(19) 薄肉鋼管で横補強した鋼・コンクリート 合成柱材の復元力特性

倉富 洋¹·堺 純一²·田中 照久³·河本 裕行⁴

¹正会員 福岡大学大学院工学研究科博士後期課程(〒814-0180 福岡市城南区七隈8-19-1) E-mail:td115501@cis.fukuoka-u.ac.jp

2正会員 福岡大学教授 工学部建築学科(〒814-0180 福岡市城南区七隈8-19-1)

E-mail:sakaij@fukuoka-u.ac.jp

◎正会員 福岡大学助手 工学部建築学科(〒814-0180 福岡市城南区七隈8-19-1)

E-mail:sttanaka@fukuoka-u.ac.jp

4正会員 福岡建設専門学校講師(〒812-0053 福岡市東区箱崎6-15-34)

SRC断面から主筋及びせん断補強筋を省略し,薄肉鋼管で横補強した鋼コンクリート合成柱材の弾塑 性解析を行い,一定軸力下で単調水平力を与えた本柱材の復元力特性の骨格曲線について定式化を行っ た。骨格曲線は,曲げひび割れ点,降伏点,最大耐力点,限界変形点の四つの特異点から構成されるもの とし,本柱材の弾塑性性状に影響を与えると考えられる内蔵十字鉄骨比,鋼材とコンクリートの材料強度, 鋼管幅厚比,軸力比が各特異点に及ぼす影響を定量的に評価した。本論で提案した骨格曲線の評価式は弾 塑性解析結果を精度よく追跡できることを明らかとした。

Key Words: Steel concrete column, Elastic-plastic behavior, Axial force ratio, Material strength, Width-to-thickness ratio

1. 序

現在数多くある構造システムの中で,鉄骨鉄筋コンク リート(以下 SRC と略記)構造が優れた耐震性能を示す ことは周知のことである。しかしながら,鉄筋の配筋作 業や鉄骨加工,コンクリートの型枠工事が必要となり, 建設費の増加や工期が長期化する傾向にあり,実務上解 決すべき課題であると考えられる。そこで本研究では, SRC 断面から主筋及びせん断補強筋を取り除き薄肉鋼管 で横補強を行うことで,SRC 造と同等以上の耐震性能を 保持し,なおかつ施工の簡素化を目指した鋼コンクリー ト(以下 SC と略記)合成構造の開発を行っている。本柱 材の鋼管には柱頭及び柱脚に隙間を設け,軸力と曲げを 負担しないため薄肉の鋼管を使用できることが特徴であ る。

これまでの研究から, SC柱材は幅厚比100程度の非常に 薄い鋼管で横補強することによって高軸力下でも極めて 安定した挙動を示すことが分かっている^{1)~3}。これは脆 性材料であるコンクリートを薄肉鋼管及び内蔵十字鉄骨 によって拘束することにより,最大耐力発揮後の耐力低 下域における耐力低下を抑えられることが要因である。 鋼管によって拘束されたコンクリートの応力-盃関係の モデル化については数多くの報告がなされているが、著 者らは文献3),4)で十字鉄骨によって拘束されたコンク リートの応力-盃関係を定量的に評価できる解析手法を 提案し、SC柱材のコンクリートの構成則を明らかとした。 更に、薄肉鋼管及び十字鉄骨によるコンクリートの拘束 効果を考慮して SC 柱材の弾塑性解析を行った結果、実 験挙動を精度よく追跡できることを確認した³。

SC 柱材の実用化を目指すにあたり,合理的かつ経済 的な設計法の確立のため,精確な構造性能を把握する必 要がある。特に,本柱材の弾塑性性状に影響を与える内 蔵十字鉄骨比,コンクリート及び鉄骨の材料強度,鋼管 幅厚比,軸力比といった影響因子が復元力特性に大きな 影響を及ぼすと考えられる。そこで本研究の目的とし て,これらの影響因子が柱材の弾塑性性状に及ぼす影響 を定量的に評価し,四つの特異点(曲げひび割れ発生点, 降伏点,最大耐力点,限界変形点)からなる骨格曲線の モデル化を行い,各特異点について評価式を提案し,そ の精度について検証する。

2. SC 柱材の弾塑性解析

(1) 解析モデル

図1(a) に示す断面を持つSC 柱材の弾塑性解析を行う ため,解析モデルを図1(b) に示すような弾塑性ヒンジ部 と剛体からなるものと考え,柱材の変形を弾塑性ヒンジ 部に集中させ,その点での断面のモーメントー曲率関係 を求め,力の釣合を満足させることにより,柱の挙動を 解析した。弾塑性ヒンジ部での断面のモーメントー曲率 関係は平面保持の仮定のもとで断面区分法により求め た。弾塑性ヒンジ部での曲率 Øと柱部材角 Rの間に式(1), (2) が成立つと仮定している。式(2)の aは,せん断スパ ン比と軸力比をパラメータとした SRC 柱材の載荷実験 と弾塑性解析を比較して,実験と解析の初期剛性を合わ せることで求められた式⁵⁾ である。

$$R = \alpha \cdot L \cdot \phi \tag{1}$$

$$\alpha = 0.1 + 1.3 \frac{D}{L} \tag{2}$$

ここで、L:柱材長、D:断面せいである。

(2) 材料の応カー歪関係

鋼材の応力-盃関係は図2に示すモデルを, コンク リートの応力-盃関係は崎野・孫モデル[®]をそれぞれ使 用した。ただし, コンクリートの構成則はSC柱材の中 心圧縮実験から得られた成果を元^{3), 4}に, 十字鉄骨によ るコンクリートの拘束効果を考慮し, 十字鉄骨の内側と 外側に分割して求めている。なお, 繰返し則は渡辺らの モデル¹⁾を用いた(図3参照)。材料の応力-盃関係に ついての詳細は文献3)を参照されたい。





図6 骨格曲線のモデル化

 $_{s}\sigma_{y}$:鉄骨降伏応力度, $_{c}\sigma_{B}$:コンクリート圧縮強度

(3) 弾塑性解析と実験挙動の比較

図4に著者らが行った SC 柱材の曲げせん断実験¹⁾の 試験体と載荷装置を、図5に実験結果と弾塑性解析の水 平力Q-部材角R関係の比較をそれぞれ示す。ここで、 b/tは鋼管の幅厚比、nは軸力比、 σ_B はコンクリート強度 である。何れの試験体も解析結果は実験結果をよく追跡 できていることから、本解析手法の精度は十分に高いも のと考えられる。

3. 骨格曲線の提案

(1) 骨格曲線のモデル化

SC 柱材の復元力特性を明らかにするため,骨格曲線 のモデル化を行う。本研究では,骨格曲線を曲げひび割 れ発生点,降伏点,最大耐力点,限界変形点の四つの特 異点で構成されるものとした(図5参照)。本柱材の弾 塑性性状に与える影響因子として,内蔵十字鉄骨比,鉄 骨降伏点,コンクリート強度,鋼管幅厚比,軸力比が考



えられる。これらの影響因子が骨格曲線上の四つの特異 点に及ぼす影響を定量的に評価するために、表1に示す ような解析変数をとった。本柱材で対象としている薄肉 鋼管の幅厚比は100程度としているため、解析変数には 100前後の鋼管板厚を3種類選定した。なお、薄肉鋼管 はコンクリートを横補強をするためだけであるものと し、降伏点を235N/mm²で統一している。2項で示した解 析手法を用いて弾塑性解析を行い、その結果から回帰的 に復元力特性の骨格曲線を特異点毎に定式化する。

(2) 曲げひび割れ発生点

曲げひび割れ発生点の耐力*M_gとその曲率 φ_gを*表2中の式(3),(4)で評価する。曲げひび割れ発生点は引張側のコンクリートの歪が0となる点,すなわち歪が圧縮側から引張側に変化する点をとった。この点はモーメント*M*ー曲率 Ø 関係において初期剛性が変化する点に対応している。

弾塑性解析の結果を図7,8に示す。図7の縦軸には 曲げひび割れ発生時の耐力 M_{σ} を鋼材の降伏点 $_{\sigma}$ とコン クリート強度の $_{c}\sigma_{B}$ を用いて計算した一般化累加強度 M_{pcl} で除したものを、図8の縦軸にはその曲率 ϕ_{σ} に断面 せい $_{c}D$ を乗じて、それぞれ無次元化したものをとって いる。R(%)はせん断スパン比を2として曲率から(1)、(2) 式を用いて変換した部材角である。また、両図中のプ ロットは弾塑性解析によって得られた値を、直線はコン



クリート強度ごとに求めた回帰直線を、それぞれ示す。 両図より曲げひび割れ発生点の耐力及びその曲率は軸力 比とコンクリート強度の影響を受けることが分かる。こ れは、軸力比が大きくなるとコンクリートの圧縮領域が 増大すること、また高強度コンクリートになると初期剛 性が大きくなることから曲げひび割れ発生時期が遅くな ることによるものと考えられる。

図9に弾塑性解析と評価式の比較を示す。曲率に多少 のばらつきが見られるが、その他大部分は概ね評価でき ていることがわかる。なお、曲げひび割れ発生点の耐力 及びその曲率の評価式による計算値に対する解析値の比 の統計値は、それぞれ平均値1.00、1.02、変動係数5.15%、 9.59% であった。

(3) 降伏点

本柱材の降伏点は圧縮縁コンクリートが圧壊歪に達したとき、あるいは鉄骨の引張側フランジが降伏したときのどちらか早期に生じた方で決定するものと定義した。鉄骨の圧縮側フランジの降伏は柱材の弾塑性挙動に影響が見られなかったことから、ここでは考慮しないものとした。降伏点の曲率¢は表2中の式(5)、(7)、(9)で評価し、降伏耐力M_yはどちらか小さい方の曲率に付随して求めるものとする。引張側の鉄骨フランジで決定する場合の降伏耐力とその曲率を式(6)、(7)で、コンクリートの圧壊で決定する場合の降伏耐力とその曲率を式(8)、(9)でそれぞれ評価する。

図10,11に降伏点について検討した結果を示す。図中の白抜きで表したプロットは降伏点が鉄骨降伏で決定する場合を、塗り潰したプロットはコンクリートの圧壊で決定する場合をそれぞれ示している。この図より、軸力比 $n \leq 0.4$ の範囲では鉄骨の引張側フランジで決定し、 0.5 $\leq n$ 以降ではコンクリートの圧壊で決定する場合が多いことがわかる。特に、鉄骨の材料強度が高強度になるほど降伏歪が上昇するため、コンクリートの圧壊で決定されやすくなる傾向がある。一方で、bt=133のように鋼管幅厚比が大きいとコンクリートを拘束する効果が薄れるため、軸力比n=0.4でもコンクリートの圧壊で決定する場合が見られた。また、軸力比n=0.6で降伏時に降伏耐力 M_v が一般化累加強度 M_{rel} を発揮する場合がある。

降伏耐力とその曲率は,鉄骨降伏で決定する場合は 鉄骨降伏点に依存し、コンクリートの圧壊で決定する場 合は鋼管幅厚比に大きく左右される。図10からコンク リートで決定する場合,軸力比*n*=0.6 でのばらつきが大 きいことに留意して更に分析を行ったところ、コンク リート強度の影響を受けることが分かった。

通常,コンクリートは高強度になるほど圧壊歪が上 昇する。コンクリートの圧壊で決定する評価式内には, コンクリート強度による影響も考慮しているが,図12 より拘束されたコンクリートの圧壊歪はシリンダー強度 に拘らず近い値をとることがわかる。よって,本柱材の 降伏点に特に影響を及ぼすのは,鋼管幅厚比と鉄骨降伏 点である。



図13,14 に降伏点が鉄骨降伏で決定する場合とコン クリート圧壊で決定する場合の弾塑性解析と評価式の比 較をそれぞれ示す。大部分が精度よく評価できているこ とがわかる。なお、鉄骨降伏で決定する場合の耐力とそ の曲率の評価式による計算値に対する解析値の比の統計 値は、それぞれ平均値1.00,1.01、変動係数2.81%、2.89% であり、コンクリートの圧壊で決定する場合の耐力とそ の曲率は、それぞれ平均値1.00,1.00、変動係数1.68%、7.99% であった。

(4) 最大耐力点

弾塑性解析から最大耐力点についてまとめた結果を 図15に示す。図より最大耐力 M_{max} の値は軸力比が大きく なるほど増加していることが分かる。これは高軸力比に なるほどコンクリートが圧縮力を負担し、十字鉄骨及び 薄肉鋼管による拘束効果(図16参照)によってコンクリー トの圧縮強度及び強度発揮後の強度低下性状が改善され るためだと考えられる。降伏点がコンクリートの圧壊で 決定した場合でも、歪の進行に伴い鉄骨が全塑性状態に 近づくまでの間、拘束効果によってコンクリートの耐力 が低下しにくくなり柱材の耐力を上昇させることが可能 となる。また、全塑性モーメント M_{pcl} を求める際にはシ リンダー強度。 σ_{B} を使用しているが、実際には十字鉄骨 及び薄肉鋼管による拘束でコンクリートの強度が上昇す る。図16に拘束コンクリートの応力-歪関係からわかる ように(図中の鋼管拘束と表記した応力-歪曲線は鋼管 幅厚比*bt*=89でコンクリートを拘束したもの,*K*は拘束 コンクリートの強度をシリンダー強度_cの_bで除した値 を,それぞれ示す),この上昇率はコンクリート強度 が小さいほど大きな効果を持つため,低強度コンク リートになるほど合成効果を発揮しやすくなること による。図17に最大耐力発揮時の曲率 Ø_{max}を解析に よって求めた結果を示す。軸力比が大きくなると柱 材の応力状態が厳しくなるため早期に最大耐力に達 することがわかる。また鋼管幅厚比が小さくなると 曲率が大きくなるのは,拘束効果によりコンクリー トの圧壊歪が上昇するためである。

弾塑性解析をもとに分析を行った結果,最大耐力 点に影響を及ぼすのは軸力比,コンクリート強度,鋼 管幅厚比であることがわかった。これらの影響因子 を定量的に分析するにあたって,図15から軸力比 n=0.2付近で回帰直線の傾きが変化していることから, 最大耐力を表2中の式(10),(12)で評価することにした。 また最大耐力発揮時の曲率は,低軸力下になるとコ ンクリートの圧縮領域は小さいものとなるため鉄骨 の負担分が増加し,鉄骨降伏点の影響を受けるため 軸力比が $0.1 \leq n < 0.2$ の範囲でばらつきが大きくなる。 よって最大耐力発揮時の曲率を定量的に評価するに あたり,軸力比が $0.1 \leq n < 0.2$ の範囲では鉄骨降伏点 の影響を考慮した式(11)で, $0.2 \leq n \leq 0.6$ ではコンク リート強度を影響因子とした式(13)で評価する。 解析値と評価式の比較を図18に示す。曲率 ϕ_{ver} に





ややばらつきが見られるが耐力 M_{max} は精度よく収まっている。なお、最大耐力点の耐力及びその曲率の評価式による計算値に対する解析値の比の統計値は、それぞれ平均値1.00、1.04、変動係数 2.05%、9.05% であった。

(5) 限界変形点

限界変形点として最大耐力が90%まで低下した点を とった。限界変形時の耐力及びその曲率を表2中の式 (14), (15), (16)で評価する。

弾塑性解析の結果を図19に示す。限界変形点はかな りばらつきが大きくなったので、 ϕ_{ao} ・D=0.033(部材角に して5%、図中点線で示す)の時点で90%まで低下した データのみを用いて回帰的に定式化を行った。図より耐 力低下を抑える役割を果たす鋼管幅厚比が小さいほどコ ンクリートの拘束効果が発揮されるため、限界変形点を 発揮する曲率が大きくなっていることがわかる。このこ とから、限界変形点は軸力比、コンクリート強度、鋼管 幅厚比に大きく影響されることがわかった。なお、低軸



カ下でコンクリート強度が低く、鋼管幅厚比が小さい場合(図 19(a)参照)には耐力低下がほとんど見られないため、弾塑性挙動を考慮した結果、 $0.1 \leq n < 0.2 \ c_g < 60 \ mm^2$ かつ $bt \leq 89 \ obseta部材角 5% に相当する変形まで最大耐力を保持できるものとして評価しても危険側の評価とならないことを確認した。$

解析値と評価式の比較を図20に示す。曲率はばらつ



図21 評価式と弾塑性解析結果の比較

きが大きいが、これは高軸力下で鋼管幅厚比が大きい場合にばらつきが多く、急激な耐力低下を精確に追跡することが困難なことによる。しかしながら、これらの点については評価式が安全側の値をとるように配慮している。限界変形点の耐力及びその曲率の評価式による計算値に対する解析値の比の統計値は、それぞれ平均値1.00、109、変動係数2.04%、16.2% であった。

4. 評価式の精度検証

図21に表2に記載している骨格曲線の評価式と弾塑性 解析結果の比較を示す。図中の実線は評価式から求めた 各特異点を結んだもの、点線は弾塑性解析結果をそれぞ れ表している。また,内蔵十字鉄骨寸法による違いは見られなかったことから,ここではCH-644x199x10x16を使用した条件で統一している。

コンクリート強度と鋼管幅厚比及び軸力比の違いに ついて比較した結果について考察する。ここでは、内蔵 十字鉄骨寸法に加えて、鉄骨降伏点についても。σ=330N/ mm²で統一している。柱材に作用する軸力比が大きくな るとコンクリートの耐力低下が著しくなるため、柱材の 変形性能が低下する。特に高強度コンクリートになるほ ど耐力低下域における耐力低下は十分に注意しなければ ならない。図21(a)より、軸力比*n*=03程度であればコンク リート強度。σ=60N/mm²使用時でも鋼管幅厚比133といった 非常に薄い鋼管でも安定した挙動が得られることがわか

特異点	評価式		備考
曲げひび割れ発生点	$\frac{M_{cr}}{M_{pcl}} = -0.015 + 0.029 f_c + 1.1n$	(3)	
	$\phi_{cr} = \frac{-0.025 + 0.0068f_c + (0.33 + 0.028f_c)n}{_c D} \cdot 10^{-2}$	(4)	
降伏点	$\phi_{y} = min(_{s}\phi_{y}, _{c}\phi_{y})$	(5)	
	$\frac{{}_{s}M_{y}}{M_{pcl}} = 0.38 + 0.17f_{s} + (1.1 - 0.18f_{s})n$	(6)	###フランジの引張降伏で 決定するとき
	$_{s}\phi_{y} = \frac{0.22f_{s} + (0.3 + 0.34f_{s})n}{_{c}D} \cdot 10^{-2}$	(7)	
	$\frac{{}_{c}M_{y}}{M_{pcl}} = 0.23 + 0.55bt + (0.21 - 0.15bt)f_{c} + \{1.9 - 1.5bt + (-0.52 + 0.37bt)f_{c}\}n$	(8)	
	${}_{c}\phi_{y} = \frac{0.72 + 0.053bt + \left\{0.8 - bt + (-0.33 + 0.16bt)f_{c}\right\}n}{{}_{c}D} \cdot 10^{-2}$	(9)	INE Y JC C
最大耐力点	$\frac{M_{max}}{M_{pcl}} = 1.15 - 0.13bt - (0.1 + 0.04f_c)n$	(10)	軸力比 n の範囲が 01 $\leq n \leq 02$ のとき
	$\phi_{max} = \frac{0.12 + 0.37bt + (1.3 - 0.46bt)f_s + \{6.1 - 2.9bt + (-5.1 + 1.3bt)f_s\}n}{cD} \cdot 10^{-2}$	(11)	$0.1 \equiv n < 0.2 \text{ or } C$
	$\frac{M_{max}}{M_{pcl}} = 1.06 - 0.11bt + (0.33 - 0.094f_c)n$	(12)	hat =
	$\phi_{max} = \frac{1.7 - 0.65bt + 0.08f_c + (-1.2 + 0.8bt - 0.3f_c)n}{cD} \cdot 10^{-2}$	(13)	$0.2 \ge n \ge 0.6 \text{ (J) } 2 \ge$
限界変形点	$\frac{M_{u90}}{M_{max}} = 0.9$	(14)	
	$\phi_{u90} = \frac{10 - 2.2f_c + (-24 + 5.5f_c)n}{_c D} \cdot 10^{-2} \qquad \text{in case } _c \sigma_B \ge 60 \text{N/mm}^2 \text{ and } b/t \ge 133$	(15)	軸力比 <i>nの範囲が</i> 0.1≦ <i>n</i> < 0.2のとき
	$\phi_{u90} = \frac{13.4 - 4.7bt + (-2.2 + 0.39bt)f_c + \{-12.3 + 3.4bt + (1.3 + 0.22bt)f_c\}n}{cD} \cdot 10^{-2}$	(16)	軸力比 n の範囲が 0.2 $\leq n \leq 0.6$ のとき
$f_c = \frac{{}_c \sigma_B}{30(\text{N/mm}^2)} , j$	$f_s = \frac{{}_s \sigma_y}{295(N/mm^2)} , bt = \frac{b/t}{100} , {}_{sc} N_u = {}_s \sigma_y \cdot {}_s A + {}_c \sigma_B \cdot {}_c A , n = \frac{N}{N} $ (1)	7),(18), (19), (20), (21)

表2 骨格曲線上の特異点の評価式一覧

ここで、 M_{pel} :鋼材の降伏点 $_{s}\sigma_{b}$ とコンクリート強度の $_{c}\sigma_{b}$ を用いて計算した一般化累加強度、 $_{c}D$:柱断面せい、b:柱断面幅、t:鋼管板厚、 $_{A}$:鉄骨断面積、 $_{c}A$:コンクリート断面積、 $_{c}\sigma_{b}$:コンクリート強度 (N/mm²)、 $_{s}\sigma_{y}$:鉄骨降伏点 (N/mm²)、n:軸力比、N、 $_{s}N_{u}$: それぞれ、作用軸力及びSC柱断面の圧縮耐力である。なお、曲率 ϕ から部材角Rへの変換は式(1)、(2)による。

る。しかしながら、軸力比n=05の高軸力下で高い変形性 能を要求するならば鋼管幅厚比を89程度まで厚くしてお く必要がある。本研究で使用を想定している鋼管幅厚比 は100前後であるが、図21(b)のようにコンクリート強度。 。 90N/mm²を使用するときは、高軸力下ならば鋼管幅厚比 を67以下とするか、軸力比n=0.3程度で留めておくことが よい。鋼管幅厚比133で軸力比n=0.5を作用させると柱材は 軸力を負担できず安定した解析結果が得られなかった (図21(b-1)参照)。また、高軸力比になるほど降伏点から 最大耐力点に至るまでの耐力上昇率が小さく、変形量も 小さい。これは降伏点が鉄骨で決定する場合でもコンク リートで決定する場合でも見られる現象であり、過度に 変形が進行した場合でも耐力低下を抑えられるようにコ ンクリート強度と鋼管幅厚比の組合わせに留意する必要 がある。

ここでは解析結果の一例のみを示しているが,解析 値と評価式の比較でばらつきが見られた限界変形点を含 めて,全体的に評価式は弾塑性解析結果を精度よく評価 している。

5. 結論

鋼・コンクリート合成柱材の弾塑性解析を行い,柱材 の挙動を定量的に検討した。その結果,復元力特性とし て骨格曲線上の四つの特異点について評価式を提案した ところ,以下のことが明らかとなった。

- 四つの特異点(曲げひび割れ発生点,降伏点,最大耐 力点,限界変形点)で柱材の弾塑性挙動をよく評価 できる。
- 2)各特異点に影響を及ぼすのは軸力比、コンクリート及び鉄骨の材料強度、鋼管幅厚比であり、最大耐力点以降においてはコンクリート強度と鋼管幅厚比の影響を大きく受ける。また、内蔵十字鉄骨比は本解析の範囲内では影響は見られなかった。

- 3)本柱材は高強度コンクリートを高軸力下において使用する場合,鋼管幅厚比を適切に考慮すれば安定した復元力特性を示す。
- 4) 骨格曲線の評価式は、弾塑性解析結果を精度よく評価しているため、本論で提案した評価式の精度は高いものと考えてよい。

謝辞:本研究は高岸幸成氏をはじめとする平成22年度福岡大学 堺研究室の大学院生及び卒研生にお世話になった。ここに記し て,感謝の意を表します。

参考文献

- 切 純一,河本裕行,松原 佳毅:横補強鋼管を用いた鋼 コンクリート合成柱材の弾塑性変形性状に関する実験的研究, 構造工学論文集, pp.383-388, 2007.3
- 2)河本 裕行,堺 純一,松原 佳毅:横補強鋼管を用いた鉄 骨コンクリート柱材の中心圧縮試験,コンクリート工学年次 論文集, Vol.29, No.3, pp.97-102, 2007
- 3) 倉富 洋,堺 純一,田中照久,河本裕行:薄肉鋼管で横補 強した鋼・コンクリート合成柱材の弾塑性性状に関する研究, 構造工学論文集, Vol.57, pp.527-534, 2011.3
- 4) 倉富 洋,堺 純一,田中照久,河本裕行:薄肉鋼管で横補 強した鋼・コンクリート合成柱材のコンクリートの構成則に関 する研究,コンクリート工学年次論文集, Vol.31, No. 2, pp.1201-1206, 2009.7
- 5) 堺 純一,松井千秋:鉄骨鉄筋コンクリート柱材の復元力特 性に関する研究-単一H形鋼を内蔵したSRC柱の骨格曲線の 定式化-,日本建築学会構造系論文集,Vol.534, pp.183-190, 20008
- 6) 崎野 健治,孫 玉平:直線型横補強材により拘束されたコンクリートの応力-ひずみ関係,日本建築学会構造系論文集, pp.95-104, 1994.7
- 7)鎌田圭次郎,大住和正,渡辺史夫,六車 熙:各種強度の鉄 筋混使用によるRC断面曲げ性能の制御,日本建築学会大会学 術講演梗概集(東北),構造II B, pp.505-506, 1991.9

RESTORING FORCE CHARACTERISTICS OF STEEL AND CONCRETE COMPOSITE COLUMNS COVERED BY THIN STEEL TUBE

Yo KURATOMI, Junichi SAKAI, Teruhisa TANAKA and Hiroyuki KAWAMOTO

The elastic-plastic behavior of steel and concrete (SC) composite column encased crusiform steel and covered by thin steel tube has been investigated. Encased crusiform steel raio, material strength of steel and concrete, width-to-thickness ratio of thin steel tube and axial force ratio are thought to effect the elastic plastic behavior of SC columns. In order to evaluate quantitatively of the seismic performance of the columns, skelton curves of restoring force characteristics were investigated. The model of skelton curves was suggested to be composed of four points : flexural crack point, yield point, maximum strength point, ultimate deformation point. Effect of the above mentioned factors on skelton model of SC column was investigated quantitatively and skelton curves formulae were proposed. They were able to pursue the elastic plastic analysis.