

제주도 내 회전교차로의 초기공사비 예측모델 개발

안진홍* · 이동욱**

An, Jin-Hong*, Lee, Dong Wook**

Construction Cost Estimate Modeling of Roundabout at Preliminary Design Stage in Jeju

ABSTRACT

Recently, there are many roundabouts installation works which are ordered to provide convenient transportation to road users as well as to eliminate traffic accidents and traffic delays. This study propose an approximate construction cost estimation model for early stages of roundabout construction. The model is designed considering the conditions of the early stage roundabout construction sites in Jeju. The regression equation of approximate construction cost was derived through regression analysis of 25 design data of roundabout construction in Jeju, and it was analyzed to have a high prediction accuracy. Finally, results verifies high prediction accuracy of the derived regression equation. Difference between the estimation cost and the design cost was only 2.3%, 3.7%, and 5.8% that verifies the high accuracy of the proposed approximate construction cost estimation model.

Key words : Roundabout, Cost estimate modeling, Regression analysis

초록

최근 들어 교통사고 예방 및 교통지체 해소는 물론 도로이용자 교통편의를 제공하는 목적으로 회전교차로 설치공사가 많이 발주되고 있다. 그러나 회전교차로 공사에 대한 개략적인 공사비를 예측하는 기준이나 단가가 정립되어 있지 않을 뿐만 아니라, 회전교차로 공사 초기 단계에서의 공사비 예측에 관한 체계적인 연구가 미흡한 실정이다. 본 연구에서는 현재 제주도에 설치된 회전교차로를 중심으로 공사현장의 여건을 고려한 공사 초기단계에서 회전교차로공사 개략공사비 산정 모델을 제시하고자 하였다. 본 연구에서는 제주도내 25개 회전교차로공사의 설계자료를 바탕으로 회귀분석을 통해 개략공사비 회귀방정식을 도출하였으며, 매우 예측의 정확도가 높은 것으로 분석되었다. 도출된 회귀방정식에 대해서 검증한 결과 회귀방정식을 통한 추정금액과 설계금액과의 오차율이 2.3%, 3.7%, 5.8%의 차이를 보임으로써 매우 예측의 정확도가 높은 것으로 분석되었다.

검색어 : 회전교차로, 공사비 예측모델링, 회귀분석

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

2010년 이후 제주도내에서 신호교차로의 불필요한 신호대기 시간이 길어짐에 따라 법규를 위반하는 사례가 증가하였다. 또한 통행기준이 모호하여 교통사고 발생 및 혼란을 야기하는 무신호 교차로구간에 대해 불만이 증가하였다. 이러한 신호교차로와 무신호교차로를 회전교차로

* 삼부토건(주) 토목부 공학석사 (SAMBU·ajnonng@sambu.co.kr)

** 정희원·교신저자·제주대학교 토목공학과(해양환경연구소) 부교수, 공학박사
(Corresponding Author·Jeju National University·dwlee@jeju.ac.kr)

Received April 28, 2014/ revised May 21, 2014/ accepted June 18, 2014

로 정비운영하여 교통사고 예방 및 교통지체 해소는 물론 도로이용자 교통편의를 제공하기 위한 목적으로 회전교차로 설치공사가 집중적으로 발주되었다(Ko, 2011).

회전교차로 공사는 교량이나 도로, 터널 등 다른 토목시설물에 비해 상대적으로 규모가 작으며 초기단계에서 개략적인 공사비를 예측하는 기준이나 단가가 정립되어 있지 않을 뿐만 아니라, 회전교차로 공사 초기 단계에서의 공사비 예측에 관한 체계적인 연구가 미흡한 실정이다.

이에 본 연구에서는 현재 제주도에 설치된 회전교차로를 중심으로 공사현장의 여건을 고려하여 공사 초기단계에서 효율적인 공사비를 예측함으로써 의사결정에 이바지할 수 있는 회전교차로 공사 개략공사비 산정 모델을 제시하고자 한다. 특히 제주도의 경우 지역적 특성상 단가 및 공사여건이 타 지역과 상이한 측면이 있기 때문에 제주지역에 적합한 회전교차로공사 개략공사비 산정 모델의 개발이 필요하다. 이를 통해 한정된 예산 내에서 회전교차로 설치 우선순위를 도출을 통한 비용 대비 교통량 해소 효과를 극대화할 수 있을 것으로 사료된다.

1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구에서는 2012년 1월부터 2013년 3월까지 설계된 제주도에 모든 회전교차로에 대한 보고서, 내역서, 도면, 수량산출서, 시방서 등의 설계서를 수집, 활용하여 분석하였다. 공사비 분석결과를 기초로 공사비에 비중이 높은 항목을 중심으로 분석하였고 공사비에 영향을 주는 항목들을 도출하여 통계적 분석을 바탕으로 회귀분석을 통한 개략공사비 산정 모델을 제시하고자 하였으며 연구의 절차는 다음과 같다.

첫째, 제주도 내에서 설계된 회전교차로공사의 자료를 수집하고 회전교차로의 일반적 유형과 특성 등에 대해 문헌을 통해 정리하고 현재의 연구동향 및 유사 연구에 대해 고찰한다.

둘째, 공사초기 개략공사비 산정기술에 관련된 문헌들의 고찰을 통해 국내의 공사비산정 연구동향을 파악한다.

셋째, 수집된 회전교차로 설계 자료인 보고서, 내역서, 도면, 수량산출서 등을 분석하여 본 연구에서 개발하고자 하는 회귀분석을 이용한 회전교차로공사 개략공사비 산정 모델에 필요한 영향인자를 도출한다.

넷째, 도출된 영향인자들과 공사비의 상관관계를 분석하고 회귀분석을 통한 회전교차로공사 개략공사비 산정모델을 제시한다.

2. 기존 연구의 동향

회전교차로와 관련된 연구는 최근 들어 정책적으로 설치되고 있는 회전교차로의 설치기준과 경제성에 초점을 맞추어 진행되고

있다.

Moon (2012)은 문헌 고찰을 통해 회전교차로의 보행신호 운영 기준 및 타당성을 제시하며 보행자 수의 증가에 따른 영향을 검토하였다. 또한 어린이 보호구역 및 일시적으로 교통량과 보행자 수가 증가하는 특정시간대를 대상으로 침두시 교통량 및 보행자 수를 가정하여 회전교차로의 접근로별 용량을 검토하였다. 또한 다양한 신호운영 대안을 선정하여 보행 신호운영에 따라 변화하는 용량을 모형식으로 나타내고 시뮬레이션을 통한 비교로 상황별 최적 보행 신호운영 대안을 선정하였다.

Seo (2011)는 동일한 교통량에 대한 4지, 5지, 6지의 지체시간 변화를 알아보고, 다지 회전교차로(5지교차로 이상)의 내접원의 직경 변화에 따른 평균 지체시간 및 평균 통행속도를 비교분석하여 최적 내접원 직경에 대한 설치 기준을 제시하였다. 또한 미시적 교통류 프로그램인 VISSIM을 이용하여 5지 및 6지 회전교차로의 내접원의 직경변화(1차로인 경우 25m, 30m, 40m, 50m, 2차로인 경우 45m, 55m 60m, 65m)에 따른 결과를 정형적인 4지 회전교차로(1차로인 경우 25m, 30m, 40m, 50m, 2차로인 경우 45m, 55m, 60m, 65m)와 비교 분석하였다.

Ko (2011)는 제주지역의 5개 교차로에 대한 회전교차로 설치에 따른 운영 및 경제적 효과를 분석하였다. 이를 통해, 차량평균지체 측면에서 신호교차로에 비해 회전교차로가 65.6%에서 91.77%의 개선효과가 있으며, 차량운행비용과 시간가치비용을 종합한 교통혼잡비용의 효과를 분석한 결과, 연간 58.59%에서 81.69%의 비용절감 효과가 있음을 분석하였다.

개략공사비에 대한 연구는 공사목적물의 종류와 형태에 따라 무수히 많은 연구가 이루어져 왔기 때문에, 주요한 개략공사비 추정기법과 이를 추정하기 위한 응용도구에 대해서 살펴보고자 한다.

개략공사비 추정기법에는 비용지수법, 비용용량법, 계수견적법, 변수견적법, 기본단가법, 사용자 단위당 단가방식, 단위면적당 단가방식, 단위체적당 단가방식, 내부면적당 단가방식, 공중단위당 단가방식 등 다양한 추정기법이 활용되고 있다. 또한 이러한 추정기법을 적용하기 위한 응용도구는 회귀분석, RDB (Relational Database, 관계형 데이터베이스), 사례기반 추론, AHP (Analytic Hierarchy Process) 분석 등이 주로 활용되고 있다. 개략공사비 추정의 정확도는 추정기법 적용에 따라 다소 차이가 있으며 약 30~50%로 명시되고 있다. 최근 들어서는 공사의 특성을 고려하여 추정의 정확도를 높이기 위한 목적으로 여러 가지 추정기법을 혼용하여 개략공사비를 추정하고 있으며, 동일한 추정기법에 대해서도 이를 추정하기 위한 응용도구는 다르게 활용되는 특성이 있다(Lim, 2008; Kim, 2009).

이와 같이 회전교차로의 도입이 정책적으로 추진되고 있는 시점

에서 회전교차로에 대한 정책적인 연구와 도입에 따른 교통량 도출을 통한 효과성을 분석한 연구는 있으나 아직 공사비를 예측하는 기준이나 예측에 관한 체계적인 연구가 미흡한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 제주도에서 도입이 추진되고 있는 회전교차로에 대한 개략공사비 모델을 개발하고자 하며, 가장 널리 활용되고 있는 회귀분석기법을 활용하고자 한다.

3. 회전교차로의 운영원리

3.1 회전교차로의 운영원리

회전교차로는 평면교차로의 일종으로 교차로 중앙에 원형교통섬을 두고 교차로를 통과하는 자동차가 원형교통섬을 우회하도록 하는 교차로 형식이다. 일반적으로 회전교차로는 평면교차로에 비해 상층 횡수가 적고 저속으로 운영되며 운전자의 의사결정이 간단하여 운전자의 피로를 줄일 수 있다. 또한 회전교차로는 신호교차로에 비해 유지관리 비용이 적으며, 인접 도로 및 지역에 대한 접근성을 높여 주고, 사고빈도가 낮아 교통안전 수준을 향상시키고, 지체시간이 감소되어 연료 소모와 배기가스를 줄이는 등의 장점이 있다. 하지만 회전교차로가 모든 교차로를 대체하여 그 효과를 극대화 할 수 있는 것은 아니다. 회전교차로를 설치 운영하기 위해서는 자동차 통행량, 보행자 통행량, 자전거 통행량, 가용 면적, 주행속도, 교차도로의 기능 등을 고려하여 결정한다.

회전교차로는 중앙교통섬, 회전차로, 진입·진출차로, 분리교통섬 등으로 구성된다. 내접원 지름은 중앙교통섬 지름과 회전차로 폭을 포함하며, 중앙교통섬 제원에는 내측 길어깨 폭과 화물차턱(Truck Apron)폭이 포함된다(Ko, 2011).

3.2 제주특별자치도의 회전교차로 건설현황

제주도의 교통사고 심각도를 살펴보면 '08년도에 자동차 1만대당 사망자는 3.4명으로 전국 평균 2.9명보다 14.7%나 높은 것으로 나타나고 있으며, 인구 10만 명당 사망자 또한 전국평균 12.1명이나 제주도의 경우는 17.6명으로 전국적인 평균보다 32.1% 높은 것을 알 수 있다. 따라서 지속적인 지·정체심화와 외부차량이 많이 유입되지 않는 지리적 특성에도 불구하고 사고의 심각도는 훨씬 높은 수준이다. 따라서 교차로 진입차량에 대한 저속운행을 유도함으로써 교통안전, 원활한 차량 소통 및 녹색교통 조성을 위하여 회전교차로 시범설치 사업을 추진하게 되었다.

제주도의 회전교차로 설치는 2010년부터 3개년 계획으로 단계

별 실시되고 있으며, 총 73개소 중 2010년 20개소, 2011년~2012년 53개소 설치할 계획이다. 교외·농촌지역 주요 축별 회전교차로 건설의 경우 계획기간까지 지방지역 1차로 회전교차로 58개, 초소형 회전교차로 20개 등 총 78개설치 목표로 추진할 예정이며, 편도 1차로의 중산간 순환도로를 중심으로 지방지역 1차로 회전교차로를 우선 설치하고, 남북방향의 집산도로는 2단계 이후 설치되 초소형 회전교차로를 중점 설치할 계획이다. 그리고 도시지역(인구밀집지역) 회전교차로 신설의 경우 계획기간까지 도시지역 2차로 회전교차로 5개, 초소형 회전교차로 15개, 초소형 회전교차로 30개 등 총 45개를 계획하고 있고, 도시 외곽지역(접경지역)을 중심으로 도시지역 2차로 회전교차로를 우선 설치하며, 돌출형 중앙교통섬 설치공간이 부족한 도심 인구 밀집지역에 넘어갈 수 있는 초소형 회전교차로 중점 설치할 계획이다(Jeju Special Self-Governing Province, 2009). 그러나, 예산 집행의 문제로 당초계획과는 달리 2013년까지 25개 회전교차로만이 설계에 반영되었다.

4. 회전교차로 개략공사비 모델 개발

4.1 실적자료 수집

본 연구에서는 제주도내의 회전교차로공사의 초기 공사사비 추론 모델의 개발을 위해 2013년까지 설계에 반영된 전체 25개 회전교차로공사의 실적자료(설계도면, 산출내역서, 물량내역서, 설계보고서)를 수집하였다.

25개 회전교차로공사의 내접원 직경은 모두 30m이며, 설계유형은 지방1차로이며, 3지 교차로 12개, 4지 교차로 12개, 5지 교차로는 1개에 해당한다. 설계년도는 2012년 1월~3월에 이루어진 것이 18개소, 2013년 1월~2월에 이루어진 것이 7개소이다. 도급공사비는 92,500천원에서 226,350천원이 이르는 것으로 조사되었다.

4.2 영향요인 도출을 위한 세부공종 분석

회전교차로공사의 공종별(토공, 배수공, 구조물공, 포장공, 부대공, 사급자재, 부대경비) 공사비 비율을 도출하기 위해 수량산출서상의 수량을 내역서의 수량값에 입력시킴으로써 내역분개 작업을 실시하였으며 대표공종은 Table 1과 같다.

각 대표공정별로 공사비에 영향을 주는 요인을 분석하기 위해 세부공종별로 공사비를 분개하였다.

토공의 경우 전체 공사비의 12%를 차지하였으며, 여기에는

Table 1. Cost Proportion of Main Work Types

Division	Earth Work	Drainage Work	Structure Work	Pavement Work	Appurtenant Work	Materials	Incidental Expenses	Total
%	12	16	3	19	33	8	9	100

깨기 및 절단공(70%), 포트제거공(2%), 흙막기공(6%), 노반준비공(2%), 흙쌓기공(3%), 사토운반공(16%), 비탈면보호공(1%)로 분석되었다.

배수공의 공사비는 배수토공(6%), 우수관부설공(63%), 우수맨홀설치공(6%), J형옹벽배수로설치공(7%), L형측구설치공(8%), V형측구복개설치공(1%), U형측구설치공(2%), 빗물받이설치공(2%), 집수정설치공(4%), 면벽설치공(1%)으로 분석되었다.

구조물공은 구조물토공(2%), 전석쌓기공(98%)로 분석되었다.

포장공은 아스콘포장공(28%), 콘크리트블록포장공(20%), 보도블럭설치공(5%), 녹지대설치공(16%), 중분대경계석설치공(6%), 화물차턱경계석설치공(6%), 녹지대경계석설치공(17%), 도로경계석설치공(1%)로 분석되었다.

부대공은 공사안내표지판(2%), 교통표지판설치공(35%), 대형 2,3방향표지판설치공(27%), 방지턱포장공(2%), 차선도색(18%), 전기관로부설공(2%), 돌담쌓기공(3%), 교통신호수(11%)으로 분석되었다.

사급자재는 아스팔트(18%), 보조기층(79%), 석분(2%), 모래(1%)로 조사되었다. 그리고 부대경비는 중기운반비(22%), 자재운반비(70%), 가설사무실(8%)로 분석되었다.

4.3 실적자료의 통계분석

본 연구에서는 제주도내에서 설계된 전체 회전교차로공사 자료 25개의 자료를 수집하였으며, 그 중 22개의 자료에 대해 회귀분석을 실시하여 최적의 회귀식을 도출하고, 나머지 3개의 자료는 도출된 회귀식을 검증하는데 사용되었다.

4.3.1 토공에 대한 회귀분석

토공(y1)과 포장깨기(x1) 간에 선형관계의 정도가 약 0.914로 분석되었으며(포장깨기(m³) 이외의 다른 여타 요인에 대해서는 상관성이 나타나지 않음), 상관계수의 부호가 양이라는 것은 포장깨

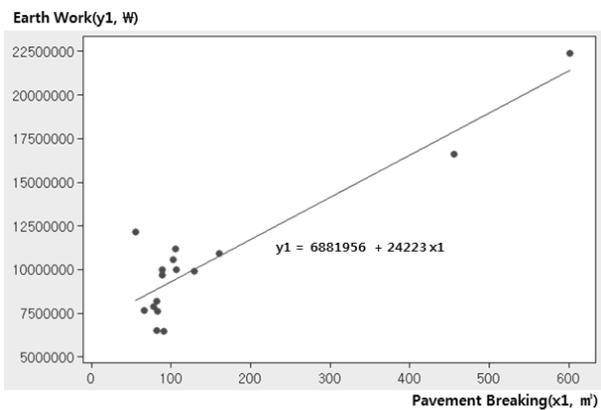


Fig. 1. Regression Analysis for Pavement Breaking vs. Earth Work

기 수량이 많을수록 토공 공사비가 늘어난다는 것을 시사하고 있다. 모상관계수 검정 통계량의 확률값은 0.000으로 0.05보다 작으므로 유의관계가 있음을 의미한다.

회귀계수의 유의성에 대한 분석 결과, 절편 및 기울기에 대한 P-값이 각각 0.000, 0.000으로 일반적인 유의수준 0.05보다 작다. 이는 절편과 기울기 모두 통계적으로 유의하다는 것을 의미한다. 따라서 위 회귀식이 적절함을 나타낸다. R-제곱값은 83.5%로 토공의 총 공사비 중 포장깨기로 설명할 수 있는 부분이 83.5%라는 것을 의미한다. 분산분석 표의 P-값이 0.000로 회귀모형이 유의하다는 것을 알 수 있다.

4.3.2 배수공에 대한 회귀분석

배수공(y2)는 배수시설(x2)에 대해서 상관성이 도출되었다(배수시설(m) 이외의 다른 여타 요인에 대해서는 상관성이 나타나지 않음). 분석 결과 표본상관계수가 0.969로 분석되었으며, 모상관계수 검정 통계량의 확률값은 0.000으로 0.05보다 작으므로 유의관계가 있음을 의미한다.

회귀계수의 유의성에 대한 분석 결과, 절편 및 기울기에 대한 P-값이 각각 0.959, 0.000으로 절편은 일반적인 유의수준 0.05보다 크고, 기울기는 0.05보다 작다. 이는 절편이 귀무가설을 채택함을 의미하고 회귀식이 원점(0,0)을 지남을 의미하고, 엔지니어 입장에서 중요한 기울기는 통계적으로 유의하다는 것을 의미한다. 따라서 도출된 회귀식이 적절함을 나타낸다. R-제곱 값은 93.9%로 배수공의 총 공사비 중 배수시설연장으로 설명할 수 있는 부분이 93.9%라는 것을 의미한다. 분산분석 표의 P-값이 0.000인 것으로 보아 회귀모형이 유의하다는 것을 알 수 있다.

4.3.3 구조물공에 대한 회귀분석

구조물공(y3)은 천단콘크리트(x3)와 전석쌓기(x4)에 대해서 상관성이 도출되었다. 분석 결과 표본상관계수가 각각 0.812, 0.962라

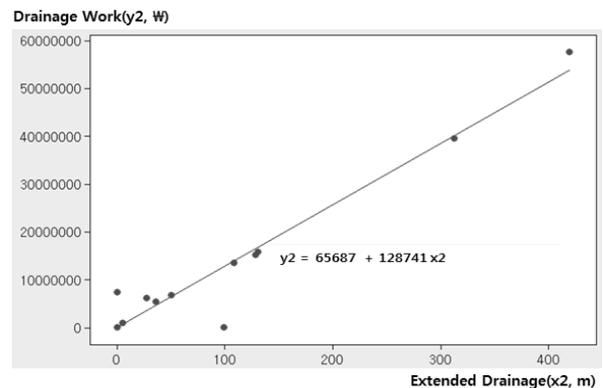


Fig. 2. Regression Analysis for Extended Drainage vs. Drainage Work

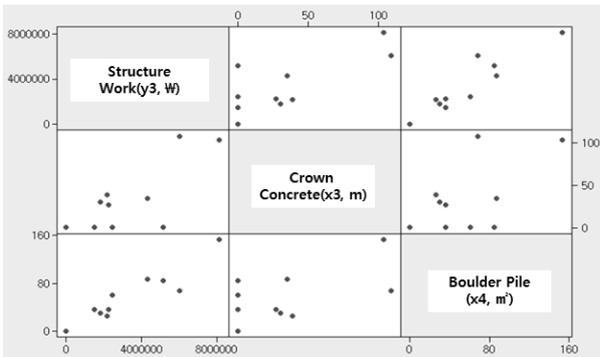


Fig. 3. Correlation Analysis for Structure Work vs. Crown Concrete, Boulder Pile

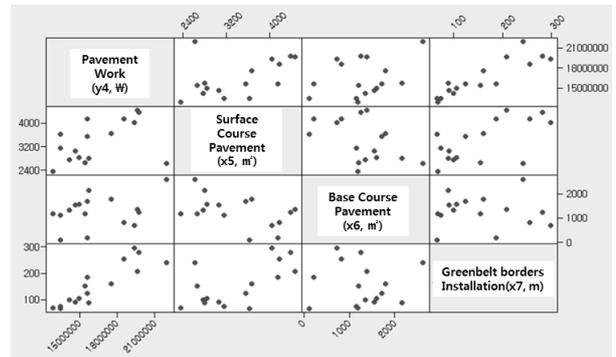


Fig. 5. Correlation Analysis for Pavement Work vs. Surface Course, Base Course, Greenbelt Borders Installation

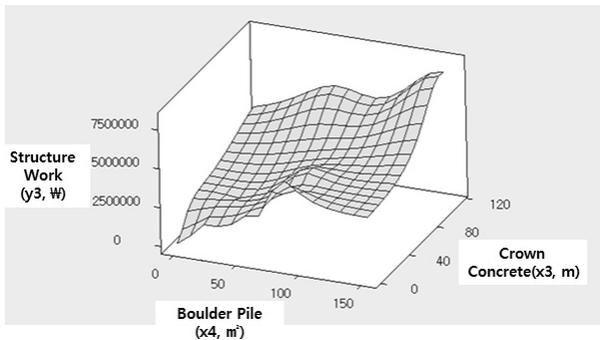


Fig. 4. Regression Analysis for Structure Work vs. Crown Concrete, Boulder Pile

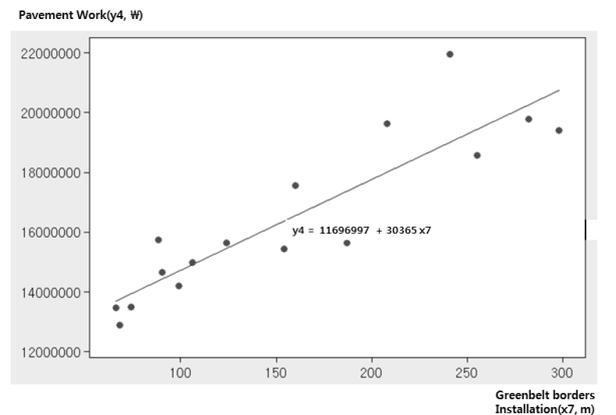


Fig. 6. Regression Analysis for Pavement Work vs. Greenbelt Borders Installation

는 것은 구조물공과 천단콘크리트 연장 및 전석쌓기 수량 간에 선형관계의 정도가 각각 약 0.812와 0.962라는 것을 의미하며 상관계수의 부호가 양이라는 것은 천단콘크리트 연장과 전석쌓기 수량이 늘어날수록 구조물공 공사비가 늘어난다는 것을 시사하고 있다. 모상관계수 검정 통계량의 확률값은 0.000으로 0.05보다 작으므로 유의관계가 있음을 의미한다.

회귀계수의 유의성을 살펴보면 엔지니어 입장에서 중요한 기술기에 대한 P-값이 각각 0.002, 0.000로 일반적인 유의수준 0.05보다 작다. 이는 기술기가 통계적으로 유의하다는 것을 의미한다. R-제곱값은 96.6%로 구조물공의 총 공사비 중 천단콘크리트 연장 및 전석쌓기 수량으로 설명할 수 있는 부분이 96.6%라는 것을 의미한다. 분산분석 표의 P-값이 0.000인 것으로 보아 회귀모형이 유의하다는 것을 알 수 있다.

4.3.4 포장공에 대한 회귀분석

포장공(y4)과 관련하여 표층포장(x5), 기층포장(x6), 녹지대경계석(x7)에 대해서 상관성을 분석하였다. 분석 결과 표층상관계수가 각각 0.468, 0.330, 0.893이라는 것은 포장공과 표층포장(m²), 기층포장(m²) 간에는 유의관계가 없음을 의미하며 포장공과 녹지

대경계석(m) 간에 선형관계의 정도가 약 0.893라는 것을 의미하며 상관계수의 부호가 양이라는 것은 녹지대경계석 수량이 늘어날수록 포장공 공사비가 늘어난다는 것을 시사하고 있다. 모상관계수 검정 통계량의 확률값은 0.000으로 0.05보다 작으므로 유의관계가 있음을 의미한다.

회귀계수의 유의성을 살펴보면, 절편 및 기울기에 대한 P-값이 각각 0.000, 0.000으로 일반적인 유의수준 0.05보다 작다. 이는 절편과 기울기 모두 통계적으로 유의하다는 것을 의미한다. 따라서 위 회귀식이 적절함을 나타낸다. R-제곱값은 79.7%로 포장공의 총 공사비 중 녹지대경계석으로 설명할 수 있는 부분이 79.7%라는 것을 의미한다. 분산분석 표의 P-값이 0.000인 것으로 보아 회귀모형이 유의하다는 것을 알 수 있다.

4.3.5 부대공에 대한 회귀분석

부대공(y5)과 관련하여 대형표지판-신설(x8)과 대형표지판-기존유용(x9)에 대해서 상관성을 분석하였다. 분석 결과 표층상관계수가 각각 0.806, -0.0425라는 것은 부대공과 대형표지판 신설과는

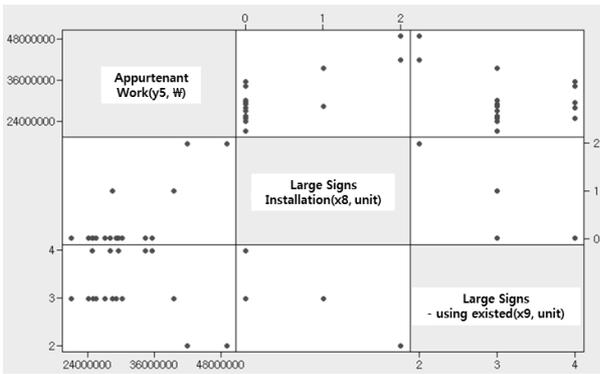


Fig. 7. Correlation Analysis for Appurtenant Work vs. Large Signs

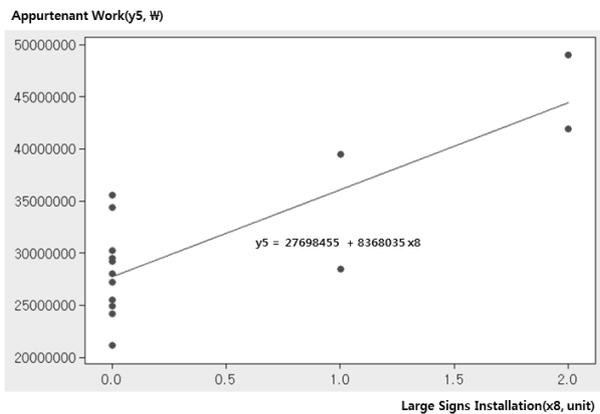


Fig. 8. Regression Analysis for Appurtenant Work vs. Large Signs Installation

선형관계의 정도가 각 약 0.802것을 의미하며 부대공과 대형표지판 기준유용과는 유의관계가 없음을 의미한다. 대형표지판 신설의 상관계수의 부호가 양이라는 것은 대형표지판 신설 수량이 늘어날 수록 부대공 공사비가 늘어난다는 것을 시사하고 있다. 모상관계수 검정 통계량의 확률값은 0.000으로 0.05보다 작으므로 유의관계가 있음을 의미한다.

회귀계수의 유의성을 살펴보면, 절편 및 기울기에 대한 P-값이 각각 0.000, 0.000으로 일반적인 유의수준 0.05보다 작다. 이는 절편과 기울기 모두 통계적으로 유의하다는 것을 의미한다. 따라서 위 회귀식이 적절함을 나타낸다. R-제곱값은 64.9%로 부대공의 총 공사비 중 대형표지판 신설로 설명할 수 있는 부분이 64.9%라는 것을 의미한다. 분산분석 표의 P-값이 0.000인 것으로 보아 회귀모형이 유의하다는 것을 알 수 있다.

4.3.6 사급자재에 대한 회귀분석

사급자재(y6)는 보조기층(x10)에 대해서 상관성이 도출되었다. 분석 결과 표본상관계수 0.982라는 것은 사급자재와 보조기층

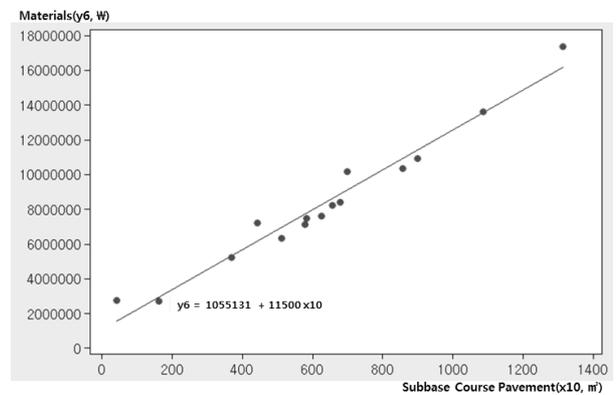


Fig. 9. Regression Analysis for Materials vs. Subbase Course Pavement

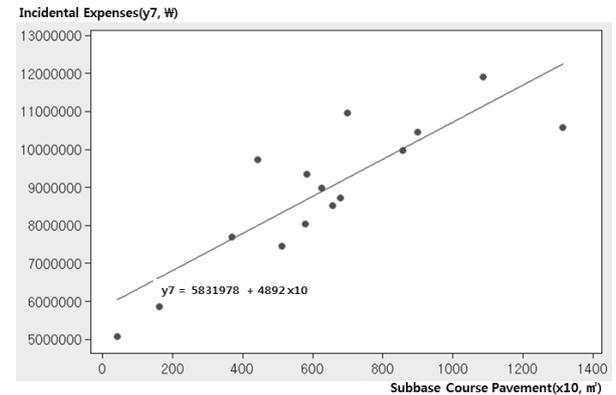


Fig. 10. Regression Analysis for Incidental Expenses vs. Subbase Course Pavement

간에 선형관계의 정도가 약 0.982라는 것을 의미하며 상관계수의 부호가 양이라는 것은 보조기층 수량이 증가할수록 사급자재비가 늘어난다는 것을 시사하고 있다. 모상관계수 검정 통계량의 확률값은 0.000으로 0.05보다 작으므로 유의관계가 있음을 의미한다.

회귀계수의 유의성을 살펴보면, 절편 및 기울기에 대한 P-값이 각각 0.025, 0.000으로 일반적인 유의수준 0.05보다 작다. 이는 절편과 기울기 모두 통계적으로 유의하다는 것을 의미한다. 따라서 위 회귀식이 적절함을 나타낸다. R-제곱값은 96.4%로 사급자재의 총 공사비 중 보조기층으로 설명할 수 있는 부분이 96.4%라는 것을 의미한다. 분산분석 표의 P-값이 0.000인 것으로 보아 회귀모형이 유의하다는 것을 알 수 있다.

4.3.7 부대경비에 대한 회귀분석

부대경비(y7)는 보조기층(x10)에 대해서 상관성이 도출되었다. 분석 결과 표본상관계수 0.852라는 것은 부대경비와 보조기층 간에 선형관계의 정도가 약 0.852라는 것을 의미하며 상관계수의

부호가 양이라는 것은 보조기층 수량이 증가할수록 부대경비 공사비가 늘어난다는 것을 시사하고 있다. 모상관계수 검정 통계량의 확률값은 0.000으로 0.05보다 작으므로 유의관계가 있음을 의미한다.

회귀계수의 유의성을 살펴보면, 절편 및 기울기에 대한 P-값이 각각 0.000, 0.000으로 일반적인 유의수준 0.05보다 작다. 이는

절편과 기울기 모두 통계적으로 유의하다는 것을 의미한다. 따라서 위 회귀식이 적절함을 나타낸다. R-제곱값은 72.7%로 부대경비의 총 공사비 중 보조기층으로 설명할 수 있는 부분이 72.7%라는 것을 의미한다. 분산분석 표의 P-값이 0.000인 것으로 보아 회귀모형이 유의하다는 것을 알 수 있다.

Table 2. Regression Equation

Work Types	Regression Equation	Variables
Earth Work (y1)	$y1 = 6,881,956 + 24,223x1$	$x1 = \text{Pavement Breaking}$
Drainage Work (y2)	$y2 = -65,687 + 128,741x2$	$x2 = \text{Extended Drainage}$
Structure Work (y3)	$y3 = 87,348 + 19,704x3 + 44,258x4$	$x3 = \text{Crown Concrete}, x4 = \text{Boulder Pile}$
Pavement Work (y4)	$y4 = 11,696,997 + 30,365x7$	$x7 = \text{Greenbelt Borders Installation}$
Appurtenant Work (y5)	$y5 = 27,698,455 + 8,368,035x8$	$x8 = \text{Large Signs Installation}$
Materials (y6)	$y6 = 1,055,131 + 11,500x10$	$x10 = \text{Subbase Course Pavement}$
Incidental Expenses (y7)	$y7 = 5,831,978 + 4,892x10$	$x10 = \text{Subbase Course Pavement}$

Table 3. Model Validation of Construction Inference Outline

Project	Designed Cost	Estimated Cost	Error Cost	Error Rate
A project	86,136,516	89,372,976	-3,326,460	3.7%
B project	90,025,502	92,107,519	-2,082,017	2.3%
C project	75,852,434	80,526,369	-4,673,935	5.8%

Project								Estimated Cost (A)	Designed Cost (B)	Error Cost (B-A)				
	A project	6,881,156	+	24,223	X	166	+	0	X	0	=	10,902,174	14,203,102	3,300,928
	-65,687	+	128,741	X	126	+	0	X	0	=	16,155,679	14,897,270	-1,258,409	
	87,348	+	19,704	X	14	+	44,258	X	35	=	1,912,234	2,050,592	138,358	
	11,696,997	+	30,365	X	336	+	0	X	0	=	21,899,637	20,482,629	-1,417,008	
	27,698,455	+	8,368,035	X	0	+	0	X	0	=	27,698,455	25,430,364	-2,268,091	
	1,055,131	+	11,500	X	239	+	0	X	0	=	3,803,631	3,458,000	-345,631	
	5,831,978	+	4,892	X	239	+	0	X	0	=	7,001,166	5,614,559	-1,386,607	
												89,372,976	86,136,516	-3,236,460
B project	6,881,156	+	24,223	X	16	+	0	X	0	=	7,268,724	6,889,973	-378,751	
	-65,687	+	128,741	X	0	+	0	X	0	=	-65,687	0	65,687	
	87,348	+	19,704	X	79	+	44,258	X	139	=	7,795,826	8,316,982	521,156	
	11,696,997	+	30,365	X	213	+	0	X	0	=	18,164,742	16,238,620	-1,926,122	
	27,698,455	+	8,368,035	X	2	+	0	X	0	=	44,434,525	44,943,753	509,228	
	1,055,131	+	11,500	X	465	+	0	X	0	=	6,402,631	5,696,000	-706,631	
	5,831,978	+	4,892	X	465	+	0	X	0	=	8,106,758	7,940,174	-166,584	
												92,107,519	90,025,502	-2,082,017
C project	6,881,156	+	24,223	X	62	+	0	X	0	=	8,382,982	10,933,587	2,550,605	
	-65,687	+	128,741	X	21	+	0	X	0	=	2,637,874	2,499,015	-138,859	
	87,348	+	19,704	X	0	+	44,258	X	0	=	87,348	0	-87,348	
	11,696,997	+	30,365	X	126	+	0	X	0	=	15,522,987	15,131,285	-391,702	
	27,698,455	+	8,368,035	X	2	+	0	X	0	=	44,434,525	35,859,162	-8,575,363	
	1,055,131	+	11,500	X	157	+	0	X	0	=	2,860,631	2,896,000	35,369	
	5,831,978	+	4,892	X	157	+	0	X	0	=	6,600,022	8,533,385	1,933,363	
												80,526,369	75,852,434	-4,673,935

4.4 개략공사비 모델 검증

앞에서 개발된 회귀방정식의 검증을 위해 3곳의 현장에 대한 자료를 바탕으로 검증을 실시하였다. 검증자료에 대한 검증은 도출된 회귀방정식을 이용하여 설계서에 산출된 변수 수량을 대입하여 회귀방정식에 의한 추정금액과 설계금액을 비교하였다.

회귀방정식을 통한 추정금액과 설계금액과의 비교 결과 각 현장에 대한 오차율은 Table 3에서 보논바와 같이 3.7%, 2.3%, 5.8%의 차이를 보임으로써 매우 예측의 정확도가 높은 것으로 분석되었으며, 향후 보다 더 많은 자료에 근거한다면 더 신뢰성 있는 결과가 예상된다.

5. 결론

본 연구에서는 현재 제주도에 설치된 회전교차로를 중심으로 공사현장의 여건을 고려한 공사 초기단계에서 회전교차로공사 개략공사비 산정 모델을 제시하고자 하였다.

이를 위해서 제주도 내에서 2012년 1월부터 2013년 3월까지 설계가 이루어진 25개의 회전교차로에 대한 보고서, 내역서, 도면, 수량산출서, 시방서 등의 설계서를 수집, 활용하여 분석하였다. 공사비 분석결과를 기초로 공사비에 비중이 높은 항목을 중심으로 분석하였고 공사비에 영향을 주는 항목들을 도출하여 회귀방정식 또는 통계적 분석을 바탕으로 회귀분석을 통한 개략공사비 산정 모델을 제시하였다.

회전교차로 공사의 수량산출서상의 수량을 내역서의 수량값에 입력시킴으로써 토공, 배수공, 구조물공, 포장공, 부대공, 주요자재, 부대경비별로 공종별 공사비를 도출하였으며, 이를 통해 공종별 주요한 영향요인을 도출하였다.

상관 분석 결과, 토공의 경우 포장개기와 유의관계가 있음을 나타냈다. 배수공의 경우 배수시설 연장과 유의관계가 있음을 나타냈다. 구조물공에서는 천단콘크리트와 전석쌓기가 유의관계 있는 것으로 나타났으며, 포장공의 경우 녹지대경계석설치와 유의관계 있음이 나타났다. 부대공의 경우 대형표지판설치와 유의과계가 있는 것으로 나타났으며, 사급자재 및 부대경비는 보조기층과 유의 관계가 있는 것으로 나타났다. 도출된 회귀방정식에 대해서 검증한 결과 회귀방정식을 통한 추정금액과 설계금액과의 오차율이 2.3%, 3.7%, 5.8%의 차이를 보임으로써 매우 예측의 정확도가 높은 것으로 분석되었다.

본 연구에서는 제주도에 25개 회전교차로공사의 설계자료를 바탕으로 회귀분석을 통해 개략공사비 회귀방정식을 도출하였으며, 매우 예측의 정확도가 높은 것으로 분석되었다. 향후 보다 더 많은 자료에 근거한다면 더 신뢰성 있는 결과가 예상된다. 또한 본 연구에서 도출된 회전교차로 개략공사비 회귀모델은 회전교차로 관련 공사비 예산의 반영 및 정책 입안 등에 활용될 수 있을 것으로 예상된다.

감사의 글

이 논문은 2013학년도 제주대학교 학술연구지원사업에 의하여 연구되었음

References

- Ahn, S. Y. (2012). *Analysis on delay effects of modern roundabouts in Community Zones*, Gachon University, Master's Thesis (in Korean).
- Jeju Special Self-Governing Province. (2009). *Plan of roundabout project for green traffic* (in Korean).
- Jeju Special Self-Governing Province. (2010). *Detailed design for roundabouts' construction project in Jeju* (in Korean).
- Kim, K. H. (2009). *A study on conceptual cost estimating using the case based reasoning for IPC girder bridge*, Kyungpook National University, Master's Thesis (in Korean).
- Ko, S. I. (2011). *Effectiveness analysis for transforming many- legs type intersection into roundabout in Jeju*, Jeju National University, Master's Thesis (in Korean).
- Lim, W. S. (2008). *Framework development of calculation model for construction cost estimation of bridge work (PSC Beam Bridge as the Subject)*, Chung-Ang University, Master's Thesis (in Korean).
- Moon, J. B. (2012). *A study on the signal operation of pedestrian crosswalk by using roundabout according to pedestrian volume*, Master's Thesis, University of Seoul (in Korean).
- Park, H. C. (2011). *Analysis of measure of effectiveness at 5-legged roundabouts - Focusing on the Okcheon Pgeori Intersection in Gangneung City*, Master's Thesis, Kwandong University (in Korean).
- Seo, K. T. (2011). *A study on the operational characteristics of multi-legged roundabouts*, Master's Thesis, Dankook University (in Korean).