

전기 저항법을 이용한 시멘트 강도의 조기 판정에 관한 연구

The Study on Earlier Evaluation of Strength for Cement Using resistance Method

김 화중*
W.J.Kim

박 정민**
J.M.Park

김 태곤***
T.G.Kim

최 신호***
S.H.Choi

이 승조***
S.J.Lee

Abstract

In this study proposed to rapid and simple method of test for early evaluation of strength of cement.

The obtained results through a series of experiment are summarized as follow.

- ①The resistance ratio was decreased as the increase of water-cement ratio.
- ②The compressive strength of cement was increased as the resistance ratio increase.
- ③The experimental results of compressive strength of cement is shown in the same value no relation with the kind of cement respectively.

1. 서론

오늘날 인구과잉 및 저가상승으로 인한 건축물의 대형화, 고층화는 콘크리트의 품질관리에 대한 관심을 심화시키고 있다. 그러므로 콘크리트의 강도를 조기에 판정함으로써 보다 철저한 콘크리트의 품질관리를 강화할 수 있으며, 신뢰성이 높은 건축물을 만들 수 있다. 선진각국에서는 콘크리트 품질관리를 위한 조기 강도 판정법이나 판정 기기에 대해서는 지속적인 연구로 어느 정도의 연구 성과가 보고되고 있다. 그러나, 콘크리트의 주요 구성요소인 시멘트에 대한 조기 판정 방법에 대해서는 연구가 미비

한 실정이다.

따라서, 본 연구에서는 배합설계에 있어서 큰 변수로 작용하고 있는 시멘트 강도를 조기에 판정할 수 있는 시험법을 개발하기 위한 것으로 시멘트의 강도에 영향을 미치는 여러 인자들의 상호 복합적인 변수를 고려하여 전기 저항법을 이용하여 시멘트의 강도를 조기에 파악하고자 한다.

2. 실험개요 및 방법

2-1. 실험 기기

본 실험에 사용된 기기는 8cm×8cm×25cm의 직육면체 아크릴계 BOX형태로써, BOX양단부에 DC 5V, 10V, 15V의 전압 발생장치를 연결하였다. 전선에는 1.2Ω, 2.1Ω, 3.37Ω, 4.85Ω, 6.86Ω의 표준 저항체를 내부에 장착하였으며,

* 경북대학교 건축공학과 부교수 공학박사

** 경북대학교 건축공학과 박사과정

*** 경북대학교 건축공학과 석사과정

Tester DC 전압기에 저항체와 전압발생 장치를 연결하였다.

실험기기의 구성 회로도 는 그림-1과 같다.

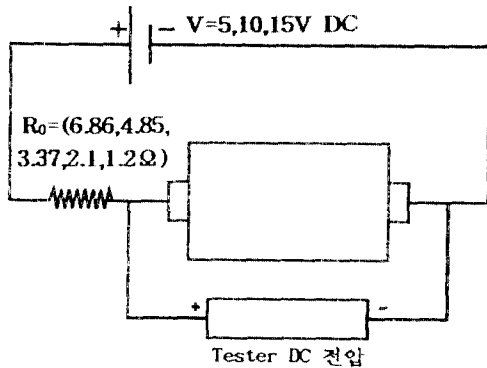


그림-1. 실험기기의 구성 회로도

2-2. 저항율($\Omega \cdot \text{cm}$) 산정

전기 저항율에 대한 산정식은 식(1-1)과 같다.

$$\rho(\text{저항율})\text{의 계산법}$$

$$R_s = \rho \frac{L}{S} \quad R_s = \frac{V_o}{V_i - V_o} R_0 \quad (1-1)$$

여기서 ρ : 저항율 R_s : 저항
 R_0 : 저항체 L : 길이 (cm)
 S : 단면적(cm^2)
 V_i : 초기 전압 V_o : 측정 전압

3. 실험

3-1. 실험 계획

본 연구에 있어서 시멘트 강도 실험은 KSL 5105에 준하여 실시하며, 시멘트 초기 강도 판정은 전기 저항 측정 기기를 사용하여 실시한다.

시멘트 종류별로 전기 저항법을 측정하여 28일 강도와 회귀분석을 실시하여 두 값 사이의 상관관계를 밝힘으로서 전기 저항법 사용으로 강도 추정의 가능성을 고찰한다.

실험인자 및 수준은 표-1과 같으며, 실험장면은 사진-1과 같다.

<표-1. 실험인자 및 수준>

실험인자	수준
중량비	1:2.54
물시멘트비	50%,55%,60%,65%
세골재의 종류	표준사
시멘트 회사	A,B,C,D,E
저항체	1.2 Ω , 2.1 Ω , 3.37 Ω , 4.85 Ω , 6.86 Ω
전압	5V,10V,15V

3-2. 배합

실험에 사용된 배합은 세골재의 비중과 물시멘트비를 변화시켜 표-2에 나타내는 배합표에 따라 시험체를 제작 하였다.

<표-2. 배합표>

시행	(w/c) (%)	단위중량 (kg/m^3)		
		C	S	Ad
시멘트 회사				
A,B,C,D,E,사	50	1.275	3.125	0
	55			
	60			
	65			

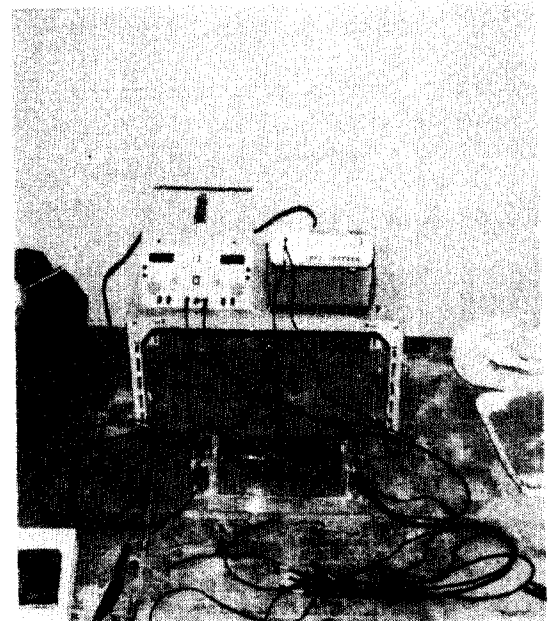


사진-1. 실험 장면

4. 실험 결과 및 고찰

4-1. 물시멘트비의 변화에 따른 전기 저항율

그림2는 물시멘트비와 전기 저항율과의 관계를 나타낸 것이다. 그림에서 알 수 있는 바와 같이 물시멘트비가 증가할수록 전기 저항율이 감소하는 경향을 보이며, 그러한 감소 경향은 표준 저항체 $R_0=6.86\Omega$ 을 사용했을 때 현저하였다. 그리고 시멘트 종류에 따른 전기 저항율에 약간의 차이를 나타내고 있는데 이러한 차이는 시멘트 종류의 성분차이에 기인하는 것으로 사료된다.

전압의 변화에 따른 전기 저항율은 감소하는 경향을 나타내며 이 현상은 전압 10V, 표준 저항체가 4.85 Ω 일 때 급격히 감소함을 알 수 있다.

4-2. 전기 저항율과 압축강도의 관계

그림-3은 전기저항율과 28일 압축강도의 관계를 나타낸 것이다. 그림과 같이 시멘트 종류에 관계없이 전기저항율이 클수록 압축강도는 상승하는 경향을 나타내었다.

본 연구에서는 표준 저항체 6.86 Ω 을 사용한 경우가 다른 저항체보다 저항율의 값이 현저하게 증가함을 알 수 있다. 그러므로 본 연구에서는 6.86 Ω 의 저항체를 표준 저항체로 정하였으며 압축강도와 전기 저항율의 관계는 대체적으로 비례의 관계가 있음을 알 수 있다. 물시멘트비, 전기 저항율, 압축강도에 대한 모르타의 시험 결과를 표-3에 나타내었다.

4-3. 회귀 분석

본 연구에서는 저항체들 중에서 전기저항에 대한 경향이 뚜렷이 나타나는 6.86 Ω 에 대한 회귀 분석을 행하였다.

〈표-3. 전기 저항법에 의한 모르타의 시험 결과〉

시멘트 : 모래	골재 종류	전압	시멘트 종류	w/c 비	저항율 (Ωcm) 3회 측정 평균값					3일	7일	28일	소형슬럼프치 (mm)
					6.86 Ω	4.85 Ω	3.37 Ω	2.1 Ω	1.2 Ω	평균값	평균값	평균값	
1:2.54	표준사	5v	A	50	55496	40812	8667	6772	6650	177	230	314	120
				55	40209	21161	7017	6523	5350	167	191	288	160
				60	39592	12594	6837	5834	4058	155	174	276	215
				65	29235	10939	4259	3727	2987	122	143	259	220
			B	50	63771	57448	10831	9600	8562	175	215	315	147
				55	51639	44258	7194	5634	4763	143	190	297	181
				60	31358	30433	6438	4088	3245	118	175	274	211
				65	28129	27941	5146	3797	2535	106	165	251	223
			C	50	57220	51405	9654	8524	7240	186	221	299	135
				55	35594	23502	8703	7861	5853	164	198	282	170
				60	19404	19056	6297	5324	3956	142	176	256	219
				65	18913	10554	5300	4160	2415	130	157	240	221
			D	50	77193	44498	11140	10469	9289	180	207	304	130
				55	58049	20939	9153	8009	7226	172	183	292	157
				60	26309	10285	6846	5283	5409	151	160	284	215
				65	13346	9796	5510	3300	3037	130	136	254	232
			E	50	67143	48723	9641	7504	6159	192	217	325	126
				55	62473	17649	5448	3470	2644	174	194	300	162
				60	43573	15558	4717	3260	2432	155	184	285	217
				65	11821	13723	4055	3198	2222	144	158	267	231

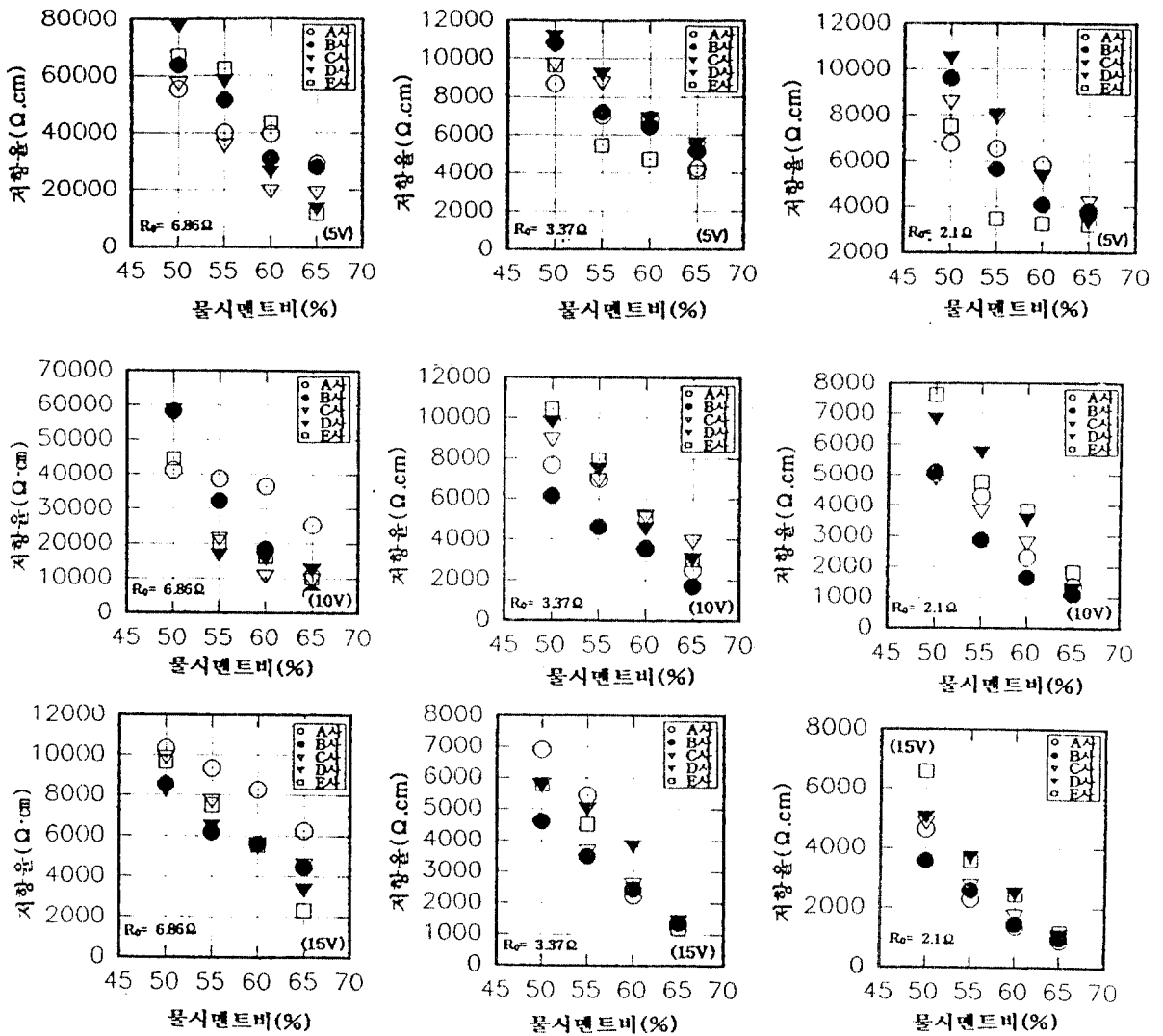
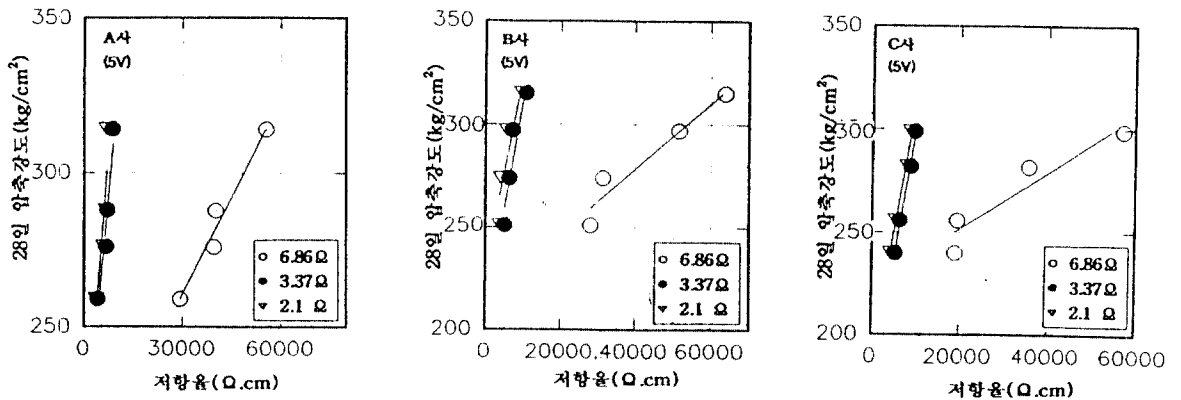


그림 2. 물시멘트비와 전기저항률의 관계



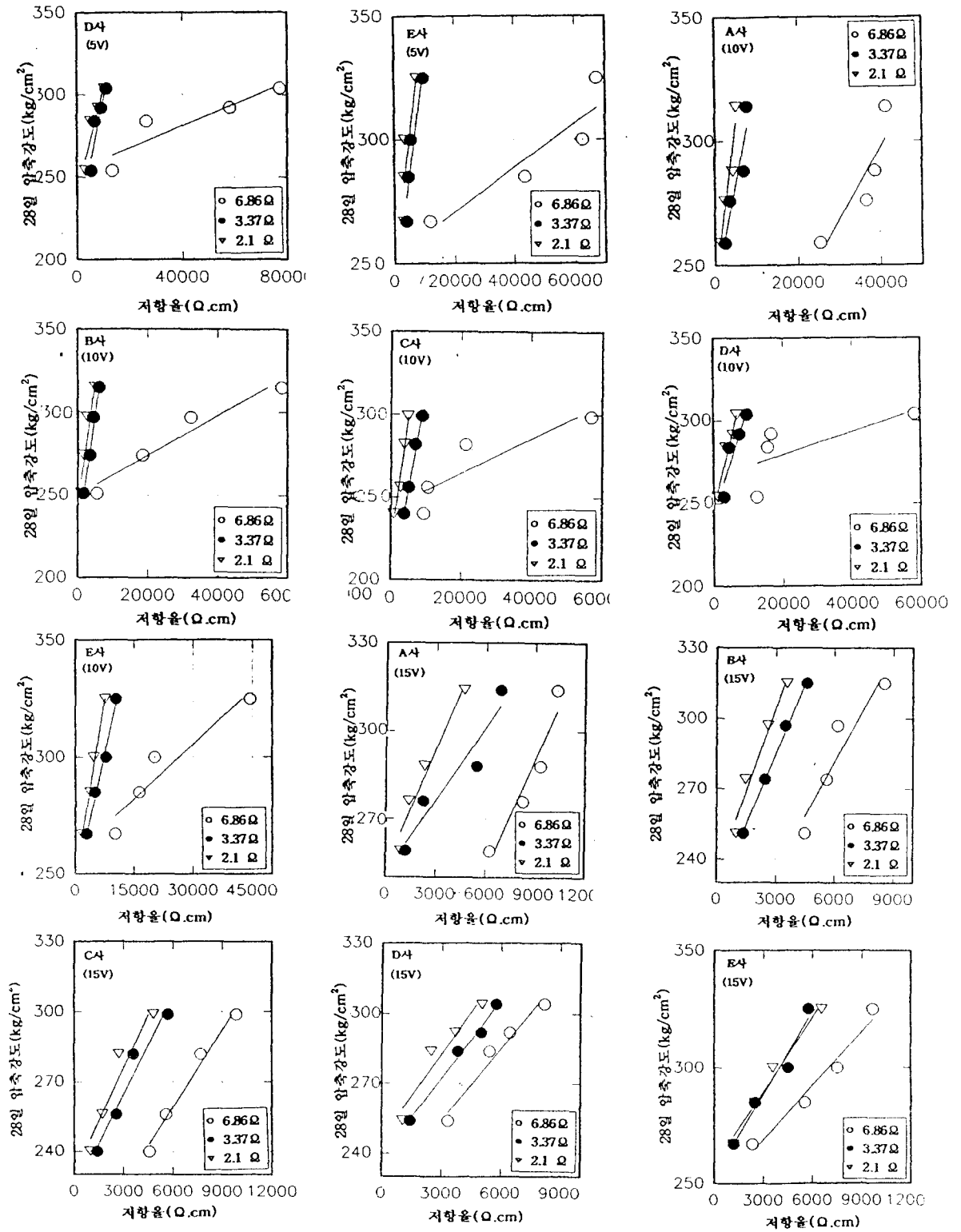


그림 3. 회귀분석 결과

그림-3은 시멘트 종류에 따른 28일 압축강도와 전기저항율의 관계를 회귀 분석한 결과 매우 양호한 상관관계를 나타내고 있다.

표준 저항체로서 6.86Ωcm을 사용한 경우가 다른 저항체에 비해 전기 저항율의 증가가 더욱 현저 하였으며 이로 미루어 실험 조건에 변동성이 없을 경우 6.86Ωcm을 표준 저항체로 사용하는 것이 더욱 효과가 있을 것으로 기대된다.

회귀 분석 결과를 아래에 나타낸다.

5V → $F_{28} = 0.001R + 238.755$ ($r=0.771$)
 10V → $F_{28} = 0.001R + 254.817$ ($r=0.707$)
 15V → $F_{28} = 0.008R + 228.712$ ($r=0.697$)

5. 결론

시멘트 모르타의 강도에 대한 일련의 실험을 통해 얻어진 결과를 간략히 요약하면 다음과 같다.

- 1) 물시멘트비가 증가함에 따라 전기 저항율은 감소하는 경향을 나타냈으며, 표준저항체 $R_c=6.86\Omega$ 을 사용 하였을 경우 경향은 더욱 현저하게 나타났다.
- 2) 시멘트의 전기 저항율은 전압이 증가함에 따라 감소하는 경향을 보였으나, 표준저항체의 저항치가 커질수록 오히려 높아지는 경향을 보였다.
- 3) 전기 저항율과 시멘트 3, 7, 28일 압축강도의 관계를 살펴보면 대체적으로 시멘트 종류에 관계없이 물시멘트비가 적을수록, 전기 저항율이 클수록 압축강도는 상승하는 것으로 나타났다.
- 4) 전기저항율과 시멘트 28일 압축강도를 회귀 분석한 결과 양호한 상관성을 갖는 것으로 나타났다.

5) 전압과 압축강도시험에 대한 회귀분석 결과

- ① $F_{28} = 0.001R + 238.755$ ($r=0.771$)
(5V 사용시)
- ② $F_{28} = 0.001R + 254.817$ ($r=0.707$)
(10V 사용시)
- ③ $F_{28} = 0.008R + 228.712$ ($r=0.697$)
(15V 사용시)

6. 참고 문헌

1. 仕入豊和外 1人, 콘크리트品質の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298號, 昭和55年12月, pp 1-9
2. 仕入豊和外 1人, 콘크리트의早期強度および溫度條件(20~90℃)の影響, 日本建築學會論文集, 第320號, 昭和57年10月, pp 1-11
3. 콘크리트強度即時判定方法の實用化に関する研究, 日本土木學會論文集, 第266號, 1997年10月, pp 123-124
4. 콘크리트品質の 早期判定方法に関する概況, 콘크리트品質の 早期判定研究委員會, 콘크리트工學, Vol.7, 1979.
5. 大井孝和, 콘크리트의供試體におけるセメント水和の進行と콘크리트強度發現の關係, 日本建築學會論文集, 第343號, 昭和59年9月, pp 1-12
6. 韓千求, 콘크리트 強度 早期推定研究의 概況, 레미콘, 1987.12, pp. 33~42.
7. 全贊基, 콘크리트 強度의 早期 判定에 관한 研究(1), 레미콘, pp 47-59
8. 全贊基, 콘크리트 強度의 早期 判定에 관한 研究(2), 레미콘, pp 35-48
9. 全贊基, 콘크리트 強度의 早期 判定에 관한 研究(3), 레미콘, pp 45-58