

고유동 콘크리트의 장래 전망

The Future Prospect of Super Workable Concrete



조창근*
Chang-Geun Cho



배수호**
Su-Hoo Bae

이 기사는 일본 콘크리트공학(Concrete Journal) 2001년 1월호에 실린 기사를 번역 및 요약 정리한 것이다.

1. 머리말

콘크리트는 사회기반시설을 구축하기 위하여 없어서는 안 되는 매우 중요한 재료 중의 하나이다. 따라서 콘크리트 구조물의 설계 및 시공 목표는 안전하고 내구적인 구조물을 구축하여야 하는 것이다. 이를 위해서는 시공 현장에서 사람의 손에 의하여 정성들여 시공하는 것이 필수불가결하나, 산업구조의 개편에 따른 인력의 이동, 3D 기괴현상 및 인건비 절감을 위한 자동화 등 사회적 여건이 크게 변화되었고, 또한 콘크리트 시공과 관련된 숙련 기능공의 부족 및 능력의 저하로 콘크리트 품질 결함의 주원인이 시공불량으로 되는 사례가 증가되고 있다.

따라서 콘크리트 구조물의 신뢰성을 향상시키기 위해서는 콘크리트 타설시 시공의 양부에 영향을 받지 않고, 기존의 워커 빌리터로는 타설이 곤란한 복잡한 배근 및 과밀 배근된 콘크리트의 경우에도 원활한 타설 및 품질 확보가 가능한 고유동 콘크리트의 시공이 필요하다. 이에 본 기사에서는 사회적 여건에 부응하고, 콘크리트 시공 시스템의 합리화를 도모할 수 있는 고유동 콘크리트의 현황 및 장래 전망에 대해서 소개하고자 한다.

2. 고유동 콘크리트의 현황

시공조건에 무관하게 다짐작업이 필요치 않는 자기충진성을 가진 콘크리트의 개발이 1986년 Okamura에 의해 제창된 후¹⁾, 1988년 여름, 타설시 진동다짐이 불필요한 자기충진성 콘크리트인 Prototype 1호가 세계에서 최초로 개발되었다²⁾.

자기충진성의 실현은 무엇보다도 콘크리트의 유동상태의 재료분리거동에 관한 기초적 연구에 바탕을 두고, 기존 구성재료의 배합설계법으로부터 탄생되었다³⁾. 종래 콘크리트의 배합설계법에 굳지 않은 콘크리트의 거동을 분석함으로써 얻은 성과이다. 이후 이런 종류의 콘크리트를 일반적으로 적용 가능토록 하기 위한 배합설계법, 제조 및 시공에 관한 연구가 수행되어, 자기충전형의 고유동 콘크리트는 여러 구조물에 적용되어 왔다. 최근에 와서는 여러 나라에서 적용되었는데, 태국, 스웨덴, 네덜란드 등에서 시공실적과 함께 특별히 서구에서는 관심이 크게 증대되어 오고 있다.

원래, 고유동 콘크리트는 구조물의 내구성 및 신뢰성 향상을 목표로 개발된 콘크리트였으나, 진동다짐작업에 동반한 소음방지 및 인건비 감소, 다짐작업이 필요 없으므로 재료분리에 대한 위협도를 감소시켜 줌으로써 종래의 설계 및 시공에서의 다양한 제약들이 해소되어 새로운 구조형식의 실현 및 콘크리트 시공 시스템의 합리화를 도모할 수 있게 되었다. 이러한 가능성을 가져온 고유동 콘크리트는 다양한 현장조건 하에서 효과적으로 활용 가능한 것으로 기대되어 왔다.

하지만 지금까지 일본에서만 적용된 고유동 콘크리트의 경우를 볼 때, 제조된 콘크리트 전체에 비하면 0.5% 정도에 지나지 않는 실정이다(그림 1). 1990년대 전반, 시공실적은 Akaishigai대교의 앵커리지 등의 대형 프로젝트에도 적용되었으나, 1997년 이후에 와서, 사회 경제상황의 주된 영향으로 인해 급속히 적용실적이 감소되었다. 한편, 공장제품에서의 적용실적의 감소는 전체 적용실적의 감소율보다는 낮은 편으로 나타났다(그림 2).

고유동 콘크리트의 적용에 있어 가장 큰 제약 중의 하나는 가격 문제이다. 고유동 콘크리트의 가격은 적용될 상황의 규모 및 지역 등의 상황에 따라 다양하다. 1997년 시점에서 건설회사의 조사결과에 의하면, 비교대상 콘크리트에 비해 20% 정도에서 최고 60% 정도의 가격 증가가 있었으나, 2배까지 가

* 정희원, 경북대학교 방재연구소 연구원, 강사
chocg70@hanmail.net

** 정희원, 안동대학교 토목공학과 부교수

격이 상승하는 경우도 있었다. 한편, 고유동 콘크리트의 사용에 의한 시공에서의 비용 하락 및 상승 요인에는 <그림 3>에 제시한 항목들이 주요 요인들이다. 일반 콘크리트에 비해 가격이 높은 재료를 사용하기 때문에 고유동 콘크리트를 사용하지 않고서는 시공이 매우 어렵고 품질 확보가 곤란한 경우에만 적용되었던 것이 사실이다.

3. 콘크리트 구조물의 건설비용 및 고유동 콘크리트를 활용한 시공의 합리화

따라서 건설비용의 비용감소에 초점을 두고서 적용의 기술개발에 역점을 두는 것이 매우 중요하게 되었다. Yokoda는 동해

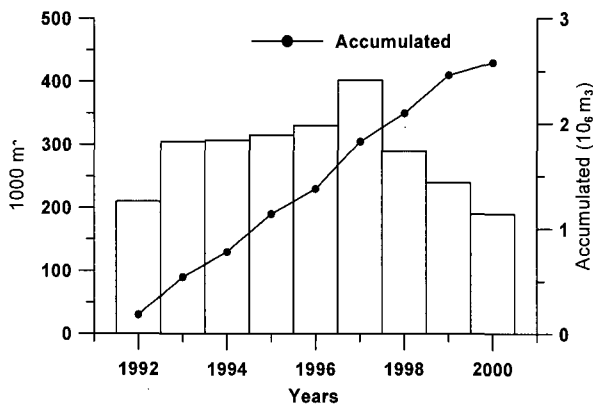


그림 1. 일본의 고유동 콘크리트 적용 실적

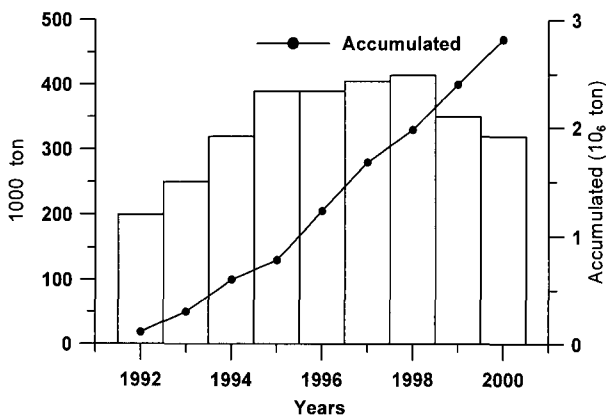


그림 2. 고유동 콘크리트 공장제품의 적용 실적

- | | |
|----------|--|
| 비용 하락 요인 | <ol style="list-style-type: none"> 1. 타설시 작업원 감소 2. 타설후 보조공 감소 3. 타설회수 감소 4. 타설후처리 감소 5. 공기단축 |
| 비용 상승 요인 | <ol style="list-style-type: none"> 1. 거푸집 보강 2. 시험관리비 |

그림 3. 적용실적에 따른 고유동 콘크리트 시공의 비용 하락 및 상승 요인

도 신간선 및 복능 신간선 터널과 고가교의 비용을 비교, 터널 공사에서는 저설도향선진상부반단면공법이 NATM공법으로 변화함으로써 현재가격의 절반이하로 공사비가 낮아진 것에 반해, 라멘 고가교 공사에서는 약 3/4 정도에 머물고 있는 것으로 파악되었다. 자원 최소화에서 인건비 최소화 설계로의 이행이 중요한 것으로 지적되었으며, 콘크리트 타설의 기계화와 관련하여 교량의 시공법 자체는 약 30년간 기본적으로 변화되지 않은 것이 터널공사와는 차이가 있는 것으로 판단된다.

한편, 신재료가 구조형식 및 시공방법의 개선에 미치는 영향은 크며, 고유동 콘크리트의 활용에 따라서 시공의 합리화를 추진하는 것이 가능하다. 강-콘크리트 샌드위치 합성구조를 적용한 침매관은 고유동 콘크리트의 채움이 없이는 실현 불가능한 구조형식이다. 이 구조의 적용에 의해 대대적인 시공 합리화가 이루어져 침매관 제작을 위한 부두 사용기간의 단축이 가능케 되었다. Akaishkai대교의 앵커리지 시공에도 고유동 콘크리트가 적용되어 콘크리트 제조 플랜트로부터 타설현장까지의 일련의 시공시스템을 구축함으로써 1일 콘크리트 타설량 1,900 m³를 실현, 현장의 합리화 및 공기단축을 유도할 수 있게 되었다.

이와 같은 적용 예들은 고유동 콘크리트를 적용함으로써 종래 콘크리트에 비해 재료비가 상승함에도 불구하고, 총비용은 종래 방식과 크게 차이 없는 우수한 경제성을 제공해 줄 수 있는 것으로 평가되었다. 또한 고유동 콘크리트의 적용에 의해 구조물 내 콘크리트 품질의 변화도 적게 되어 생애주기 비용이 확실히 감소하는 것으로 판단된다.

종래의 시공법에서는 콘크리트 타설시 진동다짐작업을 수행하는 것을 전제로 가설계획을 세웠다. 고유동 콘크리트를 사용하는 경우에는 이를 변경시킬 수 있다. 콘크리트 타설 시 사람이 있을 필요가 없다. 콘크리트 시공의 원점을 바꾸어 고유동 콘크리트의 특징을 활용한 시공방법을 고려함으로써 새로운 합리적 시공의 실현이 가능하다.

교량하부 시공의 경우에는 강제 요소 및 강관 콘크리트 복합구조를 적용한 교각이 개발되었다. 이와 같은 구조들은 시공의 합리화를 이끌기 위한 새로운 구조형식을 적용한 경우이다. 고유동 콘크리트를 조합한 구조 형식의 적용에 의해 한층 더 합리화가 진행되었다. 교량 상부 시공의 경우에는 무지보공의 시공이 가능한 공법들이 제안되었다. 강관 트러스 및 강관 아치리브를 크레인에 의해 일괄 가설한 후 고유동 콘크리트를 직접 타설하는 공법이 그 한 예이다. 이로 인해 시공의 합리화가 진전되어 경제성에도 우수한 공법의 실현 가능성이 높게 지적되었다.

기존 시공법에서의 거푸집 사용에 의존하지 않는 새로운 시

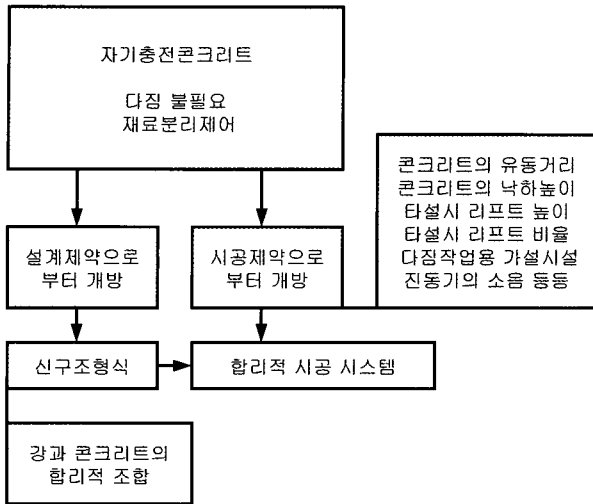


그림 4. 고유동 콘크리트를 적용한 시공의 합리화

공법이 신구조형식의 적용과 함께 그 개발 잠재력이 이후 크게 기대되고 있다(그림 4). 콘크리트 타설시 유동거리 및 낙하높이 등 지금까지 시공상의 제약으로 간주되었던 조건들을 크게 완화시키는 것이 가능하게 되어, 적극적으로 활용 가능한 시공 방법을 고려할 수 있게 되었다. 또한 다짐작업을 하지 않아도 좋은 품질을 얻을 수 있으므로, 다짐작업으로 인한 비용 및 시간절약이 가능하게 되었다. 철근공, 거푸집공 및 지보공이 고유동 콘크리트의 사용을 전제로 그 공법이 재구성됨으로써 새로운 콘크리트 시공이 탄생되는 가능성을 예측할 수 있다.

높은 재료비의 고유동 콘크리트를 채용함에도 불구하고 콘크리트 공사의 총비용을 종래 콘크리트 사용시와 비교해서 동일 수준 또는 그 이하로 경감시켜주는 새로운 시공법을 개발하려는 시도가 높게 부각되어 진다.

4. 공공 토목공사에서 고유동 콘크리트의 적용을 위한 제도 개선

고유동 콘크리트와 같이 통상의 재료와 다른 콘크리트를 적용하고자 할 경우 무엇에 근거하여 이를 적용할 것인가의 결정 요인은 무엇인가? 앞에서 언급한 새로운 시공법이 개발되었다고 하더라도, 이의 적용까지는 합의결정의 프로세스를 이해시켜야 하는 것이 매우 중요한 것이다. 지금까지의 적용 예에서는 특수한 대규모 프로젝트를 제외하면, 일반적으로 공사의 입찰 종료 및 계약 이후 공사가 개시된 이후 단계에서 그 적용이 결정되는 것으로 여겨졌다(그림 5). 공공토목공사의 경우, 계약문서의 일부인 시방서 표준의 콘크리트가 제시되어 있으며, 고유동 콘크리트를 적용하기 위해서는 이를 고유동 콘크리트로 변경해야 할 필요가 있다. 더욱이, 공사개시 이후 변경을 수행할 경우에는 시공자로부터 제안에 관한 발주자의 승인 또는 지시가 있어야만 한다. 후자는 물론 전자의 경우 구조물의 품질을 확보하기 위해 필요한 것으로 승인된 경우에만 설계변경이 가능하게 된다. 이 결정의 프로세스에는 시공자로부터 제안이 있고 품질확보상 고유동 콘크리트를 필히 적용해야만 할 필요성이 있는 경우에만 적용 가능하게 된다.

구조물이 건설되는 프로세스 과정에 따라서 일반적으로 전체적인 과정이 결정되게 된다(그림 6). 또한 특수한 시공조건이 아니면 표준설계, 표준시공방법, 표준재료가 적용되게 되어, 시방서 및 각종 기준 매뉴얼에서 제시된 기준에 기초하여 적산이 수행된다. 따라서 현행 프로세스와 같은 일반 구조물의 건설 프로세스에서는 고유동 콘크리트를 채택토록 하는 기회를 제공하기에는 매우 곤란한 것으로 분석될 수 있다.

고유동 콘크리트의 우수한 시공성을 활용하기 위해서는 새로운 시공법 및 구조형식과 조합될 수 있도록 하는 것이 효과적인

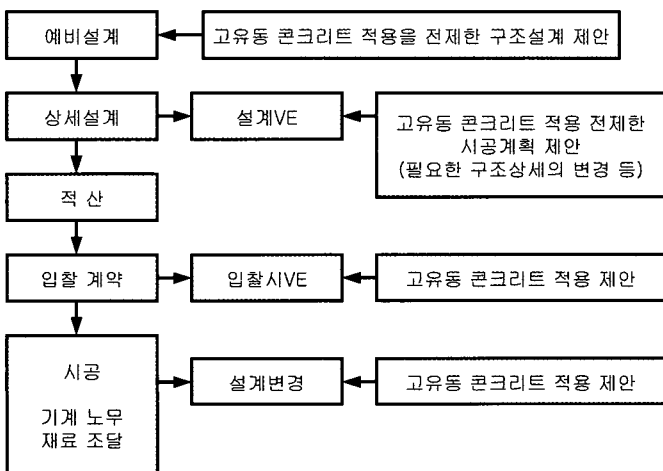


그림 5. 구조물 설계 프로세스 및 현행 시스템에서 가능한 고유동 콘크리트의 적용 결정 단계

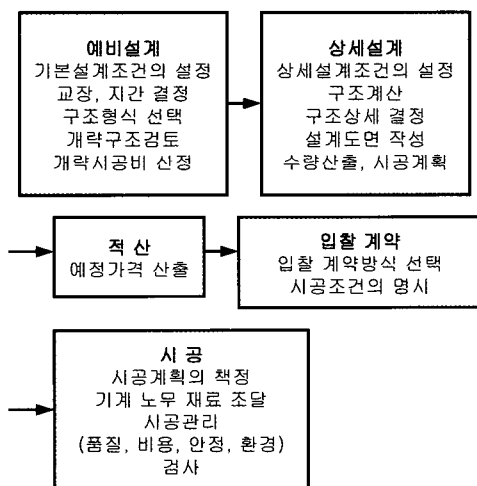


그림 6. 교량 구조물 설계 프로세스의 각단계별 결정사항 예

인 것인데, 이를 위해서는 건설 프로세스의 상류단계에서 이를 결정할 수 있어야만 한다. 또는 하류단계에서도 시공자의 제안을 채용할 수 있는 장치를 갖고 있다면 가능할 수 있으나, 이를 위해서는 적산단계에서 가정한 시공법 및 재료와 다른 제안을 평가 및 판단해서 품질에 문제가 없을 경우 적용 가능한 시스템으로 이루어지지 않으면 안된다. 더욱이 평가 및 판단에 의한 적용 이후에도 그 조사를 실시 가능한 기술자가 있어야만 하는 조건이 더불어 요구된다.

현재의 시스템에서 이에 관한 성공한 한 예에서, 발주자와 시공자 쌍방의 기술자가 고유동 콘크리트의 적용을 설계단계에서부터 인식해서 그 유효활용을 위한 다양한 방법을 습지함으로서 가능하였다. 따라서 고유동 콘크리트를 일반 콘크리트의 하나로서 활용 가능한 체계의 실현을 이루는 것은 설계단계에서부터의 표준안을 구축하여 기준 및 매뉴얼이 정비될 때까지는 아직까지 그 적용에 있어서 한계를 갖고 있는 것이다. 공공공사의 프로세스에 설계자 및 시공자로부터의 제안을 적극적으로 도입하기 위한

VE 제도의 도입 등이 시도될 수도 있다. 새로운 기술을 활용하기 위한 건설생산 시스템화를 이루기 위해서는 어떻게 하면 유익할 것인가가 계속된 관심사가 될 것이다. □

참고문헌

1. 岡村 甫, "新しいコンクリート材料へ期待", セメント・コンクリート, No.475, 1986. 9.
2. K. Ozawa, K. Maekawa, M. Kunushima and H. Okamura, "High Performance Concrete Based on the Durability Design of Concrete Structures," 2nd East Asia-Pacific Conf. on Structural Engineering & Construction, Chiang-Mai, Thailand, 1989. 1.
3. K. Ozawa, K. Maekawa and H. Okamura, "Development of High Performance Concrete," Journal of Faculty of Engineering, University of Tokyo(B), Vol.XL, No.1, 1992. 1.

학회 사무실 이전 및 콘크리트공학연구소 개소 안내

우리 학회 사무실 확장 이전과, 아울러 콘크리트공학연구소를 개소하여 아래와 같이 안내하오니 회원 여러분의 성원과 격려를 바랍니다.

- 아 래 -

- 이전 사무실 주소 : 서울특별시 강남구 역삼동 635-4 한국과학기술회관 신관 1009호
전화 : 02)568-5985~7 팩스 : 02)568-1918(이전과 동일)
- 연구소 주소 : 서울특별시 강남구 역삼동 635-4 한국과학기술회관 신관 1008호
직통 전화 : 02)539-5983 팩스 : 02)