

健全度確認センサーの開発

(株) 熊谷組	正会員	○大越 靖広
(株) 熊谷組	正会員	西内 美宣
(株) ジェイアール総研エンジニアリング	正会員	木村 礼夫
(株) ジェイアール総研エンジニアリング	正会員	西村 昭彦

1. はじめに

鋼板巻立て工法等により補強されたラーメン高架橋柱は、東北地方太平洋沖地震をはじめ数回の強振動を経験したが大きな損傷は確認されておらず、耐震補強の有効性が明らかになっている。しかし、強震動を受けた後の既設部材の損傷状況については、鋼板で巻き立てられているために確認が困難であることが土木学会¹⁾等でも指摘されており、今後の課題のひとつである。著者らは、地震後の緊急時に、専門的な知識を必要とせず早急に鋼板巻立て補強済みの既設部材の損傷状況を確認することができる技術の確立を目指し、健全度確認センサーの開発を行ってきた。本技術は、圧縮力により不可逆的に着色する圧力測定用のフィルムを用いて、例えば電車の運行の可否等の判断基準となりうる既設部材の降伏点や最大耐力点を可視的に判断するものである。

2. 健全度確認センサーの概要

(1) センサーの概要

健全度確認センサーは、図-1に示すように圧力測定用のフィルムを透明磨きしたアクリル板で挟みこんだものである。ここで紹介するのは外付けタイプのものであり、アクリル板の外側からボルトを用いて鋼製の取付け板にて挟み込み、補強鋼板に導入された圧縮力が取付け板を介してアクリル板に伝達して圧力測定用のフィルムが変色する構造となっている。なお、アクリル板の補強鋼板側に付けている角度は、光の屈折によりフィルムの変色が外側から確認できなかった

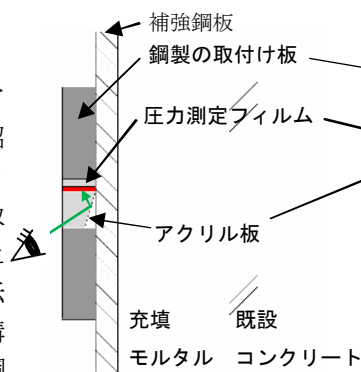


図-1 センサーの概要図

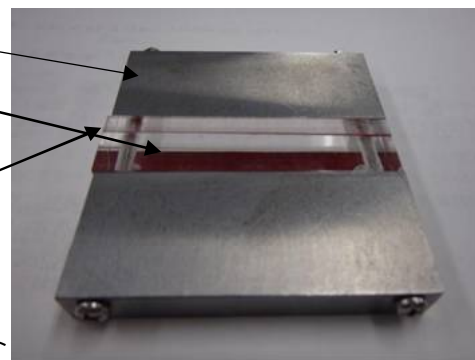


写真-1 外付けタイプのセンサー

ことを改善したものであり、これにより写真-1に示すようにセンサーの外側から着色の確認が可能となった。なお、取付け板と補強鋼板は高性能のアクリル系接着剤（例えばデンカ C-320K-03等）で固定する。

(2) 圧力測定用フィルムの性能

本技術で用いる圧力測定フィルムは、一般的に市販されているものを用いることとした。例えば今回用いた圧力測定用フィルムは、表-1の矢印のような測定範囲が示されているが、本センサーで用いる様な小断面でも同等の性能を発揮するかの確認を行った。供試体は6×12×100mmのアクリル板に圧力測定フィルムを挟み、実際にアムスラーにて圧縮試験を行った。その結果、表-1に示すように商品の指定する測定範囲と同等の結果が得られた。

表-1 圧縮試験の結果

荷重 (kN)	応力 (N/mm ²)	低圧用	中圧用	高圧用
3	2.5			
6	5			
12	10			
18	15			
24	20			
48	40			
60	50			
90	75			
120	100			
138	115			
156	130			
180	150			
210	175			
240	200			



①時の様子



②時の様子

写真-2 圧力測定用フィルムの確認

キーワード：損傷度、センサー、鋼板巻立て

連絡先：〒162-8557 東京都新宿区津久戸町2-1 株式会社熊谷組土木事業本部 TEL 03-3235-8622 FAX 03-3266-8525

3. 性能確認試験

(1) 取付け板を装着した要素試験

写真－3に示すような載荷治具を用いて、センサーを取付け板に設置した状態で要素試験を行った。写真－4に100N/mm²時の様子(左半分に高压用、右半分に中圧用の圧力測定フィルム)を示す。表－2の載荷試験結果に示すように、取付け板を装着した状態で載荷を行っても製品の測定範囲と同等の結果を得ることができた。



写真－3 載荷治具



写真－4 センサーの様子

表－2 取付け板を装着した場合の載荷結果

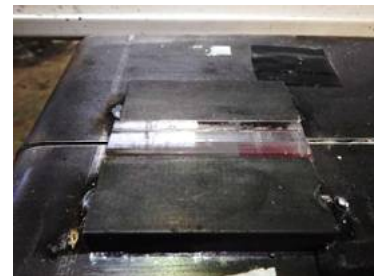
荷重 (kN)	応力 (N/mm ²)	低圧用	中圧用	高压用
1.35	2.5			
2.7	5			
5.4	10			
8.1	15			
10.8	20			
27	50			
40.5	75			
54	100			
62.1	115			
70.2	130			
81	150			

(2) 縮小梁供試体を用いた載荷試験

写真－5に示すような縮小梁供試体(断面 200×200mm、鋼板厚 6mm)にセンサーを取付け、鋼板のひずみとセンサーの着色の関係を確認した。センサー取付け位置の鋼板には最大で 250μ程度の圧縮ひずみが発生しており、換算すると 50N/mm²程度の圧縮応力がセンサーに発生した。載荷終了時のセンサーの様子を写真－6に示す。一つのセンサーに右から低、中、高压用の順でフィルムを設置した。表－1より、50N/mm²は低圧用だけではなく中圧用も赤く変色する程度の圧縮応力であるが、中圧用については着色が少ない結果となった。この理由としては、低圧用が2枚1組のフィルムで構成されているのに対し、中、高压用は1枚のフィルムであり、厚さの違いにより圧縮力が効率よく伝達されなかったことが考えられる。



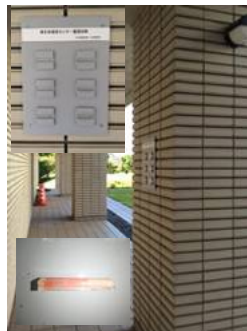
写真－5 縮小梁供試体



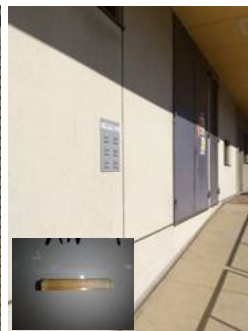
写真－6 載荷後のセンサー

4. 曝露試験

本センサーは、一定期間(例えば3年間)屋外に設置することから、紫外線や降雨等による圧力測定フィルムやアクリル板の劣化について確認する必要がある。写真－7のように鋼板にセンサーを設置して、①「高架橋の内側にセンサーを設置して直接日光や雨が当たらない条件」と②「高架橋の外側にセンサーを設置して直接日光や雨が当たる条件」で曝露試験を行っている。写真の左下には4ヶ月曝露の状態で圧縮試験を行ったセンサーの写真を示す。また、写真の③は実高架橋柱での曝露試験の様子を示す。



①高架橋の内側



②高架橋の外側



③実高架橋

写真－7 曝露試験の様子

5. まとめ

要素試験や縮小梁模型を用いた載荷試験、曝露試験を行い、健全度確認センサーが実用可能であることが証明できた。今後、既設部材の降伏点や最大耐力点を適切に判定するために、柱に設置する高さの設定や圧力測定フィルムの選別を目的とした3次元FEM解析や2/3スケール程度の鋼板補強した高架橋柱を模擬した供試体実験を予定している。なお、本センサーは(株)ジェイール総研エンジニアリング、(株)熊谷組、テクノス(株)の3者で特許を出願しているものである。最後に、本技術の開発に際し、実高架橋柱でのセンサーの曝露試験場を提供して頂いた東武鉄道株式会社の皆様、接着剤を提供して頂いたデンカ株式会社様に感謝を申し上げます。

参考文献

- 1) 東日本大震災による橋梁等の被害分析小委員会 最終報告書, 土木学会, pp. I-158-159, 2015.8