

콘크리트용 순환잔골재 밀도 및 흡수율 품질기준 변경 전후 사후관리 시험결과 비교

전수민

한국건설기술연구원 건설시험인증본부

Comparison of the Follow-up Inspection Test Results before and after the Change in Density and Absorption Standard of Recycled Fine Aggregate for Concrete

Soo-Min Jeon

Construction Test & Certification Dept., Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology

요약 건설폐기물 중간처리업자가 처리하는 순환골재 중 국토교통부에서 정한 품질기준을 충족하는 특정 용도의 골재는 사업장심사 및 품질시험을 거쳐 품질인증 받을 수 있다. 품질인증용도는 도로보조기층용 골재, 콘크리트용 굵은골재, 콘크리트용 잔골재 및 아스팔트콘크리트용 골재 총 4종인데 이중 콘크리트용 잔골재의 품질시험 합격률이 상대적으로 낮고, 동 잔골재의 9가지 품질항목 가운데 밀도 또는 흡수율이 부적합한 경우가 가장 많은 것으로 알려져 있으며, 상기 취약한 두 품질항목에 대하여 국토교통부는 2017년 12월 품질기준을 강화한 바 있다. 본 논문의 목적은 콘크리트용 순환 잔골재의 밀도 및 흡수율 품질시험결과가 어느 정도 부적합한 지 실제 사후관리결과를 구체적으로 살펴보고 상기 기준 강화 전후 품질시험결과를 비교분석하여 기준 강화 이후 두 품질항목에 대한 유의미한 품질향상이 이루어졌는지 살펴보는 것이다. 품질인증 받은 순환잔골재에 대한 기준 강화 전후 각 3년간의 사후관리 품질시험 결과를 비교분석한 결과, 기준 강화 이후 상향된 기준 적용에 따라 밀도 및 흡수율 항목의 합격률은 다소 감소한 것으로 나타났으나 밀도 및 흡수율 물성 자체의 경우 통계적으로 유의미한 품질향상이 이루어진 것으로 나타났다.

Abstract Among recycled aggregates treated with intermediate processors of construction waste, some are used for special purposes. These aggregates satisfy the quality standard designated by the Ministry of Land, Infrastructure, and Transport (Korea) and can be certified through workplace inspections and quality testing. There are four types of aggregates for quality certification, i.e., aggregate for road auxiliary layers, aggregate for concrete, fine aggregate for concrete, and aggregate for asphalt concrete. Among them, fine aggregate for concrete has a relatively low passing rate of quality testing. It has been noted as inappropriate in terms of the density and absorption rate among the nine quality criteria. In response to this low-quality performance, the Ministry of Land, Infrastructure, and Transport has strengthened the quality standard since December 2017. This study entailed a detailed review of the actual post-operative care and quality testing results of the fine aggregate recycled for concrete. These tests measured the extent of the inappropriateness of density and absorption rate. The quality testing results before and after the aforementioned standard revision were analyzed to determine whether the two criteria achieved significant quality improvement. A comparison of the post-operative quality tests over three years, before and after each revision of the standard, showed that the passing rate for density and absorption rate had decreased slightly, owing to the increased standard. Nevertheless, significant quality improvement was achieved for the two material properties.

Keywords : Recycled Fine Aggregate, Certified Aggregate, Follow-up Inspection Test, Density, Absorption Rate

본 논문은 한국건설기술연구원 순환골재 품질인증사업(과제번호:20220046-001) 지원으로 수행되었음.

*Corresponding Author : Soo-Min Jeon(Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology)

email: min@kict.re.kr

Received January 30, 2023

Revised March 20, 2023

Accepted April 7, 2023

Published April 30, 2023

1. 서론

순환골재 품질인증업체에 대하여 「순환골재 품질인증 및 관리에 관한 규칙」(국토교통부령 제930호) 제15조에 따라 인증업무처리기관이 연1회 이상 사후관리를 실시하고 있으며 동 사후관리 시 순환골재 용도에 따른 품질시험을 실시하고 있다. 품질인증 용도 중 콘크리트용 순환 잔골재에 대한 최근의 사후관리 품질시험 부적합 사례를 살펴보면 순환잔골재의 9가지 품질항목 중 밀도 또는 흡수율 항목이 부적합한 경우가 가장 많았다[1]. 콘크리트용 순환잔골재의 상기 두 가지 취약한 품질항목에 대하여 국토교통부는 2017년 12월 15일 품질기준을 강화한 바 있다[2]. 본 논문의 목적은 콘크리트용 순환 잔골재의 밀도 및 흡수율 품질시험결과가 어느 정도 부적합한 지 실제 사후관리결과를 살펴보고 상기 기준 강화 전후 품질시험결과를 비교하여 유의미한 품질향상이 이루어졌는지 살펴보는 것이다. 구체적으로는 품질인증 받은 순환 잔골재에 대한 기준 강화 전후 각 3년간의 사후관리 품질시험 결과를 비교분석하여 기준 강화 이후 잔골재의 밀도 및 흡수율에 대하여 통계적으로 유의미한 품질향상이 이루어졌는지 살펴보았다.

2. 관련현황 및 연구방법

2.1 순환골재 및 품질인증 관련 연구현황

순환골재에 대하여 기존에 수행된 연구를 살펴보면 골재의 특성에 대하여 순환골재 콘크리트의 탄산화 특성[3] 및 부순 굵은골재와의 혼합특성[4] 등이 연구되었고, 골재의 품질향상에 대하여 순환골재 혼합골재의 품질개선[5] 등이 연구되었다. 순환골재 품질인증 관련으로는 인증제도 전반에 대하여 품질기준 제정 및 인증제도 시행방안[6]이 연구되었고 순환골재 KS인증 및 품질확보방안[7]이 연구되었으며, 인증제도의 일부와 관련된 순환골재 활성화 방안[8], 콘크리트용 순환 굵은골재 인증사후관리에 대한 서류심사와 시험결과와의 관계[9], 콘크리트용 순환 굵은골재 인증 3차 시험의 타당성[10] 및 콘크리트용 잔골재 품질인증 사후시험 부적합 사례[1] 등이 연구되었는데 순환잔골재 품질기준 변경에 따른 밀도 및 흡수율 시험결과에 대한 구체적인 연구는 이루어지지 않았다.

2.2 순환골재 품질인증 제도

「건설폐기물의 재활용 촉진에 관한 법률」 제36조에 따라 순환골재의 품질을 확보하기 위하여 국토교통부장관은 순환골재의 품질인증을 할 수 있으며[11], 동 법 시행령 제29조에 따라 인증업무처리기관에 순환골재 품질인증 및 운영실태조사 업무가 위탁되어 있다[12]. 구체적인 인증절차는 「순환골재 품질인증 및 관리에 관한 규칙」(국토교통부령 제930호)에 규정되어 있으며 동 규칙 별지1호에 명시된 Fig. 1의 절차에 따라 인증업무가 진행된다[13].

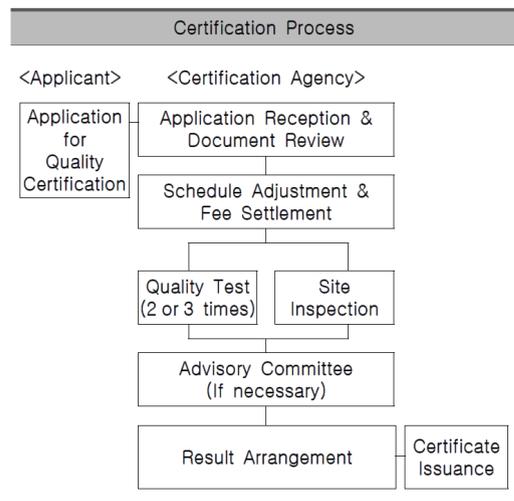


Fig. 1. Process for recycled aggregate certification

인증을 위한 품질시험 시 순환골재가 국토교통부에서 공고한 「순환골재 품질기준」(국토교통부 공고 제 2021-1852호)을 충족하는 지 확인하도록 되어 있다[14]. 동 품질기준에는 13종의 순환골재에 대한 용도별 품질기준 및 시험방법 등이 명시되어 있으며 콘크리트용 순환잔골재의 경우 절대건조밀도, 흡수율, 입자모양판정 실적률, 0.08mm체 통과 손실량, 알칼리골재반응, 점토덩 어리량, 안정성, 이물질함량 및 입도분포 등 총 9가지 품질항목과 품질기준 및 시험방법이 Table 1과 같이 공고되어 있다[2]. 동 기준에 따른 품질인증 순환잔골재의 정식 명칭은 ‘콘크리트 및 콘크리트제품 제조용 잔골재’인데 본 논문에서는 ‘콘크리트용 순환잔골재’라 약칭하였고 품질항목의 정식 명칭은 ‘절대건조밀도’인데 ‘밀도’라 약칭하였다.

Table 1. Quality standards for recycled fine aggregate

Test items	Standard	Test method
Density in absolute dry condition	over 2.3 (g/cm ³)	KS F 2503
Water absorption	below 4.0 (%)	
Solid volume rate of particle shape	over 53 (%)	KS F 2527
Loss percentage of 0.08mm sieve	below 7.0 (%)	KS F 2511
Alkali-aggregate Reaction	None	KS F 2545
Amount of clay	below 1.0 (%)	KS F 2512
Soundness	below 10 (%)	KS F 2507
Impurity contents	below 1.0 (%)	KS F 2576
Sieve analysis	10~0.15 mm sieve pass rate	KS F 2502

품질인증 이후 사후관리는 「순환골재 품질인증업무 처리요령」 별표5에 명시된 절차를 따르는데 최근 (2022.11.02.) Fig. 2와 같이 사후관리 품질시험 부적합 시 행정절차가 간소화되었다[15].

2.3 연구방법

품질인증을 득한 콘크리트용 순환골재에 대한 사후관리 시험결과를 품질기준 강화 전과 후로 나누어 비교하였고, 밀도 및 흡수율 시험결과와 변화 및 부적합 추이를 살펴보았으며, 품질기준 강화 이후 콘크리트용 순환골재의 밀도 및 흡수율에 대하여 어느 정도의 품질향상이 이루어졌는지 살펴보았다. 구체적으로는 콘크리트용 순환골재에 대하여 기준강화 이전인 2015~2017년 실시된 사후관리 84건에 대한 밀도 및 흡수율 시험결과와 기준강화 이후인 2019~2021년 실시된 사후관리 47건에 대한 밀도 및 흡수율 시험결과를 비교하였다. 즉, 기준 변경 전후 각 3년 기간의 밀도 및 흡수율 시험결과를 살펴보았으며, 기준 변경 후 순환골재의 밀도 및 흡수율에 대하여 품질향상이 이루어졌을 것이라는 전제하에 변경 전후 3년 기간의 시험결과 사이에 통계적으로 유의한 차이가 있는 지 스프레드시트의 이분산가정 t-검정을 활용하여 살펴보았다.

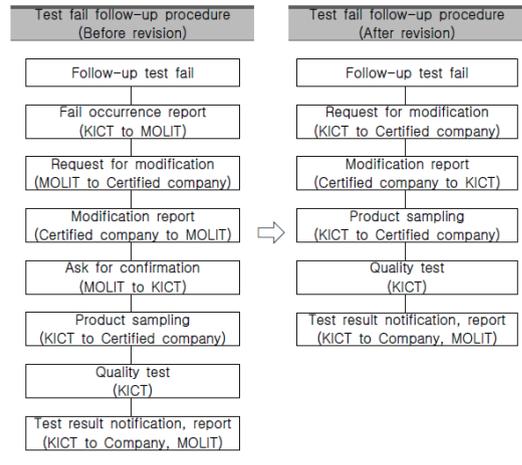


Fig. 2. Test fail follow-up procedure

Where, MOLIT denotes Ministry of Land, Infrastructure and Transport, KICT denotes Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology

3. 시험결과 및 고찰

3.1 부적합 현황 및 기준변경 내용

콘크리트용 순환골재에 대한 2019~2021년 사후관리 품질시험 결과를 살펴보면 Table 2와 같이 총 47건 중 24건이 부적합하였는데, 9개 품질항목 중 입자모양판정실적률, 0.08mm체 통과 손실량, 알칼리골재반응, 안정성 및 이물질함량 등 5개 항목은 부적합 발생이 없었고, 밀도, 흡수율, 점토덩어리량 및 입도분포 등 4개 항목에서 부적합이 발생하였다[1]. 동 부적합 24건 중 밀도 또는 흡수율이 부적합 경우가 18건(75%)으로 가장 많은 비중을 차지하였다[1].

Table 2. Annual test results of recycled fine aggregate

Items	Year			
	2019	2020	2021	Total
Total	18	19	10	47
Test pass	8	9	6	23
Test fail	10	10	4	24
Pass rate (%)	44.4	47.4	60.0	48.9

아울러, 콘크리트용 순환골재의 9가지 품질항목 중 상대적으로 부적합 비중이 높은 밀도 및 흡수율 항목의 경우 2017년 12월 15일 국토교통부에서 「순환골재 품

질기준」을 개정하여 Table 3과 같이 품질기준을 강화한 바 있다[2].

Table 3. Recycled fine aggregate standards

Test items	Before revision	After revision
Density in absolute dry condition	over 2.2 (g/cm ³)	over 2.3 (g/cm ³)
Water absorption	below 5.0 (%)	below 4.0 (%)

3.2 연도별 잔골재 밀도 및 흡수율 시험결과

3.2.1 기준 변경 전 시험결과

콘크리트용 순환잔골재에 대한 품질기준 변경 전인 2015~2017년 3년간 사후관리 품질시험 중 밀도 및 흡수율 시험결과는 Table 4와 같다.

Table 4. Annual test results (Before revision)

Items	Year	Year			Total
		2015	2016	2017	
Total cases		24	32	28	84
Density in absolute dry condition	Pass	24	32	28	84
	Fail	0	0	0	0
	Average	2.34	2.32	2.35	2.33
	Pass rate (%)	100	100	100	100
Water absorption	Pass	16	17	19	52
	Fail	8	15	9	32
	Average	4.75	5.05	4.63	4.82
	Pass rate (%)	66.7	53.1	67.9	61.9

연도별 밀도시험결과를 히스토그램으로 표현하면 Fig. 3(2015년), Fig. 4(2016년) 및 Fig. 5(2017년)와 같고, Fig. 6은 2015~2017년 3년간의 시험결과 84건을 일괄 나타낸 것이다.

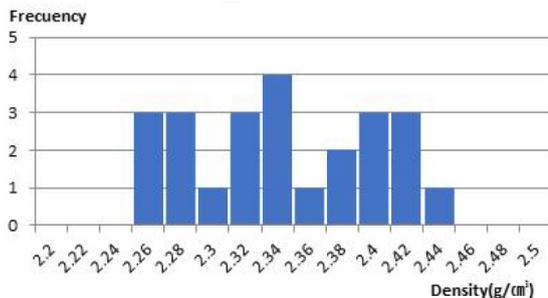


Fig. 3. Density test results(2015)

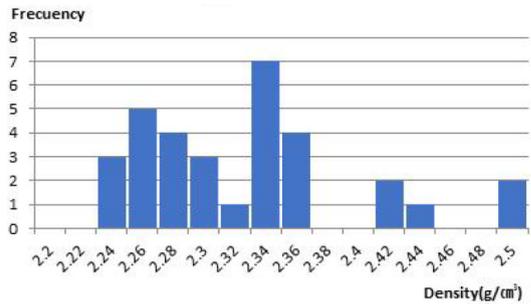


Fig. 4. Density test results(2016)

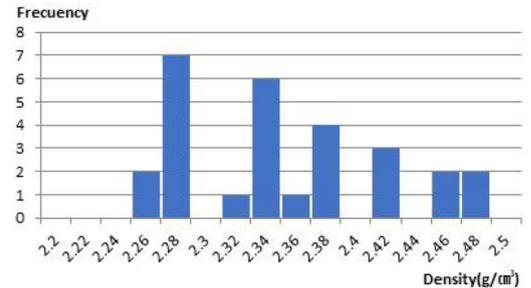


Fig. 5. Density test results(2017)

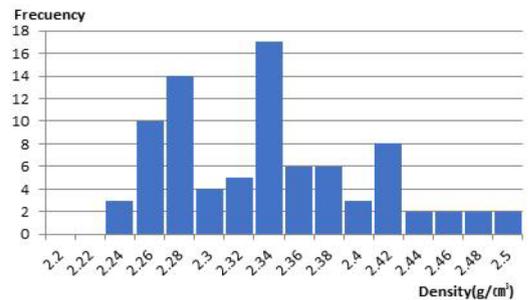


Fig. 6. Density test results(2015~2017)

또한, 연도별 흡수율 시험결과를 히스토그램으로 표현하면 Fig. 7(2015년), Fig. 8(2016년) 및 Fig. 9(2017년)와 같고, Fig. 10은 2015~2017년 3년간의 시험결과 84건을 일괄 나타낸 것이다.

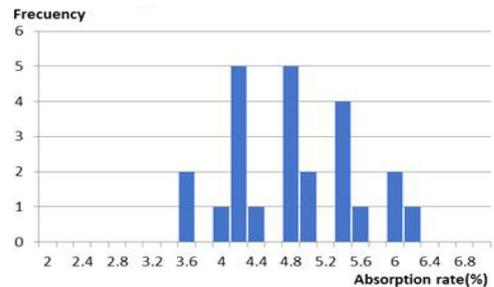


Fig. 7. Absorption rate test results(2015)

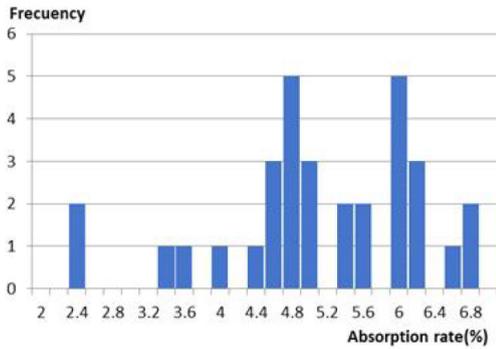


Fig. 8. Absorption rate test results(2016)

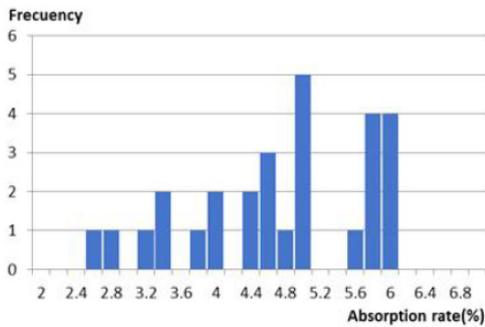


Fig. 9. Absorption rate test results(2017)

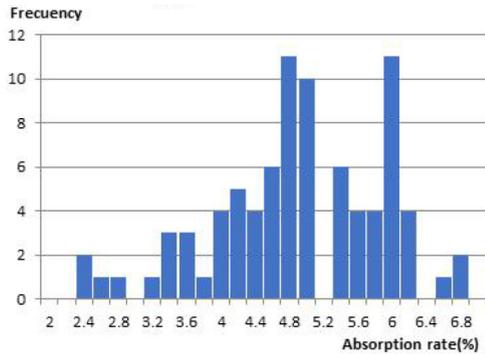


Fig. 10. Absorption rate test results(2015~2017)

3.2.2 기준 변경 후 시험결과

콘크리트용 순환잔골재에 대한 품질기준 변경 후인 2019~2021년 3년간 사후관리 품질시험 중 밀도 및 흡수율 시험결과는 Table 5와 같다.

Table 5. Annual test results (After revision)

		Year			
		2019	2020	2021	Total
Items					
Total cases		18	19	10	47
Density in absolute dry condition	Pass	11	14	8	33
	Fail	7	5	2	14
	Average	2.36	2.39	2.39	2.38
	Pass rate (%)	61.1	73.7	80.0	70.2
Water absorption	Pass	8	11	7	26
	Fail	10	8	3	21
	Average	4.54	4.08	4.31	4.3
	Pass rate (%)	44.4	57.9	70.0	55.3

연도별 밀도시험결과를 히스토그램으로 표현하면 Fig. 11(2019년), Fig. 12(2020년) 및 Fig. 13(2021년)과 같고, Fig. 14는 2019~2021년 3년간의 시험결과 47건을 일괄 나타낸 것이다.

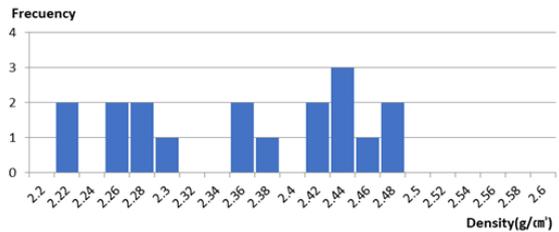


Fig. 11. Density test results(2019)

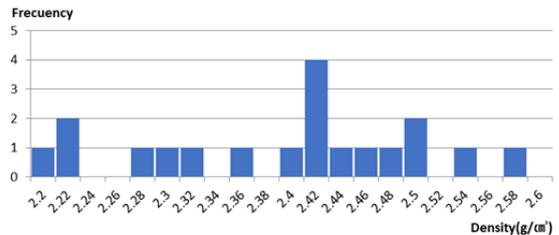


Fig. 12. Density test results(2020)

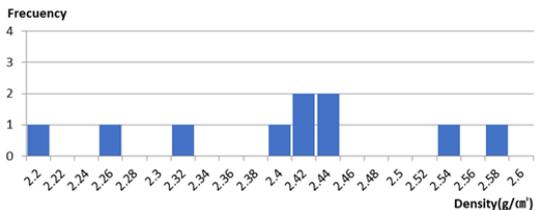


Fig. 13. Density test results(2021)

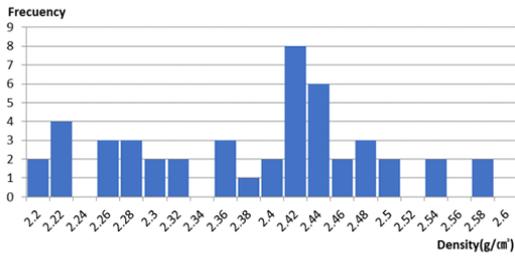


Fig. 14. Density test results(2019~2021)

또한, 연도별 흡수율 시험결과를 히스토그램으로 표현하면 Fig. 15(2019년), Fig. 16(2020년) 및 Fig. 17(2021년)과 같고, Fig. 18은 2019~2021년 3년간의 시험결과 47건을 일괄 나타낸 것이다.

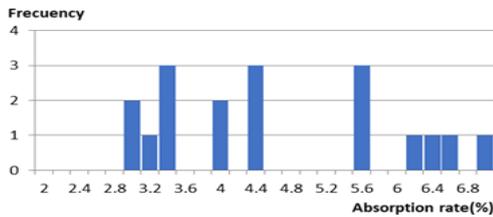


Fig. 15. Absorption rate test results(2019)

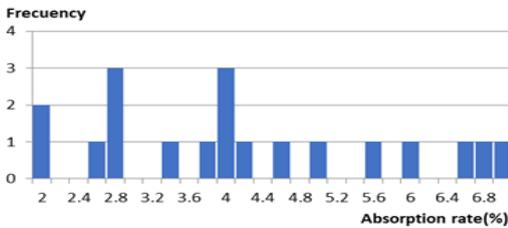


Fig. 16. Absorption rate test results(2020)

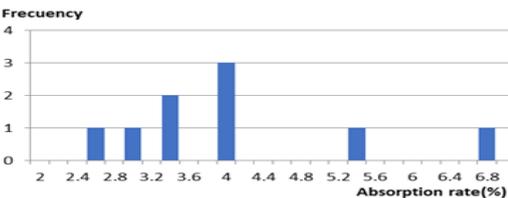


Fig. 17. Absorption rate test results(2021)

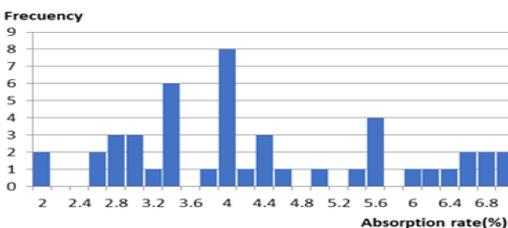


Fig. 18. Absorption rate test results(2019~2021)

3.3 밀도 및 흡수율 시험결과에 대한 고찰

3.3.1 기준 변경 전후 밀도 시험결과 고찰

Table 4와 같이 콘크리트용 순환잔골재 품질기준 변경 전 2015~2017년 3년간 실시한 사후관리 밀도시험 84건의 평균값은 2.33 g/cm³이며 84건 모두 당시 품질기준(2.2 g/cm³ 이상)을 충족하였다. 또한, Table 5와 같이 품질기준 변경 후 2019~2021년 3년간 실시한 사후관리 밀도시험 47건의 평균값은 2.38 g/cm³이며 47건 중 33건이 현 품질기준(2.3 g/cm³ 이상)을 충족하여 70.2 %의 합격률을 나타내었고 기준변경 전 3년 대비 평균값은 0.05 g/cm³ 상승, 합격률은 29.8%포인트 하락하였다. 또한, 기준 변경 후 순환잔골재의 품질향상 여부를 살펴보기 위하여 변경 전후 3년 기간의 시험결과 사이에 통계적으로 유의한 차이가 있는 지 살펴보았는데, 전자(2015~2017년 시험결과 84건)와 후자(2019~2021년 시험결과 47건) 사이에 차이가 없다고 귀무가설을 수립하고 스프레드시트의 이분산가정 t-검정을 활용하여 분석하였고 Table 6과 같은 결과가 도출되었다.

Table 6. t-Test of density test results

	Before revision	After revision
Mean	2.33	2.38
Variance	0.004	0.012
Observation	84	47
Hypothesized mean difference	0	
Degrees of freedom	66	
t statistics	-2.345	
P(T<=t) one-tailed t-Test	0.011	
t Critical One-tail	1.668	
P(T<=t) two-tailed t-Test	0.022	
t Critical Two-tail	1.997	

양측검정의 P값이 0.022로 유의수준 0.05보다 작고 t-통계량의 크기가 2.345로 t-기각치 1.997보다 크므로 가설을 기각한다. 즉 기준 변경 후 평균 0.05 g/cm³ 상승한 순환잔골재의 사후관리 밀도시험 결과는 변경 전 대비 통계적으로 유의한 의미가 있는 것으로 나타났다.

3.3.2 기준 변경 전후 흡수율 시험결과 고찰

상기와 동일하게 살펴보면 품질기준 변경 전 2015~2017년 3년간 실시한 사후관리 흡수율시험 84건의 평균값은 4.82 %이며 84건 중 52건(61.9 %)이 당시 품질기준

준(5.0 % 이하)을 충족하였다. 또한, 품질기준 변경 후 2019~2021년 3년간 실시한 사후관리 흡수율시험 47건의 평균값은 4.3 %이며 47건 중 26건이 현 품질기준(4.0 % 이하)을 충족하여 55.3 %의 합격률을 나타내었고 기준변경 전 3년 대비 평균값은 0.52 %포인트 감소, 합격률은 6.6 %포인트 하락하였다. 밀도의 경우와 동일하게 기준변경 전후 3년 기간의 시험결과 간의 통계적 차이를 살펴보았는데, 전자(2015~2017년 시험결과 84건)와 후자(2019~2021년 시험결과 47건) 사이에 차이가 없다고 귀무가설을 수립하고 스프레드시트의 이분산 가정 t-검정을 활용하여 분석하였으며 Table 7과 같은 결과가 도출되었다.

Table 7. t-Test of absorption test results

	Before revision	After revision
Mean	4.82	4.30
Variance	0.976	2.32
Observation	84	47
Hypothesized mean difference	0	
Degrees of freedom	68	
t statistics	2.101	
P(T<=t) one-tailed t-Test	0.020	
t Critical One-tail	1.668	
P(T<=t) two-tailed t-Test	0.039	
t Critical Two-tail	1.996	

양측검정의 P값이 0.039로 유의수준 0.05보다 작고 t-통계량의 크기가 2.101로 t-기각치 1.996보다 크므로 가설을 기각한다. 즉 기준 변경 후 평균 0.52 %포인트 감소한 순환잔골재의 사후관리 흡수율시험 결과는 변경 전 대비 통계적으로 유의한 의미가 있는 것으로 나타났다.

4. 결론

콘크리트용 순환잔골재의 품질항목 중 불합격률이 높은 밀도와 흡수율 항목에 대하여 품질기준을 강화한 전후 각 3년 기간의 사후관리 품질시험결과를 살펴보았다. 밀도의 경우 기준 변경 후 시험결과 평균값은 2.38 g/cm³, 합격률은 70.2 %로 변경 전 대비 평균값은 상승하였으나 합격률은 하락하였다. 기준변경 전후 각 3년 기간의 시험결과 사이에 차이가 없다는 가설을 전제로 이분산 가정 두 집단에 대한 데이터분석도구로 t-검정해 본 결과

P값이 유의수준보다 작고 t-통계량이 t-기각치보다 커 양자 간에 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다. 흡수율의 경우 기준 변경 후 시험결과 평균값은 4.3 %, 합격률은 55.3 %로 변경 전 대비 평균값은 감소하였으나 합격률은 하락하였다. 밀도의 경우와 동일하게 기준변경 전후 시험결과 사이에 차이가 없다는 가설을 전제로 이분산 가정 두 집단에 대하여 t-검정해 본 결과 P값이 유의수준보다 작고 t-통계량이 t-기각치보다 커 양자 간에 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다. 즉, 품질기준 상향 이후 품질인증 받은 순환잔골재의 밀도 및 흡수율 항목의 합격률은 다소 감소하였으나, 기준 변경 전후 각 3년의 품질시험 데이터를 분석해 본 결과 기준 변경 이후 통계적으로 유의미한 품질향상이 이루어진 것으로 나타났다.

본 논문은 인증업무처리기관이 콘크리트용 순환잔골재 품질인증업체를 대상으로 2015~2017년 및 2019~2021년 실시한 사후관리 품질시험결과를 대상으로 한 한계가 있으므로 향후 다른 용도의 순환골재, 다른 시기의 사후관리 품질시험결과 등을 대상으로 심도 있는 연구가 지속되면 보다 일반화된 결과가 도출될 수 있을 것으로 사료되며, 사업장 심사결과와 품질시험결과 사이의 관계, 밀도와 흡수율 등 품질항목 사이의 관계 등에 대한 후속 연구가 이루어진다면 순환 잔골재 품질향상에 기여할 수 있을 것으로 사료된다.

References

- [1] S. M. Jeon, "Nonconformity cases of follow-up inspection test for quality certification of recycled fine aggregates for concrete: a review", *Journal of Korea Society of Waste Management*, Vol.39, No.4, pp.342-348, Aug. 2022.
DOI: <http://dx.doi.org/10.9786/kswm.2022.39.4.342>
- [2] Ministry of Land, Infrastructure and Transport, Public notice, "Quality standards for recycled aggregate", Korea, Dec. 2017.
<https://www.law.go.kr/admRulSc.do?menuId=5&subMenuId=41&tabMenuId=183&query=%EC%88%9C%ED%99%98%EA%B3%A8%EC%9E%AC#liBgcolor1>
- [3] J. Lee, B. C. Lee, Y. K. Cho, K. M. Park and S. H. Jung, "Carbonation properties of recycled aggregate concrete by specified concrete strength", *Journal of the Korean Recycled Construction Resources Institute*, Vol.5, No.1, pp.85-93, Mar. 2017.
DOI: <https://doi.org/10.14190/JRCR.2017.5.1.085>
- [4] S. H. Yoon and S. H. Lee, "A basic study on the

- quality characteristics of mixed coarse aggregates based on the mixing ratio of recycled coarse aggregate and crushed coarse aggregate”, *Journal of Korea Society of Waste Management*, Vol.37, No.7, pp.495-501, Oct. 2020.
DOI: <http://dx.doi.org/10.9786/kswm.2020.37.7.495>
- [5] J. H. Kim, J. H. Sung, C. G. Kim, S. H. Lee and H. S. Kim, “An experimental study on the improvement of quality of mixed aggregate using recycled aggregate”, *Journal of the Korean Recycled Construction Resources Institute*, Vo6, No.4, pp.229-235, Dec. 2018.
DOI: <https://doi.org/10.14190/JRCR.2018.6.4.229>
- [6] S. H. Lee, Research for KS certification and quality assurance of recycled aggregate, Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology, pp.536-541, Korea, Jul. 2006.
- [7] S. H. Lee, A study on quality standard of recycled aggregate and implementation plan of the certification system, Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology, pp.93-116, Korea, Feb. 2017.
- [8] Y. H. Lee, A study on the expand the use of recycled aggregate, Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology, pp.189-208, Korea, Dec. 2014.
- [9] S. M. Jeon, “Follow-up management and test results for certified recycled coarse aggregates for concrete: a review”, *Journal of Korea Society of Waste Management*, Vol.38, No.6, pp.555-560, Dec. 2021.
DOI: <http://dx.doi.org/10.9786/kswm.2021.38.6.555>
- [10] S. M. Jeon, “Study on the validity of third test for certified recycled coarse aggregates based on the result analysis of follow-up audit”, *Journal of Korea Society of Waste Management*, Vol.39, No.2, pp.160-165, Apr. 2022.
DOI: <http://doi.org/10.9786/kswm.2022.39.2.160>
- [11] Ministry of Land, Infrastructure and Transport, “Construction waste recycling promotion act”, Article 36, Korea, Mar. 2021.
<https://www.law.go.kr/LSW/lSc.do?dt=20201211&subMenuId=15&query=%EA%B1%B4%EC%84%A4%ED%8F%90%EA%B8%B0%EB%AC%BC%EB%B2%95&menuId=1#undefined>
- [12] Ministry of Land, Infrastructure and Transport, “Enforcement decree of construction waste recycling promotion act”, Article 29, Korea, Mar. 2022.
<https://www.law.go.kr/LSW/lSc.do?dt=20201211&subMenuId=15&query=%EA%B1%B4%EC%84%A4%ED%8F%90%EA%B8%B0%EB%AC%BC%EB%B2%95&menuId=1#undefined>
- [13] Ministry of Land, Infrastructure and Transport, “Rule of quality certification and management for recycled aggregate”, Appendix 1, Korea, Dec. 2021.
<https://www.law.go.kr/lSc.do?menuId=1&subMenuId=15&tabMenuId=81&query=%EC%88%9C%ED%99%98%EA%B3%A8%EC%9E%AC#undefined>
- [14] Ministry of Land, Infrastructure and Transport, “Rule of quality certification and management for recycled aggregate”, Article 6 and 8, Korea, Dec. 2021.
<https://www.law.go.kr/lSc.do?menuId=1&subMenuId=15&tabMenuId=81&query=%EC%88%9C%ED%99%98%EA%B3%A8%EC%9E%AC#undefined>
- [15] Ministry of Land, Infrastructure and Transport, “Instructions for quality certification of recycled aggregate”, Korea, Nov. 2022.
<https://www.law.go.kr/admRulSc.do?menuId=5&subMenuId=41&tabMenuId=183&query=%EC%88%9C%ED%99%98%EA%B3%A8%EC%9E%AC#liBgcolor2>

전 수 민(Soo-Min Jeon)

[정회원]



- 2008년 8월 : 한양대학교 공학대학원 건축구조및재료공학과 (공학 석사)
- 2011년 2월 : 한양대학교 대학원 건축공학과 (박사수료)
- 1999년 7월 ~ 현재 : 한국건설기술연구원 연구위원

<관심분야>

순환골재, 품질인증, 내화구조