



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

제주도 내 회전교차로의
초기공사비 예측모델 개발

濟州大學校 産業大學院

建設環境工學科

土木工學 專攻

安 眞 弘

2013年 12月

제주도 내 회전교차로의 초기공사비 예측모델 개발

指導教授 李 東 昱

安 眞 弘

이 論文을 工學 碩士學位 論文으로 提出함

2013年 12月

安眞弘의 工學 碩士學位 論文으로 認准함

審査委員長

이 병걸



委 員

김 상 진



委 員

이 동 유



濟州大學校 産業大學院

2013年 12月

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

Jin Hong AN

(Supervised by Professor Dong Wook Lee)

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

2013. 12

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

December. 2013

Department of Construction and Environmental Engineering
GRADUATE SCHOOL OF INDUSTRY
JEJU NATIONAL UNIVERSITY

목 차

목 차	i
List of Table	iii
List of Figure	iv
Summary	vi
I. 서 론	1
1.1 연구 배경 및 목적	1
1.2 연구의 범위와 방법	2
II. 기존 연구 동향	4
2.1. 회전교차로에 대한 기존 연구 동향	4
2.2. 공사비 산정에 대한 기존 연구 동향	5
III. 회전교차로의 개념 및 상관성분석에 대한 이론적 고찰	7
3.1. 회전교차로의 정의 및 운영원리	7
3.1.1. 회전교차로의 정의	7
3.1.2. 회전교차로의 일반적 운영원리	7
3.1.3. 회전교차로의 일반적 구조 및 용어정의	8
3.2. 상관성분석 및 회귀분석의 개요	11
3.2.1. 상관분석의 개념	11

3.2.2. 산점도의 이해	11
3.2.3. 상관계수	12
3.2.4. 상관분석	13
3.2.5. 회귀 분석의 기본개념	14
3.2.6. 회귀 분석	15
IV. 회전교차로공사 개략공사비 모델 개발	18
4.1. 회전교차로공사 실적자료 수집	18
4.2. 회전교차로의 세부공종 및 영향요인 분석	21
4.2.1. 세부공종 분석	21
4.2.2. 영향요인 도출	23
4.3. 선정된 실적자료 통계분석	27
4.4. 회전교차로 개략공사비 산정 모델 검증	41
V. 결론	44
VI. REFERENCES	46
감사의 글	47

List of Table

<Table 3-1> Comparison of Roundabouts and Traffic Circles	8
<Table 3-2> Criteria of Correlation Coefficient	13
<Table 4-1> List of Roundabouts Results	18
<Table 4-2> Classification of Roundabouts Detailed Construction	21
<Table 4-3> Regression Equation	41
<Table 4-4> Model Validation of Construction Inference Outline	41
<Table 4-5> Construction Verification by Detailed Construction	43

List of Figure

<Figure 1-1> Flowchart of the study	3
<Figure 3-1> Component of Roundabouts	9
<Figure 3-2> Applying Examples of Correlation Analysis	11
<Figure 3-3> Example of a Scatter Plot	12
<Figure 3-4> Example of Correlation Analysis (Minitab utilization)	14
<Figure 3-5> Regression Procedure	15
<Figure 3-6> Example_1 of Regression Analysis (Minitab utilization)	16
<Figure 3-7> Example_2 of Regression Analysis (Minitab utilization)	16
<Figure 3-8> Example_3 of Regression Analysis (Minitab utilization)	17
<Figure 4-1> Components of Collected Performance Data	20
<Figure 4-2> Cost Distribution of Major Construction	21
<Figure 4-3> Cost Distribution of Earthwork Detailed Construction	23
<Figure 4-4> Cost Distribution of Drain Hole Detailed Construction	24
<Figure 4-5> Cost Distribution of Structures Detailed Construction	24
<Figure 4-6> Cost Distribution of Packaging Detailed Construction	25
<Figure 4-7> Cost Distribution of Appurtenant Work Detailed Construction	25
<Figure 4-8> Cost Distribution of Main Materials Detailed Construction	26
<Figure 4-9> Cost Distribution of Incidental Expenses Detailed Construction	26
<Figure 4-10> Minitab Correlation Analysis for Package Breaking Vs. Earthwork	27
<Figure 4-11> Minitab Regression for Package Breaking Vs. Earthwork	28
<Figure 4-12> Minitab Correlation Analysis for Extended Drainage Vs. Drain Hole	29

<Figure 4-13> Minitab Correlation Analysis for Extended Drainage Vs. Drain Hole	30
<Figure 4-14> Minitab Correlation Analysis for Structures Vs. Crown Concrete, Boulder Stone Pile	31
<Figure 4-15> Minitab Regression Analysis for Structures Vs. Crown Concrete, Boulder Stone Pile	32
<Figure 4-16> Minitab Correlation Analysis for Packaging Vs. Surface Packaging, Substrates Packaging, Greenbelt Borders Installation	33
<Figure 4-17> Minitab Regression Analysis for Packaging Vs. Green Belt Borders Installation	34
<Figure 4-18> Minitab Correlation Analysis for Appurtenant Work Vs. Large Signs Installation	35
<Figure 4-19> Minitab Regression Analysis for Appurtenant Work Vs. Large Signs Installation	36
<Figure 4-20> Minitab Correlation Analysis for Materials Vs. Subbase	37
<Figure 4-21> Minitab Regression Analysis for Materials Vs. Subbase	38
<Figure 4-22> Minitab Correlation Analysis for Incidental Expenses Vs. Subbase	39
<Figure 4-23> Minitab Regression Analysis for Incidental Expenses Vs. Subbase	40

Summary

Recently, there are many roundabouts installation works which are being ordered to provide convenient transportation to road users as well as to eliminate traffic accidents and traffic delays. As a result, even in Jeju since 2010, organizing and operating disruptive non-signalized intersections such as causing traffic accidents, increasing in cases of violations and unwanted signal latency at the intersection into roundabouts are preferentially performed.

However a systematic study about prediction of construction is insufficient in the early stages of construction of roundabouts as well as the unit price and the criterion to predict the approximate cost of construction of roundabouts are not established.

Therefore, in this study, it is aimed to suggest a calculation model for approximate construction cost to make roundabouts in the early stages of construction by considering the conditions of the construction site with roundabouts currently installed in Jeju.

For this purpose, we collected, analyzed and utilized specifications such as reports, statements, drawings, quantity output document about 25 roundabouts whose design was made in Jeju from January 2012 to March 2013. Items which have high proportion of cost of construction were mainly analyzed on the basis of the results of cost analysis, and approximate cost estimation model was proposed through regression analysis based on regression equation or statistical analysis after deriving the items that affect cost.

We derived cost by type such as excavations, drain hole, structure works,

packing works, secondary work, key materials and cost per unit by inputting the quantity of the approximate quantity of construction of roundabouts to quantity values in the statement, and major influence factors by type derived through this.

As a result of correlation analysis, it showed that there are significant relationships between packaging break and earthwork. For the drain hole, it showed that there are significant relationships with the extension of drainage. In the structure work, it showed a significant relationship between building a crown concrete and boulder stone, and the relationship with green belt border installation appeared in the case of package work. About secondary work, it showed a significant relationship with large signs installation, and carry-in materials and incidental expenses showed a significant relationship with subbase. As a result verified about derived regression equation, very high prediction accuracy was analyzed by showing the difference of 2.3%, 3.7%, 5.8% for error rate of the amount of the estimated and designed through a regression equation.

In this study, regression equation of approximate construction cost was derived through regression analysis based on design data of 25 roundabouts construction in Jeju, and it was analyzed to have a high prediction accuracy. If it could based on more data in the future, the results are expected to be more reliable. Also regression model derived in this study for the approximate construction cost of roundabouts is expected to be utilized to reflect the budget of relevant construction cost and decision-making.

I. 서론

1.1. 연구배경 및 목적

2010년 이후 제주도내에서 신호교차로의 불필요한 신호대기 시간이 길고 범규 위반 사례가 많아 신호통제 필요성이 낮은 교차로 및 통행기준이 모호하여 교통사고 발생 및 혼란을 야기하는 무신호 교차로구간에 대해 회전교차로 정비·운영하여 교통사고 예방 및 교통지체 해소는 물론 도로이용자 교통편의를 제공하는 목적으로 회전교차로 설치공사를 많이 발주하고 있다(고상익, 2011).

현재 국내에서 사용되고 있는 개략공사비 산정모델은 다른 선진국과 비교하여 상대적으로 공사비 예측기법이 미흡한 수준으로 사업비에 대한 관리를 체계적으로 수행하기에는 미비한 실정이다. 최근 건설사업의 대형화 및 복잡화의 추세에 따라 다양한 건설사업 관리기법이 개발 연구되고 있는 가운데 무엇보다도 예산에 대한 관리 방식은 건설사업 초기단계에서부터 유지관리단계에 이르기까지 사업 전 단계에 걸쳐 발주자뿐만 아니라 건설사업 참여자 모두의 관심 대상이 되고 있다. 그러나 국내에서는 개략공사비 예측방법이 시설별 특성을 감안하지 않고 단순 선형식(m당, m²당 단가)으로 되어 있어 현행기준은 공사비에 영향을 미치는 영향인자를 전혀 고려하지 않고 있음을 알 수 있다. 이로 인해 예측한 공사비가 설계가 완료된 시점에서 산정한 공사비에 비해 오차가 크게 발생하기 때문에 예산편성, 대안선정 등의 의사결정에 부정적인 영향을 미치게 된다(이현석, 2009).

회전교차로 공사는 교량이나 도로, 터널 등 다른 토목시물에 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 제주도내에 설치된 회전교차로를 중심으로 공사현장의 여건을 고려한 공사 초기단계에서 효율적인 공사비를 통계분석 프로그램

Minitab(Mini+Tabulator)을 기반으로 하여 회전교차로공사 개략공사비 산정 모델을 제시하고자 한다.

1.2. 연구의 범위와 방법

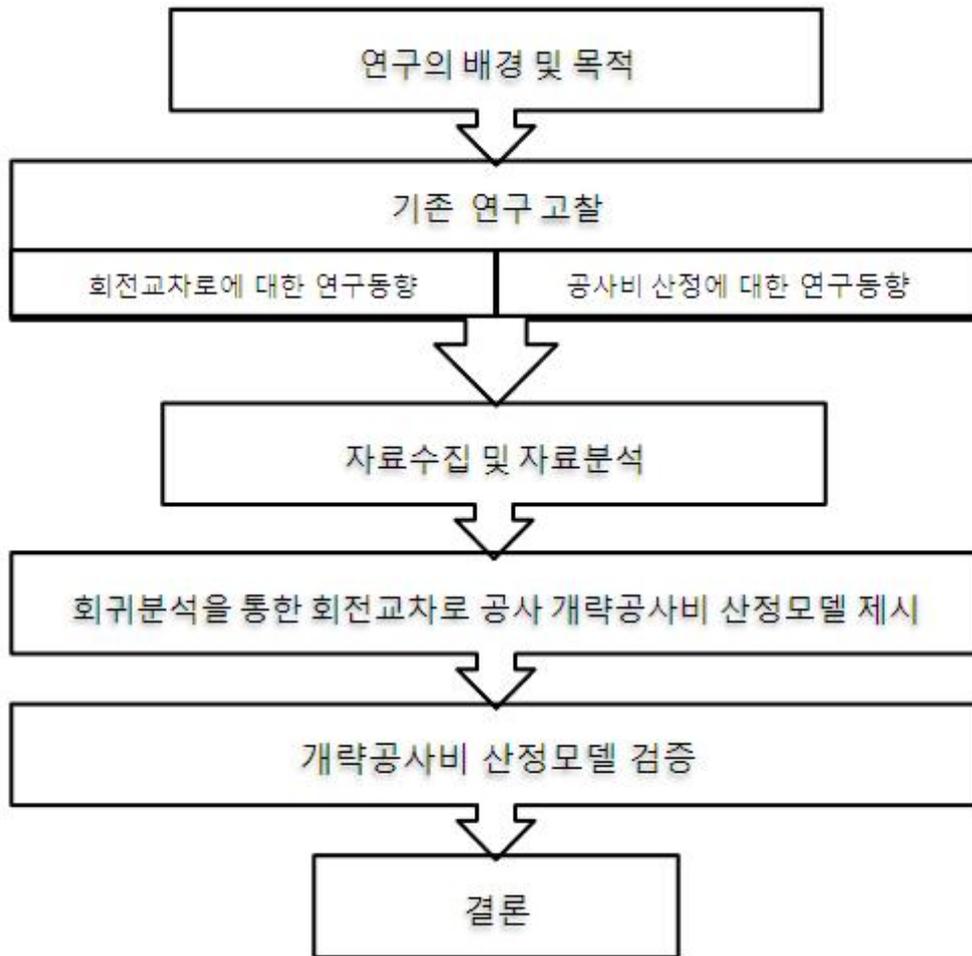
본 연구에서는 2012년 1월부터 2013년 3월까지 설계된 제주도 내의 회전교차로에 대한 보고서, 내역서, 도면, 수량산출서, 지방서 등의 설계서를 수집, 활용하여 분석하였다. 공사비 분석결과를 기초로 공사비에 비중이 높은 항목을 중심으로 분석하였고 공사비에 영향을 주는 항목들을 도출하여 회귀방정식 또는 통계적 분석을 바탕으로 회귀분석을 통한 개략공사비 산정 모델을 제시코자 연구의 범위를 한정 하였으며, 연구의 방법은 다음과 같다.

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

둘째, 공사초기 개략공사비 산정기술에 관련된 문헌들의 고찰을 통해 국내외 공사비산정연구 동향을 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 제시하고자한다.



<Figure 1-1> Flowchart of the study.

II. 기존 연구 동향

2.1. 회전교차로에 대한 기존 연구 동향

최근 들어 제주도 내에 교통사고 예방 및 교통지체 해소는 물론 도로 이용자의 교통편의를 제공하는 목적으로 회전교차로 설치 공사가 많이 발주되고 있으나, 회전교차로 공사에 대한 공사비를 예측하는 기준이나 예측에 관한 체계적인 연구가 미흡한 실정이다.

안세영(2012)의 논문에서는 회전교차로 설치의 원활하고 효과적인 확대시행을 위하여, 국내 생활도로 상의 회전교차로 설치 적합성을 검증하고자 한다. 이를 위해 안전하고 원활한 도로환경이 요구되는 국내 생활도로 교차로에 회전교차로를 도입해야하는 필요성을 제시하고, 생활도로형 회전교차로 설치 전·후의 지체 감소 효과분석을 실시하였으며, 효과분석을 통해 생활도로형 회전교차로 설치를 가장 극대화할 수 있는 효과범위를 도출하고, 적용방안을 모색하는 것을 목적으로 연구하였다.

문주영(2012)의 연구에서는 향후 보행자 수가 증가함에 따라 회전교차로 운영에 큰 영향을 미칠 것으로 예상되어 국외 문헌 고찰을 통해 회전교차로의 보행 신호 운영기준 및 타당성을 제시하며 보행자 수의 증가에 따른 영향을 살펴보고자 한다. 또한 어린이 보호구역 및 일시적으로 교통량 과 보행자 수가 증가하는 특정시간대를 대상으로 침두시 교통량 및 보행자 수를 가정하여 회전교차로의 접근로별 용량을 살펴보고 여러 신호운영 대안을 선정하여 보행 신호운영에 따라 변화하는 용량을 모형식으로 나타내고 시뮬레이션을 통한 비교로 상황별 최적 보행 신호운영 대안을 선정하고자 한다.

또한 현재 운영되고 있는 인천 마장공원 사거리 회전교차로를 대상으로 오전 침두시에 일시적으로 교통량과 보행자 수가 집중되어 발생하는 문제점을 파악하고 이를 여러 보행 신호운영 대안을 적용한 결과를 토대로 침두시 최적 보행 신호 운영 방안을 제시하였다.

서기택(2011)의 논문에서는 동일한 교통량일 경우 4지, 5지, 6지의 지체시간 변화를 알아보고자하며, 다지 회전교차로(5지교차로 이상)의 내접원의 직경 변화에 따른 평균 지체시간 및 평균 통행속도를 비교분석하여 최적 내접원 직경을 4지 회전교차로와 5지 및 6지의 다지 형태의 회전교차로에서 찾아내어 다지 회전교차로에서의 내접원 직경에 대한 설치 기준을 제시하였다. 또한 미시적 교통류 프로그램인 VISSIM을 이용하여 국내에 설치된 많은 유형 중 접근로의 모든 각이 72도인 5지 회전교차로와 60도인 6지 회전교차로의 내접원 직경을 1차로인 경우 25m, 30m, 40m, 50m로, 2차로인 경우 45m, 55m 60m, 65m 다지 회전교차로를 구현하여 정형적인 4지 회전교차로의 1차로인 경우 25m, 30m, 40m, 50m로, 2차로인 경우 45m, 55m, 60m, 65,로인 경우로 비교 분석하였다.

박희철(2011)의 논문에서는 5지 회전교차로 운영효과 분석을 위하여 회전교차로의 기하구조, 구성요소, 회전교차로의 특성과 현재까지의 관련연구를 고찰한 문헌적 연구와 함께 VISSIM을 이용하여 5지 신호교차로와 회전교차로 운영효과를 비교·분석하는 실증적 연구를 병행하였다.

2.2. 공사비 산정에 대한 기존 연구 동향

이윤미(2006)의 논문에서는 EVM(공정·공사비 통합관리: Earned Value Management)을 활용함으로써 사업 진도율 15~30% 시점에서 사업의 최종공사비(Estimate at Completion, 이하 EAC)와 공정결과를 예측할 수 있으나, 기존의 EAC 추정에서는 건설사업의 리스크 및 불확실성으로 인하여 각시점마다 필요한 공사비 범위가 변동하는 상황을 반영하지 못하고 있다. 또한 공사비가 갖는 확률적인 속성을 제대로 반영하지 못하여 사업진행에 따라 축적된 자료를 고정된 단일 값으로 취급함으로써 EAC 추정 시 변동에 따른 변화의 폭을 수용하기가 쉽지 않다. 따라서 EVM에서 공사비를 정확하게 산정하고 합리적인 관리가 이루어질 수 있도록 각 단계별 주어진 공정·공사비 정보를 바탕으로 통계적 방법론을 이용하여 건설사업에서의 다양한 리스크 및 불확실성을 고려한 적정 EAC 추정이 이루어질 수 있는 방법론 제시를 연구를 수행하였다.

이현석(2009)의 논문에서는 기획 및 타당성 조사단계에서 도로교량의 개산견적 시 오차범위를 줄이기 위해 교량의 영향요인을 분석하여 추정 시 보다 정확한 예측을 할 수 있도록 기초자료를 제공하고 있다. 사업초기 단계에서 가용한 정보의 양은 많은 편이 아니기 때문에 상대적으로 정확한 공사비 예측은 어렵다. 즉, 프로젝트 기획 및 타당성조사 단계와 기본설계단계에서는 공종별 수량을 산출할 수 없기 때문에 극히 제한된 정보를 바탕으로 개략적인 공사비를 예측할 수 밖에 없다. 현재 국내 발주기관에서 사용되고 있는 공사비 예측기술은 특성이자나 요소들을 반영하지 못하는 방법이기 때문에 공사비의 오차가 크다고 할 수 있다. 따라서 설계 이전 단계에서의 공사비 예측은 사업초기 단계에서 예산책정의 결정적인 기준이 되므로 매우 중요하다. 이에 개략공사비 예측의 정확성을 제고할 수 있는 새로운 방법론이 요구되고 새로운 개략견적 방법론 개발을 위한 공사비 영향요인개발 및 상관관계 설정에 관한 연구를 수행하였다.

김미선(2011)의 논문에서는 하천공사 프로젝트 초기단계에서 기존 개략공사비 산정모델에 필요한 가용정보가 부족할 경우 존재하는 한계와 사용자의 사용성 증대를 위해 사례기반추론(Case-Based Reasoning; CBR)을 이용한 하천공사 개략공사비 산정 모델을 제시하고자 하였다.

본 연구에서는 제주도 내 설치된 회전교차로의 설계 자료를 활용하여 제주도 지역 실정에 맞는 공사비를 회귀분석을 통해 공사 초기단계에서의 효율적인 개략공사비 산정 모델을 제시 하고자 한다.

III. 회전교차로의 이론적 고찰

3.1. 회전교차로의 정의 및 운영원리¹⁾

3.1.1. 회전교차로의 정의

회전교차로는 평면교차로의 일종으로 교차로 중앙에 원형교통섬을 두고 교차로를 통과하는 자동차가 원형교통섬을 우회하도록 하는 교차로 형식이다.

일반적으로 회전교차로는 평면교차로에 비해 상충 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.

3.1.2. 회전교차로의 운영 원리

회전교차로의 기본 운영원리는 양보인데, 교차로에 진입하는 자동차는 회전중인 자동차에게 양보를 해야 하므로, 회전차로 내부에서 주행 중인 자동차를 방해하며 무리하게 진입하지 않고 회전차로 내에 여유 공간이 있을 때까지 양보선(Yield line)에서 대기하며 기다려야 한다. 결과적으로 접근차로에서 정지체로 인한 대기행렬은 생길 수 있으나, 교차로 내부에서 회전 정체는 발생하지 않는다.

회전교차로 진입 시에는 충분히 속도를 줄인 후 진입하도록 유도하고 회전교차로 통과 시에는 모든 자동차가 중앙교통섬을 중심으로 반시계 방향으로 회전하여 통행하도록 한다.

<Table 3-1>은 회전교차로와 교통서클(Traffic Circle)의 특징을 비교한 것이

1) 국토해양부(2010), 회전교차로 설계지침

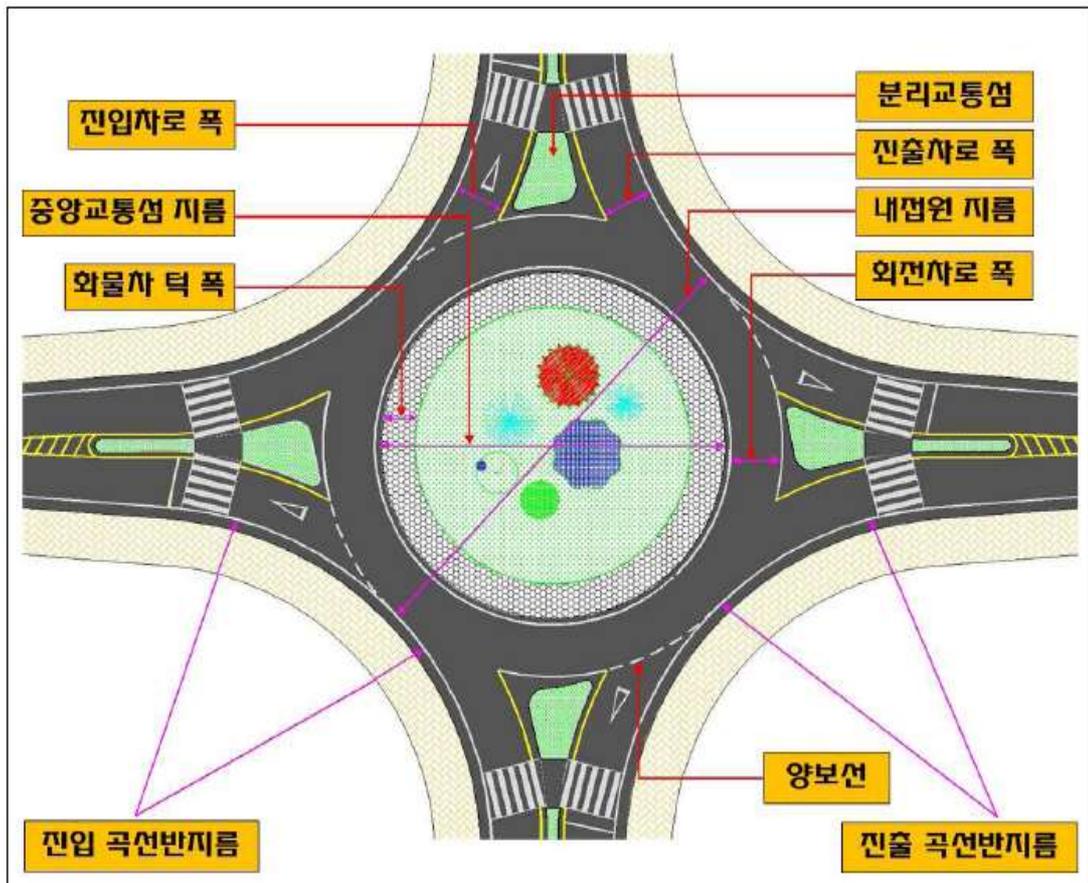
다. 종래의 교통서클은 진입하는 자동차에게 통행우선권이 있어 상대적으로 높은 속도로 진입할 수 있도록 설계되어 있고 대부분 교차로의 지름이 크기 때문에 교통서클 내에서 속도가 높아 교통사고가 빈번히 발생한다.

<Table 3-1> Comparison of Roundabouts and Traffic Circles.

구 분	회전교차로(Roundabout)	교통서클(Traffic Circle)
진입방식	- 교차로 진입자동차가 양보 (교차로 회전차량 우선)	- 교차로 회전자동차가 양보 (교차로 진입차량이 우선)
진 입 부	- 저속 진입 유도	- 고속 진입
회 전 부	- 고속의 회전차로 주행방지를 위한 설계(대규모 회전반지름 지양)	- 대규모 회전부에서 고속 주행
분리교통섬	- 감속 및 방향 분리를 위해 필수 설치	- 선택 설치
중앙교통섬	- 지름이 대부분 50m이내 - 도시지역에서는 지름이 최소 2m인 초소형 회전교차로 설치 가능	- 지름 제한 없음

3.1.3. 회전교차로 구성요소 및 용어정의

회전교차로는 중앙교통섬, 회전차로, 진입·진출차로, 분리교통섬 등으로 구성된다. 내접원 지름은 중앙교통섬 지름과 회전차로 폭을 포함하며, 중앙교통섬 제원에는 내측 길어깨 폭과 화물차 턱(Truck Apron)폭이 포함된다. <Figure 3-1>는 회전교차로의 구성요소를 나타낸 것이다.



<Figure 3-1> Component of Roundabouts.

회전교차로공사에서 사용되는 주요 용어의 정의는 다음과 같다.

- ① 설계기준자동차(Design Standard Vehicle) : 자동차의 제원과 운행 특성을 대표할 수 있는 자동차로 도로 기하구조 설계 시 사용되는 자동차
- ② 차두시간(Headway) : 임의의 지점을 연속으로 통과하는 자동차 간의 시간 간격으로, 연속으로 오는 두 대의 자동차 중 선행자동차의 앞 범퍼가 통과한 시각과 후행자동차의 앞 범퍼가 통과한 시각을 한 시점에서 측정한 시각 차이
- ③ 추종시간(Follow-up Time) : 진입로에서 회전차로로 진입하는 자동차들 간의 평균차두시간
- ④ 임계간격(Critical Gap) : 진입로에서 회전차로로 진입이 가능한 자동차들 간 차두시간의 최솟값(임계값)으로, 일반적으로 이 간격보다 크면 진입할 수 있으나 작으면 진입할 수 없는 간격

- ⑤ 중앙교통섬 지름(Central Island Diameter) : 회전교차로의 중앙에 설치된 원형교통섬 지름
- ⑥ 내접원 지름(Inscribed Circle Diameter) : 회전교차로 내부에 접하도록 설계한 가장 큰 원의 지름으로 내접원의 대부분이 회전교차로의 외곽선으로 이루어지므로 '회전교차로 바깥지름'이라고도 함
- ⑦ 회전차로(Circulatory Roadway) : 회전교차로 내부 회전부의 차로
- ⑧ 회전차로 폭(Circulatory Roadway Width) : 회전차로의 폭으로 중앙 교통섬의 외곽에서 내접원 외곽(회전차로 바깥지름)까지의 너비
- ⑨ 화물차 턱(Truck Apron) : 중앙교통섬의 가장자리에 대형자동차 또는 세미트레일러가 밟고 지나갈 수 있도록 만든 부분. 설치 여부는 해당 교차로의 기능, 용지여건, 대형차 혼입율에 따라 선택적으로 결정되며, 화물차 턱은 중앙교통섬의 일부임
- ⑩ 진입로(Approach) : 회전교차로로 접근하는 차로
- ⑪ 진출로(Departure) : 회전교차로로부터 빠져 나가는 차로
- ⑫ 분리교통섬(Splitter Island) : 자동차의 진출입 방향을 유도하기 위해 진입로와 진출로 사이에 만든 삼각형 모양의 교통섬이며 그 시작점을 시작단부(Nose)라 함
- ⑬ 진입 또는 진출 회전반지름(Entry or Exit Radius) : 설계기준자동차가 진입·진출로 곡선부를 통과할 때, 자동차의 앞바퀴가 지나가는 궤적 중 바깥쪽(큰 쪽) 곡선반지름
- ⑭ 양보선(Yield Line) : 진입로에서 교차로 내부의 회전차로로 진입하는 지점의 선을 말하며, 이 양보선에서 진입자동차는 회전차로를 주행하고 있는 자동차에게 양보해야 함
- ⑮ 우회전 전용차로(Right-turn Slip Lane or Bypass Lane) : 회전교차로에서 우회전만을 위해 별도로 만든 부가차로
- ⑯ 주행차로(Vehicle Path) : 개별 자동차가 다른 자동차의 간섭 없이 진입로에서 교차로 내 회전차로를 지나 진출로까지 주행할 때 지나게 되는 평면상의 경로이며, 이 중 가장 빠른 경로를 회전경로(Vehicle Path Curvature)라 함
- ⑰ 회전반지름(Curvature Radius) : 회전경로에서 형성되는 반지름

3.2. 상관분석 및 회귀분석의 개요²⁾

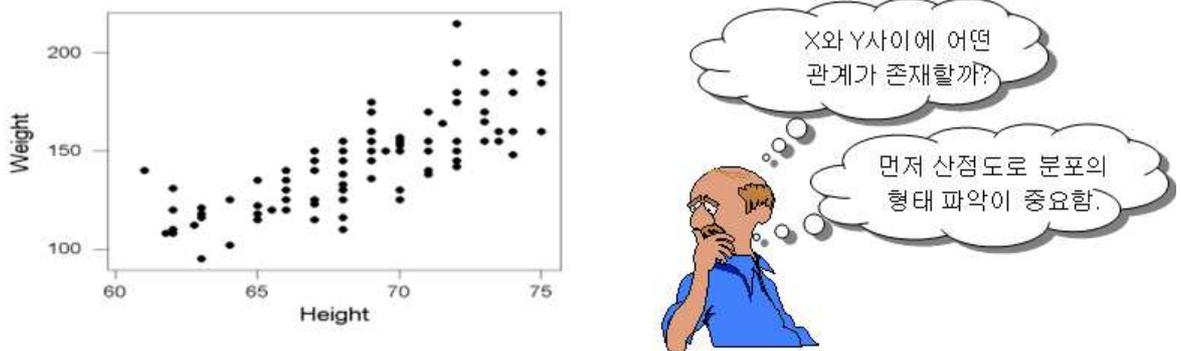
3.2.1. 상관분석(Correlation Analysis)의 개념

정의: 두 확률변수 X와 Y간의 상관관계를 알고자 할 때에는 두 변량 X, Y에 대한 크기 n인 확률표본 (Random sample)을 취한 후, 얻어진 n개의 데이터 (X_1, Y_1), (X_2, Y_2), …, (X_n, Y_n)로 부터 두 변수의 관련성을 찾게 된다.

이와 같이, 두 변수간의 관련성을 연구하는 통계적 분석을 상관분석 이라 한다.

가설: $H_0 : \rho = 0$ (상관관계 없다.) , $H_a : \rho \neq 0$ (상관관계 있다.)

적용: 두 모집단간에 직선적인 관계가 존재하는지 데이터를 이용하여 파악하기 위해 사용함.



<Figure 3-2> Applying Examples of Correlation Analysis.

3.2.2. 산점도(Plot)의 이해

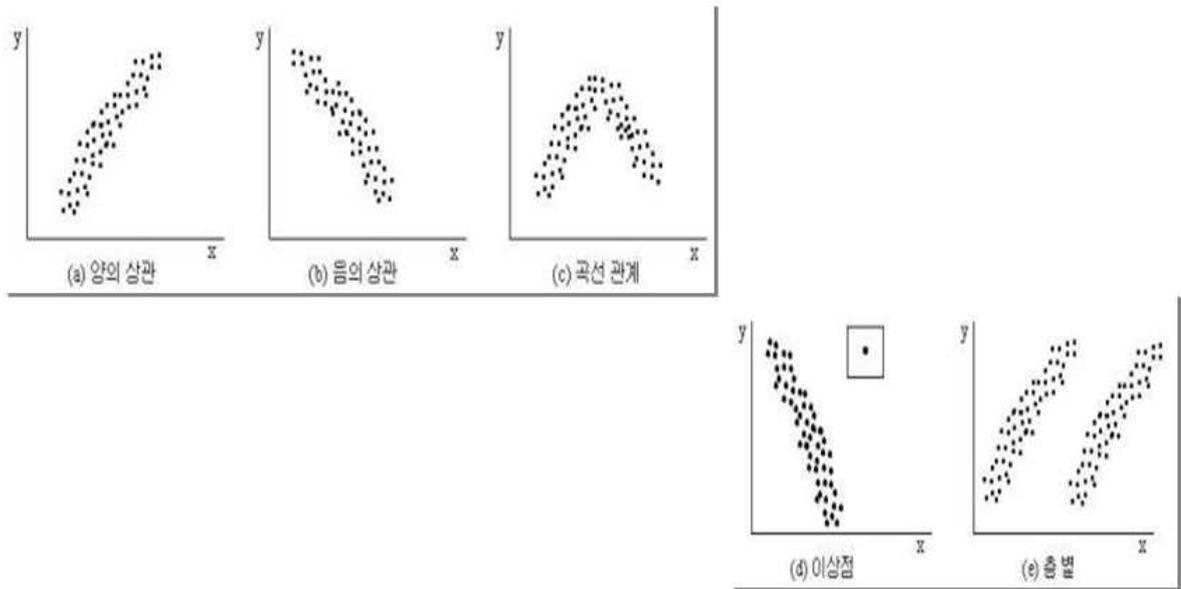
산점도 해석방법

① 점들이 산재해 있는 모양으로부터 X와 Y사이에 관계가 있는지를 검토한다.

또한 양(Positive)의 상관인지, 음(Negative)의 상관인지를 알아본다.

2)(주)엑사이컨설팅(2010), 통계분석 교육자료

- ② X 와 Y가 직선관계인가 곡선관계인가를 살펴본다. 아래 그림의 (c)처럼 곡선 관계인 경우에는 상관계수를 구하는 것은 전혀 의미가 없다.
- ③ 이상한 데이터가 없는지 확인한다. 산점도 상에서 이상점의 발생은 데이터의 수집 시 다른 모집단의 표본이 혼입되었거나, 측정이나 계산이 잘못되었거나, 데이터의 기입 등에 착오가 있는 것이다. 이와 같은 이상점이 발견되면 원인을 규명하여 수정하여 주도록 하여야 한다.



<Figure 3-3> Example of a Scatter Plot.

3.2.3. 상관계수

상관계수 정의: 변량 X와 Y가 어느 정도의 상관이 있는지 그 긴밀성의 정도를 표시하는 척도가 된다.

<Table 3-2> Criteria of Correlation Coefficient.

< 0.2	관계가 거의 없는 경우(little if any correlation)
0.2~0.4	낮은 상관관계(low correlation)
0.4~0.7	비교적 높은 상관관계(moderate correlation)
0.7~0.9	높은 상관관계(high correlation)
> 0.9	매우 높은 상관관계(very high correlation)

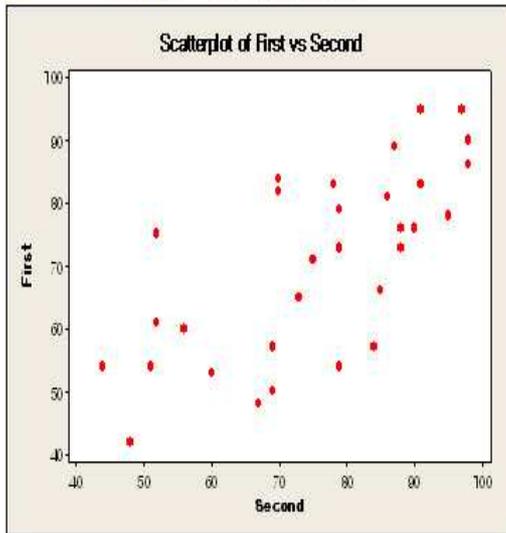
표본상관계수의 성질

- ① r값의 범위는 $-1 \leq r \leq 1$ 이다.
- ② r의 값은 X와 Y간의 선형관계를 나타내는 척도로서 r이 ± 1 인 경우는 모든 점이 일직선상에 놓이게 된다.

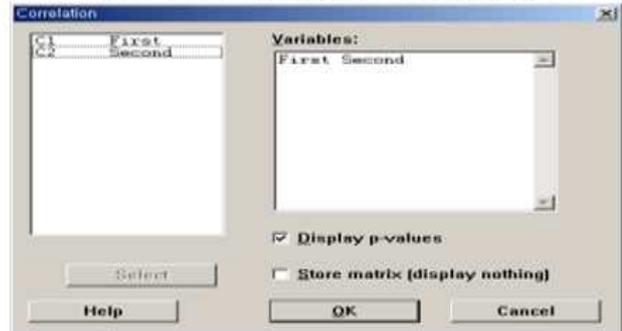
3.2.4. 상관분석

예제: 공장에서는 공정 검사원 대상으로 첫 번째 시험을 실시한 후 불량 용어 및 한도건본 교육 실시 후, 두 번째 시험을 실시하여 첫 번째 시험과 두 번째 시험간에 상관관계가 있는지 알아보려고 한다. (먼저, 산점도를 작성한 후 상관계수를 구하고 통계적으로 검정하라. 단, $\alpha = 5\%$)

MINITAB Graph > Scatterplot



MINITAB stat > Basic statistics > Correlation



Correlations: First, Second
 Pearson correlation of First and Second = 0.703
 P-Value = 0.000

- 상관계수 유무 : P-Value가 0.000 (< 0.05)으로 상관계수 있음.
- 상관계수 크기 : 상관계수 0.703으로 높은 양의 상관계수 임.

<Figure 3-4> Example of Correlation Analysis (Minitab utilization).

3.2.5. 회귀 분석의 기본개념³⁾

회귀분석이란 변수들 중에서 주된 관심이 되는 변수 하나를 종속변수로 설정하고 나머지 변수들을 독립변수로 하는 선형모형의 유의성을 규명하는 통계적 기법이다. 상관분석이 둘 이상의 변수들이 어느 정도 상관관계를 갖고 있는가를 파악하는데 목적이 있는 반면 회귀분석은 독립변수와 종속변수의 선형 관계식을 통해 종속변수의 값을 예측하는데 주된 목적이 있다.

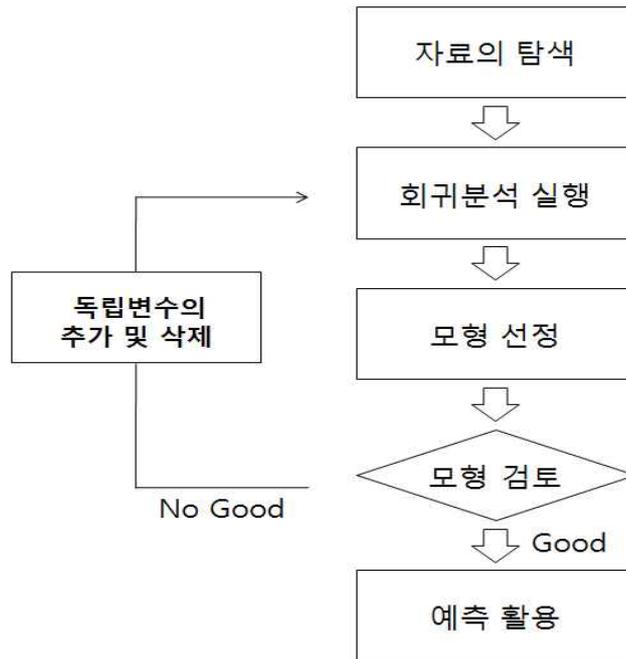
단순 선형 회귀모형은 1개의 독립변수(X)와 1개의 종속변수(Y)간의 직선관계를 나타내는 모형으로써 가장 기본이 되는 회귀 모형이다. 회귀모형은 다음과 같다.

$$Y = b_0 + b_1X + c$$

여기서, 종속변수(X)는 주어진 상수로 가주되며 회귀계수 b_0 와 b_1 은 독립변수와 종속변수의 구체적인 선형관계의 형태를 결정짓는 상수로 우리가 아직 모르고 있는 모수이며, c 는 오차항으로 평균이 0이고 분산이 σ^2 인 정규분포를 따른다

³⁾유성모 외(2006), Minitab으로 배우는 기초통계, 이레테크

고 가정한다. 이를 확률변수인 Y 는 평균이 $b_0 + b_1X$ 이고 σ^2 인 정규분포를 따른다고 가정한다는 것을 의미한다.



<Figure 3-5> Regression Procedure.

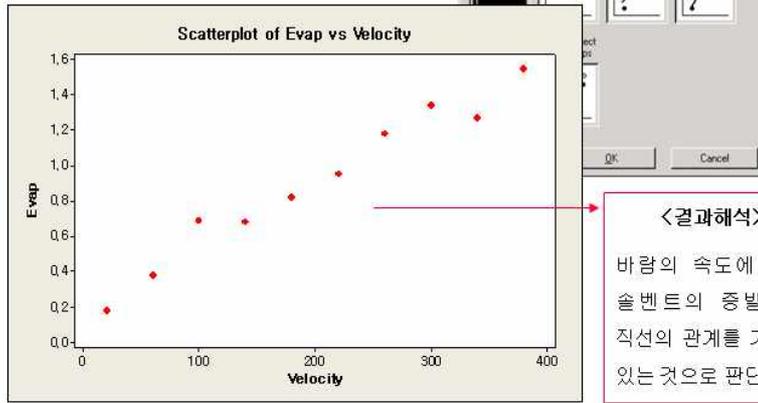
3.2.6. 회귀 분석

예제: 도장물의 건조조건을 최적화 하려고 한다. Blower Fan에 의한 바람의 속도가 솔벤트의 증발성에 영향을 준다고 알려져 있어, 그 관계성을 파악하기 위해 실험을 통하여 아래와 같은 결과를 얻었다. 적합한 관계식을 구하시오

> 실험 결과 데이터

C1	C2
Velocity	Evap
20	0.18
60	0.38
100	0.69
140	0.68
180	0.82
220	0.95
260	1.18
300	1.34
340	1.27
380	1.55

> 1단계 : 그래프 분석. Graph > ScatterPlot



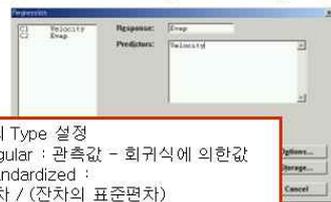
<결과해석>

바람의 속도에 따라
솔벤트의 증발량은
직선의 관계를 가지고
있는 것으로 판단됨.

[Figure 3-6] Example_1 of Regression Analysis (Minitab utilization).

> 2단계 : 회귀식 도출 및 신뢰성 검정

MINITAB Stat > Regression > Regression...



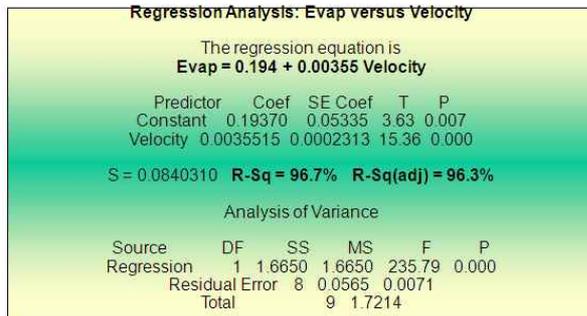
잔차의 Type 설정
1. Regular : 관측값 - 회귀식에 의한값
2. Standardized :
잔차 / (잔차의 표준편차)

Graphs... : 잔차분석에 활용할 그래프



잔차 Plot의 종류
1. 잔차의 히스토그램
2. 잔차의 정규확률 Plot
3. 잔차와 회귀값의 산점도
4. 잔차와 Data의 순서와의 Plot

◎ 회귀분석 결과 (Session 창)



<결과해석>

- 회귀식의 전반적인 신뢰성은 R-Sq 또는 R-Sq(adj)로 판단 : 최소 64% 이상
- R-Sq(adj)는 독립변수가 두개 이상일 경우에 사용함.
- 2차적으로 ANOVA Table의 P값으로 판단 : 귀무가설은 "회귀식은 0 이다" 임.
- 마지막으로 각 회귀계수에 대한 가설검정 : 귀무가설은 "계수는 0 이다" 임.

<Figure 3-7> Example_2 of Regression Analysis (Minitab utilization).

> 3단계 : 회귀식 가정에 대한 검토 (잔차분석)

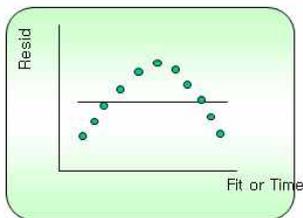
• 잔차에 대한 가정

- 잔차(Residual)의 평균은 항상 "0.0" 이 되어야 함.
- 잔차(Residual)는 정규분포를 따라야 함.
- 잔차(Residual)는 무작위(Random)로 분포해야 함.

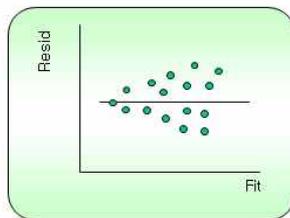
잔차는 어떠한 경향을 가져서도 안됨.
(경향성을 가지면 회귀식이 정확하지 않음을 의미)

• 경향성에 대한 예

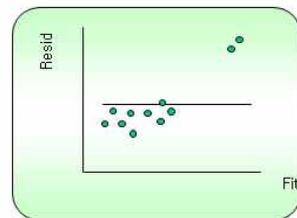
곡선의 형태



시간의 경과에 따른 경향



한 두개의 극한값



<Figure 3-8> Example_3 of Regression Analysis (Minitab utilization).

IV. 회전교차로공사 개략공사비 모델 개발

4.1. 회전교차로공사 실적자료 수집

본 연구에서는 제주도내의 회전교차로공사의 초기 공사사비 추론 모델의 개발을 위해 총 25개의 회전교차로공사의 설계도면, 산출내역서, 물량내역서, 설계보고서 등으로 구성된 회전교차로공사 실적자료를 수집하여 <Table 4-1>에 목록을 제시하였으며, <Figure 4-1>은 본 연구를 위해 수집된 실적자료의 구성요소를 나타낸 것이다.

<Table 4-1> List of Roundabouts Results.

연번	교차로명	형태	설계유형	내접원직경	설계년도	도급공사비(원)	비고
1	송악도서관 입구	4지	지방 1차로	30m	2012.01	157,840,000	
2	대정문화 체육센터	4지	지방 1차로	30m	2012.01	100,000,000	
3	사계리택지개발 지구	3지	지방 1차로	30m	2012.01	119,000,000	
4	수산2리 교차로	3지	지방 1차로	30m	2012.04	148,047,000	
5	세화1리 교차로	4지	지방 1차로	30m	2012.04	165,885,000	
6	상모2리 교차로	4지	지방 1차로	30m	2012.04	168,284,000	
7	청수리 교차로	4지	지방 1차로	30m	2012.02	226,350,000	
8	무릉2리 오거리	5지	지방 1차로	30m	2012.02	98,850,000	
9	무릉2리 농공단지	4지	지방 1차로	30m	2012.02	192,542,000	

10	봉성리 교차로	3지	지방 1차로	30m	2012.02	135,410,000	
11	명월리 교차로	3지	지방 1차로	30m	2012.02	129,800,000	
12	두모리 교차로	3지	지방 1차로	30m	2012.02	133,980,000	
13	교래리 교차로	3지	지방 1차로	30m	2012.03	141,680,000	
14	와산리 교차로	4지	지방 1차로	30m	2012.03	190,300,000	
15	대흘리 교차로	3지	지방 1차로	30m	2012.03	95,700,000	
16	한남리 교차로	4지	지방 1차로	30m	2012.03	163,240,000	
17	수산체육관 교차로	3지	지방 1차로	30m	2012.03	112,860,000	
18	광평리 교차로	4지	지방 1차로	30m	2012.03	116,710,000	
19	수산2리 교차로	3지	지방 1차로	30m	2013.02	124,739,000	
20	장전리 교차로	4지	지방 1차로	30m	2013.01	104,900,000	
21	명월리 교차로	4지	지방 1차로	30m	2013.01	145,900,000	
22	사계리 교차로	4지	지방 1차로	30m	2013.01	103,400,000	
23	난산리 교차로	3지	지방 1차로	30m	2013.01	92,500,000	
24	평대리 교차로	3지	지방 1차로	30m	2013.01	98,000,000	
25	덕천리 교차로	3지	지방 1차로	30m	2013.01	102,400,000	

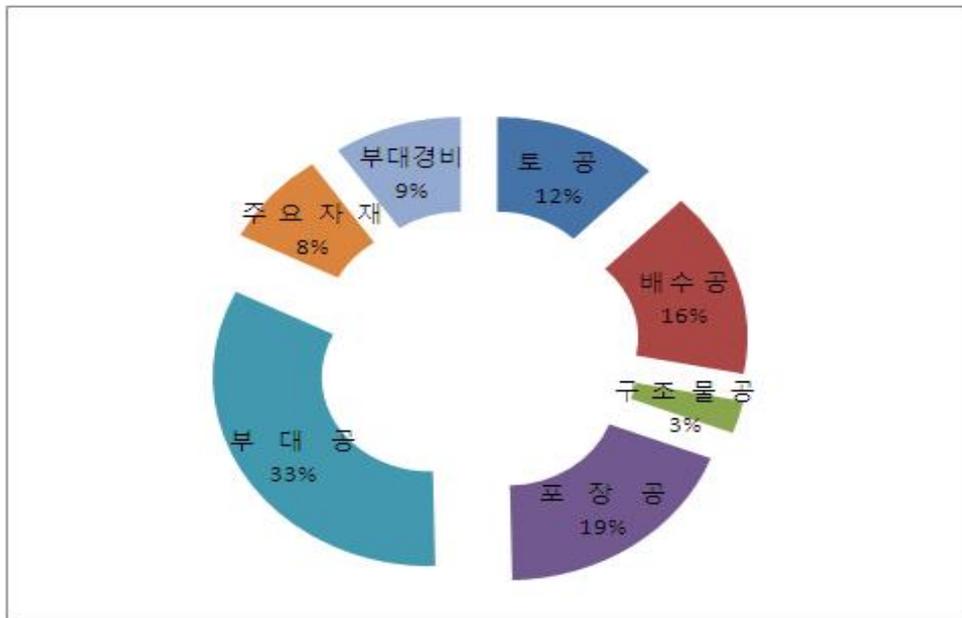
실시설계보고서	<ul style="list-style-type: none"> • 시공될 공사의 성격 및 개요를 비롯하여 공사 전반에 관한 내용을 설명한 보고서
물량내역서	<ul style="list-style-type: none"> • 공종별 목적물을 구성하는 품목 또는 비목과 동 품목 또는 비목의 규격·수량·단위 등이 표시된 내역서
산출내역서	<ul style="list-style-type: none"> • 입찰금액 또는 계약금액을 구성하는 물량, 규격, 단위, 단가 등을 기재한 내역서
설계도면	<ul style="list-style-type: none"> • 시공될 공사의 성격과 범위를 표시하고 설계자의 의사를 일정한 약속에 근거하여 그림으로 표현한 도서

<Figure 4-1> Components of Collected Performance Data(김선욱, 2011).

4.2. 회전교차로의 세부공종 및 영향인자 분석

4.2.1. 세부공종 분석

본 연구는 회전교차로공사의 공종별 공사비 비율을 도출하기 위해 수량산출서상의 수량을 내역서의 수량값에 입력시킴으로써 토공, 배수공, 구조물공, 포장공, 부대공, 주요자재, 부대경비의 비율을 보다 정확하게 할 수 있도록 내역분개 작업을 실시하였으며 다음과 같이 대표공종 및 세부공종을 분류하여 보았다.



<Figure 4-2> Cost Distribution of Major Construction.

<Table 4-2> Classification of Roundabouts Detailed Construction.

토공	12%	1)깨기 및 절단공	70%
		2)표토제거공	2%
		3)흙깎기공	6%
		4)노반준비공	2%
		5)흙쌓기공	3%
		6)사토운반공	16%
		7)비탈면보호공	1%
배수공	16%	1)배수토공	6%
		2)우수관부설공	63%

		3)우수맨홀설치공	6%
		4)J형옹벽배수로설치공	7%
		5)L형측구설치공	8%
		6)V형측구복개설치공	1%
		7)U형측구설치공	2%
		8)빗물받이설치공	2%
		9)집수정설치공	4%
		10)면벽설치공	1%
구조물공	3%	1)구조물토공	2%
		2)전석쌓기공	98%
포장공	19%	1)아스콘포장공	28%
		2)콘크리트블럭포장공	20%
		3)보도블럭설치공	5%
		4)녹지대설치공	16%
		5)중분대경계석설치공	6%
		6)화물차터크경계석설치공	6%
		7)녹지대경계석설치공	17%
		8)도로경계석설치공	1%
부대공	33%	1)공사안내표지판	2%
		2)교통표지판설치공	35%
		3)대형2,3방향표지판설치공	27%
		4)방지턱포장공	2%
		5)차선도색	18%
		6)전기관로부설공	2%
		7)돌담쌓기공	3%
		8)가드레일설치공	0%
		9)교통신호수	11%
		10)수목이식공	0%
주요자재	8%	1)아스팔트	18%
		2)보조기층	79%
		3)석분	2%
		4)모래	1%
부대경비	9%	1)중기운반비	22%
		2)자재운반비	70%
		3)가설사무실	8%

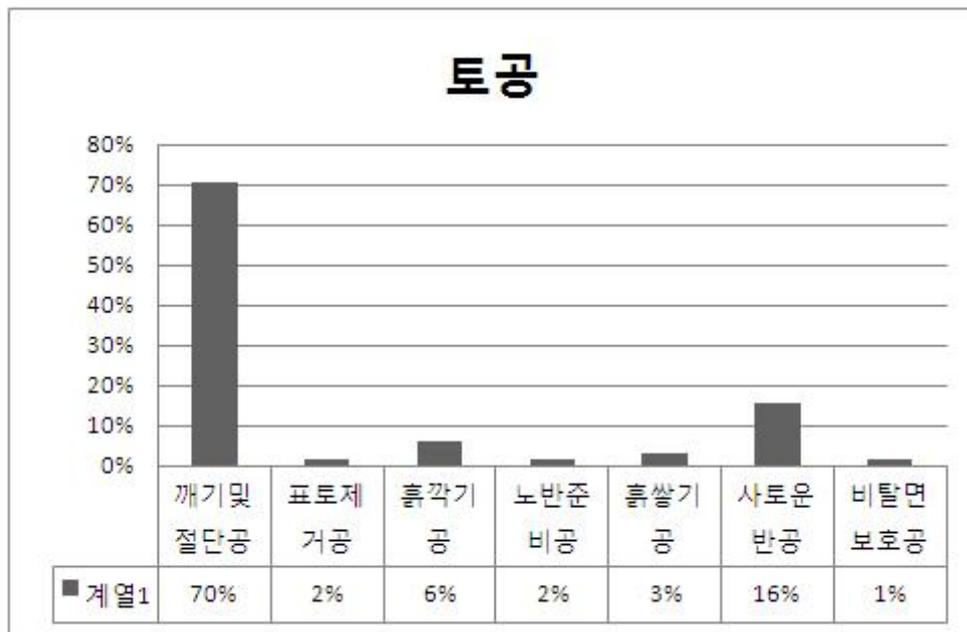
내역서의 분류체계는 크게 토공, 배수공, 구조물공, 포장공, 부대공, 주요자재, 부대경비의 대공종으로 분류하였고, <Table 4-2>의 세부공종으로 나누어 분석하였다.

4.2.2. 영향요인 도출

수집된 실적 중 보고서, 도면, 수량산출서, 내역서 등을 통하여 공사비에 영향을 미치는 요인들을 도출하기 위한 기초자료로 사용하였으며, 각 회전교차로공사의 설계사가 다르기 때문에 대공종은 같으나 세부공종의 차이로 인하여 동일한 조건의 자료를 분석하기 위해 전체 25개의 실적 자료 중 19개의 자료를 갖고 분석을 실시하였다.

(1) 토공

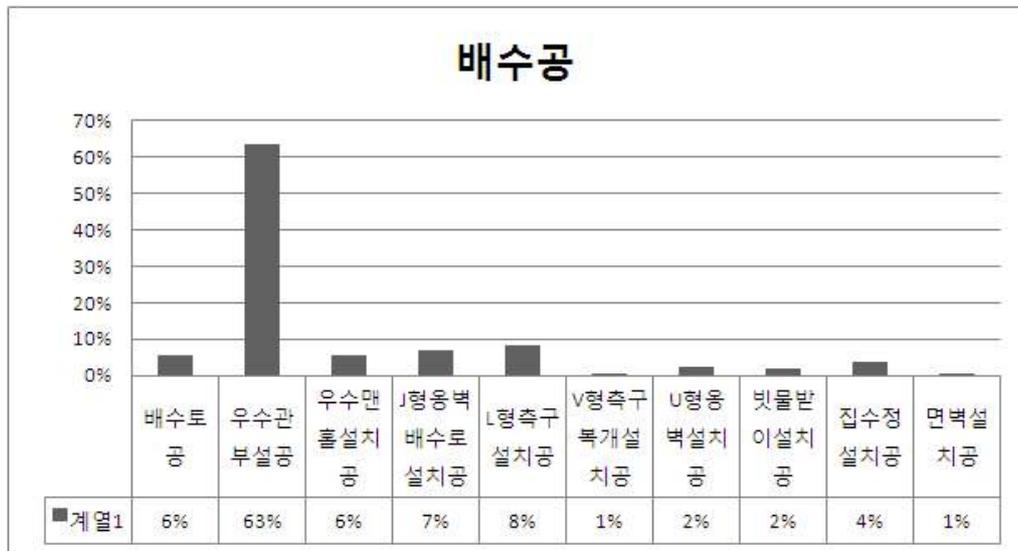
토공의 경우 <Figure 4-3>에서 보는바와 같이 깨기 및 절단공 및 사토 운반공 등이 공사비에 크게 영향을 미치는 것으로 나타났다.



<Figure 4-3> Cost Distribution of Earthwork Detailed Construction.

(2) 배수공

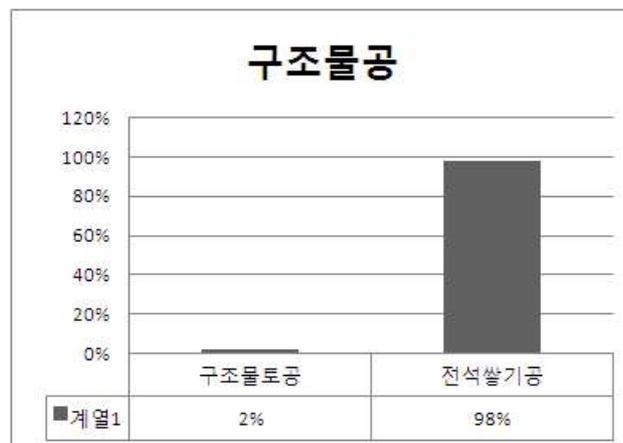
배수공의 경우 <Figure 4-4>에서 보는바와 같이 우수관 부설공이 공사비에 크게 영향을 미치는 것으로 나타났다.



<Figure 4-4> Cost Distribution of Drain Hole Detailed Construction.

(3) 구조물공

구조물공의 경우 공종이 단순하여 <Figure 4-5>에서 보는바와 같이 전석쌓기공이 공사비에 크게 영향을 미치는 것으로 나타났다.

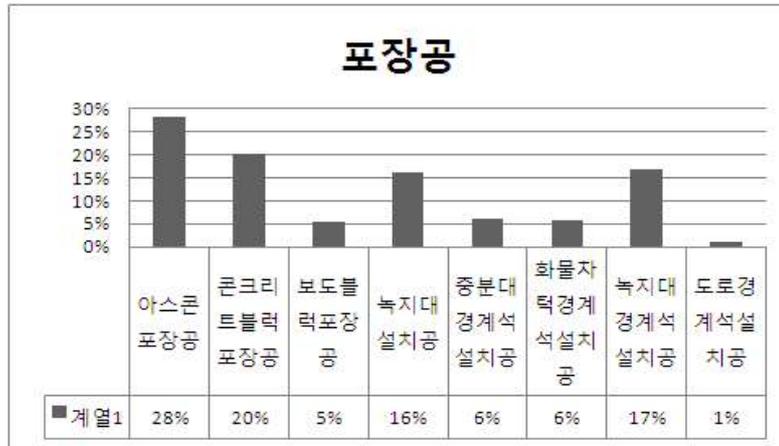


<Figure 4-5> Cost Distribution of Structures Detailed Construction.

(4) 포장공

포장공의 경우 <Figure 4-6>에서 보는바와 같이 아스콘 포장공, 콘크리트블럭 포장공, 녹지대설치공, 녹지대경계석설치공 등 많은 세부공종에서 공사비에 영향

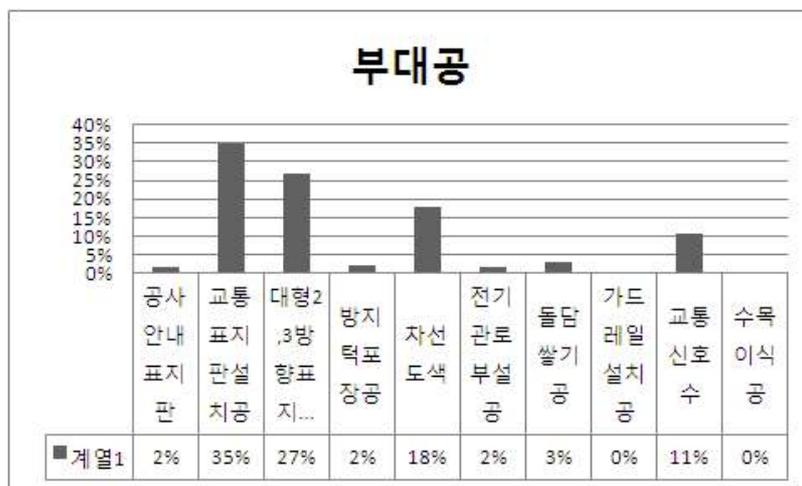
을 미치는 것으로 나타났다.



<Figure 4-6> Cost Distribution of Packaging Detailed Construction.

(5) 부대공

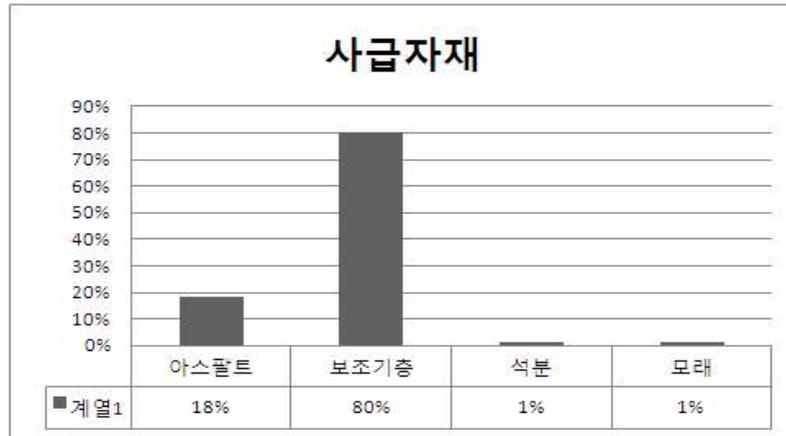
부대공의 경우 <Figure 4-7>에서 보는바와 같이 교통표지판설치공, 대형2, 3 방향표지판설치공, 차선도색, 교통신호수 등 많은 세부공종에서 공사비에 영향을 미치는 것으로 나타났다.



<Figure 4-7> Cost Distribution of Appurtenant Work Detailed Construction.

(6) 사급자재

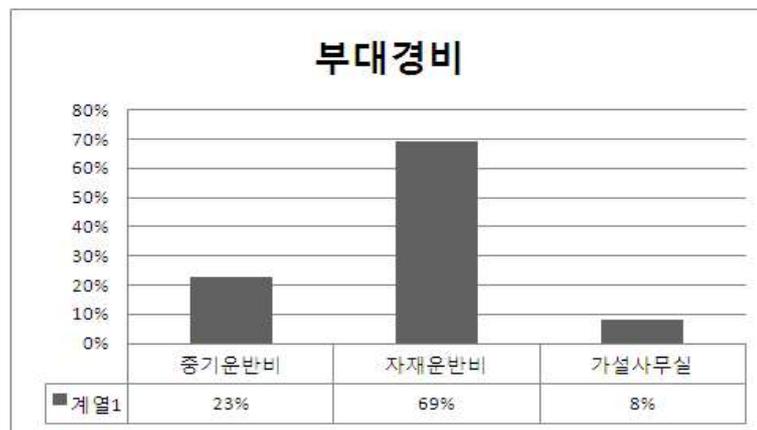
사급자재의 경우 <Figure 4-8>에서 보는 바와 같이 아스팔트와 보조기층이 공사비에 크게 영향을 미치는 것으로 나타났다.



<Figure 4-8> Cost Distribution of Main Materials Detailed Construction.

(7) 부대경비

부대경비의 경우 <Figure 4-9>에서 보는 바와 같이 중기운반비와 자재운반비가 공사비에 크게 영향을 미치는 것으로 나타났다.



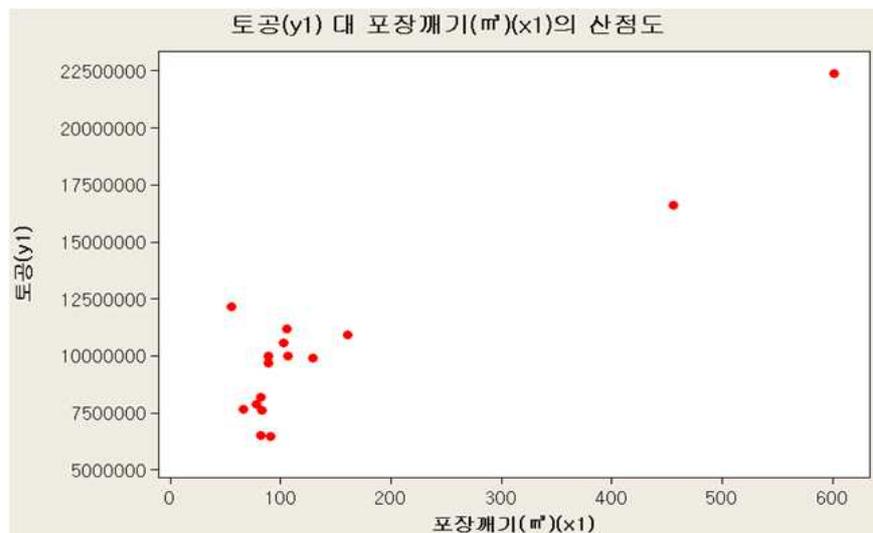
[Figure 4-9] Cost Distribution of Incidental Expenses Detailed Construction.

4.3. 선정된 실적자료 통계분석

본 연구에서는 수집된 회전교차로공사 자료 25개의 자료 중 22개의 자료에 대해 회귀분석을 실시하여 회귀식을 도출 하였고 도출된 회귀식에 대해 비정상적 자료 및 수집 자료의 유의성을 판단하여 비정상적인 자료를 제외한 16개의 자료에 대해 다시 회귀분석을 실행하여 최적의 회귀식을 도출 하였다. 총 25개의 자료에서 회귀식 도출에 22개의 자료가 사용되었으며 나머지 3개의 자료는 도출된 회귀식에 대하여 검증하는데 사용되었다.

4.3.1. 토공 대 포장깨기의 상관 분석

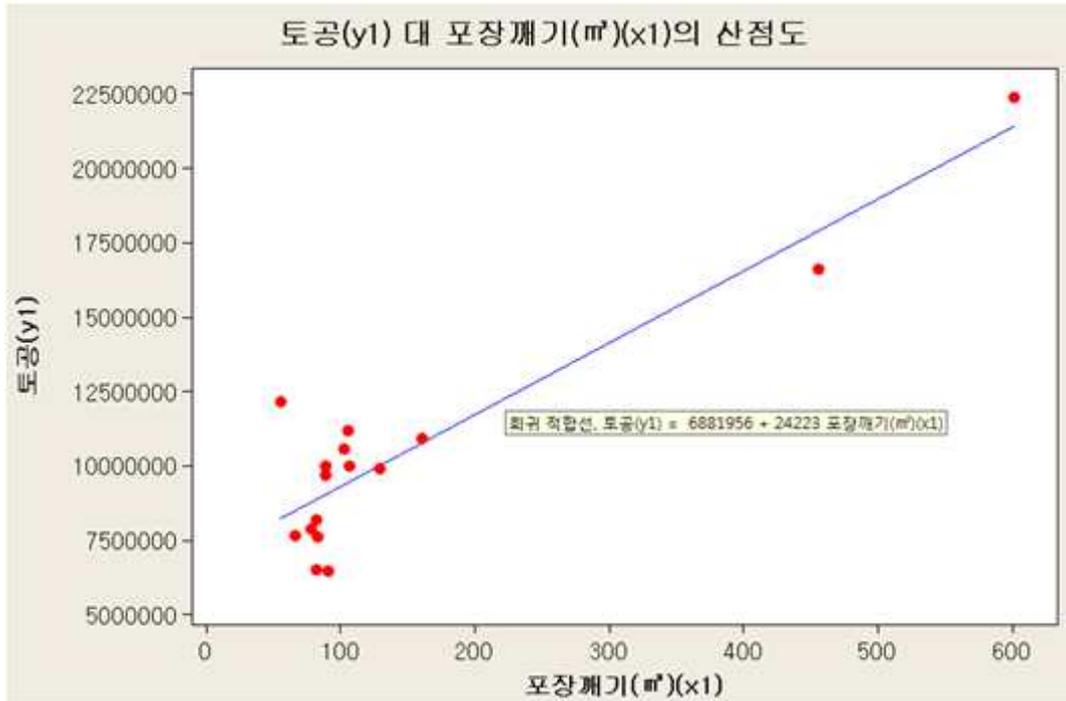
분석 결과 표본상관계수 0.914라는 것은 토공과 포장깨기 간에 선형관계의 정도가 약 0.914라는 것을 의미하며 상관계수의 부호가 양이라는 것은 포장깨기 수량이 많을수록 토공 공사비가 늘어난다는 것을 시사하고 있다. 모상관계수 검정 통계량의 확률값은 0.000으로 0.05보다 작으므로 유의관계가 있음을 의미한다.



상관 분석: 토공(y1), 포장깨기(㎡)(x1)

토공(y1)와(과) 포장깨기(㎡)(x1)의 Pearson 상관 계수 = 0.914
P-값 = 0.000

<Figure 4-10> Minitab Correlation Analysis for Package Breaking Vs. Earthwork.



회귀 분석: 토공(y1) 대 포장깨기(㎡)(x1)

회귀 방정식
 토공(y1) = 6881956 + 24223 포장깨기(㎡)(x1)

예측 변수	계수	계수 SE	T	P
상수	6881956	603141	11.41	0.000
포장깨기(㎡)(x1)	24223	2881	8.41	0.000

S = 1704393 R-제곱 = 83.5% R-제곱(수정) = 82.3%

분산 분석

출처	DF	SS	MS	F	P
회귀	1	2.05407E+14	2.05407E+14	70.71	0.000
잔차	14	4.06694E+13	2.90496E+12		
총계	15	2.46076E+14			

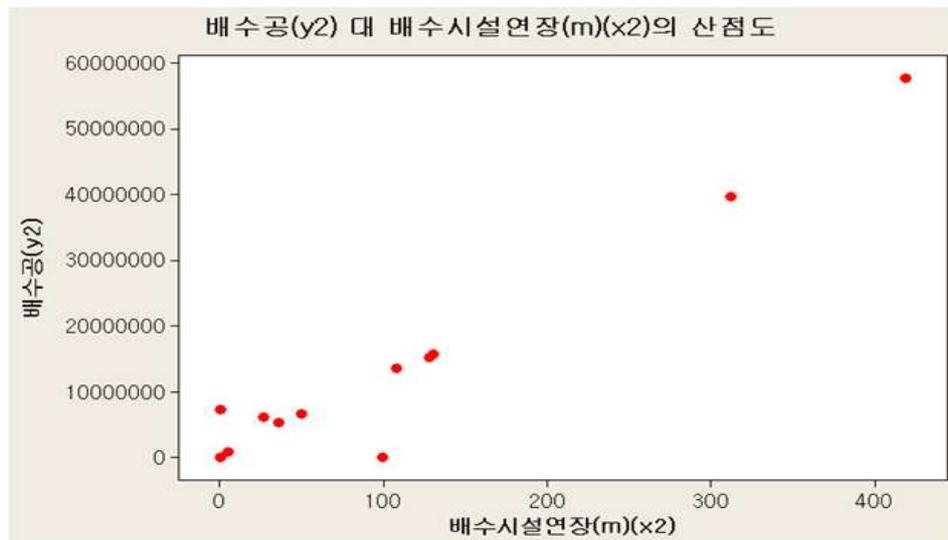
<Figure 4-11> Minitab Regression for Package Breaking Vs. Earthwork

분석 결과 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 83.5%로 토공의 총 공사비 중 포장깨기로 설명할 수 있는 부분이

83.5%라는 것을 의미한다. 분산분석 표의 P-값이 0.000인 것으로 보아 회귀모형이 유의하다는 것을 알 수 있다.

4.3.2. 배수공 대 배수시설 연장의 상관 분석

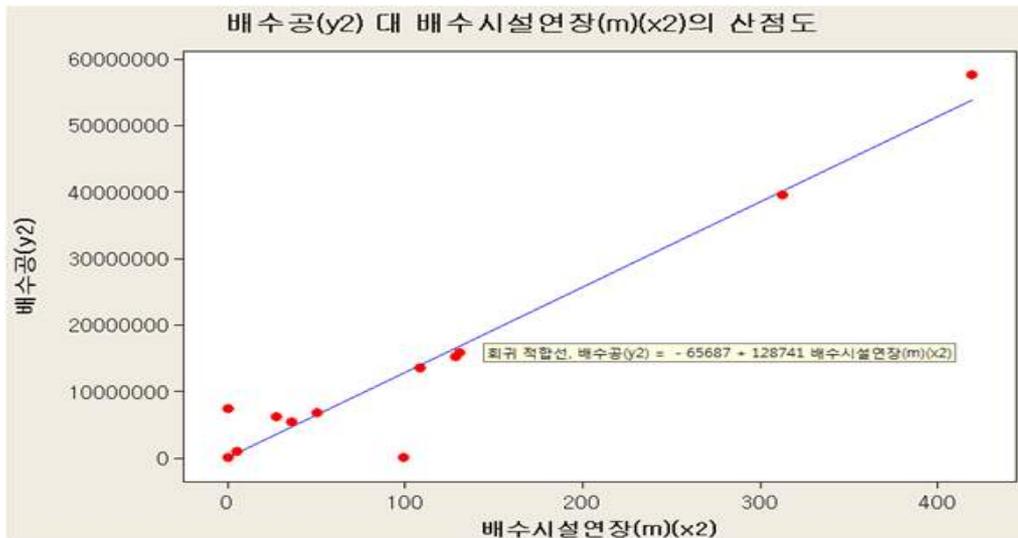
분석 결과 표본상관계수 0.969라는 것은 배수공과 배수시설 연장 간에 선형관계의 정도가 약 0.969라는 것을 의미하며 상관계수의 부호가 양이라는 것은 배수시설 연장이 늘어날수록 배수공 공사비가 늘어난다는 것을 시사하고 있다. 모상관계수 검정 통계량의 확률값은 0.000으로 0.05보다 작으므로 유의관계가 있음을 의미한다.



상관 분석: 배수공(y2), 배수시설연장(m)(x2)

배수공(y2)와(과) 배수시설연장(m)(x2)의 Pearson 상관 계수 = 0.969
P-값 = 0.000

<Figure 4-12> Minitab Correlation Analysis for Extended Drainage Vs. Drain Hole.



회귀 분석: 배수공(y2) 대 배수시설연장(m)(x2)

회귀 방정식
배수공(y2) = - 65687 + 128741 배수시설연장(m) (x2)

예측 변수	계수	계수 SE	T	P
상수	-65687	1262756	-0.05	0.959
배수시설연장(m) (x2)	128741	8763	14.69	0.000

S = 4150339 R-제곱 = 93.9% R-제곱(수정) = 93.5%

분산 분석

출처	DF	SS	MS	F	P
회귀	1	3.71748E+15	3.71748E+15	215.81	0.000
잔차 오차	14	2.41154E+14	1.72253E+13		
총계	15	3.95863E+15			

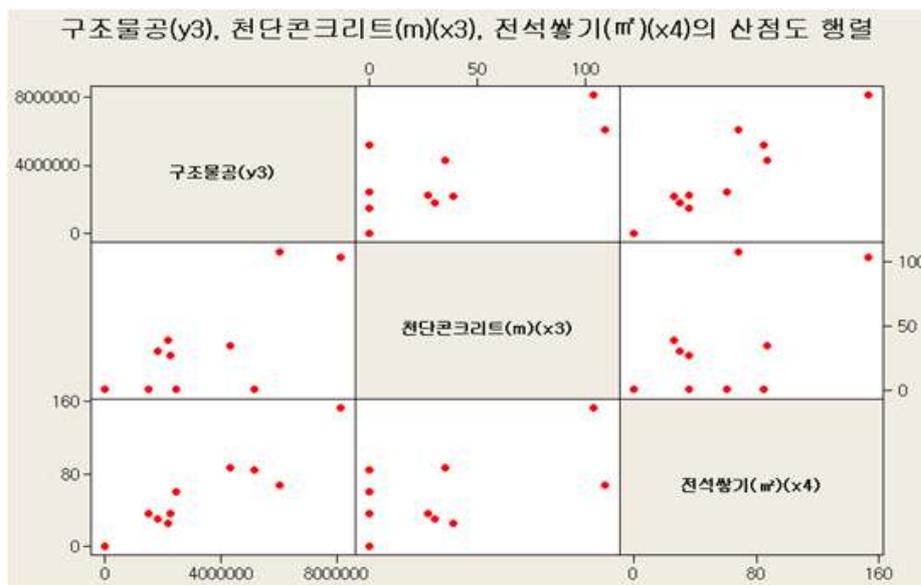
<Figure 4-13> Minitab Regression Analysis for Extended Drainage Vs. Drain Hole.

분석 결과 회귀계수의 유의성을 살펴보면, 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 의미 하고, 엔지니어 입장에서 중요한 기울기는 통계적으로 유의하다는 것을 의미한다. 따라서 위 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. 구조물공 대 천단콘크리트, 전석쌓기의 상관 분석

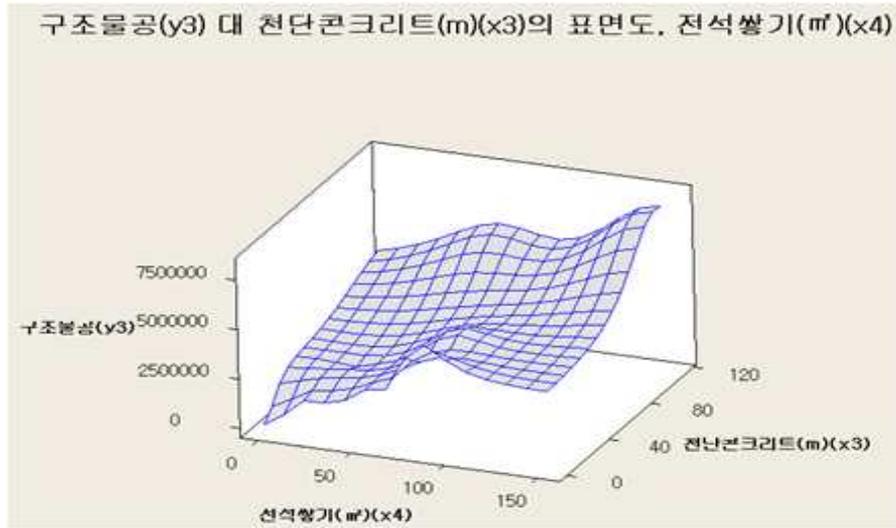
분석결과 표본상관계수가 각각 0.812, 0.962라는 것은 구조물공과 천단콘크리트 연장 및 전석쌓기 수량 간에 선형관계의 정도가 각각 약 0.812와 0.962라는 것을 의미하며 상관계수의 부호가 양이라는 것은 천단콘크리트 연장과 전석쌓기 수량이 늘어날수록 구조물공 공사비가 늘어난다는 것을 시사하고 있다. 모상관계수 검정 통계량의 확률값은 0.000으로 0.05보다 작으므로 유의관계가 있음을 의미한다.



상관 분석: 구조물공(y3), 천단콘크리트(m)(x3), 전석쌓기(m²)(x4)

	구조물공(y3)	천단콘크리트(m)(
천단콘크리트(m)(0.812 0.000	
전석쌓기(m ²)(x4)	0.962 0.000	0.694 0.003

<Figure 4-14> Minitab Correlation Analysis for Structures Vs. Crown Concrete, Boulder Stone Pile.



회귀 분석: 구조물공(y3) 대 천단콘크리트(m)(x3), 전석쌓기(㎡)(x4)

회귀 방정식

$$\text{구조물공}(y3) = 87348 + 19704 \text{ 천단콘크리트}(m)(x3) + 44258 \text{ 전석쌓기}(㎡)(x4)$$

예측 변수	계수	계수 SE	T	P
상수	87348	166566	0.52	0.609
천단콘크리트(m)(x3)	19704	5036	3.91	0.002
전석쌓기(㎡)(x4)	44258	4110	10.77	0.000

S = 508354 R-제곱 = 96.6% R-제곱(수정) = 96.0%

분산 분석

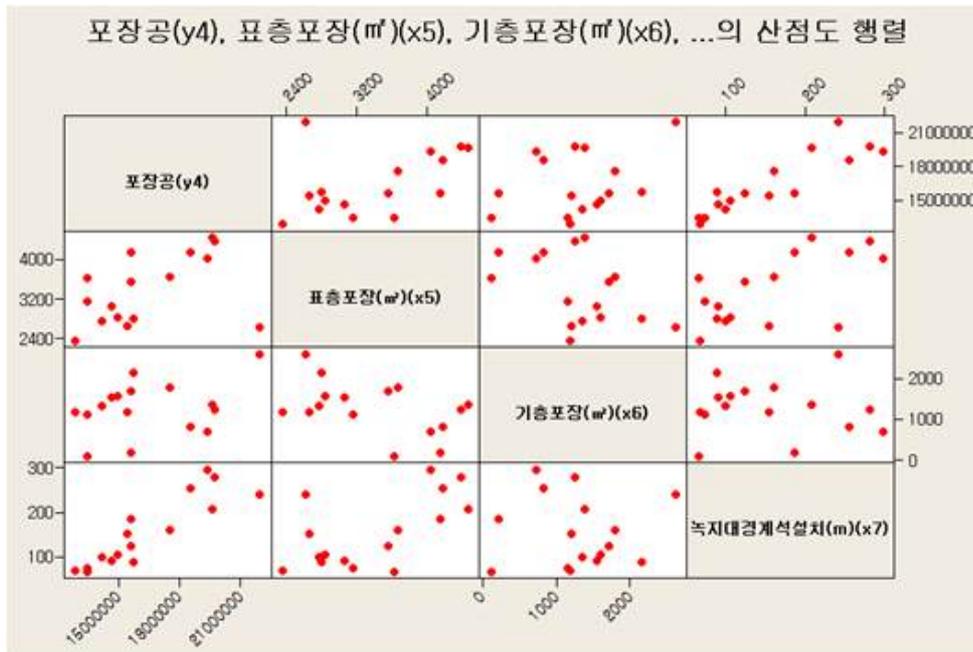
출처	DF	SS	MS	F	P
회귀	2	9.47129E+13	4.73564E+13	183.25	0.000
잔차 오차	13	3.35950E+12	2.58423E+11		
총계	15	9.80724E+13			

<Figure 4-15> Minitab Regression Analysis for Structures Vs. Crown Concrete, Boulder Stone Pile.

분석 결과 회귀계수의 유의성을 살펴보면 엔지니어 입장에서 중요한 기울기에 대한 P-값이 각각 0.002, 0.000로 일반적인 유의수준 0.05보다 작다. 이는 기울기가 통계적으로 유의하다는 것을 의미한다. R-제곱 값은 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. 포장공 대 표층포장, 기층포장, 녹지대경계석의 상관 분석

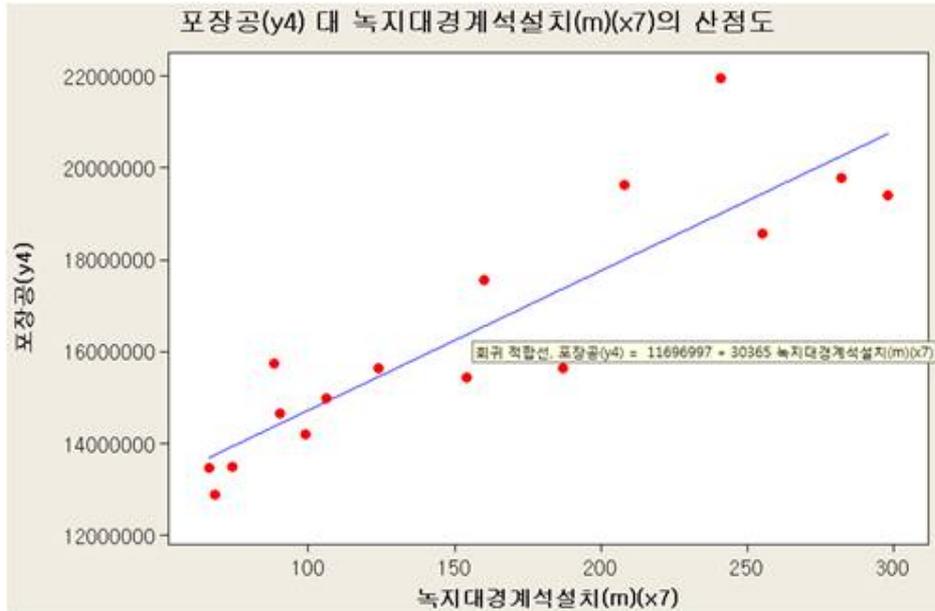
분석 결과 표본상관계수가 각각 0.468, 0.330, 0.893이라는 것은 포장공과 표층포장, 기층포장 간에는 유의관계가 없음을 의미하며 포장공과 녹지대경계석의 간에 선형관계의 정도가 약 0.893라는 것을 의미하며 상관계수의 부호가 양이라는 것 녹지대경계석 수량이 늘어날수록 포장공 공사비가 늘어난다는 것을 시사하고 있다. 모상관계수 검정 통계량의 확률값은 0.000으로 0.05보다 작으므로 유의관계가 있음을 의미한다.



상관 분석: 포장공(y4), 표층포장(m²)(x5), 기층포장(m²)(x6), 녹지대경계석설치(m)

	포장공(y4)	표층포장(m²)(x5)	기층포장(m²)(x6)	녹지대경계석설치(m)(x7)
표층포장(m²)(x5)	0.468 0.067			
기층포장(m²)(x6)	0.330 0.212	-0.472 0.065		
녹지대경계석설치	0.893 0.000	0.624 0.010	-0.035 0.899	

<Figure 4-16> Minitab Correlation Analysis for Packaging Vs. Surface Packaging, Substrates Packaging, Greenbelt Borders Installation.



회귀 분석: 포장공(y4) 대 녹지대경계석설치(m)(x7)

회귀 방정식
 포장공(y4) = 11696997 + 30365 녹지대경계석설치(m)(x7)

예측 변수	계수	계수 SE	T	P
상수	11696997	713489	16.39	0.000
녹지대경계석설치(m)(x7)	30365	4095	7.41	0.000

S = 1262667 R-제곱 = 79.7% R-제곱(수정) = 78.3%

분산 분석

출처	DF	SS	MS	F	P
회귀	1	8.76564E+13	8.76564E+13	54.98	0.000
잔차 오차	14	2.23206E+13	1.59433E+12		
총계	15	1.09977E+14			

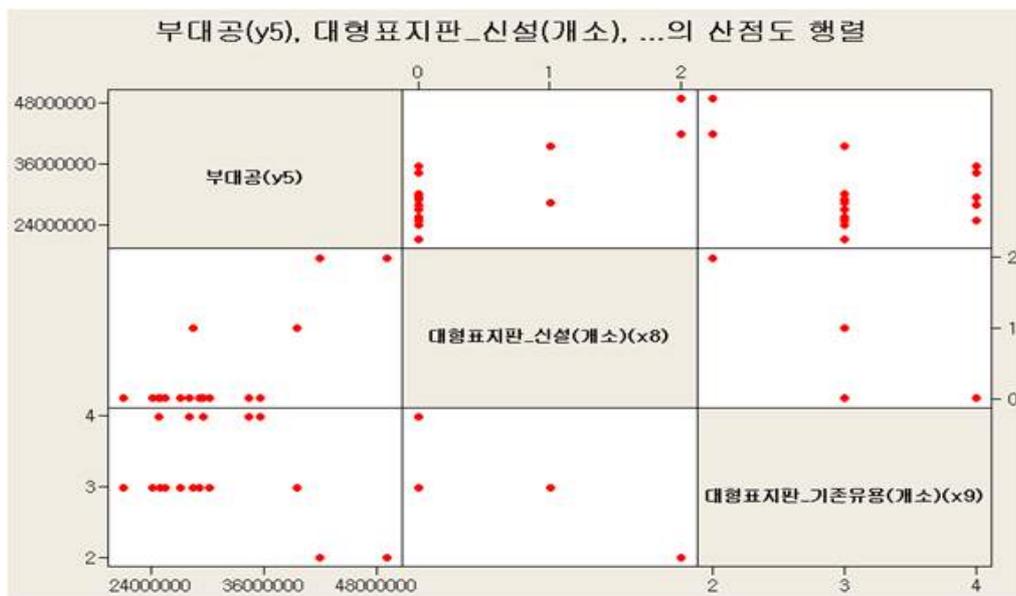
<Figure 4-17> Minitab Regression Analysis for Packaging Vs. Green Belt Borders Installation.

분석 결과 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-제곱 값은 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 회

귀모형이 유의하다는 것을 알 수 있다.

4.3.5. 부대공 대 대형표지판의 상관 분석

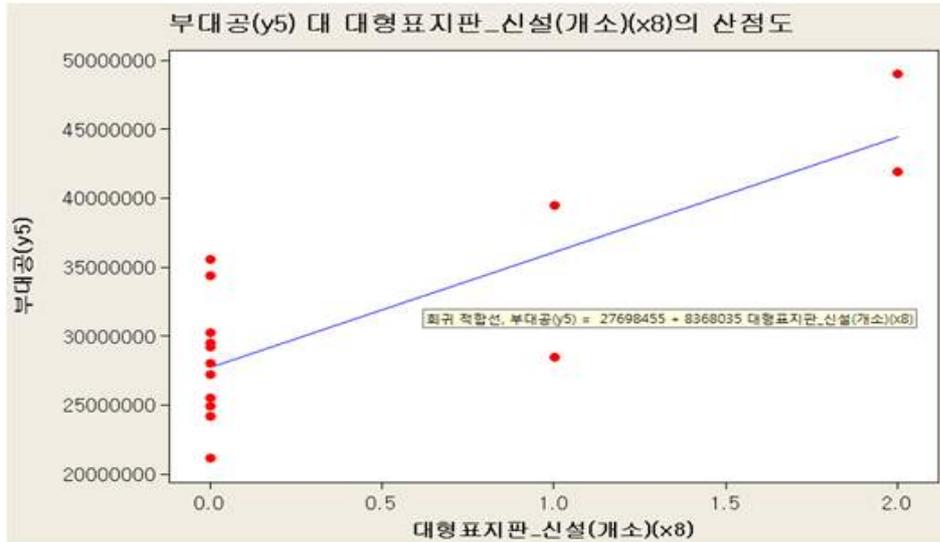
분석 결과 표본상관계수가 각각 0.806, -0.0425라는 것은 부대공과 대형표지판 신설과는 선형관계의 정도가 각 약 0.802것을 의미하며 부대공과 대형표지판 기존유용과는 유의관계가 없음을 의미한다. 대형표지판 신설의 상관계수의 부호가 양이라는 것은 대형표지판 신설 수량이 늘어날수록 부대공 공사비가 늘어난다는 것을 시사하고 있다. 모상관계수 검정 통계량의 확률값은 0.000으로 0.05보다 작으므로 유의관계가 있음을 의미한다.



상관 분석: 부대공(y5), 대형표지판_신설(개소)(x8), 대형표지판_기존유용(개소)(x9)

	부대공(y5)	대형표지판_신설(
대형표지판_신설(0.806 0.000	
대형표지판_기존	-0.425 0.101	-0.726 0.001

<Figure 4-18> Minitab Correlation Analysis for Appurtenant Work Vs. Large Signs Installation.



회귀 분석: 부대공(y5) 대 대형 표지판_신설(개소)(x8)

회귀 방정식

$$\text{부대공}(y5) = 27698455 + 8368035 \text{ 대형표지판_신설(개소)}(x8)$$

예측 변수	계수	계수 SE	T	P
상수	27698455	1299120	21.32	0.000
대형표지판_신설(개소)(x8)	8368035	1643272	5.09	0.000

S = 4574675 R-제곱 = 64.9% R-제곱(수정) = 62.4%

분산 분석

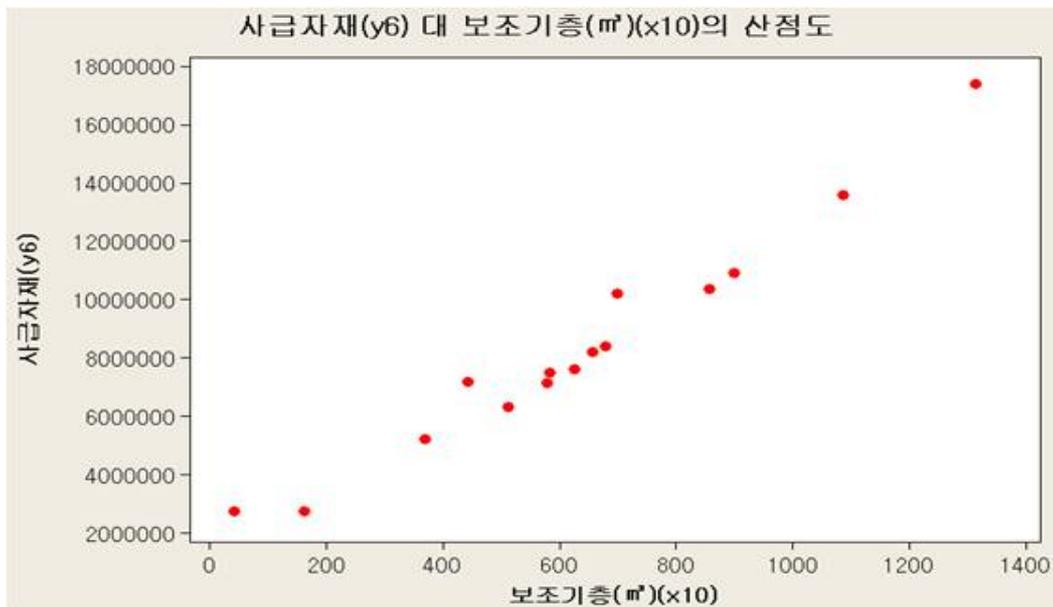
출처	DF	SS	MS	F	P
회귀	1	5.42686E+14	5.42686E+14	25.93	0.000
잔차 오차	14	2.92987E+14	2.09276E+13		
총계	15	8.35673E+14			

<Figure 4-19> Minitab Regression Analysis for Appurtenant Work Vs. Large Signs Installation.

분석 결과 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. 사급자재 대 보조기층의 상관 분석

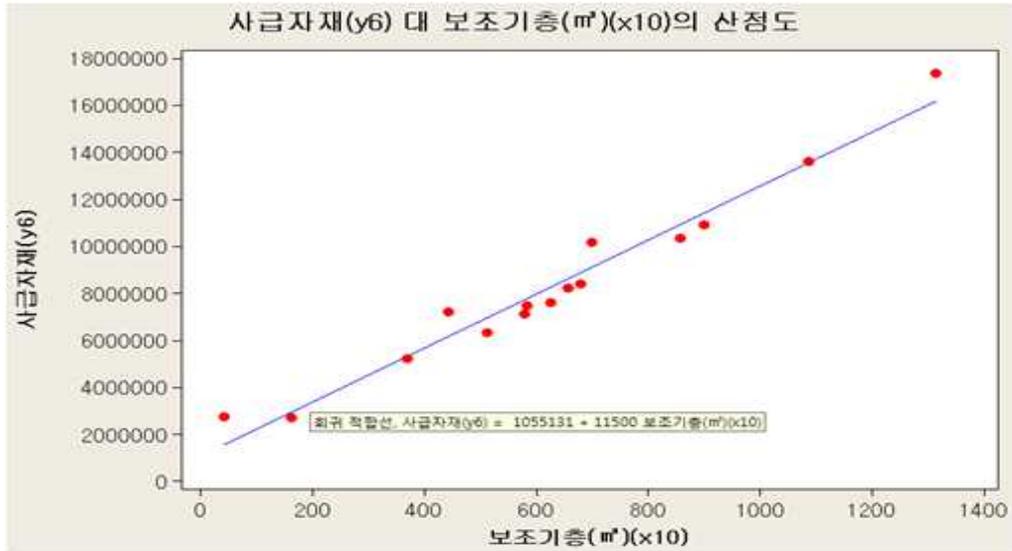
분석 결과 표본상관계수 0.982라는 것은 사급자재와 보조기층 간에 선형관계의 정도가 약 0.982라는 것을 의미하며 상관계수의 부호가 양이라는 것은 보조기층 수량이 증가할수록 사급자재비가 늘어난다는 것을 시사하고 있다. 모상관계수 검정 통계량의 확률값은 0.000으로 0.05보다 작으므로 유의관계가 있음을 의미한다.



상관 분석: 사급자재(y6), 보조기층(㎡)(x10)

사급자재(y6)와(과) 보조기층(㎡)(x10)의 Pearson 상관 계수 = 0.982
P-값 = 0.000

<Figure 4-20> Minitab Correlation Analysis for Materials Vs. Subbase.



회귀 분석: 사급자재(y6) 대 보조기층(㎡)(x10)

회귀 방정식

$$\text{사급자재}(y6) = 1055131 + 11500 \text{ 보조기층}(\text{㎡})(\times 10)$$

예측 변수	계수	계수 SE	T	P
상수	1055131	418831	2.52	0.025
보조기층(㎡)(x10)	11499.6	598.1	19.23	0.000

S = 731924 R-제곱 = 96.4% R-제곱(수정) = 96.1%

분산 분석

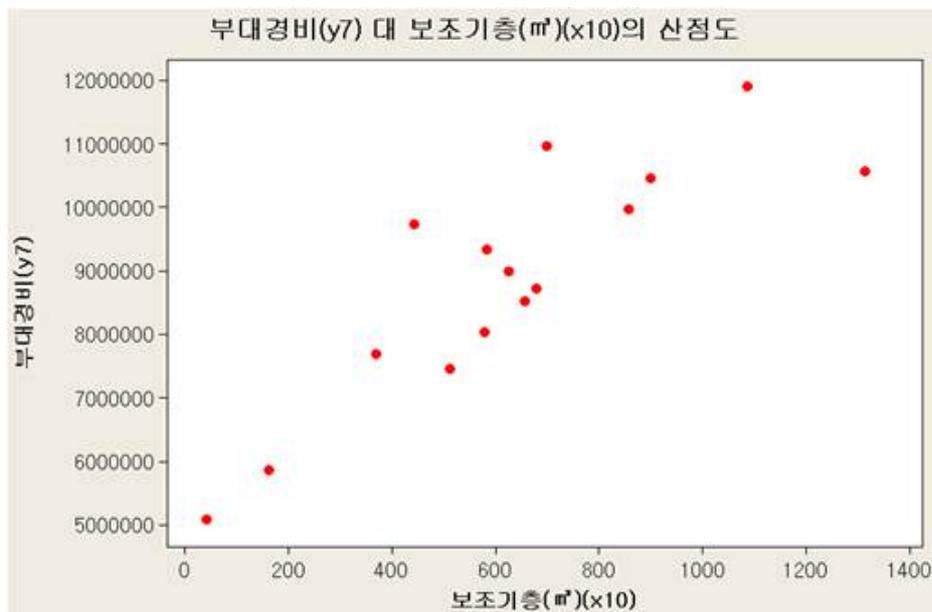
출처	DF	SS	MS	F	P
회귀	1	1.98060E+14	1.98060E+14	369.71	0.000
잔차 오차	14	7.49999E+12	5.35713E+11		
총계	15	2.05560E+14			

<Figure 4-21> Minitab Regression Analysis for Materials Vs. Subbase.

분석 결과 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 회귀 모형이 유의하다는 것을 알 수 있다.

4.3.7. 부대경비 대 보조기층의 상관 분석

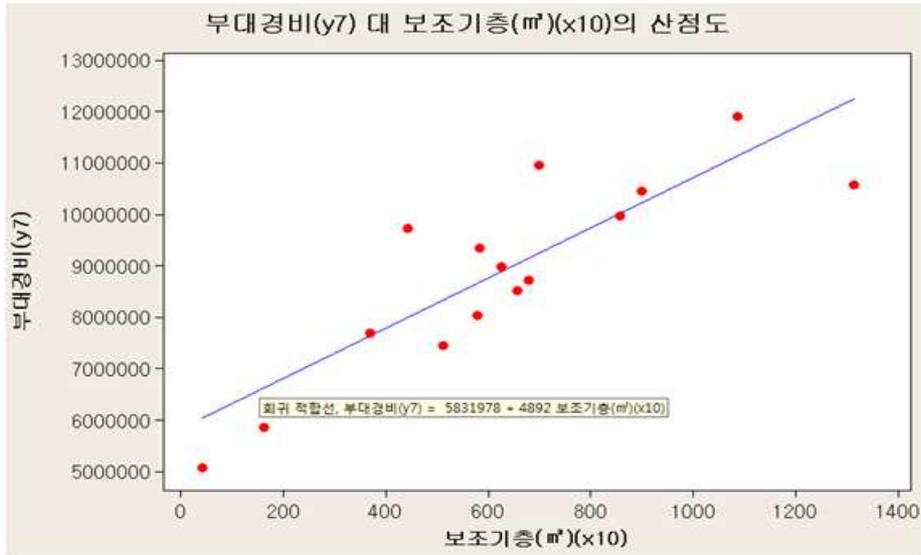
분석 결과 표본상관계수 0.852라는 것은 부대경비와 보조기층 간에 선형관계의 정도가 약 0.852라는 것을 의미하며 상관계수의 부호가 양이라는 것은 보조기층 수량이 증가할수록 부대경비 공사비가 늘어난다는 것을 시사하고 있다. 모상관계수 검정 통계량의 확률값은 0.000으로 0.05보다 작으므로 유의관계가 있음을 의미한다.



상관 분석: 부대경비(y7), 보조기층(㎡)(x10)

부대경비(y7)와(과) 보조기층(㎡)(x10)의 Pearson 상관 계수 = 0.852
P-값 = 0.000

<Figure 4-22> Minitab Correlation Analysis for Incidental Expenses Vs. Subbase.



회귀 분석: 부대경비(y7) 대 보조기층(㎡)(x10)

회귀 방정식
 부대경비(y7) = 5831978 + 4892 보조기층(㎡)(x10)

예측 변수	계수	계수 SE	T	P
상수	5831978	561504	10.39	0.000
보조기층(㎡)(x10)	4891.8	801.8	6.10	0.000

S = 981252 R-제곱 = 72.7% R-제곱(수정) = 70.7%

분산 분석

출처	DF	SS	MS	F	P
회귀	1	3.58395E+13	3.58395E+13	37.22	0.000
잔차 오차	14	1.34800E+13	9.62856E+11		
총계	15	4.93195E+13			

<Figure 4-23> Minitab Regression Analysis for Incidental Expenses Vs. Subbase.

분석 결과 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 회귀 모형이 유의하다는 것을 알 수 있다.

4.4. 회전교차로 개략공사비 산정 모델 검증

앞에서 개발된 회귀방정식의 검증을 위해 3곳의 현장에 대한 자료를 바탕으로 검증을 실시하였다. 검증자료에 대한 검증은 앞에서 분석한 16개의 데이터를 활용한 <Table 4-3>의 회귀방정식을 이용하여 설계서에 산출된 변수 수량을 대입하여 회귀방정식에 의한 추정금액과 설계금액을 비교하였다.

<Table 4-3> Regression Equation.

공 종	회귀방정식	변수	비고
토 공(Y_1)	$Y_1 = 6,881,956 + 24,223X_1$	X_1 =포장깨기	
배수공(Y_2)	$Y_2 = -65,687 + 128,741X_2$	X_2 =배수시설연장	
구조물공(Y_3)	$Y_3 = 87,348 + 19,704X_3 + 44,258X_4$	X_3 =천단콘크리트 X_4 =전석쌓기	
포장공(Y_4)	$Y_4 = 11,696,997 + 30,365X_7$	X_7 =녹지대경계석	
부대공(Y_5)	$Y_5 = 27,698,455 + 8,368,035X_8$	X_8 =대형표지판	
사급자재(Y_6)	$Y_6 = 1,055,131 + 11,500X_{10}$	X_{10} =보조기층	
부대경비(Y_7)	$Y_7 = 5,831,978 + 4,892X_{10}$	X_{10} =보조기층	

<Table 4-4> Model Validation of Construction Inference Outline

현 장	설계금액	추정금액	오차	오차율
A현장	86,136,516	89,372,976	-3,326,460	3.7%
B현장	90,025,502	92,107,519	-2,082,017	2.3%
C현장	75,852,434	80,526,369	-4,673,935	5.8%

회귀방정식을 통한 추정금액과 설계금액과의 비교 결과 각 현장에 대한 오차

율은 <Table 4-4>에서 보는바와 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. 세부 공종별 공사비 비교는 다음의 <Table 4-5>와 같다.

<Table 4-5> Construction Verification by Detailed Construction

※ A현장										
구분	회귀식	추정치				회귀식(A)	실계(B)	차이(B-A)		
			변수		변수					
회귀방정식										
토공(y1)	= 6,881,156 + 24,223 X 포장깨기(m ²)	6,881,156 +	24,223 X	166 +	0 X	0 =	10,902,174	14,203,102	3,300,928	
배수공(y2)	= -65,687 + 128,741 X 배수시설연장(m)	-65,687 +	128,741 X	126 +	0 X	0 =	16,155,679	14,897,270	-1,258,409	
구조물공(y3)	= 87,348 + 19,704 X 천단콘크리트연장(m) + 44,258 X 전석쌓기(m ²)	87,348 +	19,704 X	14 +	44,258 X	35 =	1,912,234	2,050,592	138,358	
포장공(y4)	= 11,696,997 + 30,365 X 녹지대경계석(m)	11,696,997 +	30,365 X	336 +	0 X	0 =	21,899,637	20,482,629	-1,417,008	
부대공(y5)	= 27,698,455 + 8,368,035 X 대형표지판(개소)	27,698,455 +	8,368,035 X	0 +	0 X	0 =	27,698,455	25,430,364	-2,268,091	
사급자재(y6)	= 1,055,131 + 11,500 X 보조기층(m ²)	1,055,131 +	11,500 X	239 +	0 X	0 =	3,803,631	3,458,000	-345,631	
부대경비(y7)	= 5,831,978 + 4,892 X 보조기층(m ²)	5,831,978 +	4,892 X	239 +	0 X	0 =	7,001,166	5,614,559	-1,386,607	
						계	89,372,976	86,136,516	-3,236,460	
※ B현장										
구분	회귀식	추정치				회귀식(A)	실계(B)	차이(B-A)		
			변수		변수					
회귀방정식										
토공(y1)	= 6,881,156 + 24,223 X 포장깨기(m ²)	6,881,156 +	24,223 X	16 +	0 X	0 =	7,268,724	6,889,973	-378,751	
배수공(y2)	= -65,687 + 128,741 X 배수시설연장(m)	-65,687 +	128,741 X	0 +	0 X	0 =	-65,687	0	65,687	
구조물공(y3)	= 87,348 + 19,704 X 천단콘크리트연장(m) + 44,258 X 전석쌓기(m ²)	87,348 +	19,704 X	79 +	44,258 X	139 =	7,795,826	8,316,982	521,156	
포장공(y4)	= 11,696,997 + 30,365 X 녹지대경계석(m)	11,696,997 +	30,365 X	213 +	0 X	0 =	18,164,742	16,238,620	-1,926,122	
부대공(y5)	= 27,698,455 + 8,368,035 X 대형표지판(개소)	27,698,455 +	8,368,035 X	2 +	0 X	0 =	44,434,525	44,943,753	509,228	
사급자재(y6)	= 1,055,131 + 11,500 X 보조기층(m ²)	1,055,131 +	11,500 X	465 +	0 X	0 =	6,402,631	5,696,000	-706,631	
부대경비(y7)	= 5,831,978 + 4,892 X 보조기층(m ²)	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	
※ C현장										
구분	회귀식	추정치				회귀식(A)	실계(B)	차이(B-A)		
			변수		변수					
회귀방정식										
토공(y1)	= 6,881,156 + 24,223 X 포장깨기(m ²)	6,881,156 +	24,223 X	62 +	0 X	0 =	8,382,982	10,933,587	2,550,605	
배수공(y2)	= -65,687 + 128,741 X 배수시설연장(m)	-65,687 +	128,741 X	21 +	0 X	0 =	2,637,874	2,499,015	-138,859	
구조물공(y3)	= 87,348 + 19,704 X 천단콘크리트연장(m) + 44,258 X 전석쌓기(m ²)	87,348 +	19,704 X	0 +	44,258 X	0 =	87,348	0	-87,348	
포장공(y4)	= 11,696,997 + 30,365 X 녹지대경계석(m)	11,696,997 +	30,365 X	126 +	0 X	0 =	15,522,987	15,131,285	-391,702	
부대공(y5)	= 27,698,455 + 8,368,035 X 대형표지판(개소)	27,698,455 +	8,368,035 X	2 +	0 X	0 =	44,434,525	35,859,162	-8,575,363	
사급자재(y6)	= 1,055,131 + 11,500 X 보조기층(m ²)	1,055,131 +	11,500 X	157 +	0 X	0 =	2,860,631	2,896,000	35,369	
부대경비(y7)	= 5,831,978 + 4,892 X 보조기층(m ²)	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	

V. 결론

최근 들어 교통사고 예방 및 교통지체 해소는 물론 도로이용자 교통편의를 제 공하는 목적으로 회전교차로 설치공사가 많이 발주되고 있다. 이에 따라 2010년 이후 제주도내에서도 신호교차로의 불필요한 신호대기 시간, 법규 위반 사례의 증 가, 교통사고 발생 등 혼란을 야기하는 무신호교차로 구간에 대하여 우선적으로 회전교차로로 정비·운명을 실시하고 있다.

그러나 회전교차로 공사에 대한 개략적인 공사비를 예측하는 기준이나 단가가 정립되어 있지 않을 뿐만 아니라, 회전교차로 공사 초기 단계에서의 공사비 예측 에 관한 체계적인 연구가 미흡한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 현재 제주도내에 설치된 회전교차로를 중심으로 공사현 장의 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, 지방서 등의 설계 서를 수집, 활용하여 분석하였다. 공사비 분석결과를 기초로 공사비에 비중이 높은 항목을 중심으로 분석하였고 공사비에 영향을 주는 항목들을 도출하여 회 귀방정식 또는 통계적 분석을 바탕으로 회귀분석을 통한 개략공사비 산정 모델 을 제시하였다.

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

상관 분석 결과, 토공의 경우 포장깨기와 유의관계가 있음을 나타냈다. 배수공 의 경우 배수시설 연장과 유의관계가 있음을 나타냈다. 구조물공에서는 천단콘크 리트와 전석쌓기가 유의관계 있는 것으로 나타났으며, 포장공의 경우 녹지대경계 석설치와 유의관계 있음이 나타났다. 부대공의 경우 대형표지판설치와 유의관계

가 있는 것으로 나타났으며, 사급자재 및 부대경비는 보조기층과 유의관계가 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 제주도내 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 연구에서도 도출된 회전교차로 개략공사비 회귀모델은 회전교차로 관련 공사비 예산의 반영 및 정책 입안 등에 활용될 수 있을 것으로 예상된다.

REFERENCES

1. 이현석(2009), 도로교량의 개략공사비 예측을 위한 영향요인 분석에 관한연구, 충북대학교 석사학위논문
2. 안세영(2012), 생활도로형 회전교차로 도입 효과분석에 관한연구, 가천대학교 석사학위논문
3. 문주영(2012), 회전교차로 보행신호 운영 방안 연구, 서울시립대학교 석사학위논문
4. 서기택(2011), 다지 회전교차로의 운영 특성에 관한 연구, 단국대학교 석사학위논문
5. 박희철(2011), 5지 회전교차로의 운영효과 분석, 관동대학교 석사학위논문
6. 이윤미(2006), 공사초기단계에서의 회귀분석을 이용한 최종공사비(EAC) 추정 방법, 동아대학교 석사학위논문
7. 유성모, 박현주(2006), Minitab으로 배우는 기초통계, 이레테크
8. 김미선(2011), 사례기반추론을 이용한 하천공사 개략공사비 산정모델 개발, 인하대학교 석사학위논문
9. 국토해양부(2010.12), 회전교차로 설계지침
10. 김선욱(2011), 자연형 하천공사를 위한 시나리오 기반 개략공사비 산정모델 개발, 인하대학교 석사학위논문
11. 제주특별자치도(2010.7), 제주도내 회전교차로 설치공사 실시설계
12. 고상익(2011), 다지교차로의 회전교차로 변환에 따른 효과분석, 제주대학교 석사학위 논문
13. 조홍준(2011), 일위대가 방식과 작업조 방식의 생산성 분석 및 비교 연구, 제주대학교 석사학위 논문
14. (주)웹싸이컨설팅(2010), 통계분석 교육자료

감사의 글

이 글을 통해 저의 지금이 있기까지 크고 작은 도움을 주신 고마운 분들께 한 줄 감사의 글로 다 표현 할 수는 없지만, 모든 분들의 앞날에 항상 행복과 행복이 가득하기를 기원하며 감사를 드리고자 합니다.

먼저, 이 논문을 쓸 수 있도록 학문적 가르침과 용기로 논문의 시작부터 끝까지 열정과 정성으로 지도해 주신 이동욱 교수님께 깊은 감사를 드립니다. 또한 논문 심사 과정에서 세심한 배려와 지도로 많은 가르침을 주신 이병걸 교수님, 김상진 교수님께도 감사드립니다. 그리고 논문자료 수집과정에서 부터 많은 조언과 격려를 해주신 제주시청 고상익님 감사를 드립니다.

직장인으로서 배움의 길을 갈 수 있도록 시간적 배려를 해 준 삼부토건(주) '08제주BTL현장 가족들이 저에게 베풀어 준신 애정과 성원 평생 마음 깊이 간직하겠습니다. 아울러 본 논문이 완성되기까지 많은 협조를 주신 모든 분들과 산업대학원을 다니는 동안 따뜻하게 배려해준 선·후배님들께도 지면으로나마 감사를 드립니다.

오늘의 제가 있기까지 항상 자식들에게 희생으로 일관해 오신 어머니, 아버지 사랑합니다. 가족이란 이유만으로 항상 믿어주고 격려를 아끼지 않는 형님, 누님, 여동생, 끝으로 나의 사랑하는 아내와 아들 성용이 그리고 내년 봄에 태어날 둘째에게도 이 논문을 전합니다.

2013년 12월
안 진 홍