

고성능 콘크리트

이 경 희 (명지대 무기재료공학과 교수)

1. 서 론

콘크리트의 고성능화라는 말은 흔히 들을 수 있다. 그러나 막상 과연 콘크리트의 고성능이라는 말이 무엇을 뜻하느냐고 물어오면 그 대답은 그리 간단하지가 못하다. 현재 사용되고 있는 고성능화라는 말의 정의가 확립되어 있지 않기 때문이다.

그러나 우리는 고성능 콘크리트에 어떠한 것들이 있는냐는 질문에 대해서는 생각나는 대로 대답하면 대체로 다음과 같은 종류를 들 수 있다.

고강도 콘크리트, 고유동콘크리트, 수중불분리성 콘크리트, 팽창콘크리트, 녹화콘크리트, 투수콘크리트, 초지연콘크리트, 초속경콘크리트, Roller Compacted Dam Concrete(RCD), Roller Compacted Dam Concrete pavement(RCCP), 실리콘 콘크리트, 플라이애쉬 콘크리트, 미분 고로슬래그 콘크리트 등 상기 나열한 소위 말하는 고성능 콘크리트는 콘크리트 구조물의 경량화 및 체적의 감량화, 수명의 장기화, 그리고 효율의 극대화와 신뢰성의 극대화를 위한 사용방법의 개발 등을 말하며, 이것을 실현하기 위하여 각종 혼화제의 개발 및 이용기술의 개발에 기초를 두고 있다고 말할 수 있다.

여기에서는 고성능 콘크리트를 만들 때의 기초개념에 대한 간단한 설명과 동시에 현재 실용화되고 있는 기본기술의 현황을 살펴보고자 한다.

2. 고성능화를 위한 방법

가. 감수효과를 통한 고성능화

콘크리트에 있어 유동성·강도 및 내구성은 단위 수량과 단위 시멘트 양에 의하여 크게 좌우된다. 콘크리트에서 흔히 말하는 “배합수는 적게, 양생수는 많게”라는 말이 있다. 이 말의 뜻은 작업성이 확보되는 범위 내에서 배합수는 가능한 한 적게 해주어야 고성능 콘크리트가 될 수 있다는 것을 뜻한다. 일반적으로 배합수를 적게 해주면 콘크리트의 재료 분리가 적어지며, 동일한 강도의 콘크리트를 만들 때에 경제적이며 콘크리트의 내구성 및 수밀성이 향상되고 또한 건조수축을 줄일 수 있다.

배합수량에 영향을 주는 인자들은 시멘트의 종류, 조골재 및 세골재 최대크기, 입형, 입도, 토분의 양, 그리고 사용되는 물의 수질 등이 영향을 주게 되나 기본적으로는 혼화제의 사용에 의한 감수효과가 가장 큰 역할을 한다. 이때에 사용되는 혼화제는, 감수제, AE감수제, 고성능감수제, 유동화제, 고성능 AE감수제 등 다양한 종류의 것이 있다. 그 각각의 특징을 보면 감수제의 경우 시멘트 입자에 흡착되어 표면에 정전기적 상호 반발작용이 생겨 입자간 응집을 막아 입자의 분산을 촉진시켜 주는 것으로서 리그닌술폰산염이나 옥시칼본산염이 주성분으로 되어 있으며 AE감수제는 여기에 AE작용이 복합적으로

들어 공기연행에 의한 효과와 입자분산효과를 동시에 복합적으로 나타낸다. 감수제 및 AE감수제에 의한 감수효과는 대략 10~14%로 되어 있다.

고성능 감수제는 감수능능이 더욱 두드러지며 감수효과가 20~30%에 이르며 나프타렌술폰산염, 호르마린고축합물 및 멜라민수지 슬폰산염 등을 주성분으로 하고 있다. 고성능 감수제를 사용하면 콘크리트 강도를 60~100N/mm² 까지 증진시킬 수 있다.

유동화제는 첨가 후 콘크리트의 교반을 통하여 유동성의 증진을 가져오며 주성분은 고성능감수제와 같지만 슬럼프 로스가 극히 적어진다는 특징을 가지고 있다. 고성능AE감수제는 공기연행성과 함께 AE감수제보다도 감수능능이 크며 또한 슬럼프 로스가 적은 특징을 가진다. 그 기능은 정전기적 반발작용에 의한 입자분산효과와 더불어 입자표면에 흡착된 고분자 흡착층의 상호작용에 의한 입체장해의 효과를 겸비한 것으로 되어있다. 성분은 나프탈렌계, 폴리카르본산계, 멜라민계, 아미노술폰산계 등으로 되어있다.

나. 잠재수경 특징에 의한 고성능화

잠재 수경성이라는 말은 일반적인 조건에서는 수경성이 없거나 아주 미약하던 것이 수산화칼슘이나 수산화나트륨과 같은 알칼리가 존재하거나 석고와 같은 황산염 등이 존재하면 이들의 자극에 의하여 수경성을 나타내는 성질을 말한다. 그대표적인 것이 바로 수세슬래그이다. 수세슬래그는 그 화학적조성에 따라 염기도 ($CaO + MgO + Al_2O_3/SiO_2$)가 달라지며 염기도 분말도, 유리화율 등에 따라 잠재수경성이 달라진다. 고로슬래그 미분말이 혼합된 콘크리트는 일반적으로 3일 이후의 강도가 일반콘크리트에 비해 증가되며 또한 내약품성, 내해수성 및 염화물 이온의 침투 저항성이 좋아진다. 한편 주의할 것은 콘크리트의 중성화 속도는 빨라질 수 있는 가능성이 있다.

이와 같은 특징들은 다음과 같이 설명할 수 있다. 고로슬래그 미분말이 첨가되면 잠재수경성에 의한 콘크리트 조직의 치밀화가 일어나 강도의 증진 효과가 나타나며 또한 조직의 치밀화 및 슬래그에 의한 프리텔시염의 형성은 결국 염화물 이온의 침투저항성으로 연결되고 또한 콘크리트 조성상 슬래그 치환율 만큼 CSA 함량이 줄어 내해수성이 높아진다. 단지 전체적으로 보아 수산화칼슘 함량이 줄어들어 중성화 속도에 영향을 줄 수 있다.

다. 포졸란 반응에 의한 고성능화

포졸란 반응에 의한 콘크리트의 성능 개선에는 플라이애쉬에 의한 장기강도의 증진 및 내구성 향상을 들 수 있으며 실리카흙의 경우에는 강도증진 및 내구성 향상과 더불어 시공성의 향상을 들 수 있다. 포졸란 반응을 일으키는 광물은 화산재, 점토, 규조토 등과 같은 자연산 광물이나 혹은 부산물인 플라이애쉬, 실리카흙, 소성점토 등이 있다. 여기서 말하는 포졸란 반응이란 반응성이 높은 실리카(SiO_2)나 알루미노실리케이트($SiO_2 \cdot Al_2O_3$)등이 수분이 존재하는 조건에서 시멘트 수화시 동반 생성되는 수산화칼슘과 반응하여 칼슘실리케이트 수화물(C-S-H) 혹은 칼슘알루미네이트 수화물 등을 생성시키는 반응을 말한다. 콘크리트 내에서 포졸란 반응이 일어나면 수화물이 콘크리트 내부의 공극을 메꾸어 주어 모세관 공극이 줄어들어 효과를 가져오며 결국 콘크리트 조직이 치밀해져서 그 결과 장기강도가 커지며, 수밀성, 화학적 저항성, 염화물 이온침투억제 등의 내구성을 향상시켜준다. 또 하나의 특징은 수화반응초기의 수화발열의 억제효과가 있으며 알칼리-골재 반응지연효과를 가져온다.

라. 체적변화 억제에 의한 고성능화

콘크리트는 하중을 받으면 탄성변형 및 시간에 따

라 소성변형이 일어난다. 그러나 이와 같은 외적 응력에 의한 체적의 변화 외에 자체적 요인에 의하여서도 체적의 변화가 일어난다. 자체적 요인에 의한 체적의 변화는 시멘트의 수화반응, 콘크리트 내외부의 온도변화, 콘크리트 내부의 수분의 이동, 콘크리트의 탄산화등에 의하여 체적의 변화가 일어난다. 이와 같은 콘크리트의 자체적 요인에 의한 체적의 변화는 그 환경과 구조물의 조건에 따라서는 대단히 중요한 의미를 가지게 된다.

여기서는 콘크리트 자체적 요인에 의한 체적의 변화를 검토하고 이를 개선하여 고성능 콘크리트화를 시키는 방법에 대하여 생각해 본다.

(1) 건조수축에 의한 체적의 변화

건조수축에 의한 체적의 변화는 콘크리트의 자체적 요인에 의한 체적의 변화 중 가장 큰 부분을 차지하고 있는 것으로서 건조수축이 일어나는 이유에 대한 해설은 여러면에서 검토되고 있다. 우선 powers에 의한 설명에 의하면 콘크리트속의 수화생성물들에 의하여 생성된 경화체속의 모세관의 물은 건조에 의하여 메니스커스의 형성에 따른 모세관 속의 물에 인장응력이 발생되고 이것이 콘크리트에 탄성적 체적감소를 가져온다는 모세관 장력 기구로 설명하고 있다. 그 이외의 설명으로는 건조에 따른 수화생성물 입자에 흡착된 물의 양이 변하면 그에 따라 수화생성물 입자의 표면장력이 변하게 되며 그것

이 체적의 변화를 가져오게 된다는 표면장력기구가 있다. 그 이유야 어떻든지 간에 일반적으로 건조수축을 저감시키기 위한 방법은 시멘트에 석고나 칼슘설퍼알루미늄에이트계 팽창제 등이 사용되기도 하며 최근에 와서는 알콜알키렌옥시드부가물 등의 건조수축 저감제를 사용하고 있다.

앞에서 언급한 팽창제를 사용하는 경우에는 건조수축을 팽창을 통하여 보상해 보자는 의미가 되며 후자의 경우는 처음부터 모세관 수의 증발에 의한 인장응력의 크기를 줄여 주자는 의미를 담고 있다.

마. 자기수축제어에 의한 고성능화

시멘트가 물과 반응을 하면 그 결과 생성된 시멘트 수화물의 체적은 출발물질의 총 체적에 비하여 적어진다. 이와 같은 현상을 수화수축, 화학수축, 자기수축 등 여러 표현으로 나타내며 각각 약간씩의 의미의 차이가 있다. 일반 시멘트의 경우 수화수축량은 약 10%정도에 이른다.

수화수축은 배합수의 양이 적어질수록 그 중요성이 커지며 특히 고성능감수체를 사용한 고강도 콘크리트 등에서 커다란 문제점으로 지적되고 있다. 수화수축 및 자기수축의 발생요인은 아직도 확실한 정설은 없는 상태이지만 수화수축의 절감을 위해서는 앞서 말한 건조수축 저감제가 효과적으로 작용한다. ▲

시사 용어 해설

▶ 포털/보털

포털은 사용자들을 인터넷 세상으로 연결해 주는 관문이다. 야후, 라이코스, 알타비스타 등이 대표적인 포털사이트, 하지만 점차 인터넷 사이트가 기하급수적으로 늘고 다양해지면서 모든 정보를 서비스하는 포털은 사용자들의 다양한 요구를 충족시켜 주는데 한계가 있다. 이를 보완하기 위해 등장한 것이 보털, 보털은 'Vertical Portal'의 합성어로 포털과 달리 특정분야에 한정된 정보를 깊이 있게 제공하는 인터넷 사이트를 말한다. 버티컬넷(www.verticalnet.com), 켐덱스(www.chemdex.com) 등의 사이트가 대표적인 곳으로 꼽힌다. 전문가들은 인터넷이 e-Business의 표준으로 자리잡으면서 보털이 야후 등의 대형 포털사이트를 대체할 것으로 보고 있다.