

장기노출된 페타이어 콘크리트의 전기적 특성

최종범 · 김찬오* · 손기상*

서울산업대학교 안전공학과 대학원 · *서울산업대학교 안전공학과

1. 서 론

기존의 다양한 관점의 콘크리트 특성에 관한 연구 및 전기적 실험결과에 대한 논문들이 발표되어왔다.

그간 2001년 3월에서 2001년 10월 25까지 측정시마다 3회 오전 10시, 14:00, 20:00 월매 1주일마다 체크하고 그 때마다, 습도, 온도를 병행하여 측정하였다.

이것은 자연상태에서 페타이어 콘크리트와 일반 콘크리트가 어떻게 특성을 달리하고 있는가에 대한 규명을 하기 위함이다. 여기서 “장기노출로된...”이라는 말의 의미를 정확히 정의하기 어렵지만 일반적인 콘크리트 재령인 28일을 기준으로 그 이상 재령이라는 의미로 본 연구에서 도입하였다. 정성적인 평가가 아니라는 점에서 결과값에 대한 신뢰성이 떨어지지만 자연상태에서의 실험결과라는 점과 많은 변수가 작용함에 따라 그 변수를 찾아가며 계속적인 실험을 통하여 페타이어 콘크리트의 저항값의 변화를 연구하고자 하는데 본 연구의 목적이 있다.

2. 본 론

페타이어 입자별, 배합분량별로 크게 두가지로 나누어 장시간 실시를 위해 다음과 같은 분포로 제작되었다.

Table 1. 기본 페타이어 배합표

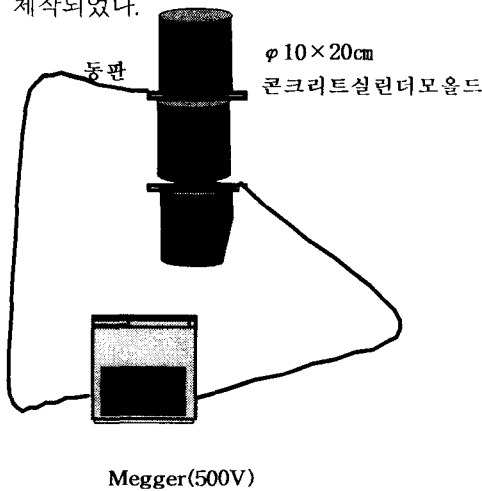


Fig.1 전기실험장치 설치도

Mix Proportion	
Material	Wt/100 kg
Cement	12.41 kg
Water	7.95 kg
Fine Aggregate	35.85 kg
Coarse Aggregate < 20	43.79 kg
Total Weight	100 kg
W / C	0.64

Table 2. 페타이어 콘크리트 배합표

입자 크기 (mm)	입자 무게 (kg)		입자 부피 (L)		Total Weight (kg)	Total Qty
	입자 무게	입자 부피	입자 무게	입자 부피		
0.0	3.10kg	2.00kg	8.95kg	10.95kg	25.00kg	3
0.2kg	0.4	3.10kg	2.00kg	8.95kg	10.95kg	3
	0.4~0.6	3.10kg	2.00kg	8.95kg	10.95kg	3
	0.6~1.2	3.10kg	2.00kg	8.95kg	10.95kg	3
	2.0	3.10kg	2.00kg	8.95kg	10.95kg	3
	7.0	3.10kg	2.00kg	8.95kg	10.95kg	3
	10.0	3.10kg	2.00kg	8.95kg	10.95kg	3
	steel	3.10kg	2.00kg	8.95kg	10.95kg	25.00kg

입자 크기 (mm)	입자 무게 (kg)		입자 부피 (L)		Total Weight (kg)	Total Qty
	입자 무게	입자 부피	입자 무게	입자 부피		
0.0	3.10kg	2.00kg	8.95kg	10.95kg	25.00kg	3
0.2kg	0.4	3.10kg	2.00kg	8.95kg	10.95kg	3
	0.4~0.6	3.10kg	2.00kg	8.95kg	10.95kg	3
	0.6~1.2	3.10kg	2.00kg	8.95kg	10.95kg	3
	2.0	3.10kg	2.00kg	8.95kg	10.95kg	3
	7.0	3.10kg	2.00kg	8.95kg	10.95kg	3
	10.0	3.10kg	2.00kg	8.95kg	10.95kg	3
	steel	3.10kg	2.00kg	8.95kg	10.95kg	25.00kg

3. 실험

3-1. 실험계획

페타이어 철성분 없는 입자 6가지(0.4mm이하, 0.4~0.6mm, 0.6~1.2mm, 2.0mm, 7.0mm, 10.0mm)와 steel 성분 함유한 파쇄분들에 대한 콘크리트배합은 표1과 같은 기본 배합에 각 입자별 분쇄량만 첨가하면서 변화값을 관찰하는 것으로 하였다.

Fig. 1에서와 같이 회로를 구성하고 모델명 Megger를 이용하여 저항값을 구한 후

$\rho = R \cdot \frac{A}{l}$ [$\Omega \cdot m$]으로 고유저항율을 계산한 후 최종적으로 저항값을 압축강도에 따른 영향인자로 규명 되도록 하였다.

K레미콘 공장에서 설계강도 240kg/cm² 실린더 모듈드를 15±2℃ 자동온도조절기가 장치된 양생조에서 7일간 양생된 실험체를 기준으로 하였으며 측정시 주변환경에 대해 디지털 온도, 습도계를 이용하였다. 양생된 실린더 모듈드는 서울산업대학교 전기 안전실험실에서 측정하였다.

3-2. 실험결과

3-2-1. Resistivity Ohm at the Age of Concrete Mold (mixing proportion 2.0%)

Mix Design	Fibre	QTY	Cylinder $\phi 100 \times 200$ 평균											
			저항률 [$\Omega \cdot m$] $\times 10^3$											
			37일차			51일차			58일차			64일차		
온도 (°C)	34	28	28	25	25	30	25	33	36	27				
습도 (%)	35	47	46	69	84	72	82	60	29	68				
MD (0.0% f. by vol)	0.0	3	1963	785	51.03	31.4	2.36	11.78	35.33	39.3	58.88	47.1		
Mix Design 2.0% by vol	0.2kg	0.4	3	3140	157	39.25	15.7	3.93	19.63	19.63	19.6	47.1	39.3	
		0.4~0.6	3	1570	157	39.25	35.33	7.85	31.4	35.33	78.5	157	58.9	
		0.6~1.2	3	785	235.5	31.4	15.7	19.63	39.25	35.33	19.6	78.5	58.9	
		2.0	3	785	274.8	35.33	23.55	15.7	27.48	23.55	66.7	235.5	47.1	
		7.0	3	1570	157	51.03	35.33	11.78	31.4	27.48	58.8	58.88	51.0	
		10.0	3	215.9	196.3	15.7	7.85	0.79	15.7	11.78	47.1	235.5	82.4	
		steel	3	117.8	117.8	27.48	15.7	1.963	35.33	31.4	39.3	157	55	

Mix Design	Fibre	QTY	Cylinder $\phi 100 \times 200$ 평균											
			저항률 [$\Omega \cdot m$] $\times 10^3$											
			71일차			78일차			85일차			92일차		
온도 (°C)	28	32	34	33	31	31	34	29		26				
습도 (%)	60	77	31	57	58	69	53	77		88				
MD (0.0% f. by vol)	0.0	3	1.18	11.78	90.28	51.03	109.9	19.63	51.03		2.36	3.14		
Mix Design 2.0% by vol	0.2kg	0.4	3	2.75	27.48	58.88	54.95	78.5	5.89	27.48		7.07	9.81	
		0.4~0.6	3	1.96	39.25	314	39.25	58.88	19.63	35.33		1.96	11.0	
		0.6~1.2	3	1.18	27.48	235.5	58.88	157	27.48	70.65		1.57	3.93	
		2.0	3	2.36	31.4	196.3	51.03	94.2	19.63	98.13		1.18	1.96	
		7.0	3	1.96	27.48	255.1	43.18	58.88	54.95	58.88		2.75	5.89	
		10.0	3	31.4	11.78	117.8	47.1	106	47.1	51.03		5.89	9.81	
		steel	3	1.96	39.25	106	78.5	51.03	29.44	78.5		5.89	5.89	

Mix Design	Fibre	QTY	Cylinder $\phi 100 \times 200$ 평균											
			저항률 [$\Omega \cdot m$] $\times 10^3$											
			99일차			106일차			115일차			120일차		
온도 (°C)	35	36	33	28	34		27	33	30					
습도 (%)	67	41	72	86	51		64	40	56					
MD (0.0% f. by vol)	0.0	3	7.85	39.25	15.7	9.81	78.5		157	314	510.3			
Mix Design 2.0% by vol	0.2kg	0.4	3	7.85	23.55	7.85	7.85	51.03		117.8	117.8	392.5		
		0.4~0.6	3	7.85	31.4	19.63	11.78	86.35		274.8	196.3	353.3		
		0.6~1.2	3	11.78	58.88	15.7	5.89	47.1		157	117.8	471		
		2.0	3	5.10	31.4	11.78	9.81	35.33		58.88	157	353.3		
		7.0	3	15.7	39.25	39.25	23.55	58.88		117.8	824.3	1178		
		10.0	3	15.7	58.88	23.55	15.7	235.5		392.5	785	1178		
		steel	3	7.85	78.5	23.55	19.63	117.8		157	588.8	667.3		

	0.0	3	98.1	274.8	5.89	117.8	78.5	78.5	235.5	353.3	117.8	157	785	471
0.2kg	0.4	3	117.8	98.13	3.93	117.8	117.8	78.5	78.5	98.13	117.8	314	196	
	0.4~0.6	3	157	215.9	3.93	471	157	78.5	78.5	98.13	106	235.5	785	785
	0.6~1.2	3	78.5	196.3	3.93	51.03	117.8	58.88	58.88	117.8	51.03	117.8	314	275
	2.0	3	235.5	215.9	15.7	196.3	588.8	255.1	274.8	274.8	196.3	235.5	510.3	785
	7.0	3	196.3	588.8	11.78	255.1	588.8	588.8	196.3	274.8	196.3	235.5	1178	471
	10.0	3	117.8	353.3	7.85	137.4	1178	157	392.5	314	117.8	392.5	471	1178
	steel	3	196.3	471	9.813	588.8	392.5	157	117.8	176.6	137.4	215.9	1178	1178

	0.0	3	7.85	11.78	7.85									
0.2kg	0.4	3	3.93	11.78	19.63									
	0.4~0.6	3	15.7	19.63	11.78									
	0.6~1.2	3	3.93	19.63	19.63									
	2.0	3	5.89	27.48	5.89									
	7.0	3	19.7	31.4	15.7									
	10.0	3	7.85	19.63	15.7									
	steel	3	11.8	19.63	27.48									

3-2-1. Resistivity Ohm at the Age of Concrete Mold (mixing proportion 1.5%)

	0.0	3			31.4	39.25	78.5	0.79	35.33	47.1	27.48	70.65	58.88	86.35
0.2kg	0.4	3			39.25	47.1	78.5	1.96	3.93	31.4	15.7	27.48	35.33	35.33
	0.4~0.6	3			19.63	11.78	39.25	1.18	35.33	98.13	15.7	39.25	58.88	58.88
	0.6~1.2	3			58.88	39.25	137.4	1.96	51.03	58.88	11.78	78.5	98.13	39.25
	2.0	3			19.63	5.89	15.7	0.79	27.48	31.4	23.55	117.8	137.4	51.03
	7.0	3			58.88	137.4	274.8	0.79	23.55	58.88	31.4	54.95	54.95	47.1
	10.0	3			27.48	58.88	78.5	5.89	13.74	7.85	15.7	9.81	15.7	19.63
	steel	3			19.63	7.85	13.74	0.39	31.4	5.89	2.75	19.63	5.89	7.85

Mix Design	Fiber	Age (d)	Cylinder $\phi 100 \times 200$ 평균											
			저항값 [Q · ml $\times 10^3$]											
			35일차			49일차			56일차			일차		
			24	28	22	18	18	18						
35	36	51	71	72	72									
MD (0.0% f. by vol)	0.0	3	70.65	392.5	588.8	3.93	5.89	5.89						
Mix Design 1.5% by vol	0.2kg	0.4	3	27.48	235.5	78.5	2.75	3.93	11.78					
		0.4~0.6	3	66.73	785	471	3.93	5.89	9.81					
		0.6~1.2	3	58.88	588.8	1845	1.96	3.93	7.46					
		2.0	3	66.73	785	157	1.18	1.96	3.93					
		7.0	3	353.3	785	157	7.85	11.78	7.85					
		10.0	3	35.33	353.3	176.6	1.18	1.96	3.14					
		steel	3	15.7	19.63	196.3	1.96	2.75	2.36					

4. 분 석

- 1) 페타이어 2.0% 배합 콘크리트에서 콘크리트 재령 35일차에서 가장 큰 저항값은 0.4mm 입자의 3,140과 7.0mm 입자의 157로 나타났다. 그러나 같은 조건에서 재령 162일차에서는 0.4mm 11.78로 Normal의 경우와 같고, 7.0mm 입자의 경우 15.7로 측정되었다. 0.4mm에서 더 큰 감소폭을 나타냈다.
- 2) 배합비 2.0% 조건에서 4개월 재령인 120일차에서는 7.0mm 입자와, 10mm 입자에서 각각 1178로 가장 큰 저항값을 나타냈다. 0.4mm 입자 배합 콘크리트는 재령 증가에 따라 큰 감소를 보이고 있지만 입자가 큰 10mm는 감소폭이 적었다가 162일차 즉 4개월 이후에는 7.0mm와 같게 나타났고 이것은 또한 페타이어를 일체 배합하지 않은 Normal보다 약간 높은 저항값으로 측정되었다.
- 3) 페타이어가 전혀없는 Normal은 온도 34℃, 습도 35%의 고온에서 37일차 재령시에 저항값은 1963이었는데, 162일차 재령시에는 온도 18℃, 습도 72.0%의 조건에서 저항값 7.85를 나타냈다. 이는 페타이어 입자크기 0.4~0.6mm의 경우와 유사한 저항값이다.
- 4) 페타이어 배합비 1.5%인 경우는 온도 28℃, 습도 36% 35일차 재령에서 Normal의 경우 중간측정값인 392.5인데 비해 49일 재령시에는 온도 18℃, 습도 72% 조건에서 5.89로 나타났다.
- 5) 배합비 1.5%에서는 통상적인 기준인 재령 28일 기준과 49일차를 비교할 때, 70.65와 5.89로 1/15배로 감소되었다. 이러한 측정값 감소는 steel성분이 함유된 페타이어에서는 28일 재령시 7.85, 49일차 재령시 2.35로 나타나 역시 1/3배로 적은 감소폭이지만 일정비율의 감소를 보였다.
- 6) 배합비 1.5%의 Steel의 경우는 재령기간(49일차)동안 Normal에 비해 저항값이 낮음을 나타내었으나 그에 비해 2.0%에서는 재령 37일까지는 저항값이 낮았으나 51일차를 접어들며 높아지는 경향을 나타내었다.
- 7) 재령기간이 경과할수록 입자의 크기가 작은 것일수록 전기저항값이 감소되는 경향을 나타냈다.

5. 결 론

이상과 같은 실험과 분석을 통하여 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- 1) 전체적인 실험결과 콘크리트저항 측정시 온도와 습도가 가장 큰 변수로 작용하였으며, 특히 습도가 높을수록 현격한 저항값의 감소를 나타내었다. 이는 콘크리트 시료 안의 내부수분함유량의 증가에 따른 저항값의 감소를 초래한 것으로 사료된다.
- 2) 페타이어 배합시 함유분량이 많을수록 콘크리트의 전기저항값은 크게 나타나서 절연콘크리트구조 제작이나 건설공사의 감전사고예방에 저비용고효율로 적용될 수 있을 것으로 사료된다.
- 3) 28일 기준강도재령개념과는 크게 다른 장기간 노출된 페타이어콘크리트판을 필요공사공정에 사용시 공사중 감전사고예방에 기여할 수 있다.
- 4) 지속적인 수년단위, 10년단위 측정시 결과값은 효과적인 실무적용 기준값을 제시해 줄 수 있을 것으로 기대된다.

참고문헌

1. S.J.Pantazopoulou, J.F.Bonacci, S.Sheikh, "Repair of Corrosion Damaged Columns with FRP wraps", pp 3-11, vol5, NO1, ASCE February 2001.
2. C.Andrade, C.Alonso, "On-site measurements of Corrosion rate of reinforcements", pp141-145, vol15,no2, Construction and Bulding Materials, March-April 2001
3. AM Neville, "Electrical properties of Concrete", pp511-528, properties of Concrete, 3rd Edition, pitman, 1981
4. D. A. Hausmann, Electrochemical behaviour of steel in concrete. J. Amer Concr. Inst., 61, No. 2, pp. 171-88(Feb. 1964)
5. G. E. Monfore, The electrical resistivity of concrete, J. Por사. Cem. Assoc. Research and Development Laboratories, 10, No. 2, pp. 35-48(May 1968)
6. R. Cigna, Measurement of the electrical conductivity of cement mortars, Annali di Chimica, 66, pp. 483-94(Jan. 1966)
7. R. L. Henry, Water vapor transmission and electrical resistivity of concrete, Technical Report R-244(U.S. Naval Civil Engineering Laboratory, Port Hueneme, California, June 30, 1963)
8. V. P. Ganin, Electrical resistance of concrete as a function of its composition, Beton i Zhelezobeton, No. 10, pp. 462-5(1964)
9. E. Hammond and T. D. Robson, Comparison of electrical properties of various cements and concretes, The Engineer, 199, pp. 78-80(Jan. 21, 1955): pp. 144-15(Jan. 28, 1995)