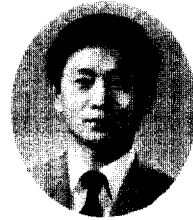


특 집

고성능 콘크리트

내구성 향상을 위한 고성능 콘크리트의 개발과 활용 Development and Application of High-Performance Concrete for Durability Enhancement of Concrete Structures



오 병 환*

1. 서 언

콘크리트 구조물이 역학적으로 제 기능을 발휘하기 위해서는 구조물 수명 기간동안 노출되는 외부환경에 적절히 견디야 하며, 제하중 조건에 대하여 충분한 사용성을 확보하여야 한다. 이러한 목적을 달성하기 위해서는 콘크리트의 강도 및 내구성에 대한 체계적인 관리가 필요하며, 이를 위해서는 고강도 및 고품질화 된 콘크리트의 생산과 활용이 필수적인 요소로 대두되고 있다.

최근들어 콘크리트 제조기술은 새로운 혼화제 및 혼화제의 도입으로 좋은 역학적 성질, 내구성 및 워커빌리티(workability)를 지닌 콘크리트의 생산을 가능하게 하였으며, 이러한 새로운 종류의 콘크리트를 특히 고성능 콘크리트(high-performance concrete)라 부른다. 고성능 콘크리트는 고강도 콘크리트의 개발과정에서 제기된 모순된 문제점, 즉 높은 강도를 내기위하여 물-시멘트비를 대폭 낮추고도 작업이 용이한 콘크리트와 내구성의 문제를 보완한 콘크리트를 개발하기 위하여

연구가 수행되었다. 고성능 콘크리트의 기본개념은 고강도 콘크리트를 포괄하며 여기에 콘크리트의 제문제를 가장 합리적인 방법으로 운용, 제어하여 완성된 형태의 콘크리트 개발에 있다고 할 수 있다. 이러한 기본개념에서 같이 출발한 여러 나라 혹은 연구기관 상호간에 견해의 차는 있으나 지향하는 바는 같다고 볼 수 있다. 다만 고성능 콘크리트의 개념이 고강도 콘크리트만을 의미하는 것은 아니며 내구성 등 그 성능이 우수한 콘크리트를 모두 포함한다.

본 소고에서는 콘크리트 구조물의 내구성에 영향을 미치는 인자들의 특성을 파악하여 내구성을 향상시킬 수 있는 방안을 모색하고, 앞으로 강도뿐만 아니라 내구성이 우수한 고성능 콘크리트의 개발방향을 제시하고자 한다. 특히 열악한 외부환경에 노출되는 해안 및 해양구조물, 교량구조물, 지하구조물 등은 내구성이 더욱 중요한 문제로 대두되고 있기 때문이다.

* 정희원, 서울대학교 토목공학과 교수

2. 콘크리트 구조물에 발생하는 내구성 문제

2.1 개요

콘크리트 구조물은 사용기간중에 내적 및 외적 환경요인에 의하여 균열, 수축, 체적증가 및 콘크리트 내부 철근의 부식으로 인하여 사용성의 저하를 초래하기도 하며, 그 정도가 심하면 콘크리트의 구조물로서 기능을 상실한다. 내부 및 외부환경에 의한 콘크리트 구조물의 내구성에 영향을 미치는 대표적인 요인은 동결융해작용, 알칼리-골재반응, 탄산화(중성화)작용, 황산염작용, 해수와 염분에 의한 피해 및 물의 침식작용 등을 들 수 있다.

2.2 동결융해작용

콘크리트 구조물은 자연적인 혹은 인위적인 온도의 상승 및 강하로 인하여 콘크리트 내부 공극수의 온도가 동결점을 전후로 변화할 때 구조물 성능저하의 원인이 되는 동결융해작용(freezing and thawing)을 받게 된다. 콘크리트 구조물이 동결융해작용을 받아 콘크리트의 팽창압력이 인장강도를 넘어서면 콘크리트에 손상이 가해지고 콘크리트 구조물의 내구성의 저하가 발생하게 된다. 동결융해작용은 콘크리트 표면의 균열과 층분리로 부터 시작되어 구조물 두께로 진전되는 얼음층에 의하여 콘크리트 구조물에 국부적인 응력집중을 유발하거나 구조물의 붕괴까지 다양한 형태의 손상을 유발한다.

2.3 알칼리-골재반응

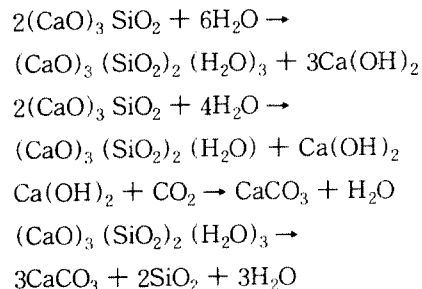
알칼리-골재반응(alkali-aggregate reaction)이란 콘크리트의 알칼리를 주성분으로 하는 세공용액이 골재에 포함되어 있는 알칼리 반응성 광물과 반응하는 것을 말하며, 이 반응은 콘크리트의 부피를 팽창시켜 균열을 발생하게 한다. 알칼리-골재반응은 반응기구에 따라서 알칼리-실리카반응, 알칼리-탄산염암반응, 알칼리-실리케이트

반응으로 나뉜다.

알칼리-골재반응은 알칼리-실리카 겔을 형성시키고 골재의 경계를 변화시키는데 이 겔은 극한 팽창형태로 수분을 흡수하고 콘크리트의 체적을 증가시키며 주위 시멘트 경화체에 둘러싸여 내부 압력을 유발시키고 결국에는 시멘트 경화체의 팽창(expansion), 균열(crack), 탈락(pop-outs)을 초래한다.

2.4 탄산화(중성화) 작용

콘크리트는 시멘트의 수화반응(hydration)을 통하여 강도를 발현하는데, 이 수화반응에서 생성되는 수산화칼슘은 pH 12-13 정도의 강알칼리성으로 시멘트수화물 전체의 pH를 결정하는 요인이 된다. 수산화칼슘은 대기중에 포함되어 있는 탄산가스(CO₂)와 접촉하여 다음과 같은 반응에 의하여 탄산칼슘(CaCO₃)과 물로 변화한다.



위의 반응을 통하여 생성된 탄산칼슘은 pH 8.5-10 정도로 낮아지는데 이러한 현상을 탄산화(carbonation) 혹은 중성화(neutralization)라고 한다.

탄산화는 콘크리트의 표면에서 내부를 향하여 진행되며 콘크리트는 탄산가스와 반응한 중량만큼 무거워지고 치밀해진다. 그리고 탄산화가 진행됨에 따라서 미세한 균열이 발생하지만 문제가 될 정도는 아니다. 그렇지만 탄산화는 콘크리트 내부의 철근을 둘러싸고 있는 알칼리성 부동태피막을 불안정하게 함으로써 철근의 부식을 유발하여 구조물의 성능저하를 야기한다. 또한 탄산화에 의해 생성된 탄산칼슘은 콘크리트 내부 공극을 채

움으로써 공기공극의 체적을 감소시키며 공극의 분포에 영향을 미쳐 다른손상의 원인을 유발할 수 있다.

탄산화의 속도는 콘크리트의 수분량, 상대습도, 시편의 크기에 따라서 영향을 받는데 수산화칼슘과 탄산가스의 반응에 의한 생성수분이 시편내부와 상대습도와와의 평형상태를 유지할 수 있는 정도만 발산하기 때문이다. 생성된 수분의 발산이 느리면 시편의 증기압이 포화상태에 이르고 시멘트 경화체 안의 탄산가스 확산이 실질적으로 멈추게 된다.

2.5 해수와 염분에 의한 피해

건설공사의 급속한 수요증가는 건설자재의 부족을 초래했으며, 대표적인 건설자재의 하나인 골재원으로 하천을 이용하는 것은 국가의 수자원 종합개발, 하천 및 하도의 개수 및 정비, 자연환경의 보호차원때문에 더 이상 기대할 수 없는 상태이므로 새로운 골재원으로 해양자원을 생각하지 않을 수 없다. 콘크리트 배합시 혼입되는 해사, 해수, 혼합수 및 다량의 염화물을 함유한 화학혼화체의 사용으로 인하여 구조물을 만들 때부터 염화물이 콘크리트내에 도입되는 것으로서, 이 염화물의 양은 콘크리트 구조물에 큰 영향을 미치게 된다. 또한 구조물 완공 후에도 염화칼슘이나 소금같은 해빙제의 살포, 해양 환경하의 대기중에 있는 염소이온의 침입 등으로 콘크리트의 구조물은 염화물에 노출되어 있다.

염화물은 시멘트의 수화를 촉진하여 수화열을 상승시키므로 염화물을 다량으로 함유한 해사를 사용한 매스콘크리트에서는 사전에 충분한 검사가 필요하며, 콘크리트의 탄산화작용, 화학적 침식, 철근부식 등에 밀접한 관계를 가지고 있다.

2.6 황산염에 의한 피해

콘크리트 구조물이 흠과 접하고 있는 경우 가장 일반적이고 광범위하게 발생하는 콘크리트 구조물의 성능저하 현상은 황산염 반응(sulfate attack)에 의한 것이다. 지하수 및 흠에는 나트륨,

칼륨, 칼슘 및 마그네슘 등의 자연발생적인 황산염들이 존재하며 특히 점토질 흠에는 많은 양의 황산염이 함유되어 있다. 콘크리트가 이러한 황산염을 함유한 지하수나 흠에 접하여 황산염에 노출된 경우 반복된 건조과정을 통하여 상당량의 황산염이 콘크리트에 축적되며, 축적된 황산염의 화학반응에 의하여 궁극적으로 콘크리트의 성능저하가 발생하며 다른 성능저하 작용에 알맞는 환경을 제공함으로써 다른 원인에 의한 콘크리트의 성능저하를 가속화 한다.

황산염 반응에 대한 콘크리트의 저항성에 관한 연구가 활발히 진행되었는데, 이러한 연구에 의하면 포틀랜드 시멘트 내의 트라이 칼슘 알루미늄에이트(tricalcium aluminate) 함량이 콘크리트의 황산염 반응 저항성에 큰 영향을 주는 것으로 밝혀졌다. ASTM C150에서는 C₃A의 함량이 최대 5%를 가지는 Type V의 내황산염 시멘트, C₃A의 함량이 최대 8%를 가지는 Type II의 중간정도의 내황산염 시멘트에 관하여 규정하고 있다. 포틀랜드 시멘트가 함유하는 알루미늄페리트(C₃AF)가 콘크리트내의 황산염 반응을 지연시키는 것으로 알려지고 있으며, 또한 콘크리트에 포졸란 또는 고로 슬래그를 첨가하거나 이들을 혼합한 시멘트를 사용함으로써 콘크리트의 황산염 반응 저항성을 증진시킬 수 있다.

2.7 물의 침식작용

콘크리트 구조물 중 물의 침식작용에 의해 피해를 볼 수 있는 대표적인 예로는 수리구조물, 해양 구조물 그리고 교량의 교각을 들 수 있다. 이들 구조물은 물의 주기적이고도 연속적인 침식작용으로 인하여 철근을 둘러싸고 있는 콘크리트를 탈락시키고 철근을 부식시켜서 구조물로서의 기능을 저하시킬 수 있다. 또한, 수분의 침투와 건조가 반복되면 팽창수축의 반복작용으로 콘크리트가 급속하게 성능저하과정을 밟게 된다. 이들에 대한 저항성을 증가시키기 위해서는 투수성과 투기성을 가능한 적게하여 수밀한 구조물을 만들어야 한다.

3. 내구성 향상을 위한 고성능 콘크리트의 개념과 개발

3.1 개요

콘크리트의 내구성이란 동결융해, 한서, 건조습윤 등이 반복적으로 작용하는 기상작용을 비롯하여 황산염, 산류 등의 화학물질에 의한 침식작용, 차량이나 유수, 유사 등에 의한 마모작용, 탄산화, 철근의 부식, 반응성골재 등의 콘크리트 내적인 요인의 영향, 기타 콘크리트의 사용상 발생하는 여러작용에 저항하여 장기간의 세월에 걸쳐 사용에 견딜 수 있는 성질이라고 정의할 수 있다. 최근 들어 강도뿐만 아니라 내구성까지 우수한 소위 고성능 콘크리트의 개발 및 활용을 위하여 국내외에서 많은 연구가 진행되고 있다. 여기서는 특히 콘크리트의 내구성에 영향을 미치는 인자들에 대한 개선방향을 제시하여 콘크리트의 내구성 향상과 이를 통하여 앞으로 고성능 콘크리트의 개발을 가능하게 하고자 한다.

3.2 내투수성 및 내투기성 향상

콘크리트에 물이 접하면 수압이 없어도 콘크리트 내부에 구성되어 있는 미세한 모세관을 통하여 물이 내부에 흡수된다. 콘크리트를 타설할 때 콘크리트의 침강에 의한 골재 및 수평철근 하부에 생기는 공극, 또는 콘크리트의 자연건조수축 등으로 생긴 균열을 통하여 투수가 일어나게 된다.

콘크리트 구조물에서는 상기의 모세관이나 기포 등의 공극조직을 갖는 재료에서 마주보는 2개의 면 사이에 압력, 온도 등의 차이가 발생할 때 압력이 높은 곳에서 낮은 곳으로 물의 이동이 생기게 된다. 이와같은 흡수나 투수현상은 콘크리트 재령에 따라 변화하고 습윤상태에서는 감소하나 건조상태에서는 증대하는 등 환경조건에 의해 끊임없이 변화하는데 이런 물의 이동으로 말미암아 콘크리트에 공극이나 균열 등은 더욱 커져서 투수를 더욱 조장하게 되고 결국 콘크리트 내구성에 해를 끼치게 된다. 콘크리트 내부조직에는 10Å 정도의 겔 공극에서 수백 μm 정도의 지름을 갖는 모

세관에 이르기까지 여러가지 크기의 공극을 함유하고 있다.

모르터나 콘크리트를 타설하면 장기간에 걸쳐서 시멘트와 물의 수화작용 과정에서 모세관의 일부에는 새로운 생성물로 채워지는 경우도 있다. 이와같이 콘크리트 내부의 공극조직은 일정치 않으며 콘크리트의 투수는 단순히 공극률만의 함수로 표현할 수 없고 함유하는 공극의 크기, 분포상태 및 이들의 연속성에 지배된다.

시멘트풀을 구성하는 겔은 28% 정도의 공극을 갖고 있지만 투수성은 대략 $7 \times 10^{-16} \text{m/sec}$ 에 불과하다. 즉 시멘트 겔에서의 공극이나 고체입자의 크기는 극히 작지만 수는 많다. 그러나 이와 대조적으로 암석에서는 공극의 수는 적지만 크기가 크므로 투수성이 크다. 이와같은 이유로서 물은 보다 작은 겔공극을 지나가는 것보다는 모세관 공극을 지나가는 편이 더욱 쉬우며, 시멘트풀은 전체로서 겔보다 20-100배의 투수성을 가지고 있으므로 시멘트풀의 투수성은 시멘트풀의 모세관 공극의 공극률에 좌우된다.

시멘트풀의 투수성과 같은 물-시멘트비를 갖는 콘크리트의 투수성과의 차이는 콘크리트의 성질에 영향을 미치는 골재 자체의 투수성과 비교해 보아야 할 것이다. 만약 골재의 투수성이 아주 작으면 이와같은 골재를 사용함에 따라서 흐름이 일어날 수 있는 유효면적이 감소하게 된다. 또한 물의 경로는 이들 골재를 돌아서 형성되기 때문에 유효통로가 길어지며 수밀성을 증대하게 된다. 그러나 일반적으로 골재는 시멘트풀에 싸여져 있으므로 충분히 잘 다져진 콘크리트라면 수밀성에 더욱 영향을 미치는 것은 시멘트풀 자체의 투수성이라 볼 수 있다. 콘크리트 구조물의 수밀성은 사용하는 콘크리트 품질과도 직접적인 영향이 있지만 이것보다는 실제 공사현장에서의 콘크리트 타설 및 다짐 등 시공의 질에 더욱 큰 영향이 있다.

3.3 내동해성 향상

콘크리트의 초기동해에 대한 저항성은 강도, 함수량, 연행공기량, 기포의 크기와 분포에 따라 다르나 일반적으로 압축강도가 40kg/cm^2 이상이

되면 동해를 받지 않는다. 콘크리트를 소요의 온도로써 양생하고 또한 동결에 노출되어도 손상을 입지 않게 되는 최소양생기간을 지키는 것이 중요하다. 표 1에는 콘크리트가 동결하여도 손상을 입지 않을 재령(시간)을 나타내고 있다.

표 1 콘크리트가 동결하여도 손상을 입지않을 재령(시간)

시멘트의 종류	물시멘트비	노출전 양생온도에 대한 재령(시간)			
		5℃	10℃	15℃	20℃
보통 포트랜드 시멘트	0.4	35	25	15	12
	0.5	50	35	25	17
	0.6	70	45	35	25
조강 포트랜드 시멘트	0.4	20	15	10	7
	0.5	30	20	15	10
	0.6	40	30	20	15

콘크리트의 내동해성은 공기량과 극히 밀접한 관계가 있으며 동일공기량인 경우 기포가 작고 잘 분포되어 있으면 내동해성은 증대한다. 따라서 동결융해의 반복작용에 대한 콘크리트의 내동해성을 증대시키는 가장 중요한 요소는 AE제 또는 AE감수제를 사용하여 적정량의 갇힌공기(entrained air)를 연행시키는 것이다. 갇힌공기의 기포는 콘크리트의 경화 후에도 물로써 충만되지 않고 동결시 이동수분의 피난처가 된다. 표 2는 내동해성 콘크리트에 대한 공기량의 추천치를 나타내고 있다.

표 2 내동해성 콘크리트에 대한 공기량의 추천치

공칭 최대 골재 치수(mm)	평균 공기량(percent) ^(a)	
	극심한 노출 ^(b)	완만한 노출 ^(c)
9.5	7.5	6
12.5	7	5.5
19	6	5
38	5.5	4.5
75	4.5	3.5
150	4	3

여기서 (a) 현장 시공시의 합리적인 공기량 허용치는 1-1/2%이다.

- (b) 콘크리트가 동결하기 이전에 거의 대부분 수분과 연속적으로 접촉하거나 제빙용 염이 사용되는 경우 추운 외기에의 노출.
- (c) 콘크리트가 동결하기 이전에 때때로 수분에 접촉하거나 제빙용 염이 사용되지 않는 경우 추운 외기에의 노출.

3.4 내부식성 향상

콘크리트 내부에 묻힌 철근의 부식은 콘크리트 구조물의 성능저하를 일으키는 주요한 원인 중의 하나이다. 철근은 콘크리트와 열팽창계수가 유사하고 부착력이 우수하여 콘크리트에 발생하는 휨응력, 인장응력 등을 부담함으로써 콘크리트가 가지고 있는 약점을 보완하는 한편 철근의 단점인 부식을 주위 콘크리트가 보호함으로써 철근 콘크리트는 우수한 내구성을 가진 복합재료이다. 그러나, 콘크리트 구조물이 주기적이고 장기적인 부식 환경에 노출되는 경우 철근 주위의 부동태피막이 파괴되고 철근의 부식을 유발하여 구조물로서의 기능이 저하된다.

외부환경 및 콘크리트 재료 제특성으로 콘크리트 내부에 일정량 이상의 염화물 이온이나 산성 음이온이 존재하게 되면 철근 주위의 부동태피막이 파괴되고 철근은 부식하게 된다. 콘크리트 내부의 철근이 부식하게 되면, 철근 자체의 단면이 손실되어 구조물 전체의 강성이 저하될 뿐만 아니라 철근의 체적이 2.5배 정도 팽창하고 그 팽창으로 인한 응력은 균열을 유발시킨다. 균열이 발생하면 산소나 물의 공급이 용이하게 되어 철근의 부식을 촉진하고 결국에는 철근 주위의 피복 콘크리트가 탈락하여 콘크리트 구조물은 현저히 성능저하를 일으킨다.

콘크리트 내부 철근의 부식에 관계하는 요인은 콘크리트의 재료, 시공 및 주위의 환경 등을 들 수 있다. 예를 들면 콘크리트의 재료로서 시멘트, 세골재, 조골재, 배합수, 혼화재료의 품질 등이 철근 부식의 크고작은 요인이 된다.

철근의 부식과 관계하는 주위환경중에서 콘크리트의 pH는 주요한 요인으로 알칼리 환경에서 철근의 부식속도는 현저하게 늦어짐이 밝혀지고 있다. 콘크리트 내부의 철근이 부식되지 않는 것은 시멘트의 수화에서 발생된 다량의 수산화칼슘에 의한 알칼리 환경하에서 철근표면이 부동태화되기 때문이며, 철근표면에 존재한다고 여겨지는 피막을 부동태피막이라고 한다. 콘크리트 내부의 철근을 부식으로부터 보호하고 있는 부동태피막은 주로 콘크리트에 의한 탄산화, 염분 및 산

음이온(Cl^{-1} , BO_3^{-3})의 존재 및 고온도 조건하에서 파괴된다. 콘크리트 내부의 철근부식을 방지하기 위해서는 콘크리트 내부를 알칼리 환경으로 유지하는 것이 바람직하며, 콘크리트의 탄산화에 의한 염기 및 산의 음이온에 의한 철근의 부동태피막의 파괴를 방지하여야 한다.

혼화재료 포졸란은 포틀랜드 시멘트의 수화반응시 수산화이온과 반응하여 콘크리트의 pH를 감소시킨다. 이는 포졸란이 콘크리트의 철근부식에 대한 저항성을 저하시키는 것을 의미한다. 그러나 포졸란은 콘크리트의 투수성을 감소시키는 효과를 가져오므로 콘크리트의 투수성감소에 따른 긍정적인 효과는 pH 감소에 따른 콘크리트의 철근부식 저항성 감소부분을 상쇄하는 효과를 가져온다. 또한 포졸란의 적절한 사용은 콘크리트의 내투수성을 증진시키면서도 pH를 적정수준으로 유지할 수 있는 장점이 있다.

4. 향후의 고성능 콘크리트 연구개발 방향

고성능 콘크리트는 유동성, 강도 및 내구성 등 콘크리트의 품질을 판정할 수 있는 제반특성 요소의 우월한 성능을 보장할 수 있는 콘크리트를 말한다. 지금까지의 고강도에만 치우쳤던 관심이 단계적으로 고탄성계수, 고밀도, 저투수성, 여러형태의 성능저하에 대한 저항성 등 콘크리트 재료의 다른 특성 쪽으로도 미치게 되었다. 고성능 콘크리트는 보통의 콘크리트에 일반적으로 사용되는 재료들과 보통의 배합, 타설, 양생 만으로는 반복적으로 얻어질 수 없는 바람직한 물성과 균일성을 갖는 콘크리트로 실용화 단계에 들어선 고강도 콘크리트의 개념을 포함하는 좀더 포괄적인 의미의 새로운 콘크리트 개념이라 할 수 있다. 그러한 고성능 콘크리트의 특성을 요약하면 다음과 같이 나타낼 수 있다.

- (1) 재료 분리 없는 용이한 다짐과 타설
- (2) 향상된 장기의 역학적 성질
- (3) 초기의 고강도
- (4) 높은 인성(toughness)
- (5) 체적의 안정성
- (6) 극심한 환경하에서의 장기 내구년한

콘크리트의 내구성을 판단하는 기준은 크게 두 가지로 나눌 수 있는데, 콘크리트가 특수한 환경에 처했을 때 그 영향을 얼마나 최소화 하여 구조물로서의 성능을 유지할 수 있는가 하는 외적인 측면과 콘크리트 내부의 현상을 제어하여 성능 저하요인을 감소시키는가 하는 내적인 측면이다.

근래에 콘크리트는 가정할 수 있는 거의 모든 극한환경에서 시공되고 있는 데 예를 들면 한중 콘크리트(극저기지건설), 서중 콘크리트(열대 구조물), 내화학성 콘크리트(폐기물 처리), 내열 구조물(원자로 격납 구조물) 등이 있다. 이외에도 특수한 용도로 사용된 예가 많은데 이는 콘크리트의 성능을 가능한 최대로 실험하고 있다 해도 과언이 아니다. 최근 들어서는 천연 골재원의 고갈로 인해 부순돌, 알칼리-골재 반응성골재, 해사 등의 사용이 증가함에 따라 새로운 문제로 제기되고 있다. 또한 투입되는 구성재료가 다양해짐에 따라 이로 인한 재료 상호간의 반응 역시 내구성 저해요인으로 주목받고 있다.

고성능 콘크리트가 앞에서 지적한 바 있는 여러 가지 내구성 저하요인에 대하여 저항성을 갖기위해서는 많은 연구가 필요하며, 그 연구에는 다음과 같은 사항을 포함해야 할 것이다.

(1) 내구성 설계 규정의 정립

콘크리트 성능저하기구와 내구성에 영향을 미치는 환경요인에 대한 고찰 및 내구성에 대한 타당한 평가방법이 정립되어야 한다. 지금까지는 콘크리트 구조물의 내구성설계개념이 없었으며 주로 강도개념에만 의존해 왔다. 따라서, 앞으로 내구성을 고려한 설계가 이루어져야 한다.

(2) 고성능 콘크리트에 대한 현행 시험방법의 적용성 검토

일반 콘크리트에 기준한 현행의 내구성 측정방법이 고성능 콘크리트의 경우에도 동일하게 적용되고 있는 바 이에대한 적합성 및 신뢰성에 대한 재평가가 필요하다.

(3) 콘크리트의 투수성 시험방법에 대한 고찰 콘크리트의 내구성 평가에 있어서 투수성은 중

요한 요건이나 현행의 시험방법은 많은 시간을 요하고 현장적용이 어려우므로 현장이나 실험실에서 용이하게 적용할 수 있으며 신뢰성 높은 투수성 시험방법의 개발이 필요하다.

(4) 내구년한의 예측

소정의 사용조건하에서 구조물이 가지는 내구년한을 합리적으로 예측하는 새로운 기법의 개발이 필요하다. 고성능 콘크리트는 보통 콘크리트보다 긴 내구년한을 갖도록 설계되며, 보다 극한상황의 조건에 적용될 것으로 사료된다. 그러나 현행의 내구년한 예측기법은 초보적인 단계에 있으므로 앞으로 내구성이 필수적인 구조물에 대한 콘크리트 시공을 위해서는 내구년한에 대한 많은 연구가 필요하다.

(5) 동결융해 저항성에 관한 연구

지금까지의 연구에 의하면 고성능 콘크리트가 소정의 동결융해 저항성을 갖기 위해서는 공기연행이 필요하다고 알려져 있다. 따라서 동결융해에 의한 성능저하기구에 대한 연구가 필요한데 여기에는 공기량, 기포위치 및 기포의 분포에 대한 연구와 혼화재료가 이에 미치는 영향에 대한 연구가 포함될 수 있다.

(6) 구조물 용도에 따른 내구성 기준의 확립

고성능 콘크리트의 경우 다양한 용도에 적용되므로 각각의 상황에 잘 부합되는 기준의 확립이 필요하다.

(7) 높은 단위 시멘트량의 적용에 따른 효과

고성능 콘크리트는 단위 시멘트량이 대단히 높은 편이어서 콘크리트 내부의 알칼리 성분도 그만큼 많아지게 된다. 따라서 고성능 콘크리트에 알칼리 반응성 골재가 사용될 경우 그에 따른 피해가 보통 콘크리트 보다 클 것으로 사료되므로 이에 대한 연구가 필요하다.

5. 결 언

콘크리트는 건설 구조물의 구조재료로서 광범

위하게 사용되고 있어 매우 중요한 역할을 하고 있다. 콘크리트 구조물이 안전성과 사용성 등 제 기능을 다하기 위해서는 외부적인 요인 및 내부적인 요인으로 인한 콘크리트의 내구성에 영향을 미치는 인자들에 대한 구체적이고 체계적인 연구가 필요하다. 지금까지는 콘크리트 구조물의 설계에 내구성을 고려하지 않고 단순히 강도만을 고려하여 왔으나 앞으로는 내구성과 수명을 고려한 합리적인 설계 및 시공이 이루어져야 한다. 콘크리트 구조물의 성능저하 원인은 동결융해작용에 의한 성능저하, 철근부식에 의한 성능저하, 콘크리트의 탄산화 작용에 의한 성능저하, 알칼리-골재반응에 의한 성능저하 등 다양하다.

최근들어 새로 탄생한 고성능 콘크리트의 개념은 강도 뿐만 아니라 내구성도 우수한 그야말로 고성능의 콘크리트를 말한다. 현재는 이들 고성능 고품질 콘크리트가 국가별로 개발초기에 있으나 곧 활발한 연구와 적용이 예상되고 있다. 사실 고성능 콘크리트의 기본개념은 양질의 콘크리트를 시공하기 위하여 예전부터 내포되어왔던 문제이지만 최근들어 그 개념을 분명히 하고 나선 것이다. 본 필자도 이 분야에 큰 관심을 가지고 고품질 콘크리트의 내구성향상을 위한 실험 및 이론연구를 진행하고 있으며 앞으로 이 분야에 더욱 큰 관심과 연구성과가 있어야 할 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

1. 콘크리트 표준시방서, 건설부, 1988.
2. ACI Manual of Concrete Practice, 1992.
3. Annunal Book of ASTM Standard, 1989.
4. Neville, A. M., "Properties of Concrete", 3rd edition, 1981.
5. Mindess, S., Young, J. F., "Concrete", 1981.
6. Cordon, William, A., "Freezing and Thawing of Concrete-Mechanism and Control", Monograph No.3, ACI/Iowa State University Press, Detroit, 1966.
7. Powers, T. C., "A Working Hypothesis for Further Studies of Forest Resistance of Concrete", ACI Journal, Proceedings Vol.41, No. 4, Feb. 1945.

8. Detwiller, R. J., Dalgleish, B. J. and Williamson, R. B., "Assessing the Durability of Concrete in Freezing and Thawing", ACI Journal, July 1981, pp.282-291.
9. Papadakis, V. G., Vayenas, C. G., Fardis, M. N., "Physical and Chemical Characteristics Affecting the Durability of Concrete" ACI Journal, March 1991, pp.186-195.
10. Stanton, T. E., "Expansion of Concrete Through Reaction Between Cement and Aggregate", Proceedings ASCE, Vol.66, Dec. 1940, pp.1781-1821.
11. Chatterji, S., "Mechanism of Alkali-Silica Reaction and the Significance of Calcium Hydroxide - Discussion", Cement and Concrete Research, Vol.22, 1992, pp.190-192.
12. Papadakis, V. G., Vayenas, C. G., Fardis, M. N., "Experimental Investigation and Mathematical-Modeling of the Concrete Carbonation Problem", Chemical Engineering Science, Vol.46, 1991, pp.1333-1338.
13. ACI Committee 363, "State-of-the-Art Report on High-Strength Concrete", ACI Journal, pp.364-411, Jul.-Aug. 1984.
14. ACI Committee 212, "Guide for Use of Admixtures in Concrete", ACI Journal, pp. 646-676, Sep. 1991.
15. Clifton, J. R. "Predicting the Remaining Service Life of Concrete", NISTIR 4712, National Bureau of Standards U.S. Department of Commerce, 1991. □

전문서적 보급 안내

「고성능유동화제를 이용한 고강도콘크리트의 제조와 특성 및 활용」

- 본학회 국제워크숍 교재 -

• 주요내용

- I. Achieving and Testing High Performance Concrete
Cement and Superplasticizer Compatibility
Current and Future Applications of High Performance Concrete(Dr. Pierre-Claude Aitcin, 캐나다 Sherbrooke University 교수)
- II. 고강도 콘크리트 제조를 위한 국내의 혼화제 제조 현황 및 특성, 혼화제의 기구(노재성 교수, 충남대학교 정밀공업화학과)
- III. State-of-the-Art on High-Strength Concrete in Japan(Dr. Yasuo Tanigawa, 일본 Nagoya University 교수)
- IV. 고강도 콘크리트 건축구조물의 국내 개발과 활용 및 전망(신성우 교수, 한양대학교 건축공학과)
- V. 고성능콘크리트 및 고강도콘크리트의 개발과 국내 토목구조물의 활용전망(오병환 교수, 서울대학교 토목공학과)

• 교재보급가 : 회 원 : 18,000원

비회원 : 20,000원(문의처 546-5384, 543-1916)