



재생골재 50%이하 첨가된 재생콘크리트의 강도 및 피로저항 특성

Strength and Fatigue Properties of Recycled Concretes Under 50% Recycled Aggregate Ratio

도 영 수* 김 성 태** 김 광 우***
Doh, Young Soo Kim, Sung Tae Kim, Kwang Woo

Abstract

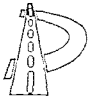
Using recycled aggregate from demolished concrete structures provides a great opportunity for conserving natural resources. In many parts of world, virgin aggregate deposits have been depleted, and transporting aggregates over long distances can be much more expensive than using a low-cost recycled aggregate. In Korea, about 7-million tons of concrete occurs annually, out of this, about 2-3 million tons are available for recycling. This study is to present the method of utilizing the recycled aggregate. The recycled aggregate concretes were made for compressive strength test, flexural strength test and fatigue test using w/c of 40, 50 and 60%. The replacing rates of recycled aggregate to virgin aggregate were 0, 25 and 50%. The purpose of this study is to compare the fatigue life of recycled aggregate concrete with that of virgin aggregate concrete. It was shown that the fatigue life of recycled concrete was function of recycled aggregate replacement ratio and water cement ratio.

Keywords : demolished concrete structures, fatigue life, recycled aggregate, recycled concrete

요 지

건설폐기물로부터 선별된 재생골재의 사용은 천연자원이 부족한 현실에 있어 많은 기회를 제공한다. 전 세계적으로 한정된 천연자원은 고갈되어가고 있으며 골재의 장거리 수송은 낮은 가격의 재생골재를 사용하는 것보다 더 비경제적 일 수 있다. 연간 한국에서 대략 7백만톤의 폐콘크리트가 발생하지만 이중 대략 2-3백만 정도만 재활용되고 있는 실정이다. 본 연구는 폐콘크리트로부터 얻어진 재생골재를 이용하는 방법에 대해서 제시하고자 한다. 재생콘크리트는 압축강도, 휨강도, 피로시험을 위해 w/c 40, 50, 60%에 대하여 제작했으며, 혼화재료는 플라이애쉬(15%)를 사용하였다. 천연골재에 대한 재생골재의 대체율은 0, 25, 50%로 하였다. 이 연구의 목적은 재생골재 콘크리트의 피로수명과 천연골재 콘크리트의 피로수명을 비교하는데 있다. 본 연구를 통해 재생골재 콘크리트의 피로수명은 천연골재에

* 정회원 · 강원대학교 석재복합연구센터 전임연구원 · 공학박사
** 정회원 · 정윤엔지니어링 기사
*** 정회원 · 강원대학교 지역기반공학과 교수 · 공학박사



대한 재생골재의 대체율과 w/c에 상관성이 있음을 알 수 있었다.

핵심용어 : 폐콘크리트, 피로수명, 재생골재, 재생 콘크리트

1. 서론

국내 콘크리트 구조물의 건설 역사는 이미 50년이 넘었고 콘크리트 구조물의 가용수명과 재개발 및 그간의 물량을 고려한다면 이미 폐콘크리트의 재활용은 실용화가 이루어졌어야 했다(김광우 등 1994). 하지만 아직 그 실태가 매우 미흡한 실정인데 이는 여러 가지 이유가 있겠지만 기술적인 문제점과 아울러 재생재료에 대한 사회적인 부정적 인식 때문이기도 하다. 그러나 무엇보다 주된 원인은 아직은 신규 건설물량이 유지보수보다 더 많은 현실에 기인한다고 보여진다. 건설 폐기물은 국내에서 발생하는 전체 산업 폐기물의 약 40%를 차지하고 있으며 이 가운데 60% 이상을 폐콘크리트가 차지하고 있다(이세현 등 2003). 이 때문에 날로 심각해지는 주거환경, 지역환경 및 지구환경 파괴에 대한 대책으로써 부가가치가 높고 수요가 많은 폐콘크리트의 재자원화 기술개발 및 실용화 방안이 절실히 요구되고 있다.

일반적으로 폐콘크리트는 파쇄되어 1종부터 3종까지의 재생골재로 생산된다. 그 중 1종의 재생은 상당한 노력과 비용이 들어가며 1종화 과정에서 나오는 많은 물탈 미분은 또 다른 산업 폐기물이 된다. 따라서 대부분 재생골재는 2-3종이 생산되며 이들은 배합설계시 조금의 노력을 기울이면 일반 콘크리트와 같은 압축강도를 얻을 수 있다(김광우 등 1996). 하지만 재

생골재에는 구 콘크리트의 몰탈 부분이 붙어 있고 이것이 장기적인 측면에서 신규 몰탈에 비하여 얼마나 성능이 유지될지는 아직 규명되지 못한 실정이다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 폐콘크리트를 재활용하기 위한 기초자료의 적립이 필요하다. 더구나 재생콘크리트가 정하중이 아닌 피로하중을 받는 구조물에 사용될 경우 그 성능이 어느 정도인지가 큰 관심의 대상이다(이봉학 등 1995). 따라서 본 연구의 목적은 재생골재를 50% 이하로 사용하여 제조한 재생콘크리트가 천연 골재를 사용한 일반 콘크리트와 비교하여 피로수명이 어떻게 나타나는지를 비교·고찰하는 것이다.

2. 재료 및 실험

2.1 재료

가. 시멘트 및 골재

시멘트는 국내에서 일반적으로 많이 쓰이는 보통 포틀랜드시멘트를 사용하였고 골재는 경상남도 진주시에 위치한 S사의 재생 골재 두 종류와 그 지역의 신규 골재 두 종류, 총 4종류의 골재를 사용하였다. 이들은 각각 최대치수 25mm인 재생골재, 최대치수 25mm인 신규 골재, 재생 잔골재, 신규 잔골재이다. 재생 잔골재는 재생골재 제조과정에서 얻어진 #4체를 통과한

표 1. 골재의 물리적 특성

Aggregate	SSD Gravity	Specific Gravity	F. M.	Absorption (%)
Recycled coarse agg. (25mm)	2.34	2.58	-	7.14
Virgin coarse agg. (25mm)	2.66	2.73	-	1.65
Recycled fine agg. (RFA)	2.32	2.52	2.88	6.05
Virgin fine agg. (SACD)	2.52	2.56	2.37	1.11
RFA + SAND	2.42	2.54	2.63	3.58

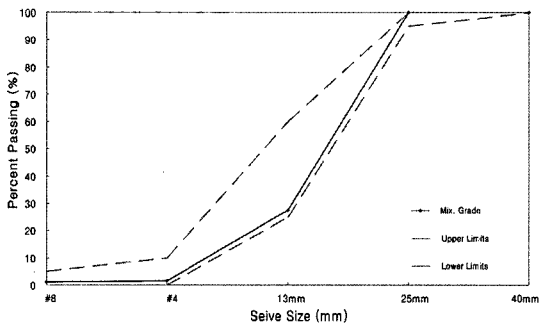


그림 1. 천연 굵은 골재

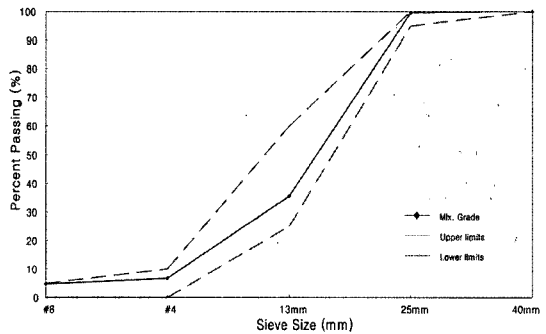


그림 2. 재생 굵은 골재

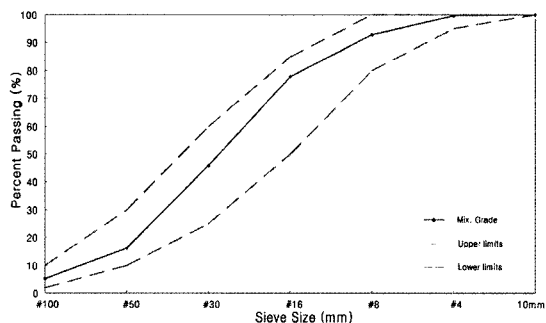


그림 3. 잔골재(천연 잔골재 50%+재생 잔골재 50%)

생 잔골재를 50:50의 비율로 혼합하여 사용하였다. 그림 1~3은 굵은골재와 잔골재의 입도를 보여준다.

나. 혼화재료

본 연구에 사용한 콘크리트용 혼화제는 암갈색의 나프탈렌계 유동화제(Plasticizer)로 제조사의 추천량인 0.3~0.5%중 본 연구에서는 시멘트량에 0.5%를 사용하였으며, 특성은 표 2에서 보여준다. 또한 플라이애쉬(fly ash)는 시멘트량의 15%를 첨가하였으며 그 특성은 표 3과 같다. 일반적으로 플라이애쉬는 워커빌리티 증진과 장기강도 특성의 향상으로 10~20%를 첨가하는 것을 추천한다(김광우 등 1995a, b). 따라서 본 연구에서는 예비실험을 거쳐 15%로 사용을 결정하였다.

2.2 실험방법

가. 배합설계

본 연구에서는 w/c를 40, 50, 60% 세 가지를 사용

입자들이며 신규 잔골재는 강모래이었다.

S사의 재생골재의 생산공정은 1차 조크리셔를 통해 200mm 입자로 파쇄하고, 고압 폭기 발생조에서 불순물을 부유시키고 골재를 고압 세척한 다음 회전틀을 이용해 수조탱크내 부유물을 외부로 송출하고 2차 조크리셔로 50mm 입자로 파쇄를 하고 3차 임팩트 크리셔를 통해 골재의 입형을 개선하여 25mm와 10mm이하 골재 등의 완제품을 생산했다. 본 연구에서 사용된 골재의 물리적 특성은 표 1과 같고 잔골재는 신규 잔골재와 재

그림 2. 유동화제의 특성

Solid Intensity	SO ₄₋₂ Intensity	pH	Cl ⁻ Intensity	Ion	Solubility
> 40%	< 1.8%	8.0	< 200ppm	anion	Dissolved in Water

그림 3. 플라이애쉬의 특성

SiO ₂ +Al ₂ O ₃ +Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	lg. Loss	Specific Gravity	Fineness
89.8%	0.3%	0.2%	1.0%	4.5%	2.23	3,200cm ² /g



하였고 전체 굵은골재량에 대한 재생골재 함량은 0, 25, 50%로 변화시키며 잔골재는 재생 잔골재와 신규 잔골재를 50 : 50으로 고정시켰다. 따라서 본 연구에서는 재생골재 함량에 따라 w/c별로 보 공시체를 제작하였다(표 4).

w/c의 증가와 함께 기존 연구(Kim etc, 1992)에 의하면 재생골재 함량의 증가는 강도저하를 수반한다. 따라서 w/c와 재생골재 첨가비를 증가에 따라 배합강도치를 w/c=40%에 재생 0%인 경우 최고 280kgf/cm²(28MPa)부터 w/c=60에 재생 50%의 경우 최저 240kgf/cm²(24MPa)까지로 설정하였다.

또한 재생골재를 50%보다 더 높은 비율(예:75%, 100% 등)을 사용할 경우 압축강도를 일정치이상 높 이려면 비경제적인 콘크리트가 된다. 따라서 이를 일 반적인 방법으로 제조할 경우 도로포장용등 피로하중 을 받는 구조물에 사용이 어려운 저급 콘크리트가 되

므로 본 연구에서는 제외하였다.

나. 압축강도 및 휨강도 시험

압축강도 및 휨강도 시험은 KS F 2405, KS F 2408에 따라 수행하였다. 시험장비는 최대용량 200ton(2000kN)의 UTM을 사용하였다. 휨강도 및 피로시험용으로 10×10×45cm의 보 공시체를 제작 하여 25℃에서 28일간 수중양생하였다. 휨강도 측정 시 하중재하 부분과 지점 부분의 표면을 연마하고 지 간을 30cm로 하여 4점 휨시험을 하였다(그림 4). 하 중재하 속도는 0.06±0.04MPa/sec로 하였다.

다. 피로시험

도로포장은 다양한 형태의 차량하중이 지속적으로 반복 주행함에 따라 피로하중을 받게 되는 대표적 토 목 구조물이다. 피로하중을 받게 되는 재료는 점진적

표 4. 재생콘크리트의 배합설계표

Series	Recycle ratio (%)	W/C (%)	S/A (%)	Unit Weight (kg/cm ³)							
				Water (kg)	Cement (kg)	Sand. (kg)	Coarse Agg. (kg)			Additive (g)	
							New	Recycle	sum	Fly ash	Plasticizer
I-A-0-0	0	40	42.15	190.75	476.88	655.74	998.24	-	989.24	-	-
I-B-0-0	0	50	44.15	190.75	381.50	719.20	1000.2	-	1000.2	-	-
I-C-0-0	0	60	46.15	190.75	317.92	774.33	993.12	-	993.12	-	-
II-A-0-0	25	40	42.15	190.75	476.88	655.74	719.16	239.87	959.49	-	-
II-A-F-0	25	40	42.15	190.75	405.34	655.74	719.62	239.87	959.49	71.53	-
II-B-0-0	25	50	44.15	190.75	381.50	719.20	727.46	242.49	969.95	-	-
II-B-F-0	25	50	44.15	190.75	324.28	719.20	727.46	242.49	969.95	57.23	-
II-C-0-0	25	60	46.15	190.75	317.92	774.33	722.44	240.81	963.26	-	-
II-C-F-0	25	60	46.15	190.75	270.23	774.33	722.44	240.81	963.26	47.69	-
III-A-0-P	50	40	42.15	190.75	476.88	655.74	464.87	464.87	929.74	-	2.38
III-A-F-0	50	40	42.15	190.75	405.34	655.74	464.87	464.87	929.74	71.53	-
III-B-0-0	50	50	44.15	190.75	381.50	719.20	469.94	469.94	939.87	-	-
III-B-F-0	50	50	44.15	190.75	324.28	719.20	469.94	469.94	939.87	57.23	-
III-C-0-0	50	60	46.15	190.75	317.92	774.33	466.69	466.69	933.39	-	-
III-C-F-0	50	60	46.15	190.75	270.23	774.33	466.69	466.69	933.39	47.69	-

* I, II, III : recycled agg. ratio for 0, 25 and 50%, respectively.

* A, B, C : W/C ratio for 40, 50 and 60%, respectively.

* () : No additive mixture. F : fly ash. P : plasticizer

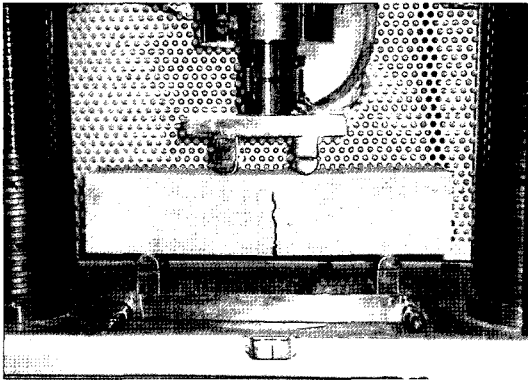


그림 4. 휨 시험

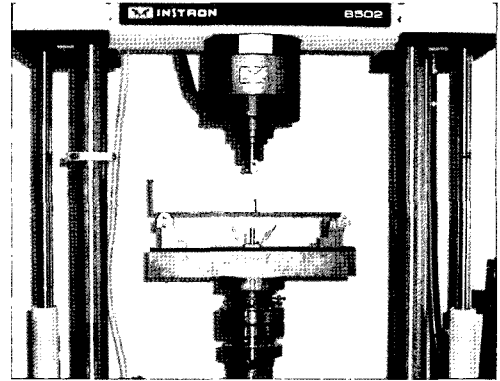


그림 5. 피로시험

으로 악화되는 누적 손상을 받게 되며 이로 인해 어느 단계에서 균열이 발생하게 되면 급속적인 승차 기능저하 발생으로 장기 공용성이 감소하게 된다. 특히 시멘트 콘크리트 포장의 특성은 대부분의 하중을 슬래브가 지지하는 특성을 갖고 있기 때문에 사용재료의 피로시험으로부터 피로수명이나 피로강도를 추정하는 것이 일반적이다.

따라서 본 연구의 피로시험에서는 물-시멘트비 40, 50, 60%에 재생골재 0%, 재생 25%(신규 75%), 재생 50%(신규 50%)로 제조된 재생콘크리트를 사용하였다. 피로시험 공시체(10×10×45cm 보)에는 높이 10cm(W), 초기균열 3cm(a₀)로 a₀/W=0.3이 되도록 초기균열(notch)을 만들고 10Hz의 sin 파로 Instron 8502(그림 5)를 사용하여 반복하중을 가하였다. 재하 응력 수준은 정적 휨강도의 80%이고 최소하중을 재하 하중의 10%(응력비는 0.1)로 유지하여 각 공시체 별로 피로수명을 구하였다. 보 공시체의 지간거리(S)는 S/W=4.0이 되도록 하였으며 하중재하에 따른 보의 처짐 변화를 측정하기 위해 보 중앙 하단에 LVDT를 그림 5와 같이 설치하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 작업성 및 공기량

각 재생골재 함량에 따른 w/c 별 콘크리트를 배합표에 따라 혼합하고 각각에 대하여 slump와 공기량을 측정한 결과를 표 5에 나타내었다. 공기량의 경우 재생골재의 함유가 별다른 증진 효과를 나타내지 않는 것으로 나타났다. 슬럼프를 통한 작업성의 경우 w/c가 가장 낮은 40%를 보면 유동화제를 사용한 III-A-O-P를 제외하고는 신규와 재생 모두 비슷한 슬럼프 값을 보였다. W/C=60%의 경우는 신규골재가 22cm인데 비해 비교적 낮은 14~17cm를 보였으나 이는 그리 나쁜 작업성은 아니라고 할 수 있다. 따라서 재생 굵은골재나 재생 잔골재(50%) 사용은 콘크리트의 작업성 등에 큰 지장을 초래하지 않는 것으로 보인다.

3.2 정적강도

각 배합에 대한 28일 압축강도 및 휨강도 시험 결과를 표 6에 나타내었다. 낮은 w/c (40, 50%)에서 플라이애쉬를 첨가한 경우 대부분 목표 기준강도(Designed Value)보다 높은 압축강도와 휨강도를 보여주었다. 이는 재생골재 사용시 플라이애쉬를 사용하면 콘크리트에 강도 증진 효과를 얻을 수 있음을 시사해준다. 또한 재생콘크리트의 압축강도에 대한 휨강도 비율이 신규골재 만으로 만들어진 콘크리트에 비해 2~3% 포인트 정도 높으며 재생골재 첨가 비율이 25%이고 w/c=40%인 재생콘크리트에서는 도로포장용 콘크리트 휨강도 기준인 45kgf/cm²을 충분히 만



표 5. 콘크리트의 슬럼프 및 공기량 측정치

Series	Mix design				Test result	
	Recycle ratio (%)	w/c (%)	Fly ash (%)	Plasticizer (%)	Slump (cm)	Air void (%)
I-A-0-0	0	40	0	0	8.6	3.1
I-B-0-0	0	50	0	0	14.0	4.0
I-C-0-0	0	60	0	0	22.0	2.7
II-A-0-0	25	40	0	0	8.5	2.4
II-A-F-0	25	40	15	0	6.0	1.7
II-B-0-0	25	50	0	0	16.5	2.8
II-B-F-0	25	50	15	0	8.3	1.8
II-C-0-0	25	60	0	0	16.5	3.5
II-C-F-0	25	60	15	0	14.0	1.5
III-A-0-P	50	40	0	0.5	17.5	2.3
III-A-F-0	50	40	15	0	8.9	1.8
III-B-0-0	50	50	0	0	11.5	2.9
III-B-F-0	50	50	15	0	8.3	3.3
III-C-0-0	50	60	0	0	16.5	3.4
III-C-F-0	50	60	15	0	17.0	1.3

표 6. 콘크리트의 압축강도와 휨강도

Series	Recycle ratio (%)	w/c (%)	Compressive strength (f _c : kgf/cm ²)		Flexural strength (f _t : kgf/cm ²)	
			Designed Value	Tested Value	Tested Value	Ratio with comp. strength (%)
I-A-0-0	0	40	280	401.9	42.4	10.55
I-B-0-0	0	50	260	282.1	29.3	10.39
I-C-0-0	0	60	240	223.2	29.8	13.35
II-A-0-0	25	40	280	381.6	54.0	14.15
II-A-F-0	25	40	280	444.4	49.0	11.03
II-B-0-0	25	50	260	326.3	47.1	14.43
II-B-F-0	25	50	260	323.6	40.5	12.52
II-C-0-0	25	60	240	259.4	37.9	14.61
II-C-F-0	25	60	240	244.6	40.3	16.48
III-A-0-P	50	40	260	398.7	46.0	11.54
III-A-F-0	50	40	260	404.7	40.3	9.96
III-B-0-0	50	50	260	326.5	42.5	13.02
III-B-F-0	50	50	260	308.7	32.8	10.63
III-C-0-0	50	60	240	226.8	33.2	14.64
III-C-F-0	50	60	240	215.7	32.8	15.21

* I, II, III : recycled agg. ratio for 0, 25 and 50%, respectively.
 * A, B, C : W/C ratio for 40, 50 and 60%, respectively.
 * () : No additive mixture. F : fly ash. P : plasticizer



표 7. 피로시험 결과

Series	Recycle ratio (%)	w/c (%)	N_f^* (cycle)	N_f ratio**	Max deflection (mm)	Note
I-A-0-0	0	40	1.99×10^6	1	0.055	
I-B-0-0	0	50	1.48×10^6	1	0.062	
I-C-0-0	0	60	0.40×10^6	1	0.052	
II-A-0-0	25	40	1.50×10^6	0.75	0.057	
II-A-F-0	25	40	1.40×10^6	0.70	0.057	
II-B-0-0	25	50	1.15×10^6	0.78	0.051	
II-B-F-0	25	50	1.22×10^6	0.82	0.059	
II-C-0-0	25	60	0.58×10^6	1.45	0.050	
II-C-F-0	25	60	0.75×10^6	1.88	0.053	
III-A-0-P	50	40	1.15×10^6	0.58	0.042	
III-A-F-0	50	40	1.65×10^6	0.86	0.052	
III-B-0-0	50	50	1.13×10^6	0.76	0.036	
III-B-F-0	50	50	1.25×10^6	0.84	0.053	
III-C-0-0	50	60	0.75×10^6	1.88	0.085	
III-C-F-0	50	60	0.62×10^6	1.55	0.050	

* Number of Cycle to failure

** Ratio of the N_f to Virgin agg. concrete at the same w/c

축하였다. 반면 재생비율 50%에서는 w/c=40% 중 한 경우(유동화제 사용)만 만족하였다. 따라서 시멘트 콘크리트 도로포장용의 사용을 위해서는 재생골재 첨가비율을 50% 이하로 낮춰서 이에 대한 휨강도에 대한 보다 많은 연구가 이루어져야 할 것으로 사료된다.

3.3 피로수명

물-시멘트비 40, 50, 60%에 대하여 재생 0%, 재생 25%, 재생 50%에서의 피로시험 결과는 그림 6~8과 같다. 콘크리트 피로수명은 재생비율 및 w/c의 증가에 따라 감소되는 현상을 보였으며 같은 w/c에서 신규골재 콘크리트와의 상대적인 비교를 표 7에서 보여주고 있다. 콘크리트의 변형 양상을 보면 그림 6~8에서 보여지듯이 초기 단계에서는 급속하게 증가하고, 중간단계에서는 거의 변화가 없다가 마지막 파괴직전 단계에서는 갑자기 증가하는 것을 볼 수 있다.

하지만 파괴직전까지의 처짐은 재생골재 첨가비율이 높은 콘크리트(그림 8)가 재생비율이 낮은 콘크리트(그림 6, 7)보다 크기는 했지만 대부분 0.1mm 이내이었다.

w/c 40, 50%에서 재생골재 함량 25%, 50%의 경우 같은 w/c의 신규골재에 비하여 낮은 피로저항성을 보였으나 플라이애쉬의 첨가로 인하여 다소 피로저항성이 향상되는 것을 알 수 있었다. 반면에 w/c 50%

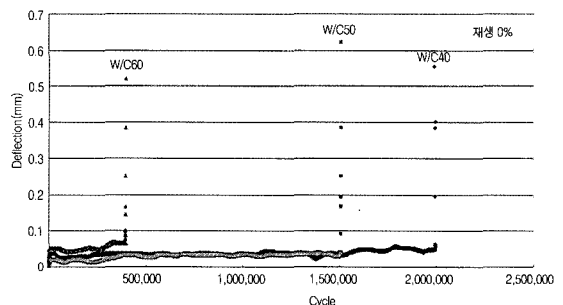


그림 6. 천연 골재를 사용한 일반 콘크리트의 피로수명

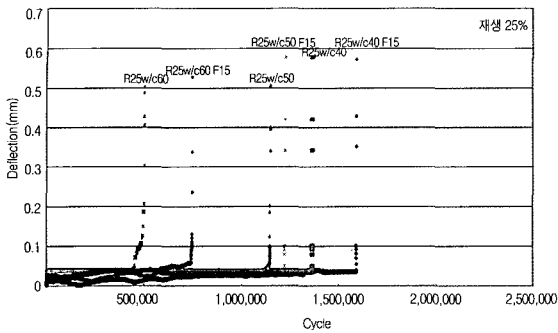
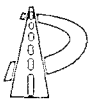


그림 7. 재생골재 25%를 첨가한 재생콘크리트의 피로수명

의 경우 w/c 40%보다 같은 w/c 신규골재 콘크리트에 대한 피로수명과 거의 같게 나타났다. 또한 재생골재 사용시 w/c=60%의 경우 신규골재 콘크리트보다 재생골재 콘크리트의 피로수명이 크게 증진되는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 재생골재 사용시 플라이애쉬 첨가가 정적강도는 물론 피로수명도 증진시키기 때문인 것으로 보여진다. 또한 재생골재 함량 25%와 50%에서 플라이애쉬를 첨가하였을 경우, 첨가하지 않은 혼합물에 비하여 피로수명 증진효과가 있음을 본 연구를 통해 확인할 수 있었다.

3.4 피로수명과 압축강도의 관계

그림 9는 사용된 모든 콘크리트의 압축강도와 피로수명과의 상관관계를 보여주고 있다. 그림에서 재생콘크리트의 피로수명은 압축강도와 거의 선형 상관계수가 $R^2=0.7$ 이상을 보여주고 있어, 이는 서로가 양호한 상관관계가 있음을 의미한다. 따라서 재생콘크리트의

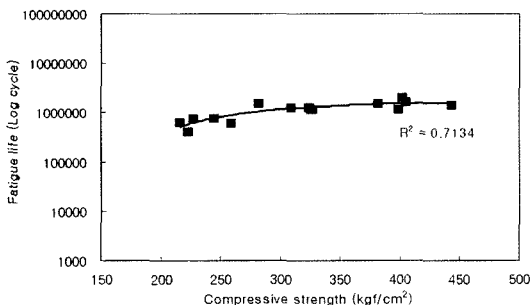


그림 9. 재생콘크리트의 압축강도와 피로수명과의 상관관계

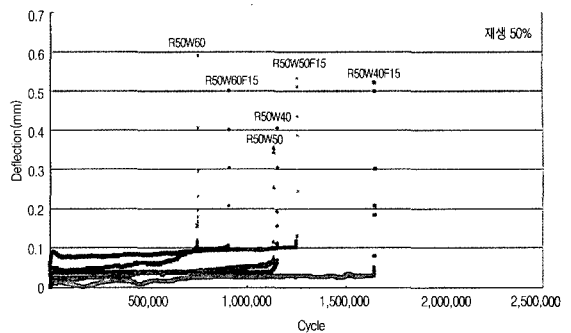


그림 8. 재생골재 50%를 첨가한 재생콘크리트의 피로수명

압축강도가 높으면 피로수명도 길게 나타나므로 압축강도를 향상시키는 것이 피로수명을 향상시키는 방법이 될 것이다. 반면에 본 연구에 사용된 골재들로 제조된 콘크리트의 휨강도와 피로수명간의 상관관계는 $R^2=0.2$ 정도로 낮게 나타나 본 논문에서는 그림으로 제시하지 않았다.

4. 결론

본 연구는 재생골재를 50% 이하로 첨가하여 제조한 재생콘크리트와 천연 골재를 사용한 일반 콘크리트와의 피로수명을 관계를 비교·고찰 연구로서 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- (1) 문헌 및 자료조사 결과, 재생 잔골재는 유기 불순물의 함량이 높고 미분의 함량이 높아 흡수율이 매우 커 콘크리트용 잔골재로 사용시 작업성에 어려움이 따른다고 되어 있다. 그러나 본 연구에서는 콘크리트용 잔골재에 재생 잔골재를 50%로 고정하여 공시체를 제조·시험한 결과 작업성 저하 및 다른 문제점이 발견하지 못하였다. 따라서 재생 잔골재의 적정량의 재사용은 가능하다고 사료된다.
- (2) 낮은 w/c 40, 50%에서 재생골재 비율을 25, 50%에 플라이애쉬를 첨가한 배합의 압축강도 및 휨강도가 목표기준강도를 만족하고 신규골재만 사용한 것과 비교시 강도값은 높거나 비슷한 결과



를 나타냈다. 이는 재생골재 사용시 플라이애쉬를 사용하면 재생콘크리트의 강도 증진을 얻을 수 있음을 시사하는 결과이다.

- (3) w/c 40, 50%에서 재생골재 함량 25%, 50%의 경우 신규골재에 비하여 낮은 피로저항성을 보였으나 플라이애쉬의 첨가로 다소 피로저항성이 향상되는 것을 알 수 있었으며, w/c 50%의 경우 w/c 40%보다 같은 w/c 신규콘크리트와의 피로수명 비율이 더 높게 나타났다. 또한 재생골재 사용시 w/c=60%의 경우 신규골재 콘크리트보다 재생골재 콘크리트의 피로수명이 크게 증진되어 있는 것으로 나타났다. 또한 재생골재 함량 25%와 50%에서 플라이애쉬를 첨가하였을 경우, 첨가하지 않은 혼합물에 비하여 피로수명 증진효과가 있음을 본 연구를 통해 확인할 수 있었다.
- (4) 재생골재 비율 50%에서는 천연골재나 재생골재 비율 25%보다 피로에 대해서 약한 양상을 보였으나 물-시멘트비 40%에 플라이애쉬를 첨가한 콘크리트의 경우는 신규골재의 물-시멘트비 50%와 재생골재 비율 25%의 물-시멘트비 40%와 견주어 볼 때, 비슷한 피로저항성을 가짐을 확인하였다. 또한 압축강도와 피로수명의 회귀분석에서 $R^2=0.7$ 이상을 보여 양호한 상관관계가 있음을 알 수 있었다.
- (5) 이상의 연구결과 재생골재 비율 50%까지의 재생콘크리트는 충분히 실용 가능성이 있는 강도는 물론 피로수명도 확보할 수 있는 것으로 판명되었다. 추후 내구성, 기타 강도특성 및 재료의 조합을 잘 수정·보완하는 연구를 수행하면 신규골재의 대체 재료로써 재생골재를 실용화하는 근거를 확보할 수 있을 것으로 사료된다.

감사의 글

본 연구는 강원대학교 석재복합신소재연구센터의 특별프로그램의 지원에 의하여 이루어진 것입니다.

참고문헌

1. 김광우, 김주인, 김기성, (1995 a), "재생콘크리트의 휨변형과 파괴특성," 한국농공학회 논문집 제 37권 4호.
2. 김광우, 도영수, 김진영, 박용철, (1995 b), "콘크리트 폐기물을 재활용한 콘크리트의 제조 및 품질특성 연구," 동아그룹 창립 50 주년기념 동아 건설논문상 우수상 수상 논문집.
3. 김광우, 류능환, 도영수, 이상범, (2001), "도로포장 재료로서 폐콘크리트 재생골재의 활용성 연구," 한국도로포장공학회지 제3권 2호, 103-112
4. 김광우, 류능환, 박용철, (1996), "소도로 포장재료로서 재생콘크리트의 역학적 특성," 한국콘크리트학회 논문집 8권5호.
5. 김광우, 류능환, 최영규, (1996), "폐콘크리트를 재활용한 소도로 포장에 관한 연구," 한국농공학회 논문집 제 38권 4호.
6. 김광우, 박제선, (1992), "폐콘크리트의 재활용-미국 FHWA 시범 프로젝트(DP#47)의 소개," 대한토목학회지 10월호.
7. 김광우, 박제선, 이봉학, 연구석, (1994), "콘크리트 재활용 실태 및 연구동향," 기술기사, 한국콘크리트학회지 제 6권 6호.
8. 김광우, 연구석, 이병덕, (1992), "Problems in Strength Characteristics of Recycled Concrete," 한국콘크리트학회 학술발표회 논문집, 충남대학교.
9. 김광우, 이봉학, 도영수, (1992), "재생콘크리트 동결융해 저항성과 변형특성," 韓國콘크리트학회 論文集 제 4권 4호.
10. 도영수 (1992) "폐콘크리트를 사용한 재생콘크리트의 강도특성," 강원대학교 대학원 석사학위논문
11. 이봉학, 김광우, 박제선, 김진영, (1995), "재생 콘크리트의 성능 향상에 관한 연구," 콘크리트 학회지, 제 7권 2호, pp 136-145.
12. 이진용, 이인대, 김광우, 배성용, (1998), "재생콘크리트의 강도발현 및 동결융해 저항 특성," 한국콘크리트학회지, 제 10권 4호.



13. 이세현, 2003, “건설폐기물 재활용 정책 현황,” 한국콘크리트학회지, 제 15권 2호.
14. Kim, K. W., Lee, B. H., Park, J. S. and Doh, Y. S. (1992). “Performance of Crushed Waste Concrete as Aggregate in Structural Concrete,” *Utilization of Waste Materials in Civil Engineering Construction*, ASCE, New York.
15. McConnell, K. G., (1995). “*Vibration testing: Theory and practice*,” Jone wiley & sons Inc. New York.

〈접수 : 2004. 6. 21〉