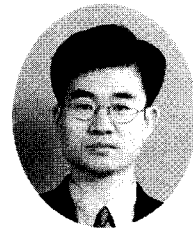


# 특 집

|| IT 시대의 콘크리트 ||

## IT 기술을 이용한 콘크리트 시공관리

- The Use of Information Technology in Concrete Works -



김형래\*



정하선\*\*

### 1. 서 론

21세기 들어서 모든 산업분야 및 사회전반에 걸쳐서 가장 이  
수화되고 있는 단어를 꼽는다면 단연 IT(Information  
Technology, 정보기술)라고 할 수 있을 것이다. IT, 즉, 정보기  
술의 발전은 과거에는 개인이 소유하고 있었던 개개의 정보들을  
많은 사람들이 동시에 공유할 수 있도록 한 인터넷의 발달과 무  
관하지 않으며, 최근 들어 국내의 건설산업에 있어서도 IT를 활  
용한 시공관리 사례가 일부 보고되고 있다.

과거의 건설기술개발은 주로 재료나 공법 등 하드웨어적인 기  
술에 치중되어 온 것이 사실이다. 그러나, 사회가 고도로 정보화  
되고 사업타당성 조사·계획·설계·시공·유지관리 등의 분야에  
다른 산업의 첨단기술을 활용한 각종 기법들이 적용되고 있으며,  
관련 정보들이 인터넷을 통해 실시간으로 건설 종사자들에게 공  
유됨에 따라 하드웨어적인 기술 못지 않게 소프트웨어적인 기술  
의 중요성이 한층 강조되고 있는 것이 현실이다.

한편, 건설산업에서도 IT(정보기술)의 활용을 위해서는 인터넷  
망과 컴퓨터의 이용이 최우선적으로 선행되어야 한다. 그런데, 이  
미 건설산업의 거의 모든 단계에서 컴퓨터는 없어서는 안되는 필수  
적인 요소가 되고 있으며, 인터넷에 의한 자재의 구매·조달이라든  
가 지역주민 및 분양고객을 상대로 한 건설정보나 시공현황의 공개  
등은 이미 보편적으로 활용되고 있는 사례라고 할 수 있다.

그렇다면 콘크리트의 시공관리 측면에서 국내의 IT 또는 컴퓨  
터 활용 수준은 어느 정도인가? 본고에서는 기존에 콘크리트 기  
술분야에 있어서 현장시공관리 및 지원을 위해 활용되어 온 컴퓨  
터 프로그램 또는 시스템의 일부 사례와 인터넷을 이용한 시공관  
리방안 등을 살펴보고 앞으로의 전망 및 발전방향에 대하여 고찰  
해 보고자 한다.

### 2. 콘크리트 시공분야에서의 컴퓨터 및 IT 활용 현황

콘크리트 기술분야 중에서 작업생산성의 향상과 품질관리의 안  
정성 확보를 위해 일찍이 컴퓨터에 의한 계산 및 관리 툴이 활용  
되어 온 대표적인 사례가 레디믹스트 콘크리트(일명, 레미콘)의  
제조분야라는 점에 이견이 없을 것이다. 컴퓨터의 활용이 용이한  
분야란 변화에 대한 예측이 가능하고 계산에 필요한 정보의 정리  
가 가능해야 한다는 공통점을 갖고 있다. 그러나, 콘크리트는 아  
직까지 시멘트의 수화반응 메커니즘도 명확히 규명되지 않았을  
정도로 매우 복잡하며, 주변의 자연환경조건에 따라서도 그 특성  
변화가 너무 커서 컴퓨터로 계산을 하기 위한 기본적인 데이터조  
차도 완전히 정리되어 있지 않은 상태이다.

다만, 레미콘의 경우에는 콘크리트를 구성하는 몇 가지 재료들  
에 대한 기본적인 특성값을 사전에 확보하여 품질관리하는 것을  
전제로, 사전에 계산된 배합대로 각각의 재료가 계량되며 제한된  
혼합방법에 의해 제조된다. 따라서, 인간의 작업에 의한 오차를  
최소화할 수 있을 뿐만 아니라 작업속도를 극대화시키는 것이 가

\* 정희원, 현대건설(주) 기술연구소 선임연구원

\*\* 정희원, 현대건설(주) 기술연구소 연구위원

능하다는 장점 때문에 컴퓨터의 활용이 가능했다고 할 수 있다.

그렇다면, 사용재료 및 환경조건에 따른 콘크리트의 품질변화를 예측하여 적정배합을 선정하고 현장시공관리를 수행함에 있어서는 어떠한 형태로 얼마나 활용되고 있는가. 이와 관련하여 현재까지는 콘크리트의 설계·제조·시공·유지관리 각 단계별로 콘크리트의 품질이나 거동을 예측하기 위한 개개의 해석 프로그램 형태로서 활용되고 있으며, 대부분 전문적인 지식이나 구동능력을 보유한 전문기술자에 의한 지원을 필요로 한다.

이와 같이 프로그램 해석을 통한 사전예측은 적절한 시공계획의 수립을 가능하게 함으로써 현장에서의 콘크리트 시공·품질 관리에 크게 기여해 왔으며, 최근에는 다양한 기능을 보유한 개개의 해석 프로그램들을 결합하여 시스템화하고 있는 추세이다.

### 2.1 콘크리트 시공관리에 컴퓨터 프로그램 활용 시 선결 요건

콘크리트의 시공관리에 활용될 수 있는 해석 프로그램이 많이 개발되고 널리 적용되기 위해서는 앞에서 언급하였듯이, 콘크리트의 시공관리과정에서 얻어지는 결과에 대한 예측이 가능해야 하며 관련정보의 정리가 용이해야 하는 점 등이 우선적으로 요구된다.

그런데, 이와 관련하여 발생하는 어려움은 콘크리트의 재료적인 특성뿐만 아니라 제조·시공 과정 동안 영향을 미치는 각종 현장시공조건이나 주변환경조건에 의해 콘크리트의 품질이 크게 변화된다는 점에 기인하는 것으로 판단된다. 이는 콘크리트의 제조에 사용되는 골재나 시멘트의 품질 데이터로부터 굳지 않은 콘크리트의 위커빌리티나 경화 콘크리트의 소요재령별 압축강도 및 내구성능 등을 종합적으로 예측할 수 있는 보편화된 시스템이 아직까지 구축되지 않고 있는 사실로부터도 추론이 가능하다. 아마도 그것은 종래에 수행되어 온 많은 연구결과들이 있었지만 콘크리트의 재료적인 성질과 품질변화의 관계를 정량화하는 것이 쉽지 않았기 때문일 것이다.

또한, 콘크리트 구조체가 공산품과 같이 일정한 조건하에서 제조될 수 있다면, 품질의 균질성을 확보하는 것이 가능할 것이다. 그러나, 콘크리트 부재나 구조체는 대부분 시시각각으로 환경이 변화되는 현장생산으로 제작되며, 2차 제품이라 할지라도 일반적인 공산품 생산공장과 달리 온·습도 등에 의한 영향을 크게 받는 경우가 대부분이다. 따라서, 설령 사용재료의 품질관리가 엄격하다고 해도 시멘트의 수화반응과 각종 화학혼화제 등의 성능 발현에 미치는 환경조건, 즉 온·습도의 영향을 정량화하는 것이 필수요건이라 하겠다.

일본의 경우에는 현장에서의 시공작업과 관련하여 타설 로봇, 자동 다짐장치, 마감 로봇, 자동 상승 거푸집 등에서 컴퓨터 활용 사례가 보고되고 있으나, 건설공사의 공정이 대부분 표준화되어 있지 않고 복잡하며 동일한 시공방법을 적용할 수 있는 현장도 많지 않은 관계로 실용화 정도가 그다지 높지 않다.

이러한 분야에서 컴퓨터가 널리 활용되기 위해서는 컴퓨터를 탑재한 시공기계의 사용이 용이하도록 시공계획을 수립하고 시공 조건에 따른 영향을 정량화하는 것이 우선시 되어야 할 것이다. 또한, 컴퓨터를 활용한 다양한 형태의 자동화가 가능하기 위해서는 콘크리트 부재의 프리캐스트화와 함께 진친후 시공시스템의 적용을 통해 시공조건을 일정하게 하는 것도 필요하다.

### 2.2 컴퓨터 프로그램 및 시스템을 활용한 콘크리트 시공관리

현재 국내에서도 다양한 종류의 컴퓨터 프로그램 및 시스템들이 콘크리트 구조체의 품질확보와 하자발생 예방 차원에서 활용되고 있으며, 주로 콘크리트 전문가에 의한 현장지원을 통하여 시공계획 등의 시공전 단계부터 타설·양생 등의 현장시공 단계까지의 콘크리트 공사 전반에 걸쳐 수행되고 있다.

한편, 이러한 프로그램이나 시스템들은 보편적으로 적용되고 있는 상용 프로그램과 사용목적에 따라 건설업체가 독자적으로 개발·보유하고 있는 프로그램, 특히 특수 구조물의 시공관리를 목적으로 개발된 사례들이 많다.

본고에서는 이러한 점을 고려하여 실제로 국내 건설현장의 시공지원을 위해 활용되고 있는 프로그램과 시스템의 일부를 소개하고자 한다.

#### 2.2.1 콘크리트 수화열해석 및 균열제어

재료적인 특성에 기인한 콘크리트 구조체의 균열은 주로 건조수축이나 시멘트의 수화열이 주된 요인이라 할 수 있다. 특히 매스콘크리트에 있어서의 수화열 해석에 의한 온도응력균열 검토는 가장 일반적인 해석 프로그램으로 활용되고 있다. 한편, <그림 1>과 <그림 2>에 나타난 콘크리트의 균열제어 시스템에서는 수화열, 크

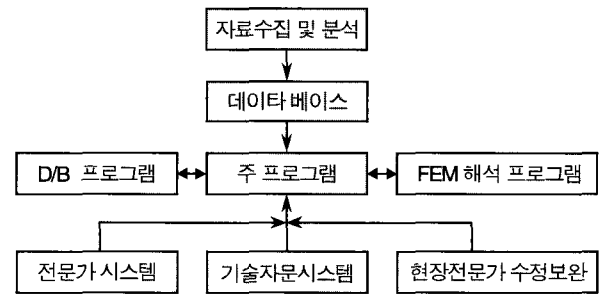


그림 1. 콘크리트의 균열제어 시스템 구성도

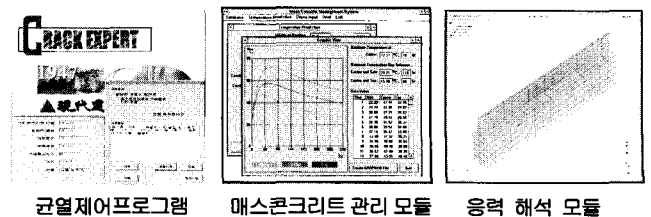


그림 2. 균열제어 시스템의 적용 프로세스

리프, 건조수축에 의한 응력해석을 통하여 시공기간, B/P 용량, 현장조건 등을 고려한 시공방법 결정에 활용되고 있다.

2.2.2 콘크리트의 배합설계

〈그림 3〉은 콘크리트의 유동성, 강도 및 내구성을 만족하는 최적배합을 도출하기 위한 설계요소 분석 프로그램을 포함하는 자문 시스템으로서 ACI, CEB, JCI, BS, KCI 등 국내외 콘크리트 규격에 따라 설계하는 것이 가능하다. 교량의 상부 및 하부 구조물, 터널, 항만, 도로, 원자력발전소 등 특수 구조물, 건축 구조물 등 거의 모든 종류의 콘크리트 구조물 설계 시 적용되고 있다.

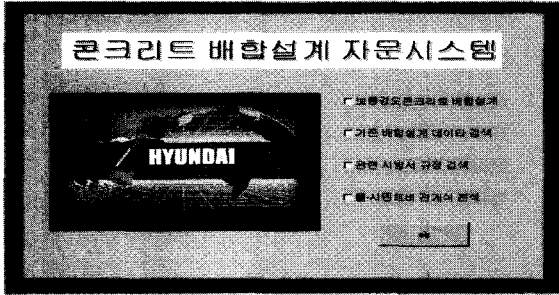


그림 3. 콘크리트의 배합설계 시스템

2.2.3 한중 콘크리트의 양생방법 선정

시멘트의 수화열에 의한 콘크리트 내부온도이력을 사전에 예측하여 한중 콘크리트의 적정 양생조건을 선정하고, 주어진 양생조건하에서 동해방지를 위한 최소양생기간의 설정 등에 활용되는 콘크리트 구조체 품질관리 시스템의 구성과 적용결과를 〈그림 4〉에 나타냈다.

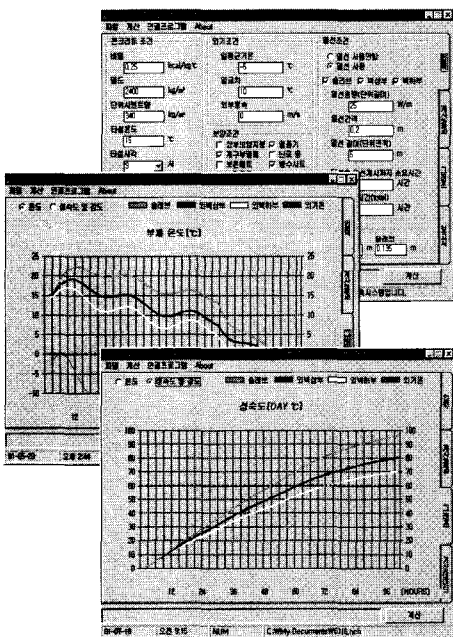


그림 4. 한중 콘크리트의 양생방법 선정 시스템

즉, 콘크리트의 배합조건, 구조체의 시공조건, 기상조건 및 양생방법 등에 관한 기본적인 자료입력을 통하여 산출되는 구조체 콘크리트의 온도이력과 성숙도 예측결과로부터 적용 가능한 양생방법의 선정을 위한 자료를 제공할 수 있다.

2.2.4 교량 시공 및 유지관리

교량 시공 및 유지관리 시스템은 콘크리트의 시공관리에만 한정된 것은 아니며, 공간적 표현의 한계성을 극복하여 기존의 형식적인 관리체제에서 벗어나 3차원으로 시공의 각 단계별 현황을 보여줌으로써 현재의 상황 파악에 도움을 줄 수 있을 뿐만 아니라 체계적인 자료관리도 가능하다.

본 시스템은 크게 6개의 시스템들이 연계 통합되어 교량 시공 및 유지관리가 체계적으로 이루어질 수 있게 한다. 각 시스템의 구분 및 포함된 기능은 다음과 같다.

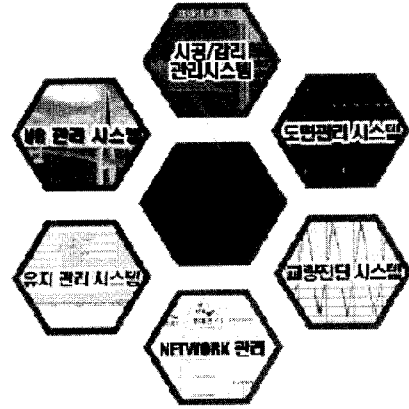


그림 5. 교량 시공 및 유지관리 시스템의 구성

(1) 시공/감리 관리 시스템

손쉽게 시공 자료를 입력, 검색할 수 있으며 최적공기를 산출하도록 해주는 공정관리 시스템과 사장교 시공단계별 해석 및 오차보정 시스템으로 구성되어 있다.

(2) VR(Vertual Reality) 관리 시스템

교량의 실제 모습을 3차원으로 가시화하여 보여줌으로써 현장에 직접 가지 않고서도 교량의 내/외부 구조를 손쉽게 살펴볼 수 있다. 또한, 보수/보강 및 점검 이력을 통합 관리할 수 있으며, 도면관리 시스템, 교량진단 시스템과도 연동된다.

(3) 도면관리 시스템

VR 시스템과 연동되어 도면을 신속하게 찾는 기능과 추가할 수 있는 기능을 갖추고 있다.

(4) 유지관리시스템, 교량진단시스템

교량 유지관리를 위한 계측 신호를 확인하고 관리할 수 있으며, 시공관련 자료 및 VR 시스템에서 입력한 보수/보강, 점검 자료를 보고서 형태로 출력하는 기능이 통합되어 있다.

(5) 네트워크 관리 시스템

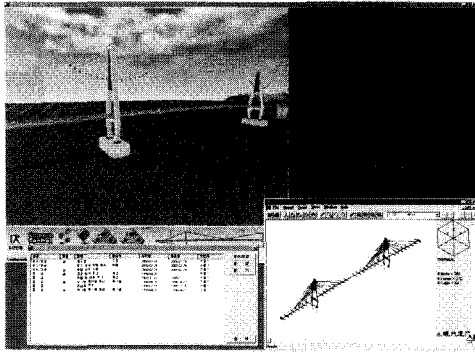


그림 6. VR System, 유지관리, 도면관리

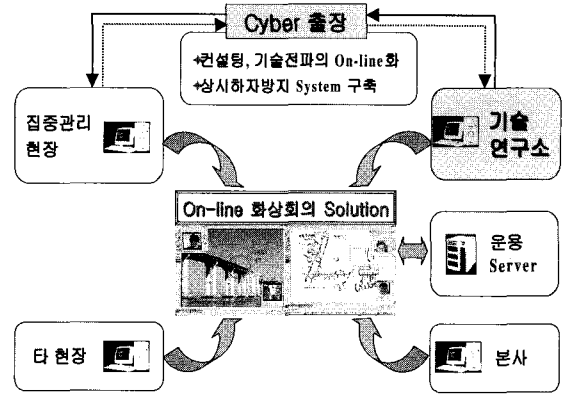


그림 7. Web 기반 현장 품질관리지원 시스템

네트워크에 의한 현장의 시공현황 및 유지관리현황을 중앙(본사, 기술연구소 등)에서 상시 파악하여 원격 지원이 가능하도록 되어 있다.

### 2.3 인터넷을 활용한 콘크리트 시공관리

시공관리를 위해 인터넷이 활용되고 있는 가장 단편적인 사례가 현장별 실시간 기상데이터 제공이라 할 수 있다. 콘크리트 공사의 특성상 기온과 강수여부 등의 기상조건에 관한 정보는 적절한 시공계획수립 및 품질관리를 위해 필수적이며, 공사의 성패를 좌우하는 매우 중요한 요인이라 할 수 있다. 이와는 별도로 콘크리트 타설 작업 시의 바람의 영향으로 인한 소성수축균열 발생과 고소작업에 따른 작업안전 등을 고려하여 현장별 시공층에서의 풍속 및 풍향에 관한 데이터의 제공도 필요하다고 할 수 있다.

또 하나의 대표적인 인터넷 활용 사례로서 레드믹스트 콘크리트의 구매·조달 시스템을 들 수 있다. 이는 레미콘을 공급하는 협력업체가 시공사의 인터넷망에 접속하여 레미콘 소요량을 확인한 후, 현장의 타설작업속도와 교통상황 등을 고려하여 적절한 대기차량 수가 유지되도록 관리하는 것이 가능하다는 장점을 갖고 있다. 뿐만 아니라, 이를 통하여 시방서에서 정하고 있는 외기온도 조건별 콘크리트 제조부터 타설시까지의 시간제한 규정을 충족시킬 수 있으므로, 현장반입 전의 굳지 않은 콘크리트에 대한 품질관리에 있어서도 매우 효과적이라 할 수 있다.

최근에는 인터넷을 활용한 화상회의(on-line conference) 시스템의 구축이 가능하게 됨으로써, 현장별 시공상황 및 문제점 등을 본사나 기술연구소 등에서 상시 파악하고 정보를 교환함은 물론 앞서 언급한 각종 컴퓨터 프로그램 및 시스템을 활용하여 실시간으로 지원하는 방안이 시도되고 있으며, 이에 관한 전반적인 개요는 <그림 7>에 나타난 바와 같다.

### 3. 향후 전망 및 결론

콘크리트의 시공관리에 있어서 컴퓨터 프로그램이나 IT (Information Technology)의 활용에 따른 기대효과는 품질(Quality), 비용(Cost), 공기(Duration), 안전(Safety)으로

대표되는 현장생산관리의 효율 향상에 근간을 두고 있다. 즉, 시공계획업무나 문서·파일의 정리 및 각종 문서류의 작성·제출 등 현장에서의 복잡한 작업들이 종합적으로 집중 관리되고 처리됨으로써, 현장작업자가 시공관리에 전념할 수 있는 시간이 확충되고 다중품질관리기법의 적용이 가능하게 되어 시공품질의 향상과 직·간접적인 비용절감을 기대할 수 있을 것으로 예상된다.

특히, 정보화에 따른 기술의 공유는 기술인력의 세대교체에 따른 노하우의 계승이라는 측면에서도 크게 기여할 것으로 판단된다. 또한, 콘크리트 분야를 포함한 건설공사 전반에 걸친 IT의 적용은 계획·설계·시공·유지관리의 각 단계별로 발생하는 각종 정보를 신속하고 정확하게 전달·교환·공유함은 물론, 급속히 고도화되고 복잡화되는 고객의 요구를 정확히 반영할 수 있도록 할 것이다.

지금까지 살펴본바와 같이 컴퓨터와 IT를 활용하는 목적은 방대한 양의 데이터를 처리·분석하고 그것을 이용하여 예측이나 평가가 가능한 시스템을 구현함으로써 고도화된 정보를 공유하는데 있다고 할 수 있다. 앞으로 콘크리트 시공분야에 있어서 각종 해석기법적용과 관련정보공유의 중요성은 날로 증대될 것이며, 이것을 가능하게 하는 수단이라 할 수 있는 컴퓨터와 IT의 이용도 그 내용과 방법에서 더욱 다양해질 것으로 판단된다. □

### 참고문헌

1. 十河 茂幸, "콘크리트 기술에 있어서의 컴퓨터 활용의 현상과 전망", 콘크리트 공학, Vol.38, No.1, 2000.1, pp.12~16.
2. 森 博嗣, "콘크리트 생산·시공 분야에 있어서의 컴퓨터 활용", 콘크리트 공학, Vol.38, No.1, 2000.1, pp.39~42.
3. 藤川 泉, "콘크리트의 제조 기술·관리 기술", 콘크리트 공학, Vol.33, No.3, 1995. 3, pp.51~54.
4. 建設産業技術戰略檢討會, 建設産業技術戰略, 2000.3
5. 콘크리트 공학, 特輯: 콘크리트 공사의 자동화·기계화, Vol.32, No.3, 1994
6. 清水建設 弘報部, "IT를 활용하여 건축공사의 생산체제를 개혁", 建築の技術-施工, 技術ニュース, 2000.12, p.11.