収縮・クリープと鉄筋腐食進行の併用が RC ラーメン高架橋の水平耐力等に与える影響

公益財団法人鉄道総合技術研究所 正会員 〇角野 拓真 佐藤 浩二 渡辺 健 田所 敏弥

1. 目的

RC ラーメン高架橋には、供用中の収縮やクリープ等によってひび割れが発生する.また、ひび割れからの劣化因子の進入や、中性化等によって鉄筋腐食が徐々に進展する場合がある.本研究では、RC ラーメン高架橋の経過年数、鉄筋腐食開始材齢、収縮・クリープ量を変数として、ひび割れと鉄筋腐食が同時に進行した構造物の、水平方向への漸増載荷時の耐荷力と剛性への影響について、3次元有限要素解析を用いて検討を行った.

2. 検討概要

(1) 解析の条件

FEM は, 汎用構造解析コード DIANA10.0 ¹⁾を用いた. 図1.表1に検討に用いたRCラーメン高架橋の概要と材 料特性を示す. 対象は、地中部より上部の構造を橋軸 方向に 2 等分した 1/2 モデルである. **図 2** に要素分割状 況,加力方向および鉄筋の腐食位置を示す。なお、本 検討では全ての柱下面を XYZ 方向に完全拘束しており、 実構造物との拘束状態に相違がある。コンクリートの 応力-ひずみ関係は、Hordijk 曲線(引張特性)と Parabolic 曲線(圧縮特性)を使用した. 鉄筋は, 埋込 み鉄筋要素を用いてモデル化し、応力-ひずみ関係は、 降伏強度に達するまでは弾性とし、降伏強度に達した 後は剛性が初期剛性 E_sに対する 0.01 倍に変化するバイ リニアモデルとした. 鉄筋とコンクリートの付着構成 則は、**図3**に示す式²⁾を用いて、鉄筋の断面積の減少に 合わせて付着応力を低減している. また, 式中の a, b はそれぞれ a=1, b=4 とし, s_1 , s_2 は, 鉄筋の腐食率と 付着力低下の程度を関連付けた研究 3 を参考に, s_{i} =0.1, $s_2=0.8$ mm とした. ただし、解析ソフトの制約上、鉄筋 の断面欠損率 30%では、 $\tau_{max}=0.1$ N/mm² としている.

(2) 検討ケース

表 2 に、今回の検討ケースを示す。本検討では、経 過年数(鉄筋腐食と収縮クリープの進行)、収縮・クリ ープ式の違い、鉄筋の腐食時期をパラメータとして検 討を行った。経過年数は 1、50、100 年とし、経過年数 に応じた収縮・クリープと鉄筋腐食を考慮した. 鉄筋腐食は,1年で0%,50年で15%,100年で30%の鉄筋断面積を減少させた. また,それぞれの年数が経過した後に,水平方向への漸増載荷によって水平耐力(加力の合計)と剛性を確認した.

鉄筋の腐食開始材齢は、10、30、50、70、100年の概ね20年毎に段階的に鉄筋断面積を減じる方法と、漸増載荷直前の50年または100年に、総じて鉄筋断面積を減じる方法で比較を行った。

収縮ひずみおよびクリープ係数は、 \mathbf{Z} **4**, \mathbf{Z} **5** に示すモデル \mathbf{A}^{4} とモデル \mathbf{B}^{5} を用いることで比較を行った.

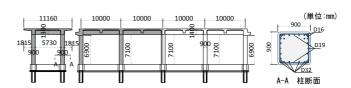


図1 解析対象とする RC ラーメン高架橋



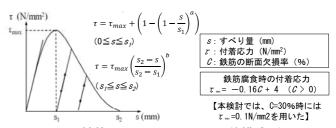


図3 鉄筋とコンクリートの付着構成則

表 2 検討ケース

ケース	経過年数(年)	乾燥収縮・クリープ式	鉄筋の腐食時期	載荷直前の鉄筋の 断面欠損率(%)
1	1	モデルA ⁴⁾	・ 段階腐食※1	0
2	50			15
3	100			30
4	1	モデルB ⁴⁾		0
5	50			15
6	100			30
7	1	モデルA ⁴⁾	まとめて腐食※2	0
8	50			15
9	100			30
10	1	モデルB ⁴⁾		0
11	50			15
12	100			30

- 経過年数100年では10,30,50,70,100年目に段階的に断面欠損(0.3%/年) ※2: 漸増載荷直前に、経過年数分をまとめて断面欠損(0.3%/年×経過年数)

キーワード RC ラーメン高架橋、鉄筋腐食、クリープ、収縮、水平耐力

〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38 (公財) 鉄道総合技術研究所 構造物技術研究部コンクリート構造 TEL042-573-7281

3. 検討結果と考察

(1) 鉄筋腐食の影響

図5に、ケース1~3の漸増載荷時の荷重-変位関係を示す. 柱の軸方向鉄筋の降伏以降の水平耐力は経過年数に応じて大きく低下するのに対し、鉄筋の降伏以前の柱の剛性に大きな差はなかった.

(2) 収縮・クリープ式の影響

図7に、モデルAを用いたケース1~3とモデルBを 用いたケース 4~6 を示す. 鉄筋腐食が生じていない 1 年目のケース1とケース4で比較すると、モデルBは 剛性がやや低下するものの、水平耐力の大きさは、ほ ぼ等しくなった. また, モデル B を用いたケース 5, 6 では、モデルAを用いたケース2、3に対して大きく剛 性が低下した.一方で、ケース5とケース6を比較す ると、剛性に大きな差は無かった. これは、図 4,5 に 示すようにモデル A の収縮やクリープが収束した後も, モデル B では進行するため、図 8 b) に示すようにひび 割れが卓越して発生し、コンクリートの剛性が低下し たことが原因と考えられる. また, モデル B の収縮・ クリープは50年までに大きく進行するが、50年~100 年では緩やかに進展するため、これがケース 5 (50年) とケース6(100年)の剛性に、差が見られない原因と 考えられる. なお, 水平耐力の大きさは, モデル A と モデルBで差があるものの、図9に示す水平変位350mm での水平耐力比(50年または100年目の水平耐力/1 年目の水平耐力)で比較すると、水平耐力の低下の傾 向は概ね一致した. このことから, 水平耐力の低下傾 向に対しては、モデルAとモデルBの違いによる影響 は小さいと考えられる.

(3) 鉄筋腐食時期の影響

図 10 に、段階的に鉄筋断面積を減じたケース 4~6 と、漸増載荷直前にまとめて鉄筋断面積を減じたケース 10~12 の漸増載荷時の水平耐力-変位関係を例示する. 鉄筋腐食時期の違いによって、水平耐力-変位関係には差が見られなかった. なお、ケース 7~8 も段階腐食させたケース 1~3 との違いは見られなかった. このため、収縮・クリープ後に鉄筋の断面積を減じる方法で、RC ラーメン高架橋の水平耐力や剛性を評価できる可能性があることが分かった.

4. まとめ

(1) モデル B は、モデル A に比べ、収縮・クリープが 進展する 50 年目での剛性が大きく低下するが、両

式の水平耐力の低下傾向は概ね一致する.

(2) 鉄筋腐食時期の影響は小さく、収縮・クリープ後に鉄筋の断面積を減じる方法で、水平耐力等を評価できる可能性がある.

参考文献

- 1) DIANA-10.0 User's Manual –Material Library first ed.2015.12
- 2) 鈴木暢恵, 三木朋広, 二羽淳一郎: 格子モデル解析による 損傷 RC はり部材のせん断耐荷機構の評価, コンクリート 工学年次論文集, Vol.28, No.2, pp235-240, 2006.7
- 3) 加藤絵万,岩波光保,横田弘,伊藤始,佐藤文則:鉄筋と コンクリートの付着特性に及ぼす鉄筋腐食の影響,港湾空 港技術研究所資料, No.1044, 2003.3
- 4) 鉄道総合技術研究所編:鉄道構造物等設計標準・同解説コンクリート構造,丸善,2004.4
- 5) 土木学会: コンクリート標準示方書[設計編], 2013.3

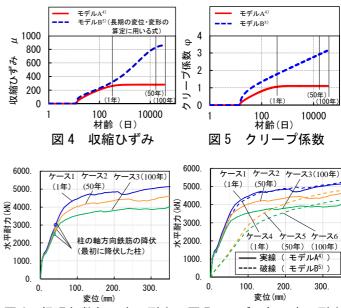
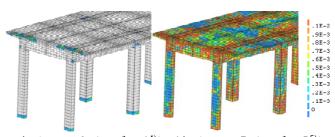


図6 経過年数毎の水平耐力 図7 モデル毎の水平耐力



a) $f-x = (x + x^{4})$ b) $f-x = (x + x^{5})$

図8 50年目の載荷直前のひび割れひずみコンター

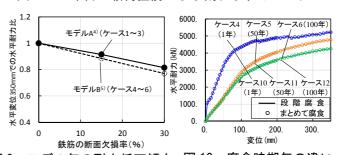


図9 モデル毎の耐力低下傾向 図10 腐食時期毎の違い