

카본블랙을 혼화재료로 사용한 콘크리트의 특성 분석

An Analysis on the Properties of Concrete Used as the Mixture Material with Carbon Black

류 현 기*

권 용 주**

Ryu, Hyun-Gi

Kwon, Yong-Ju

Abstract

The purpose of this study is to determine the possibilities of blending carbon black, which is known for its permeability as well as its strong heat and fire resistance, into concrete, in a manner that reinforces its strengths mentioned above. Experiments show that in non-solidified, fresh-mixed concrete, the addition of carbon black effectively reduced slump level and air content due to its absorptiveness and minute particle size. It also showed good results in terms of coagulation time, penetration resistance and bleeding level. In solid concrete, it showed better strength than plain concrete. Due to the pozzolanic reaction, its strength became more pronounced over time. At approximately 850 degrees Celsius, the heat and fire resistance level increased in parallel to the level of chemical substitution (by carbon black). Drying shrinkage level appeared to be optimal, and environmental assessment test results related to CO, CO₂ and formaldehyde also scored better than plain concrete. In summary, with the appropriate use of AE water-reducing agents, carbon black can prove to be a strong candidate as an ingredient for industry-grade concrete.

Keywords : Carbon Black, Concrete Fire Resistance, Pozzolanic Reaction, CO, CO₂, Formaldehyde

1. 서 론

각종 건축 구조물의 고층화, 다양화, 대형화되어가는 추세에 따라 경제성장에 따른 건축물의 자재에서도 많은 발전을 하고 있는데, 천연재료와 같이 개발된 인공의 소재들이 실내에 무분별하게 사용되어 집에 따라 유해화학 물질(휘발성 유기화합물, 포름알데히드 등) 및 건축물의 CO, CO₂ 등으로 인한 실내 공기 오염문제가 심각하게 대두되고 있는 실정이다. 또한 전기, 담배, 방화, 불량난, 불티, 유류 및 가스 화재 등으로 인해 화재 발생 요인은 날로 증대하고 있으며, 이로 인한 인명 및 재산 피해는 더욱 커져가고 있다. 또한 통계청에 따르면 전체 화재 중 건축물이 차지하는 비율은 52.6%로서 화재건수의 절반이상이 건축물에서 발생하고 있다고 보도되고 있다.¹⁾

일반적으로 콘크리트는 다른 구조재료에 비해서 열전도율, 열확산계수가 현저히 낮고, 내열, 내화재료로 평가되며 보편적으로 사용되고 있으나, 이전의 연구들에서 밝혀진 바에 따르면, 콘크리트는 온도가 상승함에 따라 탄성계수와 압축강도 등의 성능이 급격히 저하 된다고 알려져 있다. 또한 화재 시에는 수증기압, 열용

력의 복합작용 등에 의해 폭발 현상과 함께 부재가 취성적인 거동을 하는 것으로 알려져 있는데,²⁾ 열 응력은 화재 시 부재내부의 온도차이로 인하여 발생하며, 수증기압은 100℃이상에서 부재내부의 수분 증발로 인하여 발생한 수증기가 수밀한 콘크리트에 갇혀 발생한다.

우리나라에서 사용되는 콘크리트용 골재 중 화강암이 약 70% 이상을 차지 하고 있고, 화강암의 조암광물 중 석영분이 약 500~600℃의 화열에서 팽창하여, 높은 온도에서 박리 및 탈락에 의한 구조체의 단면결손으로 붕괴하는 현상을 초래하게 된다. 이러한 문제를 보강하기 위하여 내열, 내화성이 우수한 재료들을 사용하여 골재에 열의 전달을 지연 및 차단시켜 주는 방법도 이용될 수 있는데, 카본 블랙은 99%가 탄소로 되어 있는 무정형 탄소의 집합체로 우수한 흡착성능을 가지고 있어 흡착, 탈색, 정제회수, 촉매, 촉매 담지체 등의 용도로 사용되고 있으며, 충전에 의한 보강성 및 내화, 내열성이 우수한 제품으로 알려지고 있어 콘크리트용 혼화재료로서 사용이 가능 할 것으로 판단된다.

따라서 본 연구에서는 카본블랙을 혼화재료로 사용하여 굳지 않은 콘크리트의 물성분석과, 경화 콘크리트에서의 강도특성 및

* 충주대학교 건축공학과 교수, 공학박사

** 충주대학교 건축공학과 석사과정

1) 강형술, 카본블랙이 고무화합물의 물성에 미치는 영향, 박사학위 논문, 전남대학교, 1993

2) 김무한, 구조재료실험방법론, 학문사, pp.194~214, 1982

고온으로 가열후의 강도변화, 유해물질의 흡착성능을 비교, 분석함으로써, 콘크리트용 혼화재료로서의 카본블랙에 대한 활용 가능성 여부를 판단하고자 한다.

2. 실험 계획 및 방법

2.1 실험계획

본 연구의 실험계획은 표 1과 같고, 배합사항은 표 2와 같다. 먼저 W/B는 50%로 1수준으로 계획하였으며, 목표슬럼프치 150±25(mm)와 목표공기량 4.5±1.5(%)를 만족하는 Plain을 배합 설계한 후, 카본블랙 0.5, 1, 2, 5, 8%의 5수준으로 치환하였다.

표 1. 실험 요인 및 수준

실험요인		수준	
배합사항	W/C(%)	1	50
	Plain에 대한	목표슬럼프(mm)	150±25
		목표공기량(%)	4.5±1.5
	단위수량(kg/m³)	1	목표 슬럼프의 고정
	카본 블랙 치환율(C/%)	6	Plain
			0.5, 1, 2, 5, 8
실험사항	굳지않은 콘크리트	5	슬럼프·공기량·단위용적질량 ·블리딩·관입저항에 의한 응결시간
	경화 콘크리트	9	·압축강도 (재령 7, 28, 56, 90일) ·인장강도 (재령 7, 28, 56, 90일) ·고온 가열 후 압축강도(재령 28일) ·건조수축에 의한 길이 및 질량 변화율 (재령 1, 3, 7, 14, 28, 56, 90일) ·포출란 활성도 지수 ·환경성 평가 CO, CO ₂ , 포름알데히드 (표준재령 28일) (1, 3, 5, 24시간)

표 2. 배합사항

W/C (%)	단위수량 (kg/m³)	S/a (%)	카본블랙 치환율 ¹⁾ (%)	질량배합(kg/m³)					SP 제	AE 제
				C	S	G	카본블랙	SP 제		
50	175	41	Plain	350	702	1069	-	0.42	0.02	
			0.5				1.75			
			1				3.5			
			2				7			
			5				17.5			
			8				28			

1) 0.5~2%의 경우 5%미만의 소량사용으로 인한 첨가에 의미를 두며 5~8%사용의 경우 혼화재료로서 치환에 의미를 둔다

2.2 사용재료

본 실험에서 사용한 재료로서 시멘트는 국내산 S사의 보통포틀

랜드 시멘트를 사용한다. 잔골재는 충북 충주 일원의 강모래를 사용하고, 굵은 골재는 최대치수 25mm인 부순 골재를 사용하도록 하며, 각 재료의 물리적 성질은 표 3 및 4와 같다. 또한, 혼화재료로서 사용하고자 하는 카본블랙은 직경 1µm이하의 국내 E사 제품을 사용하도록 하며, SEM사진촬영(×1,000) 및 EDX분석 결과는 사진 1과 그림 1, 표 5와 같다.

표 3. 시멘트의 물리적 성질

밀도 (g/cm³)	분말도 (cm²/g)	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 4. 골재의 물리적 성질

골재 종류	밀도 (g/cm³)	조립률 (F.M)	흡수율 (%)	단위용적 질량 (Kg/m³)	입형판정 실적률 (%)	0.08mm체 통과량 (%)
강모래	2.55	2.84	1.15	1,683	63.0	1.83
굵은 골재	2.73	6.88	0.7	1,573	56.0	-

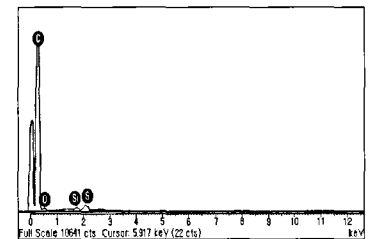
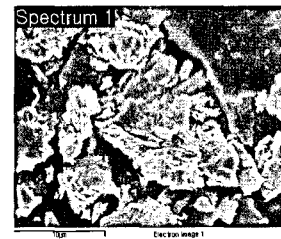


사진 1. 카본블랙의 SEM 사진 그림 1. 카본블랙의 성분분석

표 5. 카본블랙의 EDX 분석결과(단위: %)

밀도 (g/cm³)	흡수율 (%)	직경 (µm)	성분	C	O	Si	S
0.98	38.22	10이하	무게	92.29	7.06	0.62	0.03
			함량	94.24	5.41	0.27	0.08

2.3 실험방법

본 연구의 실험방법으로 굳지 않은 콘크리트는 KS F 2402의 콘크리트 슬럼프 실험방법, KS F 2409의 단위용적질량 및 공기량 시험 방법, KS F 2421 압력법에 의한 공기량 실험방법, 블리딩시험은 KS F2414에 의한 실험방법, 응결시간 시험은 KS F 2436에 의거 관입 저항침에 의한 시험 방법으로 실시한다. 경화 콘크리트의 실험에서는 콘크리트 강도시험용 공시체의 제작, 성형, 양생은 KS F 2403에 의하여 실시한 후 콘크리트의 압축강도 시험은 KS F 2405, 인장강도는 KS F 2423의 쪼갬 인장강도 시

험 방법, 콘크리트의 길이변화는 KS F2424의 시험 방법, 내화실험은 표준재령 28일의 공시체를 콘크리트 표준온도 가열곡선에 준하여 약 850℃의 온도로 30분간 가열 후 압축강도를 측정하며, 환경성 평가의 CO, CO₂ 흡착량 및 포름알데히드 방산량 실험은 계획된 재령에 의해 실시토록 한다.

3. 실험 결과 및 분석

3.1 굳지 않은 콘크리트의 특성

3.1.1 슬럼프 플로우

그림 2는 카본블랙 치환을 변화에 따른 콘크리트의 유동성 및 블리딩량을 나타낸 그래프이다.

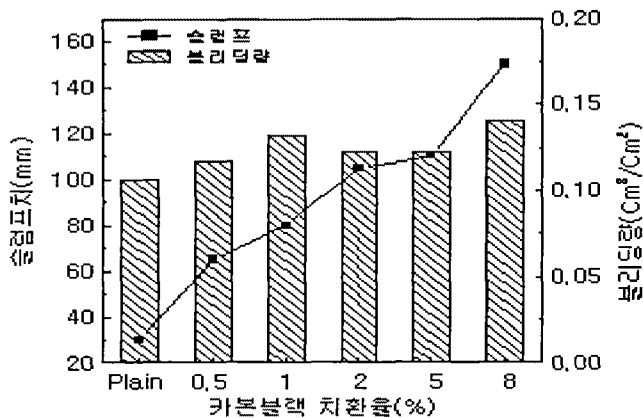


그림 2. 카본블랙 치환율 변화에 따른 슬럼프 및 블리딩량

먼저 슬럼프는 전반적으로 Plain에 비해 카본블랙 치환율이 증가할수록 슬럼프가 급격히 증가하는 경향으로 나타났는데, 카본블랙 치환율 0.5%에서 1%치환시에는 Plain에 비해 약 30~35mm로 다소 작은 슬럼프 증가 경향을 나타내었고, 2%이상의 치환율에서는 약 70~120mm로 증가된 유동성을 나타내었다. 이는 카본블랙의 치환율 증가에 따른 카본블랙 미립분의 증대요인으로 콘크리트의 유동성이 증가한 것으로 판단된다.

블리딩량은 전체적으로 Plain보다 높은 블리딩량을 나타내었다. 카본블랙 치환율 1%까지는 치환율이 증가할수록 블리딩량은 증가하는 경향으로 나타내었으며, 0.123~0.132cm³/cm²정도로 Plain 보다 0.018~0.009cm³/cm² 정도 높은 블리딩량을 나타내었다. 또한, 카본블랙 치환율 2%~ 8%치환율에서는 0.121~0.123cm³/cm²정도로 다시 감소하는 경향으로 나타났다.

3.1.2. 공기량 및 단위용적질량

그림 3은 카본블랙 치환율 변화에 따른 공기량 및 단위용적질

량을 나타낸 그래프 이다.

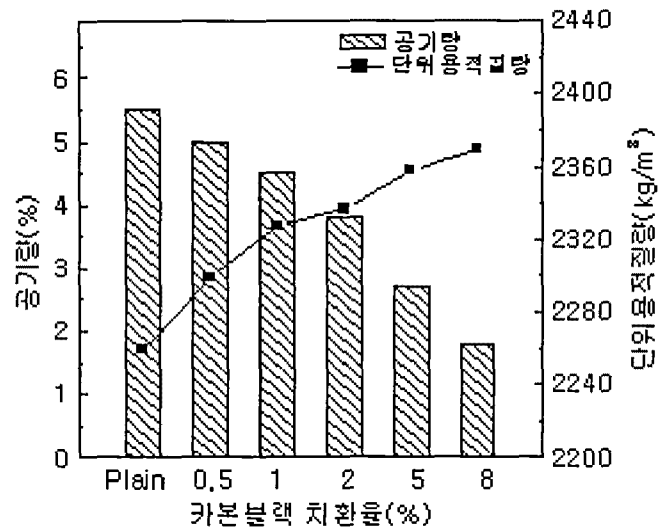


그림 3. 카본블랙 치환율 변화에 따른 공기량 및 단위용적질량

공기함유량에서는 슬럼프와 마찬가지로 Plain 보다 카본블랙 치환율이 증가할수록 공기량은 감소하는 경향으로 나타났는데, 카본블랙 치환율 0.5~2%까지는 5~3.8%로 KS 허용한도 범위를 만족하는 양호한 공기량을 나타냈지만, 카본블랙 치환율 5%이상에서는 2.7~1.8%정도로 다소 적은 공기함유량을 나타내었다. 이는 카본블랙의 치환율이 증가할수록 다량 사용된 미립분이 콘크리트 내의 미세공극의 충전효과에 기인된 요인으로 판단된다.

단위용적질량은 공기량과는 반대의 경향으로 카본블랙 치환율이 증가할수록 단위용적질량은 증가하는 경향으로 나타났는데, Plain에 비하여 약 40~111kg/m³정도 증가하는 것으로 나타났다.

3.1.3 관입저항에 의한 응결시간

그림 4는 카본블랙 치환을 변화에 따른 관입 저항치에 의한 초결 및 종결 시간을 나타낸 그래프이다.

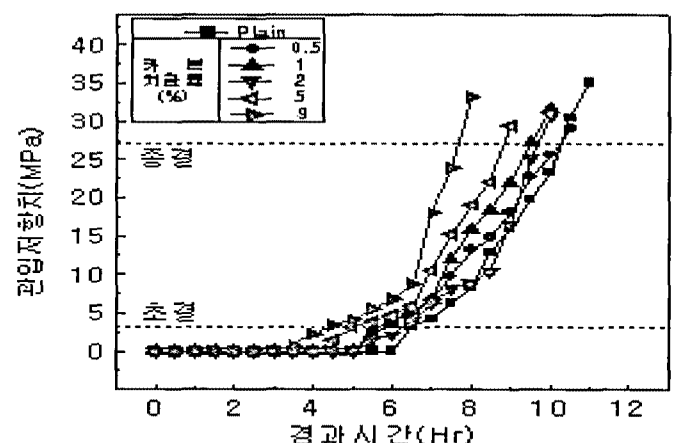


그림 4. 경과시간 변화에 따른 관입저항치

전반적으로 Plain에 비하여 카본블랙의 치환율이 증가할수록 초결 및 종결 현상은 빠르게 나타났다. 먼저, 초결현상은 Plain의 6.5시간보다 카본블랙 치환율 8%에서 2시간 빠른 4.5시간 초결이 이루어져 제일 빠르게 나타났고, 다음으로 치환율 5%에서 5시간, 치환율 0.5%와 1%에서는 6시간으로 Plain보다 30분 빠르게 나타났으며, 치환율 2%에서는 Plain과 같은 초결시간을 나타내었다.

종결은 Plain의 10.5시간보다 치환율 8%에서 2시간 빠른 8.5시간으로 제일 빠른 종결을 나타내었으며, 치환율5%에서 9시간, 치환율 1%에서 9.5시간 순으로 빠른 종결현상을 나타내었다.

3.2 경화 콘크리트의 특성

3.2.1 압축강도

그림 5~6은 카본블랙 치환율 변화에 따른 압축강도를 조기재령 및 표준재령과 장기재령으로 나타낸 그래프이다.

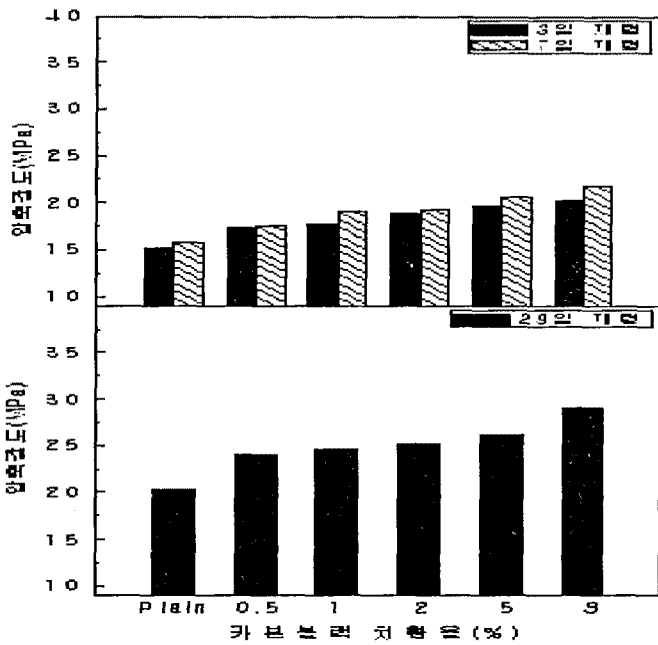


그림 5. 카본블랙 치환율 변화에 따른 조기 및 표준재령 압축강도

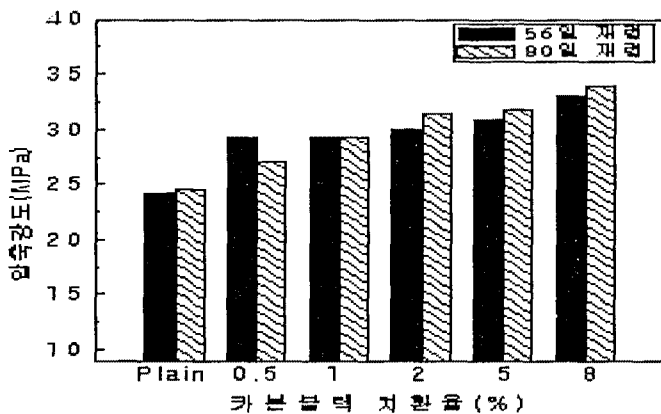


그림 6. 카본블랙 치환율 변화에 따른 장기재령 압축강도

전반적으로 모든 재령에서 카본블랙 치환율이 증가할수록 압축 강도도 증가하는 경향으로 나타났는데, 먼저 3일 조기재령에서는 17.4~20.2MPa정도로 Plain보다 2.3~5.1MPa정도 높은 강도 발현을 나타내었고, 7일재령에서도 17.6~21.7MPa정도로 Plain보다 1.9~6.0MPa정도 높은 강도 발현을 나타내었다.

표준재령 28일에서는 카본블랙의 모든 치환율에서 강도발현이 26.6~29.1MPa정도로 Plain의 강도값 20.2MPa보다 6.4~8.9MPa정도 양호한 강도 발현 경향을 나타내었다.

장기재령 56일과 90일의 압축강도 역시 카본블랙 치환율이 증가할수록 압축강도도 증가하는 경향으로 나타났는데, 8%치환율에서 33.9MPa로 가장 크고, 5%치환율에서 31.7MPa, 2%치환율에서 31.4MPa의 순으로 양호한 강도 발현을 나타내었다. 카본블랙 0.5%와 1%치환율에서는 56일 재령의 강도값이 90일 재령 강도값보다 0~2.3MPa정도 크게 나타나 재령 증가에 따른 강도증진과는 반대의 경향으로 나타났다. 재령이 경과할수록 강도 발현이 증진된 요인은 카본블랙의 미세입자가 불활성 물질로 콘크리트 내의 모세공극에서 포졸란 반응에 의해 장기강도 증진에 기여한 것으로 판단된다.

3.2.2 인장강도

그림 7~8은 카본블랙 치환율 변화에 따른 인장강도를 조기재령 및 표준재령과 장기재령으로 나타낸 그래프이다.

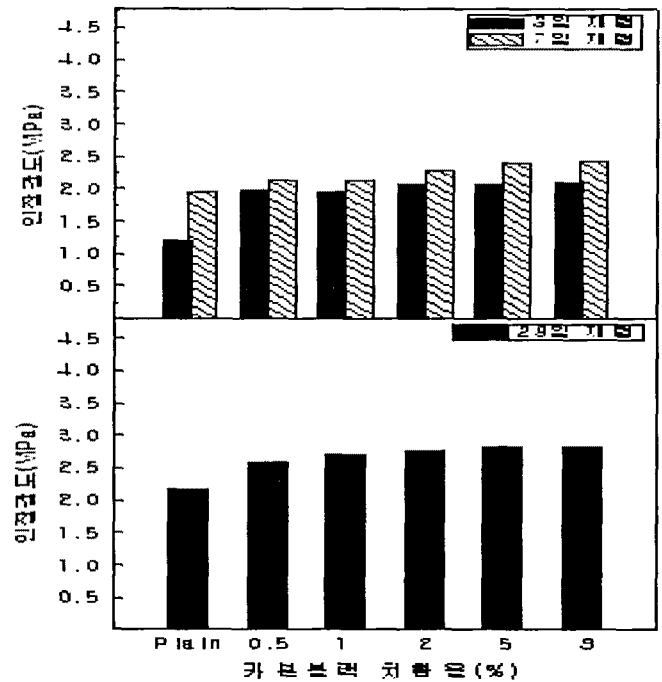


그림 7. 카본블랙 치환율 변화에 따른 조기 및 표준재령 인장강도

인장강도는 압축강도 발현과 마찬가지로 전반적으로 재령이 경과할수록 치환율이 증가할수록 Plain보다 높은 인장강도 발현을 나타내었다. 조기재령에서는 Plain보다 0.77~0.49MPa정도 강

도발현이 높게 나타났으며, 28일 표준재령에서는 모든 치환율에서 2.7MPa내외로써 비슷한 강도 발현을 나타내었다.

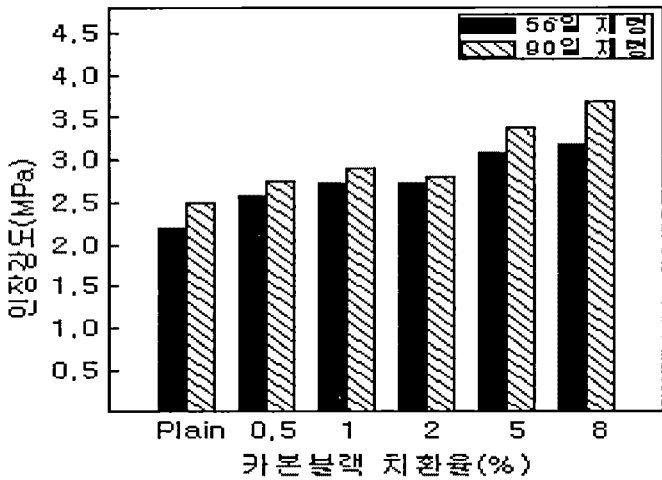


그림 8. 카본블랙 치환율 변화에 따른 장기재령 인장강도

56, 90일의 장기재령에서도 치환율이 증가할수록 2.76~3.68MPa정도로 Plain보다 높은 인장강도 발현을 나타내었으며, 전체적으로 압축강도에 대한 인장강도의 비는 약 1/7~1/9정도로 나타나 일반콘크리트의 1/8~1/13정도의 발현율보다 다소 양호한 인장강도 발현경향을 나타내었다.

3.2.3 포졸란 활성도 지수

그림 9는 28일 표준재령에서의 Plain의 압축강도에 대한 카본블랙 치환율 변화에 따른 압축강도비를 백분율(%)로 나타낸 포졸란 활성도 지수를 나타낸 것이다.

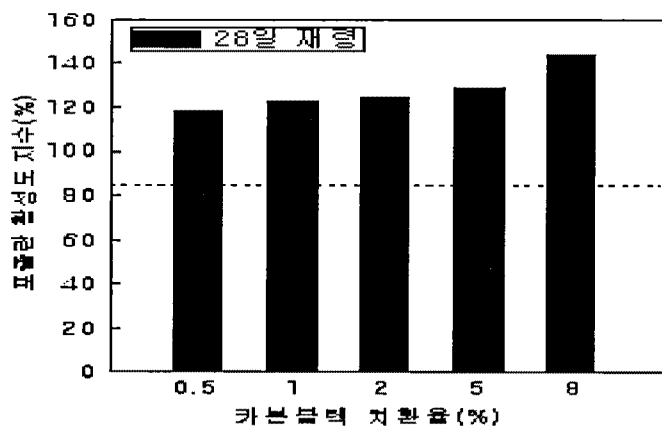


그림 9. 카본블랙 치환율 변화에 따른 포졸란 활성도 지수

포졸란 활성도 평가는 보통 포틀랜드시멘트를 사용할 경우 Plain의 압축강도에 대한 카본블랙 치환율 변화에 따른 압축강도비의 백분율이 85%이상 발현시 포졸란 활성도를 만족한다고 볼 수 있는데, 모든 첨가량에서 118~144%정도로 기준의 85%보다 높은 포졸란 활성도 지수 값을 나타내어 포졸란 반응 가능성을 일

키는 것으로 나타났으며, 카본블랙 치환율이 증가할수록 포졸란 활성도 지수가 증가하는 것으로 나타났다.

3.2.4 내화 실험 압축강도

그림 10은 28일 표준재령에서의 850°C내외의 고온에서의 30분간 가열 한 전, 후의 압축강도 및 압축강도 발현율을 카본블랙 치환율 변화에 따라 나타낸 그래프이다.

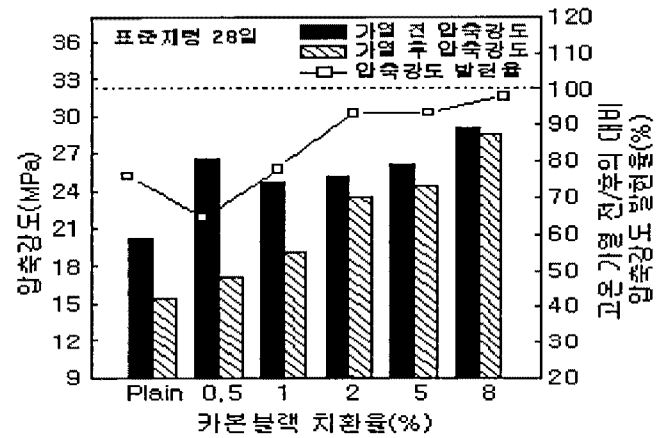


그림 10. 가열 전/후의 압축강도 및 압축강도 발현율

전반적으로 치환율이 증가할수록 가열 전의 압축강도에 비해 내열 및 내화능이 높은 것으로 나타났다. 치환율 0.5%, 2%에서는 가열 전 강도 값에 50%내외로 낮은 강도발현을 나타내었으나, 2%이후의 치환율에서는 가열 전 강도 값에 대한 가열후의 강도 발현율이 약 93~98%정도로 매우 양호한 강도발현을 나타내어 내열 및 내화능에 대한 저항성이 매우 양호한 경향으로 나타났다.

3.2.5 건조수축에 의한 길이변화

그림 11은 카본블랙 치환율 변화에 따른 길이변화율을 재령(일)경과에 나타낸 그래프이다.

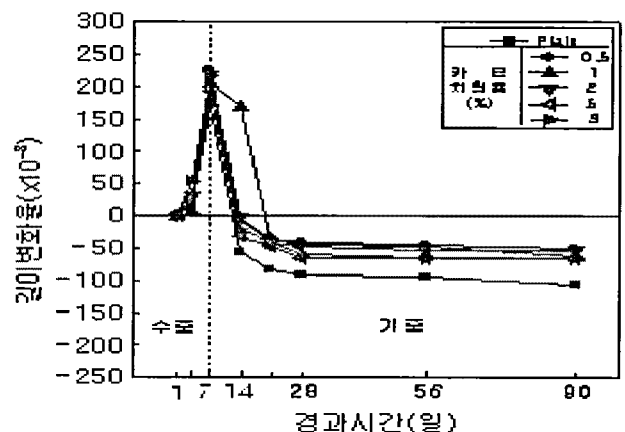


그림 11. 재령경과에 따른 길이변화율

초기 수중양생 재령 7일까지는 $169.86 \sim 224.88 (\times 10^{-3})$ 정도로 팽창하다 7일 후 기건 양생 재령 14일에는 급격한 건조수축을 나타냈는데, Plain에서 특히 제일 큰 건조 수축량을 나타내었다. 14일 이후 재령 90일 까지는 다소 완만한 건조 수축량을 나타냈고, Plain의 수축량 $-107.66 (\times 10^{-3})$ 정도로 제일 큰 수축량을 나타내었으며, 모든 카본블랙 첨가율에서 Plain의 수축량의 약 50%내외로 적은 수축량을 나타내었다.

3.2.6 건조수축에 의한 질량변화

그림 12는 카본블랙 치환율 변화에 따른 질량변화율을 재령 (일)경과에 나타낸 그래프이다.

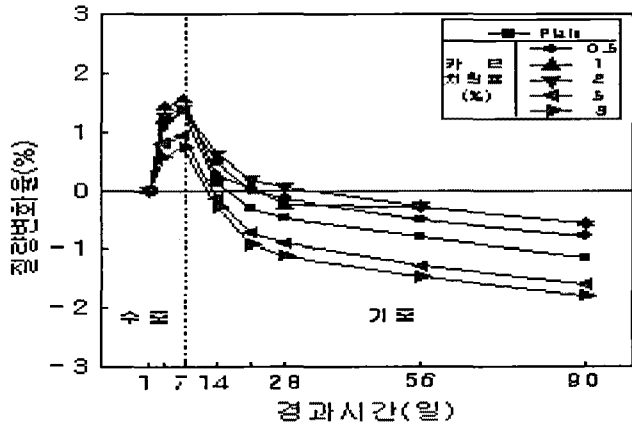


그림 12. 재령경과에 따른 질량변화율

전반적으로 재령 7일의 0.58~1.10% 정도로 크게 질량변화율이 증가하였다가, 기건양생 재령 28일까지 0~-0.92% 정도 큰 폭으로 질량 변화율이 감소 하였으며, 그 후 재령이 경과할수록 질량 변화율의 감소폭이 완만하게 나타났다. 또한 카본블랙 치환율 0.5~2%까지는 Plain보다 질량변화율이 작은 것으로 나타났으며, 치환율 5%, 8%에서는 치환율이 증가할수록 Plain보다 질량 변화율의 감소가 크게 나타났다. 특히, 8%에서 모든 카본블랙 치환율보다 최고 -1.79%의 가장 큰 질량변화율의 감소를 나타내었는데, 이는 카본블랙의 시멘트의 일부로서 치환하여 사용함에 따른 시멘트의 수화반응에 의한 수화발열을 완화시킨 요인으로 사료된다.

3.2.7 CO, CO₂ 흡착량

그림 13, 14는 표준재령 28일에서의 경과시간별 CO, CO₂ 흡착량을 카본블랙 치환율별로 나타낸 것이다.

우선 모든 카본블랙 치환율에서 Plain보다 많은 CO를 흡착한 것으로 나타났으며, 경과시간 5시간까지는 흡착량이 높은 것으로 나타났다. 또한 치환율 0.5~2%까지는 약 4.3~3.8ppm으로 기준치보다 0.9~1.4ppm 정도로 소량의 흡착량을 나타내준 반면, 치환율 5%, 8%에서는 약 3.2~2.6ppm으로 기준치보다

2.0~2.6ppm 정도로 많은량의 CO흡착량을 나타내었다. 이는 카본블랙이 약 90%이상의 무정형 탄소 집합체로 우수한 흡착성을 가지고 있어 나타난 결과로 사료된다.

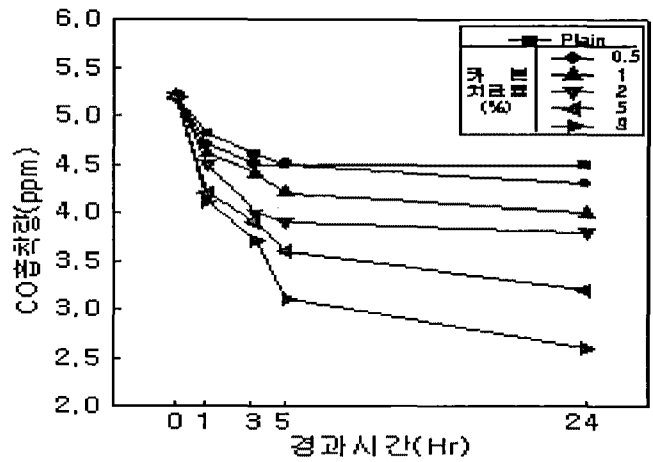


그림 13. 경과시간에 따른 CO흡착량

CO흡착량과 마찬가지로 Plain보다 우수한 CO₂ 흡착량을 나타내었으며, 치환율 0.5~2% Plain과 비슷하거나 기준치 보다 약 100ppm 정도 소량의 흡착량을 나타내었다. 반면 치환율 5%, 8%에서는 경과시간 5시간까지 431~336ppm으로 기준치보다 161~172ppm으로 급격한 흡착량을 나타내었으며, 경과시간 5시간 후 24시간에는 321~306ppm으로 소량의 흡착량이지만 가장 양호한 흡착량을 나타내는데, 카본블랙의 우수한 흡착성 때문으로 판단된다.

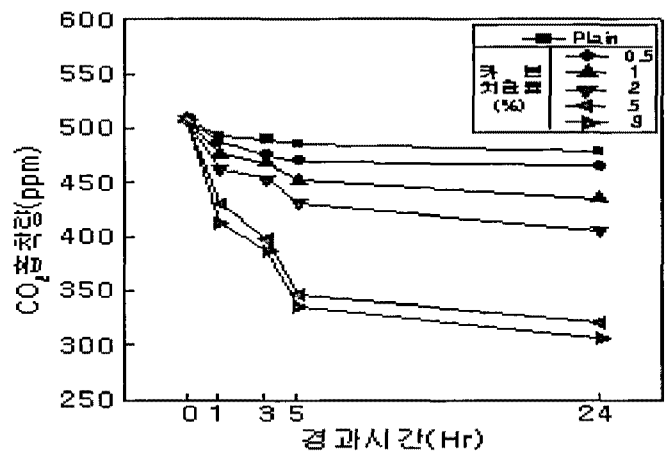


그림 14. 경과시간에 따른 CO₂흡착량

3.2.8 포름알데히드(HCHO) 방산량

그림 15는 표준재령 28일에서의 시간 경과별 포름알데히드(HCHO) 방산량 및 Plain에 대한 감소율을 나타낸 것이다.

전반적으로 재령이 경과할수록 $0.66 \sim 0.40 \text{ mg/m}^2 \cdot \text{h}$ 정도로

양호한 포름알데히드 방산량을 나타내었으며, Plain보다 73~45%정도 포름알데히드 감소율을 나타내고 있다. 또한 카본블랙 치환율이 증가할수록 포름알데히드 방산량이 적은 것으로 나타났고, 경과시간이 증가할수록 Plain의 포름알데히드 방산량이 0.046~0.088mg/m²·h 정도로 큰 증가량을 나타낸 반면, 카본블랙 치환율 2~8%에서는 약 0.048~0.040mg/m²·h 정도로 가장 적었으며, 치환율 0.5%, 1%에서도 0.066~0.064mg/m²·h 정도로 다소 적은 방산량을 나타내었다.

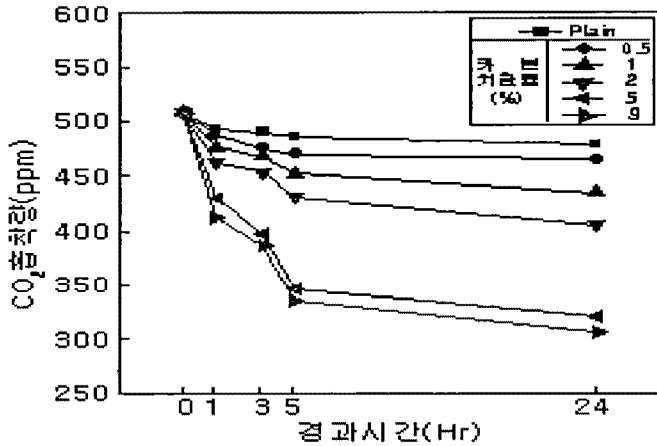


그림 15. 경과시간에 따른 포름알데히드(HCHO) 방산량

4. 결 론

본 연구에서는 콘크리트에서 발생하는 유해물질의 흡착 및 내열, 내화성이 우수한 콘크리트를 개발하기 위한 방안으로 흡착 및 내열성이 우수한 카본블랙을 콘크리트용 혼화재료로 치환하여 사용함으로써 콘크리트의 제반 특성을 분석하고자한 실험 연구 결과는 다음과 같다.

1) 굳지 않은 콘크리트

유동성의 척도로서 슬럼프 플로우는 전반적으로 Plain에 비해 카본블랙 치환율이 증가할수록 슬럼프치가 급격히 증가하는 경향으로 나타났다. 이는 미분말이 콘크리트의 유동성에 큰 영향을 미친 것으로 사료된다.

블리딩량은 전체적으로 Plain보다 적은 블리딩량을 나타내었다.

공기량은 카본블랙 치환율이 증가할수록 Plain보다 공기함유량이 감소하는 경향으로 나타났다.

관입저항에 의한 응결시간은 전반적으로 Plain에 비하여 카본블랙의 치환율이 증가할수록 초결 및 종결 현상은 빠르게 나타났다.

2) 경화 콘크리트

압축강도는 모든 재령에서 카본블랙 치환율이 증가할수록 증가하는 것으로 나타났다. 이는 재령이 경과할수록 카본블랙의 미세

입자가 콘크리트 내의 모세공극사이에서 포졸란 반응에 의한 불활성의 물질로 장기재령에서 강도 증진에 기여한 것으로 판단된다.

인장강도는 일반콘크리트의 발현율보다 다소 양호한 인장강도 발현경향을 나타내었다.

포졸란 활성도 지수에서는 모든 첨가량에서 기준인 85%이상의 높은 포졸란 활성도 지수 값을 나타내어 포졸란 반응 가능성을 나타내었다.

내화실험 압축강도는 카본 블랙 치환율 2%이상에서 가열된 강도값의 93~98%정도로 양호한 강도발현 경향을 나타내었다.

건조수축에 의한 길이변화율은 경과시간 7일 이후 전체적으로 Plain보다 약 50%내외로 적은 수축률을 나타내었고, 질량변화율은 수중양생 재령 7일까지는 크게 증가하였다가 7일 이후 기중양생시 급격히 감소하는 경향으로 나타났다.

3) 환경성 평가

환경성 평가 중 CO 흡착량에서는 모든 카본블랙 치환율에서 Plain보다 양호한 흡착량을 나타내었으며, 치환율이 증가 할수록 흡착량도 증가하는 것으로 나타났다. CO₂흡착량에서도 모든 카본블랙 치환율에서 Plain보다 흡착능이 양호한 것으로 나타났다.

포름알데히드 방산량에서도 전반적으로 재령이 경과 할수록 0.66~0.40mg/m²·h 정도로 양호한 포름알데히드 방산량을 나타내었으며, Plain보다 73~45%정도 포름알데히드 감소율을 나타내었다.

이상의 결과를 종합하면, 카본블랙 치환율이 증가할수록 유동성증가 및 공기량감소를 나타내었지만, 포졸란 반응에 의한 장기 강도 증진과 내화, 내열성 및 유해물질 흡착능이 양호한 결과로 나타났다. 따라서, 고강도 콘크리트의 배합설계를 고려한 적절한 AE감수제를 사용할 경우 카본블랙이 콘크리트용 혼화재료로서 사용이 가능할 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

1. 강형술, 카본블랙이 고무화합물의 물성에 미치는 영향, 박사학위논문, 전남대학교, 1993
2. 김무한, 구조재료실험방법론, 학문사, pp.194~214, 1982
3. 김화중, 건축물의 내화성능, 대한건축학회지, 제36권 제6호, pp.68~71, 1992
4. 대한건축학회, 건축공사 표준시방서, pp.240, 1999
5. 성기철, 사무직 종사자가 일상생활에서 노출되는 VOCs 농도와 화학물질 과민증 자각증상에 관한 연구, 연세대학교 석사학위논문, 2005.
6. 손부순, 이종대, 박종진, 학교 내 휘발성 유기화합물(VOCs) 중 BTX에 대한 농도 및 건강위해성 평가, 한국대기환경학회 2006 춘계학술대회 논문집, 2006
7. 송진웅, 황정하, 교실의 HCHO와 VOCs 방출특성에 관한 측정 연구, 대한건축학회 논문집 제24권 제1호, 2008

8. 실내공기중 휘발성유기화합물 측정의 불확도 평가, 민유선, 한국실내 환경학회, 2006
9. 전우석, 이대길, 전도성 나노 카본 블랙을 함유한 고분자 재료의 유전 특성, 한국복합재료학회, 제17권, 제5호, pp.68~77, 2004
10. 한천구, 레미콘 품질관리, 기문당, 2002, 2
11. 한천구, 비폭열성 콘크리트, 한국콘크리트학회지, 제10권 제6호, pp.5~10, 1998
12. Kadirvelu, K, Palaninial, M Kalpana, R, and Rajeswari, S, Activated Carbon from an Agricultural by-product, for the Treatment of Dyeing Industry Wastewater, Bioresource Technology. No.74 pp.263~265, 2000
13. Kadirvelu, K, Thamaraiselve, K, and Namasivam, C, Removal of Heavy metals from Industrial Wastewater by Adsorption onto Activated Carbon Prepared from an Agricultural Solid Waste, Bioresource Technology. No.76, pp.63~65, 2001

(접수 2009.12.31, 심사 2010.01.29, 게재확정 2010.02.05)

요 약

본 연구에서는 흡착 및 내열, 내화성이 우수한 카본블랙을 이용하여, 콘크리트의 제반성능을 파악하여, 콘크리트용 혼화제로써 활용가능성 여부를 판단하고자 함이 본 연구의 목적이다. 실험결과 굳지 않은 콘크리트에서는 흡수율 및 미립분의 카본블랙의 충전효과로 인하여 슬럼프증가 및 공기량 감소를 나타내었으며, 블리딩, 관입저항에 의한 응결시간은 양호한 결과로 나타났다. 또한 경화콘크리트의 강도 특성에는 Plain보다 높은 강도를 나타내었으며, 포졸란 반응에 의해 장기강도로 갈수록 강도 발현이 높게 나타났다. 또한 약 850℃내외의 가열 후의 압축강도에서 치환율이 증가할수록 내화, 내열성이 높게 나타났으며, 건조수축 역시 양호하게 나타났고, CO, CO₂, 포름알데히드의 환경성 평가도 Plain보다 양호한 결과로 나타났다. 이상 결과를 종합하면, 고강도의 배합설계를 고려한 적절한 AE감수제를 사용할 경우 카본블랙이 콘크리트용 혼화제로써 사용이 가능할 것으로 판단된다.

키워드 : 카본블랙, 콘크리트 내화성능, 포졸란 반응, 일산화탄소, 이산화탄소, 포름알데히드