

고강도영역 재생골재 콘크리트의 현장적용을 위한 실험적 연구

-제 2보, 경화콘크리트의 성상을 중심으로 -

An Experimental Study on the Application of Recycled Aggregate Concrete

Using the Demolished High Strength Concrete

-Part 2, In the case of hardened concrete-

○ 김 규 용* 최 희 용* 최 민 수** 김 진 만** 김 무 한***
Kim, Gyu Yong Choi, Hee Yong Choi, Min Soo Kim, Jin Man Kim, Moo Han

ABSTRACT

Large-scaling recycling of demolished concrete will contribute not only to the solution of a growing waste disposal problem, it will also help to conserve natural resources of sand and gravel and to secure future supply of reasonably priced aggregates for building and other construction purposes within large urban areas. Because recycled aggregate particles consist of substantial amount of relatively soft cement paste component, it is less resistant to mechanical actions. With this view in mind, to obtain a reference data for the development of recycling system and to a basic data the guideline of recycled aggregate concrete construction and mix design, this study deals with the comparative analysis of the workability and engineering properties of recycled aggregate concrete according to the factors, such as blending ratio of recycled aggregate with the natural aggregate, addition of flyash, water cement ratio.

1. 서 론

현재 국내에서의 콘크리트 폐기물의 발생량은 연간 약 500만톤 정도로 추산되고 있다. 하지만, 대부분은 제대로 재활용되지 못하고 폐기 처분되고 있으며, 재활용되는 양의 대부분도 매립장의 채움재, 도로의 보조기층재 등 부가가치가 낮은 재료로 사용될 뿐 구조용 콘크리트등 고급재료로 사용되지 못하고 있다. 미국, 일본, 유럽등의 선진국에서는 일찍이 이에 대한 연구를 행하여 폐기 콘크리트를 구조용 재료로써 재활용하는 것을 추진하고 있다.

본 연구는 고강도영역의 콘크리트공시체(압축강도 500kg/cm^2 내외)를 재생골재화하여 재생골재콘크리트를 제작함으로써 그의 현장적용 가능성을 검토하고 재생골재콘크리트의 시방을 위한 기초자료를 제시하고자 하는데 그 목적이 있다. 본 보는 제 1보에 이어 경화콘크리트의 압축강도성상을 중심으로 고찰한 제 2보이다.

2. 연구개요 및 연구방법

고강도영역 재생골재 콘크리트의 현장적용을 위한 본 연구의 실험요인 및 수준은 표 1과 같이 물결합재비는 0.40, 0.50, 재생조골재의 대체율은 0, 30, 50, 100(%)로 하고, 플라

* 正會員, 忠南大 大學院 (碩士課程)

** 正會員, 忠南大 大學院 (博士課程)

*** 正會員, 忠南大教授 工.博

이에서의 대체율을 0, 10(%)로 하여 실험을 행하였고, 골재, 시멘트, 고성능감수제, 혼화제의 성질 및 콘크리트조합은 제 1보와 동일한 조건으로 하였다.

Table 1 Experimental factors and levels

Factors	Levels
W/C	0.40, 0.50
Rep. of RCA (%)	0, 30, 50, 100
Kinds of Agg.	Coarse Agg.
	Crushed Stone Recycled Agg.
Add. Ratio of FA	0, 10 (%)
Aiming Slump	18 ± 2 (cm)
Test items of fresh concrete	· Air Content · Compaction Factor · Unit Weight · Mixing Temp. · Slump, Flow, Slump-Flow in according to elapsed time
Test items of hardened concrete	· Compressive Strength · Ultrasonic pulse Velocity · Dynamic Modulus of Elasticity · Rebound Number

3 경화콘크리트의 분석 및 검토

3.1 압축강도 변화 및 검토

표 2는 고강도령역재생골재를 사용하여 제작한 재생골재콘크리트의 경화상태의 압축강도를 비롯한 각종 비파괴시험 결과를 나타낸 것이다. 그림 1 및 2에서 알 수 있는 바와같이 재생골재콘크리트는 천연석콘크리트 및 천연쇄석유동화콘크리트와 비교할 경우 재생골재의 대체율에 관계없이 거의 동등한 수준의 압축강도를 발현하고 있어 재생골재가 콘크리트의 압축강도를 저하시키지 않는 것으로 나타났다.

재생골재콘크리트의 압축강도는 물결합재비 0.40의 경우에는 4주 압축강도가 428~473kg/cm²의 수준이고, 물결합재비 0.50에서는 350~393kg/cm²의 수준을 보여 재생골재를 고품질화하면 매우 높은 압축강도를 가진 콘크리트를 제조할수 있는 가능성을 제시하고 있다.

표 2. 경화콘크리트의 시험결과

W/B	Rep. of FA (%)	Rep. of R · A (%)	Compressive strength (kg/cm ²)			Dynamic modulus of elasticity (x10 ⁵ kg/cm ²)			Ultra-sonic pulse velocity (km/sec)			Rebound number (RN)			Unit weight (kg/ℓ)			
			1w	4w	8w	1w	4w	8w	1w	4w	8w	1w	4w	8w	1w	4w	8w	
			0	Conv.	370	508	523	3.69	3.89	3.98	4.41	4.54	4.64	26	33	32	2.33	2.33
0.4	0	0	411	477	578	3.84	4.07	4.10	4.43	4.58	4.69	27	38	37	2.34	2.34	2.34	
		30	395	473	546	3.77	4.06	4.09	4.46	4.58	4.70	30	35	35	2.36	2.34	2.37	
		50	347	444	515	3.57	3.84	4.00	4.36	4.61	4.66	28	33	35	2.33	2.36	2.36	
		100	355	435	487	3.67	3.82	4.07	4.51	4.54	4.71	27	34	35	2.36	2.35	2.39	
	10	0	321	435	501	3.62	3.94	4.02	4.41	4.59	4.66	24	33	36	2.34	2.35	2.35	
		30	343	428	493	3.55	3.93	3.95	4.41	4.59	4.66	26	35	35	2.34	2.36	2.34	
		50	353	436	504	3.66	3.98	4.02	4.40	4.63	4.69	25	32	35	2.36	2.37	2.38	
		100	342	441	500	3.68	4.08	4.05	4.47	4.63	4.77	26	32	34	2.39	2.41	2.38	
	0.5	0	Conv.	205	355	411	3.02	3.55	3.70	4.15	4.44	4.51	16	25	28	2.29	2.30	2.29
			0	234	360	399	3.22	3.73	3.92	4.25	4.49	4.58	18	27	28	2.31	2.33	2.31
			30	223	360	381	3.24	3.68	3.87	4.23	4.52	4.63	16	25	30	2.33	2.33	2.32
			50	223	365	386	3.29	3.78	3.85	4.28	4.49	4.62	16	26	29	2.37	2.35	2.35
10		0	245	376	417	3.28	3.72	3.86	4.35	4.09	4.61	19	26	30	2.35	2.37	2.36	
		0	226	346	381	3.23	3.68	3.84	4.30	4.46	4.57	18	25	29	2.35	2.34	2.33	
		30	208	350	361	3.18	3.67	3.87	4.31	4.50	4.58	19	25	28	2.34	2.33	2.35	
		50	241	362	375	3.36	3.74	3.95	4.44	4.57	4.63	19	26	29	2.35	2.36	2.36	
100		245	393	406	3.32	3.71	3.78	4.43	4.56	4.64	20	26	30	2.39	2.37	2.37		

또한, 물결합재비 0.40에서는 재생골재콘크리트가 컨벤셔널콘크리트에 비하여 단위시멘트량을 $80 \sim 123 \text{kg/m}^3$ 를 감소시키고, 물결합재비 0.50에서는 $60 \sim 96 \text{kg/m}^3$ 정도를 감소시켰음에도 불구하고 동일한 수준의 압축강도를 보이 재생골재를 사용하였을 경우에 단위수량과 단위시멘트량을 감소시키는 조합방법을 채용할 경우 우수한 공학적특성을 보이는 고품질의 재생골재콘크리트를 경제적으로 제조할 수 있는 가능성을 제시하고 있다.

플라이애시의 대체에 따른 영향을 살펴보면, 플라이애시를 사용한 콘크리트의 압축강도는

물결합재비 0.40의 천연쇄석유동화콘크리트(재령8주)의 경우를 제외하면, 플레인콘크리트와 유사한 수준을 보이고 있어 재생골재콘크리트에서도 플라이애시를 재생골재콘크리트의 경제성의 개선측면에서 사용이 고려될 수 있을 것으로 사료된다.

재령에 따른 콘크리트의 압축강도 발현성상을 살펴보면 그림 2에 나타난 바와같이 물결합재비 0.40의 경우에는 재령1주에서 재령4주 사이의 강도증진과 재령4주에서 재령8주사이의 강도증진이 거의 유사한 경향을 보이고 있는 반면, 물결합재비 0.50의 경우에는 재령1주에서

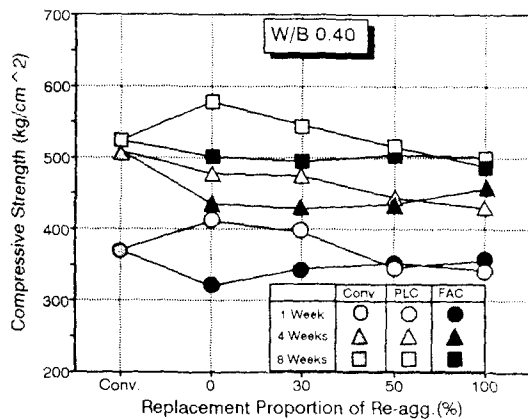


그림 1(a) 재생골재의 대체율에 따른 압축강도의 변화 (W/B;0.40)

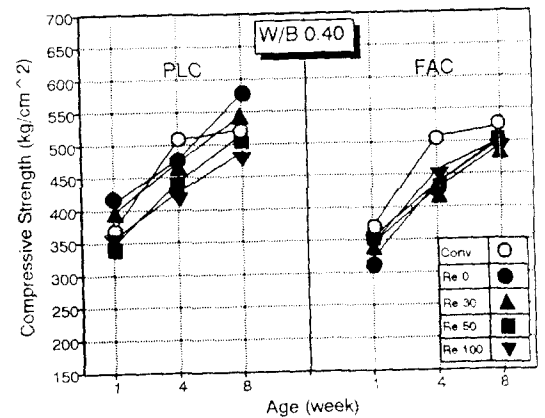


그림 2(a) 재령에 따른 콘크리트의 압축강도 발현 (W/B ; 0.40)

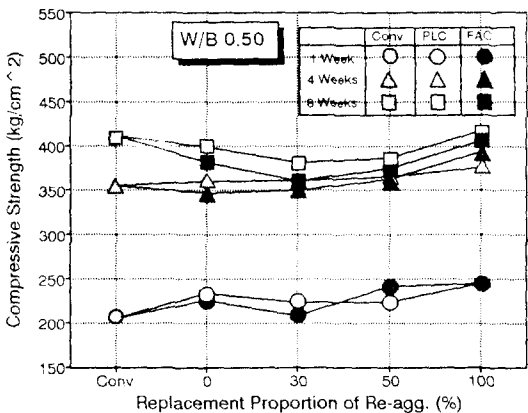


그림 1(b) 재생골재의 대체율에 따른 압축강도의 변화 (W/B ; 0.50)

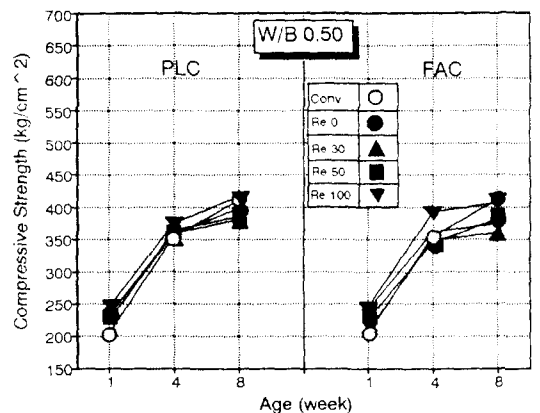


그림 2(b) 재령에 따른 콘크리트의 압축강도 발현 (W/B ; 0.50)

재령4주 사이의 강도증진이 매우 크며 재령4주에서 재령8주사이의 강도증진은 거의 발생하지 않고 있다. 이러한 경향은 재령4주 압축강도에 대한 각 재령의 압축강도 발현비율을 나타낸 그림 3에서 좀 더 명확히 알 수 있다.

각 재령의 강도발현비율에 있어 플라이애시의 내체에 따른 영향을 살펴보면 재령4주에 대한 재령1주의 압축강도 비율은 플라이애시를 사용한 콘크리트가 플레인콘크리트에 비하여 작게 나타났으며, 재생골재대체율에 따른 영향은 유의할 만한 경향은 보이지 않고 있다. 또한, 재령4주에 대한 재령8주의 강도비율은 플라이애시의 대체에 따른 유의할 만한 경향이 보이지 않고 있는데 이는 플라이애시콘크리트

의 재령4주 압축강도발현이 높았기 때문에 나타난 현상으로 사료된다.

3.2 각종 비파괴 시험의 분석 및 검토

그림 4는 콘크리트의 1차 동탄성계수를 측정하여 단위용적중량치와 신장한 값인 동탄성계수의 변화를 나타낸 것으로써 물시멘트비 0.50의 경우 再生骨材와 플라이애시의 대체에 관계없이 동탄성계수치의 유의할 만한 변화는 나타나지 않고 있으며, 물시멘트비 0.40의 플라이애시를 대체하지 않은 조합에서 再生骨材 대체율이 증가하면서 동탄성계수가 다소 감소하는 경향을 보이고 있고, 플라이애시를 10% 대체한 조합에서는 再生骨材 대체율이 증가한 수록 동탄성계수도 다소 증가하는 경향을 보이고 있으며, 이와 같이 각 물시멘트비에서 나타나는 경향은 압축강도에서의 변화 성상과 거의 유사하다. 압축강도와 동탄성계수의 상관관계를 살펴보면, 그림 5에 나타난 바와같이 재생골재콘크리트는 천연채석콘크리트와 거의 유사한 경향을 보이고 있다.

그림 6은 콘크리트에 조음파를 전파하여 내부 진파속도를 측정한 조음파속도의 변화를 나타낸 것으로써 물시멘트비 0.50에서 플라이애시의 대체 여부에 관계없이 再生骨材 증가에 따라서 조음파 속도가 다소 증가하는 경향이 보이고 있으며, 물시멘트비 0.40에서는 再生骨材 대체율과 플라이애시의 대체 여부에 따라 유의할 만한 경향은 보이고 있지 않고 있으며, 조음파속도와 압축강도의 관계는 그림 7과 같다.

그림 8은 콘크리트의 변형강도를 나타낸 것으로써 물시멘트비 0.50의 경우 再生骨材 대체율과 플라이애시의 대체에 관계없이 거의 유사한 수준을 보이고 있으며, 물시멘트비 0.40의 경우 플라이애시를 혼입한 조합이 플레인 콘크리트와 비교하여 다소 낮은 변형도치를 보이고

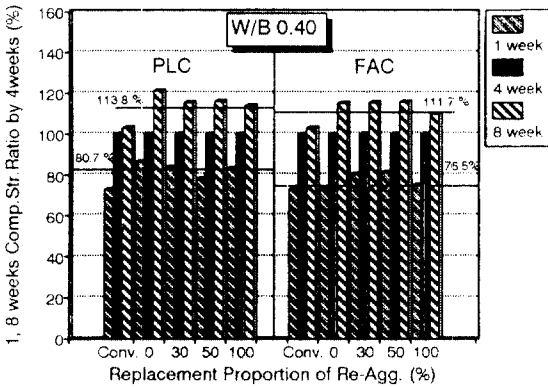


그림 3(a) 재령4주 압축강도에 대한 각 재령의 강도 비율 (W/B ; 0.40)

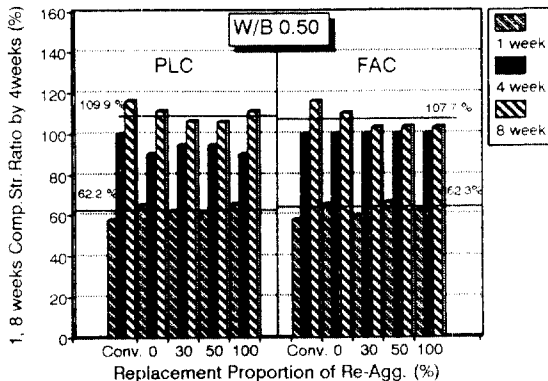


그림 3(b) 재령4주 압축강도에 대한 각 재령의 강도 비율 (W/B ; 0.50)

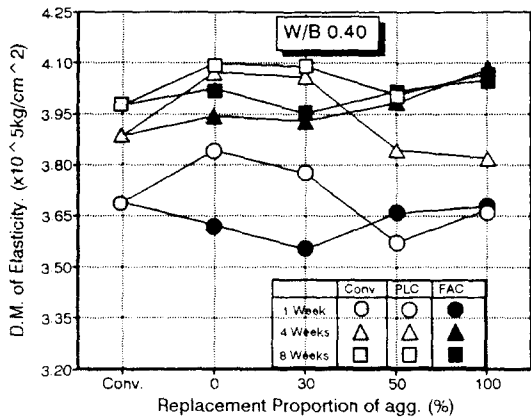


그림 4(a) 재생골재의 대체율에 따른 동탄성계수의 변화 (W/B ; 0.40)

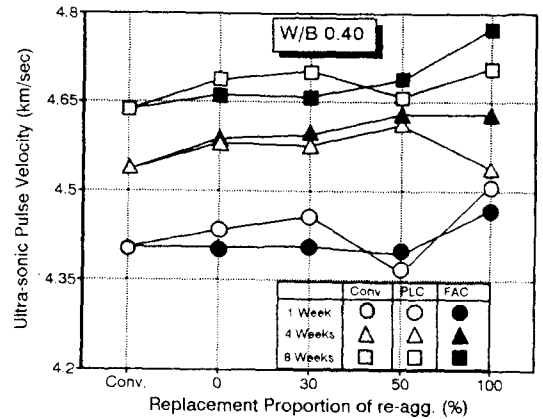


그림 6(a) 재생골재의 대체율에 따른 초음파속도의 변화 (W/B ; 0.40)

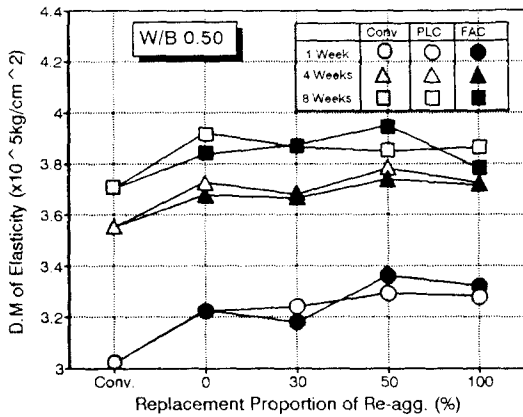


그림 4(b) 재생골재의 대체율에 따른 동탄성계수의 변화 (W/B ; 0.50)

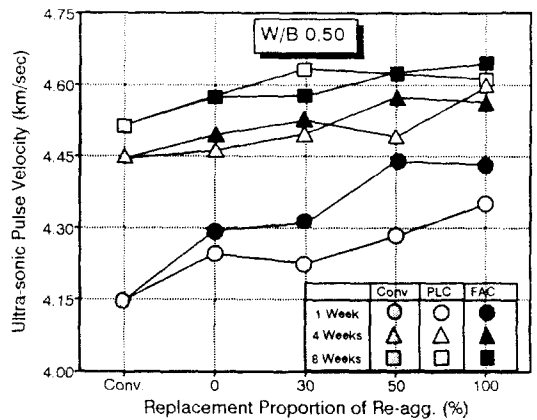


그림 6(b) 재생골재의 대체율에 따른 초음파속도의 변화 (W/B ; 0.50)

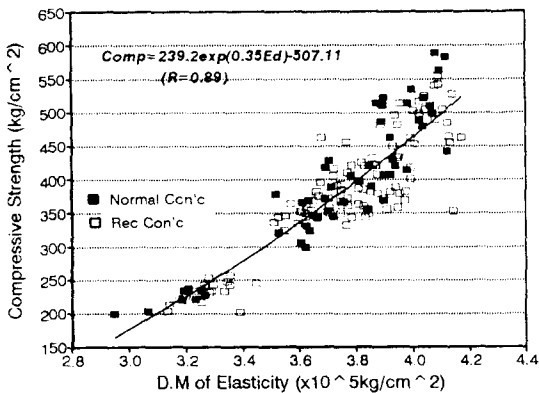


그림 5 압축강도와 동탄성계수의 관계

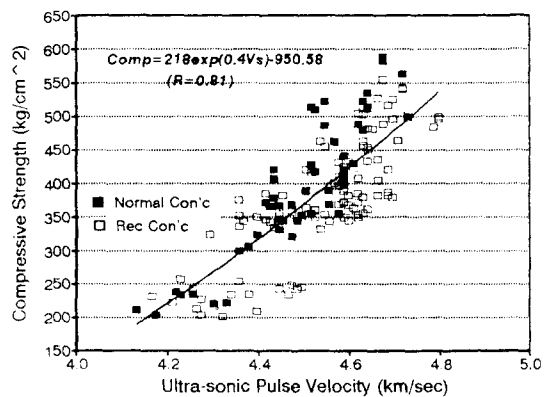


그림 7 압축강도와 초음파속도의 관계

있다. 그림9는 압축강도와 상관관계를 나타낸 것이다.

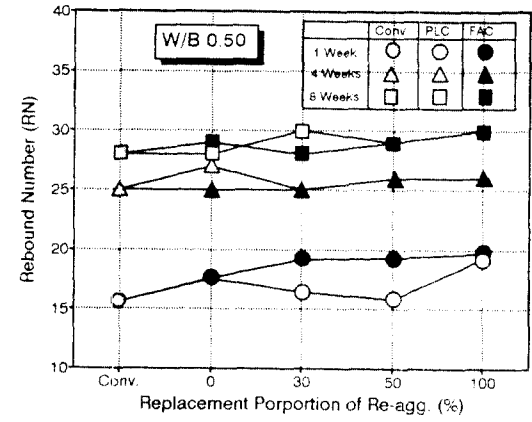


그림 8(b) 재생골재의 대체율에 따른 반발도의 변화 (W/B ; 0.50)

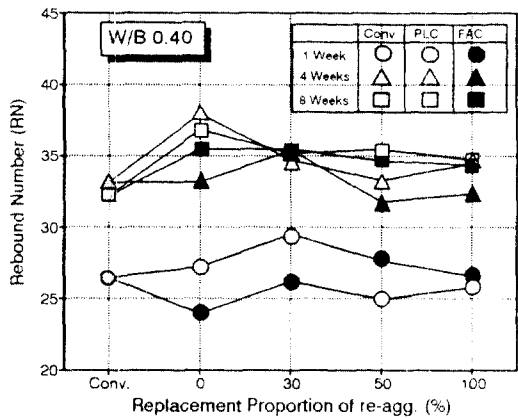


그림 8(a) 재생골재의 대체율에 따른 반발도의 변화 (W/B ; 0.40)

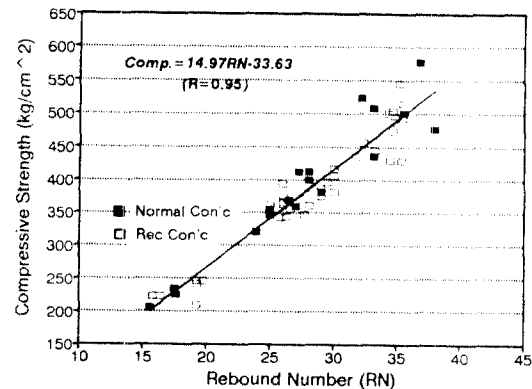


그림 9 압축강도와 반발도의 관계

4. 결론

고강도영역 재생골재콘크리트의 현장적용을 위한 실험을 행한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 고강도영역의 콘크리트를 대체한 폐기콘크리트를 사용한 재생골재유동화콘크리트의 4주 압축강도는 350~450kg/cm² 수준으로 권연쇄식유동화콘크리트와 동일수준의 압축강도를 발휘하고 있어 재생골재 자체의 품질개선과 보통골재와의 혼합사용에 의하여 재생골재콘크리트의 공학적특성을 향상시킬수 있음을 시사하고 있다.
2. 재생골재유동화콘크리트의 각종 비파괴시험결과 각 실험요인 및 수준별 동탄성계수, 조음과속도 및 반발도와 압축강도의 상관관계가 매우 양호하게 나타났으며, 그 경향은 권연쇄식유동화콘크리트와 유사하게 나타나고 있다.
3. 재생골재콘크리트에서 폴리이에서와 고성능감수제등의 사용은 시공성 및 작업성개선이 라는 측면과 강화콘크리트의 공학적특성 개선이라는 측면 뿐만아니라 단위시멘트량의 절감등의 경제적 측면에서도 권연쇄식유동화콘크리트와 동일한 수준의 효과를 나타내고 있다.

참고 문헌

1. 김무현 외, 고강도 영역 재생골재 콘크리트의 시공성 및 공학적 특성에 관한 실험적 연구 (제1,2보), 대한 건축학회 발표논문집, 1994, Vol.14, No. 1,2 pp.595~598, 637~640
2. 김무현 외, 고강도영역 재생골재 콘크리트의 현장적용을 위한 실험적 연구 (제1보), 한국 콘크리트학회 발표논문집, 1995, Vol.12집, pp.177~182