非対称断面 Hybrid 長柱の力学性状

STRUCTURAL BEHAVIOR OF A NON-SYMMETRIC HYBRID BEAM-COLUMN

柴田 道生*

Michio SHIBATA

Theoretical studies are presented on the structural behavior of a hybrid beam-column which is composed of several structural elements, arranged non-symmetrically. A new concept “uniform compression” is introduced as the substitution for “concentric loading”, and the alternative definition of tangent modulus load is also introduced. Steel sandwich beam-columns composed of different steel specifications and steel-concrete composite beam-columns with non symmetric steel shapes, subjected to eccentric compressions, are investigated. Safety side estimation of bending strength is obtained by substituting reduced symmetrical steel sections. Numerical simulations shows a good agreement with experimental results.

Keywords : hybrid structure, non-symmetric cross section, yield surface, beam-column
tangent modulus load, eccentric loading

Hybrid 部材, 非対称断面, 降伏曲線, 長柱, 接線係数荷重, 偏心圧縮耐力

1. 序

これまでの骨組構造設計では断面の図心を連ねた材軸線を基準線とした線材仮定に基づいて解析・設計が行われてきた。図心を基準とする根拠は、一様ひずみ圧縮（もしくは引張）を実現するための軸方向合力の作用位置が図心に一致するためと考えられる。しかし、図心を共有しない複数の材料要素で構成された複合材料部材（以後、非対称断面 Hybrid 部材と呼ぶ。非対称鉄骨を内蔵する SRC 部材などがその例である（図1参照）。）では、一様ひずみ圧縮を実現するための軸力作用位置は存在軸力のレベルに応じて変動するので、いわゆる「中心圧縮」を定義することができない。図1(b)の合成梁などでは軸力が存在しないので、このような問題は顕在化しないが、同図(a)の非対称鉄骨を内蔵する SRC 部材ではこういった点をきちんと検証しておく必要がある。

非対称鉄骨を内蔵する SRC 部材では、コンクリート部分の中心を断面の原点に選ぶことが多いが、この原点は前述の図心の要件を満

たさないで、それに対応する定式化が必要である。また、長柱の基本性能である接線係数荷重も、その対象とする中心圧縮を定義できないのであれば座屈荷重の新しい定義が必要となる。

非対称鉄骨を内蔵する SRC 柱は実施設計では数多く用いられてきた。日本建築学会の鉄骨鉄筋コンクリート計算規準¹⁾には該当部材の全塑性モーメントに関する記述がある。しかし、関連した研究は短柱に関する西村他^{2,3)}の研究をのぞいては、特に長柱をあつかったものは皆無である。

本研究は、非対称断面 Hybrid 部材に固有の力学的特性を明らかにすることを目的とする。

2. 仮定

非対称断面 Hybrid 部材に固有の力学的特性を明らかにするための、主な仮定を以下に示す。

- 1) 材軸を z 軸に取り、 $y-z$ 面内の力を受ける平面問題を扱う。
- 2) 部材は図心を共有しない複数の材料要素で構成される。
- 3) 各構成要素は y 軸に対して対称の断面形を持つが、 x 軸に関しては必ずしも対称ではない。
- 4) 各構成要素 i の応力 σ_i は存在ひずみ ε_i の既知関数で表される。
- 5) 断面力および応力は圧縮を正、軸方向変位および軸ひずみは縮みを正とする。

(a) SRC 側柱 (b) 合成梁

図1 非対称 Hybrid 部材

* 摂南大学理工学部建築学科 教授・工博

Prof., Dept. of Architecture, Faculty of Science and Engineering, Setsunan Univ., Dr. Eng.

3. 新たな定義

非対称断面 Hybrid 部材に固有の問題は、中心圧縮を一義的に定義することができないことであり、あらたな概念の導入が必要である。

(1) 一樣ひずみ圧縮

まず従来の中心圧縮に対応して**一樣ひずみ圧縮**を定義する

定義 1：一樣ひずみ圧縮

部材全体に一樣な軸ひずみを生じさせるような圧縮状態。後述の**条件 1**のいずれかに該当する場合は中心圧縮と同じ意味を持つ。

中心圧縮が一義的に定義されるためには、次の**条件 1**のいずれかが成立すればよい。

条件 1-(1)：部材が単一材料で構成されている。

条件 1-(2)：部材が線形弾性材料群で構成されている。

条件 1-(3)：部材の全ての構成要素の図心が一致する。

これに対して**条件 1**のいずれれもが成立しない場合には、中心圧縮を一義的に定義することはできない。

条件 2：非線形材料で構成された複合材料部材で、各構成要素の図心が一致しない場合。

(2) 図心に相応する定義

非対称断面 Hybrid 部材はこの**条件 2**に該当する。この場合、図心に対応する定義として次の 2 つが考えられる。

定義 2：軸力中心

一樣ひずみ圧縮を生じさせるための、軸力の作用位置。**条件 2**の部材では、存在軸力に応じてその位置は変動する。**条件 1**のいずれかが成立する部材では図心に一致する。

定義 3：軸剛性中心

一樣ひずみ増分の軸方向変形を生じさせるための、軸力増分の作用位置。断面の軸剛性の中心でもある。**条件 1**の成立する部材では図心に一致する。

(4) 接線係数荷重

条件 2の部材では**中心圧縮**を定義することができないので、接線係数荷重についても新たな定義を設定する必要がある。

定義 4：接線係数荷重

部材が、**一樣ひずみ圧縮**を受けて真直に縮んだある段階で横にはらみ出すときの荷重を、**接線係数荷重**と定義する。

部材を構成する要素の構成法則が既知で、 i 要素の応力 σ_i および接線係数 E'_i が存在ひずみ ε_i の明示的な関数として $\sigma_i = f_i(\varepsilon_i)$ 、 $E'_i = g_i(\varepsilon_i)$ と定義されるなら、一樣ひずみ圧縮荷重 P および接線係数荷重 P_t は次式で表され、

$$P = \sum_j \int_A f_j(\varepsilon) dA \quad (1)$$

$$P_t = \frac{\pi^2}{L^2} \left[\sum_j \int_A y^2 g_j(\varepsilon) dA - y_G^2 \sum_j \int_A g_j(\varepsilon) dA \right] \quad (2)$$

両者を等値して ε を消去すれば、**定義 4**の接線係数荷重を得る。

$$\text{ここに} \quad y_G = \sum_j \int_A y g_j(\varepsilon) dA / \sum_j \int_A g_j(\varepsilon) dA \quad (3)$$

は**定義 3**の軸剛性中心位置を表す。

(5) 一樣ひずみ圧縮のもとで発生する偏心モーメントと等価偏心

一樣ひずみ圧縮のもとで発生する偏心モーメント M は、仮定 2) ~4) によれば

$$M = - \sum_{j=1}^n N_j c_j \quad (4)$$

ここに c_i 、 $N_i = A_i f_i(\varepsilon)$ は各構成要素の原点からの距離および分担軸力である。

$$\text{等価偏心 } e \text{ は } M = Ne, \left(N = \sum_{j=1}^n N_j \right) \text{ より}$$

$$e = - \sum_{j=1}^n N_j c_j / \sum_{j=1}^n N_j \quad (5)$$

4. 例題 1：完全弾塑性 2 質点モデル

4.1 一般の 2 質点断面部材の降伏曲線

図 2(a)に示す 2 質点断面部材のフランジ 1 および 2 の降伏応力、断面積、原点からの距離をそれぞれ σ_{y1} , A_1 , s_1 および σ_{y2} , A_2 , s_2 とし、

$$N_{o1} = \sigma_{y1} A_1, \quad N_{o2} = \sigma_{y2} A_2, \quad N_o = N_{o1} + N_{o2}$$

$$M_{o1} = N_{o1} s_1, \quad M_{o2} = N_{o2} s_2, \quad M_o = M_{o1} + M_{o2}$$

$$p = N_{o2} / N_{o1} \quad q = M_{o2} / M_{o1} \quad (6)$$

と定義すれば、 N_{o1} および M_{o1} で無次元化したこの部材の降伏曲線は同図(b)の平行四辺形となる⁴⁾。ここに、材料の降伏応力は引張側、

図 2 一般の 2 質点断面部材の降伏曲線

図 3 非対称断面 Hybrid 部材の降伏曲線

圧縮側で等しいとする。また、この降伏曲線の上半分を N_o および M_o で無次元化すると、同図(c)の多角形 $D'ABD$ を得、降伏曲線群 $D'A$, AB , BD は次式で表される。

$$D'A: p(q+1)\frac{M}{M_o} = q(p+1)\frac{N}{N_o} - (p+q) \quad (7a)$$

$$AB: (q+1)\frac{M}{M_o} = p+q - (p+1)\frac{N}{N_o} \quad (7b)$$

$$BD: p(q+1)\frac{M}{M_o} = q(p+1)\frac{N}{N_o} + (p+q) \quad (7c)$$

4.2 非対称断面 Hybrid 部材

(1) 降伏曲線と一様ひずみ圧縮経路

降伏応力度の異なる2個のフランジからなる図3(a)の部材では、 $\sigma_{y1} = \sigma_y$, $\sigma_{y2} = \alpha\sigma_y$ ($\alpha \geq 1$), $A_1 = A_2 = A_f$, $s_1 = s_2 = h/2$ とすれば、式(6)において $p = q = \alpha$ が成立し、降伏曲線は図3(b)の外周の多角形 $D'ABD$ となる。

図中の破線 OCA は一様ひずみ圧縮の経路を示す。**条件2**の部材では一様ひずみ圧縮経路は直線とならない。

(2) 接線係数荷重

この部材に一様ひずみ圧縮を加えた場合の、軸力と材端モーメントの関係は $N-M$ 相関曲線状では図3(b)の破線として表され、軸力 N と軸方向変位 Δ の関係を、平均応力と軸ひずみの関係に変換して図4(a)に示す。みかけの応力-ひずみ関係が図4(a)で表される場合、**条件1**の部材のカラムカーブは図4(b)の太破線となる。しかし、**条件2**に該当するこの部材では一様ひずみ圧縮のもとで軸力比が $N/N_{o1} = 2$ ($\sigma = \sigma_y$) を超えると x 軸まわりの曲げ剛性が0となるので、これ以上の軸力を支持することができない。したがって、一様ひずみ圧縮を前提とした接線係数荷重は図3(b)のC点を超えることはなく、部材のカラムカーブは図4(b)の実線で表される。

(3) 偏心圧縮耐力

図2(a)のような2質点断面部材では降伏曲線の内側では弾性状態にあり、応力点が降伏曲線に達した時点で最大耐力となる。図5のような対称偏心圧縮長柱を考えると、周知の弾性たわみ曲線 $v(z)$

$$\begin{aligned} v(z) &= e \left[\tan \frac{kL}{2} \sin(kz) + \cos(kz) - 1 \right] \\ &= e \left[\frac{1}{\cos(kL/2)} \cos \left\{ k \left(z - \frac{L}{2} \right) \right\} - 1 \right] \end{aligned} \quad (8)$$

より、部材端および部材中央での曲げモーメント M_d , M_c は

$$M_d = Ne \quad (9a)$$

$$M_c = N \left[v \left(\frac{L}{2} \right) + e \right] = Ne \sec \left(\frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{N}{N_E}} \right) \quad (9b)$$

ここに $k^2 = N/(EK)$, $N_E = \pi^2 EK/L^2$, $K = I - S^2/A$, A , S , I は断面積、断面1次モーメントおよび断面2次モーメントである。

偏心量を荷重作用線に対する材軸線の位置として定義し、原点を弾性図心に選択すれば ($S=0$)、正の偏心によって正のたわみが、負の偏心によって負のたわみが発生する。

式(9)によれば、 $e < 0$ の場合、図6上の (N, M) の軌跡は部材端で $O \Rightarrow P_1$ 、部材中央で $O \Rightarrow Q_1$ の経路をたどり、部材中央での曲げモーメントが部材端の値より大きくなる。したがって、最大耐力は Q_1 点で決まり、最大荷重は式(9b)と降伏条件（ここでは直線 $D'A$ ）

図4 カラムカーブ

図5 対称偏心圧縮柱

図6 偏心圧縮を受ける Hybrid 長柱の $N-M$ 軌跡

図7 長柱の $n-m$ 相関曲線 ($\alpha = 2$)

式(7a)を等値して、次式の根として求める。

$$Ne \sec \left(\frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{N}{N_E}} \right) = M_o \left(\frac{N}{N_o} - \frac{2}{\alpha+1} \right) \quad (e < 0) \quad (10a)$$

また、 $e > \frac{\alpha-1}{\alpha+1} \frac{h}{2}$ の場合は (N, M) の軌跡は部材端で $O \Rightarrow P_2$ 、部材中央で $O \Rightarrow Q_2$ または $O \Rightarrow Q'_2$ の経路をたどるので、部材中央での曲げモーメントが部材端の値より大きくなり、最大耐力は Q_2 点または Q'_2 点で決まる。最大荷重は次式の根のうち、小さい方の値として求める。

$$Ne \sec \left(\frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{N}{N_E}} \right) = M_o \left(\frac{2\alpha}{\alpha+1} - \frac{N}{N_o} \right) \quad (10b)$$

$$Ne \sec \left(\frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{N}{N_E}} \right) = M_o \left(\frac{2}{\alpha+1} + \frac{N}{N_o} \right) \quad (10c)$$

しかし $0 < e < \frac{\alpha-1}{\alpha+1} \frac{h}{2}$ の場合は部材端での経路 $O \Rightarrow P_3$ に対し、部材中央では細長い部材で $O \Rightarrow Q_3$ 、太短い部材で $O \Rightarrow Q'_3$ の経路をたどるので、後者の場合は部材中央より先に部材端で限界に達する。

最大荷重は式(10b)と次式の根のうち、小さい方の値として求まる。

$$Ne = M_o \left(\frac{N}{N_o} - \frac{2}{\alpha+1} \right) \quad (10d)$$

式(10)において軸力 N を与えれば、材端モーメント $M_d = Ne$ が求まるので、その結果を図7に示す。図の縦軸は N_o で、横軸は M_o で無次元化されている。図中の $A = \sqrt{N_o / N_E}$ は規格化細長比であり、最外縁の細破線は全塑性モーメントを表す。

この部材では中心圧縮荷重は $n = 2 / (\alpha + 1)$ を超えることはできないが、偏心の与え方によってはより大きな圧縮力を負担することができる。最大の偏心圧縮耐力 N_1 は式(10b)および(10d)を同時に満たす N_1 として次式で得られ、

$$\left(\frac{2\alpha}{\alpha+1} - \frac{N_1}{N_o} \right) \cos \left(\frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{N_1}{N_E}} \right) = \frac{N_1}{N_o} - \frac{2}{\alpha+1} \quad (11)$$

対応する偏心量 e_1 は N_1 (ただし $N_1 \leq N_E$) を次式に代入して求まる。

$$\frac{e_1}{h} = \frac{1}{2} - \frac{N_{o1}}{N_1} \quad (12)$$

式(11)において $\cos \left(\frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{N_1}{N_E}} \right) \approx 1 - \frac{N_1}{N_E}$ と近似すれば

$$\begin{aligned} n &= \frac{N_1}{N_o} = \frac{N_1}{(\alpha+1)N_{o1}} \\ &= \frac{1}{A^2} + \frac{\alpha}{\alpha+1} - \sqrt{\frac{1}{A^4} - \frac{2}{\alpha+1} \frac{1}{A^2} + \left(\frac{\alpha}{\alpha+1} \right)^2} \end{aligned} \quad (13)$$

式(13)の結果を図8に示す。

図8 適切な偏心による最大圧縮荷重

(a) Type A

(b) Type B

(c) Type C

図10 単一材料の非対称2質点断面部材の降伏曲線

4.3 非対称単一材料部材との比較

単一材料からなる図9の非対称2質点断面部材とHybrid部材との比較を試みる。図9の各部材はいずれも条件1を満たす。

(1) Type A

Type A は、原点を図心とする非対称断面材であり、フランジ断面積比を $\beta = A_2 / A_1$ とおけば、 $p = \beta$, $q = 1$ が成立する。その降伏曲線は図10(a)の外周多角形 $D'ABD$ となり、一様ひずみ圧縮の経路は原点と頂点を結ぶ直線 OA となる。

(2) Type B

Type B は、原点が図心に対して s の位置にある対称断面材で、 $p = 1$, $q = \frac{h+2s}{h-2s}$ が成立する。降伏曲線は図10(b)の外周三角形 $B'AB$ となり、一様ひずみ圧縮の経路は原点と頂点を結ぶ直線 OA となる。

(3) Type C

Type C は、原点を断面中央とする非対称断面材で、フランジ断面積比を $\beta = A_2 / A_1$ とおけば、 $p = q = \beta$ が成立する。降伏曲線は非対称断面 Hybrid 部材に対する図3(b)と同形になるが、一様ひずみ圧縮の経路は原点と頂点を結ぶ直線 OA である。

5. 例題2：鉄骨の偏心したSRC長柱

5.1 偏心モーメントと等価偏心

図11に示すSRC部材はコンクリート部の図心を座標原点とし、鋼材の図心 G は原点 O より c の位置にある。フランジ1, 2の断面積をそれぞれ A_1 , $A_2 = \beta A_1$ ($\beta \geq 1$) とすれば鋼材の図心位置は

$$c = \frac{h}{2} \frac{\beta - 1}{\beta + 1} \quad (14)$$

偏心モーメント M および等価偏心 e は、 $M = N_s c = Ne$ より

$$\frac{e}{c} = \frac{N_s}{N}, \quad m = \frac{M}{N_o c} = \frac{N_s}{N_o} \quad (15a, b)$$

ここに $N = N_s + N_c$, $N_s = \sigma_s A_s$, $N_c = \sigma_c A_c$, $N_o = N_{so} + N_{co}$, $N_{so} = \sigma_y A_s$, $N_{co} = F_c A_c$

A_s , A_c : 鋼材およびコンクリートの断面積

σ_s , σ_c : 鋼材およびコンクリートの存在応力

σ_y : 鋼材降伏応力, F_c : コンクリート強度

図9 単一材料の非対称2質点断面部材

図 11 鋼材の偏心した SRC 部材

図 12 コンクリートの構成則

図 13 偏心モーメントと等価偏心

なお、式(15b)中の分母 $N_0 c$ は無次元化のための便宜的指標であって、全塑性モーメントを表すものではない。

鋼材は完全弾塑性型、コンクリートは図 12 のパラボラ型構成則を仮定すれば、

$$\text{鋼材} \quad \sigma_s = \begin{cases} E_s \varepsilon & \varepsilon \leq \varepsilon_y \\ \sigma_y & \varepsilon > \varepsilon_y \end{cases} \quad (16a)$$

$$\text{コンクリート} \quad \sigma_c = \begin{cases} \frac{E_c}{4\varepsilon_0} \varepsilon (4\varepsilon_0 - \varepsilon) & \varepsilon \leq 2\varepsilon_0 \\ F_c & \varepsilon > 2\varepsilon_0 \end{cases} \quad (16b)$$

$$\varepsilon_y = \sigma_y / E_s, \quad \varepsilon_0 = F_c / E_c,$$

E_s, E_c : 鋼材およびコンクリートの Young 係数

表 1 の例題 Ex.1 に対する式(15)の結果は図 13 となる。破線で示された等価偏心 e は軸力レベルに応じて変動するが、 $n = 0$ のとき $e = 1.64 \text{ mm}$ 、 $n = 1$ のとき $e = 2 \text{ mm}$ とそれほど大きな変動ではなく、ほぼ一定と見なせる。また、実線で示された軸力と偏心

図 14 鋼材の偏心した SRC 長柱のカラムカーブ

図 15 解析モデル

モーメントの関係もほぼ直線的である。

5.2 接線係数荷重

表 1 の例題 Ex.1 および Ex.2 に対して、式(16)の材料構成則を仮定した場合のカラムカーブを図 14 に示す。Ex.1 の規格化細長比 A の算定では、Euler 荷重を次式によって算定することに留意する必要がある。

$$N_E = \frac{\pi^2}{L^2} \sum_j \int_A \left[E_j I_j - (E_j S_j)^2 / (E_j A_j) \right] dA \quad (17)$$

ここに、 E_j, A_j, S_j および I_j はそれぞれ各構成要素の Young 係数、断面積、断面 1 次モーメントおよび断面 2 次モーメントである。2 つの例題の結果を比較すると、鋼材の偏心がカラムカーブに及ぼす影響は大きくない。

5.3 偏心圧縮耐力

(1) 数値解析手法

たわみ曲線を差分近似し (図 15 参照)、変位制御による数値解析によって最大耐力を得る。

解析に用いた主な仮定は以下の通り。

- 1) 平面保持仮定が成立する。
- 2) 垂直応力および軸力の符号は圧縮を正、軸ひずみは縮みを正とする。
- 3) 材料の構成法則は図 16 のパラボラ型とし、比例限度 r はコンクリートでは $r = 0$ 、鋼材では $r = 1.0$ とする。
- 4) コンクリートの引張強度およびコンファインド効果を期待しない。

(2) 部材中央での曲げモーメント

表 1 の例題 Ex.1 についての解析例を図 17 に示す。縦軸は降伏軸力 N_0 、横軸は x 軸まわり基準曲げ強度 M_0 (中立軸が断面中心を通るときの全塑性モーメント) で無次元化されている。与えた偏心量は、軸力 0 における一様ひずみ圧縮の剛性中心位置 $c = 1.6 \text{ mm}$ を基準に $e = c \pm 10, c \pm 30 \text{ mm}$ とした。図中の太実線は部材中央での (N, M) の軌跡を、原点を始点とする放射状直線群は部材端での (N, M) の軌跡をしめす。太破線は最大材端モーメントと軸力の関係を示し、最外縁の細破線は降伏曲線、降伏曲線の頂点 A と原点を結ぶ破線は一様ひずみ圧縮の経路を示す。

解析結果によれば、以下の内容が観察される。

- 1) 部材中央での (N, M) の軌跡は、終局状態では降伏曲線に漸近していく。
- 2) 一様ひずみ圧縮の経路は、ほぼ直線と見なせる。
- 3) 一様ひずみ圧縮の剛性中心位置 c にたいして正負の等しい量の偏心を与えると、最大耐力はほぼ一致する

(3) $N-M$ 相関曲線

図 17 中に太破線で示した例題 Ex.1 の $N-M$ 相関曲線と例題 Ex.2 (表 1 参照) との比較を図 18 に示す。Ex.2 ではフランジ 2 の断面積をフランジ 1 と同じとした対称断面材であり、両軸は Ex.1 の降伏軸力および基準曲げ強さで無次元化されている。

Ex.2 の解はおおむね Ex.1 に対して安全側の評価となっており、非対称断面材を対称断面材で近似することは有効であるが、低軸力と負曲げの組み合わせや、高軸力と正曲げの組み合わせでは、かなりの安全側評価となる。

図 16 パラボラ型構成則

表 1 解析例題

断面形		Ex.1	Ex.2
コンクリート	強度 F_c	30 MPa	
	Young 係数 E_c	26,590 MPa	
	幅×せい	15 cm×12 cm	
鉄骨	降伏応力 σ_y	300 MPa	
	フランジ間隔	6 cm	
	フランジ1 断面積	1.5 cm ²	
	フランジ2 断面積	3 cm ²	1.5 cm ²

断面形		Ex.3
コンクリート	強度 F_c	25.1 MPa
	Young 係数 E_c	25,050 MPa
	幅×せい	12 cm×12 cm
鉄骨	降伏応力 σ_y	284MPa
	断面	T-56×50×6×6

図 17 部材中央曲げモーメント ($A = 1.0$) 図 19 実験結果との比較 ($L = 240$ cm) 図 18 偏心した鋼材を内蔵する SRC 長柱の $n-m$ 相関曲線

(4) 実験結果との比較

表 1 の例題 Ex.3 の断面形を持つ SRC 長柱の実験結果⁶⁾と数値解の比較を図 19 に示し、図中の 1 点鎖線および破線は部材中央での (N, M) の軌跡を表す。1 点鎖線で示された数値解は破線で示された実験値と良好な対応を示す。しかし、最大耐力点を少し過ぎた時点で実験値は急激な耐力低下を示すのに対し、数値解の耐力低下は緩やかで、 (N, M) の軌跡は、終局状態では降伏曲線に漸近していく。

7. 結 論

- 1) 各々の構成要素の図心が一致しない複合材料部材（非対称断面 Hybrid 部材）では、従来の中心圧縮という概念が成立しないので、新たな定義が必要となる。
- 2) 「中心圧縮」に対応する一様ひずみ圧縮を定義した。
- 3) 非対称断面 Hybrid 部材では、一様ひずみ圧縮における軸力と存在曲げモーメントの比は一定とはならない。

- 4) 一様ひずみ圧縮に対応する接線係数荷重を定義した。
- 5) 対称偏心圧縮柱であっても、偏心量の与えかたによっては、部材中央より先に部材端で破壊する可能性がある。
- 6) 偏心を与え方によっては、接線係数荷重より大きな軸力を負荷することができる。
- 7) 鉄骨の偏心した SRC 長柱では、一様ひずみ圧縮を実現するための偏心量は、軸力レベルに拘わらずほぼ一定と見なせる。
- 8) 鉄骨の偏心した SRC 長柱の設計や近似解析の方法としては、断面の座標原点を弾性図心に設定する方法と、大きい方の鉄骨フランジを縮小して対称断面材に置換する方法が考えられる。後者による耐力評価はおおむね安全側の評価となるが、過度の安全側評価となる場合がある。

謝辞

本研究の遂行にあたっては、摂南大学大学院博士課程 林 和宏氏との討議が非常に有益であった。氏の協力に心から感謝する。

参考文献

- 1) 日本建築学会：鉄骨鉄筋コンクリート構造計算規準，2001
- 2) 松田・筒井・馬場・西村：T 字形鉄骨を内蔵する SRC 柱の曲げ破壊性状，日本建築学会近畿支部研究報告集，No.43，pp.97-100，2003.06
- 3) 松田・筒井・馬場・西村：圧縮力を受ける T 字形鉄骨を内蔵する SRC 柱の曲げ破壊性状，日本建築学会近畿支部研究報告集，No.44，pp.129-132，2004.06
- 4) 日本建築学会：コンクリート充填鋼管構造設計施工指針，p.283～，1997.10.
- 5) 柴田道生：非対称曲げを受ける合成長柱の耐力，構造工学論文集，Vol.46B，pp.197-203，2000.03.
- 6) 柴田道生・林 和宏：非対称鉄骨を内蔵した SRC 長柱の強軸曲げ偏心圧縮実験，コンクリート工学年次論文報告集，pp.139-144，2010.07.

(2010年3月29日原稿受理，2010年7月7日採用決定)