

劣化過程下にある PC 桁の曲げ性能評価と維持管理

関西大学大学院理工学研究科 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 橋の耐荷性や安全性は、点検時のトラック荷重によるたわみ計測によって知ることができる。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。

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きを想定した単純桁の弾塑性曲げ解析を行い、集中荷重あるいは設計荷重が作用した場合の PC 桁のたわみと性能との関係について明らかにする。

2. PC 桁の維持管理流れとその解析モデル

(1) PC 桁の維持管理の流れ

本研究では、点検時のたわみ計測から劣化過程下にある PC 桁の性能を評価する手順を図1のように考えた。劣化過程下にある PC 桁の荷重とたわみの関係を数値解析によって予め求めておけば、点検時のトラック荷重によるたわみ計測からその性能を評価できる。

(2) PC 桁モデルと構造解析法

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 PC 桁とする。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。その際に、桁に作用する荷重として、単純桁の死荷重とプレストレス力 N_p に加え、図2に示す荷重(a)、荷重(b)をそれぞれ漸増的に与えた。荷重(a)は桁中央の集中荷重 P に対応する鉛直変位で与え、トラック荷重が作用する PC 桁の変位を知るために与えた。また、荷重(b)は平成14年度版道路橋示方書で規定される L 荷重を α 倍したものであり、PC 桁の性能が設計時に比べてどの程度低下しているかを知るために与えた。なお、解析モデルや手法、コンクリートや PC 鋼材、鉄筋の材料特性は文献1)に譲る。

(3) 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

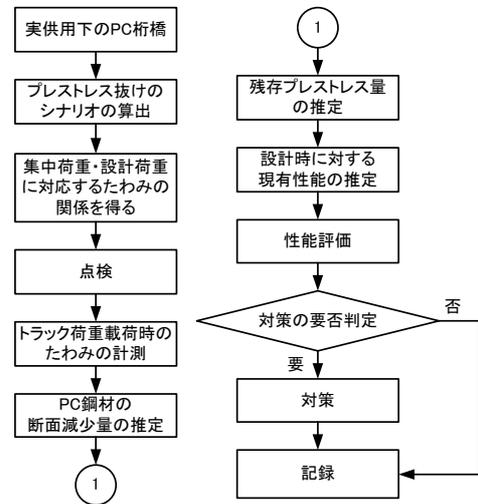


図1 点検時のたわみを用いた PC 桁の維持管理の流れ

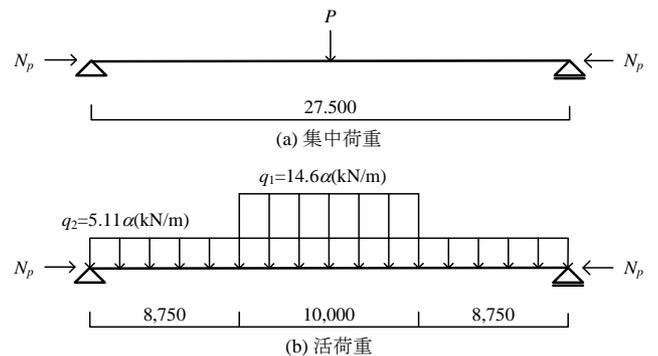


図2 PC 桁に載荷された荷重モデル

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

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

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。

キーワード：弾塑性曲げ解析, PC 桁, プレストレス抜け, 腐食, 性能評価, 荷重載荷試験

連絡先：〒564-8680 大阪府吹田市山手町 3-3-35 TEL.06-6368-0882 FAX.06-6368-0882

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

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、荷重(a)と荷重(b)をそれぞれ PC 桁に載荷し、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。荷重(a)に関して、載荷荷重と桁中央のたわみの関係を図 4 に得る。また、荷重(b)に関して、L 荷重の荷重係数 α と桁中央のたわみの関係を図 5 に得た。

(2) 供用中の PC 桁における PC 鋼材の断面減少の推定

図 4 を荷重載荷時に用いれば、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載荷し、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 3 の PC 鋼材の断面減少量と残存プレストレス量の関係図の上に乗れば、対象桁の残存プレストレス量が推定できる。

(4) 供用中の PC 桁の設計荷重に対する性能評価

3.(2)で得られた PC 鋼材の断面減少率を図 5 の PC 桁の荷重係数 α と桁中央のたわみの関係図と比較すれば、対象 PC 桁の性能が設計時からどの程度低下しているかが推定できる。

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載荷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、また、対象 PC 桁の性能が設計時からどの程度低下しているか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載荷試験時に適用でき、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。

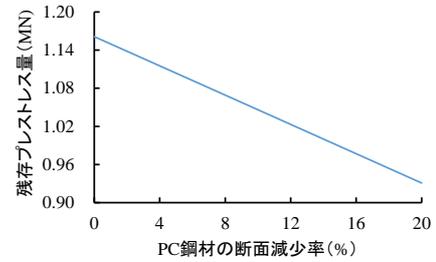


図 3 PC 鋼材の断面減少率とプレストレス量の関係

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

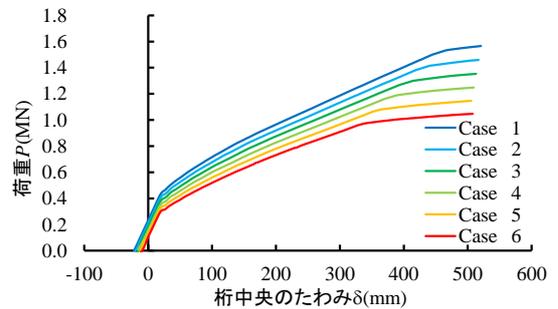


図 4 PC 桁の集中荷重と桁中央のたわみの関係

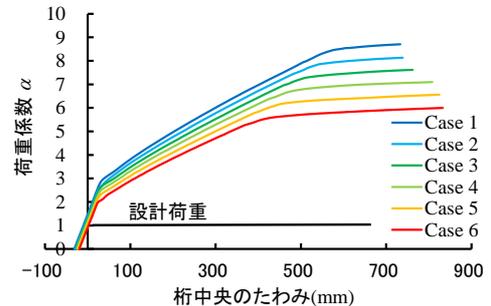


図 5 PC 桁の設計荷重係数 α と桁中央のたわみの関係

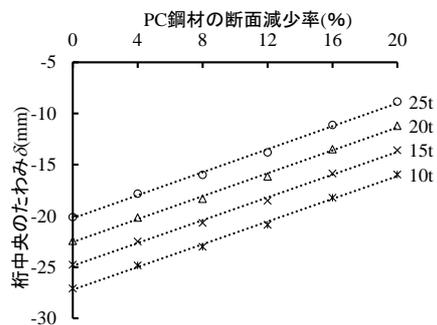


図 6 PC 鋼材の断面減少率と桁中央のたわみの関係

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.