

R C 造柱 コンクリート強度 残存軸力
軸力保持能力

1. 研究目的

筆者らはせん断破壊後の軸力伝達能力喪失のメカニズム解明を試みてきたが(文献[1]),本研究では,地震後の柱の性能の一つである残存軸力に及ぼす載荷方法とコンクリート強度に着目して,実験を通じその影響を評価,提案することを目的とする。

2. 研究計画, 方法

表1に各シリーズの試験体パラメータを示し,図1に試験体断面配筋図を示す。試験体は既往の研究と同じように180×180×1200mmとし,長さも試験体の両端部が基礎治具に挟まれるために中心部の360mmとなる。今回はコンクリート強度の異なる試験体H(高),L(低)シリーズを用い,それぞれの帯筋形状に90°フック型余長4dのSシリーズと溶接型Wシリーズの4シリーズである。

各シリーズで載荷方法を変え,計12体の実験を行った。加力はまず,各シリーズごとに1体中心軸圧縮実験を行い次に,事前載荷で繰り返し水平載荷し,事後載荷で中心軸圧縮をかける残存軸力載荷実験を行った。残存載荷実験の事前載荷は文献[2]を参考に以下のように決定した。すなわち,文献[2]では,本研究と全く同じシリーズ内容で軸力レベルを2段階に変えて軸力保持能力喪失点まで曲げせん断加力を行っているが,本研究では文献[2]での低い方の軸力を作用させ,高い方の軸力で行われた曲げせん断実験試験体の軸力負担能力喪失点まで同じ載荷を行った。すなわち,本研究での事前載荷での曲げせん断加力実験は,軸力負担能力喪失点まで至っていない範囲の加力といえる。その後の事後載荷は部材角を0に戻しその部材角を拘束して軸加力を行ったが,比較のために部材角を0に戻さないで事前載荷時の最終部材角のまま加力した試験体も3体行った。さらに,この3体のうち,その部材角を拘束した試験体(SH-5)と部材角を拘束せずフリーにして行った試験体(試験体SH-4とWL-5)がある。

3. 実験結果

図2は曲げせん断載荷実験と残存軸力載荷実験結果をシリーズ別に示した軸力-軸歪関係図である。表2には残存軸力載荷実験で得られた残存軸耐力を示した。これらの図表には,比較のため同じシリーズの中心軸圧縮実験と文献[2]から引用した同じ一定軸力で行われた曲げせん断実験試験体(1番)の結果も示した。また,表2の基本軸力とは中心圧縮実験の同じシリーズの試験体の最大軸耐力であり,残存軸力は事前,事後載荷で経験した最大の軸力を示す。さらに,残存軸力比はその残存軸力の中心圧縮実験の最大軸耐力(基本軸力)に対する割合を%で示したものである。

まず,図2と表2を合わせて見ると,図2(a),90°フックにコンクリート強度が高いSHシリーズで,残存軸力試験体SH-3と曲げせん断試験体SH-1の残存軸力比の差(表2での87%-29%)は58%,同じ90°フック,コンクリート強度が低いSLシリーズ(図2(b))では68%,溶接帯筋,コンクリート強度が高いWHは46%,コンクリート強度が低いWLは47%になっている。つまり,帯筋の拘束効果が強いほど,コンクリート強度が低いほど大きな残存軸力を持っているのが分かる。ただ,帯筋の拘束効果が強いほどコンクリート強度の影響が少なかった。

図2(a)で同じシリーズで比較してみると,水平部材角を0に拘束したSH-3に比べ,1.5/100radに拘束したSH-5ではその残存軸力はSH-3の半分以下になっていた。

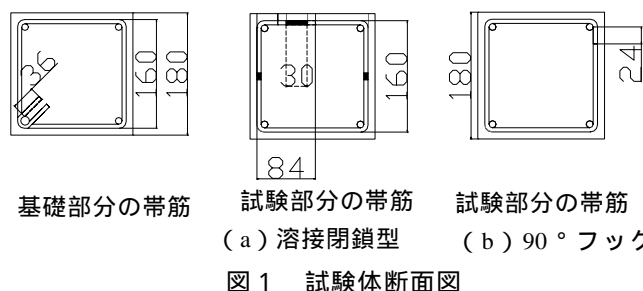


表1 試験体諸元

| 試験体 | 断面 (mm ²) | 高さ (mm) | 主筋 (SD-345) | 引張鉄筋比 | 帯筋 (SD-295) | 帯筋形状 | 帯筋間隔 (mm) | 帯筋比 | コンクリート強度 (N/mm ²) |
|--------|-----------------------|---------|-------------|--------|-------------|--------|-----------|--------|-------------------------------|
| SHシリーズ | 180×180 | 360 | D-10 | 0.4414 | D-6 | 90°フック | 70 | 0.0051 | 32.2 |
| SLシリーズ | | | | | | 19.1 | | | |
| WHシリーズ | | | | | | 32.2 | | | |
| WLシリーズ | | | | | | 19.1 | | | |

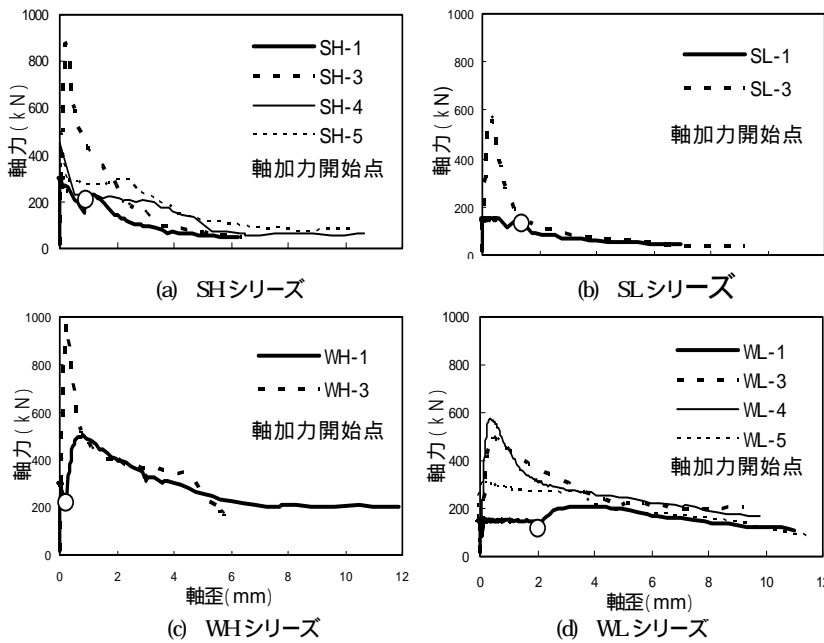


図2 曲げせん断載荷試験体と残存軸力載荷試験体の比較図(軸力 - 軸歪)

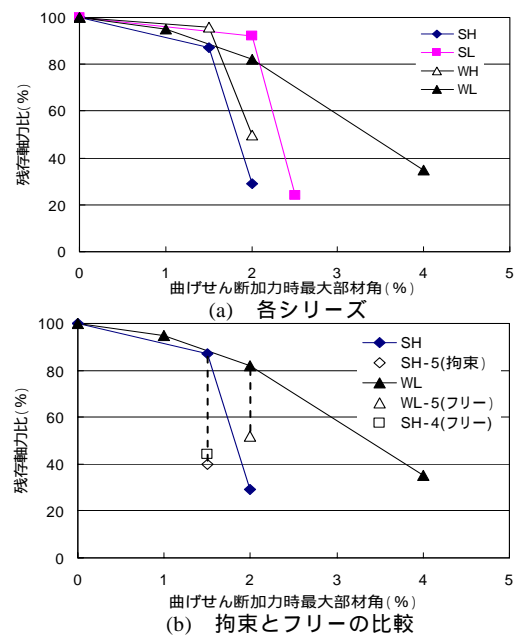


図3 残存軸力比と曲げせん断加力時最大部材角の関係図

また図2(d)においても0に拘束したWL-3に対し2.0/100radでフリーにしたWL-5の残存軸力は3割以上減少していた。さらに事前載荷を5サイクルまで行ったWL-3と1サイクルしか行わなかった残存軸力比95%のWL-4を比べると事前載荷のサイクルが少ない程、大きな残存軸力があるということが分かる。

4. 考察

図3は縦軸に残存軸力比(表2)を取り、横軸に事前載荷時の曲げせん断加力時最大部材角取ったものである。

図3(a)は、シリーズ別に事後載荷で水平部材角を0に拘束したものの残存軸力比の変化を表している。この図を見ると各シリーズとも右下がりになっていることが分かる。つまり、事前載荷の曲げせん断加力時の最大部材角が大きければ大きいほど残存軸力比が小さくなっている。また、コンクリート強度が低いLシリーズの方が高いHシリーズより残存軸力比が大きいのは見当たりますが、筋フックの形状によるWとSシリーズの変化は

表2 残存軸力載荷実験での残存軸耐力

| 試験体 | 加力方法 | 基本軸力 kN | 残存軸力 kN | 残存軸力比 % |
|------|-------|------------|------------|------------|
| SH-0 | 中心圧縮 | 1018 | 1018 | 100 |
| SH-1 | 曲げせん断 | | 300 | 29 |
| SH-3 | 残存軸力 | | 884 | 87 |
| SH-4 | 残存軸力 | | 450 | 44 |
| SH-5 | 残存軸力 | | 404 | 40 |
| SL-0 | 中心圧縮 | 618 | 618 | 100 |
| SL-1 | 曲げせん断 | | 150 | 24 |
| SL-3 | 残存軸力 | | 569 | 92 |
| WH-0 | 中心圧縮 | 1001 | 1001 | 100 |
| WH-1 | 曲げせん断 | | 503 | 50 |
| WH-3 | 残存軸力 | | 967 | 96 |
| WL-0 | 中心圧縮 | 607 | 607 | 100 |
| WL-1 | 曲げせん断 | | 210 | 35 |
| WL-3 | 残存軸力 | | 497 | 82 |
| WL-4 | 残存軸力 | | 575 | 95 |
| WL-5 | 残存軸力 | | 315 | 52 |

なかった。図3(b)は、SHシリーズとWLシリーズにおいて事後載荷で部材角を0に拘束しなかった場合に、0に拘束した場合と比べ残存軸力比がどのように変化しているのかも示した。実線で結ばれている所が0拘束した試験体で、点線で結ばれた点がフリー若しくは最大部材角で拘束した試験体である。

まず、SHシリーズでは、0拘束したSH-3に比べ1.5/100radに拘束したSH-5が残存軸力比が47%低下した。またWLシリーズでも0拘束しなかった場合は、0拘束した場合に比べ30%の残存軸力比が低下している。

このように地震時に柱が変形してしまっても本来の軸力支点到にズレが生じると、軸力保持能力が急激の落ち込んでしまうということが分かる。

5. まとめ

- (1) 同じ条件かで、帯筋の拘束効果が強いほど、コンクリート強度が低いほど大きな残存軸力比を持っているのが分かった。
- (2) 地震時に柱が変形してしまい、本来の軸力支点到にズレが生じると、その柱の軸力保持能力が急激に減少することが分かった。

参考文献

[1] 李柱振, 加藤大介, 菅勝博, 中村友紀子: せん断破壊するRC造柱の軸力負担能力に及ぼす載荷方法の影響, 第27回コンクリート工学年次論文報告集 27-2

[2] 李柱振, 八塚卓哉, 加藤大介: RC柱の軸力保持能力に及ぼすコンクリート強度の影響, 日本建築学会北陸支部研究報告集第49号, 2006(投稿中)

* 新潟大学大学院 工修
** 新潟大学工学部 教授・工博

* Niigata Univ., M. Eng.
** Prof., Faculty of Eng., Niigata Univ., Dr. Eng.