

GIS를 이용한 농업기반정비사업 콘크리트 품질관리도 제작

Development a Concrete-Quality-Control Diagram for Agricultural Infrastructure Project Using GIS

박진선* · 윤성수(충북대) · 이강열(농업기반공사)

Park, Jin Seon · Yoon, Seong Soo · Lee, Kang Yeol

Abstract

All concrete structure in agricultural improvement project must satisfied durability, serviceability, safety. It is important for structure that satisfied these natures to good quality at design and construction step, and must continuous maintenance. Most of the concrete structures is construct at winter season, is contacted with water, has various type and sporadic in wide area.

The objective of this study is to make the Concrete-Quality-Control diagram for agricultural infrastructure project using GIS. And, analyze the diagram with external factor(terrain, stream, economic etc.) to know the factor of concrete quality control.

I. 서 론

농업기반조성사업에 사용되는 콘크리트 구조물은 내구성, 사용성, 안전성을 모두 만족해야 한다. 세 조건을 모두 만족하기 위해서는 설계와 시공의 품질이 우수해야하며, 지속적인 유지관리가 이루어져야한다. 농업기반조성사업에 사용되는 콘크리트 구조물은 대부분 규모가 작고, 종류가 다양하여 품질 관리에 어려움이 많다. 또 구조물의 사용 목적상 물과 접해 있는 경우가 많으며, 넓은 지역에 산재해 있거나 접근이 용이하지 못한 곳에 위치해 있어 지속적인 품질 관리가 이루어지기 힘들다.

농업기반조성사업에 사용되는 콘크리트 구조물은 농한기인 동절기에 단기간 공사가 집중되고 구조물의 위치와 차량 진입 곤란에 따른 양생수 부족 등의 문제로 초기 습윤 양생도 어려운 실정이다. 따라서 실제 농업기반조성사업에 사용되는 콘크리트 구조물의 압축강도는 콘크리트 품질 관리의 척도를 알기 위해 실시된 표준양생 콘크리트의 압축 강도와 차이가 발생하고, 품질 변동폭도 커지게 된다.

농업기반조성사업을 시행하는 지구에서는 소량의 레미콘을 주문하여 사용하는 경우가 많다. 그러나 현행 콘크리트 품질 관리 시험 규정은 대규모 공사를 전제로 하여 제정된 것이므로 농업기반조성 사업에 사용되는 콘크리트 품질 시험 규정으로 적용하기는 곤란하다. 따라서 계획 시험 횟수와 실제 시험 횟수가 일치하지 않거나, 실제 시험 횟수가 계획 시험 횟수에 미치지 못하는 경우가 많고, 품질 변동폭도 크다.

농업기반조성사업에 사용되는 콘크리트 품질 관리에 관한 선행된 연구는 많지만 구조물의 특성상 품질 변동폭이 크다는 것을 전제로 한 연구가 대부분이고¹⁾, 품질 변동폭을 중심으로 변동계수를 산출하여 품질 관리 변동폭을 수치적으로 표현한 연구가 부족하다. 또 농업기반조성사업 구조물의 위치와 사용 목적상 지형 조건의 영향을 많이 받고 있는데, 지형적 특성을 고려하여 공간적 체계이해한 연구가 적었다. 품질관리도의 제작은 이전의 구조물의 강도 발현과 열화에 대한 콘크리트 품질 관리 연구에서⁴⁾ 나아가 구조물의 지형 조건 및 품질 관리에 영향을 미치는 외부 조건들을 공간적 체계로 표현할 수 있다.

본 연구에서는 농업기반조성사업에 사용되는 콘크리트의 품질관리 현황을 알아보기 위해 구조

물의 시험강도에 따른 변동계수를 산출하고, GIS를 이용해 품질 관리도를 작성한다. 이렇게 작성된 품질 관리도를 바탕으로 품질관리에 영향을 미칠 수 있는 외부 요소들에 대하여 비교 분석 하겠다.

II. 농업기반정비사업의 콘크리트 품질관리 조사

본 연구에 이용된 자료는 5년이내 전국 54개 농업기반정비사업 지구에서 실시한 콘크리트 타설량과 압축강도 시험자료이다. 자료는 지역별로는 충청남도과 전라남도 지역이 각각 8개 지구로 가장 많고, 사업별로는 배수개선 사업과 수리시설개보수 사업이 각각 14개 지구와 10개 지구이다. 분석된 자료를 공간적 체계로 구현하기 위해 ArcView를 이용하였으며, 각 지구의 위치 및 외부 조건들의 범위는 읍·면 단위까지이다.

외부 조건과의 비교를 위해 여러 자료를 이용하였는데, 지형적 요인에 의한 영향을 판단하기 위해서 각 지구의 평균 해발 고도 자료와 평균 기온 자료를 비교·분석하였다. 또 경제적 영향에 대한 품질관리도 작성을 위해 각 지구의 표준공시지가 자료와 비교하였고, 하천이 미치는 영향을 평가하기 위한 품질관리도에서는 국가 하천 및 지방 1, 2급 하천의 자료를 이용하였다.

III. 농업기반정비사업의 콘크리트 품질관리도 작성

3.1 콘크리트 품질관리도 작성 방법

농업기반조성사업의 콘크리트 품질관리도를 작성하기 위해 전국 54개 농업기반정비사업 지구의 레미콘 타설 자료와 시험 강도 자료를 조사하여 분석하였다. 조사된 자료를 이용하여 기술 통계 분석을 시행하였다. 또 현재 농업기반조성사업 콘크리트 구조물의 품질관리 정도를 알기 위해 설계 강도, 1일 타설량, 시험 강도별 통계 분석을 시행하였고, 각 항목별 변동계수를 산출하였다. 이렇게 산출된 변동계수를 공간적 체계로 표현하기 위해 지형 및 품질 관리에 영향을 미칠 수 있는 외부 조건과 비교 분석하였다.

산출된 시험강도 변동계수 및 타설량 자료를 기술 통계 분석과 회귀분석을 하여 각 조건이 콘크리트 구조물의 품질관리에 미치는 영향을 알아보았다.

또, 품질 관리도를 작성하기 위해 산출된 시험강도 변동계수와 타설량 자료 같은 속성 정보를 ArcView에서 구현하기 위해 데이터베이스 시스템(DBS : Data Base System) 형식으로 변환하였다.²⁾ 데이터베이스 형식으로 변환된 자료를 행정경계 자료와 결합하여 각 지역에 조사 대상 지구의 위치 및 산출된 자료의 속성을 부여한다.

이렇게 각 지역에 입력된 속성 정보를 바탕으로 분석하고자 하는 자료에 따라 불규칙 삼각망(TIN)을 작성하고, 등고선으로 표현함으로써 수치 정보를 공간적 체계로 표현하고 이해할 수 있다³⁾.

본 연구에서는 각 지구의 평균고도, 평균기온, 표준공시지가의 자료를 입력하여 DBS 형태로 변환하여 각 요인들이 콘크리트 구조물의 시험강도 변동계수와 비교하여 품질관리도를 작성 하였고, 하천이 콘크리트 구조물의 품질관리에 미치는 영향에 대하여 분석하였다.

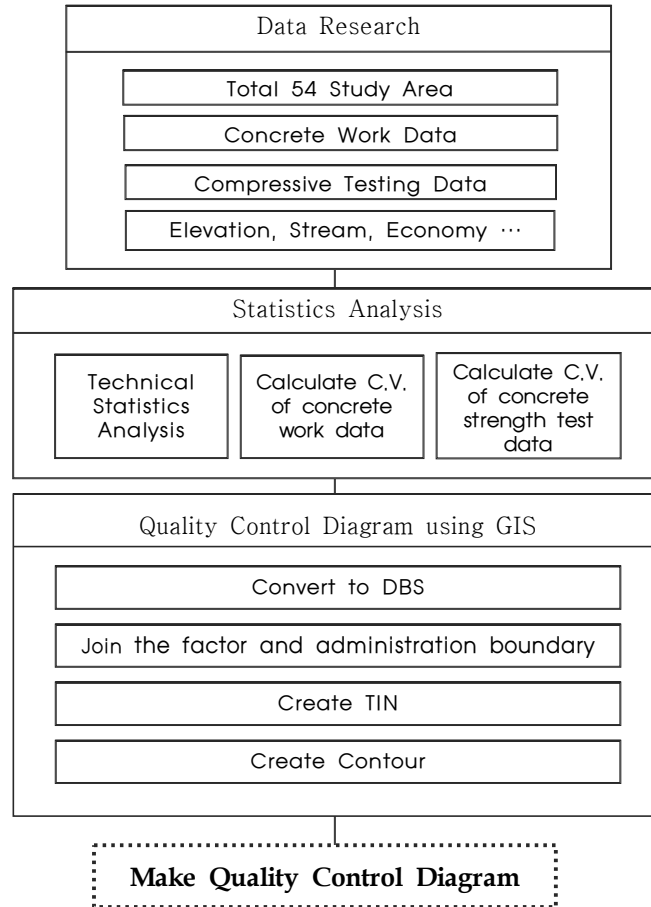


Fig. 1 Flow Chart of Making Quality Control Diagram

3.2 콘크리트 품질 관리도 통계 분석 결과

농업기반조성사업에 사용되는 콘크리트의 지형적 영향과 지역의 경제적 특성에 따른 품질관리 현황을 알기위해 대상 지구의 평균 고도와 표준공시지가를 조사하여 농업기반조성사업에 사용된 콘크리트의 시험 강도 변동계수와 회귀분석을 시행하였다. 평균고도는 전국의 기상 관측지점 78곳의 자료를 이용하였고 표준공시지가는 각 지구의 표준공시지가를 이용하여 분석하였다.

각 대상지구의 평균고도와 표준공시지가를 시험강도 변동계수와 회귀분석한 결과는 Fig. 2와 Fig. 3과 같다.

표준공시지가와 시험강도 변동계수의 분석도 큰 상관성은 보이지 않지만 특정 범위 안에 자료가 집중되는 형태이고, 범위 내에 속한 시험강도 변동계수가 상대적으로 다른 범위에 속한 값보다 변동계수의 폭이 크게 나타나는 것을 알 수 있다.

농업기반조성사업을 위한 구조물에 사용된 콘크리트를 재료적 측면에서는 설계기준강도 27MPa, 24MPa, 21MPa의 콘크리트가 가장 많이 사용된 것으로 나타났고, 각 설계기준강도별 시험강도의 평균은 Fig. 4와 같이 나타났다. 전체 시험강도 자료 중 극히 일부의 자료를 제외하고 설계기준강도 미만의 자료는 조사되지 않았으며, 시험강도 및 강도비 등의 자료는 Table 1과 같다. Table 1의 결과를 보면 설계기준강도가 작아질수록 강도비는 크고, 시험강도 변동계수는 작게 나타났다.

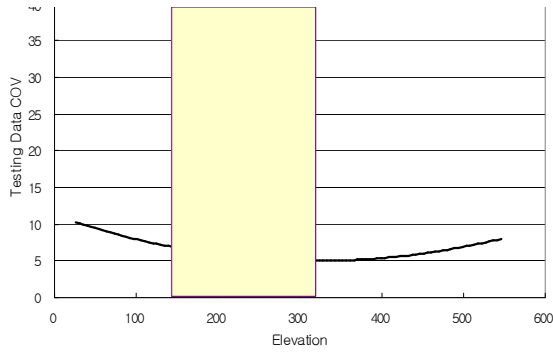


Fig. 2 Relation of Elevation and CV of Concrete Compressive Testing Data

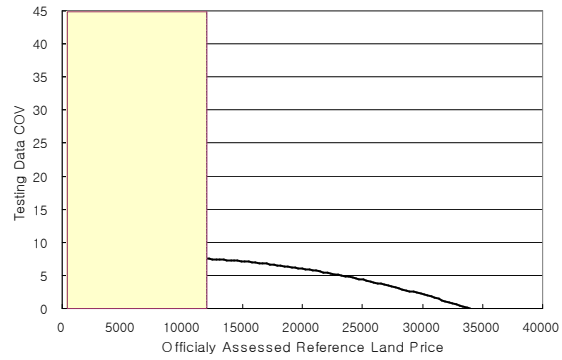


Fig. 3 Relation of Official Assessed Reference Land Price and CV of Concrete Compressive Testing Data

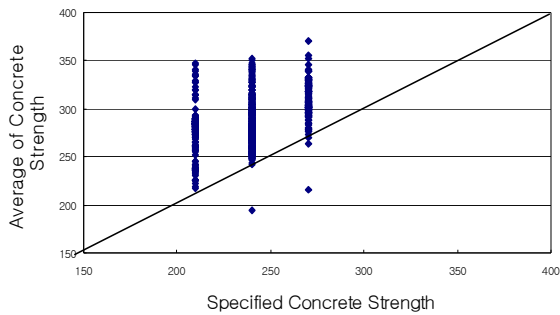


Fig. 4 Relation of Specified Concrete Strength and Average of Concrete Strength

Table1. Relation of Specified Concrete Strength and Strength Ratio

Specified Concrete Strength	Test Strength	Strength Ratio	C.V.
27	29.78	1.118	6.916
24	27.29	1.138	9.594
21	25.28	1.204	4.441
18	23.56	1.309	18.078

3.3 농업기반조성사업에 사용되는 콘크리트 구조물의 품질 관리도 작성

농업기반조성사업에 사용되는 콘크리트 구조물의 품질관리 현황을 파악하고, 품질 관리에 영향을 미치는 요인들에 대하여 비교 분석을 하였다. 콘크리트 구조물의 품질 관리에 영향을 미치는 요인으로 지형 조건과 하천의 위치가 미치는 영향, 평균 기온, 결빙 일수 등을 들 수 있겠고, 이러한 요인들이 콘크리트 구조물의 시험강도비와 시험강도 변동계수에 어떠한 영향을 미치는지 분석하였다. 콘크리트 구조물의 품질관리에 대상 지역의 평균 고도가 시험강도의 변동계수와와의 관계를 공간적 영역으로 본 것이 Fig.4와 같다. Fig.4는 콘크리트 구조물의 시험강도 변동계수와 한반도의 지형을 등고선 형태로 표현된 것이고, 상대적으로 뚜렷한 등고선이 시험강도의 변동계수를 나타낸다. 그림에서와 같이 시험강도의 변동계수를 크게 두 부분으로 나누어 볼 수 있는데, 고도가 높은 산간지역을 따라 시험강도 변동계수가 크게 나타났고, 평균고도는 낮지만 서부 지역을 따라 분포하는 해발 100m 이내 지역도 시험강도의 변동계수가 크게 나타났다. 이러한 결과는 농업기반조성사업에 사용되는 콘크리트 구조물의 사용 목적상 산간 지역에 위치하고, 넓은 지역에 산재해 있다는 위치적 특성에 품질 관리를 위한 작업로 확보의 곤란함과 고지대가 가지는 기후적인 영향까지 더해 나타나는 것으로 생각된다.

서부 지역을 따라 길게 분포하고 있는 해발 100m 이내 지역은 바다와 인접해 위치하고 있는 것이 콘크리트 구조물의 품질에 영향을 미칠 것으로 생각된다. 반면 중부 내륙 지역은 시험강도의 품질관리 변동계수가 비교적 작고 안정적으로 나타났다. 이 결과는 앞서 시행한 대상지구의 평균 고도와 시험강도 변동계수의 회귀분석에서 나타난 결과와 유사한 형태로 나타났으며, Fig.4에서는

회귀분석에서 얻어진 결과를 공간적 체계로 확장하여 표현한 것이라 할 수 있겠다.

Fig.5는 국가하천과 시험강도 변동계수의 관계를 나타낸 그림이다. 그림에 나타난 등고선이 시험 강도의 변동계수를 나타내고, 도(道)경계 선(線)의 형태로 나타난 것이 국가 하천이다. Fig.5를 살펴보면 시험강도 변동계수를 나타내는 등고선이 국가 하천이 뺀어 있는 형태에 따라 비교적 평행하고 조밀하게 나타나는 특성을 보인다. 이러한 결과로 하천의 위치가 품질 관리에 미치는 영향에 대하여 설명할 수 있는데, 등고선의 형태가 하천의 흐름 방향과 평행하다는 것은 하천을 경계로 하천의 좌측과 우측의 품질관리 정도가 변화한다는 것을 의미한다. 또 등고선의 형태가 매우 조밀하게 나타나는 것은 하천의 흐름이 경계가 되어 시험강도의 변동폭이 커진다는 것을 알 수 있다.

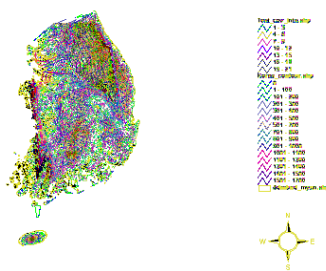


Fig.5 Relation of Elevation and Concrete Testing Data

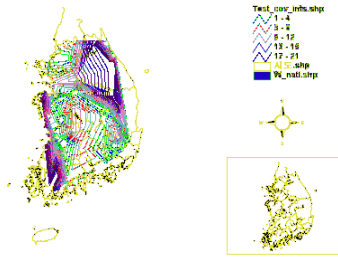


Fig.6 Relation of National Stream and Concrete Testing Data

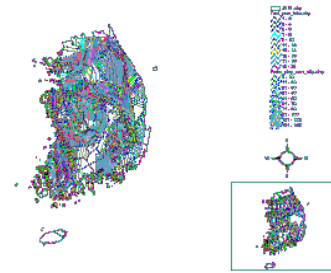


Fig.7 Relation of Freezing Days and Concrete Testing Data

결빙 일수에 따른 콘크리트 구조물의 시험강도 변동계수는 Fig. 6에서 보는 바와 같이 결빙 일수 90일 이상인 지역에서 시험강도 변동계수가 높게 나타나는 것으로 나타났다. 농업기반조성사업에 사용되는 콘크리트 구조물의 시공은 연중 이루어지는 경우보다 농한기인 동절기에 이루어지는 경우가 많다. 따라서 결빙 일수가 많은 지역은 공사 가능한 일수가 적어질 수밖에 없고, 또 고도와 기온의 영향으로 양생에도 어려움이 많을 것으로 생각된다.

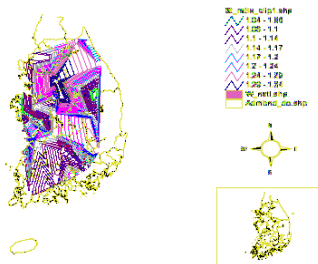


Fig.8 Relation of National Stream and Strength Ratio

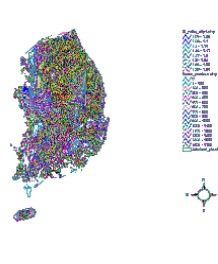


Fig.9 Relation of Elevation and Strength Ratio

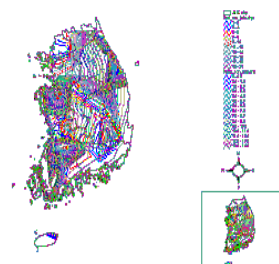


Fig.10 Relation of Temperature and Concrete Testing Data

Fig.8은 시험강도비와 국가하천과의 관계를 나타낸 그림이다. 시험강도비는 중부 내륙 지방을 중심으로 큰 값을 보인다. Fig.9는 지형과 시험강도비의 관계를 나타낸 그림이다. 시험강도비 역시 회귀분석의 결과 보여진 해발 100m~300m 사이인 중부 내륙 지역을 중심으로 큰 값을 보였다. Fig.10은 평균기온과 시험강도 변동계수를 나타낸 그림으로 평균기온이 높은 지역에서 시험강도 변동계수의 변동폭이 상대적으로 작게 나타났다.

3.4 고찰

농업기반조성사업에 사용되는 콘크리트 구조물은 지형적 요인으로 구조물의 고도와 하천 근접성, 기상적 요인으로는 결빙 일수에 영향을 받는 것으로 나타났다.

지형적 요인으로 구조물의 고도가 높을수록 시험강도의 변동계수가 크게 나타났고, 구조물의 고도가 낮더라도 바다와 근접한 지역에 위치한 콘크리트 구조물의 시험강도 변동계수는 크게 나타났다. 또 하천이 농업기반 콘크리트 구조물에 미치는 영향은 품질관리 변동계수를 표현한 등고선이 비교적 하천의 흐름에 평행하게 나타나 하천의 흐름이 구조물의 품질관리 척도의 경계가 되는 것으로 나타났다.

기상적 요인으로는 결빙 일수와 최저기온, 강수량에 대하여 시험강도 변동계수를 결합하여 분석하였다. 결빙 일수와 시험강도 변동계수는 결빙 일수가 90일 이상이 되는 지역에서는 변동계수가 크게 나타났으나, 결빙 일수를 제외한 나머지 요인에서는 큰 상관성을 보이지 않았다.

본 연구에서는 콘크리트 구조물의 시험강도 변동계수와 품질 관리에 영향을 미칠 수 있는 여러 가지 요인들에 대하여 분석을 하였는데, 각 요인에 대하여 상세한 검증을 하기 보다는 농업기반조성사업의 콘크리트 구조물의 품질 관리에 대한 전반적인 경향을 분석하는데 그쳤다. 이후의 연구에서는 콘크리트 구조물의 타설 및 강도시험의 더 많은 자료를 축적하여 이용하면 콘크리트 구조물의 품질관리와 외부 조건의 관계를 더욱 상세하게 이해할 수 있을 것으로 생각된다. 또 이후에 많은 콘크리트 품질관리 자료가 축적이 되면 사업별 품질관리의 현황과 사업 특성에서 보이는 품질관리의 문제점과 개선점을 알아보는 것도 농업기반 콘크리트 구조물의 품질관리를 위해 필요할 것으로 생각된다.

IV. 결 론

본 연구에서는 농업기반정비사업에 사용되는 콘크리트 구조물의 품질관리 현황을 조사하고, 조사된 자료를 바탕으로 품질관리도를 작성하고, 콘크리트 구조물의 품질관리에 영향을 미칠 수 있는 외부 조건들과 비교 분석하였다. 품질관리의 기준은 시험강도의 변동계수와 설계기준강도와 시험강도의 비를 기준으로 하였으며, 시험강도 변동계수와 시험강도비를 지형 조건과 하천 조건, 기상 조건 등과 결합하여 분석하였다.

연구 결과로 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) 농업기반조성사업에 사용되는 콘크리트의 시험자료를 분석하여 전국단위 콘크리트 품질관리 현황도를 작성하였다.
- (2) 농업기반조성사업에 사용되는 콘크리트의 변동계수는 중산간부분에서 낮은 값을 나타내고 있으며, 하천의 흐름을 경계로 하천의 좌측과 우측의 콘크리트 구조물의 품질관리 정도가 변화한다.
- (3) 농업기반조성사업에 사용되는 콘크리트 구조물의 품질관리는 결빙일수의 영향을 받으며, 결빙일수가 90일 이상인 지역에서는 시험강도 변동계수가 상대적으로 크게 나타난다.
- (4) 최저기온과 강수량은 콘크리트 구조물의 품질관리와는 큰 상관성이 없는 것으로 나타났다.

Reference

1. 구봉근, 오병환, 김영의, 1994, 비파괴 시험에 의존 콘크리트 구조물의 압축강도 추정, 한국 콘크리트 학회 논문집, 제6권 6호, pp.159-172
2. 김남신, 2003, GIS 실습, 한울, pp.116-136
3. 심순보, 김주훈, 임광섭, 오덕근, 2003, GIS를 이용한 홍수범람 분석, 한국지리정보학회 논문집, 6권 1호, pp.132-142
4. 임서형, 강현식, 지남용, 2002, 비파괴시험에 의한 콘크리트의 압축강도 추정에 관한 연구, 대한건축학회 논문집, 18권 8호, pp. 51-58