

# 遠心成形コンクリート柱におけるひび割れ幅の最大値と平均値の相関性に関する検討

富山県立大学大学院 ○鈴木 祥太 (学生会員) 富山県立大学 伊藤 始 (正会員)  
 東京電力 (株) 工藤 尚孝 東洋建設 (株) 竹中 寛 (正会員)

## 1. はじめに

円筒形の形状を有するコンクリート柱およびヒューム管は、遠心成形により製造されることが多い。遠心成形コンクリートは、その製造過程で脱水・脱気効果により、通常のコンクリート（振動成形）に比べ、高強度になること、コンクリート中の骨材が外側に充填され表面が緻密になることなどが知られている。

遠心成形コンクリート二次製品が性能を長期間保持し、安全に使用されるためには、そのコンクリートのひび割れ幅を把握することが重要となる。耐久性の照査で用いられるひび割れ幅の最大値  $W_{max}$  を求める方法は、ひび割れ間隔の平均値  $L_{av}$  より求めたひび割れ幅の平均値  $W_{av}$  に割増係数（例えば 1.5）を乗じ算出する方法と、ひび割れ間隔の最大値  $L_{max}$  より直接ひび割れ幅の最大値  $W_{max}$  を算出する方法の 2 つがある<sup>1)</sup>。通常のコンクリートのひび割れ間隔とひび割れ幅の最大値と平均値の関係は、これまでの研究により明らかにされている。しかしながら、遠心成形コンクリートに関して検討された事例はない。

本研究では、遠心成形コンクリートのひび割れ間隔とひび割れ幅の最大値と平均値の関係を、明らかにすることを目的に、実製品のコンクリート柱を対象に、持続荷重による長期曲げ試験を行った。

## 2. 試験概要

### (1) 試験ケース

試験ケースごとに 1 本、計 4 本の材齢に対する載荷荷重の一覧を表-1 に示す。No.1 と No.2, No.4 は初期にひび割れを導入し、持続荷重によるひび割れ進展を確認したケースである。No.3 は初期にひび割れを導入せず、持続荷重でのひび割れ発生を期待したケースである。No.1 と No.2 は載荷開始の約半年または 1 年経過し、ひび割れ幅の変化が小さくなったため、載荷荷重を変化させている。No.3 は持続①の荷重でひび割れが発生しなかったため荷重を変化させた。最終の荷重はすべてで 3.92kN とした。

### (2) 試験体形状と測定方法

試験体に用いたコンクリートの配合を表-2 に示す。

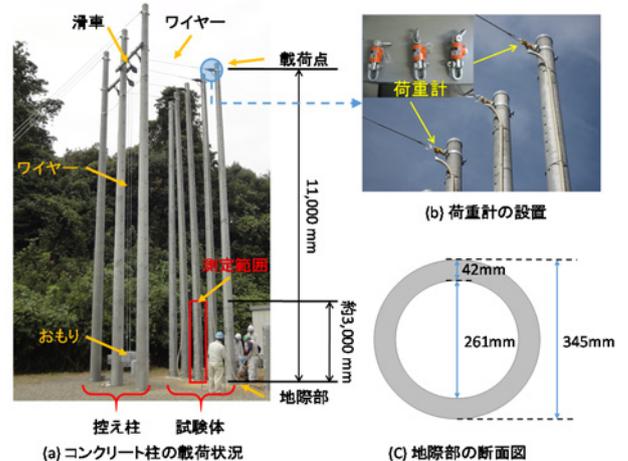


図-1 試験体概要

表-1 試験ケースと測定実施頻度

| ケース No. | 載荷荷重(kN) |             |               |               |            |
|---------|----------|-------------|---------------|---------------|------------|
|         | 初期 [0]   | 持続① [0-189] | 持続② [189-335] | 持続③ [335-363] | 持続④ [363-] |
| 1       | 4.90     | 1.96        | —             | 2.94          | 3.92       |
| 2       | 4.90     | 0.98        | 3.63          | —             | 3.92       |
| 3       | 1.96     | 1.96        | —             | 2.94          | 3.92       |
| 4       | 3.92     | 3.92        | —             | —             | —          |

[ ]内: 載荷開始からの日数(日)      ■: ひび割れ幅, 間隔の測定実施

表-2 コンクリート配合

| 配合 | $f'_{ck}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | スランブ<br>(cm) | W/C<br>(%) | 単位置量(kg/m <sup>3</sup> ) |     |
|----|-----------------------------------|--------------|------------|--------------------------|-----|
|    |                                   |              |            | W                        | C   |
|    | 63.7(74.6)                        | 20±2         | 36.3       | 178                      | 490 |

( )内は試験値

鉄筋は異形鋼線で、非緊張鋼材 (φ7.4)、緊張鋼材 (φ7.0) の二種類、計 20 本を円周方向に 48mm 間隔で配置した。試験体は、遠心成形締固めにより製作し、成形後に最高温度 70°C の蒸気養生を行った。次に図-1 のようにコンクリート柱の底部を地中に 2,400mm 埋め込み鉛直に設置した。試験体寸法は地際部から高さ 11,000mm、地際部の断面で外径 345mm、厚さが 42mm とした。材齢 28 日（一部 29 日）に、コンクリート柱頂部に作用する荷重を徐々に増加させ（初期載荷）、所定の荷重に達した時点で荷重を保持した（持続載荷）。メジャー、クラックスケールまたはルーペを用いて、地際部からの高さ約 3,000mm の範囲でひび割れ間隔とひび割れ幅をそれぞれ測定した。測定は、表-1 の着色部で行った。また、最終測定日は No.1~3 で載荷から 530 日、No.4 で 170 日とした。

### 3. 試験結果

#### (1) 各ケースの測定結果

各ケースの地際部に最も近いひび割れ幅の経時変化を図-2に示す。ひび割れ幅は、載荷荷重の変化直後と時間経過に伴い徐々に増加し、その後傾きが小さくなった。十分に載荷時間が経過した最終測定日には、ひび割れ幅の変化が小さく、ひび割れ間隔、本数に増加がみられないと推察された。したがって、以降の検討は、最終測定日の結果について整理した。

図-3と図-4に各ケースのひび割れ間隔とひび割れ幅の平均値と最大値を示す。また、ひび割れ間隔の図にはひび割れ本数も併記した。ひび割れ間隔の図にはひび割れ本数も併記した。ひび割れ幅を左軸に、ケースごとの測定結果の標準偏差を右軸に取った。ひび割れ間隔は最大値 200mm 程度、平均値 120mm 程度とケース間で差が小さい。一方、ひび割れ幅は、最大値 0.09~0.18mm 程度、平均値 0.06~0.10mm 程度とケース間の差異が見られた。特に No.3は他のケースに比べひび割れ幅が小さくなった。これは、初期にひび割れを導入していないため、持続載荷時に付着損傷が進んだことが要因と思われる。上記の結果から、形状寸法が同じ試験体において、載荷から十分な時間が経過した場合、ひび割れ間隔には大きな差異が生じないことが確認できた。一方、付着性状やクリープ等の影響を受けるひび割れ幅は、ケース間で差異が生じると考えられる<sup>2)</sup>。

ケースごとでは、ひび割れ間隔の標準偏差が約 37mm、変動係数が約 31%であった。ひび割れ幅では標準偏差が約 0.04mm、変動係数が約 43%であることが確認できた。

#### (2) ひび割れ間隔とひび割れ幅の最大と平均の関係

縦軸に最大、横軸に平均をとり、ひび割れ間隔とひび割れ幅の結果をそれぞれ図-5に示す。図には結果を基に算出した近似直線を併せて示す。各結果は、ひび割れ間隔の最大値が平均値の 1.66 倍、ひび割れ幅の最大値が平均値の 1.67 倍であった。通常の振動締固めコンクリートはひび割れ間隔とひび割れ幅ともに最大値が平均値の 1.5 倍とされており<sup>3)</sup>、遠心成形の方が若干大きい傾向を示した。ひび割れはコンクリートのモルタル部で発生することから、遠心成形の特徴である骨材の外側表面への偏りが表面のモルタル分布を不均一にし、ひび割れ間隔とひび割れ幅にばらつきが発生したことなどが要因だと思われる。

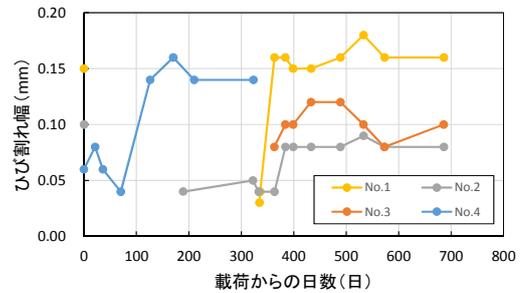


図-2 各ケースのひび割れ幅の経時変化

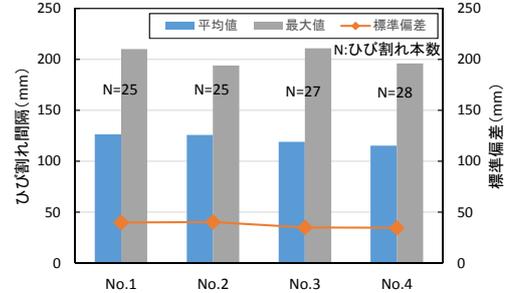


図-3 ひび割れ間隔の最大値と平均値、標準偏差

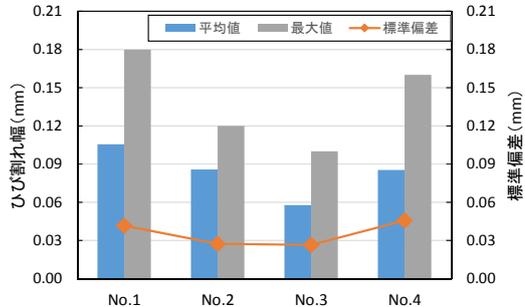


図-4 ひび割れ幅の最大値と平均値、標準偏差

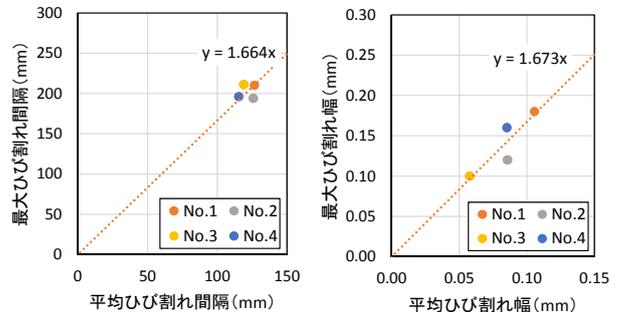


図-5 ひび割れ間隔、幅の最大値と平均値の関係

### 4. まとめ

- (1) 形状寸法が同じ試験体において、載荷から十分な時間が経過した場合、ひび割れ間隔には大きな差異が生じないことが確認できた。
- (2) 遠心成形コンクリートのひび割れ間隔とひび割れ幅の最大値と平均値は  $L_{max}=1.66L_{av}$  ,  $W_{max}=1.67W_{av}$  という相関性が確認できた。

#### 参考文献

- 1) 日本建築学会：プレストレス鉄筋コンクリート（Ⅲ種 PC）構造設計・施工指針・同解説，2003
- 2) 李，大野，馬華：鉄筋コンクリート部材の長期曲げひび割れ幅算定法，日本建築学会構造系論文集，第 565 号，pp103~110
- 3) 趙，丸山：鉄筋コンクリートはりの曲げひび割れ幅の算定式の再評価，土木学会論文集，第 490 号，pp.147~156