

遠心力締固めコンクリートにおけるひび割れ内部の中性化評価

日本電信電話株式会社 正会員 ○根岸香織
日本電信電話株式会社 非会員 東 康弘
日本電信電話株式会社 非会員 澤田 孝

1. はじめに

NTT グループは屋外通信設備として全国に 700 万本超のコンクリート柱 (CP) を保有している¹⁾。CP は遠心力締固めによって製造されたプレストレストコンクリート製品であり、水セメント比が 26%程度と非常に低く、表面が密実であることから、ひび割れがない場合は中性化に対する耐性が非常に高い。著者らは、CP にひび割れが残存した場合を想定し、幅 0.1 mm、幅 0.05 mm および幅 0.02 mm 相当のひび割れを導入した CP 供試体を作製し促進中性化試験を実施し、フェノールフタレイン溶液 (PP 溶液、JIS K 1152) を用いてひび割れ内部での中性化深さを評価し、ひび割れ幅による違いを議論した²⁾。ただし、PP 溶液法では、中性化の有無しか評価できず、水を用いるため評価対象領域に広がりを生じることが不可避である。そこで本研究では、水を用いず (乾式)、ひび割れ内部の局所的な中性化評価法として、熱分析法の一種である昇温脱離分析 (TDS) を用いる方法を検討したので報告する。

2. 実験

2-1. 供試体の作製

新品の CP の一部を切り出し、曲げ载荷によってひび割れを導入して CP 供試体を作製した (図-1)。供試体中には材軸方向に直径 9 mm の鉄筋が 1~2 本内在しており、かぶりは 20 mm 程度である。ひび割れは供試体の中央付近に、鉄筋位置にまで到達するように導入した。幅 0.1 mm と幅 0.05 mm の供試体については、ひび割れ導入後、ひび割れの両端に 0.1 mm と 0.05 mm の金属箔をそれぞれ差し込み、ひび割れを固定化した。幅 0.02 mm 相当 (以下、幅 0.02 mm と表す) の供試体は、ひび割れ導入前にひずみゲージを貼り付け、载荷によってゲージの指示値が急峻に増加する時点で除荷を行って作製したものである。ひび割れ固定化の後、ひび割れを有する面以外については、その後の試験に影響がないようエポキシ樹脂で封止した。

2-2. 促進中性化試験および暴露試験

供試体を、温度 20 ℃、相対湿度 60 %、CO₂ 濃度 5 % の環境で促進中性化試験に供した (JIS A 1153)。試験期間は 0、1、2、4、6 および 8 週である。また、作製した供試体を、武蔵野市 (東京) と名護市 (沖縄) の 2 か所の屋外暴露試験場で暴露した。暴露試験の開始は 12 月であり、約 12、24、48、96 か月後にそれぞれ供試体を回収した。

2-3. 中性化評価

万能試験機を用いて試験後の供試体を割裂し、ひび割れに沿った割裂面 (以下、ひび割れ面) における所定の箇所における粉末を約 0.5 mg 回収した。アルバック理工株式会社 (現アドバンス理工株式会社) 製の TDS 装置を用いて、回収した粉末を 1000 ℃まで加熱し、H₂O と CO₂ に対応する質

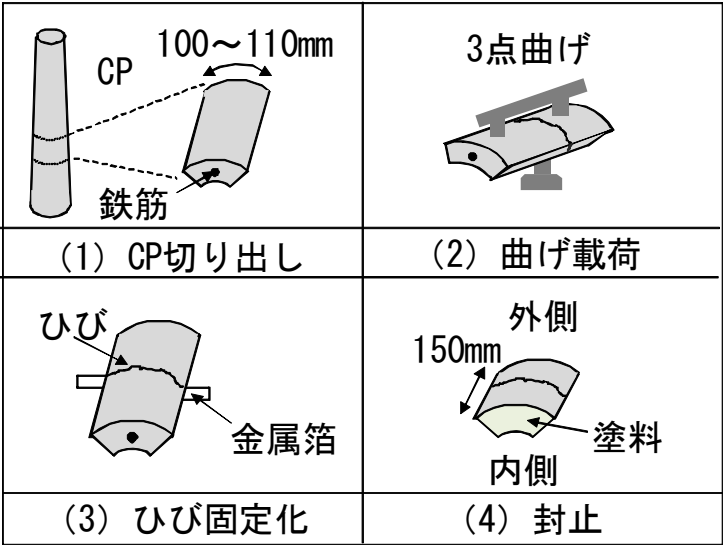


図-1 供試体の作製方法

キーワード 遠心力締固め、ひび割れ、促進中性化試験、屋外暴露試験、pH、昇温脱離分析、中性化深さ

連絡先 〒243-0198 神奈川県厚木市森の里 3-1 日本電信電話株式会社 TEL 046-240-2708

量数 18 および 44 の温度ごとのピークを測定した。コンクリート粉末を加熱すると、 $n\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot m\text{H}_2\text{O}$ に代表されるセメント水和物と $\text{Ca}(\text{OH})_2$ からの脱水が確認できるが、ここでは、 450°C 付近に見られた高温側のピークを主に $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 由来と見なした³⁾。 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 由来の H_2O 量および CaCO_3 由来の CO_2 量に比例する TDS カーブのピーク積分面積 $S_{\text{H}_2\text{O}}$ 、 S_{CO_2} を算出し、その比 $S_{\text{CO}_2}/S_{\text{H}_2\text{O}}$ を中性化の指標とした。

3. 結果および考察

図-2 に、新品 CP 供試体および促進中性化試験後の供試体について、鉄筋付近に相当する深さ 21~22mm における $S_{\text{CO}_2}/S_{\text{H}_2\text{O}}$ の時間変化を示す。TDS での測定結果にばらつきがあったものの、どのひび割れ幅においても、おおむね試験開始後しばらくは $S_{\text{CO}_2}/S_{\text{H}_2\text{O}}$ の値は上昇した。ただし、8 週（幅 0.1 mm では 6 週）において $S_{\text{CO}_2}/S_{\text{H}_2\text{O}}$ の値は下落した。この理由としては、促進試験における 5% という過度な CO_2 濃度条件において $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ が生成した可能性が考えられる。

図-3 に、東京と沖縄で暴露試験を行った供試体について、同様に深さ 21~22mm における $S_{\text{CO}_2}/S_{\text{H}_2\text{O}}$ の時間変化を示した。当初、平均気温が異なり、冬場に乾燥する東京と一年を通して湿潤な沖縄という場所による違いを期待して暴露試験を行ったが、両者で特段の差異は観測されなかった。ばらつきはあるものの（東京 0.05 mm を除き）、幅 0.02mm の供試体では、東京・沖縄ともに $S_{\text{CO}_2}/S_{\text{H}_2\text{O}}$ の値はほぼ横ばいとなっており、幅 0.05mm および幅 0.1mm の供試体では、時間が経つにつれて $S_{\text{CO}_2}/S_{\text{H}_2\text{O}}$ の値が上昇する様子が観測された。ただし、いずれの CP 供試体とも、促進試験での中性化を示す $S_{\text{CO}_2}/S_{\text{H}_2\text{O}}=1.0\sim 1.2$ 程度の値には到達しておらず、更に長期間の試験を行って経過を確認する必要がある。

4. まとめ

異なるひび割れ幅水準の CP 供試体のひび割れ内部の局所的な中性化について、TDS を用い、ピーク面積比 $S_{\text{CO}_2}/S_{\text{H}_2\text{O}}$ を指標として評価した。特に、暴露試験では幅 0.05mm および幅 0.1mm の供試体において、試験期間によって中性化が進展するのに対し、幅 0.02mm では中性化の進展が遅い様子が確認できた。

参考文献

- 1) 澤田孝, 齋藤博之, 東康弘, 境野英朋: 電気通信用の構造物や装置に対する腐食防食技術の研究, NTT 技術ジャーナル **22**(11), 32-36, 2010.
- 2) 根岸香織, 東康弘, 澤田孝, 岸本一蔵: 微細なひびを有する遠心力締固めコンクリートの中性化に関する実験的研究, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 411-412, 2014.
- 3) 白川敏夫, 島添洋治, 麻生實, 永松静也: セメントペースト硬化体における炭酸化機構への水和の影響, コンクリート工学年次論文集, **24** (1), 645-650, 2002.

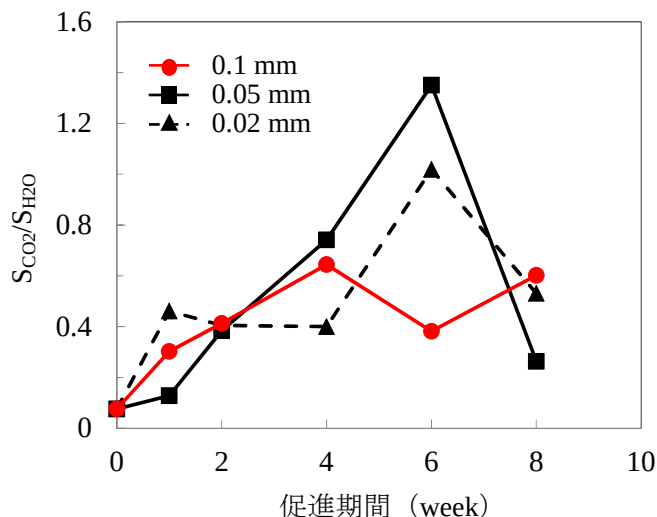


図-2 TDS 法を用いた促進試験結果

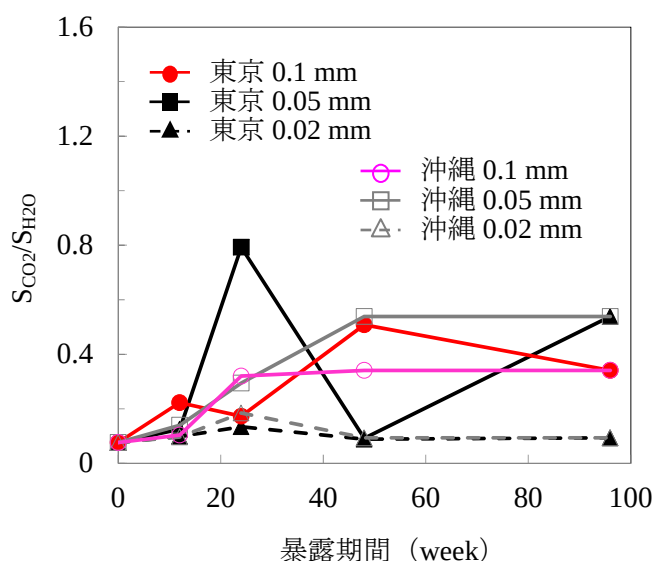


図-3 TDS 法を用いた暴露試験結果