

橋梁点検に対する CCD カメラを用いた間接目視の適用性の検討

九州工業大学 正会員 ○木村 吉郎 ノダック(株) 近藤 裕二

九州工業大学 正会員 久保 喜延, 加藤 九州男 川田工業(株) 枝元 勝哉

1. はじめに 更新時期を迎える橋梁の増加に対応するため、維持管理を適切に行う必要があり、そのためには橋梁の機能低下の要因となる損傷を軽微なうちに発見することが重要となる。そこで本研究では、CCD カメラを用いた間接目視点検が、高精度かつ簡易な点検方法として用いることができるか検討した。

2. 実験方法

2.1. 実験ケース 大別して屋内実験と屋外実験を行った。屋内実験では、距離（CCD カメラと供試体の距離が 1.0, 5.0, 10, 15 m の 4 ケース）、明るさ（照度が 0, 1.4, 2.8, 4.0 lx の 4 ケース）、損傷周辺の汚れの有無によって、CCD カメラによる損傷の視認性がどのように異なるか調べた。屋外実験では、高所の損傷の検査を想定して、実際に CCD カメラと支持ポールを組み合わせて、視認性および機器の操作性を確認した。

2.2. 実験機器 実験機器として、川田工業(株)製の間接目視装置を使用した。本システムでは、カメラからの映像をノートパソコン上で動画表示し、記録はビットマップイメージ形式の静止画(900KB)で行う。カメラの向きは、縦方向(チルト)と横方向(パン)にパソコン上でコントロールでき、有効画素数は約 38 万画素である。ズームは、25 倍までが光学ズーム、それ以上の倍率からデジタルズームが加わり、光学ズームとの組み合わせで最大 300 倍となる。高所点検用の支持具として、甲南エレクトロニクス(株)製の伸縮ポール及び雲台を用いた。伸縮ポールの最大高さは 10.9m、重量は約 8kg でポールの伸縮作業は手動で行う。

2.3. 供試体 橋梁点検マニュアル類¹⁾²⁾を参考にし、道路橋で生じる損傷項目に近い供試体を用いて実験を行った。損傷項目及び供試体の大きさは次のようである。：コンクリートひびわれ幅 0.2mm（高さ 15cm、直径 15cm の円柱）、コンクリートひびわれ幅 0.1mm（高さ 15cm、最大直径 15cm）、コンクリートひびわれ幅 0.05mm（高さ 20cm、直径 10cm の円形供試体、コンクリート亀甲状ひびわれ（高さ 30cm、一辺 10cm の正方形柱）、コンクリート錆汁跡（高さ 14cm、直径 7.5cm の円柱）、コンクリートの塗装の剥げ及び角部の損傷（高さ 19cm、一辺 10cm の正方形柱）、防食機能の劣化（長さ 15cm、溝型鋼）、ボルトのゆるみ（溝型鋼に M20 のボルト・ナットを取り付けたもの）、鋼部材の腐食（長さ 90cm、一辺 5cm の山型鋼）。また汚れの程度が損傷の視認性に及ぼす影響を調べるために、コンクリートひびわれ幅 0.2mm の場合 2 ケース、コンクリートひびわれ幅 0.1mm の場合 5 ケース、コンクリートひびわれ幅 0.05mm の場合 1 ケース（全て高さ 20cm、直径 10cm の供試体）の、汚れのある供試体についても実験した。屋外実験では、建物張出屋根下面の遊離石灰、コンクリートの剥離、ひびわれについても CCD カメラによる視認性を調べた。

3. 実験結果および考察 屋内実験の結果をまとめたものを表-1～3 に示す。CCD カメラと損傷の距離の影響については、道路橋マネジメントの手引き³⁾の損傷基準項目の「最大ひびわれ幅に着目した程度」において「小」と「中」の境となるひびわれ幅 0.1mm に着目すると、距離が 10m 以下であれば、視認できた。一方、

距離が 15m になると、視認が困難となった。損傷を視認可能な大きさで捉えるために、距離に応じてズーム倍率を変化させて用いたが、ズーム方式が 5m 以下では光学ズームであるのに対して、10 m 以上ではデジタルズームとなって画質が劣化することが、視認性に差が生じる原因と考えられる。

表-1 距離が損傷の視認性に及ぼす影響（照度:4.0 lx）

損傷項目		1m	5m	10m	15m
コン ク リ ー ト	ひびわれ幅0.2mm	◎	◎	○	○
	ひびわれ幅0.1mm	◎	◎	○	△
	ひびわれ幅0.05mm	◎	△	×	×
	亀甲状ひびわれ	◎	◎	◎	○
	錆汁	◎	◎	◎	◎
	塗装の剥げ	◎	◎	◎	◎
	角部の損傷	◎	◎	◎	◎
鋼	防食機能の劣化	◎	◎	◎	◎
	ボルトのゆるみ	◎	◎	◎	◎
	腐食	◎	◎	○	△

確認良好:◎ 確認可能:○ 確認困難:△ 確認不可能:×

キーワード CCD カメラ, 橋梁点検, 維持管理

連絡先 〒804-8550 福岡県北九州市戸畑区仙水町 1-1 九州工業大学工学部建設社会工学科 T E L 093-884-3466

明るさの影響については、2.8 lx 以上の照度で多くの損傷を視認でき、照度が 4.0 lx 以上で対象とした全ての損傷が視認できた。屋外の橋台付近の日陰における照度は 8.0 lx 程度であったので、昼間であれば、CCD カメラを用いた間接目視点検に明るさの問題は生じないと考えられる。ただし、夜間の点検作業はもちろんのこと、夕方や早朝等のような薄暗い状況下における点検作業では、照明を設置する等の対策が必要になると考えられる。

汚れの影響については、汚れが無い場合は視認できるひびわれ幅でも、汚れがある場合において視認できなかったケースがあり、損傷の視認には汚れが妨げになることが確認できた。

また、ボルトのゆるみや鉄筋の露出といった損傷では、損傷に対する CCD カメラの位置、すなわち撮影する角度が視認性を左右した。CCD カメラを用いた間接目視点検では、損傷に応じて適切な角度となる位置にカメラを設置し、詳細を視認出来るように注意することが必要だと考えられる。なお、CCD カメラと支持ポールを組み合わせた高所点検用機器は、作業員 2 名で容易に持ち運び及び設置することができた。

4. CCD カメラの橋梁点検への適応性の考察 CCD カメラを用いた間接目視点検での視認性を損傷項目別にまとめて表-4 に示す。×と判断した理由としては、うきでは打音検査を行う必要があること、異常な音・振動では音や振動を確認する必要があるためである。△と判断した理由としては、ひびわれ、床版ひびわれ、亀裂、PC 鋼材の定着部の異常、変形・欠損は確認できる損傷の程度が距離により変わること、コンクリート補強材の損傷、防食機能の劣化は軽微な損傷の見落としが考えられること、剥離・鉄筋の露出、ボルトのゆるみ・脱落はカメラの設置位置によって視認性が左右されること、漏水・遊離石灰、腐食、防食機能の劣化、支承の機能障害、漏水・耐水は薄暗い箇所ですべて確認が困難になる可能性があるためである。

CCD カメラで損傷を詳細に捉えようとする、損傷とカメラの距離を 1～5 m の位置に設置して、光学ズームを用いることにより 20 cm 程度の範囲の映像を視認するのが適当と考えられる。カメラの角度を変えることにより、ある程度の範囲をカバーすることもできるが、損傷の種類によっては適切な位置にその都度カメラを移動する必要がある。そこで CCD カメラに適した間接目視点検手法として、①遠望目視による予備調査を行い、詳細な間接目視を行うべき範囲を限定する方法、②予め損傷劣化が集中しやすい部分の間接目視点検を重点的にを行い、その結果から全体の劣化状況を推定する方法、などが望ましいと考えられる。

5. まとめ 損傷との距離、明るさ、汚れの有無、カメラの設置位置に着目して、CCD カメラを用いた間接目視点検の基本的な適用性を検討した。損傷の生じそうな箇所を限定して、そこを集中的に間接目視することによって遠望目視点検よりも高精度、かつ簡易に点検が行えると考えられる。

参考文献 1) 橋梁マネージメント研究会：道路橋マネージメントの手引き、(財)海洋架橋・橋梁調査会、2004
2) 岡田・今井：損傷と補修事例にみる道路橋のメンテナンス、(財)阪神高速道路管理技術センター、2004

表-2 明るさが損傷の視認性に及ぼす影響

損傷項目		照度0lx	照度1.4lx	照度2.8lx	照度4.0lx
コンクリート	ひびわれ幅0.2mm	×	△	◎	◎
	ひびわれ幅0.1mm	×	△	◎	◎
	ひびわれ幅0.05mm	×	×	○	◎
	亀甲状ひびわれ	×	×	◎	◎
	錆汁	×	△	◎	◎
	塗装の剥がれ	×	△	◎	◎
	角部の損傷	×	○	◎	◎
鋼	防食機能の劣化	×	○	○	◎
	ボルトのゆるみ	×	◎	◎	◎
	腐食	×	△	○	◎

確認良好:◎ 確認可能:○ 確認困難:△ 確認不可能:×

表-3 汚れが損傷の視認性に及ぼす影響

損傷項目	照度2.8	照度4.0	
	1m	1m	5m
ひびわれ幅0.2mm①	◎	◎	◎
ひびわれ幅0.2mm②	×	△	×
ひびわれ幅0.1mm①	◎	◎	△
ひびわれ幅0.1mm②	○	◎	○
ひびわれ幅0.1mm③	◎	◎	△
ひびわれ幅0.1mm④	△	◎	◎
ひびわれ幅0.1mm⑤	◎	◎	◎
ひびわれ幅0.05mm①	×	△	×

確認良好:◎ 確認可能:○ 確認困難:△ 確認不可能:×

表-4 CCD カメラでの損傷の視認性

損傷項目		視認性
コンクリート	ひびわれ	△
	剥離・鉄筋の露出	△
	漏水・遊離石灰	△
	抜け落ち	○
	コンクリート補強材の損傷	△
	床版ひびわれ	△
	うき	×
鋼	腐食	△
	亀裂	△
	ゆるみ・脱落	△
	破断	○
	防食機能の劣化	△
その他	遊間の異常	—
	路面の凹凸	—
	舗装の異常	—
	支承の機能障害	△
共通の損傷	定着部の異常	△
	変色・劣化	△
	漏水・滲水	△
	異常な音・振動	×
	異常なたわみ	—
	変形・欠損	△
	土砂詰り	○
沈下・移動・傾斜		—
洗掘		—

○: 使用可能 △: 使用に注意点あり
×: 使用不可 —: 使用する必要なし