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 DIANA10.0¹⁾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。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, s₁=0.1, s2=0.8mm 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, *t*_{max}=0.1N/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、図4、図5に示す モデルA⁴とモデルB⁵を用いることで比較を行った.



· · ^	祖迥千奴(牛)	ギム水和和フランス	<u></u>	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

※1:経過年数50年では10,30,50年目に段階的に断面欠損(0.3%/年)

- 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8b)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