콘크리트의 페이스트 체적을 최소화하기 위한 예비 모르타르 시험

A Preliminary Mortar Test to Minimize the Paste Volume of Concrete

최 재 진* 최 두 선**

Choi, Jae Jin Choi, Doo Sun

ABSTRACT

There are two ways to reduce cement content for a given quality level(strength, workability etc.) in concrete. First, reducing the required paste volume by varying the shape or the grading of aggregates. Secondly, holding the paste volume constant while replacing cement volume with mineral admixtures or mineral fillers. And It will also be proved that the required minimum paste volume is independent of the paste composition, provided the paste composition is in a reasonable range. In this study, therefore, we have an object to determine the required minimum paste volume for a given workability level. For this purpose, we tried the following experiments: vary the paste volume for the three different grading of aggregates and determine the minimum paste volume to achieve a certain level of workability with high-range water reducing admixture.

Keywords *: minimum paste volume, shape or grading of aggregates, flow*

요 약

일정 수준의 콘크리트 품질 수준을 유지하면서 시멘트 사용량을 줄이는 방법으로는 첫째, 다양한 입형과 입도의 골재 사용, 둘째, 사용되는 시멘트의 일부를 광물질 혼화재 및 광물질 채움재로 대체하는 방법 등이 있다. 또한 페이스트의 구성성분이 합리적인 범위라면, 일정 수준의 품질을 유지하기 위하여 필요한 최소 페이스트 체적은 페이스트 구성성분과는 무관할 것으로 생각된다.

따라서 본 연구에서는 일정 수준의 워커빌리티를 유지하기 위하여 콘크리트에서 필요로 하는 최소 페이스트 체적을 결정하고자 하였다. 이를 위하여 입도가 다른 3종류의 골재에 대하여 페이스트의 체적을 변화시키면서, 고성능감수제를 사용하여 모르타르의 플로우값 130을 유지하는데 필요한 최소 페이스트 체적에 대하여 연구하였다.

핵심어 *: 최소 페이스트 체적, 골재의 입형, 골재의 입도, 플로우*

* 정회원, 공주대학교 건설환경공학부 교수 (E-mail: jjchoi@kongju.ac.kr)

** 정회원, (주)다산글로벌컨설팅 이사 (E-mail: doosun.choi@gmail.com)

1. 서 론

콘크리트 용적은 골재가 65~80%, 결합재(시멘트와 광물질혼화재 등)와 배합수가 15~30%를 차지하고 있으며, 골재와 결합재는 콘크리트의 성능에 많은 영향을 미친다.

시멘트는 CO_2 배출 및 에너지 다소비 산업으로 그 소비량은 꾸준하게 증가하고 있는 반면, 지구온난화에 대한 대책으로 "기후변화방지협약", "교토의정서" 등에 따라 온실가스의 방출을 제한하고 있다. 또한 천연 골재자원의 부족으로 인하여 부순 골재 및 재생 골재의 사용량은 증가하고 있는 추세이다.

따라서 이러한 건설 환경여건의 변화에 따라, 일정한 콘크리트 품질을 유지하면서 그 주요 구성성분인 골재의 사용량을 늘이고, 결합재 사용량을 줄이는 방법에 대하여 연구하고자 하였다.

본 연구에서는 콘크리트의 일정 수준의 품질을 유지하면서, 페이스트의 체적을 최소화하기 위한 연구의 초기 단계로 모르타르 시험을 실시하였다.

모르타르 시험에서는 콘크리트의 유동성에 초점을 맞추어 모르타르의 목표 플로우값을 130으로 설정하였고, 이를 만족하는 최소 페이스트 체적을 3종류의 골재(강모래, 양호한 입도의 부순 잔골재 및 빈입도의 부순 잔골재 등)에 대하여 시험을 실시하였다.

2. 실험개요

2.1 사용재료

2.1.1 시멘트

시멘트는 ASTM C150의 Type I 시멘트를 사용하였으며, 시멘트의 화학성분 및 물리적 특성은 표 1과 같다.

표 1. 시멘트의 화학 성분 및 물리적 특성

Chemical composition(%)								Physical properties	
SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	SO_3	Na_2O_{eq}	Ig. loss	Density(g/cm^3)	Blaine (cm^2/g)
20.2	4.6	3.1	64.9	1.4	2.8	0.42	2.07	3.15	3,790

2.1.2 골재

잔골재로는 부순 잔골재로 P사(이하 PMS, 빈입도)와 S사(이하 GMS, 양호한 입도) 및 천연 잔골재(이하 NS)를 사용하였으며, 물리적 특성은 표 2와 같다.

표 2. 잔골재의 물리적 특성

	Mineralogy	F.M.	Density (g/cm^3)	Absorption (%)	Unit weight (kg/m^3)	Packing Density(%)	CPA	
							Sphericity	Length/Width
PMS	Limestone	3.47	2.67	0.58	1,701.2	64.2	1.144	1.502
GMS	Limestone	2.76	2.61	1.62	1,709.2	66.6	1.126	1.492
NS	River sand	2.58	2.60	0.56	1,744.4	67.6	1.085	1.452

2.1.3 화학혼화제

모르타르를 제조할 때 목표 플로우값을 달성하기 위하여, 폴리카르복실레이트계의 고성능감수제(이하 HRWRA)로 밀도 1.05±0.05g/cm^3, pH=5~8, 엷은 갈색의 액상인 Glenium 3030NS을 사용하였다.

2.2 시험방법

2.2.1 잔골재 및 모르타르 시험

잔골재의 기초 물성으로 밀도 및 흡수율(ASTM C 128), 단위중량 및 실적률(ASTM C 29), 입도분포 (ASTM C 136) 및 CPA(Computerized Particle Analysis)시험과 모르타르의 플로우 시험을 실시하였다.

2.2.3 모르타르의 배합

목표 플로우값 130을 만족시키는 범위 내에서 최소 페이스트 체적을 갖는 모르타르의 배합은 표 4와 같으며, 다음 사항을 고려하여 모르타르 배합을 실시하였다.

○ 잔골재와 물-분체비(W/P)를 고정하고, 페이스트의 체적을 변화시킴.

○ 페이스트의 체적은 결합수, 시멘트 및 잔골재 미립분(#200번 체를 통과한 잔골재)의 합임.

○ HRWRA는 목표 플로우를 만족하기 위하여 사용량을 배합별로 조정함.

○ 배합에 사용된 잔골재는 절대건조 상태의 골재임.

○ W/P의 범위는 콘크리트에서 사용하는 것과 유사한 범위를 사용함.

표 3. 모르타르 배합

	W/P*	Batch quantities(grams per liter)				Paste Volume(%)	
		S	C	W	HRWRA	Batch	Actual
PMS	1.0	1699.9	502.9	209.9	26.59	40.0	41.6
	1.4	1756.5	367.4	231.9	9.24	38.0	38.6
	1.8	1813.2	269.5	242.0	9.24	36.0	36.6
	2.2	1869.8	194.9	244.7	3.12	34.0	34.2
GMS	1.0	1681.5	489.2	217.7	34.82	38.0	40.0
	1.4	1681.5	389.4	249.3	36.69	38.0	40.1
	1.8	1681.5	318.2	272.0	16.26	38.0	38.9
	2.2	1681.5	264.8	288.9	3.30	38.0	38.2
NS	1.0	1766.2	478.0	169.6	67.84	32.0	37.0
	1.4	1714.2	421.0	207.6	33.75	34.0	36.2
	1.8	1714.2	357.2	227.9	20.94	34.0	35.4
	2.2	1714.2	309.4	243.1	14.17	34.0	34.9

* Water-Powder ratio

3. 실험결과 및 고찰

잔골재의 체분석 시험결과 입도분포는 그림 1과 같다. 시험에 사용된 3종류의 골재 중 GMS와 NS는 표준입도분포 안에 포함되지만, PMS는 표준입도분포에서 벗어난다.

한편 CPA에 의한 사용 골재의 입형 분석 결과 PMS, GMS 및 NS의 구형도는 각각 1.144, 1.126 및 1.085로 나타났다. 또한 잔골재의 길이-너비의 비도 각각 1.502, 1.492 및 1.452로 골재에 따라 차이가 있었으며, 3종류의 잔골재 모두 입형은 장방형으로 나타났다.

모르타르의 플로우값 130을 유지하기 위한 최소 페이스트 체적과 고성능감수제의 사용량과의 관계를 정리한 것이 그림 2이며, 잔골재의 종류에 따라 큰 차이가 있었다. 그림에서도 알 수 있듯이 페이스트의 체적이 작을수록 고성능감수제의 사용량도 비례하여 감소하였다. 이는 물-분체비(W/P)의 증가에 따라 페이스트의 체적을 구성하고 있는 시멘트 사용량의 감소로 인한 페이스트의 점성이 낮아지고, 상대적으로 페이스트의 유동성이 증가했기 때문으로 사료된다. 그러나 NS와 GMS의 경우 양호한 입도임에도 불구하고, 동일 W/P에서 강모래인 NS가 약 3% 정도 부순 잔골재인 GMS보다 페이스트 체적이 작았다. 이는 사용 골재의 입형에 의한 것으로 CPA의 결과 NS와 GMS의 길이-너비 비는 유사한 반면, NS가 GMS보다 좀더 구형에 가까운 것에 기인한 것으로 판단된다.

그림 3과 4는 잔골재의 종류별로 각각 W/P의 변화에 따른 배합수량과 최소 페이스트 체적의 관계를 정리한 것이다. 그림 3의 동일 W/P비에서 부순 잔골재 PMS, GMS가 천연 잔골재인 NS보다 많은 배합수량을 필요로 하는 것을 알 수 있었다. 또한 입도 분포가 유사한 GMS와 NS는 W/P의 증가에 따라 유사한 비율로 배합수량이 증가하였다.

한편 그림 4에서 W/P별 최소 페이스트 체적의 분석 결과 동일 수준의 유동성을 유지하기 위한 최

소 페이스트 체적은 강모래인 NS가 가장 작게 나타났으며, W/P의 증가에 따라 최소 페이스트 체적 또한 감소함을 알 수 있었다. 그러나 부순 잔골재인 PMS와 GMS의 경우 최소 페이스트 체적에는 W/P가 증가함에 따라 역전되는 현상을 나타내었다. 이는 사용 골재의 입도의 영향으로 PMS가 GMS 보다 상대적 크기가 큰 골재를 많이 포함하고 있기 때문으로 사료되며(그림 1 참고), 향후 더 많은 연구가 필요할 것으로 판단된다.

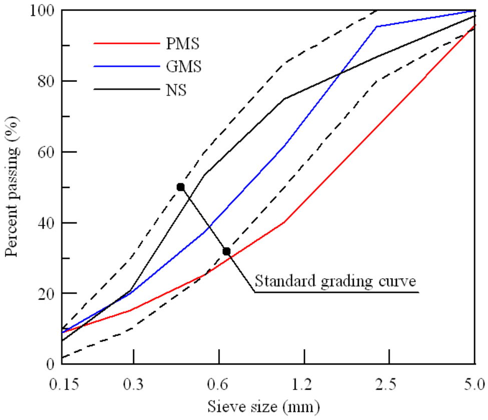

그림 1 잔골재의 입도분포 곡선

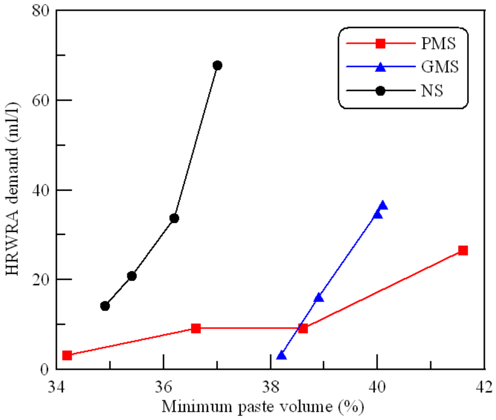

그림 2 페이스트 체적과 HRWRA 사용량

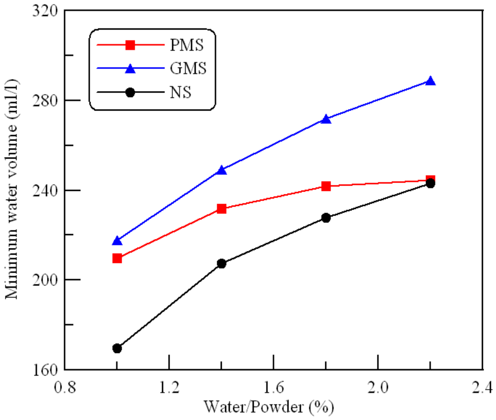

그림 3 W/P별 최소 배합수량

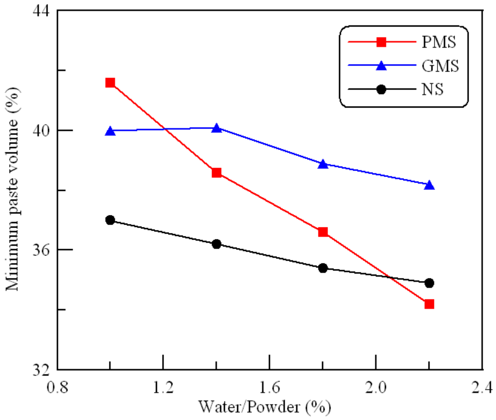

그림 4 W/P별 최소 페이스트 체적

4. 결　론

콘크리트에서 페이스트 체적을 최소화하기 위한 가장 중요한 점은 재료분리를 방지하면서 골재를 이동시킬 수 있는 적절한 페이스트의 유동성을 갖는 것이다. 따라서 목표 플로우값을 130으로 유지시키기 위한 페이스트의 체적, 골재의 입도 및 입형, 고성능감수제의 사용량 등에 대하여 고찰하였다.

그 결과 최소 페이스트의 체적은 동일 조건에서 천연 골재가 부순 골재보다 작았으며, 2종류 부순 골재에 대하여 W/P가 증가할수록 빈입도의 골재는 페이스트 체적이 급격하게 감소하였다. 결과적으로 최소 페이스트 체적에는 사용 골재의 입도와 입형이 큰 영향을 미치는 것으로 확인되었으며, 향후 유동성뿐만이 아닌 강도 및 내구성 등 다양한 품질 수준에 대하여서도 더 많은 연구가 필요할 것으로 판단된다.