

콘크리트 강도 조기 판정기의 개발에 관한 연구

(2) 전기 저항법을 이용한 모르타르의 압축강도에 관한 실험적 연구

The Study for Development on Earlier Evaluation Instrument of Strength of Concrete

- An Experimental Study on Compressive Strength of Mortar Using resistance Method -

이 도현* 윤상천** 김 화중*** 박 정민****
D. H. Lee S. C. Yun W. J. Kim J. M. Park

Abstract

In this study proposed to rapid and simple test method for early decision of quality of concrete. As the this paper is experimental study for compressive strength of mortar using resistance method, the obtained results are summarized as follow :

- ① The resistance ratio was decreased as the increment of water-cement ratio
- ② The compressive strength presented to the tendency of increment as resistance ratio is increasing

1. 서론

콘크리트를 타설한 후 콘크리트의 강도를 조기에 파악하고자 하는 시도는 콘크리트를 사용하기 시작할 이래 계속 되어 왔으며, 특히 최근 각종 공사의 대형화, 고층화 되어 가는 추세에 따라 조기 판정의 필요성이 증대되어 왔다.

최근까지의 콘크리트 강도의 조기판정에 대한 연구 성과들을 살펴보면 크게 다음의 4가지로 분류해 볼 수 있다.

- ① 분석에 의한 시멘트량 또는 물시멘트비의 추정
- ② 진동을 이용한 물시멘트비의 추정
- ③ 급속경화법에 의한 강도시험
- ④ 온수양생 등에 의한 촉진강도 시험

기존 연구성과들을 요약해 볼 때 콘크리트 강도 특성을 지배하는 요인으로서 시멘트 수화과정에 중요한 영향을 미치는 물시멘트비 및 단위 시멘트량의 측정 방법에 관심이 집중되고 있고 다양한 방법들이 제안되고 있다. 하지만 기존에 제안되고 있는 분석법들

은 대부분이 엄밀히 말해서 물리, 화학적 방법에 의한 콘크리트 구성재료의 분석에 의한 간접적 측정법으로서 분석방법 및 기기가 복잡하고 시간이 지연된다는 단점을 가지고 있다.

따라서 본 연구에서는 콘크리트 품질의 조기 판정을 위한 적절한 시험방법을 개발하여 조기 시험 결과를 통한 간편하고 신속한 품질관리를 할 수 있는 콘크리트 조기강도 판정기와 방법을 제안하는 것으로서, 본 논문은 일련의 연구중 전기 저항법을 이용한 모르타르의 압축강도에 대한 실험적 연구이다.

2. 실험개요 및 방법

2-1. 측정 개요

최초에는 직류법을 써서 측정하였으나 reponse 가 매우 나빠서 on-line 측정이 불가능 하였다. (안정화 되기까지 30분 정도 걸림)

따라서 field에서 on-line 측정이 가능하도록 하기 위해서는 새로운 방법을 모색할 필요가 있어서 직류법보다는 교류 전압을 써서 측정하는 편이 response 가 빠르다고 판단되어 기초 실험을 수행하였다. 실험에 있어서는 peak detector 앞단에서 교류 전압을 측정하여 그 측정전압과 표준저항(2.2Ω, 5.6Ω 및 10

* 주택공사 주택연구소 선임연구원, 공박

** 주택공사 주택연구소 주임 연구원

*** 경북대학교 건축공학과 교수, 공박

**** 경북대학교 건축공학과 박사과정

Ω 사용)의 관계로부터 물시멘트의 저항을 산출해서 이 물시멘트비의 저항값에다가 측정 Box의 크기(면적 및 길이)를 곱하여 저항율을 얻어내는 방법을 사용하였다.

ρ(저항율)의 계산법

$$R_s = \rho \frac{L}{S} \qquad R_s = \frac{V_0}{5-V_0} R_0$$

여기서 ρ : 저항율 R_s : 저항
 R₀ : 저항체 L : 길이 (cm)
 S : 단면적(cm²)

3. 실험

3-1. 실험 계획

본 실험에서는 향후 Fresh 콘크리트의 조기강도 판정을 위한 기초적인 실험으로서 전기 저항법에 의한 측정 기기를 사용하여 모르타르에 대해서 실험을 실시하였다.

실험인자로는 모래와 시멘트의 비를 중량비로써 1:2, 1:3로 하고 물시멘트비는 중량비 1:2의 경우 시멘트 중량의 각각 40%, 45%, 50%, 55%, 60%에 대한 직류 전압을 측정 하였고 중량비 1:3의 경우 50%, 55%, 60%, 65%에 대한 직류 전압을 측정 하였다. 실험인자 및 실험장면을 표 1 및 사진 1에 나타낸다.

표 1. 실험인자 및 수준

실험 인자	수 준	
중 량 비	1:2	1:3
물 시멘트비	40, 45, 50, 55, 60%	50, 55, 60, 65%
세골재의 종류	강모래, 표준사, 쇄사	

3-2. 실험 결과

전기저항법에 의한 Fresh 모르타의 전기 저항율 및 3, 7, 28일 압축강도 시험 결과를 표 2에 나타낸다.

4. 실험 결과의 고찰

4-1. 물시멘트비의 변화에 따른 전기 저항율

그림 2는 물시멘트비와 전기 저항율과의 관계를 나타낸 것이다.

그림에서 보는 바와 같이 잔골재의 종류에 관계없이 물시멘트비의 증가에 따라 전기저항율은 감소하는 경향(반비례)을 보이고 있으며, 그 감소 경향은 R₀=2.2Ω을 사용 하였을 경우 더욱 현저 하였다.

또한 전기 저항율의 측정치는 강모래를 사용한 경

2-2. 계측기기의 구성 및 저항을 산정

계측 기기의 구성회로도 는 그림 1과 같으며 저항율의 산정에 있어서는 아래에 나타낸 식을 사용 하였다.

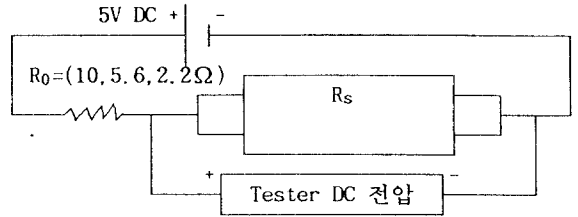


그림 1. 시험기기의 구성 회로도

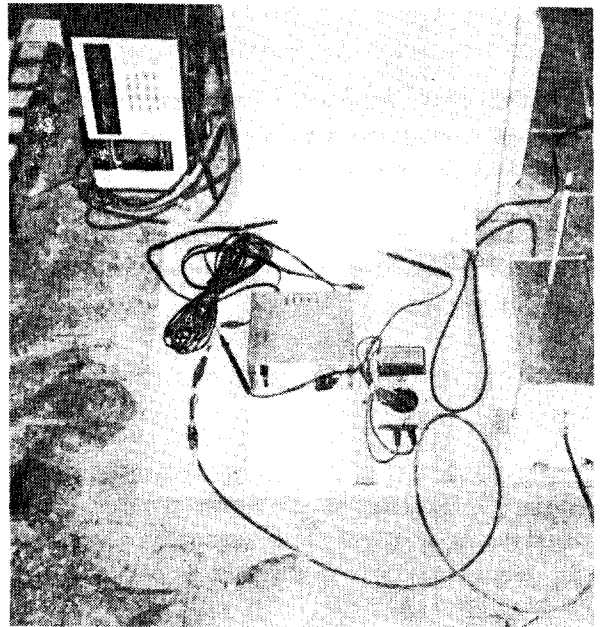


사진 1. 실험 장면

우가 표준사나 쇄사에 비해 높은 경향을 나타내었다.

4-3-2. 전기 저항율과 압축강도의 관계

그림 3은 전기저항율과 28일 압축강도의 관계를 나타낸 것이다. 그림에서 알 수 있는 바와 같이 잔골재의 종류에 관계없이 전기저항율이 클수록 압축강도는 상승하는 경향을 나타내었다.

또한 표준 저항체로서 2.2Ω을 사용한 경우가 다른 저항체(10, 5.6Ω)에 비해 전기 저항율의 증가가 더욱 현저 하였으며 이로 미루어 실험 조건에 변동성이 없을 경우 2.2Ω을 표준 저항체로 사용하는 것이 더욱 효과가 있을 것으로 기대 된다.

4-3. 회귀 분석

그림 4는 28일 압축강도와 전기 저항율의 관계(10, 2.2Ω 사용)를 회귀 분석한 결과로서 표준사와

표 2. 전기 저항법에 의한 모르터의 시험 결과

시멘트 모래	골재 종류	W/C 비	저항율 ($\Omega \cdot \text{cm}$) 5회 측정 평균값			3일 압축강도 (kg/cm^2) 평균값	7일 압축강도 (kg/cm^2) 평균값	28일 압축강도 (kg/cm^2) 평균값
			10 Ω 사용	5.6 Ω 사용	2.2 Ω 사용			
1 : 2	표준사	40	48503	46171	61345	358	416	485
		45	44480	41649	50361	328	374	426
		50	42438	39741	44234	302	342	380
		55	38833	36090	40509	255	296	359
		60	37468	32036	32988	206	261	325
1 : 3	표준사	50	63522	56772	113626	224	272	306
		55	57597	51687	89540	202	244	279
		60	53150	47033	74819	190	228	255
		65	49873	45398	69649	161	197	223
		65	58360	57163	74494	350	406	450
1 : 2	강도래	45	49886	47120	60783	317	350	404
		50	46579	44191	55006	299	326	352
		55	43104	40085	52180	245	285	327
		60	40753	36167	45819	222	250	308
		50	87481	92512	162763	205	256	280
1 : 3	강도래	55	75038	76849	122446	197	238	256
		60	70139	71999	102791	175	206	228
		65	66452	66589	92280	155	185	201
		40	54868	50121	64649	552	586	637
		45	50910	47340	58575	464	491	577
1 : 2	쇄	50	48735	44204	52900	371	434	535
		55	44500	40582	43826	300	356	502
		60	43782	38422	35318	284	320	425
		50	74104	76152	150471	431	482	537
		55	66203	66113	111428	354	400	454
1 : 3	쇄	60	63110	62705	99787	294	351	409
		65	57305	52934	84849	250	293	383

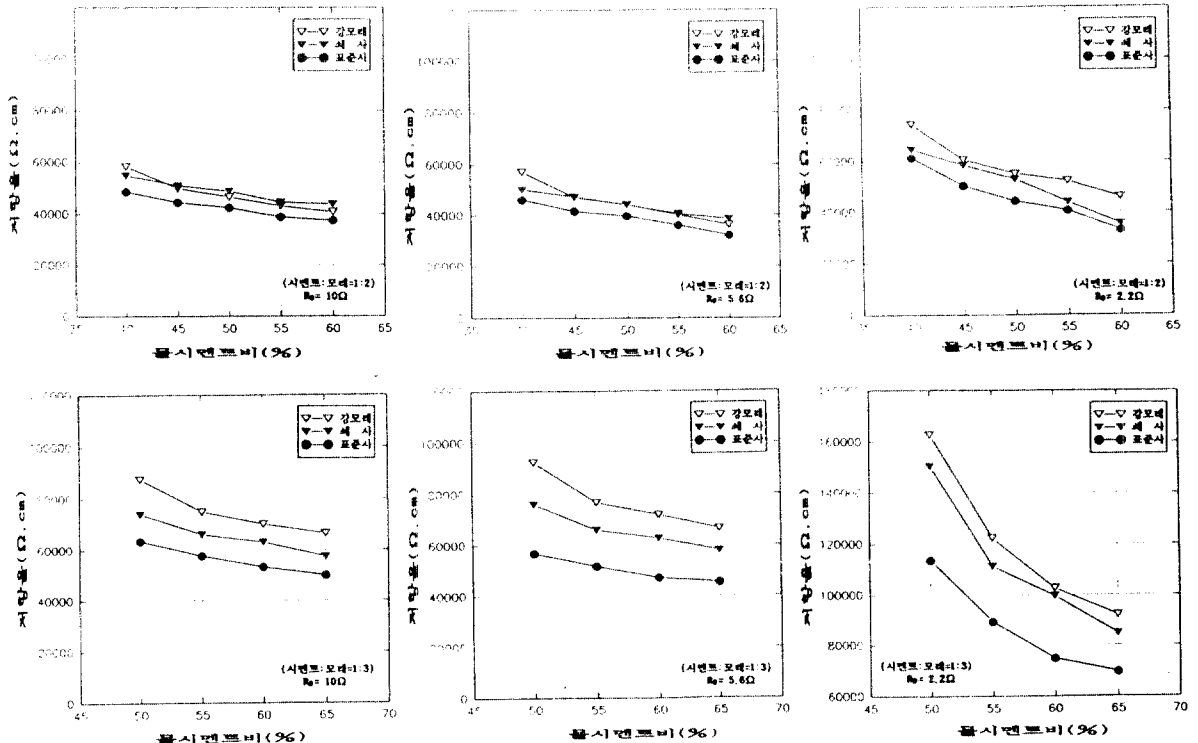


그림 2. 물시멘트비와 전기저항율의 관계

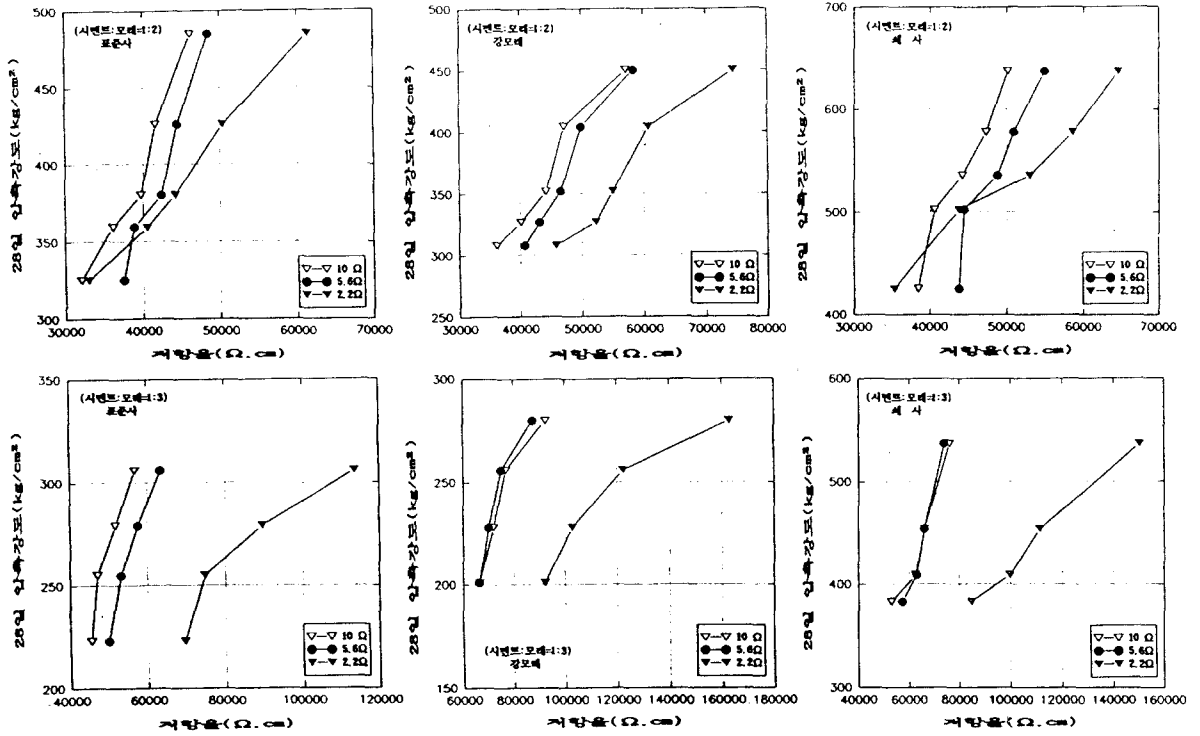
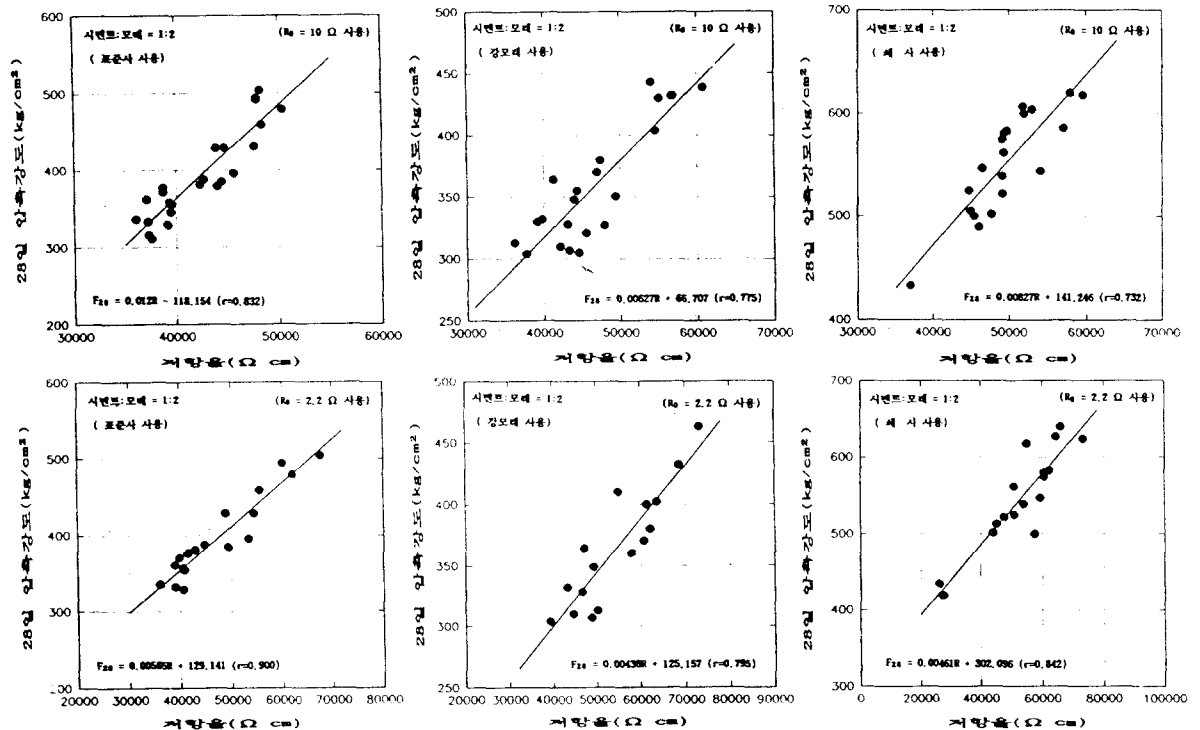


그림 3. 전기저항율과 28일 압축강도의 관계



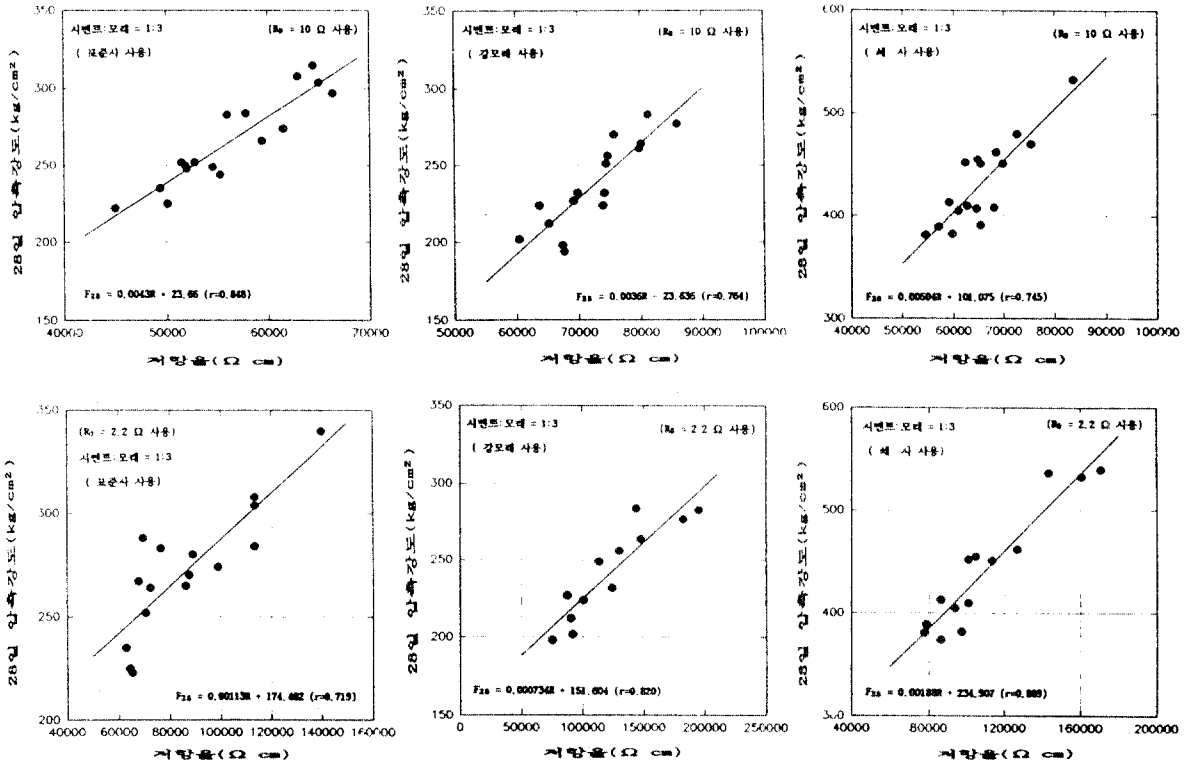


그림 4. 회귀분석 결과

쇄사의 경우 매우 양호한 상관관계를 나타내고 있다.

강모래를 사용한 경우 표준사나 쇄사의 경우에 비해 상관성이 조금 낮게 나타나고 있다.

이는 강모래를 사용한 경우 모래의 함수 상태에 약간의 차이 때문인 것으로 사료된다.

하지만 본 실험 결과에 약간의 변동성이 있기 때문에 추후 강모래의 경우 표준 상태로 조건을 일정하게 하여 재실험을 행할 예정이다.

회귀 분석 결과를 아래에 나타낸다.

< $R_0 = 10 \Omega$ 사용시 >

시멘트:모래=1:2의 경우

표준사 → $F_{28}=0.012R-118.154$ ($r=0.832$)
 강모래 → $F_{28}=0.0062R+66.707$ ($r=0.775$)
 쇄사 → $F_{28}=0.0082R+141.246$ ($r=0.732$)

시멘트:모래=1:3의 경우

표준사 → $F_{28}=0.0043R+23.66$ ($r=0.848$)
 강모래 → $F_{28}=0.0036R-23.636$ ($r=0.764$)
 쇄사 → $F_{28}=0.00504R+101.075$ ($r=0.745$)

< $R_0 = 2.2 \Omega$ 사용시 >

시멘트:모래=1:2의 경우

표준사 → $F_{28}=0.00565R+129.141$ ($r=0.900$)
 강모래 → $F_{28}=0.00438R+125.157$ ($r=0.795$)
 쇄사 → $F_{28}=0.00461R+302.096$ ($r=0.842$)

시멘트:모래=1:3의 경우

표준사 → $F_{28}=0.00113R+174.482$ ($r=0.719$)
 강모래 → $F_{28}=0.000734R+151.604$ ($r=0.829$)
 쇄사 → $F_{28}=0.00188R+234.907$ ($r=0.889$)

5. 결론

본 연구는 전기저항법 및 초음파 시험법에 의한 콘크리트 강도를 조기에 판정할 수 있는 기기 및 방법의 개발을 위한 일련의 연구중 Fresh 모르타르의 강도를 조기에 판정할 수 있는 방법을 제안하는 것으로, 연구 결과에 대해 간략히 요약하면 다음과 같다.

① 잔골재의 종류에 관계없이 물시멘트비의 증가에

따라 전기 저항율은 감소하는 경향(반비례)을 보이고 있으며 그 감소 경향은 $R_0=2.2\Omega$ 을 사용 하였을 경우 더욱 현저 하였다.

② 전기 저항율과 3, 7, 28일 압축강도의 관계를 살펴보면 잔골재의 종류에 관계없이 전기저항율이 클수록 압축강도는 상승하는 경향을 나타내었다.

③ 전기 저항법에 의한 저항율과 모르타르 28일 압축강도를 회귀분석한 결과 양호한 상관성을 나타내었다.

향후 연구 방향으로서 전기 저항법에 의한 콘크리트의 강도 조기 판정에 관한 연구와 전기 저항 및 초음파 시험을 복합하여 콘크리트에 대해 실험을 행할 예정이다.

* 본 연구의 수행에 있어서 실험 기기의 제작에 도움을 주신 청주대 김 광호 교수님과 한양대 장 경영 교수님께 감사 드립니다.

6. 참고 문헌

1. 仕入豊和의 1인, 콘크리트品質의早期判定における強度判定式の一考察, 日本建築學會論文集, 第298호, 昭和55年12月, pp 1-9
2. 仕入豊和의 1인, 콘크리트의早期強度および溫度條件(20~90°C)의影響, 日本建築學會論文集, 第320호, 昭和57年10月, pp 1-11
3. 山田和夫의 2인, 콘크리트의傳達關數に及ぼす各種要因의影響, セ技年報, 昭和63年, pp 259-262
4. 大井孝和, 콘크리트供試體におけるセメント水和의進行と콘크리트強度發現의關係, 日本建築學會論文集, 第343호, 昭和59年9月, pp 1-12
5. 콘크리트強度即時判定方法의實用化に關する研究, 日本土木學會論文集, 第266호, 1977年10月, pp 123-134
6. 全 贊基, 콘크리트 강도의 조기 판정에 관한 연구(1), 레미콘, pp 47-59
7. 全 贊基, 콘크리트 강도의 조기 판정에 관한 연구(2), 레미콘, pp 35-48
8. Chin Fung Kee, "Relation between Strength and Maturity of Concrete", ACI, No 74-55, pp612-615

, 1977. 12

9. T. R. Naik, " Concrete Strength Prediction by the Maturity Method", ASCE, Vol 106, EM3, pp465-480, 1980. 6
10. H. S. Lew, " mechanical Properties of Concrete at Early Ages", ACI, No 75-55, pp533-542, 1978. 10