

# 카본계 흡착재를 이용한 수질개선용 친환경 콘크리트 개발에 관한 기초적 연구

Article

# 03



류 현 기  
충주대학교 건축공학과 교수

## 1. 서론

현대 사회에서는 인간의 쾌적한 삶을 위해 환경의 개발이 필요하지만, 개발과 동시에 환경오염 및 파괴가 심각하게 대두되고 있다. 하지만 지금까지의 사회는 물질적 풍요로움을 앞세워 기술적 발전에만 집중하였을 뿐 대기 및 수질 등의 환경오염에 대한 고려는 미흡한 실정이다.

2005년 환경부 하수도 통계에 따르면, 하루 19,724천톤의 오폐수가 발생하고 있으며, 그 중에서도 생활하수가 15,463천톤/일(78%)로 가장 많이 발생되고 있다. 산업폐수는 4,068천톤/일(21%), 축산폐수는 193천톤/일(1%)이 발생되고 있다. 오폐수 중 가장 많은 비중을 차지한 생활하수는 유기화합물이 많은 점이 특징이며, 유기화합물의 부유물질은 수중에 현탁되어 있는 불용성의 물질로서, 크기는 직경이 약 1 $\mu$ m 이상으로 지표에서 유출된 점토나 유기물·플랑크톤, 기타의 미생물 또는 그들의 유각, 각종 잡초, 폐수 속의 현탁물 따위의 단독 또는 그 조합으로 구성되는 것으로 물이 탁해지는 원인이 되

는 것이다. 하천에 유입되면 생화학적 산소요구량(BOD)을 높여 강과 호수가 자정능력을 잃게 된다. 또한 많은 양의 합성세제는 잘 분해되지 않고 물속에서 거품을 형성하여 햇빛을 차단하며, 세제의 인산염 성분은 호수와 하천의 부영양화를 일으켜 수질오염의 주요한 원인이 된다. 따라서 산업·축산폐수, 생활하수 배출에 대해서는 허가 또는 신고제를 운영되어야 하지만, 생활하수의 배출시설에 대한 법적인 규제가 없는 형편이다. 특히 수자원의 보호와 정화에 필요한 경비절감 및 버려지는 오·폐수의 재활용적인 측면에서 폐수가 이동하는 수로관과 우수의 배수통로 등에 유해물질을 흡착 및 정화능력이 있는 재료를 수질환경을 개선시켜 버려지는 물을 재활용 할 수 있을 것으로 판단된다. 카본계 흡착재를 이용한 연구들은 [표 1]과 같이 국내에 연구들이 진행되었으며, 오염물질의 생물학적 분해제거 및 물리, 화학적으로 흡착제거 특성이 있는 활성탄을 이용하면 효과적 일 것으로 판단된다.

그러므로 본 연구에서는 수질을 개선할 수 있는 수조

및 수로용 콘크리트를 개발하기 위하여 카본계 흡착제를 이용하여 치환율 변화에 따른 콘크리트의 물리적 특성을 분석하고, 수질개선 정화성능을 비교 분석함으로써 수질개선용 현장 제작 및 2차 콘크리트제품 개발에 앞서 활용가능성을 판단하고자 한다.

**[표 1] 국내외 주요 연구내용**

연구지	주요내용
류현기 (2006)	활성탄을 잔골재로 이용한 친환경 모르타르 개발에 관한 연구
오상균 (2004)	활성탄을 이용한 시멘트계 친환경 건축재의 활용을 위한 실험적 연구
강병희 (2002)	건축매감재료로서 활성탄의 활용 방안에 관한 실험적 연구

## 2. 실험계획 및 방법

### 2.1 실험계획

본 연구의 실험계획은 다음의 [표 2]와 같다. 각 사용재료들의 기초적 물성을 파악한 후 수로 및 측구용 배수로에 적합한 실제 콘크리트 구체 제작을 위한 W/C는 40%와 60% 2개의 수준으로 한다. 슬럼프값은 공장에서 생산이 가능한 80mm와 현장에서 제작할 수 있는 180mm로 설정하였으며, 공기량은 KS의 허용한도 범위로 설정하였다.

카본계 흡착제의 치환율은 잔골재 용적에 대한 백분율로 0, 10, 30, 50%의 4개의 수준으로 실험 계획한 후, 각 배치마다 목표 슬럼프와 공기량을 만족하도록 표2와 같이 배합설계 하였다.

실험 사항으로 굳지 않는 콘크리트에서는 슬럼프, 공기량, 단위용적질량, 블리딩, 관입저항에 의한 응결시간을 측정하도록 하고, 경화 콘크리트에서는 압축 및 인장

강도, 흡수율 및 길이변화율을 실시하고, 수질개선 평가에서는 SS(부유물질) 및 중금속 Cu, Cd 이온의 흡수성능을 계획된 시간대 별로 실시하도록 하였다.

**[표 2] 실험 계획**

실험요인		수준	
배합 사항	W/C(%)	2	40, 60
	목표슬럼프(mm)	2	80±25, 180±25
	목표 공기량(%)	1	4.5±1.5
	카본계 흡착제 치환율(%)	4	0(plain), 10, 30, 50 (잔골재 용적에 대한 백분율)
실험 사항	굳지않은 콘크리트	5	· 슬럼프 · 공기량 · 단위용적질량 · 블리딩 · 관입저항에 의한 응결 시간 측정
	경화 콘크리트	4	· 압축 및 인장강도(7, 28일 재령) · 흡수율 시험(7, 28일 재령) · 길이 변화율(7, 14, 21, 28, 56일 재령)
	수질개선 평가	2	SS(부유물질)(0, 1, 5, 24, 48시간) Cu, Cd 정화실험(0, 1, 5, 24 시간)

**[표 3] 콘크리트의 배합사항**

W/C (%)	슬럼프 (mm)	단위 수량 (kg/m³)	S/a (%)	AE 감수율 (%)	카본계 흡착제 배합(kg/m³)				
					C	카본계 흡착제	S	G	
40	80	166	41	0.45	0	415	0	674	1043
					10	415	38	606	1043
					30	415	113	476	1043
					50	415	189	337	1043
	180	183	42	0.65	0	458	0	658	978
					10	458	37	592	978
					30	458	111	461	978
					50	458	184	329	978
60	80	168	44	0.5	0	280	0	768	1052
					10	280	43	691	1052
					30	280	129	538	1052
					50	280	215	384	1052

60	180	184	46	0.77	0	306	0	775	979
					10	306	43	697	979
					30	306	130	542	979
					50	306	217	387	979

## 2.2 사용재료

본 연구의 사용재료로써 시멘트는 국내산 S사의 보통 포틀랜드 시멘트를 사용하고, 잔,굵은골재는 충북 충주 일원의 강모래, 쇠석을 사용하며, 카본계 흡착제는 석탄질의 카본계 흡착제를 사용토록 하였는데, 각 사용재료의 물리적 및 화학적 성질은 [표 4, 5]와 같고 카본계 흡착제의 화학성분은 [표 6]과 같다. 또한 잔골재 및 카본계 흡착제의 입도분포 및 카본계 흡착제의 SEM 및 세공구조는 [그림 1, 2] 및 [사진 1]과 같다.

부유물질 시험에 사용한 용수는 충주시 하수처리장의 유입수를 이용하고, 황산구리 및 황산카드늄수용액은 일본 S사 황산구리( $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ )분말, 황산카드뮴( $CdSO_4 \cdot xH_2O$ )분말을 증류수로 희석하여 0.1% 황산구리 및 황산카드뮴 수용액으로 사용하였다.

[표 4] 시멘트의 물리적 성질

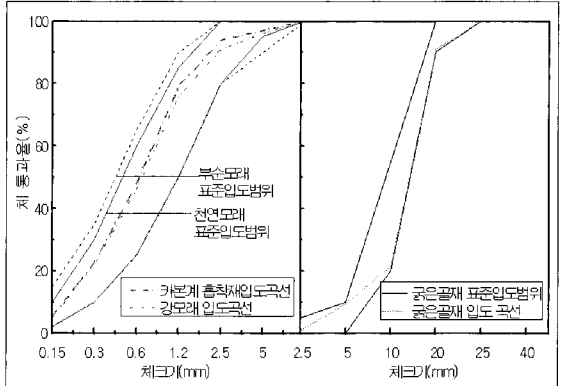
밀도 (g/cm <sup>3</sup> )	분말도 (cm <sup>3</sup> /g)	안정도 (%)	응결시간(분)		압축강도(MPa)		
			초결	중결	3일	7일	28일
3.15	3480	0.06	250	438	22.6	31.3	39.8

[표 5] 골재 및 카본계 흡착제의 물리적 성질

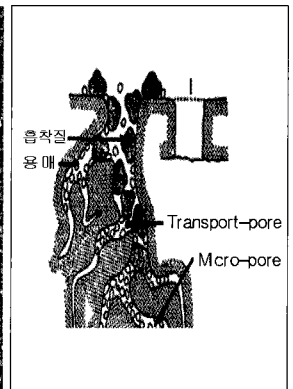
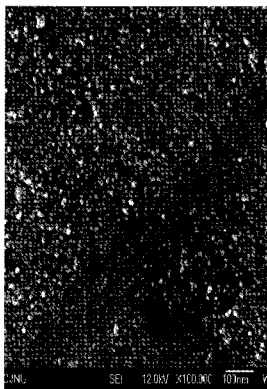
골재 종류	밀도 (g/cm <sup>3</sup> )	조립률	흡수율 (%)	단위용적 질량 (kg/m <sup>3</sup> )	입형한정 실적률 (%)	0.075mm 체통과율 (%)
강모래	2.50	2.80	3.61	1,863	61.0	2.06
카본계 흡착제	1.40	2.65	15.69	960	-	5.67
굵은골재	2.69	6.90	0.74	1,834		

[표 6] 카본계 흡착제의 화학성분

구분	화학성분(%)		
	카본계 흡착제	CaCO <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>
	93.25	6.41	0.34



[그림 1] 잔골재 및 카본계 흡착제, 굵은골재의 입도 곡선



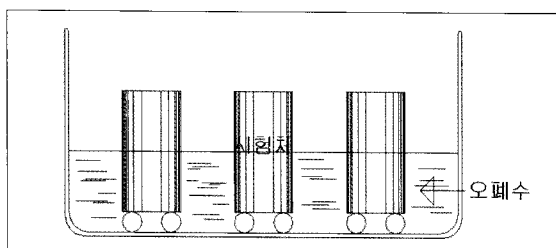
[사진 1] 카본계흡착제의전자현미경 사진 (× 10<sup>5</sup> 배-SEM) [그림 2] 카본계 흡착제의 세공구조

## 2.3 실험 방법

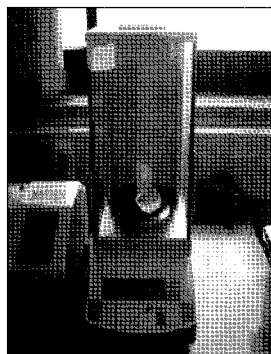
굳지 않은 콘크리트의 슬럼프와 압력법에 의한 굳지 않은 콘크리트 공기량 시험방법은 KS F2402와 KS F2421의 규정에 따라 실시하고, 블리딩은 KS F 2414규정에 의거 블리딩 수를 채취한 후 블리딩량으로 평가하며, 응결시간은 KS F2436 규정의 관입 저항침에 의한 콘크리트 응결시간 시험방법에 의거 측정하도록 한다.

경화 콘크리트의 특성으로 압축강도 및 인장강도는  $\phi$  10×20cm공시체를 KS F 2403 규정에 따라 제작하여 계획된 소정의 재령에서 KS F 2405 및 2423 규정에 의거 측정토록 한다.

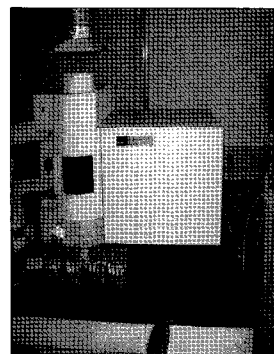
건조수축에 의한 길이변화율은 KS F2424의 다이얼 게이지법으로 측정하고, 흡수율시험은 계획된 재령에 의해 실시한다. 수질 개선 평가에서는 SS(부유물질)은 콘크리트를 [그림 3]과 같이 오·폐수 및 중금속 들어 있는 용기(20ℓ)안에 시험체를 침수시켜 계획된 시간 경과 후 피펫으로 100ml 의 시료를 채취 한다. 여과지5 $\mu$ m (Thickness : 0.23mm)를 사용하여 채취한 100m의 시료를 여과시킨 다음 항량으로 건조한 후 사진 2와 같이 무게를 측정하여 여과 전·후의 무게차를 측정하여 부유 물질의 양을 각 계획된 시간에 측정하도록 하며, 중금속 중 구리(Cu), 카드뮴(Cd) 흡수 시험은 부유물질 실험과 같은 용기 안에 시험체를 황산구리 및 황산카드늄 수용액 0.1%의 20ℓ 에 침수시켜 각 계획된 시간에 수용액 20ml 를 피펫으로 채취 후 [사진 3]과 같이 I.C.P(유도 결합 플라즈마 분광기)를 사용하여 불활성 기체인 아르곤 가스(Ar gas)를 이용하여 6000K의 plasma를 형성한 뒤, 이 plasma에 시료를 도입시켜 중성원자가 높은 열에너지에 의해 들뜨게 되고 들뜬 무기 원소들이 내놓는 빛의 파장과 세기를 이용하여 무기원소를 정성 정량 분석하였다.



[그림 3] 오·폐수에 의한 콘크리트 정화성능시험 방법



[사진 2] 부유물질 측정



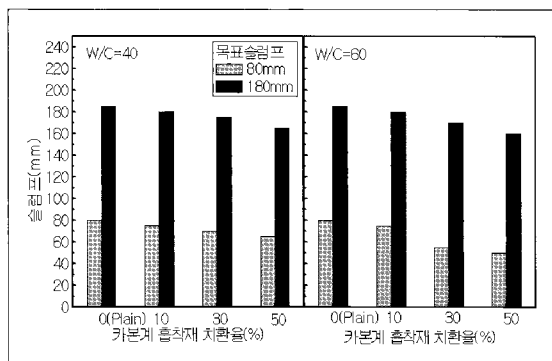
[사진 3] I.C.P(유도 결합 플라즈마 분광기)

### 3. 실험결과 및 분석

#### 3.1 굳지않은 콘크리트의 특성

##### (1) 슬럼프

[그림 4]은 카본계 흡착제 치환율 변화에 따른 슬럼프를 W/C 및 목표슬럼프별로 나타낸 그래프이다.



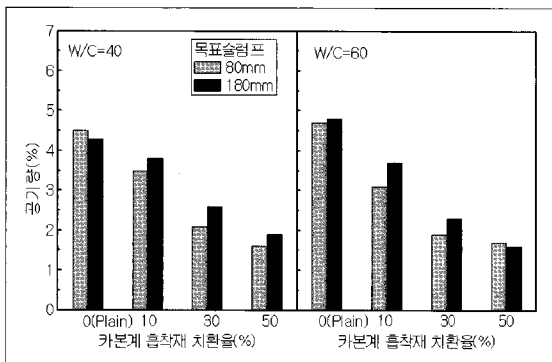
[그림 4] 카본계 흡착제 치환율 변화에 따른 슬럼프

유동성의 경우 모든 W/C에서 목표슬럼프를 만족하였으나, 카본계 흡착제의 치환율이 증가함에 따라 전반적으로 저하하는 경향으로 나타났으며, 치환율에 따른 유동성 저하의 폭은 크지 않음을 알 수 있었다. 이는 카본계 흡착제의 흡수속도가 크지 않고, 밀도가 작아 슬럼프 시험 시 콘크리트 상부로 부유하며 거동하기 때문으로

사료된다.

**(2) 공기량 및 단위용적질량**

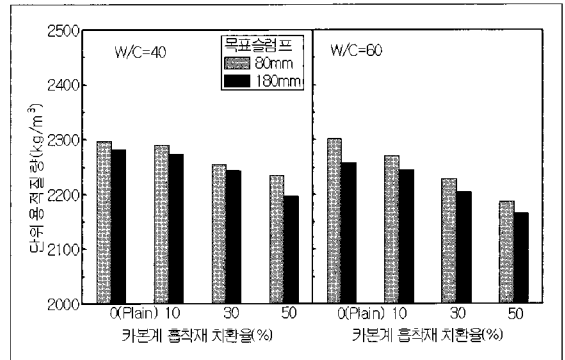
[그림 5]는 카본계 흡착재 치환율 변화에 따른 공기량을 W/C 및 목표 슬럼프별로 나타낸 그래프이다.



[그림 5] 카본계 흡착재 치환율 변화에 따른 공기량

전반적으로 카본계 흡착재 치환율이 증가할수록 급격히 감소하는 경향으로 나타났는데, 카본계 흡착재 치환율 30% 이상에서는 각각 공기량이 2~3% 전후로 Plain 보다 작게 나타났는데, 이는 카본계 흡착재의 치환율이 증가할수록 미분말의 증가로 인한 공극충전효과와 AE제가 카본계 흡착재에 흡착되어 공기량이 감소한 것으로 분석된다.

[그림 6]은 카본계 흡착재 치환율 변화에 따른 단위용적질량을 슬럼프 종류 및 W/C별로 나타낸 그래프로서 카본계 흡착재 치환율이 증가할수록 단위용적질량은 감소하는 것으로 나타났는데, 공기량 변화와 비교할 경우 공기량이 감소함에 따라 비례적으로 단위용적질량은 증가하는 경향이여야 하나, 본 연구에서는 [그림 5]의 공기량 시험결과와 비교하면 기존의 연구와 반대의 경향을 보이고 있음을 알 수 있다.

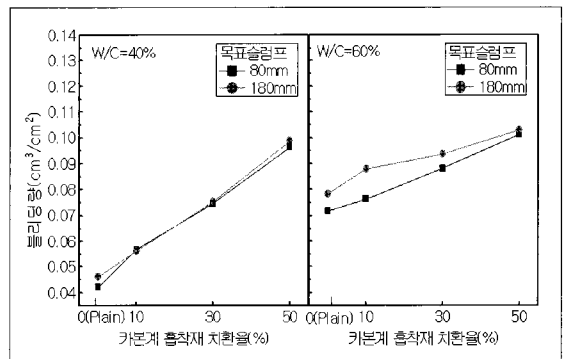


[그림 6] 카본계 흡착재 치환율 변화에 따른 단위용적질량

이는 카본계 흡착재 치환율이 증가할수록 잔골재량은 감소하고 밀도가 작은 카본계 흡착재량이 증가하여 전체적으로 단위용적질량이 감소한 것으로 판단된다.

**(4) 블리딩량**

[그림 7]은 카본계 흡착재 치환율 변화에 따른 블리딩량을 W/C 및 목표 슬럼프별로 나타낸 그래프이다.



[그림 7] 카본계 흡착재 치환율 변화에 따른 블리딩량

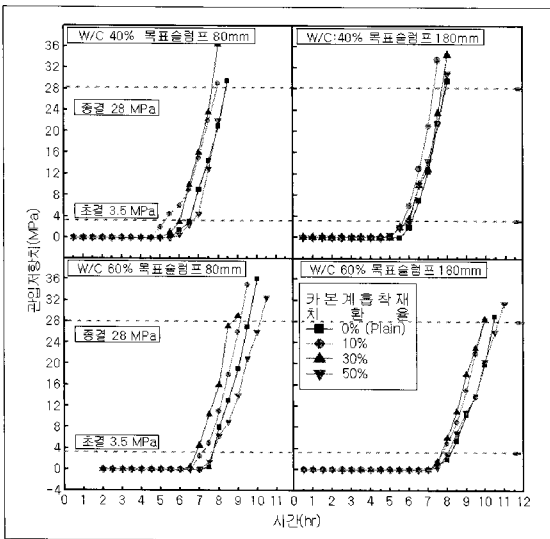
카본계 흡착재 치환율이 증가할수록 W/C에 관계없이 블리딩량은 증가하는 경향으로 나타났는데 이는 카본계 흡착재가 밀도가 상대적으로 작아 물과 함께 표면으로 떠오르는 양이 많기 때문으로 분석된다.

또한, W/C가 증가할수록 블리딩량은 증가하며, 슬럼프

값이 증가할수록 역시 블리딩량은 증가함을 알 수 있었다.

**(5) 관입저항에 의한 응결시간**

[그림 8]은 시간경과에 따른 관입저항에 의한 응결시간을 나타낸 것이다.



[그림 8] 시간 경과에 따른 관입저항

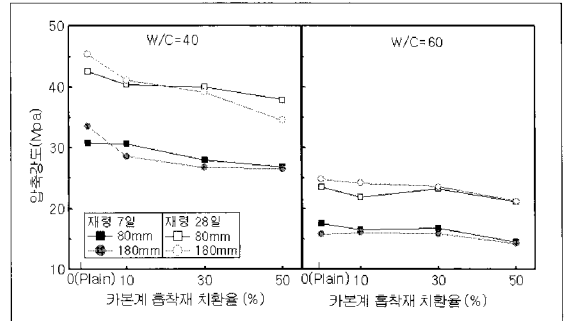
관입저항에 의한 응결시간은 W/C가 증가할수록 목표 슬럼프가 증가할수록 응결시간은 증가하는 경향으로 나타났다고, 카본계 흡착재 치환율 30%까지는 응결시간이 대체적으로 플레인에 비하여 약간 빠르게 나타났으나, 카본계 흡착재 치환율 50%에서는 플레인과 유사한 경향을 보였다. 이는 카본계 흡착재 치환율이 증가할수록 카본계 흡착재가 배합수를 빨리 흡수하여 응결이 촉진된 것으로 사료된다.

**3.2 경화 콘크리트의 특성**

**(1) 압축강도**

[그림 9]는 W/C 40 및 60%에서 카본계 흡착재 치환율

변화에 따른 재령별 압축강도를 슬럼프 별로 나타낸 그래프이다.



[그림 9] 카본계 흡착재 치환율 변화에 따른 압축강도

압축강도는 전반적으로 W/C에 관계없이 카본계 흡착재의 치환율이 증가할수록 감소하는 경향으로 나타났는데, 이는 카본계흡착재를 잔골재에 치환함에 따라 밀도가 낮은 카본계 흡착재 사용량이 증가하여 나타난 결과로 분석된다.

한편, W/C 별로는 W/C 40%의 경우 재령경과에 따라 카본계 흡착재의 치환율이 증가할수록 목표 슬럼프값 80mm에서 180mm보다 높은 강도발현을 나타내고 있고, W/C 60%에서는 카본계 흡착재의 치환율의 증가에 따른 강도 저하 경향이 다소 완만하게 나타났다.

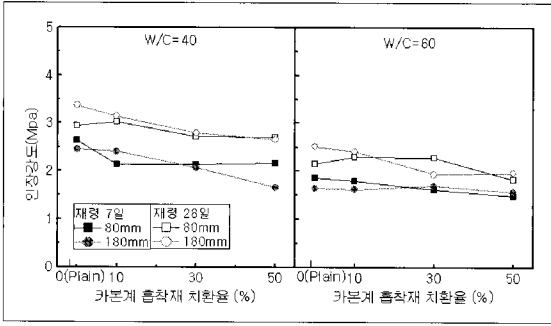
이상에서 살펴본 바와 같이 카본계 흡착재 치환율이 증가함에 따라 W/C에 관계없이 압축강도가 비례적으로 저하하고 있으므로 향후 카본계 흡착재 사용시에는 강도저하를 고려하여 양호한 강도를 발휘할 수 있는 적절한 치환률 결정이 요구된다.

**(2) 인장강도**

[그림 10]은 카본계 흡착재 변화에 따른 재령별 인장강도를 W/C별로 나타낸 그래프이다.

인장강도 역시 카본계 흡착재 치환율 증가에 따라 W/C

별 및 목포슬럼프별로 압축강도와 유사하게 나타났다.

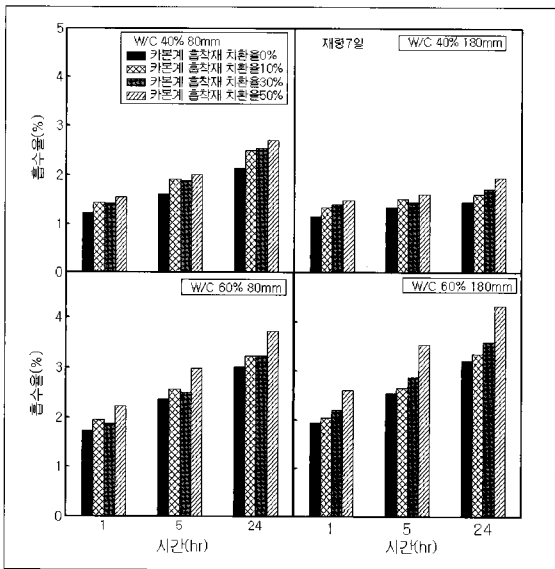


[그림 10] 카본계 흡착재 치환율 변화에 따른 인장강도

### (3) 흡수율시험

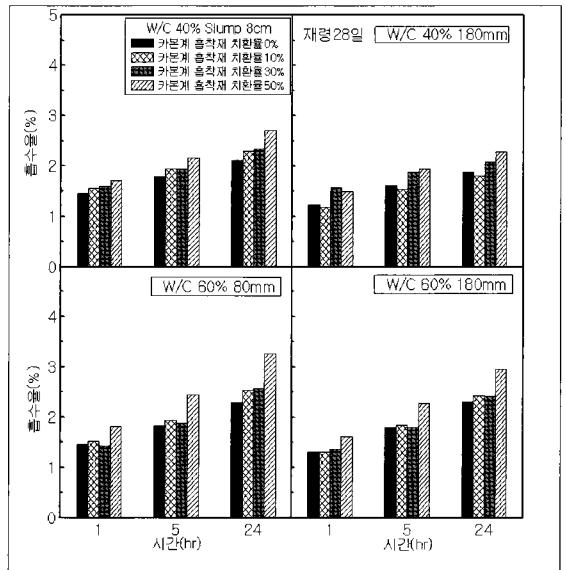
[그림 11 및 12]는 시간 경과에 따른 흡수율을 재령별로 나타낸 그래프이다.

전반적으로 흡수율은 카본계 흡착재 치환율이 증가할수록, 시간이 경과할수록, W/C가 클수록 28일 표준재령보다 7일의 조기재령에서 흡수율이 증가하는 경향으로 나타났는데, 이는 카본계 흡착재가 다공질의 세공구조



[그림 11] 시간 경과에 따른 흡수율(재령 7일)

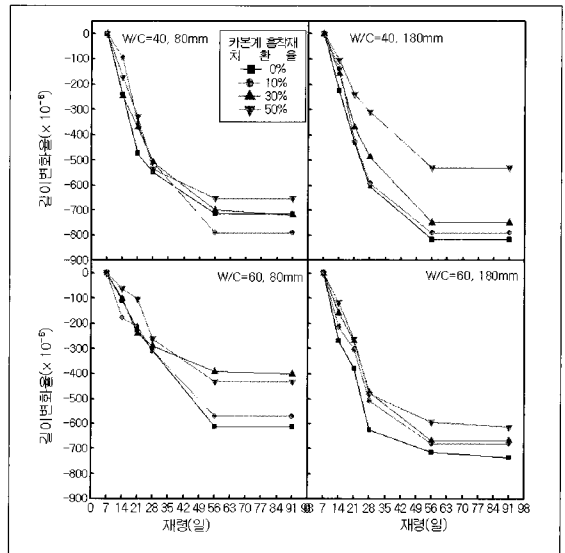
로 형성되어 흡수율이 증가한 것으로 판단되어진다.



[그림 12] 시간 경과에 따른 흡수율(재령 28일)

### (5) 길이변화를

[그림 13]은 재령 경과에 따른 재령별 길이변화율을 W/C 및 카본계 흡착재 치환율별로 나타낸 그래프이다.



[그림 13] 재령 경과에 따른 길이변화율

먼저 건조수축에 의한 길이변화율은 초기 재령일수록 급격히 수축하였고, 재령이 경과함에 따라 수축이 완만한 경향으로 나타났다.

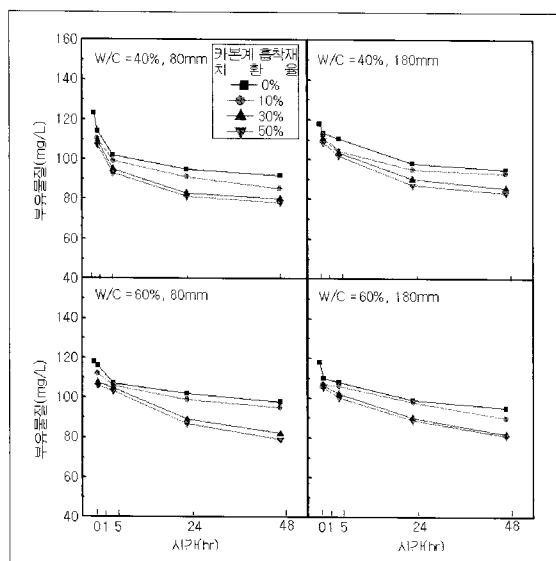
카본계 흡착재 치환율별로는 카본계 흡착재 치환율이 증가할수록 길이변화율은 감소하는 것으로 나타났는데, 플레인 배합에 비하여 카본계 흡착재를 사용한 배합의 경우 10~40%정도 수축량이 감소하는 것으로 나타나 카본계 흡착재가 건조수축저감에 효과적임을 알 수 있었다.

W/C 별로는 W/C 40%보다 W/C 60%에서 크게 수축하는 경향을 보였으며, 슬럼프 180mm의 경우가 80mm보다 높은 수축량을 갖는 것으로 나타났다.

### 3.3 수질 개선 평가

#### (1) 부유물질(SS)

[그림 14]는 시간경과에 따른 부유물질(SS) 정화성능을 나타낸 그래프이다.



[그림 14] 시간 경과에 따른 부유물질 정화성능

전반적으로 시간경과에 따라 부유물질의 량은 감소하는 것으로 나타났는데, 특히 초기 5시간이전에서 빠르게 감소하다 이후 점차로 완만해지는 경향을 보였다.

카본계 흡착재 치환율별로는 치환율이 증가할수록 부유물질량은 모든 배합에서 감소하는 경향을 나타내었는데, 특히 재령 5시간 이후부터 카본계 흡착재를 사용한 콘크리트는 급격한 부유물질 감소 경향을 보였고, 재령 48시간에서는 플레인 배합에 비하여 카본계 흡착재를 50%사용한 경우 부유물질 감소량이 20%이상 증가함을 확인할 수 있었다.

이는 카본계 흡착재가 다공성 물질로서 물속의 부유물질을 흡착하기 때문인 것으로 분석된다.

또한, W/C 별로는 W/C 60%의 경우가 W/C 40%의 경우보다 부유물질 흡착량이 큰 것으로 나타났고, 슬럼프별로는 슬럼프 80mm가 180mm보다 부유물질 흡착량이 큰 것으로 나타났다.

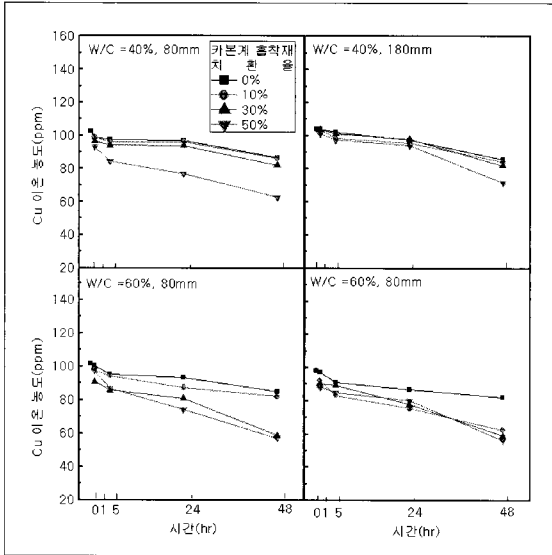
#### (2) 구리(Cu)이온 정화성능

[그림 15]는 시간경과에 따른 구리이온 정화성능을 나타낸 그래프이다.

전반적으로 모든 배합에서 시간이 경과할수록 Cu이온 농도는 감소하는 것으로 나타났는데, 카본계 흡착재 치환율이 증가할수록 Cu이온농도 감소폭이 증가하는 경향으로 나타나 카본계 흡착재의 양호한 흡착성능을 확인할 수 있었다.

W/C별로는 W/C에 관계없이 Cu이온 농도 흡착성능은 유사한 경향을 나타냈고, 목표 슬럼프별로는 슬럼프 80mm의 경우가 180mm의 경우보다 구리이온 정화성능이 우수함을 알 수 있었다.

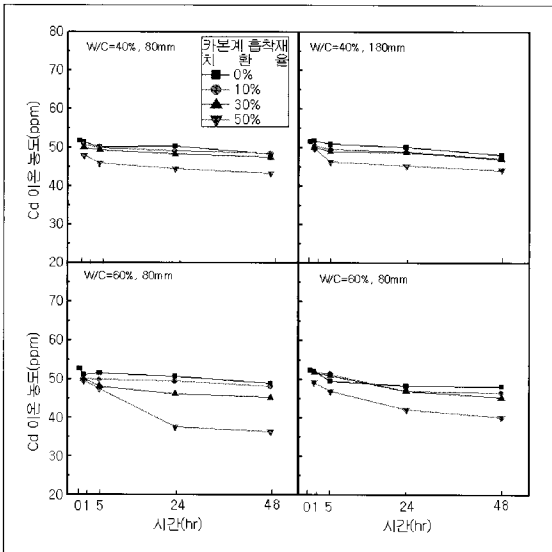




[그림 15] 시간 경과에 따른 Cu이온 정화성능

### (3) 카드뮴(Cd)이온 정화성능

[그림 16]은 시간경과에 따른 카드뮴이온 정화성능을 나타낸 그래프이다.



[그림 15] 시간 경과에 따른 Cu이온 정화성능

전반적으로 모든 배합에서 시간이 경과할수록 Cd이온

농도는 감소하는 것으로 나타났으나, 플레인 배합의 경우 시간경과에 따른 농도의 저하는 매우 미미한 것으로 나타났다. 반면에 카본계 흡착재 치환율 변화에 따라서는 카본계 흡착재 치환율이 증가할수록 Cd이온농도가 감소하는 것으로 나타났는데, 특히 카본계 흡착재 치환율이 증가할수록 Cd이온 농도의 감소가 뚜렷하게 나타남을 확인할 수 있었다.

W/C별로는 W/C 40%의 경우 시간변화에 따른 Cd이온의 농도변화는 카본계 흡착재 치환율 50%의 경우를 제외하고는 큰 차이를 보이지 않고 있으나 W/C 60%의 경우는 카본계 흡착재 치환율 변화에 따른 농도의 경시 변화가 뚜렷한 경향을 보이고 있었다.

이상의 결과를 토대로 카본계 흡착재를 사용할 경우 치환율 증가에 따라 유동성, 공기량 및 압축강도가 감소하는 경향을 나타내고 있으나, 부유물질 정화능력, 구리 및 카드뮴 이온의 정화성능은 높은 것으로 나타나고 있어 카본계 흡착재의 수질정화 효과는 양호할 것으로 판단되나, 향후 콘크리트의 물성에 영향을 미치지 않으며 장기적으로 오염물질의 정화능력을 향상시킬 수 있는 카본계 흡착재의 적정 치환율을 결정할 필요가 있을 것으로 판단된다.

## 4. 결론

본 연구는 수질 개선용 콘크리트를 개발하기 위하여 카본계 흡착재의 치환율 변화에 따른 수질개선용 콘크리트의 기초적 실험 연구결과로 다음과 결론을 얻었다.

- 1) 굳지 않은 콘크리트에서의 슬럼프값은 카본계 흡착재 치환율이 증가할수록 감소하였으며, 공기량 및 단위용

적질량은 또한 감소하였다. 블리딩량의 경우 카본계 흡착제 치환율이 증가할수록, 증가하는 경향으로 나타났으며, 관입저항에 의한 응결시간은 카본계 흡착제 치환율이 증가할수록 다소 지연 경향을 나타내었다.

- 2) 경화 콘크리트 강도 특성으로는 압축강도 및 인장강도의 경우 카본계 흡착제 치환율이 증가할수록 감소하는 경향으로 나타났으며, 카본계 흡착제 치환율 30%이상의 경우 Plain의 강도값의 80%이상 양호한 강도값을 발휘하였다.
- 3) 흡수율 시험결과 카본계 흡착제 치환율이 증가할수록 흡수율이 증가하였으며 시간이 경과할수록, 초기젤에서 흡수율이 크게 나타났다. 길이변화율은 카본계 흡착제 치환율이 증가할수록 감소하였고, 모든 W/C에서 Plain이 가장 큰 길이 변화율을 나타내었으며 카본계 흡착제 치환율 50%에서 가장 적은 길이변화율을 나타내었다.

4) 수질개선평가에서는 카본계 흡착제 치환율이 증가할수록 Cu, Cd이온농도는 감소하는 경향으로 나타났으며 W/C 40%보다 W/C 60%에서 Cu, Cd이온농도가 다소 감소량이 많게 나타내었고 치환율 30~50%에서 24시간 경과 후부터 수질개선의 크게 있는 것으로 나타났다.

종합적으로 본 연구에서는 카본계 흡착제 치환율 변화에 따른 콘크리트의 물성 및 수질개선성능을 분석하였는데, 카본계 흡착제 치환율 변화에 따라 콘크리트의 유동성 및 공기량을 확보하고 강도, 역시 많은 응력을 받지 않은 곳에 사용함으로써 수질의 부유물질 제거, Cu 및 Cd 제거 성능 등 수질개선 효과는 치환율 증가에 따라 향상되는 것으로 나타나 호안용 및 하천블록 콘크리트 관 정화조에 이용한다면 수질개선용 2차제품 생산이 가능할 것으로 판단된다.

#### 참고문헌

1. 박정규 외 7인, 최신 수질관리, 동화기술, 200
2. 류현기 외 3인, 활성탄을 잔골재로 이용한 친환경 모르타르 개발에 관한 연구, 한국건축시공학회 논문집 6권 2호 2006, 6 pp 105~110
3. 류현기 외 3인 활성탄을 첨가한 콘크리트벽들의 물리적 특성 및 환경 성능 평가에 관한 연구, 건축시공학회 추계 학술발표 논문집 6권 2호, 2006, pp 47~51
4. 오상균 외 4인 활성탄을 이용한 시멘트계 친환경 건축재의 활용을 위한 실험적 연구, 대한건축학회논문집 20권 1호 2004
5. 김정길, 활성탄을 잔골재로 첨가한 시멘트 모르타르의 물리적성질, 대한건축학회 부산경남지회 학술발표 논문집 9권 1호, 2002
6. 허재훈 외 3인, 활성탄을 잔골재로 치환한 시멘트 모르타르의 물리적 성질, 대한건축학회 학술발표 논문집, 22 2호, 2002, 10. pp. 339~344
7. 박대훈 외 4인 염화철 처리 활성탄을 이용한 합성지하수 중의 NO<sub>3</sub>-N제거, 대한환경공학회 2003 춘계학술발표회 논문집
8. 한길수 외 2인 정수수질 개선을 위한 입상활성탄과 생물활성탄의 처리특성, 한국물환경학회지 제 16권 제2호
9. 이병호 외 1인 오존과 활성탄 처리 공정에서 미생물이 활성탄에 활성화되는 과정과 오염 인자들의 제거 특성, 대한환경공학회지, 18권 10호
10. 반주환 외 1인 호화재료로 폐주물사 미분말을 사용한 콘크리트의 공학적 특성분석, 대한건축학회 충북지회 학술발표 논문집 5권 2호 2005
11. 김영민 외 3인 숯 첨가 콘크리트벽들의 물성특성과 친환경 성능에 관한 연구, 한국건축시공학회 논문집 제6권 1호 2006년 3월
12. 최원기 외 2인 숯을 이용한 건축재료 개발을 위한 기초적 연구, 대한건축학회 논문집 20권 3호 2004년 3월
13. Van Hecke, K, Van cieemput, O. and L. Baert, Chemo-denitirification of pollution, 63, pp.261-274
14. Antonio M. Arino and Barzin Mobasher. Effect of Ground Copper Slag on Strength and Toughness of Cementitious Mixes, ACI Materials Journal January, February, 1999