

コンクリートの材料劣化分布が一軸RC部材の耐荷性状に与える影響に関する解析的検討

名古屋工業大学 学生会員 ○臼田 悠李

名古屋工業大学 正会員 武田 健太

1. はじめに

近年、高度経済成長期における社会基盤構造物の建設ラッシュによる劣化の顕在化が進んでいる。そのため、現在および将来における合理的な維持管理手法の確立が急務となっている。鉄筋コンクリート（以下、RC）部材あるいは構造物の構造性能を定量的に評価する方法として、有限要素法などを用いた数値解析が挙げられる。この技術を駆使した劣化部材あるいは劣化した構造物の性能評価が盛んに行なわれており、鉄筋の腐食による機械的性質の低下やコンクリートと鉄筋間の付着劣化を考慮することで、構造物の耐荷性状が解析的に評価可能であることが報告されている。しかし、コンクリートの材料劣化について考慮された解析的研究は少ないのが実情である。そのため本研究では、コンクリートの材料劣化に着目し、その分布が一軸RC部材の挙動に与える影響を解析的に検討した。

2. 解析方法

本研究では、汎用有限要素解析プログラム ATENA 3D Ver.4.3.1 を用いた。また、コンクリート部は3次元ソリッド要素（六面体一次要素；8節点）を、鉄筋は埋め込み鉄筋要素を用いて表現した。

2.1 解析モデル

本研究では、加藤らが実施した、電食により鉄筋を腐食させた長さ2000mmのRC部材の一軸引張試験結果を対象とし¹⁾、鉄筋の平均質量減少率が5.3%の部材に対して解析を行った（図-1参照）。本解析では、材料劣化を詳細に表現するため、コンクリート部および鉄筋を100mm間隔で分割してモデル化した（図-2参照）。解析上、コンクリートの圧縮強度や弾性係数、鉄筋の機械的性質には実測値を用いた。対象実験では、鉄筋としてD19の異形鉄筋が用いられていた。また、解析ケースをALL（全体劣化）、CENTER（中央1000mm区間を劣化）、HALF（固定側1000mm区間を劣化）、E100、E200、E500（それぞれ100mm、200mm、500mm毎交互に劣化）と定めた。コンクリートの総劣化領域は、ALL以外のケースで1000mmに統一した。

2.2 劣化の表現方法

コンクリートの材料劣化を、実験値を基に引張強度を低下させることで表現した。また、鉄筋の質量減少率に応じて鉄筋の機械的性質を低減することで、鉄筋腐食の影響を応力-ひずみ関係によって考慮した。鉄筋の断面積は健全時のものを使用し、コンクリートと鉄筋の付着劣化は考慮せず、両者は完全付着とした。コンクリートと鉄筋に対し、実験データを基に100mm間隔で材料劣化と鉄筋腐食の影響を考慮した。

2.3 引張破壊エネルギー

一軸引張試験の再現解析におけるコンクリートの引張破壊エネルギー（以下、 G_F と称する）の影響を確認するため、劣化させたモデルの G_F を変更したものについても検討を行う。 G_F とは、コンクリートが引張強度に達し、ひび割れが発生しながら引張力に抵抗するときに消費するエネルギーである。劣化によらず、 G_F を一定とした場合、劣化部材では引張強度を低下しているため、コンクリートの引張応力がゼロになるときのひずみが増大する。そこで、コンクリートの軟化領域における影響を確認するため、コンクリート標準示方書に記載される式(1)より求めた G_F の算定値に対し、50%低減させたモデルについても検討を行った。

$$G_F = 10 d_{\max}^{1/3} f_c' f_t' \quad (1)$$

ここに、圧縮強度を f_c' (N/mm²)、引張強度を f_t' (N/mm²)、粗骨材の最大寸法を $d_{\max}$ (mm)とした。なお、 $d_{\max}$ は20mmとした。

キーワード 有限要素解析, コンクリートの材料劣化, 鉄筋腐食, 引張破壊エネルギー

連絡先 〒466-8555 愛知県名古屋市昭和区御器所町 名古屋工業大学 TEL 052-735-7513

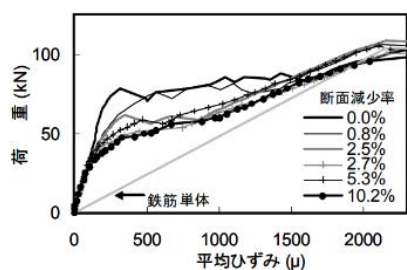
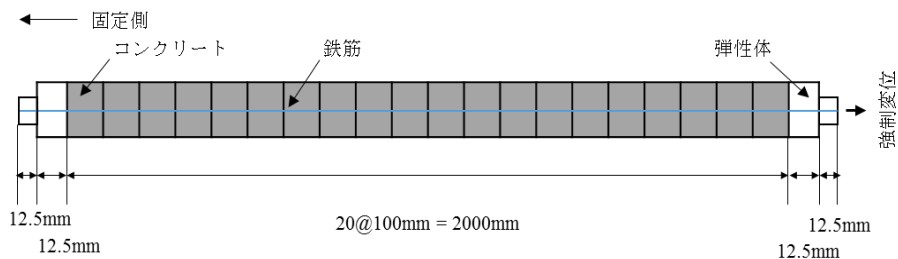
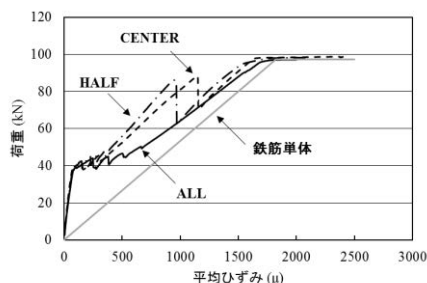
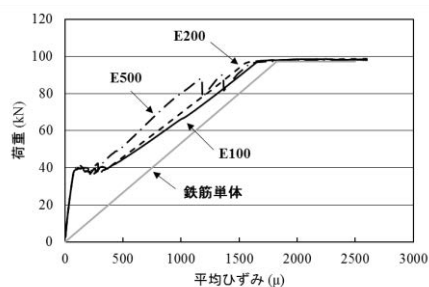
図-1 実験結果¹⁾

図-2 解析モデル

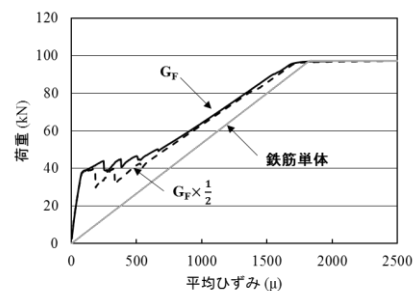


(a) ALL, CENTER, HALF



(b) E100, E200, E500

図-3 荷重—平均ひずみ関係 (コンクリートの材料劣化分布の影響)

図-4 荷重—平均ひずみ関係 (G_F の影響)

3. 解析結果

3.1 コンクリートの材料劣化分布の影響

解析によって得られた荷重—平均ひずみ関係を図-3に示す。平均ひずみは、試験体端部にて計測した軸方向変位を、試験体全長で除したものである。実験値におけるひび割れ発生荷重と鉄筋降伏荷重は、それぞれ40kN, 105kN程度と、いずれの解析値も概ね同等となった。ただし、解析値におけるひび割れ発生後の挙動に着目すると、ALLを除き健全部と劣化部の境界数が少ないほど剛性が高くなった。したがって、境界部の数が多くなるほどひび割れ発生後の剛性が低下し、実験の挙動に漸近することがわかった。

3.2 G_F の影響

G_F を50%に低減して、ALLを対象に解析を行った。図-4に、ALLにおける荷重—平均ひずみ関係を示す。 G_F の大きさによらず、部材の挙動が、ひび割れ発生後に荷重が停滞した後、鉄筋単体の荷重—平均ひずみ関係に漸近することがわかる。一方、ひび割れ発生直後の荷重に着目すると、 G_F を50%に低減した解析値が、低減前の解析値を下回っている。これは、 G_F を低減したことで、コンクリートの引張軟化曲線の初期の低下率が大きくなることが原因と考えられる。したがって、引張破壊エネルギーはひび割れ発生初期までの挙動に影響することが示された。

4. まとめ

- (1) 鉄筋腐食が生じた一軸RC部材の引張試験における解析では、コンクリートの材料劣化および鉄筋腐食の双方を表現することで、耐荷性状については概ね解析により評価可能であることが示された。
- (2) コンクリートの劣化分布は、ひび割れ発生後の挙動に影響を及ぼすことが示された。また、ひび割れ発生荷重については、材料劣化分布の影響を受けないことが示された。
- (3) 数値解析においてコンクリートの材料劣化分布を考慮する際は、健全部と劣化部の境界数に留意し、表現する必要があることが確認できた。
- (4) コンクリートの引張破壊エネルギーは、ひび割れ発生荷重に対しては影響しないが、ひび割れ発生初期までの挙動に影響を及ぼすことが示された。

参考文献

- 1) 加藤ら：鉄筋とコンクリート間の付着性能に及ぼす鉄筋腐食の影響，港湾空港技術研究所資料 1044, 2003.