

# 숯 첨가 콘크리트벽돌의 물성특성과 친환경 성능에 관한 연구

## A Study on the Properties and Friendly Environment Efficiency Charcoal Concrete Bricks

김 영 민\*  
Kim, Young-Min

최 희 용\*\*  
Choi, Hee-Yong

정 유 근\*\*\*  
Chung Yu-Gun

류 현 기\*\*\*\*  
Ryu, Hyun-Gi

### Abstract

After the new house symptoms recently, room environment pollution problem of building syndrome and so on is becoming research about ways to solve this being risen. Is taking advantage of nature data by building materials by one of this way, but Friendly Environmental performance examination for structure material is insufficient misgovernment being real condition that put emphasis in ability as most embellishment and a finish. Environmental examination is insufficient misgovernment on factor itself as structure material. Also, being real condition that radon that is responsible for lung cancer occurrence next to smoke in building materials such as concrete and so on is happened, the danger is reported much through mass communications and research paper etc. Therefore, this research measured radon release amount and the carbon dioxide adsorption rate for physical special quality measuring and Friendly Environment Efficiency that follow to "KS F 4004 Concrete bricks" regulation after manufacture Concrete Bricks utilizing charcoal that is nature material by sand. This study finding carbon dioxide density appeared and displayed effect that charcoal controls radon release that happen in Concrete Bricks to maximum 74% that decrease to best 95% though decreased the charcoal addition rate increases.

키워드 : 숯, 콘크리트벽돌, 친환경, 라돈, 이산화탄소

Keywords : Chacoal, Concrete Bricks, Friendly-Environment, Radon, CO<sub>2</sub>

### 1. 서 론

최근 도시화, 밀집화, 집중화로 인해 현대인이 하루 중 80% 이상을 건물 내에서 생활하고 있는 것을 고려할 때 이런 문제점들을 해결할 수 있는 친환경적인 건축재료 개발봄으로 목재, 석재, 숯, 황토 등 천연재료들을 건축물에 많이 활용하려고 하고 있다. 그러나 그에 대한 유해물질 배출 및 유해성 등에 대한 연구는 아직 미약하며 효용성에 대한 검증의 불충분 등으로 또 다른 사회적 문제가 되고 있으며 건강에 대한 과도한 집착에 비롯한 광고적 효과에 치중하는 예도 적지 않다.<sup>1)</sup> 경화한 시멘트에서 발생하는 탄산가스과 암모니아, 실내 마감재로 사용하는 벽지나 바닥, 페인트 등의 주재료에서 포름알데히드 등 많은 유해 물질을 함유하고 있다. 또한 콘크리트 등과 같은 건축재료에서 담배연기 다음으로 폐암발생의 원인이 되는 라돈이 발생되고 있는 실정이며, 그에 대한 위험성이 매스컴 및 연구 보고서 등을 통하여 많이 보고되고 있다.<sup>2)</sup> (표1, 그림1 참조)

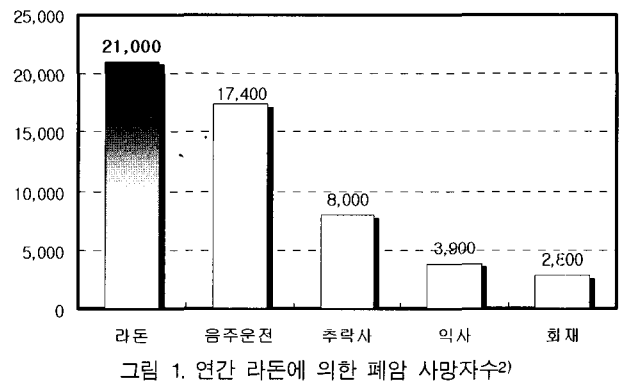


표 1. 주요 건축자재의 라돈방출<sup>3)</sup>

구 분	Ra-226 함유량 (pCi/kg)	Rn-222 방출율 ( $\times 10^6$ pCi/kg-sec)
콘크리트	675	270
석고	324	170
점토	1,404	-
시멘트	243~1,350	27
모래	270~918	81~324
자갈	378	59

\* (주)클레이맥스 연구원 공학석사, 정희원  
 \*\* (주)클레이맥스 본부장 공학박사  
 \*\*\* 충주대학교 건축공학과 전임강사 공학박사  
 \*\*\*\* 충주대학교 건축공학과 교수 공학박사, 정희원

1) 활성탄을 이용한 시멘트계 친환경 건축재의 활용을 위한 실험적 연구, 대한건축학회논문집 20권 1호, 2004

2) "A Citizen's Guide to Radon : The Guide to Protecting Yourself and Your Family From Radon", U.S. Environmental Protection Agency  
 3) 박진철, 이상형, 이연구 ; 라돈가스 발생강도에 대한 실험실 측정 연구

따라서 본 연구에서는 건축물에 가장 보편적으로 널리 이용되어지고 있는 콘크리트벽돌에 천연재료인 숯을 이용하여 콘크리트벽돌의 적정 배합비를 설정한 후 환경성능 평가의 일환으로 라돈(Rn) 방출량과 이산화탄소 흡착율을 측정하여 숯을 활용한 콘크리트벽돌의 특성과 그에 대한 친환경성능 평가를 하고자 함을 본연구의 목적으로 하였다.

## 2. 실험계획 및 방법

### 2.1 실험계획

표 2. 실험요인 및 수준

실험요인		수준	
배합비율	배합비 1:2	1	W/C 30%
	배합비 1:3	1	W/C 36%
	배합비 1:5	1	W/C 60%
	배합비 1:7	1	W/C 60%
	숯첨가율(%)	5	0, 10, 20, 30, 40
실험 측정 항목	경화 콘크리트 벽돌	4	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 압축강도 (7, 28일 재령)</li> <li>· 흡수율 (7, 28일 재령)</li> <li>· 기건비중 (7, 28일 재령)</li> <li>· 라돈가스 방출량</li> <li>· 이산화탄소 흡착율(0.1, 2시간)</li> </ul>

표 3. 실험배합표

배합비	W/C (%)	숯첨가율 (%)	질량배합(kg)			
			물	시멘트	잔골재	숯
1:2	30	0	3.06	10.20	20.4	0.00
		10	3.06	10.20	18.36	0.62
		20	3.06	10.20	16.32	1.25
		30	3.06	10.20	14.28	1.87
		40	3.06	10.20	12.24	2.50
1:3	36	0	3.64	10.20	30.60	0.00
		10	3.64	10.20	27.54	0.94
		20	3.64	10.20	24.48	1.87
		30	3.64	10.20	21.42	2.81
		40	3.64	10.20	18.36	3.74
1:5	60	0	6.12	10.20	51.00	0.00
		10	6.12	10.20	45.90	1.56
		20	6.12	10.20	40.80	3.12
		30	6.12	10.20	35.70	4.68
		40	6.12	10.20	30.60	6.24
1:7	60	0	6.12	10.20	71.40	0.00
		10	6.12	10.20	64.26	2.18
		20	6.12	10.20	57.12	4.37
		30	6.12	10.20	49.98	6.55
		40	6.12	10.20	42.84	8.74

본 연구의 실험계획은 표 2와 같고, 콘크리트벽돌의 배합표는 표 3과 같다. 먼저 콘크리트벽돌 배합비는 시멘트와 골재의 배합비를 1:2, 1:3, 1:5, 1:7의 4개 수준으로 하였다. 숯 첨가율은 0, 10, 20, 30, 40%의 5개 수준으로 하였다. W/C의 결정은 콘크리트벽돌로 제작 가능한 비율을 예비실험을 실시하여 1:2 배합에서는 W/C 30%, 1:3배합에서 W/C 36%, 1:5 및 1:7배합에서는 W/C 60%로 정하였다. 실험측정항목으로 압축강도는 재령 7일, 28일에 측정을 하고, 기건비중·흡수율은 재령 7일, 28일, 이산화탄소는 재령 28일에 0, 1, 2시간동안 밀폐용기속의 농도변화를 측정하고, 라돈가스는 공시체에 라돈가스 포집기를 부착시켜 28일간 포집된 양을 측정하도록 계획하였다.

### 2.2 사용재료

본 실험에서 사용한 재료로 시멘트는 국내산 H사의 보통 포틀랜드 시멘트를 사용하였고, 잔골재는 충북 제천시 송학면의 강모래, 숯은 강원도 K공장에서 생산되는 참나무 백탄을 사용하였다. 각 사용재료의 물리적 성질은 표 4 및 표 5와 같다.

표 4. 시멘트의 물리적 성질

밀도 (g/cm <sup>3</sup> )	분말도 (g/cm <sup>3</sup> )	안정도 (%)	응결시간(분)		압축강도(MPa)		
			초결	종결	3일	7일	28일
3.15	3,480	0.06	250	438	22.6	31.3	39.8

표 5. 잔골재 및 숯의 물리적 성질

골재 종류	밀도 (g/cm <sup>3</sup> )	조립률 (F.M)	흡수율 (%)	단위용적 질량 (Kg/m <sup>3</sup> )	입형판정 실적률 (%)	No. 200체 통과율(%)
잔골재	2.55	2.41	1.68	1,539	61.0	2.06
숯	0.78	3.09	9.91	-	-	-

### 2.3 실험방법

#### 2.3.1 콘크리트벽돌의 물리적 특성

콘크리트벽돌의 품질은 표 6과 같이 KS F 4004의 규정에 적합하여야 한다. 또한 A종 벽돌과 B종 벽돌은 경량 골재를 사용한 경량 벽돌이고, 보통 골재만을 사용한 벽돌은 C종 벽돌에 적합하여야 한다.

표 6. 콘크리트벽돌의 물리적 특성

구분	기건비중	압축강도(MPa)	흡수율(%)
A종 벽돌	1.7 미만	8 이상	-
B종 벽돌	1.9 미만	12 이상	-
C종 벽돌	1 급	16 이상	7 이하
	2 급	8 이상	10 이하

#### 2.3.2 시험체 제작 및 콘크리트벽돌 시험 방법

본 연구에서 시험체 제작은  $\phi 7.5 \times 8.0$ cm의 몰드를 이용하여 콘크리트벽돌 성형기에서 압축진동을 주어 그림 2와 같이 제작하고 콘크리트벽돌의 압축강도, 흡수율, 기건비중 실험방법으로는 KS F 4004(콘크리트벽돌)의 규정에 의거하여 일정한 재령동안 양생한 후 실시하였다.

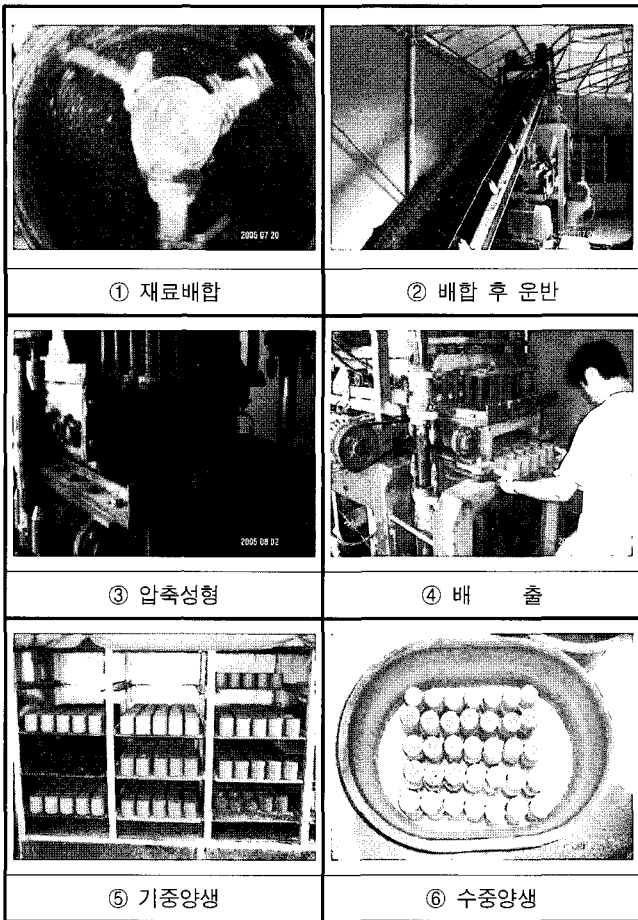


그림 2. 콘크리트벽돌 제작과정

### 2.3.3 이산화탄소 흡착 방법

이산화탄소 흡착 시험은 그림 2와 같이 10×10×30cm의 밀폐용기에 국내산 D담배 2개비를 피워놓고 콘크리트벽돌을 놓아 0, 1시간, 2시간마다 가스측정기를 이용하여 이산화탄소 농도를 측정을 하였다.

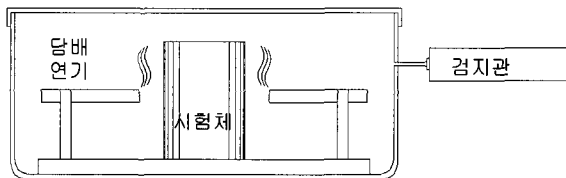


그림 3. 이산화탄소 농도 측정 방법

### 2.3.4 라돈방출 실험 방법

라돈가스 발생 측정은 그림 4와 같이 측정법 중 현재 가장 많이 사용되고 있는 시간적분형법으로 실내 공기 중 라돈의 농도가 기압, 온도, 습도에 따라 민감하게 변화하기 때문에 평균값을 기준으로 하여 라돈 감지 센서가 장착되어 있는 전문 라돈측정업체인 국내 R사에서 생산되는 작은 원통형 모양의 라돈 포집기를 이용하여 28일 동안 동일한 장소에서 라돈을 측정하였다. 이 포집기에 의한 라돈 농도 측정법은 콘크리트벽돌

표면에 라돈 및 자핵종에서 방출되는 알파 입자가 입사될 때 생성된 미세한 흔적을 알카리 등으로 에칭하여 비적이 생성되도록 한 후 현미경 등으로 라돈의 농도를 측정하였다.



그림 4. 라돈가스 방출량 측정

## 3. 실험결과 및 분석

### 3.1 콘크리트벽돌의 물성 특성

#### 3.1.1 기건비중

표 7은 KS F 4004 콘크리트벽돌 규정에 의거하여 벽돌을 분류한 것이고, 그림 5는 숯 첨가율 변화에 따른 기건비중 특성을 나타낸 것이다.

표 7. 기건비중에 의한 분류

배합비	W/C (%)	숯 첨가율 (%)	기건비중	
			재령 7일	재령 28일
1:2	30	0	-	-
		10	-	-
		20	-	-
		30	B종	B종
		40	A종	A종
1:3	36	0	-	-
		10	B종	-
		20	B종	B종
		30	A종	B종
		40	A종	A종
1:5	60	0	-	-
		10	B종	B종
		20	A종	B종
		30	A종	A종
		40	A종	A종
1:7	60	0	B종	-
		10	A종	B종
		20	A종	A종
		30	A종	A종
		40	A종	A종

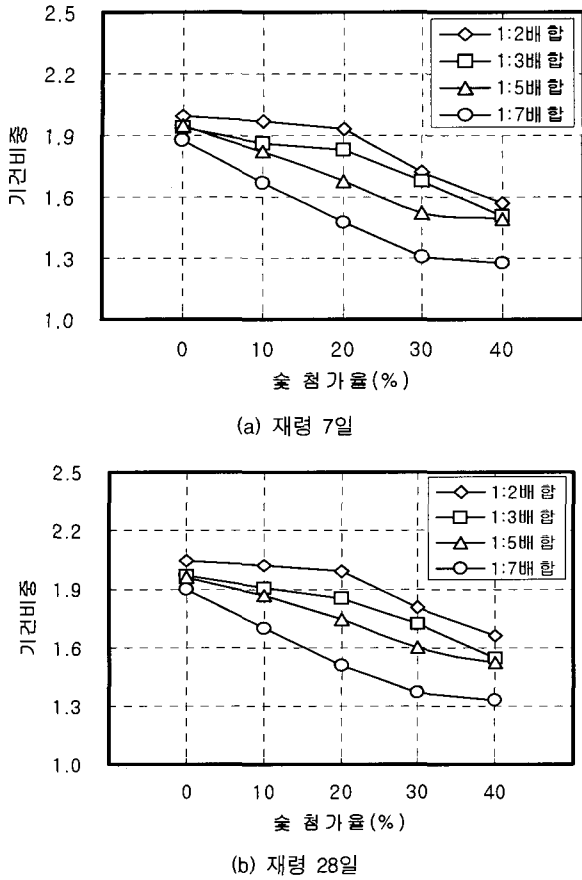


그림 5. 숯 첨가율 변화에 따른 기건비중 특성

전반적으로 숯 첨가율이 증가할수록 기건비중이 감소 경향을 나타내는데 배합비 1:2, 1:3의 경우는 20%의 숯 첨가율까지는 다소 완만하게 감소하다가 그 이후부터는 급격히 감소하였고 배합비 1:5와 1:7의 경우는 첨가율 30%까지는 급격히 감소하다 그 후부터는 다소 완만히 감소하는 경향을 나타내었다.

이와 같은 경향은 배합비가 커질수록 Plane에 비하여 최대 첨가율 40%에서 기건비중의 감소율이 22~32%정도로 크게 나타내는데 이는 시멘트에 대한 잔골재의 비가 커짐에 따라 첨가되는 숯의 양이 증가하기 때문인 것으로 사료된다. 또한, 숯 첨가율 0%인 Plane에서도 골재의 배합비가 증가함에 따라 기건비중이 감소하는 현상이 나타났는데 이는 배합비가 커질수록 시멘트보다 잔골재의 사용 양이 증가함에 따른 것으로 판단된다. KS F 4004의 콘크리트벽돌 규정을 만족하는 경우도 1:2배합에서는 숯 첨가율 30%가 B종(1.9미만), 40%가 A종(1.7미만)을, 1:3배합에서는 10%, 20%, 30%가 B종을, 40%가 A종을 만족하였고, 1:5배합에서는 10%, 20%가 B종을, 30%, 40%가 A종을, 1:7배합에선 10%가 B종, 20%, 30%, 40%가 A종을 각각 만족하였다.

### 3.1.2 흡수율

표 8은 KS F 4004 콘크리트벽돌 규정에 의거하여 벽돌을 분류한 것이고, 그림 6은 숯 첨가율 변화에 따른 흡수율 특성을 나타낸 것이다. 먼저 전반적인 경향으로는 모든 재령에서 숯 첨가율이 증가할수록 흡수율이 증가하는 것으로 나타났다. 이

는 잔골재보다 흡수율이 매우 큰 숯의 영향으로 판단되며 1:2, 1:3, 1:5배합에선 재령 7일보다는 재령 28일에서 흡수율이 감소하였는데 이는 시멘트의 충분한 수화반응으로 인한 흡수율의 감소 경향으로 판단되고, 1:7배합에서는 재령이 경과해도 흡수율 변화가 거의 나타나지 않았는데 이는 숯 자체의 흡수성 때문이라 사료된다.

표 8. 흡수율에 의한 분류

배합비	W/C (%)	숯 첨가율 (%)	흡수율	
			재령 7일	재령 28일
1:2	30	0	재령 7일	재령 28일
		10	C종 2급	C종 1급
		20	C종 2급	C종 1급
		30	C종 2급	C종 1급
		40	-	C종 2급
1:3	36	0	-	-
		10	C종 2급	C종 2급
		20	C종 2급	C종 2급
		30	-	C종 2급
1:5	60	0	-	-
		10	C종 2급	C종 2급
		20	-	C종 2급
		30	-	C종 2급
1:7	60	0	-	-
		10	C종 2급	C종 2급
		20	-	-
		30	-	-
		40	-	-

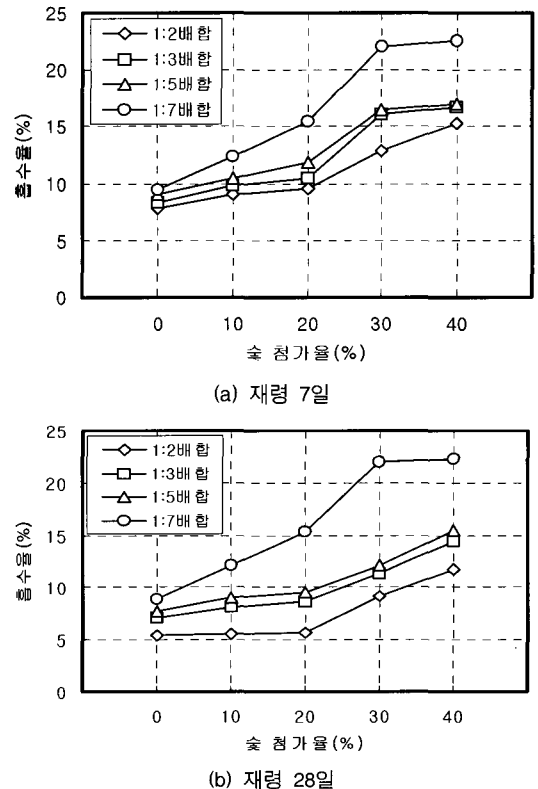


그림 6. 숯 첨가율 변화에 따른 흡수율 특성

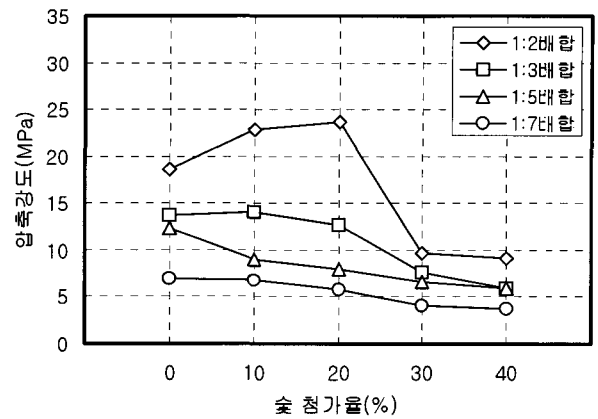
KS F 4004의 콘크리트벽돌에 만족하는 적정 첨가율은 1:2배합에선 첨가율 20%까지는 C종 1급(7%)을 만족하였고, 30%는 C종 2급(10%)을 만족하였다. 1:3배합에서는 첨가율 0%만이 C종 1급을 만족하였고 10%, 20%가 C종 2급을, 1:5배합에서는 0~20%가 C종 2급, 1:7배합에서는 0%만이 C종 2급을 만족한 것으로 나타났다.

### 3.1.3 압축강도

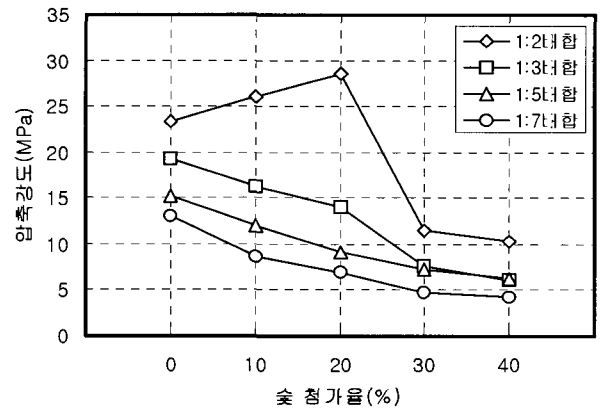
표 9는 KS F 4004 콘크리트벽돌 규정에 의거하여 벽돌을 분류한 것이고, 그림 7은 숯 첨가율에 따른 7, 28일 재령에서 압축강도 특성을 나타낸 것이다. 먼저, 1:2배합 Plane(첨가율 0%)에 비하여 첨가율 20%까지는 강도가 13~21%정도 증가하는 현상이 나타나다가 첨가율 30~40%에서는 강도가 30~50%정도로 저하하는 경향이 나타났고 1:3, 1:5, 1:7배합에서는 숯 첨가율이 증가할수록 강도가 저하하는 경향으로 나타났는데, 배합비 1:2에서 강도가 증진하는 것은 숯의 흡수성으로 인한 W/C 감소효과로 사료되며 나머지 배합에서는 숯에 의한 W/C 감소효과 보다는 숯 자체의 강도가 떨어지는 것의 영향이 더 크기 때문에 강도가 저하하는 것으로 판단된다. 재령 28일에서 모든 배합의 Plane은 재령 7일 보다 약 30%정도의 강도 증진이 나타났지만 나머지 첨가율에서는 10%정도 강도가 증진된 것으로 나타났다. 이는 Plane에서는 충분한 수화반응으로 강도가 증진하였지만 숯이 첨가된 배합에서는 숯의 약한 강도가 수화반응에 의한 강도 증진에 저해요인이 된 것으로 판단된다.

표 9. 압축강도에 의한 분류

배합비	W/C (%)	숯 첨가율 (%)	압축강도	
			재령 7일	재령 28일
1:2	30	0	C종 1급	C종 1급
		10	C종 1급	C종 1급
		20	C종 1급	C종 1급
		30	C종 2급, A종	C종 2급, A종
		40	C종 2급, A종	C종 2급, A종
1:3	36	0	B종	C종 1급
		10	B종	C종 1급
		20	B종	B종
		30	-	-
		40	-	-
1:5	60	0	B종	B종
		10	C종 2급, A종	C종 2급, A종
		20	C종 2급, A종	C종 2급, A종
		30	-	-
		40	-	-
1:7	60	0	-	B종
		10	-	C종 2급, A종
		20	-	C종 2급, A종
		30	-	-
		40	-	-



(a) 재령 7일



(b) 재령 28일

그림 7. 숯 첨가율 변화에 따른 압축강도 특성

전체적으로 1:2배합을 제외한 1:3, 1:5, 1:7배합에서는 모두 첨가율이 증가할수록 강도가 감소하는 경향으로 나타났고 재령이 경과할수록 숯 첨가율이 증가됨에 따라 압축강도가 증가하는 현상을 보였다. 또한 배합비가 증가할수록 압축강도가 저하하는데 이는 배합비가 증가할수록 단위시멘트량이 감소하고 콘크리트벽돌을 제작하기 위한 적정 W/C비가 증가하였기 때문이라 판단된다.

## 3.2 콘크리트벽돌의 환경성능 평가

### 3.2.1 이산화탄소 농도

그림 8은 이산화탄소 농도 변화를 나타낸 그래프이다. 전반적으로 모든 배합에서 시간이 경과할수록 이산화탄소 농도가 감소하는 것으로 나타났다. 초기 담배연기가 발생한 후 이산화탄소 농도는 5,000ppm으로 나타났지만 시간이 경과할수록 농도가 감소하는데 이는 숯의 흡착성으로 기인된 것이라 판단된다. 먼저 모든 배합의 Plane(첨가율 0%)에서는 1시간경과까지 1:2, 1:3배합에서는 농도변화가 없었고 1:3배합에서는 4,000 ppm으로 20% 감소하였고 1:7배합에서는 3000ppm으로 40% 감소하였다. 이는 콘크리트벽돌 내에서 이산화탄소를 흡착할 수 있는 물질이 없기 때문이라 판단되며 1:5, 1:7배합에서 감소하는 것은 콘크리트벽돌 조직이 밀실하지 못한 것에 기인된다고 사료된다.

이러한 현상은 2시간이 경과한 후에도 유사하게 나타났다. 하지만 모든 배합에서 숯 첨가율이 증가할수록 이산화탄소의 농도가 1시간 경과후까지 급격히 감소하는데 이는 초기 담배 연기에서 발생한 직후부터 숯이 이산화탄소를 흡착하였기 때문이라 판단된다.

1:2배합에서는 1,800~1,000ppm으로 60~80%로 감소하였고 1:3배합에서는 70~80%, 1:5, 1:7배합에서는 80~95%로 배합비가 증가할수록 감소율도 더 크게 나타났다. 이는 배합비가 증가할수록 이산화탄소를 흡착할 수 있는 숯의 양이 많아졌기 때문이라 판단되며 2시간 경과후에는 모든 배합 전 첨가율에서 90% 이상 감소효과를 나타냈다.

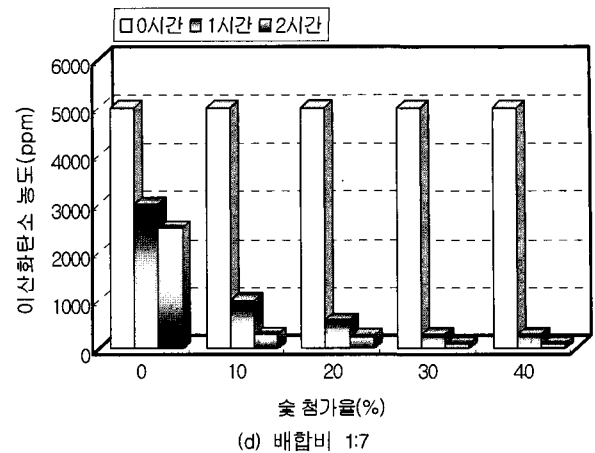
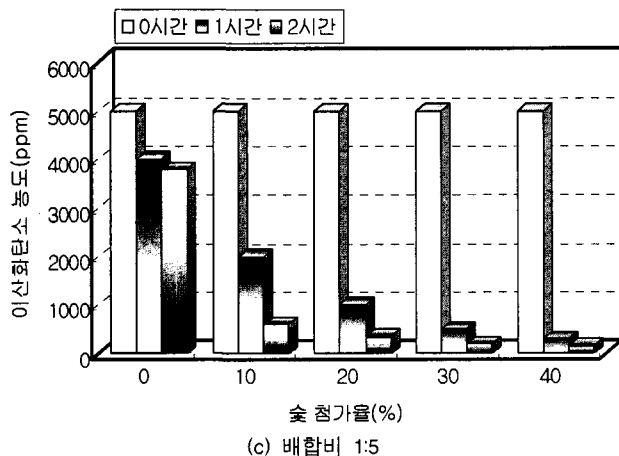
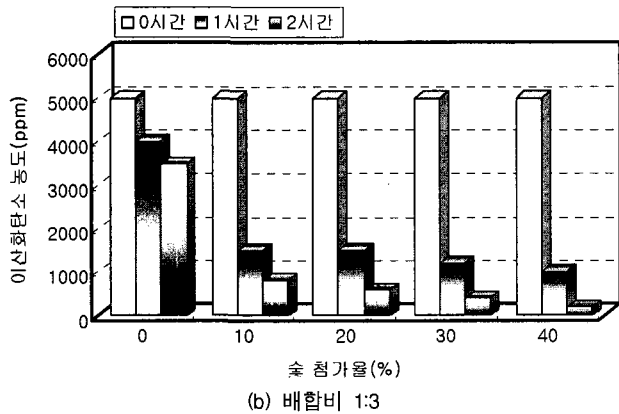
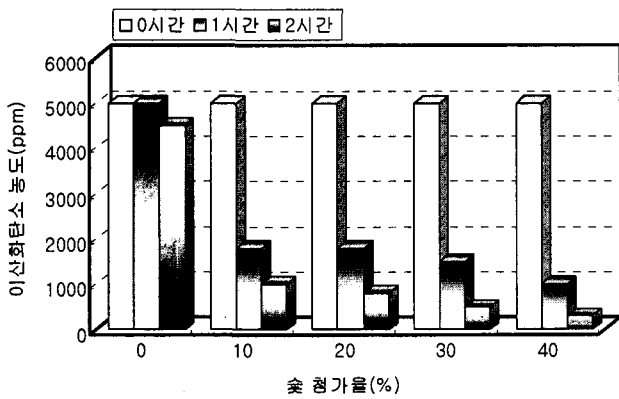


그림 8. 이산화탄소 농도 특성

### 3.2.2 라돈방출 특성

그림 9는 숯 첨가율 변화에 따른 라돈 방출량을 배합비별로 나타낸 것이다. 전반적인 경향으로는 숯 첨가율이 증가할수록 라돈 방출율은 모든 배합비에서 공히 감소하는 것으로 나타났다.

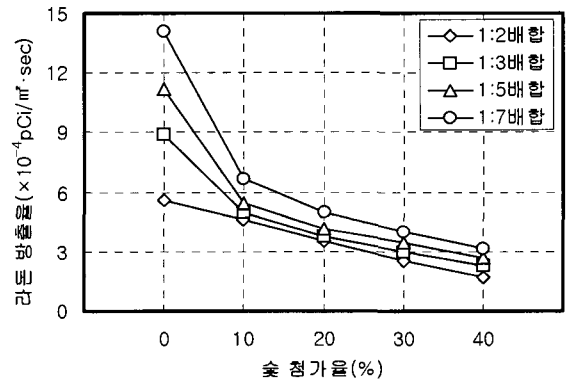
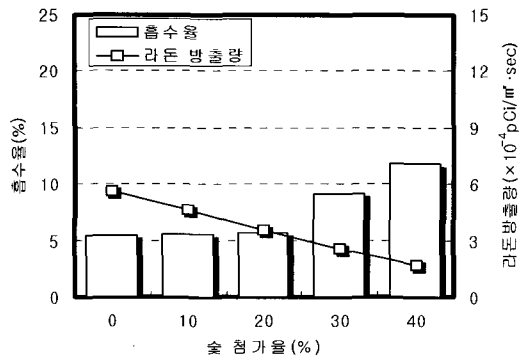


그림 9. 숯 첨가율 변화에 따른 라돈 방출량 특성

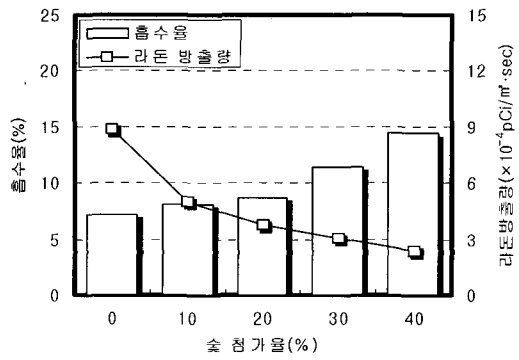
이는 숯이 콘크리트벽돌 조직에서 발생하는 라돈가스를 흡착하고, 숯 첨가율이 증가할수록 사용되는 잔골재의 양이 감소하였기 때문으로 판단되고 또한 배합비가 클수록 라돈 방출량도 커지는데 우리나라의 골재의 모양은 화강암이 주종을 이루어 현재 사용되고 있는 강모래(잔골재)가 많은 양의 라돈을 방출하는 것에 기인된 결과로 판단된다.

배합비 1:2에서는 Plane(첨가율 0%)에서  $5.62(\times 10^{-4})$ pCi/m<sup>2</sup>-sec가 방출되었지만 숯 첨가율 40%에서는  $1.66(\times 10^{-4})$ pCi/m<sup>2</sup>-sec이 방출되어 Plane보다 70%정도 감소하는 경향으로 나타났고 배합비 1:3에서 Plane은  $8.85(\times 10^{-4})$ pCi/m<sup>2</sup>-sec가 방출되었고 첨가율 40%에서는  $2.33(\times 10^{-4})$ pCi/m<sup>2</sup>-sec으로 감소하여 74%의 라돈 방출량 감소효과를, 배합비 1:5에서는  $11.2(\times 10^{-4})$ pCi/m<sup>2</sup>-sec에서  $2.7(\times 10^{-4})$ pCi/m<sup>2</sup>-sec, 배합비 1:7는  $14.1(\times 10^{-4})$ pCi/m<sup>2</sup>-sec에서  $3.15(\times 10^{-4})$ pCi/m<sup>2</sup>-sec로 76%, 78%로 평균 74%정도의 감소율을 나타냈다

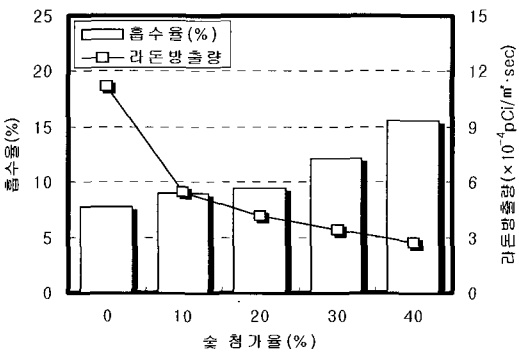
그림 10은 라돈 방출량과 콘크리트벽돌 흡수율과의 관계를 나타낸 것이다. 전반적으로 모든 배합에서 라돈 방출량과 흡수율은 반비례 관계로 나타났다. 이는 숯의 흡착성능으로 인하여 숯 첨가율이 증가할수록 흡수율은 증가를 하지만 콘크리트벽돌 내에서 방출되는 라돈가스를 흡착하여 감소한 것으로 판단된다.



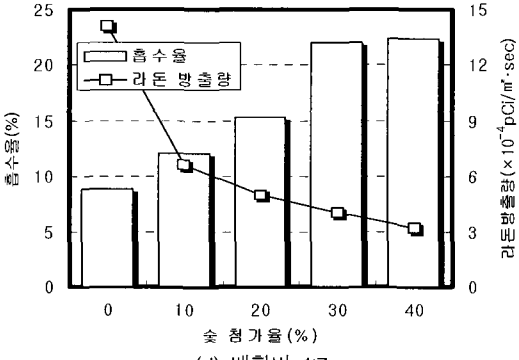
(a) 배합비 1:2



(b) 배합비 1:3



(c) 배합비 1:5

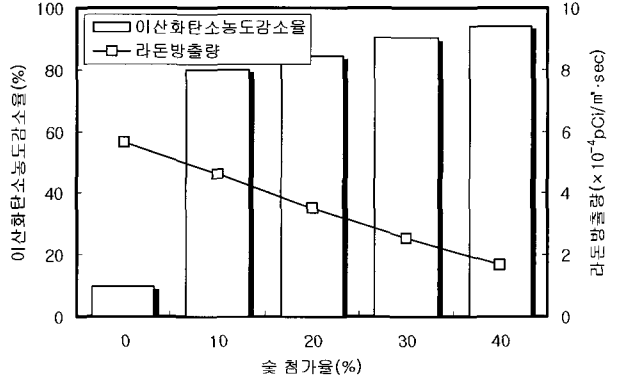


(d) 배합비 1:7

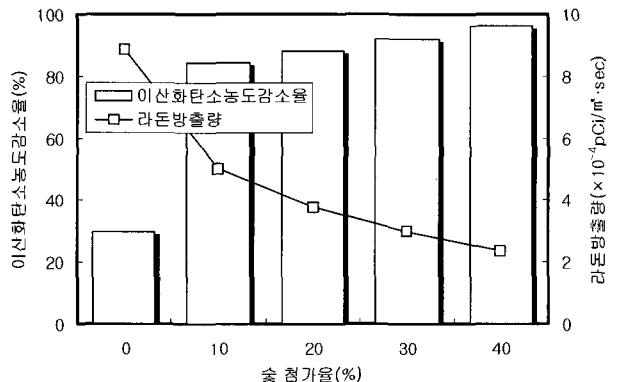
그림 10. 라돈방출량과 콘크리트벽들의 흡수율 특성

그림 11은 라돈방출량과 이산화탄소농도 감소율과의 관계를 나타낸 것이다. 모든 배합에서 이산화탄소농도 감소율과 라돈 방출량은 반비례 관계로 나타났는데 이러한 관계도 숯의 흡착 성능으로 인한 것으로 판단되어지며 라돈방출량과 이산화탄소 농도 감소율은 Plane에서 숯 첨가율 10%에서 감소, 증가하는 것으로 나타났는데 이는 10%의 숯이 첨가되어도 충분한 친환경

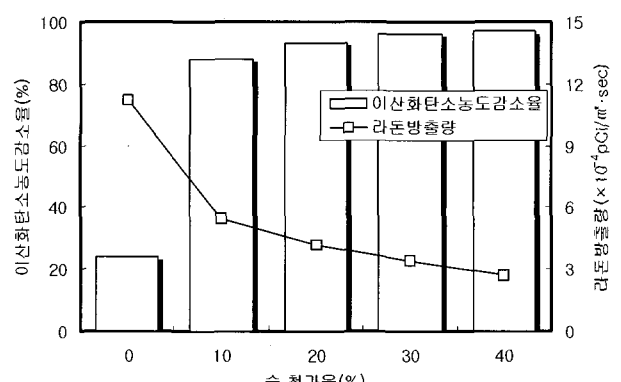
경성능을 발휘할 수 있을 것이라고 판단된다.



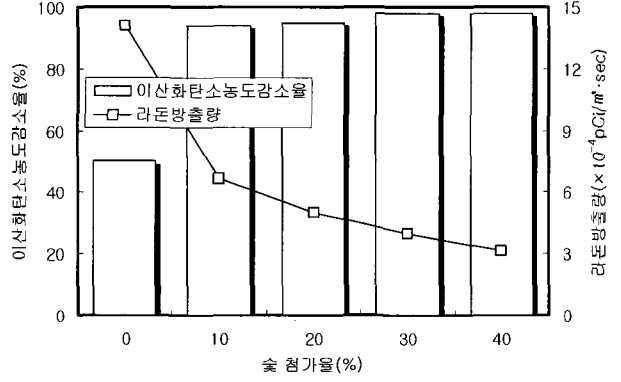
(a) 배합비 1:2



(b) 배합비 1:3



(c) 배합비 1:5



(d) 배합비 1:7

그림 11. 이산화탄소농도감소량과 라돈방출량의 관계

## 4. 결 론

본 연구는 숯을 잔골재로 활용하여 콘크리트벽돌의 물리적 성질과 친환경성능 실험 결과로 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 콘크리트벽돌의 특성으로 기진비중은 숯 첨가율이 증가할수록 감소하였고 배합비가 커질수록 감소하는 경향으로 나타났고 모든 배합에서 최대 첨가율인 40%에서 기진비중이 22~32%정도 감소하였다.
- 2) 흡수율 특성은 숯 첨가율이 증가할수록 흡수율이 증가하였고 배합비가 커질수록 또한 증가하는 경향으로 나타났다.
- 3) 압축강도의 특성은 재령 7일 및 28일 공히 1:2배합에서 첨가율 20%까지 13~21%정도 증진이 되었고, 30%, 40%에서는 30~50%로 감소하는 경향을 나타냈고 1:3, 1:5, 1:7 배합에서는 모두 숯 첨가율이 증가할수록 압축강도가 감소하는 경향으로 나타났다.
- 4) 이산화탄소 농도는 숯 첨가율이 증가할수록 감소한 것으로 나타났다. 1시간이 경과한 후에는 60~95%의 감소효과가 나타났고 2시간이 경과한 후에는 모든 첨가율에서 95% 이상의 감소효과가 나타났다.
- 5) 라돈 방출율은 숯 첨가율이 증가할수록 숯의 뛰어난 흡착력으로 인해 감소하였으며 최대 첨가율인 40%에서 평균 74%의 감소효과를 나타내었고 배합비가 커질수록 방출율이 증가는 것으로 나타났다.

본 실험을 통하여 숯을 첨가한 콘크리트벽돌 중 구조용 벽돌로 활용이 가능한 배합비는 1:2배합, 숯 첨가율 20~30%로 사료되며 1:7배합, 숯 첨가율 10~20%는 경량벽돌로서 활용이 가능한 것으로 판단된다. 또한 숯의 우수한 흡착력으로 인하여 콘크리트벽돌 내에서 방출되는 라돈가스를 억제하고 실내에서 발생하는 이산화탄소 농도를 감소시키는 것으로 나타나 친환경적인 재료로 활용이 가능한 것으로 판단된다.

## 참 고 문 헌

1. 활성탄을 이용한 시멘트계 친환경 건축재의 활용을 위한 실험적 연구, 대한건축학회논문집 20권 1호 2004
2. "A Citizen's Guide to Radon : The Guide to Protecting Yourself and Your Family From Radon", U.S. Environmental Protection Agency
3. 박진철, 이상형, 이연구 ; 라돈가스 발생강도에 대한 실험실 측정 연구
4. 허재훈, 오상균, 김정길, 강병희 ; 건축마감재로서 활성탄의 활용 방안에 관한 실험적 연구, 대한건축학회학술발표논문집 22권 2호, 2002
5. 활성탄을 잔골재로 첨가한 시멘트 모르타의 물리적성질, 대한건축학회부산경남지회학술발표논문집 9권 1호, 2002
6. 한국환경정책평가연구원 ; 실내공기오염에 대한 국민 의식 조사와 정책방안 연구, 2001
7. 최정호, 서상교 ; 산업부산물로 제조한 콘크리트벽돌 및 인터록킹 블록의 특성, 콘크리트학회, 2000