

京都大学 学生会員 ○佐藤 吉孝
京都大学 正会員 服部 篤史

京都大学 正会員 山本 貴士
京都大学 フェロー 宮川 豊章

1. はじめに

本研究では、RC 部材中の鉄筋腐食が、せん断耐荷特性に与える影響について知見を得ることを目的として、まず、せん断補強筋の腐食がせん断耐荷特性に与える影響を検討した。要因として、せん断補強筋の腐食量、せん断補強筋量および載荷方法を採り上げた。

2. 実験概要

せん断補強筋の腐食は、電食法を用いてモデル化した。腐食の指標として質量減少率を用い、腐食量小は 0.597%(加速期前期相当)、腐食量大は 12.8%(劣化期相当)とした。せん断補強筋量は、135° フック付きスターラップを用い、配筋量は健全時断面により $P_{yd}/P_{md}=0.696$ となる $p_w=0.396\%$ ($s_s=160\text{mm}$)および $P_{yd}/P_{md}=1.02$ となる $p_w=0.792\%$ ($s_s=80\text{mm}$)とした。なお、耐力比の算定にあたっては、曲げ耐力は断面分割法を用い、せん断耐力は平成 8 年制定コンクリート標準示方書[設計編]の耐力式を用いた。また、繰返し荷重作用による影響を検討するために、一方向載荷と正負交番漸増繰返し載荷を行なった。供試体の一覧を表 1 に示す。

供試体は、図 1 に示すように、幅×高さ×全長(スパン長)=100×200×1600mm(1400mm)、引張側 2-D16(SD295A)の対称複鉄筋 RC はりとした。また、断面高さ 50mm、150mm の位置には、B 種 1 号 PC 鋼棒 $\phi 13\text{mm}$ を無緊張で用い、グラウトを注入した。なお、曲げスパン内のスターラップは、一定間隔 50mm で配筋し、電食対象のスターラップは、図 1 中の○印で示したスターラップとした。すべての供試体においてコンクリートの目標配合強度は $f_{cr}=30\text{ N/mm}^2$ とし、NaCl 5 kg/m³ を外割り添加した。

載荷はスパン長 1400mm に対し曲げスパン 300mm の対称 2 点載荷($a/d=3.06$)とし、一方向では $(2n-1)\delta_y \times 1$ 、正負交番載荷では $(2n-1)\delta_y \times 3$ の繰返しとした。降伏荷重時変位 δ_y は、供試体 No.5 の載荷において、計算により求めた降伏荷重 $P_y=65.8\text{kN}$ に達した時の変位 $\delta_y=3.37\text{mm}$ とした。終局は、最大荷重以降の荷重低下領域で、荷重が最大荷重の 80%を下回らない最大の変位とした。

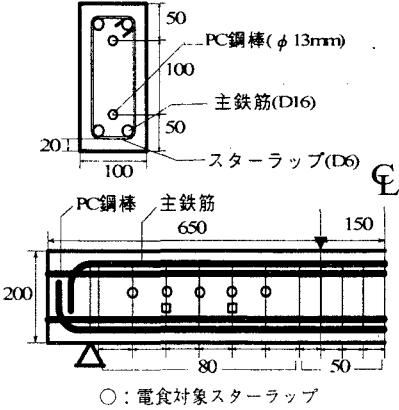
3. 実験結果および考察

3.1 荷重-変位曲線および載荷形式

各供試体の荷重-変位曲線の包絡線をその破壊形式とともに図 2 に示す。一方向、 $p_w=0.792\%$ の健全供試体は、せん断ひび割れがほとんど確認できず、終局に至らなかった。一方向、 $p_w=0.396\%$ の腐食大供試体は、せん断圧縮破壊を生じた。また、同一要因の健全供試体とせん断ひび割れの性状が異なっており、荷重-変位曲線に差が生じたと考えられる。正負交番、 $p_w=0.792\%$ の健全供試体は、3 δ_y の 2 回目以降の繰返しで荷重低下が生じ、せん断圧縮破壊を生じた。一方、同一要因の腐食供試体は、早期にせん断圧縮破壊を生じた。正負交番、 $p_w=0.396\%$ の供試体は、いずれの腐食量においても斜め引張破壊を生じた。なお、すべての供試体においてせん断補強筋の破断は見られなかった。

表1 供試体一覧

1	健全	0.792%	一方向
2	健全	0.396%	一方向
3	大	0.396%	一方向
4	健全	0.792%	正負交番
5	健全	0.396%	正負交番
6	小	0.792%	正負交番
7	小	0.396%	正負交番
8	大	0.396%	正負交番



○：電食対象スターラップ
 $s_s=160\text{mm}$ の供試体は□部分のスターラップを除く
図 1 供試体の断面形状・寸法 (単位: mm)

3.2 最大荷重

質量減少量が最大荷重に与える影響を図3に示す。いずれの載荷方法においても、電食によりせん断補強筋の腐食をモデル化した供試体の最大荷重は、健全よりも小さくなった。せん断補強筋の腐食と腐食ひび割れによって、せん断補強筋とコンクリートの付着が低下し、コンクリート負担せん断力が早期に低下したと考えられる。また、せん断補強筋の断面欠損と降伏荷重の低下により、せん断補強筋負担せん断力も低下している可能性がある。また、最大荷重の低下の割合は、一方向よりも正負交番の方が大きくなった。しかし、正負交番、 $p_w=0.396\%$ の腐食小と大の最大荷重に差は見られなかった。せん断スパン中央の中立軸付近で交差する斜めひび割れと、その上部の載荷点付近の圧縮領域に達する顕著な2本のひび割れが確認されており、これらによるコンクリート負担せん断力の低下が顕著にあらわれたと推察される。

3.3 最大せん断ひび割れ幅

変位 $(2n-1)\delta_y$ 時の最大せん断ひび割れ幅を図4に示す。腐食供試体の方が、健全に比べて同一変位時のひび割れ幅が大きくなった。せん断補強筋の腐食と腐食ひび割れにより、せん断補強筋とコンクリートのすべりが大きくなり、ひび割れが広がりやすくなったと考えられる。これによって、コンクリート負担せん断力の早期低下が生じていると推察される。

3.4 鉄筋腐食が曲げ耐力およびせん断耐力に与える影響

一方向載荷におけるせん断耐力比と質量減少量の関係をせん断補強筋および主筋の一樣腐食、同一腐食量を仮定して求めた。腐食鉄筋の断面積には質量減少率を断面欠損率とすることにより推定したものをを用いた。なお、実験値では、今回の実験では主筋腐食を考慮していないことから、 P_{yd} に実験により得られた最大荷重を、 P_{md} には主筋腐食を考慮しない一定値(計算値)を用いた。結果を図5に示す。せん断補強筋と主筋が一樣に同じだけ腐食した場合、質量減少率の低下にともない、せん断破壊に対して若干危険側へ移行するようである。一方、実験値は、曲げ耐力を一定としているため、質量減少率にともなう低下の割合は、計算値よりも大きくなると考えられるが、一方向、 $p_w=0.396\%$ のシリーズでは、せん断ひび割れ性状および破壊形式が異なったことから、大きな低下は見られなかった。

4. 結論

- (1) 電食によりせん断補強筋の腐食をモデル化したRC部材の最大荷重は、健全に比べて小さくなった。
- (2) 腐食供試体の方が、健全に比べて同一変位時のひび割れ幅が大きくなった。せん断補強筋の腐食と腐食ひび割れにより、せん断補強筋とコンクリートのすべりが大きくなり、せん断ひび割れが広がりやすくなったと考えられる。これによって、コンクリート負担せん断力の早期低下が生じていると推察される。
- (3) せん断耐力比と質量減少率の関係を計算により検討した結果、質量減少率の増加にともない、せん断破壊に対して若干危険側へ移行することが認められた。

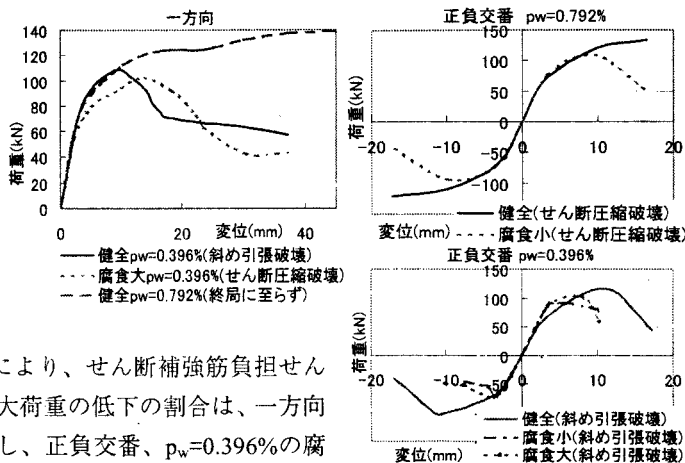


図2 荷重-変位曲線および破壊形式

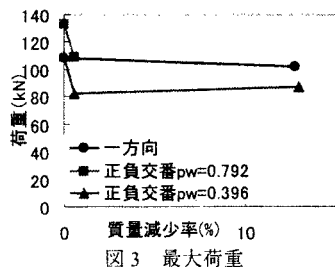


図3 最大荷重

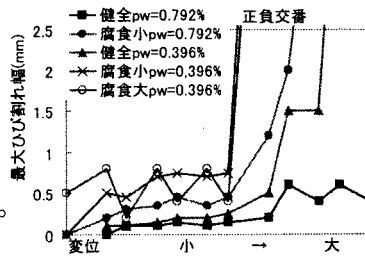


図4 最大せん断ひび割れ幅

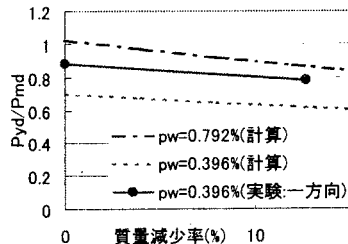


図5 P_{yd}/P_{md} と腐食減少率の関係