

KHCX Encapsulated High-Temperature Strain Gage INSTRUCTION MANUAL

Calling the operator's attention

The following cautionary symbols and headlines are used to invite the operator's attention. Be sure to observe the accompanying precautions in order to preserve the performance of the instrument.

• Caution

Cautions are given to invite the operator's attention, in order to avoid instrument failure or mal-function. Be sure to observe the accompanying instructions.

1. Standard accessories

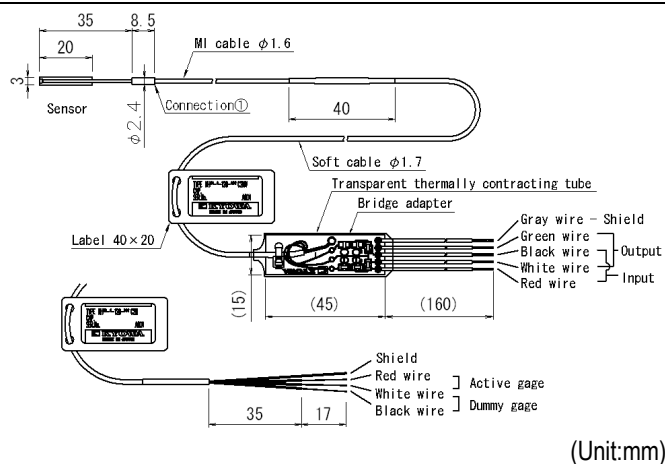
This product comes with the standard accessories listed below. When unpacking, be sure to check that all the accessories are included.

Metal belt (Ni-Cr, L100 x W3 x t0.05 mm)	2
Weld test metal piece (NCF600, L30 x W5 x t0.1 mm)	2
Test data sheet	1
Instruction manual	1

The gage with no bridge adapter attached is provided with following additional accessories.

Temperature compensating resistor (R_{TC} : with red tube)	1
Temperature compensating resistor (R_{LC} : with no tube)	1
Balancing resistor (R_{BAL} : with white tube)	1

2. Parts identification and dimensions



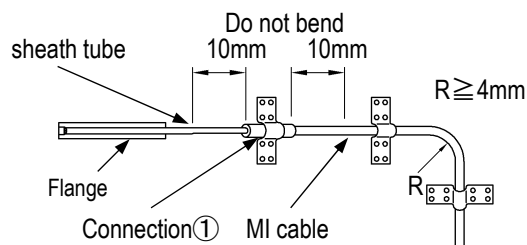
3. Handling precautions

• Caution

- Maximum operating temperature is 950°C. Avoid using the gage at a temperature higher than maximum operating temperature.
- Do not work on flange to make it radius curvature to be shorter than 75mm.
- Do not cut the MI cable halfway.
- In order to avoid bending and twisting of the sheath tube, fix the MI cable using the accessory metal belt before installing the sensing part.

• Caution

- In order to avoid wire breaking, do not bend the wire about 10mm from connection ①. When the MI cable has to be bent, the radius of curvature is larger than 4 mm.



- If the Insulation resistance is measured at a temperature higher than 750°C, the applied voltage may damage the strain gage. Avoid the measuring if possible.

- This gage is installed by spot welding. It is therefore installable to steel materials chiefly. It cannot be installed to aluminum or copper materials.

- It is recommended to use the KYOWA GW-3C spot welder.

- Use DB-120A with the gage no bridge adapter attached.

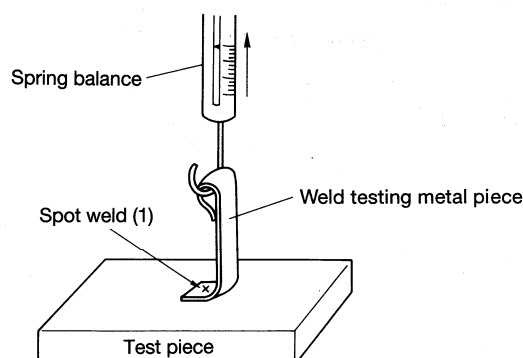
- The cable tip of the product is assembled with the Lead-free solder. Be sure to use the Lead-free solder (Sn96.5%, Ag3%, Cu0.5%) when soldering the cable.

4. Installation

4.1 Spot-welding requirements

- Welding energy : Approx. 10W · s
- Electrode pressing force : Approx. 10N (Ref. 1kgf)
- Diameter of electrode tip : Approx. 0.8 mm
- Welding strength : 15N or higher (Ref. 1.5kgf or higher)

Measure welding strength using the accessory weld testing metal piece as illustrated below.



Where no spring balance is available....

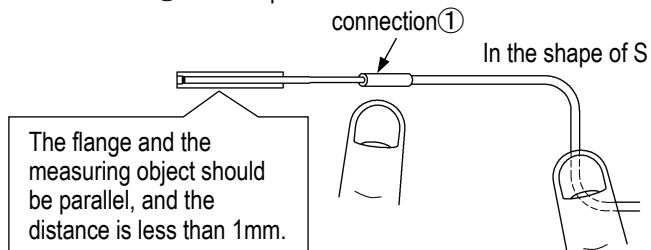
Pull the weld testing metal piece with a pair of pliers or the like. If a hole is thus made in the metal piece while the spot weld remain on the test piece, the welding strength satisfies the requirement for strain measurement.

4.2 Prepare the surface of measuring object

Polish the surface of the measuring object using sandpaper (#320 or thereabouts). Remove dust, oil, etc. with a solvent such as acetone. Stained measuring object or electrode tip may cause lots of sparks during spot welding, thereby damaging the gage and electrode.

4.3 Fix the MI cable

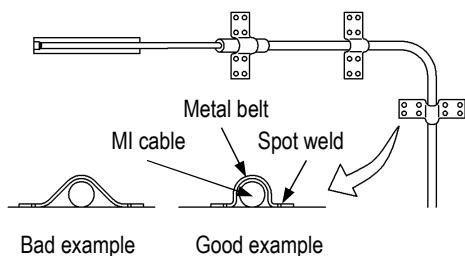
- Set the sensing part in place on the measuring object. Set it to make the flange and the measuring object are parallel, and the distance is less than 1mm when pressing lightly the connection① on its top.



Note) Place a spacer or shave the measuring object underneath the connection① to avoid bending the sheath tube contacting the flange and the measuring object. Do not work setting forcibly or bending the gage partially to cause the gage disconnection.

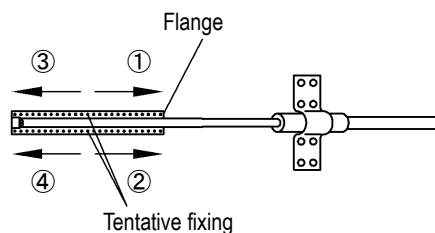
Note) Lay the MI cable in the manner to match the convex or concave on the surface of the measuring object. The MI cable laid in the shape of S avoids from revolving. The flange may fail to keep parallel with the measuring object when the MI cable is bent.

- Using the accessory metal belt and spot weld, fix the connection① and the MI cable. While welding, be sure to use protective glasses to keep burning materials out of the eye.



4.4 Install the sensing part

- Temporarily fix the sensing part by welding 2 spots at the center of the flange.
- Spot weld the flange to measuring object in the order of ① to ④ from the center to the end of flange at intervals of 0.7 to 0.8mm.



5. Connection with the measuring instrument

• Caution

- The insulation resistance value decreases in the high temperature. To reduce the influence, use the measuring instrument that applies voltage always, such as UCAM-550A. In this case, using the instrument that applies voltage always not, contact your KYOWA representative.

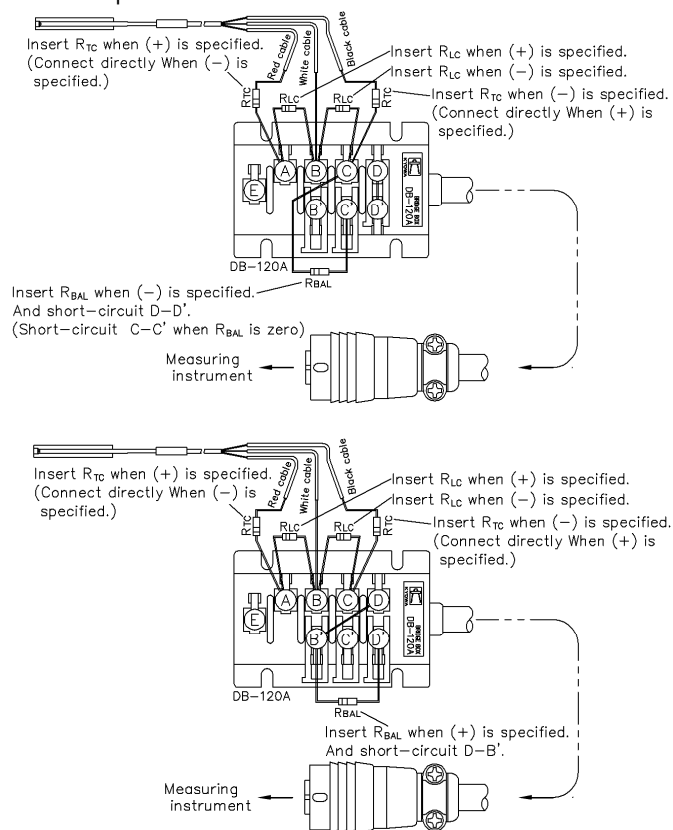
5.2 In the case of the gage with bridge adapter attached

For static strain measurement, connect the wires of the bridge adapter to the measuring instrument such as UCAM-550A.

For dynamic strain measurement, connect the wires of the bridge adapter to the wires of the optional input cable (U-21 to U-24), color to color, and cover the connection with vinyl tape or the like for insulation. Then, connect the cable plug to measuring instrument such as EDX-100A. For caution's sake, the gray wire should not be connected to the shield wire.

5.3 In the case of the gage with no bridge adapter attached

As shown below, connect the wires of the soft cable to the DB-120A and insert 3 accessory resistors. Then, connect the wires of the DB-120A to the measuring instrument. Then inserting resistor positions are stated in the test data sheet.



5.4 Fix the cable

Fix the MI cable. Do not move it after fixing. The zero point may drift, when the MI cable is moved during measurement.

6. Conversion

Using the equation below, obtain the stress-initiated strain from a strain reading on the measuring instrument.

$$\epsilon_{A(T)} = [\epsilon_{B(T)} - \epsilon_{C(T)}] \times [2 / K_{S(T)}] \quad \dots\dots(1)$$

where,

$\epsilon_{A(T)}$: Stress-initiated strain at temperature T

$\epsilon_{B(T)}$: Strain reading at temperature T

$\epsilon_{C(T)}$: Thermally-induced apparent strain at temperature T

$K_{S(T)}$: Gage factor at temperature T

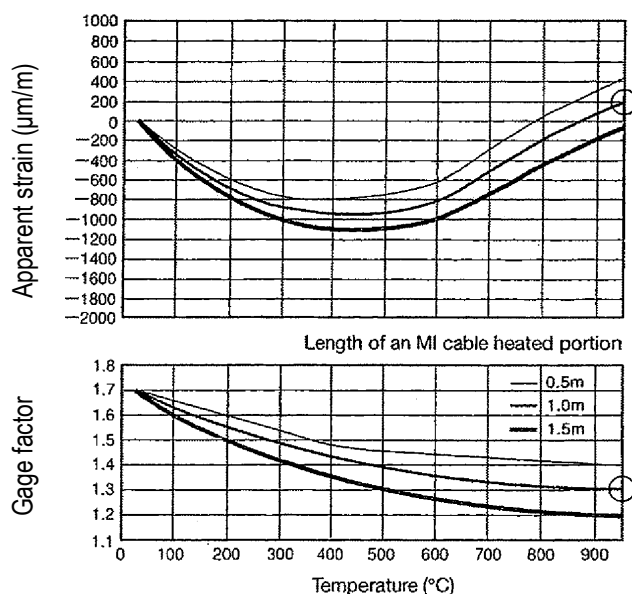
Obtain $\epsilon_{C(T)}$ and $K_{S(T)}$ from the test data sheet.

How to obtain $K_{S(T)}$ and $\epsilon_{C(T)}$

- (1) Referring to the graph on the test data sheet, find the gage factor K_s and thermally-induced apparent strain ϵ_c of the overall gage from the sensing part temperature and the length of MI cable heated to the same temperature as the sensing part. Depending on the location, the temperature of the MI cable changes. Convert the length of MI cable as same temperature as the sensing part.
- (2) Overall gage factor can also be obtained using the equations stated on the test data sheet. Linear expansion coefficient matching the measurement application is calculated as the equation "N" described on the test data sheet. Use the exact linear expansion coefficient when you know it. So, it is needless to use the equation "N".

Example)

Sensing part temperature: 950°C
Length of heated MI cable: 1.0 m
Strain reading ϵ_B at 950°C: 525 $\mu\epsilon$ ($\mu\text{m/m}$)



From the test data sheet, ϵ_c and K_s at 950°C can be obtained as follows:

$\epsilon_{C(950)}$: +200 $\mu\epsilon$ ($\mu\text{m/m}$)

$K_{S(950)}$: 1.3

Accordingly, the stress-initiated strain ϵ_A at 950°C can be obtained using the equation (1) as follows:

$$\epsilon_{A(950)} = [525 - 200] \times [2 / 1.3] = 500 \mu\epsilon (\mu\text{m/m})$$

- (3) We recommend the survey data of thermally-induced apparent strain to be used than estimated value on the test data sheet to exclude the error factor at the high temperature as much as possible.

7. Specifications

Model	KHCX-10-120-G13
Gage type	Uniaxial, 2-element, temperature compensation type
Material of resistive element	Heat resisting special alloy wire
Gage resistance	Approx. 120 Ω
Gage length	10mm
Applicable linear expansion	Constant 11 or 13 $\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ ---- 2 kinds
Gage factor	Approx. 1.7 (at room temp.)
(Sensing part only)	Approx. 1.5 (at 950 $^{\circ}\text{C}$)
Maximum operating temperature	950 $^{\circ}\text{C}$
Compensated temperature range	25 to 950 $^{\circ}\text{C}$
Lead wire cable (MI Cable)	3- conductor MI cable, 1.6mm diameter by 2m long at standard
(Soft cable)	3- conductor fluoroplastic shielded cable, 1.7mm diameter by 50cm long at standard
Insulation resistance	1000M Ω or more (at room temp.)
Material of flange and tube	Inconel 600 (NCF600)
Maximum safe current	50mA
Minimum installable radius of Curvature	75mm
Gage installation method	Spotwelding
Compliance	Directive 2011/65/EU, (EU)2015/863 (10 restricted substances) (RoHS)

Actual values at 950 $^{\circ}\text{C}$ (for reference purpose only)

Drift	$\pm 20\mu\epsilon$ ($\mu\text{m/m}$) /h or less.
Fatigue Life	1 $\times 10^6$ times or more $\pm 100\mu\epsilon$ ($\mu\text{m/m}$)

The specifications are for reference purpose only. Actual values may vary depending on operating conditions including temperatures.

KHCX型 カプセル型高温ひずみゲージ 取扱説明書

取扱説明書中のマークについて

機能確保に関する事項にはマークを付けて記載していますので、必ずお読み下さい。

・ 注意

故障しないようにするための注意や正しく動作させるための注意を記載しています。必ずお読みください。

1. 標準付属品

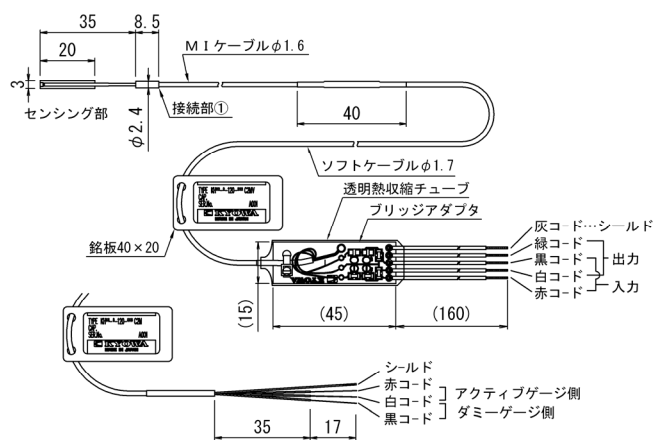
本品には、下記の付属品が標準付属しています。梱包を開いたら付属品が揃っているかお確かめください。

金属帯 (材質: Ni-Cr、寸法: L100×W3×t0.05mm)	2 枚
溶接テスト用金属片 (材質: NCF600、寸法: L30×W5×t0.1mm)	2 枚
検査成績書	1 枚
取扱説明書	1 枚

ブリッジアダプタ無しの場合、さらに以下の抵抗器が付属しています。

温度補償用抵抗器 (R _{TC} :赤色チューブ付)	1 個
温度補償用抵抗器 (R _{LC} :チューブ無し)	1 個
バランス用抵抗器 (R _{BAL} :白色チューブ付き)	1 個

2. 各部の名称および寸法



(単位: mm)

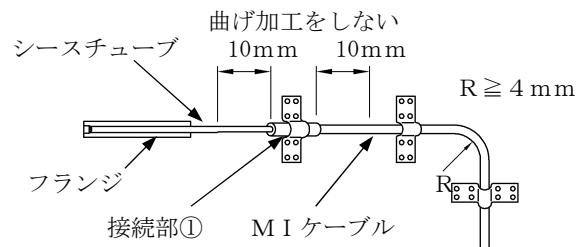
3. 使用上の注意

・ 注意

- 3.1 本ゲージの最高使用温度は950℃です。最高使用温度以上では使用しないでください。
- 3.2 フランジ部分を、曲率半径 75mm以下に加工しないでください。断線する恐れがあります。
- 3.3 M I ケーブルを途中で切断しないでください。
- 3.4 シースチューブの曲がりやねじれを防ぐために、センシング部取付け前にM I ケーブルを付属の金属帯で固定してください。

・ 注意

- 3.5 内部での断線を避けるため接続部①から前後 10mm以内の曲げ加工を避けてください。M I ケーブルを曲げる場合は、半径を4mm以上にしてください。



- 3.6 750℃以上で絶縁抵抗を測定しますと、印加電圧によりゲージが損傷を受ける場合があります。測定はできるだけ避けてください。

- 3.7 本ゲージの取付けは点溶接ですので、取付けが出来るのは主に鉄系材料です。アルミ・銅等には取付けができません。

- 3.8 点溶接機は「GW-3C」を推奨しています。

- 3.9 ブリッジアダプタ付きでない場合、ブリッジボックス DB-120A を使用してください。

- 3.10 本製品のケーブル先端は、鉛フリーはんだで処理しています。はんだ付けには、鉛フリーはんだ (Sn96.5%, Ag3%, Cu0.5% 相当) をご使用ください。

4. 取付手順

4.1 溶接条件の確認

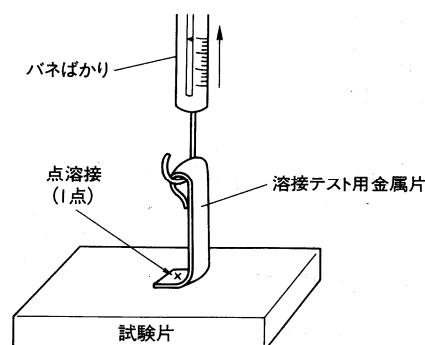
溶接エネルギー … 約 10W・s

電極押付力 … 約 10N (参考値: 約 1kgf)

電極先端径 … 約 φ0.8mm

溶接強度 … 15N以上 (参考値: 約 1.5kgf 以上)

溶接強度測定方法: 付属の溶接テスト用金属片を使用して、下図のように測定します。



バネばかりが無い場合…

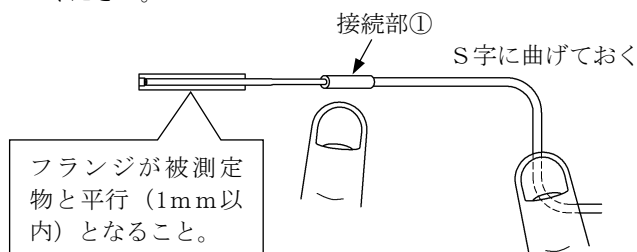
ペンチ等で引っ張り、剥離させます。金属片に穴があき、点溶接部が試験片に残れば、ひずみ計測に必要な溶接強度があると判断します。

4.2 表面処理

被測定物の表面をサンドペーパー（＃320 程度）で研磨し、アセトン等の溶剤で汚れ、油等をよく拭き取ります。
被測定物や電極の先端が汚れていると、点溶接時に大きな火花を生じ、ゲージや電極を損傷することがあります。

4.3 MI ケーブルの固定

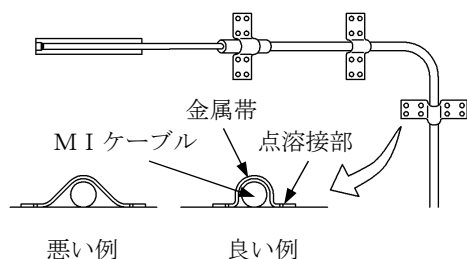
- a. センシング部を取付け箇所位置決めします。接続部①を上から押さえた時に、センシング部のフランジが被測定物の表面から 1mm 以内かつ平行となるよう調整してください。



注) フランジが被測定物に押しつけられてシースチューブが曲がらないようにしてください。接続部①の下にスペーサを入れる、または下を削るなどの工夫が必要です。無理な力をかけたり、局部的に曲げると、センシング部が断線します。

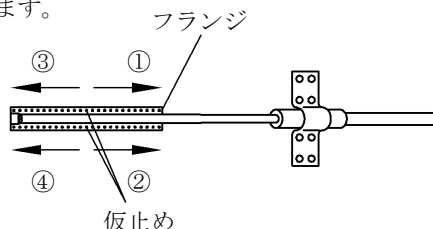
注) MI ケーブルを被測定物の凸凹にあわせて引き回します。このとき、S 字に引き回すと、MI ケーブルの回転を防ぐ事が出来ます。ただし、曲げ加工により、フランジ面が被測定物表面と平行を保てなくなる場合があります。このときは、MI ケーブルの曲がりを調整してください。

- b. 接続部①および MI ケーブルを付属の金属帯を使用して点溶接で固定します。
溶接時には防護メガネを使用してください。



4.4 センシング部の取付け

- a. フランジ中央部を 2 箇所仮止め溶接します。
b. フランジ中央部から端に向かって①～④の順に点溶接をします。点溶接の溶接間隔は、0.7～0.8mm で等間隔に行います。



5. 測定器との接続

・注意

- 5.1 本ゲージは、高温中で絶縁抵抗値が低下します。この影響を軽減するため、UCAM-550A など、ブリッジ印加電圧を常時印加する測定器を使用してください。常時印加しない測定器をご使用になる場合は、弊社の営業までご連絡ください。

5.2 ブリッジアダプタ付きの場合

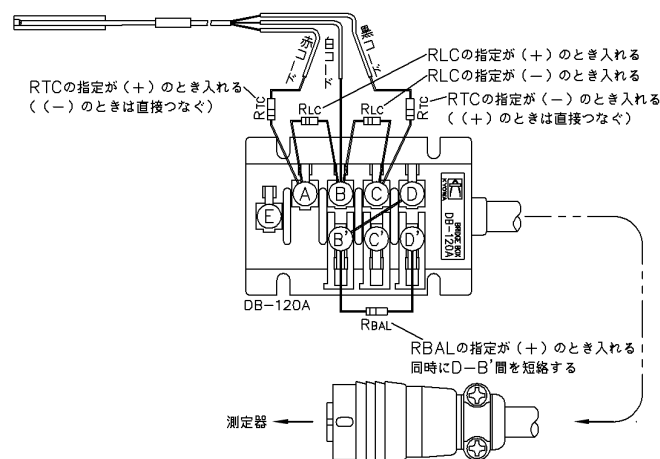
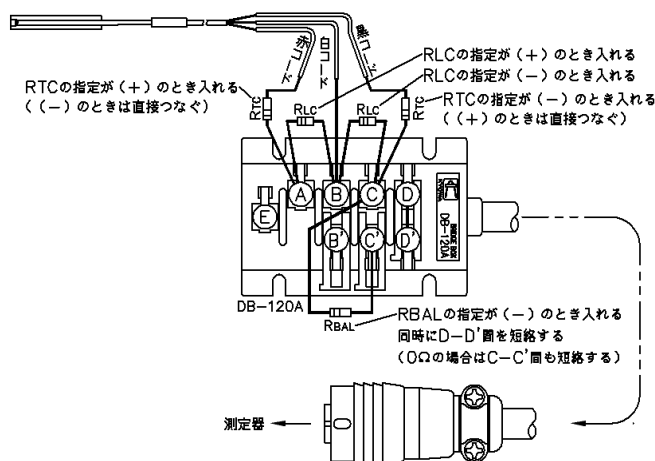
静ひずみ測定器 (UCAM 等) に接続する場合は、ブリッジアダプタに接続されているコードを測定器に接続します。
動ひずみ測定器 (EDX 等) に接続する場合は、別売の入力ケーブル (U-21～24) を使用します。

同色コード同士を接続後、ビニルテープ等で絶縁処理を行い、測定器と接続してください。

なお、灰色コードとシールド線は接続しないでください。

5.3 ブリッジアダプタ無しの場合

付属の抵抗器 3 個とソフトケーブルを、下図のようにブリッジボックス DB-120A に接続します。抵抗器の挿入位置は、付属の検査成績書に記載されています。



5.4 ケーブル固定

測定中に MI ケーブルを動かすと、零点が移動することがあります。MI ケーブルを固定し、固定後は MI ケーブルを動かさないでください。

6. 換算

以下の式を用いて、測定器から得られた指示ひずみから、応力によるひずみを求めます。

$$\varepsilon_A(T) = [\varepsilon_B(T) - \varepsilon_C(T)] \times [2 / K_s(T)] \quad \cdots (1)$$

ただし、

$\varepsilon_A(T)$: 温度 T における応力によるひずみ

$\varepsilon_B(T)$: 温度 T における指示ひずみ

$\varepsilon_C(T)$: 温度 T における みかけひずみ

$K_s(T)$: 温度 T におけるゲージ率

なお、 $\varepsilon_C(T)$ 、 $K_s(T)$ については、付属の検査成績書から求めてください。

$\varepsilon_C(T)$ 、 $K_s(T)$ の求め方について

- (1) 検査成績書のグラフを用いて、センシング部の温度とMIケーブルが加熱される部分の長さから、ゲージ全体のゲージ率 K_s と、みかけひずみ ε_C を読み取ります。

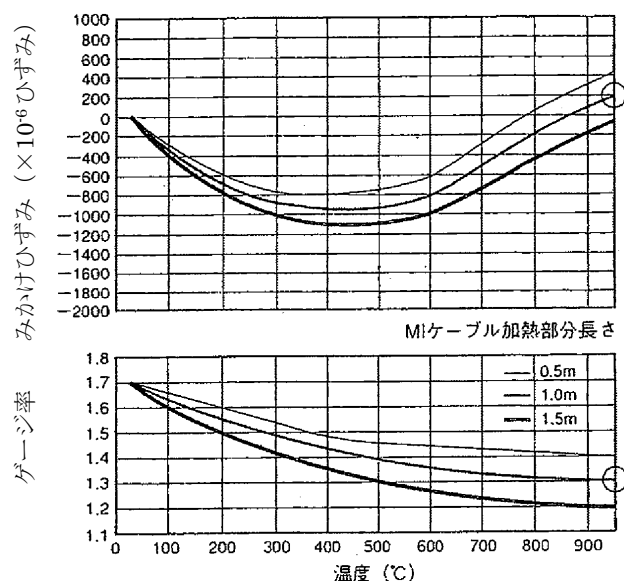
MIケーブルは、その位置により温度が異なるため、センシング部と同一温度に相当するようにMIケーブルの長さを換算してください。

- (2) 検査成績書の式を用いて、ゲージ全体のゲージ率 K_s とみかけひずみ ε_C を算出することもできます。

なお、検査成績書の みかけひずみ は、被測定材の線膨張係数を検査成績書のN式で計算しています。被測定材の線膨張係数が既知のときは、N式にその値を代入してください。

例)

測定温度 T : 950℃
MIケーブルの加熱部分の長さ : 1.0m相当
950℃における指示ひずみ ε_B : 525 × 10⁻⁶ ひずみ (μ ε)



検査成績書より、950℃における ε_C および K_s は以下の通り求められます。

$\varepsilon_C(950)$: +200 × 10⁻⁶ ひずみ

$K_s(950)$: 1.3

したがって、950℃における応力によるひずみ ε_A は、式(1)より、

$\varepsilon_A(950) = [525 - 200] \times [2 / 1.3] = 500 \times 10^{-6}$ ひずみと求まります。

- (3) 補正データとして使用するみかけひずみ ε_C は、高温における誤差要因を極力排除するために、検査成績書の推定値よりも、実測した値を使用することを推奨します。

7. 仕様

型式名	KHCX-10-120-G13
ゲージタイプ	単軸2素子温度補償型
抵抗素子材質	耐熱特殊合金線
ゲージ抵抗値	約 120 Ω
ゲージ長	10mm
適合線膨張係数	11、13 × 10 ⁻⁶ /℃ の2種類
ゲージ率	約 1.7 (室温)
(センシング部のみ)	約 1.5 (950 °C)
最高使用温度	950℃
温度補償範囲	25～950℃
リード線 (MI ケーブル)	3心MIケーブル標準長 2 m、 外径 1.6 mm
(ソフトケーブル)	3心シールドふっ素樹脂ケーブル標準長 50 cm、 外径 1.7 mm
絶縁抵抗値 (室温)	1000 MΩ 以上
チューブ・フランジ材質	インコネル 600 (NCF600)
最大許容電流	50 mA
取付可能な最小曲率半径	75 mm
ゲージ取付方法	点溶接
適合指令	: RoHS 指令 2011/65/EU, (EU)/2015/863 (10 物質)

950℃における実績値 (参考)

ドリフト	±20 × 10 ⁻⁶ ひずみ / h 以内
疲労寿命	1 × 10 ⁶ 回 ±100 × 10 ⁻⁶ ひずみ

記載の特性は参考値であり、温度の影響等、使用条件により変化します。