

현장재생골재를 사용한 포장용 콘크리트의 기본 물성실험

Evaluation of Concrete Material Properties for Pavement Using Job-site Processed Recycled Aggregates

양 성 철 Yang, Sungchul
김 남 호 Kim, Namho

정희원 · 홍익대학교 건축공학부 교수 · 교신저자 (E-mail: scyang@hongik.ac.kr)
정희원 · 한국기술교육대학교 건축공학부 교수 (E-mail: nhkim@kut.ac.kr)

ABSTRACT

PURPOSES : This study was performed to investigate a feasibility of job-site use of recycled concrete aggregate exceeding 3% of absorption rate. Test variables are coarse aggregate types such as natural aggregate, job-site processed recycled aggregate, and recycled aggregate processed from the intermediate waste treatment company.

METHODS : First, aggregate properties such as gradation, specific gravity and absorption rate were determined. Next a basic series of mechanical properties of concrete was tested.

RESULTS : All strength test results such as compression, flexure and modulus were satisfied for the minimum requirements. Finally up to first 48 elapsed days the shrinkage strains of concretes made from both recycled aggregates (in case of volume-surface ratio of 300) appeared to be greater than 26% of the companion concretes made from natural aggregates.

CONCLUSIONS : Drying shrinkage result is ascribed to greater absorption rate and specific gravity of those specimens made from recycled aggregate. This may be reduced with an addition of admixtures.

Keywords

drying shrinkage, concrete, recycled aggregate, volume-surface ratios

Corresponding Author : Yang, Sungchul, Ph.D
School of Architectural Engineering, Hongik University
2639, Sejong-ro, Jochiwon-eup, Sejong, 339-701, Korea
Tel : +82.44.860.2561 Fax : +82.44.865.2796
E-mail : scyang@hongik.ac.kr

International Journal of Highway Engineering
http://www.ijhe.or.kr/
ISSN 1738-7159 (Print)
ISSN 2287-3678 (Online)

1. 서론

골재는 콘크리트 용적의 대부분을 차지하고 있어서 콘크리트 품질의 물리적 특성에 미치는 영향이 큰 것으로 나타난다. 우리나라는 1970~80년대 이후 급격한 경제성장에 따라 콘크리트 구조물의 건설이 수많이 이루어졌으며, 구조물의 장기간 사용에 따라 해체 및 철거 또한 수많이 이루어지고 있다. 이에 따라 현재 국내에서 건설 폐기물의 급격한 발생량 증가로 인해 건설 폐기물

처리에 대한 문제점이 대두되고 있고, 게다가 천연 골재의 고갈 등으로 인해 그 공급이 점차 어려워지게 되고 있어 콘크리트 제조에 어려움이 가중되고 있는 문제점이 있다. 강모래나 강자갈 매장량에도 한계를 보이고 있어 골재 확보에도 많은 영향을 미치게 됨에 따라 대체 골재 자원의 충당이 시급한 실정이다. 이러한 문제점들의 해결책으로는 재생 골재와 같은 재활용한 골재가 천연골재의 부족한 생산량을 보완하기 위한 방안으로 활

발히 진행되고 있다(유명열, 2007; 홍미영, 2010).

정부에서도 재활용 골재를 사용함으로써 자원의 효율적인 활용을 지속적으로 유도하고 있다. 재생골재는 「건설 폐기물 재활용 촉진에 관한 법률」이 제정·공포되어 천연 골재의 대체 자원으로 활용 가능하며 순환 골재의 사용 의무화 등의 근거가 마련됨에 따라 그 사용량은 점차 증가할 것으로 예상된다. 또한 사회적, 경제적인 측면에서 순환골재 사용의 필요성은 점점 강조되고 있고, 국토해양부에서는 “순환골재 품질기준(안)”을 공포하여 순환골재 품질에 따른 용도와 관리를 할 수 있도록 기준이 확립되었다. 따라서 재생 또는 순환 골재를 사용한 콘크리트의 물성 연구 또한 중요하게 인식되고 있다(국토해양부, 2009; 양성철 등 2012).

미 도로 및 공항 콘크리트 포장 재료의 재활용은 1970~80년대의 에너지파동 이후로부터 전 세계적으로 주목받기 시작하여 관련 기술과 경험이 축적되어 왔다. 미국 콜로라도 주의 덴버 국제공항, 로스앤젤레스 국제공항, 뉴욕 케네디 공항에서의 현장 재생골재를 사용하여 공항포장에 적용한 실적은 지속가능한 녹색 공항 포장 공법으로서의 전망을 밝게 해준다. 미국의 경우 현재 41개 주 도로국에서 재생골재를 신설 포장의 기층이나 보조기층 재료로 사용하는 것을 허용하고 있으며, 그 중 텍사스, 미네소타 주를 포함한 11개 주에서는 재생골재를 표층 골재로도 사용하고 있다(RMRC, 2007). 그리고 기존 포장체를 이용한 재생골재의 현지 생산을 위한 관련 장비의 개발과 이를 현장에서 효과적으로 재활용하기 위한 녹색 공법의 개발에 대해서는 현재 다양한 연구가 진행 중에 있는 것으로 알려진다(Pauls et al., 2008). 한편 북미와 유럽의 경우에는 도로 및 공항 포장의 재시공 시 콘크리트 재생 골재의 활용이 일반화 되어 있다.

미국 FAA 및 대부분 주 도로국에서는 국내와는 다르게 기층용 빈배합 콘크리트나 포장용 콘크리트에 사용되는 골재의 흡수율 기준을 두지 않는다. 다만 도로에 재활용될 수 있는 재생콘크리트는 그 근원이 도로에서만 배출되어 재생된 골재여야만 하는 규정을 두고 있다(FAA, 2007).

2. 연구동향과 논문의 목적 및 방법

기존의 국내연구에서는 일반 구조물용 콘크리트 배합에 대해 골재의 변화에 따른 콘크리트의 물리적 특성 변화에 관하여 몇몇 연구들이 진행되어 왔고 도로현장에서 배출한 폐콘크리트로부터 얻은 재생골재에 관한 연

구가 전무하다(심중성 등, 2006; 박원준, 2012). 아울러 본 논문에서는 현장의 노후화된 포장슬래브를 파쇄한 재생 굵은골재의 흡수율이 현 기준인 3%(한국도로공사, 2011; 인천국제공사, 2012)를 초과하더라도 포장용 콘크리트로 사용시 콘크리트의 다양한 특성에 어떻게 영향을 미치는 지에 대한 기본 연구로서 수행되었다. 본 연구에서는 콘크리트 배합의 변수로서 천연골재, OO 공항에서 배출되어 생산된 재생골재, 일반적인 재생골재를 사용하여 콘크리트의 강도, 탄성계수, 건조수축의 변화에 대한 실험결과를 분석하였다.

3. 배합설계 및 시편 준비

3.1. 재료의 기초 물성

시멘트는 1종 보통 시멘트로 국내 S사에서 제공하는 비표면적 3,310cm²/g의 비중 3.15인 시멘트를 사용하였다. 잔골재는 자연사가 사용되었다. 굵은골재로는 천연골재(화강암), OO공항포장에서 배출된 폐콘크리트를 골재중간처리업체를 통해 얻은 재생골재로서 본 논문에서는 현장재생골재로 명명하였다. 그리고 상기 업체에서 생산한 일반재생골재로서 본 논문에서는 공장재생골재로 명명하였다.

다음 Table 1은 굵은골재에 따른 비중, 흡수율, 단위용적중량에 대한 결과를 보여준다. 비중이 2.64인 천연골재에 비해 현장재생골재는 비중이 2.42이고, 공장재생골재는 2.37로써 8~10% 정도 작게 나타났는데, 이것은 재생골재가 천연골재와 달리 표면에 모르타르 성분을 포함하고 있기 때문이다. 흡수율의 경우도 천연골재가 0.77%인데 비해 재생골재는 약 7배가 차이므로 인해 재생골재의 내부에 공극과 시멘트 페이스트

Table 1. Specific Gravity, Absorption Rate and Weight of Unit Volume for Coarse Aggregate Types

Aggregate Type	Specific Gravity			Absorption Rate (%)			Weight of Unit Volume (kg/m ³)		
	#1	#2	Avg	#1	#2	Avg	#1	#2	Avg
Natural Agg. (Granite)	2.64	-	2.64	0.77	-	0.77	1,796	1,764	1,780
Job-site Recycled Agg. (OO Airport)	2.40	2.43	2.42	5.13	5.60	5.37	1,447	1,453	1,450
Intermediate Recycled Agg. (Waste Treatment Co)	2.35	2.39	2.37	5.33	5.45	5.39	1,532	1,489	1,510

의 영향이 많음을 예상할 수 있다. 잔골재와 굵은골재 모두 고속도로 전문시방서에서 요구되는 입도범위를 만족시켰다.

3.2. 콘크리트 배합 설계

실험에 사용된 배합은 전문시방서 기준(슬럼프값 40mm 이하, 공기량 4~7%)을 만족시키는 범위 내에서 포장용 콘크리트 배합을 기준으로 하였으며 Table 2와 같다. 이 배합은 용적배합설계를 기준으로 하였다. Table 2의 모든 배합의 굵은골재 최대치수는 25mm이며 일반 포장용 콘크리트의 시멘트량은 320~326kg/m³의 범위가 사용되었다. 일반적으로 굵은골재의 최대치수는 도로포장용으로는 32mm를 사용하며 공항공포장용에서는 25mm와 40mm를 사용할 수 있다.(한국도로공사, 2011; 인천국제공사, 2012) 본 실험에서는 일차적으로는 향후 공항공포장에 적용할 목적으로 수행하였다. 시방배합은 목표 슬럼프와 공기량을 얻기까지 여러 차례 시도되었으며 최종 시방배합표를 사용하여 본 실험에 임하였다.

Table 2. Trial Mixes with Respect to Different Coarse Aggregates

Coarse Agg. Types	Notation	W/C (%)	Unit Weight (kg/m ³)				AE (%)
			Water	Cement	Coarse Agg.	Fine Agg.	
Natural Agg.	N-1	43	140	326	1135	722	0.010
	N-2	40	130	325	1151	732	0.010
	N-3	40	128	320	1157	736	-
	N-4	40	128	320	1157	736	0.005
Job-site Recycled Agg.	J-1	40	128	320	1056	736	0.005
	J-2	40	128	320	1056	736	0.005
	J-3	40	128	320	1056	736	-
	J-4	40	128	320	1056	736	0.003
Intermediate Recycled Agg.	I-1	40	128	320	1038	736	0.003

- 1) N stands for natural coarse aggregate
- 2) J stands for job-site recycled aggregate
- 3) I stands for intermediate recycled aggregate

위의 시방배합에 의해 구해진 슬럼프와 공기량에 대해 Table 3에 나타내었다. 천연골재를 사용한 콘크리트 배합의 최종 슬럼프는 40mm, 공기량은 5%이었고 현장 재생골재는 20mm와 5.5%이며 공장재생골재는 29mm와 5.3%를 나타냈다. 각 배합재료와 AE제를 조절하여 최종 배합설계를 완성하였다.

Table 3. Slump and Air Content Results with Respect to Trial Mixes

Coarse Agg. Types	Notation	Slump(mm)	Air Content(%)
Natural Agg.	N-1	130	8.5
	N-2	76	8.5
	N-3	43	2.0
	N-4	40	5.0
Job-site Recycled Agg.	J-1	54	7.0
	J-2	30	7.0
	J-3	5	5.5
	J-4	20	5.5
Intermediate Recycled Agg.	I-1	29	5.3

3.3. 시편의 준비

다음 Table 4에는 3개의 굵은골재 종류를 다르게 사용한 콘크리트 시편에 대해 실험항목별, 재령별, 반복시험개수 및 시편의 재원을 정리하였다. 실험항목으로는 압축강도 및 탄성계수, 휨강도, 건조수축 변형률 실험을 수행하였다.

특히 본 연구에서 건조수축실험은 콘크리트 표준공시체의 건조수축과 포장용 콘크리트 슬래브의 건조수축을 비교하기 위해, 시편의 형상비(Volume to Surface Ratio: V/S)를 달리하여 실험을 실시하였다. 포장용 콘크리트 슬래브의 형상비(V/S)를 모사하기 위해서 원하는 표면만으로 수분이 발산되도록 코팅제(U&V-H(A,B))로 도포하여 다른 면에서의 수분발산을 방지하여 현 일반적인 콘크리트 포장 슬래브(두께 300mm)의 형상비를 모사하였다. 본 실험에서 시험편 형상비를 달리한 이유는 현행 KS F 2424의 기준으로 건조수축을 측정하면 실제 포장용 콘크리트 슬래브에서 발생하는 건조수축보다 매우 과대평가한 값이 산출되기 때문에 이를 감안하여 포장용 콘크리트 슬래브의 형상비를 갖는 시편과 더불어

Table 4. Test Items and Specimen Preparation

Test Items	Test Standards	Age (Days)	Spec. No.	Specimen Size
Compressive Strength	KS F 2405	7, 14, 28	4	∅100×200
Modulus of Elasticity	KS F 2438	7, 14, 28	4	∅100×200
Flexural Strength	KS F 2408	7, 14, 28	4	100×100×400
Drying Shrinkage	KS F 2424	continuous	2~3	100×100×400(V/S 2.2) 100×300×300(V/S 300)

기준시편을 변수로 하였다. 형상비와 각 골재에 따라 천연골재는 2개의 시편씩, 현장 재생골재는 3개의 시편씩, 공장 재생골재는 2개의 시편씩으로 실험하였다.

다음 Fig. 1은 시편 형상비의 예를 보여준다. 형상비가 22.2mm인 공시체는 표준공시체(100×100×400)를 사용하되 코팅제를 전혀 도포하지 않은 경우이다. 형상비가 300mm인 시편은 100×300×300의 시편을 사용하되, 100×300면 1면만 노출시켰다. 이렇게 준비된 슬래브를 항온항습실에 보관하여 1/1000mm 정밀도까지 측정할 수 있는 다이얼 게이지를 이용하여 길이 변화를 측정하였다.

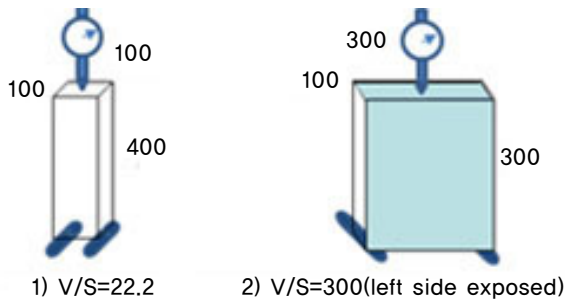


Fig. 1 Schematic Diagrams of Specimens for Different Volume-Surface Ratios

4. 실험 결과 및 분석

4.1. 압축강도 실험 결과

천연골재와 현장재생골재 및 공장재생골재의 압축강도 실험결과는 Table 5 및 Fig. 2와 같다. 재령 7일과 14일에 대해서는 모든 변수에 대해 4개의 시편에 대한 평균값을 적용하였고, 재령 28일에서는 각각 3개의 시편에 대해서만 실험을 하여 그에 대한 평균값을 사용하였다. 모든 시편에 대해 재령별로 압축강도가 증가하는 모습을 보여준다.

Table 5. Compressive Strength Test Results

Coarse Agg. Types	Age (Days)	1	2	3	4	Avg. (MPa)
Natural Agg.	7	27.7	27.1	28.8	30.2	28.4
	14	30.3	33.5	33.6	32.0	32.4
	28	37.7	37.8	36.8	-	37.4
Job-site Recycled Agg.	7	28.5	30.0	29.9	31.3	29.9
	14	35.5	32.7	27.4	27.5	30.8
	28	36.8	38.6	37.1	-	37.5
Intermediate Recycled Agg.	7	25.6	25.8	27.6	26.0	26.3
	14	25.6	31.1	30.2	31.0	29.5
	28	29.5	33.1	35.5	-	32.7

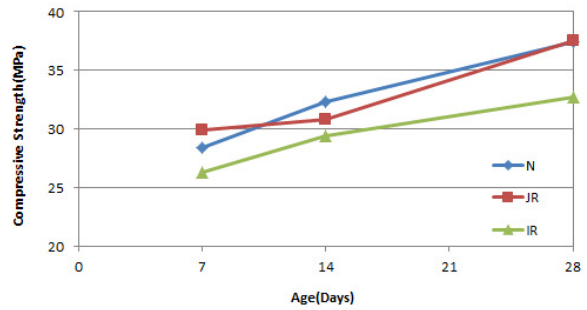


Fig. 2 Compressive Strength Curves of Specimens made from Different Coarse Aggregates

전체 재령별로 천연골재와 현장재생골재는 비슷한 강도를 나타낸 것에 반해 공장재생골재의 경우에는 87% 수준의 압축강도를 보인다. 하지만 재생골재의 28일에서의 압축강도도 32.7MPa를 기록해 양성철 등(2010)이 제시한 기존의 포장용 콘크리트의 압축강도와 휨강도의 상관관계 모델식($f_c = 0.8264 \times f_{ck}^{0.5}$, $R^2 = 0.736$)으로부터 휨강도 4.5MPa에 준하는 기준 환산 압축강도인 29.7MPa를 만족하는 것으로 평가된다.

4.2. 휨강도 실험 결과

Table 6은 재령에 따른 콘크리트의 휨 강도 실험결과이다. 재령 7일과 14일에 대해서는 모든 변수에 대해 4개의 시편에 대한 평균값을 적용하였고, 재령 28일에서는 각각 3개의 시편에 대해서만 실험을 하여 그에 대한 평균값을 사용하였다.

Table 6. Flexural Strength Test Results

Coarse Agg. Types	Age (Days)	1	2	3	4	Avg. (MPa)
Natural Agg.	7	3.82	4.41	3.82	3.68	3.93
	14	3.97	4.63	4.34	4.41	4.34
	28	4.93	5.37	4.63	-	4.98
Job-site Recycled Agg.	7	4.19	4.71	4.12	4.78	4.45
	14	4.41	3.90	4.49	4.85	4.41
	28	5.22	4.85	4.85	-	4.97
Intermediate Recycled Agg.	7	3.68	3.46	3.82	3.60	3.64
	14	4.78	4.41	4.27	4.56	4.50
	28	4.41	4.85	4.63	-	4.63

Fig. 3에 의하면 천연골재의 휨강도는 재령 7일에서부터 서서히 증가하면서 재령 28일에서는 4.98MPa를 나타내 휨강도 기준인 4.5MPa를 초과함을 알 수 있다. 그러나 현장 재생골재의 경우에는 재령 7일에 비해 재령 14일의 강도가 떨어지는 경향을 보였지만 재령 28일

에서는 4.97MPa를 나타내 기준 시편인 천연골재와 거의 동일한 결과를 얻었다. 공장 재생골재의 경우도 재령 28일에서 천연골재에 비해 7% 작지만 기준인 4.5MPa를 만족한다.

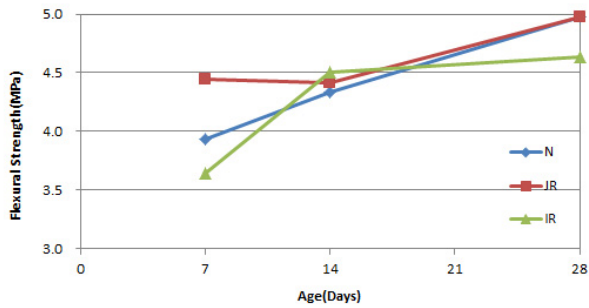


Fig. 3 Flexural Strength Curves of Specimens made from Different Coarse Aggregates

4.3. 탄성계수 실험 결과

천연골재와 현장재생골재 및 공장재생골재의 탄성계수 실험결과는 Table 7 및 Fig. 4와 같다. 재령 7일과 14일에서는 각각 4개 시편의 평균값을 사용하였고 재령 28일에서는 3개 시편의 평균값을 사용하였다. 천연골재는 재령에 따라 7, 14, 28일 계속해서 증가되는 경향

Table 7. Modulus Elasticity Test Results

Coarse Agg. Types	Age (Days)	1	2	3	4	Avg. (MPa)
Natural Agg.	7	27.1	25.8	25.4	21.3	24.9
	14	28.1	26.7	30.0	27.5	28.1
	28	28.3	30.8	32.6	- ¹⁾	30.6
Job-site Recycled Agg.	7	26.9	29.8	20.2	22.6	24.9
	14	25.1	26.0	24.8	23.7	24.9
	28	27.6	23.4	29.7	- ¹⁾	26.9
Intermediate Recycled Agg.	7	21.7	23.3	21.6	23.3	22.5
	14	25.6	23.3	22.3	21.9	22.5
	28	28.7	25.8	19.4	- ¹⁾	24.7

1) omitted due to LVDT measurement errors

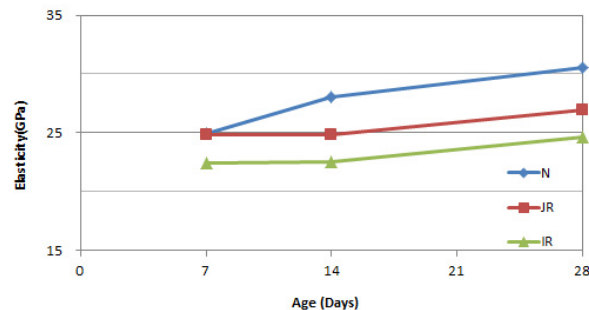


Fig. 4 Elasticity Curves of Specimens made from Different Coarse Aggregates

을 보인 반면, 재생골재는 7일과 14일의 값이 비슷하며 28일에 증가하는 경향으로 나타났다.

재령 28일에서의 현장재생골재와 공장재생골재의 탄성계수는 각각 26.9GPa, 24.7GPa로서 천연골재의 탄성계수인 30.6GPa에 비해 12%, 19% 작은 값으로 나타났다. 이는 재생골재를 함유한 콘크리트의 강성이 천연골재를 함유한 콘크리트의 강성보다 작게 평가된 다른 연구자들의 결과와 유사한 일반적인 경향으로 이해된다.

양성철 등(2010)이 이전에 발표한 압축강도와 탄성계수와의 상관관계식($E = 10,046 \times \sqrt[3]{f_{ck}} - 8.76$, $R^2 = 0.806$)에 의해 분석해보면 재령 28일에서의 천연골재의 압축강도 37.4MPa에 대한 예측값이 30.7GPa에 대해 예측값은 30.6GPa으로서 상관관계가 잘 맞음을 보인다. 동일한 요령으로 재령 28일에서의 재생골재에 대해 적용해보면 현장재생골재와 공장재생골재는 각각 30.8GPa, 29.0GPa을 예측하였으나 예측값은 각각 26.9GPa, 24.7GPa으로서 재생골재에 대해서는 이전의 관계식에 맞지 않음을 보인다.

4.4. 건조수축 실험 결과

항온실의 온도는 20℃와 상대습도 60%를 목표로 항온, 항습의 시설을 사용하였다. Fig. 5는 항온실 내의 재령별 온도 또는 습도 변화를 나타낸다. 온도는 목표치인 20℃를 거의 일정하게 유지하였으나 습도는 Fig. 5의 경우 대체적으로 40~66% 사이에서 변화가 있었음을 보여준다.

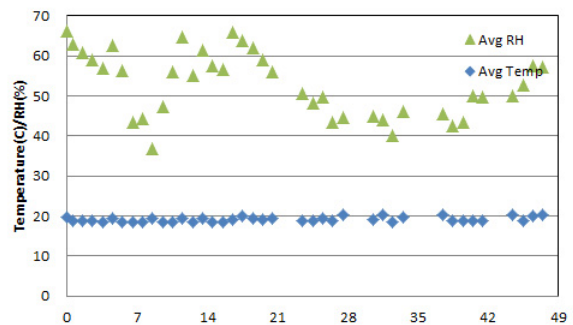


Fig. 5 Temperatures and Relative Humidity inside Environment Chamber

4.4.1. 형상비별 건조수축 변화

다음 Fig. 6은 각 배합변수별로 2개 시편의 평균 건조수축변형률을 나타낸다. 즉 현장-22로 명기된 것은 현장재생골재를 굵은골재로 사용한 2개의 콘크리트 표준시편(형상비 22.2)에 대한 건조수축변형률 결과이다. 초기재령 48일까지 측정된 결과로는 전체적으로 약 8

일을 경계로 bi-linear한 경향으로 나타났다.

Fig. 6에서는 형상비 22.2인 시편과 형상비 300의 시편에 대한 건조수축 결과가 뚜렷이 대비됨을 보여준다. 재령 8일에서 3개 배합에 대한 표준시편의 전체 평균 건조수축변형률은 283μ 이었고 형상비 300인 시편의 평균 결과 값은 133μ 로서 표준시편이 2.1배 크게 측정되었다. 반면 재령 48일에서는 표준시편의 결과(586μ)와 비교하면 형상비 300인 경우 269μ 로서 표준시편이 2.2배 큰 결과로 나타났다. 이러한 형상비에 따른 건조수축 경향은 기존의 연구자들의 논문에서도 확인이 되었다(양성철 등, 2010; 양성철 등, 2004; Burnham et al, 2001).

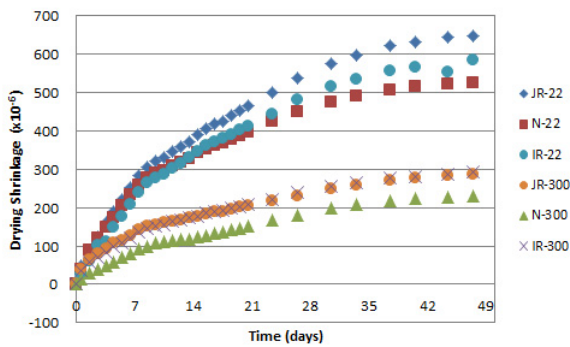


Fig. 6 Average Drying Shrinkage Curves of Different Coarse Aggregates with Respect to Different V/S Ratios

4.4.2. 굵은골재의 변화

1) 표준시편(형상비 22.2)인 경우

Fig. 7에는 표준시편인 경우 굵은골재별 건조수축변형률 결과를 나타냈다. 재령 14일까지는 천연골재가 공장재생골재보다 오히려 건조수축변형률이 미소하게나마 조금 크게 측정되었지만 재령 48일에서는 현장재생골재(646μ) > 공장재생골재(585μ) > 천연골재(526μ)의 순으로 측정되었다. 천연골재의 값을 기준으로 현장재생골재는 23%, 공장재생골재는 11% 더 큰 변형률로 나타

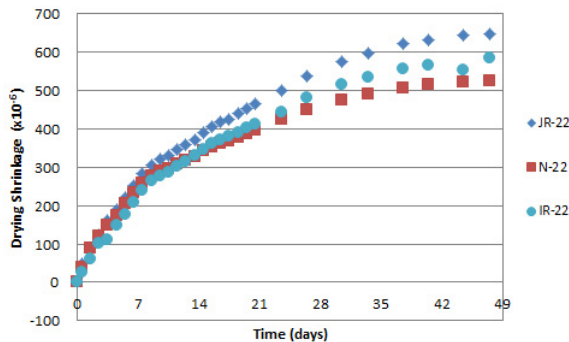


Fig. 7 Average Drying Shrinkage Results of Concrete Specimens with V/S=22.2

났다. 이는 일반적으로 알려진 재생골재를 함유한 콘크리트의 건조수축이 천연골재를 함유한 콘크리트보다 크다는 것을 확인할 수 있다.

2) 형상비 300인 경우

Fig. 8에는 형상비가 300인 경우 굵은골재별 건조수축변형률 결과를 나타냈다. 동일한 조건에서 측정한 천연골재 시편의 48일 재령에서의 변형률이 230μ 에 비해 현장재생골재의 변형률은 287μ , 공장재생골재의 변형률은 292μ 로서 재생골재 시편의 변형률이 천연골재 시편보다 평균적으로 26% 크게 나타났다.

초기재령 34일까지 관측된 현재까지의 모든 시편에 대한 건조수축변형률의 경향을 판단한다면 재생골재를 사용한 콘크리트의 건조수축변형률이 비교가 되는 천연골재를 사용한 콘크리트에 비해 큰 것으로 나타났다. 이는 Table 1에서 제시한 바와 같이 본 실험에 사용한 현장재생골재나 공장재생골재의 평균 비중 2.40이 천연골재의 비중 2.64에 비해 약 9% 작고, 단위용적중량은 천연골재의 $1,780\text{kg/m}^3$ 에 비해 재생골재는 평균 $1,480\text{kg/m}^3$ 으로서 약 17% 작은 영향으로 판단된다. 또한 재생골재의 평균 흡수율이 5.38%로써 천연골재의 흡수율인 0.77에 비해 약 7배 차이의 영향이 건조수축의 증가에 지배적이었던 것으로 판단된다.

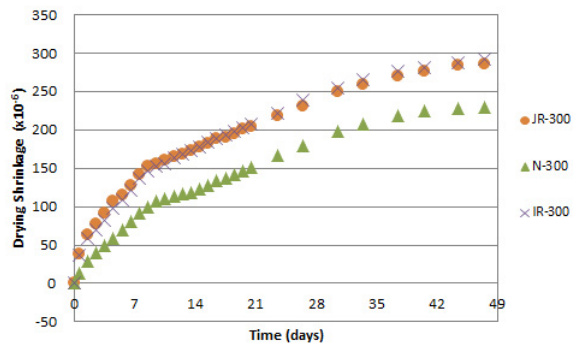


Fig. 8 Average Drying Shrinkage Results of Concrete Specimens with V/S=300

본 실험을 통해 재생골재를 사용한 콘크리트의 물성(강도, 탄성계수 및 건조수축)을 천연골재를 사용한 콘크리트의 물성과 비교한 결과 재생골재의 흡수율, 비중, 단위용적중량이 영향을 미치는 것으로 나타났다. 재생골재를 사용한 콘크리트의 물성은 크게 재생골재 모양의 강도와 모양 주변의 잔존 페이스트의 양에 의해 좌우된다. 그러나 강도 30MPa수준의 콘크리트 거동에 있어서는 재생골재 모양의 강도보다는 잔존 페이스트의 영향을 더 많이 받아, 결과적으로 모양은 서로 다르지만

흡수율은 비슷한 현장재생골재와 공장재생골재의 거동이 비슷하게 나타난 것으로 판단된다.

5. Conclusions

This study was performed to investigate a feasibility of job-site use of recycled concrete aggregate exceeding 3% of absorption rate and obtained the following interim research results.

1. Specific gravity of the natural coarse aggregate was 2.64 whereas that of the job-site processed recycled aggregate was 2.42 and recycled aggregate processed from the intermediate waste treatment company as 2.37. The specific gravity of those recycled aggregates results in 8~10% lower than the natural aggregate. And absorption rate of the natural aggregate was 0.77% whereas those of recycled aggregates results in 7 times greater than the natural aggregate.
2. All strength test results such as compression, flexure and modulus were satisfied for the minimum requirements.
3. Finally up to first 48 elapsed days the shrinkage strains of concretes made from both recycled aggregates (in case of volume-surface ratio of 300) appeared to be greater than 26% of the companion concretes made from natural aggregates. Drying shrinkage result is ascribed to greater absorption rate and lower specific gravity and lower unit weight of recycled aggregates.

감사의 글

본 논문은 국토해양부와 한국건설교통기술연구원의 국토해양기술 연구개발사업인 "저탄소 녹색공향 포장 시공 및 유지관리 기법개발"의 연구지원으로 중앙대학교 녹색공향포장 연구단 산하에서 수행되었으며 아울러 2011년도 홍익대학교 학술연구진흥비의 지원을 받아 수행되었기에 이에 관계자분들께 감사드립니다.

References

- Ministry of Land, Transportation and Maritime Affairs, 2009. *Regulations on the Mandatory Use of Recycled Aggregates for Construction Projects*.
- Park, W. J., 2012. A Study on the Relationship between Compressive Strength and Modulus of Elasticity of Recycled Aggregate Concrete. *Journal of the Architectural Institute of Korea*, Vol.28 No.1, pp.109-116
- Sim, J. S., Park, C. W., Park, S. J., Kim, Y. J., 2006. Characterization of Compressive Strength and Elastic Modulus of Recycled Aggregate Concrete with Respect to Replacement Ratios. *Journal of Korean Society of Civil Engineers*, Vol. 26, No. 1A, pp.213-218
- Yang, S. C. et al., 2012. *Development of Pavement Reconstruction Methodology for Sustainable Green Airport*, Interim Research Report, Korea Institute of Construction & Transportation Technology Evaluation and Planning
- Yang, S. C., Kwon, S. A., Lim, Y. J., 2010. Development of Model Equations for Strength Properties with Age in Concrete Pavement. *Journal of the Korean Society of Hazard Mitigation*, Vol. 10, No. 6, pp.35-43
- Yang, S. C., Ahn, N. S., Choi, D. U., Kang, S. M., 2004. Drying Shrinkage of Concretes according to Different Volume-Surface Ratios and Aggregate Types. *Journal of the Korean Society of Road Engineers*, Vol. 6, No. 4, pp. 109-121
- Yoo, M. Y., 2007. *Mortar Properties of Blended 3 Types Fine Aggregates for Concrete*, Ph.D Dissertation, Seoul National University
- Korea Expressway Corporation, 2011. *Highway Construction Guide Specification*
- Incheon International Airport Corporation, 2012. *Concrete Construction Guidelines*
- Hong, M. Y., 2010. *Recycling Plan of (Circulation Aggregate) using Construction Waste*, Master's Thesis, Hanbat National University
- FAA, 2007. *Standard for Specifying Construction of Airports, Advisory Circular, AC 150/5370-10C*, Federal Aviation Authority.
- Pauls, D., Reddi, L., 2008. *Engineering Overview of a Road Recycling Machine for Portland Cement Concrete Pavement*, Research Report to Kansas DOT, Kansas State University.
- RMRC, 2007. *Recycled Material Highway Construction Environmental Assessment: Life Cycle Based Risk Assessment of Recycled Materials in Roadway Construction*, Recycled Materials Resource Center, University of New Hampshire.
- Burnham, T., Koubaa, A., 2001. A New Approach to Estimate the In-situ Thermal Coefficient and Drying Shrinkage for Jointed Concrete Pavement. *Proceedings of the 7th International Conference on Concrete Pavements*, Vol. 1, pp. 313-332.
- (접수일 : 2013. 1. 18 / 심사일 : 2013. 1. 23 / 심사완료일 : 2013. 3. 26)