

静電場養生コンクリートの強度特性と微細構造について

○八戸工業大学土木工学科 学生会員 9842077 澤山克行

八戸工業大学土木工学科 正会員 9619026 余 其俊

八戸工業大学土木工学科 正会員 8111740 杉田修一

1. はじめに

静電場装置で高電圧処理（電子チャージ）された水を以下において電子水という。最近、機能水と呼ばれる水の一つである。数時間の荷電によって電子水は生産できる。普通の水と比較して電子水は分子集団がより小さく、生理活性がより高い。そして農業、水産、畜産、健康医療、食品産業などの分野での有効性が確認されている。本研究では次のことを行なった。(1)水和反応および硬化したセメントペーストの微細構造に対する電子水による水中養生の影響。(2)電子水および普通水（未静電場処理水）による水中養生でのモルタルおよびコンクリートの強度比較。その結果、静電場処理がコンクリート初期強度を向上させることが明らかとなった。

2.

2-1 使用材料及び配合

使用された材料は(1)住友大阪セメント普通ポルトランドセメント (SOPC)、三菱マテリアル普通ポルトランドセメント (MOPC)、(2)砕石 25mm、川砂 5mm、その他 AE 減水剤

セメントペーストは、W/C=30%、セメント SOPC、練混ぜ水は上水道水（普通水）とした。コンクリートは、Table-1に示す通りの配合で、供試体 $100\phi \times 200\text{mm}$ で、目標スランプ $8.0 \pm 2.0\text{cm}$ 、目標空気量 $5.0 \pm 1.5\%$ とした。その他に、モルタルは供試体 $100\phi \times 200\text{mm}$ で、W/C=55%、s/c=2.00 とし、0.7mm のワイヤーでおのおのを繋いだ。

2-2 養生方法

静電場養生は次の3種類で行なった。(1)電子水水中養生、(2)Figure-1 のように電子チャージ台に供試体をのせての気中養生、(3)Figure-2 のようにワイヤーを使用して電子チャージャーと連結しての気中養生。

はじめに、セメントペーストとコンクリート供試体は $20 \pm 2^\circ\text{C}$ の各々普通水(N.W.)と電子水(E.W.)において水中養生を行った。後者の場合、養生水槽は電子チャージャーと連結されている。この実験においては電圧 7.0kV を採用した。この時の電流は 0.13アンペアである。供試体を入れる前の水槽の水は3日間電子チャージを行ったものである。

コンクリートを詰めた供試体モールドは、Figure-1 のように、電子チャージャーに連結されたステンレス台で、室温 $20 \pm 2^\circ\text{C}$ 、R.H.40%において気中養生を行った。また、その他に 60°C で3時間蒸気養生し、それから規定の材齢まで気中養生を行った。モルタルを詰めた供試体モールドは、Figure-2 のように電子チャージャーにワイヤーを連結した静電場で、室温 $20 \pm 2^\circ\text{C}$ において気中養生を行った。

3. 結果および考察

3-1 モルタルおよびコンクリートの養生に対する静電場の効果

Table-2は以下のことを示している。(1)電子水により水中養生したコンクリート強度は、普通水による水中養生のものと比較すると、少なくとも5%、特に、材齢2日および3日では15%以上の向上を示した。(2)電子チャージ台上での気中養生での各材齢におけるコンクリート強度は、気中養生のコンクリートの強度と比較して皆増加しており、特に、1日強度は50%増加している。(3)蒸気養生は、かなりコンクリートの初期強度を増進させるが、材齢28日以降の強度は、その他の条件の中で最低である。(4)モルタルがFigure-2のような方法で電子チャージされると、その強度もまた初期材齢において比較用供試体より増加している。材齢3日、電子チャージ台上で気中養生したコンクリートの強度増加率は、電子水で水中養生したものの強度より下回っている。これは乾燥状態で水分が徐々に蒸発したことにより、水和水量の減少によるものであろう。既往の研究において¹⁾、電子チャージの強さはセメントの強度に影響

することを確認している。Table-2 ではまた、Figure-2 の方法で養生したモルタルの強度増加率が材齢 3 日、7 日共、小さいことを示している。この理由は、用いた発砲スチロールの絶縁体としての機能が不十分であったのかもしれない。材齢 28 日においては、強度増加率は電子水養生のものと同じ増加率に到達している。

3-2 普通水および電子水で水中養生されたセメントペーストの非蒸発水量および SEM 像

Table-3 は、測定された材齢においては電子水中養生されたペーストの非蒸発水量は、普通水で養生したものより大きいことを示している。本文には示されなかったが、SEM 像から電子水中養生ペーストの場合には、普通水養生と比較してより発達した水和物の生成および細孔構造の緻密化が観察されている。

3-3 ペーストおよびコンクリートの細孔分布

Table-4 から、電子水中養生ペースト及びコンクリートの平均細孔半径および総細孔容積は、普通水中養生したものと比較して減少している事がわかる。その理由として電子水のクラスターが小さいこと、静電場の影響範囲は電子密度が高いので硬化過程におけるペーストの水和反応が促進されるであろうことなどが考えられる。

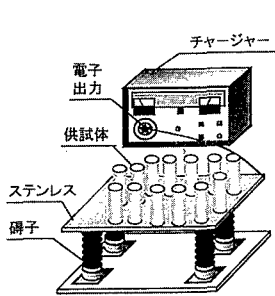


Figure 1 Electron charging table

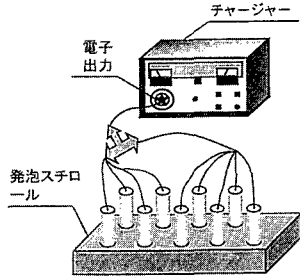


Figure 2 Curing specimens under an electric field
Produced by wire connection

Table 1 Mixture proportion of concrete(kg/m³)

w/c	s/a	MOPC	Water	Sand	Stone	AE agent
0.49	0.43	318	156	763	1051	0.86

Table 3 Non-evaporable water in cement paste(%)

Sample	Cured in N. W.			Cured in E. W.		
	3d	7d	28d	3d	7d	28d
Water	10.0	11.5	13.1	11.4	12.9	15.7

Table 2 Concrete strength under different curing conditions

Sample	Curing method	w/c	Compressive strength (MPa)				
			1d	2d	3d	7d	28d
Mortar	In air	0.55	—	—	22.4 (100)	33.0 (100)	43.5 (100)
	In air but under electrostatic field	0.55	—	—	22.8 (102)	33.2 (101)	46.4 (107)
Concrete	In normal water	0.49	4.4 (100)	10.7 (100)	15.7 (100)	26.7 (100)	37.4 (100)
	In electron water	0.49	4.4 (100)	12.5 (117)	18.6 (118)	28.0 (105)	40.7 (109)
	On charging table	0.49	6.6 (150)	12.5 (117)	18.3 (117)	27.4 (103)	36.6 (98)
	In air	0.49	4.4 (100)	11.8 (110)	17.6 (112)	25.8 (97)	35.8 (96)
	In steam	0.49	17.2 (390)	20.4 (191)	24.1 (154)	29.9 (112)	33.4 (89)

Table 4 Average pore size and total pore volume of paste and concrete specimens cured at 20±2°C

Sample	Paste at a w/c ratio of 0.30						Concrete at a w/c ratio of 0.49					
	Cured in N. W.			Cured in E. W.			Cured in N. W.			Cured in E. W.		
	3d	7d	28d	3d	7d	28d	3d	7d	28d	3d	7d	28d
Average pore radius (nm)	53.8	40.5	37.5	40.9	37.1	31.4	44.2	35.4	27.1	37.2	28.2	20.5
Total pore volume (10 ⁻⁶ m ³ /kg)	107.4	90.1	65.5	110.7	89.5	64.4	92.7	90.6	72.6	97.1	90.9	64.5
Porosity (%)	20.3	17.9	12.8	21.3	17.5	12.9	19.0	18.2	13.1	--	16.7	11.6

4. 結論

- 1) 静電場はセメント及びコンクリート強度、特に初期材齢の強度向上の目的で使うことができる。静電場養生は、簡単に応用でき、環境汚染なしにセメントおよびコンクリート強度を向上させる経済的な方法である。
- 2) 静電場養生によるセメント及びコンクリートの強度増進の理由は、セメントの水和反応速度の増進及び細孔半径と細孔容積の減少とに直接結び付けられるであろう。

参考文献

1) Q. Yu, S. Sugita, K. Sawayama, and Y. Isojima, "Effect of Electron Water Curing and Electron Charging Curing on Concrete Strength", Cement and Concrete Research, Vol.28, No.9, pp.1201-1208