

腐食鉄筋を有するRC部材の耐力低下と耐力算定式の関係について

東電設計（株） 正会員 鈴木 修一
 中央大学理工学部土木工学科 学生会員 木下 哲秀
 中央大学理工学部土木工学科 工博 正会員 大下 英吉
 東京電力（株） 正会員 福本 幸成

1. はじめに

これまで半世紀にわたりRC構造物が数多く建設されてきた。それらの構造物の多くは補修・改修時期を迎えようとしている。施設管理者には限られた予算の中での既設構造物の維持管理が求められている。それを適切に行うために、現在、官公庁、自治体及び研究機関等において、維持管理評価の枠組み構築、将来予測評価技術の精度向上等が行われている。しかし、劣化が進行し過度の鉄筋腐食やそれに伴うひび割れが生じたRC構造物の耐力低下状態を把握するための検討はあまり行われていない。そこで、本検討では塩害を対象として過度の鉄筋腐食を有するRC構造物の曲げ耐力に関して、実験と既往評価式の関係について調べた。なお、劣化の進んだ構造物の中には、せん断補強筋があまり用いられていない場合が多いことを考慮し、せん断補強筋なしのRC構造物を対象とした。

2. 鉄筋腐食を有するコンクリート部材の残存耐力評価に関する実験

2.1 実験概要

大下¹⁾らは、電食試験を行い鉄筋を腐食させたRC試験体を作成し、曲げ耐力に及ぼす鉄筋腐食性状やその発生領域の影響について実験的検討を実施した。試験供試体は、図-1に示すように寸法2100×240×200mmで、被り厚さ40mmの位置にD16(SD295)の異形鉄筋を3本配置したものである。表-1にコンクリートの配合表を示す。なお、鉄筋腐食を促進されるために練り混ぜ水に5%NaClを混入させた。検討ケースは表-2に示すように鉄筋腐食なし、腐食あり(腐食率10, 20および30%)の4水準を考えた。腐食率20%に対しては再現性を確認するため2ケースの供試体を作成し、全5ケースの曲げ試験を実施した。また同表の実測値は、試験終了後、鉄筋重量を計測し健全な鉄筋との重量差より求めた平均腐食率と部材中央部における腐食率である。実際の平均腐食率は、腐食率30%を目標としたケースは若干小さいものの、目標とした鉄筋腐食率と概ね一致している。

2.2 実験結果

図-2に各検討ケースの荷重-たわみ関係を示す。横軸は供試体中央で計測したたわみ量、縦軸は載荷荷重である。同図によれば、腐食ありは腐食なし(供試体A)に比べて最大荷重が大幅に低下する傾向が見られる。腐食率10%程度(供試体B)では約40%、腐食率20%程度(供試体C,D)では約60~70%の低下が見られる。しかし、腐食率30%程度(供試体E)では腐食なしの約50%であり、腐食率20%程度に比べてその低下率は小さい。これは、鉄筋の腐食率とコンクリートの腐食ひび割れ幅に起因するものと考えられる。図-3に示した供試体Eの鉄筋腐食率分布によれば、腐食率は場所によって大きくばらついており、スパン中央と支点との中間(525mmの箇所)では約50%にも達するのに、それ以外の箇所ではその1/2と小さい。かぶりコンクリートの腐食ひび割れ幅は、供試体C,Dに比べて全体的に小さく、鉄筋からコンクリート側表面へ向かうひび割れ長さが短いことなどが考えられる。

また、図-2によれば腐食なしは延性的な挙動であるのに対して、腐食ありでは供試体Eを除けば脆性的な挙動となっている。これは、鉄筋の腐食によって鉄筋とコンクリートの付着力が低下し、最大荷重点近傍において鉄筋の抜け出しが生じることにより鉄筋に沿った付着割裂ひび割れが支点近傍にまで達したことによる。なお、供試体Eでは、上述したように鉄筋腐食率が大きな箇所でもひずみの局所化が生じたことおよび鉄筋に沿った付着割裂ひび割れが支点から離れた箇所が生じたことにより、延性的な挙動を示したものと考えられる。

3. 実験結果と耐力評価式の関係

RC構造物の塩害劣化では塩化物イオンが鉄筋位置まで拡散すると、不導体皮膜が破壊され、酸素および水の供給のもとで鉄筋腐食が開始する。腐食した鉄筋は健全鉄筋に比べて数倍もの体積膨張が生じ、それによりコンクリ

キーワード 鉄筋腐食, 耐荷性能, 維持管理

連絡先 〒110-0015 東京都台東区東上野3-3-3 東電設計(株) TEL 03-4464-5527

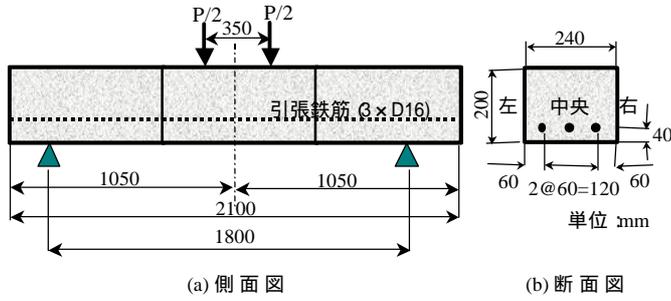


図-1 供試体概要図

表-1 コンクリートの配合表

水セメント比 (%)	単位量 (kg/m ³)				
	水	セメント	細骨材	粗骨材	AE材
60	154	256	866	1013	2.56

表-2 検討ケースと鉄筋腐食率

名称	単位 %					
	供試体 A	供試体 B	供試体 C	供試体 D	供試体 E	
目標値	0.0	10.0	20.0	20.0	30.0	
実測値	平均	0.0	10.2	18.6	19.2	26.4
	部材中央	0.0	10.9	17.4	22.5	25.8

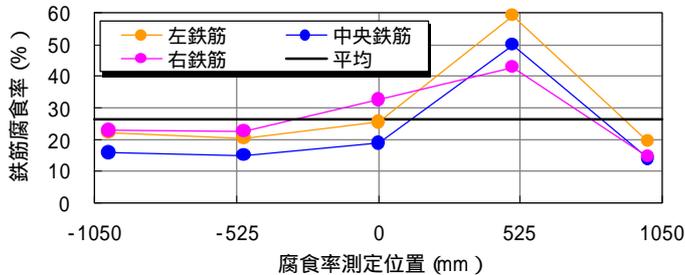


図-3 鉄筋腐食率のばらつき，供試体 E

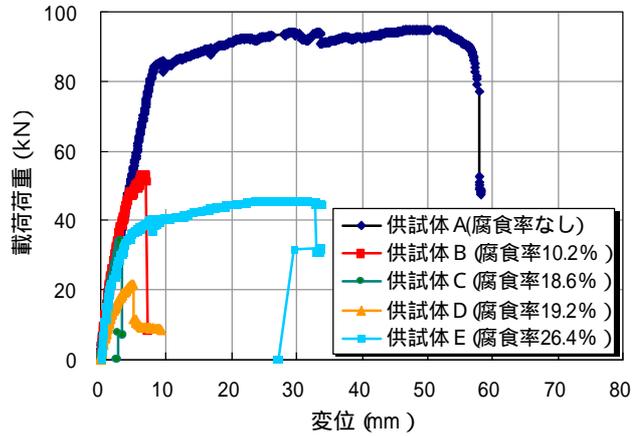


図-2 荷重 - 変位関係

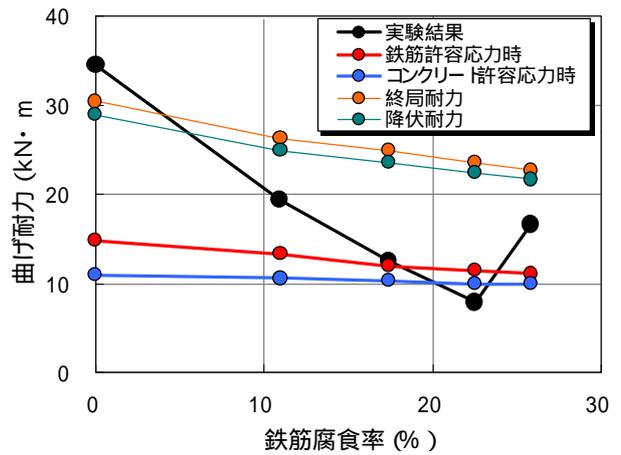


図-4 実験と評価式の耐力比較

ートに腐食ひび割れが発生する．したがって部材耐力の低下は腐食ひび割れ性状と鉄筋腐食率により生じるものと考えられる．実験における部材耐力の低下は，腐食ひび割れによる付着力の低下やコンクリートの腐食ひび割れ性状の影響であった．しかし，腐食ひび割れはコンクリート打設の際の初期欠陥や材料の不均一性の影響も大きく，これを定式化するのは非常に困難である．そこで，既往の研究²⁾のように鉄筋腐食率を変数として実験結果と耐力評価式の間を整理した．本検討では現行の限界状態設計法³⁾に基づいた構造物ではなく，許容応力度法に基づいた構造物を対象としている．そのため，許容応力度法の考え方による断面力算定方法を耐力評価式と見なした．実験結果は最大荷重時の部材最大モーメントとした．部材中央部の鉄筋腐食率を用いたときの両者の関係を図-4に示す．なお，図中には現行の設計法による終局耐力，降伏耐力も併せて示した．全体的な傾向として，腐食率 20%程度で実験結果と許容応力時の耐力（断面力）が概ね一致する傾向が得られた．腐食率 26%程度（供試体 E）の実験結果は許容応力時の耐力より大きいものの，腐食率が大きくなると腐食のばらつきが室内実験ですら大きくなることを考慮すると，腐食率 20%程度までが構造物の安全性を許容できる限界に近い腐食レベルであると考えられる．

4. おわりに

本検討によれば，許容応力度法により設計された構造物の鉄筋腐食率の限界は，鉄筋とコンクリート間の付着力も考慮すると概ね 20%程度までとの知見を得た．しかし，現行の設計法に準拠し，適切にせん断補強筋が配筋されている構造物ではかなり異なる傾向になると予想される．したがって，現行の設計法に基づく構造物に対しても本検討のように限界となる鉄筋腐食率を把握する検討も重要であると考えられる．

参考文献

1) 木下哲秀，永吉利一郎，鈴木修一，大下英吉：腐食鉄筋を有するコンクリート部材の残存耐力評価に関する実験的研究，第 32 回土木学会関東支部技術発表会講演概要集，NO.64，2005.3． 2) 大屋戸理明，西脇敬一，長谷川雅志，永岡高：長期暴露した鉄筋コンクリート梁の劣化性状と耐力，コンクリート工学年次論文報告集，Vol.23，No.3，pp.1315-1320，2001． 3) 土木学会：2002 年制定 コンクリート標準示方書，2002.3．