

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4013179号

(P4013179)

(45) 発行日 平成19年11月28日(2007.11.28)

(24) 登録日 平成19年9月21日(2007.9.21)

(51) Int. Cl.

E O 4 B 1/30 (2006.01)

F I

E O 4 B 1/30

E

請求項の数 7 (全 18 頁)

(21) 出願番号	特願平11-93933	(73) 特許権者	000001258
(22) 出願日	平成11年3月31日(1999.3.31)		J F E スチール株式会社
(65) 公開番号	特開2000-282576(P2000-282576A)		東京都千代田区内幸町二丁目2番3号
(43) 公開日	平成12年10月10日(2000.10.10)	(74) 代理人	100112140
審査請求日	平成17年5月17日(2005.5.17)		弁理士 塩島 利之
前置審査		(72) 発明者	伊藤 均
			東京都千代田区丸の内一丁目1番2号
			日本鋼管株式会社内
		(72) 発明者	岡本 晴仁
			東京都千代田区丸の内一丁目1番2号
			日本鋼管株式会社内
		(72) 発明者	石村 博
			東京都千代田区丸の内一丁目1番2号
			日本鋼管株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 鋼管柱における柱梁接合部分の耐力を求める方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

コンクリート充填円形鋼管柱に梁フランジが取り付けく柱梁接合部の耐力を解析的手法により求める方法であって、梁がとりつく近傍の鋼管壁面が曲げ変形し鋼管軸方向に伝達される力の流れ成分である鋼管の前面剪断力 (P_1) と、リングとリング近傍の鋼管板 (リングとリング近傍の鋼管板を合わせてリング体という) の曲げによりリング周方向に伝達される力の流れ成分であるリング体の耐力 (P_2) との和から、鋼管柱における柱梁接合部分の耐力 (P) を求める方法。

【請求項 2】

コンクリート充填円形鋼管柱に梁フランジが取り付けく柱梁接合部の耐力を解析的手法により求める方法であって、梁がとりつく近傍の鋼管壁面が曲げ変形し鋼管軸方向に伝達される力の流れ成分である鋼管の前面剪断力 (P_1) と、リングとリング近傍の鋼管板 (リングとリング近傍の鋼管板を合わせてリング体という) の曲げによりリング周方向に伝達される力の流れ成分であるリング体の耐力 (P_2) とに分解し、該成分 (P_2) から、鋼管柱における柱梁接合部分の耐力 (P) を求める方法。

【請求項 3】

前記鋼管柱は、リングダイアフラム付鋼管柱であることを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の、鋼管柱における柱梁接合部分の耐力を求める方法。

【請求項 4】

前記鋼管柱は、前記梁との取合部分が増厚された鋼管柱であることを特徴とする請求項

10

20

1又は2に記載の、鋼管柱における柱梁接合部分の耐力を求める方法。

【請求項5】

請求項1乃至4記載の耐力を求める方法を用いた、鋼管柱における柱梁接合部分の設計方法。

【請求項6】

請求項5に記載の鋼管柱における柱梁接合部分の設計方法により設計された鋼管柱。

【請求項7】

請求項5に記載の鋼管柱における柱梁接合部分の設計方法により築造された構造物。

【発明の詳細な説明】

【0001】

10

【発明の属する技術分野】

この発明は、図1に示すリングダイアフラム付（図2に示すリング一体タイプを含む）コンクリート充填円形鋼管柱（以下、「CFT」という）に梁フランジが取り付けられる場合の接合部の局部耐力を、精度良くかつ比較的容易な計算で評価できるような評価式を提示し、その評価式に基づく耐力設計法を示すものである。

【0002】

【従来の技術】

従来、例えばリングダイアフラム付鋼管柱の柱梁接合部耐力の評価は、図4に示すような引張試験に基づく計算式（例えば、日本建築学会鋼管構造設計施工指針同解説）を個々の梁フランジ毎に適用して求めた。得られた値は、引張荷重時および圧縮荷重時の局部耐力と見做され、梁フランジ相互の関係は無視されてきた。

20

【0003】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、この計算式は、一連の引張試験結果をもとに導かれた実験式であり、適用範囲が限定されているほか、一般に地震地域における耐力算定が想定する地震荷重時すなわち図5のように鋼管の両側に付く梁フランジに引張力と圧縮力が作用する場合（以下、逆対称荷重時）を正しく評価するものとは言えない。また、実験式であるため、設計者はその算定の根拠を認識することができず、実験で規定された適用範囲を外れる特別なケースへの応用が不可能である。従来技術には以上に掲げる問題点があった。

【0004】

30

本発明は斯かる問題点を鑑みてなされたものであり、その目的とするところは、鋼管柱の柱梁接合部耐力の一定の精度を保ちつつ、簡易で汎用的な、鋼管柱における柱梁接合部分の耐力を求める方法を提示する点にあり、かかる耐力を求める方法を用いた鋼管柱における柱梁接合部の設計方法を提示する点にある。

【0005】

【課題を解決するための手段】

本発明は上記課題を解決すべく以下に掲げる構成とした。請求項1に記載の発明の要旨は、コンクリート充填円形鋼管柱に梁フランジが取り付けられる柱梁接合部の耐力を解析的手法により求める方法であって、梁がとりつく近傍の鋼管壁面が曲げ変形し鋼管軸方向に伝達される力の流れ成分である鋼管の前面剪断力（ P_1 ）と、リングとリング近傍の鋼管板（リングとリング近傍の鋼管板を合わせてリング体という）の曲げによりリング周方向に伝達される力の流れ成分であるリング体の耐力（ P_2 ）との和から、鋼管柱における柱梁接合部分の耐力（ P ）を求める方法に存する。

40

請求項2に記載の発明の要旨は、コンクリート充填円形鋼管柱に梁フランジが取り付けられる柱梁接合部の耐力を解析的手法により求める方法であって、梁がとりつく近傍の鋼管壁面が曲げ変形し鋼管軸方向に伝達される力の流れ成分である鋼管の前面剪断力（ P_1 ）と、リングとリング近傍の鋼管板（リングとリング近傍の鋼管板を合わせてリング体という）の曲げによりリング周方向に伝達される力の流れ成分であるリング体の耐力（ P_2 ）とに分解し、該成分（ P_2 ）から、鋼管柱における柱梁接合部分の耐力（ P ）を求める方法に存する。

50

請求項 3 に記載の発明の要旨は、前記鋼管柱は、リングダイアフラム付鋼管柱であることを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の、鋼管柱における柱梁接合部分の耐力を求める方法に存する。

請求項 4 に記載の発明の要旨は、前記鋼管柱は、前記梁との取合部分が増厚された鋼管柱であることを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の、鋼管柱における柱梁接合部分の耐力を求める方法に存する。

請求項 5 に記載の発明の要旨は、請求項 1 乃至 4 に記載の耐力を求める方法を用いた、鋼管柱における柱梁接合部分の設計方法に存する。

請求項 6 に記載の発明の要旨は、請求項 5 に記載の鋼管柱における柱梁接合部分の設計方法により設計された鋼管柱に存する。

10

請求項 7 に記載の発明の要旨は、請求項 5 に記載の鋼管柱における柱梁接合部分の設計方法により築造された構造物に存する。

【 0 0 0 6 】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態を図面に基づいて詳細に説明する。

梁フランジ軸力の柱への流れを、図 6 (a) 及び図 6 (b) に示すような、二つの流れの成分に分解されるものと想定し、それぞれの成分を解析的手法による耐力評価式により算定して、その和を接合部の耐力として評価する。

【 0 0 0 7 】

図 7 に示すように、成分 1 の流れ（以下、「前面剪断力」という） P_1 は主として梁が取付いている近傍の鋼管壁面が曲げ変形し鋼管軸方向に伝達される力の流れであり、成分 2 の流れ（以下、「リング耐力」という） P_2 はリングとリング近傍の鋼管板の曲げにより、リング周方向に伝達される力の流れである。

20

【 0 0 0 8 】

従って、梁フランジにより伝達される接合部の耐力 P は両者の和は、

【 0 0 0 9 】

【数 1】

$$P = P_1 + P_2 \quad (\text{tf}) \quad (1)$$

30

【 0 0 1 0 】

耐力設計法に用いられる長期許容耐力 P_A （長期）、短期許容耐力 P_A （短期）および最大耐力 P_U は、それぞれ、

【 0 0 1 1 】

【数 2】

$$P_A (\text{長期}) = \frac{P}{1.15} \cdot \frac{1}{15} \geq (\text{長期荷重時のフランジ軸力}) \quad (2)$$

40

【 0 0 1 2 】

【数 3】

$$P_A (\text{短期}) = \frac{P}{1.15} \geq (\text{短期荷重時のフランジ軸力}) \quad (3)$$

【 0 0 1 3 】

【数 4】

50

$$P_U = 2.14 \cdot P_A \text{ (長期)} \geq \text{(最大荷重時のフランジ軸力)} \quad (4)$$

【 0 0 1 4 】

とする。

【 0 0 1 5 】

設計においては、構造解析から得られるフランジ軸力がそれぞれの荷重時に対応する長期許容耐力、短期許容耐力または最大耐力を上回らないようにすればよい。

10

【 0 0 1 6 】

前面剪断力 P_1 は、円筒シェル理論より求められる。 P_1 の算定式は、荷重状態によらず以下のように与えられる。

【 0 0 1 7 】

【 数 5 】

$$P_1 = 2 \cdot q_p \cdot S \quad (\text{tf}) \quad (5)$$

【 0 0 1 8 】

ここで、

【 0 0 1 9 】

【 数 6 】

$$q_p = 2m_p \cdot \sqrt{\frac{3(1-\nu^2)}{\frac{D^2}{4} \cdot t_c^2}} \quad (\text{tf/cm}) \quad (6)$$

【 0 0 2 0 】

【 数 7 】

$$\nu = 0.3 \text{ (鋼管のボアソン比)} \quad (7)$$

【 0 0 2 1 】

【 数 8 】

$$m_p = \frac{1}{4} \cdot \sigma_{yt} \cdot t_c^2 \quad (\text{tf}) \quad (8)$$

40

【 0 0 2 2 】

有効周長 S (図 8 参照) は、実験および有限要素解析 (以下、F E M という) 結果から (9) 式のように設定した。

【 0 0 2 3 】

【 数 9 】

$$S = 2 \cdot \frac{D}{2} \cdot \arcsin \left(\frac{\frac{B_f}{2}}{\frac{D}{2} + H_s} \right) \quad (\text{cm}) \quad (9)$$

【 0 0 2 4 】

リング耐力 P_2 は、図 9 に示す鋼管部分の有効幅 を含めた T 型断面（以下、「リング体」という）からなる有効半径 R_e のアーチ / リングに、アーチ / リング骨組理論を適用して求められる。ここで、フランジ軸力は、図 10 に示すように作用位置 に作用する二点集中荷重と見做す。 10

【 0 0 2 5 】

有効幅 は、実験および F E M 結果から (1 0) または (1 1) 式のように設定した。

【 0 0 2 6 】

【 数 1 0 】

$$\alpha = 0.4 \cdot \sqrt[4]{D^3 \cdot t_c} + T_s \quad (10)$$

20

【 0 0 2 7 】

ただし、リングー体タイプの有効幅 は、

【 0 0 2 8 】

【 数 1 1 】

管に増厚補強を施さない場合、

$$\alpha = 0.4 \cdot \sqrt[4]{D^3 \cdot t_c} + t_f \quad (11)$$

管に増厚補強を施した場合、増厚部の板厚を t_p 、増厚伸ばし長さを λ_p とすると、

$$\text{i) } \lambda_p \geq \frac{1}{2} \cdot 0.4 \cdot \sqrt[4]{D^3 \cdot t_p} \text{ のとき, } \alpha = 0.4 \cdot \sqrt[4]{D^3 \cdot t_p} + t_f, \quad (12) \quad 30$$

$$\text{ii) } \lambda_p < \frac{1}{2} \cdot 0.4 \cdot \sqrt[4]{D^3 \cdot t_p} \text{ のとき, } \alpha = 0.4 \cdot \sqrt[4]{D^3 \cdot T} + t_f \quad (13)$$

$$\text{ただし、} T = \frac{t_c + \frac{2 \cdot \lambda_p}{0.4 \cdot \sqrt[4]{D^3 \cdot t_p}} \cdot (t_p - t_c) + t_p}{2} \quad (14)$$

【 0 0 2 9 】

有効半径 R_e は、 40

【 0 0 3 0 】

【 数 1 2 】

$$R_e = \frac{1}{2} \cdot (D - 2 \cdot t_c + 2 \cdot g) \quad (\text{cm}) \quad (15)$$

【 0 0 3 1 】

ただし、 g は、

【 0 0 3 2 】

【 数 1 3 】

50

i) $\alpha \cdot t_c \cdot \sigma_{yt} \geq H_s \cdot T_s \cdot \sigma_{ys}$ のとき,

$$g = \frac{\alpha \cdot t_c \cdot \sigma_{yt} + H_s \cdot T_s \cdot \sigma_{ys}}{2 \cdot \alpha \cdot \sigma_{yt}} \quad (\text{cm}) \quad (16)$$

ii) $\alpha \cdot t_c \cdot \sigma_{yt} < H_s \cdot T_s \cdot \sigma_{ys}$ のとき,

$$g = \frac{(2 \cdot t_c + H_s) \cdot T_s \cdot \sigma_{ys} - \alpha \cdot t_c \cdot \sigma_{yt}}{2 \cdot T_s \cdot \sigma_{ys}} \quad (\text{cm}) \quad (17)$$

10

【 0 0 3 3 】

梁フランジ軸力を二点集中荷重と見なしたとき、その作用位置 は、実験および F E M 結果から (1 8) 式のように設定した。

【 0 0 3 4 】

【 数 1 4 】

$$\psi = \arcsin \left(\frac{\frac{B_f}{2} - \frac{H_s}{2} \cdot \frac{D}{3 \cdot B_f}}{R_e} \right) \quad (18)$$

20

【 0 0 3 5 】

ただし、 $B_f - H_s$ $H_s / 2$ の時は、

【 0 0 3 6 】

【 数 1 5 】

$$\psi = \arcsin \left(\frac{\frac{B_f}{4}}{R_e} \right) \quad (19)$$

30

【 0 0 3 7 】

リング耐力 P_2 は、リング体の全塑性耐力 M_p 、 N_p 、 Q_p 、 $M_{\theta p}$ および T_{Rp} に対して、後述の検討箇所における曲げモーメント M 、軸力 N 、剪断力 Q 、面外曲げモーメント M_{θ} およびトルク T_R に塑性条件式：

40

【 0 0 3 8 】

【 数 1 6 】

$$\left(\frac{M}{M_p} \right)^{X1} + \left(\frac{N}{N_p} \right)^{X2} + \left(\frac{Q}{Q_p} \right)^{X3} + \left(\frac{M_{\theta}}{M_{\theta p}} \right)^{X4} + \left(\frac{T_R}{T_{Rp}} \right)^{X5} = 1 \quad (20)$$

【 0 0 3 9 】

を適用して求める。

【 0 0 4 0 】

50

リング体の全塑性耐力 M_p 、 N_p 、 Q_p 、 M_p および T_{RP} は、以下の算定式による：

【 0 0 4 1 】

【 数 1 7 】

$$M_p = \alpha \cdot g_1 \cdot \sigma_{yt} \cdot \left(\frac{1}{2} g_1 + g_{s1} \right) \quad (\text{tf} \cdot \text{cm}) \quad (21)$$

$\alpha \cdot t_c \cdot \sigma_{yt} < H_s \cdot T_s \cdot \sigma_{ys}$ のとき、

$$M_p = T_s (H_s + t_c - g_2) \cdot \sigma_{ys} \left\{ \frac{1}{2} (H_s + t_c - g_2) + g_{s2} \right\} \quad (\text{tf} \cdot \text{cm}) \quad (22) \quad 10$$

ただし、

$$g_1 = \frac{\alpha \cdot t_c \cdot \sigma_{yt} + H_s T_s \cdot \sigma_{ys}}{2\alpha \cdot \sigma_{yt}}$$

$$g_{s1} = \frac{\alpha(t_c - g_1) \cdot \sigma_{yt} \cdot \left(\frac{t_c - g_1}{2} \right) + H_s T_s \cdot \sigma_{ys} \left(t_c - g_1 + \frac{1}{2} H_s \right)}{\alpha(t_c - g_1) \cdot \sigma_{yt} + H_s T_s \cdot \sigma_{ys}}$$

$$g_2 = \frac{(2t_c + H_s) T_s \sigma_{ys} - \alpha \cdot t_c \sigma_{yt}}{2T_s \cdot \sigma_{ys}} \quad 20$$

$$g_{s2} = \frac{\frac{1}{2} \cdot T_s (g_2 - t_c)^2 \cdot \sigma_{ys} + \alpha \cdot t_c \cdot \sigma_{yt} \left(g_2 - \frac{1}{2} t_c \right)}{T_s (g_2 - t_c) \cdot \sigma_{ys} + \alpha \cdot t_c \cdot \sigma_{yt}}$$

【 0 0 4 2 】

【 数 1 8 】

$$Q_p = H_s \cdot T_s \cdot \frac{\sigma_{ys}}{\sqrt{3}} + \alpha \cdot t_c \cdot \frac{\sigma_{yt}}{\sqrt{3}} \quad (\text{tf}) \quad (23) \quad 30$$

【 0 0 4 3 】

【 数 1 9 】

$$N_p = H_s \cdot T_s \cdot \sigma_{ys} + \alpha \cdot t_c \cdot \sigma_{yt} \quad (24)$$

【 0 0 4 4 】

M_p 、 T_{RP} は、リング部分のみを有効と見做して（鋼管部分を無視して）、それぞれ（25）式並びに（26）および（27）式で求める。

【 0 0 4 5 】

【 数 2 0 】

$$M_{\theta p} = H_s \cdot T_s^2 \cdot \frac{\sigma_{ys}}{4} \quad (25)$$

【 0 0 4 6 】

【 数 2 1 】

$$H_s \geq T_s \text{ のとき, } T_{Rp} = H_s \cdot T_s^2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \frac{\sigma_{ys}}{\sqrt{3}} \quad (26)$$

$$H_s < T_s \text{ のとき, } T_{Rp} = H_s^2 \cdot T_s \cdot \frac{1}{4} \cdot \frac{\sigma_{ys}}{\sqrt{3}} \quad (27)$$

【 0 0 4 7 】

リング体タイプでは、有効幅 b を (1 1) 式によって設定するとともに、(2 1) 式 ~ (2 7) 式において $H_s = 0$, $T_s = t_f$ および $t_c = t_p$ を代入して求める。

10

【 0 0 4 8 】

P_2 の算定に必要なリング体の曲げモーメント M 、軸力 N 、剪断力 Q 、面外曲げモーメント M およびトルク T_R (以下、「リング体の断面力」という)は、荷重状態、コンクリート充填の有無、偏心の有無、リングの形状等によりそれぞれ計算方法が異なり、次のケースに分類される。

【 0 0 4 9 】

- (1) 対称荷重時中空鋼管柱
- (2) 逆対称荷重時中空鋼管柱
- (3) 単方向荷重時中空鋼管柱
- (4) C F T

20

これらのうち、本発明は (4) C F T で鉛直偏心および水平偏心が存在しない場合に係わるものである。

【 0 0 5 0 】

リング体の断面力のうち、面外曲げモーメント M およびトルク T_R は、上記のケース (1) 乃至 (4) に共通であり、鉛直偏心のある場合に生ずるので、

【 0 0 5 1 】

【 数 2 2 】

$$M_\theta = e_v \cdot (\sin \psi) \cdot \frac{P_2}{2} \quad (28)$$

30

【 0 0 5 2 】

【 数 2 3 】

$$T_R = e_v \cdot (\cos \psi) \cdot \frac{P_2}{2} \quad (29)$$

【 0 0 5 3 】

鉛直偏心が存在しない場合を扱う本発明では、 $e_v = 0$ なので、 $M = 0$, $T_R = 0$ である。

40

【 0 0 5 4 】

一方、リング体の断面力のうち曲げモーメント M 、軸力 N 、剪断力 Q は、それぞれのケースに対応する境界条件を適宜仮定することにより、アーチ/リングの骨組理論により導き出される。以下に、梁フランジに荷重 P_2 が作用したときの曲げモーメント M 、軸力 N 、剪断力 Q の算定方法を、本発明に係る (4) C F T に関して述べる。

【 0 0 5 5 】

(4) C F T

C F T の場合、充填コンクリートの効果により、同一柱に取り付く複数の梁が相互に影響しあうことがなく、いかなる荷重状態にあっても、接合部の局部耐力は、圧縮側フランジで耐力が決まることがなく引張側フランジ個々の局部耐力の最小値で決まることが実験お

50

よび F E Mにより確認されている。従って、C F Tの耐力計算は当該柱における引張フランジ局部耐力を求めることに帰着する。

【 0 0 5 6 】

C F Tの引張フランジ接合部は、図 1 1 に示す角度 θ_o に支点があるアーチと考えられる。ただし、角度 θ_o は未知数であり、以下の方法により求める必要がある。

【 0 0 5 7 】

C F Tの柱梁接合部に梁フランジからの引張軸力が作用したとき、リング体が充填コンクリート面から離れる点が存在する（図 1 2 中の B 点）。この B 点では曲げモーメントがゼロであり、また回転角もゼロとなる。ここで、梁フランジ中心軸と N T リングとの交点を O 点とすると、O B 間において N T リング + 鋼管管壁の有効幅部分が充填コンクリート部分より内側に入ることはない。

10

【 0 0 5 8 】

図 1 3、図 1 4 は梁フランジから引張力が作用した場合の変形を説明している。B 点ではモーメントがゼロであることから、B 点ではピン支持とすると、リングに作用している軸方向力 N（ θ により変化している）による伸び変形が δ となり、伸び変形のみによる変形は図 1 3 に示される変形状態となる。それによる B 点の回転角を α とする。

【 0 0 5 9 】

また A B 間の曲げ変形（図 1 4 参照）による B 点の回転角を β とすると、 θ_o は下式を満たすような θ_o の値である。

【 0 0 6 0 】

$$\alpha + \beta = 0$$

(3 0)

20

【 0 0 6 1 】

ただし、 $\alpha + \beta = 0$ をみたす θ_o が存在しない場合は、 $\theta_o = \beta$ とする。リングの剛性が円周の途中で変化する場合においても、 θ_o 以内でリングの剛性が変化していなければ全周にわたって同じ剛性のリングが存在していると考ええる。

【 0 0 6 2 】

(θ による B 点の回転角 α)

A B の間で軸力は変化している。また、B 点で軸力がゼロではなく、C 点までコンクリートとリングの摩擦によりリング軸力がゼロになるまで伸び変形している。従って B 点ではリングは A 方向にズレていく状態になっている。ここではこのズレは無視する。A B 間の軸力の平均値は $N_d = (N_a + N_b) / 2$ の位置の N_d で表わされるものとする。 N_d は次式で示される。

30

【 0 0 6 3 】

【 数 2 4 】

$$N_d = V_A \sin \theta_d - H \cos \theta_d - V_B \sin \theta_d - H \cos \theta_d$$

$$V_A = \frac{\sin \theta_o + \sin \psi}{4 \sin \theta_o} P_2$$

$$V_B = \frac{\sin \theta_o - \sin \psi}{4 \sin \theta_o} P_2$$

40

(31)

$$H = \frac{\sin^2 \theta_o - \sin^2 \psi - 2 \cos \theta_o (\theta_o \sin \theta_o + \cos \theta_o - \psi \sin \psi - \cos \psi)}{4 (\theta_o - 3 \cos \theta_o \sin \theta_o + 2 \theta_o \cos^2 \theta_o)} P_2$$

【 0 0 6 4 】

有効幅を含んだリングの断面積を A、ヤング係数を E とすると、伸び δ は次式で示される。

【 0 0 6 5 】

【 数 2 5 】

50

$$\Delta = R_e(\theta_o - \theta)N_d/EA \quad (32)$$

【 0 0 6 6 】

この による B 点の回転角 θ_a は幾何学的関係より次式で与えられる。

【 0 0 6 7 】

【 数 2 6 】

$$\theta_a = \arctan\left(\left(\Delta/\sin\theta + y_\theta\right)/x_o\right) - \arctan\left(y_\theta/x_o\right) \quad 10$$

$$x_\theta = R_e(\sin\theta_o - \sin\theta) \quad (33)$$

$$y_\theta = R_e(\cos\theta - \cos\theta_o)$$

【 0 0 6 8 】

(曲げ変形による回転角 θ_b)

A B 間の曲げモーメント M は の関数である．曲げ変形による A 点の回転角をゼロとし、リングの曲げ剛性を I、ヤング係数を E とすると、B 点の曲げによる回転角 θ_b は次式で与えられる。

20

【 0 0 6 9 】

【 数 2 7 】

$$\theta_b = \int_{\theta}^{\theta_o} \frac{M(\alpha)}{EI} R_e d\alpha$$

$$M(\alpha) = V_A x - H y + V_B x - H y$$

$$x = R_e(\sin\theta_o - \sin\alpha) \quad (34)$$

$$y = R_e(\cos\alpha - \cos\theta_o)$$

30

【 0 0 7 0 】

(θ_o の決定)

(33) 式および (34) 式と (30) 式により θ_o を決定する。すなわち、ある θ_o を仮定して、この位置を支点と仮定したリングの検討箇所における断面力に全塑性条件 (17) 式を適用して、仮の P_2 が決定され、これらより N_d 、 $M()$ が求められる。(33) 式および (34) 式より θ_a と θ_b を求め、(30) 式が満足されれば、真の θ_o である。

(C F T 柱の耐力)

真の θ_o が得られれば、アーチ上の角度 θ のにおける、軸力 N、剪断力 Q および曲げモーメント M が次式で求められる。

40

【 0 0 7 1 】

【 数 2 8 】

$$N = -V_A \sin \theta - H \cos \theta - V_B \sin \theta - H \cos \theta \quad (35)$$

$$Q = V_A \cos \theta - H \sin \theta - (-V_B \cos \theta + H \sin \theta) \quad (36)$$

$$\begin{aligned} M &= V_A x - H y + V_B x - H y \\ x &= R_e (\sin \theta_o - \sin \theta) \\ y &= R_e (\cos \theta - \cos \theta_o) \end{aligned} \quad (37)$$

10

【 0 0 7 2 】

ただし、 V_A 、 V_B 、 H は、(31)式による。

最後に、上記の、耐力を求める方法を用いたリングダイアフラム付鋼管柱の柱梁接合部分の設計方法についてのフローを図16及び図17に示す。なお、 P_1 は、 P_2 に対して比較的小さいので、 P_1 を無視することもできる(両図中における1)。

実施の形態に係る、鋼管柱における柱梁接合部分の耐力を求める方法は、上記の如く構成されているので以下に掲げる効果を奏する。

リングダイアフラム付円形鋼管柱の柱梁接合部耐力評価が、網羅的に、精度良く比較的容易に可能になった。解析的耐力式に基づいているので、設計者はある程度力の流れを認識

20

することができ、特殊なケースにも応用することができる。

特に、本発明により、CFTが扱えるようになった。

【 0 0 7 3 】

(実施例1)

(20)式において分子の項はすべて P_2 に比例する形になっているから係数 $X_1 \sim X_5$ を、 $X_1 = X_2 = X_3 = X_4 = X_5 = 2$ としたとき、容易に P_2 を求めうる。すなわち、 $P_2 = 1$ (単位荷重)としたときの M 、 N 、 Q 、 M_A 、 T_R をそれぞれ、 M_A 、 N_A 、 Q_A 、 M_A 、 T_{RA} とおけば、 P_2 の算定式は

【 0 0 7 4 】

【数29】

30

式(20)において、 $X1 = X2 = X3 = X4 = X5 = 2$ とおくと、

$$P_2 = \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{M_A}{M_P}\right)^2 + \left(\frac{N_A}{N_P}\right)^2 + \left(\frac{Q_A}{Q_P}\right)^2 + \left(\frac{M_{RA}}{M_{Rp}}\right)^2 + \left(\frac{T_{RA}}{T_{Rp}}\right)^2}} \quad (38)$$

【 0 0 7 5 】

のように書ける。

40

【 0 0 7 6 】

(20)式によると、円周上の任意の位置を検討箇所とすることが可能であるが、実験およびFEM結果から最もクリティカルな検討箇所は、フランジ縁入り隅部加工部端であることが分かっている。すなわち、梁フランジ縁の入り隅部であるA点およびB点(図11)を、本発明の検討箇所とする。A点およびB点とフランジ中心軸とがなす角 θ_A 、 θ_B は(39)式と(40)式で与えられる。

【 0 0 7 7 】

【数30】

$$\theta_A = \arcsin \left(\frac{\frac{B_f}{2} + r}{\frac{D}{2} + H_s} \right) \quad (39)$$

$$\theta_B = -\arcsin \left(\frac{\frac{B_f}{2} + r}{\frac{D}{2} + H_s} \right) \quad (40)$$

10

【0078】

ここで、 r は梁フランジ溶接部入り隅加工半径（通常 $r = 1 \text{ cm}$ とする）である。

【0079】

コンクリートが充填されたリングダイアフラム付円形鋼管柱 - 318.5 x 10.3、 $H_s = 16$ 、 $T_s = 16$ に梁フランジ PL - 100 x 16 が対称に付く場合で鋼管、リングの降伏応力度がそれぞれ、 $y_s = 3.3 \text{ (tf/cm}^2\text{)}$ 、 $y_t = 3.3 \text{ (tf/cm}^2\text{)}$ であるとする。

20

対称荷重が作用するとき、本発明の評価式によると、 $P_1 = 10.10 \text{ (tf)}$ 、 $P_2 = 38.77 \text{ (tf)}$ であり、 $P = 48.87 \text{ (tf)}$ 。従って、最大耐力 $P_u = 60.63 \text{ (tf)}$ 、短期許容耐力 $P_A \text{ (短期)} = 42.50 \text{ (tf)}$ および長期許容耐力 $P_A \text{ (長期)} = 28.33 \text{ (tf)}$ である。

【0080】

（実施例2）

本評価式において係数 $X_1 \sim X_5$ を、 $X_1 = X_2 = X_3 = X_4 = X_5 = 2$ としたときの計算結果と、実験結果または FEM 解析結果との比較を図 18 に示す。

【0081】

なお、上記構成部材の数、位置、形状等は上記実施の形態に限定されず、本発明を実施する上で好適な数、位置、形状等にすることができる。例えば、梁のフランジにアールを付けることもできる。斯かる場合には、アールの縁で検定することが好ましい。

30

【0082】

また、各図において、同一構成要素には同一符号を付している。

【0083】

【発明の効果】

本発明は以上のように構成されているので、以下に掲げる効果を奏する。

実験式ではなく解析的耐力式を用いて算出するので、鋼管柱の柱梁接合部耐力の一定の精度を保ちつつ、簡易で汎用的な、鋼管柱の耐力を求める方法を提示することができる。

実施の形態に係る名前は上記の如く構成されているので、以下に掲げる効果を奏する。特に、本発明により、CFT が扱えるようになった。

40

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明が適用されるリングダイアフラム付鋼管柱の一部破断の斜視図である。

【図2】(a) は本発明が適用される増厚された鋼管柱の一部破断の斜視図、(b) は特殊なリングダイアフラム付鋼管柱の一部破断の斜視図である。

【図3】図2に示す鋼管柱の取合部分の詳細断面図である。

【図4】従来技術に係る長期荷重（対称荷重）状態を示す図である。

【図5】従来技術に係る地震荷重（逆対称荷重）状態を示す図である。

【図6】本発明の実施の形態に係る、梁フランジ軸力の二成分への分解を示す図である。

【図7】図6に示される梁フランジ軸力の二成分への分解詳細を示す図である。

50

【図 8】本発明の実施の形態に係る、有効周長 S の定義を示す図である。

【図 9】本発明の実施の形態に係る、NTリングの有効幅 の定義を示す図である。

【図 10】本発明の実施の形態に係る、二点集中荷重の作用位置 を示す図である。

【図 11】本発明の実施の形態に係る、リング体の検討箇所を示す図である。

【図 12】本発明の実施の形態に係る、面外曲げモーメント M およびトルク T_R を示す図である。

【図 13】本発明の実施の形態に係る、逆対称荷重が作用する場合を示す図である。

【図 14】本発明の実施の形態に係る、二点集中荷重が作用する半円弧アーチを示す図である。

【図 15】本発明の実施の形態に係る、一点集中荷重が作用する半円弧アーチを示す図である。 10

【図 16】本発明の実施の形態に係る、リングダイアフラム付鋼管柱の柱梁接合部設計法のフローを示す流れ図である。

【図 17】図 16 に示すフローの続き示す流れ図である。

【図 18】本実施の形態による計算結果と、実験結果または FEM との比較を示す図である。

【符号の説明】

：有効幅

S ：有効周長

：荷重の作用位置

20

D ：鋼管の直径

t_c ：鋼管の板厚

t_p ：仕口増厚部の板厚

l_p ：仕口増厚部の余長

H_s ：リングの出

T_s ：リングの厚さ

B_f ：梁フランジ幅

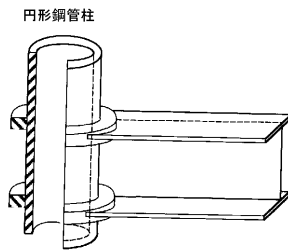
t_f ：梁フランジ厚さ

σ_{yt} ：鋼管の降伏耐力

σ_{ys} ：リングの降伏耐力

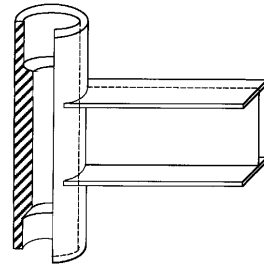
30

【図 1】

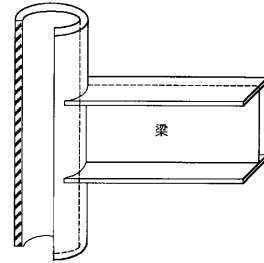


【図 2】

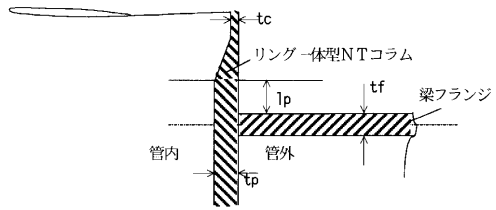
(a)



(b)

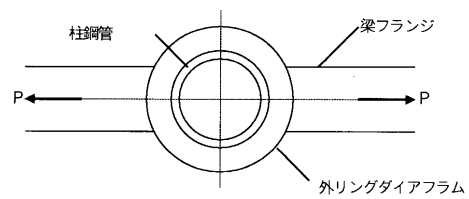


【図 3】

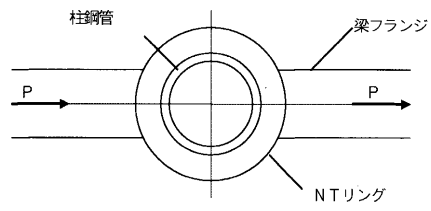


リングー体タイプ円形鋼管柱

【図 4】

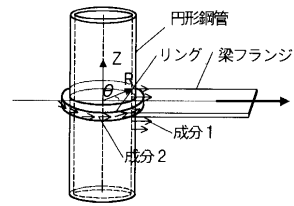


【図 5】

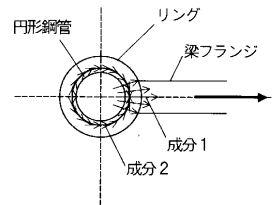


【図 6】

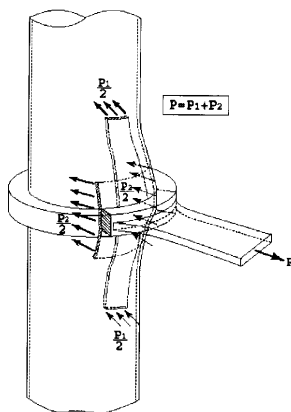
(a)



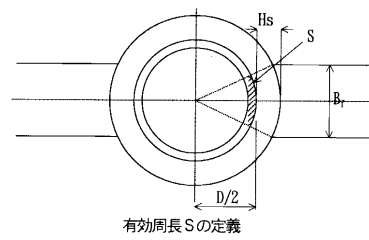
(b)



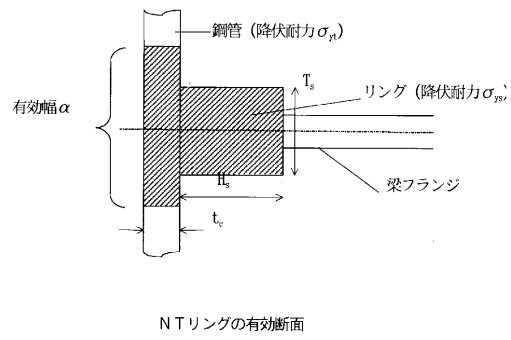
【図 7】



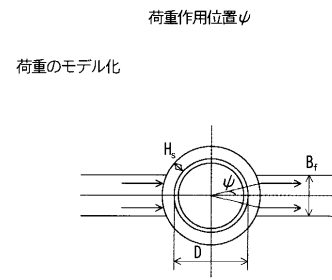
【図 8】



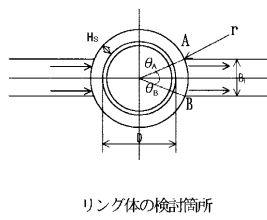
【図 9】



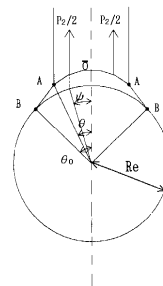
【図 10】



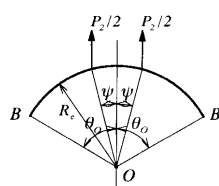
【図 11】



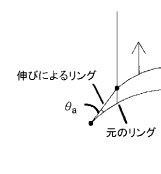
【図 13】



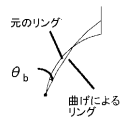
【図 12】



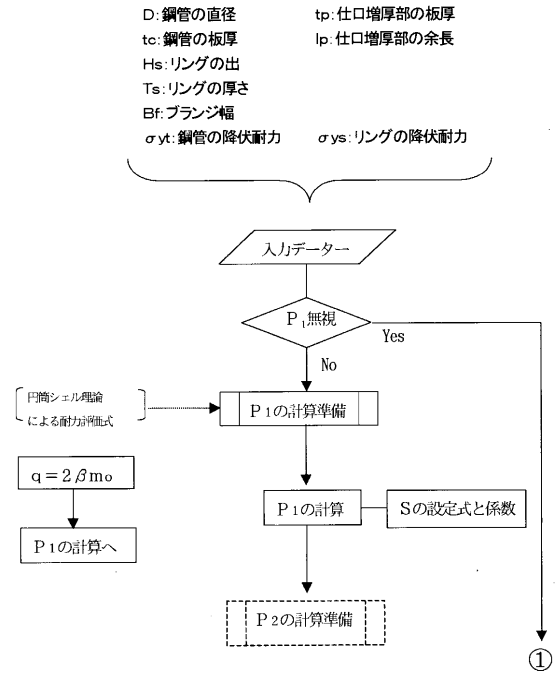
【図 14】



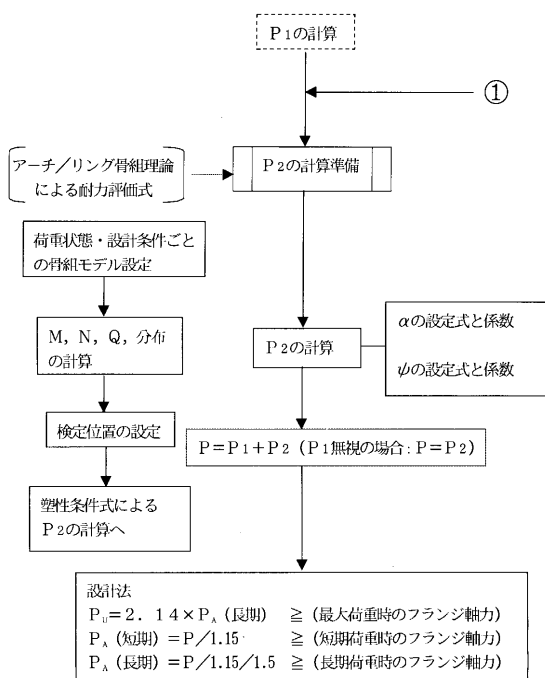
【図 15】



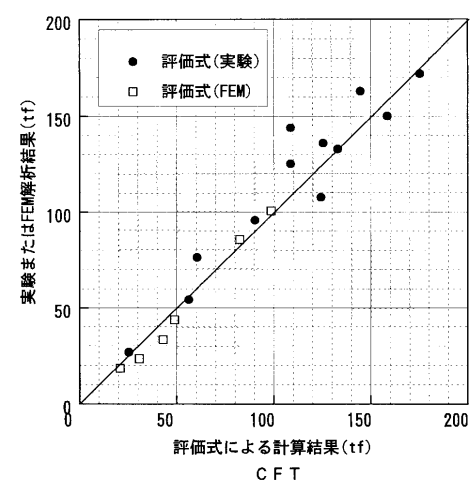
【図 16】



【図 17】



【図 18】



フロントページの続き

- (72)発明者 中村 信行
東京都千代田区丸の内一丁目1番2号 日本鋼管株式会社内
- (72)発明者 宮尾 俊明
東京都千代田区丸の内一丁目1番2号 日本鋼管株式会社内
- (72)発明者 高木 潤一
東京都千代田区丸の内一丁目1番2号 日本鋼管株式会社内

審査官 新田 亮二

- (56)参考文献 特開平06-101269(JP,A)
特開平08-035923(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

E04B 1/30
E04B 1/00
E04B 1/24
G06F 17/50