

## 레미콘 기술동향

### 역타공법용 무수축 고유동 콘크리트

日本の 淺沼組 기술연구소는 역타공법이나 내진보강 후타 콘크리트 등에 적용할 수 있는 무수축 고유동 콘크리트 「Fillcrete」를 개발하고, (재)일본건축센터의 기술조사증명을 취득하였다.

팽창재와 고성능 AE감수제를 사용한 기본 콘크리트(플랜트에서 제조된 콘크리트)에 알루미늄 분말과 건조수축 저감제 등으로 구성된 Fillcrete용 혼화제를 현장에서 후첨가하여 유동화시키고, 높은 유동성과 재료분리 저항성, 무수축성을 갖는 콘크리트를 제조할 수

있었다. 적절한 기포작용을 가진 알루미늄 분말이 타설 후의 침하를 방지하고, 팽창재와 건조수축 저감제가 경화 후의 콘크리트 수축을 방지하는 것으로 이어치기부의 일체성 확보, 시공의 성력화·합리화를 실현한다.

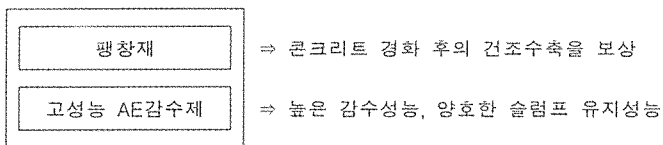
기존의 공법에서는 후타 콘크리트를 타설한 후 무수축 모르터를 충전할 필요가 있었지만, 이 공법에서는 1회의 타설로 일체성이 높은 이어치기가 가능해졌다.

역타공사나 내진보강공사의 후타 부분의 일체화에 대해서는 무수축 모르터의 충전, 시멘트 페이스트의 주입 등외에, 최근에는 고유동 콘크리트가 사용되고 있다. 고유동 콘크리트는 유동성이 높고, 재료분리 저항성이 커서 블리딩이 적은 등의 이점이 있는 반면, 통상의 콘크리트에 비해서 건조수축이 커서 이어치기부에 시멘트 페이스트나 지수를 주입해야만 한다.

이 Fillcrete는 슬럼프 플로우 50~65cm의 높은 유동성을 가지며, 재료분리나 침하가 발생하기 어렵다. 고유동 콘크리트와 대조적인 것은 경화 후의 건조수축이 통상의 콘크리트에 비해서 1/2~1/5로 저감되어 무수축 모르터와 비교해도 1/2~1/3으로 저감된다는 점이다.

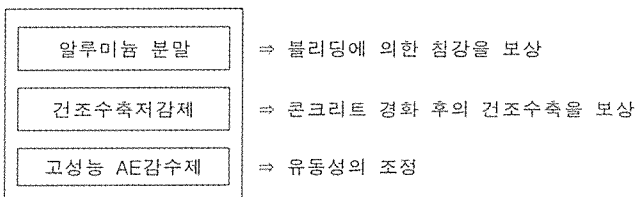
또한, 물결합재비가 35~45%

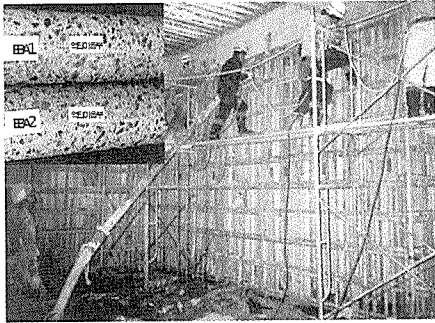
기본 콘크리트



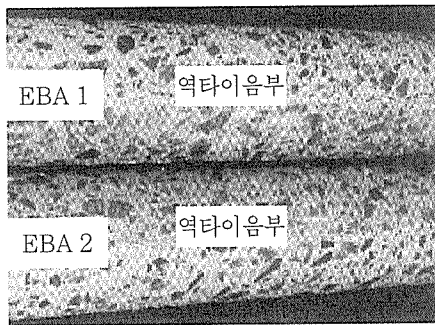
▲ 공사현장에서 후첨가

Fillcrete용 혼화제





타설상황



선타설 · 후타설 부분의 일체화 상황



River City 21 北 Project N棟

인 A타입과 35%이하의 B타입이 있고, A타입은  $27\text{N}/\text{mm}^2$ 까지, B타입은  $36\text{N}/\text{mm}^2$ 까지의 콘크리트에 적용할 수 있다. 내구성은 통상의 콘크리트와 동등 또는 이상이고, 특히, 높은 동결융해저항성을 필요로 하는 부위에는 B타입을 적용한다.

淺沼組에서는 이러한 일련의 기술에 대해서 (재)일본건축센터의 건축시공기술·기술조사 증명 제 0009호를 취득하고 있다. 벽두께 20cm의 내진벽을 증설하는 경우, 종래의 무수축 모르타 충전공법에 비해서 20%정도의 비용절감이 가능해졌다.

---

### 150N/mm<sup>2</sup>급 초고강도 콘크리트 개발

---

일본의 다이세이 건설은 150N/mm<sup>2</sup>급 초고

강도 콘크리트를 개발했다. 이것에 의해 RC 조 아파트나 오피스 빌딩의 새로운 고층화, 장스팬화가 가능하게 되었다. 이 회사는 설계기준강도  $100\text{N}/\text{mm}^2$ 의 초고강도 콘크리트를 큰 축력이 작용하는 고층 RC 아파트인 「River City 21 北 Project N棟」에 1997년에 전면적으로 적용한 바 있다.

기존의 40층을 넘는 RC 건물에서는 콘크리트 강도에 한계가 있어서, 건축물의 기둥과 기둥 사이의 거리가 좁고, 기둥의 단면이 크며, 또한 공간에도 제한이 있었으나, 이 건물에서는 기둥간격 10m정도의 큰 거실을 실현하였다.

이 회사에서는 건축물의 고층화, 대스팬화를 목표로, 실제 압축강도  $150\text{N}/\text{mm}^2$ 급 초고강도 콘크리트의 개발에 있어서, 배합 역학특성, 구조내진성능, 내화성능, 품질관리 등에 대하여 연구를 수행하였다. 이번의 고강도 콘크리트 연구결과에서 다음과 같은 결과를 얻었다.

- 재료 · 배합

결합재로는 포틀랜드시멘트와 실리카 흙에 슬래그 석고계 혼화재를 첨가하였다. 슬래그 석고계의 혼화재는 초기재령에 고온이력을 받는 구조체 콘크리트의 강도개선을 목적으로 사용되었다. 골재는 석영계 골재를 이용하고, 물결합비를 0.27 이하로 한 결과, 장기재령의 구조체 콘크리트의 강도로서 180N/mm<sup>2</sup> 정도를 얻을 수 있었다.

- 장기 압축성능

초고강도 콘크리트를 사용하는 초고층건물에서는 장기 재하시의 콘크리트의 역학적상업이 중요하게 된다. 따라서, 초고강도 콘크리트의 압축강도와 크리프 성상의 관계를 파악한 결과, 장기 축력이 작용하는 초고강도 콘크리트 RC 기둥은 탄성축변형은 크지만, 압축크리프 변형은 동등하거나 작게 되는 경향이 있고, 크리프 계수는 작게 되었다. 높은 수준의 축응력이 작용하는 초고강도 RC 기둥에 있어서는 이러한 점을 고려하여 장기설계를 실시할 필요가 있다.

- 내진성능

150N/mm<sup>2</sup>급 RC 기둥의 구조실험을 실시한 결과, 초고강도 콘크리트와 고강도 철근을 이용하게 되면, 부재로서의 탄성역을 크게 확보할 수 있어, 대지진시에도 손상을 저감하는 것이 가능하게 되었다.

- 내화성능

PP(폴리프로필렌) 섬유 혼입량을 적절하게 설정하는 것으로서, 4시간을 넘는 화재시에도 충분한 하중 지지능력을 확보할 수 있는 가능성을 보였다.

- 품질관리

굳지 않은 콘크리트의 단위수량을 수중 중량법으로 측정하여, 안정된 품질의 초고강도 콘크리트를 확보할 수 있었다. 이러한 방법은

더욱 높은 강도의 콘크리트에 대해서도 적용할 수 있을 것으로 고려되고 있다. 또한, 고온이력을 받는 구조체 강도를 간이단열 양생조에서 양생한 공시체를 사용하여 추정하는 방법도 제안되었다.

150N/mm<sup>2</sup>급의 콘크리트를 개발함으로써, 높은 강성을 확보하여 강풍이나 지진에도 흔들림이 적고, 경제성이 뛰어난 높이 200m~300m의 범위의 초고층 RC구조물을 건설할 수 있게 되었다.

이러한 개발을 통해 건물의 장스팬화가 가능하게 되어 평면 등의 설계가 자유롭게 됨은 물론, 내구성이 향상되어 건물의 수명이 길어지고, 뛰어난 내화성능 등을 확보하게 됨으로써, 이러한 점들을 활용한 초고층의 순수 RC조의 아파트나 오피스 빌딩의 건설이 가능하게 되었다.

---

---

### 7,000m<sup>3</sup>의 고강도 콘크리트를 CFT기둥에 압입

---

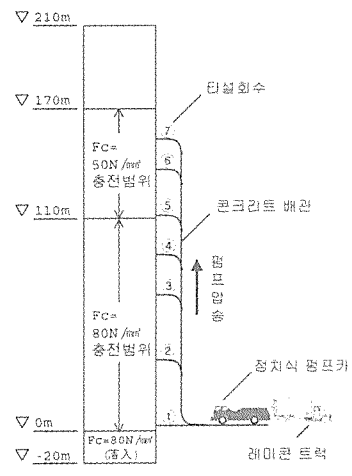
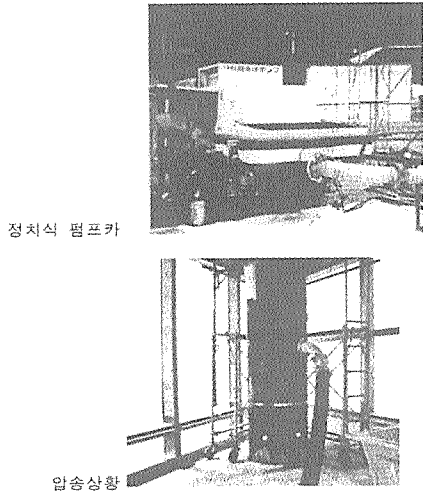
---

大林組는 설계기준강도  $F_c = 80\text{N/mm}^2$  및  $F_c = 50\text{N/mm}^2$ 의 고강도 콘크리트를 신사옥건설 프로젝트의 CFT기둥(콘크리트 충전 강관)에 적용하여, CFT의 충전시공으로서는 일본 최대 규모인 7,000m<sup>3</sup>를 지상 40층, 최고높이 170m까지의 압입시공에 따라 타설완료하였다.

CFT기둥은 우수한 내진성능과 강성을 가지며, 종래의 철골조에 비해서 빌딩의 유효면적을 확보할 수 있는 설계자유도가 증대한다는 장점에서 차세대 고층 오피스 빌딩의 이용이 기대되고 있다. 본 프로젝트에서는 우수한 내진성능과 강성을 확보하고, 기둥치수를 보다 슬림화하기 위한 고강도 콘크리트를 충전

(콘크리트의 사양)

Fc(N/mm <sup>2</sup> )	W/C	슬럼프 플로우(cm)	공기량(%)	타설시기	시멘트의 종류
80	0.275	67.5±7.5	2.0±1.0	표준기	저열 포틀랜드 시멘트
	동절기			고빌라이트 시멘트	
80	0.34	65±5	2.0±1.0	표준기	저열 포틀랜드 시멘트



콘크리트에 대해서도 최대 높이 170m까지 압송하기 때문에, 펌프압송성이 과제가 되었다. 그래서, 펌프카나 강관에 걸리는 부하를 사전에 평가하는 시뮬레이션 시스템을 개발하였다. 이에 따라 콘크리트의 성상이나 압입속도, 배관경 등의 차이에 따른 펌프 압송성이 밝혀지게 되고, 압송성능을 충분히 확보할 수 있도록 한 콘크리트의 최적배합설계와 시공계획

한 CFT구조가 채용되었다.

Fc=80N/mm<sup>2</sup> 및 Fc=50N/mm<sup>2</sup>의 콘크리트에는 제조안정성을 중시하여, 지금까지 Fc=60N/mm<sup>2</sup>급의 CFT기둥에 실적이 많은 고빌라이트계 시멘트를 전면적으로 채용한 고강도·고유동 콘크리트로서 계획되었다.

고빌라이트계 시멘트는 발열을 제어하고 유동성이나 강도발현에도 우수하여, 보통 시멘트나 중용열 시멘트보다 규산2칼슘(C<sub>2</sub>S : 빌라이트) 성분의 함유율을 높인 시멘트로 최근에 고강도·고유동 콘크리트의 이용이 증가하고 있다. 또한, 고성능 AE감수제는 폴리카르본산계(카르복실기 함유 폴리에테르계)를, 골재는 레이콘 공장의 상용품을 사용하고 있다.

한편, CFT기둥에 콘크리트를 펌프로 압입하는 경우, 콘크리트의 강도와 압송높이가 높아질수록 펌프카에 걸리는 부하가 커진다. 특히, Fc=80N/mm<sup>2</sup>의 콘크리트에서는 최대 높이 110m까지 압속하고, 또한, Fc=50N/mm<sup>2</sup>의

이 가능하게 되었다.

실제의 시공에 있어서는 압입시공 시스템을 채용하여, 펌프카에 걸리는 부하를 상시감시하고, 사정에 실시한 시뮬레이션 결과와 비교, 검토하면서 시공을 실시하였다.

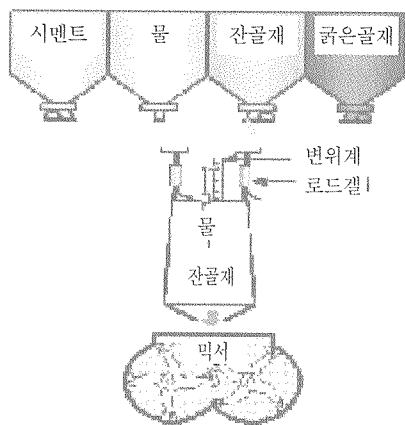
Fc=80N/mm<sup>2</sup>의 콘크리트 압입공법에서는 최대높이 110m(지상 26층)까지의 압입을 실현하여 전체 5,600m<sup>3</sup>의 타설을 계획과 같이 완료하고, Fc=50N/mm<sup>2</sup> 콘크리트의 압입시공도 최대높이 170m(지상 40층)까지의 압입을 실현하여 전체 1,400m<sup>3</sup>의 타설을 완료하였다.

**신뢰성 높은 콘크리트 제조 시스템**  
**「콘크리트제조 名人」**

日本の大林組는 콘크리트 품질변동의 주요 원인인 잔골재의 습윤상태에 전혀 영향을 받

지 않는 계량 방법을 고안하여, 계획된 배합대로 안정적인 품질의 콘크리트를 제조할 수 있는 높은 신뢰성 콘크리트제조 시스템 '콘크리트제조 명인'의 전자동 제조 표준공장을 완성했다. 이 시스템은 전자동화에 의해 간소화하고 내구성이 높으면서 누구라도 콘크리트를 경제적으로 제조할 수 있도록 만들었고 품질 관리, 검사의 합리화도 실현할 수 있다.

품질의 편차가 적은 안정된 콘크리트를 제조하기 위해서는 각각의 재료를 계획된 배합대로 정확히 계량하는 것이 중요하다. 그러나, 시멘트나 혼화재 등은 정밀하게 계량하는 것이 가능하지만, 잔골재는 표면수를 함유하고 있고, 그 저장상태나 기후의 변화에 따라 수시로 변화하므로, 표면수의 변동을 정밀하게 측정하여 신속히 단위수량을 보정하는 것이 곤란하다. 따라서, 잔골재의 습윤상태에 관계없이, 항상 단위수량을 정확히 계량하는 水浸 잔골재 계량방법을 이용한 고신뢰성 제조시스템을 제안하였다.



水浸 잔골재 계량방식

일반적으로, 골재는 입자표면의 수분을 부착하고 있으므로, 골재 및 배합수를 계량할 때에는 이 표면수의 양을 감안해서 보정해 주고 있다. 특히, 잔골재는 굵은골재와 비교해 입자

표면에 다량의 물을 포함한 상태로 공급되고 저장된다. 이 잔골재의 표면수는 저장 높이에 따라 다르고, 동일한 저장 시설 내에도 균일하지 않다. 또한, 표면수의 양은 시간의 경과에 따라 변화하기 때문에 모래의 표면수의 양을 정확하게 파악하는 것은 상당히 어렵기 때문에, 숙련된 기술자의 경험과 노하우로서 콘크리트의 상태를 확인하면서 수분량을 보정하고 있는 것이 현재의 실정이다. 잔골재의 표면수를 측정하기 위한 각종 센서도 실용화되고 있지만, 골재의 저장상태나 날씨의 변화 등의 영향에 따라 많은 오차가 있다. 기존의 이러한 방법으로 표면수를 실시간으로 높은 정밀도로 처리해 보정하는 것이 어려우므로, 실제로는 미리 변동범위를 예상해 목표강도를 얻도록 하고 있다.

日本の大林組가 개발한 신뢰성 높은 콘크리트제조 시스템 '콘크리트제조 명인'은 기존의 잔골재의 표면수에 대한 측정이 불필요하게 된, 전혀 새로운 발상의 수중 보관방식의 잔골재 계량 시스템으로 항상 정확한 배합수량과 잔골재량을 동시에 계량 산출할 수 있다.

이 회사는 이 방법의 의해 실현 가능해진 콘크리트 제조의 전자동 제조 표준공장을 기술 연구소 내에 완성했다. 재료운반 컨테이너를 지상에 설치하고 컴퓨터로 제어된 전자동 시스템이 각각의 재료를 정확하게 계측하고 배합해서 콘크리트를 제조하는 것으로 제조공정은 다음과 같다.

1. 재료운반 컨테이너를 지상부 소정의 위치에 설치한다.
2. 컨테이너는 각 재료별 저장소까지 자동 반송되고 회전, 저장소에 재료가 투입된다.
3. 모든 재료의 투입 후 각각의 재료가 자동으로 정밀하게 계량된다.
4. 설정에 의해 자동적으로 혼합이 이뤄진다. 재료 투입순서에 상관없이 다양한 배합의

선택 및 믹서의 교체도 가능하다.

전자동 제조 플랜트의 장점은, 전자동으로 소정의 콘크리트를 제조할 수 있기 때문에 대폭적인 간소화가 가능하고, 잔골재의 표면수율의 측정이 불필요한 수중 보관방식이므로 샘플링으로 잔골재의 표면수를 계측할 필요가 없고, 잔골재의 관리나 보정도 불필요하다. 따라서, 잔골재의 표면수율에 상관없이 정밀하게 재료를 계량할 수 있으므로, 콘크리트의 품질에 변동이 적고, 계획된 배합으로 콘크리트를 제조할 수 있다. 잔골재의 표면수를 감안해 물의 양을 미세 조정하는 숙련 기술자의 경험이나 노하우에 의지하지 않고 배합대로 콘크리트를 제조할 수 있다. 기존의 플랜트에는 전자동 제조 시스템이 아니라도 계량장치의 설치만으로 신뢰성이 높은 콘크리트 플랜트를 실현할 수 있다. 플랜트의 대폭적인 개조가 불필요하고 배합수와 잔골재의 계량 장치를 개조하고 설치한 것만으로도 가능하므로, 기존의 제조 플랜트에 쉽게 적용할 수 있다.

---

### 단위수량 산정 기술 확립하는 콘크리트 품질관리 소프트웨어 개발

---

日本の大林組는 레미콘속의 단위수량을 정확하게 산정하는 방법을 확립하고 이것을 이용한 레미콘의 품질관리 소프트웨어를 개발했다. 이 소프트웨어는 간편하고 신속하면서 정밀하게 레미콘의 단위수량을 산정함으로써 콘크리트의 품질관리 수준을 향상시킨다.

고품질의 콘크리트 구조물을 만들기 위해서는 레미콘의 품질이 중요하고 이를 위해서는 시멘트나 물, 골재, 혼화제 등의 원재료를 계획대로 배합해야 한다. 특히, 콘크리트 구조물의 내구성은 단위수량 및 물 시멘트비의 영향을 크게 받기 때문에, 이를 정확하게 측정함으

로써 콘크리트의 수준을 향상하는 것이 가능하다. 또한, 콘크리트를 타설하기 전에 단위수량을 검사하는 것이 가능하면 콘크리트의 품질관리의 신뢰성이 현저하게 향상된다. 그러나, 이전에는 현장에서 단위수량을 간편하고 신속하게 고정밀도 측정하는 기술이 없었다.

日本の大林組는 콘크리트의 품질 관리 수준의 향상과 신뢰성 확보를 목적으로 단위수량의 산정 정밀도를 높이는 연구를 진행해 왔다. 그 결과, 에어미터를 이용하고 콘크리트 시료의 공기량과 단위용적중량을 정확하게 측정하여, 콘크리트 제조과정에서 발생하는 수량 변동요인이나 재료물성의 보정 데이터를 계산에 반영함으로써, 단위 수량을 간편하고 신속하게 정밀하게 산정하는 기술을 확립하고 소프트웨어화했다.

콘크리트의 품질관리에는 품질변동의 경향을 통계적으로 관리하는 것이 중요하다. 이 소프트웨어는 레미콘 검사나 경화 후의 콘크리트 압축강도 시험 등의 결과를 데이터 베이스화하여 품질변동의 경향을 통계적으로 관리하는 기능을 갖고 있다. 이 소프트웨어를 이용하면 건설현장에서 높은 수준의 품질관리가 이뤄질 수 있고, 콘크리트 품질의 신뢰성이 한층 향상될 수 있다. 또한, 콘크리트 제조공장에 있어서 제조관리에 측정결과를 이용함으로써 안정된 품질관리가 실현된다.

이번에 개발한 레미콘 품질관리 소프트웨어의 장점은 단위수량을 산정하는 프로그램이 있어, 현장에서도 간편하고 신속하게 고정밀도로 레미콘의 단위수량을 산정할 수 있으므로, 높은 수준의 콘크리트 품질관리가 가능하고, 콘크리트의 데이터 베이스로 품질 관리에 도움이 된다. 레미콘의 단위수량 산정결과, 배합 데이터, 현장 검사결과, 강도 시험결과를 간단하게 데이터 베이스화 할 수 있기 때문에, 콘크리트의 품질 변동을 바로 파악할 수 있고

---

품질 관리에 도움이 된다. 높은 수준의 콘크리트의 품질관리가 가능하기 때문에, 콘크리트 구조물의 품질 신뢰성이 한층 향상되고, 콘크리트 제조공장에 있어도 제조관리에 측정결과를 이용해 안정된 품질관리를 실현할 수 있다.

---

### 환경배려형 多孔隙 コンクリート 콘크리트 개발

---

日本の 가지마 건설은 식물, 수생 생물 및 토양 생물이 서식할 수 있는 환경 배려형 다공질 콘크리트 기술을 개발했다. 환경 배려형 다공질 콘크리트의 특징은 기존의 녹화형 다공질 콘크리트와 비교해 큰 공극을 갖는데, 이 공극은 식물, 수생생물, 토양 생물 등의 서식공간을 제공할 수 있다. 또한, 이 콘크리트는 구조부재로서 필요한 압축 강도 10N/mm<sup>2</sup> 이상을 확보하고 있고 자연형 호안이나 학교 생태계 실습장 등 다양한 곳에 적용될 수 있다.

최근, 하천정비에 있어서 하천 주변환경의

중요성이 인식되고 있으며, 친수성 환경보전 기능에 우수한 자연형 호안의 개발이나 기존 방식의 호안공법 재평가가 이뤄지고 있다. 이러한 요구에 의해 구조체로서의 강도를 유지하며 식물, 수생생물, 토양생물 등의 다양한 생물의 서식이 가능한 환경배려형 다공질 콘크리트 기술이 개발됐다.

환경배려형 다공질 콘크리트는 기존의 녹화형 다공질 콘크리트와 비교해 큰 공극을 갖는 것이 특징이다. 또한, 압축강도가 10N/mm<sup>2</sup> 이상이어서, 구조부재이지만 생태계 창출을 가능한 다공질 콘크리트이다. 또한, 환경배려형 다공질 콘크리트의 큰 공극에는 자연 토양의 충전이 가능하므로, 지상뿐만 아니라 토양중의 생태계의 창출도 가능하다.

환경 배려형 다공질 콘크리트의 공극은 내접원경이 큰 어류의 정착을 가능케 하고 다소 다양한 생물의 서식 공간이 된다. 소수종의 균락으로 되기 쉬운 콘크리트 호안에 있어도 다양성이 있는 생태계가 창출된다.