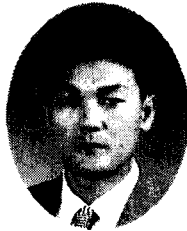


증점제를 사용한 고유동콘크리트의 기초 물성

Fundamental Properties of Self-Compacting Concrete Using Viscosity Modifying Admixture



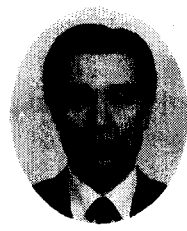
김진철*

Kim, Jin-Cheol



안태송**

Ahn, Tae-Song



문한영***

Moon, Han-Young

ABSTRACT

Hydroxyethyl cellulose - based - viscosity modifying admixture and melamine - based - superplasticizer were selected to be admixtures for self-compacting concrete based on the test results of fluidity and air content of mortar using 3 different viscosity modifying admixtures. The experimental results show that the initial and final set of self-compacting concrete and fly ash concrete with viscosity modifying admixture only have been delayed approximately 5 hours and 8~9 hours, respectively. It is found that the optimum dosage of viscosity modifying admixtures, coarse aggregate and cement content are 0.2 % of water content, under 742 kg/m^3 and over 364 kg/m^3 , respectively. Test results also show that the optimum fly ash in replacement of cement is 10% of cement weight for the enhancement of fluidity and long-term strength

Keywords : Self-compacting concrete, Viscosity modifying admixture, Hydroxyethyl cellulose, Superplasticizer, Fly ash, Coarse aggregate content, Cement content, Setting time

* 정회원, 한국도로공사 도로연구소 연구원

** 정회원, 한국도로공사 도로연구소 실장

*** 정회원, 한양대학교 토목공학과 교수

· 본 논문에 대한 토의를 2000년 4월 30일까지 학회로 보내 주시면 2000년 6월호에 토의회답을 게재하겠습니다.

1. 서 론

콘크리트 타설시 재료분리없이 양호한 유동성과 충전성으로 과밀 배근된 철근 및 거푸집의 구석구석까지 밀실하게 채워 구조물을 축조하므로써 수밀성 및 내구성의 향상을 시도한 콘크리트를 고유동콘크리트라 한다.^{1,2)} 고유동콘크리트는 주로 결합재량이 많은 고강도콘크리트 영역에서 사용실적이 많으며,^{3,4)} 광물질혼화제를 다량 혼합한 경우와 증점제를 사용한 경우 및 두 가지를 함께 사용한 경우로 분류된다.⁵⁾ 일본의 경우 고유동콘크리트의 사용실적을 1990년부터 5년 동안 조사한 통계자료에 의하면⁴⁾ 광물질혼화제를 혼합한 고유동콘크리트는 전체 75건 중 42건으로 콘크리트 타설량 515,000 m³, 증점제를 사용한 경우 10건, 두 가지를 혼용한 고유동콘크리트는 23건으로 콘크리트 타설량 21,000 m³으로 나타났으며, 고유동콘크리트 관련 연구성과 및 사용실적이 점차 증가 추세에 있다.

광물질혼화제를 혼합한 고유동콘크리트의 시공실적이 가장 많은 이유는 광물질혼화제에 의한 유동성 개선, 장기강도 증진과 비교적 용이한 품질관리뿐만 아니라 경제성 면에서도 유리하기 때문으로 생각된다.

한편, 우리나라는 1993년부터 광물질혼화제를 주로 혼합한 고유동콘크리트에 대한 연구가 시작되어 증점제, 광물질혼화제 및 유동화제 등 다양한 혼화재료의 적용에 대한 검토가 있었으며,⁶⁾ 시험적으로 현장에 적용한 사례는 있으나⁷⁾ 아직 실용화 단계에는 도달하지 못하고 있는 실정이다.

일반적인 건설공사 현장에서 유동성이 크고 충전성이 좋은 고유동콘크리트를 적용하게 되면 콘크리트 타설작업시 작업인력, 다짐에 따른 에너지 절약 및 시공결함 등을 줄여줄 수 있는 장점이 있다. 반면에 시멘트 이외의 광물질혼화제, 증점제 및 유동화제 등을 사용하기 위한 제조설비의 확충, 계량 및 비비기에 따른 번거로움, 응결지연 등과 같은 품질관리 측면에서의 문제점도 배제할 수 없는 단점이 있다.

본 연구에서는 설계기준강도 300 kgf/cm² 정도의 고유동콘크리트를 제조하기 위한 연구의 일환으로 플라이애시를 시멘트와 대체 또는 추가로 혼합한 결합재에 증점제와 유동화제를 사용하여 제조한 콘

크리트의 응결시간, 시공성 및 압축강도의 실험결과에 대하여 고찰하였다. 또한 증점제의 종류와 점도가 다른 3종류를 사용하여 제조한 모르타의 유동성과 공기량에 대하여 고찰하였다.

2. 실험개요

2.1 사용재료

2.1.1 시멘트 및 플라이애시

D회사 보통포틀랜드시멘트 (ordinary portland cement, 이하 OPC로 약함.) 및 플라이애시(fly ash, 이하 FA로 약함.)를 사용하였으며, 화학적 조성 및 물리적 성질은 Table 1과 같다.

2.1.2 골재

굵은골재의 최대치수 19 mm, 비중 2.61, 조립률 6.90인 부순돌과 염분을 제거한 비중 2.60, 조립률 2.64인 바다모래를 사용하였다.

2.1.3 화학혼화제

유동성 및 충전성을 향상시키기 위하여 셀룰로오스계 증점제(viscosity modifying admixture, 이하 V. M. A.로 약함)는 점도 12,000 cP인 HEC (hydroxyethyl cellulose)와 4,000, 15,000 cP인 HPMC (hydroxypropyl methylcellulose) 및 셀룰로오스계 증점제와 잘 맞는 멜라민계 유동화제(superplasticizer, 이하 SP로 약함.)를 사용하였다.

2.2 실험방법

2.2.1 모르타의 플로우 시험

모르타의 유동성 평가는 표준시험방법에 의한 모르타 플로우 값(이하 표준방법에 의한 플로우, control flow로 약함.)과 플로우 콘을 들어올린 후 타격이 없이 모르타의 자중만으로 흘러 퍼졌을 때의 플로우 값(이하 자중에 의한 플로우, self-leveling flow로 약함.)의 두 종류로 측정하였다.

2.2.2 모르타의 공기량 시험

수경성 시멘트 모르타의 공기량 측정방법(KS L 3136)에 의하여 400 ml 용기에 모르타를 3층으로

Table 1 Chemical composition and physical properties of OPC and FA

Types	SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	CaO (%)	MgO (%)	SO ₃ (%)	lg.loss (%)	Specific gravity	Surface area (Blaine, cm ² /g)
OPC	20.58	5.45	2.93	62.23	3.71	2.19	1.04	3.15	2,967
FA	59.76	24.11	5.27	4.26	1.24	0.25	4.30	2.21	3,750

채우고 각 층별 20회 다짐한 후 중량을 측정하여 모르터의 공기량을 계산하였다.

2.2.3 콘크리트의 시공성 평가시험

고유동콘크리트의 시공성은 슬럼프플로우와 Fig. 1과 같은 박스형 시험기에 의한 충전높이 및 Fig. 2와 같은 O형 깔때기에 의한 유하시간을 측정하였다.

충전높이(filling height)는 콘크리트 시료를 밀면으로부터 60 cm까지 채운 후 분리판을 들어올려 콘크리트가 철근 사이를 유동하여 상승된 높이를 측정하였으며,⁸⁾ 유하시간(efflux time)은 콘크리트 시료를 9,888cc 채운 후 밀면을 개방하여 시료가 유하하는 시간을 초 단위로 측정하였다.⁹⁾

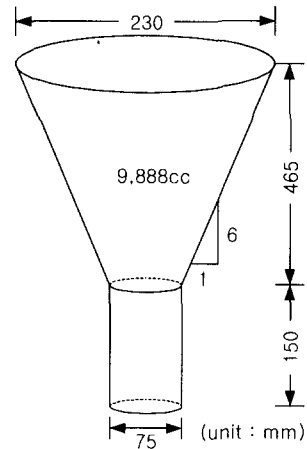


Fig. 2 O type funnel tester

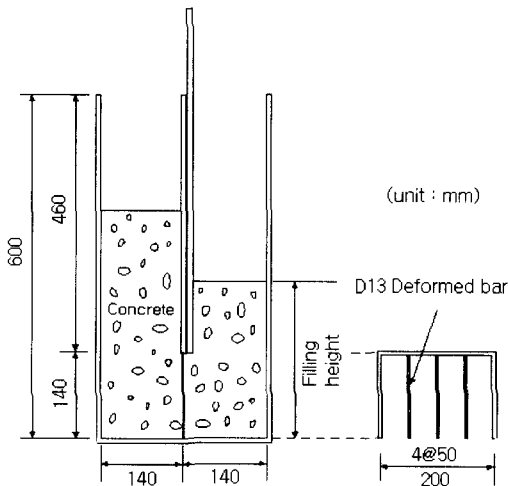


Fig. 1 Box type tester

2.3 모르터 및 콘크리트의 배합

증점제 종류 및 사용량이 모르터의 유동성에 미치는 영향을 알아보기 위하여 물-시멘트비 55%, 시멘트:잔골재=1:2의 모르터배합을 정하였다.

한편 콘크리트 배합의 경우, 목표 슬럼프 18cm의 보통콘크리트를 시험배합해 본 결과 단위수량이

202 kg/m³ 정도이었으며, 이 배합을 토대로 하여 증점제를 사용한 고유동콘크리트의 물-결합재비, 잔골재율 등을 결정하였다. Table 2는 물-결합재비, 잔골재율의 변화 및 플라이애시 혼합 유·무에 따른 고유동콘크리트의 배합을 나타낸 것이다.

증점제는 모르터의 유동성 실험결과를 기초로 하여 가장 효과가 좋은 HEC계 증점제를 선정하였으며, 증점제의 사용량은 단위수량에 대하여 0.2%로 정하였다. 유동화제는 시멘트 중량의 0.7~1.2% 범위로 변화시켜 슬럼프플로우 60±5 cm를 얻을 수 있었다. 플라이애시의 혼합방법은 시멘트 중량으로 대체하는 일반적인 방법(이하 replacement method)과 시멘트 중량비 만큼 플라이애시를 추가로 혼합하는 방법(이하 additional method) 두 종류를 사용하였다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 증점제를 사용한 모르터의 공기량

증점제의 종류, 점도 및 사용량을 달리하여 제조

Table 2 Mix proportions of self-compacting concrete

Classification	W/(C+FA) (%)	S/a (%)	Unit weight(kg/m ³)					Slump flow (cm)
			C	FA	W	S	G	
Self-compacting concrete	52.6	49.6	384.0	-	202	820	850	58.0
	"	51.6	"	-	"	854	816	59.0
	"	52.8	"	-	"	874	795	60.0
	"	56.0	"	-	"	926	742	58.5
	"	59.1	"	-	"	978	689	49.0
	58.7	56.9	344.0	-	"	962	742	54.0
	55.5	56.4	364.0	-	"	942	"	58.0
	52.6	56.0	384.0	-	"	926	"	58.5
Replacement method	47.6	55.1	424.0	-	"	893	"	62.0
	52.6	55.2	345.6	38.4	"	912	742	61.5
	"	54.9	307.2	76.8	"	899	"	62.0
	"	54.5	268.2	115.2	"	886	"	62.0
	"	52.1	345.6	38.4	"	860	795	62.0
	"	51.7	307.2	76.8	"	847	"	61.0
Addition method	"	51.3	268.2	115.2	"	833	"	64.0
	53.4	55.4	344.0	34.4	"	918	742	60.0
	48.9	54.3	"	68.8	"	878	"	62.0
	45.2	53.1	"	103.2	"	837	"	61.0

한 모르터의 공기량을 측정하여 정리한 것이 Fig. 3 이다. 이 그림에서 HPMC계를 사용한 모르터의 경우, 점도가 크게 상이함에도 불구하고 공기량은 거의 같은 결과를 나타내었으며, 사용량이 증가함에 따라 공기량도 크게 증가하였다.

증점제의 기준 사용량 0.2%에서 모르터의 공기량을 비교해 보면 HEC계를 사용한 모르터의 공기량이 HPMC계 모르터의 약 50% 정도 적은 좋은 결과를 나타내었다. 그 이유는 HPMC계 증점제가 HEC계 보다 소수성(疏水性)이 크기 때문에 계면활성 작용이 활발하여 공기포를 많이 발생한 탓으로 생각된다. 이와 같이 증점제에 의한 점성증가 효과는 모르터 및 콘크리트의 재료분리를 억제하는 효과는 있으나 소수성에 의한 공기량 증가가 큰 문제점으로 지적되고 있으며,²⁾ 河井은¹⁰⁾ 증점제와 유동화제의 성질이 서로 맞지 않을 경우 콘크리트의 공기량과 유동성이 크게 변동한다고 한다.

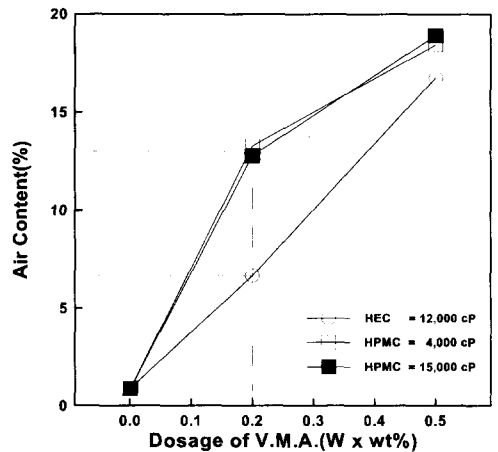


Fig. 3 Air content of mortar due to V. M. A. types and viscosity

3.2 증점제를 사용한 모르터의 플로우

증점제의 사용량에 따라 모르터의 공기량이 변화하기 때문에 점도 12,000 cP인 HEC계와 15,000 cP인 HPMC계에 각각 알코올계 소포제를 사용하여 공기량이 동일하도록 모르터를 제조하여 플로우 값을 측정하여 Fig. 4이다.

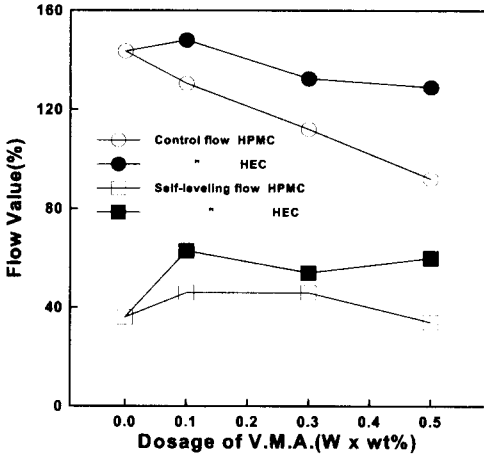


Fig. 4 Flow value of mortar due to V. M. A. types

이 그림에서 자중에 의한 플로우 값은 HEC계 증점제를 사용한 모르터가 약간 좋은 결과를 나타내었다. 증점제 사용 페이스트의 자중에 의한 플로우 값과 항복응력의 관계를 조사한 柳¹¹⁾, 陳¹²⁾ 등의 연구에 의하면 항복응력은 자중에 의한 플로우 값과 반비례 관계라고 한다.

한편 표준방법에 의한 플로우 값을 측정한 결과 증점제 종류에 관계없이 사용량이 증가할수록 플로우 값이 감소하였다. 특히 HPMC계 증점제를 사용한 모르터의 경우 증점제의 사용량이 증가하는데 따라 플로우 값이 직선적으로 크게 감소하는 결과를 나타내므로써 고유동콘크리트 제조를 위해서는 HEC계 증점제를 사용하는 것이 적합할 것으로 생각된다.

다만, 증점제를 사용한 모르터의 유동성이 측정방법에 따라 다소 상반되는 결과를 나타내므로써 플로우 시험방법에 대한 검토가 요망되었다.

3.3 고유동콘크리트의 응결특성

증점제 및 플라이애시 대체율에 따른 고유동콘크리트의 응결특성을 알아보기 위하여 응결시간 측정 결과를 정리한 것이 Fig. 5이다.

리트의 응결특성을 알아보기 위하여 응결시간 측정 결과를 정리한 것이 Fig. 5이다.

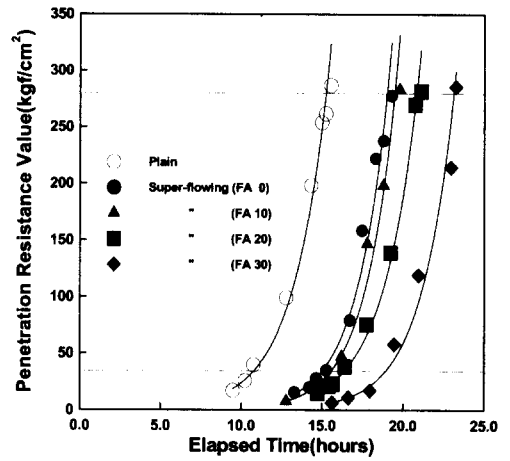


Fig. 5 Setting time of plain and self-compacting concrete

이 그림에서 증점제만을 사용한 고유동콘크리트의 응결시간은 보통콘크리트보다 초결 및 종결이 약 5시간 정도 늦어지는 결과를 나타내었다. 그 이유로서는 증점제가 시멘트에 흡착됨에 따라 시멘트의 수화를 방해하기 때문으로 생각되지만, 大友¹³⁾, 國府¹⁴⁾ 등은 셀룰로오스계 증점제에 의한 콘크리트의 응결지연은 분자량, 사용량 및 온도 등에 따라 크게 상이하다고 한다. 일반적으로 분자량이 큰 수중불분리성 혼화제를 사용한 콘크리트의 경우 사용량도 많기 때문에 응결 시간이 약 2배 정도로 지연된다는 연구내용도 있다.^{15, 16)}

증점제와 플라이애시를 사용한 고유동콘크리트의 응결시간은 플라이애시의 대체율이 증가함에 따라 증점제만을 사용한 콘크리트에 비하여 초결 및 종결이 각각 약 3 및 4시간 정도 지연됨을 알 수 있었다.

플라이애시를 대체하므로써 콘크리트의 응결이 지연되는 이유는 플라이애시가 시멘트 중량비로 대체됨에 따라 초기 수화에 관여하는 C₃A 및 C₃S의 함유량이 감소할 뿐만 아니라 시멘트 수화중 발생하는 Ca(OH)₂가 플라이애시중의 미연소탄소에 흡착됨에 따라 수화초기에 Ca(OH)₂ 농도가 저하되기 때문이라는 文¹⁷⁾, 内川¹⁸⁾, 永嶋¹⁹⁾ 등의 연구결과와도 잘 일치한다. 증점제와 플라이애시를 사용하므로써 고

유동콘크리트를 제조할 수 있으나 사용량이 과다할 경우 응결시간이 크게 지연되어 조기강도의 확보가 어려울 뿐만 아니라 공기가 지연되는 등의 문제점이 발생할 수 있으므로 적정 사용량에 대한 충분한 검토가 요망된다.

3.4 고유동콘크리트의 시공성

3.4.1 증점제 사용량의 영향

증점제 3종류로 제조한 모르타의 공기량 및 플로우 실험결과로부터 양호한 유동성을 얻기위한 증점제는 HEC계로 판단되었다.

그래서 설계기준강도 300 kgf/cm² 정도의 고유동콘크리트를 목표로 HEC계 증점제의 적정 사용량을 결정하기 위하여 증점제를 단위수량의 0.1, 0.2 및 0.3%로 변화시켰으며, 유동화제는 단위시멘트량의 0.8%로 고정된 고유동콘크리트를 제조하여 슬럼프플로우, 충전높이 및 유하시간을 측정하여 정리한 것이 Fig. 6이다.

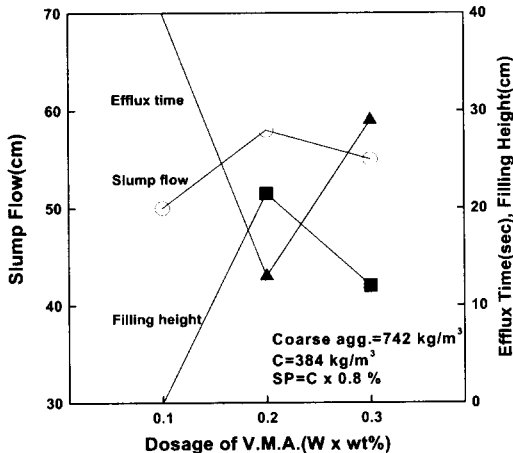


Fig. 6 Flowing properties of concrete due to the dosage of V. M. A.

이 그림에서 증점제의 사용량 0.2%일 때 슬럼프플로우 값이 가장 크게 나타났으며, 충전높이는 높고, 유하시간은 짧은 고유동콘크리트를 제조할 수 있었다. 증점제의 사용량 0.1%에서 슬럼프플로우 값은 50 cm를 얻을 수 있었으나, 재료분리가 발생하였다.

한편 사용량 0.3%의 경우 슬럼프플로우 값은 55

cm이었으나, 사용량 과다로 인하여 충전높이는 낮아지고, 유하시간은 크게 지연되므로써 우수한 시공성을 얻기 위한 증점제의 적정 사용량이 존재함을 알 수 있었다. 본 실험의 범위에서 고유동콘크리트 제조를 위한 HEC계 증점제의 사용량은 단위수량에 대하여 0.2% 정도가 적정한 값으로 생각되었다.

3.4.2 굵은골재량의 영향

고유동콘크리트의 시공성에 영향을 미치는 인자들 중에서 단위굵은골재량이 미치는 영향을 파악하기 위하여 단위굵은골재량을 689~850 kg/m³ 범위에서 4단계로 변화시켜 제조한 콘크리트의 시공성을 평가한 결과가 Fig. 7이다.

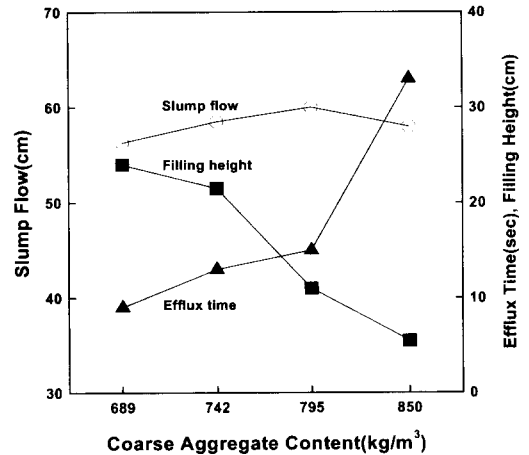


Fig. 7 Flowing properties due to aggregate content

슬럼프플로우 값은 굵은골재량의 증가에 따라 약간 증가하여 55~60 cm 정도의 범위를 나타내었으나, 충전높이와 유하시간은 굵은골재량의 증가에 따라 각각 낮아지고 늦어지는 결과를 나타내었다.

고유동콘크리트의 굵은골재량이 증가하는데 따라 슬럼프플로우 값이 증가하는 경향을 나타내는 반면 충전높이와 유하시간이 각각 낮아지고 늦어지는 상반된 결과를 나타내므로써 슬럼프플로우 값만으로 고유동콘크리트의 유동성을 평가하는 것은 문제가 있을 것으로 생각된다.

橋本²⁰⁾은 고유동콘크리트의 유동성이 굵은골재량의 증가에 따라 저하하는 이유를 콘크리트가 좁은 철근 사이를 통과하면서 골재 사이의 접촉, 마찰 등 상호간섭이 증가하기 때문으로 보고하고 있다.

그래서 본 실험범위에서는 고유동콘크리트가 재료 분리없이 양호한 슬럼프플로우 및 높은 충전높이와 빠른 유하시간을 동시에 만족하는 굵은골재량은 742 kg/m^3 (280 l/m^3) 정도 이하로 생각되었다.

고유동콘크리트의 충전성을 조사한 松尾 등²¹⁾의 실험결과에서도 적정 굵은골재량은 배합에 따라 약간 상이하지만 약 295 l/m^3 이하라고 한다.

3.4.3 단위시멘트량의 영향

단위시멘트량의 변화에 따른 고유동콘크리트의 시공성을 알아보기 위하여 굵은골재량을 742 kg/m^3 으로 정하고 단위시멘트량을 $344 \sim 424 \text{ kg/m}^3$ 의 범위에서 4단계로 변화시켜 슬럼프플로우, 충전높이 및 유하시간을 측정된 결과가 Fig. 8이다.

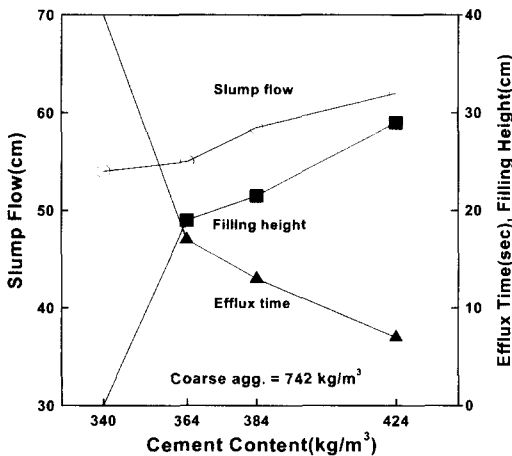


Fig. 8 Flowing properties due to cement content

이 그림에서 단위시멘트량 344 kg/m^3 에서는 충전높이 및 유하시간의 측정이 불가능하였으며, 단위시멘트량 364 kg/m^3 을 임계점으로 단위시멘트량이 증가하는데 따라 슬럼프 플로우 값이 증가하고, 충전높이 및 유하시간은 각각 높아지고 빨라지는 결과를 나타내었다.

증점제를 사용한 고유동콘크리트의 경우에도 양호한 시공성을 얻기 위해서는 단위시멘트량의 최소 값이 확보되어야 할 것으로 생각된다.

3.4.4 플라이애시의 영향

플라이애시의 혼합방법과 혼합률을 달리하고 증점제를 사용한 고유동콘크리트의 시공성을 측정된 결

과를 정리한 것이 Fig. 9 및 10이다.

플라이애시를 시멘트 중량으로 대체하는 일반적인 방법에 의하여 제조한 고유동콘크리트로서 단위결합재량 384 kg/m^3 , 굵은골재량 742 및 795 kg/m^3 인 8배합의 유하시간 및 충전높이를 플라이애시의 대체율로 나타낸 것이 Fig. 9이다.

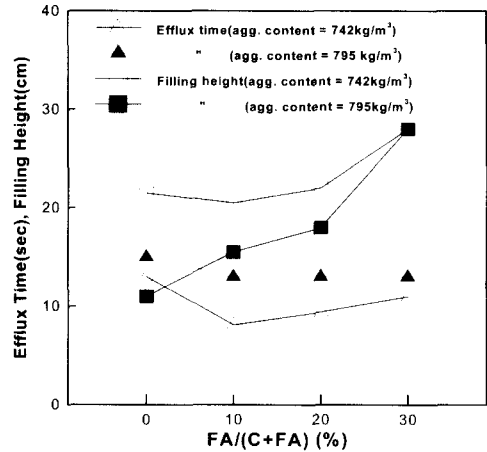


Fig. 9 Flowing properties of self-compacting concrete by replacement method

이 그림에서 플라이애시의 대체율이 증가함에 따라 고유동콘크리트의 시공성이 향상되는 결과를 나타내었으며, 특히 굵은골재량 795 kg/m^3 에서 플라이애시의 대체율이 증가함에 따라 유하시간에는 큰 차이가 없으나 충전높이는 크게 향상되는 좋은 결과를 나타내었다.

박스형 시험기는 콘크리트 시료가 자중에 의하여 철근사이를 유동하여 중력의 반대방향으로 상승하는 장치로서 굵은골재량이 많을수록 철근의 영향을 받아 충전높이가 낮아지므로 시공성이 저하되며, O형 깔대기는 콘크리트 시료를 자중에 의하여 유하시키는 실험장치이므로 굵은골재량이 많을 경우 콘크리트 시료가 깔대기를 통과할 때 골재간의 상호마찰(interlocking) 현상으로 인하여 유동을 정체시켜 유하시간이 증가하여 시공성이 저하된다.

그러나 플라이애시가 시멘트에 대체됨에 따라 콘크리트중의 페이스트 용적이 증가하여 골재사이의 마찰을 감소시키므로 시공성이 향상되는 것으로 생각된다.

한편 플라이애시를 시멘트 중량비 만큼 추가혼합

한 고유동콘크리트의 시공성을 고찰하기 위하여 추가 혼합물에 따른 고유동콘크리트의 슬럼프플로우, 유하시간 및 충전높이를 측정된 결과를 정리한 것이 Fig. 10이다.

플라이애시를 추가로 혼합하는 만큼 페이스트의 용적이 증가하므로 시공성이 향상되었으나, 혼합물 30%의 경우 유하시간은 증가하고 충전높이는 감소하여 시공성이 나빠지는 결과를 나타내었다. 따라서 유동성 향상을 목적으로 플라이애시를 추가로 혼합할 경우 적정혼합물이 존재함을 알 수 있었다.

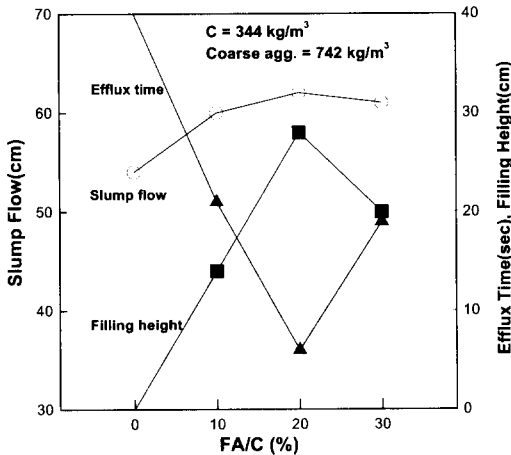


Fig. 10 Flowing properties of self-compacting concrete by additional method

이상의 실험결과 증점제와 플라이애시를 혼합한 고유동콘크리트의 시공성을 평가하기 위해서는 슬럼프플로우 시험방법 만으로 불충분하다고 생각되며, 본 연구에서 고유동콘크리트의 시공성 평가를 위해 사용된 각 시험방법의 상관성 분석 및 우수한 시공성을 갖는 고유동콘크리트의 정량적 판단근거에 대한 종합적인 검토가 요망된다.

3.5 고유동콘크리트의 압축강도

증점제를 사용한 고유동콘크리트의 물-시멘트비와 압축강도의 관계를 재령별로 나타낸 것이 Fig. 11로서, 물-시멘트비가 증가함에 따라 재령에 관계없이 압축강도는 감소되는 경향을 나타내었다.

또한 플라이애시를 시멘트 중량으로 대체하는 일반적인 방법으로 제조한 고유동콘크리트의 압축강도를 재령별로 정리한 것이 Fig. 12이다. 이 그림에

서 플라이애시의 대체율이 증가함에 따라 압축강도는 거의 직선적으로 감소하였으며, 플라이애시 대체율 30%인 고유동콘크리트의 재령 28일 압축 강도는 플라이애시를 대체하지 않은 기준 콘크리트의 약 60% 정도임을 알 수 있었다.

플라이애시를 시멘트 중량비 만큼 추가로 혼합한 콘크리트의 재령별 압축강도를 나타낸 것이 Fig. 13으로서 이 그림에서 알 수 있듯이 플라이애시를 추가로 혼합하는 만큼 단위결합재량이 증가되기 때문에 압축강도가 거의 직선적으로 향상되었다고 생각된다.

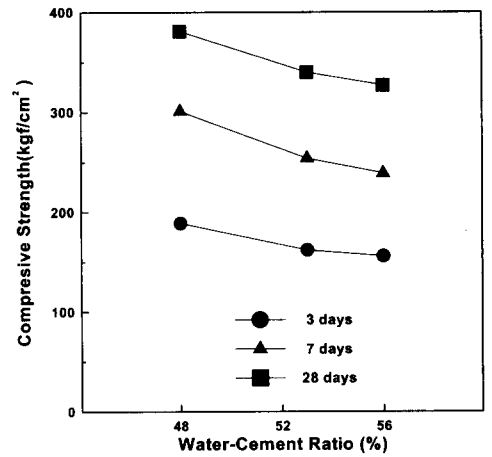


Fig. 11 Compressive strength of self-compacting concrete due to water-cement ratio

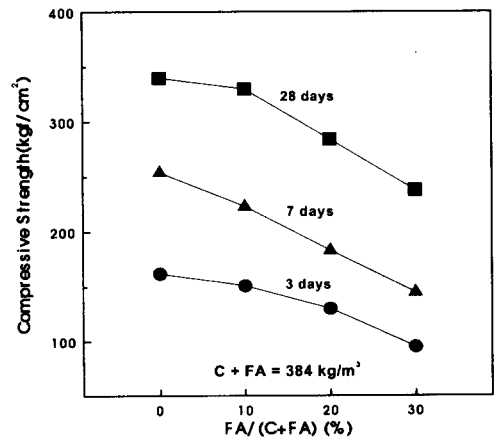


Fig. 12 Compressive strength of self-compacting concrete by replacement method

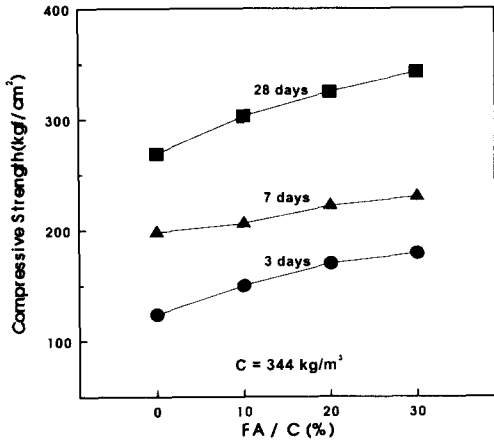


Fig. 13 Compressive strength of self-compacting concrete by additional method

다시 말해서 단위시멘트량에 추가로 혼합되는 플라이애시의 양에 비례하여 물-결합재비가 감소하므로 Fig. 12의 결과와는 달리 압축강도가 증가되는 당연한 결과를 나타내었다

4. 결론

본 연구실험 범위에서 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 증점제를 3종류 사용하여 제조한 모르터의 공기량 및 플로우 실험결과 HPMC계를 사용한 경우 공기량이 크게 증가하고 플로우 값이 저하되는 반면 HEC계의 경우 공기량과 플로우 값이 좋은 결과를 나타내었다. 이는 증점제 종류에 따라 소수성이 상이한데 기인하는 것으로 생각된다.
- 2) 고유동콘크리트의 응결시간은 셀룰로오스계 증점제가 시멘트에 흡착되어 수화가 지연되므로 보통 콘크리트보다 약 5시간 정도 지연되었다. 한편 증점제와 플라이애시를 사용한 경우 시멘트 수화물 중 수산화칼슘이 플라이애시중의 미연소탄소에 흡착되어 응결시간이 약간 지연되었다고 생각된다.
- 3) 설계기준강도 300 kgf/cm² 정도의 양호한 시공성을 가진 고유동콘크리트를 제조하기 위한 HEC계 증점제의 적정 사용량은 단위수량에 대하여 약 0.2% 정도, 단위굵은골재량은 742 kg/m³ 이하, 단위시멘트량은 364 kg/m³ 이상

되는 배합조건이 요구됨을 알 수 있었다.

- 4) 고유동콘크리트에서도 플라이애시의 혼합방법 및 혼합률에 따라 시공성이 향상되는 좋은 결과를 나타내었다. 그러나 플라이애시의 대체율이 증가함에 따라 슬럼프플로우 값과 O형 깔때기의 유하시간 및 박스형시험기의 충전높이와의 사이에는 상관관계가 명확하지 않았으므로 이들 시공성 평가방법에 대한 종합적인 고찰이 요망되었다.
- 5) 플라이애시와 증점제를 사용한 고유동콘크리트의 재령 28일까지의 압축강도는 플라이애시를 시멘트 중량으로 대체하는 일반적인 방법의 경우, 재령에 관계없이 압축강도가 거의 직선적으로 감소하는 반면 추가로 혼합하는 방법의 경우, 플라이애시량에 비례하여 물-결합재비가 감소하므로 압축강도가 증가되는 결과를 나타내었다.

참고문헌

1. 名和豊春, "高流動コンクリートの現状と展望. メカニズムを中心に", セメント・コンクリート, No.578, 1995, 4, pp. 10~21
2. 早川和郎, "高流動化のための材料-分離低減劑-", 콘크리트工學, Vol. 32, No. 7, 1994, 7, pp. 70~73
3. 小門 武, "高流動化のための材料-粉體材料-", 콘크리트工學, Vol. 32, No. 7, 1994, 7, pp. 60~63
4. 能町宏, "高流動用混和材料", 生コンセミナー 高流動コンクリート資料, 콘크리트工學年次大會 1995, pp. 9~16
5. 方木正弘, "特殊増粘劑を用いた締固め不要コンクリートに関する研究", 콘크리트工學年次論文報告集, Vol. 14, No. 1, 1992, pp.51~56
6. 윤재환 외 3인, "고유동콘크리트의 제조 및 현장적용을 위한 실험적 연구", 콘크리트학회 논문집, Vol. 8, No. 2, 1996, 4, pp. 109~118
7. 건설교통부, "초유동콘크리트의 개발 및 실용화 연구", 1995, 10, pp. 177~187
8. 笠井芳夫 平石信也 等, "普通強度フローイングコンクリートの調査・流動性・強度・収縮に関する實驗的研究", 콘크리트工學年次論文報告集, Vol. 14, No. 1, 1992, pp. 79~84
9. 近松龍一, 青木茂, 上河戊幸, "コンクリートの品質改善のための石灰石粉の使用効果について", 土木學會 第 46回 年次學術講演會概要集 第 5部, 1991, pp. 142~143

10. 河井 徹, "流動化劑と増粘劑のコンパティビリティーに關する研究", 콘크리트工學年次論文報告集, Vol. 12, No. 1, 1990, pp. 37~42
11. 류희경 외 3인, "혼화제 종류에 따른 시멘트 페이스트의 레올로지 특성에 관한 실험적 연구", 한국콘크리트학회 학술발표회 논문집, Vol. 10, No. 1, 1998, 5, pp. 51~56
12. 陳庭, 姜丙熙, 野口貴文, 李翰承, "ペーストのレオロジー特性に及ぼす高性能AE減水劑の影響", 콘크리트工學年次論文報告集, Vol. 16, No. 1, 1994, pp. 455~460
13. 大友 健, "特殊水中コンクリートの凝結特性に及ぼす材料の影響に關する研究", 콘크리트工學年次論文報告集, Vol. 11, No. 1, 1989, pp. 385~390
14. 國府勝郎, "水中不分離性コンクリートの流動, 凝結および強度發現性狀に對するセメントおよび混和材料の影響", 水中不分離性コンクリートに關するシンポジウム論文集, pp. 37~44
15. 金眞徹, 鄭 溶, 文翰英, "수중불분리 콘크리트의 기초적 물성에 관한 연구", 大韓土木學會 論文集, 第18卷, 第 I-3號, 1998, 5, pp. 313~321
16. 文翰英, 金眞徹, 柳政勳, 李在俊, "수중불분리성 혼화제 사용 수중콘크리트의 제물성에 관한 연구", 한국콘크리트학회 1998 봄 학술발표회 논문집, Vol. 10, No. 1, 1998, 5, pp.267~270
17. 文翰英, 徐政佑, "플라이애쉬를 사용한 콘크리트의 특성", 大韓土木學會誌, Vol. 33, No. 5, 1985, 10, pp. 38~49
18. 內川 浩, "また固まらないフライアッシュセメントペーストの粘弾性とフライアッシュセメントの水和", セメント・コンクリート, No. 445, 1984, 3
19. 永嶋正久, "水和反應と凝結硬化", わかりやすいセメント科學 No. 4, (社)セメント協會, 1993, 3, pp. 37~45
20. 橋本新典, "高流動コンクリートの配合と流動性に關する一考察", 콘크리트工學, Vol. 26, No. 2, 1988
21. 松尾戊美, 小澤一雅, "自己充填コンクリートの充填性に及ぼす粗骨材特性の影響", 콘크리트工學年次論文報告集, Vol. 16, No. 1, 1994, pp. 165~170

요 약

증점제 3종류를 사용한 모르타의 유동성과 공기량의 측정된 결과로부터 HEC계 증점제와 멜라민계 유동화제를 고유동콘크리트용 혼화제로 선정하였다. 고유동콘크리트의 초결 및 종결시간은 보통콘크리트와 비교하여 약 5시간 정도 지연되었으며, 플라이애시를 대체할 경우 증점제만을 사용한 콘크리트보다 3~4시간 정도 지연됨을 알 수 있었다. 고유동콘크리트를 제조하기 위한 증점제의 적정 사용량은 단위수량에 대하여 0.2% 정도, 굵은골재량 및 단위시멘트량은 각각 742 kg/m^3 이하 및 364 kg/m^3 이상으로 생각되었다. 한편 유동성 향상 및 장기강도 증진에 유효할 것으로 생각되는 플라이애시 혼합방법은 시멘트 증량으로 대체하는 일반적인 방법이 유효하였으며, 혼합률은 10% 정도가 적정함을 알 수 있었다.

(접수일자 : 1999. 9. 7)