

載荷試験による PC 箱桁の損傷と振動特性の変化

大成建設 正会員 ○徐 展 京都大学大学院 学生会員 O. S. Luna Vera
 京都大学大学院 正会員 金 哲佑 土木研究所 正会員 大島 義信

1. はじめに

橋梁の劣化・老朽化が問題となっている昨今、1970 年代から採択が増加し始めたプレストレストコンクリート（以下 PC）橋にも、近年多くの劣化が報告される。効率的な点検・診断法の開発が喫緊の課題となっている。橋梁の損傷・劣化は振動特性の変化としても現れるため、橋梁の振動特性の変化に着目し、橋梁の健全度評価を検討する橋梁振動ヘルスマニタリングが注目されている。本研究では、振動モニタリングに着目し、PC 箱桁の載荷試験による損傷と振動特性の関係について検討した結果を報告する。

2. 試験概要

(1) 供試体概要 図 1 に示す PC 箱桁供試体 3 体を用いて室内実験では行う。図 1 (a)には健全桁を、図 1 (b)にはグラウト未充填が 1 箇所の損傷桁（損傷桁 1）を、また図 1(c)にはグラウト未充填が 2 箇所の損傷桁（損傷桁 1）を示す。損傷桁ではグラウト充填不良を模擬しており、ノングラウト空間を設置している。供試体 PC 鋼材の配置を図 2 に示す。また載荷実験中に PC 鋼より線を切断するため、ラムチェアを設置している。

(2) 載荷試験概要 載荷実験では、4 点曲げ載荷試験を実施する。健全桁では荷重がそれぞれひび割れ発生荷重一割増、せん断ひび割れ発生、スターラップ筋降伏ひずみ到達という 3 つの段階に達したとき、一旦除荷し、再度載荷する 3 回繰り返し載荷の後に、4 回目の載荷では供試体破壊まで載荷試験を行う。損傷桁では、1 回目はひび割れ発生荷重の一割増まで載荷し、除荷後に PC ケーブルを切断し、2 日後に 1 回目の載荷と同じ荷重まで載荷・除荷、2 回目は PC ケーブルを切断し、2 日以降は健全桁と同じ載荷プロセスで載荷試験を実施する。

(3) 振動試験概要 振動実験ではインパクトハンマーを用いて、健全桁では繰り返し載荷の前後に 3 ステージ、損傷桁では繰り返し載荷の前後に 9 ステージの衝撃加振実験を行う。

PC 箱桁の下床板に 2 列に合計 10 個のサーボ加速計を設置する。インパクトハンマーの打撃点は各加速計の真上の上床板の表面である。それぞれのステージごとに、衝撃加振試験を行い、各打撃点ごとに 10 回の打撃実験を行う。振動実験のサンプリング周波数は 2 kHz である。

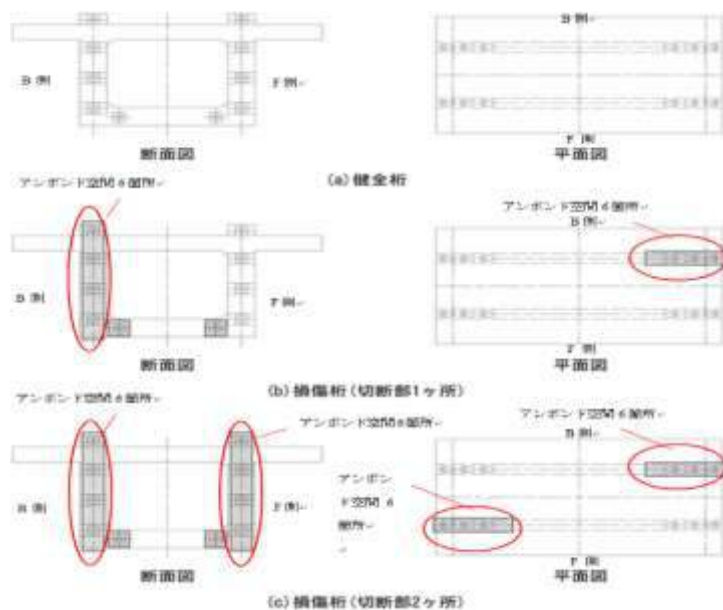


図 1 PC 箱供試体。

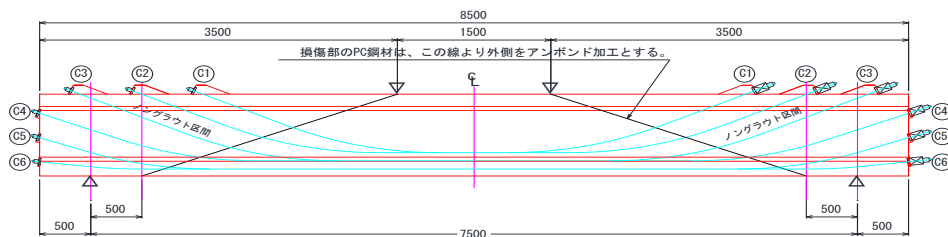


図 2 鋼材配置側面図。

キーワード PC 橋の維持管理, 振動特性, 振動モニタリング

連絡先 〒615-8540 京都市西京区京都大学桂 京都大学工学研究科 社会基盤工学専攻 TEL: 075-383-3421

3. 載荷試験結果

荷重-変位曲線を図3に示す。健全桁は損傷桁2体に比べて、下床版のPC鋼線が2本多く、また試験ではPC鋼線を切断してないことからプレストレスの損失が少ない。その結果、健全桁の最大荷重は損傷桁2体に比べて約600kN~700kN高い結果となった。損傷桁1は、PC鋼線の切断本数が損傷桁2に比べて6本少なく、またグラウト未充填箇所も1箇所だけで、損傷桁2に比べてプレストレス損失が少ない。その結果、損傷桁1は損傷桁2より最大荷重が約80kN高い結果となった。

4. 振動試験結果

(1) PC鋼線切断によるインパルス応答 1本のPCケーブルを切断するとき、計測されたインパルス加速度の例を図4に示す。

供試体のPC鋼線はSWPR7BLの7本より線で、ガス溶断によりPC鋼線を切断したため、PC鋼線のより線が順次切断される。各より線が切断されるときにより線の緊張力が解放され、グラウトのある区間で再定着される際に衝撃力を与えた結果7回のインパルス応答が計測されたと考えられる。

(2) 振動特性 PC桁の各衝撃加振試験ステージの同定曲げ1次振動数とモード減衰比を図5に示す。曲げ1次固有振動数は、曲げひび割れとせん断ひび割れが発生するときに低下し、特にせん断ひび割れ発生するとき、供試体3体とも明らかな変化があった。曲げ1次固有振動数に着目したPC箱桁のモニタリングをまとめると、曲げ1次固有振動数の平均値が初期状態より3%以上に低下するとき、曲げひび割れが発生する可能性が高く、極端の場合数多くのひび割れが発生し、せん断ひび割れの発生も考えられる。曲げ1次モード減衰比の変化に着目すると、損傷桁では、2回目のPC鋼線切断(図5のstage 6(切断直後)とstage 7(切断2日後))の後の3回目のひび割れ発生荷重の1割増荷重まで載荷した後とせん断ひび割れ発生した後(stage 8以降)に減衰比の増加が観測された。これはコンクリート表面と内部のひび割れの増加や切断後に再定着されたPC鋼線のグラウト脱離による摩擦増大が減衰比増加の原因の一つと考えられる。また20%以上の減衰比増加が観測されたとき、せん断ひび割れの発生が観測された。

5. まとめ

PC箱桁の載荷および衝撃加振試験において、PC鋼線のより線が順次切断されるとき、より線の緊張力の解放に起因すると考えられるインパルス加速度が計測された。曲げ1次固有振動数の平均値が初期状態より3%以上に低下するとき、曲げひび割れが発生し、曲げ1次減衰定数では、20%以上の増加が観測されるとき、せん断ひび割れの発生が観測された。減衰比と耐荷力の変化の関係について今後のさらなる検討が必要である。

【参考文献】1)上東泰：PC橋の維持管理，プレストレスコンクリート，Vol.45, No.1, pp.64-71, 2003.; 2) K.K. Raju, G.V. Rao: Free vibration behavior of prestressed beams, J. of Structural Engineering, ASCE, Vol.112, Iss.2, pp.433-437, 1986.

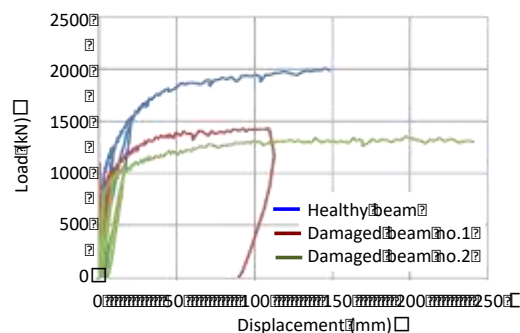


図3 荷重変位曲線.



図4 PC鋼線切断による加速度反応.

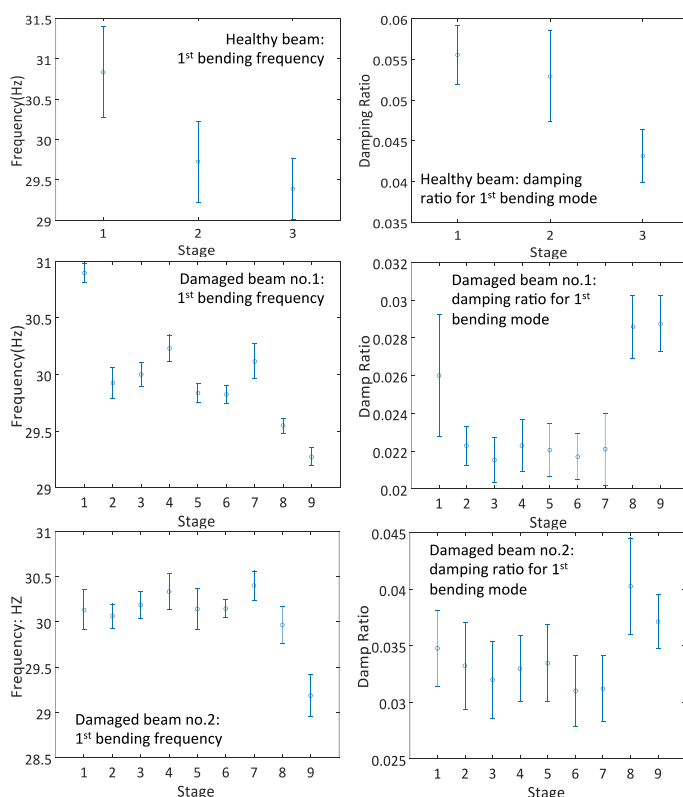


図5 振動特性値結果.