

고유동 콘크리트의 새로운 재료분리 저항성 평가방법에 관한 제안

New Method for Evaluating the Segregation Resistance
of High-Fluidity Concrete



한천구*

Han, Cheon Goo



김기철**

Kim, Gi Cheol

ABSTRACT

The purpose of this study is to investigate the possibility of evaluating the resistancy against segregation through the combination of slump and slump flow by changing the segregation with viscosity agent and fly-ash. The result of this study is that a proposed Evaluation-Factor using the ratio of slump to slump flow has the positive correlation to conventional method. In case Evaluation-Factor is less than 2.5 in practice, it is found that high-fluidity concrete has good resistancy against the segregation of materials.

Keywords : High-fluidity concrete, Evaluation factor for segregation, Slump flow, Slump, Viscosity agent

1. 서 론

고유동 콘크리트의 재료분리 저항성 판정방법은 JASS-5에 육안관찰에 의해 판정하도록 하고 있으

며, 기타 알려진 시험방법으로는 점성측정에 의한 방법, 굵은골재 씻기 시험, L Flow 철근사이의 통과성 시험, 5mm체 통과 시험 등이 있지만, 이러한 방법들은 매우 복잡하고 번거로워 실무 적용에는 어려움

* 정회원, 청주대학교 건축공학과 교수

** 정회원, 청주대학교 대학원

• 본 논문에 대한 토의를 1998년 6월 30일까지 학회로 보내주
시면 1998년 8월호에 토의회답을 게재하겠습니다.

이 있다.

또한, 고유동 콘크리트의 유동성 평가 방법에는 슬럼프 플로우나 L Flow 시험 방법 등이 있는데, 가장 손쉬운 방법인 슬럼프 플로우 시험이 주로 채택되고, 슬럼프는 변화가 크지 않다는 이유로 배제되고 있는 실정이다.

그런데, 고유동 콘크리트에서 발생하는 일반적인 재료분리 현상으로는 Fig. 1의 (a)와 같이 중앙부에는 굵은골재가 모이고 외곽부로는 시멘트 페이스트가 유출되는 양상으로 대표적인 유동성 측정의 슬럼프 플로우와 종전에는 무시되었던 슬럼프치를 효과적으로 조합하면 현장에서 간단하고도 편리하게 재료분리를 평가할 수 있을 것으로 사료된다.

그러므로 본 연구에서는 재료분리 정도를 증점제 및 플라이애쉬를 이용하여 변화시키고, 이를 슬럼프 플로우와 슬럼프치의 조합으로 재료분리 저항성이 평가될 수 있는지 여부를 검토하므로써, 실무의 고유동 콘크리트 재료분리 평가의 한 방안으로 제안하고자 한다.

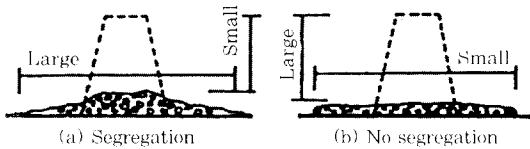
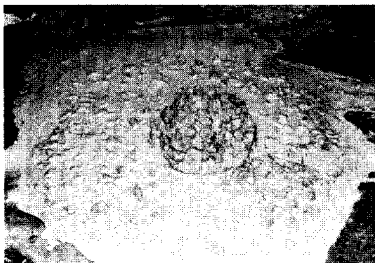


Fig. 1 Form of slump and slump flow

2. 실험계획 및 방법

2.1 실험계획

본 연구의 실험계획은 Table 1과 같다. 즉, 배합 사항으로서 실험시리즈 I은 증점제 종류 및 첨가량을 변화시켜 재료분리 저항성의 변화를 목표로 한 것으



(a) Segregation



(b) No segregation

Photo 1 Slump flow of High-fluidity concrete

Table 1 Factor and levels of experiment

Series of experiment	W/B (W/C) (%)	Type of viscosity agent	Amount of adding viscosity agent (g/m ³)	F.A/C (%)	Fresh concrete
I	42	HPMC 15U	0	0	<ul style="list-style-type: none"> • Slump Test • Slump Flow Test • Washing test of coarse agg.
	50	HPMC 40H	200		
II	50	HPC 90H	400	0	
		HPC 90H	200	10	
		HPC 90H	400	20	
		HPC 90H	600	30	

로 W/B는 42% 및 50%의 2개 수준으로 하고, 증점제 종류로는 HPMC 15U와 40H 및 HPC 90H의 3개 수준으로 하고, 첨가량은 각 W/B에서 0, 200, 400, 600g/m³의 4개 수준으로 변화시켜 사용하며, 플라이애쉬는 치환하지 않는다.

실험시리즈 II는 증점제 첨가량 및 플라이애쉬 치환량 변화에 따른 재료분리 저항성의 변화를 목표로 W/B는 50%로 하고, 증점제는 HPC 90H에 대하여 증점제 첨가량을 0, 200, 400, 600 g/m³로 하며, 플라이애쉬 치환율을 0, 10, 20, 30%의 4개 수준으로 변화시켜 실험계획한다.

실험사항으로는 굳지않은 상태에서의 유동성 측정으로 슬럼프와 슬럼프 플로우를 측정하도록 하고, 재료분리 저항성 측정으로는 굵은골재 씻기시험을 실시한다.

2.2 사용 재료

본 실험에 사용한 재료로 시멘트는 1종 보통 포틀랜드 시멘트를 사용하는데, 이때 시멘트의 물리적 성질은 Table 2와 같다. 골재로서 잔골재는 I 시리즈에서는 강모래, II 시리즈는 강모래와 부순모래를 5:5의 중량 비율로 혼합하여 사용한다. 굵은골재는 화강암 부순돌

을 사용하는데, 잔 굵은골재의 물리적 성질 및 입도 곡선은 Table 3 및 Fig. 2와 같다. 혼화재료로서 플라이애쉬는 분급정제된 보령화력산을 사용하며, 물리적 성질은 Table 4와 같다.

유동성을 확보하기 위해 사용한 고성능감수제는 Ⅰ시리즈의 경우 국내산 폴리칼본산계, Ⅱ시리즈는 독일산 밀라민계를 사용하고, 증점제는 셀루로스 에테르계로서 국내산 HPMC 15U 및 40H와 일본산 HPC 90H를 사용하는데, 이에 대한 물리적 성질은 Table 5 및 6과 같다. 물은 음료 가능한 상수도를 사용한다.

Table 2 Physical properties of used cement

Series of experiment	Specific gravity	Blaine (cm ² /g)	Auto-clave expansion (%)	Setting time (min)		Compressive strength (kg/cm ²)		
				Ini.	Fin.	3d.	7d.	28d.
Ⅰ	3.15	3.359	0.10	260	359	211	275	360
Ⅱ	3.14	3.383	0.09	237	335	222	276	364

Table 3 Physical properties of used aggregate

Series of experiment	Kind of agg.	Specific gravity	Absorption (%)	Unit weight (kg/m ³)	Solid volume percentage of shape variation (%)
Ⅰ	River sand	2.55	2.4	1,618	57.0
	Crushed stone	2.69	0.61	1,533	57.0
Ⅱ	River sand	2.58	2.11	1,504	60.0
	Crushed sand	2.62	2.04	1,736	58.0
	Crushed stone	2.61	1.67	1,532	57.5

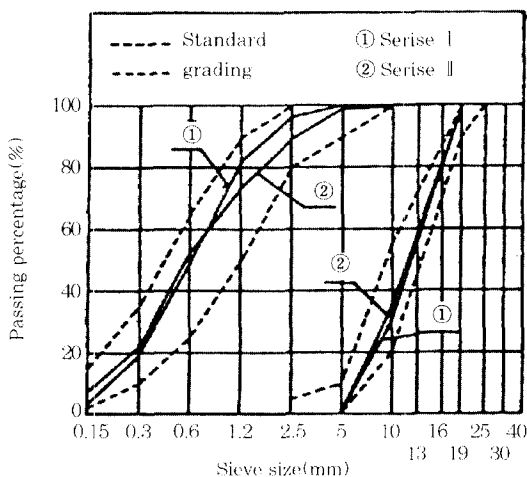


Fig. 2 Grading curves of aggregate

Table 4 Physical properties of used fly-ash

Specific gravity	Blaine (cm ² /g)	Humidity(%)	Ignition loss
2.22	3.218	1.0	5.9

Table 5 Physical properties of used superplasticizer agent

Series of experiment	Type	External appearance	PH	Specific gravity (20°C)	Amount of alkali (%)	Amount of chloridation ion (%)
Ⅰ	Polymer surfactants of polykarbonic acid	Light-brown colored liquid	7±2	1.06 ±0.02	0.5 down ward	0.01 down ward
Ⅱ	Melamine of sulfonic acid	White colored powder	-	-	-	0.05 down ward

Table 6 Physical properties of used viscosity agent

Type	Main ingredient	Viscosity(cps) (2% water solution, 20°C, 20rpm)	External appearance
HPMC 15U	Hydroxy Propyl Methyl Cellulose	15,000(15U)	White colored powder
HPMC 40H	Hydroxy Propyl Methyl Cellulose	4,000(40H)	White colored powder
HPC 90H	Hydroxy Propyl Cellulose	9,000(90H)	White colored powder

2.3 실험방법

유동성 평가로서 슬럼프시험은 KS F 2402 규정에 의거 실시하고, 슬럼프 플로우 시험은 슬럼프시험이 끝난후 최대 직경과 이에 직교하는 직경을 측정하여 두 측정치의 평균값을 슬럼프 플로우치로 한다.

재료분리 저항성을 평가하기 위한 굵은골재 씻기 시험은 슬럼프 플로우 시험이 완료된 시료에 대하여 중앙 20cm 원 내외측의 굵은골재 분포율을 산출하여, 중앙부의 굵은골재 분포율에 대한 외측의 굵은골재 분포율의 비율을 재료분리 저항율로 한다. 또한, 본 연구에서 목적한 슬럼프와 슬럼프 플로우의 조합에 의한 재료분리 평가는 다음 식에 의하여 실시하는데, 이를 재료분리 평가정수(가칭)로 표현한다.

$$\bullet \text{ 재료분리 평가정수} = \frac{\text{슬럼프 플로우(cm)}}{\text{슬럼프(cm)}} \quad (1)$$

Table 7 Test results

Serie of experiment	Mixing				Testing					
	W/B (%)	Type of viscosity agent	Amount of adding viscosity agent (g/m ³)	F.A/C (%)	Slump Flow (cm)	Slump (cm)	Ratio of the segregation resistance (%)	Evaluation-factor for segregation		
I	42	-	0	0	67.0	21.8	89	3.1		
			200		66.6	23.9	88	2.8		
			400		62.9	25.0	94	2.5		
			600		59.4	24.5	100	2.4		
		HPMC 15U	200		63.7	23.8	89	2.7		
			400		58.8	23.9	95	2.5		
			600		52.8	24.0	100	2.2		
			200		52.7	21.8	95	2.4		
		HPC 90H	400		48.3	23.3	98	2.1		
			600		43.2	21.0	95	2.1		
			0		62.1	21.5	92	2.9		
			200		62.5	23.2	89	2.7		
	50	-	400	61.6	24.0	93	2.6			
			600	57.6	24.7	98	2.3			
			200	54.5	20.2	91	2.7			
			400	58.9	24.0	98	2.5			
		HPMC 40H	600	56.5	24.3	100	2.3			
			200	58.7	20.5	91	2.9			
			400	61.3	24.7	100	2.5			
			600	58.1	22.4	94	2.6			
		II	50	HPC 90H	0	0	63.9	22.8	87	2.8
					200		57.5	23.5	90	2.4
					400		58.8	25.8	92	2.3
					600		54.0	25.7	95	2.1
0	39.4				22.6		90	1.7		
200	63.9				24.7		92	2.6		
400	60.4				26.0		92	2.3		
600	56.5				25.8		95	2.2		
0	41.4				22.0		95	1.9		
200	64.0				24.5		93	2.6		
400	65.0				26.0		97	2.5		
600	61.3				26.2		97	2.3		
0	40.2			22.4	94	1.8				
200	60.9			25.3	97	2.4				
400	60.1			26.5	102	2.3				
600	56.4			26.2	97	2.2				

3. 실험결과 및 분석

본 연구의 실험결과는 Table 7과 같다.

3.1 유동성

Fig. 3은 증점제 첨가량 변화에 따른 슬럼프 플로

우를 나타낸 그래프이다.

먼저 시리즈 I의 경우 전반적인 경향으로 증점제 첨가량이 증가할수록 콘크리트의 점성이 증가하여 슬럼프 플로우는 감소하는 경향으로 나타났다.

증점제 점도에 따른 슬럼프 플로우는 HPMC 15U에서 비교적 첨가량이 증가하여도 슬럼프 플로우의 변화폭이 작은 것으로 나타났다. 또한, 증점제 성분에 따른 슬럼프 플로우는 HPC가 HPMC보다 슬럼프 플로우치가 작게 나타났고, W/B별로는 W/B가 42%인 경우가 50%보다 증점제 첨가량이 증가할수록 슬럼프 플로우의 감소 구배는 비교적 크게 나타났는데, 이는 W/B가 작을수록 단위시멘트량이 많아 증점제 첨가량이 증가할수록 점성이 증대하여 유동성은 크게 감소하는 것으로 분석되어 진다.

시리즈 II에서는 증점제 첨가량에 따른 슬럼프 플로우는 전반적으로 증점제 첨가량 400g/m³까지는 증가하다가 그 이후에서는 점차 감소하는 것으로 나타났다. 단, 증점제를 첨가하지 않고, 플라이애쉬도 치환하지 않은 경우 슬럼프 플로우는 매우 큰 것으로 나타났는데, 이는 콘크리트의 점성부족으로 슬럼프 플로우 시험시 주변으로 시멘트 페이스트가 재료분리를 일으켜 나타난 결과이다. Fig. 4는 전의 분석과 동일한 요령으로 슬럼프치를 분석한 것으로, 시리즈 I에서의 슬럼프는 20.2~

25.0cm 범위를 나타내고 있었는데, 특이한 경향으로는 슬럼프 플로우와 반대 경향으로 증점제 첨가량 400g/m³까지는 증점제 첨가량이 증가할수록 커지는 경향으로 나타났다. 이는 증점제 첨가량 200g/m³이하에서는 상대적으로 낮은 점성에 기인하여 Fig. 1의 (a)와 같이 중앙부위에서는 굵은골재가 쌓이고 주

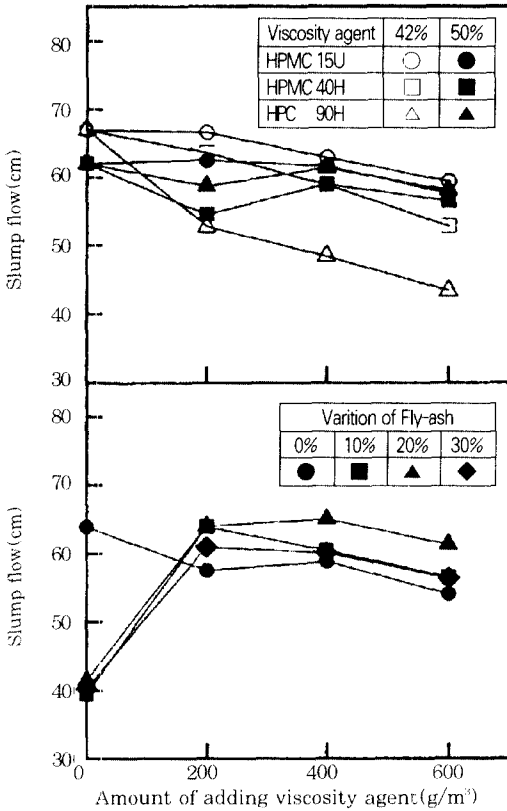


Fig. 3 Slump flow according to the variation of the amount of adding viscosity agent kinds

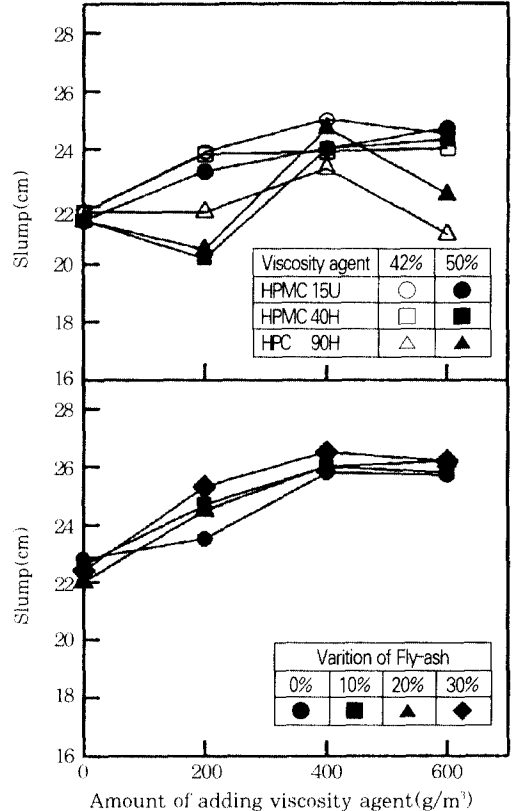


Fig. 4 Slump according to the variation of the amount of adding viscosity agent kinds

변부는 모르터 및 페이스트로 분리되는 재료분리현상이 발생하여 나타난 결과이고, 증점제 첨가량이 많아질수록 콘크리트의 점성이 증가하면 (b)와 같이 슬럼프는 크고 슬럼프 플로우는 작아지는 것으로 나타났다.

시리즈 II에서의 슬럼프는 시리즈 I과 유사한 경향으로 증점제 첨가량 400g/m³까지는 증가하다가 그 이후에서는 약간 감소하거나 차이가 없는 것으로 나타났다.

3.2 재료분리 저항성

Fig. 5는 증점제 첨가량 변화에 따른 재료분리 저항성을 나타낸 것이다. 전반적으로 각 배합에서의 재료분리 저항성은 88~102% 범위로 나타났다.

시리즈 I에서의 재료분리 저항성은 증점제의 사용량이 증가할수록 양호한 저항성을 나타내고 있었고, 증점제 점도에 따른 재료분리 저항성은 HPMC

40H의 경우가 15U보다 재료분리 저항성이 양호하게 나타났다. 또한, 증점제 성분에 따른 재료분리 저항성은 HPC 90H의 경우 증점제 첨가량을 200~400g/m³ 사용한 범위에서 HPMC보다 양호한 재료분리 저항성을 나타내었다.

시리즈 II에서의 증점제 첨가량에 따른 재료분리 저항성은 전반적으로 증점제 첨가량 및 플라이애쉬 치환율이 증가할수록 양호한 것으로 나타났는데 특히, 유동성이 양호한 범위인 증점제 첨가량 400g/m³에서 플라이애쉬 치환율이 20%이상일 경우 재료분리 저항성이 95%이상으로 나타났다. 따라서 적정량의 증점제 첨가 및 플라이애쉬 치환은 유동성 및 재료분리 저항성을 증진시킬 수 있는 것으로 분석된다.

Fig. 6은 Fig. 5와 동일한 요령으로 본 연구에서 제안하는 재료분리 평가 정수를 나타낸 것이다. 먼저, 시리즈 I의 증점제 첨가량에 따른 재료분리 평가 정수는 재료분리 저항율과는 반대로 첨가량이 증

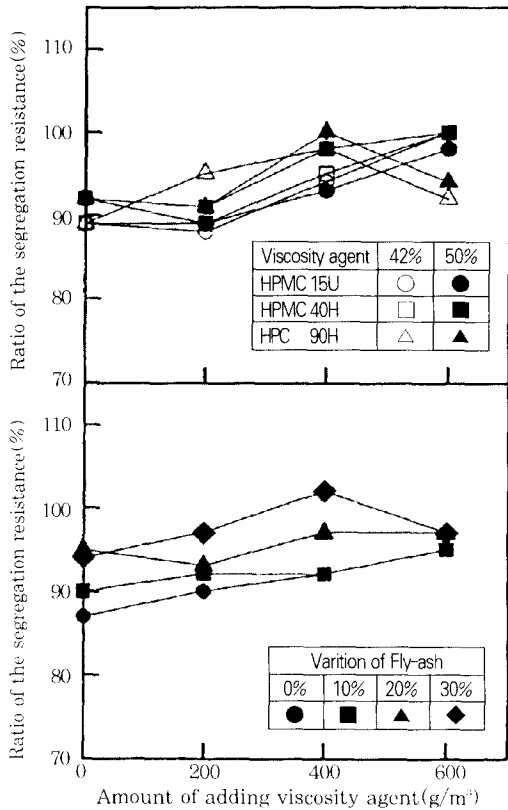


Fig. 5 Ratio of the segregation resistance according to the variation of the amount of adding viscosity agent kinds

가할수록 재료분리 평가 정수는 감소하는 것으로 나타났다. 증점제 점도 및 종류에 따른 재료분리 평가 정수는 W/C 42%의 HPC 90H를 제외하고는 서로 교차되어 특별한 경향은 없는 것으로 나타났다.

시리즈 II에서의 재료분리 평가 정수는 플라이애쉬 치환율 10~30%에서는 증점제 첨가량 200g/m³까지는 증가하다가 그 이후에서는 감소하는 경향으로 나타났으며, 플라이애쉬를 치환하지 않고, 증점제를 첨가하지 않은 경우에는 재료분리가 발생하여 재료분리 평가 정수가 크게 나타났으나, 증점제 첨가량이 증가하면 재료분리 평가 정수도 감소하는 것으로 나타났다.

3.3 제안하는 재료분리 저항성 평가 방법의 검토

Fig. 7은 고유동 콘크리트의 유동성을 만족하지

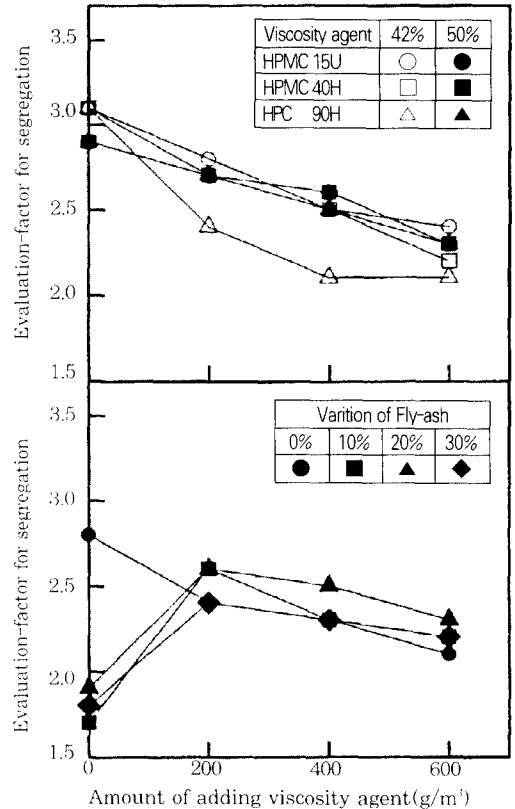


Fig. 6 Evaluation-factor for segregation according to the variation of the amount of adding viscosity agent kinds

못하는 슬럼프 플로우 40cm 이하를 제외한 배합에서 재료분리 저항율과 재료분리 평가 정수와의 관계를 산점도로 나타낸 것이다.

재료분리 저항율이 증가할수록 재료분리 평가 정수는 감소하는 경향으로 회귀식은 Fig. 7에 제시된 바와 같고, 재료분리 저항율이 양호한 범위로 평가되는 재료분리 저항율 95%일때의 재료분리 평가 정수는 회귀식에 의하면 2.43으로 나타났다.

Fig. 8은 Fig. 7과 동일하게 슬럼프 플로우 40cm를 제외한 배합에서 슬럼프와 슬럼프 플로우의 관계에다 재료분리 저항율이 95% 이상인 것을 임의로 매우 양호, 95% 미만 90% 이상인 것을 양호, 90% 미만인 것을 보통인 것으로 정하여, 식 (1)에 의하여 구한 재료분리 평가 정수를 1.6~3.1까지 0.1 간격으로 플로트한 것이다.

이중 재료분리 저항율이 양호한 영역과 보통 및 불

량한 영역으로 구분되는 재료분리 평가 정수 2.6인 경우는 재료분리 저항율이 보통인 영역 일부가 포함되어 재료분리 현상이 크지는 않다고 판단되지만 양호한 품질관리를 위하여는 Fig. 7의 회귀식에 나타난 결과와 종합하여 판단할때 2.5 이하를 실무의 관리 정수로 정하는 것을 제안한다.

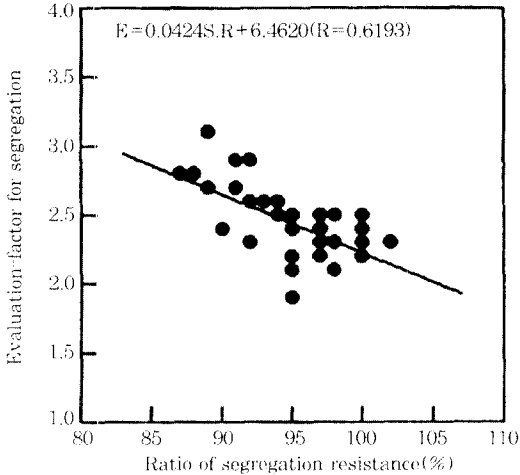


Fig. 7 Relation of ratio of segregation resistancy and Evaluation-factor

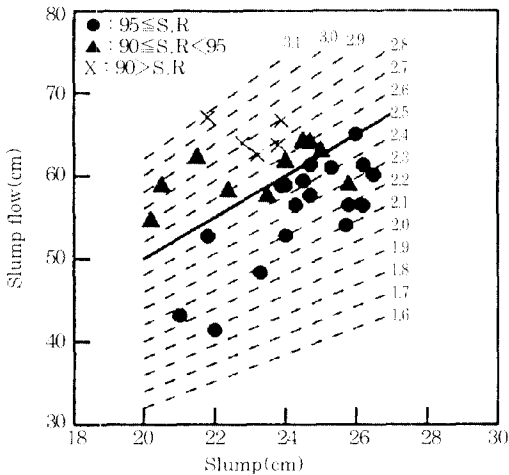


Fig. 8 Evaluation of segregation resistancy by fluidity

4. 결 론

고유동 콘크리트의 슬럼프와 슬럼프 플로우의 비를 이용한 재료분리 평가 정수로 재료분리 저항성을 평가하는 방법을 제안하고자 그의 타당성을 검토한 연구에서 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) 유동성은 증점제 첨가량이 증가할수록 증점제의 점성에 기인하여 슬럼프 플로우는 감소하고, 슬럼프는 증가하는 경향으로 나타났다.
- (2) 재료분리 저항성은 증점제의 첨가량이 증가할수록 양호한 저항성을 나타내고 있는데, 단 재료분리 평가 정수는 감소하는 것으로 표현되었다.
- (3) 슬럼프 플로우에 대한 슬럼프의 비를 재료분리 평가 정수로 하면 양호한 재료분리 평가가 가능할 수 있는데, 고유동 콘크리트의 경우 평가 정수 2.5 이하로 실무에서 관리한다면 양호한 재료분리 저항성을 유지할 수 있을 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

- 1) 金昌基, 趙炳英, 尹起源, 李正熙, 韓千求, 潘好鎔; 高性能 콘크리트의 특성에 미치는 配合要因의 影響, 大韓建築學會 學術發表論文集, 第15卷 第1號, 1995.
- 2) 韓千求, 崔應奎, 尹起源, 朴相俊, 趙炳英, 文鍾建, 李鎮圭; 增粘劑를 이용한 高流動 콘크리트의 특성에 관한 基礎的研究(제1보~제8보), 大韓建築學會學術發表論文集, 第16卷 第1~2號, 1995, 第17卷 第1號, 1997.
- 3) 韓千求, 崔應奎, 元鍾弼, 金基喆, 安燦佑, 韓敏喆; 增粘劑를 이용한 다점불요 콘크리트의 實用化에 관한 研究(제1보~제3보), 大韓建築學會學術發表論文集, 第16卷 第2號, 1996, 第17卷 第1號, 1997.
- 4) 韓千求, 金基喆, 趙炳英; The Simple Method for Evaluating the Segregation Resistance of High-Fluidity Concrete, 第2回 日本·韓國 建築材料 Joint Symposium 論文集, 1996.8, pp.197~204
- 5) 韓千求, 金基喆, 文鍾建, 李正熙, 潘好鎔; 增粘劑를 이용한 高流動 콘크리트의 最適配合比 決定에 관한 研究, 第3回 韓國·日本 建築材料 Joint Symposium 論文集, 1996.8, pp.165~172

요 약

고유동 콘크리트의 특성을 판정하기 위한 방법으로서는 기존에 알려진 재료분리 판정 방법은 매우 복잡하고 번거로운 실험방법으로 실무 적용에 많은 어려움이 있다. 그런데, 고유동 콘크리트의 유동성 측정 방법에는 슬럼프 플로어를 주로 측정하고, 슬럼프는 변화가 작아서 배제되고 있는 실정이나, 재료분리된 양상을 살펴보면 슬럼프 플로어는 큰 반면, 슬럼프는 작은 양상을 보이고 있다. 따라서 본 연구에서는 고유동 콘크리트의 재료분리 저항성을 슬럼프와 슬럼프 플로어의 조합으로 간단히 평가할 수 있는지 그 가능 여부를 검토하고자 하였다. 연구 결과 슬럼프 플로어에 대한 슬럼프의 비는 양호한 재료분리의 평가지표로 이용할 수 있는데, 이 값을 2.5 이하로 유지하면 실무에서의 고유동 콘크리트는 양호한 재료분리 저항성을 관리할 수 있을 것으로 사료된다.

(접수일자 : 1997. 12. 19)