

## 무시멘트 콘크리트 기술

구조융합연구소  
류금성 수석연구원  
고경택 연구위원  
안기홍 전임연구원

시멘트는 건설분야에서 가장 많이 사용되는 재료로써 산업의 근대화 과정뿐만 아니라 SOC 건설에 매우 중요한 역할을 해왔다. 하지만 주원료인 석회석을 캐는 과정에서 자연을 훼손할 뿐만 아니라, 시멘트 1톤을 생산하는데 약 0.7톤에서 1톤에 달하는 이산화탄소를 배출하여 지구온난화를 부추기는 등 자연환경에 대한 부정적인 영향을 끼치는 재료로 인식되기도 한다. 따라서 건설산업뿐만 아니라 사회적으로도 시멘트를 대체할 다양한 재료의 개발이 필요하다.





2

1. 시멘트는 콘크리트와 자갈, 모래 등을 넣고 물로 혼합해서 만들어진다.
2. 류금성 박사와 안기홍 전임연구원이 콘크리트 인장강도를 측정하고 있다.

### 시멘트를 대체하라! 무시멘트 콘크리트 기술

시멘트는 콘크리트를 만들기 위한 주재료로 사용된다. 일반적인 콘크리트는 시멘트에 자갈, 모래 등을 넣고 물로 혼합해서 단단하게 굳혀 만든다. 여기에서 자갈이나 모래 등은 주로 콘크리트를 채우기 위한 역할을 할 뿐이며, 실질적으로 시멘트와 물이 만날 때 일어나는 '수화반응(水和反應, Reaction of hydration)'을 통해 만들어 지기 때문에 시멘트는 콘크리트 제작에 있어 꼭 필요한 존재다. 문제는 앞서 언급 했듯이 시멘트의 채굴과정에서나 제작과정에서 다양한 환경적인 문제를 일으킨 다는 것이다.

시멘트를 대체할 수 있는 다른 방법은 없는 것일까? 그러한 질문에서 '무시멘트 콘크리트' 기술 개발은 시작됐다. 화력발전소나 제철소에서 나오는 산업부산물인 플라이애쉬, 바텀애쉬, 고로슬래그 등을 시멘트 대신 이용해보면 어떨까라는 발상의 전환에서 기술 개발이 시작됐다. 그동안 국내에서 플라이애쉬, 바텀애쉬, 고로슬래그를 콘크리트에 활용하려는 다양한 노력과 연구가 있었지만, 시멘트 일부에 혼합 하여 사용한다거나 콘크리트 골재로 사용하는 기술 정도에 머물렀다. 하지만 한국 건설기술연구원에서 개발한 무시멘트 콘크리트 기술은 기존의 시멘트를 산업부산물로 100% 교체하는 기술로 선진국 기술 수준에 접근할 뿐만 아니라 전 세계적으로도 거의 사례가 없는 앞선 기술이다.

그동안 화력발전소의 부산물 중에서 플라이애쉬와 바텀애쉬는 그 발생량이 지속 해서 증가하고 있음에도 불구하고 대부분 매립 처분되어 막대한 처리비용과 같은 경제적 손실과 매립시설의 한계 등으로 문제를 겪고 있었다. 이러한 산업부산물을 콘크리트에 들어가는 시멘트를 5%만 대체해도 매년 200만여 톤의 이산화탄소 배출량을 줄일 수 있고, 소나무 약 9억여 그루를 심는 것과 같은 큰 효과를 볼 수 있다. 환경보호와 산업부산물 처리를 한꺼번에 잡을 수 있는 매우 효율적인 기술이다.

### 내화학적성과 내화성면에서 우수한 성능

자갈, 모래, 물 등 기존 콘크리트 제조에 필요한 재료들을 동일하게 사용하기에 무시멘트 콘크리트는 외형적으로 일반 시멘트 콘크리트와 매우 유사하다. 여기에 물과 반응하지 않는 산업부산물에 반응성을 주기 위해 알칼리 활성화제를 추가로 사용한다. 외형적으로 유사하기에 이질감 없이 사용할 수 있다는 것이 장점이며, 내화학적성 및 내화성면에서는 더 우수하다. 하수처리시설과 같은 화학성분에 의해 내구수명이 단축되는 콘크리트 2차 제품이나 축사 바닥재 등 내화학적성 및 내화성이 필요한 곳에서 큰 이점이 있다. 기존 시멘트 콘크리트는 매우 높은 알칼리성으로



하천에 설치될 경우 일명 '시멘트 독'으로 인해 물고기들이 죽는 경우가 발생하기도 한다. 물론 중성화시킨 콘크리트를 사용하여 이러한 문제를 해결하지만, 무시멘트 콘크리트의 경우 매우 낮은 알칼리성을 가지고 있어 그러한 문제에서 벗어날 수 있다. 이러한 장점은 이 기술이 콘크리트 2차 제품(생태호안블럭, 집수정 등)이나 콘크리트 보수재로써 매우 효율적으로 사용될 수 있을 것으로 기대된다.

이번 기술개발에 있어 핵심은 산업부산물 자체의 균질한 품질 확보 문제였다. 산업부산물의 경우 결합재로서 균질한 품질을 확보하지 못하게 된다면 콘크리트의 압축강도 등의 역학적 특성에 매우 큰 영향을 미치기 때문이다. 이에 연구팀은 수많은 실험과 분석과정을 통해 균질한 성능을 확보할 수 있는 기술을 개발하게 되었다. 무시멘트 콘크리트의 균질한 품질을 확보하기 위해 산업부산물인 플라이애쉬, 고로슬래그의 물리적 방법에 의한 연구를 수행하였고, 또 다른 방법으로는 알칼리 활성화제는 화학적 구성변화, 농도변화, 사용량 등 다양한 실험과 분석과정으로 현재는 시제품을 제작하여 현장에 적용할 수 있는 단계에 와 있다.

### 미래를 위한 친환경 콘크리트 산업

아직은 기존 시멘트 콘크리트보다 탄성계수가 낮고 품질에 대한 재현성이 떨어지기 때문에 구조체로 사용하기에는 좀 더 많은 연구가 필요하다. 무엇보다 전 세계적으로 무시멘트 콘크리트는 중합반응에 의한 반응메커니즘이 규명되지 않은 상태이기 때문에, 이를 규명하기 위한 집중적인 연구가 필요하다. 규명만 된다면 무시멘트 콘크리트의 문제점들을 해결할 수 있다고 전망된다.

이 기술은 무시멘트가 갖는 내화특성과 친환경성을 활용해 주로 콘크리트 2차 제품을 대체하는 것에 중점을 두고 연구를 해왔다. 플라이애쉬와 바텀애쉬를 100% 사용하여 한국건설기술연구원 내 생태연못에 물고기집을 시범 시공했고, 서산 간척지 하천사면에 친환경 생태호안블럭을 제작하여 시공했다. 그 외 개간된 농지에 급수되고 남는 농업용수는 하천으로 유입될 수 있도록 하는 집수정을 제작해 현장 적용했고, 최근에는 축사 바닥재에 활용하기 위해 시제품 시공을 앞두고 있다. 또한, 내화특성을 요구하는 보수공법에도 적용하기 위해 무시멘트 보수재 개발을 완료했고, 현재 시험시공을 준비하고 있다. 추후에는 도로 콘크리트 포장에 이 기술을 적용할



3. 한국건설기술연구원에 있는 생태연못에 물고기집을 시범 시공하는 모습 4. 류금성 박사는 사용자 입장에서 다양한 시험시공을 통해 문제점을 발견하고 개선해오만 기술 이전에 성공할 수 있다고 말했다. 5. 무시멘트 기술을 적용해 제작된 콘크리트 시제품



4



계획이다. 외국에서는 이미 도로 콘크리트 포장에 활용되기 때문이다.

이번 연구개발의 실무담당자인 류금성 박사는 기술이전 시 가장 중요한 것은 아무리 좋은 기술도 사용자 측면에서 발생하는 문제점을 해결할 수 없으면 기술 이전에는 한계가 존재할 수밖에 없다고 말했다. 따라서 개발이 완료된 제품에 대해 좀 더 다양한 시험시공을 통해 문제점을 발견하고 개선해야만 기술 이전이 확대 될 것이라고 강조했다. 덧붙여 무시멘트 콘크리트는 건설 산업에서 필요한 기술로써 정부 차원의 지속적인 관심과 투자, 실용화를 위한 산·학·연의 긴밀한 협조가 필요하다고 강조했다.

머지않아 이 기술이 우리 생활 곳곳에 적용되어 자연을 건강하게 지키고, 다른 나라에 기술 수출 및 건설시장 진출을 통해 국가 경제에 이바지하는 날이 오기를 기대해 본다. ❏