³ = 51,383.2원 	<ul style="list-style-type: none"> • 3단코어비트(헤드+튜브+비트) - 재료비:172,000×0.65=112150.2원 ※현장 인터뷰를 통한 재료비 산출 • 유압잭 - 경 비:18,399(원/hr)×8hr=147,192원 • 발전기(25Kw) - 재료비:7,490(원/hr)×8hr=59,920원 - 노무비:17,145(원/hr)×8hr=137,160원 - 경 비:2,706(원/hr)×8hr=21,648원 • 리퍼 - 경 비:120(원/hr)×8hr=960원 	
IV. 집토 및상차	<ul style="list-style-type: none"> • 단위작업당 재료비 : 1,058.6(원/m³) • 단위작업당 노무비 : 1,237.5(원/m³) • 단위작업당 경비 : 1,156.8(원/m³) ※ 작업조 1일 작업물량(16.43m³)의 적용 • 총 재료비:1,058.6(원/m³)×16.43m³=17,392.8원 • 총노무비:1,237.5(원/m³)×16.43m³ = 20,332.1원 • 총경비:1,156.8(원/m³)×16.43m³ = 19,006.2원 		
합계	<ul style="list-style-type: none"> • 총공사비 - 재료비 : 566,945.1원 - 노무비 : 821,115.5원 - 경 비 : 587,306.8원 	<ul style="list-style-type: none"> • 총공사비 - 재료비 : 469,622.0원 (①+②의 재료비) - 노무비 : 515,160.0원 (①+②의 노무비) - 경 비 : 513,064.0원 (①+②의 경비) 	

2) 세부작업별 공사비 비교

좀더 자세한 비교를 위해서는 각 세부 공종별로 공사비의 분류는 재료비, 노무비, 경비로 이루어져야 한다. 하지만 작업조 방식의 공사비 산정 시 전체적인 무진동 암 터파기 공법에 대해서는 일위대가 방식의 산출된 공사비의 합을 이용하여 그 구분이 가능하나, 세부공종의 비교 대해서는 작업조 방식의 공사비를 나누는 기준설정이 모호하므로 허용 가능한 범위 설정과 표준화가 필요하다.

무진동 암 터파기 공법의 특성을 반영하여 각 세부공종에 대한 비교를 가능할 수 있도록 개략적인 표현으로 항목의 세분화를 시도해 보았다.

표 4.21 작업조 방식의 전체에 대한 세부 작업의 비율

세부 작업	일위대가 전삭방식의 시간당 작업량 Q (m ³ /hr)	시간당 작업량(Q)를 근거로 1일 작업물량에 대한 소요시간 도출	1일작업물량에 대한 소요시간(min)	비율
I. 천공	Q = 1.63 m ³ /hr	$1.63 : 60 = 16.43 : x_1$ (m ³ /hr) (min) (m ³ /aday) (min)	604.8	0.493
II. 코아제거 및 할암절개	Q = 2.28 m ³ /hr	$2.28 : 60 = 16.43 : x$ (m ³ /hr) (min) (m ³ /aday) (min)	432.4	0.352
III. 절개암 분리	Q = 7.1 m ³ /hr	$7.1 : 60 = 16.43 : x_3$ (m ³ /hr) (min) (m ³ /aday) (min)	138.8	0.113
IV. 집토 및 상차	Q = 19.09 m ³ /hr	$19.09 : 60 = 16.43 : x_4$ (m ³ /hr) (min) (m ³ /aday) (min)	51.6	0.042
합계			1,227.6	1.0

각 세부작업에서 일위대가 적산방식의 단위 작업량인 Q(m³/hr)를 기준으로 하여, 작업조 방식의 일일 물량에 대해 일위대가 방식의 작업량(Q)에 대한 1일 작업물량의 소요시간을 도출하였고, 각 도출 되어진 시간을 토대로 전체에 대한 각 세부작업의 비율을 산정 하였다.

다음 표 22는 전체에 대한 작업조 방식의 전체에 대한 세부작업의 비율을 적용하여 재료비, 노무비, 경비로 구분하여 도출 하였다.

표 4.22 일위대가 방식과 작업조 방식의 작업별 공사비 도출

	일위대가 방식	작업조 방식	비고
I. 천공	※ 작업조 1일 작업물량(16.43m ³)의 적용 •총 재료비 : 342,761원 •총노무비 : 400,435.2원 •총경비 : 364,833.1원	• 재료비 : ①+②의 재료비×0.493 = 469,622.0원×0.493=231,355.2원 • 노무비 : ①+②의 노무비×0.493 = 515,160.0원×0.493=253,789.1원 • 경 비 : ①+②의 경비× 0.493 = 513,064.0원× 0.493 = 252,756.5원	
II. 코아 제거 및 할암 절개	※ 작업조 1일 작업물량(16.43m ³)의 적용 •총 재료비 : 53,972.6원 •총노무비 : 345,679.0원 •총경비 : 152,084.3원	• 재료비 : ①+②의 재료비×0.352 = 469,622.0원×0.352=165,398.6원 • 노무비 : ①+②의 노무비×0.352 = 515,160.0원×0.352=181,436.9원 • 경 비 : ①+②의 경비×0.352 = 513,064.0원×0.352=180,698.7원	
III. 절개 암 분리	※ 작업조 1일 작업물량(16.43m ³)의 적용 •총 재료비 : 152,818.7원 •총노무비 : 54669.2원 •총경비 : 51,383.2원	• 재료비 : ①+②의 재료비×0.113 = 469,622.0원×0.113=53,113.9원 • 노무비 : ①+②의 노무비 합계×0.113 = 515,160.0원×0.113=58,264.2원 • 경 비 : ①+②의 경비 합계×0.113 = 513,064.0원×0.113=58,027.2원	
IV. 집토 및 상차	※ 작업조 1일 작업물량(16.43m ³)의 적용 •총 재료비 : 17,392.8원 •총노무비 : 20,332.1원 •총경비 : 19,006.2원	• 재료비 : ①+②의 재료비×0.042 = 469,622.0원×0.042=19,754.3원 • 노무비 : ①+②의 노무비 합계×0.042 = 515,160.0원×0.042=21,669.8원 • 경 비 : ①+②의 경비 합계×0.042 = 513,064.0원×0.042= 21,581.6원	

무진동 암터파기 시공에 있어 코아제거 및 할암절개의 작업에 투입되는 인력은 일위대가 방식에서 특별인부 2인, 작업반장1인이 투입되었지만, 현장 모니터링을 통한 작업조 방식의 경우 특별인부1인, 보통인부1인 투입되었다. 그 결과로 회귀식을 통한 1일 작업량 16.43m³에 대해 작업조 방식에서 495,423.5원의 공사비 절감효과를 나타내었다.

표 4.23 일위대가 방식과 작업조 방식의 작업별 공사비 비교

세부 작업	품목	일위대가	작업조	차액
1.천공	재료비	342,761.0	231355.2	111,405.9
	노무비	400,435.2	253789.1	146,646.2
	경비	364,833.1	252756.5	112,076.6
2.코아제거 및 할암절개	재료비	53,972.6	165398.6	-111,426.1
	노무비	345,679.0	181436.9	164,242.1
	경비	152,084.3	180698.7	-28,614.4
3.절개암분리	재료비	152,818.7	53113.9	99,704.8
	노무비	54669.2	58264.2	-3,595.0
	경비	51,383.2	58027.2	-6,644.0
4.집토및상차	재료비	17,392.8	19754.3	-2,361.5
	노무비	20,332.1	21669.8	-1,337.7
	경비	19,006.2	21581.6	-2,575.4
총공사비		1,975,367.4	1497846.0	477,521.4

V. 결론

표준품셈은 단위공중에 대해 표준적으로 소요되는 투입인력 재료 및 작업시간 등의 작업량 및 단위를 적용한 수치로 표시된 기준을 제시함으로써, 정부 등 공공기관에서 시행하는 건설공사의 예정가격을 산정하기 위한 기초자료로 유일한 적산 기준으로 사용되고 있다.

그러나 일반적이고, 보편적인 공중에 대하여 기본으로 작성되어 모든 공사에 대해 일률적인 단가를 적용함으로써 효과적인 비용 산정이 이루어지지 못하고 있는 실정이다. 또한, 신기술·신공법등의 환경변화에 적절히 대응하지 못해 기술 개발 의지를 약화시키는 요인이 되며, 시공사의 축적된 기술력과 노하우를 경직 시키게 되어 이로 인한 생산성저하의 요인이 되고 있다.

본 연구는 무진동 암 터파기 공법의 유사 공법에 소요되는 공사비에 대해서는 적정 설계단가가 존재고 있는 실정이나, 제주도내의 협소한 지역에서 행해지는 시공에 대해서 활용치 못하는 문제점과, 공사현장의 규모, 지역의 차이, 공사기간 등을 고려하지 않은 형식적인 표준품셈의 적산기준으로 인한 설계의 미흡에 문제점을 두었다.

이러한 문제점을 해소하기 위하여 본 연구에서는 무진동 암 터파기 공법의 생산성 분석을 통해 일위대가 방식의 새로운 적산 모형을 제시하고, 작업조를 기반으로 한 새로운 적산 모델을 개발하여 적산방식에 따른 공사 품질의 향상과 경제성 향상을 위한 개선사항을 제안하는데 목적이 있다.

본 연구에서 새로운 적산모형을 제시함으로써 무진동 암 터파기 공법의 현실적인 공사비를 도출 할 수 있는 계기가 되었으며, 수행한 연구내용은 다음과 같이 요약할 수 있다.

첫째, 기존 연구문헌 조사를 통해 현행 공사비 산정에 적용되는 표준품셈과 작업조의 개념을 정립 하였으며, 연구동향을 검토하여 작업조 공사비 산정을 위한 분석 기법을 선정 하였다.

둘째, 현장 모니터링을 통한 작업측정기법인 시간연구법을 활용하여 각 세부공종의 Cycle분석 및 소요 자원의 분석을 통한 전체 공종의 생산성 분석을 통해 설계자 임의의 공사비 산출이 아닌 현장여건이 고려된 표준품셈을 기반으로 한 일위대가 적산 방식의 공사비를 도출하여 효율적인 일위대가 적산 방식의 기준을 제안 하였다.

셋째, 새로운 작업조 적산 방식 모델의 산정을 위해 시간에 대한 작업량의 데이터 35개를 수집하였고, 30개의 자료에 대해 Minitab프로그램을 이용하여 작업일수-작업량 데이터의 회귀식 도출을 위한 회귀분석을 수행하였다. 분석 결과 이상치를 제외한 28개의 데이터를 활용하여 회귀식을 도출하였으며, 그로서 작업조 기반의 단위(1일) 작업물량(16.43m³)을 산출 하였다.

넷째, 작업조 공사비의 산정을 위해 현장여건을 고려한 장비의 조합과 코아제거 및 할암제거 작업의 투입인원에 차이를 둔 노무량의 조합을 구성하여 작업조 방식의 공사비를 도출 하여 새로운 작업조 적산방식의 모델을 제시 하였다.

다섯째, 회귀식을 통해 도출된 작업조의 단위(1일) 작업물량을 일위대가 적산방식에 적용하여 작업물량(16.43m³)을 기준으로한 공사비를 산출하였고, 그에 대한 작업조 방식의 공사비와 일위대가 방식의 공사비를 비교, 분석 하였다.

본 연구에서 도출된 일위대가 및 작업조 방식의 모델은 각 적산 방식의 기준과 현장 조건에 따른 최적의 장비조합과 노무량의 산정으로 무진동 압 터파기 공법의 이전 문제점과 제한적인 사항에 대해 새로운 방향을 제시할 수 있을 것이다. 또한, 기타 유사 공법에 대해 유용한 기초자료로서 활용 될 수 있을 뿐만 아니라, 기타 토목공사의 시공 시 작업조 방식의 기준에 대한 효율적인 생산성을 분석 할 수 있는 자료로 활용 될 수 있을 것으로 판단된다.

REFERENCES

(주)기술나라 외(2000), 직경 $\phi 70\text{mm}$, 길이 $\phi 850\text{mm}$ 의 작동부를 가지는 유압피스톤식 무진동 암반절개장비(GNR[®])를 이용한 무진동 암반절개 공법(GNR[®]공법), 신기술지정등록서 제226호

강동완(2010), 거푸집공사의 생산성 분석을 통한 작업조 기반의 Cost Data Prototype에 관한 연구, 서울시립대학교 건축공학과 석사학위 논문

강석길(2010), 철골세우기 공사의 작업조 구성에 따른 생산성 분석에 관한 연구, 서울시립대학교 건축공학과 석사학위 논문

건설교통부(2004), 실적공사비제도 설명회, 설명회 자료집

김문한, 이현수, 이준호(1996), 거푸집 작업조를 중심으로 한 공동주택 철근 콘크리트공사의 공정계획방법, 대한건축학회논문집, Vol. 12, No. 4, pp. 264-268

박경부(2000), 친환경적인 암파쇄 공법의 고찰 및 유압피스톤식 무진동 암반 절개공법(GNR[®])개발에 관한 연구, 대한토목학회 2000년도 학술발표회 논문집(II), pp.281-284

박춘보(2007), 공공공사의 표준품셈과 실적공사비 적산방식의 비교연구 및 활성화 방안, 진주산업대학교 산업대학원 토목공학과 석사학위논문

손재철(2008), 표준품셈 비교·분석에 관한 연구 : 한·일 양국 비교, 계명대학교 대학원 건축공학과 석사학위논문

손정욱, 윤준선, 백준홍(2003년), 건설공사 생산성 측정방법에 관한 연구 -작업수행방법 개선사례를 중심으로-, 대한건축학회논문집, Vol. 19, No. 10, pp. 101-108

신진수(2003), 作業組 및 日程을 考慮한 詳細設計段階의 積算方法 改善에 관한 研究, 경희대학교 대학원 건축공학과 박사학위논문

유성모, 박현주(2006), Minitab으로 배우는 기초통계, 이레테크

윤무희(2001), 실적공사비 적산제도 활성화 방안에 관한 연구, 인천대학교 토목환경시스템공학과 석사학위논문

이근조(2011), 품셈기반의 생산성 분석에 관한 연구 -무진동 암 터파기 공법을 중심으로-, 제주대학교 산업대학원 건설환경공학과 석사학위논문

이기훈(2002), Excel을 이용한 통계학, 자유아카데미

이동욱, 조홍준, 이근조(2010), 무진동 암 터파기 공법(GNR[®])의 작업조 기반 품셈을 위한 생산성 분석, 대한토목학회 2010년도 정기학술대회 논문집, pp. 2003-2007

이덕찬, 손창백, 신현식(1992), 정부표준품셈제도의 현실화방안에 대한 기초적 연구, 대한건축학회 학술발표대회 논문집, 구조계 제12권 제2호, pp. 665-668

이성복(2007), 표준품셈과 실적공사비 비교에 따른 적산적용 및 개선방안에 관한 연구, 연세대학교 공학대학원 토목공학전공 석사학위논문

정대권(2008), 도로포장 및 유지공사 표준품셈 개정방법에 대한 연구, 중앙대학교 대학원 토목공학과 도로 및 교통공학 전공, 석사학위논문

전상훈, 구교진(2008), 공동주택 골조공사의 표준품셈 노무량과 실투입 노무량 비교, 한국건설관리학회 논문집, Vol. 9, No. 2, pp. 182-189

정영호(2009), 공공공사의 합리적인 공사비 산출을 위한 표준품셈 작업조 구성에 관한 연구, 경희대학교 대학원 건축공학과, 석사학위논문

최근식(1997), 작업연구를 통한 실내건축 모델하우스의 목공사 일위대가 산출에 관한 연구, 건국대학교 산업대학원 산업디자인학과, 석사학위논문

최영천(2004), 할암기를 이용한 무진동 압반 파쇄공법의 현장 적용 사례, 대한화약발파공학회 제22권 제3호, 2004, pp. 71-78

하기주, 최민권, 이동렬, 하민수, 하재훈, 김진환(2009), 건설공사의 합리적인 공사비 산출을 위한 작업조 구성에 관한 연구(공동주택의 시멘트 액체방수 공사 중심으로), 대한건축학회 학술발표대회 논문집 구조계 Vol. 29, No. 1, pp. 661-664

하기주, 하민수(2010), 공동주택 시멘트 액체방수 공사의 현장분석을 통한 작업조 기반 품셈에 관한 연구, 한국건축시공학회지, 제10권 제3호, pp. 121-128

감사의 글

부족한 저의 오늘이 있기까지 많은 분들의 관심과 사랑에 감사드립니다.

저에게 많은 도움을 주신 분들의 관심과 사랑에 비해 너무나도 미흡한 저의 결실에 부끄러운 마음을 금할 길이 없습니다.

미처 한줄 감사의 글로 다 표현 할 수는 없지만, 그 분들의 앞날에 항상 행복과 축복이 함께하시길 바라옵고, 다시한번 고개 숙여 그분들의 관심과 사랑에 감사드립니다.

먼저 이 논문을 완성하기 까지 많은 학문적 열정과 꿈에 대해 저에게 가르침을 주신 이동욱 교수님께 깊은 감사를 드립니다.

모든 점에 미흡한 저에게 아버지의 사랑으로 감싸주시어 오히려 그 사랑이 인생의 채찍질로서 저에게 큰 발전이 되었습니다. 항상 당신의 기대에 어긋나지 않는 끊임없이 노력하는 제자가 되도록 노력 하겠습니다.

또한 항상 날카로운 지적으로서 공부의 방법과 열정을 가르쳐 주신 이병걸 교수님께 감사드리며, 세심한 배려와 아낌없는 지도로 많은 가르침을 주신 양성기 교수님, 김남형 교수님, 박상렬 교수님, 김상진 교수님께도 깊은 감사의 말씀을 드립니다.

늦은 대학원 생활을 너무나도 잘 이끌어 나갈 수 있도록 옆에서 큰 도움을 주었던 우리 연구실 박준영, 부양수 동생들에게도 많은 고마움을 느낍니다.

또한 박사과정의 바쁜 와중에서도 항상 뒤에서 아무 말 없이 모든걸 다 베풀어준 고정우 친구에게 감사의 말을 전하고 싶습니다. 그대들이 있었기에 논문의 완성과 더불어 학문의 깊이를 더할 수 있었습니다.

대학원 생활을 하면서 많은 도움을 주신 고길용, 정우열, 한용규, 김태건 선배를 비롯한 이창립, 강명수, 이준호, 김석현, 진정운 토목과 선·후배님 식구들에게

감사의 말씀을 드립니다.

항상 선배지만 친구같이 항상 제게 힘을 주신 고경민, 이정우, 한근혁, 한승완, 한창조, 황두삼, 그리고 오현고등학교 48회 선배님들께도 감사의 말씀을 드립니다.

어리지만 늘 든든한 모습을 보여준 친동생 같은 박상현, 부석진, 이재진, 정경오, 그리고 오현고등학교 50회 후배님들께도 큰 고마움을 느낍니다.

저의 토목의 길에 있어 참으로 많은 가르침을 주신 송승천 웅진건설 사장님께 깊은 감사의 말씀을 드립니다. 처음으로 사회생활을 시작하는 저에게 많은 관심과 사랑을 주심으로서 그때의 현장 경험이 피와 살이 되어 지금의 제가 있기 까지 많은 도움이 되었습니다. 그리고 항상 큰형같이 일은 물론 인생에 있어 많은 걸 배우게 해주신 김형순 이사님과 웅진건설 식구 분들에게도 감사의 말씀을 드립니다.

힘겨울때나 즐거울때 항상 곁에서 함께 해주었고 큰 힘이 되어 주었던 사랑하는 친구들, 타향에서 고되지만 열심히 자신의 일을 충실 하는 근협이, 항상 곁에서 세심한 배려를 해준 승협, 친구를 위한 많은 충고와 격려를 해준 병준, 항상 마음으로 느끼게끔 도와주는 정훈, 모자란 내 마음을 채워주려 배려하는 재훈, 힘들 때마다 힘이 되준 정수, 오랜 외국생활에서도 항상 응원을 해주는 영석에게 항상 고마움을 전합니다.

바쁘지만 십년전 그날처럼 다시 한번 우리친구들이 모여 함께할 날을 소망 합니다.

오늘의 제가 있기까지 당신들의 희생으로서 저를 만드셨습니다.

항상 아버지 어머니의 기대에 어긋나지 않는 아들이 되겠습니다.

사랑합니다. 감사합니다.

막내라는 이유로 항상 많은 배려와 격려만을 해주신 누님과 형님에게 감사의

말씀을 드립니다.

저에게 많은 도움과 사랑을 주신 여러 분들의 기대에 어긋나지 않도록 항상 노력하겠습니다.

2011 년 6 월
조 홍 준 배상