

断面修復後に再び鉄筋腐食が生じた鉄筋コンクリート部材の力学特性

コンクリート研究室 伊阪 陵代

指導教員 下村 匠

1 はじめに

コンクリート構造物は塩害や凍害などの劣化現象により、耐久性の低下をもたらしている。現状において既存構造物の維持管理では、現実に著しい劣化が進行した構造物を対象としなければならない場合もある。以上のことから劣化後の構造性能を評価することはすでに興味ある研究課題となっている。

昨年度の研究で能生川橋の載荷試験を行い、実験室レベルでは得られない多くの有益な情報を得た。能生川橋は、日本海沿岸において約 80 年間塩害環境に晒され、著しく塩害劣化した鉄筋コンクリート道路橋である。劣化の程度が異なる桁 2 体の載荷試験の結果、鉄筋重量減少率が平均 14%の桁の残存曲げ耐力は健全時の推定値と比較してほとんど低下が見られなかったが、平均 24%腐食した桁では鉄筋継手の定着不良が生じ、耐力は健全時の約 5 割となった。載荷試験前の状態では、2つの桁の劣化診断に大きな評価の差はなく、現在の劣化診断では定量的な評価がなされていないと考えられた。

本研究では、構造物の維持管理における定量的な評価を目的として、能生川橋の載荷試験結果を基に実構造物における最も力学特性に影響を与える因子の検討を目的とした載荷試験を行った。図-1 に能生川載荷試験における荷重-変位関係のグラフを示す。

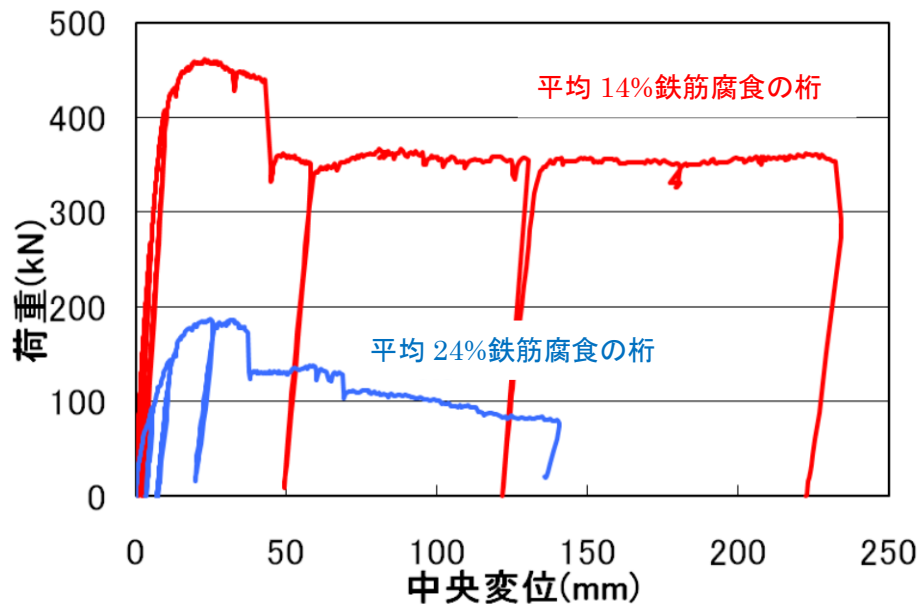


図-1 荷重-変位関係

2 実験概要

2.1 試験体概要

RCはり試験体の形状と寸法，配筋を図-2に示す。本試験では，各種劣化要因における個別の影響と複合した影響を想定し網羅的に行うことで，個別の場合による影響と複合した場合による影響の検討を行った。

2.2 電食試験

腐食の導入は，鉄筋ごと腐食量を調整できることから電食を用いた。表-1に試験体の目標質量減少率を示す。主鉄筋の質量減少率を15%としたケースと再劣化を行う質量減少率を30%腐食したケースを設定した。

2.3 腐食ひび割れ調査

試験体の側面と底面において，腐食ひび割れ状況，腐食ひび割れ幅の調査を行った。

2.4 曲げ載荷試験

曲げ載荷試験は2点載荷を行った。

2.5 腐食量調査

鉄筋は除錆処理の後，電食前後の重量から質量減少率を算出した。また，ノギスを用いた鉄筋の最小径測定より，健全鉄筋の最小径を基準に断面減少率を算出した。

2.6 試験要因

本試験では，表-1に示す試験要因を検討する。

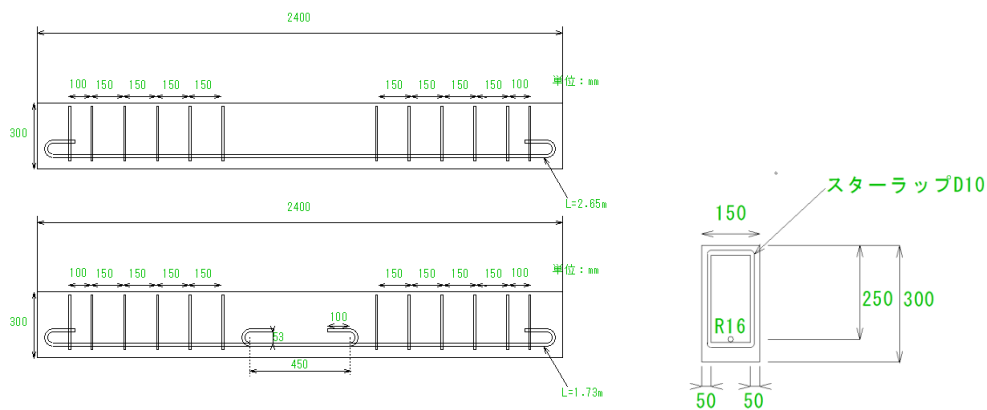


図-2 試験体形状

表-1 試験要因

記号	試験要因			
	鉄筋継ぎ手	断面補修	電食	再劣化
A	×	×	×	×
B	×	○	×	×
C	×	×	○	×
D	×	○	○	×
E	×	○	○	○
F	○	×	×	×
G	○	○	×	×
H	○	×	○	×
I	○	○	○	×
J	○	○	○	○

3 曲げ載荷試験結果および考察

3.1 個別の劣化要因による影響

3.1.1 重ね継ぎ手

試験体A, 試験体Fを比較することで, 重ね継ぎ手のみによる耐力低下の影響について検討を行った。図-3 に示す結果から重ね継ぎ手のみによる耐力に影響はないことが示された。

3.1.2 断面修復

試験体A, 試験体Bを比較することで, 断面修復のみによる耐力低下の影響について検討を行った。図-3 に示す結果から断面修復のみによる耐力に影響はないことが示された。

3.1.3 鉄筋腐食

試験体A, 試験体Cを比較することで, 鉄筋腐食のみによる耐力低下の影響について検討を行った。図-3 に示す結果から鉄筋腐食のみによる耐力に影響はないことを確認した。

上記に示した結果から個別の劣化要因による耐力低下はないことが示された。

3.2 複合した劣化要因による影響

3.2.1 重ね継ぎ手と断面修復

試験体A, 試験体Gを比較することで, 重ね継ぎ手と断面修復が複合した場合の耐力低下の影響について検討を行った。図-4 に示す結果から重ね継ぎ手を有していても, 重ね継ぎ手が健全な状態であれば断面修復を行っても耐力に影響はないことが示された。

3.2.2 重ね継ぎ手と鉄筋腐食

試験体A, 試験体Hを比較することで, 重ね継ぎ手と鉄筋腐食が複合した場合の耐力低下の影響について検討を行った。図-4 に示す結果から重ね継ぎ手が鉄筋腐食により15%程度断面減少することで, かぶりコンクリートが損傷し, 重ね継ぎ手の定着不良が生じ耐力に著しい影響を与えることが判明した。

3.2.3 断面修復と鉄筋腐食

試験体A, 試験体Dを比較することで, 断面修復と鉄筋腐食が複合した場合の耐力低下の影響について検討を行った。図-4 に示す結果から鉄筋腐食により15%程度鉄筋の断面減少がある試験体を断面修復することによる著しい耐力低下はないことが示された。

3.2.3 重ね継ぎ手と断面修復と鉄筋腐食

試験体A, 試験体H, 試験体Iを比較することで, 重ね継ぎ手と断面修復と鉄筋腐食が複合した場合の耐力低下の影響について検討を行った。図-5 に示す結果から鉄筋腐食が同程度の場合, 断面修復を行うことでかぶりコンクリートの損傷が消失し, 再び鉄筋の定着を回復することが判明した。

3.2.4 重ね継ぎ手と断面修復と鉄筋腐食と再劣化

試験体A, 試験体E, 試験体I, 試験体Jを比較することで, 再劣化による影響について検討を行った。図-5 に示す結果から再劣化することでかぶりコンクリートが損傷し再び定着不良が生じることが判明した。この結果は, 能生川載荷試験の平均24%鉄筋腐食の桁(図-1 参照)の結果と同等のものである。

上記に示した結果から劣化要因が限られた条件で複合した場合に、著しい耐力低下を示すことが確認できた。

3.3 まとめ

載荷試験の結果より、各劣化要因は個別のみによる影響はないが、限られた条件で複合した場合に著しい耐力低下をもたらすことが判明した。

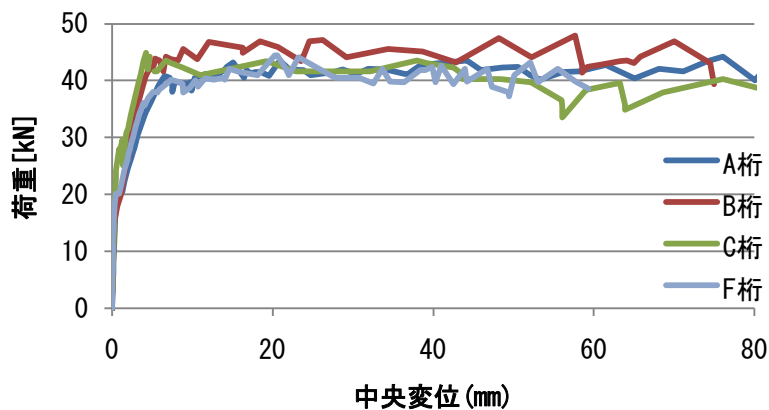


図-3 個別の劣化要因(荷重 - 変位)

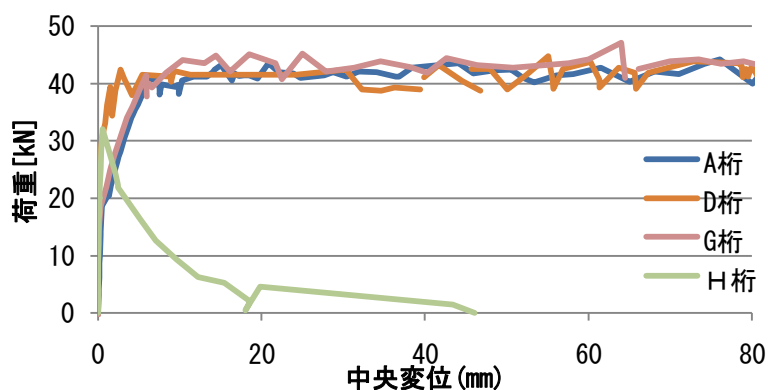


図-4 複合した劣化要因 1(荷重 - 変位)

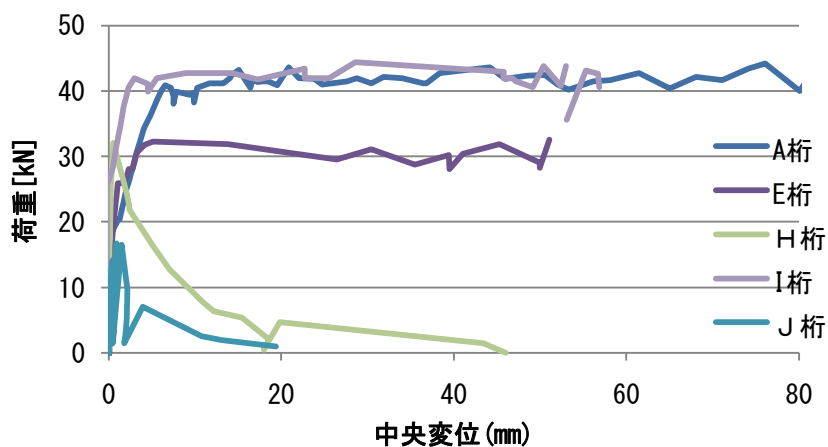


図 - 5 複合した劣化要因 2(荷重 - 変位)

4 腐食量調査結果と能生川橋の再検討

4.1 腐食量調査結果

各試験体の断面減少率と腐食ひび割れ幅の関係を図 - 6 に示す。断面減少率と腐食ひび割れ幅には、相関が見られ断面減少率の増加と共に腐食ひび割れ幅も増加する比例関係がある。

4.2 能生川橋の再検討

能生川橋の平均断面減少率と定着長についての関係を図-7 に示す。本試験において、定着不良が生じた試験体Hの結果を軸として、結果を比較した所、鉄筋重量減少率が平均 14% の桁は、平均が 15%以下であり、鉄筋重量減少率が平均 24%の桁は、平均が 15%をはるかに超える結果であった。この結果から鉄筋重量減少率が平均 24%の桁のみ耐力低下が起きたことが示された。

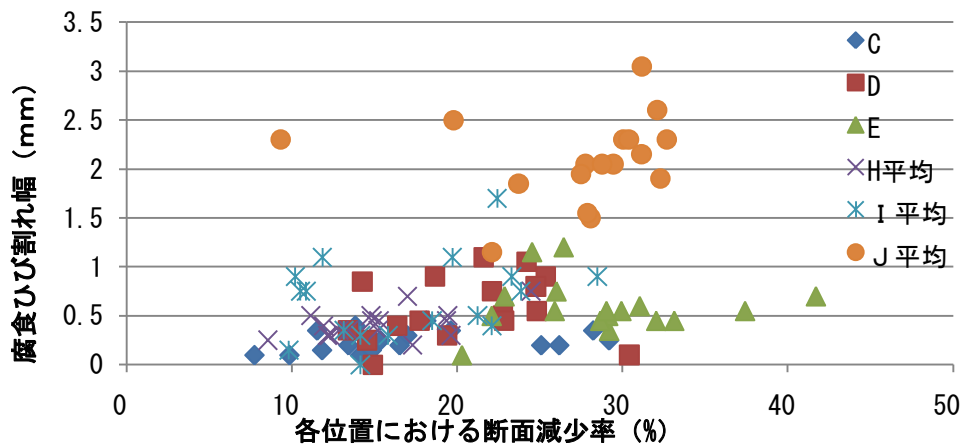


図 - 6 腐食ひび割れ幅と断面減少率

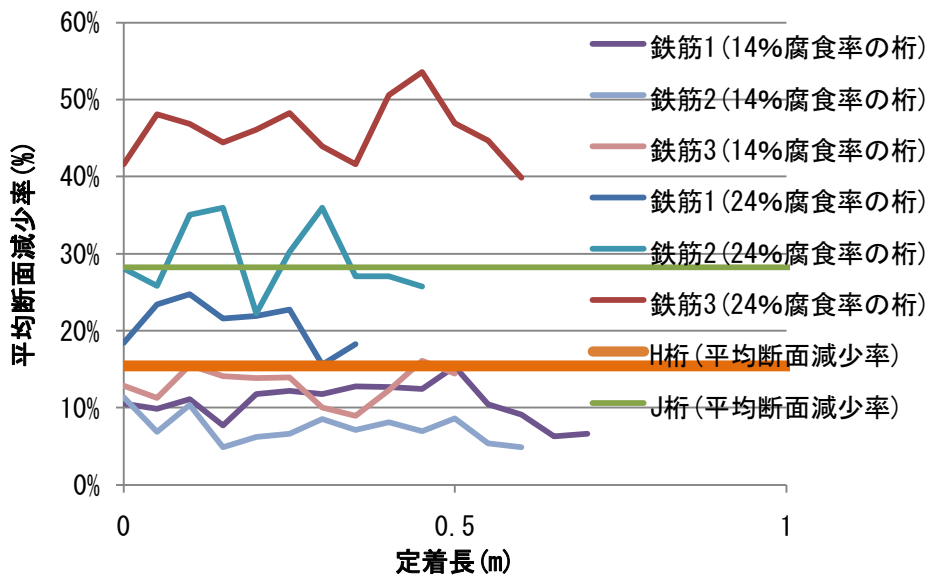


図 - 7 能生川橋の平均断面減少率

5 まとめ

本試験の結果から以下を示す。

- 旧基準の重ね継ぎ手を使用しても健全な状態であれば、引張伝達力を確保できる。
- 重ね継ぎ手を有している構造物は 15%程度の鉄筋腐食により重ね継ぎ手の性能が低下し、かぶりコンクリートが損傷することで定着不良が生じ、腐食率以上の耐力低下をもたらす。
- 重ね継ぎ手の性能が低下した場合でも、適切な断面修復を処置することで十分な引張伝達力を回復できる。
- 能生川橋の平均断面減少率と本試験において、定着不良を生じた試験体の平均断面減少率の結果から、平均断面減少率が 10%程度であると定着不良が生じず、20%を超えると定着不良が生じると示唆される。

本研究を通して、能生川橋の 2 つの桁において耐力低下が生じた原因を解明することができた。今後、この結果を生かして重ね継ぎ手の定着不良が生じる鉄筋の断面減少率を把握することで、補修などの維持管理に役に立つと考えられる。