

論文

[2112] 偏心圧縮力を受ける実大 RC 柱の歪性状に関する研究

張 冠華^{*3}・嶋津孝之^{*1}・荒木秀夫^{*2}・福島順一^{*4}

1、はじめに

鉄筋コンクリート造建物の高層化につれて、それに伴う各種実験的研究が行なわれているが、試験機の制約や作業性の問題から縮小試験体を用いた実験となるのが現状である。材料特性や施工性に関するものは特に実大試験体で行なうのが望ましく、本研究はこのような観点に立ち、実大の断面を持つ遠心成形及び通常打設方法による鉄筋コンクリート柱の偏心圧縮実験を行ってきた [1, 2]。遠心成形柱は、プレキャストであるだけでなく、柱中心から半径方向に向かってコンクリート強度が上昇する利点を持ち、高強度でしかも高品質なものとして期待されているものである。本論文では特に鉄筋やコンクリートの各所歪分布、歪と試験体軸歪との関係、破壊性状との関係等を調べ、両打設方法による柱の有意性を調べる。

2、実験概要

2-1 試験体および加力方法

(1) 試験体 試験体は750mm×750mm×1500mm のもので図1に示す。遠心成形試験体は中央部に直径約180mmの貫通孔を有している。遠心成形試験体 (RPCC-8) 2体、通常打設の均一強度試験体 (横打ち、RUNI-8) 2体の計4体である。それぞれ2体ずつあるのは抵抗挙動のばらつきを見るためのものである。

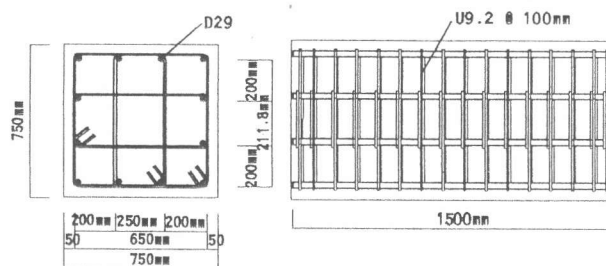


図1 試験体形状及び配筋

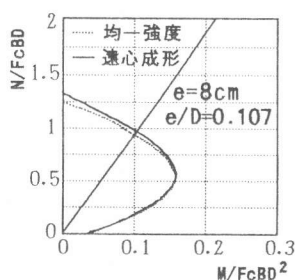


図2 M-N相関図

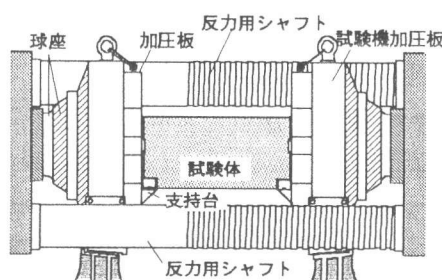


図3 加力図

(2) 加力 偏心圧縮加力は広島大学所有の3000tonf能力の試験機を用いて行なった。偏心距離8cmのM-N曲線上での位置は図2に示す通りである。その概要は文献[1, 2]に詳述してあるので、ここでは加力図を図3に載せるにとどめる。

2-2 試験体材料

(1) コンクリート 使用したテストシリンダーは10φ×200mmであるが計測は検長区間60mmのコンクリート用ストレイン

表1 コンクリート力学的特性

試験体	同一養生シリンダー強度		
	$F_c(\text{kgf/cm}^2)$	$\epsilon_c(\times 10^{-3})$	$E_c(\times 10^5 \text{ kgf/cm}^2)$
RUNI-8-1	548.95	2406.3	3.64
RUNI-8-2	510.4	2328.6	3.57
RPCC-8-1	548.0	2375.67	3.44
RPCC-8-2	547.6	2328.8	3.45

* E_c at $F_c/3$

- *1 広島大学教授 工学部第4類、工博(正会員)
- *2 広島大学助教授 工学部第4類、工博(正会員)
- *3 広島大学大学院 工学研究科構造工学専攻、工修(正会員)
- *4 大成建設(株) 設計本部構造設計第1部室長、工修

—678—

端のかぶりコンクリートが剥離状態となる。最大耐力後も帯筋によって拘束されたコアコンクリート部分が荷重を負担するため耐力を維持していた。遠心成形と均一強度試験体とで破壊性状に大きな相違はなかった。図8に遠心成形および均一強度試験体の最終破壊状況を例示する。

(2)荷重－変形関係 図9に4試験体の荷重と軸歪の関係、曲げモーメントと曲率の関係をまず最初に示しておく。同図の横軸は試験体側面の上下に取り付けた3本の変位計（各検長区間 260mm）平均から求めた試験体中央部（検長区間 780mm）の平均軸歪である。耐力及び歪ともに遠心成形のものが若干高いものの4試験体ともほぼ同じ形状である。モーメントと曲率の関係もほぼ同じ傾向である。実験最初に行なった均一強度試験体RUNI-8-1が初期勾配あたりが他のものと若干異なるのは加力試験機の作動不良により1500tonfの繰返しを数回行なった影響と考えられる。

3-2 歪性状

(1)主筋歪 図10に試験体中央部の主筋の軸方向歪と荷重の関係を示す。主筋の降伏歪は、2200 μ 程度であり上部の2本の主筋は最大耐力時あるいはその直前に圧縮降伏する。下部の主筋は2本とも降伏前となっている。最下部の鉄筋では、最大耐力以後引張歪も観察された。均一強度と遠心成形試験体とで大きな差は見られない。図10中に均一強度、遠心成形試験体各一体の計算値を例示する。ほぼ実験値と同様な傾向を示している。計算方法は断面分割法（75×75分割）で、コンクリートの応力度－歪度曲線にはカバーコンクリートにはPopovics式、コアコンクリートには修正 Kent and Park式を用いている。仮定した応力度－歪度曲線を図11に示す（ $\epsilon_0=2200\sim2400\mu$ ）。鉄筋はバイリニア型としている。

図12に均一強度試験体の各荷重段階の歪分布を例示する。図は約100tonf間隔で示してある。荷重が2200～2400tonfで最外縁主筋の歪が2000 μ 程度の降伏前あたりまでほぼ直線的なひずみ分布であり、平面保持が成立している。

(2)コンクリート表面歪 図13に試験体上面の中央部4点の各荷重段階における歪

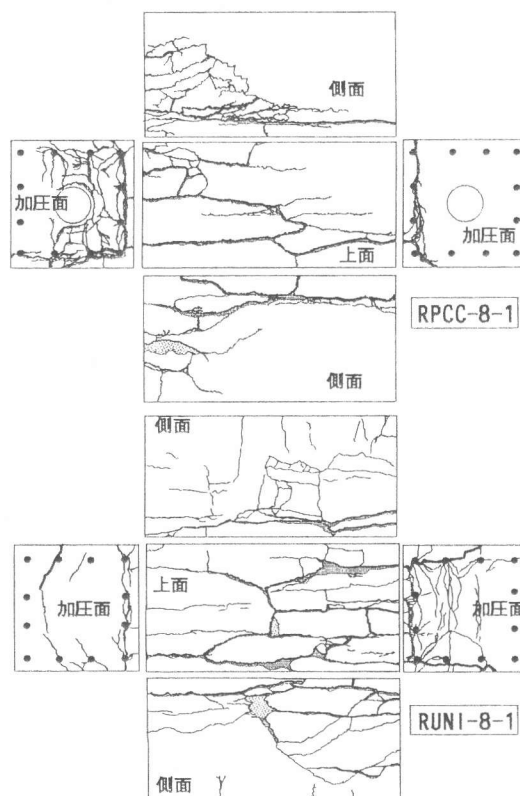


図8 最終破壊状況

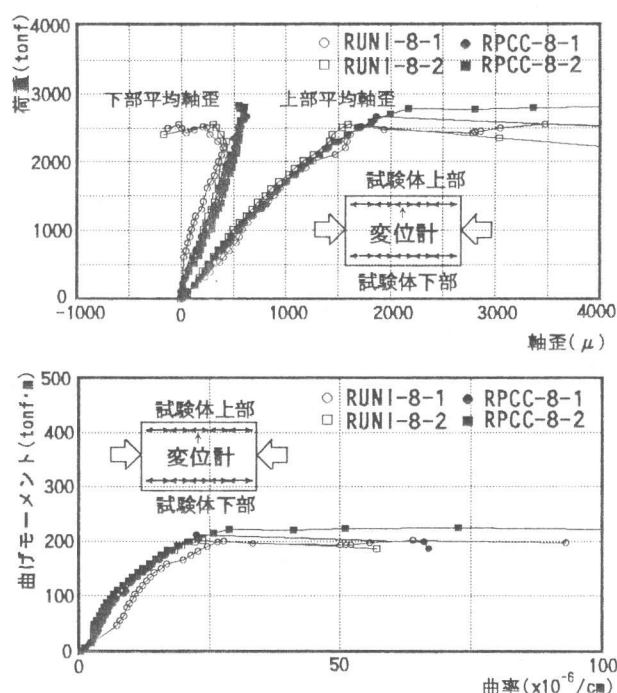


図9 荷重－変形関係

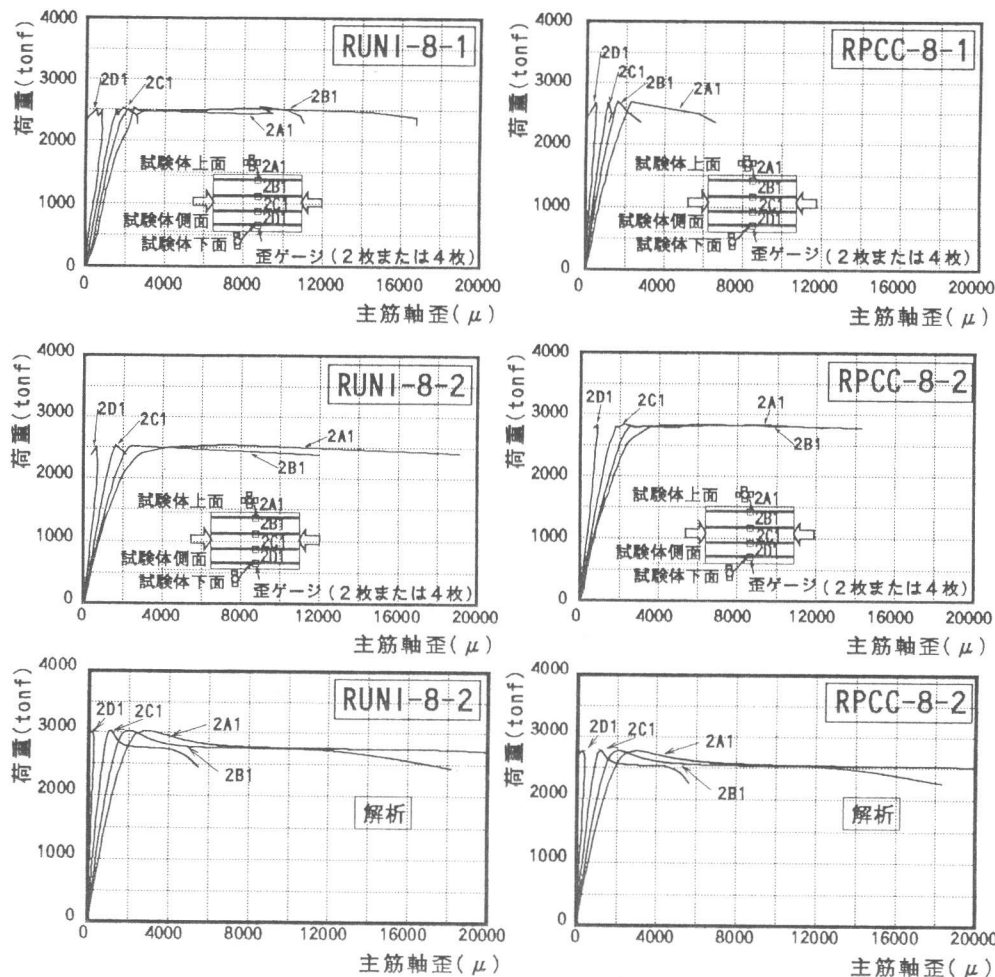


図10 荷重－主筋歪関係

性状を示す。図は約100ton間隔で示してある。遠心成形のものは均一強度試験体に比べ、試験体幅方向に平均的で、安定している。均一強度試験体は場所によっては3000 μ を大きく越えるものもある。両者平均すると遠心成形試験体が2400 μ 、均一強度試験体が2700 μ となり、いずれもシリンダー試験より求めた最大強度時歪を上回っており、計算値からも予想されるように歪軟化域に入っていることがわかる。

(3) 帯筋歪 図14に試験体中央部の帯筋各所の歪と中心軸歪関係を示す。横軸の中心軸歪は試験体側面中央部の縦方向に設置した上下3本(計6本)の変位計の平均から求めたものである。均一強度試験体は中心軸歪が1000 μ に達する直前に、帯筋の歪が一挙に増加する。同図中に荷重と中心軸

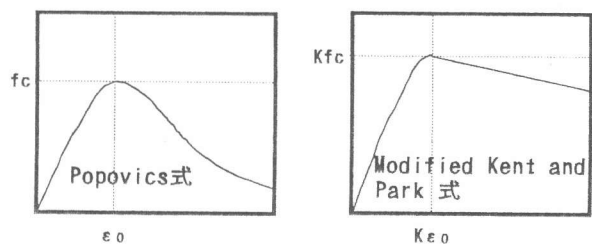


図11 仮定した応力度－歪度曲線

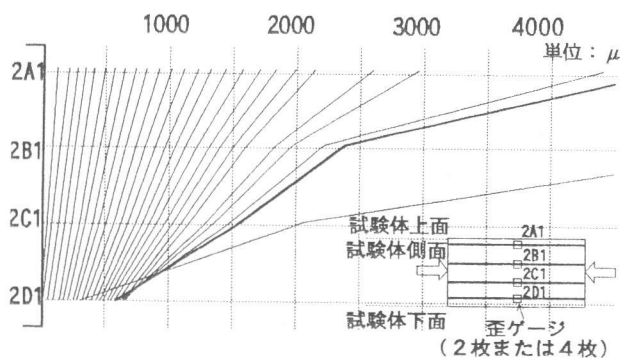


図12 主筋歪分布性状

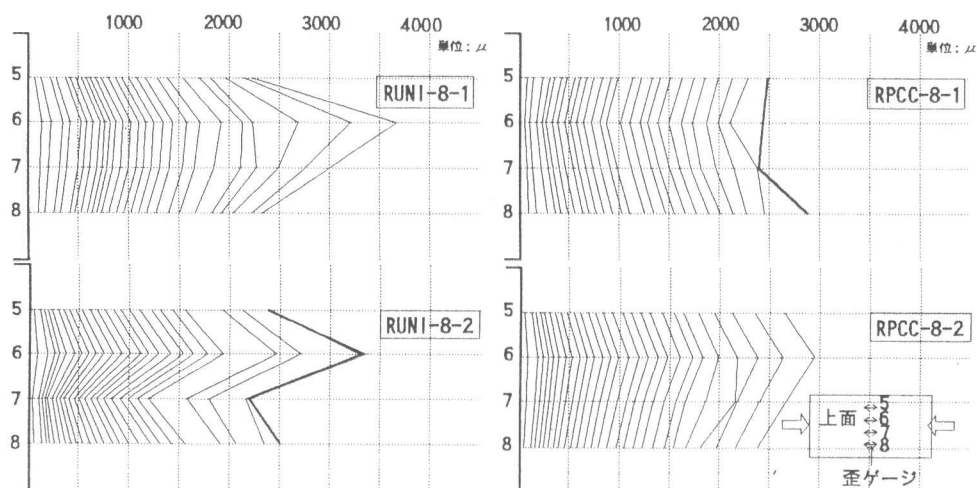


図1-3 コンクリート表面歪分布性状

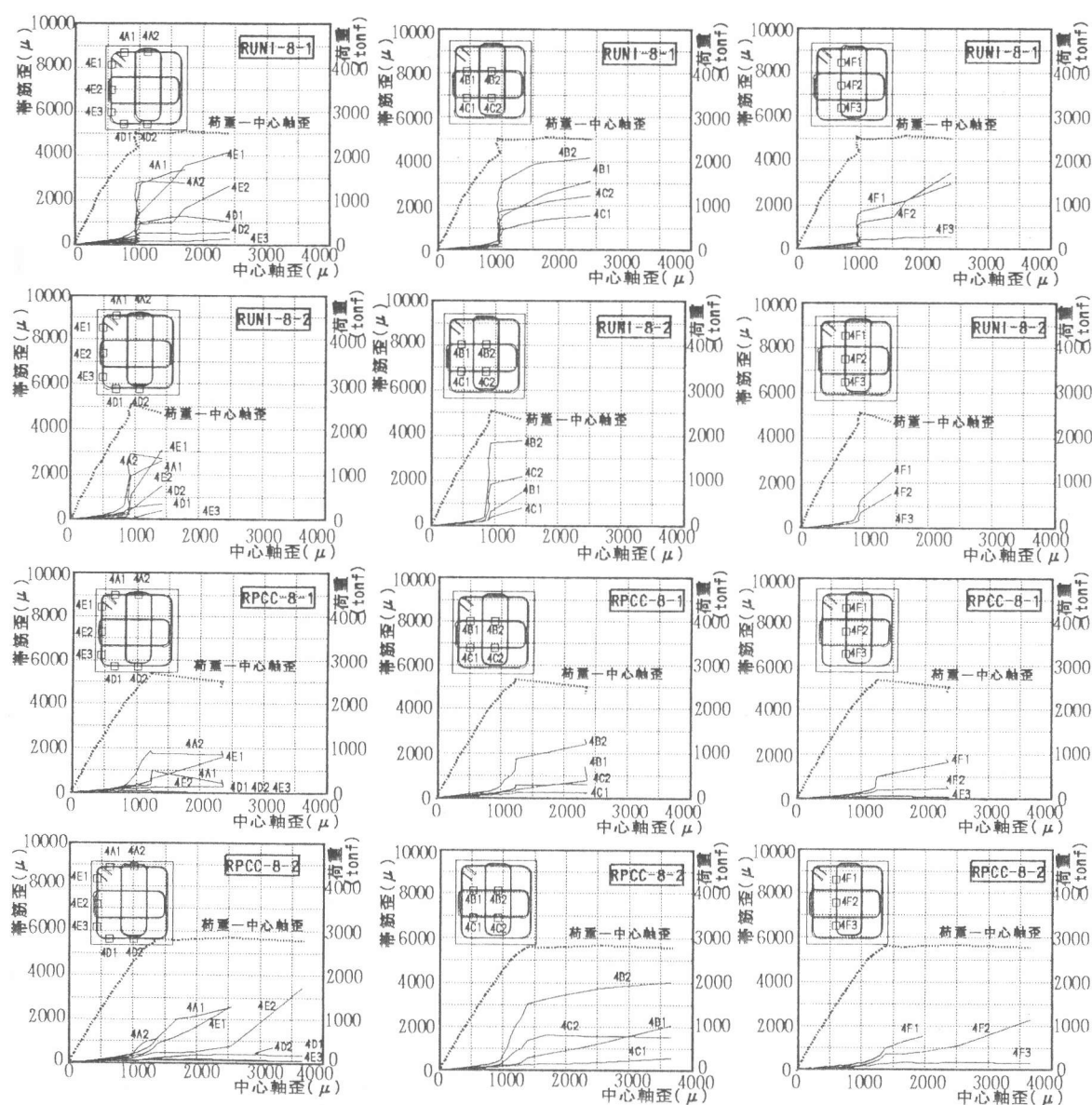


図1-4 帯筋歪－試験体中心軸歪関係

歪の関係も示したが、最大耐力に達する直前が 1000μ となっている。最大耐力以後は幾分増加するものの一定歪に近づく傾向にある。その一定値について同じ試験体の各所の歪を比べてみると外周フープでは軸圧縮応力度の大きい試験体上部の歪が大きく、中子筋の歪は内部のものが大きい。また、他の試験体も同傾向であった。同図に示す遠心成形試験体は均一強度のものとは異なる傾向を有していた。中心軸歪が約 1000μ の時点から帯筋歪が増加しはじめるのは同じであったが、 $1200\sim 1500\mu$ にかけて徐々に増加する。いずれにしてもかぶりコンクリートが剥離し、主抵抗部分がコア部分に移った後は帯筋が有効にはたらく拘束効果を発揮している。また、帯筋に使用した高強度鉄筋の降伏歪は図5をみると $7000\sim 8000\mu$ であり、各試験体のいずれの個所も降伏していない。最終状況は主筋の座屈とともにコアコンクリートが圧壊し、帯筋の破断した試験体もあったが、帯筋の歪が最大でも 4000μ であり、降伏歪に対し、まだかなり余裕のある状態であることから、主筋の座屈によって引き起こされた破断と考えられる。

4、結論

偏心圧縮を受ける実大鉄筋コンクリート柱の破壊性状や最大耐力等は圧縮応力の大きい面のかぶりコンクリートのひび割れ、剥離によって大きく影響を受けているが、鉄筋やコンクリート各所の歪性状を各荷重段階で検討し、以下のことが実験的に得られた。

- 1) 主筋歪の分布：最大耐力直前まで平面保持が成立しているが、圧縮域の最外鉄筋の降伏によって平面保持が成り立たなくなる。これらの傾向を解析的に追跡した。
- 2) コンクリート表面歪：圧縮応力の高い上面の平均歪はシリンダー試験から得られた最大強度時歪を超えて、計算結果から予想されるように歪軟化域に入っていた。
- 3) 帯筋歪の分布：均一強度試験体は最大耐力時から急激に拘束力を発揮し始め、その後一定歪になるが、遠心成形試験体の帯筋は最大耐力以前から比較的ゆるやかに歪増加が見られる。いずれの帯筋も降伏歪には至っていない。
- 4) 歪性状、破壊性状や最大耐力における寸法効果の定量化は、今後の課題としたい。

【謝辞】

本研究は大成建設（株）より広島大学に委託された研究の一部である。本社設計本部の関係各位に謝意を表します。実験実施にあたり、ニチブ（株）、広島大学文部技官清水 高、京泉敬太の両氏に協力頂いた。また、実験およびデータ整理には広島大学修論生松本孝治、同卒論生栗山 悟、鹿角英児の諸君に協力頂いた。ここに関係各位に深く感謝いたします。

【参考文献】

- 1) 大石哲哉、嶋津孝之、荒木秀夫、張冠華：実大無筋コンクリート柱の耐力と変形能に関する実験的研究、コンクリート工学年次論文報告集, Vol. 15, No. 2, pp. 513~518, 1993
- 2) 張冠華、嶋津孝之、荒木秀夫、他：実大鉄筋コンクリート柱の弾塑性挙動に関する実験的研究、構造工学論文集、Vol. 40B, pp. 323~334, 1994
- 3) 谷川恭雄、他：構造材料実験法（第2版）、（株）森北出版