

引張鉄筋が腐食した RC 梁のアーチ機構耐力に関する実験的検討

筑波大学大学院 学生会員 ○小川 哲史 筑波大学大学院 正会員 金久保利之

筑波大学大学院 正会員 八十島 章 鉄道総合技術研究所 正会員 大屋戸理明

1. はじめに

本研究では、鉄筋の腐食がせん断耐力性能に及ぼすメカニズムを考慮した終局せん断耐力の評価式を構築することを目的として、メカニズムを考慮した評価式（日本建築学会終局強度型指針式¹⁾）のアーチ機構およびトラス機構に含まれるコンクリート有効係数およびせん断補強鉄筋の降伏強度の補正を考察し、評価式の検討²⁾を行っている。本稿では、アーチ機構(式(1))に含まれるコンクリート有効係数の補正を検討するための足掛かりとして、引張鉄筋が腐食した場合のコンクリートと引張鉄筋の付着劣化の程度によるアーチ機構の耐力増加分について検討することを目的として、これを模擬した実験を行った。

2. 実験概要

試験体の一覧を表 1 に、試験体配筋を図 1 に、引張鉄筋の腐食模擬方法を図 2 に示す。試験体は、断面幅 125mm、有効高さ 170mm の長方形断面を持つスパン 1200mm（せん断スパン 500mm）のせん断破壊先行型の単純梁形式のものである。配筋については、引張鉄筋に D22(SD490 ネジ節)を、圧縮鉄筋に D10(SD295)をそれぞれ 2 本、せん断補強鉄筋に D6(SD295)を 125mm 間隔で配した試験体である。なお、引張鉄筋の端部は、定着用ナットで固定し、No.6、No.7、No.8 の試験体の定着長は 400mm とし、長さ 2000mm とした。試験体の腐食の程度は、No.1 は健全、No.4、No.5、No.6 は、引張鉄筋の腐食による引張鉄筋とコンクリートとの付着劣化の程度を模擬するためにせん断スパン区間内で付着を絶縁させた試験体である。No.7 と No.8 は、引張鉄筋の付着絶縁区間にて、両側のかぶりおよび鉄筋のあきの位置にスリットを設け、有効断面とかぶり部分を分離した。これは、引張鉄筋の腐食によって生じる軸方向ひび割れを意図している。使用したコンクリートと鉄筋の材料試験結果を表 1 と表 2 に示す。実験方法は、図 1 に示す位置を載荷点、支点として一方向単調載荷試験を行った。計測項目は、荷重、引張鉄筋の歪、せん断補強鉄筋の歪、載荷点たわみである。

3. 実験結果

No.6 を除く、全ての試験体においてせん断スパン区間内に顕著にひび割れが発生し、圧縮側のコンクリートに貫通してせん断破壊した。No.6 は、せん断ひび割れが発生することなく、曲げ圧縮破壊した。全試験体の最大荷重時

$$V_a = v \cdot \sigma_{CB} (1 - \beta) \cdot b \cdot h / 2 \cdot \tan \theta \quad (1)$$

ここで、 b ：梁断面幅、 j_i ：主鉄筋中心間距離、 h ：梁断面高さ、 σ_{CB} ：コンクリートの圧縮強度、 p_w ：せん断補強鉄筋比、 v ：コンクリート圧縮強度の有効係数($=1.70\sigma_{CB}^{-0.33}$)、 σ_{wy} ：せん断補強鉄筋の降伏強度、 θ ：アーチの圧縮束の角度、 φ ：トラスの圧縮束の角度、 $\beta := \{(1 + \cot^2 \varphi) p_w \cdot \sigma_{wy}\} / (v \cdot \sigma_{CB})$

表 1 試験体一覧

試験体 No.	引張鉄筋 付着絶縁長	コンクリート			備考
		圧縮強度 (MPa)	割裂強度 (MPa)	弾性係数 (GPa)	
1	—	24.1	2.28	23.9	健全
4	330mm				—
5	250mm				—
6	支点間全長	22.5	2.23	20.5	—
7	330mm				スリット
8	250mm				スリット

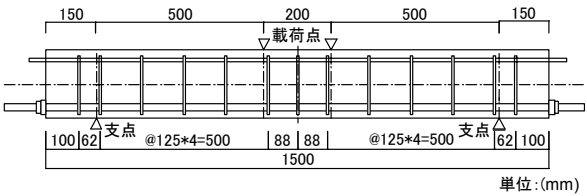


図 1 試験体配筋

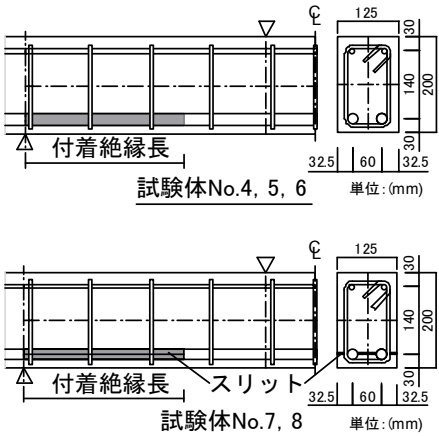


図 2 腐食模擬方法

表 2 鉄筋の材料試験結果

鉄筋	降伏強度(MPa)	引張強度(MPa)	弾性係数(GPa)
D22	533	713	192
D10	374	519	200
D6	352	499	189

キーワード 鉄筋腐食、せん断耐力、アーチ機構、付着劣化
連絡先 〒305-8577 茨城県つくば市天王台 1-1-1 筑波大学 TEL 029-853-5462

におけるひび割れ性状を図3に、荷重－たわみ関係を図4に、耐力実験値と耐力計算値の比較を表3に示す。なお、曲げ耐力計算値は、平面保持の仮定に基づいたファイバーモデルによる断面解析、せん断耐力計算値は、土木学会式、日本建築学会終局強度型指針式により算出した。せん断破壊した試験体のひび割れ性状については、引張鉄筋の付着を絶縁した全ての試験体においても健全なNo.1と比較して荷重点寄りにせん断ひび割れが顕著に発生し、破壊スパンでない側のせん断スパン区間のひび割れは、引張鉄筋の付着絶縁区間よりも荷重点側にせん断ひび割れが卓越していることが分かる。また、No.7、No.8については、引張鉄筋の腐食による軸方向ひび割れを意図したスリットにより、荷重点と支点を結ぶ圧縮ストラットゾーンにおけるひび割れ性状が変化している傾向が確認できる。しかし、耐力実験値について見ると、健全なNo.1とNo.4、No.7、No.8の比較では、耐力の低下が生じていることが分かる。No.5では、耐力に差が見られなかった。これより、本稿の検討目的であった引張鉄筋の付着劣化の程度に伴うせん断耐力の増加は確認できなかった。また、曲げ圧縮破壊したNo.6の耐力比が0.84と実験値が計算値を下回っている。曲げ耐荷性能の場合、引張鉄筋の付着性能が劣化しても、部材端部の定着の損傷がなければ、等曲げ区間のひび割れ断面における力の釣り合いは変化せず、曲げ耐力には影響しないことが指摘されている。³⁾これにより、今回の試験体では、引張鉄筋の端部に固定した定着用ナットの影響で、引張鉄筋軸方向に軸力が作用したことにより、実験値が計算値を下回ったことが考えられる。

4. まとめ

引張鉄筋の付着劣化の程度によるせん断耐力の増加は確認できなかったため、本実験の腐食模擬方法では、付着劣化の程度を模擬できなかったことが考えられる。今後、腐食の模擬方法を検討し、再実験を行う予定である。

参考文献

1)鉄筋コンクリート構造物の終局強度型耐震設計指針・同解説、日本建築学会、1990 2)小川ら：鉄筋腐食したRC梁部材のせん断耐力の評価法に関する考察、コンクリート工学年次論文集、vol34、2012 3)大屋戸ら：鉄筋の腐食性状が鉄筋コンクリート部材の曲げ性状に与える影響、土木学会論文集、部門E、vol.62、No.3、pp542-554、2006.8

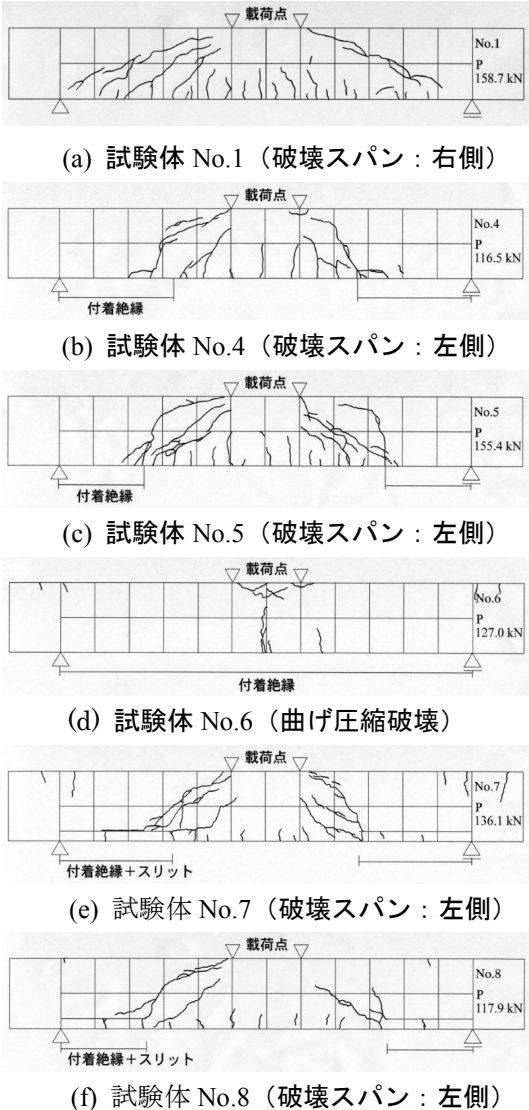


図3 ひび割れ性状（最大荷重時）

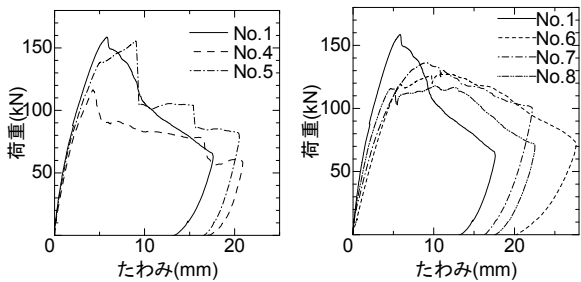


図4 荷重－たわみ関係

表3 耐力実験値の一覧と耐力計算値の比較

試験体 No.	コンクリート 圧縮強度 (MPa)	耐力実験値 P_{max} (kN)	破壊形式	耐力計算値(kN)			耐力比		
				曲げ耐力 P_{Mu}	せん断耐力		P_{max}/P_{Mu}	P_{max}/P_{AJJ}	P_{max}/P_{JSCE}
					P_{AJJ}	P_{JSCE}			
1	24.1	158.7	せん断	158	152	127	—	1.04	1.25
4		116.5	せん断				—	0.77	0.92
5		155.4	せん断				—	1.02	1.22
6	22.5	127.0	曲げ圧縮	150	149	125	0.84	—	—
7		136.1	せん断				—	0.91	1.09
8		117.9	せん断				—	0.79	0.94

P_{Mu} ：ファイバーモデルによる断面解析 P_{AJJ} ：日本建築学会終局強度型指針式 P_{JSCE} ：土木学会式