

円形プレキャスト製品における軸方向微細ひび割れの発生要因に関する検討

東京大学大学院 学生会員 ○樫村 能成
 東京大学生産技術研究所 正会員 岸 利治
 (財)鉄道総合技術研究所 正会員 上田 洋
 東京大学生産技術研究所 F 会員 魚本 健人

1. はじめに

電柱などの円形プレキャスト製品には、稀に軸方向縦ひび割れの発生が認められることがある。東京大学生産技術研究所内のコンクリート電柱の1つにも、写真1に示すような軸方向縦ひび割れが生じていた。現在、このような電柱のほとんどは、プレテンション方式によるPC製であり、製造工程では遠心力を利用した遠心成型が行われている。そこで、遠心成型によって製造されるPC製プレキャスト柱(PCポール)にこのような特異な変状が生じる理由について検討するために、PCポールの製造工程を模擬した供試体の収縮ひずみの測定を行い、ひび割れの発生メカニズムについて考察した。



写真1 既設電柱のひび割れ

2. PCポールの詳細観察

最初に、10cm程度の高さに切断したPCポールの表面を詳細に観察した。アセトンを用いて表面を目視で観察したところ、全PC鋼線のうち1/3程度の鋼線の位置に軸方向の微細なひび割れの存在が確認された。さらに、このひび割れを顕微鏡により観察したところ、 $10\mu\text{m}$ (0.01mm)程度の幅を持つものであることが判明した(写真2)。また、切断面の観察により、製造時に遠心成型をすることで、従来指摘されているように、粗骨材が断面外側に、モルタルおよびペースト分が断面内側に偏在している状況も確認された。



写真2 マイクロスコップでの観察

3. 実験概要

本実験で用いた供試体寸法及び鉄筋径を図1に示す。遠心成型による骨材の偏在状況を一般の実験室レベルの設備で再現し、なおかつその影響を確実にとらえるために、断面内側にモルタル、外側にコンクリートを打設し、断面内での骨材分布の状況を模擬した。外型枠と内型枠には塩ビパイプを用い、上板と底板にはベニヤ合板を用いた。ベニヤ合板には鋼材位置に所定の穴を開け、ここに表面をテフロンシートで覆ったねじふし鉄筋を差し込み、これを上下より2つのナットで締め付けることにより緊張によるPC鋼線の固定状況を模擬した。

次に供試体作成方法について示す。内側にモルタル、外側にコンクリートを打設後、境目を突き棒で一体化させ、なおかつ突き穴を塞ぐために外枠を木槌でたたいた。なお、本実験で用いた粗骨材最大寸法は、PCポールと同様に13mmとした。本実験で用いたコンクリート、モルタルの配合を表1に示す。打設後、供試体は気温約 20°C の室内で養生し、

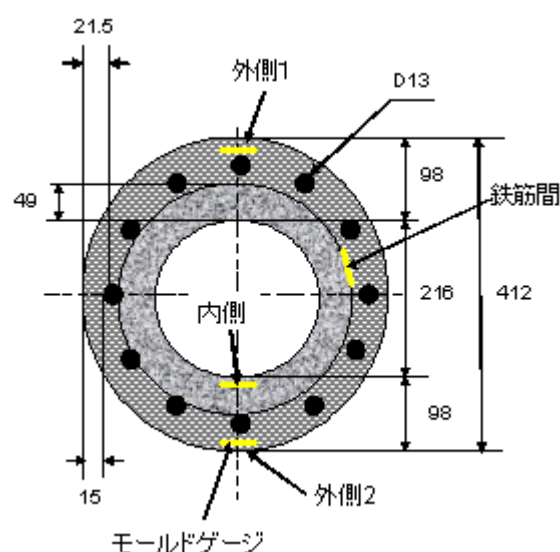


図1 供試体寸法とモールドゲージの位置

キーワード：PCポール、ひび割れ、遠心成型、プレテンション、自己収縮

〒153-8505 東京都目黒区駒場 4-6-1 TEL03-5452-6098 (内線 58093) Fax03-5452-6395

打設後 28 日で脱型した。また、供試体内部の 4 箇所（図 1 参照）に埋め込んだモールドゲージ（図 1 参照）により、打設直後から、円柱模擬供試体各部のコンクリートのひずみ測定を行った。同時にコンクリートおよびモルタル要素のひずみ測定を目的として、それぞれの角柱供試体（10×10×40 cm）を作製し、封緘状態でひずみを測定した。

4. 実験結果及び考察

図 2 に角柱供試体のひずみ計測結果、図 3 に円柱模擬供試体のひずみ計測結果を示す。コンクリート角柱供試体の収縮ひずみは 400μ 程度に収束したのに対して、円柱模擬供試体のねじふし鉄筋外側 2 箇所のコンクリート部に設置した 2 つのモールドゲージの値は、「外側 1」で 450μ 、「外側 2」では 800μ にまで達した。一方、モルタル角柱供試体の収縮ひずみは 900μ 程度にまで達したのに対して、円柱模擬供試体内側のモルタル部分における収縮量（「内側」）は脱型時点で 550μ 程度であった。また、「鉄筋間」でのひずみは、「内側」と「外側 2」での値のおおよそ中間であった。これらの傾向から、骨材の偏在によって収縮量に著しい違いが生じた断面内の外側と内側が、連続性を保って互いに拘束しあい、全体としては円周方向ならびに断面中心方向に向かって大きな収縮が生じている状況がうかがえる。また、断面外側で収縮が一樣でないことも特徴的である。

これらの実験および観察結果と PC ポール製造上の特徴を考え合わせるにより、以下に示すような微細ひび割れの発生機構に関する推論を導いた（図 4 参照）。遠心成型によって脱水されることで、実質の水セメント比が相当に小さくなった結果、コンクリートの自己収縮が大きくなり、高温蒸気養生を行うものの断面の著しい収縮が生じると考えられる。これに対して PC 鋼線は、型枠に反力をとったプレテンションによって断面内での位置がほぼ完全に固定されており、収縮によって断面中心に向かうコンクリートの移動の障害となる。その結果、PC 鋼線の背面で、スラブの沈下ひび割れに類似した現象が起きるものと推察される。また、遠心成型によって断面内で骨材の偏在が生じることは、外側のコンクリートを内側へ引き込む動きを増長すると考えられる。

5. まとめ

供試体のひずみ測定結果と PC ポール製造上の特徴から、PC 鋼線背面に存在する微細ひび割れの発生機構を推定した。これらの微細ひび割れは、巨視的なひび割れの端緒となることもありえると推察される。

表 1 供試体のコンクリート配合（上段）とモルタル配合（下段）

W/C	s/a	C	W	S	G	SP	$\sigma_c(N/mm^2)$
23.5	45.4	682	124	744	915	36.8	94.9

W/C	C	W	S	SP	$\sigma_c(N/mm^2)$
24.4	852	174	1315	34.1	86.8

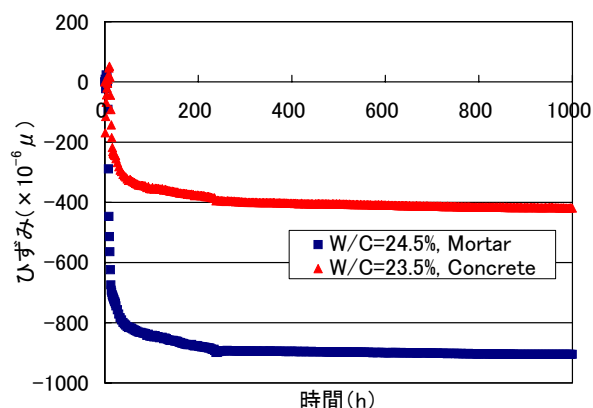


図 2 角柱供試体のひずみ計測結果

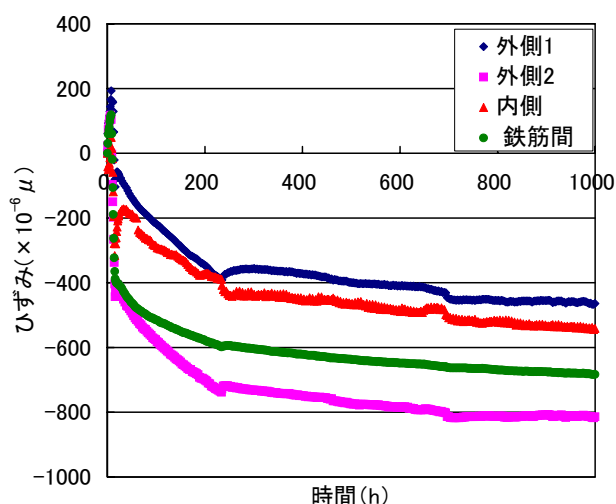


図 3 円柱模擬供試体のひずみ計測結果

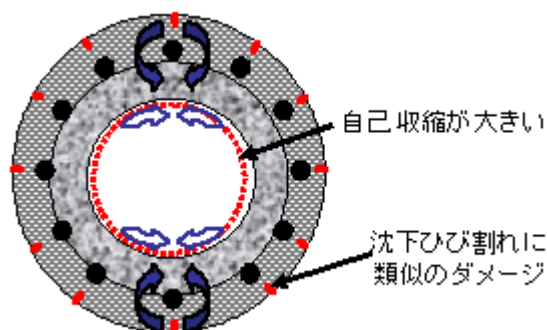


図 4 ひび割れ発生メカニズム