

応力発光体を用いた建物の安全管理モニタリングの可能性

産業技術総合研究所 九州センター 正会員 ○寺崎 正
 非会員 徐 超男 (JST- CREST 兼任)
 李 承周、椿井正義、安達芳雄、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⁾ この微粒子を含有する塗料を対象物に塗布すると、応力集中が個々の微粒子の発光となって現れるため、応力集中情報を反映した発光画像情報が得られる。従って、応力発光体を塗った構造物表面において、そこで生じる局所的な応力異常の様子、亀裂の形状や分布を高い分解能で確実に捕捉できる。⁵⁾⁻⁶⁾ 更に、一部応力発光塗膜が剥離しても、他の部分には影響を及ぼさないため、モニタリングの継続が可能である。この点が、本技術の大きな特徴である。

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（JST- CREST、代表：徐 超男）。^{3), 7)-9)} そこで今回は、最初の実構造物への応用例として、応力発光体を用いた建物の安全管理モニタリングについて、特にその可能性に焦点を当て、検討を行ったので、報告する。

2. 実験概要

実験は、建物のモニタリングに関する重要なニーズである、(A) 近接施工の影響、(B) 劣化（定期管理）のモニタリングについて、検討を行った。モニタリングに使用した建物は、産総研・九州センター内部にある工場である。実験に際しては、応力の集中、変位等が期待できる壁のひび割れを跨ぐように、応力発光体を塗布したシート（70 mm-100 mm 四方）を貼り付けた（図 1）。応力集中に伴って得られる発光は、周辺に簡易的な暗室を作製し、各種カメラ（CCD、銀塩、デジタル等）により撮影を行った。同時に、参照として、ひずみゲージ、振動計を設置し、評価を行った。

3. 結果、結論

図 1 に、応力発光体を用いた建物の安全管理モニタリングの様子、並びに結果を示す。近くで工事が行われていた近接施工のモニタリング例 (A) と定期管理の例 (B) である。近接施工あるいは地震のような異常な負荷が建物に加わった際、既存の建物がどのようなダメージを負うかを検証する例では、ストーンテーブルの研り（はつり）撤去によって使用中の建物が受けた影響を評価した。その結果、施工の振動（比較用に配置した振動計の信号）の大きさに比例して、異常な発光を繰り返し検出することに成功した。また、発光量から亀裂の開口変位量は最大約 1 μm 、ひずみ速度約 10^5 $\mu\text{ST}/\text{sec}$ 程度であることが分かった。

キーワード 応力分布, 可視化, モニタリング, 応力発光体, 近接施工, 劣化

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 TEL 0942-81-4038

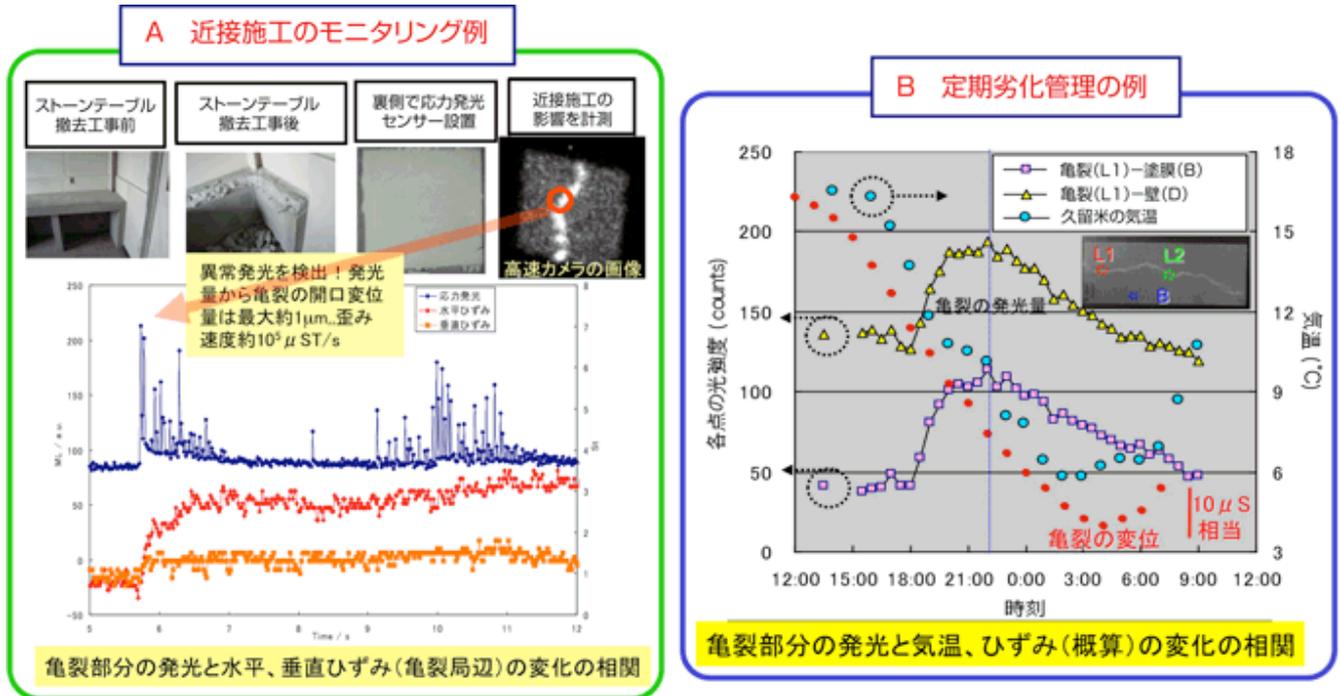


図1 使用中建物の安全管理モニタリング例

一方、近接施工や地震の際に建物に加わる大きな負荷とは対照的に、劣化は非常に微小でゆっくりとした変動現象である。本モニタリングシステムの劣化検査例では、図2 Bに示すように、微小な亀裂が気温の変化とともにごくわずかに変動し、1日の最大変化時でも、速度は10⁻³ μ ST/sec以下、変位量0.1 μ m(100 nm)以下になっていた。(長さ2 mmのひずみゲージの場合は最大50 μ STの変化に相当)。また実証試験期間(屋内、6ヶ月経過)中はおろか、1年経過している現在でも、応力発光塗膜センサーの劣化がないことを確認した。

以上より、構造物の保守点検・維持管理に、応力発光体を用いた安全管理ネットワークシステムが応用できることを、期待させる結果を得た。

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ました。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、一部カメラの撮影に関しては、松尾修身氏の協力を頂いた。

【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 Materials*, 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) 産総研: プレス・リリース、「見えない」危険を可視化する技術の開発、
http://www.aist.go.jp/aist_j/press_release/pr2008/pr20081114/pr20081114.html
- 6) 徐 超男、検査技術、Vol.14, No.9, pp1-10 (2009).
- 7) 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
- 8) 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
- 9) 日経コンストラクション、vol. 488, p26 (2010).