応力発光モニタリングによる改修工事の影響評価

産業技術総合研究所　正会員　○寺崎　正
徐　超男（JST- CREST 兼任），小野　大輔
Li Chenshu，張　琳，郭　樹強、上野直広

１．緒言

日本では、橋梁、トンネル、高速道路、高層ビル、工場等の多くが戦後の高度経済成長期に整備された。これら社会資本・産業構造物は、今後 10～20 年の間に次々と耐用年数を迎えため、これら構造物の事故防止や長寿命化のための技術は、ニーズが急速に高まっている。

従来、土木分野における損傷診断システムには、ひずみゲージや光ファイバーなどを用いたものがある。しかし、これらの測定は、点的・線的といったエリアの制限があり、全体を測定するには多数のセンサーが必要であった。また、亀裂の発生に伴って、センサーが断線し易く、それ以降の亀裂発生や進展の様子をモニタリングすることが困難であった。

一方、**応力発光体**とは、粉末状のセラミックス微粒子（粒子径は制御可能；10 nm- μm）であり、個々の微粒子それぞれが、力学的信号を光信号に直接変換するセンサーの役割を果たす。[1)-4)]　構造体表面にこの微粒子を分散塗付して発光を調べれば、その面分布から構造体の動的な応力分布が可視化され、表面はもとより内部に存在する構造欠陥、亀裂、破壊の現状や進行方向を瞬時に把握することができる。また、構造体の大きさを選ばず、部品等に入った目に見えないマイクロ亀裂の検出から、橋梁の揺れや毀損部位の診断にも適用できる。このように応力発光を用いれば、従来歪みゲージ等ではできなかった高度の構造体診断が可能であり、安全安心な社会を支える要素技術としてその実用化･発展が強く望まれている。[5)-6)]

現在、我々は応力発光による**応力分布の可視化技術**を、橋梁や建物などの実構造物の保守点検・維持管理に応用することを目指している。[3), 7)-9)]　そこで今回は、近接施工が構造物に及ぼす影響の検知を目的として、応力発光をセンサーとする新たな近接施工モニタリングを行ったので、報告する。

２．実験概要

実験を行った建物は、産総研・九州センター内部にある工場である。近接施工としては、建物内の構造壁面に設置されている扉周辺のはつり作業である（図 1a)。周囲への影響をモニタリングする為に、同じ構造壁面上、工事個所から３ｍ離れた場所にある別の扉周辺に応力発光塗料をセンサーとして塗布した（図 1b)。応力集中・ひび割れの開口変位に伴って得られる発光は、周辺に簡易的な暗室を作製し、CCD カメラを用いて撮影を行った（図 1c)。同時に、参照として、ひずみゲージによる計測も行った。

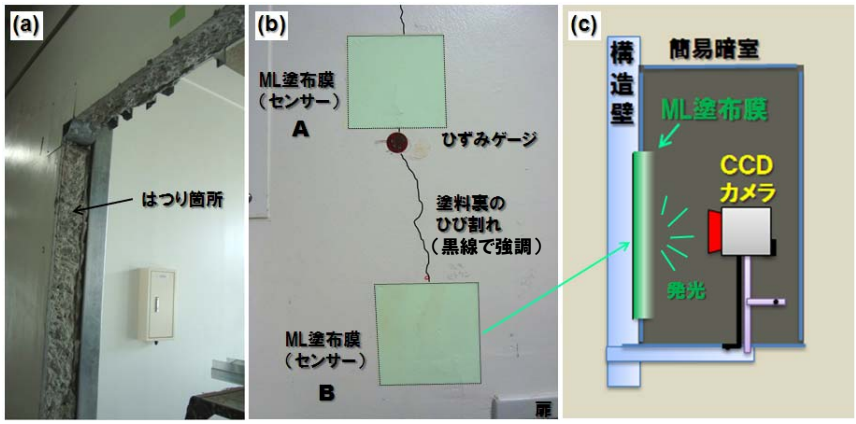

図１(a)はつり工事箇所の写真、応力発光センサーの設置位置（工事箇所から約３ｍ(b）とモニタリングの計測システム構成図(c)

キーワード　応力発光、ひび割れ、応力集中、可視化，近接施工，モニタリング
連絡先　〒160-0004　佐賀県鳥栖市宿町 807-1　（独）産業技術総合研究所・九州センター　ＴＥＬ0942-81-4038

３．結果、結論

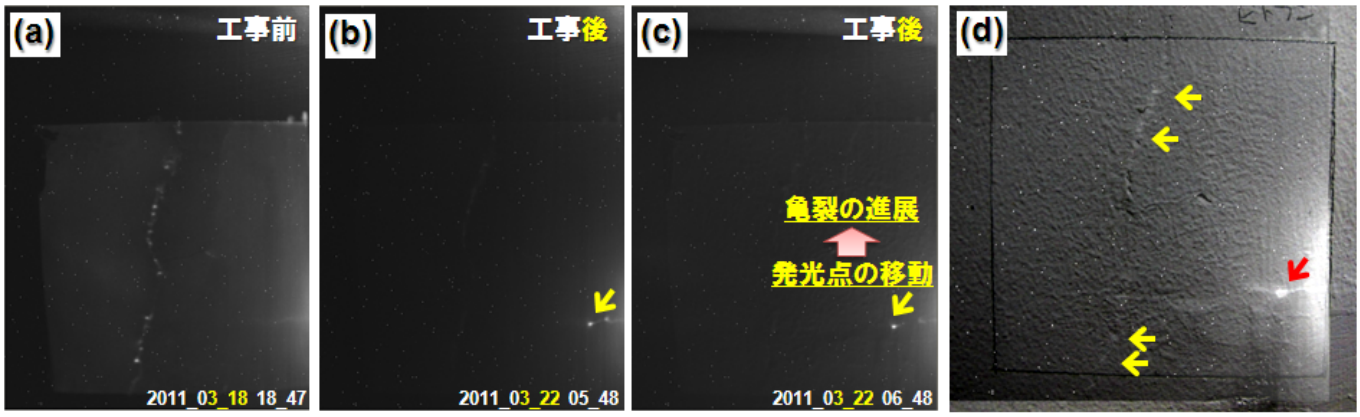

図２(a)-(c)応力発光画像の経時変化、(d)応力発光画像（図 2c）と実写真との合成による位置比較。

図 2 に、CCD カメラを用いて撮影した応力発光画像、並びに壁の実写真（応力発光塗料を塗布する前に撮影）との比較画像を示す。過去の検討より、構造物にヒビ割れがある場合には、１日の気温変動や日光の照射に伴う 24 時間周期の開口変位が発生し、これに応じた発光パターンがひび割れに沿って得られる事が分かっている [10]。図 3(a)が示す発光パターンは、はつり工事前に撮影されたものであり、上記の様なひび割れの開口変位に由来する発光と考えられる。一方、はつり工事の後、新たな発光パターンが検出され、更にこの発光点も、2～3 時間かけて左に移動する事が分かった（図 2b, c の矢印）。実写真を基に、発光点が移動した軌跡を検討すると、扉頂点付近の構造壁に施された補強塗装の境界線と一致している事が分かった。この事は、はつり工事に伴って、ひび割れ、もしくは剥離が、補強箇所の境界位置において進展した事を示唆している。

更に、ひび割れの数に対して応力発光の箇所（発光点、パターン）が限定的である事は、単なる剥離と、実際に動的な開口が起こり進展しうる “ひび割れ”の判別が可能であることを示唆している。以上、応力発光をセンサーとする新たなモニタリングシステムを用いる事で、近接施工の影響の検知、ひび割れ進展の把握、更には今後の進展予測に繋がる情報の取得に成功し、本システムが近接施工のモニタリングに有用である事を実証した。

４．謝辞

本研究は、科学技術振興機構（JST）戦略的創造研究推進事業 チーム型研究（CREST）の研究領域「先進的統合センシング技術」における研究課題「応力発光体を用いた安全管理ネットワークシステムの創出」(代表：徐　超男）の一環として行われた。また、本実証試験の遂行・解析には、産総研、九州センター、応力発光技術チームの協力を頂いた。特に、松尾修身氏、久保正義氏、末成幸二氏、川崎悦子氏らの実験協力を頂いた。

【参考文献】

1) C. N. Xu, T. Watanabe, M. Akiyama, X. G. Zheng, *Appl. Phys. Lett.* , 74, 2414 (1999).
2) C. N. Xu, *Encyclopedia of Smart Mterials*, 1-2, 190 (2002).
3) 産総研：応力発光技術チーム HP；http://unit.aist.go.jp/msrc/ci/organization/ouryoku.html
4) 寺崎　正、徐　超男、ナノ学会会報誌、vol. 6, pp3-7 (2007)
5) 徐 超男、検査技術、Vol.14, No.9, pp1-10 (2009).
6) 産総研：プレス・リリース、応力発光体を用いた構造物の安全管理モニタリングシステム、
http://www.aist.go.jp/aist_j/press_release/pr2009/pr20091109/pr20091109.html
7) JST サイエンスニュース：建物のひび割れを光でみつける新技術 (2009)、
http://www.science-news.jp/news/industry/20091225_02.html
8) 日経コンストラクション、vol. 488, p26 (2010).
9) 寺崎正ら：応力発光体を用いた安全管理モニタリング，土木学会第 65 回年次学術講演会，VI-156，2010