(42) 単純圧縮力を受けるSRC柱における 鉄骨のコンクリート拘束効果

土井 希祐1・尹 航2

¹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 ²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: f04d502e@mail.cc.niigata-u.ac.jp.

現行の日本建築学会SRC構造計算規準における柱部材の強度算定式では、鉄骨の存在による充填度の低下、圧縮歪限界等を考慮した低減係数を乗じたコンクリート圧縮強度が採用されている。十字形鉄骨等の充腹形鉄骨を内蔵したSRC柱部材では、内蔵鉄骨によるコンクリート拘束効果により、最大強度以降においてもコアコンクリートの強度が維持されることから高い靱性を保持していることが明らかになっており、内蔵鉄骨の影響をコンクリート強度低減係数の評価に取り入れることが必要と考えられる。。本研究では、十字形鉄骨およびH形鋼を用いたSRC柱試験体の軸方向圧縮実験を行い、その強度と変形性能に及ぼす鉄骨によるコンクリート拘束効果の影響を、鉄骨断面形状に基づいて検討した。

Key Words : steel encased reinforced concrete, confined concrete, cross section of steel, compressive strength, deformation capacity

1. 研究目的

現行の日本建築学会鉄骨鉄筋コンクリート(以下SRC) 構造計算規準¹において、SRC 柱部材の強度算定式は、 鉄骨(以下S)部と鉄筋コンクリート(以下RC)部の強度を加 算した累加強度式が用いられている。累加強度式におい て、鉄骨には、緩和された幅厚比制限の下で、座屈を無 視した材料強度が採用されている。また、コンクリート には、鉄骨の存在による充填度の低下、圧縮歪限界等を 考慮した低減係数を乗じた圧縮強度が採用されている。 このうち、コンクリート圧縮強度の低減は、若林らによ る山形鋼を鉄骨主材としたSRC 柱に関する研究²に基づ いているが、十字形鉄骨等の充腹形鉄骨を内蔵したSRC 柱部材について十分な検証が行われたとは言い難い。ま た、中村らの研究³において、十字形鉄骨を内蔵する SRC部材は、内蔵鉄骨によるコンクリートの拘束効果に より、H形鋼を内蔵する場合より変形性能が大きいと考 えられ、内蔵鉄骨の影響を性能評価に取り入れることが 望まれている。しかし、最大強度以後の挙動に及ぼす鉄 骨によるコンクリートの拘束効果については十分明らか にされているとは言い難い。本研究は、SRC 試験体の軸 方向圧縮実験を行い、累加強度式に着目し、その強度と 変形性能に及ぼす鉄骨によるコンクリート拘束効果の影 響を、鉄骨断面形状の違いについて検討することを目的 とする。

試験体名	SRC-C-1	SRC-H-1	RC-C-1	RC-H-1	S-C-1	S-H-1		
断面形状	SRC造 2-H100×50×5×7	SRC造 H100×90×6×8	RC造	RC造	S造 2-H100×50×5×7	 S造 H100×90×6×8		
	4−D6 hoop− <i>ф</i> 4.5@50	4−D10 hoop−¢4.5@50	4−D6 hoop− ¢ 4.5@50	4−D10 hoop−φ4.5@50				
鋼材断面積	2458mm ²	2315mm ²	113mm ²	285mm ²	2345mm ²	2030mm ²		
設計圧縮強度	1104kN	1105kN	579kN	648kN	525kN	457kN		

表—1 試驗休断面—暫

2. 実験計画



図-1 配筋図 (SRC-C-1)

表-2 コンクリート試験結果

ヤング係数 材齢

 $\begin{array}{c|c} (MPa) & (\times 10^4 MPa) & (\Xi) \\ \hline 22.6 & 2.01 & 32 \\ \end{array}$

圧縮強度

表一3 鋼材試験結果

		降伏点	引張強さ	ヤング係数
		(MPa)	(MPa)	(×10 ⁵ MPa)
	Φ4	523	558	1.93
D6		332	499	1.68
	D10	365	515	1.94
十字形	ウェブ	352	444	2.10
鉄骨	フランジ	336	432	2.13
H形	ウェブ	274	440	2.10
鎁	フランジ	264	430	2.14

表-1に試験体断面一覧を示す。十字形鉄骨、および H形鋼を内蔵したSRC 試験体(150×150×500)を各々1体 計画し、同程度の鋼材断面積と圧縮強度を持つように設 計した。また、同時に累加強度式の検討のための試験体 として、各々のSRC 試験体に対応するRC 試験体、およ びS試験体を各1体ずつ製作した。使用材料の力学的性 質を表-2、3に示す。試験体SRC-C-1の配筋図を図-1 に示す。試験体SRC-H-1は主筋径が異なる他はSRC-C-1 と配筋が同じである。また、試験体SRC-C-1とRC-C-1、 および試験体SRC-H-1とRC-H-1の配筋は各々同一とした。 帯筋は溶接閉鎖型(重ね長さ36mm)とした。コンクリ ート打設は、型枠を水平に置き、横打ちとした。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-2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。

3. 実験結果

実験により得られた各試験体の最大耐力等の実験値を 終局耐力計算値¹⁾と共に表-4に示す。表-5に、コンク リート強度を低減しない場合の単純累加最大耐力(Ncl)、



図-2 加力装置

SRC計算規準¹によるコンクリート低減係数cuを考慮した累加最大耐力(Nc2)、鉄骨によるコンクリートの断面 欠損を考慮した累加最大耐力(Nc3)および最大耐力の実 験値(Ne)を示す。耐力式を式(1)~(3)に各々示す。

$$N_{c1} = {}_{s}A \cdot {}_{s}\sigma_{y} + {}_{m}A \cdot {}_{m}\sigma_{y} + b \cdot D \cdot {}_{c}\sigma_{B}$$
(1)

$$N_{c2} = {}_{s}A \cdot {}_{s}\sigma_{v} + {}_{m}A \cdot {}_{m}\sigma_{v} + b \cdot D \cdot {}_{c}r_{u} \cdot {}_{c}\sigma_{B} \quad (2)$$

$$N_{c3} = {}_{s}A \cdot {}_{s}\sigma_{y} + {}_{m}A \cdot {}_{m}\sigma_{y} + (b \cdot D - {}_{s}A) \cdot {}_{c}\sigma_{B}$$
(3)
$${}_{c}r_{u} = 0.85 - 2.5{}_{s}p_{c}$$
(4)

ここに, sA: 鉄骨断面積, mA: 主筋断面積, b: コンク リート断面幅, D: コンクリート断面成, sσy: 鉄骨降 伏点, mσy: 主筋降伏点, cσB: コンクリート圧縮強 度, spc: 圧縮側鉄骨断面積比

Ncl はNeよりも高いが、Nc2およびNc3 はNeに近く、 特に、Nc2は実験値とほぼ一致している。このことから、 単純圧縮力を受ける場合、SRC計算規準¹⁾による累加強 度式は妥当であるといえる。また、鉄骨によるコンクリ ートの断面欠損の影響を考慮すれば、コンクリート強度 低減を無視しても概ね圧縮強度を評価することができる。

42 - 2

試験体			SRC-C	SRC-H	RC-C	RC-H	S-C	S-H	
終局耐力計算值 K			KN	1214	1019	579	648	525	457
最大荷重			KN	1218	1050	527	601	822	690
ひび割れ荷重 <u>荷重</u> 変形		KN	804	851	276	326	_	_	
		変形	μ	1010	1157	633	712	_	_
かぶり剥落 荷重 変形		荷重	KN	1218	995	527	597	_	-
		変形	μ	3792	4757	4008	3475		
	鉄骨	荷重	KN	1041	851	_	-	547	457
		変形	μ	1813	1157			1629	1270
初期時代元工	鉄筋	荷重	KN	999	992	437	510	_	-
		変形	μ	1610	1822	1501	2200		
	鉄骨	荷重	KN	1174	935	_	_	594	495
座屈		変形	μ	69715	66063			1813	2440
	鉄筋	荷重	KN	1086	976	318	284	_	-
		変形	μ	31235	30153	18512	22578		_
带筋降伏発生 <u>荷重</u> 変形		荷重	KN	1131	979	418	513		-
		変形	μ	7148	24147	9632	6395		
带筋破断 荷重 変飛		荷重	KN	1090	984	245	235	-	_
		変形	μ	34108	43217	23362	29115		

表-4 実験結果一覧

試験体SRC-C-1と試験体SRC-H-1の最終状態を写真-1に示す。この写真から試験体は2体とも主筋座屈、帯 筋破断の後、最終的に鉄骨が座屈して破壊しているこ とが分かる。

図-3(a)~(b)に試験体SRC-C-1、および試験体SRC-H-1の実験結果を各々示す。図の縦軸は軸方向圧縮力N(kN)、 横軸は変位計により測定した軸方向平均圧縮歪 $\epsilon(\mu)$ を 各々示す。図中には、鉄骨試験体の強度(S)と鉄骨によ る断面欠損を考慮したRC 試験体の強度(RC)を累加した 結果(S+RC')を併せて示した。RC'の計算式を式(5)に 示す。

$$N_{RC'} = N_{RC} \cdot (1 - {}_s A / A) \tag{5}$$

ここに、A:RC 試験体の断面積、SA:鉄骨の断面積、N RC:RC 試験体の軸力の実験値、NRC':コンクリート強 度低減後RC 試験体の軸力図-3(a)~(b)より、 ϵ <10,000 μ において、SRC 試験体の強度は、S とRC'の累加強度 であるS+RC'とほぼ一致している。しかし、さらに、 ϵ が増加すると、SRC 試験体の強度が累加強度S+RC' を上回るようになる。このことから、鉄骨によるコンク リートの拘束効果は、大変形域において顕著になるとい える。

図-4(a)~(b)に、SRC 試験体とS 試験体の軸方向力-軸歪関係を示す。主筋座屈、および帯筋破断によりRC 試験体の強度が大きく低下する大変形域においてもSRC 試験体はS 試験体の強度を大きく上回っていることから、 鉄骨フランジによるコンクリートの拘束効果により、コ アコンクリートの靱性が保持されているといえる。

表-5 計算値と実験値の比

		実験値		
	Nc1(kN)	Nc2(kN)	Nc3(kN)	Ne(kN)
С	1311	1214	1254	1218
Н	1136	1019	1080	1050



写真-1 最終状態

図-5は試験体SRC-C-1と試験体SRC-H-1の軸方向力 ー軸歪関係を、軸方向力を各々の試験体の最大強度で基 準化して比較したものである。最大強度後の挙動を見る と、両試験体とも一旦強度が低下するものの再び緩やか に強度が上昇する。しかし、試験体SRC-C-1は ϵ = 100,000 μ 近くまで強度上昇が続くのに対して、試験体 SRC-H-1 は ϵ =40,000 μ 辺りで強度低下が始まっている。 このことから、H形鋼を内蔵する試験体よりも十字形鉄 骨を内蔵する試験体の方が軸力保持性能は大きいといえ る。これは、最大耐力以後の大変形域においては、H形 鋼の場合と比較して、十字形鉄骨の方が鉄骨フランジに



よるコンクリートの拘束果が大きいためと考えられる。

4. 結論

SRC 試験体の軸方向加力実験を行い、以下の知見を得た。

(1)最大耐力は鉄骨部分とRC部分の累加強度とほぼ一致した。

(2)最大耐力を越えた大変形域において、鉄骨によるコンクリートの拘束効果が明瞭になった。

(3)H形鋼を内蔵する試験体よりも十字形鉄骨を内蔵す る試験体の方が、拘束効果が高く、軸力保持性能が大き かった。

今後さらに、偏心圧縮を受ける場合も含めて、鉄骨の 幅厚比、耐力分担率、コンクリートを含めた材料強度の 影響等について検討する必要がある。

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・ 同解説,2001年

2) 坪井善勝,若林実:鉄骨鉄筋コンクリートに関する実験的研究(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,1954.3

pp40-49

3) 中村信行、形山忠輝、穐田智佳、堺純一、南宏一:高 強度低降伏比の鋼材を用いたSRC柱の弾塑性挙動に関す る実験的研究,日本建築学会大会学術講演梗概集2003.9 pp1047-1052

CONCRETE CONFINED BY ENCASED STEEL REINFORCED COLUMN UNDER COMPRESSIVE AXIAL FORCE

Mareyasu DOI and Yin HANG

We aimed at getting the fundamental data about the strength anddeformation capacity of steel encased reinforced concrete (SRC) under compressive force.By making the SRC, RC and the steel stub-columns, compressive tests were performed inan equivalent condition. During this research, we focused on the strength anddeformation capacity, and discussed the influence of the confined effect of concrete bysteel section of SRC column. We also discussed the validity of superposed strength in AIJstandards for structural calculation.

42 - 4