

局所的に鉄筋腐食を生じた RC はり部材の耐荷性状に及ぼす付着劣化の影響

長岡工業高等専門学校 学生会員 ○金子 生樹
長岡工業高等専門学校 正会員 村上 祐貴

1. はじめに

実構造物において塩害による鉄筋腐食は、単一部材中でも局所的に発生する場合が多い。また、局所的な鉄筋腐食を生じた場合、部材の一部において構造的に優位な鉄筋断面積の減少や鉄筋とコンクリートの付着劣化等を引き起こし構造性能に直接的な影響を与える。

そこで、本研究では局所的な鉄筋腐食を生じた場合、その腐食発生領域に加え付着劣化領域が RC はり部材の耐荷性状に及ぼす影響を明らかにすることを目的として、腐食領域および非付着領域を実験パラメータとし、電食により主鉄筋に局所的な鉄筋腐食を導入した RC はり部材の載荷実験を行った。

2. 実験概要

2. 1. 試験体概要と実験パラメータ

試験体の形状寸法および配筋は図-1 に示す通りであり、曲げ破壊が先行する断面諸元とした。

表-1 に実験パラメータを示す。実験パラメータは腐食領域および非付着領域である。腐食発生領域は100mm とし、腐食領域は支間中央およびスパン片側の支間中央より 375mm~475mm の2水準とした。

本実験では局所的な鉄筋腐食を再現するため、あらかじめ局所的に腐食を導入した主鉄筋を用いた。なお、腐食領域には、腐食ひび割れの発生による付着劣化を模擬するため、アンボンド処理を施した。また、S0b-40-150 試験体および S0b-40-300 試験体は、腐食膨張の3次元的效果による腐食領域を越えた付着劣化の影響について検討するため、腐食側の載荷点より150mm~300mmおよび載荷点~300mmの領域にアンボンド処理を施し非付着領域を設けた。

2. 2. 腐食試験手法および載荷試験方法

腐食手法は、電食試験法を採用した。載荷試験は、

図-1 に示すよう、静的2点集中載荷による曲げ載荷試験とし、変位制御(0.5mm/min)で行った。測定項目は、荷重および支間中央部のたわみである。

鉄筋腐食の評価手法は、質量減少率および断面減少率を用いた。質量減少率は、腐食前後の主鉄筋の質量減少量を用いて算出した。断面減少率は、3D レーザースキャンを用いて載荷試験終了後の鉄筋の3次元形状を0.4mm ピッチで測定した値と質量より算出した非腐食時の鉄筋断面積を用いて算出した。

3. 実験結果

3. 1. 鉄筋の腐食状況

3D レーザースキャンにより計測した腐食対象領域の鉄筋の平均断面積と腐食前後の主鉄筋の質量減少量を用いて算出した鉄筋断面積を比較した場合、3D レーザースキャンの計測値の方が約4.0%大きい値を示す傾向にあった。そこで、本実験では、質量減少量より算出した値が真の値であると仮定し、3D レーザー

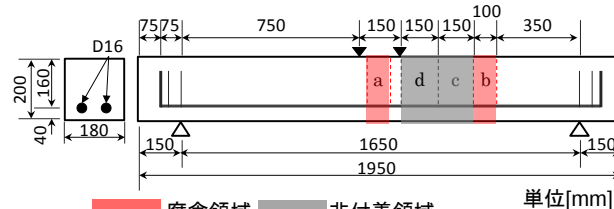


図-1 試験体概要図

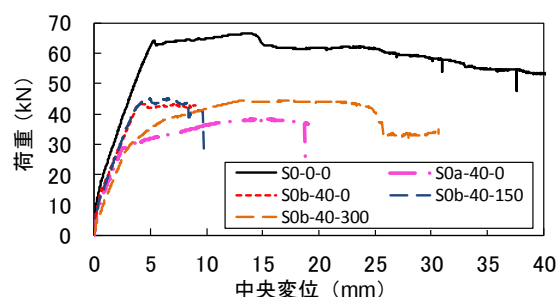


図-2 荷重と中央変位

表-1 実験パラメータおよび実験結果

試験体名	設定腐食率 (%)	腐食領域	非付着領域	質量減少率(%)	断面減少率(%)※		降伏荷重 (kN)	最大荷重 (kN)	圧縮強度 (N/mm ²)	破壊モード
				平均	平均	最大				
S0-0-0	40			—			60.0	66.5	30.0	曲げ引張
S0a-40-0		a	—	43.7	46.7	55.7	28.5	38.0	31.4	破断
S0b-40-0		b	—	37.3	38.5	46.7	43.0	44.0	30.0	斜め引張
S0b-40-150			c	38.0	37.5	47.4	44.7	45.0	31.3	斜め引張
S0b-40-300			c+d	42.7	44.3	59.8	32.2	44.5	29.9	曲げ引張

※ 3D レーザースキャンの断面計測値を補正し算出した腐食率

キーワード 鉄筋腐食, 局所腐食, 非付着領域, 曲げ耐荷性状

連絡先 〒940-8532 新潟県長岡市西片貝町 888 番地 長岡工業高等専門学校 TEL0256-34-9276

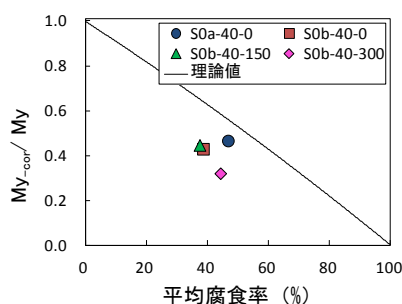


図-3 降伏曲げモーメント比と平均腐食率

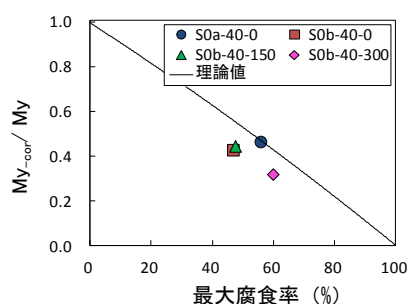


図-4 降伏曲げモーメント比と最大腐食率

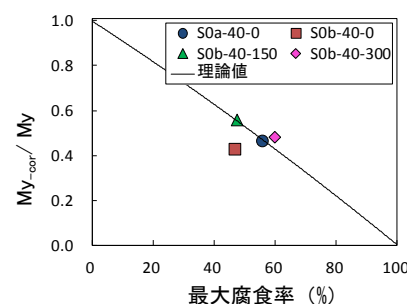


図-5 降伏曲げモーメント比と最大腐食率（非付着領域考慮）

スキャンの断面積計測結果に補正係数 0.96 を乗じて断面減少率を算出し、この値を腐食率として扱う。

3. 2. 載荷試験結果

表-1 に載荷試験結果の一覧を示す。また、荷重と中央変位の関係を図-2 に示す。図-2 より、全ての腐食試験体で非腐食試験体 (S0-0-0 試験体) と比べ剛性およびじん性能の低下が確認された。さらに、S0b-40-0 および S0b-40-150 試験体については破壊モードが斜め引張破壊を生じたため、終局変位は著しく低下した。

非腐食試験体である S0-0-0 試験体は設計通り曲げ引張破壊を呈した。S0a-40-0 試験体については、最終的に腐食領域の鉄筋が破断して破壊に至った。

S0b-40-0 試験体については、発生した曲げひび割れは極めて少なく、低荷重レベル時から腐食領域のコンクリート腹部に発生した斜めひび割れが顕著に進展、拡幅し、鉄筋降伏後に斜め引張破壊を呈した。

S0b-40-150 試験体は S0b-40-0 試験体と同様、斜め引張破壊を呈したが、斜めひび割れを誘発する曲げひび割れ発生位置は非付着領域であった。

一方、S0b-40-300 試験体は載荷点直下に発生した曲げひび割れが卓越して拡大、進展し、腐食領域の鉄筋が降伏した後、最終的に等曲げ区間の梁上縁コンクリートが圧壊し破壊に至った。

4. 局所的な鉄筋腐食が RC はり部材に及ぼす影響

図-3 に各腐食試験体における主鉄筋が降伏した時点の曲げモーメントを非腐食試験体の降伏曲げモーメントで正規化した降伏曲げモーメント比 (My_{cor}/My) と腐食領域における平均腐食率の関係を示す。なお、降伏曲げモーメントは、鉄筋降伏時点の荷重/2 に、支点から腐食領域先端までの距離 (腐食領域が支間中央の試験体は 750mm、せん断スパン内の試験体は 450mm) を乗じて算出した。また、図中の実線は、腐食率分主鉄筋量を減少させ、曲げ理論により降伏モーメント比を求めたものである。

図-3 より平均腐食率で整理した場合、降伏曲げモ

ーメント比は理論値と比べ小さい値を示した。そこで、腐食対象領域の最大腐食率を用いて降伏曲げモーメント比を整理した場合の結果を図-4 に示す。同図に示すように平均腐食率で整理した場合に比べて理論値と実験値の差異は減少し、最大腐食率が耐荷性状に大きな影響を及ぼしていることが明らかとなった。

一方、非付着領域を設定した S0b-40-150 および S0b-40-300 試験体については、最大腐食率を用いて整理した場合でも実験値は理論値を下回っている。これは、テンションシフトの影響により、腐食領域の鉄筋に作用する力が非付着領域を有しない場合に比べて相対的に大きくなったものと考えられる。このことは、S0b-40-300 試験体と S0a-40-0 試験体の降伏荷重および最大荷重が同程度であることから、S0b-40-300 試験体の腐食領域には等曲げ区間と同程度の力が伝達されているものと推察される。

そこで、非付着領域を有する腐食試験体については、支点から載荷点側の付着劣化領域先端までの距離を用いて降伏モーメント比を算出した。その結果を図-5 に示す。非付着領域を考慮することによって、降伏荷重は曲げ理論から算出した結果と比較的良好な一致を示した。

5. 結論

以下に本研究で得られた知見を示す。

- (1) 本実験の範囲内では、局所的な鉄筋腐食を生じた場合、最大腐食率とその部材の耐荷性状に大きな影響を与えた。
- (2) 腐食領域より作用モーメントが大きい領域に非付着領域が存在し、非付着領域と腐食領域が連続している場合、局所的に腐食した領域に非付着領域の鉄筋力が伝達され、腐食率以上に降伏曲げモーメント比が低下する場合がある。

謝辞：本研究の一部はユニオンツールの助成を受けたものである。ここに感謝の意を表します。