저열 포틀랜드(4종)시멘트 모르터의 마이크로파를 이용한 조기강도 추정에 관한 실험적 연구

Experimental Estimation of the Early Strength of Belite Cement Mortar Using Microwave

김 민 석* 박 재 한* 정 근 호** 이 종 균*** 이 영 도**** 정 상 진*****
Kim, Min Suk Park, Jae Han Jung, Keun Ho Lee, Jong Kyun Lee, Young Do Jung, Sang Jin

ABSTRACT

The most recent building trend is going large, high rise, high strength as overlarge project is developing in domestic construction business.

Belite cement has properties like low heat, excellent long term strength, and durability without admixture(fly ash, silica fume). so, Belite cement is suitable for mass structure which is needed high strength, high fluidity and low heat property.

This study is to examine the possibility of site adoption microwave-use early strength estimation method. Based on the existed study related the portland cement, the interrelation between Belite cement and microwave-use early strength estimation method is required.

In this study, interrelation between mortar and Evaluating strength estimation method is investigated before the concrete experiment.

1. 서론

최근 국내 건설시장의 대형 프로젝트의 추진으로 건축 구조물이 대형화, 고층화, 고강도화 함에 따라 대규모의 Mass 시공이 요구되어 온도 응력에 의한 균열이 중대한 문제로 대두되고 있다. 중용열 시멘트보다 수화발열이 낮은 저열 포틀랜드(4종)시멘트는 광물자체의 구성비를 변경하여 제조한 시멘트로 슬래그나 플라이애쉬 등의 혼화재를 사용하지 않고도 저발열화가 가능하고 장기 강도 증진이 매

* 정회원, 단국대학교 건축공학과 석사과정
** 정회원, 단국대학교 건축공학과 박사과정
*** 정회원, 삼성물산 주택부문 부장, 공학박사
**** 정회원, 경동대학교 건축공학과 교수
***** 정회원, 단국대학교 건축공학과 교수

우 우수하며, 내구성을 함께 지니고 있어 Mass구조물 등 고강도, 고유동 및 저발열 특성을 동시에 요구하는 구조물에 최적의 결합재이다.

본 연구는 마이크로파를 이용해 콘크리트의 조기강도를 추정하여 현장적용 가능성을 연구하는 실험이다. 지금까지 연구되었던 보통 포틀랜드시멘트(1종)의 실험을 바탕으로, 저열 포틀랜드시멘트와 마이크로파를 이용한 조기강도 추정법과의 상관성을 검토하고자 한다. 본 논문에서는 콘크리트 실험에 앞서 모르터와의 상관성을 실험하였다.

2. 실험개요

2.1 사용재료

2.1.1 시멘트

시멘트는 KS L 5201(포틀랜드시멘트)의 규정에 적합한 S사의 저열 포틀랜드시멘트를 사용하였다. 시멘트의 물성표는 표 1과 같다.

표 1 시멘트의 화학성분 및 광물조성

시 멘 트	화 학 성 분 (%)						광 물 조 성 (%)				비 중	분말도
저열(4종) 포틀랜드 시 멘 트	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	SO_3	R_2O	C_3S	C_2S	C_3A	C_4AF		
	25.3	3.1	3.6	63.4	1.9	0.64	29	50	3	9	3.22	3,500

2.1.2 잔골재

본 실험에 사용한 골재는 현장에서 사용하고 있는 최대치수가 10㎜이하인 일반모래를 사용하였다.

2.1.3 몰 드

선행연구에서 개발된 고성능플라스틱인 폴리카보네이트(Polycarbonate)로 제작한 몰드를 사용하였다.

2.1.4 급결제

초기강도 발현시 반응을 촉진시키기 위하여 급결제를 사용하였다. 주성분은 Na2SiO3 이며, 비중이 1.38, pH 3.2인 국내 S사의 제품으로, 사용량은 시멘트 중량의 15%를 사용하였으며, 급결제의 성분은 표 2와 같다.

표 2 급결제의 성분표

성상	비중	pH	성 분 구 성 (%)					
액상	1.38	3.2	Na_2SiO_3	$NaFSiO_3$	규산염	금속염	산화제	안정제
			65	5	6	5	0.5	1

2.2 배 합

마이크로파를 이용하여 저열 포틀랜드시멘트 모르터의 조기강도 추정에 영향을 미치는 요인을 분석하고 신뢰도 높은 결과를 도출하기 위하여 기초실험을 실시하였다. 기초실험의 인자는 표 3과 같으며, 실제로 현장적용성을 검토하기 위하여 기본배합을 W/C를 45%, 플로우치는 160㎜로 설정하여 저열

포틀랜드시멘트 모르터와 마이크로파를 이용한 조기강도 추정기법과의 상관성을 검토하였다. 기본배합은 표 4와 같다.

표 3 실험 인자 및 인자수

구 분	가열시간(분)	W/C(%)	양생시간 (분)	
인 자	6, 9, 12	40, 45, 50, 55, 60	온수조(80℃,50℃)	대기중 (20±3℃)
			16(8,8) 20(10,10) 24(12,12)	8, 10, 12
인자수	3개	5개	3개	

표 4 기본배합의 모르터

W/C (%)	단위 재료량			단위중량 (kg/m³)	플로우값 (㎜)
	W	C	S		
45	276	614	1221	2111	160

2.3 실험방법

2.3.1 기초실험 방법

조기강도 추정실험에서 가장 중요한 마이크로파 가열시간에 따른 강도발현 성상을 각 W/C별로 비교·분석하였으며, 마이크로파 가열 후 80℃, 50℃ 온수조 및 대기중에서 각각 8분, 10분, 12분씩, 양생 총 시간 24분, 30분, 36분에 따른 조기강도 발현 성상을 각 W/C별로 비교·분석하였다.

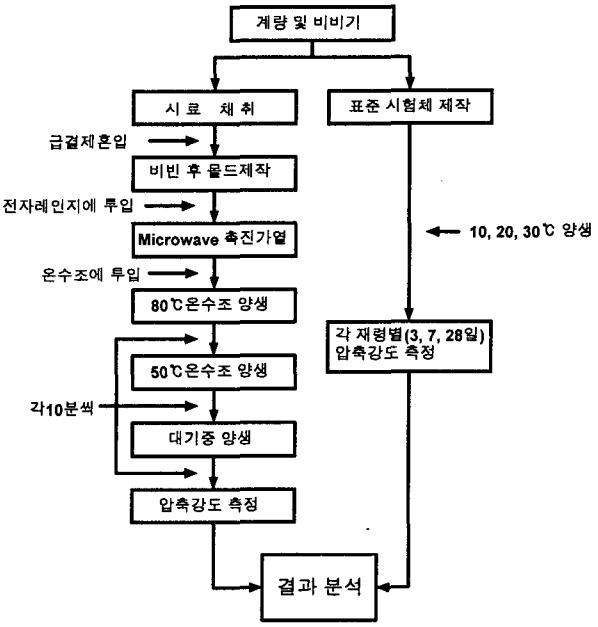

그림 1 실험의 진행에 관한 흐름도

2.3.2 기본배합 실험 방법

기본배합과 표준시험체와의 상관관계를 분석하였다. 실험방법은 모르터를 비빈 후 표준양생을 위한 시험체를 제작하고, 각 재령별 압축강도를 측정하였다. 그리고 촉진강도 발현실험을 위하여 일정한 양의 시료를 채취하여 시멘트량의 15%의 급결제를 첨가하여 본 연구에서 개발 제작된 몰드에 채운 후 다짐을 실시한 뒤, 마이크로파에 9분간 가열하고, 온수조 양생 후 강도를 측정하였다. 실험의 진행에 관한 흐름도는 그림 1과 같다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 마이크로파 촉진시간에 따른 강도발현 특성

마이크로파의 가열 시간과 물시멘트비에 따른 강도발현 성상을 그림 2, 3, 4에 나타내었다.

그림에서 볼 수 있듯이 마이크로파를 6분 가열한 모든 실험체의 촉진강도 값은 수화반응 미비로 인해 낮은 강도 값을 나타내었고, 9분 가열한 실험체들이 12분 가열한 실험체보다 높은 강도값을 나타내었다. 이는 보통 포틀랜드 시멘트 실험에서도 나타났듯이 9분 이상 마이크로파를 가열하게 되면 내부 열응력으로 인하여 내부균열이 발생해 오히려 강도가 저하하는 것으로 사료된다.

3.2 80℃, 50℃, 대기중 양생시간에 따른 강도 발현특성

양생시간에 따른 강도 발현성상을 그림 5, 6, 7에 나타내었다.

양생시간이 증가할수록 촉진강도 값이 높아졌으며, W/C 50% 이상의 경우 양생시간 30분과 36분의 차이가 양생시간 24분과 30분과의 차이보다 미비한 것으로 나타났다.

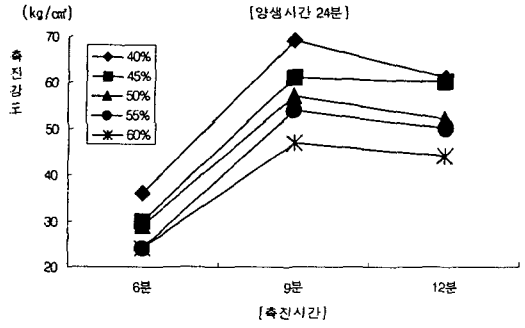

그림 2 마이크로파 가열에 따른 촉진강도
- 양생 24분

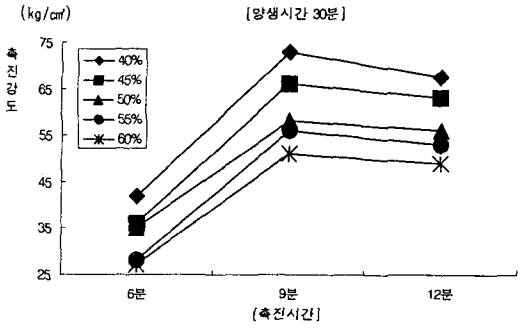

그림 3 마이크로파 가열에 따른 촉진강도
- 양생 30분

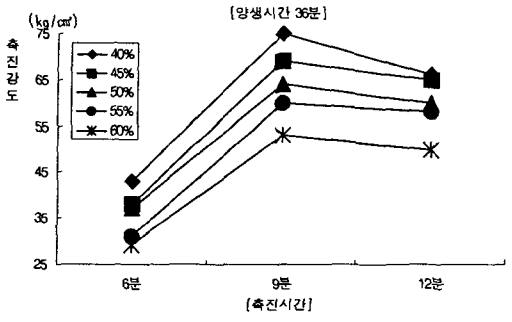

그림 4 마이크로파 가열에 따른 촉진강도
- 양생 36분

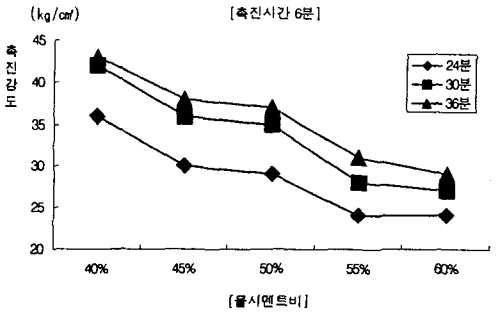

그림 5 양생시간에 따른 촉진강도
- 6분 가열

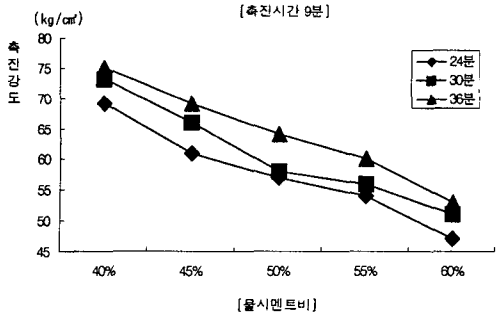

그림 6 양생시간에 따른 촉진강도
- 9분 가열

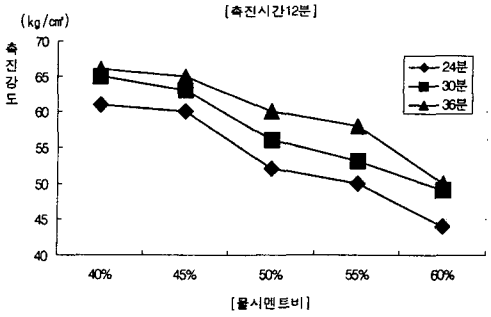

그림 7 양생시간에 따른 촉진강도
- 12분 가열

3.3 촉진강도와 표준시험체와의 상관성

기본배합의 촉진강도와 3일, 7일, 28일 표준양생 시험체의 압축강도 값을 표 5에 나타내었다.

표 5 촉진강도, 3일, 7일, 28일 표준양생시험체의 압축강도

촉진강도 (kgf/cm²)	3일압축 강도(kgf/cm²)	7일압축 강도(kgf/cm²)	28일압축 강도(kgf/cm²)
65	190	284	469
58	179	270	452
73	208	312	493
64	200	297	475
67	194	293	477
71	201	306	487
65	192	289	471
57	180	272	452
62	184	280	462
61	189	286	466
64	194	293	480
60	188	285	467
68	196	299	480
63	187	283	468
66	201	301	481

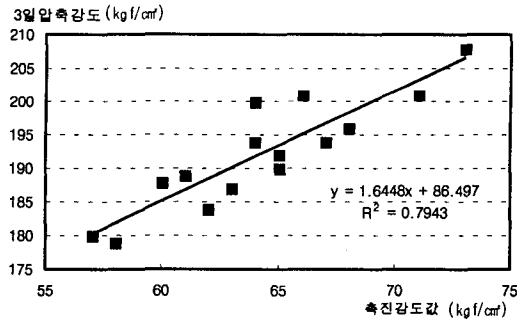

그림 8 촉진강도와 표준시험체 3일 강도와의 상관관계

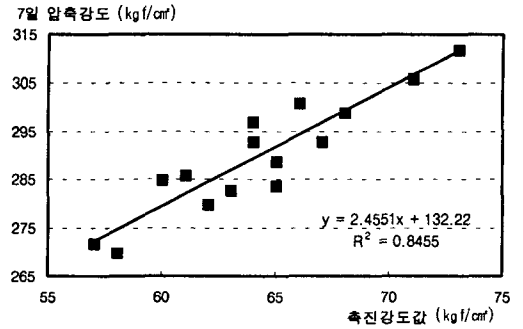

그림 9 촉진강도와 표준시험체 7일 강도와의 상관관계

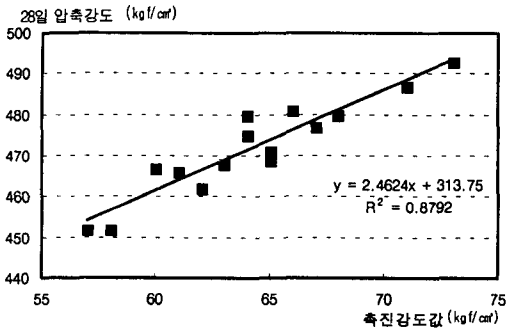

그림 10 촉진강도와 표준시험체 28일 강도와의 상관관계

표 5에서 볼 수 있듯이 촉진강도값은 57~73kgf/㎠의 강도값을 나타내었고, 표준시험체 3일, 7일, 28일 강도값은 각각 179~208kgf/㎠, 270~312kgf/㎠, 452~493kgf/㎠의 강도를 나타내었다.

기본배합의 촉진강도와 3일, 7일, 28일 표준시험체와 상관관계를 그림 8, 9, 10에 나타내었다. 촉진강도와 표준시험체 3일, 7일, 28일 강도값과의 상관계수는 각각 0.79, 0.85, 0.88로 매우 높고 고른 상관성을 나타내었다.

4. 결론

1. 마이크로파 가열 시간은 물시멘트비, 양생온도와 상관없이 가열시간 9분에서 가장 높은 강도를 나타내었다.

2. 마이크로파 가열 후 수중 및 대기중에서 양생시간이 길어질수록 높은 강도를 나타내었다.

3. 촉진강도와 표준시험체 3일, 7일, 28일 압축강도와 상관계수는 각각 0.79, 0.85, 0.88로 매우 높고 고른 상관성을 나타내었다.

본 기초실험을 통해서 저열포틀랜드 시멘트를 사용한 콘크리트의 조기강도 평가를 할 수 있게 되어, 최근에 많이 사용되고 있는 저열 포틀랜드 시멘트의 품질관리를 보다 확실히 할 수 있게 되었다.

촉진강도와 표준시험체와의 상관성이 매우 높아 저열포틀랜드 시멘트 모르터에 마이크로파를 이용한 조기강도 추정 기법을 적용해도 아무런 문제가 없을 것으로 사료된다.

참고문헌

1. 정상진외 4명, "마이크로파를 이용한 모르터 강도의 조기판정에 관한 기초적 연구", 1999년 추계학술발표대회논문, 1999.10.31.
2. 진영각, 마이크로파 공학의 기초, 청문각, 1998. 1.
3. ACI Committee 517 "Recommended Practice for Atmospheric Pressure Steam Curing of Concrete," in reference 2.
4. 星野政幸外 2名 "マイクロウェーブ加熱養生によるコンクリート强度卽時判定に關する硏" コンクリート 工學年次論文報告集, Vol.17, No.1 1995.
5. "マイクロ波を利用しだコンクリート早期强度判定", セメント・コンクリート No. 538, 12. 1991.
6. Verbeck, G.J. and Helmuth, R.H., "Structureand Physical Properties of Cement Paste." Proc. Symp. Chem. Cement Tokyo, 1936.