

석탄가스화발전 용융슬래그의 치환율 변화에 따른 빈배합 모르타르의 특성 분석

Properties of Lean Mixed Mortar with Various Replacement Ratio of Coal Gasification Slag

박 경 택¹

한 민 철²

현 승 용^{3*}

Park, Kyung-Taek¹

Han, Min-Cheol²

Hyun, Seung-Yong^{3*}

Doctor, Department of Architectural Engineering, Cheong ju University, Naedeok-Dong, Cheongju-City, 28503, Korea ¹

Professor, Department of Architectural Engineering, Cheong ju University, Naedeok-Dong, Cheongju-City, 28503, Korea ²

Doctor's Course, Department of Architectural Engineering, Cheong ju University, Naedeok-Dong, Cheongju-City, 28503, Korea ³

Abstract

This study reviewed the possibility of recycling into exhausted aggregate resources in Korea as a means of utilizing coal gasification slag(CGS) from integrated gasification combined cycle(IGCC) while being commissioned in order to introduce the new system to Korea. In other words, in order to solve the problem of insufficient aggregate resources, CGS generated by IGCC as a residual aggregate for concrete secondary products, which is an empty mortar, was considered to replace CGS in the range of 0 to 100 % for mixed residual aggregate mixed with crushed sand A(CSa) of good quality and sea sand(SS) of deep particles, which are the most commonly used in the domestic construction industry. According to the study, replacing CGS with CSa or crushed sand B(CSb)+SS by 25 % to 50 % resulted in good results in the aspect of the granularity of the aggregate and the workability and compressive strength of cement mortar, which were found to be usable.

Keywords : integrated gasification combined cycle, coal gasification slag, poor mortar, mixed aggregate, fine aggregate

1. 서 론

최근 국내에서는 미세먼지 등 대기환경에 대한 관심이 증대되고 있다. 이에 정부에서는 30년 이상 노후화된 석탄 화력발전소를 섣다운하는 방안을 마련한 바 있다. 화력발전소가 모여있는 충남의 경우, 충남 미세먼지 공동대책위원회는 “천만대의 경유차 및 수만개의 사업장을 관리하는 것보다 석탄화력발전소를 조기 폐쇄하는 것이 가장 빠르고 확실한 방법”이라고까지 주장하고 있다[1,2].

이에 국내의 모발전사에서는 석탄화력발전소를 대체할 수 있는 Figure 1과 같은 새로운 발전방식으로 석탄가스화복합발전(Integrated gasification combined cycle, 이하 IGCC)을 도입하여 현재 시운행중에 있다[3]. IGCC는 고온고압으로 석탄을 쪼내어 발전하는 방식으로 미세먼지, 온실가스 배출량이 기존의 석탄화력발전소에 비해 현저히 적다.

하지만 IGCC에서는 석탄가스화발전 용융슬래그(Coal gasification slag, 이하 CGS)라고하는 기존 석탄화력발전소와는 다른 형태로 부산물이 발생하고 있다. 따라서 IGCC가 국내에 처음 도입됨에 따라 CGS의 발생도 처음이기 때문에 CGS의 처리방안 및 활용방안 모색이 필요한 상황이다.

한편, 현재 국내 건설 산업은 천연골재 고갈, 해사 채취 금지 등으로 골재자원 부족현상이 문제시되고 있는데, 특

Received : April 8, 2019

Revision received : August 6, 2019

Accepted : September 30, 2019

* Corresponding author : Hyun, Seung-Yong

[Tel: 82-43-229-8480, E-mail: yc0933@naver.com]

©2019 The Korea Institute of Building Construction, All rights reserved.

히 굵은 골재보다 잔골재의 부족현상이 더욱 심각한 실정이다.

그러므로 본 연구에서는 CGS의 품질이 확인되지 않은 상태이므로 비교적 낮은 강도의 품질을 요구하는 콘크리트 벽돌, 블록, 보



Figure 1. Integrated gasification combined cycle(IGCC)

강토옹벽 등 콘크리트 2차제품에 우선적으로 적용 가능성을 확인하고자 한다. 즉, 부족한 잔골재 자원 확보 방안으로 콘크리트 2차 제품 생산업체에서 사용하는 단일골재 및 혼합골재에 IGCC에서 발생하는 CGS를 일정비율 치환하여 잔골재로 활용할 수 있는지에 대하여 모르타르 상태에서의 가능성을 검토하고자 한다.

2. CGS의 발생과 골재로서의 활용가능성

2.1 CGS의 발생

CGS의 발생과정은 Figure 2와 같은데, 먼저 원료로 석탄, 코크스, 석회석 등이 가스화기에 투입된다. 이때 가스화기 내부는 고온·고압의 상태이며, 투입된 원료는 슬래그 형태로 용융되어 가스화기 벽면을 타고 하부로 흘러내리게 된다. 가스화기 하부로 흘러내린 슬래그는 물을 분사하여 급냉되어 배출되게 된다.

2.2 골재로서의 활용가능성

CGS의 특성은 Table 1~4와 같다. 즉, 국내의 콘크리트용 골재인 경우에는 KS F 2527에 규정되어 있는 물리·화학적, 유해물질 함유량, 용융슬래그 유해물질 함유량 및 용출량 특성에 만족해야 한다. CGS의 경우에는 아직 콘크리트용 골재로 규격화가 되어있지 않기 때문에 현재에는 KS F 2527에 품질규정이 없다. 이에 따라 콘크리트용 골재의 기본인 천연골재(NS)의 규격과 CGS와 성질이 가장 유사할 것으로 예상되는 용융슬래그(MS)의 규격에 맞추어

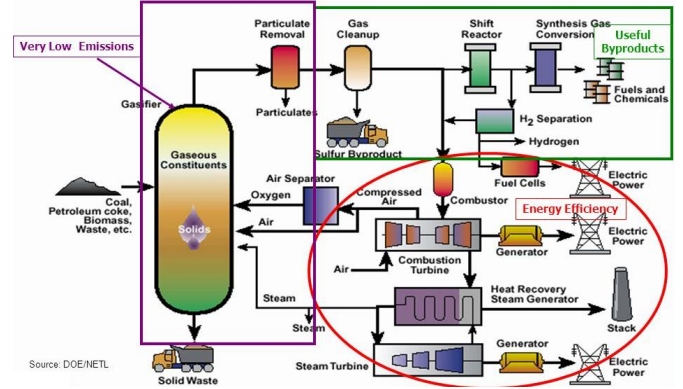


Figure 2. Process of occurrence of CGS

검토하였는데, SO₃량을 제외한 대부분은 품질 규격에 만족하는 것으로 나타났다.

Table 1. Physical properties of CGS

Series	Density (g/cm ³)	Water absorption rate(%)	Distribution of grain shape (%)	Test for soundness (%)	Expansion (%)	Fineness modulus
KS NS ¹⁾	2.50	3.0	-	10	-	-
F 2527 MS ²⁾	less than	less than	53 more than	-	2.0 more than	-
CGS	2.70	2.26	60.37	3.0	0	2.95

1)NS:Natural aggregate
2)MS:Melting slag aggregate

Table 2. Chemical properties of CGS

Series	CaO (%)	MgO (%)	S (%)	SO ₃ (%)	FeO (%)	Fe (%)	CaO/SiO ₂ (%)
KS NS ¹⁾	-	-	-	-	-	-	-
F 2527 MS ²⁾	45.0 less than	-	2.0 less than	0.5 less than	-	1.0 less than	-
CGS	13.1	2.0	0.29	0.9	1.28	0.84	0.9

1)NS:Natural aggregate
2)MS:Melting slag aggregate

Table 3. Hazardous substance properties of CGS

Series	Clay contents (%)	light asbestos (%)	Coal and lignite (%)	Impurity contents (%)	Passing ratio of 0.08 mm sieve(%)	Chloride contents (%)	L.O.I (%)
KS NS ¹⁾	1.0 less than	-	0.5 less than	-	3.0 less than	0.04 less than	-
F 2527 MS ²⁾	-	-	-	-	5.0 less than	-	-
CGS	0	0	0	0	1.07	0.002	0.17

1)NS:Natural aggregate
2)MS:Melting slag aggregate

Table 4. Chemical properties of CGS

Series	Cd	Pd	Cr ⁶⁺	As	Hg	Se	F	B
	0.01	0.01	0.05	0.01	0.0005	0.01	0.8	1.0
content (mg/L)	KS F 2527	less than	less than	less than	less than	less than	less than	less than
	0	0	0	0	0	0	0.39	0.26
	150	150	250	150	15	150	4 000	4 000
elution (mg/kg)	KS F 2527	less than	less than	less than	less than	less than	less than	less than
	0.41	0	0	1.94	0	0	0.14	108

3. 실험계획 및 방법

3.1 실험계획

본 연구의 실험계획은 Table 5와 같고, 배합표는 Table 6과 같다. 즉, CGS의 품질이 아직 확인되어 있지 않으므로 고품질보다는 20 MPa 전후인 콘크리트 2차제품에 우선 적용을 검토하고자 모르타르 배합비는 1 : 5, 물시멘트비 (W/C)는 70 %로 계획하였다. CSa와 CGS를 50 % 혼합한 경우를 Plain으로 하여 목표 플로를 180 ± 25 mm, 목표 공기량을 4.5 ± 1.5 %로 배합설계하여 모든 실험변수에 이를 동일하게 적용하였다. 이때 결합재는 OPC만을 사용하는 것에, 골재 변수로는 양호한 품질의 석산A(CSa), 불량 입도의 석산B(CSb)와 해사(SS)를 5 : 5비율로 혼합한 혼합골재 2수준에 대하여 CGS의 치환율을 0, 25, 50, 75, 100 %의 5수준으로 총 10배치를 실험계획하였다.

실험사항으로 굳지않은 모르타르에서는 플로, 공기량, 경화 모르타르에서는 3, 7, 28일의 압축강도 측정 및SEM 촬영하는 것으로 하였다.

Table 5. Experimental plan

	Factors	Levels
Mixture	C:S (W/C)	· 1:5 (70%)
	Flow (mm)	· 180 ± 25
	Air content (%)	· 4.5 ± 1.5
	Binder (%)	· OPC 100
	Fine aggregate type	· CSa · CSb + SS (5:5)
Experiment	CGS replacement rate of fine aggregate (%)	5 · 0, 25, 50, 75, 100
	Fresh mortar	2 · Flow · Air content
Experiment	Hardened mortar	2 · Compressive strength (3, 7, 28 days) · SEM(scanning electron microscope)

Table 6. Mixture proportions of mortar

Series	W/C (%)	W (kg/m ³)	C (kg/m ³)	Weight for unit volume of aggregate (kg/m ³)			AE (C/%)
				CS	SS	CGS	
CSa	0	238	340	1700	0	0	0
	25	239	341	1273	0	434	
	50	240	343	847	0	866	
	75	241	344	422	0	1296	
	100	242	345	0	0	1725	
CSb + SS	0	243	340	850	850	0	0
	25	244	341	637	637	434	
	50	245	343	423	423	866	
	75	246	344	211	211	1296	
	100	247	345	0	0	1725	

3.2 사용재료

본 연구에 사용한 재료로서, 먼저 시멘트는 국내산 1종 보통 포틀랜드 시멘트(Ordinary Portland Cement, 이하 OPC)를 사용하였고, 잔골재로는 KS F 2527 콘크리트용 골재 규격에 만족하는 골재(이하 CSa), 모든 품질 항목은 KS 표준에 만족하나 입도분포 만큼은 표준입도 범위를 벗어난 골재(이하 CSb), 입자가 너무 가늘어서 표준입도범위를 벗어난 해사(이하 SS) 모두는 국내산을 사용하였다. CGS의 경우는 T화력발전소에 있는 IGCC의 가스화기내에서 원료가 녹아 벽면을 타고 흘러내려 하부에 있는 물에서 수냉되어 발생한 시료를 채취하여 사용하였다. 각 각의 물리·화학적 성질은 Table 1, 2, 7 및 8과 같다. Figure 3은 CGS의 고배율 사진이며, Figure 4는 각종 잔골재의 입도곡선을 나타낸 것이다.

3.3 실험방법

본 연구의 실험방법으로 먼저 모르타르의 혼합은 KS L 5109에 의거하여 진행하였다. 굳지않은 모르타르의 특성 실험으로 플로는 KS L 5111, 공기량은 KS F 2421에의거하여 실험하였으며, 경화 모르타르의 실험으로 재령별 압축강도는 KS F 2326에 의거하여 측정하였다.

Table 7. Physical properties of cement

Density (g/cm ³)	Blaine (cm ² /g)	Soundness (%)	Setting time (min.)		Compressive strength(MPa)		
			Initial	Final	3 days	7 days	28 days
3.15	3 390	0.05	230	345	24.8	39.3	56.9

Table 8. Physical properties of fine aggregate

Type	Density (g/cm ³)	Water absorption ratio(%)	Passing ratio of 0.08 mm sieve(%)	Fineness modulus
CSa	2.61	1.57	3.44	2.71
CSb	2.67	1.63	6.82	3.56
SS	2.62	1.54	5.42	1.68
CSb+SS(5:5)	2.65	1.59	6.12	2.62

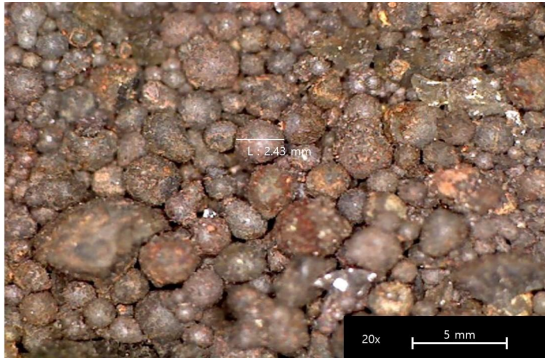


Figure 3. High-resolution microscope of CGS

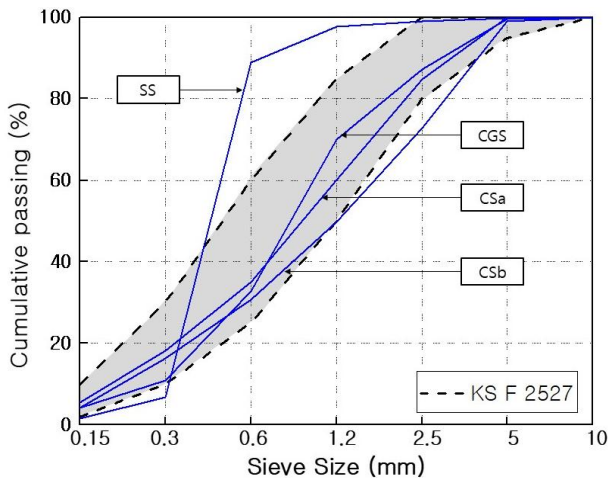


Figure 4. Grading curve depending on different types of fine aggregate

4. 혼합골재의 입도분포 분석

4.1 석산B+해사(CSb+SS)

Table 9는 본 연구에서 사용한 잔골재 중 CSb와 SS의 비율변화에 따른 물리적 성질을, Figure 5는 입도곡선을 나타낸 것이다. CSb : SS를 5 : 5로 혼합하면 표준입도범위 이내에 존재하고, 아울러 Figure 4에서와 같이 비교적 굵은 입자분포인 CGS와 혼합하는 것이 잔골재의 입도조정 측면에서 바람직할 것으로 판단된다.

Table 9. Physical properties of mixed fine aggregate(CSb+SS)

Fine aggregate		Density (g/cm ³)	Water absorption ratio(%)	Passing ratio of 0.08 mm sieve(%)	Fineness modulus
CSb	SS				
0	10	2.62	1.54	5.42	1.68
1	9	2.63	1.55	5.56	1.87
2	8	2.63	1.56	5.70	2.06
3	7	2.64	1.57	5.84	2.24
4	6	2.64	1.58	5.98	2.43
5	5	2.65	1.59	6.12	2.62
6	4	2.65	1.59	6.26	2.81
7	3	2.66	1.60	6.40	3.00
8	2	2.66	1.61	6.54	3.18
9	1	2.67	1.62	6.68	3.37
10	0	2.67	1.63	6.82	3.56

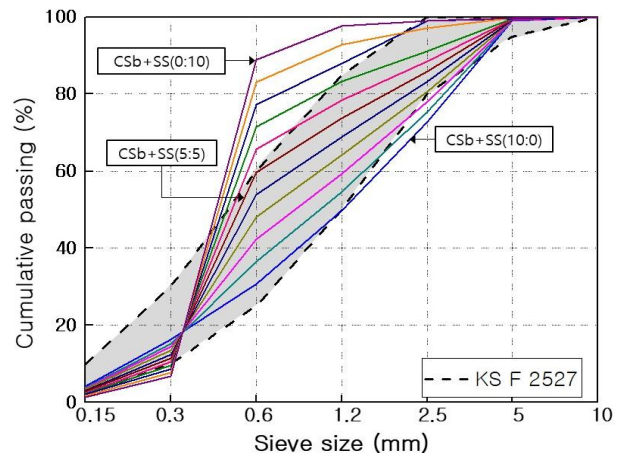


Figure 5. Grading curve depending on different types of mixed aggregate(CSb+SS)

4.2 CGS의 치환

실험계획에서 서술한 바와 같이 각 골재에 대한 CGS의 치환율은 0, 25, 50, 75, 100%로 하였다. Table 10은 CGS 치환율 변화에 따른 잔골재의 물리적 성질을 나타낸 것이고, Figure 6 및 7은 혼합되는 비율에 따른 입도분포를 나타낸 것이다. 전반적으로 각 잔골재 입도분포에서 CGS가 50% 전후로 혼합될 때 표준입도분포의 중앙쪽으로 안정적인 입자분포가 됨을 알 수 있었다.

Table 10. Physical properties of mixed fine aggregate(CGS)

Type	Aggregate CGS(%)	Density (g/cm ³)	Water absorption ratio(%)	Passing ratio of 0.08 mm sieve(%)	Fineness modulus
CSa					
CSa	25	2.63	1.74	2.85	2.77
	50	2.66	1.92	2.26	2.83
	75	2.68	2.09	1.66	2.89
	100	2.70	2.26	1.07	2.95
CSb + SS	0	2.65	1.59	6.12	2.62
	25	2.66	1.76	4.86	2.70
	50	2.68	1.93	3.60	2.79
	75	2.69	2.09	2.33	2.87
	100	2.70	2.26	1.07	2.95

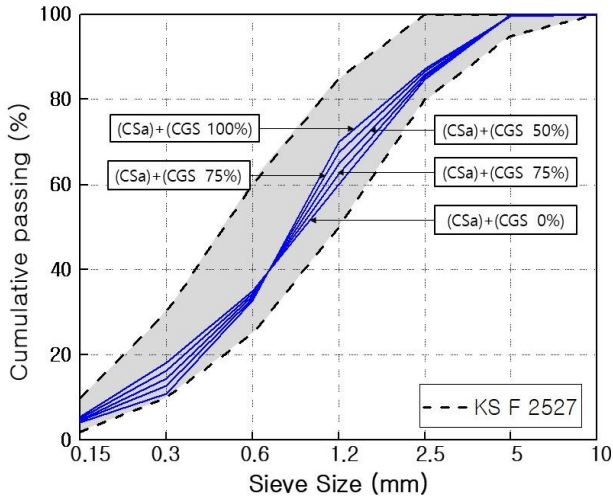


Figure 6. Grading curve depending on different types of mixed aggregate(CSa+CGS)

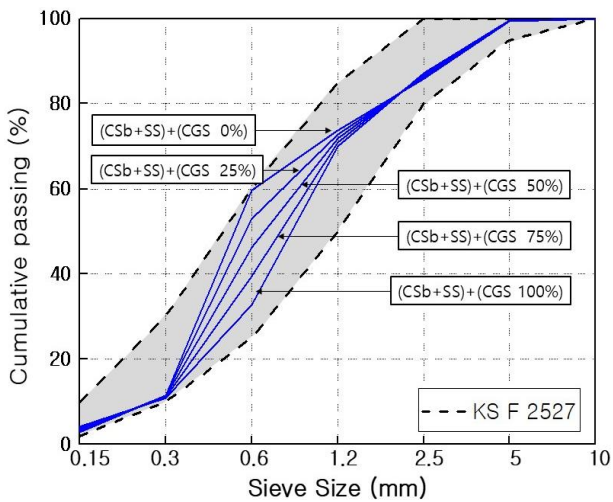


Figure 7. Grading curve depending on different types of mixed aggregate(CSb+SS+CGS)

5. 모르타르의 특성 분석

5.1 실험결과

Table 11은 본 연구의 모르타르 특성에 대한 실험결과를 나타낸 것이다. 즉, 굳지않은 모르타르에서는 플로, 공기량, 경화 모르타르에서는 3, 7, 28일의 압축강도를 나타낸 것이다.

5.2 굳지않은 모르타르의 특성

5.2.1 플로

Figure 8은 잔골재의 종류별 CGS 치환율 변화에 따른

Table 11. Result of experiment

Type	Flow (mm)	Air contents (%)	Compressive strength (MPa)			
			3 days	7 days	28 days	
CSa	Aggregate CGS(%) 0	178	7.5	12.2	15.2	28.0
	25	180	5.1	12.5	15.5	28.0
	50	183	4.8	10.2	14.8	27.5
	75	198	5.0	9.7	13.4	23.9
	100	205	5.1	8.4	11.9	21.2
CSb + SS (5:5)	0	120	8.0	10.2	11.6	21.4
	25	145	7.0	10.6	12.8	20.8
	50	183	5.7	10.6	13.6	21.5
	75	200	5.0	9.6	13.2	22.0
	100	205	4.7	8.4	11.9	21.2

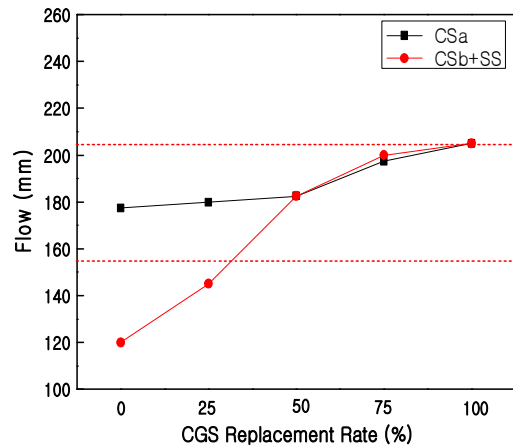


Figure 8. Flow with fine aggregate type and CGS replacement

플로치를 나타낸 것이다. CSa 배합에서는 CGS 치환율변화에 따라 모든 배합이 목표 범위를 만족하며 CGS 치환율이 증가할수록 플로값이 증가하는 것으로 나타났다. CSb+SS 배합에서는 CGS 치환율 0, 25 %의 경우 목표 범위보다 작은 값으로 나타났으나, CGS 치환율이 증가함에 따라 비례적으로 유동성이 증가하여 목표범위를 만족하는 것으로 나타났다. 이는 Figure 3와 같이 CGS의 둥근 입형에 따른 볼베어링 작용에 기인하여 유동성이 증가한 것으로 분석된다[4,5]. 따라서 콘크리트 2차제품용 잔골재로 CGS를 활용할 경우에는 유동성 증가에 효과적일 것으로 사료된다.

5.2.2 공기량

Figure 9는 잔골재의 종류별 CGS 치환율 변화에 따른 공기량을 나타낸 것이다. CSa와 CSb+SS 배합 모두 비슷한 경향으로 나타났는데, CGS 치환율이 증가함에 따라 공기량도 감소하는 것이 확인되었다. 이는 CGS 치환율 증가

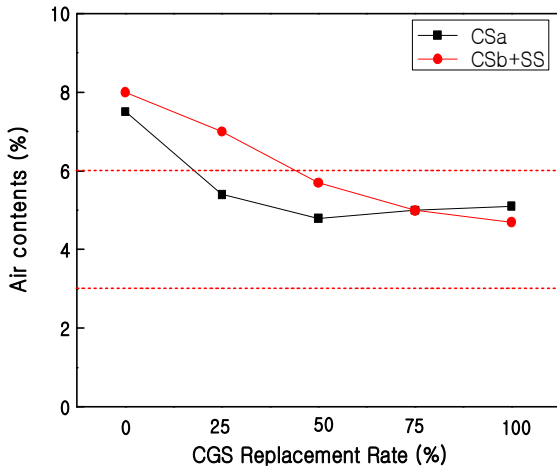


Figure 9. Air contents with fine aggregate type and CGS replacement

에 따라 골재의 입도가 조정되어 공극충전효과에 기인한 것으로 갇힌 공기가 감소하여 공기량이 감소된 것으로 판단된다.

5.3 경화 모르타르의 특성

5.3.1 재령에 따른 압축강도

Figure 10은 잔골재 종류 및 CGS 치환율별 재령의 log 함수적 경과에 따른 압축강도를 나타낸 것이다. 먼저 전반적으로 CSb+SS 배합보다 CSa 배합의 압축강도가 큼을 알 수 있다. 또한, CSa 배합의 경우는 CSb+SS 배합보다 재령의 초반부인 3~7일간보다 후반부인 7~28일 사이에서 압축강도가 크게 증가하는 것으로 나타났다. 이는 골재의 입자분포특성으로 빈배합의 경우는 조립률이 크고, 0.3 mm 이하 미립자량이 많을수록 유리한데, CSb+SS보다 CSa가 조립률도 크고 미립자량이 많음에 기인한 결과로서 이 경향은 특히 7일과 28일 사이의 강도발현에 중요한 영향을 미치게 됨을 알 수 있었다.

5.3.2 CGS 치환율에 따른 압축강도

Figure 11은 잔골재 종류 및 재령별 CGS 치환율 변화에 따른 압축강도를 나타낸 것이다. 먼저 CSa 배합에서는 CGS 치환율 50%까지는 크게 변화하지 않는 것으로 나타났으나, CGS 치환율 75%부터는 감소하는 것으로 나타났다. 이는 CGS 치환율 50%까지는 Figure 6에서의 입도개선과 Figure 9에서의 공기량 감소에 기인하여 압축강도가

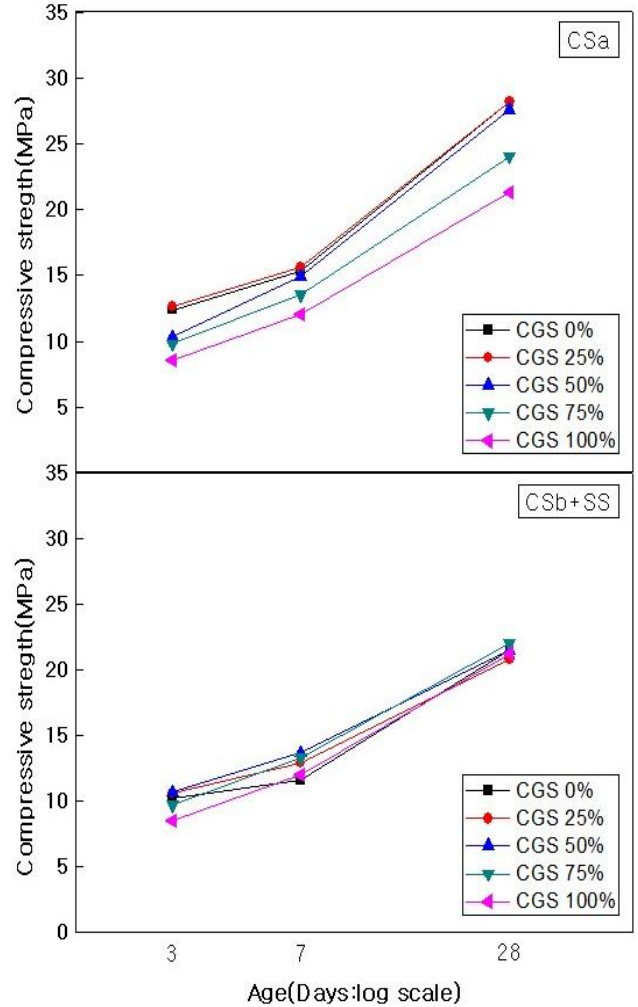


Figure 10. Compressive strength with fine aggregate type and age(CGS replacement 0~100%)

변화없게 나타난 것으로 분석된다. 또한, CGS 치환율 75% 이상 치환한 경우는 Figure 3과 같이 구형의 유리질 입자에 의한 부착력 저하에 의해 강도가 감소한 것으로 판단된다.

CSb+SS 배합의 경우 재령 3, 7일에서는 CGS 치환율 50%까지 증가하고, 75%부터 감소하는 경향으로 나타났으나, 재령 28일에서는 전반적으로 모든 배합이 혹은 비슷한 수준의 압축강도를 발휘하는 것으로 나타났다. 이는 현재 실무에서 많이 사용하고 있는 석산과 해사를 혼합하여 사용하는 배합과 CGS 치환한 배합이 비슷한 수준의 압축강도를 발휘하는 것을 의미한다. 따라서 CGS를 콘크리트 2차제품용 잔골재로 활용할 때 CSa 배합에서는 CGS 치환율 25%, CSb+SS에서는 50%에서 가장 큰 압축강도를 발휘하는 것이 확인되었다.

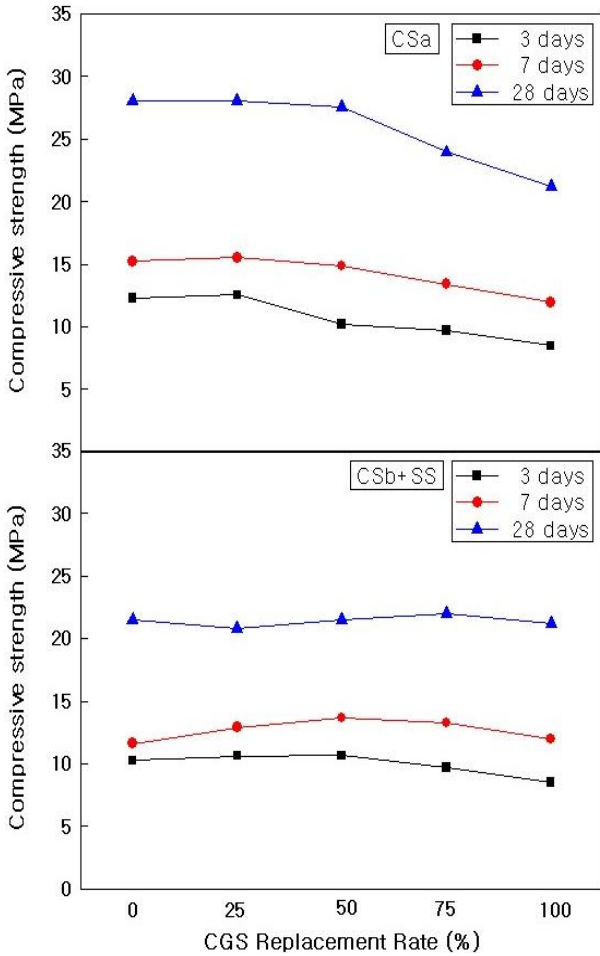


Figure 11. Compressive strength with fine aggregate type and CGS replacement(3~28 days)

Figure 12는 골재종류 및 재령별 CGS 치환율 변화에 따른 압축강도 발현율을 나타낸 것이다. 즉, CGS 치환율 0%인 배합의 압축강도를 100%로 하였을 때 CGS 치환율 변화에 따른 압축강도의 비를 나타낸 것이다. 그 결과 CGS를 25~50%정도 치환할 경우 모든 배합에서 약간 증가하거나 혹은 비슷한 수준의 압축강도를 발휘하는 것으로 나타났다. 특히, CSb+SS에 CGS를 치환한 경우에는 재령 3일을 제외하고는 큰 문제가 없는 것으로 나타났다.

5.3.3 골재종류간 비교분석

Figure 13은 CSa+CGS 배합과 CSb+SS+CGS 배합을 상호 비교한 것이다. 전반적으로 CSa 배합에서 CGS를 치환한 것이 CSb+SS에 CGS를 치환한 배합에 비해 높은 압축강도를 발휘하고 있는데, 특히 재령 28일과 같이 재령이 경과할수록 그 차이가 크게 나타나는 것을 확인할 수 있었

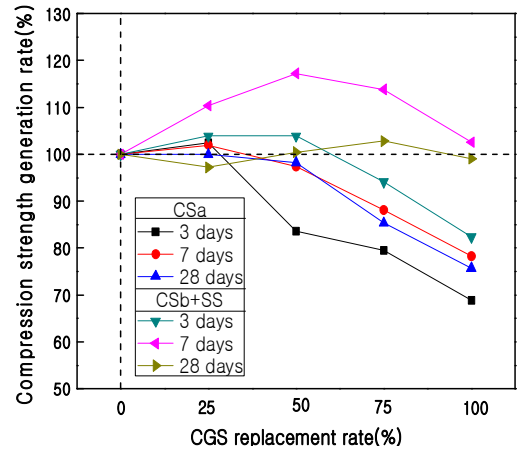


Figure 12. Compressive strength generation rate with fine aggregate type and CGS replacement

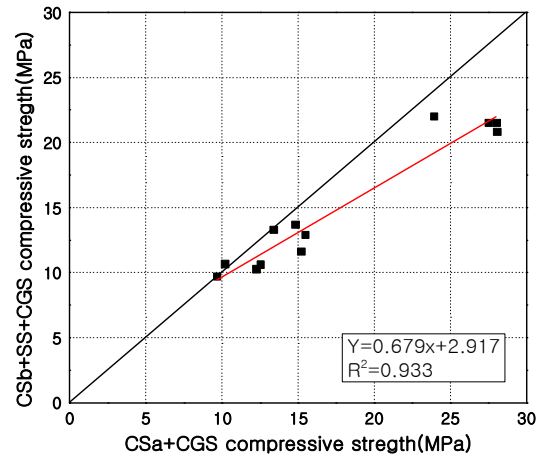


Figure 13. Correlation between compressive strength CSa+CGS and compressive strength with CSb+SS+CGS

다. 이는 CSb+SS의 입도보다 CSa의 입도가 양호함에 기인한 것으로 분석된다.

5.3.4 미세분석(SEM:Scanning Electron Microscope)

Figure 14는 CGS를 치환한 콘크리트를 SEM 촬영한 것이다. 일반 골재를 사용한 콘크리트에서 나타나는 형태와 유사하게 수화가 진행됨을 알 수 있었다. 따라서 CGS에 의한 추가적인 수화는 없는 것으로 사료된다.

5.4 해외연구와의 비교

우리나라보다 비교적 먼저 IGCC를 도입하여 CGS에 대한 연구를 진행한 일본의 결과와 본 논문의 결과를 비교하면 다음과 같다[6,7].

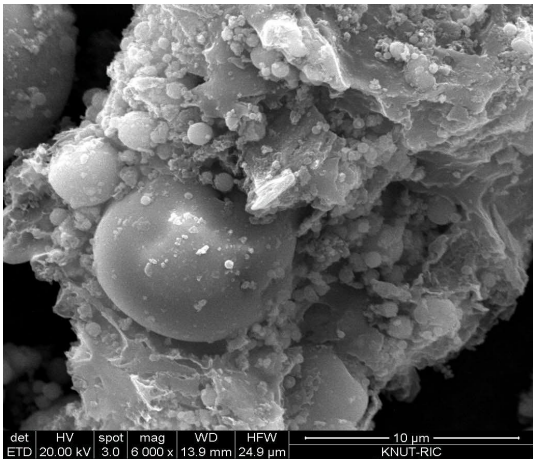


Figure 14. SEM of CGS concrete

Table 12. Analysis of quality change rate

Type	CGS replacement (%)					
	0	25	50	75	100	
Flow	100	101	103	111	115	
Air contents	100	68	64	67	64	
CSa	Compressive strength (3 days)	100	102	83	79	69
	Compressive strength (7 days)	100	102	98	88	79
	Compressive strength (28 days)	100	100	98	85	76
Flow	100	121	153	167	171	
Air contents	100	88	71	63	59	
CSb + SS	Compressive strength (3 days)	100	104	104	65	83
	Compressive strength (7 days)	100	111	118	114	103
	Compressive strength (28 days)	100	97	100	102	99

1) Compressive strength with CSa

* □ less than 100 %, ■ 100~120 %, ▨ higher than 120 %

5.4.1 유동성 및 공기량

본 논문의 결과는 CGS의 치환율이 증가함에 따라 유동성도 증가하는 경향을 나타내었는데, 일본 연구에서도 본 논문과 동일하게 CGS의 구형 입자가 유동성을 증진 시킨 것으로 나타났다. 공기량은 CGS의 치환율이 증가함에 따라 공기량이 감소하는 것으로 나타났는데, 일본 연구와 유사한 결과로 이는 미연탄분에 의한 AE제 흡착작용에 기인하여 저하한 것으로 분석하고 있다.

5.4.2 압축강도

본 논문의 결과, CGS의 치환율 50%까지 압축강도가 양호하게 발휘되는 것으로 나타났다. 단, 일본 연구의 경우

에는 CGS의 치환율이 증가함에 따라 비례적으로 증가하는 것으로 나타나고 있는데, 이는 CGS의 포졸란반응에 기인한 것으로 분석하고 있다.

5.5 종합분석

Table 12는 CGS를 치환하지 않은 배합을 100%로 하여 골재 종류별 및 CGS 치환율 변화에 따른 품질 변화율을 종합적으로 분석하여 나타난 것이다. CSa 배합의 경우에는 CGS를 25% 정도 치환하여 사용할 때 전반적인 품질이 향상되는 것으로 나타났고, CSb+SS 배합의 경우에는 CGS를 50% 정도 치환하여 사용할 때 전반적인 품질이 양호한 것으로 밝혀졌다.

6. 결론

본 연구는 국내에 새로운 발전방식을 도입하고자 시운전 중인 IGCC에서 발생하는 CGS의 처리 및 활용방안으로써 빈배합 모르타르인 콘크리트 2차제품용 잔골재로서의 가능성을 분석하였는데, 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) 골재의 입도분포 측면에서는 굵은 입자가 많아 표준입도를 벗어난 CSb와 가는 입자가 많아 표준입도를 벗어난 SS를 5:5의 비율로 혼합하면 표준입도범위를 만족하는 것을 알 수 있었다. 또한, 양호한 입도의 CSa와 CSb : SS를 5 : 5로 혼합한 혼합잔골재에 CGS를 50% 전후 치환할 때 표준입도범위의 중앙에 안정적으로 분포함을 알 수 있었다.
- 2) 모르타르 실험 중 플로는 CGS의 치환율이 증가할 경우 비례적으로 증가하는 것으로 나타났다. 특히, CSb+SS 배합의 경우는 CSa보다 비교적 크게 증가하는 것을 확인하였다.
- 3) 공기량은 CGS 치환율 증가에 따라 CGS에 포함되어 있는 미연소탄분에 의한 AE제 흡착작용에 기인하여 감소하는 것으로 나타났는데, 콘크리트 2차제품 생산 현장에 적용할 때에는 AE제량 증가 등 공기량 감소에 대한 대책에 충분한 고려가 필요할 것으로 사료된다.
- 4) 압축강도는 CSa 배합의 경우 CGS를 25% 정도 치환할 때 증가하였고, CSb+SS 배합의 경우에는 50% 정도 치환할 때 압축강도가 증가하는 것으로 나타났다. 단, 75~100%치환 할 경우는 약간 저하하는 경향이 있지만 전반적으로 큰 문제는 없는 것으로 사료된다.

이상을 종합하면 CGS를 콘크리트 2차제품용 잔골재로 25~50% 정도 치환하여 사용하면 유동성 증가 및 강도증진 및 폐기물처리에 긍정적인 효과로 기대됨에 CGS의 활용가능성을 확인할 수 있다. 향후의 연구로써 내구성 평가, 시제품 생산 및 경제성 분석 등을 통하여 실무적용가능성을 검토하고자 한다.

요 약

본 연구는 국내에 새롭게 도입하고자 시운전중인 석탄가스화복합발전(IGCC)에서 발생하는 석탄가스화 용융슬래그(CGSl)를 국내의 부족한 골재자원으로 재활용 가능성을 검토하였다. 즉, 부족한 골재자원확보를 위해 IGCC에서 발생하는 CGSl을 빈배합 모르타르인 콘크리트 2차제품용 잔골재로 활용하고자 국내 건설산업에서 가장 많이 사용되고 있는 석산의 부순 잔골재로 양호한 품질의 CSa 및 굵은 입자로 표준입도를 벗어난 CSb와 해사인 SS를 혼합한 혼합잔골재에 CGSl을 0~100% 범위에서 치환하는 것을 검토하였다. 연구결과, CSa 혹은 CSb+SS에 CGSl을 25~50% 정도 치환할 경우 골재의 입도측면 및 시멘트 모르타르의 유동성 및 압축강도 측면에서 양호한 결과가 얻어져 활용가능함을 확인할 수 있었다.

키워드 : 석탄가스화복합발전, 석탄가스화발전 용융슬래그, 빈배합 모르타르, 혼합골재, 잔골재

ORCID

Kyung-Taek Park, <http://orcid/0000-0001-9378-6740>

Min-Cheol Han, <http://orcid/0000-0002-2555-673X>

Seung-Yong Hyun, <http://orcid/0000-0002-2615-3625>

References

1. Yonhap news agency[Internet]. Korea:[2019 Mar 19]. Available from: <https://www.yna.co.kr/view/AKR2019031-9054700063?input=1195m>
2. Shin KD, Ji WR, Lee GC, Cho DY. Study on properties of concrete using cgs as admixture. Proceedings of Architectural Institute of Korea; 2018 Oct 26; Pyeongchang, Korea, Seoul(Korea): Architectural Institute of Korea; 2018, p. 498-9.
3. The Financial News[Internet]. Korea:[2018 May 03]. Available from: <http://www.fnnews.com/news/2018050314-22284039>
4. Han JH, Lee YJ, Hyun SY, Park KT, Han MC, Han CG. Properties of cement mortar using cgs as mixed fine aggregate. Proceedings of The Korea Institute of Building Construction; 2018 May 16; Jeju, Korea, Seoul(Korea): The Korea Institute of Building Construction; 2018, p. 138-9.
5. Han JH, Lee YJ, Hyun SY, Park KT, Han MC, Han CG. Engineering properties of general strength mortar using cgs as mixed fine aggregate. Proceedings of Korea Concrete Institute; 2018 May 2; Changwon, Korea, Seoul(Korea): Korea Concrete Institute; 2018, p. 185-6.
6. Masahumi K. Possibility of utilization of the coal gasification slag as fine aggregate for concrete. Miyagi Daigaku Shokusan Gakubu Kiyou, 2006, p. 35-43.
7. Masafumi K. Fundamental studies on the utilization of the coal gasification slag as fine aggregate for concrete. Japan Concrete Institute, 2006, p. 71-6.