

콘크리트용 순환골재와 제강슬래그의 굵은골재 설계배합 및 제조에 관한 연구

Research on Design Mixing and Manufacturing of Recycled Aggregate for Concrete and Coarse Aggregate of Steelmaking Slag

김종길^{1*} · 이승태² · 권태한³Jong-Gil Kim^{1*} · Seung-Tae Lee² · Tae-Han Kwon³

(Received October 13, 2023 / Revised October 16, 2023 / Accepted October 16, 2023)

In this study, in order to minimize the increase in the amount of various industrial by-products due to the rapid growth of the industry and the intensification of the depletion of natural aggregate resources, the material test using recycled aggregate and steelmaking slag and the proper mixing ratio of recycled concrete were to be derived. In this study, first, the conformity of the quality standards of the materials used in the field was confirmed, and the workability and molding results were shown when used alone or mixed. Therefore, the feasibility of application as aggregate for concrete was evaluated through a total of 4-type mixtures of cement types, admixtures, coarse aggregates, and fine aggregates. As a result of the experiment, it was confirmed that the slump of unhardened concrete, the amount of air, chloride and compressive strength of hardened concrete according to the replacement rate were different from the measured values of general concrete quality characteristics. According to this, it was confirmed that the quality characteristics of the standard design criteria were satisfied.

키워드 : 순환골재, 제강슬래그, 배합설계, 압축강도, 슬럼프**Keywords** : Recycled aggregate, Steelmaking slag, Mixing design, Compressive strength, Slump

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

최근 산업 및 경제의 급격한 성장으로 각종 산업건설 부산물 발생량이 크게 증가하는 추세로 사회적인 문제로 인식되며 아울러 사회기반 산업인 SOC 사업의 확충과 도시재개발사업 등으로 인한 천연골재 자원의 고갈 현상이 심화되는 등 커다란 경제적·사회적 문제로 대두되고 있다. 한편 다량의 건설폐기물 순환골재, 화력발전소의 제강슬래그 및 고로슬래그 등 산업부산물의 기반시설용 친환경 건설자재로서 선진국 수준으로의 선순환 재활용은 국가적 차원에서의 탄소중립과 자원절약은 물론, 불법 투기와 매립으로 토양오염과 수질 등으로부터의 막대한 처리 비용의 절감과 환경보

존 등(Park 2007)은 시너지 효과는 물론 이들 산업부산물을 활용한 친환경 사회기반시설용 등 건설자재로서의 개발·응용으로 천연골재 자원의 대체효과와 자원순환 사회의 구축에 크게 기여할 것이다(Kim 2015). 전국 순환골재는 2019년 기준 순환골재 공공시장 실적으로 654건, 금액 11.8억 규모로 납품 규모가 상당히 증가하였다(Park et al. 2021). 아스팔트 혼합물의 공공시장 규모는 20년 57,348건, 1,975억 원으로 납품 건수 및 금액이 상당히 증가하였는데 이는 순환골재를 활용한 재활용 굵은골재의 수급량이 증가로 볼 수 있다. 또한 제강슬래그는 2019년 13개 제강사를 대상으로 조사한 결과에 따르면, 국내 제강슬래그 발생량은 11,119천 톤으로 10,770천 톤이 재활용되어 96.9 % 재활용하고 있다. 용도는 성토용 골재(45 %), 제철 원료(21 %), 도로 기층 및 보조 기층용 골재(16 %), 토목용 골재(6 %) 등으로 재활용 되고 있어 고부가가치의 골재

* Corresponding author E-mail: kman1@chungwoon.ac.kr

¹청운대학교 토목환경공학과 교수 (Department of Civil Engineering, Chungwoon University, Incheon, 22100, Korea)²군산대학교 토목공학과 교수 (Department of Civil Engineering, Kunsan National University, Jeonbuk, 54150, Korea)³군산대학교 토목공학과 박사과정 (Department of Civil Engineering, Kunsan National University, Jeonbuk, 54150, Korea)

로는 활용되지 않고 있다(Park et al, 2021).

콘크리트용 굵은골재로서 순환골재 및 제강슬래그를 활용한 배합설계는 지속 가능한 건설 산업을 위해 매우 중요한 과제 중 하나이다. 이러한 재료들은 건설 산업에서 발생하는 산업 폐기물로, 이를 재활용하여 천연자원 절약과 환경 문제를 해결할 수 있다. 하지만, 적절한 비율로 혼합하지 않으면 원하는 물성을 갖는 콘크리트를 만들기 어려울 수 있다. 순환골재 및 제강슬래그를 활용한 콘크리트 배합설계는 다음과 같은 단계로 수행되는데, 첫째 재료 선별 및 분석 적절한 순환골재와 제강슬래그를 선별하고 물리적, 화학적, 기계적 특성을 분석한다. 둘째 최적 비율 결정 재료의 특성과 콘크리트의 원하는 물성을 고려하여 최적의 배합 비율을 결정한다. 이를 위해 실험적인 방법 또는 수학 모델링 기법을 사용할 수 있다. 셋째 혼합 및 성능 평가로 결정된 비율로 순환골재와 제강슬래그를 혼합하여 콘크리트를 제조한다. 이후, 제조된 콘크리트의 물성을 평가하고 원하는 물성이 달성되었는지 확인한다(Ryu and Kim 2009).

본 연구에서는 콘크리트의 70 %를 차지하는 천연골재를 건설 부산물로부터 재활용된 순환 굵은골재와 제강슬래그로부터 얻어진 슬래그 굵은골재를 활용하여 환경부하가 최소화되는 순환 콘크리트에 대한 특성과 최적의 배합설계를 파악하는데 목적이 있다. 이를 위해서 공기량, 슬럼프, 압축강도 실험을 통하여 재생 콘크리트의 적정 설계배합혼합비를 도출하고자 한다(Ryu and Kim 2009).

2. 콘크리트용 순환골재 및 제강슬래그의 굵은골재 배합설계

2.1 연구내용 및 방법

본 연구에서 콘크리트용 순환골재 및 제강슬래그 굵은골재를 활용한 콘크리트의 최적배합 도출을 위해 굵은골재 제강슬래그 골재 비율 25 %, 50 %, 75 %, 순환골재 비율 25 %, 50 %, 75 %와 잔골재 강모래 비율 30 %, 부순모래 비율 70 %로 고정하고 시멘트와 혼화재 사용량을 구분하고 A-TYPE 포틀랜드 시멘트 100 %, B-TYPE 고로슬래그 시멘트 100 %, C-TYPE 포틀랜드시멘트 70 %, 고로슬래그시멘트 30 %, 4-TYPE 포틀랜드 시멘트 90 %, 플라이 애쉬 10 %로 D-TYPE 설계를 실시하였다. 물-시멘트비와 잔골재율은 고정하고 시공성이 떨어짐에 따라 고성능 감수제를 사용하였다. 양생조건은 콘크리트 일반사항(KCS 14 20 10)을 기준으로 재령일까지 20 ± 2 °C의 수중양생으로 실시하였고 콘크리트의 물리적, 역학적 특성을 분석하기 위해 재령 3일, 7일, 15일, 19일, 23일,

28일 91일 압축강도를 측정하였다.

2.2 사용재료

2.2.1 굵은골재

골재는 콘크리트의 구성성분 중 65-80 %(용적비로 대략 70 % 정도)를 차지할 정도로 가장 많이 들어가는 재료이다. 잔골재(모래)나 굵은골재(자갈)는 주변에서 흔하게 구할 수 있는 재료이지만, 품질이 좋지 않은 재료를 사용한다면 콘크리트 품질에 나쁜 영향을 미칠 수 있다. 골재는 콘크리트 용적의 상당 부분을 차지하고 보강재 역할 때문에 시멘트 페이스트의 강도보다 더 커야 한다. 그런데 잔골재의 굵은골재의 강도는 직접적으로 확인하기가 매우 어렵다. 따라서 시멘트 모르타르나 콘크리트로 만들어서 강도 시험한 결과로 판단해야 한다(Mamlouk and Zaniewski 2006). 본 연구 실험에 사용한 굵은 골재는 군산지역에 발생하는 Fig. 1의 (a)순환골재와 (b)제강슬래그 굵은골재를 사용하였으며, 기타 이물질이 함유되지 않은 상태에서 실험을 진행하였다. 굵은골재(순환골재)와 굵은 골재(제강슬래그 골재)의 물리적 특성 시험결과 만족하게 나타내었다.



(a) Recycled aggregate (b) Steel slag

Fig. 1. Aggregates used in this study: (a) Recycled aggregate and (b) steel slag

또한 연구 실험에 사용한 잔골재는 00지역에 발생하는 잔골재(세척사) 및 잔골재(부순모래)를 사용하였으며, 기타 이물질이 함유되지 않은 상태에서 실험을 진행하였다. 잔골재의 물리적 특성 시험결과 만족하게 나타내었다(Yun 2018).

2.2.2 시멘트

일반적으로 시멘트라고 하면 보통 포틀랜드 시멘트(Portland Cement)를 말한다. 포틀랜드 시멘트란 「주성분인 석회, 실리카, 알루미늄 및 산화철을 함유하는 원료를 적당한비율로 충분히 혼합하여 그 일부가 용융하여 소결된 시멘트 반제품, 클링커에 적당량의 석고를 투입, 분말로 한 것」이라고 정의할 수 있다. 본 실험

Table 1. Mixture table for each experiment plan type

Division			A-TYPE	B-TYPE	C-TYPE	D-TYPE	
Cement	Portland cement		PC	10	0	7	9
	Blast furnace slag cement		SC	0	10	0	0
Admixture	Blast furnace slag fine powder		-	0	0	3	0
	Fly ash		FA	0	0	0	1
Coarse aggregate	Steelmaking slag aggregate	CASE-1	G1	7.5	7.5	7.5	7.5
		CASE-2		5.0	5.0	5.0	5.0
		CASE-3		2.5	2.5	2.5	2.5
	Recycled aggregate	CASE-1	G2	2.5	2.5	2.5	2.5
		CASE-2		5.0	5.0	5.0	5.0
		CASE-3		7.5	7.5	7.5	7.5
Fine aggregate	Natural sand		S1	3	3	3	3
	Crushed sand		S2	7	7	7	7
Admixture			-	0.7	0.7	0.7	0.7

연구에서는 사용한 시멘트는 국내 S사 제품으로서 보통 포틀랜드 시멘트(1종)과 고로슬래그 시멘트(2종) (Portland blast furnace slag cement)을 사용하였다. 본 실험 연구에 사용된 시멘트의 물리적 특성 시험결과 만족하게 나타내었다.

2.2.3 혼화재

혼화재는 콘크리트의 일반적 성질 개량을 위해 혼화 재료로 포틀랜드 시멘트에 추가하거나 치환하여 사용하는 것이다. 혼화재의 종류는 플라이애쉬, 고로슬래그, 실리카퓌, 천연 포졸란이 있다. 플라이애쉬는 토크목조물에서 가장 널리 사용되는 포졸란 재료이다. 석탄 산업의 부산물이다. 구성성분은 산화철(Fe_3O_2), 실리카(SiO_2), 알루미늄(Al_2O_3), 석회(CaO)이다. 플라이애쉬는 콘크리트의 작업성 향상, 수화작용을 연장시켜 더 높은 강도발현, 공극률 감소에 기여한다. 그리고 고로슬래그는 용광로에서 철을 생산하는 과정에서 생기는 부산물이다. 혼화재 슬래그를 넣은 시멘트는 비중이 2.85~2.95가 된다. 본 연구 실험에 사용한 혼화재는 플라이애쉬(2종)와 고로슬래그 미분말(3종)을 사용 실험을 진행하였다. 혼화재 플라이애쉬(2종)와 고로슬래그 미분말(3종)의 물리적 특성은 실험결과 만족하게 나타내었다.

2.2.4 혼화제

혼화제는 시멘트, 배합수, 골재 이외의 콘크리트 구성 재료로 콘크리트에 특정한 성능을 증가시키는데 사용되는 첨가제이다. 혼화제와는 다르다. 혼화제의 종류는 기능에 따라 공기연행제, 감수제, 지연제, 수화조절제, 촉진제, 특수혼화제로 분류한다. 본 연구 실험에 사용한 혼화제는 고성능 AE감수제 표준형을 사용 실험을

진행하였다. 고성능 AE감수제 표준형의 물리적 특성은 실험 결과 만족하게 나타내었다(Mamlouk and Zaniewski 2006). 혼화제 플라이애쉬(2종)와 고로슬래그 미분말(3종)의 물리적 특성은 실험결과 만족하게 나타내었다.

2.3 시험방법

본 연구는 순환 굵은골재를 사용한 기존의 재생 콘크리트에 철의 생산과정에서 발생하는 산업부산물인 제강슬래그를 이용한 친환경 순환 콘크리트에 대한 성능을 고찰하기 위한 기초연구로서 시험계획 기준 설계 배합표는 Table 2와 같다(Lee and Na 2015). 또한 전체적인 시험방법 과정을 Fig. 2와 같이 진행토록 하였다.

2.3.1 콘크리트 혼합

본 연구의 콘크리트 배합은 드럼 믹서를 사용하여 1단계에서 시멘트, 굵은골재, 잔골재를 투입하고 30초 동안 건비빔을 저속(20 rpm)에서 실시한다. 또한 2단계로 건비빔이 끝난 굳지않은 콘크리트에 물을 넣고 60초간 중속(30 rpm)으로 비빈 후 마지막 3단계에서는 AE감수제를 첨가 투입하고 고속(40 rpm)에서 90초간 다시 비빈 후 배출함으로써 혼합을 완료한다(Yun et al. 2007).

2.3.2 양생

콘크리트 혼합을 완료 후 시험체의 몰드에 각각 넣고 1일 동안 습윤양생을 실시한 후 탈형을 실시한다. 탈형 된 시험체는 20 ± 2 °C에서 소정의 재령까지 수중양생을 실시하였다.

Table 2. Mixture design table for each material

Division	Wave combination ratio	Fine aggregate rate	Unit material (kg/m ³)											Admix-ture	
	W/B	S/A	Portland cement	Blast furnace slag cement	Portland cement		Portland cement		Fine aggregate		Coarse aggregate		water		
			PC	SC	PC	Fine powder	PC	FA	S1	S2	G1	G2	W	(kg)	
A-TYPE	55.1	50.5	305						648	277	229	685	169	2.11	
											457	457			
											685	229			
B-TYPE	55.1	50.5		305					648	277	229	685	169	2.11	
											457	457			
											685	229			
C-TYPE	55.1	50.5			213	92			648	277	229	685	169	2.11	
											457	457			
											685	229			
D-TYPE	55.1	50.5						275	31	648	277	229	685	169	2.11
												457	457		
												685	229		

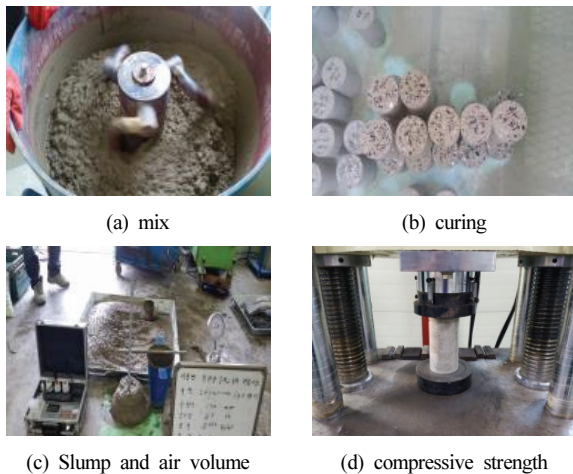


Fig. 2. Test method

2.3.3 슬럼프

굵은골재 콘크리트 슬럼프 시험은 KS F 2402의 기준으로 실시하였다.

2.3.4 공기량

콘크리트 공기량 측정은 KS F 2421에 의거하여 압력법에 의한 측정하고 염화물 측정은 KS F 2713의 기준으로 실시하였다.

2.3.5 압축강도

Yun(2018)은 압축강도 시험체는 콘크리트에 대한 $\varnothing 10 \times 20$ cm의 원주형 시험체를 각각 20개씩 제작하였으며, 다짐은 KS F2403 「콘크리트의 강도 시험용 공시체 제작방법」에 의해 실시하였다. 또한 제작한 공시체는 모두 22 ± 2 °C에서 14일 동안 수중양생을 실시하였다. 압축강도는 최대용량 2,000 kN의 UTM을 사용하여 압축강도를 측정하였다. 제어 방법으로 변위제어 방식으로 하였고 0.1 mm/sec의 재하속도로 실험을 실시하여 압축강도를 산출하였다.

3. 시험결과 분석

본 연구 실험계획인 배합설계 A-TYPE 포틀랜드 시멘트 100 %, B-TYPE 고로슬래그 시멘트 100 %, C-TYPE 포틀랜드시멘트 70 %, 고로슬래그시멘트 30 %, D-TYPE 포틀랜드 시멘트 90 %, 플라이 애쉬 10 %로 4-TYPE 설계를 실시한 결과 및 분석은 다음과 같다.

3.1 굳지 않은 콘크리트의 특성

본 실험 연구에서 목표 슬럼프는 150 ± 25 mm이며 목표 공기량은 4.5 ± 1.5 %로 설정 모든 시료가 목표치에 만족하였다. 그러나 공기량의 경우 목표치를 상회하는 결과를 얻었다. 이는 동일

공기량을 고려할 때 순환골재와 제강슬래그의 굵은골재 치환율이 증가할수록 골재 내부에 포함되어 있는 절대 공극량이 증대하였기 때문에 판단된다.

Table 3은 순환골재 및 제강슬래그를 콘크리트용 굵은골재로 활용한 콘크리트의 최적배합 도출을 위해 굵은골재 제강슬래그 비율 25%, 50%, 75% 순환골재 비율 25%, 50%, 75%와 잔골재 강모래 비율 30%, 부순모래 비율 70%로 고정하고 시멘트와 혼화재 사용량을 구분하여 4-TYPE 배합설계의 굳지 않은 콘크리트 시험 측정 결과를 나타낸 것이다.

Fig. 3과 Fig. 4는 TYPE별 배합설계 실험결과이며 먼저 슬럼프는 순환골재 및 제강슬래그 굵은골재가 치환한 경우가 잔골재 치환율에 비해 약간 높은 슬럼프 값을 나타내었다. 또한 공기량의 경우 배합에서 치환율이 증가할수록 공기량이 저하하는 경향을 나타내었으며, 목표치를 만족하게 나타내었다.

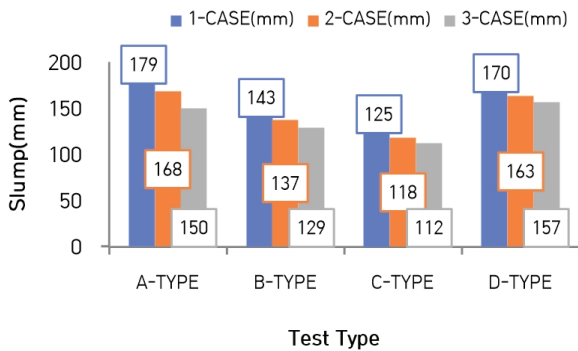


Fig. 3. Mixture design slump experiment results by type

따라서 동일량을 치환하여 측정된 결과 굵은골재 치환율 C-TYPE 1-CASE, D-TYPE 1-CASE 2-CASE에서는 목표 공기량인 4.5 ± 1.5 보다 크게 나타났다. 그러나 TYPE별 대부분은 목표치를 만족하는 것으로 나타났다.

콘크리트에서 염화물 함량은 환경 및 구조물의 내구성을 고려하여 관리되어야 한다. 염화물 함량이 높을 경우 콘크리트 구조물의 내구성에 영향을 미칠 수 있으며 일반적인 콘크리트 구조물에서의 염화물 함량에 대한 목표치 0.20% (콘크리트 중량 대비) 이하로 유지하는 것을 권장한다. Fig. 5에서 본 실험결과 염화물 함량은 치환율 50%에서는 대체적으로 목표치를 만족하나, 나머지 부분에서는 목표치 보다 2배정도 상회하는 것으로 나타났다. 이는 순환골재 및 제강슬래그의 품질관리 및 생산 관리에서 철저히 하고 선별 적용하는 것이 중요하다고 판단된다.

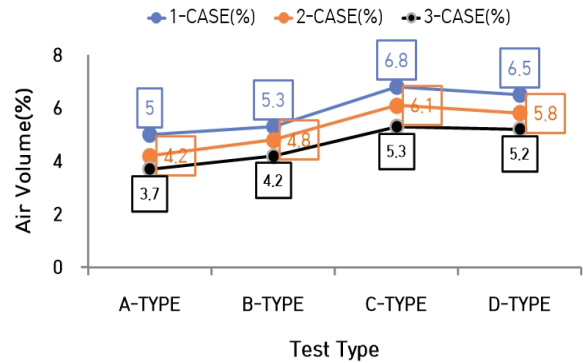


Fig. 4. Mixture design air volume test results for each type

Table 3. Mixture design table for each material concrete properties according to changes in coarse aggregate replacement ratio

Division		1-CASE	2-CASE	3-CASE	Note
A-TYPE	Slump (mm)	179	168	150	
	Air volume (%)	5.0	4.2	3.7	
	Chloride (%)	0.028	0.027	0.028	
B-TYPE	Slump (mm)	143	137	129	
	Air volume (%)	5.3	4.8	4.2	
	Chloride (%)	0.027	0.027	0.028	
C-TYPE	Slump (mm)	125	118	112	
	Air volume (%)	6.8	6.1	5.3	
	Chloride (%)	0.057	0.055	0.057	
D-TYPE	Slump (mm)	170	163	157	
	Air volume(%)	6.5	5.8	5.2	
	Chloride (%)	0.062	0.06	0.059	

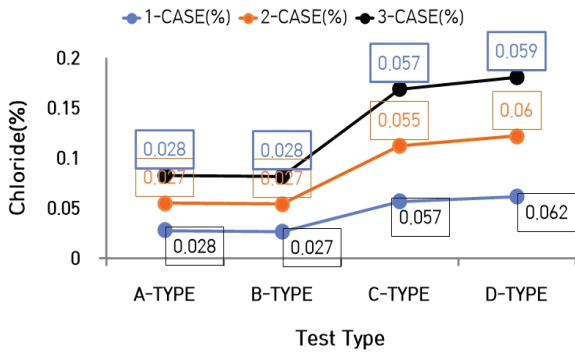


Fig. 5. Mixture design chloride test results by type

3.2 경화된 콘크리트의 특성

전반적으로 3일강도, 7일강도에서 순환골재 및 제강슬래그 굵은골재 치환한 경우가 일반적인 콘크리트 강도가 약간 크게 나타났으며, 일정한 경향을 나타내지는 않고 대등 소이하게 나타났다.

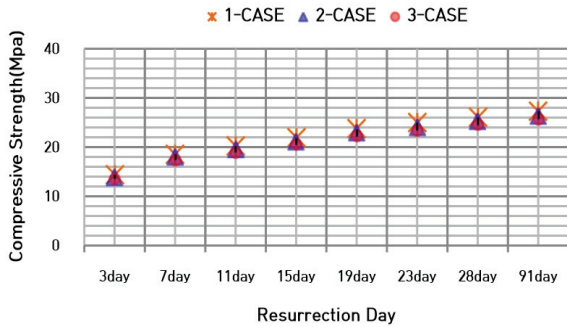


Fig. 6. A-TYPE Portland cement 100 % compressive strength

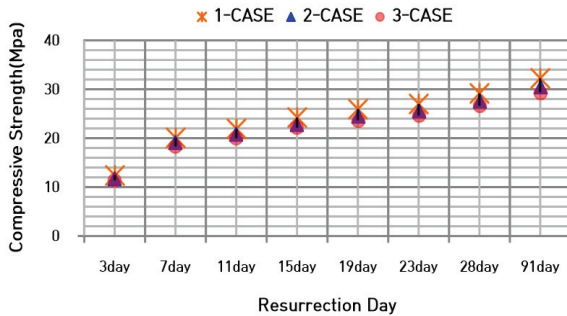


Fig. 7. B-TYPE Blast furnace slag cement 100 % compressive strength

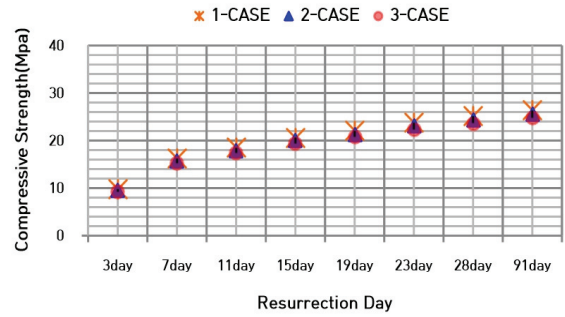


Fig. 8. C-TYPE 70 % Portland cement, 30 % Blast furnace slag cement, Compressive Strength

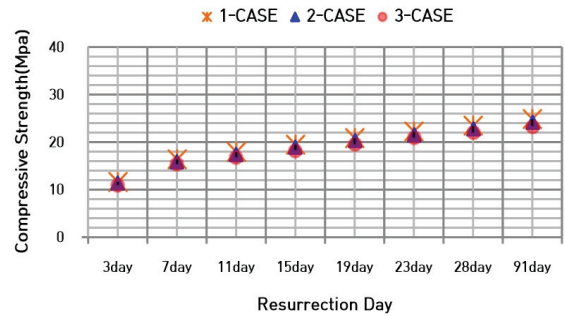


Fig. 9. D-TYPE Portland cement 90 %, fly ash 10 % compressive strength

일반적으로 순환골재 및 제강슬래그를 사용하는 경우 일반적으로 강도가 저하하는 것으로 많이 알려져 있으나, 본 실험 결과를 Figs. 6~9에서는 상반되는 경향을 나타냈는데, 이것은 압축강도 발현 초기 발생할 수 있는 재료간 편차일 가능성이 큰 것으로 판단 된다. 또한 28일 재령의 경우 수증양생 및 증기양생 모두 순환골재 및 제강슬래그 치환율이 증가에 따라 작게 감소하는 경향을 나타내었다.

양생 방법에 따라서 경화된 콘크리트 압축강도 차이는 60 °C 양생에서 높은 온도로 인한 초기강도 확보를 예견했지만 큰 차이를 보이지 않았으며 수증양생 실험체의 압축강도가 조금 더 높은 것으로 나타났다.

4. 결론

콘크리트용 순환골재 및 제강슬래그 굵은골재로 치환한 콘크리트의 최적배합 도출을 위해 굵은골재 제강슬래그 골재 비율 25 %, 50 %, 75 %, 순환골재 비율 25 %, 50 %, 75 %와 잔골재 강모래 비율 30 %, 부순모래 비율 70 %로 고정하고 시멘트와 혼화재 사용

량을 구분하고 A-TYPE 포틀랜드 시멘트 100 %, B-TYPE 고로슬래그 시멘트 100 %, C-TYPE 포틀랜드시멘트 70 %, 고로슬래그시멘트 30 %, 4-TYPE 포틀랜드 시멘트 90 %, 플라이애쉬 10 %로 D-TYPE으로 수행한 실험 결과는 다음과 같다.

1. 콘크리트용 순환골재와 제강슬래그의 굵은골재 치환율에 따른 굳지않은 콘크리트 슬럼프와 공기량, 염화물과 경화된 콘크리트 압축강도를 실험결과는 일반적인 콘크리트 품질특성 측정값과 차이가 있음을 확인할 수 있었고, 또한 콘크리트용 순환골재 및 제강슬래그를 굵은골재 치환율에 따라 표준 설계기준 품질특성을 만족함을 확인할 수 있었다.
2. 슬럼프는 순환골재 및 제강슬래그 굵은골재가 치환한 경우가 잔골재 치환율에 비해 약간 높은 슬럼프 값을 나타내었다. 또한 공기량의 경우 배합에서 치환율이 증가할수록 공기량이 저하하는 경향을 나타내었으며, 목표치를 만족하게 나타내었다.
3. 따라서 동일량을 치환하여 측정된 결과 굵은골재 치환율 C-TYPE 1-CASE, D-TYPE 1-CASE 2-CASE에서는 목표 공기량인 4.5 ± 1.5 보다 크게 나타났다. 그러나 TYPE별 대부분은 목표치를 만족하는 것으로 나타났다.
4. 제강슬래그 굵은골재의 치환율 및 사용 시멘트에 따라 목표하는 슬럼프 및 공기량은 다소 높게 나타남을 확인하였다. 따라서 표준적인 슬럼프 및 공기량을 확보하기 위한 혼화제 혼입량 차이가 있는 것으로 나타났다.
5. 각각의 설계 배합표별 실험 결과로 슬럼프 및 공기량을 비교 분석 결과 2-TYPE이 표준 슬럼프와 공기량을 충족하게 보였으며, 순환골재 및 제강슬래그 굵은골재의 치환율에 따른 시공성 저하를 다소 효율적으로 높이기 위하여 고로슬래그 시멘트 사용할 수 있으므로 굵은골재로 치환하여 사용하고 자할 경우 병행 사용하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.
6. 순환골재 및 제강슬래그의 치환율이 증가함에 따라 콘크리트의 슬럼프가 증가하였다. 또한 플라이애쉬를 혼입한 콘크리트는 혼입하지 않은 콘크리트에 비해 약 40 %정도 높은 슬럼프 값을 보였다. 따라서 순환골재 및 제강슬래그의 활용과 플라이애쉬의 혼입에 따라 콘크리트 유동성 향상에 기여한다는 것을 확인하였다.
7. 순환골재 및 제강슬래그 굵은골재의 치환율이 증가할 수록 콘크리트의 압축강도는 감소하는 경향이 나타났으며, 콘크리트 표준시방서에서 제시한 바와 같이 순환골재 및 제강슬래그 굵은골재 치환율 30 % 이내의 범위에서는 일반적인 콘

크리트와 압축강도의 차이가 비교적 크지 않았다.

Conflicts of interest

None.

감사의 글

본 연구는 2021년도 청운대학교 학술연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

References

- Jeon, E., Yun, H.D., Choi, K.S., You, Y.C., Lee, S.H., Lee, D.H. (2007). Compressive strength of recycled coarse aggregate concrete according to replacement level and curing method, *Proceedings of Architectural Institute of Korea*, **27(1)**, 591-594 [in Korean].
- Kim, H. (2015). Application and prospects of iron & steel making slag for creating the high added value in construction material, *Magazine of RCR*, **10(3)**, 7-10 [in Korean].
- Lee, J.S., NA, O.B. (2015). Experimental study on the properties of recycled concrete using recycled coarse aggregates and steel slag fine aggregates, *Resources Recycling*, **24(5)**, 63-71 [in Korean].
- Mamlouk, M.S., Zaniewski, J.P. (2006). *Materials for Civil and Construction Engineers*, Upper Saddle River, NJ, USA.: Pearson Prentice Hall.
- Park, K.W., Jang, D.B., Lee, J.M. (2021). Necessity of developing the asphalt concrete with steel slag and reclaimed asphalt pavement replacing natural aggregates (natural aggregates free asphalt concrete), *Magazine of RCR*, **16(2)**, 40-45 [in Korean].
- Park, S.B. (2007). *Development and Application of Environmentally Considerate High-performance Porous Polymer Concrete Composites for Social Infrastructures Utilizing Industrial By-products*, Korea Science Foundation, 1-102.
- Ryu, D.H., Kim, G.H. (2009). The prospect for utilization of electronic arc furnace oxidizing slag as concrete's aggregate, *Magazine of RCR*, **4(1)**, 17-25 [in Korean].
- Yun, Y.H. (2018). *Study on the Resistance of Freezing-Thawing of Concrete Using Steel Slag as Coarse Aggregate*, Suncheon National University.

콘크리트용 순환골재와 제강슬래그의 굵은골재 설계배합 및 제조에 관한 연구

본 연구는 산업의 급성장으로 각종 산업부산물의 발생량이 크게 증대되고 천연골재 자원의 고갈 현상이 심화되는 것을 최소화 하기 위해 순환골재와 제강슬래그를 이용 재료시험 및 재생 콘크리트 적정 혼합 배합비를 도출하고자 하였다. 본 연구에서는 먼저 현장에서 사용되고 있는 재료의 품질기준 적합도를 확인 단독 및 혼합 사용할 경우 작업성, 성형에 맞는 결과를 나타내었다. 따라서 시멘트의 종류 및 혼화재, 굵은골재, 잔골재를 구분 총 4-TYPE 배합을 통해 콘크리트용 골재로 활용 가능성을 평가하였다. 실험 결과 치환율에 따른 굳지않은 콘크리트 슬럼프와 공기량, 염화물과 경화된 콘크리트 압축강도를 실험 결과는 일반적인 콘크리트 품질특성 측정값과 차이가 있음을 확인할 수 있었고, 또한 콘크리트용 순환골재 및 제강슬래그를 굵은골재 치환율에 따라 표준 설계기준 품질특성을 만족함을 확인할 수 있었다.