

(V-55) 鉄筋の腐食割合がコンクリート梁の耐荷性状におよぼす影響に関する検討

東京大学生産技術研究所 正会員 星野富夫
東京大学生産技術研究所 正会員 魚本健人

はじめに、

既往の多くの研究では、鉄筋表面に生じた錆が赤錆程度ではコンクリート梁の耐力の低下は殆ど認められないと報告されている。本研究では、鉄筋の腐食により自己破断するまで海洋暴露（15年間）した鉄筋コンクリート梁についての耐荷性状と鉄筋の腐食状態との関係や断面欠損が進行した鉄筋の強度性状等についての検討を行ったものである。

1. 実験概要

1.1 コンクリート梁の使用材料と作製

セメントには、普通ポルトランドセメント、細骨材は川砂、粗骨材は最大寸法13mmの碎石を用いた。

鉄筋には、公称直径が10mmの異形鉄筋（横ふし型、SD35、高炉品、長さ:105cm）を使用し、エポキシ樹脂塗装ならびに亜鉛めっきの場合には、ブラスト処理を行った鉄筋にそれぞれの処理を施した。

コンクリート梁は、水・セメント比：60%、単位水量：196kg/m³、スランプが8cm程度の配合のコンクリートを基準の配合とし、表-1に示すようなコンクリート梁を作製した。これらのコンクリートには、塩分（NaCl:砂×0.3%）を練り混ぜ水に溶解して添加した。また、比較の為に水セメント比が50%、70%のものも作製した。この鉄筋コンクリート梁は、10×10×110cmの矩形梁であり、その内部にかぶりを2cmとした2本の鉄筋を埋め込んだ。なお、かぶりを3cmとしたコンクリート梁も作製した。

暴露供試体は、コンクリート梁に埋め込まれた鉄筋が外側になるようにして、2本のコンクリート梁を端部のボルトにより締め付けたものであり、この際にスパン中央部のコンクリート表面に発生するひび割れ幅が0.2～0.3mm程度となるようにして締め付け、この曲げ載荷状態を保持した状態で海洋暴露試験に供した。

1.2 海洋暴露実験

海洋暴露実験は、海岸線に設置した暴露場の最高潮位から約50cmの位置の架台に、梁の長手方向が打ち寄せる波の進行方向と平行になるように固定し、1979年10月から1995年6月までの約15年間行った。

1.3 試験および分析方法

コンクリート梁の耐荷性状を調べるために、30t油圧式万能試験機により静的曲げ載荷試験を行った。試験は、スパンを90cmとする曲げ載荷試験を行ったものであり、1回目の載荷では500kgの荷重まで載荷し、2回目の載荷では梁の中央のたわみが2mmになるまでの荷重を加える試験を行った。

鉄筋の引張強度試験は、全長が104cmの部分から隣の試験に障害とならない程度の間隔で、腐食の著しい部分と最も健全な部分を2～4箇所程度選んで試験を行った。この際の鉄筋のひずみは、両端を挟み込むゲージを用いて測定した。また、鉄筋の断面積は、伸びの影響を受けていないと思われる箇所を切断し、この断面をトレースして求めた。

表-1 コンクリート梁の概要

鉄筋の種類	表示	W/C(%)	塩分	かぶり(cm)
普通鉄筋	N50-2	50	有	2
普通鉄筋	N60-2	60	有	2
普通鉄筋	N70-2	70	有	2
普通鉄筋	N60S0-2	60	無	2
普通鉄筋	N60-3	60	有	3
亜鉛めっき	Z60-2	60	有	2
エポキシ樹脂塗装	E60-2	60	有	2

key words

コンクリート梁、海洋暴露、曲げ試験、耐荷力、腐食割合

連絡先（〒106-8558 東京都港区六本木7-22-1、TEL 03-3402-6231、FAX 03-3470-0759）

2. 実験結果と考察

2.1 コンクリート梁の耐荷性状

図-1に示した普通鉄筋コンクリート梁と腐食による断面欠損が認められなかったエポキシ樹脂塗装鉄筋(E60-2)コンクリート梁の載荷荷重-たわみの関係における2mmまでのたわみでは、E60-2のコンクリート梁に対し、普通鉄筋(N60-2、N60OS-2)を用いたコンクリート梁の耐力は約2/3程度にまで低下している。これらN60-2とN60OS-2の梁の中央付近の2本の鉄筋の断面欠損率((腐食していない部分の平均断面積-引張試験後に求めた断面積)/腐食していない部分の平均断面積)の平均は33%と64%であった。

同じくかぶりが3cmのN60-3の場合には、鉄筋の断面欠損率は45%であり、かぶりの影響があるものの梁の耐力は1/2以下に低下している。また、W/Cが70%のコンクリート梁(N70-2)の鉄筋の平均断面欠損率は33%であるが、コンクリートの品質からこのような曲げ性状を示したものと考えられる。

一方、W/Cが50%の梁(N50-2)の載荷荷重-たわみの関係が、E60-2の梁とほぼ同様の傾向を示しているが、この鉄筋の平均断面欠損率は28%であった。

この図中の載荷荷重-たわみの関係で他の梁と若干異なる傾向を示しているものが亜鉛めっき鉄筋(Z60-2)であるが、この鉄筋の平均断面欠損率は19%であり、コンクリート梁の耐力は約1/4程度の低下を示している。この鉄筋の表面に発生している腐食状態は、他の鉄筋の場合とは異っていた。

2.2 腐食した鉄筋の強度特性

コンクリート梁を解体し、取り出した鉄筋の引張強度試験の結果の一例を図-2に示す。この図に示す鉄筋は、腐食が進行したN60-2のコンクリート梁の鉄筋についての引張荷重と伸びの関係を示したもので、凡例中の最後のA₀₀とは、破断箇所近辺を切断してトレースにより求めた断面積を示している。腐食が進行し断面積が減少すると伸びが著しく少なくなる事が分かる。また、図-3には引張試験を行った全ての鉄筋の断面欠損率と伸び(率)の関係を示した。この図から、鉄筋腐食により断面欠損率が5%を越えると伸びが著しく低下することが分かる。

この図から、鉄筋腐食により断面欠損率が5%を越えると伸びが著しく低下することが分かる。

3. まとめ

鉄筋腐食により断面欠損を生じた鉄筋コンクリート梁は、鉄筋の断面欠損の割合に対応して鉄筋コンクリート梁の耐力は低下する。また、鉄筋の断面欠損が5%以上となる腐食が生じた場合には、鉄筋の伸びは著しく小さくなり、明確な降伏点も示さなくなることが明らかとなった。

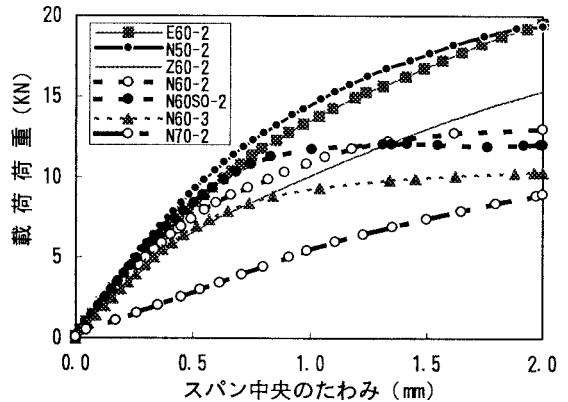


図-1 梁の曲げ載荷荷重-たわみの関係

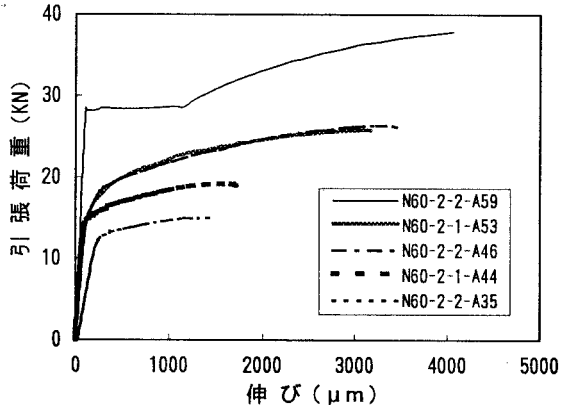


図-2 鉄筋の引張荷重と伸びの関係

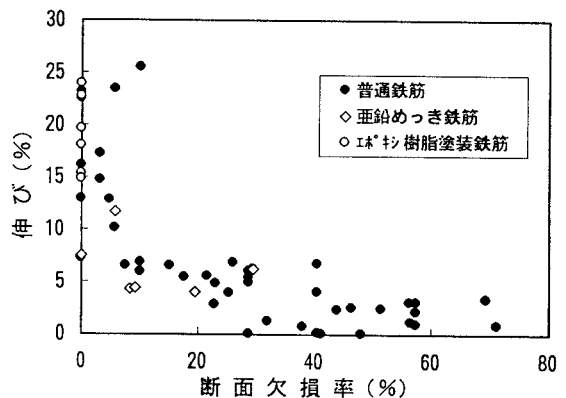


図-3 鉄筋の断面欠損と伸びの関係