

마이크로파에 의한 모르타의 조기강도 추정기법에 관한 실험적 연구

An Experimental Study on the Estimation Technique of Mortar Early Strength by Microwave

원 준 연* 백 민 수** 이 종 균** 안 형 준*** 정 상 진****
Won, Joon Yuen Paek, Min Su Lee, Jong Kyun Ahn, Hyung Joon Jung, Sang Jin

ABSTRACT

Concrete is the most generous, universal main structural material. There is active study for processing quality, stable quality management. Especially, strength is basic factor of evaluating stability of concrete building. Regaining required strength and homogeneity is very important to get self-stability in building to evaluate another characteristic.

Concrete strength is important to the quality management. But, result of hardened concrete's quality test is hardly reflected to works immediately. When required strength is not enough, it could bring out safe problem, economic and administrative cost. It is pointed out that problems from strength evaluation, so early evaluation of concrete quality is required. From the trend that accelerating high quality concrete development, improving the method of quality test and early evaluation measure is urgent project.

Throughout this report, it is suggested the method with use of microwave to evaluate 28-days concrete strength.

1. 서론

1990년대에 접어들면서 국내에서는 신도시 개발, 초토세 제정으로 인하여 건축붐이 일어나 도로, 지하철 및 고속철도, 신공항건설, 항만, 상하수도 처리장, 발전소 건설 등 사회기반시설(Infrastructures)의 건설이 가속되어 전국적으로 엄청난 건설물량이 쏟아져 나왔다.

이로 인한 시멘트, 골재, 철근, 레미콘 등의 건설자재부족과 노동력 부족현상으로 인하여 중국 등 외국으로부터의 저질시멘트와 철근의 수입, 무분별한 해사의 사용, 골재의 입도 및 관리 부실, 레미콘에 가수, 레미콘 플랜트의 계량관리 부실, 교통체증으로 인한 레미콘 공급시간의 차질, 다지기와 양생의 불철저, 콘크리트공사의 감독 불량 등에 의한 콘크리트공사의 부실화가 전국 도처에서 발생한 것이 사실이다.

새로운 밀레니엄 시대를 준비해야하는 이 시점에서 IMF로 인하여 침체된 건설경기를 상승시키기 위해서는 그간의 잘못된 관행과 신기술에 대한 보수적인 생각 등을 개선할 수 있는 절호의 기회를 삼아야 할 것으로 사료된다.

콘크리트의 품질관리는 주로 표준양생한 재령 28일 강도를 기준으로 하고 있기 때문에 공사의 진행 속도와 강도 평가시기 사이에는 시간적 차이가 생기므로 강도상의 문제가 발생할 때는 처리가 곤란하

* 정회원, 단국대학교 건축공학과 석사과정
** 정회원, 단국대학교 건축공학과 박사과정
*** 정회원, 강남대학교 건축공학과 교수
**** 정회원, 단국대학교 건축공학과 교수

게 된다. 만일 레미콘의 품질검사나 반입검사시 현장에서 28일 후의 콘크리트 강도를 신속하게 추정할 수 있다면, 그 결과를 공정관리에 잘 반영함으로써 신뢰성이 높은 콘크리트가 시공 될 수 있고, 공사가 원활하게 진척될 수 있으므로 공기단축, 인력절감, 코스트절감 등이 가능할 것이다.

마이크로파를 이용하여 모르터의 조기강도 추정에 관한 효과적인 강도판정 기법을 도출하고, 그 신뢰도를 판정하여 기초적 자료로 제시하고자 한다.

2. 실험 개요

2.1 사용재료

2.1.1 시멘트 및 잔골재

시멘트는 KS L 5201(포틀랜드시멘트)의 규정에 적합한 S사의 보통 포틀랜드시멘트를 사용하였으며, 골재는 KS L 5100의 규격품으로 주문진산 표준사를 사용하였다.

2.1.2 몰드

마이크로파에 의한 모르터의 강도를 조기에 추정하기 위한 예비실험결과 몰드의 재질은 고성능 플라스틱이 가장 적합한 것으로 나타난 폴리카보네이트를 사용하였다.

2.1.3 급결제

본 실험에서 초기강도 발현을 촉진시키고, 강도성상을 지속시키기 위해 사용한 급결제는 Na_2SiO_3 를 주성분으로 하고, 비중이 1.38, pH 3.2인 국내 S사의 제품을 사용하였다.

사용량은 예비실험에서 나타난 결과를 토대로 시멘트 중량의 15%를 사용하였으며, 급결제의 성분은 표 1과 같다.

표 1 급결제의 성분표

성 상	비 중	pH	성 분 (%)					
			Na_2SiO_3	NaFSiO_3	규산염	금속염	산화제	안정제
액체	1.38	3.2	65	5	6	5	0.5	1

2.2 배합계획

본 실험의 배합계획은 마이크로파를 이용한 모르터 조기강도 추정법의 상호 신뢰도와 배합인자에 따른 시험법별 영향요인을 분석하고 효과적인 판정방법을 얻기 위하여 물시멘트비를 일정한 범위로 변화시켜 실험을 진행하였다. 또한 배합에 따른 시험법별 강도발현 경향을 파악하기 위하여 강도축진을 위한 급결제 이외의 혼화제는 사용하지 않았으며, W/C는 40%, 45%, 50%, 55%, 60%로 설정하였으며, 45%를 기준배합으로 하였다. 모르터의 예비 실험을 통하여 플로우치는 160mm로 설정하였다.

본 실험에 사용한 실험인자 및 수준은 표 2와 같다.

표 2 실험인자 및 수준

요 인	물 시멘트비(%)	플로우 값(mm)	급결제	축진시간(분)	50℃우수조양생시간(분)	양생법
인 자	40, 45, 50, 55, 60	160	시멘트 중량의 15%	6, 9, 12	15, 20, 25	표준양생, 마이크로파에 의한 축진양생
수 준	5	1	1	3	3	2

2.3 실험방법

각 수준 및 인자별로 표준 강도를 측정하기 위해 KS L 5109에 의하여 시험체를 제작하고 각 재령별 압축강도를 측정하였다. 또, 촉진강도용 시료를 채취하여 급결제를 혼합하고 다짐을 실시한 후 전자레인지에서 시간별 촉진양생을 실시하였다. 이후 온수조(50℃)에서 15분, 20분, 25분 시간별 양생을 실시한 후 압축강도를 측정하여 표준시험체강도와 비교·분석하였으며, 전체적인 실험의 진행은 그림 1과 같다.

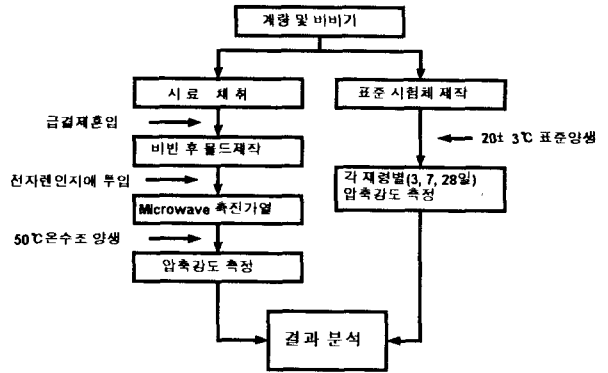


그림 1 실험의 진행에 관한 flow chart

3. 실험결과 및 분석

3.1 촉진시간에 따른 강도발현 특성

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

그림에 나타난 것처럼 6분 가열한 시험체의 강도발현은 수화반응의 미비로 가장 낮은 것으로 나타났다. 그러나 9분이상 가열한 시험체의 강도발현은 급격하게 증가하였으며, 12분 가열한 시험체는 9분 가열한 시험체보다 강도가 약간 저하하는 경향을 나타내고 있는데 이것은 급격한 온도상승에 따른 시험체 내부의 열응력과 내부균열 때문으로 판단된다. 이러한 경향은 물시멘트비의 차이에 관계없이 동일한 것으로 나타났다.

또한 촉진강도에 대한 표준편차의 비를 살펴보면 가열시간 6분이 23.6%, 9분은 11%, 12분은 12%로 가열시간 9분에서 가장 안정한 강도발현을 나타내고 있다.

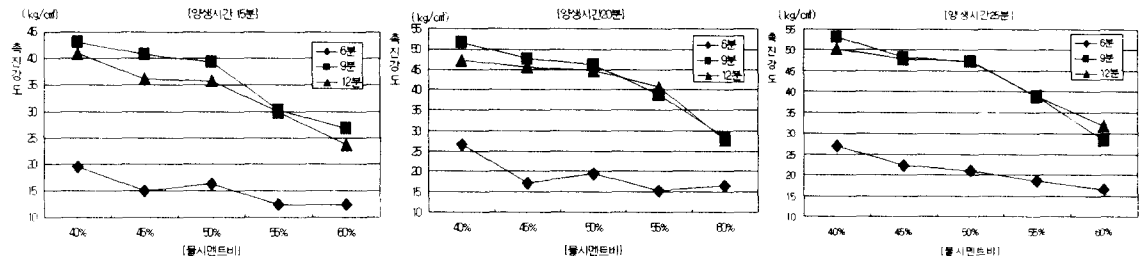


그림 2 물시멘트비에 따른 촉진강도발현의 특성

3.2 50℃ 수중 양생시간에 따른 강도 발현

양생시간에 따른 강도발현성상을 그림 3에 나타내었다. 그림에 나타난 것처럼 촉진시간 6분의 경우의 양생시간에 따른 평균강도증가율은 각각 24%와 20%로 마이크로파에 의한 촉진수화반응의 미비로 강도발현이 촉진시간보다는 양생시간의 영향이 더 큰 것으로 나타났다.

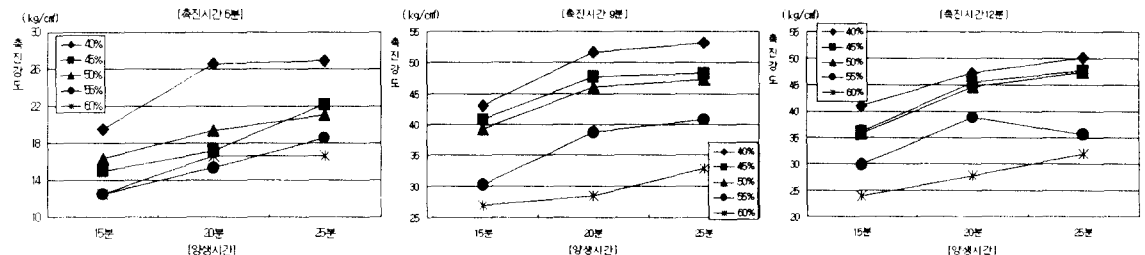


그림 3 양생시간에 따른 촉진강도발현의 특성

가열시간 9분인 시험체의 경우 평균강도증가율은 20%와 5%로 양생시간 15분과 20분사이의 강도발현은 큰 증가세를 보이거나, 20분과 25분 사이에는 강도발현이 미비하였다. 촉진가열시간 12분 시험체의 경우도 평균 강도증가율이 17%와 8%로 촉진시간 9분과 거의 유사한 경향으로 나타났다.

3.3 촉진강도와 표준강도의 상관성

6분과 12분 촉진가열한 후 50℃에서 15분, 20분, 25분 수중양생한 시험체와 표준양생한 시험체의 압축강도와 상관관계는 3일, 7일, 28일 강도와 신뢰도는 높지 않았다. 그러나, 9분 촉진가열한 시험체는 그림 4에 나타난 것처럼 가열 후 50℃에서 15분 수중양생한 시험체와 표준양생한 시험체와의 평균상관계수는 0.91이고, 20분은 0.97, 25분 양생한 시험체는 0.95로 20분간 수중양생한 시험체에서 가장 양호한 신뢰도가 나타났고, 28일 압축강도와 상관계수가 0.972로 타시험체에 비해 상당히 높은 신뢰성을 보여주고 있다. 이러한 원인은 9분 가열 후 20분간 50℃에서 수중양생한 시험체의 촉진강도가 다른 시험체보다 비교적 안정된 강도발현을 나타내고 있기 때문으로 판단된다.

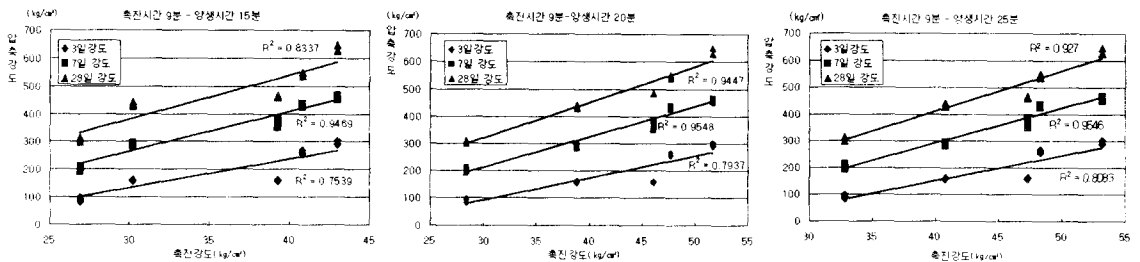


그림 4 촉진시간 9분의 강도 및 28일 표준양생 시험체와의 압축강도 상관성

4. 결론

마이크로파에 의한 모르타의 조기 강도추정기법을 개발하기 위한 관한 각 시험체별 압축강도에 관한 상관성을 분석해 본 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- (1) 마이크로파 가열시간에 따른 강도발현성상은 물시멘트비에 관계없이 9분 가열한 시험체에서 가장 높게 나타났다.
- (2) 마이크로파 가열 후 수중양생시간에 따른 강도발현성상은 양생시간이 길어질수록 강도발현이 크게 나타났고, 이러한 경향은 가열시간과 물시멘트비에 관계없이 거의 유사한 경향을 나타내었다.
- (3) 물시멘트비에 따른 촉진강도 발현성상은 물시멘트비가 높을수록 낮은 강도발현을 나타내었고 이러한 경향은 가열시간, 양생시간에 관계없이 거의 유사한 것으로 나타났다. 특히 9분간 마이크로파로 촉진가열시킨 후 50℃온수조에서 20분 양생한 시험체의 경우 28일 압축강도와 상관계수가 0.972로 상당히 높은 신뢰성을 보여주고 있다.

본 실험을 통하여 마이크로파에 의해 모르타의 조기강도추정기법을 제시하였다. 이 자료를 토대로 콘크리트의 강도를 평가하는데 신뢰성을 확보함으로써 건설현장에서 콘크리트 품질평가에 대한 경제적이고 안정적인 관리로의 응용이 가능하리라 기대되며, 현장여건에 적합한 양생조건 및 배합의 변화에 따른 보다 폭넓고 깊은 연구가 진행되어야 할 것으로 사료된다.

참고문헌

- 1) 진영각, 「마이크로파 공학의 기초, 청문각」, 1998. 1
- 2) 정상진외 2명, 「건축재료실험, 형설출판사」, 1998. 1
- 3) ASTM C 684, 「Making, Accelerated Curing, and Testing of Concrete Compression Test Specimens.」
- 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強度即時判定に関する研究」, コンクリート工學年次論文報告集, Vol.17, No.1 1995.