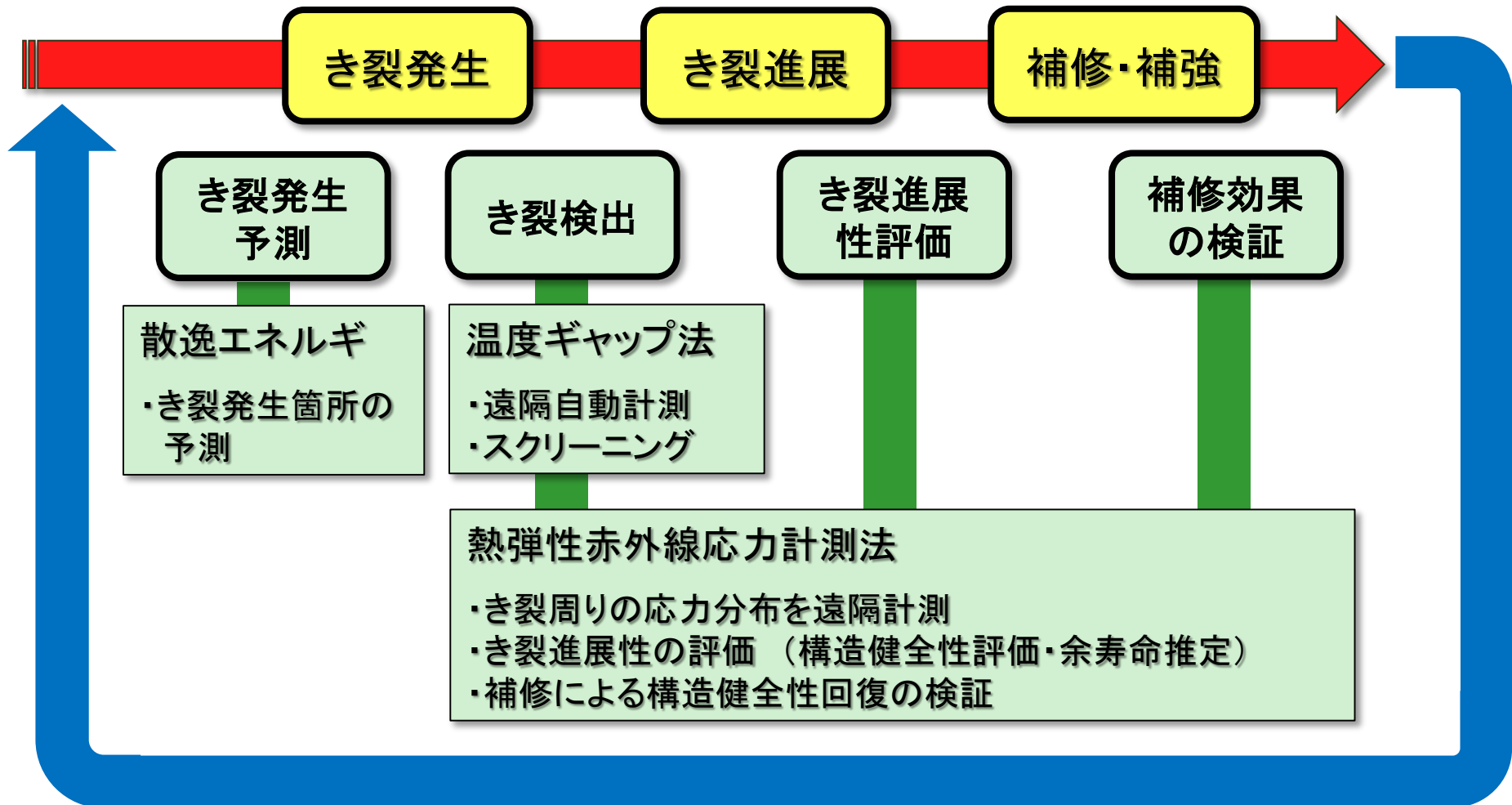


姫路大橋の疲労亀裂に対する 赤外線サーモグラフィー (熱弾性法) の試行

鋼橋梁のライフサイクルでの非破壊評価

鋼構造物のライフサイクルでの非破壊評価



熱弾性応力計測の原理

断熱状態の固体に引張応力を作用させればその応力変動に比例した温度降下が，逆に圧縮応力を作用させれば応力変動に比例した温度上昇が生じる．

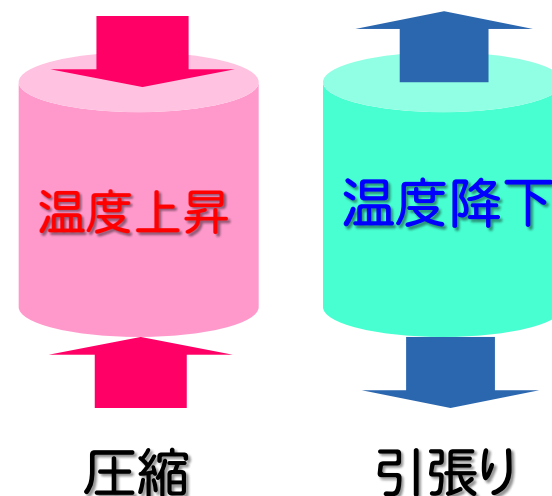
固体に対する熱弾性効果の基礎式

$$\Delta T = -\frac{\alpha}{\rho C_p} T \Delta \sigma = -k T \Delta \sigma$$

α : 線膨張係数, ρ : 密度, C_p : 定圧比熱

k : 熱弾性係数

$\Delta \sigma$: 主応力和の変動振幅



熱弾性係数 k と ΔT

炭素鋼

$$k = 3.5 \times 10^{-12} \text{ (m}^2\text{/N)}$$

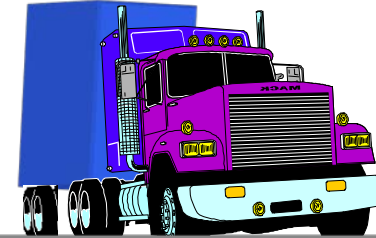
$$\Delta \sigma = 10 \text{ (MPa) の時} \quad \Delta T = 0.01 \text{ (K)}$$

自己相関ロックイン法による疲労き裂検出・評価

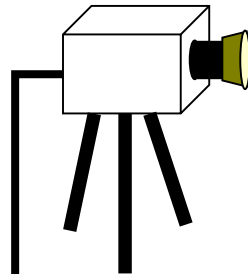
微小な温度変動計測のためのS/N改善法

- ・ 時系列赤外線データから参照信号を自己生成して自己相関ロックイン処理
- ・ 車両走行による**不規則な変動荷重**に同期
- ・ 完全**遠隔・非接触測定**を実現

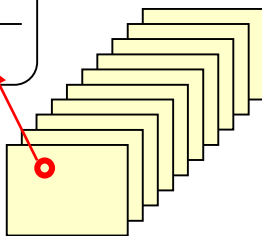
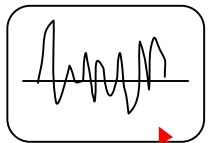
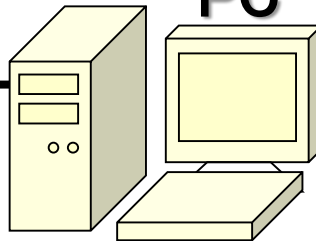
ランダム変動荷重



赤外線
カメラ



PC



自己相関ロックインサーモグラフィ法

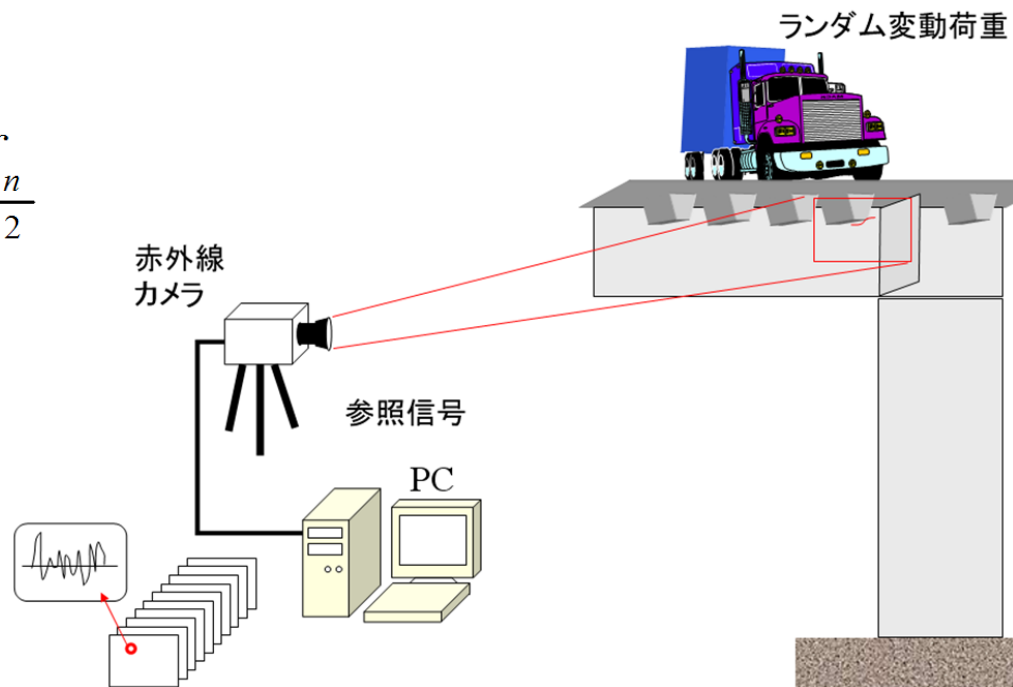
$$Y_n = A + Bf_n$$

$$\Delta^2 = \sum_{n=1}^N (y_n - Y_n)^2 \rightarrow \min$$

$$B = \frac{\begin{vmatrix} N & \sum y_n \\ \sum f_n & \sum y_n f_n \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} N & \sum f_n \\ \sum f_n & \sum (f_n)^2 \end{vmatrix}} = \frac{N \sum y_n f_n - \sum y_n \sum f_n}{N \sum (f_n)^2 - (\sum f_n)^2}$$

係数Bの分布が応力の相対
変動値分布を表す

- Y_n : 近似値 (視野内の全ての箇所)
- y_n : 赤外線強度 (視野内の全ての箇所)
- f_n : 赤外線強度 (参照信号部)
- A, B : 近似係数
- N : 全フレーム数
- n : フレーム番号

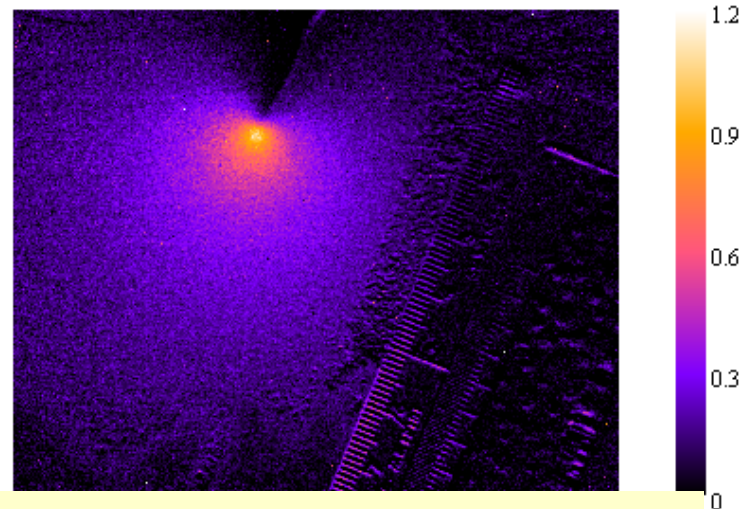
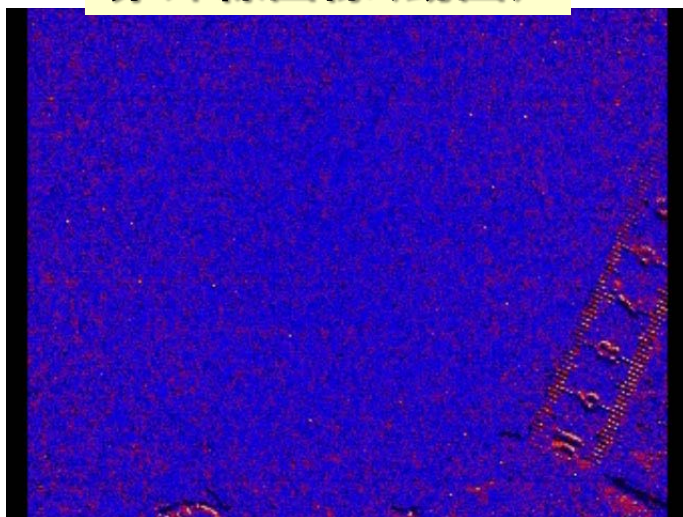
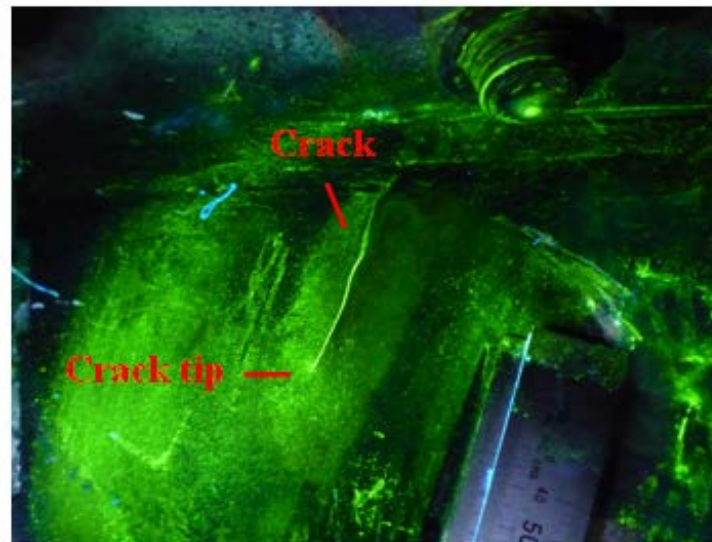


自己相関ロックインサーモグラフィ適用事例

一般国道 Uリブ疲労き裂屈曲後の計測結果



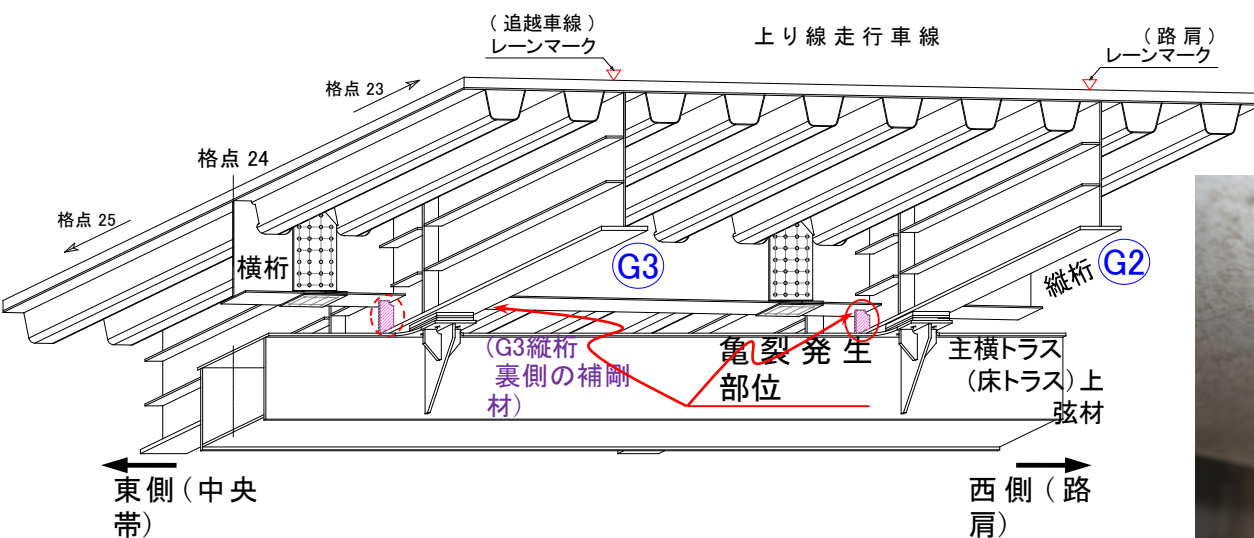
赤外線画像(動画)



自己相関ロックイン処理画像

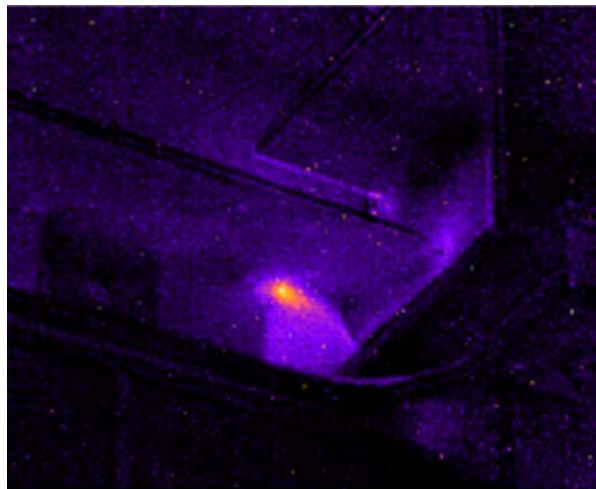
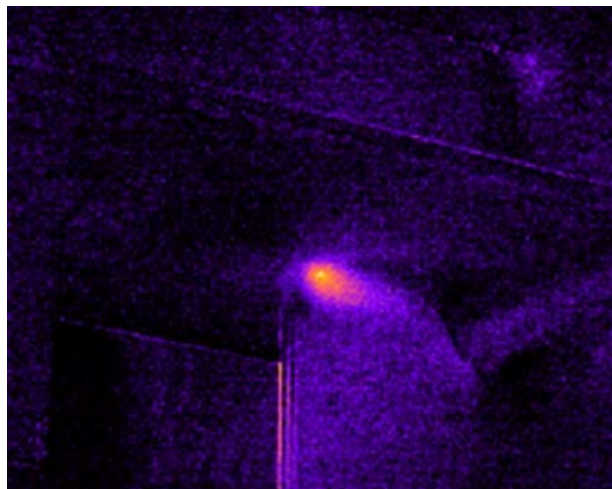
自己相関ロックインサーモグラフィ適用事例

本州四国連絡高速道路 岩黒島橋 ウェブギャップ板の疲労き裂計測結果

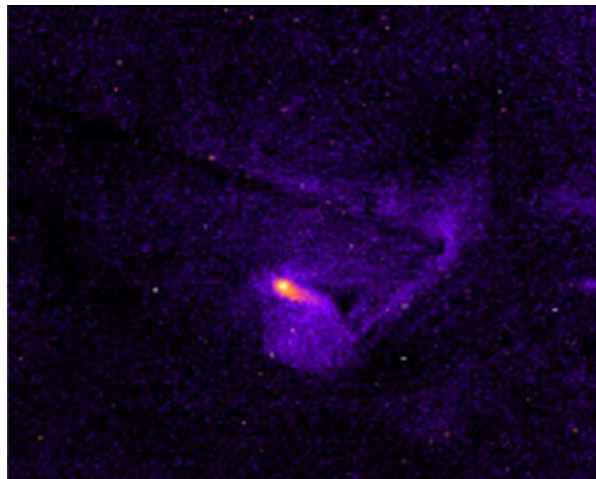
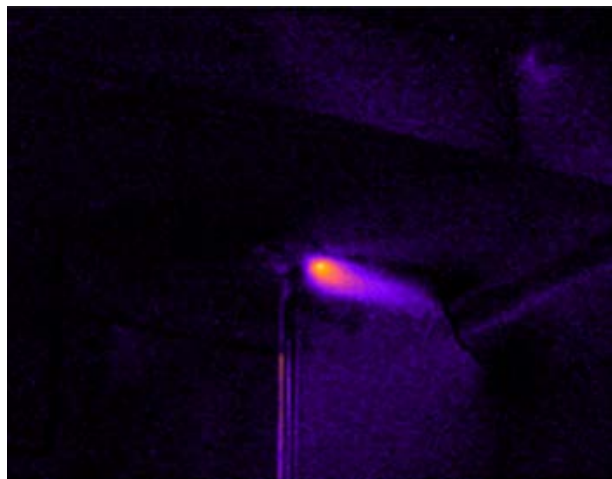


鋼構造のき裂近傍の応力計測

き裂検出性(板厚貫通き裂では顕著な応力集中が見られる)



荷重源
鉄道車両



荷重源
大型トラック

近接計測

遠隔計測(5.4m)

計測概要

- ・ 目的：磁粉探傷試験により亀裂が確認されている箇所について、亀裂の検出性および亀裂先端での応力集中を確認するため実施。
- ・ 橋梁名：姫路大橋：下り線第6径間（P5-A2間）
- ・ 着目亀裂：ウェブギャップ板に生じたパターン④の亀裂
- ・ 計測日：2014年12月1日(月) 13:00～15:00
- ・ 担当者：神戸大学：阪上，大谷，神田，藤本
滋賀県立大学：和泉
本州四国連絡高速道路：溝上，梁取

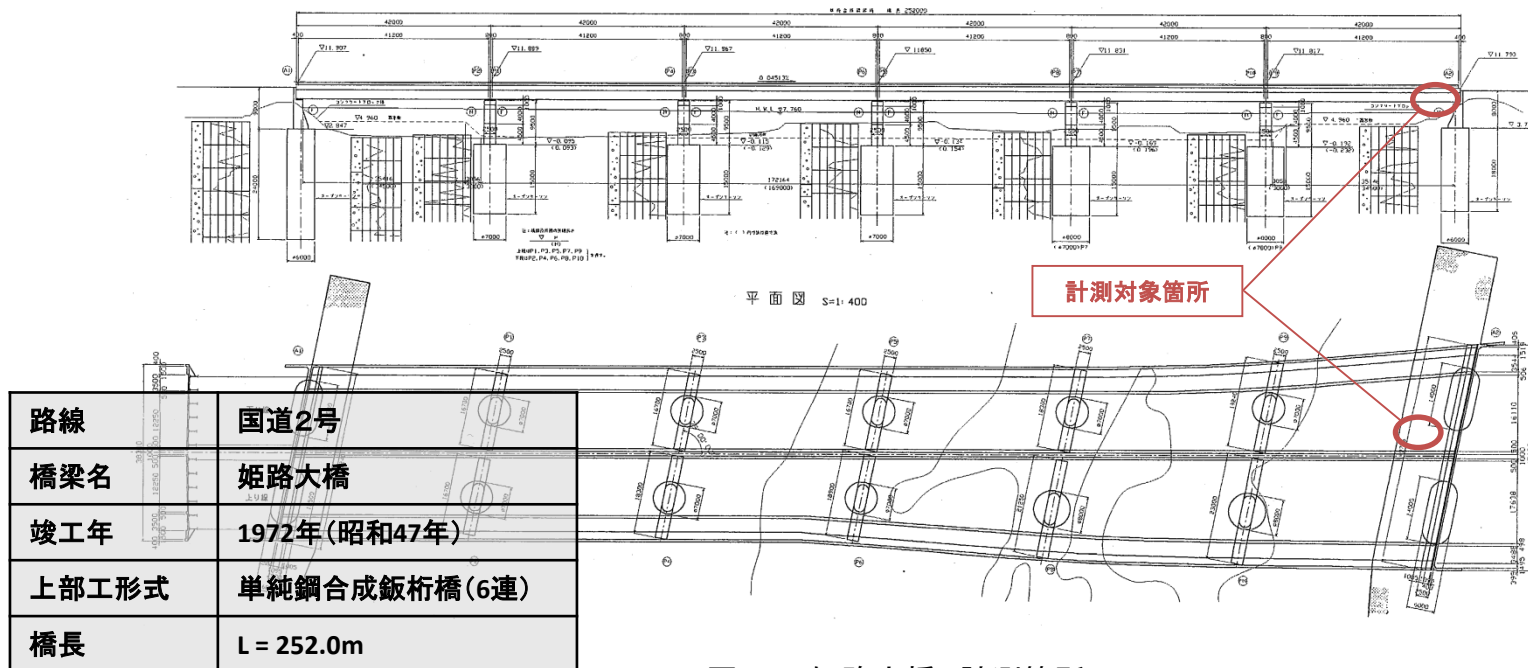


図-1 姫路大橋 計測箇所

計測対象箇所

- 対象箇所(下り線)
中央分離帯から2本目の主桁
端支点から2格点目の荷重分配横桁 } 交差部
- 対象ディテール: 主桁と横桁交差部のウェブギャップ板(上フランジ間)
- 亀裂パターン: ④

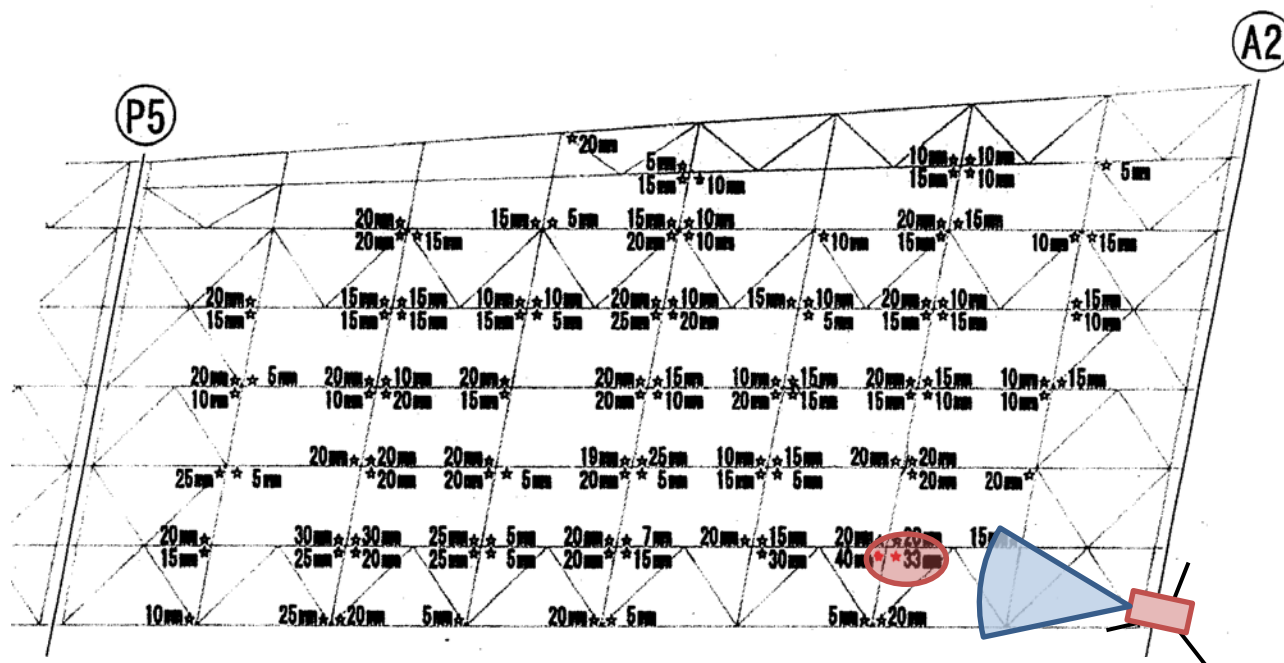
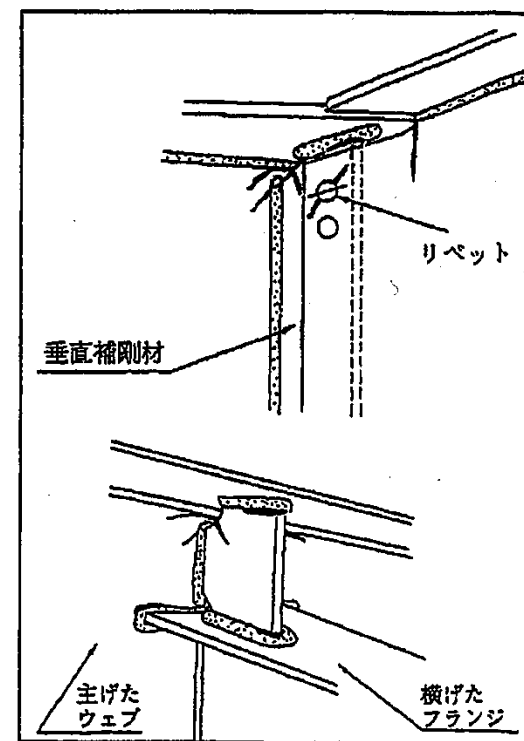


図-2 計測対象箇所



計測状況



写真－1 交通状況



写真－2 機器設置状況

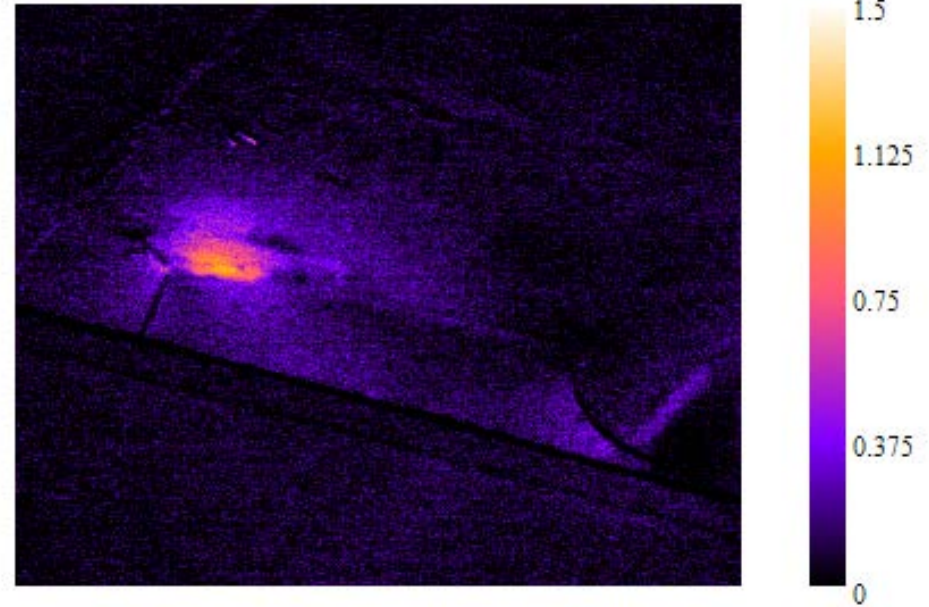


写真－3 計測対象箇所



写真－4 計測対象箇所の詳細

自己相関ロックイン処理結果



自己相関ロックイン処理により求めた計測領域の相対応力分布画像

- ・ き裂先端に顕著な応力集中部が検出された
- ・ 橋上が渋滞時には応力計測が困難であった
 - ⇒ 応力変動の卓越周波数が低い場合検出が困難
- ・ 橋上の渋滞解消後は応力変動の計測が可能になった