

현장타설용 콘크리트의 양생온도에 따른 마이크로파를 이용한 조기강도 추정에 관한 연구

A Study on Early Strength Evaluation of Field Use Concrete as sort of Temperature cured

김민석* 임현준* 박재한* 김병천** 이종균*** 정상진****
Kim, Min-suk Lim, Hyun-Jun Park, Jae-Han Kim, Byung-Chun Lee, Jong-Kyun Jung, Sang-Jin

ABSTRACT

This study is about application to real construction site of estimating a early strength with use of microwave. Based on the exist studies, it is tried to confirm the correlation between curing temperature and estimating early strength method with microwave.

The result of this study are as follows.

- 1) Coefficient figure of common use concrete's accelerating strength and 28 days strength after curing at 10℃, 20℃, 30℃ is 0.84, 0.80, 0.80
- 2) Coefficient figure of concrete's-has a low fine aggregate ratio- accelerating strength and 28 days strength after curing at 10℃, 20℃, 30℃ is 0.86, 0.82, 0.81

1. 서론

콘크리트는 타설시점에서의 품질이 중요하나 재료의 선정에서 배합의 결정, 조합, 운반에 이르는 제조과정은 콘크리트공장의 관리에 의존하고 있는 실정이다. 따라서 타설시점에서의 콘크리트에 대한 품질을 즉시 판정할 필요가 있다.

본 연구는 콘크리트 타설시점에서의 품질을 조기에 판정할 수 있는 방법을 연구하는 실험으로, 지금까지 콘크리트의 압축강도 조기판정에 대한 국내의 여러 가지 연구가 제안되었으나 정확성과 실험 소요기간에 대한 문제점이 상존하여 제한적으로 사용되고 있는 형편이다.

본 실험은 마이크로파를 이용하여 콘크리트의 조기강도를 추정하여 현장적용성을 검토하는 실험으로, 지금까

-
- * 정회원, 단국대학교 대학원 석사과정
 - ** 정회원, 단국대학교 대학원 박사과정
 - *** 정회원, 삼성물산 주택부문 팀장, 공학박사
 - **** 정회원, 단국대학교 건축공학과 교수, 공학박사

지 진행되었던 실험을 바탕으로 각 현장마다 다양한 요인 중에서 콘크리트 품질에 가장 큰 영향을 미치는 양생 온도 변화와 마이크로파를 이용한 조기강도 추정법과의 상관관계를 알아보고자 실험하였다.

2. 실험

2.1 사용재료

2.1.1 시멘트

시멘트는 KS L 5201의 규정에 적합한 국내 H사의 제1종 시멘트(보통 포틀랜드시멘트)를 사용하였다.

2.1.2 골재

실험에 사용한 골재는 북한강산으로 잔골재는 최대크기를 10mm이하로 입도조정하여 사용하였고 굵은 골재는 25mm이하로 입도조정하여 사용하였다.

2.1.3 몰드

선행연구에서 개발된 폴리카보네이트(Polycarbonate) 재질의 몰드를 사용하였다.

2.1.4 혼화제

본 실험에서 사용한 혼화제는 국내 K사의 공기연행제로서 액상으로 암갈색이고 주성분은 나프타와 리그닌이다.

2.1.5 급결제

본 실험에서는 초기강도 발현시 반응을 촉진시키기 위하여 급결제를 사용하였다. 주성분은 Na_2SiO_3 이며, 비중이 1.38 pH 3.2인 국내 S사의 제품으로, 사용량은 선행연구를 토대로 시멘트 중량의 7%를 사용하였으며, 급결제의 성분은 표 1과 같다.

표 1 급결제의 성분표

성상	비중	pH	성분 (%)					
			Na_2SiO_3	NaFSiO_3	규산염	금속염	산화제	안정제
액체	1.38	3.2	65	5	6	5	0.5	1

2.2 배합계획

배합은 S사 아파트현장에서 사용하고 있는 규격 25-240-15인 배합을 사용하였으며, 일반콘크리트 배합표는 표 2와 같으며, 잔골재율의 변화에 따른 배합은 잔골재율을 40.3%로 하고, 슬럼프는 변함없이 15cm로 하였다. 배합표는 표 3과 같다.

표 2 일반콘크리트 배합표

W/C (%)	S/A (%)	단위 재료량(kg/m ³)					슬럼프
		시멘트	물	잔골재	굵은골재	혼화제	
47.8	45.5	349	167	804	978	1.05	15

표 3 잔골재물 낮은 콘크리트 배합표

W/C (%)	S/A (%)	단위 재료량(kg/m ³)					슬럼프
		시멘트	물	잔골재	굵은골재	혼화제	
45	40.3	420	189	699	1037	1.05	15cm

2.3 실험계획

2.3.1 일반사항

표준 강도를 측정하기 위해 KS L 5109에 의하여 시험체를 제작하고, 각 재령별 압축강도를 측정하였다. 또, 촉진강도용 시료를 채취하여 급결제를 혼입 후, 몰드에 채워 다짐을 실시하고, 전자레인지에서 9분간 가열한다.

한번 제작할 때마다 촉진양생시험체 3개와 표준공시체 27를 만들어 10℃, 20℃, 30℃ 양생온수조에 9개씩 양생해 3일, 7일, 28일 압축강도를 측정해 촉진강도와와의 상관성을 비교 분석한다.

실험의 진행에 관한 흐름도는 그림 1과 같다.

2.3.2 양생온도에 따른 콘크리트의 조기강도 추정

콘크리트에 영향을 미치는 요인은 매우 다양하다. 하지만 동일조건에서 제조, 시험된다면 강도에 영향을 주는 요인은 양생방법과 재령으로 볼 수 있다. 건설현장에서 실제 쓰여지고 있는 배합으로 콘크리트 품질에 가장 큰 영향을 미치는 양생온도, 재령과 촉진강도의 상관성을 비교 분석한다.

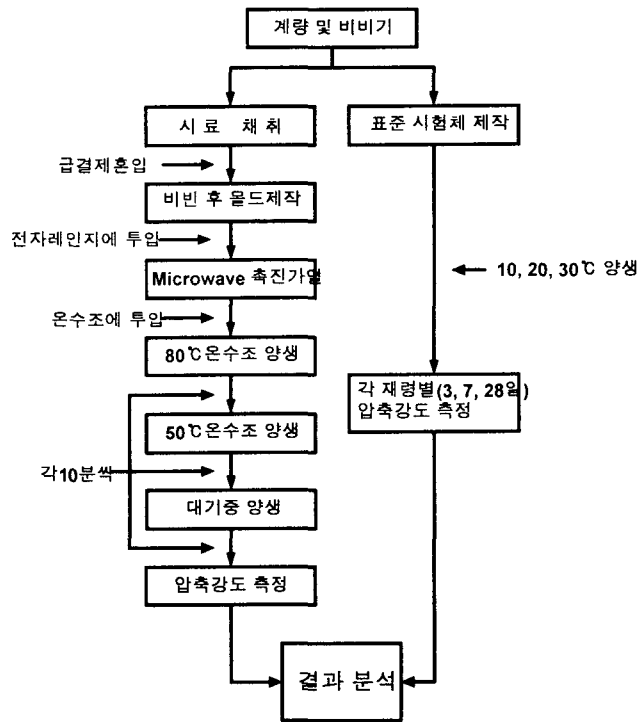


그림 1 실험의 진행에 관한 흐름도

3. 실험결과 및 고찰

3.1 양생온도에 따른 일반콘크리트 조기강도추정

일반콘크리트의 촉진시험체와 양생온도 10, 20, 30℃ 시험체의 압축강도 값을 표 4에 나타내었고, 촉진시험체와 양생시험체와의 상관관계는 그림 2, 3, 4에 나타내었다.

표 4 양생온도에 따른 일반콘크리트의 촉진강도, 3일, 7일, 28일 시험체의 압축강도

시험체	촉진강도	10℃ 양생			20℃ 양생			30℃ 양생		
		3일 압축강도	7일 압축강도	28일 압축강도	3일 압축강도	7일 압축강도	28일 압축강도	3일 압축강도	7일 압축강도	28일 압축강도
N=1	54	71	152	243	85	174	266	101	168	234
N=2	60	80	161	250	92	181	273	104	172	242
N=3	64	83	162	251	93	186	270	105	173	238
N=4	52	72	154	240	87	176	267	104	168	235
N=5	70	85	163	257	96	184	275	111	176	251
N=6	57	76	157	247	88	177	267	102	172	237
N=7	64	79	158	255	92	180	273	107	171	244
N=8	66	80	159	251	89	182	272	106	175	243
N=9	68	80	164	256	90	184	274	106	174	243
N=10	67	81	159	253	91	182	273	110	173	244
N=11	62	79	161	254	88	182	275	107	171	246
N=12	56	80	158	251	87	180	269	106	172	240
N=13	59	73	155	252	89	184	268	102	170	236
N=14	72	88	165	262	97	187	277	110	175	247
N=15	71	84	167	257	93	184	276	106	175	249
N=16	74	90	167	261	97	186	277	110	179	252
N=17	62	73	161	255	96	179	270	104	169	240
N=18	65	76	159	256	89	182	275	106	173	243
N=19	61	79	160	251	93	183	270	107	175	243
N=20	75	89	169	266	100	190	281	112	181	255
N=21	65	86	166	256	96	185	274	110	177	246

단위 : kgf/cm²

표 5 양생온도에 따른 낮은 잔골재율을 적용한 콘크리트의 촉진강도, 3일, 7일, 28일 시험체의 압축강도

시험체	촉진강도	10℃ 양생			20℃ 양생			30℃ 양생		
		3일 압축강도	7일 압축강도	28일 압축강도	3일 압축강도	7일 압축강도	28일 압축강도	3일 압축강도	7일 압축강도	28일 압축강도
N=1	71	82	173	276	101	208	297	109	188	264
N=2	63	78	169	270	95	199	292	107	183	257
N=3	70	89	180	285	104	210	307	113	196	275
N=4	64	84	173	276	100	205	296	109	189	263
N=5	75	85	177	284	100	209	305	110	194	272
N=6	71	85	178	281	104	213	299	110	193	271
N=7	77	91	182	290	106	215	310	113	200	281
N=8	68	81	172	274	97	207	294	108	186	261
N=9	72	89	181	286	103	210	307	113	195	280
N=10	69	86	177	280	99	208	303	110	194	272
N=11	79	88	182	290	102	211	310	113	194	280
N=12	82	89	183	293	107	213	311	112	199	282
N=13	76	91	183	290	107	215	309	114	201	280
N=14	84	96	188	299	109	219	316	116	204	290
N=15	73	85	176	280	102	208	302	111	191	269
N=16	68	83	172	275	102	204	296	108	188	265
N=17	65	83	174	277	101	203	296	110	189	263
N=18	71	89	174	279	99	210	304	109	190	267
N=19	80	90	181	288	104	213	308	112	196	278
N=20	79	92	180	288	106	212	310	113	197	281
N=21	83	92	185	294	106	215	311	115	200	287

단위 : kgf/cm²

표 4에 나타난 것처럼 촉진강도는 52~75kgf/cm²의 범위를 보였으며 10, 20, 30℃에서 양생한 재령 28일 압축강도는 각각 240~266, 266~281, 234~255kgf/cm²의 범위를 보였다.

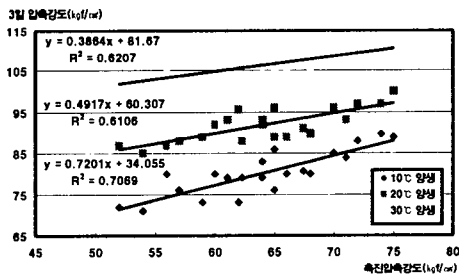


그림 2 촉진강도와 양생온도별 3일강도와와의 상관관계

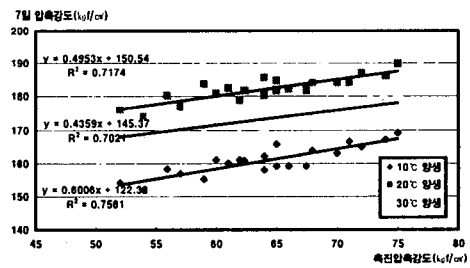


그림 3 촉진강도와 양생온도별 7일강도와와의 상관관계

양생온도 30℃에 있어서 초기재령에서는 양생온도 10℃ 및 20℃보다 상대적으로 높게 발현되었지만 후기재령에서는 강도증가폭이 작아져 낮은 강도를 나타내는 경향을 보였다. 양생온도 20℃경우에 있어서는 재령 7일 이후의 강도발현이 10, 30℃보다 높았다.

축진강도는 양생온도 10, 20, 30℃의 28일 압축강도에 대해서 각각 평균 25, 24, 26% 정도의 강도를 나타내었다. 그림 2, 3, 4에서 볼 수 있듯이 각 양생온도별 재령 28일 압축강도와 축진강도와의 결정계수는 0.84, 0.80, 0.80으로 비교적 높은 상관관계를 나타내었다.

3.2 양생온도에 따른 낮은 잔골재율을 적용한 콘크리트 조기강도추정

낮은 잔골재율을 적용한 콘크리트의 축진시험체와 양생온도 10, 20, 30℃ 시험체의 압축강도 값을 표 5에 나타내었고, 축진시험체와 양생시험체와의 상관관계는 그림 5, 6, 7에 나타내었다.

표 5에 나타난 것처럼 축진강도는 63~84kgf/cm²의 범위를 보였으며 10, 20, 30℃에서 양생한 재령 28일 압축강도는 각각 270~299, 292~316, 257~290kgf/cm²의 범위를 보였다.

양생온도 10, 20, 30℃ 시험체의 강도발현은 일반콘크리트와 비슷한 경향을 보였다.

축진강도는 양생온도 10, 20, 30℃의 28일 압축강도에 대해서 각각 평균 26, 24, 26% 정도의 강도를 나타내었다. 그림 5, 6, 7에서 볼 수 있듯이 각 양생온도별 재령 28일 압축강도와 축진강도와의 결정계수는 0.86, 0.82, 0.81로 높은 상관관계를 나타내었다.

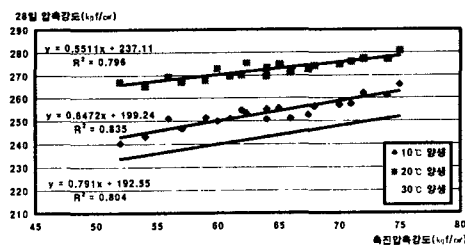


그림 4 축진강도와 양생온도별 28일강도와의 상관관계

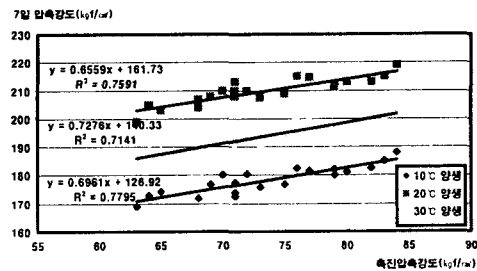


그림 5 축진강도와 양생온도별 7일강도와의 상관관계

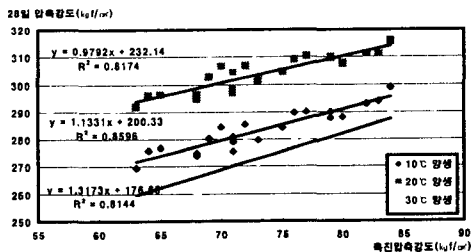


그림 6 축진강도와 양생온도별 28일강도와의 상관관계

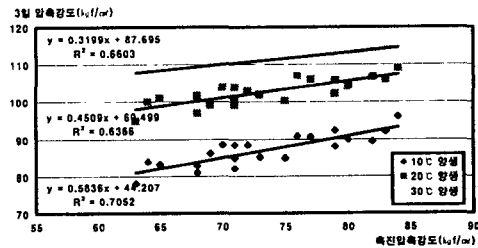


그림 7 축진강도와 양생온도별 3일강도와의 상관관계

4. 결 론

지금까지 진행되었던 실험을 바탕으로 양생온도 변화에 따른 마이크로파를 이용한 조기강도 추정법과의 상관성을 고찰하여 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1) 일반 콘크리트의 축진강도는 양생온도 10, 20, 30℃의 재령 28일 압축강도에 평균 25, 24, 26% 정도의 강도를 나타내었으며, 일반 콘크리트의 축진강도와 양생온도 10, 20, 30℃의 재령 28일 압축강도와의 결정계수는 각각 0.84, 0.80, 0.80으로 비교적 높은 상관관계를 나타내었다.

2) 낮은 잔골재율을 적용한 콘크리트의 축진강도는 양생온도 10, 20, 30℃의 재령 28일 압축강도에 평균 26, 24, 26% 정도의 강도를 나타내었으며, 축진강도와 양생온도 10, 20, 30℃의 재령 28일 압축강도와의 결정계수는 각각 0.86, 0.82, 0.81로 높은 상관관계를 나타내었다.

본 실험의 결과로 콘크리트 강도발현에 매우 큰 영향을 미치는 양생온도 변화에 마이크로파를 이용한 조기강도 추정법이 매우 높은 상관성을 갖아 현장적용에 무리가 없을 것으로 사료된다.
추후 좀 더 많은 실험으로 보다 명확한 고찰이 이루어져야 할 것이다.

참고문헌

1. 정상진 외, 「콘크리트 종류에 따른 마이크로파를 이용한 조기강도 추정에 관한 연구」, 대한건축학회 춘계학술 발표대회논문집, 제20권 제2호 2000. 10 pp. 435~439
2. 정상진 외, 「현장타설 콘크리트의 시공품질 검토를 위한 연구」, 대한건축학회 춘계학술발표대회논문집, 제20권 제2호 2000. 10 pp. 515~519
3. 진영각, 「마이크로파 공학의 기초」, 청문각, 1998. 1
4. 정상진 외, 「마이크로파를 이용한 콘크리트 강도의 조기판정기법에 관한 실험적 연구」 대한건축학회논문집 2000 10월 제 16권 10호 pp. 143~150
5. ACI Committee 517 「Recommended Practice for Atmospheric Pressure Steam Curing of Concrete」 in reference 2.
6. 十代田知三, 藤澤好一, 「早期品質判定のためのコンクリート強度 促進試験 -28日強度推定への適用-」, 日本建築學會論文報告集, No. 146, 1968, pp. 1~8
7. 柳田力, 荒川直樹, 「温水による 促進強度試験の適用性に關する檢討」, 日本土木學會連次學術講演會概要集