

고강도영역 재생골재 콘크리트의 현장적용을 위한 실험적 연구

(제 1 보 실험계획 및 예비실험)

An Experimental Study on the Application of Recycled Aggregate Concrete Using the Demolished High Strength Concrete

(Part 1 The Experimental Program and Preliminary Experiment)

○ 김 규 용* 최 민 수** 김 진 만** 남 상 일** 김 무 한***
Kim, Gyu Yong Choi Min Soo Kim, Jin Man Nam, Sang Ill 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 ration.

1. 서론

도시재개발 계획 및 환경정비 등에 의해 해체되는 RC건물 및 구조물이 증가함에 따라 폐기 콘크리트도 다량으로 발생되고 있어 이에대한 처리대책이 시급한 실정이다. 그러나 이러한 막대한 량의 폐기콘크리트가 천연골재와 비교하여 물리적 성상이 저하하고 재생골재콘크리트의 품질에 대해 신뢰도가 낮음으로써 재활용 재사용되지 못하고 매립, 폐기되는 경우가 많다. 그러나 해체공법의 개발, 폐기물의 엄격한 선별공정도입, 합리적인 배합설계, 제조기술의 개발등이 이루어진다면 폐기콘크리트를 콘크리트용 골재로서 재사용 가능성은 높다. 특히, 고강도 콘크리트를 사용한 RC조 구조물등을 선별적으로 해체할 경우 발생

되는 폐기콘크리트는 콘크리트용 골재로서의 효용가치가 높다.

본 연구는 폐기콘크리트를 재생골재화하여 사용한 재생골재콘크리트의 연구실적이 선진외국에 비하여 미흡한 현실정에서 고강도영역의 콘크리트 공시체(압축강도 500kg/cm² 내외)를 재생골재화하여 재생골재콘크리트를 제작함으로써 그의 현장적용 가능성을 검토하고 재생골재콘크리트의 시방을 위한 기초자료를 제시하고자 하는데 그 목적이 있다. 본 보는 실험계획 및 굳지않은 콘크리트의 성상을 중심으로 고찰한 것이다.

2. 실험계획 및 방법

2.1 실험계획

본 연구는 재생골재콘크리트의 품질향상 및 개선을 위한 일련의 연구로써, Table 1과 같이 물시멘트비 0.40, 0.50에서 재생골재 대체율 수준을

- * 충남대학교 대학원 건축공학과 석사과정
- ** 충남대학교 대학원 건축공학과 박사과정
- *** 충남대학교 대학원 건축공학과 교수·공방

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.
	Fine Agg. Sea Sand
Add. Ratio of FA	0, 10 (%)
Aiming Slump	18±2 (cm)
Test items of fresh concrete	<ul style="list-style-type: none"> · Air Content · Compacting Factor · Unit Weight · Mixing Temp. · Slump, Flow, Slump-Flow in according to elapsed time
Test items of hardened concrete	<ul style="list-style-type: none"> · Compressive Strength · Ultrasonic pulse Velocity · Dynamic Modulus of Elasticity · Rebound number · Stress-strain curve

RCA : Recycled Coarse Aggregate

0, 30, 50, 100 % 로 하여 재생골재 대체율의 변화에 따른 성상을 검토하고자 하였고, 경제성을 고려하여 Flyash의 대체율 수준을 0, 10%로 하여 실험을 행하였다.

실험요인 및 수준별로 나타나는 콘크리트의 굳지않은 성상과 경화성상을 검토하기 위하여 Table 1과 같이 측정항목을 설정하였으며 이에 대한 검토를 실시하였다.

2.2 사용재료

본 실험에서 사용된 각 재료의 물리적 성상은 Table 2, 3, 4와 같으며 천연골재와 재생골재의 입도분포곡선은 Fig. 2와 같다.

Table 2 Physical Properties of Cement

Type of cement	Specific gravity	Fineness			
		>44µm (%)	>88µm (%)	Blain (cm ² /g)	
Ordinary portland cement	3.15	6.4	0.7	3,247	
Time of set (h:m)		Compressive strength (kg/cm ²)			
Initial	Final	Soundness (autoclave,%)	3-day	7-day	28-day
4:08	6:01	0.10	218	254	367

Table 3. Physical properties of aggregate

Type of Agg	Max size (mm)	F.M	Specific gravity	Pro.of absorb. (%)	Pro. of solid volume (%)	Unit weight (kg/m ³)	
Fine agg.	2.5	2.68	2.57	0.81	65.1	1,685	
Coarse agg.	Natural	20	7.01	2.55	2.01	63.9	1,580
	Recycled	25	7.14	2.65	4.30	54.5	1,443

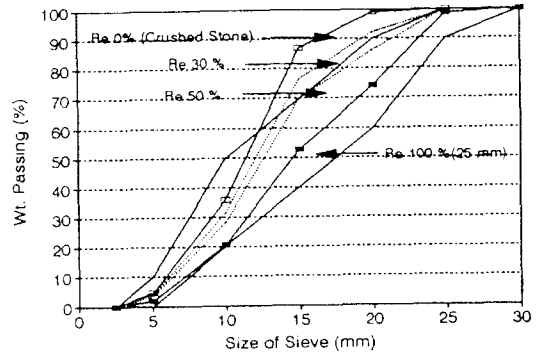


Fig. 1 Grading curves in kinds of Aggregate

Table 4. Physical properties and chemical composition of flyash

Blain surface area (cm ² /g)	3,376
Water requirement (% of control)	100
Strength activity index with portland cement, at 28days (% of control)	90.9
Specific gravity	2.18
Silicon dioxide(SiO ₂) (%)	62.9
Moisture content (%)	0.1
Loss of Ignition (%)	4.6

Table 4. Physical properties of superplasticizer

Appearance	Principle component	Specific gravity	Toxicity
Dark brown liquid	synthetic polymers	1.17	none

2.3 콘크리트의 조합 및 시험방법

콘크리트의 조합은 Table 5와 같이 물시멘트 비 0.40, 0.50 에서 고강도영역재생골재 콘크리트의 대체율을 각각 0, 30, 50, 100%로 하고 Flyash의 대체율을 0, 10%로 대체하여 조합을 결정하였으며, 콘크리트의 성상을 검토하기위한 각종 시험 방법은 각 규준에 준하여 실시하였다.

Table 5. Mix proportion of concrete

W/B	Rep. FA	Dosa Re-ge of Agg SP	Slump	SJA	Water Content	Absolute Volume					Unit Weight																				
						C	FA	S	G		C	FA	S	G																	
									NG	RG				NG	RG																
0.4	0	0	22±		0.44	204	162	0	275	349	0	510	0	706	891	0															
	0.4	0	30			0.44	172	137	0	300			430	0	771																
		10	0	30			0.44	172	123	20	300			387	43	771															
			50																												
0.5	0	0	2		0.47	210	133	0	304	343	0	420	0	781	874	0															
	0.5	0	30			0.47	180	114	0	327			360	0	840																
		10	0	30			0.47	180	103	16	327			324	36	840															
			50																												
100																															

제작방법을 채용하였으며, 각각의 물시멘트비 0.40, 0.50에서 비빔수를 투입한후의 양상이 서로 달라 Fig. 2에 보이는 바와 같이 고성능감수제의 첨가시기를 달리 조정하였다. 즉, 물시멘트비 0.40에서는 됴비빔모르터에 고성능감수제를 투입하였고, 물시멘트비 0.50에서는 조골재를 투입하여 콘크리트의 유동성을 확보하고자 하였다.

3. 실험결과 및 고찰

Table 6은 콘크리트의 비빔직후 및 경시에 따른 유동성의 시험결과를 나타낸 것이다.

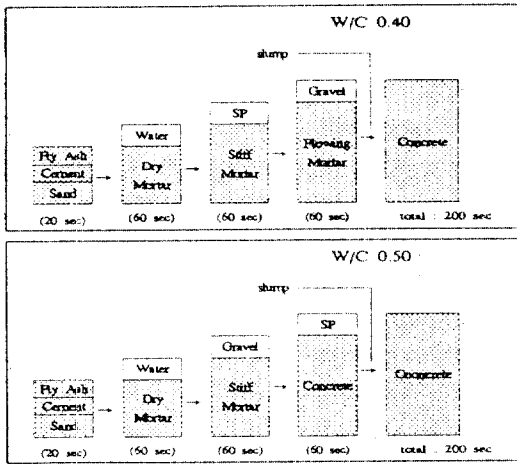


Fig. 2 Mixing method of concrete

2.4 콘크리트의 비빔방법

콘크리트를 구성하는 각 재료들의 균질한 배합을 위하여 재료의 분할투입과 선모르터

3.1 초기슬럼프치, 초기슬럼프-플로우치, 플로우치 및 다짐계수치의 변화

각 물시멘트비별 초기 슬럼프 및 슬럼프-플로우치를 나타낸 Fig.3에서 나타난 성상을 보면 각 조합에서 물시멘트비 0.40, 0.50에서 각각 1.0%, 0.8~0.6%의 고성능감수제를 첨가하여 22±2cm의 목표 슬럼프치를 얻을수 있었다. 또한 재생골재 대체율의 증가에 따라 각 물시멘트비별 Flyash를 대체하지 않은 조합에서 슬럼프치가 미소하게나마 증가하는 경향을 보임과 아울러 슬럼프-플로우치도 재생골재 대체율이 증가함에 따라 증가하는 경향이 뚜렷이 보이고 있는데 이는 재생골재의 최대 입경이 천연골재의 입경보다 상대적으로 크기 때문에 나타난 현상으로 사료된다. 그러나 Flyash를 10% 대체하였을 경우 각 물시멘트비의 경우 재생골재의 대체율에 따른 슬럼프치의 증가현상은 보이지 않고 있다. 이는 Flyash의 미연탄소분이 수량을 흡착하였기 때문에 나타난 현상으로 사료된다.

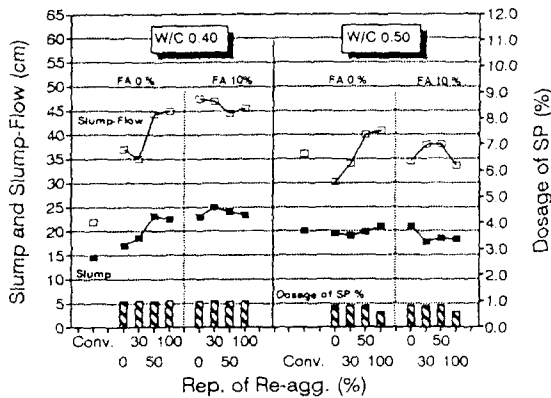


Fig. 3 Variation of Slump, slump-flow and dosage of sp in according to rep. of re-agg.

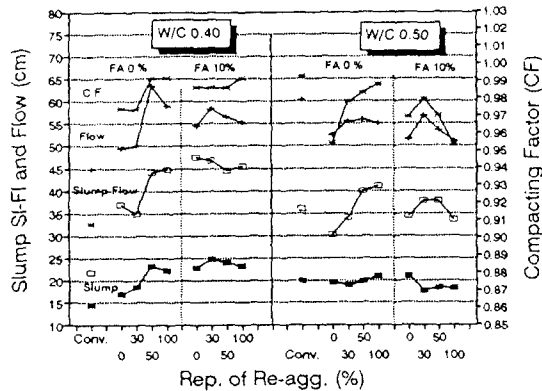


Fig. 4 Variation of slump, slump-flow and compaction factor in according to rep. of re-agg.

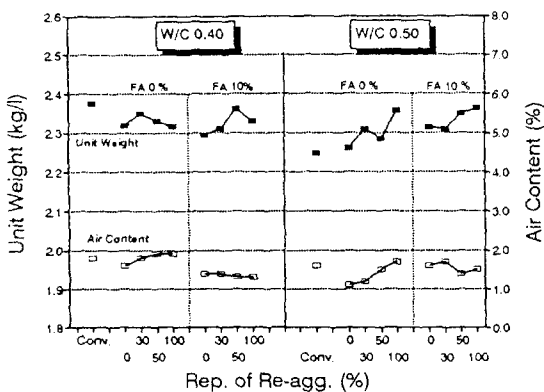


Fig. 5 Vriation of unit weight and Air content in according to rep. fo re-agg.

콘크리트의 유동성에 따르는 다짐계수치의 변화를 나타낸 Fig. 5에서 나타난 바와 같이 물시멘트비 0.40, 0.50에서 재생골재 대체율과 슬럼프치, 슬럼프-플로우치, 플로우치에 따른 다짐계수치를 살펴보면, 슬럼프치보다 슬럼프-플로우치 및 플로우치의 변화에 따라 다짐계수치도 유사하게 변화하는 경향을 보이고 있다. 이는 자중에 의해 수직방향으로 흘러내리는 콘크리트의 슬럼프치에만 의존하여 콘크리트의 유동성을 평가하기 보다는 슬럼프치와 더불어 수평방향으로 퍼지는 슬럼프-플로우치도 콘크리트의 유동성 및 다짐성능을 간접적으로 파악하는데 유용할 것으로 사료된다.

3.2 공기량 및 단위용적중량의 변화

단위용적중량과 공기량의 변화를 나타낸 Fig. 4에서 나타난 바와 같이 각 물시멘트비에서 1.0~2.0%의 공기량 수준을 보이고 있으며, 플레인콘크리트에서는 재생골재 대체율이 증가할 수록 공기량이 다소 증가하는 현상을 나타내고 있다. 그러나 Flyash를 대체한 콘크리트에서는 재생골재 대체율에 따른 뚜렷한 경향이 나타나고 있지 않다. 또한 비중이 천연골재보다 큰 재생골재의 대체율이 증가하면서 변화하는 단위용적중량의 성상을 보면 물시멘트비 0.50에서는 다소 증가하는 경향을 보이고 있지만 물시멘트비 0.40에서는 이와 같은 경향을 보이고 있지 않다.

3.3 슬럼프, 플로우, 슬럼프-플로우의 경시변화

Fig. 6은 각 실험요인 및 수준별로 제작한 콘크리트의 경시에 따른 유동성 저하 성상을 검토하기 위하여 굳지않은 콘크리트의 슬럼프, 플로우, 슬럼프-플로우의 경시변화를 나타낸 것으로써 물시멘트비 0.40의 컨벤셔널콘크리트를 제외하고 모든 조합에서 20cm를 상회하는 높은 슬럼프치를 확보하였다.

물시멘트비 0.40의 경우 Flyash대체여부에 따라 컨벤셔널콘크리트를 중심으로 다소 상이한 양상을 보이고 있는데, Flyash를 대체하지 않은 경우 단위시멘트량이 상대적으로 많은 컨벤셔널콘

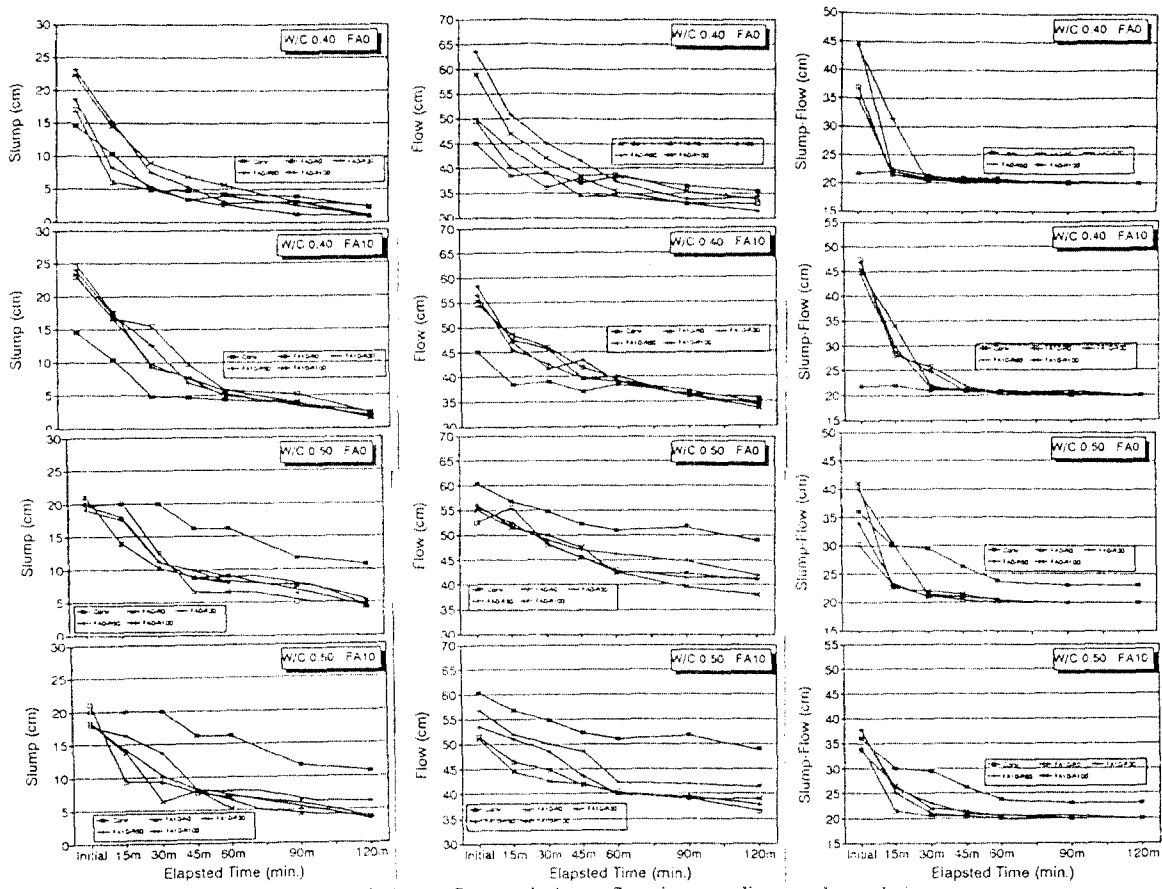


Fig. 6 Variation of slump, flow and slump-flow in according to elapsed time

Table 6 Testing results of the fresh concrete

WB	ID of Mx	Air cont.	Unit weight	Comp. Factor	Design of SP	Test Items	Test results of slump, flow and slump-flow (cm)							WB	ID of Mx	Air cont.	Unit weight	Comp. Factor	Design of SP	Test Items	Test results of slump, flow and slump-flow (cm)						
							Initial	15m	30m	45m	60m	90m	120m								Initial	15m	30m	45m	60m	90m	120m
							SL	FL	SL-R	FL-R	SL-R	FL-R	SL-R								FL-R	SL	FL	SL-R	FL-R	SL-R	FL-R
04	Conv.	1.8	2.38	0.91	-	SL: 14.5 10.5 4.8 2.7 4.3 4.0 2.1 FL: 45.0 38.5 30.0 27.0 38.5 35.5 35.5 SL-R: 21.8 22.0 21.0 21.0 20.8 20.3 20.0	05	Conv.	1.6	2.25	0.99	-	SL: 14.5 10.5 4.8 2.7 4.3 4.0 2.1 FL: 60.3 56.8 44.8 52.3 51.0 51.8 49.0 SL-R: 36.0 30.0 29.5 26.3 23.8 23.0 23.0														
	FA0-R0	1.6	2.32	0.97	1.0	SL: 17.0 6.0 5.0 3.4 2.6 1.2 1.0 FL: 49.5 40.3 36.0 38.0 35.5 33.0 31.0 SL-R: 37.0 21.5 20.5 20.5 20.5 20.0 20.0		FA0-R0	3.5	2.26	0.95	0.8	SL: 17.0 6.0 5.0 3.4 2.6 1.2 1.0 FL: 52.5 52.5 48.0 45.5 43.0 41.5 41.5 SL-R: 30.2 23.0 21.0 20.5 20.0 20.0 20.0														
	FA0-R00	1.8	2.35	0.97	1.0	SL: 18.6 8.3 5.5 3.4 4.0 2.6 1.0 FL: 50.0 44.0 39.0 34.3 34.5 33.0 31.5 SL-R: 35.0 21.5 20.8 20.1 20.0 20.0 20.0		FA0-R00	1.2	2.31	0.98	0.8	SL: 23.2 15.3 7.6 5.3 3.1 3.1 1.2 FL: 63.5 50.8 45.0 41.5 37.5 34.0 34.5 SL-R: 44.8 22.4 21.3 20.3 20.0 20.0 20.0														
	FA0-R00	1.9	2.33	0.99	1.0	SL: 23.2 15.3 7.6 5.3 3.1 3.1 1.2 FL: 63.5 50.8 45.0 41.5 37.5 34.0 34.5 SL-R: 44.8 22.4 21.3 20.3 20.0 20.0 20.0		FA0-R00	3.5	2.29	0.98	0.8	SL: 23.2 15.3 7.6 5.3 3.1 3.1 1.2 FL: 56.0 51.8 49.0 47.0 46.2 45.0 42.0 SL-R: 40.0 30.5 21.5 21.0 20.5 20.0 20.0														
	FA0-R00	1.9	2.32	0.99	1.0	SL: 22.3 14.4 9.0 6.8 5.6 3.2 2.6 FL: 60.0 47.0 42.0 38.5 39.0 35.5 34.0 SL-R: 44.8 22.4 21.3 20.3 20.0 20.0 20.0		FA0-R00	1.7	2.26	0.99	0.6	SL: 22.3 14.4 9.0 6.8 5.6 3.2 2.6 FL: 55.0 51.5 50.0 47.5 42.3 39.5 38.0 SL-R: 41.0 22.5 22.0 21.5 20.5 20.0 20.0														
	FA10-R0	1.4	2.30	0.99	1.0	SL: 22.9 16.7 15.5 9.7 5.8 5.1 2.4 FL: 44.5 48.5 46.0 41.8 39.5 37.0 34.5 SL-R: 47.5 28.0 25.8 21.8 20.5 20.8 20.0		FA10-R0	1.6	2.31	0.97	0.8	SL: 22.9 16.7 15.5 9.7 5.8 5.1 2.4 FL: 51.5 46.5 44.8 41.8 40.5 39.0 36.5 SL-R: 44.5 21.5 20.5 20.5 20.0 20.0 20.0														
	FA10-R00	1.4	2.31	0.99	1.0	SL: 24.9 17.7 9.2 7.7 5.6 4.9 1.5 FL: 58.3 47.0 41.5 43.3 39.0 36.0 34.2 SL-R: 45.8 30.0 21.5 21.3 20.5 20.0 20.0		FA10-R00	1.7	2.31	0.98	0.8	SL: 24.9 17.7 9.2 7.7 5.6 4.9 1.5 FL: 46.8 42.0 40.0 38.5 42.3 42.0 41.5 SL-R: 37.8 28.0 23.0 21.0 20.5 20.5 20.0														
	FA10-R00	1.3	2.26	0.99	1.0	SL: 34.0 17.2 12.6 6.8 5.2 3.5 2.0 FL: 45.5 45.5 42.5 39.5 39.0 39.0 34.5 SL-R: 44.5 28.8 24.8 20.8 20.3 20.0 20.0		FA10-R00	1.4	2.35	0.97	0.8	SL: 34.0 17.2 12.6 6.8 5.2 3.5 2.0 FL: 51.5 41.0 48.5 41.5 40.0 39.5 37.8 SL-R: 37.8 25.0 21.0 20.5 20.0 20.0 20.0														
	FA10-R00	1.3	2.33	0.99	1.0	SL: 21.5 16.6 9.8 7.5 4.9 4.0 1.5 FL: 55.3 47.5 45.5 39.5 40.0 36.0 35.5 SL-R: 45.5 34.0 22.0 20.8 20.5 20.0 20.0		FA10-R00	1.5	2.26	0.95	0.6	SL: 21.5 16.6 9.8 7.5 4.9 4.0 1.5 FL: 51.0 44.5 42.5 42.0 40.0 39.0 39.0 SL-R: 41.5 35.5 22.0 21.5 20.5 20.0 20.0														

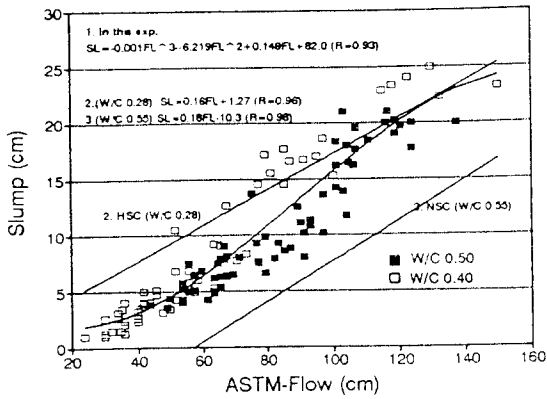


Fig. 7 Relationship between slump and ASTM flow

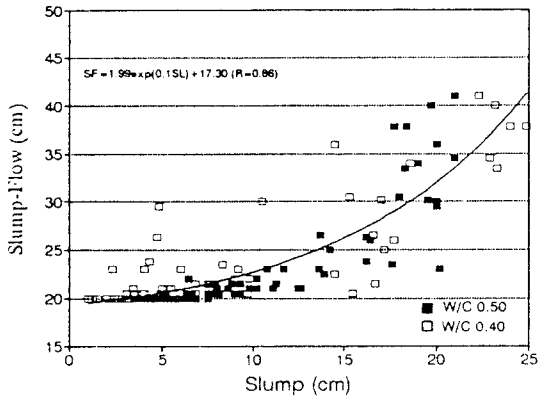


Fig. 8 Relationship between slump and slump-flow

크리트와 유사한 슬럼프 손실을 보이고 있는데 이는 초기슬럼프치를 낮게 확보했기 때문이라고 사료된다. Flyash를 10% 대체한 경우 컨벤셔널콘크리트보다 다소 높은 초기 슬럼프치가 확보되었으며 Flyash를 대체하지 않은 경우보다 완만한 슬럼프 손실을 보이고 있다. 이에 따라 슬럼프-플로우치, 플로우치의 변화도 같은 경향으로 나타나고 있다. 물시멘트비 0.50의 경우에는 컨벤셔널콘크리트에서 경시에 따른 슬럼프 로스가 매우 작은 것을 제외하면 전반적으로 물시멘트비 0.40의 경우와 유사한 경향을 보이고 있다.

3.4 슬럼프치와 플로우치의 관계

슬럼프치와 ASTM플로우치의 상관관계를 도시한 Fig. 7에서 나타난 바와 같이 물시멘트비가 감소할 수록 동일 슬럼프에서 낮은 ASTM플로우치를 보이고 있는데 이는 물시멘트비의 저하에 따라 콘크리트의 점성이 증가함으로써 나타난 현상으로 기존의 연구결과와 유사한 경향을 보이고 있다. 또한 슬럼프와 ASTM플로우치의 직선적인 변화의 양상보다 본실험에서 나타난 데이터의 분포는 3차 곡선식으로 나타났다.

슬럼프와 슬럼프-플로우의 관계를 나타낸 Fig.8에서와 같이 물시멘트비 0.50의 경우 일관적인 분포상태를 나타내는 반면 0.40의 경우 다소 산만한 분포를 보이고 있다.

4. 결론

고강도영역의 콘크리트 공시체 (압축강도 500 kg/cm² 내외)를 재생골재화하여 재생골재콘크리트를 제작함으로써 굳지않은 콘크리트의 성상을 중심으로 고찰한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 고강도 영역의 콘크리트 공시체를 파쇄하여 재생골재화한 본 실험에서 비중, 실적율, 조립율 등의 경우 천연쇄석골재와 유사한 성상을 나타내고 있으나 흡수율이 다소 높게 나타나 이에 대해 유의하여야 할 것으로 사료된다.
2. 재생골재를 사용한 콘크리트는 천연쇄석을 사용한 콘크리트와 같이 굳지않은 성상에서 유사한 양상을 보이고 있어 현장에서 유동성 및 작업성이 양호한 재생골재 콘크리트를 제조할 수 있는 가능성이 높은 것으로 나타났다.

參 考 文 獻

1. 金武漢 외, 高強度 領域 再生骨材 콘크리트의 施工性 및 工學的 特性에 관한 實驗的 研究 (제1,2보), 大韓 建築學會 發表論文集, 1994, Vol.14, No. 1,2 pp.595~598, 637~640