

# 레미콘 기술동향

## 충격탄성파에 의한 콘크리트 압축강도 측정기

일본 三井住友建設株式會社は 콘크리트에 발생된 충격탄성파의 전파속도에 기초한 콘크리트 압축강도 추정 비파괴시험장치를 개발하였다. 이 기기는 콘크리트의 표면을 해머



기기의 외관

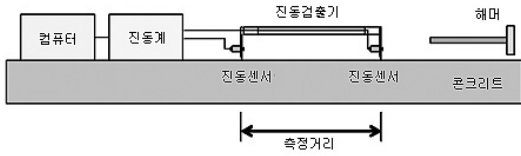
로 두들겼을 때 발생된 충격탄성파의 전파속도를 측정함으로써 신설구조물의 콘크리트 강도를 추정하는 장치로서, 사전에 검토된 압축강도와와의 관계를 이용하여 정밀도 높은 강도추정을 가능하게 하였다.

## 기기의 원리

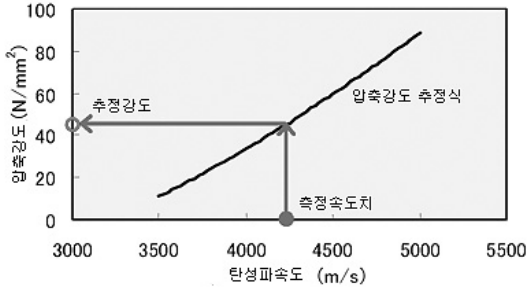
본 기기는 충격탄성파 시험 표면 2점법에 의한 콘크리트 강도측정법을 이용하고 있다. 충격탄성파시험 표면 2점법은 2개의 진동센서를 갖는 진동검출기를 콘크리트 표면에 접촉시켜 그 부근을 해머로 가볍게 두드려 충격탄성파를 발생시켰을 때, 측정거리(30cm)인 2개의 진동센서 간의 파동 전파시간차로서 탄성파 속도를 구하게 된다.

콘크리트의 탄성파속도와 압축강도의 간에는 높은 상관관계가 있기 때문에 압축강도와 탄성파속도와의 관계를 사전에 검토하여 압축강도 추정식으로 산출할 수 있다.

표면 2점법에 의한 압축강도 추정법의 특



기기의 구성 및 측정방법



탄성파 속도와 압축강도와의 관계 및 강도추정 방법

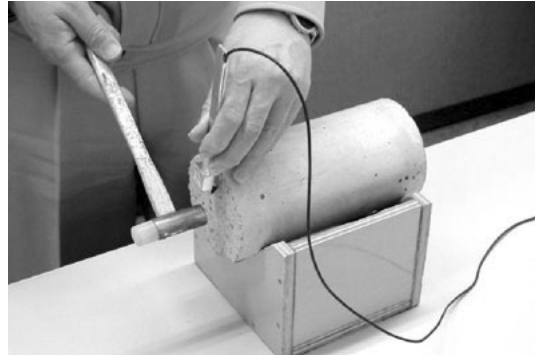
정은 다음과 같다.

- ① 간단한 방법에 의해 압축강도를 추정할 수 있다.
- ② 혼자서 측정 가능하다
- ③ 콘크리트 강도를 즉시 추정할 수 있다.
- ④ 넓은 범위의 압축강도(1~15MPa) 추정이 가능하다.

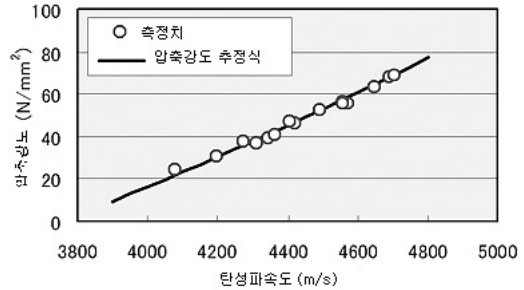
본 기기는 측정된 탄성파속도에 기초하여 압축강도 추정식을 사용하기 때문에 추정 정밀도는 강도추정식의 정밀도에 의존하게 된다. 따라서, 압축강도 추정식은 미리 사전실험 등을 통해 타설할 콘크리트의 특성시험을 행하여 적절한 관계를 파악할 필요가 있다.

### 측정순서

- ① 원주 공시체에 의한 시험  
원주형 공시체를 제작하여 재령 7, 28, 56



원주형 공시체의 탄성파 속도 측정상황



원주형 공시체의 탄성파 속도와 압축강도의 관계 및 압축강도 추정식

일에 탄성파속도와 압축강도 시험을 수행하여 상관관계를 도출한다.

#### ② 압축강도 추정식을 작성

원주 공시체의 탄성파속도와 압축강도의 상관관계에 대한 회귀식으로서 압축강도 추정식을 도출한다.

#### ③ 현지 측정위치의 선정

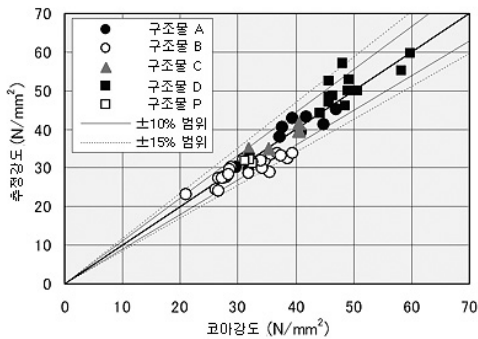
균열, 곰보, 철근 등 측정결과에 영향을 미치는 위치는 피하여 해머로 두드려보아 측정 위치를 선정한다.

#### ④ 압축강도의 추정

해머로 측정위치의 콘크리트 부재를 수차례 두드려 압축강도를 평가할 수 있으며, 평



교량 상부공의 주 보 측면의 측정상황



추정강도와 코아강도의 관계

가결과는 거의  $\pm 15\%$ 의 오차범위를 갖는 것을 알 수 있다.

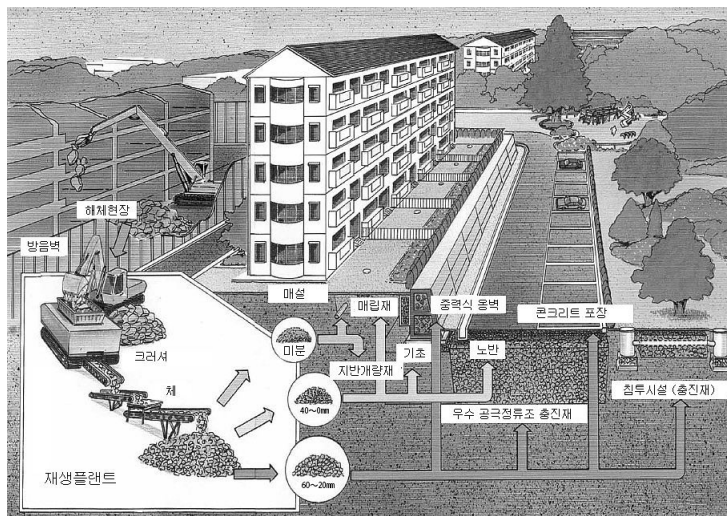
<http://www.smcon.co.jp/news/070606.html>

### 폐콘크리트의 고도(高度)리사이클 기술개발

건설리사이클법의 시행에 따라 건설업에서 폐기물의 리사이클이 적극적으로 행해지고 있다. 건축물 해체 등에서 발생하는 폐콘크리트도 대부분이 도로용 노반재로서 리사이클되고 있으나, 도시 재개발 등에서 폐콘크리트의 발생량은 매년 증가하고 있는 추세이다. 또한, 도로정비율이 높아짐에 따라 노반재의 수요가 감소하고 있으며, 새로운 폐콘크리트의 리사이클용도 개척이 요구되고 있다.

카지마(鹿島)건설은 코마츠(コマツ), 대동(大東)토목과 공동으로 저가 콘크리트의 고도(高度)리사이클기술을 개발했다.

이 기술은 건축물의 해체시 발생하는 폐콘크리트로 부터 재생골재(조골재, 잔골재)를



재생골재의 활용 개념도

제조하여 재생골재콘크리트로서 리사이클하는 것이다.

실제로 牟礼단지(東京都三鷹市, 시행사: UR도시기구)의 재건축 공사에서 공동건물의 구조용 콘크리트 재료로서 적용되었다.

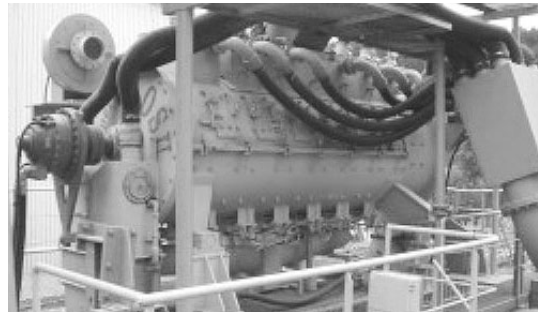
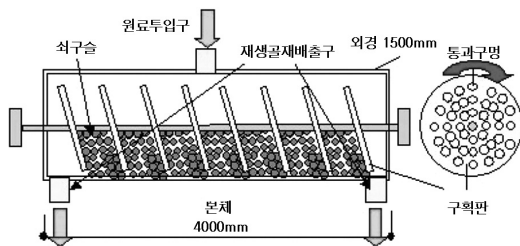
### 천연골재와 동급의 고품질 재생골재의 제조

폐콘크리트로 부터 고품질의 골재를 효율적으로 제조하는 기계식 마모장치를 개발하였다. 지금까지는 높은 품질의 골재를 제조하기 위해서는 가열에 의한 전처리 및 복수의 처리가 필요하였기 때문에 생산효율 및 가격면에서 실용성이 낮았다.

기계식 마모장치는 천연골재와 같은 품질의 골재를 제조할 수 있으며, 폐콘크리트의 처리능력 40t/h의 고효율의 고도(高度)처리를 실현하고 있다. 파이프형태의 본체를 분할판으로 구획화한 공간에 쇠구슬을 충전한 볼밀(ball mill)방식이며, 분할판을 회전시킴으로서 폐콘크리트에 파쇄 및 마모작용을 가하여 재생골재를 제조한다. 이러한 방법을 통하여 천연골재와 동일한 고품질의 재생골재를 제조할 수 있다.

이러한 처리를 거친 골재는 일본 국토교통성으로 부터 재생골재콘크리트로서 인증을 받았으며, 구조용 콘크리트로서 사용가능하다.

향후 카지마건설에서는 단지의 재개발뿐만



기계식 마모장치 개요 및 사진



기계식 마모장치를 이용한 재생 굵은골재 및 재생잔골재

아니라, 전력시설의 재개발 및 도시재개발사업 등으로의 전개를 꾀하고 있으며, 계열사인 카지마도로를 중심으로 사업화를 추진하고 있다. 또한 이 기술에 의해 자원순환형 사회의 실현에 공헌할 것으로 사료된다.

<<http://www.kajima.co.jp/news/press/200703/6c1fo-j.html>>

### 휴대전화를 활용한 건설현장관리 시스템

건물의 안전성을 확보·확인하기 위해서 굳지 않은 콘크리트의 강도관리가 매우 중요하지만, 종래의 콘크리트 강도관리 업무는 압축 강도 시험 및 계측결과의 정리 작업 등 관리자의 잔업 및 노력이 많이 소요되는 일이었다.

오양(五洋)건설과 스카이컴은 이러한 업무 부하 경감을 위해서 휴대전화를 이용한 굳지 않은 콘크리트의 강도를 효율적으로 관리할 수 있는 [휴대전화를 활용한 건설현장관리 시스템]을 공동 개발하였다. 이 시스템은 굳지 않은 콘크리트의 강도관리를 효율화하기 위한 것으로서, 오양(五洋)건설이 현장에서 관리하

여야 할 요점을 검토하였으며, 스카이컴이 시스템을 개발하였고, 휴대전화와 인터넷서버를 이용하여 시공관리를 행하는 시스템이다.

기존의 관리방법과 비교해 볼 때 이 시스템을 사용하면 하루 약 120분의 관리업무 단축이 가능하다. (내역 : 현장과 공사사무소의 왕복 + 데이터입력·정리·분석·출력에 소요되는 시간) 하루 노동시간을 9시간, 직원 2명으로 가정할 경우, 10%이상의 관리시간 저감이 가능하다.

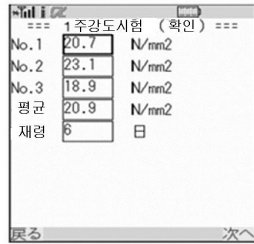
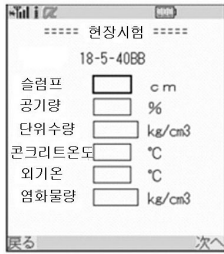
### 굳지 않은 콘크리트 관리업무의 부하를 대폭 저감

종래의 관리수법은, 메모장과 기입용 수첩, 디지털카메라를 사용하여 현장에서 타설결과를 기록하며, 사무소에 돌아와 컴퓨터에 데이터를 정리, 기입하는 작업이 필요하다.

이에 반하여 이번에 개발된 [휴대전화를 활용한 건설현장관리 시스템]에서는 도구는 휴대전화만 사용되며, 타설결과를 직접 휴대전화의 화면에 입력, 인터넷을 사용하여 데이터를 송신함으로써, 불편한 기록작업이 불필요



시스템 개요도



휴대전화 입력창

또한, 이 시스템은 2007년 6월부터 중소기업 건설사에 보급하기 위하여 스카이컴에서 판매를 개시하였다.

[http://www.penta-ocean.co.jp/news/d\\_news20070122.html](http://www.penta-ocean.co.jp/news/d_news20070122.html)

**요소(요소)의 움직임으로 균열을 방지 콘크리트기술을 개발**

하게 되었다. 또한, 휴대전화의 카메라를 사용함으로써 화상자료로서 저장도 가능하다.

본 시스템을 2006년 12월에 현장에 적용한 결과 직원의 현장관리에 소비되는 시간을 하루 10%이상 감축할 수 있었으며, 절감된 시간만큼 현장 품질관리에 투자할 수 있어 품질향상에 기여할 수 있다.

이 시스템의 특징은 다음과 같다.

- ① 휴대전화를 이용함으로써 직원의 업무 효율을 높일 수 있으며, 새로운 설비투자가 필요 없음.
- ② 간단한 조작으로 누구나 사용이 가능.
- ③ 토목·건축공사에 관계없이 도입가능 (해양토목공사에도 도입가능).
- ④ 송신된 데이터가 그대로 데이터베이스화되어, 개별적으로 기록할 필요 없음.

이 시스템에 의해 작성 가능한 관리전표는 일람표(현장시험+1주, 4주 강도시험 결과), 현장시험과 4주시험 각각의 공정능력도, 결과 계산시트, 히스토그램이 있으며, 그래프도 자동으로 작성된다.

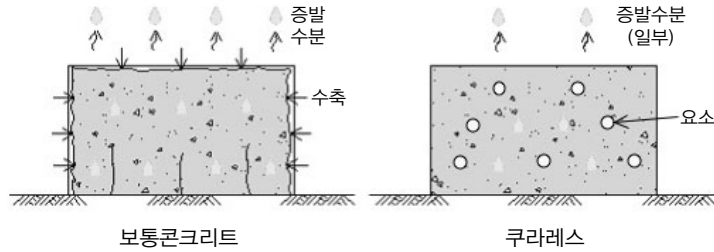
오양(五洋)건설에서는 2006년 12월부터 도심권 토목공사 2건에 시험도입을 실시하고 있다. 금후에는 관리전표의 PDF화 등의 기능향상을 추진함과 동시에, 토목·건축현장에 관계 없이 전사적으로 도입을 확대할 방침이다.

清水건설은 岡山대학 대학원 자연과학연구과의 기술협력을 통하여 요소의 움직임으로 균열을 방지하는 콘크리트기술 「쿠라레스」를 개발 실용화에 성공하였다. 본 기술을 사용하면 균열의 원인이 되는 콘크리트의 건조수축을 대폭 억제할 수 있고 경제적인 비용으로 시공이 가능하다. 본 기술의 실용성 검토는 레미콘 플랜트에서 제조 및 실험을 실시하여 각종 실증실험을 거쳐 확인하였다.

콘크리트 균열 발생의 첫번째 주요 원인은 콘크리트 내부에 있는 미량의 수분이 자연적으로 증발하여 발생하는 건조수축이다. 이 건조수축을 억제하기 위해서는 건조수축 저감제를 첨가하는 방법이 있는데, 종래의 건조수축 저감제는 건조수축량을 25% 정도밖에 저감시키지 못하여 동해에 쉽게 노출되는 등 문제가 발생된다.

**콘크리트 건조수축을 최대 50% 저감**

이번에 개발 및 실용화에 성공한 콘크리트 기술 「쿠라레스」는 입자상의 요소를 일정한 방법으로 콘크리트에 혼입함으로써 콘크리트의 강도 및 내구성을 저감시키지 않으면서 건조수축을 대폭으로 저감한다. 건조수축에 의한 콘크리트 균열을 거의 방지하는 점이 최대의 특징이다. 요소를 콘크리트에 혼입하여 건조수축을 대폭 억제하는 효과는 岡山대학의



〈建築技術〉

연구성과를 바탕으로 하였고, 清水건설이 岡山대학교 공동연구로 연구개발을 진행하였다. 본 기술을 사용하면 건조수축량을 최대 50% 까지 대폭 저감시키는 것이 가능하게 된다.

입상의 요소를 콘크리트에 혼합시켜 요소가 액화하고, 액화된 요소가 콘크리트내부에 함유됨으로써 수분을 저감시킬 수 있다. 액화된 요소는 물과 비교하여 증발이 어려운 성질을 가지고 있기 때문에 콘크리트로부터의 증발량이 감소된다. 그 결과 콘크리트의 건조수축량이 대폭으로 저감된다.

이 기술을 실용화하기 위하여 요소의 효과적인 배합방법 확립과 동시에 레미콘 플랜트에서의 제조실험을 실시하여 각종 실증실험으로 검토하였고, 본 기술로 시공된 콘크리트가 필요로 하는 강도 및 내구성을 확보함을 확인하였다.

본기술의 특징은 다음과 같다.

- ① 균열 방지효과: 콘크리트의 건조수축을 최대 50% 저감한다. 건조수축에 의한 균열 발생을 대폭 방지하는 것이 가능하다.
- ② 낮은 비용 및 시공이 용이: 요소는 싸고 취급이 쉬운 요재를 사용하기 때문에, 건조수축 저감제를 첨가하는 방법과 비교하여, 재료비용을 최대 40% 정도 절감시킨다. 또한, 콘크리트 타설시에는

요소를 콘크리트에 혼입하는 간편한 작업 외에는 일반적인 작업과 거의 변함이 없다.

- ③ 필요강도 및 내구성을 확보: 콘크리트의 강도 및 내구성은 일반 콘크리트와 동등하다. 또한, 건조수축 저감제에 문제가 되는 내동해성에도 효과가 있다.

향후 건축구조물 및 교량 등 여러 가지 RC 구조물에 본 기술을 적극 활용 할 예정이다.

**중용열시멘트 등을 이용한 콘크리트의 합리적인 양생방법 확립**

長谷工 코퍼레이션을 선두로 한 건설회사 10개사로 구성된 연구회는 중용열 포틀랜드시멘트 및 저열 포틀랜드시멘트를 이용한 콘크리트의 합리적인 양생방법 (양생기간)을 확립하였다. 각종 실험을 통하여 보통 포틀랜드시멘트 및 조강 포틀랜드시멘트와 같이 강도 10MPa 까지 습윤양생을 계속 실시한다면 이후의 강도는 순차적으로 발현되고 소요의 내구성이 확보가능함을 확인하였다. 이는 균열 억제효과가 높은 중용열 포틀랜드시멘트 등을 사용한 경우에도 보통포틀랜드 시멘트와 같은 공사기간이 소요된다는 것을 의미한다.

최근, 건물의 장대화 및 부재의 대형화에 의해 콘크리트의 균열이 중요시되고 있고, 그 대책으로 “수화열이 작은” “건조수축이 작은”과 같은 특성을 가진 중용열 포틀랜드시멘트 및 저열 포틀랜드시멘트를 사용하는 경우가 증가하고 있다.

일본에서는 보통 포틀랜드시멘트 및 조강 포틀랜드시멘트의 경우는 10MPa 이상의 강도가 발현되면 습윤양생을 중단하여도 되는 규정이 있기 때문에 2일 정도에서 거푸집을 해체하고 양생을 종료할 수 있다. 그러나, 중용열 포틀랜드시멘트 및 저열 포틀랜드시멘트를 사용하는 경우에는 습윤양생을 중단하여도 되는 기간에 대하여 명확한 규정이 없기 때문에 7일 이상의 습윤양생이 필요로 되어진다. 그러므로, 이에 대한 합리적이며 실용적인 양생방법 (양생기간)의 확립이 요구되어지고 있다.

### 보통시멘트과 등등한 습윤양생기간에서의 품질 확보

본 연구는 중용열 포틀랜드시멘트 및 저열 포틀랜드시멘트를 사용하는 경우에도 콘크리트의 품질 확보가 가능하고, 실용적인 싸이클 공기를 갖는 것이 가능한 양생방법 확립을 목표로 하여 宇都宮대학의 기술지도하에 공동 연구를 수행하였다.

각 기술연구소 등에서 압축강도 및 각종 내구성 (함수율, 수축량, 중성화저항성)에 대한 실험을 실시하였고, 각종 실험을 통하여 얻어진 결과는 다음과 같다.

- ① 압축강도: 콘크리트 강도가 10MPa에 도달한 시점에서 습윤양생을 중단하였

을 때와 7일간 양생을 하였을 때, 구조체의 강도는 동등하였다.

- ② 함수율: 콘크리트 강도가 10MPa에 도달한 시점에서 습윤양생을 중단하였을 때와 품질에 영향을 미치는 함수율의 저하는 발생하지 않았다.
- ③ 수축량: 습윤양생기간과 수축량에는 명확한 상관관계는 확인되지 않았다.
- ④ 중성화저항성: 콘크리트 강도가 10MPa에 도달한 시점에서 습윤양생을 중단하였을 때와 7일간 양생하였을 때, 중성화저항성은 동등하였다.

이번 연구에서는 중용열 포틀랜드시멘트를 사용한 경우에도 보통포틀랜드시멘트와 동등한 공기 및 공정계획에서 소정의 품질을 확보할 수 있었다. 이후에도 본 연구회에 참여한 각사가 얻은 데이터를 유효하게 활용하여 일본건축학회에 제안할 예정이다.



벽 공시체 코어 채취 모습

〈建築技術〉