

(13) 非接触型変位計による岩石の 軸ひずみ測定方法について

フジタ工業 正員 野間達也 和久昭正
同 上 門田俊一 村山秀幸

1. はじめに

岩石の圧縮試験において、軸ひずみを求める方法には、ひずみゲージを岩石に直接貼付する方法や、差動トランス法・カンチレバー法などにより供試体全体の変位を計測し、それを供試体の高さで除すことによりひずみを求める方法が通常とられる。しかし、ひずみゲージで計測する方法は、湿潤した岩石に貼付することは技術的に困難であり、また破壊後の供試体の挙動を追跡しにくい。一方、供試体全体の変位を計測する方法は、供試体端面の平行度の影響や、供試体と載荷板間の端面摩擦による影響を受けやすい。

ところで、I.S.R.M.のSuggested Method¹⁾によれば、コンクリートの圧縮試験でよく用いられるコンプレッソメータの使用も認められている。この方法を用いれば湿潤岩石にも使用でき、かつ端面による影響を受けずに破壊後の挙動を追跡することが可能であると考えられるが、我国では適用した例があまり見られないようである。これは、適用したデータがないこと、及び岩石の場合通常直径50mm程度の供試体を用いるため、差動トランス等では機構的に無理があること、などが考えられる。

しかし、最近非接触でかつ計測精度が良い、軽量の計測器が開発されてきた。この非接触型変位計を用いて、コンプレッソメータタイプの変位計を製作し、これより得られたデータとひずみゲージから得られたデータを比較してみた。この際、供試体の中心部を計測するのが通常であるが、これと共に端面拘束の軸ひずみ測定への影響を調べるため、供試体の両端部、及び供試体全体の変位を計測し比較した。さらに、弾塑性解析を行い結果の妥当性を検証し、また繰返し載荷試験への適用性の検討も行った。

2. 試験材料及び試験方法

試験に用いた供試体は、軟岩として栃木県宇都宮市産の大谷凝灰岩（以下大谷石と称す）、中硬岩として島根県八束郡穴道町産の来待砂岩、硬岩として茨城県笠間市産の稲田花崗岩である。

これらの供試体は、岩石ブロックより内径55mmのビットを用いてコアを採取した後、旋盤を用いて正確に直径が50mmとなるように側面を整形し、端面は平面研削盤を用いて100mmの高さとなるよう整形し

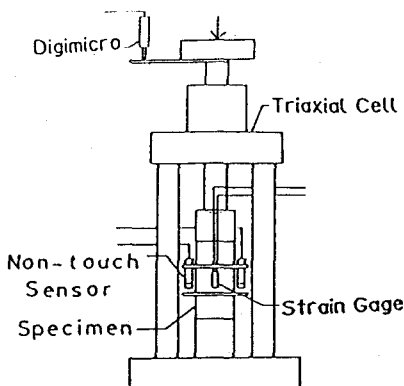


図1. 試験状況

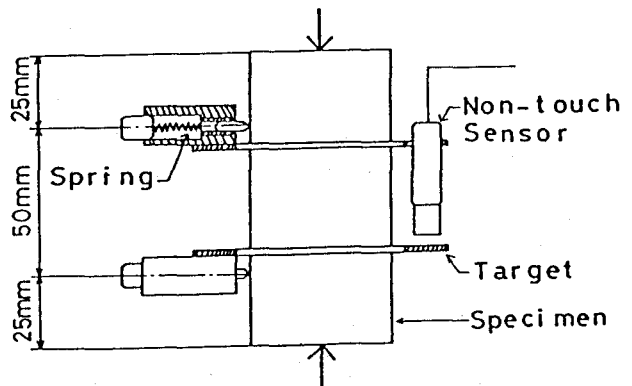


図2. 50mm変位測定器

た。なお、端面の平行度は全て $\pm 5/100\text{mm}$ 以内である。

供試体を気乾状態にした後、来待砂岩と稲田花崗岩にはゲージ長10mmのフェステルゲージを、大谷石にはゲージ長10mmのペーパーゲージを供試体の中心に軸対称となるよう2枚貼付した。

大谷石と来待砂岩については、自社製の三軸試験機を用いた。図1に試験状況の模式図を示す。

コンプレッソメータタイプの変位計では、供試体の中心部50mm、両端部80mm、及び供試体全体の変位が計測できるものを製作した。図2に供試体中心50mmの変位を計測する装置の模式図を示す。この距離を採用した理由は、在来のものに準拠したこと、及び工作的にも容易であったことである。変位測定装置には感度 $1\mu\text{m}$ を有する非接触型変位計を用いた。これは、金属性のターゲットの距離の変化が渦電流による導磁率変化に対応することを原理としている。非接触型変位計は内径60mm・外径90mmの金属リングに図1に示すように軸対称にネジ止めした。このリングを 120° 間隔にピン3本で供試体に固定するが、ピンの外側に装着したバネをネジが押すことにより供試体に測定装置が固定される機構である。バネを用いることにより、供試体の半径方向への膨張に対する拘束を減少させることができる。ターゲットも同様な金属リングであり、2つの金属リングを供試体の中心よりそれぞれ25mm、すなわち50mmの間隔となるようにセットした。図3に80mmの変位を計測する装置の模式図を示す。原理的には50mmのタイプと全く同様であるが、測定距離が長いので、ターゲットを金属リングよりネジでばした。図4に供試体全体の変位を計測する装置を示す。このタイプは、三軸試験機のベDESTALに金属リングを溶接により固定したものである。

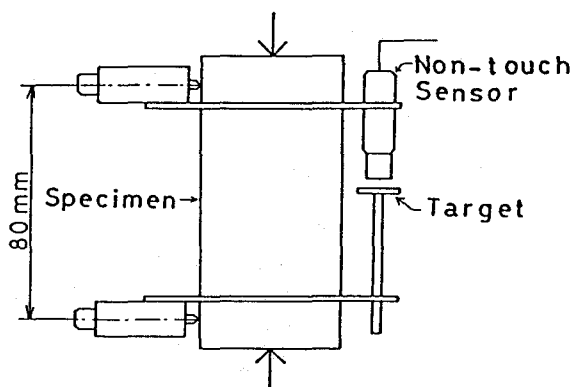


図3. 80mm変位測定器

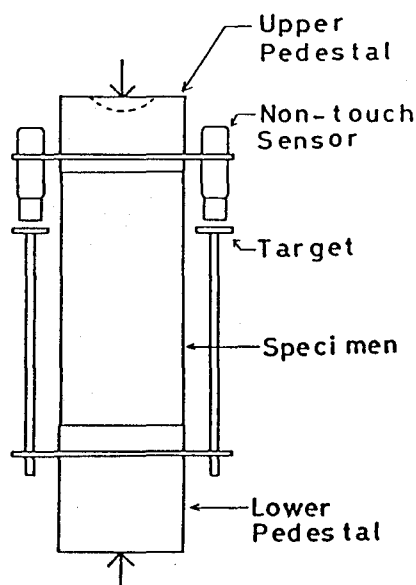


図4. 供試体全体変位測定器

変位・ひずみ及びロードセルにより検出した荷重は、A/D変換した後5秒間隔でパーソナルコンピュータに記憶させ、試験後プロットで応力-ひずみ曲線を描いた。なおひずみゲージ及び非接触型変位計のひずみ量は、それぞれ2つのデータの平均値である。

稲田花崗岩は、強度が大きいため同じ装置を用いて万能試験機により载荷した。また、爆発的に破壊し、非接触型変位計を破損する恐れがあるため、強度の75%の 1200kgf/cm^2 程度の载荷にとどめた。

3. 試験結果及び考察

図5に今回行った試験結果を示す。

図より明らかなように、供試体の中心部50mmの変位を計測するタイプでは3岩種ともひずみゲージから得られたひずみ量と非接触型変位計よりえられたものとは破壊直前までは非常によく一致している事がわかる。来待砂岩・大谷石では破壊強度近辺でひずみゲージが異常な挙動を示しているが、これはひ

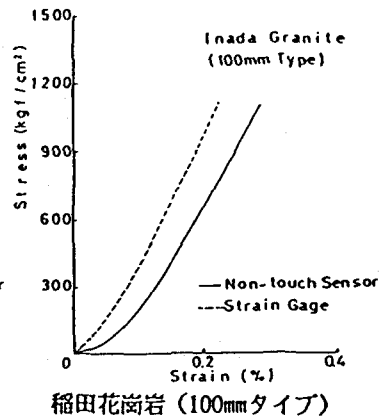
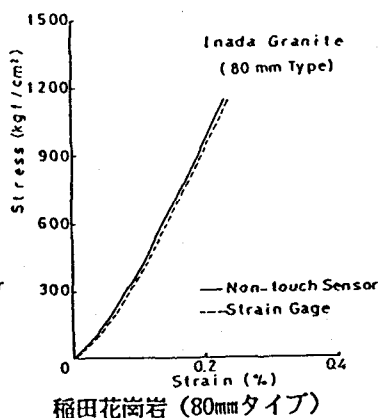
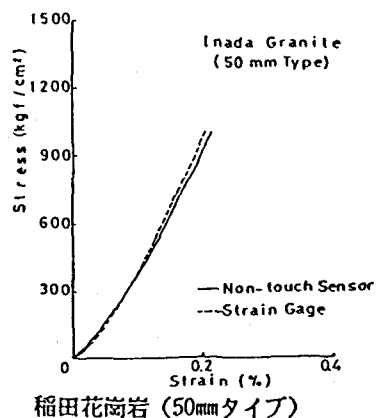
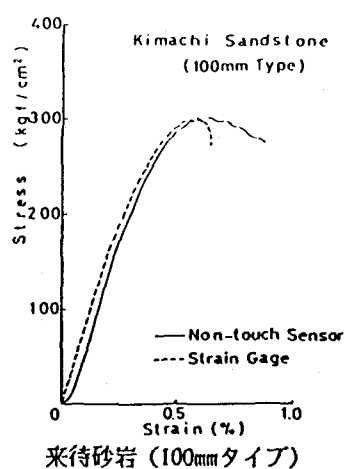
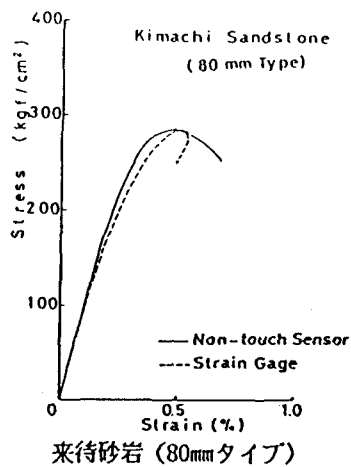
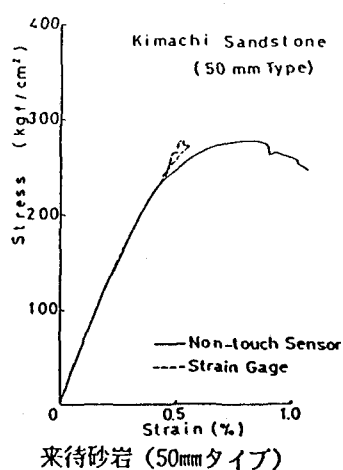
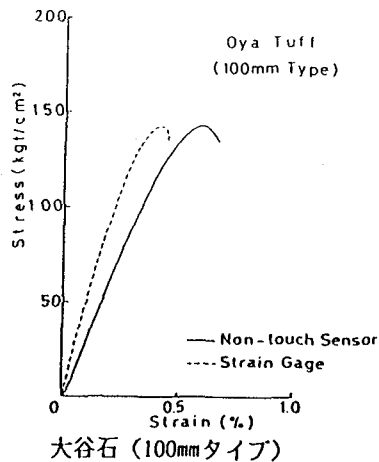
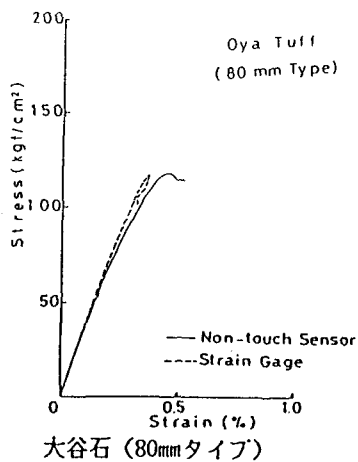
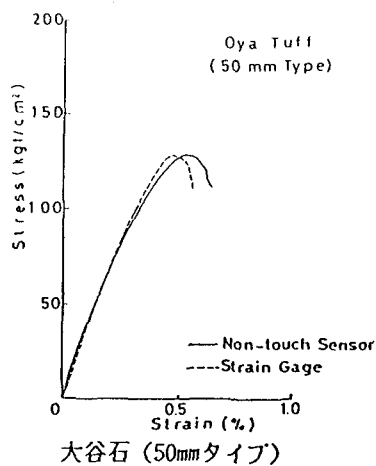


図5. 試験結果

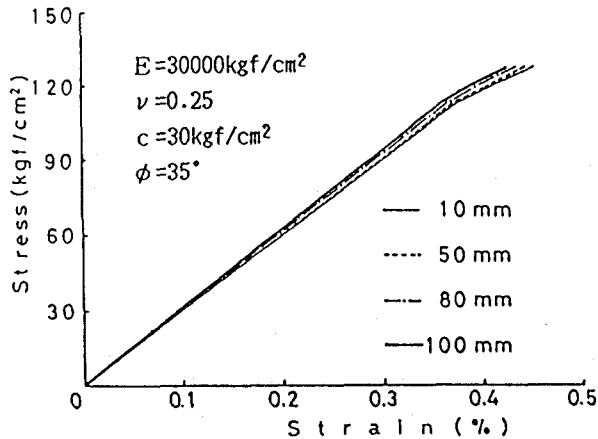


図6.弾塑性解析による応力-ひずみ曲線

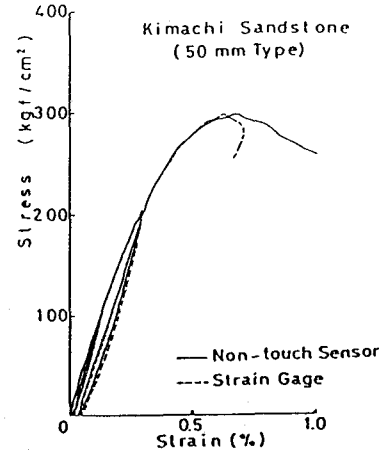


図7.来待砂岩50mmタイプの繰返し載荷試験結果

ずみゲージが供試体からはく離してしまったためと考えられる。また、来待砂岩の結果がよく示しているように、このタイプの計測器は破壊後の挙動にもよく追従することがわかった。

80mmで計測したタイプは、花崗岩ではひずみゲージと一致してしているものの、大谷石・来待砂岩では若干の違いが認められる。このことは、硬岩よりも軟岩のほうがより端面拘束の影響を受けやすい傾向があることを示していると思われる。

100mmで計測したタイプは、3岩種とも非接触型変位計で計測した方が大きなひずみ量を示した。これは、前述したように供試体の端面の影響を受けたためと考えられるが、ベDESTAL自体がひずんだための誤差も含まれよう。これを検証するため、ベDESTALと供試体を共にモデル化した弾性解析を行った結果、来待砂岩のように強度が300kgf/cm²程度ならば0.5%以内の無視しえる範囲であるが、花崗岩のように1500kgf/cm²以上の応力が加わった場合5%の過大評価となることがわかった。従ってこの方法は強度の大きな岩石にはあまり適当ではないのかもしれない。

さらに供試体のどの部分のひずみを計測するのが妥当であるかを検討するため、Drucker-Pragerの降伏条件を用いたひずみ硬化型の弾塑性解析を実施した。解析モデルは大谷石であり、その結果を図6に示す。なお、端部は完全固定条件である。これによれば、供試体の中心ほどよくひずむ傾向が認められる。これは、供試体の端部に比べ中心部の方が半径方向に膨張するためと考えられる。いずれにしても、供試体の中心部10mmと50mmとの差は殆どなく、今回のように中心部50mmの変位よりひずみを求める方法は妥当なものと考えられる。

また、50mmのタイプの計測器が繰返し載荷試験にも使用できるかを検討するため、来待砂岩を用いて繰返し載荷試験を行った。その結果を図7に示す。ひずみゲージより得られたひずみ量と非接触型変位計より得られたものは破壊強度点近辺までは非常によく一致しており、この計測器が繰返し載荷試験にも適用できることがわかった。

4. おわりに

軽量で測定精度の良い非接触型変位計を用いて、コンプレッソメータタイプの軸ひずみ測定器を製作し、変位測定距離を変化させて、ひずみゲージより得たひずみ量と比較した。その結果、供試体中心部50mmの変位を測定する測定器は、ゲージより得られたデータと一致した。この測定器を用いれば、破壊後の挙動にも追従し、かつ湿潤した岩石にも適用できよう。

(参考文献) 1): "SUGGESTED METHODS FOR DETERMINING THE UNIAXIAL COMPRESSIVE STRENGTH AND DEFORMABILITY OF ROCK MATERIALS", Int. J. Rock Mech. Min. Sci. & Geomech. Abstr., Vol. 13, pp. 135~140

(13) THE MEASURING METHOD FOR ROCK AXIAL STRAIN MAKING USE OF THE NON-TOUCH SENSOR

Tatsuya NOMA, Akimasa WAKU

Syunichi KADOTA, Hideyuki MURAYAMA

(Technical Research Division, FUJITA Corporation)

A B S T R A C T

For measuring rock axial strain, electric strain gages and/or the whole displacement of specimen by L.V.D.T. etc. are usually employed.

But by electric strain gages, it is difficult to apply saturated rock specimen and follow after the failure point. And by L.V.D.T. etc. , it is apt to be affected by both ends of specimen.

In this paper, for improving these defects, it is described measuring method for rock axial strain making use of the non-touch sensor. Using this method, it is possible to obtain various displacements of specimen. Axial strain data from displacement of center, both ends, and specimen whole are compared with electric strain gage's data.

The results are as follows;

- 1) Strain data from displacement of center of specimen are almost accorded to electric strain gage's data.
- 2) It is possible to follow the behavior after failure point using this method and easy to measure saturated rock specimen.
- 3) According to this method, it is avoid to be affected by both ends of specimen.