

잔골재로서 매립회를 혼입한 콘크리트의 특성에 관한 기초 연구

Fundamental Study on the properties of concrete incorporating pond-ash as fine aggregate

이 봉 춘* 채 성 태** 우 영 제*** 김 진 성**** 김 주 형***** 류 화 성*****
Lee, Bong Chun Chae, Sung Tae Woo, Young Je Kim, Jin Sung Kim, Joo Hyung Ryu, Hwa Sung

ABSTRACT

With an increase of power consumption due to industrial development, the generation of coal ash has been growing tremendously and, accordingly, environmental concern over its disposal and insufficiency in disposal sites have been raised as other issues to be considered. In order to examine the usability of coal ash as an aggregate for concrete, such fundamental information as slump, air contents, mechanical properties and durability of concrete has been secured by way of setting 10, 20 or 30 wt. % of fine aggregate alternative rate of ash and identifying its basic properties at each pond-ash contents. The results of the study indicate that slump and air content heavily depend on the site of generation, and this might greatly influence on the content of fine particles of the ash. It is also shown that its freezing and thawing resistance tends to be relatively lower than that of Plain, which requires comprehensive examination over next few years on the absorptiveness and properties of mixed water of the ash collected from each disposal site.

요 약

산업발전에 따라 전력사용량의 증가로 석탄화력발전소에서 발생하는 석탄회는 점차 증대되고 있다. 이로 인해 회처리장의 부족과 매립에 의한 환경문제가 크게 대두되고 있다. 매립회를 콘크리트용 골재로서의 활용가능을 검토하기 위한 콘크리트의 굳지않은 성질, 역학적 특성 및 내구성능 등의 기초 자료를 확보하기 위해서 매립회의 잔골재 대체율은 10, 20, 30 wt.%로 선정하여 매립회 혼입률에 따른 기초물성을 규명하였다. 연구결과, 슬럼프 및 공기량은 매립회의 발생지역에 따라 현저한 차이를 나타냈으며, 이러한 경향은 매립회의 잔입자 함량에 의해 크게 영향을 미치는 것으로 판단된다. 또한, 내구성 검토 결과 동결융해저항성능이 Plain에 비해 상대적으로 낮은 경향을 나타내어 향후 매립지별 매립회의 배합수 흡착특성과 성상에 따른 종합적인 특성 검토가 요구된다.

- * 정회원, 한국건자재시험연구원 건설기반기술센터 선임연구원
- ** 정회원, 한국건자재시험연구원 건설기반기술센터 센터장
- *** 정회원, 한국건자재시험연구원 건설기반기술센터 선임연구원
- **** 정회원, 한국건자재시험연구원 건설기반기술센터 연구원
- ***** 정회원, 한국건자재시험연구원 건설기반기술센터 연구원

1. 서 론

최근 비약적인 산업발전으로 전력사용량이 증가함에 따라 정부에서는 지속적인 에너지 공급을 위하여 화력발전소의 발전설비를 점차 증대시키고 있다. 특히 화력발전소 중에서 안정적인 연료의 확보, 저렴한 가격 등의 장점을 지닌 석탄 화력발전소가 국내 화력발전의 주종을 이루고 있는 실정이며, 2015년경에는 연간 약 720만톤의 석탄회가 발생될 것으로 예상된다. 따라서, 상당한 규모의 회처리장 부지가 소요되고 그에 따라 투자비 증가, 환경훼손 및 민원발생 등으로 인해 매립지 확보는 더욱 어려울 것으로 전망된다.

본 연구에서는 매년 증가하는 매립회의 재활용을 위해 현재 우리나라에 있는 매립회를 콘크리트용 잔골재로서 활용가능성을 검토하기 위한 기초적 실험연구를 수행하였다.

2. 실험계획 및 배합표

2.1 실험계획 및 배합

매립회를 콘크리트용 골재로서의 활용가능을 검토하기 위한 콘크리트의 굳지않은 성질, 역학적 특성 및 내구성능 등의 기초자료를 확보하기 위해서 적용된 배합은 국내 레미콘업체에서 생산되는 $f_{ck} = 24 \text{ MPa}$ 을 기준으로 하였다. 매립회의 잔골재 대체율은 10, 20, 30 wt.%로 선정하여 매립회 혼입률에 따른 기초물성을 규명하였다.

표 2.1 콘크리트 배합

W/C (%)	S/A (%)	Unit Weight (kg/m^3)					G	고성능 AE감수제 (%)	AE제 (%)
		W	C	S					
				치환율	S	매립회			
55	45	182	331	0%	776	0	996	0.7	0.003
				10%	698.4	77.6			
				20%	620.8	155.2			
				30%	543.2	232.8			

2.2 사용재료 및 실험방법

본 실험에서 사용된 재료의 물리적 특성은 표 2.2와 같으며, 매립회는 국내 5개 화력발전소의 매립회를 사용하였으며, 표면건조상태의 시료준비에 따른 함수오차를 배제하기 위해 절대건조상태의 매립회를 사용하였다.

표 2.2 각 발전소별 물성 시험

시멘트	종류 : 보통포틀랜드 시멘트 (I종) 밀도 : 3.15 g/cm^3 , 분말도 : $3,200 \text{ cm}^2/\text{g}$		매립회	밀도(g/cm^3)		조립률 (F.M)	흡수율 (%)
골재	잔골재	종류 : 바다모래 밀도 : 2.64 g/cm^3 , 조립율 : 2.57		표건밀도	절건밀도		
골재	굵은 골재	종류 : 부순자갈 최대치수 : 25mm 밀도 : 2.67 g/cm^3 , 조립율 : 6.96	TA	1.85	1.74	2.49	5.78
			DH	2.27	2.10	2.84	5.31
			HD	1.85	1.75	2.19	3.34
			BR	2.13	2.01	2.45	3.77
			SCP	1.87	1.79	1.85	4.34

매립회를 혼입한 콘크리트의 굳지않은 콘크리트의 특성은 슬럼프, 공기량을 측정하였으며, 경화된 콘크리트의 특성은 강도시험, 탄산화, 염소이온침투저항성 및 동결융해 시험을 KS 규격에 준하여 실시하였다.

3. 실험결과 분석 및 검토

3.1 굳지않은 콘크리트의 특성 검토

슬럼프 시험결과 매립회의 혼입률이 증가할수록 슬럼프는 저하하는 경향을 나타내었으며, 30%의 혼입률의 경우 3cm이하의 낮은 워커빌리티를 나타내었다. 또한, 공기량 시험결과도 매립회의 혼입률이 증가할수록 감소하는 경향을 나타내고 있으며, TA의 경우가 다른 매립지에 비해 상대적으로 작은 워커빌리티와 공기량 저감현상을 나타내었다. 이와같이 매립회의 발생지역에 따라 슬럼프, 공기량의 현저한 차이를 나타내는 원인은 매립회의 흡수율보다는 매립회의 잔입자 분포에 더 큰 영향을 미치는 것으로 나타났으며, 매립회의 혼입시 다소 굵은 입도의 사용이 바람직할 것으로 사료된다.

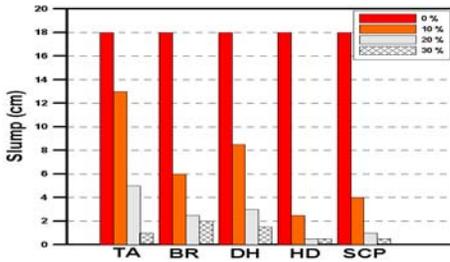


그림 3.1 매립회 치환율에 따른 슬럼프

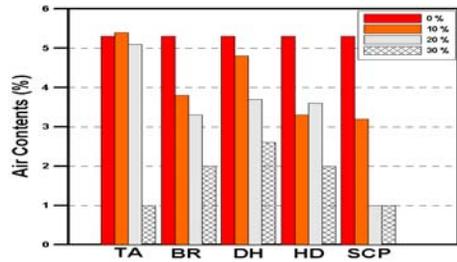


그림 3.2 매립회 치환율에 따른 공기량

3.2 경화된 콘크리트의 특성 분석

3.2.1 압축강도, 인장강도 및 휨강도

매립회의 혼입률이 증가할수록 보통 콘크리트에 비해 상대적으로 압축강도는 증가하는 현상을 나타내었으며, 이러한 경향은 매립회가 배합수의 흡착을 통해 상대적으로 W/C비의 감소효과 때문으로 판단된다. 인장강도와 휨강도는 압축강도와 같은 경향을 나타내었으며, TA매립회의 경우 다른 지역의 매립회에 비해 상대적으로 낮은 강도값을 보이고 있는데 이러한 결과는 배합수량의 흡착량이 다른 매립회에 비해 다소 적기 때문으로 판단된다.

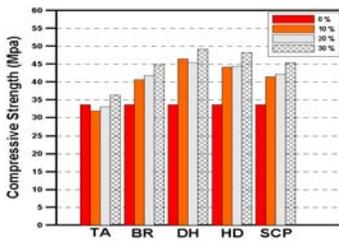


그림 3.3 매립회별 압축강도

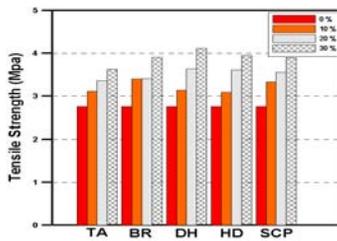


그림 3.4 매립회별 인장강도

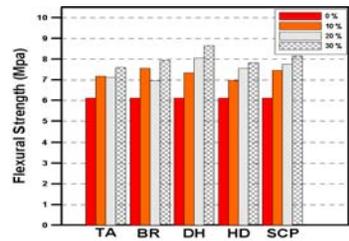


그림 3.5 매립회별 휨강도

3.2.3 탄산화 및 염소이온침투저항성

매립회를 혼입한 콘크리트의 탄산화 시험결과 콘크리트의 재령이 증가함에 따라 탄산화 깊이는 증가하는 경향을 나타내었으며, 탄산화 깊이는 매립회의 치환율이 증가할수록 Plain에 비하여 감소하는 경향을 나타내었다. TA 매립회의 경우는 Plain에 비해 상대적으로 다소 큰 탄산화 깊이를 나타냈으며 이러한 경향은 상대적으로 낮은 강도발현으로 다른 지역의 매립회에 비해 상대적으로 밀실하지 못하기 때문으로 사료된다.

재령 28일에서 염소이온침투저항성을 검토한 결과 TA매립회를 제외하고는 Plain에 비하여 통과 전하량은 비슷하거나 낮게 나타났다. TA 매립회가 낮은 염소이온 침투저항성을 나타낸 것은 압축 강도의 발현이 다른 매립회보다 낮아 상대적으로 조직이 치밀하지 않기 때문인 것으로 사료된다.

3.2.5 동결융해 검토 및 분석

매립회를 혼입한 콘크리트의 동결융해 시험결과는 탄산화, 염소이온침투저항성과는 다른 양상을 나타내었다. 매립회의 혼입률이 증가할수록 보통콘크리트에 비해 상대적으로 낮은 동결융해저항을 나타내었으며 이러한 경향은 매립회를 혼입할수록 공기량의 감소현상과 매립회의 흡착수에 의해 동결융해저항성이 감소한 것으로 사료된다.

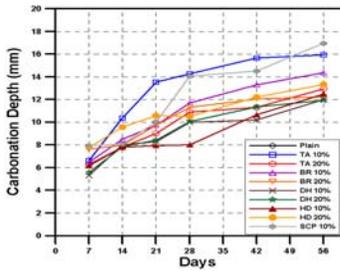


그림 3.6 매립회별 탄산화

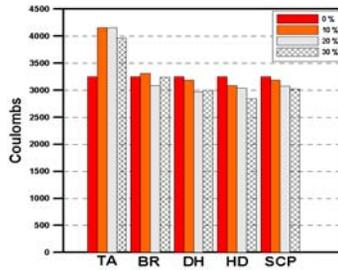


그림 3.7 매립회별 염해저항성

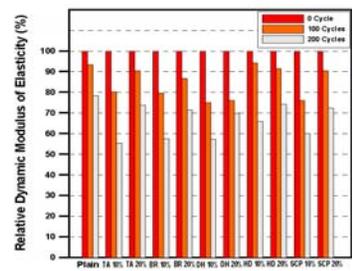


그림 3.8 매립회별 동결융해저항성

4. 결 과

매립회를 콘크리트용 잔골재로서 적용을 콘크리트의 기초물성을 검토한 결과는 다음과 같다.

1. 콘크리트의 굳지않은 성질을 검토한 결과 슬럼프 및 공기량은 매립회의 발생지역에 따라 현저한 차이를 나타냈으며, 이러한 경향은 매립회의 잔입자 함량에 의해 크게 영향을 미치는 것으로 판단된다.

2. 콘크리트의 강도특성을 검토한 결과 배합수의 흡착으로 인해 매립회의 혼입률이 증가할수록 강도는 점차 증가하는 것으로 나타났으며, 이러한 경향은 대부분 유사한 결과를 보이고 있다.

3. 매립회를 혼입한 콘크리트의 내구성능을 검토한 결과 탄산화와 염화물침투저항성능은 양호한 결과를 나타내고 있으나, 동탄성계수 측정결과 공기량의 감소와 매립회의 흡착수량에 따라 보통콘크리트 보다 다소 낮은 동결융해저항성을 나타내었다.

이상과 같이 도출된 결과를 토대로 향후 매립지별 매립회의 배합수 흡착특성과 성상에 따른 종합적인 특성 검토를 통한다면 콘크리트 잔골재로서 적용이 가능할 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 2007년도 전력산업연구개발사업에서 지원한 “발전소 매립회의 친환경적 활용을 위한 규격화 요소 기술” 사업으로 수행된 것으로 관계자 여러분께 감사드립니다.

참고문헌

1. 콘크리트 표준시방서(2003)
2. 송민섭, 장재봉, 조봉석, 김재환, 김용로, 김무한(2003), “국내 발전소별 바텀애시를 잔골재 대체재로 사용한 모르타의 특성에 대한 실험적 연구”, 대한건축학회, 학술발표논문집, 제23호, 제1권
3. P. Aggarwal, Y. Aggarwa, S.M. Gupta(2007), “Effect of bottom ash as replacement of fine aggregates in concrete”, Asian journal of civil engineering, vol 8, no 1