

RC 柱の軸力保持能力に及ぼすコンクリート強度の影響

<Effects of Concrete Strength on Axial Load Capacity of R/C Columns>

李柱振 1,

八塚卓哉 1,

加藤大介 2

本研究は鉄筋コンクリート造柱の軸力保持性能に及ぼすコンクリートの強度の影響を実験的に解明することを目的としている。試験体は4シリーズあり、実験パラメータはコンクリート強度(32.2 N/mm²と19.1N/mm²)と配筋詳細(溶接帯筋フックと90°フック余長を通常の半分4d)である。比較のためこれ以外のパラメータは全く同じにした。各シリーズ3体ずつ、計12体で実験を行った。そのうち1体は中心軸圧縮実験を行い、残り2体で高低軸力に分けて曲げせん断加力を行った。

Keywords R/C Columns Axial Load Capacity Concrete strength Reinforcing detail
RC 造柱 軸力保持能力 コンクリート強度 配筋詳細

1. 研究目的

1995年1月の兵庫県南部地震では、鉄筋コンクリート造の古い建物が大きな被害を受けた。特に、ピロティ形式および壁の配置が悪いものに被害が多く、中間層が崩壊するというこれまでにみられないような被害も発生した。これらの被害は柱がせん断破壊を起こした後に軸力負担能力を喪失したものである。筆者らは、RC造柱のせん断破壊のメカニズムを把握するための実験を過去4回行った[1~4]。それらの研究のパラメータは、帯筋形状、帯筋間隔、主筋径であり、それぞれの効果を検討した。本研究では、新たにコンクリート強度をパラメータにして検討し、それらの結果を考慮し、軸力保持能力喪失部材角の評価式を提案することが目的である。

2. 研究計画・方法

試験体寸法は断面180×180 mm²、高さ1200 mmで、試験部分は中央の360 mmとした。図1に試験体断面図、表1に試験体諸元を示す。図1より試験部分には135°フック、試験部分には(a)の溶接閉鎖型と(b)の90°フック

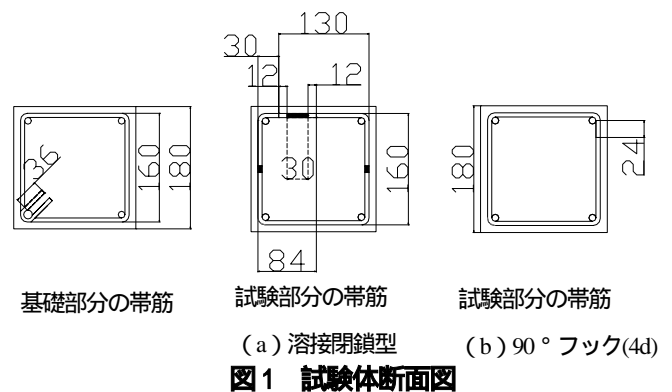


表1 試験体諸元

試験体名	主筋 (SD345)	主筋比(%)	主筋強度 (N/mm ²)	帯筋(SD295)	帯筋間隔 (mm)	帯筋比 (%)	帯筋強度 (N/mm ²)	コンクリート強度(N/mm ²)
D10WHシリーズ	D10	0.4414	371	D6(溶接加工)	70	0.0051	316	32.2
D10SHシリーズ				D6(90°フック(4d))				
D10WLシリーズ				D6(溶接加工)				19.1
D10SLシリーズ				D6(90°フック(4d))				

*1 新潟大学大学院・大学院生

Graduated student, Niigata Univ.

*2 新潟大学自然系(工学部建設学科)・教授

Professor, Dept. of Archi., Niigata Univ.

(余長4d)の2種類を使用した。本研究ではコンクリート強度に高強度と低強度の2種類設定した。このコンクリート強度による違いを把握するため、試験体パラメータはコンクリート強度と帯筋形状以外はまったく同じものにした。帯筋形状、コンクリート強度それぞれ2種類のためD10WH、D10SH、D10WL、D10SLの4種類である。この試験体名のD10は主筋(今回は共通)、Wは帯筋が溶接閉鎖型、Sは90°フックを示し、Hは高コンクリート強度、Lは低コンクリート強度を示している。

これらの試験体を用いて中心軸圧縮実験1体と繰り返し水平載荷実験2体、計12体で実験を行った。中心軸圧縮実験は軸力のみをかけ軸耐力を求めるための実験、繰り返し水平載荷実験は一定軸力を設定し、水平力を±方向交互に漸増載荷する地震時を模倣した実験である。なお、繰り返し水平載荷実験は、所定の軸力を負担できなくなるまで行った。さらにその後、変位を0に戻して、中心軸力載荷実験を行った。

表2に軸力と軸力比と載荷方法を示す。一定軸力はせん断破壊するよう設定し、高強度の試験体には300kN、500kN、低強度の試験体には150kN、300kNとした。軸力比を表に示しておく。試験体名の後ろの数字が0は中心軸圧縮実験、数字が1,2は繰り返し水平載荷実験を示し、1は低軸力、2は高軸力を表している。図2に加力装置を示す。灰色部分が試験体であり、前述したように全長が1200mmであるが、上下を基礎治具で拘束し、試験部分は中央の360mmである。加力は、試験体の左右のジャッキにより逆対象変形となるように制御し、上部鉛直ジャッキで軸力、右水平ジャッキで横力を加えた。

3. 実験結果

3.1 中心軸圧縮実験結果

図3に中心軸圧縮実験の軸力-軸歪関係を示す。ここで、軸歪は試験部分中央の310mmにとりつけた変位計により求めた。点線は低コンクリート強度、実線は高コンクリート強度を示し、太線は溶接閉鎖型、細線は90°フックを示している。高強度試験体の最大耐力は約1000kNであり、低強度試験体は約600kNであった。帯筋形状に着目して図を参照すると、最大耐力においてはほぼ同じ値を示している。しかし安定軸力の耐力低下時には最大耐力に違いが生じているのにもかかわらず、帯筋が溶接閉鎖型の試験体はゆっくり低下し軸力150kNあたりで安定しているのに対し、90°フックの試験体は急激に低下し軸力は50kNまで落ちている。そして値は

表2 軸力と軸力比と載荷方法

試験体名	軸力 (kN)	軸力比	載荷方法
D10WH-0	-	-	中心軸圧縮実験
D10WH-1	300	0.29	繰り返し水平載荷実験
D10WH-2	500	0.48	
D10SH-0	-	-	中心軸圧縮実験
D10SH-1	300	0.29	繰り返し水平載荷実験
D10SH-2	500	0.48	
D10WL-0	-	-	中心軸圧縮実験
D10WL-1	150	0.24	繰り返し水平載荷実験
D10WL-2	300	0.48	
D10SL-0	-	-	中心軸圧縮実験
D10SL-1	150	0.24	繰り返し水平載荷実験
D10SL-2	300	0.48	

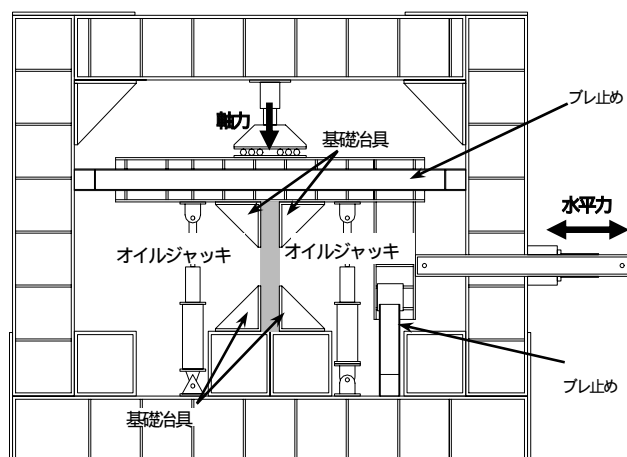


図2 加力装置

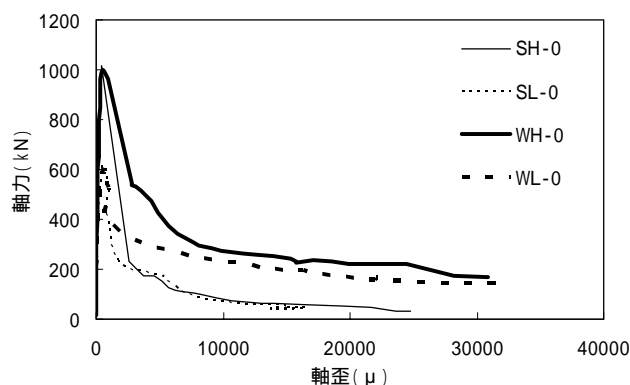


図3 中心軸圧縮実験の実験結果

ほぼ同じである。すなわち、帯筋形状は最大耐力にはあまり影響せず、耐力の低下した安定軸力時に影響を及ぼしていることがわかる。

3.2 繰り返し水平載荷実験結果

図4に水平力-水平変位関係の一例として溶接閉鎖型試験体の実験結果を示す。上の図はコンクリート強度が低い試験体、下の図はコンクリート強度が高い試験体である。グラフ中の○は試験体が所定の一定軸力を保持できなくなった点を表す。また、ここでは、この点までに経験した最大の部材角を「軸力保持能力喪失部材角」と定義す

る。

まず同じコンクリート強度で軸力の違いにより考察する。一定軸力の低いD10WH-1の最大水平変位は7.2 mmだったが、一定軸力の高いD10WH-2では5.4 mmだった。D10WL-1も同様に最大水平変位14.4 mmであるのに対し、D10WL-2は7.2 mmと一定軸力が低い方が最大水平変位は大きくなった。つまり、同パラメータの試験体であっても一定軸力が異なれば、最大水平変位は変化することがわかった。次に軸力が低い試験体、D10WL-1とD10WH-1（左側）を比較すると、コンクリート強度によって最大水平変位が大きく異なっている。しかし軸力が高い試験体、D10WL-2とD10WH-2（右側）では、コンクリート強度が低い方とコンクリート強度が高い方で水平変位が若干異なっているが、軸力が低い試験体の比較ほど違いが生じなかった。このことから、軸力が低い方がコンクリート強度による試験体耐力差が生じることが示された。同軸力下でコンクリート強度が異なる試験体、D10WL-2とD10WH-1を比較すると、水平変位が同じ値となった。

上記で示したことはほぼ帯筋形状が90°フックの試験体でも同様の結果となった。しかし、コンクリート強度が低い試験体の軸力差による比較では、溶接閉鎖型の比較ほど水平変位に違いは生じなかった。

4. 考察

4.1 軸力-軸歪関係からの考察

全て主筋がD10であるため、次から試験体名はD10を省略して表す。図5に全試験体の軸力-軸歪関係を示す。この図は、帯筋形状とコンクリート強度が同じ試験体ごとに示している。は3. 実験結果と同様に軸力を保持

できなくなった点を示す。

軸力保持能力喪失時の値をみると、WHの場合(図5-(a))は、低軸力より高軸力の方が若干軸歪は大きくなった。また、低軸力、高軸力ともにほぼ中心軸圧縮実験のグラフ付近の弾性領域で軸力保持能力喪失が起きたといえる。SHの場合(図5-(c))も同じ挙動を示した。WLの場合(図5-(b))は、高軸力より低軸力の方が軸歪は大きくなっている。SLの場合(図5-(d))は、WLと同様に塑性領域ではあるが、低軸力より高軸力の方が軸歪は大きくなった。この軸歪による違いはコンクリート強度によるものであり、コンクリート強度を大きくすれば、中心軸圧縮実験の弾性域で軸力保持能力を喪失し、コンクリート強度を小さくすれば塑性域で軸力保持能力を喪失することがわかった。同じコンクリート強度で(グラフ上下)比較したところ、高コンクリート強度ではほぼ変わらないのに対し、低コンクリート強度では90度フックのSLの方が小さくなっている。このことから、帯筋形状の違いによる軸歪値は、コンクリート強度が低い試験体の方が顕著に表れることがわかる。軸力能力喪失後では、コンクリート強度に関係なくSシリーズはすぐに耐力低下するが、Wシリーズは軸力を維持した。この結果からも帯筋形状による違いが出ているといえる。

4.2 軸力保持能力点からの考察

図6に軸力保持能力を喪失した点の軸歪-コンクリート強度関係を示す。Sシリーズの場合、高軸力下、低軸力下ともに高コンクリート強度より低コンクリート強度の試験体の方が軸歪は大きくなった。Wシリーズの場合も同様の結果を得た。高コンクリート強度の場合はWシ

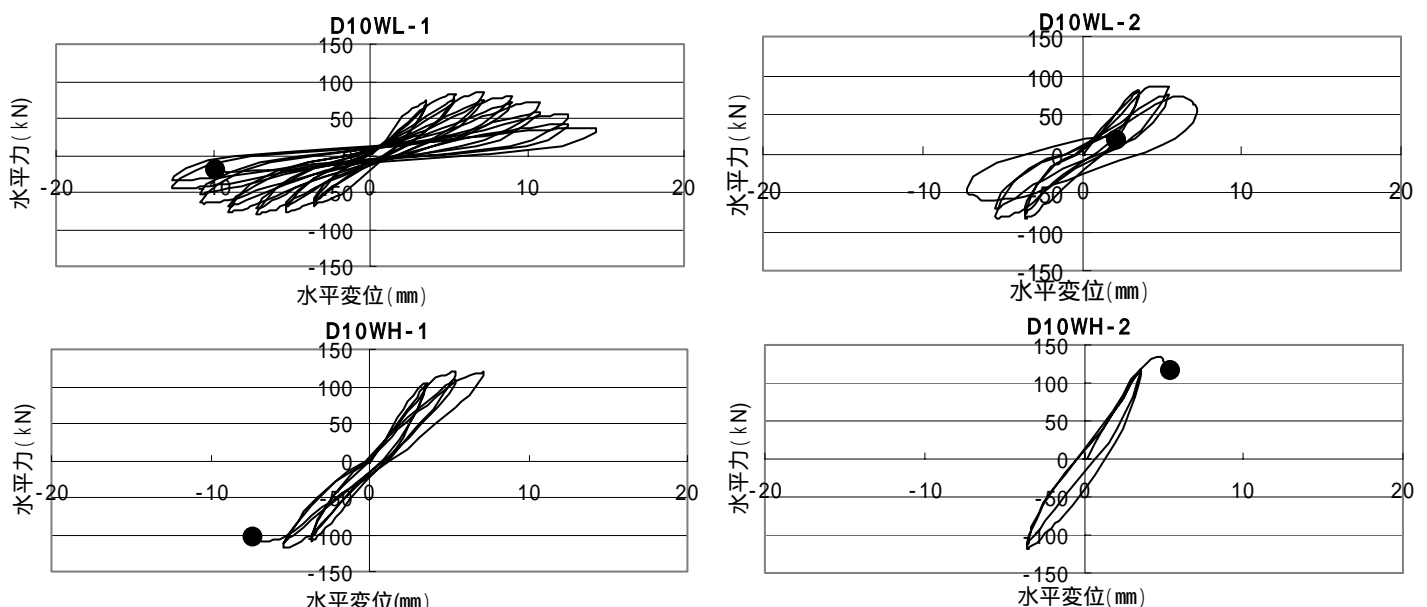


図4 溶接閉鎖型試験体の実験結果

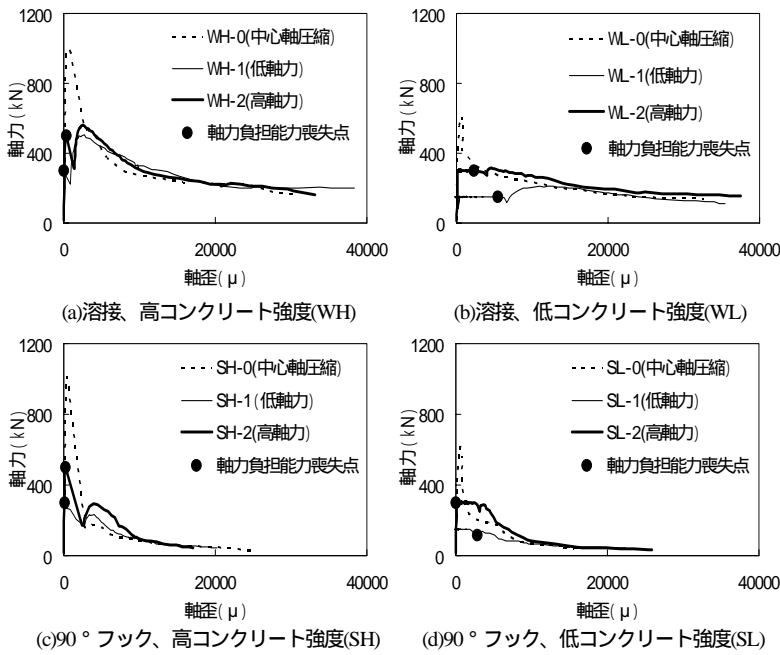


図5 全試験体の軸力-軸歪関係

リーズとSシリーズは低軸力下、高軸力下ともに殆ど同じ軸歪であったが、低コンクリート強度では、低軸力下、高軸力下ともにSシリーズよりWシリーズの方が軸歪は大きくなった。このことから高コンクリート強度では軸歪に対する帯筋の影響は殆どないが、低コンクリート強度では軸歪に対する帯筋の影響が顕著に現れることが示された。

図7に軸力保持能力喪失部材角 - 軸力比関係を示す。前述したように、軸力保持能力喪失部材角とは所定の一定軸力を保持できなくなるまでに経験した最大の部材角である。WH、WL、SH、SLシリーズのどの試験体も右下がりとなっている。このことから軸力比の小さい方が崩壊部材角は大きくなることが示された。高コンクリート強度のWHとSHは帯筋形状が違うが崩壊部材角は同じになった。しかし、低コンクリート強度のWLとSLではWL-2とSL-2は同じ崩壊部材角となったが、WL-1とSL-1ではWL-1の方が崩壊部材角が大きくなった。このことから高コンクリート強度では軸力比の違いによって崩壊部材角に対する帯筋の影響はないが、低コンクリート強度では軸力比が小さいと崩壊部材角に対する帯筋の影響が顕著に現れることが示された。軸力比が同じWH-2とWL-2、SH-2とSL-2、ほぼ同じWH-1とWL-1、SH-1とSL-1を比べると、全ての場合において低コンクリート強度試験体の方が崩壊部材角は大きい。特に差が大きかったのが高コンクリート強度のWH-1と低コンクリート強度のWL-1で、WL-1はWH-1の2倍の値の4%であった。

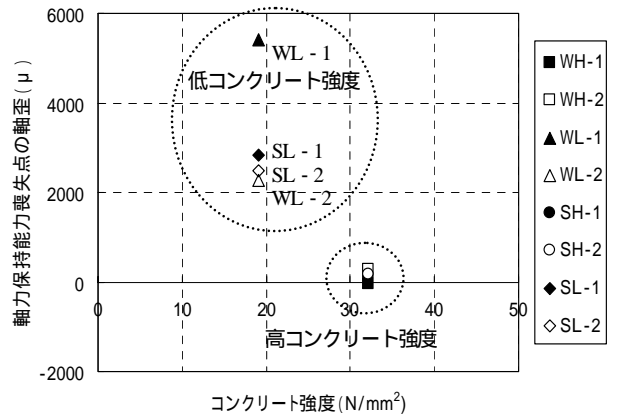


図6 軸力保持能力喪失点の軸歪 - コンクリート強度関係

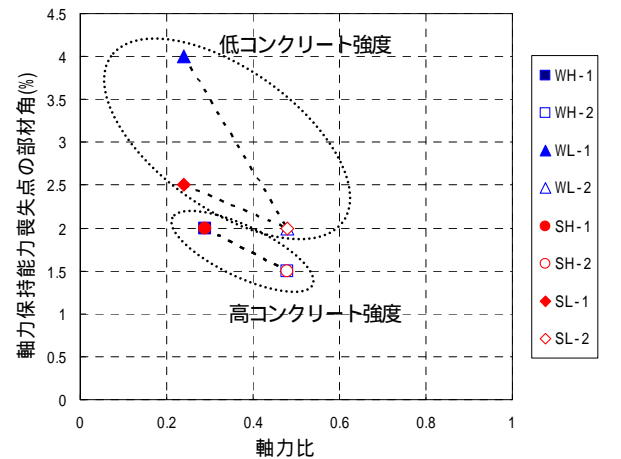


図7 軸力保持能力喪失部材角 - 軸力比関係

5. まとめ

- (1)高コンクリート強度では軸力負担能力喪失時の軸歪に対する帯筋の影響は殆どないが、低コンクリート強度ではこの軸歪に対する帯筋の影響が顕著に現れる。
- (2)高コンクリート強度では軸力比の違いによって軸力負担能力喪失部材角に対する帯筋の影響はないが、低コンクリート強度では軸力比が小さいとこの部材角に対する帯筋の影響が顕著に現れる。

参考文献

- [1]高田雅之、李柱振、菅勝博、加藤大介、中村友紀子：せん断破壊するRC造柱の軸力伝達能力の評価実験(その1~3), 日本建築学会大会学術講演梗概集, 構造, (2003), PP.223-228
- [2]八塚卓哉、菅勝博、加藤大介：RC造柱の軸力伝達能力及ばす載荷履歴の影響の評価(その1~2), 日本建築学会大会学術講演梗概集, 構造, (2004), PP.347-228
- [3]李 柱振, 加藤 大介：異なる配筋詳細を有するRC造柱のせん断破壊後の軸力負担能力の評価実験 日本建築学会

大会学術講演梗概集, 構造 , (2005), PP. 139-140

[4] 八塚卓哉・加藤大介:RC 造柱の軸力保持性能に及ぼす主筋の効果, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 構造 , (2005), PP. 141-142