

# V-289 配水池等池状構造物における塩素水圧が コンクリートに及ぼす影響の一考察

大阪市立大学 正員 本多淳裕  
 大阪市立大学 正員 真嶋光保  
 大阪市水道局 正員 ○ 木原義孝

1. 目的 最近、大阪市水道局においては、配水池等池状構造物の劣化の状況が多く報告されている。その劣化要因として、水圧、水流などによる機械的作用、乾燥収縮の繰り返しによる物理的作用、塩素イオン、pH値などによる化学的作用が考えられる。そこで本研究は、配水池等池状構造物におけるコンクリートの中性化に対する耐久性について検討し、水圧がコンクリートに与える影響について解明し、浄水処理において近い将来、導入が予想されている高度処理に対応するため、配水池等池状構造物の部材厚ならびに水密コンクリート配合などの設計仕様についての基礎的研究を行なうものである。

2. 実験計画および供試体の作成 本実験における要因とその水準を表-1に示す。現場コンクリートの供試体は、現在施工されている柴島浄水場の新配水池築造工事に使用したレディーミクストコンクリートを採取した。実験コンクリートの供試体は、実験室内において作成した。骨材については産地が別であるが、それぞれの粗骨材は碎石を、細骨材は海砂を用いた。現場コンクリートの混和材としては、AE減水剤（バリックス）および膨張材（デンカCSA 100R）を使用した。実験コンクリートの混和剤としては、凝結遅延型減水剤（ボゾリスNo.8）を使用した。それぞれの配合を表-2に示す。実験および現場コンクリートの供試体の大きさは、 $\phi 75 \times 150\text{mm}$ とし、コンクリート打設後28日間恒温恒湿室（ $20^{\circ}\text{C}$ 、RH.60%）において空中養生を行なった。ただし、圧縮強度試験用の供試体は、 $\phi 100 \times 200\text{mm}$ を使用し、同一養生を行なった。現場コンクリートの供試体は打設後28日間現場養生を行なった。

3. 実験方法 1) 塩素加圧は、 $0.5, 10, 20\text{kgf/cm}^2$

表-1 実験計画表

| 要 因                          | 水 準               |
|------------------------------|-------------------|
| 水 圧<br>( $\text{kgf/cm}^2$ ) | 0.5, 10, 20       |
| 加圧水の遊離残留塩素濃度 (ppm)           | 0.50              |
| 供試体の種類                       | 現場コンクリート、実験コンクリート |
| 中性化の促進                       | 無、有（炭酸ガス濃度 20%）   |

の圧力で塩素水（遊離残留塩素50ppm、pH値 6.8）により7日間加圧した。2) 中性化試験は塩素加圧終了後の供試体を、炭酸ガス濃度20%の気密容器内で1か月間中性化を促進させた。中性化深さの測定は、フェノールフタレイン溶液による呈色反応により求めた。3) 圧縮強度試験は

表-2 配 合 表

| 種 別                              | 粗骨材<br>の最大<br>寸法<br>(mm) | スラン<br>プの<br>範 囲<br>(cm) | 空気量<br>の<br>範 囲<br>(%) | 水セメ<br>ント比<br>W/C<br>(%) | 細骨材<br>率<br>s/a<br>(%) | 単 位 量 ( $\text{kg/m}^3$ ) |               |          |          |     |                            |
|----------------------------------|--------------------------|--------------------------|------------------------|--------------------------|------------------------|---------------------------|---------------|----------|----------|-----|----------------------------|
|                                  |                          |                          |                        |                          |                        | 水<br>W                    | セメン<br>ト<br>C | 細骨材<br>S | 粗骨材<br>G | 混和材 | 混和剤<br>( $\text{cc/m}^3$ ) |
| JIS A 1108「コンクリートの圧縮強度試験方法」で求めた。 |                          |                          |                        |                          |                        |                           |               |          |          |     |                            |
| 現場コンクリート                         | 20                       | 15                       | 4                      | 51                       | 44                     | 184                       | 331           | 755      | 1011     | 30  | 722                        |
| 実験コンクリート                         | 15                       | 8                        | 2                      | 55                       | 40                     | 198                       | 360           | 678      | 996      | —   | 3600                       |

4) 塩素加圧終了後の加圧水の  
水質試験を行なった。分析項目

として、Si, Al, Fe, Ca, Na, K, Cl, Mg の各イオン濃度および遊離残留塩素濃度、pH値とした。5) コンクリートの化学分析試験は、圧縮強度試験終了後の供試体から、供試体の表層、中間、中心部からモルタル部分のみ採取した。分析項目としては、強熱減量（ $550^{\circ}\text{C}$  ig.loss,  $1000^{\circ}\text{C}$  ig.loss）、 $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , CaO, MgO,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ , MnO, Cl,  $\text{CO}_2$  とした。6) セメント水生成物については、化学分析試験に用いたモルタル部分について粉末X線回折法のより求めた。

4. 実験結果および考察 1) 中性化試験の測定を表-3に示す。中性化深さについて現場コンクリートは、実験コンクリートに比べて、塩

表-3 中性化深さ

| 種 別           | 水 圧<br>( $\text{kgf/cm}^2$ ) | 塩素加圧<br>(mm) | 塩素加圧<br>+ 中性化<br>(mm) |
|---------------|------------------------------|--------------|-----------------------|
| 実 験<br>コンクリート | 0                            | 0.2          | 0.2                   |
|               | 5                            | 0.2          | 0.3                   |
|               | 10                           | 0.2          | 0.5                   |
|               | 20                           | 0.2          | 0.4                   |
| 現 場<br>コンクリート | 0                            | 2.0          | 8.1                   |
|               | 5                            | 2.1          | 9.1                   |
|               | 10                           | 2.2          | 9.2                   |
|               | 20                           | 2.5          | 9.5                   |

素加圧の影響も中性化促進の影響も受けやすい供試体であったといえる。したがって、中性化深さおよび浸透深さからいえることは、配水池等池状構造物の部材厚（特にかぶり厚）については、底床盤部を最も厚くすることが望ましいと考えられる。

2) 圧縮強度試験の測定を図-1に示す。実験および現場コンクリートについて、塩素水の加圧条件の違いによる顕著な差異は認められない。中性化促進した場合、圧縮強度は大きく増加した。3) Caイオンの変化を図-2に示す。ブランク値に比べて水道水では変化が認められないが、塩素水による加圧を行なうとコンクリートからの溶出量が多く、特に実験コンクリートよりも現場コンクリートは、5kgf/cm<sup>2</sup>と20kgf/cm<sup>2</sup>で溶出量が多くなっていた。残留塩素の有無による溶出量の変化は、Caイオンが最も顕著に現れていた。4) 化学分析結果を表-4に示す。CaOは、全供試体ともに表層部が低くなっており、中間、中心部には顕著な差異は認められなかった。これは、供試体表層部のCaの水中への溶出がおもな原因であると考えられる。Clは、全供試体について表層部が高くなっている。また、一部供試体の中間部につ

いて増加していた。これは、Clイオンがコンクリート中に拡散しやすいためである(1)。CO<sub>2</sub>は、全供試体の試料において表層部で高くなっており、中間、中心部では差異が認められなかった。これは表層部が中性化したため、表層部におけるCa(OH)<sub>2</sub>がCaCO<sub>3</sub>に変化したことが原因と考えられる。

5) X線回折試験結果からは、実験および現場コンクリート

ともに遊離石灰とカルサイトの他にエトリンガイトの生成が確認できた。実験コンクリートにおいては、一部フリーデル氏塩の生成も確認できた。これは、実験コンクリートの方が塩素加圧による影響が大きく、混和材による違いが関係していると考えられる。

#### 参考文献

(1) 大浜嘉彦、能登谷恭一、森脇貴志、三宅雅之：ポリマーセメントコンクリートの塩化物イオン浸透に対する抵抗性、第7回コンクリート工学年次講演会論文集 昭和60年

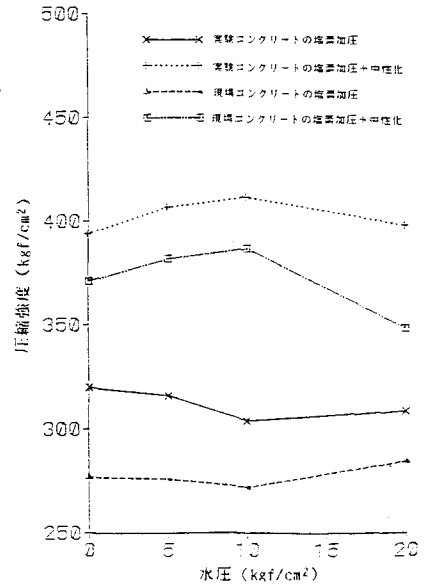


図-1 圧縮強度と塩素加圧の関係

表-4 供試体試料の化学分析

| 種別                   | 試料 | 圧力<br>(kgf/cm <sup>2</sup> ) | 試料採取<br>位置 | 実験コンクリート   |           |                        | 現場コンクリート   |           |                        |
|----------------------|----|------------------------------|------------|------------|-----------|------------------------|------------|-----------|------------------------|
|                      |    |                              |            | CaO<br>(%) | Cl<br>(%) | CO <sub>2</sub><br>(%) | CaO<br>(%) | Cl<br>(%) | CO <sub>2</sub><br>(%) |
| 塩素<br>加圧             | 0  |                              | 表層部        | 30.2       | 0.06      | 11.6                   | 30.8       | 0.08      | 11.4                   |
|                      |    |                              | 中間部        | 34.6       | 0.01      | 9.5                    | 33.6       | 0.01      | 7.4                    |
|                      |    |                              | 中心部        | 35.0       | 0.02      | 8.2                    | 34.6       | 0.02      | 7.4                    |
|                      | 5  |                              | 表層部        | 32.6       | 0.04      | 10.3                   | 32.3       | 0.07      | 12.8                   |
|                      |    |                              | 中間部        | 34.1       | 0.02      | 6.5                    | 35.1       | 0.02      | 6.2                    |
|                      |    |                              | 中心部        | 35.7       | 0.01      | 6.7                    | 35.3       | 0.01      | 7.7                    |
|                      | 10 |                              | 表層部        | 33.0       | 0.07      | 11.6                   | 34.4       | 0.07      | 12.4                   |
|                      |    |                              | 中間部        | 34.2       | 0.02      | 8.9                    | 35.9       | 0.02      | 8.3                    |
|                      |    |                              | 中心部        | 32.9       | 0.02      | 7.7                    | 36.0       | 0.02      | 7.8                    |
|                      | 20 |                              | 表層部        | 33.0       | 0.04      | 12.0                   | 30.4       | 0.05      | 12.9                   |
|                      |    |                              | 中間部        | 34.1       | 0.01      | 6.9                    | 33.4       | 0.06      | 6.9                    |
|                      |    |                              | 中心部        | 33.7       | 0.01      | 6.0                    | 34.9       | 0.04      | 7.7                    |
| 塩素<br>加圧<br>+<br>中性化 | 0  |                              | 表層部        | 30.8       | 0.10      | 13.1                   | 27.3       | 0.03      | 14.2                   |
|                      |    |                              | 中間部        | 32.9       | 0.10      | 7.3                    | 34.0       | 0.03      | 6.4                    |
|                      |    |                              | 中心部        | 32.7       | 0.03      | 7.5                    | 33.8       | 0.02      | 6.4                    |
|                      | 5  |                              | 表層部        | 31.0       | 0.08      | 10.4                   | 32.5       | 0.05      | 8.8                    |
|                      |    |                              | 中間部        | 31.0       | 0.11      | 7.6                    | 35.5       | 0.02      | 6.8                    |
|                      |    |                              | 中心部        | 32.4       | 0.14      | 6.8                    | 36.4       | 0.01      | 6.0                    |
|                      | 10 |                              | 表層部        | 32.4       | 0.09      | 10.7                   | 28.8       | 0.14      | 16.0                   |
|                      |    |                              | 中間部        | 33.1       | 0.04      | 6.8                    | 34.0       | 0.02      | 6.5                    |
|                      |    |                              | 中心部        | 34.2       | 0.05      | 6.7                    | 34.2       | 0.01      | 5.9                    |
|                      | 20 |                              | 表層部        | 31.9       | 0.11      | 11.1                   | 28.8       | 0.04      | 14.2                   |
|                      |    |                              | 中間部        | 35.0       | 0.02      | 6.6                    | 33.6       | 0.02      | 5.9                    |
|                      |    |                              | 中心部        | 34.3       | 0.02      | 6.9                    | 33.4       | 0.02      | 5.8                    |
| 無塩<br>素加<br>圧        | 0  |                              | 表層部        | 31.3       | 0.02      | 10.4                   | 31.5       | 0.02      | 12.4                   |
|                      |    |                              | 中間部        | 36.8       | 0.01      | 6.2                    | 33.6       | 0.02      | 5.9                    |
|                      |    |                              | 中心部        | 35.4       | 0.01      | 7.0                    | 33.6       | 0.03      | 5.5                    |

図-2 塩素加圧によるCaイオンの溶出