

## PC 콘크리트 적용을 위한 폐전주 재생골재의 세척유무 및 물시멘트비에 따른 특성연구

○ 이 강 우, 장 종 호, 유 범 재, 도 완 수\*, 최 희 용\*\*, 김 무 한

충남대학교 대학원 건축공학과, \*한국전력공사 지중배전팀,  
\*\*G-plus 생태건축연구소 선임연구원, 충남대 박사수료

### 1. 서론

현재 국내에서 발생되고 있는 건설 폐기물은 매년 약 2천만톤에 이르고 있는 것으로 추정되고 있으며 그 발생량은 매년 큰폭으로 증가하고 있는 실정<sup>1)</sup>이다. 또한 이러한 건설폐기물중 주종을 이루는 것은 폐콘크리트로 그 발생량은 매년 큰폭으로 증가하고 있어 현재까지 폐콘크리트의 유효이용에 대한 많은 연구가 다각적으로 이루어져 왔다. 그러나, 과거에 저강도 범위에서 설계되어 시공된 후 성능 저하된 건물에서 생산된 일반 재생골재는 그 자체의 물성의 열악함 때문에 그 사용이 미비하며, 그 사용도 콘크리트용 골재로서가 아닌 건설 및 토목공사의 성토재 또는 도로 기층재 등으로 일부 사용되고 있을 뿐이다.

그러나, 폐전주의 경우 전신주 제조시 낮은 물시멘트비와 원심성형 및 고온양생으로 콘크리트 압축강도 500~800kgf/cm<sup>2</sup> 수준의 고강도 범위로 생산되며 일반 폐콘크리트와 달리 매트릭스층의 굵은골재의 비율이 매우 높은 특성을 보이고 있다. 따라서, 폐전주 재생골재는 일반적인 재생골재에 비하여 일반적인 쇄석과 유사한 특성을 지닐것으로 판단되므로 일반 쇄석과 마찬가지로 고강도 범위에의 적용도 가능할 것으로 사료된다.

이에 본 연구에서는 폐전주를 파쇄하여 생산된 재생골재를 사용하여 골재의 세척유무 및 물시멘트비에 따른 경화성상을 검토하여 PC 콘크리트로의 적용을 위한 기초적 자료로 제시하고자 한다.

### 2. 실험계획 및 방법

#### 2.1. 실험계획 및 배합

본 연구의 실험배합은 Table 1과 같으며, 폐전주를 파쇄한 재생골재의 PC 콘크리트에의 적용을 위한 특성을 검토하기 위하여 세척유무 및 물시멘트비에 따른 실험을 실시하였다.

세척 유무에 따른 경화성상을 검토하기 위하여 폐전주 재생골재를 세척유무에 따라 각각 5~10mm,

Table 1. Mix proportion

Experimental Factor	Size of aggregate (mm)	Water/Cement ratio (%)	Dosage of SP (%)	Target Slump (cm)	S/a (%)	Water Content (kg/m <sup>3</sup> )	Unit Weight (kg/m <sup>3</sup> )		
							Cement	Sand	Coarse Aggregate
Washing Non-washing	5~10	37.5	*	10±3	40	169	450	674	984
	10~25								
	5~25(arbitrated)								
Water/ Cement Ratio	5~25 non-washing (arbitrated)	35.0	*	10±3	40	169	483	663	968
		37.5					451	674	983
		40.0					423	683	996
		42.5					398	691	1008

\* appended capacity for target slump.

【연락처】 (우) 305-764 대전시 유성구 궁동 220번지 충남대학교 공과대학 건축공학과 건축재료·시공학연구실  
최 희 용 Tel : 042-821-7731, Fax : 042-823-6479 E-mail : heeyong21@hanmail.net

Table 2. Physical Properties of Materials

Cement	Ordinary Portland Cement	Specific gravity : 3.15, Blaine : 3,630cm <sup>2</sup> /g	
Coarse Aggregate	5~10mm	Specific gravity : 2.49, F.M : 5.01	
	10~25mm	Specific gravity : 2.49, F.M : 7.04	
	5~25mm (arbitrated)	Specific gravity : 2.49, F.M : 6.86	
Fine Aggregate	Specific gravity : 2.56, F.M : 3.05, Sea sand of In-chon		
Admixture	Super-plastisizer, Naphthalene type, Liquid phase, Specific gravity : 1.16		

10~25mm, 5~25mm의 6수준을 사용하여 물시멘트비 37.5%, 단위수량 169kg/m<sup>3</sup>의 콘크리트를 제조하였고, 물시멘트비에 따른 경화성상의 검토를 위하여 물시멘트비를 35.0, 37.5, 40.0, 42.5%의 4수준으로 설정하였으며 폐전주 재생골재는 5~25mm를 사용하여 콘크리트를 제조하였으며, 측정항목으로서 재령 7, 28, 56일에 압축강도와 비파괴 시험방법으로 동탄성계수, 초음파속도를 각각 측정하였다.

2.2 사용재료 및 비빔·양생방법

본 연구에서 사용된 재료의 물리적 성질은 Table 2와 같다. 시멘트는 제 I종 보통포틀랜드시멘트를 사용하였으며, 골재로서 굵은골재는 충남 공주 소재의 폐전주 재활용 업체에서 생산한 5~10, 10~25, 5~25mm(5~10mm 및 10~25mm의 재생골재를 중량비 1:9로 혼합하여 KS 표준입도곡선을 만족하도록 입도보정된)를 사용하였으며 그 입도분포곡선을 Fig 1에 나타내었다. 또한, 잔골재는 조립율 3.05의 인천산 제염사를 사용하였다.

비빔은 용량 100ℓ의 강제식 팬타입 믹서를 사용하여 건비빔과 모르타 비빔을 행한후 골재를 투입하는 방법을 선정하여 재료의 균질성을 확보하고자 하였으며, 진동다짐이 가능하도록 목표 슬럼프 10±3cm 수준을 만족시키는 소정량의 고성능감수제를 첨가하였다. 토출후 공시체 제작시 30초간 진동다짐을 실시하였으며 소정의 양생기간 동안 양생온도 50℃, RH 100%의 항온·항습기에서 증기양생을 실시하였다.

3. 실험결과와 분석 및 검토

3.1 세척 유무에 따른 경화 성상 분석 및 검토

폐전주 재생골재를 사용한 콘크리트의 세척유무에 따른 재령별 압축강도 측정결과를 Table 3 및 Fig 2에 나타내었다.

재령이 증가할수록 압축강도도 증진되며 재령 28일의 경우 폐전주 재생골재의 세척유무에 따른 압축강도는 5~10mm의 경우 각각 682, 677kgf/cm<sup>2</sup>, 10~25mm의 경우 603, 597kgf/cm<sup>2</sup>, 입도보정된 5~25mm는 597, 611kgf/cm<sup>2</sup>으로 나타나고 있다. 각각의 재령

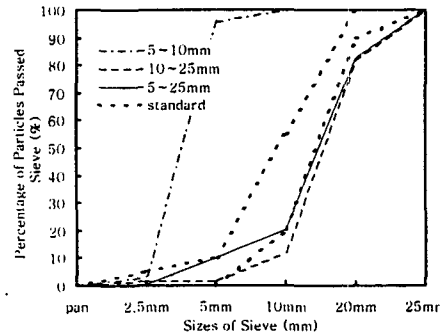


Fig 1. Grading Curve (EPRA)

Table 3. Results of Compressive Strength by the existent and the non-existent of washing with curing age

Testing items & age (day)	Compressive strength (kgf/cm <sup>2</sup> )		
	7	28	56
Experimental Factors			
5~10 washing	560	682	692
5~10 non-washing	552	677	655
10~25 washing	518	603	600
10~25 non-washing	464	597	586
5~25 washing	496	597	621
5~25 non-washing	538	611	655

Table 4. Results of Compressive Strength by W/C Ratios with curing age

Testing items & age (day)	Compressive Strength (kgf/cm <sup>2</sup> )		
	7	28	56
W/C ratios (%)			
35.0	532	637	652
37.5	538	611	655
40.0	457	555	575
42.5	445	474	487

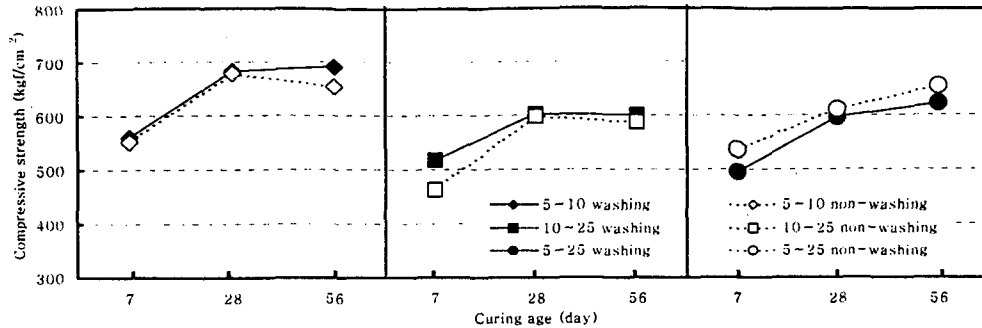


Fig 2. Results of Compressive Strength by the existent and the non-existent of washing with curing age

에서 세척유무에 따른 압축강도의 차는 그리 크지 않은 것으로 나타나고 있으며, 이는 재생골재 제조시 Sieving에 의해 상당량의 폐미분이 제거되었기 때문인 것으로 사료된다. 또한 굵은 골재의 최대치수가 상대적으로 작은 5~10mm 골재의 압축강도 발현이 다른 2수준에 비해 가장 우수하게 나타나고 있어 굵은골재 최대치수가 작을수록 압축강도의 발현이 우수하다는 기존의 연구와 일치<sup>2)</sup>하고 있다.

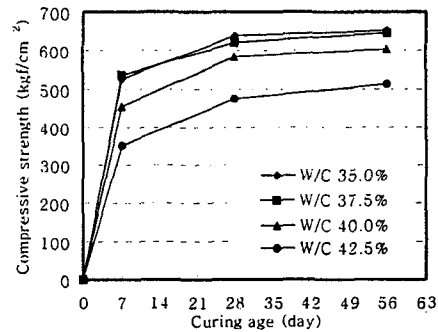


Fig 3. Results of Compressive Strength by W/C ratios

### 3.2 물시멘트비에 따른 경화 성상 분석 및 검토

폐전주 재생골재를 사용한 콘크리트의 재령별 물시멘트비에 따른 압축강도 측정결과를 Table 4 및 Fig 3에 나타내었다.

재령이 증가할수록 압축강도도 증진되며 재령 28일의 경우 물시멘트비 35.0, 37.5, 40.0, 42.5%에 대한 각각의 압축강도는 637, 611, 555, 474kgf/cm<sup>2</sup>로 나타나고 있어 물시멘트비가 감소할수록 압축강도도 감소하는 경향을 보이고 있으며, 재령 56일에서는 모든 수준에서 압축강도 500kgf/cm<sup>2</sup> 이상의 우수한 압축강도발현을 보이고 있어 고강도 범위에의 적용이 가능할 것으로 사료된다. 또한, 초기재령인 재령 7일에서의 압축강도 발현이 최종 압축강도의 약 80%에 이르고 있어 증기양생에 의해 초기의 강도발현을 증진시킬 수 있을 것으로 사료된다.

### 3.3 상관관계 분석 및 검토

Fig 4 및 Fig 5는 물시멘트비 37.5% 내외의 유사 물시멘트비 영역대에서 폐전주 재생골재, 일반 쇄석, 일반 재생골재를 사용한 각각의 콘크리트의 동탄성계수 및 초음파속도를 압축강도와의 상관관계로 나타낸 것이다.

동탄성계수의 경우 일반 쇄석을 사용한 콘크리트의 측정값과 비교할때 다소 낮은 값으로 나타나고 있으나, 일반 재생골재를 사용한 콘크리트의 측정값에 비하여 상대적으로 높게 나타나고 있으며, 초음파속도의 경우도 동탄성계수의 경우와 유사한 경향을 보이고 있다. 이는 폐전주 재생골재를 사용한 콘크리트의 경우 일반 재생골재의 콘크리트에 비하여 골재자체의 강도가 높으며, 골재내에 포함된 폐미분 및 폐모르타부분의 함량이 상대적으로 낮아 재생골재 콘크리트에 비하여 치밀한 콘크리트의 제조가 가능했고, 콘크리트 제조시 낮은 잔골재율을 선정하여 콘크리트 중의 골재가 차지하는 비율이 상대적으로 높았기 때문인 것으로 사료된다.

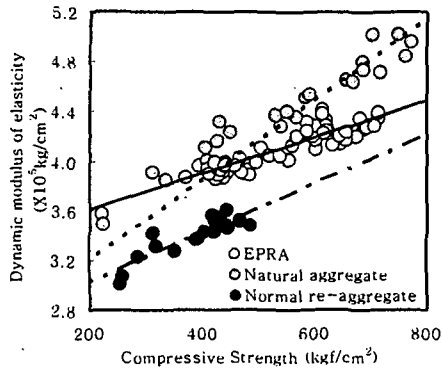


Fig 4. Relation between Compressive strength and Dynamic modulus of elasticity

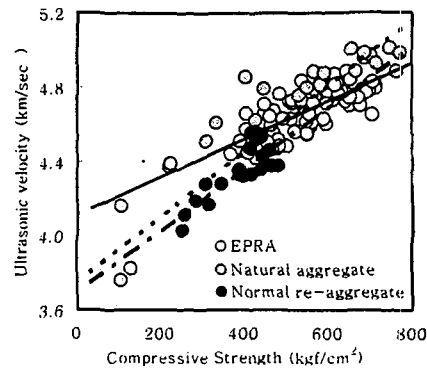


Fig 5. Relation between Compressive strength and Ultrasonic velocity

또한 골재로서 폐전주 재생골재의 사용시 탄성계수의 저하에서 발생하는 부재의 휨, 크리프 및 건조수축에 대한 저항성의 확보를 기대할 수 있을 것으로 사료된다.

#### 4. 결론

폐전주 재생골재의 세척유무 및 물시멘트비에 따른 경화성상을 분석 및 검토한 결과, 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 재령별 세척유무에 따른 압축강도의 차는 그리 크지 않은 것으로 나타나고 있으며 이는 재생골재의 제조시 Sieving에 의해 상당량의 폐미분이 제거되었기 때문으로 사료된다.
- 2) 초기재령인 재령 7일에서의 압축강도 발현이 최종 압축강도의 약 80%에 이르고 있어 증기양생에 의해 초기의 강도발현을 증진시킬수 있을것으로 사료된다.
- 3) 물시멘트비가 감소할수록 압축강도도 감소하는 경향을 보이고 있으며 재령 56일에서는 모든 수준에서 압축강도 500kgf/cm<sup>2</sup> 이상의 우수한 압축강도발현을 보이고 있어 고강도 범위의 적용이 가능할 것으로 사료된다.
- 4) 골재 종류별 동탄성계수 및 초음파속도의 압축강도와의 상관관계 분석결과 모두 유사 물시멘트비 영역대의 일반 쇄석콘크리트의 측정값과 비교할때 다소 낮은 값으로 나타나고 있으나 일반 재생골재콘크리트의 측정값에 비하여 상대적으로 높게 나타나고 있어 폐전주 재생골재의 사용시 탄성계수의 저하에서 발생하는 부재의 휨, 크리프 및 건조수축에 대한 저항성의 확보를 기대할 수 있을 것으로 사료된다.

#### 참 고 문 헌

- 1) 건설산업 폐기물의 리사이클링 시스템 및 재활용 기술 개발에 관한 연구, 건설교통부, pp.17~46, 1997.8
- 2) 김무한외, 초고강도 콘크리트의 개발과 그 적용에 관한 연구, 대한건축학회논문집 14권 1호, pp.391~399, 1998.1
- 3) 金武漢 外, 実機再活用プラントで生産された再生骨材の品質評価に関する研究, 日本建築學會大会學術講演梗概集 A-1, 日本建築學會(AIJ), 1998.9
- 4) 金武漢 外, 再生骨材コンクリートの施工性及び工學的特性に関する實驗的研究(第2報), 日本建築學會大会學術講演梗概集 A-1, 日本建築學會(AIJ), 1994.9
- 5) T.C.Hansen, E.Boegh Elasticity and Drying Shrinkage of Recycled Aggregate Concrete, ACI journal, Sep-Oct, 1985, 648~652
- 6) P. S. Mangat & J. M. Khatib, Influence of Fly Ash, Silica Fume, and Slag on Sulfate Resistance of Concrete, ACI Journal, pp.542~552, 1995.9~10