

鋼繊維を多量混入した角形 CFT 短柱の圧縮特性に関する基礎研究

スラリー充填繊維コンクリート 繊維形状 変形性能

正会員 ○山本 貴正*
同 山田 和夫**

1. はじめに

本研究では、既報¹⁾に引き続きコンクリート充填鋼管(CFT)柱の更なる靱性向上を主目的として、充填コンクリートを高強度のスラリー充填繊維コンクリート(SIFCON)²⁾とした角形CFT短柱の圧縮試験などを実施し、その圧縮特性について検討した。本稿は、これらで得た成果をまとめている。

2. 実験概要

2.1 使用材料

グラウトの水は水道水、セメントはシリカフェーム混合(密度:3.04g/cm³, 比表面積:6690g/cm²), 混和剤は高性能減水剤(密度:1.09g/cm³, 主成分:ポリカルボン酸コポリマー)を使用した。調合は、水セメント比25%, 混和剤混入率は内割でセメント質量比6.0%, 計画ゼロ打フロー値360±36mmである。鋼繊維(密度:7.85g/cm³)は、形状が異なる市販の2種で、公称長さ30mmの立体波形(以下、波形もしくは波形繊維)とフック付き直線形(以下、直線形もしくは直線形繊維)である。なお、波形繊維の公称直径および引張強度はそれぞれ0.8mmおよび1.0kN/mm², 直線形繊維の公称直径および直線形繊維の公称直径および引張強度はそれぞれ0.38mm, 引張強度は2.0kN/mm²以上である。

鋼管はSTKR400-100×100×3.2mmを用いた。鋼管の高さは公称断面幅の3倍である。

2.2 試験体作製

鋼製の標準試験体用型枠(内径100mm×内高200mm)および底面に平板を付けた鋼管に、鋼繊維を詰め込みその実積率を測定した後、グラウトを流し混んで標準試験体およびCFT短柱を作製した。ここでは、プラスチックハンマーで型枠および鋼管の側面を叩きながらグラウトを流し混んでいる。なお、この過程において混入している直線形繊維が沈下したため、CFT短柱では沈下箇所に鋼繊維を付加しながらグラウトを流し込んだ。グラウトの混練には、容量60lの二軸強制練ミキサーを使用している。

標準試験体の養生は、CFT短柱と同条件にするため、実験室内にて封緘とした。なお、養生において温度管理はしていない。標準試験体とCFT短柱の打設面の平滑を確保するため、その端面を研磨した。

2.3 試験・測定方法

標準試験体の圧縮応力度-圧縮ひずみ度関係を測定するため、それぞれJIS A 1105:2015に準拠して圧縮試験を材齢4週目に実施した。圧縮変位は、圧縮強度到達まではコンプレッソメータで測定、圧縮強度到達後は試験機のクロスヘッドストローク値とした。

CFT短柱の圧縮試験は、試験体の上下端の載荷板を固定とし、圧縮変位を、上下の支圧板間に設置した相対する2台の変位計で測定した。

圧縮荷重には、3,000kN級耐圧試験機を使用し、JIS A 1105:2015で定められているコンクリートの弾性範囲内における圧縮応力度増分0.6±0.4N/(mm²・min)に収まるように、標準試験体は0.3mm/min, 鋼管およびCFT短柱は0.5mm/minの変位制御とした。

圧縮試験の同条件における標本数は、標準試験体は3, CFT短柱と鋼管短柱は1である。なお、直線形繊維を混入している標準試験体のそれぞれ1体は、人的過失で圧縮変位を測定できていない。繊維混入率(V_f)は、次式で算出した。

$$V_f = M_f / (\rho_s \cdot V_c) \quad (1)$$

ここに、 M_f : 標準試験体用型枠および鋼管に詰め込まれている鋼繊維の質量、 ρ_s : 鋼繊維の密度、 V_c : 研磨後のコンクリート部の見掛け体積

3. 実験結果・考察

3.1 標準試験体の圧縮応力度-圧縮ひずみ度関係

図-1に、標準試験体の圧縮応力度-圧縮ひずみ度関係を示す。図中の破線は、繊維を混入していない標準

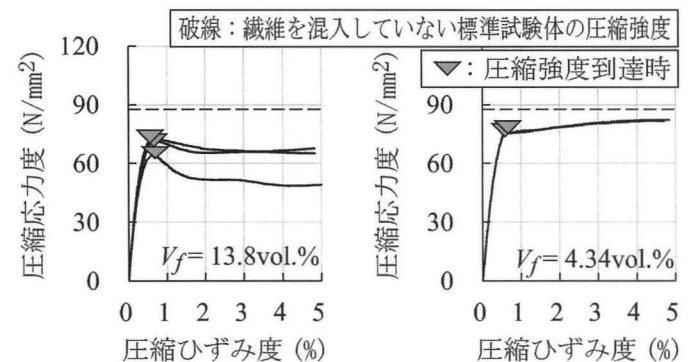


図-1 標準試験体の応力度-ひずみ度関係

試験体の圧縮強度の平均値を、三角印は、圧縮応力度-圧縮ひずみ度関係のはじめの極大値とした圧縮強度を示している。繊維混入率は平均値である。

同図より、繊維を混入している標準試験体の圧縮強度は、その繊維無混入と比較して低い傾向がある。これは、繊維が長いため、繊維配向が標準試験体の荷重載荷方向に偏ることが影響していると推察される³⁾。一方、圧縮強度到達後の変形性能は、各標準試験体ともに優れていることがわかる。これは、繊維の架橋効果の程度を支配する繊維の配列が規則正しく、各要素でひび割れ幅の拡大を抑制できているので、破壊が局所化しないためと考えられる。

3.2 角形 CFT 短柱の 圧縮力 - 圧縮ひずみ度関係

図-2 に、繊維を混入している角形 CFT 短柱の圧縮力-圧縮ひずみ度関係を示す。図中には、繊維無混入の CFT 短柱、鋼管短柱、Ramberg-Osgood モデルおよび累加曲線が併せて示してある。Ramberg-Osgood モデルの圧縮力および圧縮ひずみ度は、それぞれ次式の応力度 (σ) と鋼管の原断面積の積およびひずみ度 (ϵ) である。

$$\epsilon = \sigma / E_s + 0.2 \times 10^{-2} (\sigma / \sigma_y)^m \quad (2)$$

ここに、 E_s : 鋼鉄のヤング係数 (=206kN/mm²)、 m : 材料定数 (=17.9)

式 (2) の材料定数は、鋼管短柱の最大圧縮応力度到達までの圧縮応力度-圧縮ひずみ度関係を、最小二乗法で近似して算出した。累加曲線は、対象としている CFT 短柱と同じ種類の繊維を混入している標準試験体のうち、最も圧縮強度到達後の変形性能が優れている圧縮応力度-圧縮ひずみ度関係と Ramberg-Osgood モデルの応力度-ひずみ度関係を圧縮応力度-圧縮ひずみ度として、それぞれの同一圧縮ひずみ度時の圧縮応力度と角形 CFT 短柱のコンクリートおよび鋼管の原断面

積との積の和である。なお最大圧縮耐力は、圧縮力-圧縮ひずみ度関係のはじめの極大値としている。

同図より、繊維を混入している各角形 CFT 短柱の最大圧縮耐力到達後の変形性能は、その繊維無混入および鋼管短柱と比較して優れている。これらは、標準試験体と同様に繊維の架橋効果であると考えられる。また、ひずみ硬化もしくは軟化域の圧縮力は、累加曲線と比較して低い。これは、充填コンクリートによる局部座屈抑制効果および鋼管による拘束効果が、角形断面は小さいためであると考えられる。

4. おわりに

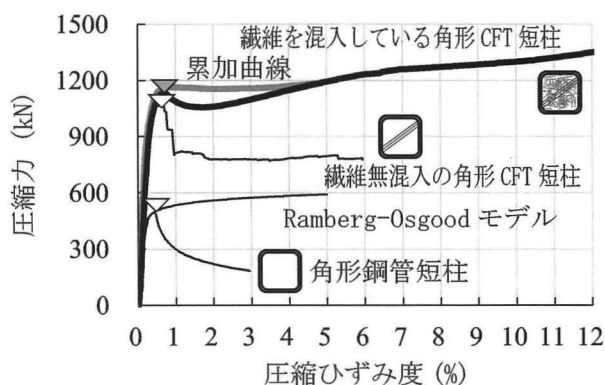
鋼繊維を多量混入した角形 CFT 短柱の最大圧縮耐力到達後の変形性能は、その繊維無混入と比較して優れているなどの知見を得た。

謝辞

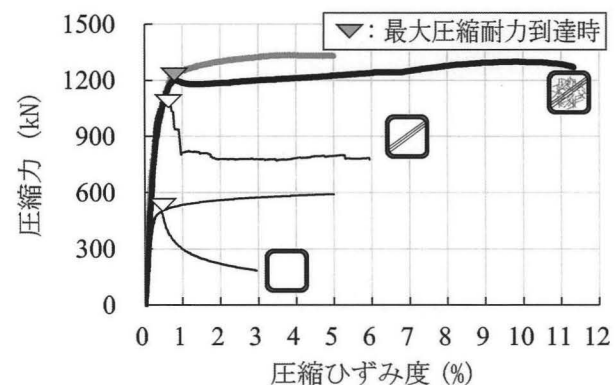
実験で使用した混和剤は竹本油脂株式会社に提供していただいた。実験遂行にあたり、平成 28 年度国立豊田工業高等専門学校建築学科山本研究室所属学生のご助力を得た。本研究の一部は、科学研究費補助金 (若手 B, 研究課題番号 26820240) の助成による。

参考文献

- 1) 山本貴正, 川口淳, 山田和夫: コンクリート充填鋼管短柱の圧縮特性に及ぼす繊維補強効果に関する基礎的研究, コンクリート工学年次論文集, Vol. 38, No. 2, pp. 1171-1176, 2016
- 2) David R. Lankard: Slurry Infiltrated Fiber Concrete (SIFCON), Concrete International, Vol.6, No.12, pp.44-47, 1984.12
- 3) 新村亮, 平井友紀, 青木茂, 原田暁: 繊維高含有 SIFCON の基礎性状に関する研究, コンクリート工学年次論文集, Vol. 19, No. 1, pp. 1207-1212, 1997



(a) 波形繊維 (繊維混入率 16.0%)



(b) 直線形繊維 (繊維混入率 4.42%)

図-2 角形 CFT 短柱の圧縮力-圧縮ひずみ度関係

* 国立豊田工業高等専門学校建築学科 准教授・博士 (工学)
** 愛知工業大学工学部建築学科 教授・工博

Assoc. Prof., Dept. of Architecture, National Institute of Technology, Toyota College, Dr. Eng.
Prof., Dept. of Architecture, Faculty of Engineering, Aichi Institute of Technology, Dr. Eng.