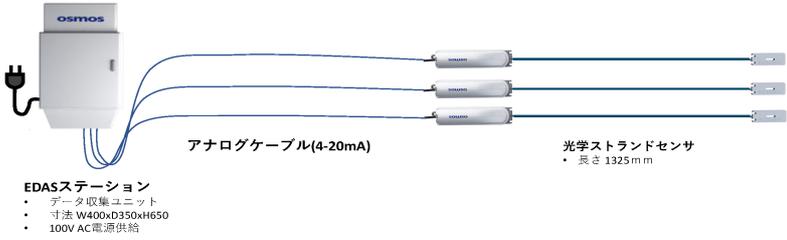


## 1. 基本事項

|         |  |  |   |  |
|---------|--|--|---|--|
| 技術番号    | BR030056-V0125   |  |   |  |
| 技術名     | 光学ストランドセンサによる構造物のひずみ計測・モニタリング技術  |  |   |  |
| 技術バージョン | -  | 作成:  | 2025年3月   |  |
| 開発者     | OSMOS技術協会<br>日揮株式会社(代表事務局)、大日コンサルタント株式会社、株式会社 安藤・間、宮地エンジニアリング株式会社、株式会社計測リサーチコンサルタント、大日本ダイヤコンサルタント株式会社、富士技研センター株式会社、株式会社ジェー・エヌ・エス   |  |   |  |
| 連絡先等    | TEL:<br>045-307-4744 (日揮:代表事務局)<br>058-271-2505(大日コンサルタント)<br>029-858-8800 (安藤ハザマ)<br>03-3639-2265 (宮地エンジニアリング)<br>03-6850-0065 (大日本ダイヤコンサルタント)<br>048-999-8282(計測リサーチコンサルタント)   | E-mail:  | yoshimura.naoki@jgc.com (日揮:代表事務局)<br>osmos@dainichi-consul.co.jp(大日コンサルタント)<br>nishimura.tsuyoshi@ad-hzm.co.jp (安藤ハザマ)<br>watabe.yohichi@miyajji-eng.co.jp (宮地エンジニアリング)<br>yokoyama_hiroshi@dcne.co.jp (大日本ダイヤコンサルタント)<br>siraisi@krcnet.co.jp (計測リサーチコンサルタント) |  |
| 現有台数・基地 | 光学ストランドセンサ 5台<br>モニタリングステーション 2台<br><br>※約1~2カ月間の準備期間で必要台数の追加調達可能  | 基地   | 神奈川県横浜市西区   |  |
| 技術概要    | 光ファイバーの技術を用いた『光学ストランドセンサ』は、構造物に生じた変位量をセンサ長1m間の平均ひずみ(分解能1 $\mu$ )として計測する。専用クラウドサーバーに計測データが自動保存され、遠隔地から計測データの確認やダウンロードができる。<br><br>システムの特徴として、1/100秒間隔(100Hzサンプリング周波数)でひずみ値を常時監視し、構造物に生じた変状を即時に検知し、担当者にEメールで通知する機能が備わっている。<br><br>本モニタリングシステムには、①センサをデータ収集ユニットと接続する有線システム、②バッテリー稼働する無線式システムの2種類があり、ニーズや現場条件に合わせた応力(ひずみ)計測が可能である。 |  |   |  |
| 技術区分    | 橋種   | 鋼橋<br>コンクリート橋  |   |  |
|         | 対象部位   | 上部構造(主桁,床版,主構トラス)<br>下部構造(橋脚)<br>H形鋼桁橋(上部構造(主桁),床版)<br>RC床版橋(上部構造(主桁)) |   |  |
|         | 損傷の種類  | 鋼  |   |  |
|         |  | コンクリート   | ⑥ひびわれ<br>⑦剥離・鉄筋露出<br>①床版ひびわれ  |  |
|         |  | その他  |   |  |
|         |  | 共通   |   |  |
| 検出原理    | 光の強度   |  |   |  |
| 検出項目    | 応力(ひずみ)  |  |   |  |

## 2. 基本諸元

|                  |  |  |
|------------------|--|--|
| 計測機器の構成          |  | <p>①有線式 EDAS(エダス)システム</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 光学ストランドセンサ</li> <li>● アナログケーブル(4-20mA)</li> <li>● EDASステーション(データ収集ユニット)</li> </ul> <p>②無線式 LIRIS(リリス)システム</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 光学ストランドセンサ</li> <li>● SMSモジュール(携帯電話回線による通信ユニット、バッテリー稼働)</li> </ul> <p>有線式 EDAS (エダス) システム</p>  <p>アナログケーブル(4-20mA)</p> <p>光学ストランドセンサ<br/>・ 長さ 1325mm</p> <p>EDASステーション</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ データ収集ユニット</li> <li>・ 寸法 W400xD350xH650</li> <li>・ 100V AC電源供給</li> </ul> <p>無線式 LIRIS (リリス) システム</p>  <p>SMSモジュール</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ モバイルSIM内蔵</li> <li>・ バッテリー駆動</li> <li>・ 無線によるデータ送信</li> </ul> <p>光学ストランドセンサ<br/>・ 長さ 1325mm</p> |
| 移動装置             |  | <p>機体名称</p> <p>移動原理</p> <p>運動制御機構</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>通信</li> <li>測位</li> <li>自律機能</li> <li>衝突回避機能(飛行型のみ)</li> </ul> <p>外形寸法・重量</p> <p>搭載可能容量(分離構造の場合)</p> <p>動力</p> <p>連続稼働時間(バッテリー給電の場合)</p>  |
| 設置方法             |  | <p>光学ストランドセンサ</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 鋼構造物:ネオジム磁石、接着剤</li> <li>● コンクリート構造物:アンカービス Φ4 x 25mm、接着剤</li> </ul>  <p>コンクリート床版への設置状況<br/>アンカービスおよび接着剤による設置</p>  <p>鋼桁への設置状況<br/>ネオジム磁石による設置</p>   |
| 外形寸法・重量(分離構造の場合) |  | 光学ストランドセンサ 全長:1325mm 重量:600g   |
| センシングデバイス        |  | 光ファイバーを用いた光学ストランドセンサ ( 仏オスモス社製 )   |

|                         |  |
|-------------------------|--|
| 計測原理                    | <p>光ファイバーを用いた『光学ストランドセンサ』は、マイクロベンディングと呼ばれる原理に基づき、全長1mのひも状のセンサ(ストランド)部に内蔵された3つ網状に編み込まれた光ファイバーを通過する赤外線(赤外線)の光の強度から変位量を計測する。</p> <p><b>光学ストランドセンサによるひずみ計測の原理</b></p> <p>光学ストランドセンサ (1m長)</p>  |
| 計測の適用条件 (計測原理に照らした適用条件) | <ul style="list-style-type: none"> <li>● 光学ストランドセンサを構造物に設置する際は、計測部位に近接できる必要がある</li> <li>● センサ長1mを設置するには、構造物にフラットなスペースが必要である。ただし、円弧状の平面への設置(例:トンネル覆工)は可能である</li> <li>● 有線式EDAS(エダス)システムの場合は、センサとEDASステーション間にはケーブル配線(最大延長200m)が必要である。また、EDASステーションには電源供給(100V AC)が必要となる</li> <li>● 携帯電話の電波が繋がる場所にシステム(アンテナ)を設置する必要がある</li> </ul> |
| 計測装置                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>● 光学ストランドセンサは、プレテンション(約5kgf)をかけて設置することで、<math>\pm 1500 \mu</math>の範囲を<math>1 \mu</math>の分解能で計測できる。センサの固定点にゆるみやずれ等が生じることで、計測値に影響を及ぼす恐れがある。</li> <li>● 構造物に直接接していないセンサ部に物理的な接触等があった場合、計測値に影響を及ぼす可能性がある</li> <li>● 使用温度範囲:-30°C ~ 50°C</li> </ul>  |
| 計測プロセス                  | <p>光学ストランドセンサにより、センサ固定部1m間の平均ひずみの時刻歴を計測する</p> <p>【処理フロー図】</p> <p>① 有線式EDAS(エダス)システム</p> <p>② 無線式LIRIS(リリス)システム</p>   |
| アウトプット                  | <p>①有線式 EDAS(エダス)システム<br/>光学ストランドセンサによって計測されたひずみは、データ収集ユニット(EDASステーション)から専用クラウドサーバーに保存され、Webアプリからcsvフォーマットにてダウンロードできる。</p> <p>②無線式 LIRIS(リリス)システム<br/>光学ストランドセンサによって計測されたひずみは、データ通信用モジュールから専用クラウドサーバーに保存され、Webアプリからcsvフォーマットにてダウンロードできる。</p>   |
| 計測頻度                    | <p>動的計測: 1/100秒ごとのひずみ値<br/>静的計測: 1~60分(設定による)ごとのひずみ値</p>   |
| 耐久性                     | <p>センサ部は、屋外で5年相当の耐久性、IP65</p>  |

|                                    |                           |   |
|------------------------------------|---------------------------|---|
|                                    | <p>動力</p>                 | <p>①有線式 EDAS(エダス)システムの光学ストランドセンサ<br/>アナログケーブル(4-20mA)からの給電</p> <p>②無線式 LIRIS(リリス)システムの光学ストランドセンサ<br/>リチウムイオンバッテリー(3.6V) 12カ月のバッテリー寿命</p>  |
|                                    | <p>連続稼働時間(バッテリー給電の場合)</p> | <p>②無線式 LIRIS(リリス)システムの光学ストランドセンサ<br/>12カ月のバッテリー寿命</p>  |
| <p>データ収集・通信装置</p>                  | <p>設置方法</p>               | <p>①有線式 EDAS(エダス)システム<br/>EDASモニタリングステーション : 壁および架台掛け設置、収納BOX内に横置き設置</p> <p>①有線式 EDAS (エダス) システム</p> <p>データ収集装置: EDASモニタリングステーション W400xD350xH650 IP65</p> <p>設置方法</p> <p>室内: 壁掛け</p> <p>橋梁箱桁内: ラック掛け</p> <p>屋外: 収納BOX内に設置</p>  |
| <p>外形寸法・重量(分離構造の場合)</p>            |                           | <p>EDASモニタリングステーション: 寸法W400xD350xH650、重量25kg</p>  |
| <p>データ収集・記録機能</p>                  |                           | <p>データ収集装置(EDASステーション)に接続したモバイル通信用ルーターから専用クラウドサーバーに保存され、Webアプリからcsvフォーマットにてダウンロードできる</p>  |
| <p>通信規格(データを伝送し保存する場合)</p>         |                           | <p>携帯電話回線による無線通信(LTE or 3,4G)</p>   |
| <p>セキュリティ(データを伝送し保存する場合)</p>       |                           | <p>専用クラウド セキュリティー規格 SSL</p>   |
| <p>動力</p>                          |                           | <p>①有線式 EDAS(エダス)システム<br/>EDASモニタリングステーション : 100V AC電源による給電</p>   |
| <p>データ収集・通信可能時間(データを伝送し保存する場合)</p> |                           | <p>随時</p>   |

## 3. 運動性能

| 項目         | 性能           |   | 性能(精度・信頼性)を確保するための条件 |
|------------|--------------|---|----------------------|
| 3-1 安定性能   | 性能確認シートの有無 ※ | - |                      |
|            | 性能値          | - | -                    |
|            | 標準試験値        | - | -                    |
| 3-2 進入可能性能 | 性能確認シートの有無 ※ | - |                      |
|            | 性能値          | - | -                    |
|            | 標準試験値        | - | -                    |
| 3-3 可動範囲   | 性能確認シートの有無 ※ | - |                      |
|            | 性能値          | - | -                    |
|            | 標準試験値        | - | -                    |
| 3-4 運動位置精度 | 性能確認シートの有無 ※ | - |                      |
|            | 性能値          | - | -                    |
|            | 標準試験値        | - | -                    |

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

## 4. 計測性能

| 項目   |                        | 性能                           |   | 性能(精度・信頼性)を確保するための条件                    |  |
|------|------------------------|------------------------------|---|---|--|
| 計測装置 | 4-1 計測速度(撮影速度)         | 性能確認シートの有無 ※                 | -   |   |  |
|      |                        | 性能値                          | -   | -                                       |  |
|      |                        | 標準試験値                        | -   | -                                       |  |
|      | 4-2 計測精度               | 性能確認シートの有無 ※                 | 有   |   |  |
|      |                        | 性能値                          | 計測誤差:最大2% (10 $\mu$ )   |   | -  |
|      |                        | 標準試験値                        | 標準試験方法 変位 ひずみ (2020)<br>実施年 2024年   |   | ①動的載荷試験の相対差<br>サンプル数:5<br>リファレンス値:46.0~56.2 $\mu\epsilon$<br>測定値:47.3~57.5 $\mu\epsilon$<br>②静的載荷試験の相対差(1/2L)<br>サンプル数:3<br>リファレンス値:54.6~56.2 $\mu\epsilon$<br>測定値:54.3~55.5 $\mu\epsilon$<br>③静的載荷試験の相対差(1/4L)<br>サンプル数:3<br>リファレンス値:27.0~27.1 $\mu\epsilon$<br>測定値:26.4~27.3 $\mu\epsilon$ |
|      |                        |                              | ①相対差 1.42 $\mu\epsilon$ (2.83%)<br>②相対差 0.91 $\mu\epsilon$ (1.65%)<br>③相対差 0.38 $\mu\epsilon$ (1.39%) |   |  |
|      | 4-3 位置精度(移動しながら計測する場合) | 性能確認シートの有無 ※                 | -   |   |  |
|      |                        | 性能値                          | -   | -                                       |  |
|      |                        | 標準試験値                        | -   | -                                       |  |
|      | 4-4 色識別性能              | 性能確認シートの有無 ※                 | -   |   |  |
|      |                        | 性能値                          | -   | -                                       |  |
|      |                        | 標準試験値                        | -   | -                                       |  |
|      | 計測レンジ(計測範囲)            | 性能確認シートの有無 ※                 | 無   |   |  |
|      |                        | 性能値                          | $\pm 1500\mu\epsilon$   |   | 使用温度範囲:-30 $^{\circ}$ C~50 $^{\circ}$ C  |
|      | 校正方法                   | 専用の校正ベンチ(精度1 $\mu$ )を用いて校正する |   |   | ひずみレンジ $\pm 500\mu$ の範囲を100 $\mu$ 刻みで校正を行った際の最大誤差が10 $\mu$ 以内の精度となるように校正する   |
|      |                        | 検出性能                         | 性能確認シートの有無 ※  | -                                       |  |
|      | 性能値                    |                              | -   | -                                       |  |
|      | 検出感度                   | 性能確認シートの有無 ※                 | -   |   |  |
|      |                        | 性能値                          | -   | -                                       |  |
| S/N比 | 性能確認シートの有無 ※           | -                            |   |   |  |
|      | 性能値                    | -                            | -   |   |  |
| 分解能  | 性能確認シートの有無 ※           | 無                            |   |   |  |
|      | 性能値                    | 1 $\mu$ m                    |   | 使用温度範囲:-30 $^{\circ}$ C~50 $^{\circ}$ C |  |

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

## 5. 留意事項(その1)

| 項目      |                | 適用可否/適用条件                             | 特記事項(適用条件) |
|---------|----------------|---------------------------------------|------------|
| 点検時現場条件 | 道路幅員条件         | -                                     | -          |
|         | 桁下条件           | -                                     | -          |
|         | 周辺条件           | 計測対象場所に作業員がアクセスできること(作業足場、高所作業車など使用可) | -          |
|         | 安全面への配慮        | -                                     | -          |
|         | 無線等使用における混線等対策 | -                                     | -          |
|         | 道路規制条件         | -                                     | -          |
|         | その他            | 使用温度範囲:-30℃~50℃                       | -          |

## 5. 留意事項(その2)

| 項目            |                                | 適用可否/適用条件   | 特記事項(適用条件) |
|---------------|--------------------------------|---|------------|
| 作業条件・<br>運用条件 | 調査技術者の技量                       | -   | -          |
|               | 必要構成人員数                        | 作業員 2~3名  | -          |
|               | 作業ヤード・操作場所                     | -   | -          |
|               | 計測費用                           | <p>【橋梁条件】<br/>橋種:鋼桁橋・PC桁橋<br/>部位・部材:上部構造(主桁、床版等)<br/>作業日数:1日<br/>検出項目:ひずみ(応力)<br/>設置箇所数:2点</p> <p>【システム条件】<br/>適用システム:無線式システム<br/>計測頻度:静的1時間ごと、管理閾値によるトリガー計測<br/>計測期間:1年間</p> <p>【費用】<br/>設備費:150万円(機器リース、クラウド、アプリ利用料含む)<br/>労務業:100万円(設置作業、データの整理等)<br/>合計 :250万円</p> <p>※費用は設置の足場条件や期間、立地により変動する<br/>※旅費交通費等は別途</p> | -          |
|               | 保険の有無、保障範囲、費用                  | -   | -          |
|               | 自動制御の有無                        | -   | -          |
|               | 利用形態:リース等の入手性                  | <p>業務委託(システム設置、メンテナンス、システム利用料)<br/>※システムはすべてリース</p> <p>条件:機材の在庫が無い場合、1~2カ月程度の準備期間を要する</p>   | -          |
|               | 不具合時のサポート体制の有無及び条件             | サポート体制あり  | -          |
| センシングデバイスの点検  | 計測・モニタリング開始前にデバイス動作確認を行う       | -   |            |
| その他           | 遠隔でのデータ収集のために4G/LTEの通信環境が必要となる | -   |            |

## 6. 図面

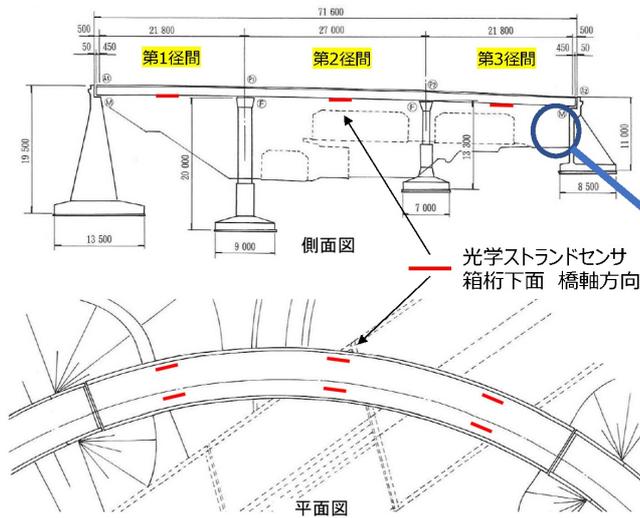
## ①有線式 EDAS(エダス)システムの適用事例

対象構造: 道路橋 3径間連続PC箱桁橋

利用システム: EDASモニタリングステーション x1台

光学ストランドセンサ x 6台

## ・ システム設置状況



光学ストランドセンサ設置状況



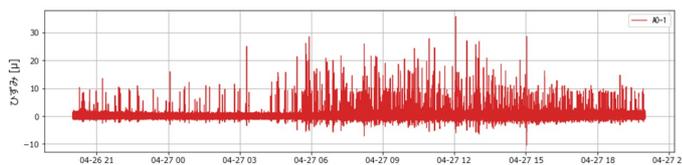
モニタリングステーション設置状況



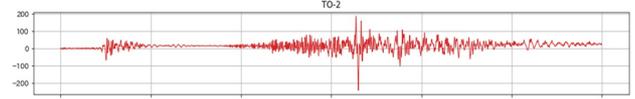
桁下の仮設物置小屋に設置

## ・ 取得データおよびデータ分析例

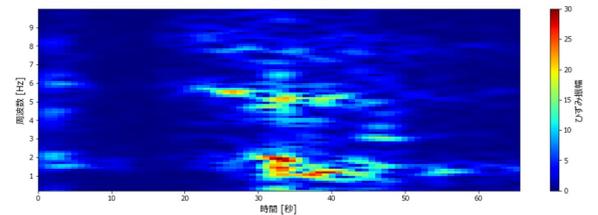
動的ひずみ時刻歴波形 (24時間分)



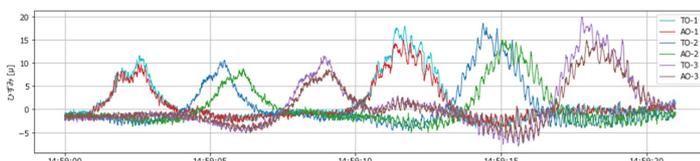
大型地震発生時の動的ひずみ波形 (トリガーによる自動計測)



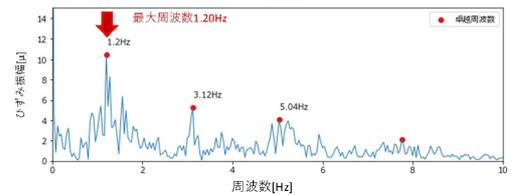
スペクトログラム分析



重車両の2台連続通過時のひずみ波形 (全センサ20秒間)



FFT分析

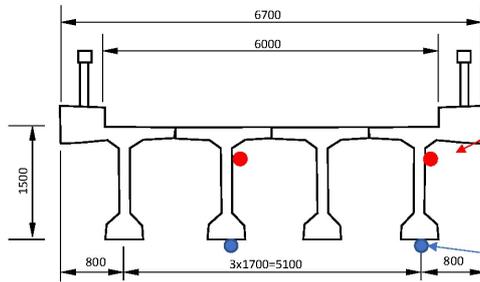


## ②無線式 LIRIS(リリス)システムの適用事例

対象構造:道路橋 単純ポステンPC橋

利用システム:無線式LIRIS OS x 4台

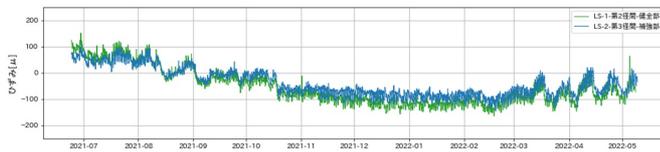
## ・ システム設置状況



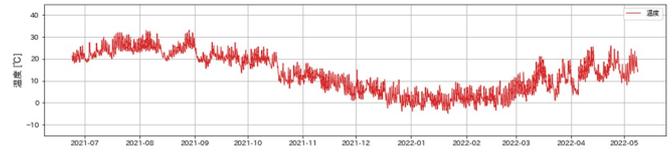
センサーの設置状況

## ・ 取得データ例 静的データ (1時間ごと)

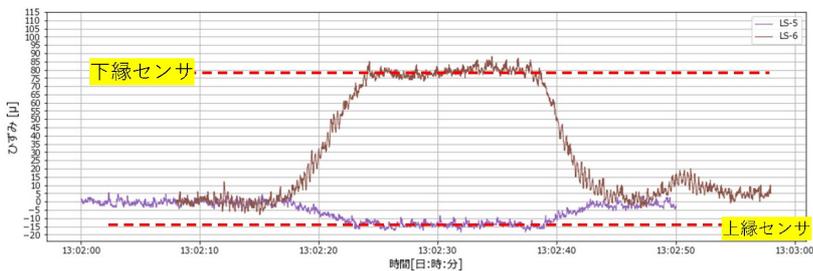
1年間のひずみ計測履歴



1年間の温度計測履歴



## ・ 取得データ例 動的データ (現場無線通信による)



リアルタイムデータ計測状況

