

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2004-101322  
(P2004-101322A)

(43) 公開日 平成16年4月2日(2004.4.2)

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>  
G01L 1/00

F I  
G O 1 L 1/00 M

テーマコード (参考)

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 21 頁)

(21) 出願番号	特願2002-262445 (P2002-262445)	(71) 出願人	000148346 株式会社銭高組 大阪府大阪市西区西本町2丁目2番11号
(22) 出願日	平成14年9月9日(2002.9.9)	(71) 出願人	000201478 前田建設工業株式会社 東京都千代田区富士見2丁目10番26号
		(71) 出願人	000231198 日本国土開発株式会社 東京都港区赤坂4丁目9番9号
		(71) 出願人	000130260 株式会社コミヤマ工業 山梨県甲府市長松寺町6番2号
		(71) 出願人	000154565 株式会社福田組 新潟県新潟市一番堀通町3番地10

最終頁に続く

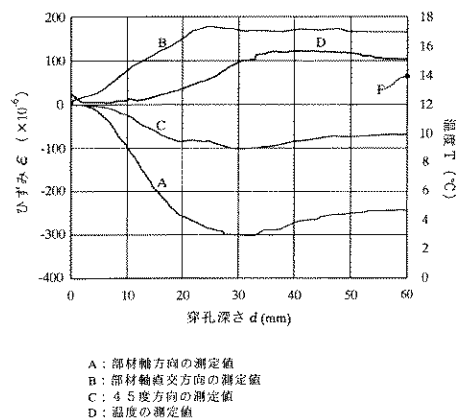
(54) 【発明の名称】 コンクリート構造部材のひずみ測定方法及び現有応力測定方法

(57) 【要約】

【課題】 温度差や乾湿差等による影響を考慮した上で、コンクリート構造部材に作用している応力をより正確に算出可能としたひずみ測定方法及び現有応力測定方法を提供する。

【解決手段】 コンクリート構造部材の表面に、少なくとも部材軸方向及び部材軸直交方向のひずみを測定可能なひずみ計測ゲージを貼り付け、初期値を測定した後、前記ひずみ計測ゲージを中心として周囲を表面から内部に向けて溝を穿設し、所定の深さ位置に達したときを最終値として測定し、部材軸方向及び部材軸直交方向における最終値と初期値との差を用いて、コンクリート構造部材は等方性をもち、かつ部材軸方向の載荷状態であるとの設定において、弾性ひずみ以外のひずみである局所的なひずみを補正值として求め、前記補正值を基に部材軸方向及び部材軸直交方向における最終値と初期値との差に対して補正することにより弾性ひずみを求める。

【選択図】 図5



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

コンクリート構造部材の表面に、少なくとも部材軸方向及び部材軸直交方向のひずみを測定可能なひずみ計測ゲージを貼り付け、  
初期値を測定した後、  
前記ひずみ計測ゲージを中心としてその周囲を表面から内部に向けて溝を穿設し、所定の深さ位置に達したときを最終値として測定し、  
部材軸方向及び部材軸直交方向における前記最終値と前記初期値との差を用いて、前記コンクリート構造部材は等方性をもち、かつ、部材軸方向の載荷状態であるとの設定において、弾性ひずみ以外のひずみである局部的なひずみを補正值として求め、  
前記補正值を基に部材軸方向及び部材軸直交方向における前記最終値と前記初期値との差に対して補正することにより、弾性ひずみを求めることを特徴とする、コンクリート構造部材のひずみ測定方法。

10

## 【請求項 2】

コンクリート構造部材の表面に、少なくとも部材軸方向及び部材軸直交方向のひずみを測定可能なひずみ計測ゲージを貼り付け、  
初期値を測定した後、  
前記ひずみ計測ゲージを中心としてその周囲を表面から内部に向けて溝を穿設し、少なくとも穿設孔の直径の2倍以上となる深さ位置に達したときを最終値として測定し、  
部材軸方向及び部材軸直交方向における前記最終値と前記初期値との差を用いて、所定の数式から弾性ひずみ以外のひずみである局部的なひずみを補正值として求め、  
前記補正值を基に部材軸方向及び部材軸直交方向における前記最終値と前記初期値との差に対して補正することにより、弾性ひずみを求めることを特徴とする、コンクリート構造部材のひずみ測定方法。

20

## 【請求項 3】

コンクリート構造部材の表面に、少なくとも部材軸方向及び部材軸直交方向のひずみを測定可能なひずみ計測ゲージを貼り付け、  
初期値を測定した後、  
前記ひずみ計測ゲージを中心としてその周囲を表面から内部に向けて溝を穿設しながらひずみ変化を連続的に測定し、測定値が一定となる深さ位置に達したときを最終値として測定し、  
部材軸方向及び部材軸直交方向における前記最終値と前記初期値との差を用いて、所定の数式から弾性ひずみ以外のひずみである局部的なひずみを補正值として求め、  
前記補正值を基に部材軸方向及び部材軸直交方向における前記最終値と前記初期値との差に対して補正することにより、弾性ひずみを求めることを特徴とする、コンクリート構造部材のひずみ測定方法。

30

## 【請求項 4】

請求項 2 または請求項 3 において、

：変化量

$x$ ：部材軸方向の応力度

$y$ ：部材軸直交方向の応力度

$x_y$ ：せん断応力度

$x_y$ ：せん断ひずみ

$E$ ：弾性係数

：ポアソン比

$x_{,e}$ ：部材軸方向における前記弾性ひずみ

$y_{,e}$ ：部材軸直交方向における前記弾性ひずみ

$x_{,o}$ ：部材軸方向における前記最終値と前記初期値との差

$y_{,o}$ ：部材軸直交方向における前記最終値と前記初期値との差、とすると、

前記所定の数式は、

40

50

平面載荷状態において成り立つ、以下の式(1)から式(3)の式に対して、

【数1】

$$\Delta\sigma_x = \frac{E}{1-\nu^2} (\Delta\varepsilon_{x,e} + \nu \cdot \Delta\varepsilon_{y,e}) \quad (1)$$

【数2】

$$\Delta\sigma_y = \frac{E}{1-\nu^2} (\nu \cdot \Delta\varepsilon_{x,e} + \Delta\varepsilon_{y,e}) \quad (2)$$

【数3】

$$\Delta\tau_{xy} = \frac{1}{2} \cdot \frac{E}{(1+\nu)} \cdot \Delta\gamma_{xy} \quad (3)$$

第1の仮定として、完全な部材軸方向への一軸載荷状態であるとすると、以下の式(4)及び式(5)の式が成り立ち、

【数 4】

$$\Delta\sigma_y = 0 \quad (4)$$

【数 5】

10

$$\Delta\tau_{xy} = 0 \quad (5)$$

ここで前記局所的なひずみを  $\varepsilon_{sh}$  とし、第 2 の仮定として、溝を穿設することにより採取される柱状体は等方性をもつとすることによって当該局所的なひずみは部材軸方向及び部材軸直交方向に対して同等の補正量として適用できるので、以下の式 (6) 及び式 (7) の式が成り立ち、

20

【数 6】

$$\Delta\varepsilon_{x,e} = \Delta\varepsilon_{x,0} - \varepsilon_{sh} \quad (6)$$

【数 7】

$$\Delta\varepsilon_{y,e} = \Delta\varepsilon_{y,0} - \varepsilon_{sh} \quad (7)$$

ここで、式 (6) 及び式 (7) の式を式 (2) の式に代入し、式 (4) の式の仮定を用いることにより導き出される以下の式 (8) の式

【数 8】

$$\varepsilon_{sh} = \frac{1}{1+\nu} (\nu \cdot \Delta\varepsilon_{x,0} + \Delta\varepsilon_{y,0}) \quad (8)$$

であることを特徴とする、コンクリート構造部材のひずみ測定方法。

【請求項 5】

請求項 1 から請求項 4 のいずれか一項において、前記ひずみ計測ゲージは、部材軸方向、部材軸直交方向および 45 度方向についてのひずみを測定可能な 3 軸ひずみ計測ゲージであることを特徴とする、コンクリート構造部材のひずみ測定方法。

【請求項 6】

請求項 1 から請求項 5 のいずれか一項において、前記ひずみ計測ゲージの周囲を穿設する溝の大きさは直径 30 mm 以下であることを特徴とする、コンクリート構造部材のひずみ測定方法。

【請求項 7】

請求項 6 において、前記ひずみ計測ゲージは、当該コンクリート構造部材の表面を研磨処理し、露出したモルタル部材部分に貼り付けられることを特徴とする、コンクリート構造部材のひずみ測定方法。

【請求項 8】

請求項 1 から請求項 7 のいずれか一項において、応力測定対象であるコンクリート構造部材について溝を穿設することにより形成された柱状体を採取し、この柱状体を供試体とした圧縮試験より強度を算出することを特徴とする、コンクリート構造部材のひずみ測定方法。

【請求項 9】

請求項 1 から請求項 7 のいずれか一項のコンクリート構造部材のひずみ測定方法によって求められた弾性ひずみと、

当該コンクリート構造部材について溝を穿設することにより形成された柱状体を採取し、この柱状体を供試体とした圧縮試験より求められた弾性係数とから現有応力を算出することを特徴とする、コンクリート構造部材の現有応力測定方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、コンクリート構造部材におけるひずみ測定方法及び現有応力測定方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

既設のコンクリート構造部材の耐荷性能等を評価するため、圧縮力や引張力などの応力が作用しているコンクリート構造物について、現在作用している応力（いわゆる、現有応力）を正確に測定する方法が求められている。

【0003】

従来、コンクリート構造物に作用している応力を測定する方法としては、測定対象物の表面にひずみゲージを貼り付けて初期値を測定した後、当該ひずみゲージを中心としてその周囲をカッターで円形もしくは矩形に溝切り（コアリング）して完全に切断することで応力を解放し、無応力状態となったときを最終値として測定し、前記初期値と前記最終値との差から算出する方法が知られている。

【0004】

10

20

30

40

50

しかし、この方法は応力を解放するにあたり、通常、直径が100mm、高さが直径の2倍の200mm程度のコンクリートコア（柱状体）の採取を要するため、当該コンクリート構造物内部に配設されている補強の鉄筋を破損して構造物の欠損を大きくする虞があり、また、当該コンクリートコアを採取されたコンクリート構造物には大きな穴が開いてしまうため構造上問題があった。そのため、多くのコンクリートコアを採取することが困難となるので、試験回数や適用試験の種類を増やしにくく精度や信頼性を高めにくいなどの問題があった。

【0005】

また、コンクリート構造物の測定部位を完全に切断することなく構造物の現有応力を測定する方法が開示されている（例えば、特許文献1参照。）。具体的には、コンクリート構造物の表面にひずみゲージを貼り付けて初期値を測定した後、当該ひずみゲージの周囲に円状の溝を穿設し、この穿設により形成された円柱状体中央部表面が最初に無応力状態となる溝の深さを、応力測定対象とほぼ同品質の供試体について、一定条件のもとで予め試験的に定めておき、その予め定められた深さに達したときに測定し、これを最終値として、前記初期値と前記最終値との差から現有応力を算出する方法である。

10

【0006】

しかし、この開示されている方法（例えば、特許文献1参照。）においても、精度を上げるために直径100mm程度の溝を設ける必要があり、溝の深さを予め定めておいたとしても、構造体への損傷が大きい。また、現有応力を評価するためには、当該コンクリート構造部材における解放応力と弾性係数を求めることが必要であるが、弾性係数の導出手段については記載されていない。

20

【0007】

【特許文献1】

特許2655529号公報

【0008】

【発明が解決しようとする課題】

これらの従来技術における測定方法においては、測定対象物に作用している応力をひずみゲージを貼り付けた場合の初期値と無応力状態となった場合の最終値との差より算出しており、温度差や乾湿差等の影響によって生じる部材内外ひずみ差等の影響が考慮されておらず、必ずしも正確な応力の測定に至っていなかった。

30

【0009】

本発明はこのような問題に鑑みなされたものであってその課題は、温度差や乾湿差等による影響を考慮した上で、コンクリート構造部材に作用している応力をより正確に算出可能としたコンクリート構造部材についてのひずみ測定方法及び現有応力測定方法を提供することにある。

【0010】

【課題を解決するための手段】

上記課題を解決するため、請求項1に記載のコンクリート構造部材のひずみ測定方法の発明は、コンクリート構造部材の表面に、少なくとも部材軸方向及び部材軸直交方向のひずみを測定可能なひずみ計測ゲージを貼り付け、初期値を測定した後、前記ひずみ計測ゲージを中心としてその周囲を表面から内部に向けて溝を穿設し、所定の深さ位置に達したときを最終値として測定し、部材軸方向及び部材軸直交方向における前記最終値と前記初期値との差を用いて、前記コンクリート構造部材は等方性をもち、かつ、部材軸方向の載荷状態であるとの設定において、弾性ひずみ以外のひずみである局部的なひずみを補正值として求め、前記補正值を基に部材軸方向及び部材軸直交方向における前記最終値と前記初期値との差に対して補正することにより、弾性ひずみを求めることを特徴とする。

40

【0011】

この特徴によれば、コンクリート構造部材における部材内部と表面との温度差や乾湿差等に基づく部材内外ひずみ、いわゆる局部的なひずみを補正值として求め、この補正值を基に部材軸方向及び部材軸直交方向における測定値（最終値と初期値との差）に対して補正

50

することによって弾性ひずみを求めることができるため、より正確なひずみ測定方法である。

【0012】

また、本発明で使用するひずみ計測ゲージは、少なくとも部材軸方向及び部材軸直交方向のひずみを測定可能であるので、前記した局所的なひずみを確実に算出することができる。さらに、測定対象物のコンクリート構造部材において、最も応力が作用している方向（いわゆる、主ひずみ方向）を、例えば部材軸方向及び部材軸直交方向のひずみ成分の合成より求めることができる。

【0013】

また、請求項2に記載のコンクリート構造部材のひずみ測定方法の発明は、コンクリート構造部材の表面に、少なくとも部材軸方向及び部材軸直交方向のひずみを測定可能なひずみ計測ゲージを貼り付け、初期値を測定した後、前記ひずみ計測ゲージを中心としてその周囲を表面から内部に向けて溝を穿設し、少なくとも穿設孔の直径の2倍以上となる深さ位置に達したときを最終値として測定し、部材軸方向及び部材軸直交方向における前記最終値と前記初期値との差を用いて、所定の数式から弾性ひずみ以外のひずみである局所的なひずみを補正值として求め、前記補正值を基に部材軸方向及び部材軸直交方向における前記最終値と前記初期値との差に対して補正することにより、弾性ひずみを求めることを特徴とする。

10

【0014】

この特徴によれば、穿設する溝の深さをひずみ計測ゲージの2倍以上とすることにより、安定した最終値を測定することができる。また、所定の数式から弾性ひずみ以外のひずみである局所的なひずみを補正值として求め、これを基に部材軸方向及び部材軸直交方向における前記最終値と前記初期値との差に対して補正することにより、弾性ひずみを求めることができるので、より正確なひずみ測定方法である。

20

【0015】

また、本発明で使用するひずみ計測ゲージは、少なくとも部材軸方向及び部材軸直交方向のひずみを測定可能であるので、前記した局所的なひずみを確実に算出することができる。さらに、測定対象物のコンクリート構造部材において、最も応力が作用している方向（いわゆる、主ひずみ方向）を、例えば部材軸方向及び部材軸直交方向のひずみ成分の合成より求めることができる。

30

【0016】

また、請求項3に記載のコンクリート構造部材のひずみ測定方法は、コンクリート構造部材の表面に、少なくとも部材軸方向及び部材軸直交方向のひずみを測定可能なひずみ計測ゲージを貼り付け、初期値を測定した後、前記ひずみ計測ゲージを中心としてその周囲を表面から内部に向けて溝を穿設しながらひずみ変化を連続的に測定し、測定値が一定となる深さ位置に達したときを最終値として測定し、部材軸方向及び部材軸直交方向における前記最終値と前記初期値との差を用いて、所定の数式から弾性ひずみ以外のひずみである局所的なひずみを補正值として求め、前記補正值を基に部材軸方向及び部材軸直交方向における前記最終値と前記初期値との差に対して補正することにより、弾性ひずみを算出することを特徴とする。

40

【0017】

この特徴によれば、穿設する溝の深さを測定値が一定となる深さ位置に達したときまでとすることにより、安定した最終値を測定することができる。また、所定の数式から弾性ひずみ以外のひずみである局所的なひずみを補正值として求め、これを基に部材軸方向及び部材軸直交方向における前記最終値と前記初期値との差に対して補正することにより、弾性ひずみを求めることができるので、より正確なひずみ測定方法である。

【0018】

また、本発明で使用するひずみ計測ゲージは、少なくとも部材軸方向及び部材軸直交方向のひずみを測定可能であるので、前記した局所的なひずみを確実に算出することができる。さらに、測定対象物のコンクリート構造部材において、最も応力が作用している方向（

50

いわゆる、主ひずみ方向)を、例えば部材軸方向及び部材軸直交方向のひずみ成分の合成より求めることができる。

【 0 0 1 9 】

また、請求項 4 に記載のコンクリート構造部材のひずみ測定方法の発明は、請求項 2 または請求項 3 において、

：変化量

$x$ ：部材軸方向の応力度

$y$ ：部材軸直交方向の応力度

$x_y$ ：せん断応力度

$x_y$ ：せん断ひずみ

10

E：弾性係数

：ポアソン比

$x_{,e}$ ：部材軸方向における前記弾性ひずみ

$y_{,e}$ ：部材軸直交方向における前記弾性ひずみ

$x_{,0}$ ：部材軸方向における前記最終値と前記初期値との差

$y_{,0}$ ：部材軸直交方向における前記最終値と前記初期値との差、とすると、

前記所定の数式は、

平面載荷状態において成り立つ、以下の式(1)から式(3)の式に対して、

【 0 0 2 0 】

【数 9】

20

$$\Delta\sigma_x = \frac{E}{1-\nu^2} (\Delta\varepsilon_{x,e} + \nu \cdot \Delta\varepsilon_{y,e}) \quad (1)$$

【 0 0 2 1 】

【数 1 0】

$$\Delta\sigma_y = \frac{E}{1-\nu^2} (\nu \cdot \Delta\varepsilon_{x,e} + \Delta\varepsilon_{y,e}) \quad (2)$$

【 0 0 2 2 】

【数 1 1】



$$\Delta\tau_{xy} = \frac{1}{2} \cdot \frac{E}{(1+\nu)} \cdot \Delta\gamma_{xy} \quad (3)$$

第1の仮定として、完全な部材軸方向への一軸載荷状態であるとする、以下の式(4)及び式(5)の式が成り立ち、

【0023】

【数12】

$$\Delta\sigma_y = 0 \quad (4)$$

【0024】

【数13】

$$\Delta\tau_{xy} = 0 \quad (5)$$

ここで前記局所的なひずみを  $\epsilon_{sh}$  とし、第2の仮定として、溝を穿設することにより採取される柱状体は等方性をもつとすることによって当該局所的なひずみは部材軸方向及び部材軸直交方向に対して同等の補正量として使用できるので、以下の式(6)及び式(7)の式が成り立ち、

【0025】

【数14】

$$\Delta\varepsilon_{x,e} = \Delta\varepsilon_{x,0} - \varepsilon_{sh} \quad (6)$$

【 0 0 2 6 】

【 数 1 5 】

$$\Delta\varepsilon_{y,e} = \Delta\varepsilon_{y,0} - \varepsilon_{sh} \quad (7)$$

ここで、式(6)及び式(7)の式を式(2)の式に代入し、式(4)の式の仮定を用いることにより導き出される以下の式(8)の式

【 0 0 2 7 】

【 数 1 6 】

$$\varepsilon_{sh} = \frac{1}{1+\nu} (\nu \cdot \Delta\varepsilon_{x,0} + \Delta\varepsilon_{y,0}) \quad (8)$$

であることを特徴とする。

【 0 0 2 8 】

この特徴によれば、所定の設定を前提として、部材軸方向及び部材軸直交方向における最終値と初期値との差を用いて局所的なひずみを補正值として求めることが可能である。

【 0 0 2 9 】

また、請求項5に記載のコンクリート構造部材のひずみ測定方法の発明は、請求項1から請求項4のいずれか一項において、前記ひずみ計測ゲージは、部材軸方向、部材軸直交方向および45度方向についてのひずみを測定可能な3軸ひずみ計測ゲージであることを特徴とする。

40

【 0 0 3 0 】

この特徴によれば、局所的なひずみを求めるために用いる測定値を確実に得ることができる。また、測定対象物のコンクリート構造部材において、最も応力が作用している方向(いわゆる、主ひずみ方向)を確実に求めることができる。

【 0 0 3 1 】

また、請求項6に記載のコンクリート構造部材のひずみ測定方法の発明は、請求項1から請求項5のいずれか一項において、前記ひずみ計測ゲージの周囲を穿設する溝の大きさは直径30mm以下であることを特徴とする。

【 0 0 3 2 】

50

本発明の特徴によれば、穿設する溝の大きさが直径にして30mm以下と小さいため、微破壊での応力測定が可能である。すなわち、溝を穿設するにあたりカッターの刃がコンクリート構造部材の補強筋に当たる虞が少なく、当該コンクリート構造部材に構造上の問題を生じさせずに試験回数を増やすことができ、精度や信頼性を向上できる。また、コンクリート構造部材に溝を穿設する際に大がかりな機械等を要せず、例えば手持ち式のカッター等を使用できるため作業が容易である。

【0033】

また、請求項7に記載のコンクリート構造部材のひずみ測定方法の発明は、請求項6において、前記ひずみ計測ゲージは、当該コンクリート構造部材の表面を研磨処理し、露出したモルタル部材部分に貼り付けられることを特徴とする。

10

【0034】

この特徴によれば、コンクリート構造部材に混入されている砕石や砂利のような硬度の高い骨材の影響をほとんど受けることなく、モルタル部材に当該当するひずみの測定が可能である。従って、より信頼性の高い評価が可能である。

【0035】

すなわち、コンクリートは均質な部材ではなく、砂、セメント、水のような比較的微細な材料より構成されるモルタル部材の他に、砕石や砂利のような比較的大きな骨材が混入して構成されている。この砕石や砂利等の大きく、硬度が高い骨材は、測定するひずみの方向や分布を変化させ測定値を変動させる要因となることがある。しかし本発明にあっては、コンクリート構造部材の表面を研磨処理し、露出したモルタル部材部分にひずみ計測ゲージを貼り付けた後に応力を解放するため、砕石や砂利等の骨材による影響を回避しての測定が可能であり、より正確、かつ信頼性の高い測定が可能である。

20

【0036】

また、請求項8に記載のコンクリート構造部材のひずみ測定方法の発明は、請求項1から請求項7のいずれか一項において、応力測定対象であるコンクリート構造部材について溝を穿設することにより形成された柱状体を採取し、この柱状体を供試体とした圧縮試験より強度を算出することを特徴とする。

【0037】

本発明の特徴によれば、コンクリート構造部材のひずみを測定することにより採取した柱状体を利用して、コンクリートの強度を算出することができる。すなわち、圧縮試験のためにコンクリート構造部材から新たな供試体を採取することを要せず、当該コンクリート構造部材への損傷を最小限に留めることができる。従って、測定対象物であるコンクリート構造部材への構造上の問題を生じることがほとんどない。

30

【0038】

また、請求項9に記載のコンクリート構造部材の現有応力測定方法の発明は、請求項1から請求項7のいずれか一項のコンクリート構造部材のひずみ測定方法によって求められた弾性ひずみと、当該コンクリート構造部材について溝を穿設することにより形成された柱状体を採取し、この柱状体を供試体とした圧縮試験より求められた弾性係数とから現有応力を算出することを特徴とする。

【0039】

本発明の特徴によれば、コンクリート構造部材の解放応力を測定することにより採取した柱状体を利用して、弾性係数を算出することができる。すなわち、圧縮試験のためにコンクリート構造部材から新たな供試体を採取することを要せず、当該コンクリート構造部材への損傷を最小限に留めることができる。従って、測定対象物であるコンクリート構造部材への構造上の問題を生じることがほとんどない。

40

【0040】

また、請求項1から請求項7のいずれか一項で算出された補正值で補正を行った弾性ひずみと、本発明により求められた弾性係数とから、当該コンクリート構造部材における現有応力を求めることができる。すなわち、同一のコンクリート構造部材について弾性ひずみ及び弾性係数を求めるため、より正確な現有応力の評価が可能である。

50

## 【 0 0 4 1 】

## 【 発明の実施の形態 】

## &lt; 発明の経緯 &gt;

ここで、本発明を完成するに至った経緯について説明する。

本願発明者等は鋭意検討した結果、従来の測定方法によって求められる応力は、測定対象物であるコンクリート構造部材における部材表面と内部との温度差や乾湿差等に基づく部材内外ひずみ（以下、「局部的なひずみ」という。）が考慮されていないことを判明した。これは以下のような試験結果に基づき判明され、ここに当該試験について説明する。

## 【 0 0 4 2 】

本試験で使用したコンクリート試験体 1（以下、「試験体」という。）としては、幅 4 5 0 mm、奥行き 2 5 0 mm、高さ 1 0 0 0 mm からなる直方体を使用した。ここで、図 1 は当該試験体 1 を示す図面であり、( a ) は正面図、( b ) は側面図、( c ) は平面図である。そして、部材長手方向に P C 鋼棒 2（S B P R 9 3 0 / 1 1 8 0 3 2 mm）を 2 本配置し、緊張力導入による載荷を行うために定着部の鉄筋補強を行い、P C 鋼棒の位置にシースを配置した構成とした。なお、この試験における試験体 1 の配合条件は、早強ポルトランドセメントを使用し、配合基準強度：2 4 N / m m <sup>2</sup>、G m a x：2 0 mm、スランプ：1 2 c m、空気量：4 . 5 % とした。

## 【 0 0 4 3 】

試験体 1 には、その上部に鋼棒用緊張ジャッキを配置し、所定の荷重を 2 本の鋼棒 2 に均等に載荷できるようにした。なお、緊張力（圧縮力）は、当該試験体 1 と固定ナット 3 との間に配置したロードセルによって検出した。

## 【 0 0 4 4 】

そして、当該試験体 1 に対して自由状態（すなわち、無載荷状態）で、後述するコアリングによって解放ひずみ（解放応力）を測定する 3 軸ひずみ計測ゲージ（以下、「小型ゲージ」という。）を試験体中央部に樹脂を用いて貼り付けた。この小型ゲージ 1 0 は図 2 に示すように、部材軸方向（x 方向）、部材軸直交方向（y 方向）及び 4 5 度方向（x y 方向）に対応するひずみを測定可能な長さ 6 mm からなる 3 本のゲージ 1 1 , 1 2 , 1 3 と温度ゲージ 1 4 を樹脂によってコンパクトにユニット化して構成されており、その直径は 3 0 mm 以下となるように構成されている。さらに、当該試験体 1 の載荷状態におけるひずみを測定するためのひずみ計測ゲージ（以下、「試験体計測ゲージ」という。）を試験体長手方向中央部の 4 面に載荷方向、すなわち部材軸方向（x 方向）のひずみを測定できるように貼り付け配置した。前記試験体計測ゲージは、長さ 3 0 mm のゲージ 1 0 枚と長さ 6 0 mm のゲージ 2 枚から構成されているが、これに限られるものではない。

## 【 0 0 4 5 】

そして、前記小型ゲージ及び前記試験体計測ゲージを取り付けた試験体 1 を試験装置に固定した後、前記鋼棒 2 に緊張用油圧ジャッキを用いて緊張力を導入することによって部材長手方向に載荷し、2 本の鋼棒合わせておよそ 9 2 5 k N（断面積で換算すると約 8 . 2 M p a）の載荷応力として固定した。なお、この緊張力の導入が試験体に均一に加わっていることを前記試験体計測ゲージで確認しながら載荷した。

## 【 0 0 4 6 】

前記小型ゲージ及び前記試験体計測ゲージで初期値を測定した後、図 3 に示すカッター径 3 0 mm のコアカッター 2 0 を使用し、当該小型ゲージを中心としてその周囲を試験体表面から内部に向けてコア状に溝を穿設（コアリング）した。なお、図 3 において符合 2 1 は駆動モータ、2 2 はギアボックス、2 5 はコアビット、2 9 はリード線を示す。そして、切削 1 mm 毎に当該小型ゲージでコアリングによって形成される小径柱状体（以下、「小径コア」という。）のコア表面部における 3 軸方向のひずみと温度を連続的に測定した。なお、コアリングにより生じる切削熱は、コアカッターの刃口周囲を水冷することにより除去した。また、前記小型ゲージによる測定間隔は切削 1 mm 毎に限られることなく、例えば、切削 0 . 1 ~ 5 mm 毎とすることができる。

## 【 0 0 4 7 】

10

20

30

40

50

コアリングの深さは、当該試験においてコア径（本試験では30mm）の2倍以上である60mm以上とし、この位置に達したときの測定値を最終値とした。また、3軸方向のひずみを連続的に測定することにより、それぞれの方向の測定値が一定となる深さ位置までコアリングし、この位置での測定値を最終値とすることもできる。

【0048】

採取した小径コアは、端面加工を行い、後述する弾性係数測定の際の供試体として使用した。すなわち、当該試験体における解放ひずみを測定するために切断した小径コアを供試体として利用して圧縮試験を行い、当該小径コアの弾性係数と圧縮強度の測定を行った。そして、解放ひずみと弾性係数より当該試験体における現有応力を算出するものである。

【0049】

ここで、当該試験におけるひずみ及び温度の測定結果の一例を図4に示す。図4において、Aは部材軸方向の測定値、Bは部材軸直交方向の測定値、Cは45度方向の測定値を示し、グラフ左側の目盛りを用いる。またDは温度の測定値を示し、グラフ右側の目盛りを用いる。なお、前記試験体計測ゲージで測定した載荷平均ひずみは約300 $\mu$ であり、当該試験体についての弾性係数をこの載荷平均ひずみより計算すると約27,000N/m<sup>2</sup>であった。

【0050】

図4に示す如く、45度方向における測定値Cは、部材軸方向Aと部材軸直交方向Bとのほぼ中間地点を推移していることが分かる。このことから、45度方向の測定値Cの軌跡を確認することにより、正常な測定が実行されていることを判断することができる。また、ひずみの変化を連続的に測定することによって、コアリングに伴いひずみが徐々に変化していること、すなわち測定値に飛びなどの異常値が測定されていないことを確認することができる。

【0051】

穿設開始時点（すなわち、穿孔深さdが0mmである場合）における初期値は、部材軸方向A（載荷方向）で320 $\mu$ 、部材軸直交方向B（載荷方向の直交方向）で-67 $\mu$ 、45度方向Cでは149 $\mu$ を示している。部材軸方向に着目した場合、前記した試験体計測ゲージによる穿設位置周辺における載荷平均ひずみ（約300 $\mu$ ）に比べおよそ7%大きい値を示していることが確認された。

【0052】

また、3軸方向のそれぞれのひずみは、穿孔深さ18mm付近において約70 $\mu$ で交わり、その後穿孔深さが増加するに従いそれぞれの軸が変動しながら推移して、穿孔深さ60mm付近において再びひずみ85 $\mu$ 付近でほぼ一定値となって近接し、収束していることが確認された。部材軸方向に解放されたひずみだけに着目すると、最終値のひずみは85 $\mu$ であり、予想される載荷前の状態である0値に戻っていない。また、初期値（320 $\mu$ ）と最終値（85 $\mu$ ）との差（ ）は235 $\mu$ であり、これは前記載荷平均ひずみ（約300 $\mu$ ）の約78%分を測定したことを示している。

【0053】

ここで、載荷に伴う部材軸直交方向の応力成分が無いもの、すなわち部材軸方向への一軸載荷状態であるとして設定し、前記した3軸のひずみが収束する約85 $\mu$ の局部的なひずみ成分を部材軸方向の解放ひずみ235 $\mu$ に加算補正すれば320 $\mu$ となり、穿設開始前のひずみと同じになる。

【0054】

以上のことから、解放ひずみ（解放応力）を評価するには、測定値（実測値）に何らかの補正が必要であることを示している。つまり、載荷応力とは他に、当該試験体における部材表面と内部との温度差や乾湿差等による局部的なひずみが存在していることが判明した。従って、この局部的なひずみを補正值として求め、実測値に対して補正を施して弾性ひずみを求めることが必要であることが確認された。

【0055】

すなわち、本発明においては、測定対象物であるコンクリート構造部材における温度変化

10

20

30

40

50

・冷却水の浸水・载荷以外の部材内外ひずみ差の影響等を考慮して補正値を求め、実測値に対して補正することによって正確さ、信頼性および精度を一層向上することができる。

【 0 0 5 6 】

< 弾性ひずみの導出 >

実際のコンクリート構造物においては、前記した試験体のように無载荷状態で小型ゲージを貼り付けることは不可能である、すなわち既に応力が存在する状態で小型ゲージを貼り付け、初期値を測定することとなる。この初期値は、通常、測定値を零とするが、測定時までには何らかの原因で変動したときは、その数値を採用することができる。

【 0 0 5 7 】

そして、前記した試験体同様に 3 軸方向のひずみ及び温度を測定することによって、実構造物における測定ひずみを図 5 に示すような結果として得ることができる。図 5 において、A は部材軸方向の測定値、B は部材軸直交方向の測定値、C は 45 度方向の測定値を示し、グラフ左側の目盛りを用いる。また D は温度の測定値を示し、グラフ右側の目盛りを用いる。図 5 に示すように、穿設開始時のひずみは 3 軸方向において全て 0  $\mu$  となり、溝の穿設に伴い変化することから、応力解放によるひずみを求めるためには、図 4 に示したひずみの収束点が生じるメカニズムを解明する必要がある。

10

【 0 0 5 8 】

図 5 において、部材軸方向 A の解放ひずみである最終値と初期値との差は 230  $\mu$ 、荷重の作用していない部材軸直交方向 B の解放ひずみである最終値と初期値との差は 165  $\mu$  である。これら部材軸方向 A 及び部材軸直交方向 B における最終値と初期値との差を用いて、局部的なひずみ ( $\epsilon_{sh}$ ) を補正値として求める所定の数式に係る一例を以下に示す。

20

【 0 0 5 9 】

まず、平面载荷状態において成り立つ、以下の式 (1) から式 (3) の式に対して、

【 0 0 6 0 】

【 数 1 7 】

$$\Delta\sigma_x = \frac{E}{1-\nu^2} (\Delta\epsilon_{x,e} + \nu \cdot \Delta\epsilon_{y,e}) \quad (1)$$

【 0 0 6 1 】

【 数 1 8 】

$$\Delta\sigma_y = \frac{E}{1-\nu^2}(\nu \cdot \Delta\varepsilon_{x,e} + \Delta\varepsilon_{y,e}) \quad (2)$$

【 0 0 6 2 】

【 数 1 9 】

$$\Delta\tau_{xy} = \frac{1}{2} \cdot \frac{E}{(1+\nu)} \cdot \Delta\gamma_{xy} \quad (3)$$

第 1 の仮定として、完全な部材軸方向への一軸載荷状態であるとする、以下の式 ( 4 ) 及び式 ( 5 ) の式が成り立つ。

【 0 0 6 3 】

【 数 2 0 】

30

$$\Delta\sigma_y = 0 \quad (4)$$

【 0 0 6 4 】

【 数 2 1 】

40

$$\Delta\tau_{xy} = 0 \quad (5)$$

なおここで、 $\Delta$  : 変化量、 $\sigma_x$  : 部材軸方向の応力度、 $\sigma_y$  : 部材軸直交方向の応力度、

50

$\varepsilon_{x,y}$  : せん断応力度、 $\nu_{x,y}$  : せん断ひずみ、 $E$  : 弾性係数、 $\nu$  : ポアソン比、 $\varepsilon_{x,e}$  : 部材軸方向における弾性ひずみ、 $\varepsilon_{y,e}$  : 部材軸直交方向における弾性ひずみ、を示す。

【 0 0 6 5 】

また、局部的なひずみを  $\varepsilon_{sh}$  とし、第 2 の仮定として、溝を穿設することにより採取される柱状体は等方性をもつとすることによって当該局部的なひずみは部材軸方向及び部材軸直交方向に対して同等の補正量として使用できるので、以下の式 ( 6 ) 及び式 ( 7 ) の式が成り立つ。

【 0 0 6 6 】

【 数 2 2 】

10

$$\Delta\varepsilon_{x,e} = \Delta\varepsilon_{x,0} - \varepsilon_{sh} \quad (6)$$

【 0 0 6 7 】

【 数 2 3 】

$$\Delta\varepsilon_{y,e} = \Delta\varepsilon_{y,0} - \varepsilon_{sh} \quad (7)$$

なおここで、 $\Delta\varepsilon_{x,0}$  : 部材軸方向における最終値と初期値との差、 $\Delta\varepsilon_{y,0}$  : 部材軸直交方向における最終値と初期値との差、を示す。

【 0 0 6 8 】

ここで、式 ( 6 ) 及び式 ( 7 ) の式を式 ( 2 ) の式に代入し、式 ( 4 ) の式の仮定を用いることにより導き出される以下の式 ( 8 ) の式

【 0 0 6 9 】

【 数 2 4 】

$$\varepsilon_{sh} = \frac{1}{1+\nu} (\nu \cdot \Delta\varepsilon_{x,0} + \Delta\varepsilon_{y,0}) \quad (8)$$

により、局部的なひずみ (  $\varepsilon_{sh}$  ) を補正值として求めることが可能である。この求められた補正值を基に部材軸方向及び部材軸直交方向において測定した最終値と初期値との差に対して補正することにより、弾性ひずみを求めることができる。本例における補正值を、図 5 において点 F で示す。

【 0 0 7 0 】

50



なお、第1の仮定として柱状体は等方性をもつとしたので、求められた局部的なひずみは、ひずみ測定した3軸方向を含め、全方向に対して適用することが可能である。また、本例においては部材軸方向への一軸載荷状態であるとしたので、主ひずみ方向は、載荷方向である部材軸方向(x方向)となる。

【0071】

また、式(6)及び式(7)の式を式(1)の式に代入すると、主ひずみ方向である部材軸方向における解放応力を下記の式(9)の式から求めることができる。

【0072】

【数25】

$$\Delta\sigma_x = \frac{E}{1-\nu^2} \cdot (\Delta\varepsilon_{x,0} - \varepsilon_{sh} + \nu \cdot (\Delta\varepsilon_{y,0} - \varepsilon_{sh})) \quad (9)$$

この式(9)の式より、力の作用している部材軸方向(x方向)における現有応力を求めることができる。

【0073】

なお、補正方法は画一的には決められない。すなわち、前記した第1の仮定及び第2の仮定を変更することにより、上で例示した数式と異なる数式を用いて局部的なひずみを補正值として求めることも可能である。この場合にあつては、当該コンクリート構造部材に作用する主ひずみ方向を求めることができる場合もある。また、例えば、45度方向の測定値を数式に導入した補正方法も可能である。

【0074】

また、本発明で使用するひずみ計測ゲージは、部材軸方向及び部材軸直交方向を含む3軸方向のひずみを測定可能であるので、局部的なひずみを確実に算出することができる。さらに、測定対象物のコンクリート構造部材において、最も応力が作用している方向(いわゆる、主ひずみ方向)を、例えば部材軸方向及び部材軸直交方向のひずみ成分を合成して求めることができる。

【0075】

また、本発明において穿設孔の大きさ(すなわち、コア径)は、直径が30mm以下と小径であるので、微破壊での応力測定が可能である。すなわち、溝を穿設するにあたりカッターの刃が補強筋に当たる虞が少なく、コンクリート構造部材に構造上の問題を生じさせずに試験回数を増やすことができ、精度や信頼性を向上できる。また、コンクリート構造部材に溝を穿設するために大がかりな機械等を要せず、例えば手持ち式のカッターを使用することができる、その作業を容易に行うことができる。

【0076】

また、測定対象物であるコンクリート構造部材の表面を研磨処理し、モルタル部材に当該部分に当該小型ゲージを貼り付けて測定することが可能である。すなわち、測定対象物であるコンクリート構造部材は、詳細に測定しようとする均質な部材ではなく、砂、セメント、水などの微細な素材から構成されるモルタル部材の他に、碎石や砂利のような比較的大きな硬質の異質部材が混入されている。こうした硬質の部材は、測定するひずみの方向や分布を変化させる虞があり、ひずみ測定の誤差の要因となっていた。しかし、本発明においては小型ゲージを使用し、穿設する溝の直径を30mm以下とすることが可能であるので、測定対象物のコンクリート構造部材に表面処理を施し、露出したモルタル部材の箇所に当該小型ゲージを貼り付けることが可能である。すなわち、硬質な部材を避けてモルタル部材の箇所に、小型ゲージを貼り付けて溝を穿設することができる。従って、前記したような硬質の部材による影響を受けることなくひずみ測定を行うことができ、

20

30

40

50

より正確で精度が向上した信頼性の高い応力の評価が可能である。

【 0 0 7 7 】

また、精度の向上を図るため、応力測定対象物である同一のコンクリート構造部材に対して同様の測定を複数行い、各測定結果を統計学的に処理する（例えば、平均値を算出する等）ことが好ましい。このような場合であっても、当該コンクリート構造部材から採取する柱状体を小径コアとすることができるので、補強筋に損傷を与える虞が少ないとともに、当該コンクリート構造部材の構造上への影響はほとんど無視することができる。また、多くの小径コアを採取可能であるので、より一層精度の向上が図れるとともに、採取した小径コアを圧縮試験や強度試験などの供試体として使用することができ、多面的な評価が可能である。

10

【 0 0 7 8 】

そして、穿設することにより採取した小径コアを供試体としてコンクリート圧縮試験を行い、これによりひずみの測定と同一のコンクリート構造部材において弾性係数および強度を評価できる。これにより、コンクリート構造部材における多面的な評価が可能となる。さらに、上述した弾性ひずみと圧縮試験より求めた弾性係数より、当該コンクリート構造部材における現有応力を求めることができる。すなわち、現有応力を評価するには、解放ひずみと弾性係数を求めることが必要であり、この2つを同一のコンクリート構造部材について求めることができるので、より正確な現有応力の評価が可能である。

【 0 0 7 9 】

【 発明の効果 】

以上説明したように本発明においては、従来の応力測定方法においては考慮されていなかったコンクリート構造部材における部材内部と表面との温度差や乾湿差等に基づく部材内外ひずみ（局所的なひずみ）を求めることができるようになり、この局所的なひずみを補正值として実際の測定値に対して補正することによって弾性ひずみを求めることができ、より正確、信頼性の高い応力の評価が可能である。

20

また、前記弾性ひずみを測定するに供したコンクリート構造部材を供試体として弾性係数を求めることができるので、正確な現有応力の評価が可能である。

【 図面の簡単な説明 】

【 図 1 】 コンクリート試験体を示す図面である。

【 図 2 】 本発明で使用される3軸ひずみ計測ゲージの一例を示す概略平面図である。

30

【 図 3 】 本発明で使用されるコアカッターの一例を示す要部斜視図である。

【 図 4 】 コンクリート試験体におけるひずみ及び温度の測定結果の一例である。

【 図 5 】 コンクリート構造部材におけるひずみ及び温度の測定結果の一例である。

【 符号の説明 】

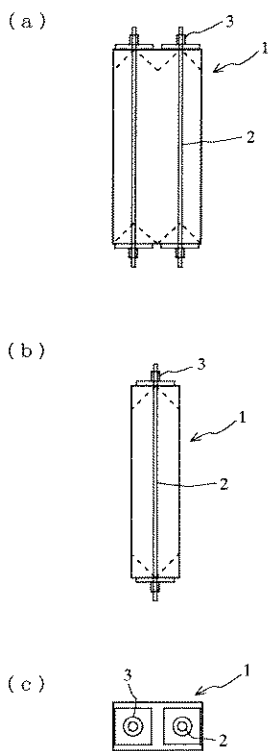
- 1 コンクリート試験体
- 2 PC鋼棒
- 3 固定ナット
- 10 3軸ひずみ計測ゲージ
- 11 部材軸方向ゲージ
- 12 部材軸直交方向ゲージ
- 13 45度方向ゲージ
- 14 温度ゲージ
- 20 コアカッター
- 21 駆動モータ
- 22 ギアボックス
- 25 コアビット
- 29 リード線
- A 部材軸方向の測定値
- B 部材軸直交方向の測定値
- C 45度方向の測定値

40

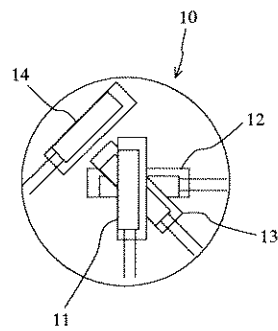
50

D 温度の測定値

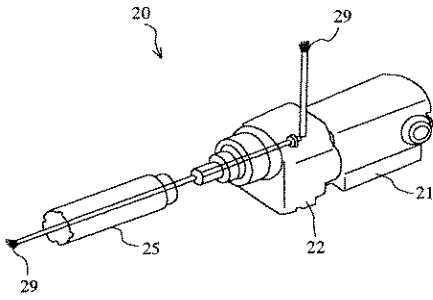
【図1】



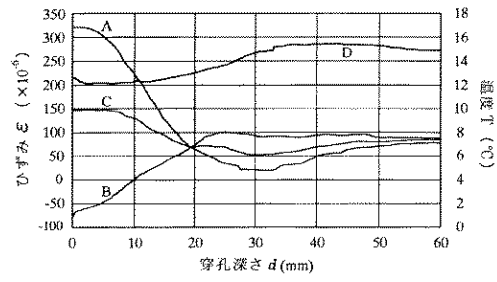
【図2】



【 図 3 】

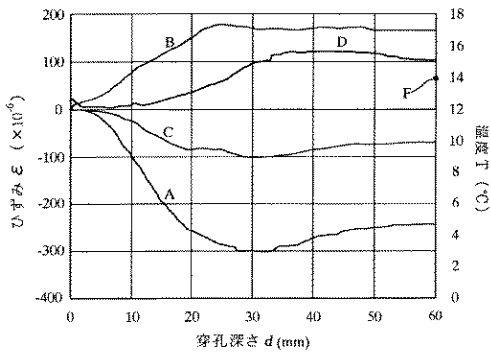


【 図 4 】



- A : 部材軸方向の測定値
- B : 部材軸直交方向の測定値
- C : 45度方向の測定値
- D : 温度の測定値

【 図 5 】



- A : 部材軸方向の測定値
- B : 部材軸直交方向の測定値
- C : 45度方向の測定値
- D : 温度の測定値

---

フロントページの続き

- (71)出願人 598122474  
平嶋 健一  
山梨県甲府市緑が丘2 - 4 - 13
- (74)代理人 100095452  
弁理士 石井 博樹
- (72)発明者 平嶋 健一  
山梨県甲府市緑が丘2 - 4 - 13
- (72)発明者 野永 健二  
大阪府大阪市西区西本町2丁目2番11号 株式会社銭高組内
- (72)発明者 伊藤 始  
東京都千代田区富士見二丁目10番26号 前田建設工業株式会社内
- (72)発明者 磯 健一  
東京都港区赤坂四丁目9番9号 日本国土開発株式会社内
- (72)発明者 小宮山 要  
山梨県甲府市長松寺町6番2号 株式会社コミヤマ工業内
- (72)発明者 関塚 真  
新潟県新潟市一番堀通町3番地10 株式会社福田組内