

塩害による損傷を受けた PC 主桁の耐荷力評価手法の提案

(国研) 土木研究所 正会員 石田 雅博 (国研) 土木研究所 正会員 林 克弘

(国研) 土木研究所 宇佐美 惣 (国研) 土木研究所 正会員 関口 斉治

(国研) 土木研究所 正会員 ○吉田 英二

1. はじめに

近年、高度成長期に建設された PC 橋梁において、PC 鋼材の腐食・破断等の損傷事例が報告されている。特に PC 鋼材の腐食損傷については橋全体系の安全性に重大な影響を及ぼす可能性があるため、構造物の状態を適切に調査・診断するための技術が求められている。本文では、塩害により損傷した PC 主桁を対象として、実挙動を再現するための簡易な解析モデルによる事前検討の結果を踏まえ、仮定の損傷モデルによる簡易解析を行い、損傷の種類や程度が耐荷力に及ぼす影響を把握することにより、損傷程度に応じた実用的な残存耐荷力の評価手法を提案するものである。



写真-1 対象橋梁

2. 対象橋梁

対象橋梁は、重交通の多い国道に架かる橋梁で、1978 年に竣工された橋長 30.0m の PC 単純ポストテンション T 桁橋である(写真-1、図-1)。架橋位置が海岸線に近く、塩害による損傷が生じたため補修・補強工事が実施されたが、健全状態への回復が見込まれないことから供用後 36 年を経た 2014 年に解体撤去された。本橋では、試験車両を用いた載荷試験が行われており、載荷試験結果を解析に反映することで、より再現性の高い解析のモデル化を行った。

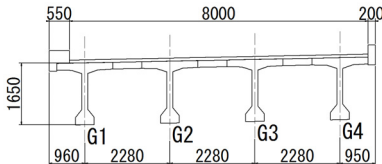


図-1 対象橋梁の一般図

3. 簡易解析によるモデル化の検討

解析モデルは、上部構造を梁要素としてモデル化した(図-2)。主桁は、曲げモーメントと曲率(以下、 $M-\phi$)の関係による非線形特性の梁要素として設定した。 $M-\phi$ の算出断面は、PC ケーブルの曲げ上げ位置等を考慮し 15 断面とした。主桁の梁要素の分割は、スターラップの位置に合わせて 300mm ピッチとした。横桁は、弾性梁部材として設定し、梁要素を 2 分割とした。床版は、主桁の梁要素の断面剛性に加算することでモデル化した。支承部のモデル化は、固定側はピン、可動側はピン・ローラーとした。なお、地覆や高欄はモデル化していない。

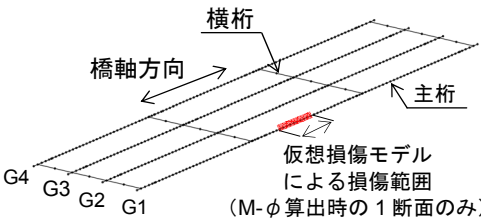


図-2 簡易解析モデル

事前検討として、静的載荷試験データが得られている対象橋梁の実測値と簡易解析による解析結果との比較により、解析モデルの妥当性を確認した。その結果、特に主桁断面の $M-\phi$ 関係の一次剛性に対して、コンクリートのひび割れによる剛性低下の影響を考慮すること、及び実橋では床版と主桁が一体化した構造となっており、独立した断面として剛性を有するものと仮定してモデル化する簡易解析よりも版に近い挙動となる傾向にあることから主桁のねじり剛性の値を高めることで載荷試験結果の挙動に近い解析結果が得られることを確認した。

表-1 仮想損傷モデルによる解析ケース

載荷位置	損傷位置	実施ケース	
		損傷の種類	損傷程度
支間中央	G1 桁	コンクリートの断面欠損	・下フランジかぶりコンクリートの欠損 ・床版間詰部のコンクリートの欠損
		鉄筋の断面損傷	断面減少率 25%
		プレストレスの減少	プレストレスの減少率 10%, 50%
	G2 桁	PC 鋼材の破断	破断本数 1 本, 2 本, 4 本, 6 本/10 本
	全桁	PC 鋼材の破断	破断本数 6 本/10 本

4. 仮想損傷モデルによる解析検討

事前検討の結果を踏まえ、対象橋梁に対し、損傷による耐荷力の低下度合いを把握するため、損傷の位置・種類・キーワード 塩害, PC 主桁, 残存耐荷力, 簡易解析, 損傷度判定

連絡先 〒305-8516 茨城県つくば市南原 1-6 (国研) 土木研究所 構造物メンテナンス研究センター
TEL 029-879-6773 FAX 029-879-6739

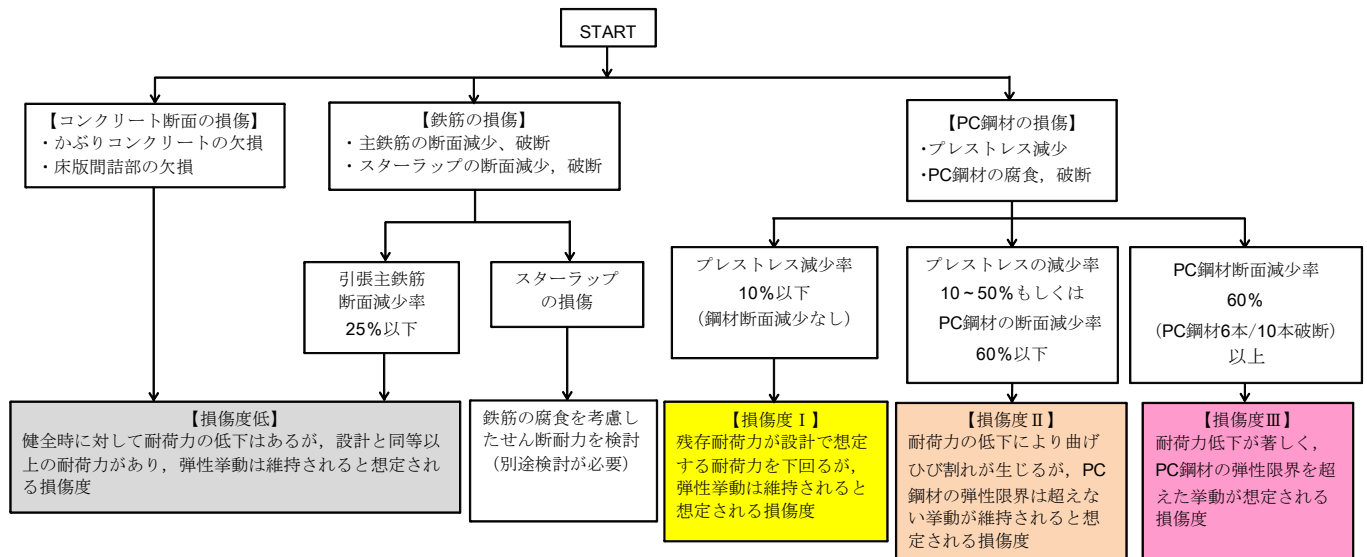


図-3 損傷度判定フロー

程度を変化させた場合の仮定の損傷モデルによる解析を実施した(表-1)。想定する仮定の損傷は、実際の損傷状況を勘案し、コンクリートの断面欠損、鉄筋の断面損傷、PC鋼材の損傷(破断と有効プレストレスの減少)とした。なお、鉄筋やPC鋼材の損傷ケースについては、かぶりコンクリートのはく落等に付随して生じるものであるため、コンクリートの断面欠損も考慮した。また、比較のために健全の場合の解析ケースも実施した。仮定損傷による損傷範囲は、荷重点直下のM-φ算出時の1断面のみとした(図-2)。解析は、支間中央にて各桁に荷重を載荷し、主桁が終局に至るまで荷重を漸増させた。

5. 耐力評価手法の提案

仮定損傷モデルの解析結果によると、コンクリートの断面欠損や鉄筋の断面減少率(25%以下)を想定した解析ケースでは耐力性能に与える影響がほとんどなく、主にPC鋼材が損傷した場合の解析ケースにおいて耐力性能が低下する傾向が見られた。これらの結果について、コンクリート、鉄筋、PC鋼材の損傷度を指標としたランク付けを行うことにより、PC主桁の残存耐力を簡易的に評価するための損傷度判定フローを整理した(図-3)。次に、この結果を荷重-変位の関係によりグラフ化した(図-4)。図-4のグラフは、支間や載荷条件の異なる橋梁にも損傷度判定の適用範囲を広げるために無次元化したものである。縦軸は、実橋での載荷試験における荷重の実測値を設計荷重で除した値とし、横軸は、同条件によるたわみの実測値をたわみの計算値により除した値とした。このグラフに、過年度に実施した相見川海浜橋の載荷試験結果¹⁾をプロットした結果、判定指標として損傷度Ⅱと推定された。当該橋梁は、PC鋼材の破断が生じていること、載荷試験中にひび割れが生じ剛性が低下していることを考慮すると損傷度の判定指標として概ね妥当な結果であることが示された。

6. まとめ

本簡易解析による損傷度判定手法は、PC橋梁の維持管理において、補修・補強対策の要否あるいは落橋等の重大損傷を未然に防ぐための安全性を判断するための一つの指標として有効な手段になり得る可能性が示された。今後は、支間や主桁本数など条件の異なる橋梁に対して検証ケースを増やし、データを蓄積することで損傷度の判定指標の精度向上が可能になると考えられる。

参考文献 1)木村嘉富, 石田雅博, 宇佐美惣, 花井拓, 本間英貴, 吉田英二, 松沢政和: 塩害により損傷を受けたポストテンションPCT桁の耐力評価, 構造工学論文集 Vol.62A, 2016.2.

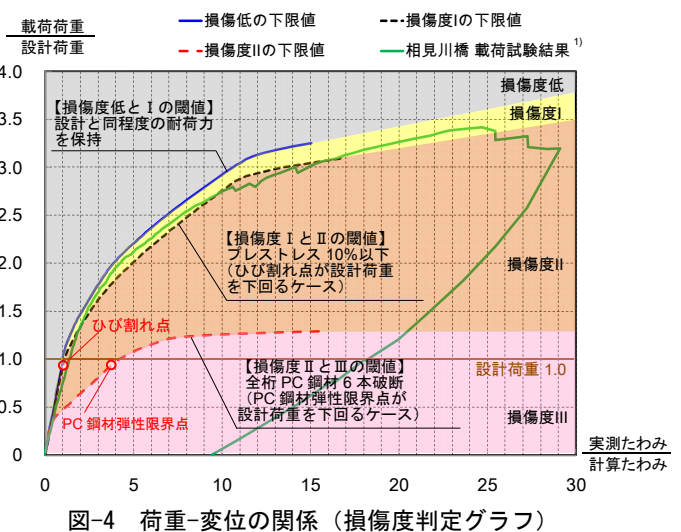


図-4 荷重-変位の関係 (損傷度判定グラフ)