

PC ラーメン箱桁橋の破壊モードに関する解析的検討

鹿島建設(株) 正会員 ○藤代 勝
中日本高速道路(株) 正会員 酒井修平 正会員 野口彰宏

1. はじめに

PC 連続ラーメン箱桁橋である長野自動車道岡谷高架橋において、今後の維持管理方法を検討している。本橋では、一部の箇所では PC グラウトの充填不良が確認されており、それらの鋼材が損傷した場合の耐力および破壊性状を把握することを目的に実橋モデルでの解析的検討を行った。解析にはコンクリートの破壊までの挙動を精緻に把握できる非線形解析モデルを使用した。本報告では、特に PC グラウト不良が発生しやすいウェブに配置される連結ウェブ鋼材と片持ち張出し架設工法で建設された連続ラーメン橋の耐力への影響が大きいと考えられる張出し鋼材が損傷したケースの検討結果について述べる。

2. 解析的検討方法

本検討では、破壊に至る主桁の挙動を解析的に確認するため、コンクリートのひび割れ、降伏、終局へと至る鉄筋コンクリート構造物の巨視的応答の追跡が可能な非線形 RC 構造解析システムを三次元に拡張し、鉄筋コンクリート構造物のひび割れと鉄筋降伏以降の損傷を評価することができる構造解析システム (COM3^{1), 2)} を用いた。この解析モデルでは、複数の微細なひび割れの挙動を有限体積上で平均化し、有限要素の平均ひずみ-平均応力関係 (分散ひび割れモデル) で規定している。

検討対象は、図-1 に示す橋長 593m、最大支間長 148m、上下線一体 3 室断面の全幅 21.4m の PC5 径間連続ラーメン箱桁橋のうち、最大支間となる P6-P7 橋脚間とした。解析モデルは、図-2 に示す半断面モデルとし、上床版、ウェブ、下床版を実構造と同様な形状にソリッド要素でモデル化した。各部位に配置されている鉄筋は、要素ごとに三方向の鉄筋比として空間平均化して入力した。一方、PC 鋼材は、張出し鋼材、張出しウェブ鋼材、連結ウェブ鋼材、連結底版鋼材、ウェブに配置された鉛直鋼材の全てを非線形部材としてモデル化した。境界条件は、柱頭部の橋軸方向端部を完全固定とし、柱頭部下面の橋脚接続部を鉛直支持とした。荷重は、自重の漸増载荷とした。解析ケースは、PC 鋼材が全て健全なケースを基本ケースとし、図-3 に示す PC 鋼材の各配置タイプ (張出し鋼材、張出しウェブ鋼材、連結ウェブ鋼材、底版鋼材、鉛

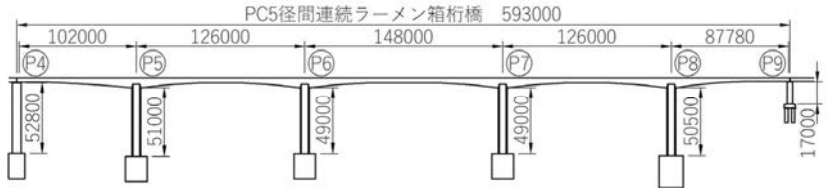


図-1 岡谷高架橋側面図

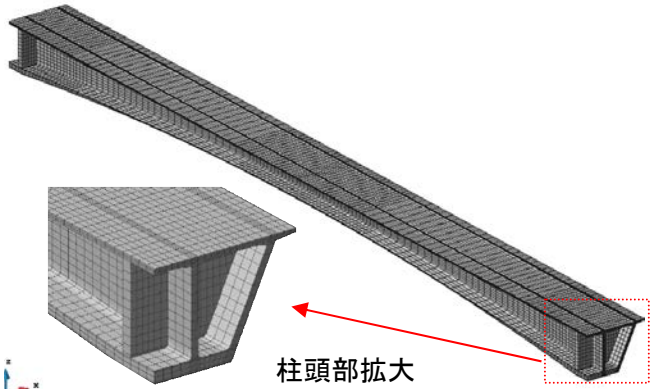


図-2 解析モデル

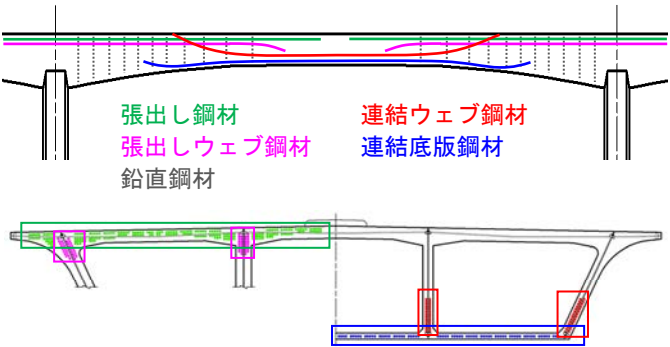


図-3 PC 鋼材の配置タイプ

表-1 検討ケース

項目	解析の想定	内容
基本ケース	PC鋼材が全て健全な状態	設計図面の通り
Case1	連結ウェブ鋼材の劣化	50%断面減少
Case2	張出し鋼材の劣化	20%断面減少

キーワード PC ラーメン橋、非線形 FEM 解析、COM3、破壊モード

連絡先 〒107-8502 東京都港区赤坂 6-5-30 鹿島建設(株) 土木設計本部 橋梁グループ TEL03-6229-6660

直鋼材) の PC 鋼材が劣化した場合を想定した。本報告では表-1 に示す 3 ケースの比較検討結果について報告する。

3. 検討結果

自重漸増載荷率とスパン中央の変位関係を図-4 に示す。載荷率 100% は設計荷重時の状態を表し、それ以降の漸増載荷による変位を示す。基本ケースの健全状態では、載荷率が 460% 付近で変形挙動が急激に変化した。この時点で柱頭部の張出し鋼材が降伏ひずみに達して急激に大きく変化していることから、負曲げによって柱頭部上縁側のひび割れが大きく開口したと想定される。曲率が大きくなることで下床版の圧縮領域が局所化したためと考えられる。基本ケースの載荷率 400% 時の変形図を図-5 に、最小主応力および最大主ひずみのコンター図を図-6 に示す。両端固定梁と同様の変形形状となり、柱頭部上縁側と支間下縁側に引張域が確認できる。また、終局に至る過程で支間 1/4 付近のウェブにせん断の影響と思われる引張ひずみが大きくなる領域が確認された。

連結ウェブ鋼材の劣化を想定した Case1 は、基本ケースと荷重-変位関係の差異はなかった。支間の下縁側の曲げ引張に対する抵抗が小さくなると考えられるが、連結底版鋼材も多く配置されており耐荷性能には大きな影響がない結果となった。

一方、張出し鋼材の劣化を想定した Case2 では、基本ケースに比べて変形の急変点が早く表れ、耐荷力の低下もみられた。これは、本橋が片持ち張出し架設工法で施工されており、死荷重の主桁の

曲げモーメント分布が両端固定梁とは異なり片持ち梁の曲げモーメント分布に近く、柱頭部付近の張出し鋼材および下床版コンクリートの圧縮応力に対し余裕が他の部位より小さいことが要因と考えられる。

4. おわりに

自重漸増載荷に対する変位の挙動は自重の 4 倍程度までは変形が線形で推移する結果となり、この条件下では自重に対する耐荷力は十分な余裕がある結果となった。今後、他の配置タイプのケーブル損傷による影響についても検討を行い、ひずみが変化する兆候から損傷が発生する部位を抽出して、モニタリングや点検の着目点などの維持管理手法への活用を試みる予定である。

謝辞：本解析検討を行うにあたり、山梨大学教授 斉藤成彦先生にご指導をいただきました。ここに深く感謝の意を表します。

参考文献

- 1) K.Maekawa, A.Pimanmas, H.Okamura : Nonlinear Mechanics of Reinforced Concrete, SPON PRESS, 2003.
- 2) 岡村甫, 前川宏一 : 鉄筋コンクリートの非線形解析と構成則, 技報堂出版, 1991.5

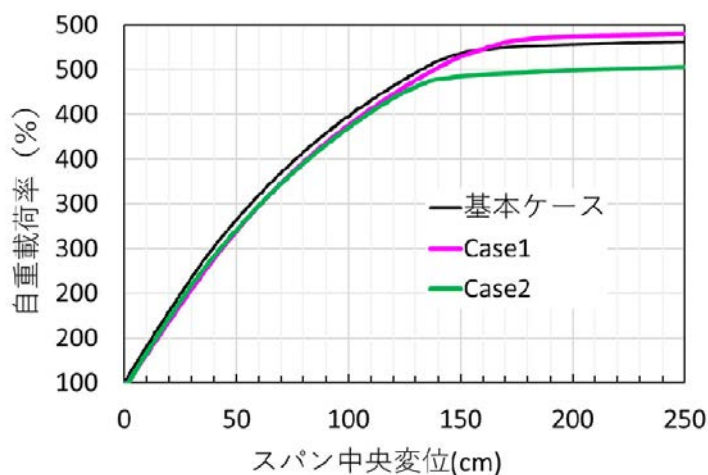


図-4 荷重-変位関係

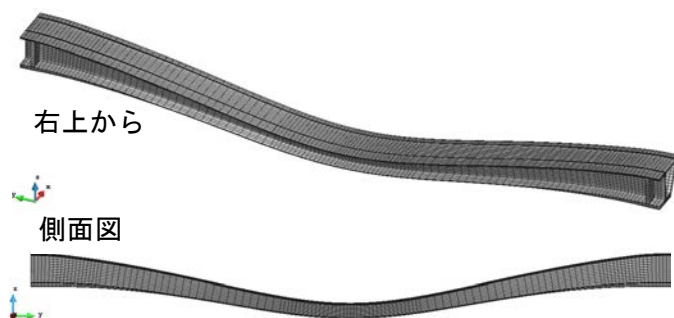


図-5 基本ケース変形図 (載荷率 400%, 変形倍率 10 倍)

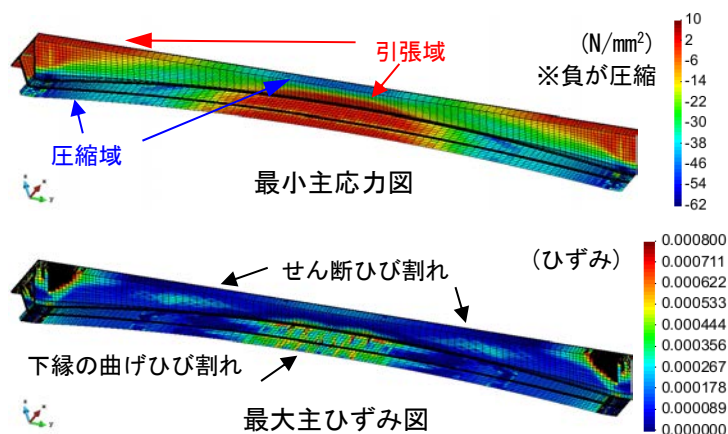


図-6 基本ケースコンター図 (載荷率 400%)