

残留応力測定

部材の熱処理や溶接加工、負荷などによって生ずる残留応力は、実負荷（実荷重）が許容内であっても、実負荷に残留応力が付加される形で構造物の強度や疲労強度を低下させてしまいます。部材の機械加工精度向上や健全性評価、余寿命診断を行うために残留応力の評価は重要なファクターとなっています。ひずみゲージを用いた残留応力測定は、一般的な公称応力値として

直接ひずみを測定できる点が特長です。しかし、残留応力は通常のひずみ測定では困難です。残留応力測定方法には、ひずみゲージ近傍に穴やスリットを入れ局部的な残留応力を解放する部分解放（主に穿孔法）と、ひずみゲージの周辺を機械加工により切断し残留応力を解放する全解放（切断法）があります。当社では残留応力測定専用のひずみゲージを用意しております。

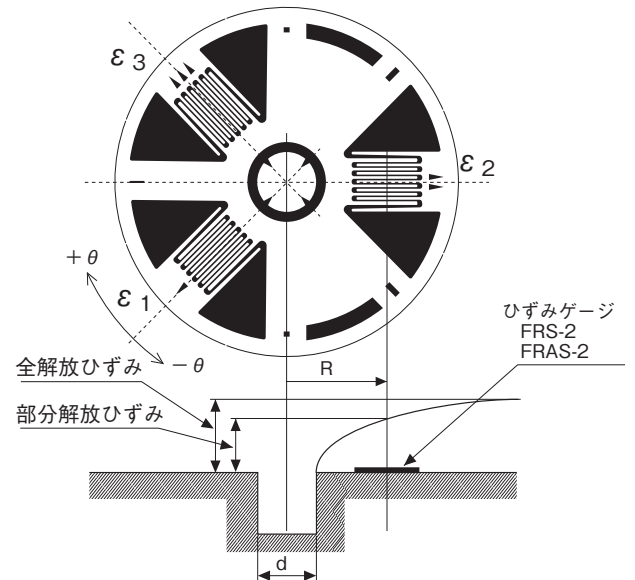
部分解放による方法

試験体を破壊できない場合でも僅かな破壊は許される場合（セミ破壊）に適します。破壊する大きさは約φ2mmの孔を深さ3mmくらいです。残留応力測定専用のひずみゲージを測定部位に接着し、その中心に穿孔し、それにより発生する部分解放ひずみ、穿孔直径

寸法、試験体の弾性係数、ポアソン比などを用いて残留応力を算出します。ひずみゲージの中心に正確に穿孔すること、加工ひずみが加わらないことを求められるので、専用の工具や穿孔装置を使用して穿孔します。

穿孔法による残留応力測定

FRSゲージを使用する部分解放による方法では、試験体に僅かな穿孔を行うことによって生ずる部分解放ひずみから残留応力を算出できます。この方式はASTMスタンダードE837-（Determining Residual Stress by the Hole-Drilling StrainGage Method）で紹介されています。



適用ひずみゲージ	FRS-2（ゲージ長：1.5mm） FRAS-2（ゲージ長：2mm）
使用温度範囲	- 196 ~ + 150°C
温度補償範囲	+ 10 ~ + 100°C
適用接着剤	CN

詳細な仕様は56、102頁をご覧ください。

最大残留応力

$$\sigma_{\max} = \frac{\epsilon_1 + \epsilon_3}{4A} + \frac{\epsilon_1 - \epsilon_3}{4B \cos 2\theta}$$

最小残留応力

$$\sigma_{\min} = \frac{\epsilon_1 + \epsilon_3}{4A} - \frac{\epsilon_1 - \epsilon_3}{4B \cos 2\theta}$$

ε₁軸から最大残留応力方向への角度（ε₁軸から時計方向に+です）

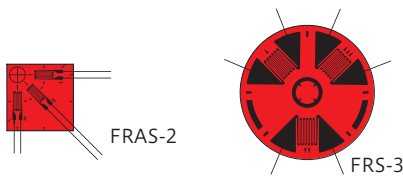
$$\theta = \frac{1}{2} \tan^{-1} \frac{\epsilon_1 + \epsilon_3 - 2\epsilon_2}{\epsilon_3 - \epsilon_1}$$

ここで、A、Bは穿孔径とゲージ中心半径から決まる定数

$$4A = -\frac{(1+\nu)d^2}{2ER^2} \quad 4B = -\frac{2d^2}{ER^2} + \frac{3(1+\nu)d^4}{8ER^4}$$

ν：ポアソン比 R：ゲージ中心半径
d：穿孔径 E：ヤング率
ε₁～ε₃：測定ひずみ

穿孔法残留応力測定用ひずみゲージ



型名	ゲージ長さ (mm)	ゲージ幅 (mm)	ベース長さ (mm)	ベース幅 (mm)	ゲージ中心直径	抵抗値 (Ω)
FRAS-2	2	1.1	9	9	φ7.0	120
FRS-08	0.8	0.7	φ7		φ2.56	120
FRS-2	1.5	1.3	φ9.5		φ5.14	120
FRS-3	3	2.6	φ17.5		φ10.26	120



全解放による方法

試験体を破壊してよい場合では測定場所にひずみゲージを接着し、その周辺をすべて切断して残留応力を完全に解放し、その変化したひずみより応力解析を行い、残留応力を算出します。

切断法による残留応力測定

使用するひずみゲージは測定する条件により単軸ゲージ、2軸ゲージ、3軸ゲージ、応力集中測定用ゲージから選定します。

全解放方式においても切断時にその加工による新たなひずみ（応力）が加わらないようにすること、切削時にひずみゲージを破損しないように注意します。

切断加工する方法では、薄刃の研削盤切断や放電加工による加工応力発生が少ない方法が利用されています。

通常はデータロガー（静ひずみ測定器）で測定します。

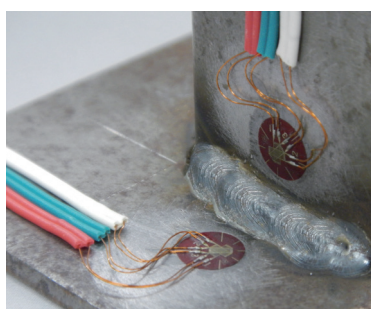
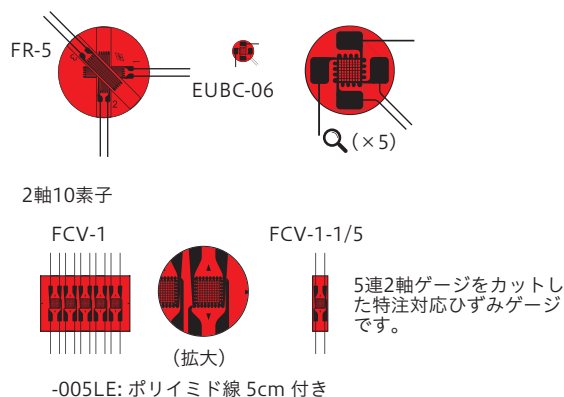
測定場所にひずみゲージを施工し、初期不平衡値を測定します。切断加工時に切削油などがかかる場合は保護コーティングを行うか、リード線を一旦取り外し、ひずみゲージ部分だけをコーティングしてから、切断加工を行います。加工応力が発生しないように切断します。切断により温度変化などが発生した場合は、温度が下がってから、切断後の測定を行います。

測定の開始と終了で別な測定器に変更しますと初期不平衡値が変化しますので、同一測定器の同一c hで測定を行ってください。

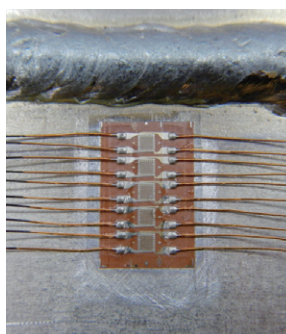
適用ひずみゲージ	FR-5（ゲージ長：5mm 3軸） EUBC-06（ゲージ長：0.6mm 2軸） FCV-1（ゲージ長：1mm 2軸5連）
使用温度範囲	- 196 ~ + 150°C
温度補償範囲	+ 10 ~ + 100°C
適用接着剤	CN

詳細な仕様は56～57、102頁をご覧ください。

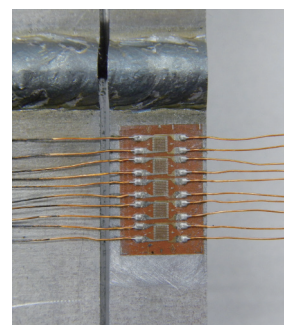
残留応力測定用



溶接ビード部（ロゼットゲージ）



溶接ビード部（応力集中用ひずみゲージ）



切断解放後