

## V-474

### コンクリート強度に及ぼす電子水及び電子チャージ養生の効果について

八戸工業大学 学生員 ○澤山克行

八戸工業大学 正員 余 其俊、庄谷征美、杉田修一

#### 1. はじめに

電子水は、普通水を適度な電圧において数時間から1～3日、水槽で電極および活性媒体として備長炭を入れ、高電圧処理（電子チャージ）することで作ることができる。電子水は分子集団が小さく活性がより高い。近年、電子水は日本において、農業、水産、畜産、健康医療及び食品産業に応用されている。既往の研究で、電子水中養生したモルタルの強度は各材齢において増加すること、そして強度の増加率は電子チャージの強さおよび方法により変化することを確認した<sup>1)</sup>。この研究においては、電子水中養生及び電子チャージをしながらの気中養生におけるコンクリートの強度と標準養生及び気中養生における強度と比較を行った。また、電子水中養生および普通水中養生でのセメントペーストによる非蒸発水量の比較を行った。

#### 2. 実験概要

**2-1 原材料及びコンクリート配合** (1) 普通ポルトランドセメント (OPC)、(2) 粗骨材：砕石 25mm、細骨材：川砂、(3) 水道水（普通水）、(4) AE 減水剤。配合は表 1 の通りで、目標スランプ 8cm±2.5cm、目標空気量 5.0±1.5%である。コンクリート供試体はφ100×200を使用した。

**2-2 養生** 作成した供試体は、20±2℃の普通水及び電子水において水中養生を行った。電子水の場合は写真 1 の通り養生槽と電子チャージャーを連結し電子チャージをしながら養生した。電子水は使用前 3 日間電子チャージをしたものである。写真 2 の通り電子チャージャーと連結した電子チャージ台の上に供試体を置き、室温 20±2℃において電子チャージをしながら気中養生を行った。比較として電子チャージなしの気中養生も行った。材齢は、1 日、2 日、3 日、7 日及び 28 日とした。圧縮強度試験後、コンクリートの細孔容積および細孔分布の測定を行った。

**2-3 セメントペーストの非蒸発水量** セメントペーストは、普通水及び電子水を使用し W/C30%で行った。密閉されたガラス瓶に入れ室温 20±2℃で 1 日置き、ガラス瓶から脱型した後、水温 20±1℃の普通水および電子水による水中養生し、材齢 7 日及び 28 日で測定を行った。

#### 3. 結果および考察

**3-1 養生によるコンクリートの強度改善** 表 2 は次のことを示している。(1) 電子水中養生によるコンクリート強度は、普通水中養生のものと比較すると、少なくとも 5%、材齢 2 日、3 日においては 15%以上向上している。(2) 電子チャージ台上で気中養生したコンクリート強度は、通常の気中養生のものと比較して、すべての材齢において増加している。特に、1 日材齢ではほぼ 50%増加している。

**3-2 電子水中養生によるセメント水和反応** 表 3 より、電子水中養生によるセメントペースト中の非蒸発水量は、普通水中養生のものと比較すると増加したことを表わしている。これはセメントの水和反応が促進されたことを示す。その理由は、電子水がより小さい分子集団であることにより水和物に浸透しやすいこと、また高い電気伝導率により反応イオンの移動速度が増したことが考えられる。

**3-3 細孔分布** 表 4 より、電子水中養生のコンクリートの平均細孔半径は気中養生及び普通水中養生のものと比較して減少している。表 5 より、(1) 研究の範囲では、電子水中養生でのコンクリートの総細孔容積は、普通水養生と比較して材齢 3、7 日では明らかな変化は見られないが、材齢 28 日では 11%減少している。

(2) 電子水中養生のコンクリートにおいて、細孔半径 50nm以下での細孔容積は増加しているが、細孔半径 50nm以上での細孔容積はかなり減少している。

キーワード 電子チャージ、電子水、コンクリート強度、水和反応、細孔分布  
連絡先 039-1166 青森県八戸市根城 6-16-22 TEL 0178-47-8151

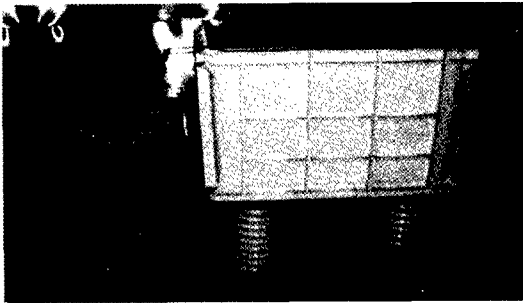


Photo 1 Curing tank in which electron water is produced

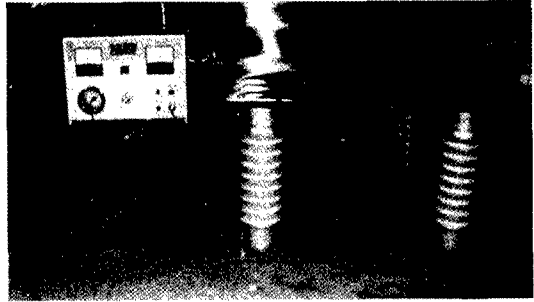


Photo 2 Electron charging table

Table 1 Mixture Proportion of Concrete (kg/m<sup>3</sup>)

| w/c  | s/a  | OPC* | Normal water | River sand | Crushed stone | AE agent |
|------|------|------|--------------|------------|---------------|----------|
| 0.49 | 0.43 | 318  | 156          | 763        | 1051          | 0.86     |

\* Blaine specific surface area = 321 m<sup>2</sup>/kg, gravity = 3.16

Table 3 Non-evaporable Water (NEW) in Cement Pastes

| Sample  | Cured in N. W.* |      |      | Cured in E. W.** |      |      |
|---------|-----------------|------|------|------------------|------|------|
|         | 3d              | 7d   | 28d  | 3d               | 7d   | 28d  |
| NEW (%) | 10.0            | 11.5 | 13.1 | 11.4             | 12.9 | 15.7 |

\*: Normal water; \*\*: Electron water

Table 2 Compressive Strength of the Concrete Cured under Different Curing Conditions

| Sample   | Curing method     | Compressive strength (MPa) |           |           |           |           |
|----------|-------------------|----------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|          |                   | 1d                         | 2d        | 3d        | 7d        | 28d       |
| Concrete | In normal water   | 4.4(100)*                  | 10.7(100) | 15.7(100) | 26.7(100) | 37.4(100) |
|          | In electron water | 4.4(100)                   | 12.5(117) | 18.6(118) | 28.0(105) | 40.7(109) |
|          | On charging table | 6.6(150)                   | 12.5(117) | 18.3(117) | 27.4(103) | 36.6(98)  |
|          | In air            | 4.4(100)                   | 11.8(110) | 17.6(112) | 25.8(97)  | 35.8(96)  |

\* Figures in brackets are strength ratios by percentage

Table 4 Average Pore Radius and Porosity of Concrete Specimens Cured at 20 ± 2°C

| Sample                   | Cured in N. W. |      |      | Cured in E. W. |      |      | Cured in air |      |      |
|--------------------------|----------------|------|------|----------------|------|------|--------------|------|------|
|                          | 3d             | 7d   | 28d  | 3d             | 7d   | 28d  | 3d           | 7d   | 28d  |
| Average pore radius (nm) | 44.2           | 35.4 | 27.1 | 37.2           | 28.2 | 20.5 | --           | 30.3 | 29.6 |
| Porosity (%)             | 18.5           | 18.5 | 15.2 | 19.0           | 18.2 | 13.1 | --           | 16.7 | 11.6 |

Table 5 Variation of Relative Pore Volume of Concrete with Pore Radius Ranges under Different Curing Conditions

| Curing method | Age (d) | Pore radius range (nm) – Relative pore volume (%) |       |       |        |         |                     |                                  | Total Vol. mm <sup>3</sup> /g |
|---------------|---------|---------------------------------------------------|-------|-------|--------|---------|---------------------|----------------------------------|-------------------------------|
|               |         | <15                                               | 15-25 | 25-50 | 50-100 | 100-500 | 500-10 <sup>4</sup> | 10 <sup>5</sup> -10 <sup>6</sup> |                               |
| In N. W.      | 3       | 22.68                                             | 9.90  | 21.34 | 15.28  | 15.66   | 11.70               | 3.44                             | 92.73                         |
| In E. W.      | 3       | 24.90                                             | 11.93 | 22.88 | 15.86  | 14.23   | 7.41                | 2.78                             | 97.11                         |
| In N. W.      | 7       | 25.81                                             | 12.88 | 29.55 | 15.44  | 6.55    | 6.42                | 3.34                             | 90.56                         |
| In E. W.      | 7       | 29.80                                             | 15.11 | 32.65 | 8.49   | 5.27    | 6.11                | 2.57                             | 90.88                         |
| In N. W.      | 28      | 32.61                                             | 14.27 | 29.52 | 6.35   | 6.73    | 7.32                | 3.20                             | 72.56                         |
| In E. W.      | 28      | 39.02                                             | 21.17 | 18.83 | 5.91   | 7.08    | 5.48                | 2.52                             | 64.51                         |

#### 4. 結論

1. 電子水中養生及び電子チャージ気中養生を行ったコンクリート強度、特に初期強度は、大幅に改善される。簡単で経済的なこの2種類の養生方法は、これからの研究によりコンクリート産業に応用できる。

2. この2種類の養生方法によるコンクリート強度が増加する理由は、電子チャージにより、水の分子集団サイズが減少したことによりセメントの水和反応の増進が図られ、コンクリート中の平均細孔半径および細孔容積の減少したためであると考えられる。

#### 参考文献

- 1) S.Sugita, Q.Yu, K.Sawayama and Y.Isojima, "Improvement on the strength of cement mortar and concrete by electron water curing", in The 4<sup>th</sup> Beijin Intern. Symp. on Cem. and Conc.Beijing, 1998