

関西大学環境都市工学部 学生会員○藤村将治

関西大学大学院理工学研究科 学生会員 木野村宏昭
 関西大学環境都市工学部 正会員 堂垣 正博

1. まえがき

PC 橋の構造特性や安全性は、その点検時のトラック荷重によるたわみの計測から知ることができる。この場合、荷重載荷時のたわみから PC 桁の保有性能が正しく把握できれば、その後の維持管理に役立つ。

本研究では、点検時のたわみの計測から劣化過程下にある PC 桁の性能を評価する図 1 のような手順を考えた。図に示されているように、PC 桁の性能評価には点検によるたわみ計測に並行して劣化過程下にある PC 桁の性能を数値解析によって明らかにしておく必要がある。ここでは、既往の研究¹⁾に引き続き、劣化による PC 鋼材の断面の減少とそれに起因するプレストレス抜けを想定した単純桁の弾塑性曲げを数値解析によって明らかにし、集中荷重による PC 桁のたわみと性能との関係について検討する。

2. PC 桁の解析モデルおよび PC 鋼材と鉄筋の劣化表現

(1) PC 桁モデルと構造解析法

わが国で採用実績の多いプレテン形式の T 桁を PC 桁の対象とする。その構造諸元は大阪府枚方市を通過する府道上に架かる長ヶ嶽橋を参照に設定した。劣化度が異なる PC 桁の弾塑性曲げ挙動を汎用有限要素プログラム“MARC2012.1.0”で明らかにする。なお、解析モデルや手法、コンクリートと鉄筋の材料特性は文献 1) に譲る。また、腐食の進行による PC 鋼材の引張強度や破断伸びの減少を上原子らの研究²⁾を参考に考え、図 2 の応力-ひずみ曲線で与えた。

(2) PC 鋼材と鉄筋の劣化表現

PC 鋼材の劣化過程をその断面積の減少とそれに伴うプレストレス抜けで、鉄筋の劣化過程を断面積の減少でそれぞれ表現する。プレストレスが加えられた桁において、その力の内的つり合いを考えれば、PC 鋼材のプレストレス量 N_p が

$$N_p = \frac{E_c A_c E_s A_s}{E_c A_c + E_s A_s} \varepsilon_{s0} \quad (1)$$

から得られる。ここに、 A_c 、 A_s はそれぞれコンクリー

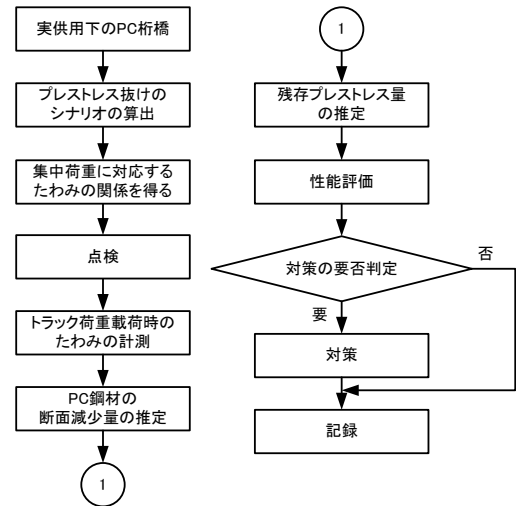


図 1 点検時のたわみを用いた PC 桁の性能評価のためのフロー

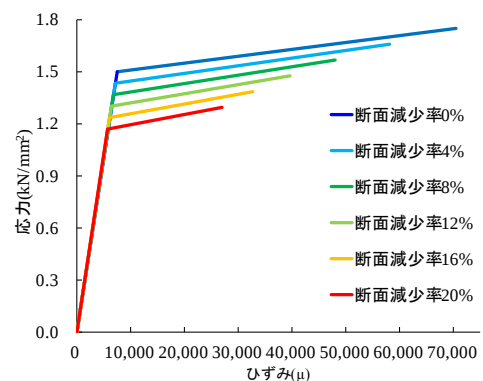


図 2 腐食の進行を考慮した PC 鋼材の応力-ひずみ曲線

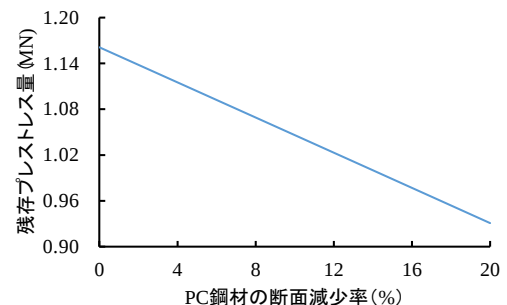


図 3 PC 鋼材の断面減少率とプレストレス量の関係

トと PC 鋼材の断面積、 ε_{s0} は緊張中の PC 鋼材のひずみ、 E_c 、 E_s はそれぞれコンクリートと PC 鋼材のヤング率である。式(1)に長ヶ嶽橋の諸量を代入すれば、残存プレストレス量と PC 鋼材の断面減少量との関係が図 3 のように得られる。図に示すように、PC 鋼材

が劣化し断面が減少すれば、プレストレス量が減る。本関係を取り入れた PC 桁の弾塑性曲げ解析を行えば、劣化過程下の PC 桁の強度と変形が明らかにされる。

3. PC 桁の弾塑性曲げ解析による性能評価

(1) 数値解析結果とその考察

PC 鋼材や鉄筋の劣化による断面の減少が PC 桁の力学的特性に及ぼす影響を明らかにするため、その弾塑性曲げ解析を行った。数値解析ケースを表 1 に示す。PC 鋼材や鉄筋の断面減少量を 0%～20% の範囲 (Case 1～Case 6) で変化させた場合、図 4 に示す桁中央の集中荷重とたわみの関係を得る。図から分かるように、劣化によって断面が減少すれば、弾性限界が下降し、PC 桁の耐力も低下する。

(2) 供用中の PC 桁における PC 鋼材の断面減少の推定

トラックによる荷重試験は、PC 桁が損傷しない弾性内の荷重で行う必要がある。そのため、弾性域に着目した荷重荷重とたわみの関係を図 4 から抽出した図 5 を用いる。本図を荷重荷重時に用いれば、対象とする桁の支間中央でのたわみ δ と PC 鋼材の断面減少率の関係が得られる。たとえば、10t から 25t までのトラック荷重を想定して PC 鋼材の断面減少率とトラック荷重によるたわみとの関係を求めておけば、図 6 を得る。対象とする PC 桁の中央にトラック荷重を静的に荷重し、たわみを計測し、図 6 中にプロットすれば、PC 桁の断面減少量が推定できる。

(3) 供用中の PC 桁における残存プレストレス量の推定

3.(2)で得られた PC 鋼材の断面減少量を図 1 の PC 鋼材の断面減少量と残存プレストレス量の関係図上に落せば、対象桁の残存プレストレス量が推定できる。

4. あとがき

点検時のたわみの計測から PC 橋の劣化度と保有性能を評価する方法を考えた。さまざまな劣化状態を想定した PC 桁の強度と変形関係を予め求めておき、その関係と定期点検時の静的荷重試験で得られる計測たわみから PC 鋼材の断面減少量や残存プレストレス量を推定する方法を示した。本法は、予算や技術者の不足が懸念される状況下で行われる簡易な荷重試験時に適用でき、経済的かつ合理的な維持管理に役立てられると思われる。

表 1 数値解析ケース

解析ケース	断面減少率 (%)	PC鋼材の断面積(mm ²)	鋼材の断面積(mm ²)	プレストレス力(MN)
Case 1	0	1115.1	198.6	1.16
Case 2	4	1070.5	190.7	1.12
Case 3	8	1025.9	182.7	1.07
Case 4	12	981.3	174.8	1.02
Case 5	16	936.7	166.8	0.98
Case 6	20	892.1	158.9	0.93

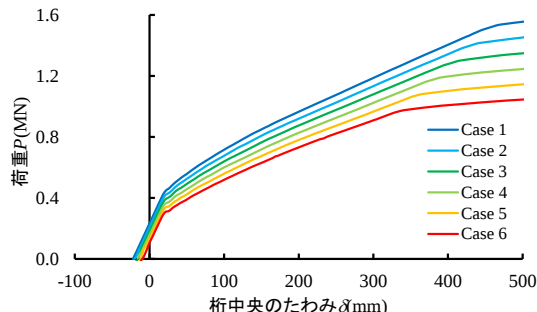


図 4 PC 桁の集中荷重に対する桁中央のたわみの関係

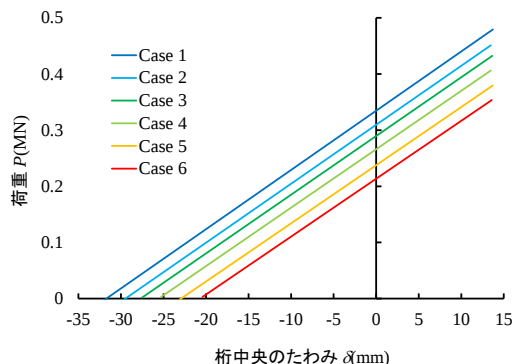


図 5 PC 桁の弾性域における荷重とたわみの関係

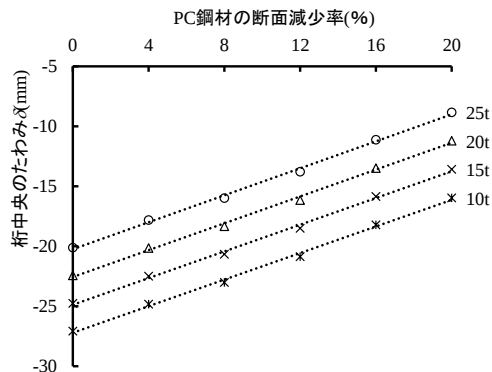


図 6 PC 鋼材の断面減少率と桁中央のたわみの関係

参考文献

- 1) 高橋和也・木野村宏昭・鶴田浩章・堂垣正博：塩害により損傷した PC 桁の耐荷力性能の評価，第 67 回年次学術講演会講演概要集，土木学会，Vol.67，V-613，pp.1225-1226，2012-9.
- 2) 上原子晶久・岩城一郎・鈴木基行：著しい塩害を受けて劣化した道路橋 PC 上部工の鋼材腐食を考慮した構造解析，土木学会論文集 E2(材料・コンクリート構造)，Vol.67，No.3，pp.333-350，2011.