

(S2) CFT部材の力学的特性と設計式

藤永 隆¹・津田 恵吾²

¹正会員 神戸大学准教授 都市安全研究センター (〒657-8501 神戸市灘区六甲台町1-1)

E-mail:ftaka@kobe-u.ac.jp

²正会員 北九州市立大学教授 国際環境工学部建築デザイン学科 (〒808-0135 北九州市若松区ひびきの1-1)

E-mail:tsuda-keigo@kitakyu-u.ac.jp

本報では、建築分野で多く適用されているCFT構造に関して、その優れた力学特性と設計式について説明するものである。まず、CFT構造に関する設計基・規準の変遷やその背景について述べている。設計諸量である幅厚比・径厚比の制限値とコンクリート打込み高さの関係、座屈長さと断面せいの比の適用範囲と設計時の分類、軸力を受ける部材と軸力と曲げを受ける部材それぞれの力学的特性と設計式の説明をしている。

Key Words : *Confined effect, Width(Diameter)-to-thickness ratio, Buckling length-to-depth ratio, Superposed strength, Drift ratio limit*

1. はじめに

建築分野では、コンクリート充填鋼管（以下CFT）部材は柱材が一般的であり、通常は柱CFTと梁鉄骨のラーメン構造として用いられる。軸力が大きくなる高層・超高層建築物の柱、大スパン梁を支持する柱、吹き抜け部や階高の大きい建物の柱に加え、アーチやトラスの部材としても用いられることもある。最近10年間で超高層ビルを中心として建設棟数が増加傾向にある。

鋼管内部へのコンクリートの充填方法は、落とし込み工法と圧入工法とがあり、高層建築物では圧入工法により施工されることが一般的である。充填状況の確認が困難なため、充填性能の高い高流動コンクリートを用いることが多く、コンクリートの品質管理が重要となる。

本論では、CFT部材の基本的な構造性能と設計式について述べるものであり、主として柱材に関するものである。柱梁接合部や柱脚の設計等に関しては後述の関連基・規準を参照されたい。

2. 構造基・規準の変遷

1967年に日本建築学会より円形鋼管を対象とした「鋼管コンクリート構造設計規準・同解説」¹⁾が刊行され、

累加強度による設計法が示された。1980年に「鋼管コンクリート構造計算規準・同解説」²⁾に改定され、角形鋼管も対象となり、長柱に関する累加強度が示された。1987年に「鉄骨鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説」³⁾（以下、SRC規準とする）に鋼管コンクリート構造が統合され、SRC構造の一種として扱われることになった。

1985～1990年の建設省・新都市型集合住宅システム開発プロジェクトにおいて、都市型集合住宅を実現する構造システムとしてCFT構造が採用され、新都市ハウジング協会「CFT構造技術指針・同解説」⁴⁾としてまとめられた。1997年には、日本建築学会より「コンクリート充填鋼管構造設計施工指針」⁵⁾（以下、CFT指針とする）が刊行されたが、state-of-the-art的なものであった。

2002年の国土交通省告示により一般の確認申請での建設可能になっており、新都市ハウジング協会から「コンクリート充填鋼管(CFT)造技術基準・同解説」⁶⁾が刊行された。

2008年に改定されたCFT指針⁷⁾では、設計式が明示され、各種設計法への対応も示された。2012年には、CFT指針の補完とCFTの健全な普及を目的として「コンクリート充填鋼管構造設計ガイドブック」⁸⁾が作成された。

2014年のSRC規準⁹⁾の改定により、CFT構造の規定が削除されたため、日本建築学会の鋼コンクリート合成構造運

営委員会では、CFT構造設計規準小委員会（主査：津田恵吾）を設置して、「コンクリート充填鋼管構造計算規準」の刊行を目指しているところである。

3. CFT部材の力学的特性と設計式

建築分野でCFT部材の設計に使用される指針は、新都市ハウジングのCFT造技術指針・同解説¹⁰⁾（以下、新都市CFT造指針とする）と日本建築学会のCFT指針⁷⁾があるが、ここでは日本建築学会のCFT指針について紹介する。

(1) 設計諸量

a) 幅厚比・径厚比

CFT指針では、断面の耐力を保証する範囲として、鋼構造設計規準¹¹⁾の鋼管の幅厚比・径厚比制限値の1.5倍まで緩和されている。

$$\frac{d}{t} = 1.6 \sqrt{\frac{sE}{F}} \times 1.5 \quad (\text{角形鋼管}) \quad (1)$$

$$\frac{D}{t} = 0.114 \frac{sE}{F} \times 1.5 \quad (\text{円形鋼管}) \quad (2)$$

ここで、 d ：角形鋼管平板部分の長さ、 D ：鋼管外径寸法、 t ：鋼管の板厚、 E ：鋼管のヤング係数、 F ：鋼管の基準強度

また、コンクリートの打ち込み時に、鋼管柱に過度な応力や変形が生じないように打ち込み高さの上限が示されており、鋼管の幅厚比・径厚比と関係がある。円形鋼管についてはひずみや変形の制限で問題となることはほぼ無いが、角形鋼管では問題となるケースがある。CFT指

針、新都市CFT造指針¹⁰⁾およびJASS5¹²⁾では、鋼管の応力の制限によって決まる上限値として (3)、(4) 式、角形鋼管において変形の制限（辺長の0.5%以下かつ3mm以下）によって決まる上限値として (5) 式が与えられている。角形鋼管の幅厚比とコンクリートの打ち込み高さの関係の一例を図1に示す。

$$h \leq \frac{2 \cdot s \sigma_y}{\gamma \cdot (D/t)^2} \times 10^3 \times \alpha \quad (\text{角形鋼管}) \quad (3)$$

$$h \leq \frac{2 \cdot s \sigma_y}{\gamma \cdot (D/t)} \times 10^3 \times \alpha \quad (\text{円形鋼管}) \quad (4)$$

ここで、 h ：最大打ち込み高さ(m)、 $s\sigma_y$ ：鋼管降伏強度、 γ ：コンクリートの単位容積重量、 D/t ：幅厚比・径厚比、 α ：流動抵抗や脈動を考慮した低減係数（1.0～0.8）

$D \leq 600(\text{mm})$ の場合

$$h \leq \frac{0.16 \cdot sE}{\gamma \cdot (D/t)^3} \times 10^3 \times \alpha \quad (5-1)$$

$D > 600(\text{mm})$ の場合

$$h \leq \frac{9.6 \cdot sE}{\gamma \cdot (D/t)^3 D} \times 10^4 \times \alpha \quad (5-2)$$

b) 部材長

CFT指針では、SRC規準に準じて、圧縮を受ける材の座屈長さ k は断面せいの50倍以下に、曲げを受ける材の座屈長さは断面せいの30倍以下に制限されている。

また設計において、座屈長さが断面せいの4倍以下の柱を短柱、座屈長さが断面せいの12倍を超える柱を長柱、座屈長さが断面せいの4倍を超え12倍以下の柱を中柱と定義している。

(2) 軸方向力を受ける部材

a) 短柱の軸耐力

軸方向力を受ける円形 CFT 短柱は、コンクリートの膨張で生じる力を鋼管の面内引張力で抵抗するため、コンクリートに与える拘束力大きい。一方角形 CFT 短柱は、角形鋼管の曲げ応力で抵抗するため、コンクリートに与える拘束力は小さい。

座屈長さと断面せいの比が4以下の柱の終局圧縮耐力 N_{axl} は(6)式により算定する。円形 CFT ではコンファインド効果による耐力上昇を考慮しているが、角形 CFT は軸耐力の単純和である。

$$N_{axl} = {}_cN_c + (1 + \xi) {}_sN_c = {}_cA \cdot F_c + (1 + \xi) {}_sA \cdot F_y \quad (6)$$

ここで、円形 CFT では $\xi = 0.27$ 、角形 CFT では $\xi = 0$ 。また、 ${}_cN_c = {}_cA \cdot F_c$ 、 ${}_sN_c = {}_sA \cdot F_y$ で、 ${}_cA$ ：コンクリートの断面積、 ${}_sA$ ：鋼管の断面積、 F_c ：コンクリートの設計基準強度、 F_y ：鋼管の降伏強さである。

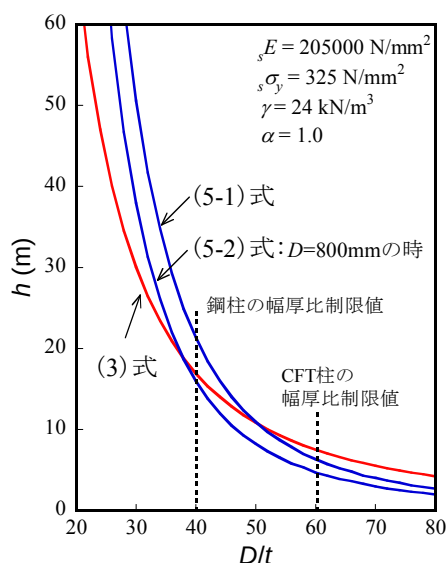


図1 幅厚比と打ち込み高さの関係

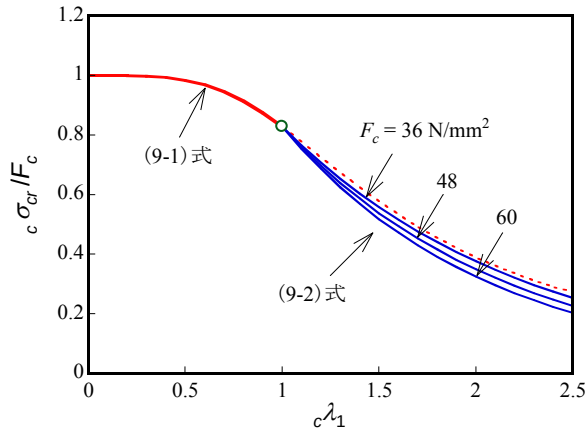


図2 コンクリート柱のカラムカーブ

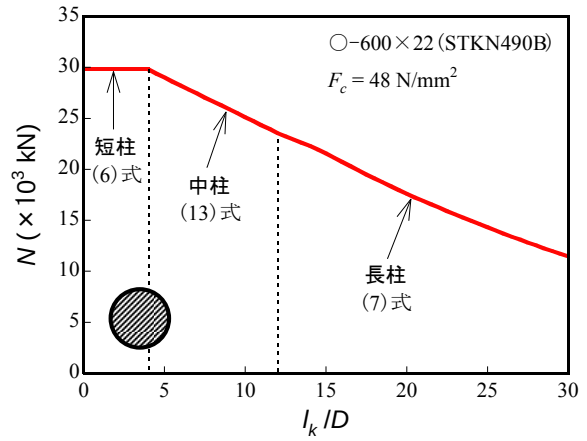


図3 CFT柱のカラムカーブ

b) 長柱の軸耐力

座屈長さと断面せいの比が 12 を超える長柱の終局圧縮耐力 N_{a2} は鋼管柱の座屈耐力 sN_{cr} とコンクリート柱の座屈耐力 cN_{cr} を累加することにより算定することになっている。

$$N_{cu3} = cN_{cr} + sN_{cr} \quad (7)$$

ここで、 cN_{cr} はコンクリート柱の座屈耐力で次式による。すなわち座屈応力度 $c\sigma_{cr}$ にコンクリート部分の断面積 cA を乗ずることにより算定する。 sN_{cr} は「鋼構造塑性設計指針」¹⁹⁾による。

$$cN_{cr} = c\sigma_{cr} \cdot cA \quad (8)$$

座屈応力度は下式で算定する。

$c\lambda_1 \leq 1$ のとき

$$\frac{c\sigma_{cr}}{F_c} = \frac{2}{1 + \sqrt{c\lambda_1^4 + 1}} \quad (9-1)$$

$c\lambda_1 \geq 1$ のとき

$$\frac{c\sigma_{cr}}{F_c} = 2(\sqrt{2} - 1) \exp\{C_c(1 - c\lambda_1)\} \quad (9-2)$$

ここで、 F_c : コンクリートの設計基準強度、 λ_1 : 基準化細長比、 C_c : コンクリートの設計基準強度に関する係数である。基準化細長比は下式で算定する。

$$c\lambda_1 = \frac{c\lambda}{\pi} \sqrt{\varepsilon_u} \quad (10)$$

ここで、 λ : コンクリート柱の細長比、 ε_u : 圧縮強度時のひずみである。圧縮強度時のひずみは下式で算定する。

$$\varepsilon_u = 0.93F_c^{1/4} \cdot 10^{-3} \quad (11)$$

(9-2)式右边の C_c は下式で算定する。

$$C_c = 0.568 + 0.00612F_c \quad (12)$$

図2にコンクリート柱のカラムカーブを示す。

c) 中柱の軸耐力

座屈長さと断面せいの比が 4 を超え 12 以下の中柱の終局圧縮耐力 N_{a2} は、短柱の耐力 N_{a1} と座屈長さと断面せいの比が 12 として算定した長柱の終局耐力 N_{a3} を座屈長さと断面せいの比に関して線形補間して算定する。

$$N_{cu2} = N_{cu1} - 0.125(N_{cu1} - N_{cu3}) \cdot (l_k/D - 4) \quad (13)$$

図3にCFT柱のカラムカーブの一例を示す。

d) 引張材

引張力を受ける CFT 部材は、充填コンクリートの存在により鋼管が 2 軸引張状態となるため、鋼管のみを引張った場合より大きな耐力となる。

CFT 指針では、軸方向引張力を受ける柱の終局軸耐力 N_{tu} は、短柱・中柱・長柱を問わず、下式で算定する。

$$N_{tu} = sN_t = sA \cdot \beta_2 \cdot F_y \quad (14)$$

ここで、円形 CFT では $\beta_2 = -1.08$ 、角形 CFT では $\beta_2 = -1$ である。

(3) 軸力と曲げモーメントを受ける部材

a) 累加強度

CFT の設計式では、鋼管とコンクリートの耐力を累加して算定することが多い。

単純累加強度は塑性解析の下界定理に基礎をおいており、釣合条件（断面力と外力の釣合い）と塑性条件（鋼管部の応力は降伏応力以下、コンクリート部の応力は圧縮強度以下）を満たし、鋼管およびコンクリートの耐力を足し合わせたものである。図4において、コンクリート柱の $M-N$ 相関曲線の原点 O を鋼管柱の最大曲げモーメント点 A まで移動して得られる耐力線（ベクトル $\overrightarrow{OA}$ と任意のベクトル $\overrightarrow{OQ}$ の和）と、鋼管柱の $M-N$ 相関曲線の原点 O をコンクリート柱の最大軸耐力点 B まで移動して得られる耐力線（ベクトル $\overrightarrow{OB}$ と任意のベクトル $\overrightarrow{OP}$ の和）、これらを単純累加強度曲線という。

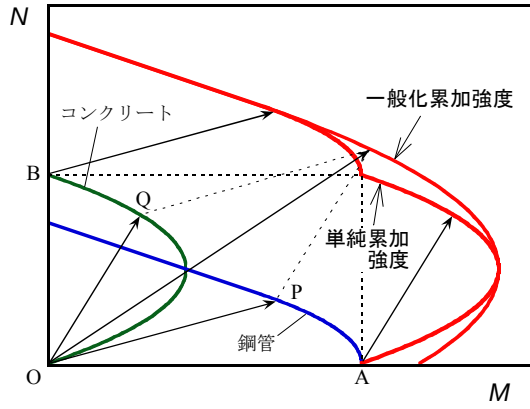


図4 CFT断面の累加強度

一般化累加強度は、釣合条件、塑性条件に加え、機構条件（コンクリート部と鋼管部の中立軸は一致）を満たし、鋼管およびコンクリートの耐力を足し合わせたものである。図4において、鋼管柱あるいはコンクリート柱の一方の耐力相関曲線の原点をもう一方の耐力相関曲線上を移動して得られる包絡線（任意のベクトル $\vec{OP}$ と任意のベクトル $\vec{OQ}$ の和で最も外側の曲線）を一般化累加強度といい、鋼管柱とコンクリート柱の塑性中立軸位置を一致させた状態での全塑性耐力と同じとなる。

b) 短柱の曲げ耐力

付加曲げモーメント（ $P\delta$ モーメント）の影響が無視できるほど短い、座屈長さと断面せいの比が4以下の短柱の終局曲げ耐力は、CFT指針では全塑性状態を仮定した一般化累加強度で算定する。円形CFTではコンクリートと鋼管の相互拘束効果が考慮されており、コンクリートはRichartの式によるコンファインド効果を考慮し

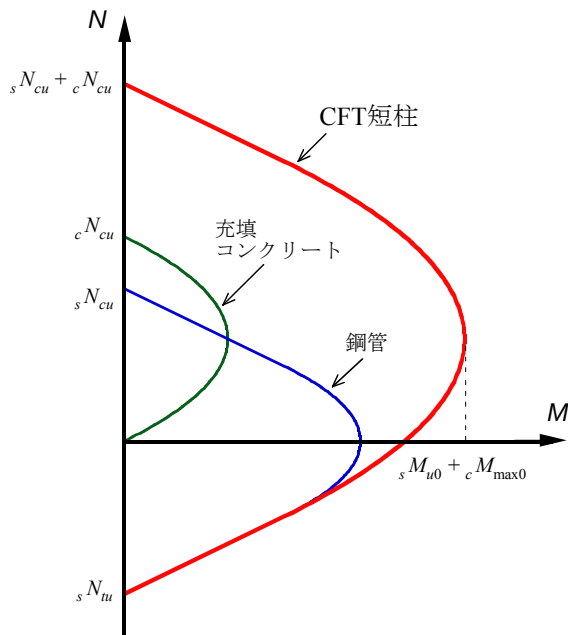


図5 CFT短柱の終局耐力

て基準強度 F_c より大きな値 ${}_c\sigma_{cb}$ をとり、鋼管の降伏応力は圧縮側と引張側でそれぞれ0.89, 1.08倍される。

$${}_c\sigma_{cb} = F_c + 0.78 \cdot \frac{2t}{D-2t} \cdot F_y \quad (15)$$

図5に短柱の終局曲げ耐力曲線を示す。

c) 長柱の曲げ耐力

長柱の挙動は、短柱の挙動と異なりコンファインド効果や局部座屈の影響がではじめる前に柱としての耐力に達することがあるため、耐力算定時には付加曲げモーメントの影響を考慮する必要がある。

CFT指針では、圧縮材との整合性を鑑みて座屈長さと断面せいの比が12を超える柱を長柱と定義し、終局曲げ耐力は、半理論的・半経験的なものではあるが、 $P\delta$ モーメントの影響を考慮した単純累加強度である次式で算定する。

$$N_u \leq {}_cN_{cu} \text{ または } M_u \geq {}_sM_{u0} \left(1 - \frac{{}_cN_{cu}}{N_k} \right) \frac{1}{C_M} \text{ のとき} \\ N_u = {}_cN_u \\ M_u = \left\{ {}_cM_u + {}_sM_{u0} \left(1 - \frac{{}_cN_u}{N_k} \right) \right\} \frac{1}{C_M} \quad (16-1)$$

$$N_u > {}_cN_{cu} \text{ または } M_u < {}_sM_{u0} \left(1 - \frac{{}_cN_{cu}}{N_k} \right) \frac{1}{C_M} \text{ のとき} \\ N_u = {}_cN_{cu} + {}_sN_u \\ M_u = {}_sM_u \left(1 - \frac{{}_cN_{cu}}{N_k} \right) \frac{1}{C_M} \quad (16-2)$$

ここで、 ${}_sM_{u0}$ ：鋼管部分が曲げモーメントのみを受けする場合の終局曲げ耐力、 N_k はCFT柱のオイラー荷重で(17)式、 C_M はモーメント勾配と軸力の大きさの影響係数で(18)式による。鋼管長柱の終局曲げ耐力は、「鋼構造塑性設計指針」¹³⁾による。また、コンクリート長柱の終局曲げ耐力として(19)式が示されている。

$$N_k = \frac{\pi^2 \left(\frac{{}_cE' \cdot {}_cI}{5} + {}_sE \cdot {}_sI \right)}{l_k^2} \quad (17)$$

$$C_M = 1 - 0.5 \left(1 - \frac{M_2}{M_1} \right) \sqrt{\frac{N_u}{N_k}} \geq 0.25 \quad (18)$$

$${}_cM_u = \frac{4 {}_cN_u}{0.9 {}_cN_{cr}} \left(1 - \frac{{}_cN_u}{0.9 {}_cN_{cr}} \right) {}_cM_{\max} \quad (19)$$

ここで、 ${}_cE'$ はコンクリートのヤング係数で適切な方法で評価する。 ${}_cI$ 、 ${}_sI$ はそれぞれコンクリートと鋼断面の断面2次モーメント、 M_1 、 M_2 は柱の両端に作用する曲げモーメントの絶対値がそれぞれ大きい方と小さい方の値で M_2/M_1 は単曲率の場合に正とする。 ${}_cM_{\max}$ は基準化細長比 λ_1 のコンクリート長柱の最大曲げ耐力で(20)式で算定する。

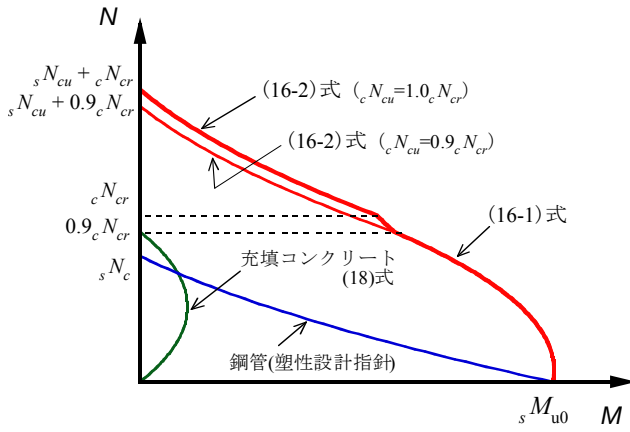


図6 CFT長柱の終局耐力

$${}_cM_{\max} = \frac{C_b}{C_b + c\lambda_1^2} {}_cM_{\max 0} \quad (20)$$

$${}_cM_{\max 0} = \frac{F_c \cdot D^3}{8} (\text{角形}), \frac{F_c \cdot D^3}{12} (\text{円形}) \quad (21)$$

$$C_b = 0.923 - 0.0045 F_c \quad (22)$$

節点移動がある場合は $C_M=1$ とする。ただし、短柱の終局曲げ耐力を超えることはできない。 ${}_cN_{cu}$ は ${}_cN_{cr}$ あるいは $0.9{}_cN_{cr}$ のどちらを用いて算定してもよい。 $0.9{}_cN_{cr}$ を用いると場合分けが一つ減り、簡便かつ安全側となる。

図6に長柱の終局曲げ耐力曲線を示す。

d) 中柱の曲げ耐力

座屈長さが断面せいの4倍を超え、12倍以下の中柱の終局曲げ耐力は(23)式で算定する。低軸力域は $P\delta$ モーメントの影響を考慮した単純累加強度の(16-1)式で算定し、高軸力域部 ($N_u > {}_cN_{cu}$) では中柱の軸圧縮耐力 N_{a2} と直線補間した(23-2)式で算定する。中柱に関しても ${}_cN_{cu}$ は ${}_cN_{cr}$ あるいは $0.9{}_cN_{cr}$ のどちらを用いて算定してもよい。

$$(i) N \leq {}_cN_{cu} \text{ または } M_u \geq {}_sM_{u0} \left(1 - \frac{{}_cN_{cu}}{N_k} \right) \frac{1}{C_M} \text{ のとき}$$

$$M_u = \left\{ {}_cM_u + {}_sM_{u0} \left(1 - \frac{{}_cN_{cu}}{N_k} \right) \right\} \frac{1}{C_M} \quad (23-1)$$

$$(ii) N > {}_cN_{cu} \text{ または } M_u < {}_sM_{u0} \left(1 - \frac{{}_cN_{cu}}{N_k} \right) \frac{1}{C_M} \text{ のとき}$$

$$M_u = {}_sM_{u0} \left(1 - \frac{N_u - {}_cN_{cu}}{N_{cu2} - {}_cN_{cu}} \right) \left(1 - \frac{{}_cN_{cu}}{N_k} \right) \frac{1}{C_M} \quad (23-2)$$

図7に中柱の終局曲げ耐力曲線を示す。

e) せん断

CFT柱でせん断の影響を受けるのは、せん断スパン比が1.0以下の極短柱の場合のみである。その場合には実験でせん断破壊が発生することが確認されているが、セ

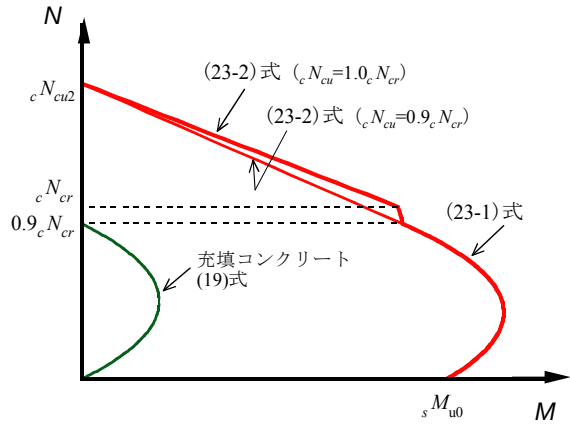


図7 CFT中柱の終局耐力

ン断破壊しても鋼管が薄肉で高軸力を受ける場合以外は復元力特性は曲げ破壊の場合に劣らない良い性状である。

CFT指針ではせん断スパン比が1以下の場合はせん断の検討をすることとしている。設計式の詳細はCFT指針を参照されたい。

f) 変形性能

軸力と曲げモーメントおよびせん断力を受けるCFT部材の変形性能は、せん断力 Q 一部材角 R 関係で、せん断力が最大耐力より5%低下した点の部材角（限界部材角 R_0 ）として定義されており、CFT指針では、鋼管の幅厚比・径厚比、軸力比、コンクリート強度、座屈長さ と断面せいの比をパラメータとした評価式が示されている。

(角形鋼管の場合)

$$R_u = \frac{\gamma_r}{0.15 + 3.79 \frac{N}{N_0}} \cdot \frac{t}{D} R \alpha \quad (24-1)$$

(円形鋼管の場合)

$$R_u = \gamma_c \cdot \left(8.8 - 6.7 \frac{N}{N_0} - 0.04 \frac{D}{t} - 0.012 F_c \right) / 100 \quad (24-2)$$

ここで、 N は作用圧縮軸力、 N_0 は単純累加軸耐力、 $R\alpha = 1.0 - (F_c - 40.3) / 566$ 、ただし $R\alpha \geq 1.0$ のときは $R\alpha = 1.0$ 、 $\gamma_r : l_k / D \leq 10$ の場合 1.0、 $l_k / D > 10$ の場合 0.8、 $\gamma_c : l_k / D \leq 10$ の場合 1.0、 $l_k / D > 10$ の場合 0.6 とする。

図8に限界部材角の比較を示す。現状では、CFT構造の限界部材角は、最大水平耐力より5%低下時（95%耐力限界）で整理・定式化されているが、限界部材角の定義にはいくつかの考え方があり（RC造では80%耐力限界、S造では90%耐力限界）、今後の検討課題である。

4. 最近の研究

最近では、建築構造用鋼材として780N/mm²鋼材といった高強度鋼が開発されており¹⁴⁾、高強度鋼を用いた

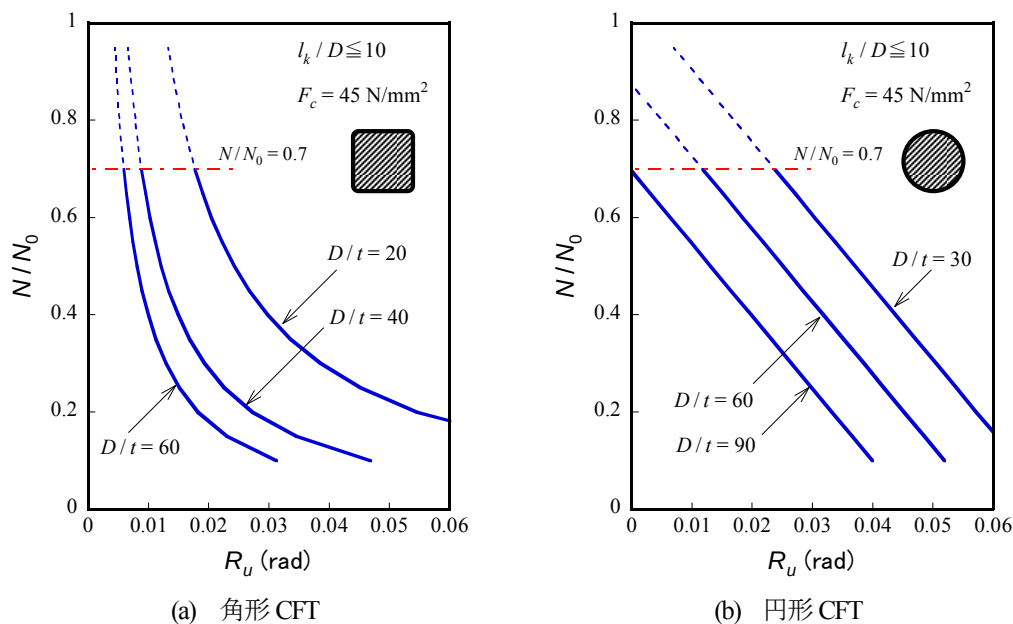


図8 限界部材角

CFT柱の建物の設計・施工が既に行われている¹⁵⁾。高強度鋼材は、学会CFT指針や新都市CFT造指針の適用範囲外である。学会CFT指針には高強度鋼材を用いた際の耐力算定に関する注意事項が記述されているものの、高強度鋼材を用いた際の設計式は明示されていない。

また、角形CFT柱は断面形状が正方形だけでなく、長方形断面となる場合も考えられ、実施工でも長方形CFT柱が採用されつつある。学会CFT指針は長方形も適用可能であるとされているが、その適用に関しては明確な記述はない。長方形断面となると弱軸側が存在するため、その影響等に関する、幅厚比・径厚比、耐力、変形性能等の検討が行われている¹⁶⁾。

5. まとめ

本報では、建築分野で用いられるコンクリート充填鋼管部材について、その力学特性と使用される設計指針であるCFT指針に示されている設計式の説明を行った。

参考文献

- 1) 日本建築学会：鋼管コンクリート構造設計規準・同解説，1967.6
- 2) 日本建築学会：鋼管コンクリート構造計算規準・同解説，1980.2
- 3) 日本建築学会：鉄骨鉄筋コンクリート構造計算規

準・同解説（第4版），1987.6

- 4) 新都市ハウジング協会；CFT 構造技術指針・同解説，1997.1
- 5) 日本建築学会：コンクリート充填鋼管構造設計施工指針（第1版），1997.10
- 6) 新都市ハウジング協会：コンクリート充填鋼管(CFT)造技術基準・同解説，2002.9
- 7) 日本建築学会：コンクリート充填鋼管構造設計施工指針（第2版），2008.10
- 8) 日本建築学会：コンクリート充填鋼管構造設計ガイドブック，2012.10
- 9) 日本建築学会：鉄骨鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説（第6版），2014.1
- 10) 新都市ハウジング協会：コンクリート充填鋼管(CFT)造技術基準・同解説の運用及び計算例等，第2章，2014.3
- 11) 日本建築学会：鋼構造設計規準—許容応力度設計法—，2005.9
- 12) 日本建築学会：建築工事標準仕様書・同解説 JASS5 鉄筋コンクリート工事 2015，2015.7
- 13) 日本建築学会：鋼構造塑性設計指針，2010.2
- 14) 日本鉄鋼連盟：建築構造用高強度 780N/mm² 鋼材(H-SA700)鋼材規格および溶接施工要領，2012.11
- 15) 松本修一，後藤和正，黒岩秀介，高瀬洋一：F_c150N/mm² コンクリート・780N/mm² 鋼材の CFT 柱を用いた超高層建物の設計および施工，コンクリート工学，第50巻12号，pp.1102-1108，2012.12
- 16) 長崎徹，岡修平，藤本利昭：コンクリート充填長方形鋼管短柱の構造性能に関する研究，構造工学論文集，Vol.61B，pp.133-140，2015.3

THE STRUCTURAL CHARACTERISTICS OF CFT MEMBERS AND THE DESIGN FORMULAE

Takashi FUJINAGA and Keigo TSUDA

In this paper, the structural characteristics and the design formulae of CFT structures that's come to use a lot recently are explained. At first, the transition of the CFT structural design standard are reported. And, relations of width/diameter-to-thickness ratio limit and height of concrete placing, application range of buckling length-to-depth ratio and the classification in design, and structural characteristics and the design formulae for CFT members subjected to axial force or axial force and bending are described.