

# (1) 単純圧縮力を受けるSRC柱のコンクリート強度低減係数に関する研究

尹 航<sup>1</sup>・土井 希祐<sup>2</sup>

<sup>1</sup>新潟大学大学院 自然科学研究科 (〒950-2181 新潟市西区五十嵐2の町8050)  
E-mail: f06m501e@mail.cc.niigata-u.ac.jp

<sup>2</sup>新潟大学教授 工学部建設学科 (〒950-2181 新潟市西区五十嵐2の町8050)  
E-mail: mare@cc.niigata-u.ac.jp

SRC柱部材の構造性能を適切に評価する上で内蔵鉄骨による拘束効果を明らかにすることは重要である。鉄骨によるコンクリートの拘束効果は、H形鋼を内蔵した場合より十字形鉄骨を内蔵した場合の方が大きいことが、既往の研究で明らかになっている。一方、現行のSRC構造計算規準において、柱の終局曲げ耐力を算定する際に、コンクリート強度を、圧縮側鉄骨比に応じて低減させたものを使用することになっている。この低減係数は、十字形鉄骨が無い時代に決められたものであり、検討の余地が残っている。本研究では、内蔵鉄骨によるコンクリートの拘束効果を明らかにすること、および低減係数の妥当性を検討することを目的としている。

**Key Words :** steel encased reinforced concrete, compressive axial force, confined concrete, reduction factor, cross section of steel

## 1. 研究の背景と目的

SRC柱部材の構造性能を適切に評価する上で内蔵鉄骨による拘束効果を明らかにすることは重要である。鉄骨によるコンクリートの拘束効果は、H形鋼を内蔵した場合より十字形鉄骨を内蔵した場合の方が大きいことが、既往の研究で明らかになっている<sup>1)</sup>。一方、現行のSRC構造計算規準<sup>2)</sup> (以下SRC規準と表記)において、柱の終局曲げ耐力を算定する際に、コンクリート強度を、圧縮側鉄骨比 $s_p_c$ に応じて低減させたものを使用することになっている。低減係数 $r_u$ は、次式により求められる。

$${}_c r_u = 0.85 - 2.5 {}_s p_c \quad (1)$$

$${}_s p_c = \frac{s a_c}{bD} \quad (2)$$

ここに、 $s a_c$ : 圧縮側鉄骨断面積  $b$ : 断面幅  $D$ : 断面せい

この低減係数は、十字形鉄骨が無い時代に決められたものであり、検討の余地が残っている<sup>3)</sup>。

そこで本研究では、内蔵鉄骨によるコンクリートの拘束効果を明らかにすること、低減係数の妥当性を検討することを目的とする。

## 2. 実験概要および検討方法

本研究では、過去に新潟大学で行われたSRC試験体4体と堺らが行ったSRC試験体7体<sup>4)</sup>の計11体を研究対象として用いることにした。いずれも中心圧縮試験を行ったものである。各試験体のデータを表-1～表-3に示す。

表-1 試験体断面一覧

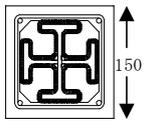
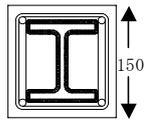
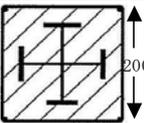
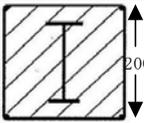
|                          | 試験体名  | 内蔵鉄骨寸法  | 横補強筋     |
|--------------------------|---|---|----------|
| 第1<br>シリーズ               | SRC-C-1   | 2-H100×50×5×7   | φ4@50    |
|                          | SRC-H-1   | H100×90×6×8   | φ4@50    |
| 第2<br>シリーズ               | SRC-C-2   | 2-H100×50×4.5×4.5   | φ4@50    |
|                          | SRC-H-2   | H100×90×4.5×4.5   | φ4@50    |
| 文献 <sup>4)</sup>         | C1-50   | 2-H140×50×4.5×6   | 2-D6@50  |
|                          | C1-100  |   | 2-D6@100 |
|                          | C2-50   | 2-H140×50×2.3×6   | 2-D6@50  |
|                          | C2-100  |   | 2-D6@100 |
|                          | C3-50   | 2-H140×50×4.5×2.3   | 2-D6@50  |
|                          | C3-100  |   | 2-D6@100 |
|                          | M1-50   | H140×50×4.5×6   | 2-D6@50  |
|                          |   | 十字形   | H形       |
| 第1・2<br>シリーズ<br>断面形状     |  |  |          |
| 文献 <sup>4)</sup><br>断面形状 |  |  |          |

表-2 鋼材の力学的特性

| 鋼種               |       | $\sigma_y$ | $\sigma_u$ | E   |      |
|------------------|-------|------------|------------|-----|------|
| 第1<br>シリーズ       | 十字形鉄骨 | ウェブ        | 336        | 432 | 2.13 |
|                  |       | フランジ       | 352        | 444 | 2.10 |
|                  | H形鉄骨  | ウェブ        | 274        | 440 | 2.10 |
|                  |       | フランジ       | 264        | 430 | 2.14 |
|                  | 主筋    | D10        | 365        | 515 | 1.94 |
|                  |       | D6         | 332        | 499 | 1.68 |
| 帯筋               |       | $\phi 4$   | 523        | 558 | 1.93 |
| 第2<br>シリーズ       | 鉄骨    | PL-4.5     | 274        | 427 | 2.04 |
|                  | 主筋    | D10        | 352        | 511 | 1.80 |
|                  |       | D6         | 320        | 476 | 1.74 |
|                  | 帯筋    | $\phi 4$   | 472        | 520 | 1.91 |
| 文献 <sup>4)</sup> | 鉄骨    | PL-2.3     | 322        | 435 | 2.08 |
|                  |       | PL-4.5     | 379        | 469 | 2.07 |
|                  |       | PL-6       | 407        | 473 | 2.06 |
|                  | 主筋    | $\phi 4$   | 382        | 570 | 2.05 |
|                  |       | D6         | 215        | 312 | 2.05 |

$\sigma_y$ : 降伏点[N/mm<sup>2</sup>]       $\sigma_u$ : 引張強度[N/mm<sup>2</sup>]  
E: ヤング係数 (×10<sup>5</sup>) [N/mm<sup>2</sup>]

表-3 コンクリートの力学的特性

|                  | $c\sigma_B$ |
|------------------|-------------|
| 第1シリーズ           | 22.6        |
| 第2シリーズ           | 26.8        |
| 文献 <sup>4)</sup> | 30.8        |

$c\sigma_B$ : コンクリートの圧縮強度[N/mm<sup>2</sup>]

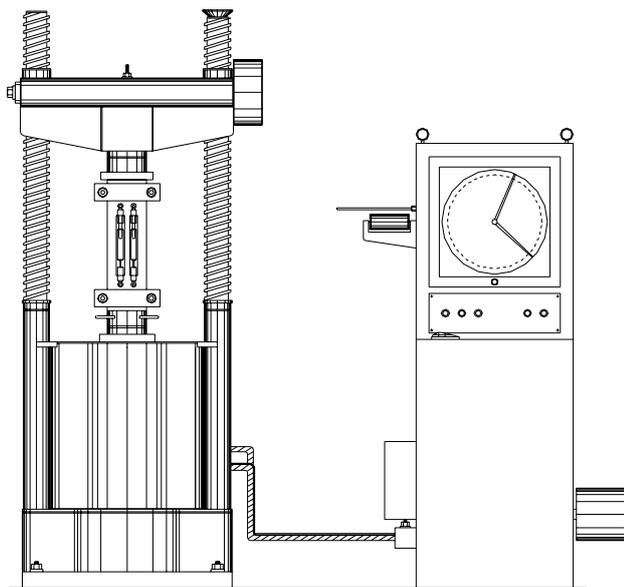


図-1 加力装置

新潟大学で行われたSRC試験体<sup>4)</sup>4体の加力は2000KNアムスラー試験機による単調圧縮載荷とした。図-1に加力装置を示す。加力方法は下端固定、上端球座支持による軸方向加力とした。試験体端部が破壊しないように鋼板で拘束し側圧を与えた。測定は、荷重にはロードセルを、試験体の軸方向の変位(歪)には変位計(検長300mm)を鉄骨・鉄筋・帯筋の歪には歪ゲージを各々用いた。

これらのデータを用いて以下のような検討を行った。

(i) 帯筋のみによるコンクリートの拘束効果の検討

NewRC式<sup>6)</sup>に、横拘束材として帯筋のみを考慮したものと実験値による比較。

(ii) 内蔵鉄骨によるコンクリートの拘束効果の検討

図-2に鉄骨の負担軸力を計算する際に使用したモデルを示す。図-2のモデルはウェブが横拘束材として働くものと考え、帯筋によるコンクリートの拘束領域とウェブによるコンクリートの拘束領域に分けて計算値を求めた。この際、横拘束に寄与したウェブの面積を鉄骨断面から差し引いて、鉄骨の負担軸力を計算した。

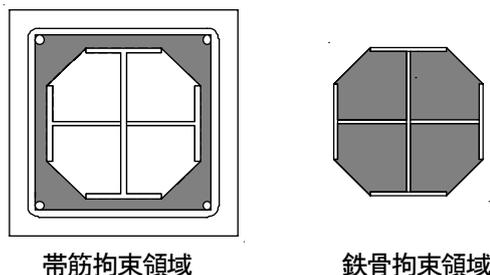


図-2 モデル

(iii) 低減係数の検討

実験および解析で得られた最大耐力から鉄骨軸力と主筋軸力を差し引いた値をコンクリートの負担圧縮力 $N_{c1}$ とし、コンクリート強度にコンクリート断面積を乗じた値を $N_{c2}$ とし、 $N_{c1}$ を $N_{c2}$ で除した値を低減係数 $\mu_u$ として、現行の式(1)と比較した。

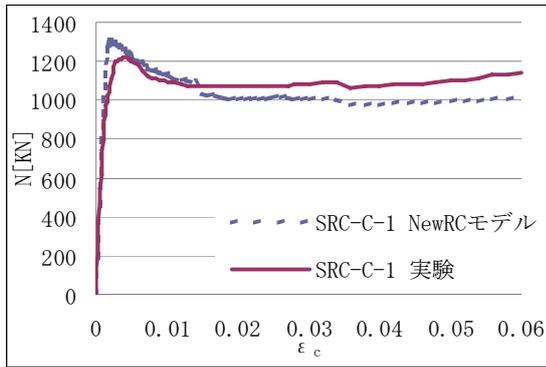
3. 検討結果および考察

(i) 帯筋のみによるコンクリートの拘束効果の検討

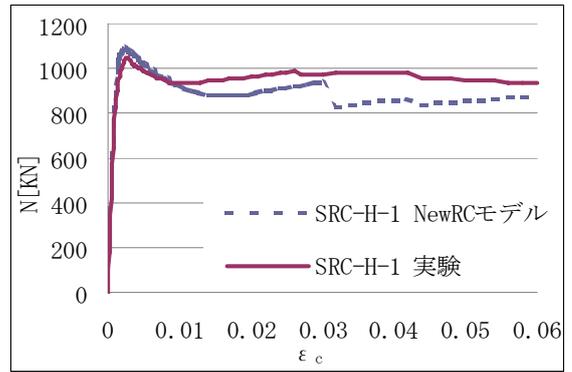
図-3に帯筋のみを横拘束材とした場合の軸力-軸歪関係を示す。図-3を見ると最大耐力までは、実験値と計算値がほぼ一致している。しかし、大変形域をみると実験値の方が計算値よりも大きくなっている事から、内蔵鉄骨による拘束効果が効いているものと考えられる。

(ii) 内蔵鉄骨によるコンクリートの拘束効果の検討

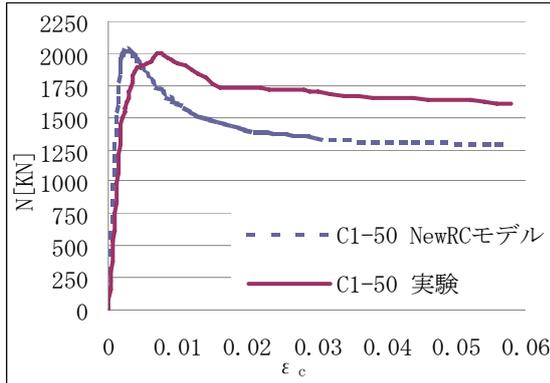
図-2のモデルで計算したデータを用いて、図-4にウェブ体積を横拘束材体積に加えた時の軸力-歪関係を示す。図-3の(a), (c), (d), (e)と図-4の(a), (b), (e), (f), (g)を比較すると、最大耐力は落ちてくるものの、大変形域では十字形鉄骨を内蔵した場合鉄骨による拘束が効いていることが見てとれる。一方、図-3の(b), (f)と図-4の(c), (d), (h)を比較すると、H形鋼を内蔵したものには十字形鉄骨の場合のような拘束効果が見られなかった。



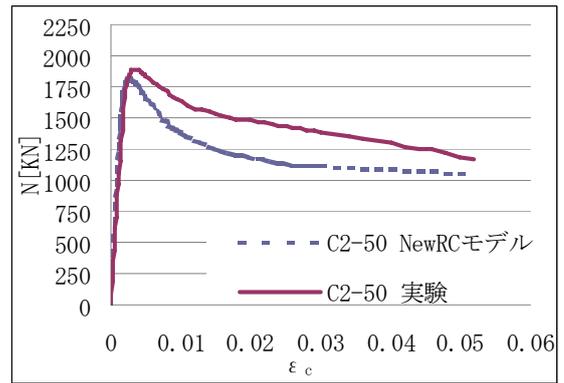
(a) SRC-C-1



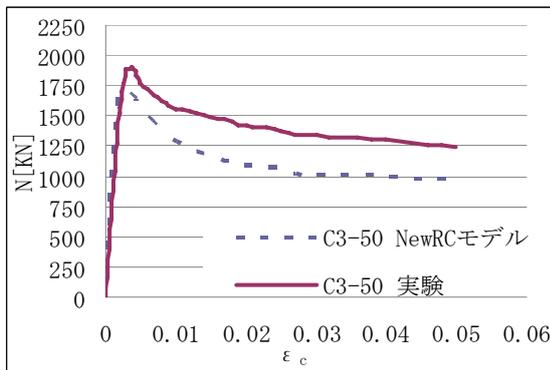
(b) SRC-H-1



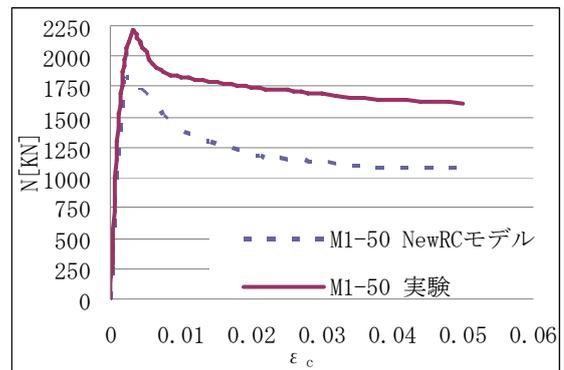
(c) C1-50



(d) C2-50

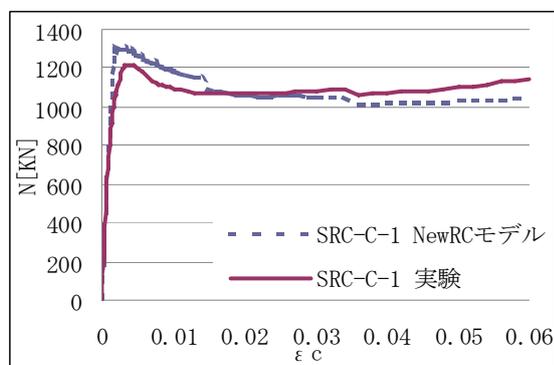


(e) C3-50

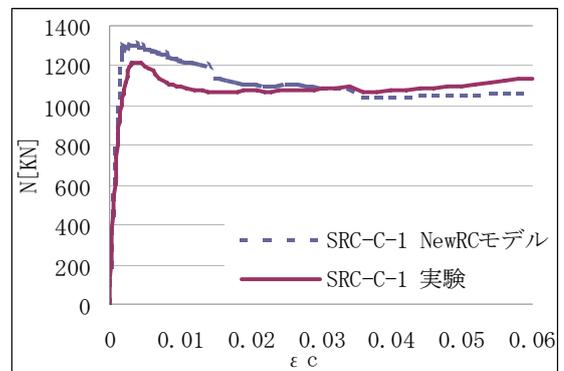


(f) M1-50

図-3 軸力 - 歪の関係 (帯筋のみ)

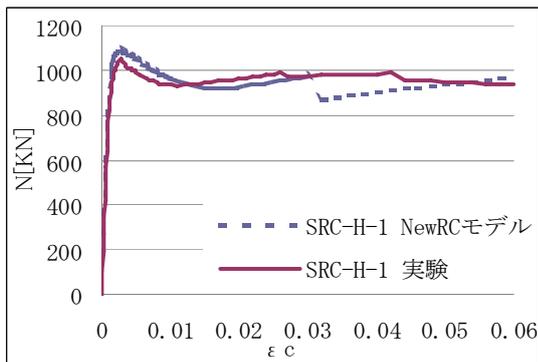


(a) SRC-C-1 (ウェブ20%)

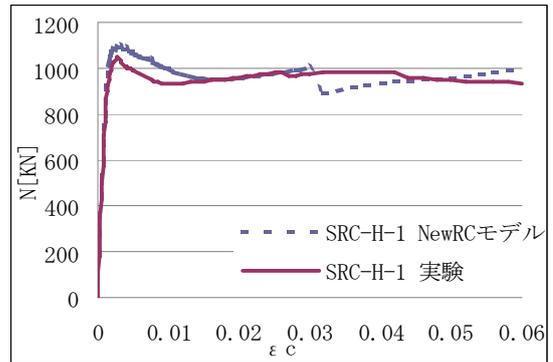


(b) SRC-C-1 (ウェブ40%)

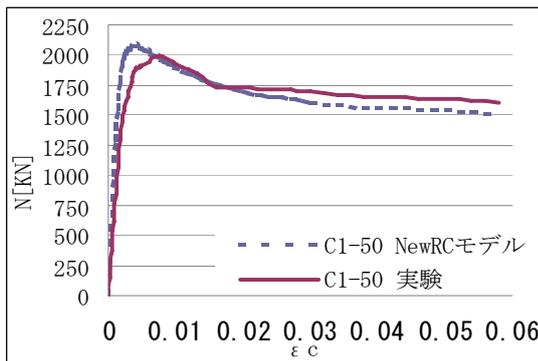
図-4 (その1) 軸力 - 歪の関係 (ウェブ考慮)



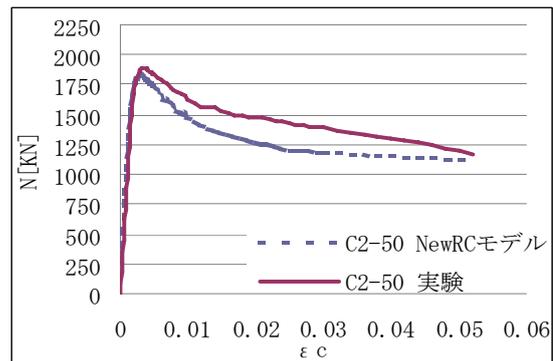
(c) SRC-H-1 (ウェブ20%)



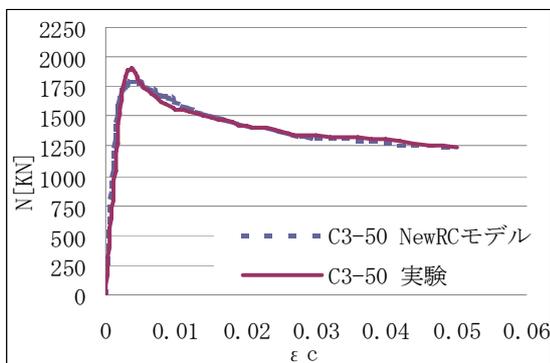
(d) SRC-H-1 (ウェブ40%)



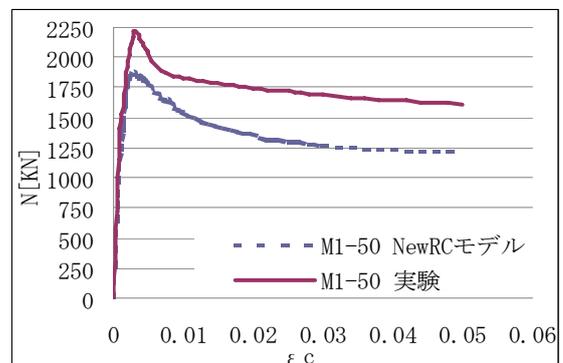
(e) C1-50 (ウェブ100%)



(f) C2-50 (ウェブ100%)



(g) C3-50 (ウェブ100%)



(h) M1-50 (ウェブ100%)

図-4 (その2) 軸力 - 歪の関係 (ウェブ考慮)

(iii) 低減係数の検討

図-5に各試験体毎の低減係数 $r_u$ と圧縮側鉄骨比 $s_p P_c$ の関係を示す。図-5は、全面圧縮した際の圧縮側鉄骨比 $s_p P_c$ を用いたものである。

縦軸の $r_u$ は下記式で計算した。

$$r_u = \frac{N_s - N_r}{A_c \sigma_B} \quad (3)$$

ここに、

- N : 実験または解析における最大圧縮耐力
- $N_s$  : 鉄骨の圧縮耐力,  $N_r$  : 主筋の圧縮耐力
- $A_c$  : コンクリート断面積
- $\sigma_B$  : コンクリート圧縮強度

図-5を見ると、圧縮側鉄骨比 $s_p P_c$ の増加に伴って、 $r_u$ が減少する傾向がみられる。現行のSRC規準の低減係数 $r_u$ は、実験値、解析値とも、ほぼ安全側の評価になっている。

#### 4. まとめ

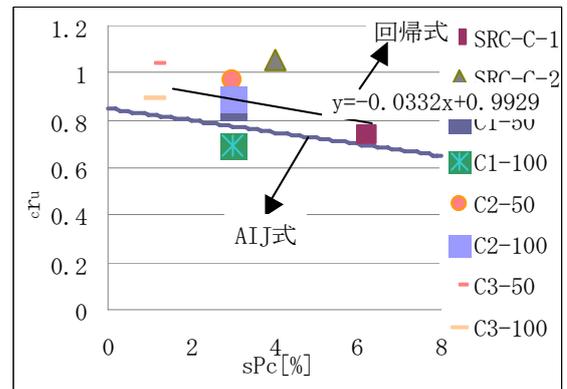
(i) 帯筋のみを横拘束材として考慮した場合は、最大耐力までは軸力-軸歪関係を評価できるが、大変形域では計算値が実験より低くなることから、鉄骨による拘束効果があるものと考えられる。

(ii) 十字形鉄骨を内蔵した場合、鉄骨による拘束効果が認められ、特に大変形域において顕著である。H形鋼を内蔵したものには、十字形鉄骨の場合のような拘束効果が認められなかった。

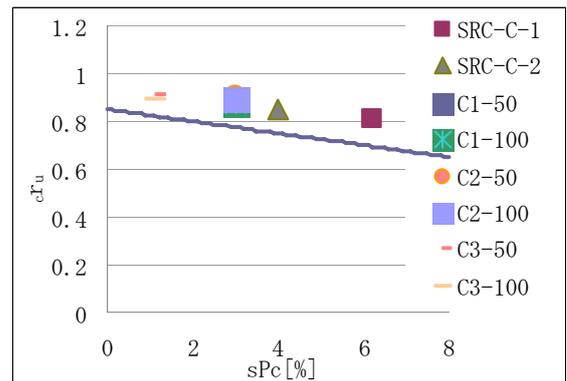
(iii) コンクリート強度低減係数  $\alpha_u$  は、十字形鉄骨を内蔵した場合においても、圧縮側鉄骨比  $s_{Pc}$  の増加によって減少する。現行の SRC 規準による  $\alpha_u$  は概ね妥当であるといえる。

#### 参考文献

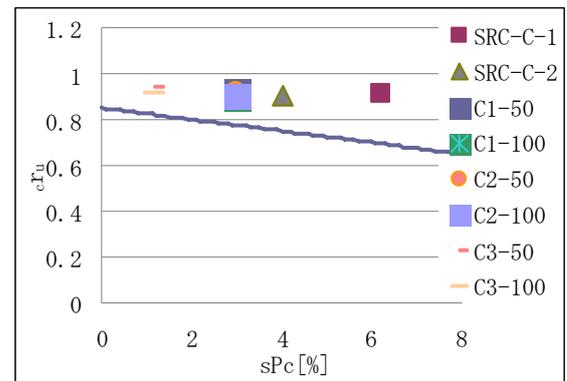
- 1) 中村信行, 形山忠輝, 穂田智佳, 堺純一, 南広一: 高強度低降伏比の鋼材を用いた SRC 柱の弾塑挙動に関する実験的研究, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp1047-1052, 2003.9
- 2) 日本建築学会: 鉄骨鉄筋コンクリート構造計算基準・同解説, 2001年
- 3) 坪井善勝, 若林実: 鉄骨鉄筋コンクリートに関する実験の研究(その1), 偏心荷重を受ける柱の実験, 日本建築学会論文集, 第48号, pp40-49, 1954.3
- 4) 堺純一, 田中照久「十字形鉄骨を内蔵した鉄骨鉄筋コンクリート部材のコンクリートの構成則に関する実験的研究」日本建築学会大会学術講演梗概集(中国) 2008年9月
- 5) 尹航, 土井希祐: 軸方向力を受ける SRC 部材の強度と変形性能, 鋼構造年次論文報告集, 第14巻, pp. 833-838, 2006.11
- 6) 国土開発技術センター: 平成4年度 NewRC 研究開発概要報告書, C-7) コンファインドコンクリートの力学特性に関する資料のとりまとめ, 1992



(a) 実験値



(b) 解析値(帯筋のみ)



(c) 解析値(ウェブ考慮)

図-5 低減係数

## STUDY ON REDUCTION FACTOR OF CONCRETE STRENGTH IN SRC COLUMN UNDER COMPRESSIVE AXIAL FORCE

Hang YIN and Mareyasu DOI

It is important to clarify the confinement effect for concrete of the encased steel, for the appropriate estimation of the structural performance of steel encased reinforced concrete (abbreviated as SRC here after) members. Based on the past research, it is clear that the confinement effect for concrete of encased cruciform section steel is larger than that of encased H-section steel. On the other hand, the reduced strength for concrete on the compression steel ratio is used in the current A.I.J. standards for structural calculation of SRC structures. This reduction factor was determined at the age when cruciform section steel was not used, and is open to further discussion. This paper clarifies the confinement effect for concrete, and discusses the validity of the reduction factor.