

光ファイバ計測による ASR 劣化したフーチングの補強対策効果のモニタリング

NTTインフラネット(株) 正会員 青木 俊朗 田中 隆治
石川県道路公社 正会員 津田 誠 和佐田 真吾
金沢大学大学院 自然科学研究科 正会員 鳥居 和之

1. はじめに

近年、アルカリシリカ反応(以下、ASR という)による地上コンクリート構造物の劣化が数多く確認されており、その対策工が実施されている¹⁾。しかし、本稿で報告する橋脚フーチング部のような土中に埋設された構造物の ASR 劣化事例の報告は少なく、対策工法も確立されていないのが現状である。そこで、本現場においては、目視調査や採取コアを用いた各種試験結果をもとに、フーチング側面の周方向および垂直方向に PC 鋼材を配置・緊張する対策工法を採用するとともに、その妥当性の確認および今後の対策工法確立に向けた基礎データの収集を目的として、各種計測機器によるモニタリングを実施することとした。

本稿では、各種行われた計測・モニタリング項目のうち、光ファイバセンサを用いたひずみ計測について、その概要と4年間のモニタリング結果について報告する。

2. 光ファイバ計測の概要

【測定方式】 光ファイバを用いたひずみ計測は、光ファイバ自体をひずみセンサとして用いるものであり、センサの長期耐久性が期待できる、落雷や電磁誘導などの電気的外乱の影響を受けないなどの特長を有する。ひずみ計測方式としては、種々の方式が実用化されており、捉えたい事象の内容に応じて、計測方式を選定する必要がある。本現場では、長期間に亘ってゆっくりと膨張し、かつその発生箇所が事前に特定できない ASR による膨張現象を捉えられるように、光ファイバに生じているひずみ量を連続的に捉えることのできる BOTDR 方式を採用することにした。

なお、BOTDR 方式の測定原理は図 1 に示すとおりであり、

本方式では、測定長 1m の平均ひずみ(ゲージ長 1m の電気式ひずみゲージの出力に相当)を、10cm ピッチで数万点、計測・出力することが可能である。

【使用センサ】 光ファイバセンサとしては、センサがコンクリート中に設置され、コンクリートの伸縮を捉える必要があることから、SUS 管内に光ファイバが設置された、ひずみセンサを適用した。このセンサは、図 2 に示すように、SUS 管を所定の間隔(本現場では 1.5m 間隔)でカシメて、初期引張りひずみ(約 3000 μ)を与えた光ファイバを把持する構造となっており、このカシメ部間の伸縮に伴う光ファイバのひずみ変化を捉えることができる。

【センサ配置】 光ファイバセンサの配置は、1本の光ファイバセンサでフーチング全周をモニタリングできるように、フーチングの上面の2測線および4つの側面の2測線(上段および下段)分を一筆書きで配置した(図3参照)。なお、ひずみ値の温度補正のために、金属管入りひずみセンサの終端に、金属管入り温度センサ(ひずみセンサのカシメ部のないもの)を、側面の上段と下段および上面に1測線、一筆書きで配置した。また、センサの設置固定は、フーチングの補修・補強工(PC鋼材による鉛直および周方向プレストレス導入)の終

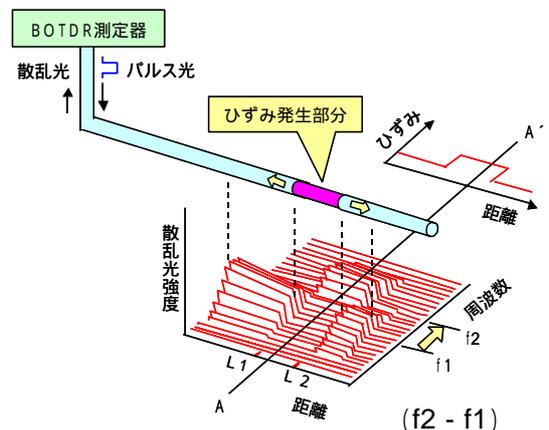


図 1 BOTDR 方式の測定原理

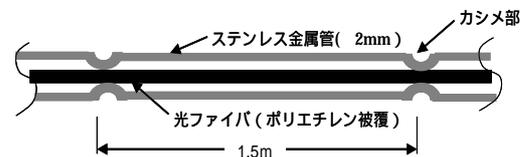


図 2 金属管入りひずみセンサの構造

キーワード ASR, フーチング, 光ファイバ計測, モニタリング

連絡先 〒103-0007 東京都中央区日本橋浜町 2-31-1-15F NTT インフラネット(株) TEL: 03-5643-5629

了後、表面保護用の新設コンクリートに深さ 30mm の溝を はつり、この中に光ファイバを設置し、モルタル埋込み・固定とした。

3. 計測結果と考察

光ファイバセンサは H17 年 4 月中旬に設置し、初期値計測はフーチング埋戻し(土被り約 1m)後、H17 年 5 月上旬に実施した。その後、計測は H17 年度に 5 回、H18 年度に 10 回、H19 年度に 10 回、H20 年度に 2 回の計 27 回実施した。センサ設置後約 4 年が経過したが、計測は正常に行われている。

図 4 に、計測結果の一例として、フーチングの側面 D 面の 2 測線上および上面の 1 測線上の代表点におけるひずみの経時変化を示す。

なお、図中の No. は、金属管入りひずみセンサのカシメ区間の BOTDR 測定器側からの番号付を示す(以下、センサ番号という)。また、図 4 は温度補正処理を行っており、上面、側面上段および下段別、すなわちセンサの設置深度別に補正した。

H18 年度以降の計測結果は、ほとんどのセンサ番号で、9~10 月頃を引張側のピーク、3 月頃を圧縮側のピークとし、変動幅 50~150 μ 程度の 1 年周期のひずみ変動が確認できる。また、ピーク間のひずみ変動幅は、設置深度の増加に伴い小さくなる傾向が窺える。気象庁資料などによると、浅深度での地温は、深度の増加に伴い、年間地温変動量が減少するとともに、そのピーク時期も気温のピーク時期と徐々にずれる傾向がある。ちなみに、金沢における実測データでは、深度 2m 点の年間地温変動量は約 10、最高地温は 10 月頃に記録されている。この地温変動データと上述したひずみの変動状況は概略対応しており、本計測ではおもにコンクリートの温度変化に伴う熱膨張ひずみ変化を捉えているものと考えられる。また、3 年間の計測結果ではあるが、すべてのセンサで、ひずみの明確な漸増傾向は認められず、ASR に伴う膨張現象はフーチング全周で抑制されているものと推察される。

なお、初年度の計測結果が 2 年目以降の計測結果と大きく異なるのは、表面保護コンクリートや埋込みモルタルの初期収縮、フーチング埋戻し後の地温変化、BOTDR 測定器の変更(初年度の使用測定器は 2 年目以降のものに比べ精度が低い)などが複雑に絡んだ結果と考えている。

4. まとめ

ASR により劣化した橋脚フーチング部に対策工を施し、その妥当性の確認および今後の対策工法の確立に向けた基礎データの収集を目的として、BOTDR 方式光ファイバ計測によるモニタリングを実施中である。4 年間のモニタリングの結果、地中温度の季節変動に対応したフーチングのひずみ変動はあるものの、フーチング全周に設置したすべてのセンサで ASR による明確な膨張現象(ひずみ増加)は確認されず、対策工(プレストレス導入)により ASR 抑制効果が発揮されていると推察された。なお、今回は ASR の対策後の計測・モニタリングであったが、新規建設時から光ファイバセンサを設置しておけば、コンクリート構造物のヘルスマニタリング手法として有効に活用できると考える。【参考文献】1) 鳥居和之ほか: PC 鋼材巻立てにより補強した ASR 損傷コンクリート柱の鋼板載荷実験、コンクリート工学年次論文報告集、Vol. 21、No. 2、pp.1051-1056、1999

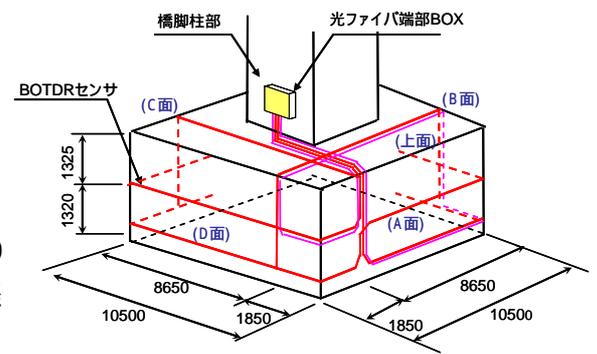


図 3 センサ配線鳥瞰図

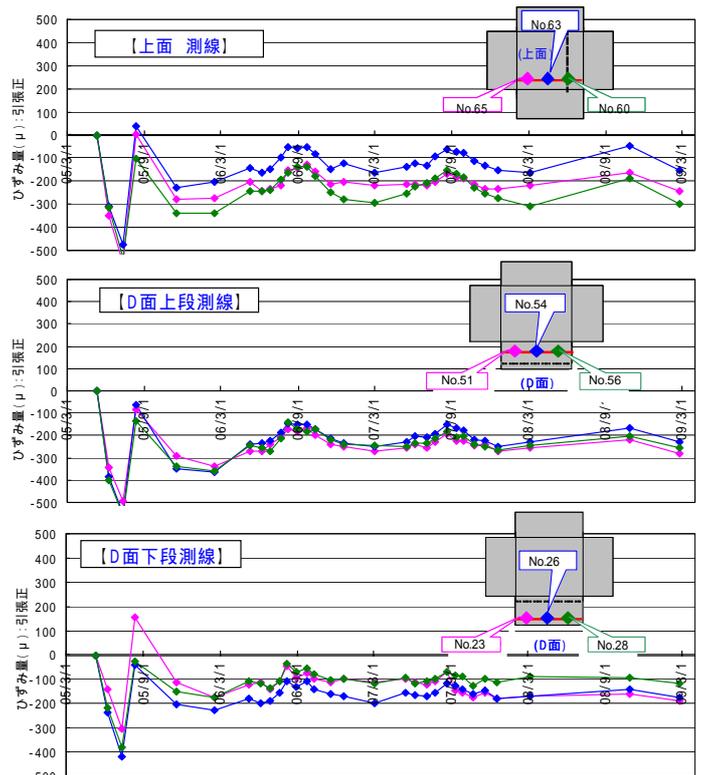


図 4 ひずみの経時変化