

산업부산물의 사용성 확대를 위한 기초연구; 숏크리트의 강도특성

A Study on Extension of Application of Industrial By-products; Strength Characteristics of Shotcrete

(2009년 9월 29일 원고접수, 2009년 10월 20일 심사완료/ Received September 29, Accepted October 20, 2009)

박철우¹⁾ 권승준¹⁾ 심종성²⁾ 강태성^{2)*} 이현기²⁾ 심재원³⁾

강원대학교 토목공학과¹⁾ 한양대학교 토목공학과²⁾ 한국도로공사 도로교통연구원³⁾

Cheol-woo Park¹⁾, Seung-joon Kwon¹⁾, Jong-sung Sim²⁾, Tae-sung Kang^{2)*}, Hyeon-gi Lee²⁾, Jae-won Sim³⁾

Dept. of Civil Engineering, Kangwon National University, Samcheok, 245-711, Korea¹⁾

Dept. of Civil Engineering, Hanyang University, Seoul, 133-791, Korea²⁾

Expressway & Transportation Research Institute, Hwaseong, 445-812, Korea³⁾

Abstract

The industrial by-products market has increased at a geometric rate worldwide with the rapid economic growth. Among the wide variety of industrial by-products, fly ash which is generated by the combustion of coal is one of the more troublesome industrial wastes because they entail substantial disposal cost and also cause a shortage of disposal sites. In Korea alone, fly ash generation is expected to increase to 5.8 million tons by 2009, and to 6 million tons by 2010. Given the accelerated industrial development in developing countries, the amount of fly ash generation is predicted to reach enormous levels throughout the world. An increasing number of studies have currently focused on the feasibility of recycling industrial wastes i.e., fly ash in terms of environmental advantages. In this study, the optimized mix proportion of high performance shotcrete using fly ash was determined for the purpose of promoting recycling and reuse of resources.

키워드 : 산업부산물, 플라이애쉬, 실리카푼, 숏크리트, 압축강도, 휨강도

Keywords : Industrial By products, Fly ash, Silica fume, Shotcrete, Compressive Strength, Flexural Strength

1. 서론

1.1 연구배경 및 연구 목적

18세기에 시작된 산업혁명을 바탕으로 하여 포틀랜드 시멘트가 발명된 이후, 이를 기반으로 한 사회기반 시설물 및 여러 가지 부가 산업이 발달하게 되었다.²⁾ 시멘트와 천연골재를 이용한 건설 산업은 현재에 이르기까지 비

약적인 발전을 거듭해 오고 있으나, 한정적인 천연자원 및 과도한 건설로 인해 자연환경은 발전과 더불어 많은 피해를 입고 있다. 그러나 건설 산업은 국가의 기반시설 구축 및 유지에 필수적인 분야임에는 틀림이 없다. 따라서 이러한 건설 산업에 영향을 미칠 수 있는 연구 및 개발의 파급효과는 매우 크다고 할 수 있다.¹⁾

현재 21세기의 산업은 18세기 산업혁명 이후 꾸준한 발전을 통하여 성숙된 산업으로 자리매김하고 있다. 이러한 현상이 의미하는 바는 산업이 발전함과 동시에 환경에 미치는 영향 즉, 천연자원의 고갈, 공해물질 배출, 폐기물 발생, 에너지의 과소비, 인류의 건강에 미치는 영향 등과

* Corresponding author

E-mail : bigstar@hanyang.ac.kr

같은 문제를 해결하고 동시에 지속적인 산업발전을 통하여 사회구성원에게 이윤을 추구할 수 있는 기술력의 확보, 정책이 개발되어야 하는 것이다. 앞서 언급한 내용을 해결하기 위해 환경단체와 기업 국가가 문제를 최소화하기 위한 다각적인 노력이 진행 중이다. 이러한 문제를 해결하기 위해서는 산업폐기물의 지금까지 행해오던 매립, 소각, 저장에 의한 1차원적이고 전통적인 처리방법은 지양(止揚)해야 하며 이는 효율적으로 폐기물을 재활용함으로써 동시에 이윤을 추구할 수 있는 정책과 연구가 실현되어야 할 것이다.⁵⁾ 따라서 본 연구에서는 경제적 재활용, 장기강도 및 내구성 향상을 위해 콘크리트에 다양하게 적용되고 있는 혼화제인 폐석탄회-플라이애쉬-와 실리카폼을 적용하여 슛크리트 현장에 적용할 수 있는 적정 배합비를 도출하고 이에 대한 품질성능을 평가하여 석탄회에 대한 기존의 선행연구에서의 효과증진에 대한 결과를 도출하고자 한다.⁴⁾ 또한 환경 친화적인(Eco-friendly) 토목기술 개발의 일환으로서 석탄 및 유류를 연료로 하는 화력발전소에서 생산되는 소에서인 석탄회(Fly-ash, Bottom-ash, Cin뿔게를-ash, 등)와 실리카폼(Silica fume)을 슛크리트 시멘트재료로 활용함으로써 강도 증진을 도모하고 신속한 초기 응결을 유도할 수 있는 급결제를 사용함으로써 응결시간을 단축시킬 수 있는 슛크리트 분야로의 적용가능성을 검토하고자 한다.^{3),5)} 이는 슛크리트의 주재료인 시멘트 생산시 발생하는 각종 유해가스를 감소시키고 나아가 최근 대두되고 있는 지구온난화를 억제하는데 유용하고 석탄회 생산단가의 경우 폐기물이어서 매우 낮기 때문에 시공비용 측면에서도 많은 이윤을 창출 할 것으로 사료된다.^{6),7)} 또한 일반적으로 매립되어왔던 자원을 재활용하여 새로운 수익모델을 창출할 수 있는 경제적, 환경적 및 사회적 측면에서 유용한 기술이 될 수 있을 것으로 판단된다.

2. 연구내용 및 연구방법

2.1 연구내용

산업부산물인 폐석탄회를 이용해 경제적인 재활용과 시공성 및 적용성을 평가하고자 실내실험을 실시하였다. 본 실험에서는 과도한 입경으로 인한 펌프카 노즐의 막힘 현상을 해소하고 다소 낮은 슬럼프에서도 시공이 용이하여 우수한 시공성을 확보할 수 있도록 표 1에 나타난 기준에 의하여 본 연구에서는 한국산업규격(KS)에 의거해 골재최대치수를 10mm로 적용하였다. 또한 폐석탄회의 종류별 치환량에 따른 성능평가를 위해 목표슬럼프는 80~100mm, 목표공기량은 4~6%로 하여 국내에서 규정하고 있는 슛크

리트용 콘크리트의 압축강도를 만족하는 범위를 확인하고자 하였다.

따라서 본 연구에서는 혼합형 슛크리트의 압축강도를 알아보고자 KS F 2405(압축강도 시험방법)에 준하여 혼화제 배합비에 따른 압축강도 특성을 비교 분석 하였고, KS F 2408(콘크리트 휨강도 시험방법)에 준하여 혼화제 배합비에 따른 휨강도 특성을 비교 분석 하고자 하였다.

표 1 국내의 슛크리트용 굵은골재 최대치수 기준

구분		굵은골재 최대치수	비고
국내	한국도로공사	13mm	고속도로 전문시방서
	한국산업규격	5, 10mm	KS F 2577 ('02. 제정)
외국	미국콘크리트학회	10mm	ACI
	유럽통합규격	8mm	EFNARC
	노르웨이	8mm	N.B
	국제터널링 협회	8mm	ITA

2.2 사용재료

2.2.1 시멘트 및 골재

본 연구에 사용된 시멘트는 KS L 5201에 적합한 1종 보통포틀랜드 시멘트를 사용하였으며, 굵은 골재 최대치수는 앞장에서 설명한 바와 같이 10mm 쇄석을 사용, 잔골재 비중은 2.61, 조립률은 2.65 강사를 사용하였다.

2.2.2 혼화제

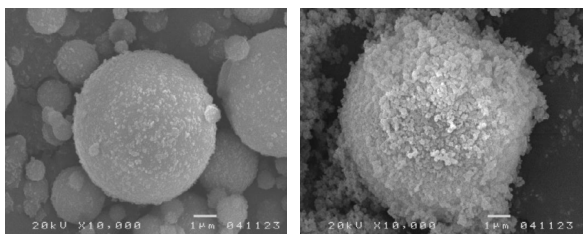
콘크리트가 소정의 워커빌리티를 얻기 위해 단위수량을 감소시키는 목적으로 사용되는 혼화제로, 시멘트 입자를 분산시켜 시멘트풀의 유동성을 증대시킴으로써 감수효과를 얻을 수 있다. 감수제에는 표준형 감수제 외에 촉진형 감수제, 지연형 감수제 및 고성능 감수제가 있다. 본 연구에 사용한 혼화제는 암갈색의 액체로 비중은 1.20±0.2(20℃), pH는 7±1 (20℃)의 물성치를 가진다. 나프탈렌 설폰산 포르말린 축합물을 주성분으로 하는 콘크리트용 화학혼화제로 강력한 분산작용으로 단위수량을 대폭 감소시키고 고강도가 요구되는 모든 시방에 적합하다. 또한 증기양생이나 고온 고압양생에도 적합하다.

2.2.3 플라이애쉬

본 연구에서 사용한 대체재인 플라이애쉬는 석탄을 미분말 형태의 연료로 사용하는 발전소에서 이를 연소할 때, 굴뚝을 통해 대기 중으로 확산되는 재의 미립자를 집진 장치로 채취한 것이다. 재(Ash)를 집진하는 장소에 따라 Fly Ash, Bottom Ash, Cinder Ash 로 구분하며, 이 중 플라이애쉬는 화산재와 성질이 같은 물질로 매우 미세한 분말 상태이며 주성분은 규사이고 그림 1의 (a)와 같이 구형의 입자를 가진다. KS L 5405에서는 플라이애쉬는 ‘미분탄 연소 보일러의 연소 가스로부터 집진기로 채취하는 재’로, ACI 116R에서는 ‘보일러 안의 firebox로부터 연소 가스에 의해 이동하는 케상 또는 분말상태의 석탄의 연소로부터 발생한 미분말의 잔류물’로 그리고 영국에서는 미분말 연료의 재(pulverized fuel ash)로 정의하고 있다.¹¹⁾

2.2.4 실리카폼

실리카폼은 실리콘, 페로실리콘, 실리콘메탈 생산산업의 전기로에서 발생하는 부산물로서, 가스형태로 생산되어 포집된 비정질의 산화실로콘(SiO_2)이며 배출가스온도는 800°C이다.⁷⁾ 탄소가 대부분 연소하여 색깔이 백회색인 것을 밀폐형이라 하고, 200°C에서 미연소 탄소가 남아 색깔이 흑회색인 것을 개방형이라 한다. 실리카폼은 시멘트 수화반응시 생성되는 $Ca(OH)_2$ 와 반응하여 부가적인 CSH 겔을 형성하는 포졸란 반응을 하여 강도가 향상되며, 시멘트 입자보다 100~150배 정도 미세하기 때문에 자유수에 의해 형성된 공극을 메워 치밀한 구조체를 형성하고 다른 포졸란 물질과 같이 수화열이 감소된다.¹⁰⁾



(a) 플라이애쉬

(b) 실리카폼

그림 1. 혼화재 SEM. 사진

2.2.5 급결제

급결제는 터널의 숏크리트에 있어서 작업능률을 높이고 부착한 콘크리트의 자중에 의한 박락을 적게 하기 위해 콘크리트의 응결을 촉진할 목적으로 사용된다. 콘크리트 표준시방서에서 “터널 등의 숏크리트에 첨가하여 뿔어붙인 콘크리트의 초기강도를 증진시키기 위해 사용되는 혼

화재료”로 각각 정의하고 있으며 급결제의 성능에 대해 한국콘크리트학회에서는 KCI-SC102 「숏크리트용 급결제 품질규격」에서 표 2와 같이 규정하고 있다. 또한 급결제의 사용은 지보부재로서 필요한 강도를 조기에 얻기 위해, 발파진동에 견딜 수 있도록 하기 위해 부착한 콘크리트의 경화를 촉진할 목적도 있다. 특히 급결제의 사용은 숏크리트의 초기강도나 장기강도의 발현에 큰 영향을 주어, 첨가량을 증가하면 리바운드량이 감소하며 동시에 조기에 높은 강도를 얻을 수 있다. 급결제는 성분에 따라 크게 4종류로 나눌 수 있다. 과거부터 단순한 수화반응 촉진제로 사용되어 오던 경화 촉진제계, 실리케이트 및 알루미늄에 염을 혼합한 무기염계, 알칼리프리카 및 시멘트 광물계로 구분된다. 표 3은 숏크리트용 급결제의 종류를 주성분 및 작용 메카니즘에 따라 분류한 것이다.

표 2 KCI SC-102 「숏크리트용 급결제 품질규격」

항 목	모르타르 압축강도			응결 시간	
	12시간	24시간	28일	초 결	종 결
규격치	1 MPa 이상	9 MPa 이상	Plain 대비 75% 이상	5분 이내	15분 이내

표 3 급결제의 종류 및 구성성분

급결제 종류	구성 성분
경화촉진제계	염화칼슘($NaCl$), 알루미늄계(Al_2O_3 , $Al(OH)_3$), 나트륨계(Na_2CO_3 , $NaOH$), 알루미늄산 나트륨($NaAlO_2$), 하소명반석(하소알루미나이트)
무기염계	실리케이트계(Silicate), 알루미늄에이트계(Aluminate)
알칼리프리카	$Al(OH)_x R_y$ ($x + y = 3$)
시멘트 광물계	알루미늄산 칼슘계($mCaO - nAl_2O_3$), $C_{12}A_7$ 계, $C_{11}A_7 \cdot CaF$, $C_4A_3SO_3$

이 실험에서 사용한 급결제는 시멘트 광물의 일종인 칼슘알루미네이트 광물이 주성분으로 독성 및 부식성이 강한 기존의 급결제와는 달리 자극성이 적어 인체에 대한 위험이 없고 환경오염이 최소화되며 적은 양으로도 급결성이 뛰어나 리바운드가 감소되고 에트란자이트가 형성되어 초기강도는 물론 장기적으로 고강도를 발현한다. 건식 및 습식시공에 모두 사용할 수 있으며, 그림 2에 나타난 바와 같이 현회색의 분말로 진비중 2.76, 부피비중 0.7±0.1, pH 11.5±0.5의 물성치를 가진다.



그림 2 시멘트광물계 급결제

3. 실험 내용 및 실험 결과

3.1 산업부산물을 활용한 숯크리트의 실험내용

본 연구에서는 산업부산물의 적용성을 평가하기 위하여 혼화제 종류별 치환량을 플라이애쉬 (5%, 10%, 12%, 15%, 17%)와 실리카푼 (7%)을 치환하여 사용하였다. 혼화제 치환량에 따른 각각의 변수들의 특징은 표 4와 같다. 이때의 변수에 대한 배합은 표 5와 같다

표 4 혼화제 치환률에 따른 시험 변수

시험체 명	치환률	급결제
Plain	No mineral admixture	시멘트광물계 급결제 5%
PS7	Silica fume 7%	
PS7F5	Silica fume 7% Fly Ash 5%	
PS7F10	Silica fume 7% Fly Ash 10%	
PF5	Fly Ash 5%	
PF10	Fly Ash 10%	
PF12	Fly Ash 12%	
PF15	Fly Ash 15%	
PF17	Fly Ash 17%	

표 5 숯크리트 배합조건

Mix No.	W/C (%)	S/a (%)	Unit weight(kg/m ³)						SP		
			W	B	C	SF	FA	S	G	(C×%)	(kg/m ³)
Plain	45	60	190	422	422	0	0	988	644	2	8.4
PS7					393	30	0	983	640		
PS7F5					372	30	21	978	637		
PS7F10					350	30	42	973	634		
PF5					401	0	21	983	640		
PF10					380	0	42	978	637		
PF12					372	0	51	977	636	1.9	8.022
PF15					359	0	63	974	634	1.00	4.222
PF17					350	0	72	972	633	0.75	3.167

3.2 실험개요

3.2.1 압축강도 실험

압축강도 측정을 위해 KS F 2405 콘크리트 압축강도 시험방법에 의하여 $\Phi 100 \times 200mm$ 의 실린더형 공시체를 재령 1일, 3일, 28일에 산업부산물 혼화재료의 종류와 첨가량에 따라 각각 10가지 변수별로 제작하여 압축강도를 측정하였다. 공시체는 $23 \pm 2^\circ C$, 상대습도 50%의 양생실에서 1일 양생 후 $23 \pm 2^\circ C$ 의 항온 조건에서 수중양생을 실시하였다.^{8),9)}

3.2.2 압축강도 결과

산업부산물을 적용한 숯크리트의 배합비에 따른 콘크리트의 재령 1일, 3일, 28일 압축강도 비교결과를 그림 3에 나타내었고, 표 6과 같은 현행 기준을 만족하였는지 비교하였다.

재령 1일의 경우에는 Plain을 제외한 변수 중 PS7이 가장 높은 강도를 발현하였고, 플라이 애쉬를 혼입한 숯크리트의 경우 PF5가 가장 좋은 결과를 나타내었으며 12% 이상 혼입한 경우에는 오히려 초기강도가 저하되는 현상을 볼 수 있었지만 국내외 현행기준은 모두 만족하고 있었다.

재령 3일 강도의 경우, 변수 중 PS7이 가장 높은 강도 발현을 하였고, 플라이애쉬 배합비가 증가함에 따라 점차 낮아졌다. 또한 모든 변수가 기준에 만족하였다. 재령 28일 강도의 경우, 재령 1일에서 낮은 강도발현을 보였던 플라이애쉬 15% 이상에서 높은 강도발현을 보였다. 이는 숯크리트에 플라이애쉬를 혼입할 경우 장기강도에 효과가 있는 것으로 판단된다. 재령 1일의 경우 플라이애쉬 첨가량 15% 이상일 때 현저히 강도저하 현상이 발생하였지만 그 외의 경우를 보면 Plain의 ± 5 MPa로 차이가 크지 않다는 것을 알 수 있었고, 28일의 경우 그 차이가 더욱 저

감되었고, 15%이상의 배합비에서도 강도가발현되었음을 확인할 수 있었다. 플라이애쉬의 경우 그림 3에서 볼 수 있듯이 첨가량을 증가 시킬수록 강도를 저감시키지만 산업부산물을 재활용한다는 측면에서 현행기준을 만족하는 강도의 적절한 배합비를 산정할 수 있었다.

표 6 양생기간별 슛크리트 압축강도 기준

현행기준	1일 (MPa)	3일 (MPa)	28일 (MPa)
한국콘크리트학회	5~10	-	18
터널표준시방서	10	-	18
도로공사 표준시방서	10	14	20
일본콘크리트학회	5~10	-	18

표 7 압축강도 시험결과

시험체 명	1일(MPa)	3일(MPa)	28일(MPa)
Plain	16.9	23.4	34.1
PS7	16.6	25.1	33.3
PS7F5	13.5	19.9	29.0
PS7F10	13.0	17.6	29.0
PF5	16.1	22.9	25.4
PF10	13.2	22.1	25.7
PF12	12.9	21.5	31.1
PF15	6.8	19.8	31.0
PF17	5.9	19.6	30.6

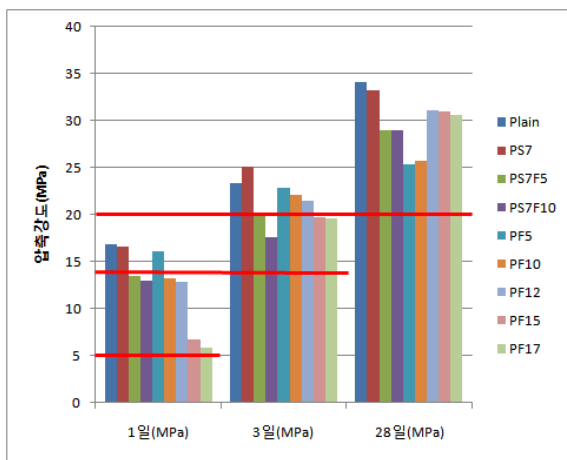


그림 3 재령별 압축강도 비교결과

3.2.3 휨강도 특성 평가

스틁크리트 휨강도시험은 KS F 2408(콘크리트의 휨강도

시험방법)에 준하여 실시하였으며, 각 배합수준별 100×100×400mm 휨강도 시험용 공시체를 제작하여 표준 양생(20±2℃)을 실시한 후 재령 1일, 3일 및 28일 휨강도를 측정하였다.



그림 4 휨강도 시험장면

산업부산물을 혼입한 슛크리트의 강도발현 특성을 비교하기 위해 배합비에 따른 콘크리트의 재령 1일, 3일, 28일 휨강도 측정결과를 표 8에 나타내었다. 혼합형 슛크리트의 배합비에 따른 콘크리트의 재령 1일, 3일, 28일 휨강도 비교결과를 그림 5에 나타내었다. 1일 강도의 경우 1.73 ~ 2.32MPa의 강도발현을 하였고, 3일 강도의 경우 4.17 ~ 5.36MPa, 28일 강도의 경우 8.03 ~ 9.27MPa의 강도발현을 하였다. 실리카폼을 혼입한 PS7의 휨강도가 가장 큰 값이었고, 플라이애쉬의 혼입률이 증가할수록 대체로 휨강도가 저하되는 경향을 보였으나, 변수별 강도 값 차이는 1MPa 정도로 혼화재의 배합비가 휨 강도에 큰 영향을 미치지 않는았다.

표 8 휨강도 시험결과

시험체 명	1일(MPa)	3일(MPa)	28일(MPa)
Plain	1.91	5.31	9.23
PS7	1.85	5.36	9.27
PS7F5	2.17	4.97	9.20
PS7F10	2.32	5.31	8.42
PF5	1.73	5.01	9.00
PF10	2.05	5.22	8.91
PF12	2.21	4.17	8.19
PF15	1.94	4.32	8.03
PF17	1.82	4.68	8.64

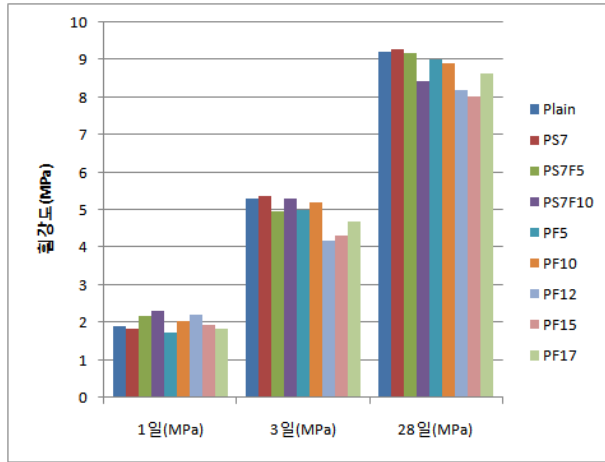


그림 5 재령별 휨강도 비교결과

4. 결론

본 연구는 산업부산물인 플라이애쉬와 실리카폼을 재활용하여 숯크리트에 적용하기 위한 연구의 일환으로 숯크리트에 적용가능성 검증을 위해 압축강도 특성 및 휨강도 특성 평가를 실시하였으며, 결과는 다음과 같다.

1) 폐석탄회 혼합 숯크리트의 적정 배합비 도출을 위해 폐석탄회 혼입비율에 따른 콘크리트의 재령 1일, 3일, 28일 압축강도 측정결과 국내의 표준시방서에 따른 품질기준을 만족하는 것으로 나타났다.

2) 1일 강도의 경우, 플라이애쉬 배합비가 증가할수록 낮은 강도발현을 보였으나 현행 기준을 크게 웃돌았으며, 플라이애쉬 배합비가 15% 이상일 때 급격한 강도저하를 보였으나 역시 국내의 표준시방서에 따른 품질기준에는 만족하였다.

3) 3일 강도의 경우, 실리카폼 7%를 배합하였을 때 가장 높은 강도발현을 하였고, 플라이애쉬 배합비가 증가함에 따라 점차 낮아졌다. 또한 모든 변수가 표준시방서에 따른 품질기준에 만족하였으며, 28일 강도의 경우, 재령 1일에서 낮은 강도발현을 보였던 플라이애쉬 15% 이상에서 높은 강도발현을 보였다.

4) 휨강도의 경우 Plain 시험체에 비해 모든 재령별 변수에서 1MPa이내의 강도 차이를 나타내면서, 산업부산물의 혼입량에 따른 강도증진이나 강도저하효과는 나타나지 않는 것으로 확인 되었다.

5) 본 연구에서 산업부산물 혼입량에 의한 변수들에 대

한 물리적 특성을 고찰하여본 결과 적절한 산업부산물의 혼입은 산업부산물의 재활용 측면뿐만 아니라 숯크리트의 적용가능성에도 효과가 있는 것으로 판단된다. 그러나 실리카폼 사용으로 인한 경제성측면 검토 및 플라이애쉬로 인한 장기강도 평가 등이 추가적으로 연구 되어야 하며, 실제 현장에서 시공되고 있는 강섬유보강 숯크리트의 휨강도 평가 및 품질평가 등을 고려한 추가적인 연구가 지속적으로 수행되어야 할 것이다.

감사의 글

본 연구과제는 강원대학교 신진교수자체학술연구비의 지원으로 이루어진 연구로 이에 감사드립니다.

참고문헌

- 1) 마상준, 최희섭, 김동민, “산업부산물을 혼화제로 이용한 분말형 레디믹스트 숯크리트 개발을 위한 고로슬래그 미분말의 성능평가”, 한국콘크리트학회 학술발표회 논문집, 한국콘크리트학회, 2007, pp.685~688.
- 2) 박철우, 김경남, 심종성, 강대성, 홍성기, 이현기, “폐석탄회를 이용한 고성능 숯크리트의 적정배합비 도출”, 한국구조물진단유지관리공학회 가을 학술발표 논문집, 한국구조물진단유지관리공학회, 제2권, 제12호, pp.377~380, 2008.
- 3) 박철우, 박석균, “환경과 콘크리트-콘크리트의 환경친화”, 한국콘크리트학회지, 한국콘크리트학회, 제6권, 제20호, pp.24~26, 2008.
- 4) 박해균, 이명섭, 김재권, “영구 숯크리트 터널 라이닝 구축을 위한 고성능 숯크리트 개발(1)”, 콘크리트학회지, 한국콘크리트학회, 제15권 3호, pp.66~73, 2003.
- 5) 원종필, 김황희, 박경훈, 이시원, “급결제 종류 및 실리카폼 치환율에 따른 영구지보재로서 숯크리트의 배합 설계 및 성능 평가” 대한토목학회 논문집, 대한토목학회, 제27권 제2C호, pp.157~162, 2007.
- 6) 원종필, 정상경, 박해균, 이명섭, “C12A7계 광물계 급결제를 사용한 숯크리트의 내구특성” 대한토목학회 논문집, 대한토목학회, 제25권 제3C호, pp.235~240, 2005.
- 7) 한국도로공사, 고속도로 전문시방서, 2004
- 8) 기술표준원, KS F 2403 콘크리트의 강도 시험용 공시체 제작 방법, 한국표준협회, pp1~8, 2005.

- 9) 기술표준원, KS F 2405 콘크리트의 압축강도 시험방법, 한국표준협회, pp1~16, 2005.
- 10) 기술표준원, KS F 2567 콘크리트용 실리카폼, 한국표준협회, pp1~11, 2008.
- 11) 기술표준원, KS L 5405 플라이 애시, 한국표준협회, pp1~13, 2004

요 약

최근 국제적으로 급속한 경제성장으로 인한 산업부산물이 기하급수적으로 늘어가고 있다. 산업부산물중 석탄의 연소과정에서 발생하는 폐석탄회는 산업폐기물로서 막대한 처리비용과 함께 매립장 부족 등 여러 가지 많은 문제점을 발생 시키고 있다. 한국의 경우 2009년에는 580만톤 2010년 이후에는 600만톤 으로 증가될 것으로 전망되고 있으며, 개발도상국의 선진화에 따른 폐석탄회 발생량은 세계적으로 볼 때 엄청난 양이 발생될 것으로 전망 된다. 이에 따라 세계적으로 산업폐기물 재활용 및 환경을 고려한 폐석탄회를 재활용 연구가 활발히 진행되고 있으며, 이 연구에서도 자원재활용을 목적으로 폐석탄회를 이용한 고성능 슛크리트용 최적 배합비를 도출하고자 한다.