

両引き引張試験による遠心成形コンクリートの引張強度に関する検討

富山県立大学 小林 樹奈 (学生会員) 伊藤 始 (正会員)

1. はじめに

配電や通信に用いられる遠心成形コンクリート柱は、日本で約 3600 万本設置されている。これらの遠心成形コンクリート柱を長期間安全に使用するために、定期的に点検が行われており、それには多大な時間と労力が必要とされている。そこで、著者らはひび割れ幅やたわみを精度よく予測することで、点検の効率化を目指している¹⁾。コンクリート柱のたわみの予測には引張強度が重要であるものの、遠心成形コンクリートは、表面の高強度化や緻密化といった普通コンクリートとは異なる性状があるため、その引張強度は十分に明らかにされていない²⁾。

本研究では、遠心成形コンクリートの引張強度の検討を目的とし、両引き引張試験を実施した。

2. 試験概要

(1) 試験体の製作

両引き引張試験の配合表と試験ケースをそれぞれ表-1 と表-2 に示す。試験体は、直径 7.4 mm の鉄筋が埋め込まれた全長 600 mm の円筒コンクリートを遠心成形締固めにより製造し、蒸気養生後、幅 50 mm に切断し作製したものをを用いた。部材厚さの目標値は 60 mm (C-1 シリーズ) および 80 mm (C-2 シリーズ) とした。なお、ひび割れが外側表面から発生するように鉄筋かぶりを 21 mm とした。

(2) 試験方法

両引き引張試験では、図-1 のようにコンクリート中に埋め込まれた鉄筋に両側から引張力を作用させることで荷重した。また、試験体の両側端部に変位計、鉄筋部にひずみゲージ、コンクリート表面に π 型変位計を設置した。荷重は、荷重が約 25 kN に達するまで行った。荷重中は、荷重、変位、コンクリート表面のひび割れ幅、鉄筋ひずみ、ひび割れ間隔の 5 項目を計測し、記録した。

表-1 配合表

設計強度 (N/mm ²)	W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)			
			水 W	セメント C	細骨材 S	粗骨材 G
63.7	34.9	46.7	178	510	789	896

表-2 試験ケース

試験 シリーズ	鉄筋の 有無	全長 L (mm)	かぶり c (mm)	幅 b (mm)	高さ h (mm)	合計本数 (本)	圧縮強度 (N/mm ²)
C-1	有	600	21	50	60	2	74.0
C-2					80	8	

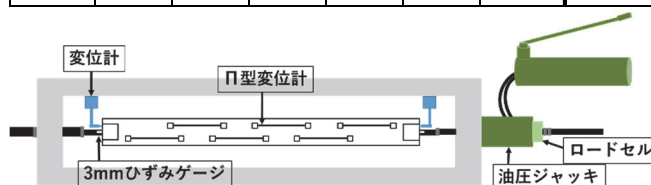


図-1 両引き引張試験の概要

3. 試験結果

(1) ひび割れ発生状況

図-2 に C-1 シリーズの表面に生じたひび割れとその順番の一例を示す。試験体に生じたひび割れは、すべて荷重方向と直角の方向であった。図中の丸数字で示すように、試験体における 1 本目のひび割れは荷重 12 kN で発生し、その後、荷重がおおよそ 20kN に達するまでに合計 5 本のひび割れが発生した。両引き引張試験を行った全試験体で、図-2 の試験体と類似した結果が得られた。

(2) 荷重－変位関係

図-3 に、図-2 に示した試験体 (C-1 シリーズ) の荷重－変位関係を示す。図には、結果とともに、コンクリートと鉄筋が荷重を負担する全断面有効モードの直線と鉄筋が荷重を負担する RC モードの直線を示した。図-3 より、荷重直後は、全断面有効モードの直線に沿って荷重－変位関係が変化していることから、コンクリートが荷重を負担していることが分かった。荷重 12~20kN では、ひび割れが発生するにつれて変位が急激に増加し、荷重－変位関係が RC モードの直線に近づき荷重の負担が鉄筋に移行していく様子が見られた。この結果から、遠心成形コンクリ

ートにおけるテンションスティフニングの挙動が確認できた。

4. 引張強度の検討

両引き引張試験より測定したひび割れ発生荷重を $P(\text{kN})$ として、以下の式より試験体の引張強度 $f_t(\text{N/mm}^2)$ を求めた。ひび割れ本数は、試験体 10 体で 48 本であった。なお、この式は一軸応力と偏心曲げモーメントを考慮した式である。

$$f_t = \frac{P}{A} + \frac{Pe}{I}y$$

ここで、 A : コンクリートの断面積(mm^2)、 e : 偏心距離(mm)、 I : 断面二次モーメント(mm^4)である。図-4 に引張強度の度数分布を示す。全体の平均値は 8.36 N/mm^2 、標準偏差は 1.49 N/mm^2 となった。

コンクリート標準示方書では、設計強度 80 N/mm^2 までのコンクリートの引張強度式を $f_{tk} = 0.23f_{ck}^{2/3}$ と定められている³⁾。この式を用いて、本実験で用いた試験体の引張強度を求めると、 4.05 N/mm^2 となり、実験より得られた引張強度よりも低い値となった。この結果から、示方書が定める引張強度式は遠心成形コンクリートには当てはまらないと考えられる。そこで、示方書の引張強度式の係数 $A(= f_{tk}/f_{ck}^{2/3})$ を検討した。図-5 に係数 A と部材厚さの関係を示す。図-5 より部材厚さ 60 mm と 80 mm のときの係数 A がほぼ一致し、係数 A は平均値を用いて 0.47 となった。遠心成形コンクリートの引張強度は、 $f_{tk} = 0.47f_{ck}^{2/3}$ を用いることで精度よく表すことができる。

5. まとめ

- (1) 遠心成形コンクリートにおけるテンションスティフニングの挙動が確認できた。
- (2) 両引き引張試験より求めた、遠心成形コンクリートの引張強度は、普通コンクリートより高い値を示した。
- (3) 遠心成形コンクリートの引張強度は、 $f_{tk} = 0.47f_{ck}^{2/3}$ を用いることで精度よく表現できる。

参考文献

- 1) 伊藤, 西田ら : 遠心成形コンクリート柱のたわみに及ぼす圧縮クリープの影響, 日本材料学会

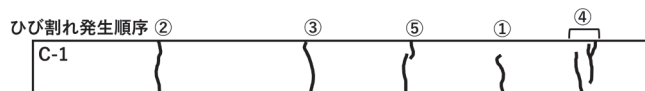


図-2 ひび割れ発生状況

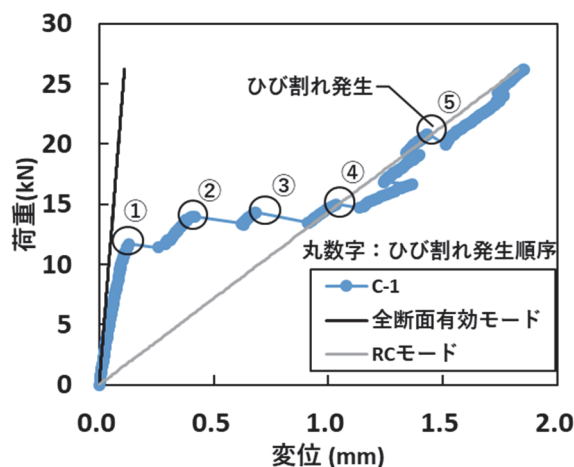


図-3 荷重-変位関係

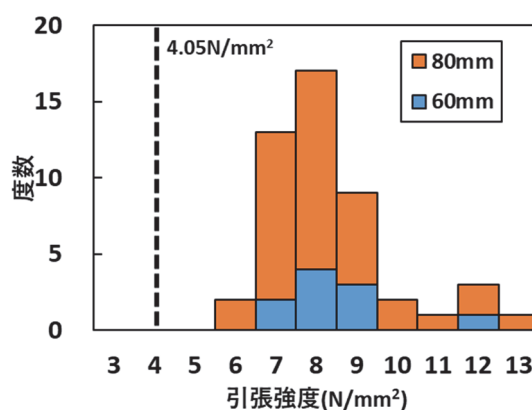


図-4 引張強度の度数分布

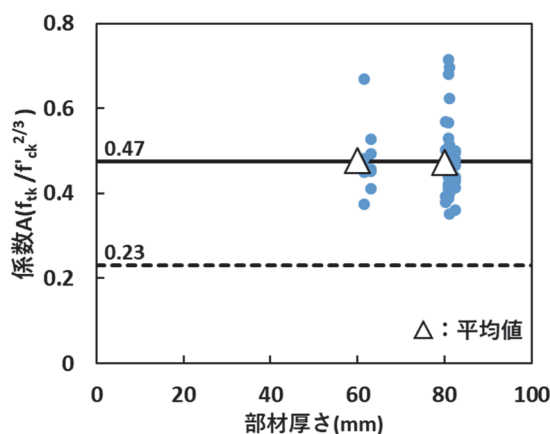


図-5 引張強度式の係数 A

- コンクリート構造物の補修, 補強, アップグレードシンポジウム論文集, vol.17, pp.303-308, 2017.
- 2) 下山善秀 : 遠心力締固め製品製造時のスラッジ防止剤および低減剤の現状, コンクリート工学, vol.34, No.5, pp.16-22, 1996.
- 3) 土木学会 : コンクリート標準示方書・設計編, 2017.