

V-261

断面端部を重拘束したRC柱の曲げ性状に関する実験的研究

五洋建設 技術研究所 正会員 三浦 康成
 五洋建設 技術研究所 坪崎 裕幸
 五洋建設 技術研究所 藤本 純一
 五洋建設 技術研究所 正会員 今泉 正次

1. はじめに RC柱のじん性向上には、降伏ヒンジ領域の圧縮側コンクリートを中間帯鉄筋等で拘束することが効果的である。しかし、中間帯鉄筋が密になり過ぎると施工的に特別の配慮が必要となる。本報告では、中間帯鉄筋に代えて、柱断面端部(塑性ヒンジ域のみ)にスパイラル筋で重拘束した小径部材(NCS[®])を配置する構造を提案し、その基本的耐震性能を把握するために行った実験結果を報告する。

2. 試験体

2.1 試験体概要 試験体一覧を表-1に、試験体形状および配筋例を図-1に、コンクリートの圧縮試験結果を表-2に、鋼材の材料試験結果を表-3に示す。なお、NCSユニットは、図-1に示すものである。試験体はすべて1/3.25スケールモデルで、断面寸法は292×292mm, $M/(Qd)=2.5$ の曲げ破壊型で設計されている。試験体数はNCSを埋設した試験体(以下NCS柱)3体, NCSを埋設しない試験体(以下一般柱)2体の計5体で、実験パラメータはNCS埋設の有無および軸力比である。なお、軸力比は軸方向鉄筋を考慮して算出したものである。試験体コンクリートの設計基準強度は42MPaとし、最大寸法10mmの骨材を使用した。NCSの外径は53mmで、NCSの長さは降伏ヒンジ領域1D(D:柱せい)に定着領域1Dを加えた計2D(584mm)とし、試験区間内の上下四隅に設置した。また、柱部材端部のNCS端部には支圧プレートを溶接により取付けた。

2.2 NCS 図-2にNCSの応力-軸ひずみ関係として、両端固定の単調圧縮試験および繰返し圧縮試験を行った結果を示す。スパイラル筋比, 材料強度は、NCS柱に用いたものと同一である。NCSによる重拘束の効果により、耐力が262MPaまで上昇し、最大耐力後の荷重低下も軸ひずみ10%程度までほとんど見られなかった。また、軸方向剛性は充填コンクリートとはほぼ同一となった。なお、載荷方法による差は、ほとんど無かった(図-2)。

表-1 試験体一覧

試験体名	軸力(kN)	軸力比	NCS外径(mm)	共通事項
SC35	1628	0.35	φ53	b×D=292×292mm 軸方向鉄筋 24-D13 (Pg=3.57%) 帯筋 4-D6@39 (Pw=1.12%)
SC50	2128	0.50	φ53	
SC65	3079	0.65	φ53	
C50	2128	0.50	—	
C65	3079	0.65	—	

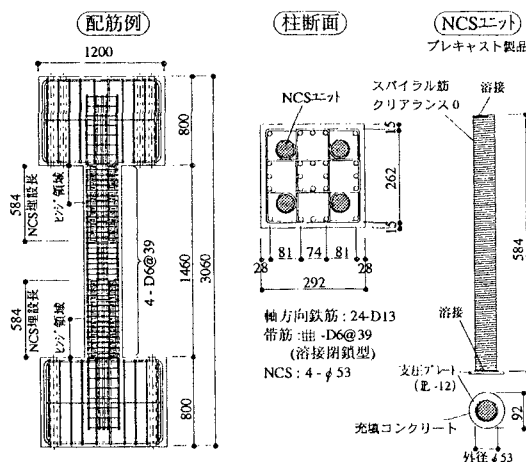
軸力比は軸方向鉄筋を考慮した終局圧縮強度($cNuc$)に対する比

図-1 試験体形状および配筋例

表-2 コンクリートの圧縮試験結果

試験体	圧縮強度(MPa)	ヤング係数(GPa)
SC35	49.0	28.8
SC50, C50	43.6	31.2
SC65, C65	50.5	30.4
NCS内	41.8	37.1

表-3 鋼材の材料試験結果

呼称	鋼材種	降伏強度(MPa)	引張強度(MPa)
D13(軸方向鉄筋)	SD390	397.7	596.7
D6(帯筋)	SD295A	364.9	521.0
φ5(NCSスパイラル)	SWM-B	465.4	465.4

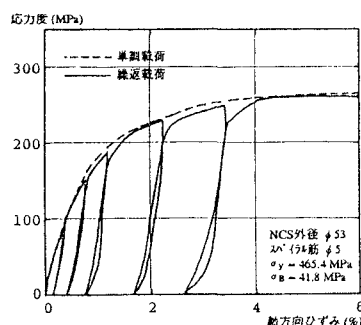


図-2 NCSの荷重-変形関係

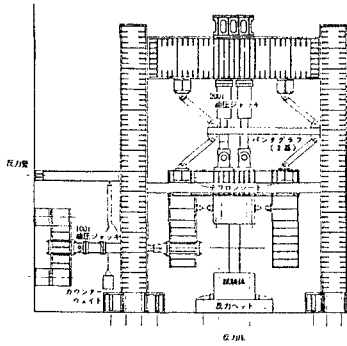


図-3 加力装置

1/20rad.を1回計画した。変位は上下スタブ間の水平相対変位、軸方向相対変位等を測定した。

4. 実験結果 表-4に実験結果一覧を示す。表中の曲げ耐力計算値は、Fiberモデルによる断面解析により算出した。破壊形式は全試験体とも曲げ圧縮破壊型であり、各試験体ともまず圧縮側軸方向鉄筋が降伏し、次に曲げひび割れと圧縮縁コンクリートの圧壊ひび割れがほぼ同時に発生した。試験区間端部のコンクリートの圧壊が進展した後、最大耐力に達した。なおNCS柱は、その後NCSスパイラル筋が引張降伏し、柱断面中央部にコンクリートの圧縮破壊が進展した。各試験体のひび割れの進展状況を比較すると、軸力比が高い試験体ほど曲げひび割れが少なく、圧縮破壊が著しかった。また、NCS柱と一般柱の曲げひび割れの発生状況に顕著な差は認められず、圧縮破壊は試験区間端部からほぼ1D区間に集中していた。なおNCS柱の圧縮破壊は、一般柱と比較して少なかった。

5. 荷重-変位関係 図-4に一般柱(C50)の荷重-変位関係を、図-5にNCS柱(SC50)の荷重-変位関係を、図-6に全試験体の荷重-変位関係の包絡線を、それぞれ軸力によるP- δ 効果を補正して示す。図-4の一般柱は部材角1/33rad.付近から急激に耐力を失い、1/20rad.で軸力を保持できなくなった。一方、図-5に示されるNCS柱は、1/33rad.で最大耐力に達した後、変形増大に伴う緩やかな耐力低下を示し、最終サイクルでも軸力を保持した。

他の試験体についても、図-6に示す荷重-変位関係の比較より、NCS柱の方が最大耐力、変形能力ともに大きく、特に軸力比が高くなるほどエネルギー吸収能力の差が顕著となった。また、NCS柱は一般柱に比べ繰返し载荷による耐力劣化が少なかった。

表-5に各試験体のじん性率 μ を示す（鉄筋が圧縮降伏するため一般的なじん性率とは意味が異なる）。算出に当たって、降伏時は各試験体の耐力が横這いになる部材角1/100rad.点とし、終局時は最大耐力後に降伏点荷重まで荷重低下した点とした。NCS柱のじん性率は軸力比0.5の試験体でも $\mu=8$ 以上となった。

5. まとめ 本実験より以下の知見を得た。曲げ圧縮破壊型の柱にNCSを設置することにより、最大耐力、変形能力ともに増大し、エネルギー吸収能力が改善され、じん性率が確保できた。特にエネルギー吸収能力は、軸力比の高い試験体ほど、NCS柱と一般柱の差が顕著となる傾向を示した。

表-4 実験結果一覧

試験体名	初期剛性			最大耐力			鉄筋降伏サイクル (圧縮降伏)
	実験値 (kN/cm)	計算値 (kN/cm)	実/計	実験値 (kN)	曲げ耐力 計算値(kN)	実/計	
SC35	507.0	539.4	0.94	366.8	305.0	1.20	1/300
SC50	524.7	575.7	0.91	361.9	311.9	1.16	1/500
SC65	557.0	562.9	0.99	381.5	329.5	1.16	1/500
C50	499.2	575.7	0.87	307.9	260.9	1.18	1/500
C65	520.7	562.9	0.93	308.9	256.9	1.20	1/500

曲げ耐力計算値：断面解析（Fiberモデル）において、コンクリートの応力-ひずみ曲線は、道路橋示方書Ⅴ耐震設計編（1996.12）により、NCSセグメントは実験結果^{*)}により算出した。

3. 実験方法 加力は図-3に示す逆対称加力装置を用いて行い、試験体に一定軸力を与えながら、正負交番繰返し水平荷重を加えた。加力サイクルは、部材角 $R=1/500\text{rad.}$ を1回、1/300、1/200、1/133、1/100、1/67、1/50rad.を2回、1/100rad.を1回、1/33、1/25rad.を2回、

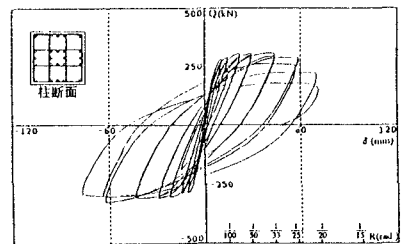


図-4 荷重-変位関係 (C50)

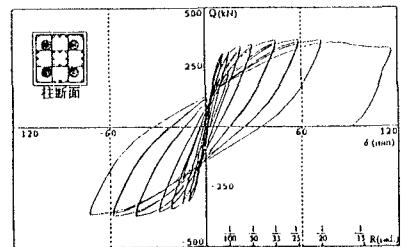


図-5 荷重-変位関係 (SC50)

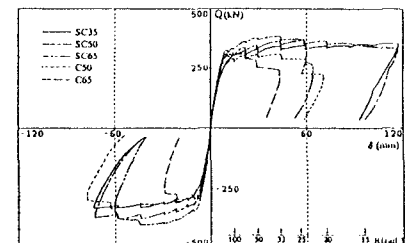


図-6 荷重-変位関係包絡線

表-5 じん性率の算定結果

試験体名	SC35	SC50	C50	SC65	C65
δy : 降伏時変位 (cm)		1.46 (部材角 $R=1/100\text{rad.}$)			
δu : 終局時変位 (cm)	11.68 ↑	11.68 ↑	5.84	5.84	1.95
μ : じん性率 ($\delta u / \delta y$)	8.0 ↑	8.0 ↑	4.0	4.0	1.33

*1 参考文献：坪崎他、五洋建設超高層RC構法(PHRCシステム)の開発、(その4)NCS単体実験、五洋建設(株)技術研究所年報、VOL.21,1991,p.23