

京都大学工学部 学生会員 ○後藤 源太
 京都大学防災研究所 正会員 高橋 良和
 京都大学防災研究所 正会員 澤田 純男

1. はじめに

2011年3月11日、宮城県沖を震源とするマグニチュード9.0の海溝型巨大地震である東北地方太平洋地震が発生した。この地震では、300秒を超える地震動が観測され、これにより構造物も相当な回数の繰り返しを経験したと考えられる。甚大な被害を受けた土木構造物の1つに、東北新幹線高架橋柱がある。被災した柱の損傷状況を写真1に示す。被災した柱では、柱上部でせん断破壊を含む大きな損傷が発生し、コアコンクリートも玉石状に破砕し、一部の柱では鉄筋かごから脱落して、軸力支持能力を喪失するという大きな被害が生じた¹⁾。



写真1 被災した柱の損傷状況

本研究では、この高架橋柱を対象に、従来実施されているよりも多くの繰り返し回数による載荷実験を行い、繰り返し載荷に伴うRC柱のせん断劣化特性を検討する。

2. 実験概要

実験供試体断面図、実験供試体全体図をそれぞれ、図1、図2に示す。各供試体は、320mmの正方形断面で、せん断スパン比3.43である。Cmix1は被災した柱を参考に帯鉄筋を配置し、C170及びC085は、Cmix1の2種類の帯鉄筋間隔(170mm[0.12%]、85mm[0.23%])を、それぞれ1種類に統一した供試体である。[]内の値は帯鉄筋比である。

繰り返し載荷では、主鉄筋の測定ひずみが降伏ひずみに達したときの変位を $\delta_y(=6\text{mm})$ とし、それを基準として、段階的に変位振幅を増大させ、既往の研究で行われていた以上の繰り返し回数の載荷を行うことで、せん断破壊後のRC柱の挙動特性を把握するのに十分な載荷パターンとした。変形挙動が荷重反転時大きなスリップを生じるスリップ型となった時点で載荷を終了とした。測定項目は、載荷荷重及び載荷点変位、主鉄筋及び帯鉄筋のひずみとした。なお、供試体天端に軸力を2.0[MPa]載荷している。

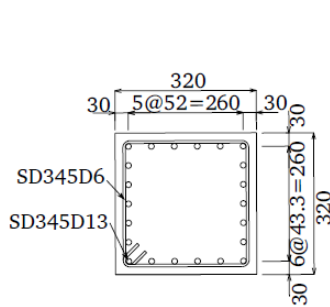


図1 実験供試体断面図 (単位: mm)

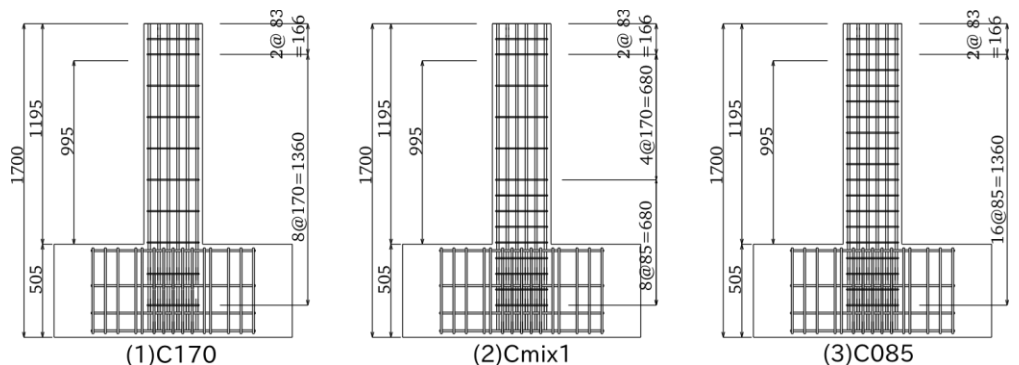


図2 実験供試体全体図(単位: mm)

3. 実験結果

各供試体の載荷終了時の破壊状況を、写真2に示す。C170は、基部から柱中央部にかけてせん断ひび割れが徐々に進展し、繰り返し回数の増加に伴いせん断ひび割れ幅の急激な増大と荷重の低下が生じたせん断破壊の様相を呈した。Cmix1は、C170より若干緩やかな傾斜角のせん断ひび割れが基部から柱中央部にかけて徐々

に進展・交差し破壊した。C085 は、基部で主鉄筋がはらみだし、コンクリートが圧壊し破壊した。

それぞれのサイクルでの最大荷重をピーク荷重 P ，そのときの帯鉄筋の負担分 V_s を，それぞれ劣化指標とした。 V_s は，各高さの帯鉄筋の応力を，測定ひずみから算出し，それらに断面積を乗じ，各高さの V_s を算定

後，足し合わせて求めた。荷重—変位関係で最大荷重の 90% となった時を破壊とした。

図 3 に各供試体の荷重—変位関係の包絡線及び破壊点を示す。図から，C170 が他の供試体に比べ，早い段階で繰り返し回数の増加に伴う劣化が進行したことが分かる。

繰り返し回数の増加に伴う P の推移及び V_s の推移をそれぞれ，図 4，図 5 に示す。図中の破壊時サイクル(Failure Cycle)は破壊点でのサイクル，図 5 中の各供試体の V_{sy} は，各供試体のコアコンクリート内部の斜めひび割れを横切る帯鉄筋がすべて降伏した場合の V_s である。図 4 から，帯鉄筋間隔が密部分(85mm)と疎部分(170mm)が混在する Cmix1 は，C085 と C170 の中間的な推移をすることが分かる。このことから，帯鉄筋配置が密になるほど，破壊後の荷重の低下がなだらかとなることが分かる。また，図 5 から，C085 に比べ C170 と Cmix1 の V_s は，斜めひび割れを横切るすべての帯鉄筋の降伏以降，急激に低下することが分かる。また，図 4 と図 5 の比較から，C170 と C085 は，載荷終了サイクル付近の P の急激な低下は似ているが，同サイクル付近の V_s の推移が異なることが分かる。



写真 2 載荷終了時の破壊状況

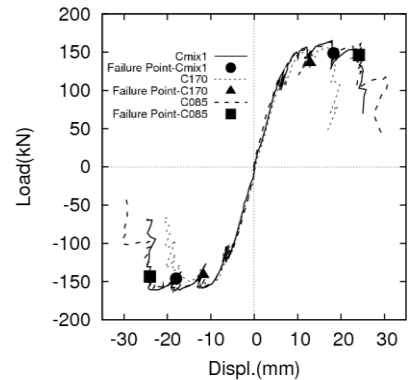


図 3 荷重—変位関係の包絡線及び破壊点

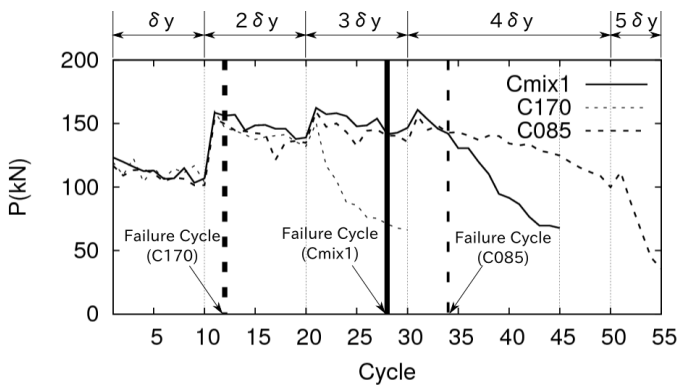


図 4 繰り返し回数の増加に伴う P の推移

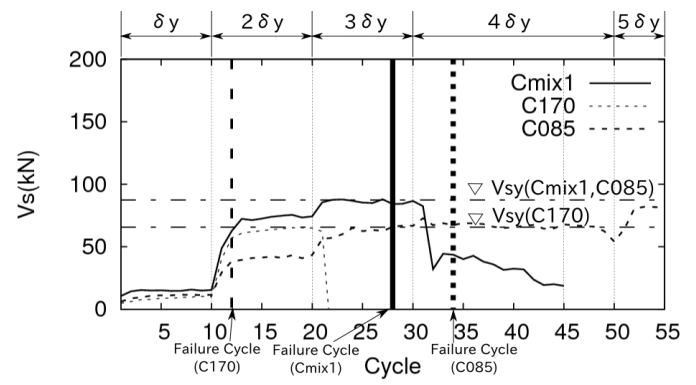


図 5 繰り返し回数の増加に伴う V_s の推移

4. まとめ

従来よりも繰り返し回数が多い RC 柱の載荷実験を行い，繰り返しに伴う荷重の推移を，各サイクルの最大荷重 P と帯鉄筋負担分 V_s の双方から検討した。その結果，実際の帯鉄筋配置の RC 柱の破壊後の P の推移は，帯鉄筋間隔が密になるほど，なだらかとなり，帯鉄筋間隔が密部分のみと疎部分のみのそれぞれの場合の中間的な推移となることが分かった。また，破壊性状の異なる RC 柱の劣化特性の比較から，せん断破壊と曲げ破壊における，破壊後の P の劣化特性の類似と V_s の劣化特性の相違を明らかにできた。

参考文献

- 1) 高橋 良和，後藤 浩之：2011 年東北地方太平洋沖地震による第 1 中曽根高架橋の被害，第 14 回性能に基づく橋梁等の耐震設計に関するシンポジウム講演論文集，pp.465-472，2011 年 7 月。