

インフラ構造物の老朽化が問題となり、維持管理やリスク評価が重要視される中、構造物の安全性や信頼性を評価する手法である構造ヘルスマonitoring(SHM)が注目されている。SHM の測定項目の中でも変位やひずみは破壊に対する安全指標であり、継続的にモニタリングすべき項目の一つである。建設分野において変位やひずみ計測による各種管理の有用性は認識されているものの、作業性・コスト、設置環境、センサの精度の問題から効率的・効果的な計測が実現できていない。

作業性・コストの問題として、測定箇所が海洋上や高所位置など容易に近づくことができない場合は、センサ設置のために足場や高所作業車の使用、それに伴う交通規制が必要となる。また、土木構造物は一般的に部材寸法が大きく各部の応力状態が複雑なため、多点・多方向計測が必要となる。そのため、測定器までの配線作業が煩雑となり、配線が施工の妨げになる。また、誤って配線を切断し測定が中断されることも多々ある。

設置環境の問題として、センサが機械的な変化量を電気信号として検出するため、水分、温度など周辺環境の影響を受け、大きな測定誤差が発生する。特に高温環境では、センサの耐火性の問題から測定不可能な場合が多い。動的沈下量を測定する場合、構造物に近接した定点が必要であり、周辺地盤も構造物とともに沈下する場合にはこれらを用いることができない。

センサの精度の問題として、センサから得られる情報は、1点1方向の平均値のみである。さらに、ひずみゲージ内やその近傍にひび割れが発生すると周辺部とのひずみ挙動に大きな差異が生ずることやゲージが切れて計測不能となる場合もある。

最近では、従来の変位・ひずみ計測法に代わる手法として、光学的全視野計測法の研究が行われている。光学的全視野計測法は光の性質を利用して計測面全域の情報を二・三次元的に把握する手法であり、その中でもデジタル画像相関法(DICM)が注目されている。DICMは変形前後のデジタル画像を数値解析することにより、計測範囲の変位・ひずみ分布やその方向を容易に求めることができる手法であり、医学、農学、機械分野などで利用されている。この手法が建設分野に利用・応用できれば、上述する種々の問題を解決できるものと考えられる。そこで、本研究は、DICMを建設分野に適用するため鋼・コンクリート部材の変形・ひずみ計測に関する研究を行った。

本研究では、まず、DICMの変位・ひずみ計測精度の検証を行った。次に設置型センサーで測定困難な鋼部材の溶接時（高温時）およびその冷却過程における変形・ひずみ計測ならびにコンクリート部材の破壊時の変形・ひずみ・ひび割れ計測への適用性について検討を行った。最後に維持管理への応用研究として、DICMを用いた応力解放法によるPC構造物の現有作用応力測定について検討を行った。

検討の結果、カメラ装置を用いた変位計測精度の検証では、静的・動的変位を高精度に計測できることが確認できた。そして、鋼・コンクリート部材を用いたひずみ計測精度の検証では、弾・塑性域において高精度にひずみが計測できた、また、撮影・解析条件を変化させることでひずみ計測精度が変化することが確認された。特に、解析条件の一つであるサブセットを大きくすること、加算平均処処理法を適用すること、ロゼット解析を応用したひずみ算出法を用いることにより、ひずみ計測精度が格段と向上することが確認された。スキャナ装置を用いたひずみ計測精度の検証では、カメラ装置と同様に高精度にひずみが計測できることが確認された。

カメラ装置を用いた鋼部材の溶接時およびその冷却過程における温度・変形・ひずみ分布の計測では、DICMと赤外線サーモグラフィを用いることにより、鋼板表面に生じる温度と変形・ひずみの関係性を評価することが確認された。さらに、三次元熱弾塑性FE解析と比較することにより、信頼性のある計測値であることが確認された。

カメラ装置、スキャナ装置を用いたコンクリート部材の載荷試験時の変形、ひずみ、ひび割れ計測では、破壊時のひずみ分布挙動を二・三次元的に可視化することができた。また、目視では確認不可能なひずみの集中を可視化するとともに、計測したひずみの集中箇所と目視によるひび割れ発生箇所が一致することが確認でき、ひび割れの発生箇所やひび割れ進展挙動を予測することができた。さらに、スキャナ装置は、屋外など実現場において高精度なひずみ計測ができた。

スキャナ装置を用いたPC構造物の現有作用応力測定では、製作したプレテンション桁の測定では高い測定精度が得られた。また、実構造物における現有作用応力測定においても測定法の有効性が確認された。

以上から、DICMは建設分野へ適用が十分可能なものと考え、今後のインフラ構造物の施工ならびに維持管理に多いに貢献できるものとする。