

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4855659号
(P4855659)

(45) 発行日 平成24年1月18日(2012.1.18)

(24) 登録日 平成23年11月4日(2011.11.4)

(51) Int.Cl. F I
E O 4 B 1/20 (2006.01) E O 4 B 1/20 E SWE
E O 4 B 1/00 (2006.01) E O 4 B 1/00 E SW

請求項の数 2 (全 9 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2004-235749 (P2004-235749) (22) 出願日 平成16年8月13日(2004.8.13) (65) 公開番号 特開2006-52594 (P2006-52594A) (43) 公開日 平成18年2月23日(2006.2.23) 審査請求日 平成19年8月6日(2007.8.6)</p> <p>特許法第30条第1項適用 土木学会論文集 NO-7 53 V-62 (2004年2月24日) 日本土木学会 発行第137ページ~151ページに発表</p>	<p>(73) 特許権者 502067598 鈴木 基行 宮城県仙台市青葉区福沢町6-14 (73) 特許権者 504310607 秋山 充良 宮城県仙台市青葉区愛子中央5-3-10 グランドール広瀬701 (73) 特許権者 000201504 前田製管株式会社 山形県酒田市上本町6番7号 (74) 代理人 100066094 弁理士 米屋 武志 (74) 代理人 100123146 弁理士 米屋 崇</p>
--	--

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 横拘束筋を有する鉄筋コンクリート柱状部材の解析方法およびこの解析方法をコンピューターに実行させるためのプログラムを記録した記録媒体

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

横拘束筋を有する鉄筋コンクリート柱状部材において、横拘束筋の面積比 (w) と、横拘束筋の断面諸数から求められる有効横拘束係数 (k_e) と、無拘束コンクリートおよび横拘束筋の力学的諸数から求められる圧縮強度発現時の横拘束筋作用応力 ($f_{s,c}$) とに基づき

$$p_e = k_e \cdot w \cdot f_{s,c}$$

から有効横拘束圧 (p_e) を求め、該有効横拘束圧 (p_e) をパラメーターとして無拘束コンクリートの圧縮強度 (σ_{c0}) と横拘束コンクリートの圧縮強度 (σ_{cc}) との関係、無拘束コンクリートの最大軸ひずみ (ϵ_{c0}) と横拘束コンクリートの最大軸ひずみ (ϵ_{cc}) との関係及び無拘束コンクリートの圧縮強度 (σ_{c0}) と応力の下降勾配 (E_{des}) との関係を求め、上記関係に基づき横拘束筋を有する鉄筋コンクリート柱状部材の応力-ひずみ関係の挙動を求めることを特徴とする横拘束筋を有する鉄筋コンクリート柱状部材の解析方法。

【請求項2】

請求項1に記載の横拘束筋を有する鉄筋コンクリート柱状部材の解析方法をコンピューターにより実行させるためのプログラムを記録した記録媒体。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、建物の鉄筋コンクリート柱や鉄筋コンクリート杭、橋梁の鉄筋コンクリート橋脚など、地震時に大きな軸力や曲げモーメントを受ける部位に適用される高耐力鉄筋コンクリート柱状部材及びその横拘束筋拘束効果の評価方法を記録した記録媒体に関し、更に詳しくは、高耐力構造を達成するうえで使用される横拘束筋について、その横拘束筋の拘束（コンファインド）効果を、使用するコンクリートの圧縮強度や横拘束筋の降伏強度にかかわらず決定するための評価方法およびこの評価方法を記録した電子媒体に関する。

【背景技術】

【0002】

兵庫県南部地震以降高性能耐震構造について議論が進められており、高耐力、高弾性、高靱性および高免震といった構造形式が着目されている。このうち、高耐力構造のひとつには、高圧縮強度のコンクリートまたは/および高引張強度の鉄筋を用いた鉄筋コンクリート部材（RC部材）の開発がある。

10

【0003】

一般に、RC部材の設計では、圧縮荷重を受け持つ軸方向鉄筋（主筋）とは別に、部材のせん断補強や靱性向上を目的として、スターラップ筋、フープ筋、スパイラル筋とよばれる帯鉄筋が配置される。しかし、建物の鉄筋コンクリート柱や鉄筋コンクリート杭、橋梁の鉄筋コンクリート橋脚など地震時に大きな軸力や曲げモーメントを受けるRC柱部材では、これら帯鉄筋に横拘束（コンファインド）効果を期待して高耐力の断面設計をする必要があり、必要な横拘束筋量（すなわち、帯鉄筋や中間帯筋の体積比や面積比）を定める必要がでてくる。

20

【0004】

この横拘束筋量を定めるための基礎となるものがコンファインドコンクリートの応力-ひずみ曲線である。なお、横拘束効果とは、脆性材料であるコンクリートに対して側圧を加えて軸応力を加えると耐力と変形能力が著しく増大する現象をさしている。このコンファインドコンクリートは鋼管充填柱や補強法にも活用されており、高耐力の柱部材として期待されている。

【0005】

【特許文献1】特開2001-289841号公報

【特許文献2】特開2002-88977号公報

【発明の開示】

30

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

ところで、道路橋示方書（耐震設計編）では、圧縮強度18.5～28.8MPaの普通コンクリートを用いたコンファインドコンクリートの応力-ひずみ曲線を求め、単柱式RC橋脚の水平耐力と水平変位を求めている。しかしながら、同示方書では、コンクリートの設計基準強度が40MPaを上回る場合や、通常強度とは異なる横拘束筋を用いる場合には、実験や解析によりそのコンファインドコンクリートの応力-ひずみ関係を別途検討することとしている。

【0007】

より高耐力の構造を設計するために、高圧縮強度のコンクリートおよび/または高引張強度の鉄筋を用いたRC部材とすることが考えられるが、このようなRC柱部材の耐震性能を評価するための力学的特性は十分解明されていないのが現状である。

40

【0008】

本発明では、一軸圧縮応力下におけるコンファインドコンクリートの応力-ひずみ関係により鉄筋コンクリート柱状部材の力学的特性を解析する上で有効横拘束圧（ p_0 ）を導入し、使用するコンクリートや横拘束筋の強度によらずに、耐力と変形性能を再現し得る鉄筋コンクリート柱状部材およびその横拘束筋拘束効果の評価方法を記した記録媒体を提供することを目的としたものである。

【課題を解決するための手段】

【0009】

50

上記の目的を達成するため、本願の第一発明は、横拘束筋を有する鉄筋コンクリート柱状部材において、横拘束筋の面積比(ρ_w)と、横拘束筋の断面諸数から求められる有効横拘束係数(k_e)と、無拘束コンクリートおよび横拘束筋の力学的諸数から求められる圧縮強度発現時の横拘束筋作用応力($f_{s,c}$)とに基づく式

$$p_e = k_e \cdot \rho_w \cdot f_{s,c}$$

から有効横拘束圧(p_e)を求め、該有効横拘束圧(p_e)をパラメーターとして無拘束コンクリートの圧縮強度(f_{c0})と横拘束コンクリートの圧縮強度(f_{cc})との関係、無拘束コンクリートの最大軸ひずみ(ϵ_{c0})と横拘束コンクリートの最大軸ひずみ(ϵ_{cc})との関係及び無拘束コンクリートの圧縮強度(f_{c0})と応力の下降勾配(E_{des})との関係を求め、上記関係に基づき横拘束筋を有する鉄筋コンクリート柱状部材の応力-ひずみ関係の挙動を求めることを特徴とする横拘束筋を有する鉄筋コンクリート柱状部材の解析方法である。

10

【0010】

また、上記の目的を達成するため、本願の第二発明は、第一発明に記載の横拘束筋を有する鉄筋コンクリート柱状部材の解析方法をコンピューターにより実行させるためのプログラムを記録した記録媒体である。

【発明の効果】

【0011】

本発明は上記のような構成であるから、

- (1) 使用するコンクリートおよび横拘束筋の材料特性と、横拘束筋の配筋構造からRC柱部材の応力-ひずみ挙動を容易に求めることができる。
- (2) 使用するコンクリートおよび横拘束筋の強度条件、および鉄筋コンクリート柱状部材の断面形状、さらに拘束形状に関わらず、応力-ひずみ挙動を定式化できる。
- (3) 高強度コンクリートと高降伏値の横拘束筋を用い、一定以上の横拘束筋体積比とすることで、高耐力・高靱性のRC柱部材を提供できる、
- (4) 横拘束筋体積比が小さい場合でも、その体積比をかえずに配筋方法を変更するだけで効果的な高耐力・高靱性のRC柱部材を提供できる、
- (5) 材料試験のみによる簡単なパラメータと配筋構成から、高耐力RC部材の設計方法を電子媒体として提供し得る。

20

といった諸効果を有する。

30

【発明を実施するための最良の形態】

【0012】

以下、本発明を詳細に説明する。本発明は一軸圧縮応力下におけるコンファインドコンクリートの応力-ひずみ関係により鉄筋コンクリート柱状部材の力学的特性を解析する上で有効横拘束圧(p_e)を導入し、使用するコンクリートや横拘束筋の強度によらずに、耐力と変形性能を再現し得る鉄筋コンクリート柱状部材およびその横拘束筋拘束効果の評価方法を記した記録媒体を提供するものである。

【0013】

本発明において導入される前記有効横拘束圧(p_e)は、下記の式1

【数1】

40

$$p_e = k_e \rho_w f_{s,c} \dots\dots\dots (式1)$$

- ここに、 k_e : 有効横拘束係数
- ρ_w : 横拘束筋面積比
- $f_{s,c}$: 圧縮強度発現時の横拘束筋作用応力

によって求めるが、これは横拘束筋に拘束されたコンクリートの力学的諸数を、無拘束コンクリートの力学的諸数との関係において一般化するために、実験的に回帰分析して求めたものである。

【0014】

50

前記有効横拘束圧(p_e)は、上記の式 1 に示したように、有効横拘束係数(k_e)、横拘束筋面積比(w_w)および圧縮強度発現時の横拘束筋作用応力($f_{s,c}$)の 3 成分によって定義される。また、上記の有効横拘束係数(k_e)は下記の式 2 に示すように、横拘束筋の断面諸数から求められる。

【数 2】

$$k_e = [1 - \sum \{(w_i')^2 / 6b_d d_c\}] (1 - s' / 2b_c) (1 - s' / 2d_c) / (1 - \rho_{cc}) \quad \dots\dots\dots (式 2)$$

ここに、 w_i' : 隣接する軸方向鉄筋間の純間隔
 s' : 横拘束筋の純間隔
 b_d : 最外周の横拘束筋の断面幅
 d_c : 最外周の横拘束筋の断面高さ方向の間隔
 ρ_{cc} : コアコンクリート断面積に対する軸方向鉄筋比

10

【0015】

そしてまた、上記圧縮強度発現時の横拘束筋作用応力($f_{s,c}$)は、下記の式 3 に示すように、無拘束コンクリートおよび横拘束筋の力学的諸数から求められる。

【数 3】

$$f_{s,c} = E_s [0.45 \varepsilon_{c0} + 0.73 (k_e \rho_w / \sigma_{c0})^{0.70}] \leq f_{sy} \quad \dots\dots\dots (式 3)$$

ここに、 E_s : 横拘束筋のヤング係数 (MPa)
 σ_{c0} : 無拘束コンクリートの圧縮強度 (MPa)
 ε_{c0} : 無拘束コンクリートの圧縮強度時の軸ひずみ (μ)
 f_{sy} : 横拘束筋の降伏強度 (MPa)

20

【0016】

ここで、無拘束コンクリートの圧縮強度(σ_{c0})は、実験的に、円柱供試体の材料試験から得られる強度を 0.85 倍して得られたものである。また、無拘束コンクリートの圧縮強度時の軸ひずみ(ε_{c0})は、下記の式 4 によって示されることを確認している。

【数 4】

$$\varepsilon_{c0} = 0.0028 - 0.0008k_3 \quad \dots\dots\dots (式 4)$$

ここに、 $k_3 = 40 / \sigma_{c0} \leq 1.0$

30

【0017】

一般に、コンファインド効果は、主筋のみで横拘束筋をもたない無拘束供試体の圧縮強度とそのときのひずみを基に評価されるが、無筋の円柱供試体からコンファインド効果を評価できれば設計はより容易となる。

【0018】

次に、有効横拘束圧(p_e)をパラメータとして、拘束されたコンクリートの圧縮強度(σ_{cc})と無拘束コンクリートの圧縮強度(σ_{c0})との関係、拘束されたコンクリートの最大軸ひずみ(ε_{cc})と無拘束コンクリートの最大軸ひずみ(ε_{c0})との関係を、各種コンクリート強度(39.2 MPa ~ 128 MPa)および各種降伏強度(317 MPa ~ 1420 MPa)の横拘束筋を用いた図 1 に示すコンファインドコンクリート供試体(図示しないが、中間帯鉄筋のないものも作製した)について、それらの実験値から回帰したところ、下記の式 5 及び式 6 が得られた。

40

【数5】

$$\sigma_{cc} / \sigma_{c0} = 1.0 + 4.1(p_e / \sigma_{c0})^{0.70} \quad \dots\dots (式5)$$

$$\varepsilon_{cc} = \varepsilon_{c0} + 0.015(p_e / \sigma_{c0})^{0.56} \quad \dots\dots (式6)$$

【0019】

また、圧縮軟化挙動はコンクリートの圧縮強度に依存することが知られている。したがって、圧縮強度後の応力の下降勾配 (E_{des}) をコンクリートの圧縮強度に依存しないよう一元的に定めることができなければ、普通強度RC柱から高強度RC柱まで適用できるコンファインドコンクリートの応力-ひずみ挙動を定式化することができない。

10

【0020】

そこで、同様に、各種コンクリート強度および各種降伏強度の横拘束筋を用いたコンファインドコンクリート供試体について、全ての実験結果を最も平均的に評価できるものとして、圧縮強度 (σ_{c0}) 時の最大応力と最大応力後にその50%応力に達した点を結んだ直線の勾配により下降勾配 (E_{des}) を求めることとした。この結果を図2に示す。

【0021】

この下降勾配 (E_{des}) と有効拘束圧 (p_e) の関係を、実験結果の回帰式として得たものが下記の式7となる。

【数6】

$$E_{des} = 0.026 \sigma_{c0}^3 / p_e^{0.4} \quad \dots\dots (式7)$$

20

【0022】

前記の式5～式7で得られた、 σ_{cc} 、 ε_{cc} および E_{des} の3つのパラメータをもとに、コンファインドコンクリートの応力-ひずみ関係を下記の式8.1～式8.2のように定式化した。

【数7】

$$\sigma_c = \sigma_{cc} \{ 1 - (1 - \varepsilon_c / \varepsilon_{cc})^\alpha \} \quad (0 \leq \varepsilon_c \leq \varepsilon_{cc}) \quad \dots\dots (式8.1)$$

$$\text{ここに、} \quad \alpha = E_c (\varepsilon_{cc} / \sigma_{cc})$$

$$E_c = 3320 \sqrt{\sigma_{c0}} + 6900$$

$$\sigma_c = \sigma_{cc} - E_{des} (\varepsilon_c - \varepsilon_{cc}) \quad (\varepsilon_{cc} \leq \varepsilon_c) \quad \dots\dots (式8.2)$$

30

【0023】

上記(式8.1, 式8.2)を提案式として、前記の各種強度のコンクリートまたは横拘束筋を用いた供試体の実験挙動と比較したところ極めて類似した挙動を示した。この結果の一部を図3に示す。

【0024】

以上のように、使用されるコンクリートおよび横拘束筋の強度・ひずみ、および横拘束筋の配筋構造から定まる有効横拘束圧 (p_e) を導入することで、RC柱の応力-ひずみ関係を、コンクリートおよび横拘束筋の強度によらず定式化できることがわかった。すなわち、本発明で定義した有効横拘束圧 (p_e) を導入すれば、式1～式8を計算するだけで、繰返し計算や使い分けをせずに、コンファインドコンクリートの応力-ひずみ挙動を把握できる。

40

【0025】

ところで、高耐力のRC柱部材を設計する場合、高強度コンクリートを用いることが考えられるが、コンクリート強度が増加すると相対的にコンファインド効果が低減することが知られている。一方、横拘束筋の強度を増加させてもコンファインドコンクリートの圧縮強度はほとんど増加しない。

【0026】

50

しかし、最大圧縮応力後の下降勾配は、横拘束筋を高強度化することによりより穏やかとなり、特に横拘束筋体積比 (s_s) が 2.0% 以上の場合、図 4 に示すように、圧縮靱性が大きく改善される。従って、本発明における高耐力の RC 柱状部材では、コンクリートの圧縮強度が 39 MPa 以上の高強度コンクリートであり、かつ前記横拘束筋の引張強度 317 MPa 以上の高張力鋼を体積比で 2.0% 以上とした。なお、外周の横拘束筋のかぶりの有無の影響は小さい。

【0027】

一方、横拘束筋の配筋方法を変えることも有効である (図 5 参照)。この場合、横拘束筋体積比が 0.9% と小さくとも、外周筋のみの試験体より、断面中央部に中間帯鉄筋を配し、田型とした試験体のほうが、圧縮強度、圧縮時のひずみ、下降勾配といった横拘束効果が大きく現れる。以上のように、本発明では、使用材料の材料特性と配筋構造から、容易に高耐力の RC 柱部材を提供できる。

10

【0028】

図 6 は、本発明による圧縮曲げ部材の応力-ひずみ関係をもとに、RC 柱設計のための評価方法をフロー化したものである。各数式はこれまで述べた式番号に対応している。図 7 は、本発明の評価手法による建物等の構造解析システムの構成図である。特別な繰返し計算が必要でないため、一般の汎用計算ソフトで電子媒体を提供できる。

【図面の簡単な説明】

【0029】

【図 1】コンファインドコンクリート供試体の配鉄状態を示す図

20

【図 2】圧縮強度後の下降勾配 (E_{des}) を示す図

【図 3】コンファインドコンクリート供試体の応力-ひずみ曲線

【図 4】横拘束筋を高強度化することによる圧縮靱性曲線

【図 5】横拘束筋の一部を中間帯鉄筋とすることによる横拘束効果曲線

【図 6】本発明による高耐力 RC 柱の処理フロー図

【図 7】解析システム構成図

【符号の説明】

【0030】

p_e 有効横拘束圧

k_e 有効横拘束係数

w 横拘束筋面積比

$f_{s,c}$ 圧縮強度発現時の横拘束筋作用応力

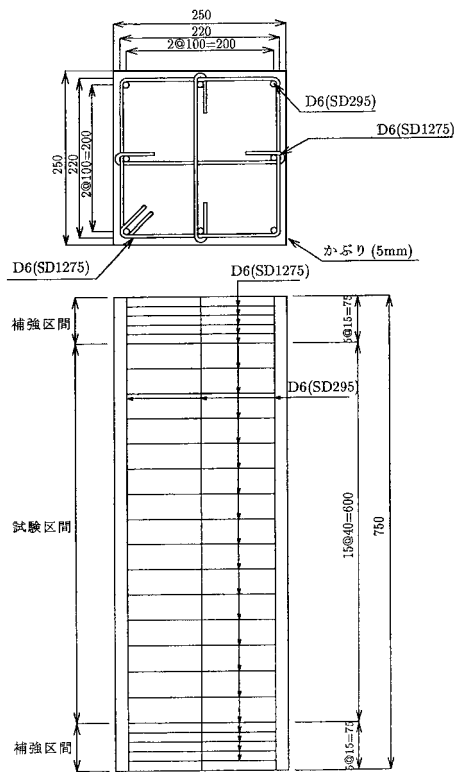
c_k コンクリートの強度

s_s 横拘束筋体積比

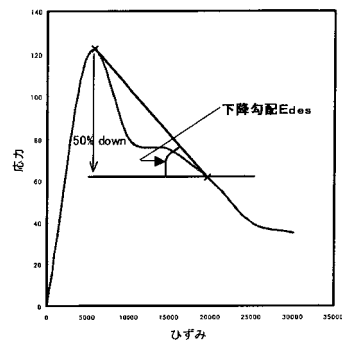
s_y 横拘束筋の降伏強度

30

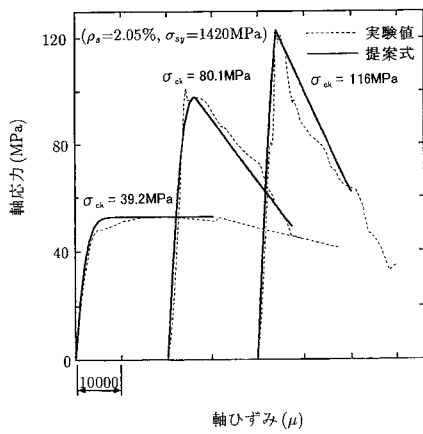
【 図 1 】



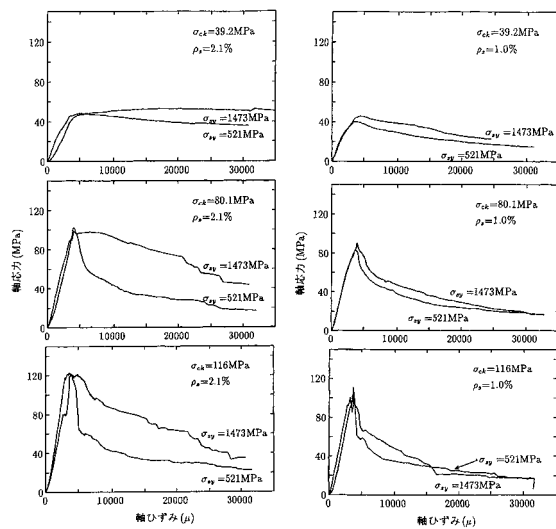
【 図 2 】



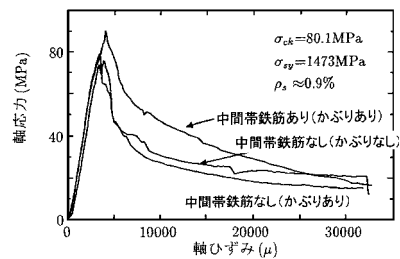
【 図 3 】



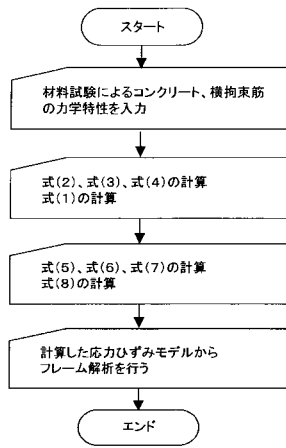
【 図 4 】



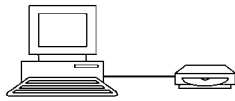
【 図 5 】



【 図 6 】



【 図 7 】



フロントページの続き

- (72)発明者 鈴木 基行
宮城県仙台市青葉区西花苑1-5-5
- (72)発明者 秋山 充良
宮城県仙台市青葉区愛子中央5-3-10 グランドール広瀬701
- (72)発明者 前田 直己
山形県酒田市上本町6番7号 前田製管株式会社内
- (72)発明者 洪 起男
宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉 東北大学大学院工学研究科内
- (72)発明者 佐藤 成禎
東京都小金井市梶野町3-17-14 レスポール406
- (72)発明者 鈴木 将
宮城県宮城郡利府町春日字硯沢183-15

審査官 星野 聡志

- (56)参考文献 特開昭60-220710(JP,A)
特開昭62-280418(JP,A)
特開2001-289841(JP,A)
特開昭62-215717(JP,A)
特開平08-260565(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
E04B1/00-1/36