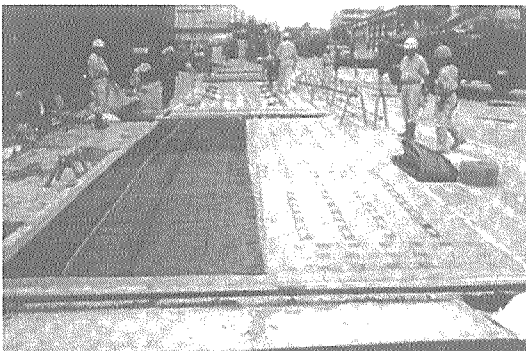


## 레미콘 기술동향

### 진공탈수 공법으로 현장에서 효율적으로 제조할 수 있는 대형 PCa 상판

大林組는 진공탈수공법을 이용하여 공사현장 내에서 슬래브용의 대형 하프 프리캐스트 판(PCa판)을 효율적인 리사이클로 제조하는 새로운 공법 「사이클 슬래브」를 개발하여, 실용화하였다. 이 방법으로 공기의 단축과 현장 작업의 대폭적인 성력화를 실현하고 있다.

콘크리트 합성 슬래브 공법은 지보공·거푸집 공사를 성력화할 수 있는 슬래브 공법으로서 일반적으로 사용되고 있지만, 이 공법에서는 보통 PCa판을 공장에서 제작하여 공사현장까지 운반하고 있어, 그 운송시간이나 운반할 수 있는 크기 등에 제약이 있다.



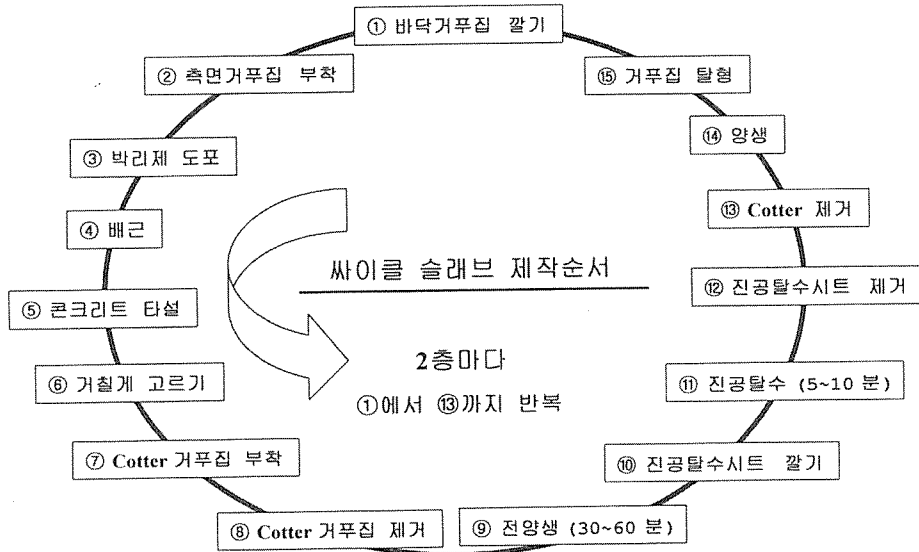
이번에 개발된 「사이클 슬래브」는 하프 PCa판을 진공탈수공법을 이용하여 공사현장 내에서 제조하는 것으로, 같은 판 위에서 1일 2매 이상 반복 제작할 수 있는 특징이 있다. 또, 같은 판 위에서 여러 장의 PCa판을 반복 제작할 수 있으므로 좁은 부지의 현장에서도 제조가 가능하다.

공사현장 내에서 제작하므로, 운반에 따른 제약을 받지 않고, 대형의 PCa판을 제작할 수 있으므로, 결과적으로 크레인의 양중 횟수가 감소하고, PCa판 간의 이음매 처리 작업도 없게 되는 등 성력화에 큰 효과가 있다.

하프 PCa판의 상부면(타설이음면)에는 코터를 성형하기 위해서 콘크리트 타설 직후에 고무로 된 틀로 위에서 누르고, 遮水 시트를 덮어 씌워서 진공 펌프로 탈수한다. 제작한 다음 날에는 탈형이 가능하여 상당히 효율적인 사이클로 하프 PCa를 제작하는 것이 가능하다.

제작공정은 다음과 같다.

- 거푸집을 조립, 박리제를 도포한 후, 배근, 콘크리트를 타설한다.
- 코터용 틀을 누르고, 1시간 정도 양생한 후, 차수 시트를 편다.
- 진공 펌프로 탈수 후, 차수 시트를 제거하고, 코터용 틀을 제거한다.



· 바로 상부면에서 작업이 가능하여, 합판을 없으면 그 위에서 또 1매의 제작이 가능하다. 양생완료 후, 다음날 아침에는 거푸집을 해체하고, 설치하는 것이 가능하다.

타설이음면의 코터 성형도 간단하여, 타설이음면인 상부면의 코터는 진공탈수 후, 즉시 쉽게 제거할 수 있다. 그래도 코터용 틀의 허물어짐이 없으므로, 합성 슬래브로서의 일체성도 향상되고 있다. 또, 타설이음면의 잉여수를 탈수하므로, 초기강도가 최대 20% 증가하여, 건조수축량도 약 15% 감소하는 등, 품질향상 측면에서도 큰 효과가 있다. 2방향 슬래브 취급이 가능한 것도 큰 장점으로, 시판되는 PCa 판은 1방향 슬래브로 되므로 직교방향에 보강철근을 사용해야 할 필요가 있지만, 「사이클 슬래브」는 구조상, 기존공법의 슬래브 구조와 같이 2방향 슬래브로서 취급하므로, 합리적인 설계가 가능하다.

[건축기술]

## 콘크리트 폐재에서 곱은골재를 재이용

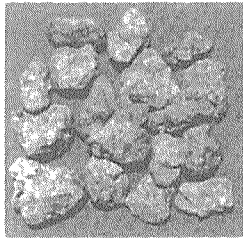
竹中工務店이 竹中土木, 山田優大阪市立大學教授, 栗本鐵工所와 공동으로 개발한 고품질 재생곱은골재 「사이클라이트」가 일본건축센터의 신건축기술인정사업의 인정 제1호를 취득하였다.

이 제품은 파쇄한 콘크리트 덩어리를 신개발한 처리기를 사용하여 콘크리트 덩어리끼리 마찰시켜, 골재를 파쇄하지 않고, 골재표면의 모르타르를 제거한 재생곱은골재로서 천연의 골재·쇄석과 동등의 품질을 갖는다. 건물해체에 발생하는 콘크리트 폐재에 포함된 골재를 재이용하므로, 콘크리트의 순환형 리사이클 실현에의 제1보가 된다.

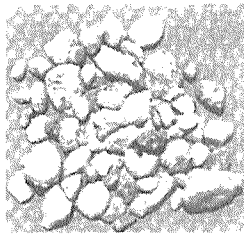
건설부산물 중에서 가장 큰 비율을 차지하고 있는 콘크리트 폐재는 1995년에 실시된 일본 건설성의 실태조사에 의하면, 건설부산물 총배출량의 37%, 중량으로 약 3,600만톤에

달하고 있어, 이것의 리사이클 축진이 환경보전, 성자원 측면에서 중요한 과제이다. 일반적으로, 콘크리트 폐재는 도로의 노반재나 매립재를 중심으로 약 3배가 재이용되고 있다. 이 회사의 1998년도 콘크리트 폐재의 재이용율은 76.6%이었지만, 지금까지 건물에의 재이용은 시험적용의 경우를 빼고, 건물의 구조(기둥, 보, 슬래브 등) 이외의 부분에 한정되어 있다.

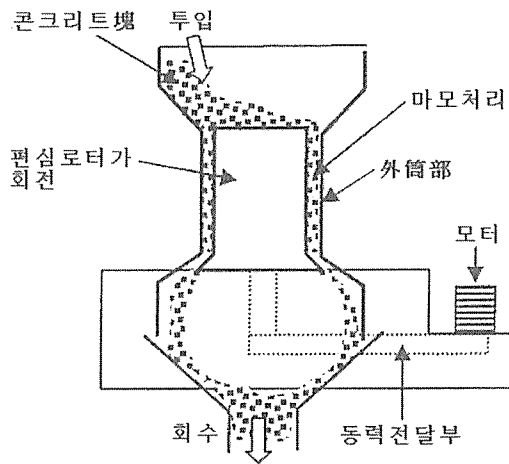
이 제품은 콘크리트 중의 골재도 반복하여 재이용이 가능한 자원이라는 생각에서 개발되었다. 해체 콘크리트 폐재를 파쇄하여 혼합물을 제거하는 「전처리」와 파쇄한 콘크리트 덩어리의 표면을 처리하는 「마모처리」의 2단계로 제조된다.



전처리 콘크리트 덩어리



처리후 「사이크라이트」



마모처리에는 本多淳裕大阪市立名譽教授 등이 고안한 「편심로터식 처리장치」를 실용화하여 사용하고 있다. 편심회전하는 로터의 내부 통과 외부 통 사이에 투입된 파쇄 콘크리트 덩어리가 서로 마찰하여, 골재 표면에 부착된 불필요한 시멘트나 모르타르 만을 제거한 후체를 통과시켜 골재를 회수한다

제조에 필요한 에너지는 파쇄·마모 등에 사용하는 기계의 동력(전기)뿐으로, 가열이나 화학처리는 거의 없으므로, 일반적인 쇄석의 제조와 거의 같은 정도의 에너지가 소비된다. 또, 이 제품을 사용한 콘크리트는 일반 콘크리트와 동등한 성능을 발휘한다.

이 제품의 품질은 JIS나 JASS에 규정한 천연골재·쇄석의 규격을 만족하고 있고, 일본 건축센터의 기술인정에서 정한 모든 기준을 만족하고 있다. 일본건축센터의 신건축기술인정사업은 기존의 규격·범기준에서 정하고 있지 않는 신기술의 품질을 인정하여 신기술의 개발·보급과 건축물 품질확보의 축진에 기여하는 것을 목적으로 한 것으로, 이 제품은 인정을 받은 제1호가 되었다.

이 회사에서는 이미 1999년 11월에 「에크로스新大阪신축공사」(大阪市)에서 일본 최초로 건물의 구조체(1층 바닥슬래브의 일부, 면적 약 100㎡, 콘크리트 타설량 약 30㎡, 재생 굵은골재의 중량 약 30톤)에 이 제품을 굵은골재로서 사용하였고, 이번의 확인을 계기로 이 제품의 적극적인 전개를 도모할 예정이다.

현시점에서의 비용은 천연골재를 사용한 콘크리트보다 저렴하지만, 해체 콘크리트의 처리비를 포함시키면, 처리량이 크면 클수록 경제적인 잇점도 커진다고 추측된다. 금후에는 적용 대상의 확대와 해체·재생처리·콘크리트 제조·적용의 사이클을 효율성이 좋게 실행할 수 있도록 군으로의 관리화를 도모하여, 리사이클 효율의 향상, 비용의 저감과 동시에

잔골재 등도 포함한 콘크리트의 리사이클을 목표로 하고 있다.

(건축기술)

---

---

## 구조용의 재생골재를 인정

---

---

일본건축센터는 일반 구조물에 적용하는 콘크리트골재와 동등한 품질을 갖춘 재생골재인 「건축 구조용 재생골재 인정기준」에 적합하는 골재로서 三菱Material(주)의「다이아게이트」와 (주)竹中工務店の「사이클라이트」의 2종을 인정하였다.

다이아게이트는 콘크리트 덩어리를 약 300℃로 가열·탈수한 후, 원골재를 파쇄하지 않는 정도로 마모시켜, 모르타분과 시멘트 페이스트분을 분리해서 재생골재를 제조하는 방식이다. 게다가 마모후 남은 잔사도 시멘트원료로 활용하고 콘크리트폐재의 완전리사이클을 실현할 수 있다.

사이클라이트는 콘크리트덩어리를 파쇄한 후, 편심로더장치로 마모시켜, 굵은골재와 모르타분을 분리하는 방식이다.

양자 모두 천연골재, 쇠석 등과 동일한 배합이 가능하다. 관계자의 말에 따르면, 콘크리트를 생산할 경우의 비용이 현실적으로는 천연골재가 우위에 있지만, 한번에 대량의 폐재가 발생하는 프로젝트 등에 폐기물 처리비를 감안한다면 비용차이도 상당히 줄일 수 있다.

(시멘트·콘크리트)

---

---

## 콘크리트 공사에서의 리사이클 재료

---

---

굳지않은 콘크리트 상태에서 폐기되는 콘크

리트의 총량은, 콘크리트 제조량의 2.2%로 전적된다. 이 중에서 0.7%는 레미콘 배처 플랜트의 세척작업에서 발생하는 것이어서 발생량에 큰 변동은 없으나, 나머지의 1.5%는 잔여 콘크리트나 되돌아오는 것으로서 불규칙하게 발생한다.

또, 도로건설에서의 재생골재 이용에 대해서는 폐기된 포장판에서 제조된 재생골재를 다시 콘크리트 포장에 적용하기 위해서는 요구되는 품질규정으로 압축강도(최소치와 평균치) 및 아스팔트 혼입량(최대치)의 규정이 있다.

일반적인 콘크리트 공사에서 재생골재의 이용은, 그의 이용에 관한 가이드라인으로 독일 철근콘크리트 위원회의 규정에 따라 1998년에 설치된 것으로서, 2mm를 초과하는 입도와 그 이하의 입도로 구분하여, 재생골재의 허용 혼입량이 콘크리트의 사용조건에 따라 규정되어져 있다. 또한, 일부의 예외를 빼고, 현재 독일에는 건설폐재에서 얻을 수 있는 재생재료를 콘크리트용 골재로 사용하는 경우에 대한 규정은 없다. 재생골재의 이용에 있어 문제점은 각종재료의 혼입량의 변동이 크다는 것이다. 많은 시험결과 중의 일례로서, 벽돌 혼입량 6~10%, 플라스터 혼입량 1~2%, 목재 혼입량 0.03%, 플라스틱 혼입량 0.01%로 한 경우의 콘크리트 압축·휨강도·탄성계수 등의 측정결과가 보고 되었다. 이 보고에 의하면, 강도발현 특성으로 압축이나 휨강도 등에는 문제가 없지만, 탄성계수는 다소 적게 된다고 한다.

재생골재의 밀도는 그의 원료가 되는 콘크리트의 물성에 따라 결정된다. 예를들면, 덴마크의 가이드라인에서는, 재생골재의 밀도를 2,200kg/m<sup>3</sup>이상과 1,800kg/m<sup>3</sup>이상의 2종류로 구분하고 있다. 또 1997년 이후, 네덜란드의 콘크리트용 골재의 기준에서는 재생골재가

사용 가능하도록 하고 있지만, 밀도의 최소치를 2,000kg/m<sup>3</sup>으로 하였으며, 굵은 골재의 최대 20%까지 재생골재를 사용할 수 있도록 하였다.

독일에서는 최근에 모든 무기계 재료의 약 7%가 재생재료로 치환 되도록 하였다. 파괴되는 콘크리트는 인구 1인당 0.3t/년으로서, 그 양이 2001년에는 0.7t/년, 2020년에는 1.0t/년에 달하게 될 것이다.

또한, 리사이클 재료의 이용에 있어서 일반적인 문제점은 발생된 폐기물의 불균일성이다. 따라서, 재생골재를 제조할 경우에도 받아들여지는 콘크리트 폐기 재료의 품질검사에 특별한 주의가 필요할 뿐 만 아니라, 신속한 시험방법이 요구된다.

(Betonwerk + Fertigteil-Technik 65)

---

## 고온 · 건조한 상태에서의 콘크리트의 타설

---

본 보고는 콘크리트가 고온 · 건조한 상태에서 받게 되는 영향과 그 이유, 각종 그 영향에 대응한 방지대책 등에 대하여 서술하고자 한다.

단위수량의 변화와 비빔온도가 콘크리트의 특성에 미치는 영향은 크다. 콘크리트는 증발과 흡수로 인하여 수분을 잃게 된다. 증발은, 재료의 온도, 외기온, 상대습도, 풍속 및 지역 환경에 따라 변하게 된다. 흡수는 골재의 함수상태와 거푸집의 재질 등에 따라 영향을 받는다. 시멘트의 수화반응은, 시멘트의 광물조성 · 화학적 성질 · 비표면적 등과 더불어 콘크리트의 비빔온도에 따른 영향을 받는다. 콘크리트의 비빔온도는, 재료의 온도, 외기온과 시멘트의 수화반응열에 의하여 변화한다.

콘크리트의 비빔온도를 낮게 하기 위해서는

재료의 온도가 가능한 낮도록 해야 한다. 골재는 태양광선이 차단되는 장소에 보관하여야 하며, 증발에 따라 손실되는 수분을 공급하기 위한 방법이 살수이다. 또, 보관량을 제한하고, 보관기간을 짧게 하면서 골재의 회전율을 높이 등의 방법을 이용하여 골재의 온도가 높아지지 않게 하여야 한다. 물의 경우, 현장 저수 탱크는 단열재를 사용하고, 빛이 반사하는 색으로 도장한다. 예외적으로, 배합수의 일부로 얼음을 사용하거나, 드라이 아이스를 사용하기도 한다. 액체질소를 콘크리트에 주입하는 방법은 경제적으로는 불리하지만, 효과적인 수단이기도 하다. 시멘트의 온도는 시멘트 공급자측 사정에 의하여 결정되기도 한다. 현장에서의 대책으로는 시멘트 사이로에 태양광을 차단하고, 또는 백색으로 도장하는 방법이 있다.

시멘트의 수화반응열은 시간이 경과함에 따라 증가한다. 따라서, 타설후 콘크리트 온도를 낮게 하기 위해서는 비빔에서 타설까지의 시간을 단축하는 것이 필요하다. 신속하게 타설할 수 있는 장비를 사용하고, 콘크리트 표면의 피복과 양생 피막제를 살포하여 수분의 증발을 막는다. 목재 · 단열거푸집과 단열판넬 · 매트 등을 사용하는 경우는 온도구배에 대한 주의가 필요하다. 콘크리트 표면은 습윤상태를 유지하여야 하나, 콘크리트 표면의 과도한 流水나 물로 인한 열 충격은 콘크리트의 품질에 악영향을 미치게 된다.

(Concrete 33)

---

## 콘크리트중의 알루미늄 반응 / 콘크리트 도로표면의 결함

---

최근, 여러 가지 콘크리트 도로의 표면에 환상침전을 갖는 크레이터와 균열을 수반하는

부풀어 오름이 확인되었다. 그 원인은 운반차의 짐받이에서 마모된 알루미늄 미립자가 콘크리트중의 수산화칼슘과 반응해서 수소가스를 발생하기 때문이라고 판명되었다.

길이 약 5km, 폭 8m의 공장도로에서 슬 폼페이퍼로 두께 22cm의 콘크리트 포장을 한 예로부터 이 문제의 실체를 조사하였다. 콘크리트는 강도등급 > 350kg/cm<sup>2</sup>, 수밀성, 고내동결성에 컨시스턴시범위는 KS, CEM I 32.5 R 시멘트 350, 물 155, 모래/가느쇄석(0/22) 1887kg/m<sup>3</sup>, AE제는 시멘트의 0.3wt.% 배합이었다. 공용후 1년이상 걸쳐 표면결함을 전수 검사한 결과, 크레이터는 8985개, 부풀어오름은 756개로 그의 비는 대략 12:1이다. 차폭 8m를 0.5m씩 구분해서 빈도분포를 검사한 결과, 중앙 2m 폭내에 크레이터의 약 61%, 부풀어오름의 약 63%, 중앙 4m 폭내에 각각 약 90%, 92%가 분포되고 있었다. 도로의 길이방향에는 분포상 유의차는 없고, 콘크리트의 제조 또는 타설기간은 표면결함과 무관한 것을 나타내고 있었다.

특히, 표면결함의 많은 포장판을 제거하고, 코아시험체를 채취하여 내동결성 및 압축강도를 시험하였지만 다른 원인에 의한 열화는 없었다. 판을 중형으로 절단해서 단면을 관찰한 경우에 부풀어오름의 하부에는 약 1cm크기의 공극이 있고, 그곳으로부터 판이 입상하고 있었지만 표면까지는 이르지 않았다. 수소의 발생개소가 깊어서 크레이터의 형으로 분출할수 없었던 것을 보여준 경우였다.

전술한 것처럼, 결함분포가 도로폭의 중심을 정점으로 가우스의 정규분포상으로 되는 이유는, 짐받이에 접하므로 알루미늄 미립자를 가장 많이 포함한 콘크리트가 페이퍼의 중앙부에 쏟아지고, 다음에 블레이드에 의해 양측방에 배포되는 콘크리트는 알루미늄이 적으므로 단부에 이를 때에는 수소발생이 종료되

기 때문이다.

이런 표면결함을 피하기 위해서는 알루미늄 짐받이를 사용하지 않는 것이지만, 만약 철제 짐받이로 바꾼다면 1차량당의 운반량이 상당히 감소되고 공사비를 압박할 것이다. 따라서, 수주자와 발주자는 가능한 한 조기에 협의를 해서 환상침전과 크레이터를 크레임 대상으로 할 것인가 또는 모두 감수할 것인가를 결정해 놓아야 할 것이다. 바람직한 것은 이의 문제에 대한 당해기관의 태도표명이다.

(Beton 49)

---

## 콘크리트 제조에 플라이애쉬를 사용

---

1997년의 세계 지구 summit 東都회의에서 지구온난화 대책으로서 탄산가스 배출기준이 검토되어, 2010년까지 1990년의 수준으로 저감시키자는 것이 합의되었다. 알루미늄, 철강에 이어서 에너지 다소비형 산업인 시멘트에 대해서도 환경에 도움이 되는 제조방법의 개발이나 콘크리트 제조에서 시멘트를 대체할 재료를 찾는 것이 요구되고 있다.

시멘트 대체로서 널리 사용되고 있는 플라이애쉬(이하 FA), 고로수쇄슬래그, 실리카흙(이하 SF)에 대해서 수급관계, 품질특성 등을 검증하였다.

FA의 세계 전생산량은 1989년에 4억톤 정도 이었지만, 2000년까지 중국, 인도에서 1억톤의 수준에 달할 것으로 보이고, 전체로서는 6억톤에 달할 것으로 생각된다. 그 중 반이상은 ASTM C-618 F급에 합치하는 저석회 FA로서 무연탄, 역청탄의 소각회이고, 수경성은 비교적 낮다. 최근에는 고석회의 FA(C급)이 미국, 캐나다 등에서 등장하고 있지만, 이것은 갈탄, 지역청질 석탄의 소각회로서 수경성은

높다.

시멘트의 60%를 FA로 치환, 물, 시멘트, FA의 배합량을 각각 120, 150, 225kg/m<sup>3</sup>로 하고, 고성능감수제로 워커빌리티를 조정한 콘크리트에 대해서 재령 10년(3650일)의 압축강도 데이터를 보면, 보통 시멘트 콘크리트를 상회하였다. 슬래그, SF에 대해서는 현재의 생산량이 각각 2천만톤, 2백만톤으로 FA에 비해서 작다.

(Concrete International 21)

---

---

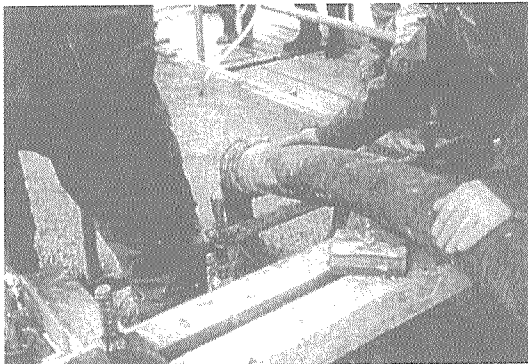
### 시공성 · 강도특성 · 내구성을 향상시킨 고성능 경량 콘크리트

---

---

鹿島는 시공성 · 강도특성 및 내구성에 우수한 「고성능 경량 콘크리트」를 개발하였다. 이 제품은 내부에 독립기공을 가진 저흡수형의 경량골재를 사용하고 있어, 적절한 배합선정을 하므로써, 기존의 경량 콘크리트 보다도 경량성 · 강도특성 · 내구성 · 시공성의 향상을 도모할 수 있다.

개발단계에서는 펌프압송 실험이나 실규모 시공실험, 구조실험을 실시하여, 그 성능을 검증하였다. 또, 여러 종류의 모델 구조물에 대해서 고성능 경량 콘크리트를 적용한 경우의 시험 설계를 실시해서 그 효과를 확인하였다.



이 제품은 건축공사 뿐만 아니라 토목구조물에의 적용도 가능하므로, 하부구조나 지반에의 부담을 경감하고 전체 건설비용의 저감이 가능하게 되었다.

대규모 콘크리트 구조물에 대해서 경량 콘크리트를 사용하므로써, 하부구조나 지반에의 부담 경감, 지보공이나 건설기계의 간략화 등이 가능해지는 것을 알 수 있다. 그러나, 기존의 경량 콘크리트에서는 사용하는 경량골재의 흡수율이 20~30%로 크므로, 펌프로 시공할 때는 골재의 pre-wetting(골재를 사전에 함수시키는 작업)을 실시하거나, 압송직전에 유동화제를 첨가하는 등, 제조 · 시공에 많은 작업을 필요로 한다. 또한, 동결융해저항성이 열악하므로, 내구성 상의 문제 때문에 토목구조물에는 거의 사용하지 않고 있다.

이러한 점에 입각해서, 이 회사에서는 이 제품을 개발함과 동시에 제조 · 시공등 관련기술을 개발하였다.

이 제품은 기존의 경량골재에 비해서 흡수율이 상당히 작고, 고강도인 독립기공형 고성능 인공경량골재(太平洋시멘트社 제조 「아사노스파라이트」)를 사용하고 있다. 이 골재를 pre-wetting을 하지 않고 건조상태로 사용하므로써, 우수한 동결융해저항성을 확보하고 있다. 또, 고성능AE감수제나 극소량의 특수 증점제를 첨가하여 펌프압송성을 향상시키고 함께, 동결융해저항성의 향상이나 재료변동에 대한 콘크리트의 유동성을 안정시키고 있다.

시공성에 대해서는 실물 크기의 구조물을 시험적으로 시공하여 확인하였다. 그 결과, 복잡한 단면 등에 대해서도 밀실하게 콘크리트를 타설할 수 있었고, 진동다짐에 따른 콘크리트의 재료분리도 없고 완성된 상태도 양호하였다. 시공실험시에 채취한 콘크리트에 대해서는 동결융해저항성 시험을 실시하였지만, 동결-융해의 반복작용에 의한 콘크리트의 열

화는 거의 확인되지 않아, 한랭지에도 사용가능하다는 것이 확인되었다.

구조부재로서 엄격한 성능이 요구되는 RC 기둥이나, PC 교량의 PC 정착체를 대상으로 실시한 구조실험에서는 적절한 설계를 실시하면, 보통골재 콘크리트 사용시와 동등의 구조 성능을 갖는 것이 확인되었다.

이 제품을 교량에 적용한 경우의 예비설계 및 비용계산에서는 콘크리트 재료단가는 증가하나, 부재단면의 축소·강재량의 감소·하부

구조의 소규모화가 가능하게 되어 5~20% 정도의 저감이 예상된다.

이 회사에서는 이후, 강재가 고밀도로 배치된 부위나 진동다짐이 되지 않는 부위에서도 밀실하게 타설이 가능한 「자기충전형의 고성능경량 고유동 콘크리트」에 대해서도 실용화를 위한 연구를 진행함과 함께, 이 제품의 실구조물에의 적용을 위해 각방면에서 적극적으로 제안하고 있다.

(건축기술)

