

폴리프로필렌을 혼합한 재생골재콘크리트의 내구성에 관한 연구

A Study on the Durability of Recycled Aggregate Using Polypropylen Fibers

라 재 웅*
Rha, Jae-Woong

신 재 인*
Shin, Jae-In

양 승 배**
Yang, Seung-Bae

구 봉 근***
Koo, Bong-Kuen

ABSTRACT

The primary objectives of this study are to investigate the properties of strength and durability of recycled aggregate concrete was added polypropylene as variables and to fabricate fine concrete in some conditions.

The variables are substitution ratios of recycled aggregate(0, 30, 50, 100 %) and additions of polypropylene(0, 0.2, 0.5, 1.0 %). Compressive strength test to investigate strength properties and freeze-thawing test and drying shrinkage test to durability properties were done.

As the result of this study, When variables are substitution ratio(30 %) of recycled aggregated and addition(0.5 %) of polypropylene, fine concrete was fabricated

1. 서론

지금까지는 건설 공사시 발생하는 건설 부산물들을 주로 매립에 의존하였지만, 날로 심각해지는 환경 피해와 처리장의 부족¹⁾ 등으로 인하여 이제까지의 단순 매립은 점차 불가능해질 것이므로 폐콘크리트를 부족한 자원의 대체로 재활용하는 것은 환경오염, 단순매립에 의한 토지의 감소 등의 측면에서 보았을 때 많은 효과가 있다.²⁾

건설재료로서 널리 사용되고 있는 콘크리트의 압축강도는 보편적으로 우수하다고 알려져 있으나 인장강도는 그와 반대로 매우 약한 단점이 있어 이를 보완하고자 새로운 콘크리트의 개발 노력이 계속되고 있는 실정인데 그 대표적인 것의 하나가 섬유보강 콘크리트이다.

본 연구에서는 폴리프로필렌섬유와 건축물의 해체 과정에서 발생하는 폐콘크리트를 골재화한 재생골재를 사용하였다. 폴리프로필렌섬유를 보강한 재생골재콘크리트³⁾의 압축강도, 내구성 등의 특성을 천연쇄석을 사용하여 만든 보통콘크리트와 비교·검토함으로써 폴리프로필렌섬유혼합의 효과와⁴⁾ 폐콘크리트를 재생골재로서 활용하는 것에 대한 가능성 등을 분석하였다.

* 충북대학교 대학원 토목공학과 박사과정

** 충북대학교 대학원 토목공학과 석사과정

*** 충북대학교 토목공학과 교수, 공학박사

2. 실험계획 및 방법

2.1. 실험계획

본 연구에서는 재생골재의 대체율과 폴리프로필렌섬유 혼합율을 실험 변수로 하였다. 재생골재 대체율은 0, 30, 50, 100 %로 각각의 재생골재 대체율에 대한 폴리프로필렌 혼합율을 단위용적당 0, 0.2, 0.5, 1 %로 모두 16개열을 설정하였다. 그리고, 재생골재 대체율과 폴리프로필렌 첨가율이 각각 0 %인 보통콘크리트와 비교·분석하였다.

균은 콘크리트의 강도 특성을 파악하기 위해 원주형 공시체(100×200mm)를 제작하고 압축강도와 비파괴검사인 초음파속도, 동탄성계수를 측정하였으며, 재령 28일 강도 측정시 얻은 응력-변형률곡선으로 정탄성계수를 구하였다. 또한, 내구적 특성을 파악하기 위해 각주형 공시체(100×75×396mm)를 제작하여 동결융해시험을 반복하면서 동탄성계수를 측정하고 내구성지수를 도출하여 비교·분석하였다.

2.2 사용재료

본 연구에서 사용한 시멘트는 국내 S사 제품의 1종 보통포틀랜드 시멘트이며, 폴리프로필렌섬유는 S사 제품인 길이 12mm를 사용하였고, 굵은골재는 최대크기가 19mm인 쇄석을 사용하였으며, 잔골재는 충남 공주 금강에서 채취한 천연모래를 사용하였다. 또한 재생골재는 경남 김해 소재 I 기업에서 파쇄하여 생산한 것을 사용하였으며, 혼화제는 국산AE제와 고성능 유동화제를 사용하였다. 본 연구에 사용된 골재의 물리적 특성은 표 1과 같다.

표 1 골재의 물리적 특성

종 류	비 중	흡 수 율 (%)	조 립 율 (F.M.)	잔입자 통과량(%)
잔 골 재 (모래)	2.68	2.25	2.75	2.02
굵은골재 (쇄석)	2.71	1.38	6.62	0.6
굵은골재 (재생)	2.35	7.26	6.81	0.4

2.3 배합설계 및 공시체 제작

본 연구에서는 재생골재 대체율과 폴리프로필렌섬유 혼합율을 실험변수로 하여 시험배합을 거쳐 배합설계를 하였으며, 공기량을 5~6 %로 맞추기 위해 AE제를 사용하였으며, 목표 슬럼프를 맞추기 위해 고성능유동화제를 사용하였다. 압축강도를 측정하기 위하여 원주형 공시체를 3개씩 제작하여 재령별로 압축강도를 측정하였고, 동결융해시험을 위한 내구성 평가를 위하여 각주형공시체를 제작하였다. 이에 따른 배합설계표는 표 2와 같다.

표 2 배합설계표

분류	재생골재 대체율 (%)	폴리프로필렌섬유 첨가율 (%)	W/C (%)	S/a (%)	SP	W (kg)	용적배합 (ℓ/m ³)				중량배합 (kgf/m ³)															
							시멘트	잔골재	굵은골재	재생굵은골재	시멘트	잔골재	굵은골재	재생굵은골재												
R0P0	0	0	53	50	슬럼프를 맞추기 위한 소정량	200	120	330	330	0	377	885	895	0												
R0P0.2		0.2																								
R0P0.5		0.5																								
R0P1.0		1.0																								
R30P0	30	0					53	50	슬럼프를 맞추기 위한 소정량	200	120	330	231	99	377	885	626	230								
R30P0.2		0.2																								
R30P0.5		0.5																								
R30P1.0		1.0																								
R50P0	50	0									53	50	슬럼프를 맞추기 위한 소정량	200	120	330	165	165	337	885	447	383				
R50P0.2		0.2																								
R50P0.5		0.5																								
R50P1.0		1.0																								
R100P0	100	0													53	50	슬럼프를 맞추기 위한 소정량	200	120	330	0	330	377	885	0	766
R100P0.2		0.2																								
R100P0.5		0.5																								
R100P1.0		1.0																								

주) R0P0 : 재생골재대체율(중량비) 0% 폴리프로필렌섬유 혼입률(부피비) 0%, W/C : 물시멘트비, S/a : 잔골재율, SP : 고성능유동화제

3. 압축강도 및 내구성

3.1. 압축강도

압축강도의 측정결과 재생골재 대체율 100%를 제외한 나머지 30, 50% 일 때는 기준배합(R0)과 흡사한 강도특성으로 양호했으며, 폴리프로필렌섬유 혼합율에 대한 압축강도 특성은 혼합율 0.5%까지는 혼합율에 비례하여 증가하다가 1.0% 첨가시 오히려 감소하였다. 그러나, 재생골재 대체율이 50, 100% 이상일 때는 폴리프로필렌섬유 혼합율이 강도에 영향을 주지 못하는 것으로 나타났다. 또한, 폴리프로필렌섬유 혼합율에 따른 동탄성 계수 측정 결과는 압축강도의 측정 결과와 같이 0.5%까지는 증가하였고, 1.0% 일 때는 섬유를 혼합하지 않은 배합보다 감소하는 경향을 나타냈다. 표 3과 그림 1~그림 6는 각각의 배합에 대한 압축강도 결과 값이다.

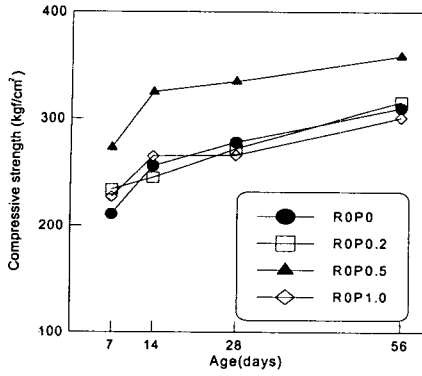


그림 1 재생골재 0% 일 때의 압축강도

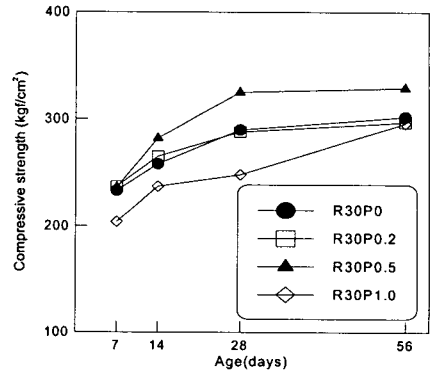


그림 2 재생골재 30% 일 때의 압축강도

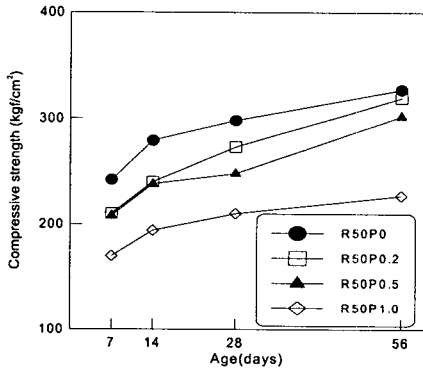


그림 3 재생골재 50% 일 때의 압축강도

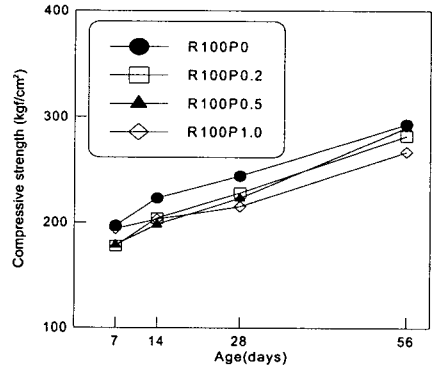


그림 4 재생골재 100% 일 때의 압축강도

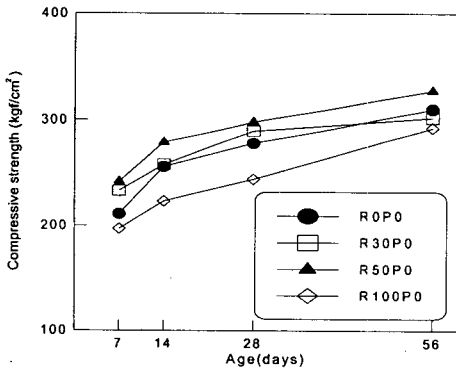


그림 5 폴리프로필렌섬유 0% 일 때의 압축강도

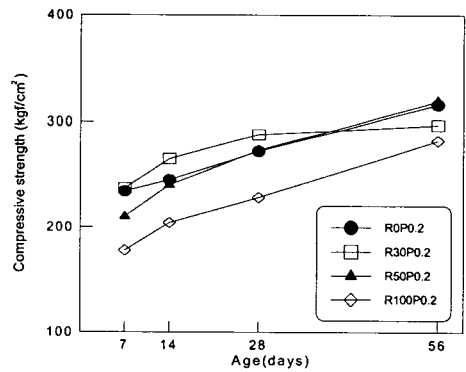


그림 6 폴리프로필렌섬유 0.2% 일 때의 압축강도

표 3 강도 및 내구성결과

분류	압축강도 (kgf/cm ²)				단위 무게 (tf/m ³)	인장강도 (kgf/cm ²) 28일	동탄성계수 (×10 ⁵ kgf/cm ²) 28일	내구성지수 (%) 300cycle
	7일	14일	28일	56일				
R0P0	211	256	278	310	2.32	29.99	6.06	99.09
R0P0.2	234	245	272	316	2.32	31.66	6.22	92.12
R0P0.5	273	325	335	359	2.34	32.93	6.68	69.04
R0P1.0	227	265	266	301	2.30	28.95	6.04	67.82
R30P0	233	258	290	302	2.28	27.80	6.31	89.43
R30P0.2	237	265	288	297	2.29	28.67	6.31	91.75
R30P0.5	236	282	325	329	2.31	29.47	6.36	68.20
R30P1.0	204	237	248	296	2.29	27.06	5.66	66.81
R50P0	242	279	298	327	2.31	27.77	6.19	85.21
R50P0.2	210	240	273	319	2.30	27.09	6.22	87.56
R50P0.5	208	239	248	302	2.25	26.43	6.26	67.05
R50P1.0	170	194	210	227	2.27	25.19	5.92	63.75
R100P0	197	223	244	293	2.23	27.53	5.48	84.70
R100P0.2	178	204	228	282	2.22	25.77	5.56	87.20
R100P0.5	179	198	223	290	2.22	24.24	5.66	66.71
R100P1.0	194	203	215	267	2.20	21.44	5.25	66.37

3.2 내구성

동결융해 실험을 통하여 측정된 내구성 지수는 표 3에서 보여지듯이 모든 배합에서 60% 이상으로 양호한 것으로 나타났으며, 재생골재 대체율에 따른 내구성지수는 재생골재 30%에서 가장 양호한 것으로 나타났다. 또한 폴리프로필렌섬유 혼입율에 대해서는 0.2% 혼입한 배합에서는 섬유를 혼입하지 않은 기준배합보다 내구성 지수가 증가하는 현상을 나타냈다. 그러나, 모든 재생골재 대체율에 대한 섬유 첨가율이 0.5% 이상으로 증가 될 때는 내구성 지수가 오히려 감소하는 현상을 나타냈다. 그림 7과 그림 8은 재생골재 대체율과 섬유 혼입율에 대한 동결융해 실험 결과 값이며 그림 9는 동탄성계수 측정 실험에 대한 것이다.

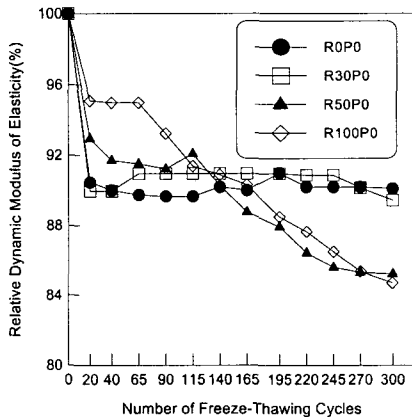


그림 7 폴리프로필렌섬유 0% 일 때의 내구성지수

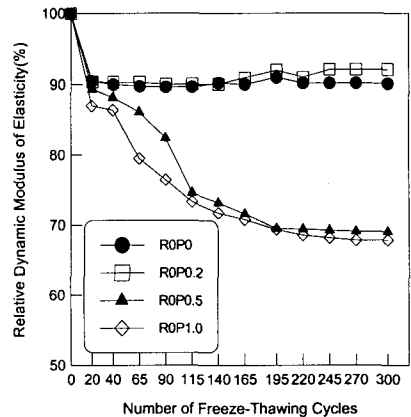


그림 8 재생골재 0% 일 때의 내구성지수

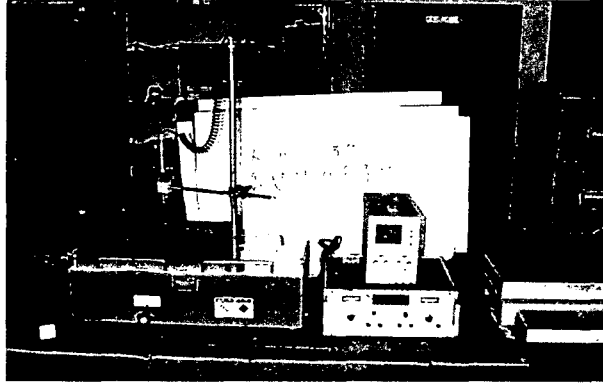


그림 9 동탄성계수 측정

4. 결론

폴리프로필렌섬유를 혼합한 재생골재 콘크리트의 압축강도 및 동결융해 특성을 요약하면 다음과 같다.

1) 재생골재의 대체율에 따른 압축강도의 시험결과를 분석해본 결과 재생 100%를 제외한 나머지 배합에서는 현저한 강도 차이를 나타내지 않았다.

2) 폴리프로필렌섬유 혼합율에 따른 압축강도는 0.5% 혼합했을 때 강도의 증가 현상을 나타냈으며, 1.0% 혼합시에는 오히려 감소하는 결과를 나타냈다. 또한 재생골재 50% 이상인 계열에서는 섬유의 혼합이 강도에 영향을 주지 않는 것으로 나타났다.

3) 원주형 공시체의 재령 28일에서의 동탄성계수는 압축강도와 동일한 경향을 나타냈으나 현저한 값의 차이를 나타내지는 않았다.

4) 동결융해 시험을 통한 내구성 지수는 모든 배합에서 60% 이상으로 양호하였으며, 재생골재 대체율이 증가할수록 내구성 지수는 감소하는 경향을 나타냈고, 폴리프로필렌섬유 혼합율에 따른 내구성 지수의 변화는 0.2%까지는 증가하다가 0.5% 이상 혼합한 계열부터 오히려 감소하는 경향을 나타냈다.

5) 본 연구를 통한 압축강도와 내구성 지수를 종합적으로 분석해 보면, 재생골재 대체율 30%, 폴리프로필렌섬유 혼합율 0.2% 일 때 압축강도와 동결융해에 대한 저항성 측면에서 양질의 콘크리트를 얻을 수 있었다.

참고문헌

1. 박재성 “폐콘크리트를 사용한 재생골재 콘크리트의 공학적 특성”, 충북대학교 대학원 토목공학과 석사학위논문, 2월, 1999, pp. 1~4.
2. 구봉근 외, “건설폐기물의 재활용 및 처리기술개발 - 제 3 세부과제 - 폐콘크리트의 재활용 및 처리기술개발”, 건설교통부, 4월, 1999, pp. 1~44.
3. 신동인, “폐콘크리트의 품질이 재생콘크리트의 특성에 미치는 영향”, 명지대학교 박사학위논문, 12월, 1998, pp.1~6.
4. 오광진, “강섬유 및 폴리프로필렌섬유보강 콘크리트의 내구성에 관한 실험적 연구”, 충남대학교 박사학위논문, 4월, 1997, pp. 99~139.