

# 論文 コンクリート充填鋼管短柱の圧縮靱性に及ぼす各種要因について

山本 貴正 \*1・川口 淳 \*2・伊藤 崇晃 \*3・山田 和夫 \*4

**要旨**：コンクリート充填鋼管（CFT）短柱の圧縮靱性に及ぼす各種要因について、既往の研究成果を活用して解析的に検討した。加えて、鋼繊維補強による高強度 CFT 短柱の圧縮靱性の改善を、実験的に検討した。その結果、i) コンクリートの標準強度および鋼管断面耐力比が同一で、鋼管に残留応力がない CFT 短柱の圧縮靱性は、径厚比および降伏応力度の組み合わせの影響をほとんど受けない、ii) 超高強度コンクリートを充填した CFT 短柱の圧縮靱性を改善するには、極厚肉鋼管および超高張力鋼を使用する必要がある、iii) 鋼繊維補強により高強度 CFT 短柱の圧縮靱性の改善が認められる、などの結論を得た。

**キーワード**：標準強度、径厚比、降伏応力度、降伏比、残留応力、繊維補強

## 1. はじめに

コンクリート充填鋼管（以下、CFT）柱構造は、鋼管によるコンクリートのコンファインド効果、コンクリートによる鋼管の局部座屈抑制効果などの相互作用により、優れたエネルギー吸収能力を有していることが、数多くの実験・理論的研究を通じて知られている。これに伴い、昨今、建築物の構造形式として、CFT 柱構造が多く採用されている。

CFT 柱構造の各種最大耐力に対する鋼管とコンクリートの合理的な組み合わせは、数多くの研究で明らかにされている。しかし、それらの靱性については、未だ、詳細には明示されていない。また、近年、CFT 柱構造に超高張力鋼および超高強度コンクリートが使用されつつあり、さらに CFT 柱の優れたエネルギー吸収能力を利用するため、CFT 柱構造の崩壊機構を従来の梁降伏型のみではなく、柱降伏型とすることも提案されている。従って、CFT 柱構造の靱性に対する鋼管とコンクリートの合理的な組み合わせが判別できる手法を構築することが急務となっている。

以上のことから、本研究では、CFT 柱の靱性に対する鋼管とコンクリートの合理的な組み合わせを提示することを目的として、まず、CFT 柱の靱性を表す指標として用いられる CFT 短柱の圧縮靱性に及ぼす各種要因について、既往の研究成果を活用して解析的に検討した。なお、解析の結果、コンクリートが高強度化するほど、極厚肉鋼管および超高張力鋼を使用しない限り、従来から言われている CFT 柱特有の高靱性が失われる結論を得た。そこで、超高強度コンクリートを充填した CFT 柱の靱性の改善を図ることを目的として、従来から多くの研究成果が蓄積されている高靱性鋼繊維補強コンクリートに着目

し、鋼繊維補強による高強度 CFT 短柱の圧縮靱性の改善についても、実験的に検討した。

## 2. 解析概要

単純圧縮を受ける CFT 短柱<sup>注1)</sup>の圧縮耐力-軸方向変位関係を既報の提案式<sup>1)</sup>より算出し、その靱性に及ぼす各種要因について検討する。なお、既報の提案式の精度については、後掲図-4および既報1)を参照されたい。

### 2.1 検討対象

次に示す CFT 短柱を検討対象とする。i) 鋼管内面に突起がない。ii) コンクリートに膨張性混和剤が混入されていない。iii) 充填コンクリートに空洞および鋼材が含まれていない。上記のうち i) の条件は、通常の鋼管を用いた場合と比較して、圧縮耐力が上昇すること、ii) の条件は鋼管中と型枠中で養生したコンクリートの圧縮強度が異なることがあるため検討の対象外とした。また、解析の要因および水準は、既往の実験を参考に、表-1に示すように設定した。なお、図-1には、解析要因の

表-1 解析要因・水準

要因	水準
$\sigma_y$ (YR) (N/mm <sup>2</sup> )	300 (0.7), 900 (0.9)
$\sigma_B$ (N/mm <sup>2</sup> )	30, 60, 90, 180
$D/t$	17 - 320
$N_{sy} / N_0$	0.10*, 0.30, 0.50, 0.75, 0.90
鋼管の残留応力	なし, あり

$\sigma_y$ ：鋼管素材の降伏応力度 YR：降伏比  
 $\sigma_B$ ：コンクリート標準供試体の圧縮強度（標準強度）  
 $D/t$ ：鋼管の径厚比  $N_{sy}$ ：鋼管の断面耐力（ $= A_s \cdot \sigma_y$ ）  
 $N_0$ ：CFT 短柱の断面耐力（ $= A_s \cdot \sigma_y + A_c \cdot \sigma_B$ ）  
 $A_s, A_c$ ：鋼管、コンクリートの原断面積  
 $N_{sy} / N_0$ ：鋼管断面耐力比 \*  $\sigma_B = 30\text{N/mm}^2$  のみ 0.15

\*1 国立豊田工業高等専門学校建築学科 准教授 博士（工学）（正会員）

\*2 三重大学大学院工学研究科建築学専攻 准教授 博士（工学）

\*3 トヨタ T & S 建設株式会社工場管理部開発室

\*4 愛知工業大学工学部建築学科 教授 工学博士（正会員）

残留応力なし・ありのそれぞれの鋼材の相当応力度-相当ひずみ関係が示してある。

## 2.2 算出方法

既報の提案式による単純圧縮を受けるCFT短柱の鋼管およびコンクリートの応力度-ひずみ関係の算出方法についての概略を図-2および図-3に示す。なお、算出方法の詳細は、頁数の都合上省略するため、既報1)を参照されたい。

図-2に示すように、鋼管およびコンクリートの初期の応力状態は、それらのポアソン比の大小関係より、鋼管およびコンクリートをそれぞれ軸方向のみの一軸応力状態とする。その後、コンクリートの周方向ひずみ度が鋼管のそれに達した以降は、コンファインド効果が生じ、鋼管を二軸応力状態およびコンクリートを三軸応力状態とする。また、断面における変形の適合条件より、鋼管とコンクリートの周方向ひずみ度が等しいとする<sup>2)</sup>。なお、高ひずみ領域においても軸方向ひずみ度増分に対する周方向ひずみ度増分(以下、見かけ上のポアソン比)が安定する実験結果が得られているため<sup>2)</sup>、ひずみ度に及ぼす鋼管の局部座屈、コンクリートの局所的な破壊、およびコンクリートの膨張による鋼管の面外方向の変形

の影響は、無視する。

図-3に示すように、三軸応力状態のコンクリートの軸方向応力度、軸方向ひずみ度、および側圧のそれぞれの関係は、畑中ら<sup>3)</sup>および大谷ら<sup>4)</sup>の側圧を変動させた三軸応力状態のコンクリートの実験結果を参考に、コンクリートの側圧を変動させた後の軸方向応力度、側圧および軸方向ひずみ度、並びに圧縮強度発揮後の軸方向ひずみ度( $\epsilon_c - \epsilon_f$ )の関係が、一定側圧を受けるコンクリートのそれら関係に乗り移るとする。

上述より、この解析結果には、コンクリートの見かけ上のポアソン比が著しく影響することがわかる。このことから、既報の提案式では、見かけ上のポアソン比を表す長沼式<sup>5)</sup>を、一定側圧を受けるコンクリートおよび円形CFT短柱の既往の実験データとの対応性から、次式に示すように改良している。

$$\begin{aligned} \nu_p &= \nu_0 + (\nu_{p0} - \nu_0)(1.0 - R_s)^\kappa \\ \nu_{p0} &= 0.34 \sigma_B^{0.25} + \nu_0 \\ \kappa &= 10.6 \ln \sigma_B - 36.4 \quad (1 \leq \kappa \leq 10) \end{aligned} \quad (1)$$

ここに、 $\nu_p$ : 見かけ上のポアソン比、 $\nu_0$ : コンクリートの弾性ポアソン比、 $R_s$ : コンクリート標準供試体の圧縮強度に対する側圧

図-4に、超高強度材料が用いられているCFT短柱の圧縮耐力とその高さに対する軸方向変位(以下、平均軸方向ひずみ度)の実験値<sup>6,7)</sup>と計算値の比較を示す。図中の印は実験値を、線は計算値を表している。

同図より、それぞれの計算値は実験値を追跡していることがわかる。

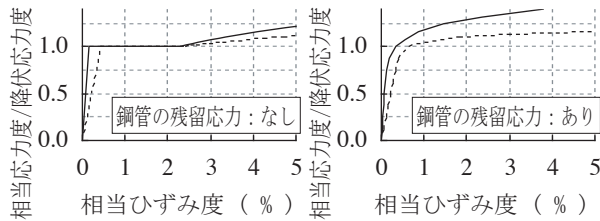


図-1 鋼管の残留応力なし・ありの相当応力度-相当ひずみ度<sup>1)</sup>

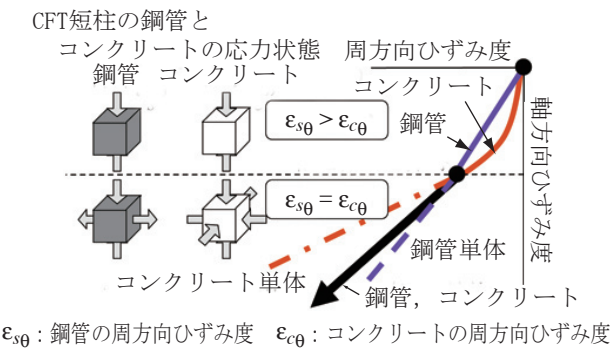


図-2 CFT短柱の鋼管とコンクリートの応力状態<sup>2)</sup>

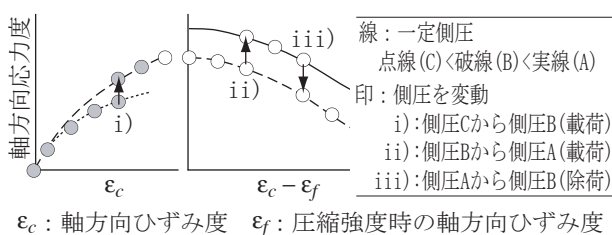
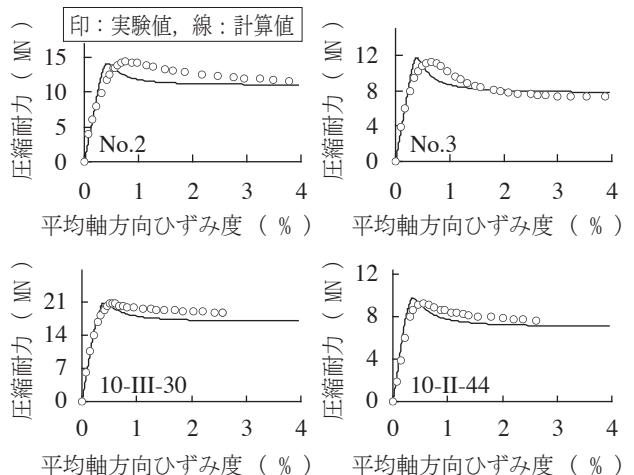


図-3 変動側圧を受ける三軸圧縮下コンクリート<sup>1,3,4)</sup>



文献	供試体名称	D (mm)	D/t	$\sigma_y$ (N/mm <sup>2</sup> )	YR	$\sigma_B$ (N/mm <sup>2</sup> )	$N_{sy} / N_0$
6)	No.2	240	18.0	787*	0.94	180	0.54
	No.3	240	29.5	777*	0.94	180	0.39
7)	10-III-30	359	29.7	843*	0.95	116	0.52
	10-II-44	269	43.4	772*	0.92	116	0.40

D: 鋼管の断面直径 \* : 0.2%off-set 高さ直径比: 3.0  
図-4 円形CFT短柱の圧縮耐力-平均軸方向ひずみ度関係の実験値<sup>6,7)</sup>と計算値の比較

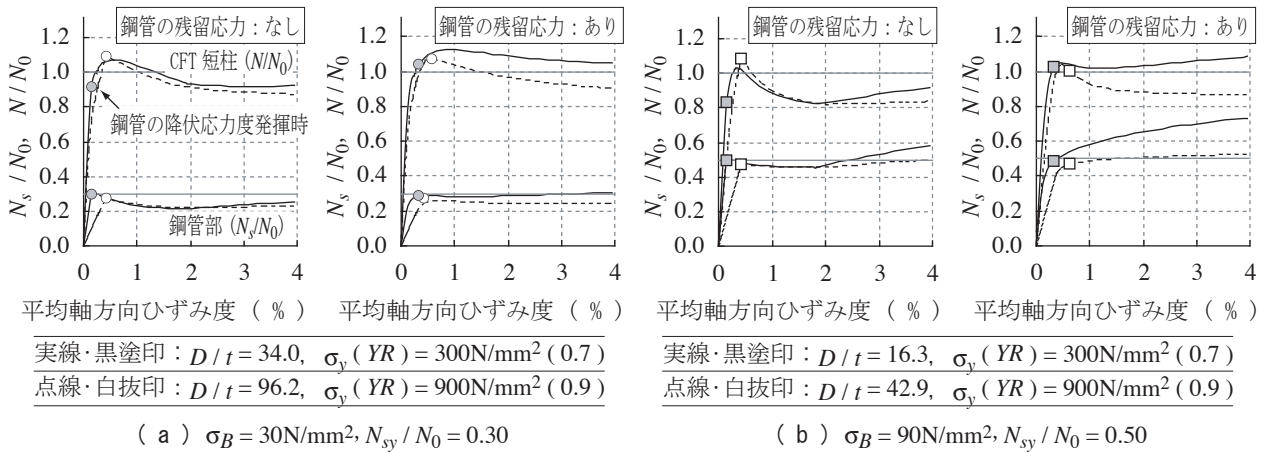


図-5 算出したCFT短柱の圧縮耐力と平均軸方向ひずみ度の関係の例

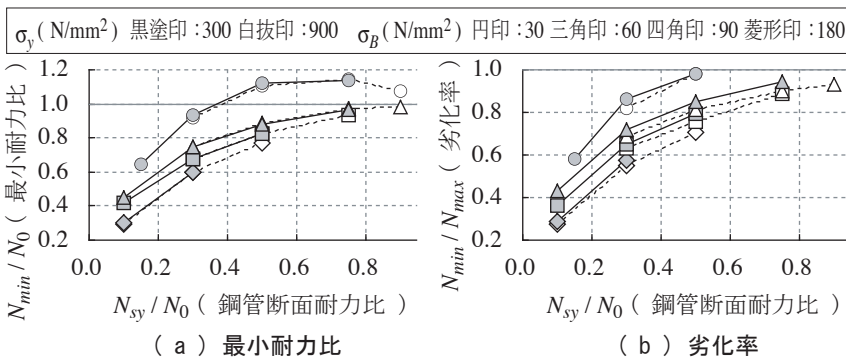


図-6 最小圧縮耐力に及ぼす標準強度の影響(残留応力なし)

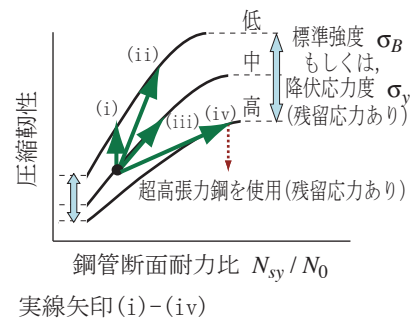


図-7 圧縮靱性に及ぼす各種要因(概念図)

### 3. 解析結果・考察

#### 3.1 圧縮耐力 - 平均軸方向ひずみ度関係

図-5に、算出したCFT短柱の圧縮耐力と平均軸方向ひずみ度の関係の例を示す。図の縦軸は、CFT短柱の断面耐力に対するCFT短柱の圧縮耐力( $N$ )および鋼管部が負担している圧縮耐力( $N_s$ )である。図中の各印は、鋼管の降伏応力度発揮時を表している。

同図より、鋼管に残留応力がないCFT短柱および鋼管部の最大圧縮耐力発揮後の圧縮耐力と平均軸方向ひずみ度の関係に及ぼす降伏応力度の影響がほとんどないことがわかる。よって、コンクリートの標準強度および鋼管断面耐力比が同一で、鋼管に残留応力がないCFT短柱の圧縮靱性に及ぼす径厚比と降伏応力度の組み合わせの影響は、ほとんどないと言える。この理由については、複数の要因によるため、今後、別途検討する。なお、鋼管に残留応力があるCFT短柱は、降伏比が小さいほど、靱性が向上することが認められる。これは、鋼管のひずみ硬化が影響しているためである<sup>8)</sup>。

#### 3.2 圧縮靱性

CFT短柱の圧縮靱性について、ここでは簡単に、最大耐力発揮後の最も小さい圧縮耐力(以下、最小圧縮耐力 $N_{min}$ )をCFT短柱の断面耐力で除した最小耐力比、および最大圧縮耐力 $N_{max}$ で除した値(以下、劣化率<sup>2)</sup>)を、指標として検討する。なお、明確な最小圧縮耐力が表れ

ない場合は、鋼管のひずみ硬化発揮時の圧縮耐力を、最小耐力とする。また、降伏応力度が高いほど、降伏比が大きいとす<sup>9)</sup>。

図-6(a)および(b)に、鋼管に残留応力がないCFT短柱の最小耐力比および劣化率と鋼管断面耐力比の関係をそれぞれ示す<sup>注3)</sup>。図中の各印は、凡例に示すように降伏応力度および標準強度を表している。

同図(a)より、鋼管断面耐力比が小さいおよびコンクリートの標準強度が高いほど、最小耐力比が低下することがわかる。なお、コンクリートの標準強度にかかわらず、最小耐力比と鋼管断面耐力比の関係に及ぼす径厚比と降伏応力度の組み合わせの影響は、ほとんどないことが認められる。また、同図(b)に示すように、劣化率についても、ほぼ同様の傾向が認められる。これらの理由については、複数の要因によるため、今後、別途検討する。

前掲図-5および図-6を踏まえたCFT短柱の圧縮靱性と鋼管断面耐力比の関係の概念図を図-7に示す。

同図に示すように、圧縮靱性を向上させる条件は、図中の矢印で示すi-ivのケースとなる。CFT短柱の断面耐力が低下しない条件では、ケースiは、降伏応力度を低く、および径厚比を小さくする、ケースii-iiiは、残留応力なしでは、径厚比を小さくする、もしくは降伏応力度を高くする、残留応力ありでは、径厚比を小さくする、ことで圧縮靱性を向上させることができる。また、



ケース ii-iii は、CFT 短柱の断面耐力が高くなるため、断面直径を小さくして軽量化させることもできる。コンクリートの標準強度を高くするケース iv は、鋼管の板厚を増す、および降伏応力度を高くする、必要がある。よって、超高強度コンクリートを充填した CFT 短柱の圧縮靱性を改善するには、極厚肉鋼管および超高張力鋼を使用する必要があると言える。なお、超高張力鋼を使用する場合、鋼管に残留応力があると、前掲図 - 5 (a) の実線で示す CFT 短柱と同図 (b) のその点線を比較してわかるように、鋼材の高強度化によって、降伏比が高くなり、これによりひずみ硬化が低下し、圧縮靱性の改善を期待できない可能性がある。

#### 4. 鋼繊維補強による CFT 短柱の圧縮靱性改善

前述 3. 2 節にて、CFT 柱に充填したコンクリートが超高強度化するほど、極厚肉鋼管および超高張力鋼を使用しない限り、従来から言われている CFT 柱特有の優れたエネルギー吸収能力が失われる結論を得た。そこで、本章では、超高強度コンクリートを充填した CFT 柱の靱性の改善を図ることを目的として、従来から多くの研究成果が蓄積されている高靱性鋼繊維補強コンクリートに着目し、鋼繊維補強による高強度 CFT 短柱の圧縮靱性の改善効果を、実験的に検討する<sup>注 3)</sup>。

##### 4. 1 実験概要

###### (1) 実験要因・水準

実験要因および水準として、繊維補強の有無を取り上げた。なお、参考のため、鋼管のみの短柱（以下、鋼管短柱）の実験も併せて実施した。

###### (2) 使用材料

鋼種は、一般構造用炭素鋼管 STK500 とした。断面・寸法は、公称で 114.3x1.8(mm) である。

表 - 2 に、コンクリートの調合表を示す。繊維混入率は外割で 4% である。セメントは普通ポルトランドセメント（密度：3.15g/cm<sup>3</sup>）、細骨材は天竜川産の川砂（表乾密度：2.64g/cm<sup>3</sup>、吸水率：0.82%）、混和剤は高性能 AE 減水剤（主成分：ポリカルボン酸系コポリマー）を使用した。繊維は、3次元波形鋼繊維（長さ：40mm、直径：0.8mm、波長：10mm、振幅：1.5mm、製造方法：カットワイヤー）である。なお、コンクリート標準供試体用の型枠は内径 100mm・内高 200mm の鋼製型枠を使用した。またコンクリート標準供試体の養生は、CFT 短柱供試体と同一条件にするため、強度試験日まで実験室内にて封緘養生とした。

###### (3) 供試体作製

コンクリートの混練には、容量 60l の二軸強制練ミキサーを使用した。ミキサーの軸回転数は 40r/min である。コンクリートの鋼管への充填工法は、縦方向打設の落とし込みとし、3層詰め、各層を突き棒で 25 回突き、その後、プラスチックハンマーで、突き棒によりできた穴がなくなる

表 - 2 調合表

W/C (%)	Air (%)	SP (mm)	W (kg/m <sup>3</sup> )	C (kg/m <sup>3</sup> )	S (%)	混和剤/C繊維混入率 (%)	繊維混入率 (%.vol)
23.7	4.5±1.5	12±2.5	243	1023	1023	1.75	4.0*

Air: 空気量 SP: スランプ W: 水 C: セメント S: 細骨材 \*外割

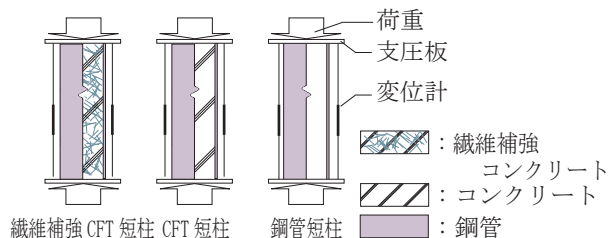


図 - 8 短柱圧縮試験の概要

表 - 3 鋼材・コンクリートの力学的性質

###### (a) 鋼管素材の引張試験結果

板厚 (mm)	降伏応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	降伏比	破断伸び率 (%)
1.78	410 (0.2%off-set)	0.789	16.5

###### (b) コンクリート標準供試体の圧縮試験結果

繊維補強	標本数	圧縮強度(標準強度)		密度	
		平均値 (N/mm <sup>2</sup> )	変動係数 (%)	平均値 (g/cm <sup>3</sup> )	変動係数 (%)
なし	5	80.9	3.28	2.28	0.255
あり	5	95.1	3.04	2.63	0.582

まで鋼管側面を軽く叩いた。なお、供試体の高さに対する断面直径の比は 3 である。

鋼繊維有無のコンクリートは、それぞれ異なるバッチで作製した。また、繊維補強コンクリートを標準供試体用の型枠および鋼管に充填する際、通常のハンドスコップのみでは、繊維混入率が高い繊維補強コンクリートをすくうことが難しいため、ハンドフォークを併用した。

###### (4) 試験方法

実施した CFT 短柱の圧縮試験の概要を図 - 8 に示す。圧縮試験では、相対する 2 台の変位計で上下の支圧板間の軸方向変位を測定した。荷重は鋼管とコンクリートを同時に単調載荷する形式とし<sup>注 1)</sup>、平均軸方向ひずみ度が 6% になるまで加えることを原則とした。なお、上下端ともに材端条件は、固定である。圧縮試験は、材齢 4 週後に実施した。標準供試体の圧縮試験は、圧縮応力度の増大を毎秒 0.6N/mm<sup>2</sup> の自動制御で実施した。

##### 4. 2 実験結果・考察

表 - 3 (a) および (b) に、鋼管素材の引張試験結果、およびコンクリート標準供試体の圧縮試験結果をそれぞれ示す。また、図 - 9 には、繊維補強ありのコンクリート標準供試体の圧縮応力度と平均軸方向ひずみ度の関係が示してある。

###### (1) 最終破壊形状

写真 - 1 に繊維補強ありの CFT 短柱（以下、繊維補強

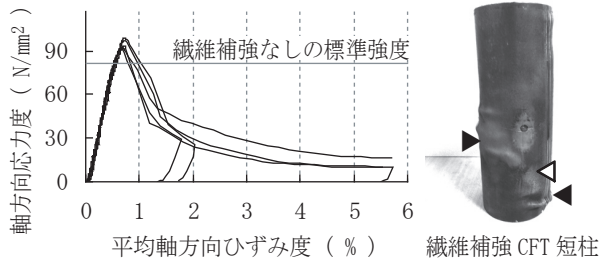


図-9 繊維補強ありの標準供試体の応力度-ひずみ度関係 写真-1 最終破壊形状

CFT短柱)の最終破壊形状を示す。

同写真に示すように、破壊形状は、白抜印で示す鋼管の局部座屈およびコンクリートの局所的な破壊による鋼管の面外方向の変形、黒塗印で示す螺旋状の鋼管の局部座屈である。なお、最終破壊形状に及ぼす繊維補強の影響は、認められなかった。

### (2) CFT短柱の圧縮耐力-平均軸方向ひずみ度関係

図-10に、CFT短柱の圧縮耐力と平均軸方向ひずみ度の関係に及ぼす繊維補強の影響を示す。図中の実線、点線および破線は、それぞれ繊維補強CFT短柱、CFT短柱および鋼管短柱を表している。また直線は、CFT短柱の断面耐力である。

同図より、繊維補強CFT短柱の最大圧縮耐力発揮後の耐力劣化勾配は、CFT短柱および鋼管短柱のそれと比較して緩やかであり、鋼繊維補強による高強度CFT短柱の圧縮靱性の改善が認められる。

### (3) 繊維補強・厚肉鋼管使用による圧縮靱性の改善

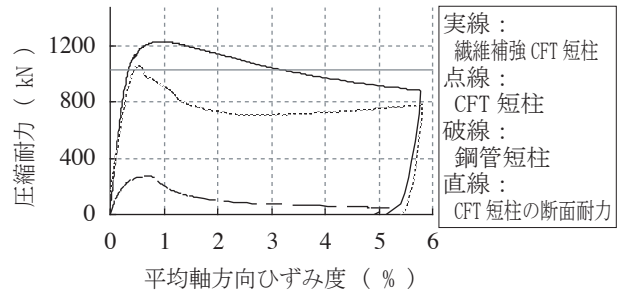
図-11に、繊維補強CFT短柱の鋼管と鋼繊維の原断面積の和と等しい鋼管の原断面積を有するCFT短柱(以下、等価CFT短柱)の圧縮耐力と平均軸方向ひずみ度の関係を示す。比較のため、CFT短柱についても、併せて示してある。各圧縮耐力と平均軸方向ひずみ度の関係は、前述第2章の既往の提案式を用いて算出した。

同図より、等価CFT短柱の最大圧縮耐力発揮後の耐力劣化勾配は、CFT短柱のそれと比較し、ほとんど差異がないことが認められる。また前掲図-10と比較をすると、CFT短柱の圧縮靱性の改善は、鋼管の板厚を増すよりも、繊維補強が有効であることがわかる。よって、鋼繊維補強CFT短柱の圧縮靱性は、それと等価な鋼材量を有するCFT短柱の圧縮靱性と比較して向上する可能性があると言える。

## 5. おわりに

CFT短柱の圧縮靱性に及ぼす各種要因について、既往の研究成果を活用して解析的に検討した。加えて、鋼繊維補強による高強度CFT短柱の圧縮靱性の改善を、実験的に検討した。これらより得られた主な結果を次に示す。

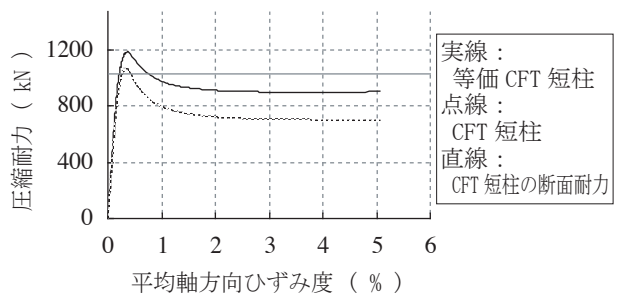
- 1) 標準強度および鋼管断面耐力比が同一の条件では、



供試体	D (mm)	D/t	h/D	$N_{max}$ (kN)	$\frac{N_{max}}{N_0}$	$\frac{N_{sy}}{N_0}$
繊維補強CFT短柱				1232	1.05*	0.22*
CFT短柱	114.3	65.3	3.0	1055	1.02	0.25
鋼管短柱				276	0.92**	-

\*  $\sigma_B$ : 繊維補強ありの標準強度を使用 \*\*  $N_0 = N_{sy}$  で算出

図-10 圧縮耐力と平均軸方向ひずみ度の関係(実験値)



供試体	D (mm)	D/t	h/D	$N_{max}$ (kN)	$\frac{N_{max}}{N_0}$	$\frac{N_{sy}}{N_0}$
等価CFT短柱	114.3	42.8	3.0	1187	1.04	0.33
CFT短柱		65.3		1072	1.04	0.25

図-11 圧縮耐力と平均軸方向ひずみ度の関係(計算値)

鋼管に残留応力がないCFT短柱の圧縮靱性は、径厚比と降伏応力度の組み合わせの影響をほとんど受けない。

- 2) CFT短柱のコンクリートの標準強度を超高強度化かつ圧縮靱性を改善するには、極厚肉鋼管および超高張力鋼を使用する必要がある。
- 3) 鋼繊維補強により高強度CFT短柱の圧縮靱性の改善が認められる。
- 4) 鋼繊維補強CFT短柱の圧縮靱性は、それと等価な鋼材量を有するCFT短柱の圧縮靱性と比較して向上する可能性がある。

## 参考文献

- 1) 山本貴正, 川口淳, 森野捷輔: 寸法効果を考慮した中心圧縮を受けるコンクリート充填円形鋼管短柱の荷重-変形関係に関する実験的研究, 日本建築学会構造系論文集, No. 592, pp. 193-200, 2005. 6
- 2) 遠藤創, 辻文三, 中島正愛, 越智敏夫, 楊柳: コンクリート充填鋼管短柱の軸圧縮挙動, 日本建築学会近畿支部研究報告集, 構造系, 第32号, pp. 125-128,

1992. 6
- 3) 小阪義夫, 谷川恭雄, 畑中重光: 低側圧3軸圧縮下のコンクリートの塑性変形挙動, コンクリート工学年次講演会報告集, Vol. 6, pp. 257-260, 1984
  - 4) 西野和弥, 村上雅英, 大谷恭弘, 窪田敏行: 低側圧3軸圧縮応力を受けるプレーンコンクリートの最大応力以降の降伏性状に関する実験, コンクリート工学年次論文報告集, Vol. 15, No. 2, pp. 51-56, 1993
  - 5) 長沼一洋: 非線形ポアソン効果を考慮した三軸応力下のコンクリートの直交異方性構成モデル, 日本建築学会構造系論文集, No. 485, pp. 109-116, 1996. 7
  - 6) 鈴木康正, 丹羽博則, 湊田安浩, 時野谷浩良, 山中昌之, 遠藤文明: 超高強度コンクリート充填鋼管(CFT)柱, 大林組技術研究所報, CD-Rom, No. 74, pp. 1-10, 2010
  - 7) 杉本太一, 栗原翔太, 難波隆行, 植木卓也, 加村久哉, 中西三和, 安達洋: 高強度CFT柱の構造特性に関する研究(その4), 日本建築学会大会学術講演梗概集, 構造II, pp. 1357-1358, 2012. 9
  - 8) 蛭川利彦, 崎野健治, 小松慎二, 石出一郎: コンクリート充填円形鋼管柱の中心圧縮性状に関する研究, コンクリート工学年次論文報告集, Vol. 18, No. 2, pp. 1307-1310, 1996
  - 9) 鈴木博之: 橋梁製作に用いられた鋼材の機械的性質に関する調査研究, 福井工業大学研究紀要, 第27号, pp. 207-214, 1997
  - 10) 山口育雄, 菅野俊介, 長嶋俊雄, 平出亨, 沢田博: 充てん型コンクリート短柱の中心圧縮性状(その1, 2), 日本建築学会大会学術講演梗概集, 構造II, pp. 1353-1356, 1988. 10
  - 11) 田中清, 狩野芳一, 寺岡勝, 佐々木聡: 高強度コンクリートを用いた合成短柱の中心圧縮性状, コンクリート工学年次論文報告集, Vol. 12, No. 2, pp. 83-88, 1990
  - 12) 佐藤孝典: 円形断面の充填鋼管コンクリート構造における鋼管とコンクリートの相互作用に関する研究, 大阪大学学位論文, 1995. 8
  - 13) 松井千明, 津田恵吾, 森武史: 被覆形鋼管コンクリート柱材における鋼管の幅厚比・径厚比の制限値, 日本建築学会構造系論文集, No. 503, pp. 157-163, 1998. 1
  - 14) Schneider, S. P.: Axially Loaded Concrete-Filled Steel Tubes, Journal of Strength Engineering, ASCE, Vol. 124, pp. 1125-1138, 1998. 10
  - 15) 岡本達雄, 福山国夫, 東端泰夫, 土田伸治, 半田健二, 益尾潔: 超高強度コンクリート充填鋼管柱を

用いた生田神社拝殿の復旧設計と施工, 鋼構造論文集, 第3巻, 第10号, pp. 7-19, 1996. 6

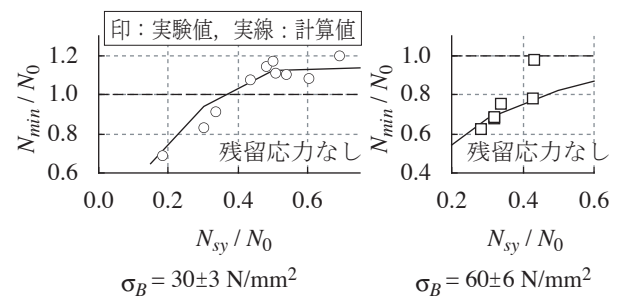
- 16) 木村秀樹, 高津比呂人: 鋼繊維を混入した超高強度コンクリート充填鋼管短柱の中心圧縮試験(その1), 日本建築学会大会学術講演梗概集, 構造III, pp. 1103-1104, 2002. 8

#### 注

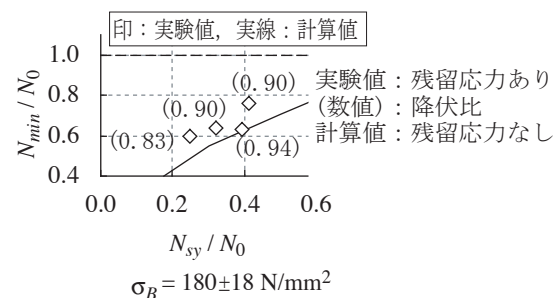
注1) CFT柱構造に作用する軸力は, 鋼管の内側にリブなどが設けられていない限り, 鋼管に直接作用し, コンクリートへは直接作用しない。なお, ここでは, 軸力は, ダイアフラムを通じて鋼管からコンクリートへ伝達されるとして, 圧縮力を鋼管とコンクリートに等しく作用させる。

注2) 付図-1に, 鋼管に残留応力がない普通および高強度CFT短柱の最小圧縮耐力の実験値<sup>10-14)</sup>と計算値の比較を示す。図の縦軸は, 最小耐力比を, 横軸は鋼管断面耐力比を表している。図中の印は実験値, 実線は線形補間した計算値である。同図より, 計算値は, 各実験値とよく一致していることがわかる。付図-2に, 超高強度CFT短柱の場合を示す。なお, 図中の印は, 鋼管に残留応力があるCFT短柱の実験値<sup>6, 15)</sup>を表している。同図より, 降伏比が小さい実験値は, 計算値よりも高いことが認められる。これは, 鋼管の残留応力が影響していると考えられる。

注3) 木村ら<sup>16)</sup>は, 超高強度CFT短柱の圧縮靱性に及ぼす鋼繊維補強の影響が, ほとんどない実験結果を得ている。これは, 繊維混入率3%が, 標準強度143N/mm<sup>2</sup>に対して, 少ないことが原因であると考えられる。



付図-1 普通・高強度CFT短柱の最小圧縮耐力の実験値<sup>10-14)</sup>



付図-2 超高強度CFT短柱の最小圧縮耐力の実験値<sup>6, 15)</sup>