

光学的全視野計測法を用いた鋼・コンクリート部材の  
変形・ひずみ計測に関する基礎的研究

2012年7月

長崎大学大学院生産科学研究科

出水 享



# 目 次

|                                |    |
|--------------------------------|----|
| 第1章 序 論                        | 1  |
| 1.1 研究の背景                      | 2  |
| 1.1.1 インフラ構造物の現状               | 2  |
| 1.1.2 建設分野における計測技術の問題点         | 4  |
| 1.1.3 光学的全視野計測法                | 4  |
| 1.2 既往の研究                      | 6  |
| 1.2.1 建設分野以外について               | 6  |
| 1.2.2 建設分野の変位・ひずみ計測について        | 7  |
| 1.2.3 建設分野について                 | 8  |
| 1.3 研究の目的                      | 9  |
| 1.4 論文の構成                      | 10 |
| 参考文献                           | 12 |
| 第2章 デジタル画像相関法                  | 17 |
| 2.1 原理                         | 18 |
| 2.2 光学的全視野計測装置                 | 21 |
| 2.2.1 カメラタイプ全視野計測装置            | 21 |
| 2.2.2 スキャナタイプ全視野計測装置           | 23 |
| 2.3 カメラ装置とスキャナ装置の比較            | 33 |
| 2.4 ひずみの算出方法                   | 34 |
| 第3章 変位, ひずみ計測精度の検証             | 39 |
| 3.1 概要                         | 40 |
| 3.2 カメラ装置                      | 40 |
| 3.2.1 静的変位計測精度の検証              | 40 |
| 3.2.2 動の変位計測精度の検証              | 42 |
| 3.2.3 鋼部材を用いたひずみ計測精度の検証        | 48 |
| 3.2.4 コンクリート部材を用いたひずみ計測精度の検証   | 50 |
| 3.2.5 アルミニウムを用いた塑性域のひずみ計測精度の検証 | 52 |
| 3.3 計測条件がひずみ計測精度に与える影響         | 54 |
| 3.3.1 試験概要                     | 54 |
| 3.3.2 試験結果                     | 56 |

|              |                                       |            |
|--------------|---------------------------------------|------------|
| 3.4          | 解析条件がひずみ計測精度に与える影響                    | 57         |
| 3.4.1        | 試験概要                                  | 57         |
| 3.4.2        | 試験結果                                  | 58         |
| 3.5          | マルチロゼット解析法                            | 60         |
| 3.5.1        | 試験概要                                  | 61         |
| 3.5.2        | 試験結果                                  | 63         |
| 3.6          | スキャナ装置 A                              | 64         |
| 3.6.1        | 鋼部材を用いたひずみ計測精度の検証                     | 64         |
| 3.6.2        | コンクリート部材を用いたひずみ計測精度の検証                | 67         |
| 3.7          | スキャナ装置 B                              | 72         |
| 3.7.1        | コンクリート部材を用いたひずみ計測精度の検証                | 72         |
| 3.8          | まとめ                                   | 78         |
| <b>第 4 章</b> | <b>鋼部材の溶接および冷却過程における温度, 変形, ひずみ計測</b> | <b>81</b>  |
| 4.1          | 概要                                    | 82         |
| 4.2          | 計測概要                                  | 83         |
| 4.3          | 計測結果                                  | 86         |
| 4.3.1        | 温度について                                | 86         |
| 4.3.2        | 面外方向 (z 方向) 変位について                    | 91         |
| 4.3.3        | x 方向ひずみについて                           | 92         |
| 4.3.4        | y 方向ひずみについて                           | 97         |
| 4.4          | 解析概要                                  | 102        |
| 4.5          | 解析結果                                  | 107        |
| 4.5.1        | 温度について                                | 107        |
| 4.5.2        | 面外方向 (z 方向) 変位について                    | 112        |
| 4.5.3        | x 方向ひずみについて                           | 114        |
| 4.5.4        | y 方向ひずみについて                           | 119        |
| 4.6          | まとめ                                   | 124        |
|              | 参考文献                                  | 125        |
| <b>第 5 章</b> | <b>コンクリート部材の変形, ひずみ, ひび割れ計測</b>       | <b>127</b> |
| 5.1          | 概要                                    | 128        |
| 5.2          | 撤去 PCT 桁を用いた載荷試験時の計測                  | 129        |
| 5.2.1        | 試験体概要                                 | 129        |
| 5.2.2        | 4 点曲げ載荷試験概要                           | 130        |
| 5.2.3        | 4 点曲げ載荷試験結果                           | 132        |

|            |                              |            |
|------------|------------------------------|------------|
| 5.2.4      | 3点曲げ載荷試験概要                   | 136        |
| 5.2.5      | 3点曲げ載荷試験結果                   | 136        |
| 5.3        | 撤去RC桁を用いた載荷試験時の計測            | 141        |
| 5.3.1      | 試験概要                         | 141        |
| 5.3.2      | 試験結果                         | 143        |
| 5.4        | 実橋載荷試験時の計測                   | 146        |
| 5.4.1      | 橋梁概要                         | 146        |
| 5.4.2      | 試験概要                         | 148        |
| 5.4.3      | 試験結果                         | 150        |
| 5.5        | まとめ                          | 153        |
|            | 参考文献                         | 154        |
| <b>第6章</b> | <b>PC構造物の現有作用応力計測</b>        | <b>157</b> |
| 6.1        | 概要                           | 158        |
| 6.1.1      | 応力解放法                        | 158        |
| 6.2        | スリット応力解放法                    | 162        |
| 6.3        | プレテンションPC桁を用いた計測精度の検証        | 163        |
| 6.3.1      | 試験概要                         | 163        |
| 6.3.2      | 計測結果                         | 163        |
| 6.3.3      | FEM解析                        | 165        |
| 6.3.4      | 現有作用応力の推定                    | 166        |
| 6.4        | ポストテンションPCT桁橋を用いた現有作用応力計測    | 168        |
| 6.4.1      | 現有作用応力の推定                    | 168        |
| 6.5        | ASRが生じたポストテンションPC桁橋の現有作用応力計測 | 171        |
| 6.5.1      | 現有作用応力の推定                    | 173        |
| 6.6        | まとめ                          | 177        |
|            | 参考文献                         | 178        |
| <b>第7章</b> | <b>結 論</b>                   | <b>181</b> |
| 7.1        | 各章の結論                        | 182        |
| 7.2        | 本論文の結論                       | 186        |

謝 辞

