

철도 공사의 효율적인 공정 관리를 위한 진도율 예측 기법 연구

A Study on Forecasting Method for Efficient Schedule Management in Railway Construction

박진정[†] 김현승* 최광열* 신민호** 강인석***
Jin-Jung Park Hyeon-Seung Kim Gwang-Yeol Choi Min-Ho Shin Leen-Seok Kang

ABSTRACT

Measures on poor process should be identified by reviewing analysis of planned progress and actual progress for successful performance of Process Control. However, the existing Process Control only performances follow-up measures on poor process but it cannot prevent poor process which is not occurred.

To solve these problems, this study suggests the three types of methods of process prediction(Regression Analysis) by using a progress rate which consists of planned progress rate and Actual progress rate.

1. 서론

1.1 연구의 배경

최근 철도공사 현장은 공사 자체의 특수성과 함께 단계별로 다양화 및 복잡화가 급속하게 진척됨에 따라 여러 가지 불확실성 및 위험요인이 발생하고 있다. 이에 따라 사업 수행 과정이 초기 계획대로 수행되지 못하고 공기 지연 및 공사비 초과 등의 다양한 문제점이 증산되고 실정이다.

이러한 문제점을 극복하기 위해서는 반복적인 성과 측정 및 후속관리 조치, 즉 진도율 예측에 따른 정성, 정량적 관리 기법이 뒷받침 되어야 한다는 결론에 도달한다. 기 수행된 공사 작업량에 따라 산정되는 기본 수치인 진도율을 이용하면 공사 현황에 대한 판단을 가장 짧고 효율적인 기간 내에 파악할 수 있고 향후 일정이나 변동 사항 등을 신속하게 예측 및 수정할 수 있다는 장점이 있다.

1.2 연구의 목적

† 정회원, 국립경상대학교, 토목공학과, 석사과정
E-mail : kusanaki789@nate.com
TEL : (055)753-1713 FAX : (055)753-1713

* 국립경상대학교, 토목공학과, 석사과정

** 정회원, 한국철도기술연구원, 수석연구원

*** 정회원, 국립경상대학교, 토목공학과, 공학박사, 교수

기 연구에서 분석되었던 진도율에 대한 진도 및 공정관리 방법의 이행 실태를 살펴보면, 초기 공사 계획 수립 시에 객관적인 기준이 결여되어 있고 거의 모든 공사가 전체 공사비에 대한 지정된 날짜 단위의 공사비 투입내역에 따라서 진도율 값(%)이 산정되고 있다. 특히 초기 진도계획 수립 시 사업 추진 계획과는 무관하게 시공사에서는 공사 진행상황을 준공 일자에 맞추어 공사기간 후반기에 상당한 비중을 두어 공사를 시행한다. 반면, 발주자는 공사 기간 전반부에 비중을 둬므로써 공사기간에 따른 물가상승 등의 공사비 증가요인을 가능한 피해하고자 하는 방법을 선호한다.

본 연구에서는 실제 진행 중인 공사의 진도율을 이용한 단순 진도율 예측 방법을 서술한다. 기 수행되었던 연구들의 모호한 기준, 데이터 정립의 불안성과 공정관리 현장 실태의 직접적 반영 등의 문제점을 배제하고, 공사에 진행에 따라 도출되는 실제 진도율 데이터를 이용함으로써 신속한 진도율 예측 및 그에 따른 효과적인 공정관리를 도모한다.

2. 실제 진도율을 이용한 진도율 예측 방법

2.1 회귀 분석의 기본 정의와 적용

회귀분석은 독립변수가 종속변수에 미치는 영향력의 크기를 측정하여 독립변수들에 대한 회귀평면 또는 회귀선을 찾고 이를 이용하여 새로운 독립변수의 일정한 값에 대응되는 종속변수의 값을 예측하기 위한 통계적 방법이다.

본 연구에서는 회귀평면 그래프 상의 세로방향 Y(진도율)축 예측을 위해 X(공사기간)축을 독립변수로 두어 종속변수 Y축의 실 진도율 데이터를 이용하여 회귀분석을 수행한다. 수행과정에서 도출된 회귀분석 데이터를 평면 그래프 상에 도시하고 그에 따른 회귀선을 도시한다. 도시된 회귀선을 기준으로 생기는 X, Y축의 교점으로 진도율을 예측하는 방법을 제시한다.

2.2 회귀분석을 위한 실 진도율 데이터 수립

도표1 과 같이 연구에 사용된 데이터는 ①영역의 표에서 확인할 수 있듯이 2006년 10월부터 2010년 2월까지 총 41개월의 공사기간 중 2009년 10월까지 38개월까지의 진도율을 보인다. 이 데이터를 ②영역의 표와 같이 25개월의 공사 완료시점인 08년 10월까지 진행이 되었다 가정하고 회귀 분석을 실시 후, 그 예측 값을 ①영역의 데이터와 비교함으로써 회귀분석 예측의 타당성 검증은 이행한다.

| | | | | | | | | | | | |
|---|----|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|
| 1 | 기간 | 06년 10월 | 06년 11월 | 06년 12월 | 07년 1월 | 07년 2월 | 07년 3월 | 07년 4월 | 07년 5월 | 07년 6월 | 07년 7월 |
| | 실제 | 0.2 | 0.56 | 0.92 | 2.21 | 3.7 | 5.27 | 7.76 | 9.56 | 10.76 | 11.73 |
| | 기간 | 07년 8월 | 07년 9월 | 07년 10월 | 07년 11월 | 07년 12월 | 08년 1월 | 08년 2월 | 08년 3월 | 08년 4월 | 08년 5월 |
| | 실제 | 13.03 | 14.22 | 15.72 | 16.84 | 18.73 | 19.47 | 20.47 | 22.57 | 24.57 | 28.07 |
| | 기간 | 08년 6월 | 08년 7월 | 08년 8월 | 08년 9월 | 08년 10월 | 08년 11월 | 08년 12월 | 09년 1월 | 09년 2월 | 09년 3월 |
| | 실제 | 32.72 | 36.82 | 40.84 | 43.79 | 45.42 | 46.62 | 49.12 | 52.42 | 57.32 | 60.2 |
| | 기간 | 09년 4월 | 09년 5월 | 09년 6월 | 09년 7월 | 09년 8월 | 09년 9월 | 09년 10월 | 09년 11월 | 09년 12월 | 10년 1월 |
| | 실제 | 63.14 | 69.64 | 76.24 | 82.25 | 88.61 | 90.61 | 91.61 | | | |
| | 기간 | 10년 2월 | | | | | | | | | |
| | 실제 | | | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | |
|---|----|---------|---------|---------|---------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 2 | 기간 | 06년 10월 | 06년 11월 | 06년 12월 | 07년 1월 | 07년 2월 | 07년 3월 | 07년 4월 | 07년 5월 | 07년 6월 | 07년 7월 |
| | 실제 | 0.2 | 0.56 | 0.92 | 2.21 | 3.7 | 5.27 | 7.76 | 9.56 | 10.76 | 11.73 |
| | 기간 | 07년 8월 | 07년 9월 | 07년 10월 | 07년 11월 | 07년 12월 | 08년 1월 | 08년 2월 | 08년 3월 | 08년 4월 | 08년 5월 |
| | 실제 | 13.03 | 14.22 | 15.72 | 16.84 | 18.73 | 19.47 | 20.47 | 22.57 | 24.57 | 28.07 |
| | 기간 | 08년 6월 | 08년 7월 | 08년 8월 | 08년 9월 | 08년 10월 | | | | | |
| | 실제 | 32.72 | 36.82 | 40.84 | 43.79 | 45.42 | | | | | |

도표1. 회귀분석과 그 예측 값 확인을 위한 실 진도율 데이터 수립 방법

3. 회귀 분석 식 도출 및 적용

회귀분석은 독립변수가 종속변수에 미치는 영향력의 크기를 측정하여 독립변수들에 대한 회귀평면 또는 회귀선을 찾고 이를 이용하여 새로운 독립변수의 일정한 값에 대응되는 종속변수의 값을 예측하기 위한 통계적 방법이다.

본 연구에서는 세로방향 Y(진도율)축의 예측을 위해 X(공사기간)축을 독립변수로 두어

종속변수 Y축의 실 진도율 데이터를 이용하여 회귀분석을 수행한다. 수행과정에서 도출된 회귀분석 데이터를 평면 그래프 상에 도시하고 그에 따른 회귀선을 도시한다. 도시된 회귀선을 기준으로 생기는 X, Y축의 교점으로 진도율을 예측하는 방법을 제시한다.

3.1 단순 회귀 분석에 따른 회귀선 도출 및 예측

총 공사기간 41개월 중 기 완료된 25개월까지의 실 진도율 데이터를 이용하여 단순 회귀분석을 실시한다. 실 진도율은 점 데이터 형식으로 그래프 좌표 상에 표시하고, 그에 상응한 회귀선을 도시하는데 다음 그림과 같다.

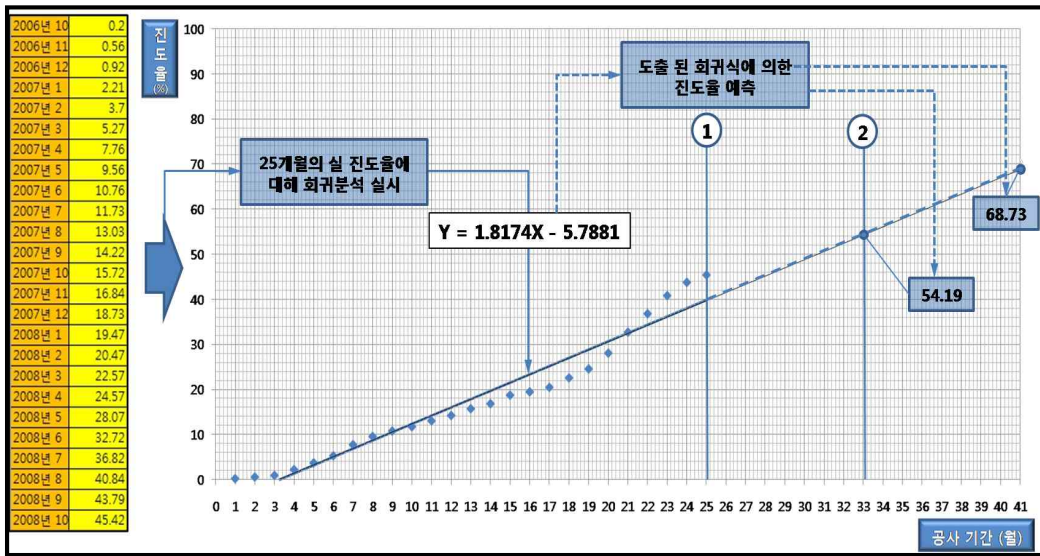


그림 1. 단순회귀 분석에 따른 예측 식 및 값 도출

그림1 은 회귀분석 과정과 회귀 식 도출 및 그에 의한 33개월의 진도율 예측방법을 나타내는 것이다.

우선, 현재까지 25개월까지 진행된 ①지점의 실 진도율 데이터를 이용해 회귀분석의 기초인 선형의 형식으로 실시한다. 선형 회귀분석에 따라 일차 함수 식,

$$Y = 1.8174X - 5.7881$$

이 도출된다.

도출된 회귀식의 X값은 독립변수(공사기간)에 해당하므로 ②지점의 독립변수 값인 33을 대입해서 Y축인 종속변수(진도율)을 계산하면,

$$\begin{aligned} 33\text{개월째의 진도율}(Y) &= (1.8174 \times 33) - 5.7881 \\ &= 54.1861 = \therefore 54.19 \% \end{aligned}$$

로 33개월째의 진도율은 54.19의 예측 값을 가진다.

동일한 방법으로 공사기간 완료 시점인 41개월의 진도율을 회귀식에 의해 계산하여 예측하면,

$$Y = (1.8174 \times 41) - 5.7881 = 68.73 \%$$

로 현재까지 진행된 진도율 데이터의 추세로 공사가 진행된다면 공사 활동의 종료 시점에서 공사가 완료되지 않는다는 예측이 가능하다.

3.2 데이터 유형에 따른 회귀 식 적용 및 예측방법

앞 절의 회귀분석에서 사용된 데이터는 총 공사기간 41개월 중 25개월까지 진행 된 데이터로써 평면 그래프에서 총 25개의 점 데이터로 표현된다. 이 점 데이터들은 그래프 안에서는 종속변수와 독립변수를 가지는 하나의 측정 결과로써 회귀분석 및 회귀 식 그래프의 평균값에 대한 영향력을 가지고 있다. 하지만 예측의 단계에 있어, 수동적인 측정에 따라 구축된 점 데이터들은 단순 회귀분석의 함수는 앞으로 예측될 지점에 대해 추세의 반영성이나 그에 따른 타당성이 부족하다.

본 연구에서는 회귀분석에 의해 도출되는 회귀 식의 여러 가지 유형중 진도율 데이터의 적용에 적합한 회귀 식 유형을 찾아내어 그에 따른 분석 및 예측 방법을 도출하고 R2값의 정의 서술 및 적용으로 회귀분석의 적합성 및 타당성을 도모한다.

3.2.1 적용 가능한 회귀 식 유형 도출

본 항에서는 회귀 식의 유형 중 일정하게 증가하는 독립변수(공사기간)를 가진 진도율 데이터의 적용이 가능한 식으로 거듭제곱에 의한 회귀 식과 다항식에 의한 회귀 식을 적용한다. 주어진 25개월까지의 진도율 데이터인 종속변수(Y축)진도율과 독립변수(X축)인 공사기간을 기준으로 그래프에 25개의 점 데이터로써 명시하고 그에 따른 회귀 분석의 식과 회귀선, R2값을 도출하면 그림2 와 같다.

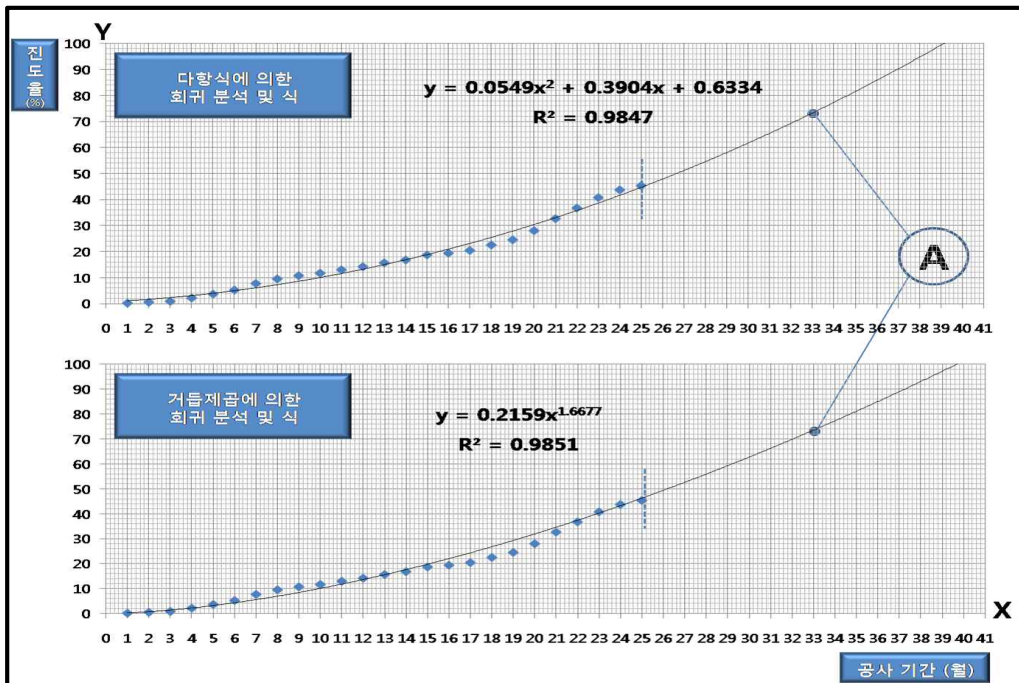


그림 2. 진도율 데이터에 사용가능한 회귀분석 식 도출

주어진 데이터로 회귀분석을 수행하여 그 회귀 식과 회귀선을 도출했을 때, 그 함수 및 선이 데이터에 대한 상관관계를 잘 표현하고 있는지를 나타내는 기준이 필요하다. 즉 회귀 분석의 예측 값이 실제 데이터와 일치하는 정도를 나타내는 값으로써 0에서 1사이의 값을 말한다. 대부분의 회귀 프로그램에서는 수치적 데이터 및 선형 함수를 단순히 좋고 나쁨의 개인적 판단이 아닌 R이라 통칭되는 계수를 사용하여 수치적인 의미로 표현한다.

현재까지 진행된 25개월에 대해 거듭제곱과 다항식에 의한 회귀분석을 수행하여 회귀식,

$$Y = 0.0549X^2 + 0.3904X + 0.6334 \text{ (다항식에 의한 회귀분석)}$$

$$Y = 0.2159X^{1.6677} \text{ (거듭제곱에 의한 회귀분석)}$$

을 도출하였다. 도출된 회귀분석식의 타당성을 나타내는 R2값이 0.99에 상응하고 있으므로 이 두 회귀분석이 향후 종속변수에 대한 예측의 안정성은 매우 크며 신뢰할 수 있다고 판단한다.

도출된 회귀식에 의해 독립변수(X)가 33인 A 지점 33개월의 진도율을 계산하면,

$$\begin{aligned} \text{다항식} \rightarrow Y &= (0.0549 \times 33^2) + (0.3904 \times 33) + 0.6334 \\ &= 73.3027 = \therefore 73.30 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{거듭제곱} \rightarrow Y &= 0.2159 \times 33^{1.6677} \\ &= 73.5662 = \therefore 73.57 \% \end{aligned}$$

33개월에 대한 다항식과 거듭제곱에 의한 예측 진도율 값은 각각 73.30 %와 73.57 %로 계산되었다.

3.2.2 회귀 분석의 유형에 따른 분석 값 도출

회귀분석 유형에 의해 도출된 데이터 값의 타당성을 위해 문단 초에 분석 자료로 준비했던 25개월로 가정하지 않은 상태의 실제 완료된 33개월까지의 진도율 데이터인 page 00, 표()의 값과 비교한다. 그 비교표는 다음과 같다.

| 기간 | 25개월 | 26개월 | 27개월 | 28개월 | 29개월 | 30개월 | 31개월 | 32개월 | 33개월 |
|------|---------|---------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 08년 10월 | 08년 11월 | 08년 12월 | 09년 1월 | 09년 2월 | 09년 3월 | 09년 4월 | 09년 5월 | 09년 6월 |
| 실제 | 45.42 | 46.62 | 49.12 | 52.42 | 57.32 | 60.2 | 63.14 | 69.64 | 76.24 |
| 단순회귀 | 39.65 | 41.46 | 43.28 | 45.1 | 46.92 | 48.73 | 50.55 | 52.37 | 54.19 |
| 다항식 | 44.71 | 47.9 | 51.2 | 54.61 | 58.13 | 61.76 | 65.5 | 69.34 | 73.3 |
| 거듭제곱 | 46.3 | 49.43 | 52.64 | 55.93 | 59.31 | 62.75 | 66.28 | 69.89 | 73.57 |

도표 2.

도표2 는 실제 준비되어 있던 데이터 25개월~33개월의 사이의 실 진도율 값과 본문에서 서술했던 단순회귀분석식에 의해 도출된 진도율 값, 회귀식의 분석유형인 다항식과 거듭제곱에 의해 도출된 진도율 값을 명시해 놓은 것이다.

실제 진도율과 단순 회귀식에 의해 도출된 진도율을 비교해 보면, 작게는 약 4%에서부터 크게는 약 22%까지의 진도율 차이를 보이고 있고 이는 회귀분석에 있어 예측의 실패가 여실히 드러남을 알 수 있다.

예측의 정확성을 높이기 위해 적용했던 다항식과 거듭제곱의 회귀 식에서 도출된 진도율 값은 25개월의 회귀분석 식 도출 값을 필두로 실제 진도율과 차이 값이 3% 이내이고, 예측을 시도했던 33개월의 값을 살펴봐도 크지 않은 차이를 보인다.

4. 결론

본 연구에서는 기존의 진도율 예측 방법들의 다양하고 복잡한 기준들과 데이터들을 배제하고 오직 진도율을 데이터의 회귀분석을 이용한 예측방법을 제시했다. 일반 공사에 비해 특수성을 지니고 있는 철도공사에 준하는 진도율 예측방법에 대한 기초적인 연구이다.

그러나 본 연구에서는 분석에 대한 사례적용이 미흡하고 회귀분석에 대한 타당성만을 제시할 뿐 정확한 예측 정의에 대한 타당성에는 한계가 있다. 따라서 향후 진도율의 회귀분석 적용에 대한 기준정립과 철도공사의 일반적인 진행 실태의 적용에 대한 연구가 진행되어야 할 것이다.

감사의 글

본 연구는 국토해양부가 출연하고 한국건설교통기술 평가원에서 위탁 시행한 건설기술혁신사업(과제 번호:06첨단융합E01)의 지원으로 이루어진 것으로, 본 연구를 가능케 한 국토해양부 및 한국 건설교통평가원에 감사드립니다.

참고문헌

1. 황중대, “다항식 회귀곡선을 통한 임펠러의 역공학 적용에 관한 연구,” 한국공작기계학회 논문집, Vol.13 No5, 2004. 10
2. 조치영, “조명 변화에 강인한 얼굴 검출을 위한 좌우대칭 평균화와 단순회귀분석 보정기법”, 한국콘텐츠학회논문지, Vol.6 No.12 2006.
2. 이윤미, “공정, 공사비 통합관리체계에서 회귀분석을 이용한 최종공사비 추정방법”, 대한건축학회 창립60주년 기념 학술발표대회논문집, 제25권 제1호(통권 제49집) 2005. 10