

유리섬유강화슬래그(Glass-fiber Reinforced Slag)의 경관석 성능 적합성 평가*

윤복모¹⁾ · 이용복¹⁾ · 구본학²⁾

¹⁾ 상명대학교 대학원 환경자원학과 · ²⁾ 상명대학교

The Suitability Assessment of Performance Standards on Landscaping Rocks of GRS(Glass Fiber Reinforced Slag) Panels*

Yoon, Bok-Mo¹⁾ · Lee, Yong-Bok¹⁾ and Koo, Bonhak²⁾

¹⁾ Graduate School, Sang Myung University, ²⁾ Sang Myung University.

ABSTRACT

This study was carried out to verify the suitability of GRS(Glass-fiber Reinforced Slag) as natural type landscape stone according to the material property and structural safety performance standards.

The structural safety performance of the GRS panel showed 12.4MPa and 16.2MPa each in flexural strength at 2 and 3% content of glass fiber while the flexural strength at 4 and 5% of glass fiber content showed 26.9MPa, and 30.2MPa, respectively, all satisfying the standards. In addition, air-dried gravity was found to be 1.82~1.89 in measuring range at 2~5% level of glass fiber content, satisfy the existing standards 1.8~2.3.

In structural safety performance, the range of flexural strength consequent on glass fiber content was surveyed to be 12.8~30.2MPa, all satisfying the performance standards, while 10MPa and more while the compressive strength range was found to be 41.5~53.3MPa, all satisfying the performance standards, 40~60MPa.

This study judged the suitability of only the items for a property of matter of landscape stone GRS by applying the natural-form landscape stone GFRC material standard, but in case an installation

* 본 연구는 2012년도 상명대학교 연구비 지원으로 수행되었음

First author : Yoon, Bok Mo. Graduate School, Sang Myung University,

Tel : +82-11-245-1736, E-mail : ybm60111@naver.com

Corresponding author : Koo Bonhak, Sang Myung University,

Tel : +82-10-3412-1471, E-mail : ecoculture9@gmail.com

Received : 2 November, 2012. **Revised** : 9 January, 2013. **Accepted** : 5 February, 2013.

constructed with GRS material comes into existence later, there should be comprehensive performance guidelines through the research on durability, landscape performance and environmental and ecological performance.

Key words : *GFRC, Material property, Structural safety performance, Performance standards, Performance guidelines.*

I. 서 론

최근 소득수준 향상으로 인한 생활패턴의 변화가 진행되면서 테마공원 등과 같은 옥외 조경 공간 조성이 활발히 이루어지고 있다. 또한, 경관 향상 및 복합기능을 가진 공간조성 등을 위해 인공폭포 및 벽천 등과 같은 시설들이 도입되어 지역의 랜드마크로서의 기능과 더불어 지역의 상징성과 이미지를 제고하고 있다. 이와 같은 수요 증대에 비해 자연석은 점차 고갈되어 자연형 경관석과 같은 대체소재 개발 및 효과적인 시공기술과 더불어 기존의 재료를 재활용할 수 있는 효과적인 기술이 접목되어야 할 필요성이 꾸준히 제기되고 있다.

이런 흐름에 따라 그동안 유리섬유강화플라스틱(Fiber glass Reinforced Plastics; FRP), 유리섬유강화콘크리트(Glass Fiber Reinforced Concrete/Cement; GFRC) 등과 같은 인조 경관석이 지속적으로 사용되고 있으나 최근에는 기후변화 대응 및 자원재활용 등의 환경친화적 이슈가 대두되면서 자연석과 같은 표면처리가 가능하고 성능이 동등하면서도 자원재활용을 통해 유한한 자원을 대체할 수 있는 소재가 요구되고 있다.

이와 관련하여 재생골재 및 슬래그 등의 산업부산물을 재활용한 제품의 개발이 지속적으로 이루어지면서 건설폐기물에 대한 일반인들의 인식개선과 한정된 자원의 절약 측면에서 플라이애쉬(Fly Ash), 고로슬래그(Blast Furnace Slag) 등을 활용하기 위한 많은 연구들이 진행 중이며 이미 현장에서는 콘크리트의 재료로 활용되고 있다.

본 연구와 관련된 사례로는 슬래그를 활용한 콘크리트 및 시멘트의 재료 특성, 활용 기술, 물성에 관한 연구가 주로 이루어져 왔다. 재료특성 관련 연구로는 Kim *et al.*(2007)에 의해 고로슬래그 미분말을 활용한 콘크리트의 공학 및 내구 특성에 관한 연구, Yang *et al.*(2011)에 의한 고로슬래그 기반 알칼리 활성 콘크리트 벽돌의 재료 특성에 관한 연구, Song(1994)에 의한 고로슬래그를 이용한 시멘트의 특성에 관한 연구 등이 있다. 또한, Yoon(1995)은 고로슬래그 미분말을 사용한 콘크리트 특성 연구를 수행한 바 있다. 슬래그 제품의 활용기술의 경우 Kim *et al.*(2006)에 의해 연안생태계 복원을 위 전로슬래그의 유효 활용 기술 연구가 있으며, Kim *et al.*(2002)은 해양의 인공어초 슬래그 콘크리트 제조에 관한 연구를 통해 생태적인 효과를 나타낼 수 있는 제품의 활용연구를 수행한 사례가 있다. 산업부산물을 활용한 소재의 물성에 관한 연구사례로 Architectural Institute of Korea(2007)에서는 고로슬래그시멘트·콘크리트의 물성평가 및 현장 적용 연구를 수행한 바 있으며 Choi and Kang(2008)은 고로시멘트·콘크리트의 현장 적용성 평가에 관한 연구를 각각 수행하였다. 또한, YI and Soh(1998)는 소석회를 혼입한 고로슬래그 시멘트 모르타르의 강도특성에 관한 연구, Jeong *et al.*(2006)은 황토와 고로슬래그 미분말을 첨가한 콘크리트의 역학적 성능평가 연구를 각각 수행하였다.

이와 같은 사례를 종합해 볼 때 산업부산물을 활용한 재료 중 고로슬래그, 플라이애쉬 등을 관한 연구와 재료의 특성과 제품의 물성을

측정하여 평가하는 연구는 있으나 재활용 재료로서의 슬래그를 활용한 소재의 성능기준에 대한 연구는 이루어지지 않았으며 다만 유사연구로서 자연형 경관석인 GFRC의 성능기준에 관한 연구(Yoon and Koo, 2012)를 통해 물성, 내구성능 및 경관성능에 대한 평가기준 설정과 현장조사를 통한 검증이 이루어지긴 하였으나 산업부산물을 활용한 경관석 성능기준에 관련된 연구는 전무하다.

본 연구에서는 자연석 대체 소재의 개발이 요구되고 있는 시점에서 산업부산물인 고로슬래그를 활용한 경관석으로, 건설 산업 전반에 걸쳐 활용범위가 넓어지고 있는 유리섬유강화슬래그(Glass fiber Reinforced Slag; GRS)소재가 일반 시멘트를 대체하여 자연형 경관석 성능기준에 적합한지를 검증하기 위한 목적으로 수행되었다.

II. 연구방법

본 연구는 산업부산물인 고로 슬래그를 활용하여 수밀성 및 내구성이 우수하고 기술적 측면에서 대표성이 있다고 인정되는 GRS를 대상으로 수행되었다. 검증항목으로는 GRS를 조경공

간의 경관석으로 인식하여 일반적인 물성이 아닌 조경구조재로서 요구되는 성능기준을 고려하였다.

1. GRS소재의 특성

자연형 경관석이란 자연석의 질감 및 외형을 나타내는 대체재로서 적절한 혼화재, 배합비율 조절, 마감처리, 기타 기술적 방법을 통해 제작되는 시멘트, 콘크리트를 의미한다. 대표적인 자연형 경관석의 종류 및 재료 구성은 다음 Table 1과 같다.

GRS는 주로 산업부산물인 고로슬래그를 사용하며, 이외에도 플라이애쉬 등을 활용한 공법들이 연구, 개발되고 있다. 재료구성도 GRC, GFRC의 주재료인 시멘트 대신 고로슬래그로 100% 대체하고, 수밀성 증대를 통한 강도를 증가시키는 소석회를 첨가한 점이 다르다.

GRS는 산화지르코늄(ZrO_2) 15~20%를 함유한 내알칼리 유리섬유(AR-Glass)를 사용하여 중량을 줄이면서도 패널의 강도를 유지시키며 산업부산물을 재활용한다는 측면에서 경제성이 확보된 소재이다. 즉, 일반 시멘트를 사용한 GFRC에 비해 단위중량이 적고, 하중에 대한 부담이 경감되기 때문에 대규모 시공에 사용되

Table 1. The type and material composition of landscaping rocks.

Type	Compositions of material							
Fiber glass reinforced plastics (FRP)	Polyester resin	Glass fiber (E-Glass)	Hardener	Talc	Pigment	-	-	-
Glass fiber reinforced cement (GRC)	Cement	Glass fiber (AR-Glass)	Water	Sand	Pigment	Water reducing agent	-	-
Glass fiber reinforced concrete (GFRC)	Cement	Glass fiber (AR-Glass)	Water	Sand	Pigment	Superplasticizer	Pump aid	Polymer
Glass fiber reinforced slag (GRS)	Blast furnace slag	Glass fiber (AR-Glass)	Slacked lime	Water	Sand	Pigment	Superplasticizer	Pump aid
Shotcrete	Cement	-	Water	Aggregate (Sand, gravel)	Pigment	Water reducing agent	Pump aid	-

있을 경우 구조적 안정성 유지가 가능하다. 다만, 고로슬래그 자체로는 수경성이 존재하지 않고 알칼리 물질에 의해 서서히 반응하는 잠재수경성이 있으며 이런 이유로 초기강도가 낮기 때문에 이를 보완하기 위해 소석회(Shoh)가 첨가된다(YI and Soh, 1998).

이와 같이, GRS는 GFRC의 장점인 내화성, 내구성을 유지하면서도 곡면처리, 요철, 질감 및 색상 등의 조형성을 갖추고 있고 휨강도, 압축강도 등을 동등 수준으로 유지하면서도 두께 및 중량의 감소를 통한 기타 구조안전성을 보장할 수 있다. 가장 보편적인 용도로는 항만, 댐 등의 대용량 시설물에 이용되었으나 경제성과 우수한 내구성으로 인해 건축구조물, 토목, 조경용 재료 외에도 특히 친환경재료로서 그 사용범위가 넓어지고 있다.

2. 연구 방법

(1) 연구범위

Kim(2008), Kim *et al.*(2007), Cheong(2009), Koo *et al.*(2008)에 의하면 성능은 재료성능, 구

조안전성능, 내구성능, 환경부하저감성능, 경관성능, 생태성능 등으로 구분이 가능하다. 현재 GRS패널 제품이 대량 생산되어 시공되는 단계로서 성능기준 적합성에 대한 검증이 시급하나, 아직 목적물의 현장조사가 요구되는 내구성능 및 경관성능의 경우 적용이 어렵다고 판단되어 본 연구에서는 현 단계에서 검증이 가능한 재료물성 및 구조안전성능으로 국한하여 검증하였다. 시험기간은 2012년 3월부터 2012년 9월까지였으며 시험은 국제공인인증기관인 한국건설생활환경시험연구원에 의뢰, 분석하였다.

(2) 시험용 시편

시험용 시편은 재령28일 경관석 GRS 패널 시편(40×40×160mm)을 제작하였다(Figure 1, Table 2). 주요 재료 배합비율은 고로슬래그 46.5~52.5%, 소석회 15~18%, 모래 28~30% 등이며, 유리섬유 함유율과 기건비중은 중소기업청표준(KICM-GQ-066), 압축강도와 휨강도의 경우 한국산업표준(KS F 2476)에 의거, 실시하였다. 유리섬유 함유



Figure 1. The specimens for GRS performance test.

Table 2. The manufacture of specimen for GRS performance test.

Test item		Glass fiber content ratio				Remarks
		2%	3%	4%	5%	
Structural safety performance	Flexural strength	2-1,2,3	3-1,2,3	4-1,2,3	5-1,2,3	Three repeated
	Compressive strength	2-1,2,3	3-1,2,3	4-1,2,3	5-1,2,3	Three repeated
Material property	Air-dried gravity	2-1,2,3	3-1,2,3	4-1,2,3	5-1,2,3	Three repeated

율에 따른 휨강도, 압축강도, 기건비중 실험을 위해 유리섬유 함유율 2%, 3%, 4%, 5% 비율로 함유한 시편을 각 항목별로 3반복 실험을 실시, 총 36개의 시편을 제작하며 평균값을 환산하여 결과를 도출하였다.

(3) 검증

본 연구의 주제인 GRS에 대한 기준 적합성을 검증하기 위해 기존 연구를 통해 제안된 자연형 경관석 성능기준(Yoon and Koo, 2012)을 활용하여 휨강도 및 압축강도 측정결과를 도출하고 이를 기존 사례에 적용하여 기준의 적합 여부를 평가하였다.

제안된 재료성능과 구조안전성능의 항목 및 기준은 다음과 같다(Table 3).

III. 결과 및 고찰

1. 구조안전성능 평가

GRS의 유리섬유 함유율은 자연형 경관석 GFRC 소재와 마찬가지로 휨강도 및 압축강도에 직접적인 영향을 미치는 가장 핵심적인 항목이다.

검증시험 결과 유리섬유 함유율 2%(휨강도 12.8 MPa, 압축강도 41.5MPa), 3%(휨강도 16.2MPa, 압축강도 43.6MPa), 4%(휨강도 26.9MPa, 압축강도 46.5MPa), 5%(휨강도 30.2MPa, 압축강도 53.3MPa) 비율에 따른 평균값들이 측정되었다(Table 4). 유리섬유 함유율 2~5% 범위에서 휨강도의 평균치는 12.8~30.2MPa로서 성능기준 10MPa를 만족하였으며, 압축강도는 41.5~53.3MPa로 나타나 압축강도 성능기준 40~60MPa를 만족시킴으로써 GRS

Table 3. The performance standards of landscaping rocks (Material performance, structural safety performance).

Performance requirement	Performance requirement item	Performance assessment standards		Measurement method
		Standard value	Assessment method	
Material performance	Glass fiber content ratio(%)	2~3	KICM-GQ-066, KS F 2476	Experiment
	Air-dried gravity(t/m ³)	1.8~2.3	KICM-GQ-066	Experiment
Structural safety performance	Flexural strength(MPa)	10 이상	KS F 2476	Experiment
	Compressive strength(MPa)	40~60	KS F 2476	Experiment

Table 4. The results of GRS performance test (Structural safety performance).

Performance type	Performance item	Test specimen	Glass fiber content ratio				Performance standard
			2 %†	3 %†	4 %	5 %	
Structural safety performance	Flexural strength (MPa)	I	12.5	16.5	23.9	31.5	More than 10MPa
		II	13.2	15.8	31.2	29.8	
		III	12.7	16.3	25.7	29.4	
		Average	12.8*	16.2*	26.9*	30.2*	
	Compressive strength (MPa)	I	40.4	44.5	47.8	52.8	40-60MPa
		II	41.2	43.8	43.5	53.4	
		III	42.8	42.4	48.2	53.8	
		Average	41.5*	43.6*	46.5*	53.3*	

※ Test : Carried out by KS F 2476.

* The average of three repetitive test results by specimen(40×40×160mm)(Korea Conformity Laboratories, KCL).

† The performance standard of glass fiber content ratio.

패널은 구조안전성능인 휨강도 및 압축강도 성능 기준에 각각 부합되는 것을 알 수 있었다.

구조안전성능과 관련하여 타 사례 결과와 비교했을 때 휨강도는 Architectural Institute of Korea(1997)의 경우 섬유보강 콘크리트 소재의 유리섬유 함유율 2.5~5% 범위에서 휨강도를 측정 한 결과 2.5%에서는 22.1MPa, 3%에서는 24.5MPa를 나타냈고 4.0%일 때 29.4MPa, 5.0%에서는 34.3MPa로 나타났으며 전체적으로 22.1~34.3MPa를 기록하였다. Park(1990)의 연구에서도 역시 GFRC소재에서 유리섬유 함유율 2.5~5.5%범위에서 22MPa부터 37MPa를 기록하여 역

시 유사한 결과를 나타냈다. 두 연구에서 모두 유리섬유 함유율이 증가할수록 휨강도가 지속적인 증가 추세를 나타냈다. 또한, Kim(1978)은 GFRC 소재에서 유리섬유 함유율이 증가할수록 인장강도, 파열강도, 충격강도가 지속적으로 증가한다고 보고하였으며 Won(1986)는 유리섬유보강시멘트에서 휨강도, 인장강도, 충격강도 모두 유리섬유 함유율이 높아질수록 증가되었다고 하였다.

압축강도는 국내 산업규격 KS L 5210(2011)에서 시편 채령 28일 고로슬래그 시멘트의 기준을 42.5MPa이상으로 설정한 사례 및 본 연구 결과에서 모두 자연형 경관석 기준을 충족하는

Table 5. The test for GRS performance assessment standards(Air-dried gravity)

Performance classification	Performance item	Test specimen	Glass fiber content ratio				Performance standard
			2%†	3%†	4%	5%	
Material property	Air-dried gravity (t/m ³)	I	1.82	1.83	1.85	1.89	1.8-2.3
		II	1.84	1.86	1.88	1.91	
		III	1.81	1.82	1.87	1.88	
		Average	1.82*	1.84*	1.87*	1.89*	

※ Test : Carried out by KICM-GQ-066.

* The average of three repetitive test results by specimen(40×40×160mm)(Korea Conformity Laboratories, KCL).

† The performance standard of glass fiber content ratio.

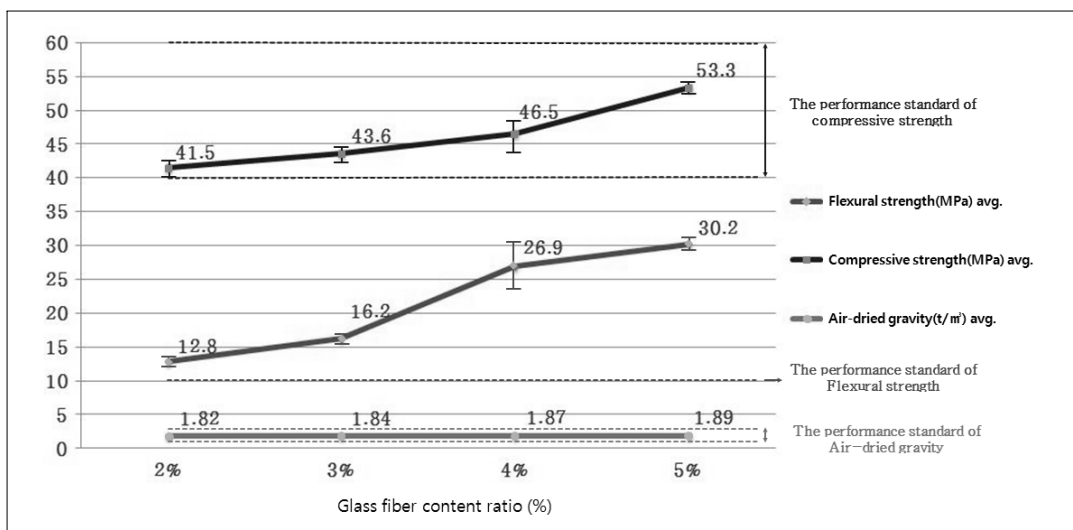


Figure 2. The measurement of performance item by glass fiber content ratio.

것으로 나타났다.

결과적으로, 타 연구사례에서도 본 연구에서와 같이 유리섬유 함유율을 성능기준인 2~3% 범위로 국한해도 휨강도 및 압축강도 모두 성능 기준을 충족하는 것으로 나타나 GRS의 유리섬유 함량과 관계없이 구조안전성능을 만족하고 있음을 알 수 있었다.

2. 재료물성 평가

재료물성의 주요 항목인 기건비중 시험 결과 유리섬유 함유율 함량에 따른 시편 측정결과 기건비중 범위는 1.82~1.89로 나타났다. 2~5% 유리섬유 함유율에서 평균치의 범위는 큰 차이 없이 일정한 결과를 나타내었다(Table 5).

기건비중의 시험 결과 역시 평균치 1.82~1.89(t/m³)로 측정되었으며 성능기준인 1.8~2.3(t/m³)에 포함되어 적합한 것으로 나타났다. 또한, 유리섬유 함유율 성능기준인 2~3% 범위에서도 각각 1.82(t/m³), 1.84(t/m³)를 기록하여 성능기준에 역시 부합되는 것으로 나타났다(Figure 2).

본 연구 결과를 종합했을 때 재료물성 및 구조안전성능은 모두 성능기준에 적합한 것으로 나타났다. 이를 현재 사용빈도가 높은 다른 자연형 경관석인 GFRC의 성능기준에 대한 연구결과(Yoon and Koo, 2012)와 비교할 때 수치의 차이는 있었으나 모두 성능기준을 만족하여 친환경 경관석인 GRS는 기존에 조경공간에 경관 요소로 폭넓게 사용되어 온 자연형 경관석 GFRC소재와 동등한 성능을 지닌 것으로 판단되었다(Figure 2).

IV. 결 론

본 연구는 재활용 슬래그를 활용한 경관석 GRS에 대한 자연형 경관석 성능기준의 적합성을 판단하기 위해 수행되었다. 자연형 경관석 요구성능 항목 및 성능기준에 따라 GRS의 재

료물성, 구조안전성능을 대상으로 검증시험을 실시하였다.

연구결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 구조안전성능 휨강도 기준에 대한 시험 결과 유리섬유 함유율 2~3%에서 GRS 패널의 휨강도는 12.4MPa, 16.2MPa를 각각 나타내어 구조안전성능 휨강도 기준(10MPa이상)에 적합한 것으로 판정되었다.

2. 구조안전성능 압축강도 기준에 대한 시험 결과 유리섬유 함유율 2~3%에서 GRS 패널의 압축강도는 41.5~43.6MPa로 조사되어 역시 구조안전성능 압축강도 기준(40~60MPa)에 모두 부합되는 것으로 나타났다.

3. 재료물성 기건비중은 유리섬유 함유율 측정범위 2~3%에서 GRS 패널의 1.82~1.84로 나타나 재료물성 기건비중 기준(1.82~1.84)에 해당하여 부합하는 것으로 나타났다.

4. 본 연구에서 구조안전성능의 경우 타 사례와 비교했을 때 유리섬유함유율이 증가함에 따라 휨강도 및 압축강도 또한 지속적으로 증가하는 추세를 나타냈다.

5. 경관석 GRS소재의 물성시험 결과와 자연형 경관석 성능기준을 비교했을 때 재료물성인 기건비중, 구조안전성능인 휨강도, 압축강도 모두 성능기준에 부합되는 것으로 나타났으며, 기존 자연형 경관석 GFRC소재와의 비교에서도 모두 성능기준을 만족하여 동등한 성능을 지닌 것으로 판단되었다.

본 연구에서는 경관석 GRS소재에 대한 성능 기준 적합성 검증이 시급하다는 필요성에 의해 수행되었으나 아직 패널 시공 초기단계에 있기 때문에 측정 가능한 항목만을 대상으로 개발된 성능기준을 적용하여 그 적합성을 판단하였다. GRS소재로 시공이 확대되고 일정한 시간이 경과된 이후에는 내구성능, 경관성능 및 환경·성능 등에 대한 연구를 통해 종합적인 성능지침이 마련되도록 해야 할 것이다.

인용문헌

- Architectural Institute of Korea. 1997. Concrete Reinforced with Fiber. Seoul (in Korean)
- Cheong, C. Y. 2009. Developing the ecological performance Standard for Wetland. Ph. D Thesis. Sangmyung University, Seoul, Korea. (in Korean with English summary)
- Choi, H. B. and Kang, K. I. 2008. An Estimation on the Field Application of Blast-Furnace Cement Concrete. Journal of the Architectural Institute of Korea 24(7) : 61-68. Seoul (in Korean)
- Jeong, Y. B · Yang, K. H · Hwang, H. Z and Chung, H. S. 2006. An Evaluation of Mechanical Properties of Fresh and Hardened Concrete Mixed with Hwang-toh and Ground Granulated Blast Furnace Slag. Journal of Architectural Institute of Korea 22(5) : 13-20. Seoul (in Korean)
- Kim, M. S. 2007. Development Resolution Performance based Construction Technology Standards of Landscape Architecture. Korean Institute of Landscape Architecture, the Autumn Conference Paper Collection pp. 24-30, Seoul. (in Korean)
- Kim, H. G. 1978. Concrete Reinforced with Glass-Fiber and Property. The Korean of Registered Architects Vol 107 : 25-30, Seoul. (in Korean)
- Kim, H. S · Han, K. H · Byun, T. B · Bae and W. H. 2002. Preparation of Slag Concrete for Artificial Leefs. Research Institute of Industrial & Technology 16(2) : 155-159, Pohang. (in Korean)
- Kim, H. S · Park, K. S · Park, H. W and Park K. Y. 2006. The Beneficial Reuse of LD Slag Reef for the Restoration of Coastal Ecosystem. Research Institute of Industrial & Technology 20(2) : 154-161, Pohang. (in Korean)
- Kim, M. H · Kim, G. Y · Cho, B. S · Na, C. S and Kim, Y. D. An Experimental Study on the Engineering Property and Durability of Concrete Using Ground Granulated Blast Furnace Slag. Journal of the Architectural Institute of Korea 23(3) : 61-68. Seoul. (in Korean)
- Kim, T. S. 2008. A Study on the Introduction of Performance Warranty Contracting for Construction Projects in Korea. Ph. D Thesis. Chungang University. Seoul, Korea. (in Korean with English summary)
- Koo, B. H · Kim MS · Lee SS and Kim SY. 2008. Performance based Construction Technology Standards Guideline. Korea Institute of Construction Technology. pp 8-10.
- Korea Land and Housing Corporation. 2007. The Physical Properties Assessment and Application of Blast-Furnace Slag Concrete · Cement. Korea Cement Association, Seoul. (in Korean)
- KS L 5210 : 2011. Blast Furnace Slag Cement.
- Park, S. H. 1990. The Property and Use of Glass Fiber Reinforced Concrete(GFRC). Korea Concrete Institute 2(2) : 26-33, Seoul. (in Korean)
- Song, J. T. 1994. Cement Using Blast Furnace Slag. The Korean Ceramic Society Ceramist 9(4) : 379-383. Seoul. (in Korean)
- Won, Y. H. 1986. Concrete Reinforced with Alkali Resistance Glass-Fiber. Korea Cement Association, Seoul. (in Korean)
- Yang, K. H. · Sim, J. I. · Song, J. G. and Lee, J. H. 2011. Material Properties of Slag-Based Alkali-Activated Concrete Brick-Masonry. Journal of Architectural Institute of Korea 27(1) : 119-126

- YI, J. B and Soh, Y. S. 1998. A Study on the Strength of Ground Granulated Blast Furnace Slag Cement Mortar Using with Slaked Lime. The Institute of Engineering Technology, The Univ. of Chonbuk. Engineering Research Vol 29 : 91-96. Cheonju. (in Korean)
- Yoon, B. M and Koo, B. H. 2012. A Study on the Performance Standards for a Natural Type Landscaping Rocks by Utilizing GFRC(Glass Fiber Reinforced Concrete). Journal of the Korean Institute of Landscape Architecture 40(5) : 33-42.
- Yoon, J. H. 1995. A Study on the Characteristics of Concrete Using Blast-Furnace Slag. J. of Inst. of Industrial Technology, The Univ. of Suwon. Vol 10 : 85-92. Suwon. (in Korean)