

고내구성 콘크리트

1. 서 언



윤재환*

우리나라는 21세기에 고도선진국가의 진입을 목표로 도로·항만·고속철도 등 SOC시설의 신설과 정비, 주택·학교 등 주거시설의 정비확충에 박차를 가하고 있다. 이러한 사회간접자본의 지속적인 축적과 이러한 구조물을 장기적, 안정적으로 사용한다는 것은 안정적인 국민생활의 영위에 필수 불가결하다.

그러나 그동안 겪어온 바와 같이 건설구조물의 부실시공 및 유지관리 미비로 인하여 많은 재해와 경제적인 손실을 가져왔고, 건설에 대한 국민의 불신을 증폭시켜 왔다. 따라서 앞으로는 장기간의 사용에 견딜 수 있고 오래 지속될 수 있는 구조물을 건설할 필요가 있다. 이것은 지구환경의 보전, 자원에너지의 절감이라는 차원에서도 절실히 필요한 것이다.

오래지속하기 위한 콘크리트구조물이 되기 위해서는 구조물의 안전성과 기능, 성능이 오래 만족되도록 설계해야 할 뿐만 아니라, 유지관리에 따른 LCC(life cycle cost)의 문제, 사회적인 환경변화에의 대응 및 구조물의 물리적, 화학적, 구조적 열화에 대한 안정성이 중요하다. 이와 같은 목적을 위하여 고내구성 콘크리트의 이용기술을 확립할 필요가 있으며, 여기에서는 고내구성 콘크리트기술에 대한 현황을 기술하기로 한다.

2. 콘크리트의 열화외력과 대책

일반적으로 철근콘크리트 구조물의 수명을 단축시키는 주요한 물리·화학적 열화원인으로서는 대개 다음과 같이 생각할 수 있다.

- ① 대기중의 탄산가스가 서서히 콘크리트속으로 침투하여, 알칼리성을 약하게 하여(콘크리트의 중성화) 내부철근을 부식시키는 현상.
- ② 콘크리트가 건조에 의해 수축하고 균열이 발생하여, 콘크리트 내부로 유해물이 침투하는 현상.
- ③ 해안지방에 있어서 해풍과 같이 날아오는 해염입자

가 콘크리트 속으로 침투하는 염분에 의한 철근 부식.

- ④ 추운지방에 있어서 콘크리트의 동결융해에 의한 손상.
- ⑤ 하수관 콘크리트의 경우, 하수중 박테리아의 번식에 의해 황산의 생성에 의한 콘크리트와 철근의 부식
- ⑥ 산성토양이나 부식성물질에 의한 콘크리트와 철근의 부식 등

이들 열화외력에 대한 주된 대책으로서는 ① 양질의 골재사용 ② 내구성을 고려한 배합 ③ 내구성이 높은 마감공법의 선택 ④ 적절한 품질관리 및 시공관리 등을 들 수 있다. 표 1에 콘크리트의 주된 열화외력과 대책등을 나타내었다.

<표 1> 콘크리트의 열화외력과 대책

열화 외력		열화현상	주된 대책	고성능AE 감수제의 적용효과
일반	기온	건조수축균열 온도응력균열	단위수량의 감소	○
	습도			
	일사열			
특수	중성화	내부철근부식	콘크리트의 밀실화 마감재의 선정	○ -
	염화물	내부철근부식	콘크리트의 밀실화 마감재의 선정	○ -
수	동결융해	표면 열화	공기량관리 골재의 선정	- -
	산성토양	표면열화· 침식	콘크리트의 밀실화 마감재의 선정	○ -
	부식성물질			

3. 고내구성 콘크리트의 제조기술

지금까지 알려진 고내구성 콘크리트를 제조하는 방법을 크게 분류하면 다음과 같다.

- ① 낮은 물시멘트비(W/C)와 고성능 감수제의 사용.
- ② 내구성 개선제 등 화학혼화제의 사용.

* 수원대학교 건축공학과 교수

- ③ 유공의 포제거푸집 사용으로 표면콘크리트중의 수분 제거.
- ④ 폴리머합침콘크리트 및 레진콘크리트 등의 폴리머재료 사용.
- ⑤ 실리카흙, 고로슬래그미분말, 플라이애시 등의 혼화 재료 사용.

이외에도 철근콘크리트 구조물을 고내구화하기 위하여 철근의 피복두께를 크게한다든지 내구성과 기밀성이 있는 표면마감재를 콘크리트표면에 시공하거나, 콘크리트 균열, 타설불량부가 생기지 않도록 시공하는 등의 조치가 필요하다.

위의 고내구성 콘크리트 제조방법중 낮은 물시멘트비의 콘크리트는 우리가 가장 손쉽게 고내구성 콘크리트를 제조

<표 2> KASS5 철근콘크리트공사의 내구성에 관련된 시방규정²⁾

항 목		보통콘크리트		고내구성 콘크리트				
골재의 흡수율		굵은골재	3.0%이하	굵은골재		2.0%이하		
		잔골재	3.5%이하	잔골재		3.0%이하		
설계기준강도		180, 210, 240, 270 kgf/cm ²		보통콘크리트		경량콘크리트		
				210~360 kgf/cm ²		210~270 kgf/cm ²		
콘 크리트 의 배 합	단위수량의 최대값	185 kg/m ³ 이하		175 kg/m ³ 이하				
	단 위 시 멘 트 량의 최소값	270kg/m ³ 이상		보통콘크리트		경량콘크리트		
	물 시 멘 트 비 의 최대값	포틀랜드시멘트, 고로슬래그시멘트특급, 포틀랜드포졸란시멘트A종, 플라이애시시멘트A종	6 5 %	시멘트의 종류		보통	경량	
				포틀랜드시멘트, 고로슬래그시멘트특급, 포틀랜드포졸란시멘트A종, 플라이애시시멘트A종	60%	55%		
	물 시 멘 트 비 의 최대값	고로슬래그시멘트1급, 포틀랜드포졸란시멘트B종플라이애시시멘트B종	6 0 %	고로슬래그시멘트1급, 포틀랜드포졸란시멘트B종, 플라이애시시멘트B종		55%	55%	
	공기량	4~6%		-				
	염소이온량	0.3 kg/m ³ 이하		0.2 kg/m ³ 이하				
	알칼리골재 반응성골재의 사용	불가		-				
	슬럼프	18 cm이하		베이스콘크리트		12cm이하		
피복두께(mm)	흙 에 접 하지 않 은 부분	지붕슬래브, 바닥슬래브, 비내력벽	실 내	30	흙 에 접 하지 않 은 부분	지붕슬래브, 바닥 슬래브, 비내력벽	실 내	40
			실 외	40			실 외	50
		기둥, 보, 내력벽	실 내	40		기둥, 보, 내력벽	실 내	50
			실 외	50			실 외	60
		옹벽		50		옹벽		60
		흙 에 접 하는 부분	기둥, 보, 슬래브, 내력벽	50		흙 에 접 하는 부분	기둥, 보, 슬래브, 내력벽	50
	기초, 옹벽			70				

할 수 있는 방법이다. 특히 낮은 물시멘트비와 더불어 고성능AE감수제를 이용함으로써 표 1에 나타난 바와 같이 균열의 발생감소에 기여하는 단위수량의 감소와 콘크리트조직의 치밀화를 꾀할 수 있는 낮은 물시멘트비의 콘크리트를 적정한 단위수량과 단위시멘트량으로서 제조할 수 있다.

이와같이 철근콘크리트의 열화는 거의 모든 열화요인에 대하여 낮은 물시멘트비의 콘크리트를 채용함으로써 억제할 수 있다. 따라서 낮은 물시멘트비의 고강도콘크리트를 이용함으로써 고내구성의 철근콘크리트구조물을 얻을 수 있다.

4. 내구성을 고려한 현재의 콘크리트 선정시스템

1) 한국의 경우

구조물의 콘크리트를 내구화하기 위한 현 지방시의 방법으로서 건축공사 표준지방시 제5장 철근콘크리트공사 내에 고내구성 콘크리트공사에 대한 지방규정이 기재되어 있다. 그러나 일반 철근콘크리트공사에서도 내구성을 확보하기 위한 재료 및 배합에 관한 규정이 제정되어 있으며, 이것을 비교하면 표 2와 같다.

또한 각종 열화(성능저하)요인에 대한 내구성확보 규정으로서 다음과 같은 규정이 있다.

- 가. 바닷바람에 포함된 해염입자의 영향을 받을 염려가 있는 위치에 있는 철근의 방청조치는 공사시방에 따른다. 다만, 직접해수의 작용을 받는 위치에 대하여는 해수의 작용을 받는 콘크리트에 따른다.
- 나. 경미한 동결융해작용을 받을 염려가 있는 위치에 있는 콘크리트의 품질 등에 대하여는 공사시방에 따른다. 다만, 극심한 동결융해작용을 받는 위치에 대하여는 동결융해작용을 받는 콘크리트에 따른다.
- 다. 산성토양, 황산염 및 기타의 침식성 물질 또는 열의 작용을 받는 위치에 있는 콘크리트의 품질확보를 위한 특별조치에 대하여는 공사시방에 따른다.

위와같이 구조물이 놓여지는 환경에 따라 관련시방을 적용하도록 되어 있으나 공사시방에 따르는 등 미비점이 많다. 그러나 구조물의 내구성을 확보하기 위해서는 표 2 및 위의 규정을 준수하는 것이 필요하며, 고내구성을 요하는 구조물은 고내구성 콘크리트공사의 시방에 따라야 할 것이다.

2) 일본의 경우

1997년 개정된 일본건축학회 건축공사 표준지방시 철근콘크리트공사에서는 콘크리트배합설계시 정하는 배합강도를 구조상의 안전으로부터 구하는 구조설계기준강도와 소요의 내구성을 확보하기 위하여 정하는 내구설계기준강도

로 이원화하여 이중에서 기준강도가 큰 것을 배합강도의 목표값으로 하고 있다.

즉 구조물의 계획공용기간을 표 3과 같이 ①일반 ②표준 ③장기의 3등급으로 분류하여 일반인 경우에는 내구설계 기준강도를 18N/mm²이상으로, 표준인 경우에는 24N/mm², 장기인 경우에는 30N/mm²으로 계산하여 콘크리트의 구조설계 기준강도와 내구설계기준강도중 큰 값을 선택하도록 개정되었다. 이것을 식으로 나타내면 다음과 같다.

$$F_q = F_c + \Delta F (N/mm^2)$$

$$F_q = F_d + \Delta F (N/mm^2)$$

여기에서 F_q : 콘크리트의 품질기준강도(N/mm²)

F_c : 콘크리트의 설계기준강도(N/mm²)

F_d : 콘크리트의 내구설계기준강도(N/mm²)

ΔF : 구조체 콘크리트강도와 공시체강도와의 차를 고려한 할증값으로 3N/mm²으로 한다.

이것은 콘크리트의 강도가 고강도화됨에 따라 물시멘트비가 감소하여 고내구성을 확보할 수 있다는 사실에 근거한 것이다.

<표 3> JASS5 철근콘크리트공사에 규정된 계획공용기간의 등급³⁾

계획공용기간의 등급	대규모보수 불필요기간	공용 한계기간	내구설계 기준강도
일반	30년	65년	18N/mm ²
표준	65년	100년	24N/mm ²
장기	100년		30N/mm ²

건축물의 소요내용년수는 건축물의 사회적 조건 및 경제적 조건 등으로부터 정해지는 것이며 특정한 건축물에 한정하고 있지 않으나 일반적으로 다음과 같이 생각할 수 있다.

- ◎ 사회적 조건으로부터 고내구성이 필요하다고 생각되는 건축물
 - (1) 기념적인 건축물(국민적 의미를 가진 공공건축물과 종교건축물)
 - 국회의사당, 국립극장, 절, 교회, 성당 등
 - (2) 귀중한 물건을 수장하기 위한 건축물
 - 미술관, 박물관, 공공도서관 등
 - (3) 열화, 파괴에 의해 인명에 중대한 위험성을 발생할 우려가 있는 건축물
 - 위험물 저장소, 원자력발전소 등
- ◎ 경제적 조건으로부터 고내구성을 필요로 하는 건축물--사용년수와 LCC(life cycle cost)등으로부터 건

축주의 의향에 따라 결정된다.

- (1) 열화, 손상한 경우에 수리·갱신에 의한 경제적인 손실이 큰 건축물 초고층 건축물, 거대 건축물, 병원, 대규모의 집합주택, 연구시설 등,
- (2) 구조체의 내용년수 연장이 경제적으로 유리하다고 생각되는 건축물 집합주택, 학교, 각종 공공시설 건축물 등,

으로 분류하며 고내구성 철근콘크리트 건축물은 내용년수를 100년을 목표로 하고 있다. 주택, 사무소등 보통의 철근콘크리트 건축물에 대해서는 65년으로 하고, 창고와 같이 내용연수가 짧아도 되는 건축 등에 대해서는 30년으로 규정하고 있다.

이상과 같이 일반의 철근콘크리트구조물의 수명을 50년 또는 60년으로부터 고내구성을 요하는 중요한 건축물일 경우에는 100년까지로 목표로 하고 있으며, 이것은 과거 철근콘크리트구조물의 내구성저하현상 즉 열화현상에 의해 수명이 현저히 단축됐던 과거의 경험에서 반성적으로 우리나라의 결과라 하겠다.

5. 결론

이상으로 국내외에 있어서 고내구성 콘크리트에 대한 현황 및 콘크리트구조물의 내구성을 확보하기 위한 시방규정에 대하여 알아보았다. 국내에서도 콘크리트구조물의 내구성을 확보하기 위하여 지금까지 강도위주의 설계로부터 내구성위주의 설계방법으로 전환이 필요하며, 관련 시방서의 개정이 필요하다.

20년이상 경과된 노후된 철근콘크리트아파트에 대한 재건축이 국가적인 차원에서 환경파괴 및 자원의 낭비 등 많은 문제점이 노출되어 최근에는 리모델링(remodelling)쪽으로 방향을 전환하고 있는 것은 다행한 일이라 하겠다. 또한 현재 신축되거나 재건축되는 아파트는 적어도 60년 이상, 가능하면 100년 이상의 수명을 유지하도록 설계·시공할 필요가 있다. 이미 외국에서는 100년 수명을 보장하는 100년 건축이 시공되고 있다. 그러기 위해서는 건축의 설계·재료·시공·설비 측면에서 내구성에 대한 배려가 필요하다. 아파트 외벽마감은 지금과 같은 천편일률적인 콘크리트외 페인트마감에서 벗어나 타일붙임, 뽀칠마감 등으로 고급화함으로써 콘크리트의 중성화를 방지하여 장수명화를 가져올 수 있다. 건물의 골조인 콘크리트에는 고성능·고기능의 고내구성 콘크리트를 사용하여야 할 것이며 설비배관도 교체가 용이하도록 설계하여야 할 것이다.

건축물 등 사회간접자본의 안정적인 축적만이 우리나라가 선진국가로 가는데 있어서 필수불가결하다는 점을 인식하고 주택 특히 공동주택의 장수명화를 설계 및 시공시 고려할 필요가 있다. 지구환경의 보전이나 자원·에너지의

유효이용의 관점에서 건축물의 내구성을 더욱 높이기 위한 기술개발이나 오래 쓰기 위한 설계방법의 연구와 더불어 한번 만든 건축물을 오랫동안 사용한다고 하는 사용자와 사회의 의식개혁이 절실히 요구된다.

참고문헌

- 1) 柳橋邦生외, “高耐久性콘크리트”, 콘크리트공학, Vol.37, No.6, 1999.6
- 2) 대한건축학회, “건축공사표준시방서”, 1999
- 3) 日本建築學會, “建築工事標準仕様書・同解説,JASS5”, 1997
- 4) 윤재환, “장수명콘크리트”, 콘크리트학회지, 제10권6호, 1998.12
- 5) 오병환, 정원기, “국내의 고내구성 콘크리트의 개발 및 실용화”, 콘크리트학회지, 제7권5호, 1995.10
- 6) 日本建築學會, “高耐久性鐵筋콘크리트造設計施工指針(案)・同解説

