

실적자료에 의한 농어촌정비사업 사업비 결정에 있어서의 단가모델 구축

Development of Construction Cost Estimation Model with
the Actual Cost Data for Rural Development Project

배연정* · 이정재 · 윤성수 (서울대)

Bae, Youn Joung · Lee, Jeong Jae · Yoon, Seong Soo

ABSTRACT

Providing the reasonable construction cost at the initial stage of the rural development project is a key factor of the each step of project, such as propriety analysis, cost planning, design, and planning the progress of work. The explainable construction cost can be estimated at the early stage using the actual cost data by statistical analysis. In this study, the influence factors are extracted by factor analysis with the actual cost data of rural development project, object cost model is developed by multiple regression analysis, and verify the developed cost model by Monte-Carlo simulation.

I. 서론

농어촌정비사업의 사업기획, 설계, 시공 등의 각 단계에서 사업비를 신속하게 분석·파악하는 것은 발주자에 있어서는 사업규모의 결정, 예산집행계획 수립의 바탕이 되며, 설계자에 있어서는 공법의 선정, 설계 피드백(Design feedback)의 기초자료가 되고, 시공자에 있어서는 합리적인 입찰가 결정, 예정공정표 작성 등의 자료가 되므로 중요한 작업이다.^[2]

기존의 표준품셈에 의한 사업비 결정 방식은 정확한 산출기초를 가지고 있으나 시공여건의 다양성, 시공법의 도입, 사회경제적 변화 등을 반영하는데 미흡하다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 단위 공종별 실적공사 적산방식이 도입되었으나 표준품셈에 의한 적산방식과 마찬가지로 상세설계가 선행되어야 하므로 사업초기단계에 적용하기 어렵다.^[5]

최근에 사업초기단계에 이용할 수 있는 적산방식으로 대상물 성격에 따라 단위당 제작비용을 다중회귀분석 등의 통계적 분석기법을 통하여 단가모델을 결정하는 연구가 국·내외적으로 많이 진행되고 있다.^{[1][3]} 이는 사업의 대상물을 형태 및 기능에 따라 여러 개의 목적물로 분류하고, 각 목적물에 대하여 기존의 실적자료를 바탕으로 통계적 기법을 이용하여 공사비를 결정하는 방식으로 위에서 열거한 다른 적산방식보다 신속하고 합리적인 공사비를 산출할 수 있다.

이러한 목적물별 실적공사 적산방식에 의해 공사비를 산정하기 위해서는 첫째, 실적자료의 수집이 용이하고 공사비 산정이 편리하도록 목적물을 분류하여야 하고, 둘째, 다양한 공사비 변동요인을 대표하는 영향인자(Influence factor)를 선정하여야 하며 셋째, 영향인자와 공사비간의 상관관계를 갖는 함수식을 도출할 수 있을 정도의 충분한 실적자료가 수집되어야 하고, 넷

제, 실적자료 및 산정된 단가모형을 관리하고 실적자료의 추가 및 갱신에 대해 유연한 시스템을 구성하여야 한다.

국내의 경우 실적자료 분석에 의한 공사비 산정 모형을 제시한 연구^{[1][2][5]}는 많이 있었으나 토목공사와 같이 비규격화된 목적물에 대한 영향인자 선정에 있어서 객관적인 기준을 제시하지 못하였고, 신규 공종의 추가, 자료의 갱신 등에 대해 유연한 시스템을 구현하지 못하였다.

따라서 본 연구에서는 영향인자 선정에 있어서 주성분 분석 및 상관분석의 기준을 제시하고, 영향인자를 자동으로 선별하는 시스템을 구현하며, 설정된 영향인자에 의해 다중회귀분석을 실시하여 단가모형을 결정하고, 산정된 단가모형의 유효성을 검증하고자 한다.

II. 실적공사 단가모형 구성

목적물별 실적자료에 의한 단가모형은 일반적인 회귀분석 기법^[4]을 따르되 공사비 산정을 효율적으로 수행하기 위하여 Fig.1과 같이 실적자료 수집, 통계적 기법을 이용한 영향인자 선정, 단가모형 개발, 작성된 단가모형의 유효성 검증의 4단계로 나누어 개발하였다.

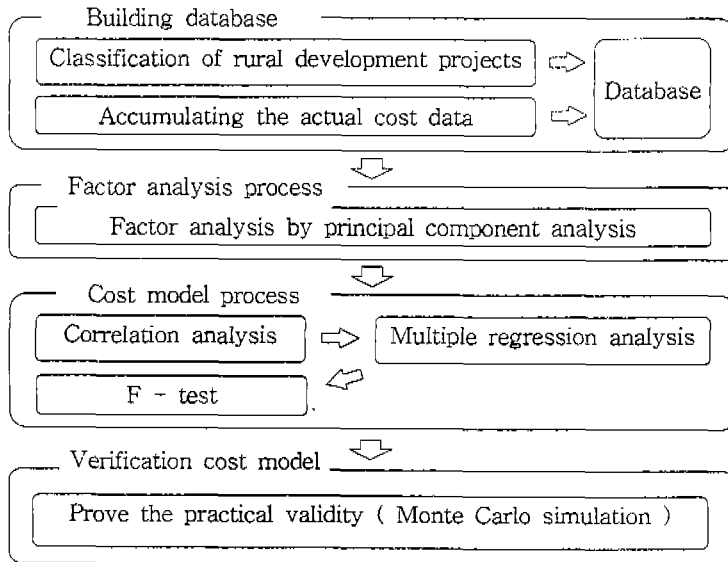


Fig.1 Concept of the cost estimation system

2.1 실적자료 데이터베이스 개발

농어촌정비사업을 목적물별로 분류하기 위하여 사업수행 기본조사서 분석, 실시설계보고서 분석, 호형도 체계 분석을 통해 다음 4가지 목적물 분류 결정기준을 마련하였으며, 설정된 분류기준을 바탕으로 농어촌정비사업을 수원공공사, 배수시설공사, 간척공사 등 총 8개의 대분류 체계로 분류하였고 이를 다시 중분류, 소분류, 세분류의 4단계로 분류하였다.^[3]

- (1) 통계적 분석이 가능한 충분한 자료수가 확보되도록 분류
- (2) 여러 사업에 공통으로 들어가는 목적물은 독자적인 분류항목으로 정립
- (3) 기존 분류 관행을 최대한 반영
- (4) 정성적인 내용을 담고있고 수치화 하기 어려운 부분은 최대한 각 분류단계에 포함

실적자료는 1988년에서 1997년까지 농어촌진흥공사에서 수행된 공사를 목적물별로 조사하였으며, 조사된 자료는 시간 보정계수, 지역 보정계수, 지형지세 보정계수 등을 적용하여 기준단가로 변환한 뒤 데이터베이스를 구축하였다.^[3]

2.2 영향인자 추출

다중회귀 분석에서 회귀계수를 구할 때 분산·공분산행렬의 역행렬 계산이 필요하다. 그러나 영향인자간의 상관성이 높을 경우 분산·공분산행렬의 역행렬이 존재하지 않거나 역행렬의 계산이 가능해도 오차가 크게 발생한다.^[4] 또한 많은 수의 영향인자가 선택될 경우 조사항목이 많아져서 당초 목적물별 실적자료에 의한 단가모델의 취지를 살리지 못한다. 따라서 본 연구에서는 사용자가 임의로 선정된 영향인자에 대하여 주성분 분석 등의 요인분석을 통하여 영향인자를 단순화하고 단가모델의 적합성을 높일 수 있도록 Fig. 2와 같은 요인분석 프로세스를 개발하였다.

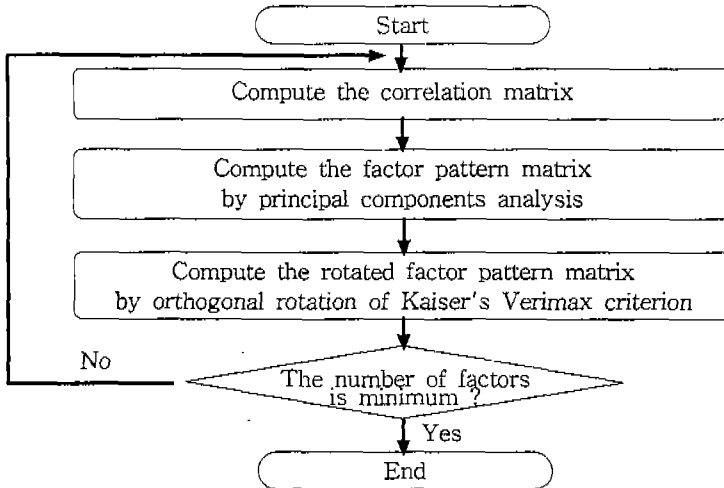


Fig. 2 Flowchart for factor analysis

요인분석은 영향인자간 상이한 단위의 영향을 배제하기 위하여 상관행렬을 이용하였고, 주성분 추출의 기준으로 고유치가 1이상인 것을 취하여 요인패턴행렬을 작성하였으며, 영향인자간의 상관성을 명확히 하기 위하여 베리맥스법을 이용한 회전요인패턴행렬을 작성하였다. 회전요인패턴행렬의 주성분 요소 중 계수(적재치)가 높은 변수들 간의 관계가 모호할 경우 하나의 주성분으로 묶지 않고 그대로 영향인자로 채택하여 단가모델 프로세스에서 처리되도록 하였다.

2.3 단가모델 개발

요인분석 프로세스를 통하여 선정된 영향인자에 대하여 Pearson 상관계수를 구하고, 높은 상관계수를 갖는 요인부터 하나씩 배제해 가면서 다중회귀식을 작성한 뒤 작성된 다중회귀식의 수정결정계수를 도출하여 최대값을 갖는 회귀식을 대상 목적물의 단가모델로 채택한다. 이에 대한 흐름도는 Fig. 3과 같다.

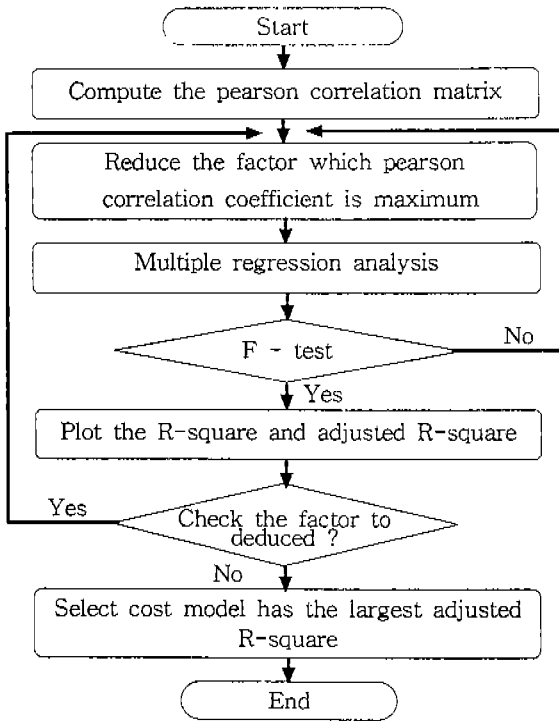


Fig. 3 Flowchart for cost model

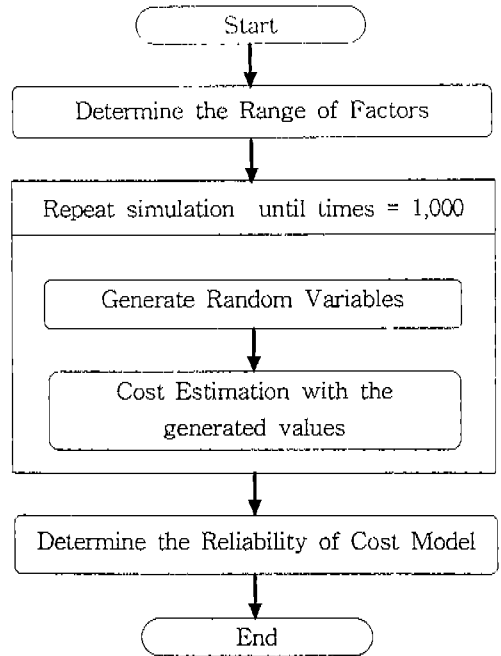


Fig. 4 Flowchart for verification of cost model

2.4 단가모델 검증 모델

회귀모형의 유효성 또는 신뢰도는 통계적 의미로 결정계수나 수정결정계수에 의하여 검토하지만 결정계수가 높은 회귀식의 경우에도 산정된 공사비가 기대치를 초과하는 오차를 보일 수 있으므로 몬테카를로 시뮬레이션 기법을 도입하여 회귀식의 유효성을 검증하였다.^[2]

몬테카를로 시뮬레이션에 의한 단가모델의 유효성 검증이란 회귀모형의 각 영향인자에 대한 변동범위를 결정하고 선정된 영향인자의 확률분포와 범위에 따라서 식 (1)과 같이 정규분포 $N(\mu, \sigma)$ 의 난수를 발생시킴으로써 가상의 공사비 자료를 생성하고, 생성된 자료를 회귀식에 적용하여 분석하는 기법이다. 본 검증모델에서는 정규확률밀도함수의 기준에 의거 실적자료 $\mu \pm 2\sigma$ 내의 시뮬레이션 결과가 95.44% 이상일 때 유효한 것으로 보았다.

$$\begin{aligned} \text{정규분포 } N(\mu, \sigma) : \quad N_1 &= \mu + \sigma \sqrt{-2 \ln U_1} \cos(2\pi U_2), & \dots\dots (1) \\ N_2 &= \mu + \sigma \sqrt{-2 \ln U_1} \sin(2\pi U_2) \end{aligned}$$

Fig. 4는 유효성검증의 흐름도이다.

III. 단가모델 적용 및 고찰

3.1 저수지 제체 단가모델

실적자료에 의한 복직물별 단가모델의 적용성 검증은 저수지의 중심차수준형(Central Core

Type) 필댐을 대상으로 하여 시행하였다. 실적자료는 기본조사서 및 호형도를 참조하여 영향인자를 선정하고, 선정된 영향인자에 대하여 강원도 삼교지구 외 11개 지구에서 조사된 총 20개 공사비 자료를 이용하였으며 Table. 1과 같다.

요인분석 프로세스에 따라 3회의 요인분석을 실시하였고, 그 결과 7개의 영향인자 중에서 주 영향인자 3개(면적, 필터량, 운반거리)를 추출하였다. 여기에서 필터량은 면적과 같은 주성분 요소로써 계수(적재치)가 높았으나 면적과의 관계가 모호하여 그대로 영향인자로 채택하였다. Table. 2는 요인분석 결과이다. 상기 요인분석의 결과로 선정된 3개 항목의 영향인자에 대하여 Pearson 상관분석을 시행한 결과 면적에 대한 필터량의 상관성이 높은 것으로 나타났다. 따라서 필터량을 영향인자에서 배제해 가면서 다중회귀식을 산출하고 수정결정계수를 도출하였으며 Fig. 5와 같다. Fig. 5에서 보는 바와 같이 면적, 운반거리 2개의 영향인자일 경우 수정결정계수가 가장 높으므로 단가모델로써 채택하였으며 식 (2)와 같다. 또한 회귀식의 적합성을 판별하기 위해 유의수준 0.05에 대한 F검정을 실시한 결과 유의한 것으로 판별되었다.

$$\text{Cost} = 116,126 + 746.7 \times \text{면적}(\text{m}^2) + 345.4 \times \text{운반거리}(\text{m}) \quad \dots\dots\dots (2)$$

3.2 단가모델의 유효성 검증

산출된 단가모델의 유효성을 검증하기 위해 1,000회의 몬테카를로 시뮬레이션을 실시하였으며, 실적자료의 $\mu \pm 2\sigma$ 내에 포함되는 시뮬레이션 추정치를 산정한 결과 96.00%로써 본 단가모델은 유효한 것으로 검증되었다.

Table. 1 Actual cost data for central core type fill dam

Site Name	Height	Slope(out)	Slope(in)	Crest	Rock	Distance	Filter	Cost
Unbyul	37.8	2.8	3.0	6.0	31.6	2,485.0	43.9	3,971,329
Chungryung	27.2	2.0	2.0	6.0	27.4	2,636.0	18.0	1,930,087
Jumun	38.4	2.2	2.6	6.0	61.7	1,927.0	42.8	2,861,390
:	:	:	:	:	:	:	:	:

Table 2 Rotated factor pattern matrix by Kaiser's verimax method

No.	Influence factor	Principal components			Remarks
		1 st	2 nd	3 rd	
1	Height	0.901	0.257	0.168	-. Height+Creat_width=>Area -. Slope(inner)+Slope(outer) => Slope(total)
	Slope (inner)	0.111	0.940	0.046	
	Slope (outer)	0.162	0.930	-0.136	
	Crest width	0.734	-0.111	-0.102	
	Rock	0.634	0.197	0.606	
	Distance	-0.092	-0.140	0.926	
	Filter	0.638	0.272	-0.048	
2	Area	0.923	0.129		-. Area+Rock+Slope(total) => Area
	Rock	0.679	0.617		
	filter	0.765	-0.036		
	Slope (total)	0.870	-0.266		
	Distance	-0.147	0.911		
3	Area	0.877			
	Filter	0.892			
	Distance	-0.251			

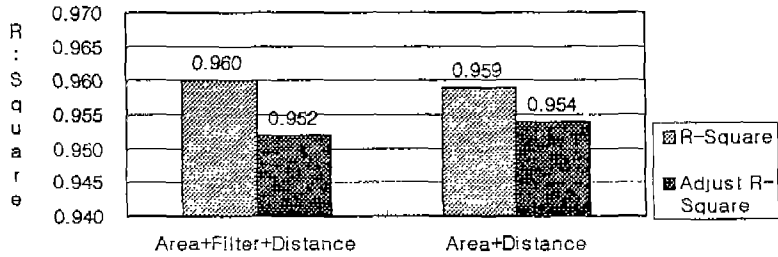


Fig. 5 Comparison of R-Square between each regression analysis

IV. 결 론

본 연구는 농어촌정비사업을 목적물별로 분류하고 분류된 목적물에 대하여 실적자료로부터 단가모형을 산정하는 것으로 기존의 표준품셈에 의한 적산방식이나 단위 공종별 실적자료에 의한 적산방식과 같이 세부설계 과정을 거치지 않고 개략조사만으로 공사비를 산정할 수 있도록 하였으며, 이를 저수지의 중심차수존형 체체에 적용한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 영향인자 선별, 회귀분석 및 유효성 검증을 통하여 실적자료에 의한 목적물의 단가모형을 구축하였다.
2. 세부설계 과정을 거치지 않고 개략조사만으로도 신뢰성 높은 공사비를 산출할 수 있었다.
3. 단가모형의 최적 영향인자 선정 과정을 규명하였다.
4. 실적자료의 갱신 및 추가 등에 유연한 시스템을 구축할 수 있음을 확인하였다.

앞으로 목적물별 실적자료에 의한 단가모형을 실무에서 사용할 수 있도록 시스템화하는 연구가 필요하며, 공사비 산정시 영향인자의 누락항목에 대한 대응방안 연구가 필요할 것으로 판단된다.

參 考 文 獻

1. 김기동 외2인, 계획초기단계에서 공동주택의 코스트 모델에 관한 연구, 대한건축학회논문집, 대한건축학회, 제6권, 제3호, 통권29호, 1990.6., pp291-298
2. 김선국, 공사실적자료에 의한 공사비 산정 시스템, 적산기술 및 시방서 정비 워크숍 자료집, 건설기술연구원, 1998. 6., pp17-26
3. 농어촌진흥공사, 농어촌정비사업 목적물별 실적공사비 적산시스템 개발(I), 1998
4. 신경재, 문승호, 1996, 다변량 통계해석 입문, 자유아카데미, pp. 59-123
5. 윤성수, 이정재, 조래청, 농촌계획에 있어 다중회귀분석법에 의한 사업비 결정, 농촌계획학회지, 한국농촌계획학회, 제2권, 제2호, 통권4호, 1996.9., pp.103-108
6. 한국건설기술연구원, 적산제도 개선방안 연구용역 (1~4단계), 1993-1996
7. Draper, N. R., H. Smith, 1981, Applied Regression Analysis, John Wiley & Sons
8. Richard A. Johnson & Dean W. Wichern, 1998, Applied Multivariate Statistical Analysis, pp458-513