

장기재령 건축물의 콘크리트 품질 및 중성화에 관한 연구

Experiments on the Properties and Carbonation of the longterm-aged Concrete Buildings

김형래*	윤상천**	윤상렬***
Kim, Hyung Rae	Yoon, Sang Chun	Yoon, Sang Ryul
김태섭****	지남용*****	이리형*****
Kim, Tae Sub	Jee, Nam Yong	Lee, Li Hyung

Abstract

This study was carried out on the longterm aged reinforced concrete housings for the prediction of life expectancy and the suggestion of fundamental informations on the durable concrete.

In this paper, the durability of concrete is compared with carbonation depth, and the measurements of carbonation depth and properties have been made on the number of cores taken from structures.

And finally, the relationships between carbonation rate and such properties as strength, absorption ratio, density were examined.

1. 서 론

선진외국에서는 환경조건을 고려한 콘크리트 내구성능저하의 영향요인 및 그 정도를 파악하고 그 결과를 콘크리트의 제조·시공 및 유지관리 시방에 반영하는 등 내구설계를 위한 기초자료로 활용하고 있다.

-
- * 정회원, 대한주택공사 주택연구소 연구원
 - ** 정회원, 대한주택공사 주택연구소 주임연구원, 공학박사
 - *** 대한주택공사 주택연구소 부장연구원
 - **** 정회원, 한국구조안전기술원 대표, 공학박사
 - ***** 정회원, 한양대학교 건축공학부 교수, 공학박사

이에 반하여, 국내의 경우 RC구조물의 내구성능저하와 관련된 실험·조사가 미흡할 뿐만 아니라, 체계적인 평가수법이 확립되어 있지 않아 콘크리트 구조물의 성능저하정도를 정확히 파악하기 어려운 실정이다.

특히, 공동주택의 경우 사회구조 및 생활상의 변화에 따라 물리·경제 및 사회적인 측면에 의해 그 수명이 결정되고 있는 실정이므로, 사회 간접자본의 효율적인 이용차원에서의 철근콘크리트 구조물의 내구성에 관한 정량적인 평가방법의 수립과 수명 연장을 위한 체계적인 연구가 절실히 요구된다.

따라서, 본 연구에서는 건축물의 물리적인 수명예측 및 내구설계를 위한 자료로 활용하기 위하여 국내환경조건하에서 비교적 장기재령의 철근콘크리트조 공동주택을 대상으로 콘크리트의 품질을 평가하고 중성화에 의한 내구성능 저하실태를 조사하였다.

2. 실 험

2.1 개 요

본 연구는 철거예정인 철근콘크리트조 공동주택을 대상으로 하여 환경 및 기상조건이 상이한 두 지역에 위치한 장기재령 건축물에 대한 콘크리트의 중성화 정도를 파악하고 콘크리트의 흡수율·초음파 전파속도 및 압축강도 등 콘크리트의 품질조건이 중성화에 미치는 영향을 고찰하고자 하였다. 한편, 실험대상 건축물의 개요는 표 1과 같다

표 1 실험대상 건축물의 개요

구 분	건축물	A (1개동)	B (4개동)
소재지		서울 용산구 동부이촌동 (15 평형)	경북 포항시 학잠동 (13~15 평형)
구조형식 및 층수		RC 라멘조(5층)	RC 라멘조(5층)
난방형식		중앙난방식 우수난방+방열기	개별난방식 구불+우수난방(연탄)
준공년도		1972년	1974~1977년
시료채취시기		1996년 4월	1996년 7월
재 령		24년	19~22년

2.2 실험방법

(1) 시료채취

시료채취부위는 부재종류 및 방위를 고려하여 선정하였으며, 코어시험체의 크기는 A건축물의 경우 모두 $\phi 100\text{mm}$ 로 하였으며, B건축물에서는 압축강도시험용 $\phi 100\text{mm}$, 중성화시험용 $\phi 75\text{mm}$ 로 하였다.

(2) 흡수율

흡수율은 24시간 이상 수중침지한 시험체 표면의 물을 제거하여 표건중량 및 수중중량을 측정하고, $105 \pm 5^\circ\text{C}$ 의 건조로에서 48시간 건조시킨 후 절건중량을 측정하여 산출하였다.

(3) 초음파 전파속도

초음파 전파속도는 절건상태의 콘크리트 코어시험체의 전파거리 및 전파시간을 측정하여 산출하였다.

전파거리는 버어니어캘리퍼스로 길이를 2회 측정하여 평균치로 하였으며, 전파시간은 PUNDIT를 사용하여 시험체와 양진자가 일직선상에 오도록 위치를 설정한 후, 각 측정점에서 발진자와 수신자를 바꾸어 측정하여 그 평균을 측정값으로 하였다.

(4) 압축강도

각 건축물의 기둥 및 보에서 채취한 코어(ϕ 100mm)시험체의 압축강도(f_c)는 KS F 2405 「콘크리트의 압축강도 시험방법」에 준하여 일정한 속도로 시험체가 파괴될 때까지 가압하였으며, 최대하중을 단면적으로 나눈 값에 KS F 2422의 「콘크리트에서 절취한 코어 및 보의 강도 시험방법」에 규정한 높이와 직경의 비에 따른 보정계수를 곱하여 산출하였다.

(5) 중성화깊이

콘크리트 중성화깊이는 대상부재에서 채취한 코어시험체의 할렬면 또는 콘크리트 내부 철근의 부식 상태를 평가하기 위하여 피복콘크리트를 제거한 부위에 대하여 측정하였다.

시험 방법은 측정면에 1% 페놀프탈레인 용액(KS M 0015)을 분무하고, 마감재 표면으로부터 적자색으로 변한 부분까지의 깊이를 중성화깊이로 하였다.

3 실험결과 및 고찰

3.1 콘크리트의 품질

부재 및 부위별 콘크리트의 중성화깊이에 영향을 미치는 콘크리트의 흡수율, 비중과 압축강도 측정 결과는 표 2와 같으며, B건축물의 1동에서 흡수율이 가장 높고 비중이 가장 낮게 나타나 콘크리트 조질의 밀실성이 가장 낮은 것으로 나타났다.

한편, 콘크리트의 압축강도는 A건축물의 경우 $166\text{kg/cm}^2(155\sim 175\text{kg/cm}^2)$, B건축물의 경우 동별로 각각 $106\text{kg/cm}^2(70\sim 155\text{kg/cm}^2)$, $131\text{kg/cm}^2(108\sim 147\text{kg/cm}^2)$, $202\text{kg/cm}^2(164\sim 239\text{kg/cm}^2)$, $193\text{kg/cm}^2(138\sim 236\text{kg/cm}^2)$ 으로 나타나, B건축물의 1동 및 5동의 압축강도가 타건축물에 비하여 월등히 낮게 나타나고 있음을 알 수 있다.

콘크리트의 압축강도와 흡수율, 초음파 전파속도 및 비중의 관계를 그림 1에 나타냈다. 흡수율의 증가에 따라 압축강도는 감소되었으며, 장기재령 구조물에 있어서 콘크리트의 밀실성을 평가하는 수단으로 활용이 가능할 것으로 판단된다. 또한, 초음파 전파속도에 따른 압축강도의 관계도 초음파 전파속도가 증가함에 따른 압축강도의 증가경향이 뚜렷한 것으로 나타났다.

3.2 중성화깊이

시험대상 건축물별 마감재포함 중성화깊이는 표 3 및 그림 2와 같으며, 전반적으로 A건축물에 비하여 B건축물이 크게 나타났다. 한편, B건축물 중에서는 재령이 가장 큰 1동의 경우 중성화가 가장 많이 진행된 것으로 나타났다. 재령이 더 적은 B건축물의 중성화깊이가 더 큰 것은 콘크리트제조시 사용재료의 상이함과 지역별 온·습도, CO_2 농도 등 기상 및 환경조건, 난방방식의 차이 등의 복합적인 요인에 기인하는 것으로 판단된다.

표 2 콘크리트 코어 시험체의 압축강도, 비중, 흡수율, 초음파 전파속도

건축물	부위 및 부재			압축강도 (kg/cm ²)	비 중 (kg/m ³)	흡수율 (%)	초음파 전파속도 (km/s)		
	재 형 (봉수)	층수	부재종류						
A	24년		1층	173	166 (33.0)	-	3.76 (0.60)	3.97 (0.25)	
			2층	175					
			3층	167					
			4층	155					
			5층	155					
B	22년 (1봉)	1층	기둥	70	76.4	106 (40.2)	2.33 (0.04)	5.85 (1.12)	3.57 (0.37)
			보	86					
		2층	기둥	129	142				
			보	155					
	21년 (5봉)	4층	기둥	131	137.8	131 (25.6)	2.36 (0.04)	5.08 (0.51)	3.94 (0.21)
			보	142					
		5층	기둥	147	123.4				
			보	108					
	19년 (10봉)	4층	기둥	210	186.8	202 (46.2)	2.35 (0.03)	4.09 (0.52)	4.13 (0.12)
			보	164					
		5층	기둥	239	216.5				
			보	194					
	20년 (16봉)	3층	기둥	177	157.5	193 (57.2)	2.39 (0.04)	3.87 (0.64)	4.12 (0.21)
			보	138					
		5층	기둥	236	228.2				
			보	221					

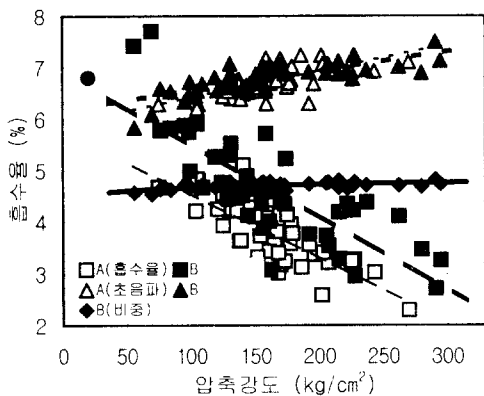


그림 1 콘크리트의 압축강도와 흡수율, 비중, 초음파 전파속도

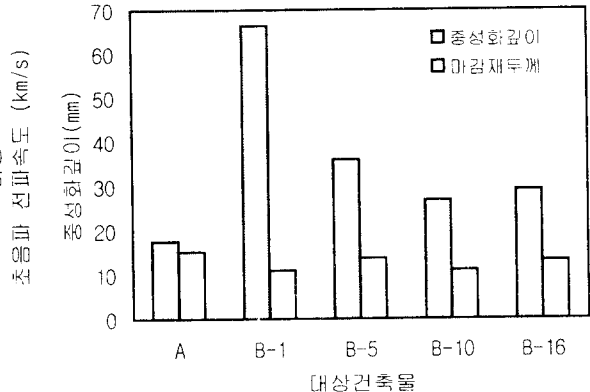


그림 2 건축물별 중성화깊이

(1) 실의 용도

실의 용도에 따른 중성화깊이는 그림 3과 같이 침실(> 거실) > 부엌(> 다용도) > 계단실의 순으로 나타났다. 한편, A건축물에서는 거실과 침실에서의 중성화깊이가 월등히 크게 나타났으나, B건축물에서는 부엌에서의 중성화깊이가 크게 나타나 침실에서의 중성화깊이와 거의 비슷한 값을 보이고 있다. 이는 A건축물의 경우 중앙식 온수난방 방식이므로 거주자의 주생활공간인 침실 또는 거실에서의 탄산가스 농도가 가장 큰 데 반하여, B건축물의 경우에는 연탄 아궁이가 위치한 부엌에서의 탄산가스 농도가 높았기 때문으로 판단된다.

표 3 콘크리트의 부위별, 부재별 중성화 깊이

위치 및 부재			중성화 깊이			중성화 깊이(마감재 종류:두께) 단위 : mm			
			실구분	부재종류	개수				
A	24년	실내	기실	보	9	20.9(m·w:14.5)		19.6 (14.4)	17.6 (15.2)
			부엌	기둥,보	13	2.6(m·p:12.1)			
			침실	기둥,보	27	28.6(m·w:15.5)			
			계단실	기둥	2	3.0(m·p:13.5)			
		실외	동측	기둥,보	5	3.6(m·p:21.6)		6.0 (19.6)	
			서측	기둥,보	1	3.0(m·p:9.0)			
B	22년 (1봉)	실내	침실	기둥,보	25	75.5(m·w:10.0)		71.3 (9.9)	66.4 (10.9)
			부엌	기둥,보	7	57.1(m·p/m·w:9.4)			
		실외	동측	보	1	32.0(m·w:15.0)		49.3 (14.5)	
			서측	보	4	48.3(m·p:15.3)			
			남측	기둥,보	4	54.8(m·p:13.5)			
			북측	기둥,보	4	51.5(m·w:10.7)			
	21년 (5봉)	실내	부엌(다용도실)	기둥,보	17	30.3(m·w/m·p/m·t:13.3)		42.7 (11.4)	36.0 (13.7)
			계단실	기둥	3	12.3(m·p:9.3)			
			동측	보	4	33.5(m·p:14.8)			
		실외	서측	보	6	28.0(m·p:14.2)		17.8 (19.9)	
			남측	기둥,보	6	9.7(m·p:30.3)			
			북측	보	4	1.5(m·p:18.0)			
	19년 (10봉)	실내	침실	기둥,보	25	30.6(m·w:10.5)		27.2 (10.5)	26.8 (11.0)
			부엌(다용도실)	기둥,보	8	19.6(m·w·m·p/m·t:10.5)			
			계단실	기둥	2	14.5(m·p:10.0)			
		실외	동측	보	2	13.5(m·p:22.0)		24.2 (14.8)	
			남측	보	3	31.3(m·p:10.0)			
			북측	보	3	31.3(m·p:10.0)			
	20년 (16봉)	실내	침실	기둥,보	24	37.4(m·w:10.1)		33.0 (11.6)	29.2 (13.2)
			부엌(다용도실)	기둥,보	11	31.5(m·w·m·p/m·t:14.3)			
			계단실	기둥	4	10.8(m·p:13.3)			
		실외	동측	기둥,보	4	14.5(m·p:23.5)		16.8 (18.5)	
			서측	보	2	3.0(m·p:29.5)			
			남측	보	4	29.0(m·p:9.8)			
		북측	보	2	10.5(m·p:15.0)				

(주) m : 모르타, pl : 플라스터, a : 아스팔트, p : 페인트, w : 벽지, t : 타일, n : 마감 없음

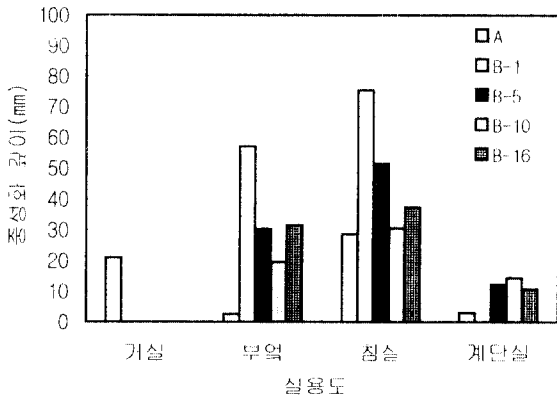


그림 3 실용도별 중성화깊이

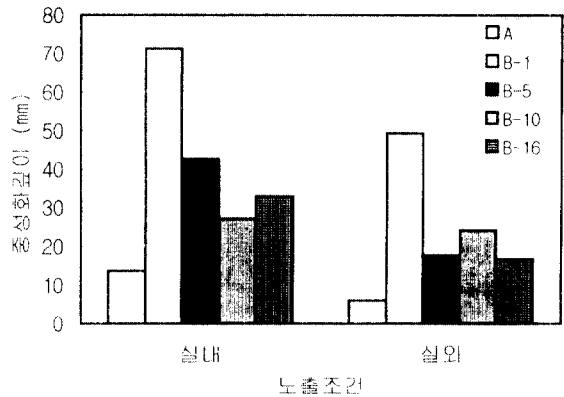


그림 4 노출조건별 중성화깊이

(2) 노출조건 및 방위

노출조건에 따른 중성화깊이는 그림 4와 같이 A, B건축물 모두 실내측이 실외측에 비하여 월등히

크게 나타났으며, 그림 5에서 동일부재인 경우 실내측의 중성화깊이가 실외측보다 2배 이상 크다는 것을 알 수 있다. 이는 기존의 연구결과에서도 알 수 있듯이, 실외의 경우 기상조건에 따른 상대습도의 변화에 의해 콘크리트의 모세관공극이 수분으로 채워짐으로써, 탄산가스의 침입이 차단되기 때문으로 추정된다.

또한, 실외측에 있어서 방위에 따른 중성화깊이는 그림 6에 나타난 바와 같이 남측 > 서측 ≥ 동측 > 북측의 순으로 크며, 남측이 북측에 비하여 중성화 정도가 훨씬 큰 것은 온도 및 일사조건이 모세관공극수의 증발속도 및 탄산가스 확산속도에 영향을 미치기 때문으로 판단된다.

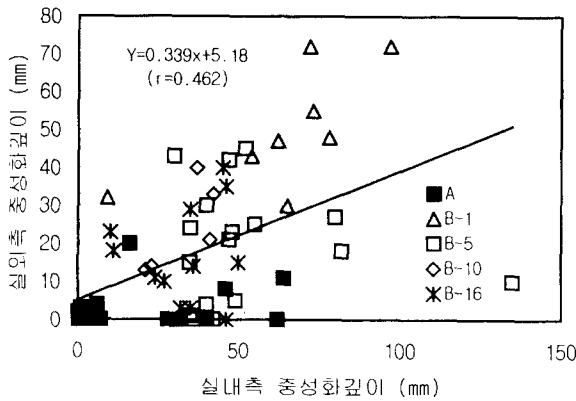


그림 5 실내측과 실외측의 중성화깊이

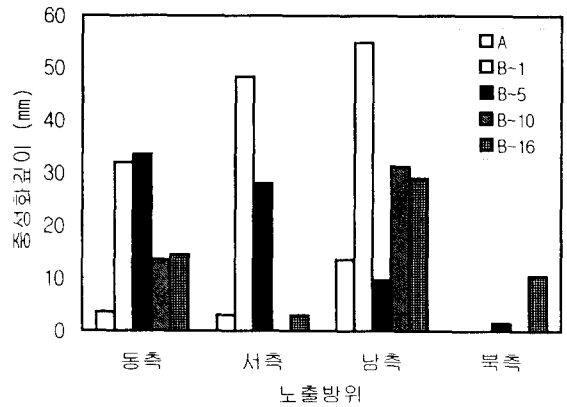


그림 6 노출방위별 중성화깊이

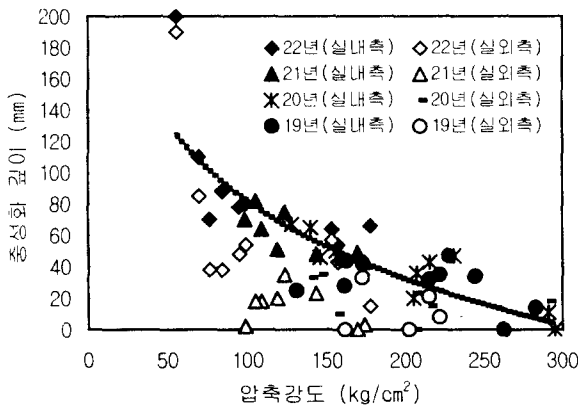


그림 7 콘크리트의 흡수율과 중성화깊이

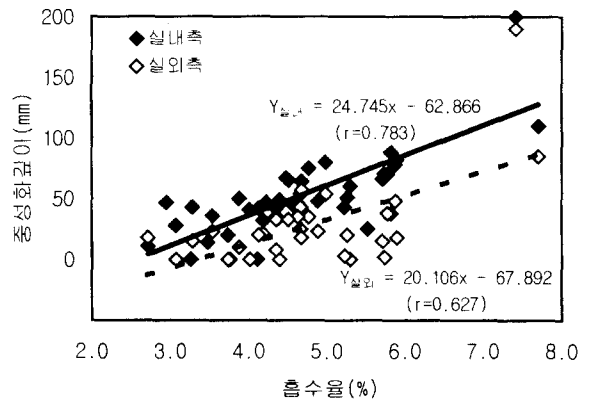


그림 8 콘크리트의 압축강도와 중성화깊이

3.3 콘크리트의 품질과 중성화

콘크리트의 품질조건으로서 흡수율 및 압축강도와 중성화깊이의 관계는 그림 7 및 그림 8과 같이 흡수율이 높고 압축강도가 낮을수록 중성화깊이가 크게 나타났다. 이는 압축강도, 흡수율, 초음파 전파속도 등 콘크리트의 품질이 가장 열악한 것으로 나타난 B건축물의 1동의 경우 동일지역의 동일난방방식을 적용한 다른 동에 비하여 실내측과 실외측 모두 중성화깊이가 월등히 많이 진행되어 이미 철근 피복두께를 초과하고 있는 사실에서 콘크리트의 중성화가 내부조직의 밀실성에 크게 좌우된다는 것을 알 수 있다.

4. 결 론

- (1) 실내측에 있어서 실의 용도에 따른 중성화깊이는 전반적으로 탄산가스 농도가 큰 것으로 판단되는 침실 또는 거실에서 가장 크게 나타났으나, 연탄 아궁이에 의한 난방방식을 적용한 경우 부엌에서의 중성화깊이가 침실의 경우와 거의 비슷하게 나타났다.
- (2) 실외측에 있어서 노출방위에 따른 중성화깊이는 남측이 북측에 비하여 훨씬 크게 나타나 온도 및 일사조건에 의해 중성화속도가 달라짐을 알 수 있었다.
- (3) 콘크리트의 흡수율이 크고 압축강도가 작을수록 중성화깊이가 크게 나타나 내부조직의 밀실성이 콘크리트의 중성화에 큰 영향을 미치는 것으로 나타났다.

● 참고문헌 ●

1. 和泉意登志, 喜多達夫, 前田照信: 콘크리트의耐久性シリーズ-中性化-, 技報堂, 1990.9.
2. 日本콘크리트工學協會耐久性研究委員會: 콘크리트構造物の壽命豫測と耐久性設計に関するシンポジウム論文集, 昭和63年4月
3. 日本콘크리트工學協會: 鐵筋콘크리트構造物の耐久性設計法研究委員會, 鐵筋콘크리트構造物の耐久性設計に関する考え方, 1991年5月
4. 友澤史紀, 中性化による問題(特輯, RC建築物の耐久性-劣化と對策④), pp71~78, 建築の技術施工, 1985.1, No. 229