

# DRA 法による初期地圧測定 of 軟岩岩盤への適用に関する検討

## Applicability of DRA Method to In Situ Stress Determination in Soft Rock

岡崎幸司\*・得丸昌則\*・金戸俊道\*\*

Koji OKAZAKI, Masanori TOKUMARU and Toshimichi KANETO

In order to perform rational design for rock structures, such as tunnels and underground openings, engineers need to evaluate the in situ state of stress properly. There are methods of direct stress measurement and there are methods of estimating the stresses via various indirect or indicator methods. As the latter technique, DRA(Deformation rate analysis)method is quite often used for hard rock in Japan.

In this paper, the authors propose a simplified DRA method to determine the vertical stress component of soft rock. And its effectiveness in engineering practice is finally demonstrated.

**Key Words :** In situ stress, DRA method, Soft rock, Simplified method

### 1. はじめに

これまで、地下開発の候補地は、安定性等に優れている硬岩の岩盤地帯が主要なものであった。しかし、最近では都市部や海岸部などで今まであまり適用されなかった軟岩の岩盤地帯の地下も候補地として考えられ、開発されている状況もみられる。これら地下構造物の安定性を評価するために必要な要素の一つが地盤内の応力すなわち初期地圧を把握することである。

初期地圧の測定方法は、原位置測定と室内試験に大別することができる。原位置測定法には孔底ひずみ変化法や水圧破碎法などの方法があり、室内試験には DRA 法、AE 法などの方法がある。室内試験は、単価が安く、コア試料さえ確保できれば密な深度分布の測定が可能という有利性がある。今回筆者らが実施した測定は、コア試料を用いて測定する DRA (Deformation Rate Analysis) 法である。DRA 法は山本ら<sup>1)</sup>が提唱した方法であり、数多くの初期地圧測定結果が報告されている<sup>2)</sup>。しかし、その報告のほとんどは硬岩を対象とした測定であり、軟岩に DRA 法を適用した事例はほとんどみられない。

筆者らは、今回コア試料を用いて測定する室内試験 DRA 法を軟岩岩盤へ適用した。載荷装置には一般的な一軸圧縮機を用いたが、軟岩岩盤の初期地圧の推定が可能なが判明したのでここに報告する。

### 2. コア試料

本試験で使用した試料は、ボーリング作業により得られたコア試料である。コア試料を採取したボーリング孔は、鉛直ボーリング孔で孔径φ76mm、掘削深度110mであった。ボーリング地点周辺は、比較的なだらかな丘陵地帯で、新第三系中新統の火山砕屑岩類から構成されており、凝灰岩、凝灰角礫岩、火山礫凝灰岩が分布する。試験では、地質的な影響を避けるために、コア試料には礫が含まれない凝灰岩をコア試料として選定した。室内

---

\* 正会員 株式会社ダイヤコンサルタント 地盤物性部

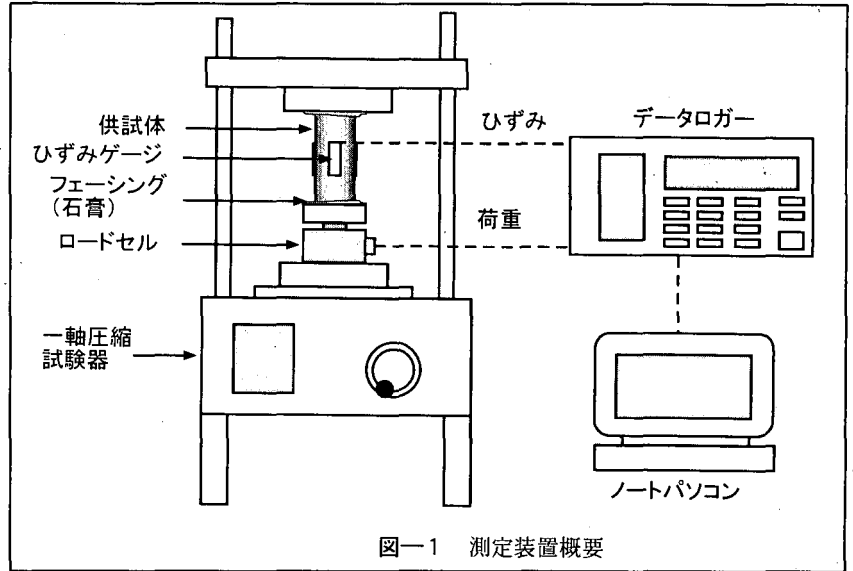
\*\* 東京電力株式会社 原子力技術部

物性試験結果によると、凝灰岩は一軸圧縮強度が 10MPa 程度である。試験は、掘進深度 5m おきに 2 試料ずつ実施した。しかし、一部試料の作成ができなかった区間もあり、合計では 34 試料について試験を実施した。

### 3. 測定方法

#### (1) 測定装置

DRA 法は、一般的にコア試料を研究室等に持ち込み、応力制御が可能な荷重装置により測定が実施される。しかし、今回試験機は、ギヤ比を変更することにより荷重速度を変更できるごく一般的な一軸圧縮試験装置を使用した。これは、①試料を採取してから測定までの時間の影響を極力少なくするために、ボーリングコア採取後 2 日以内に供試体を作成し、DRA 試験を実施する



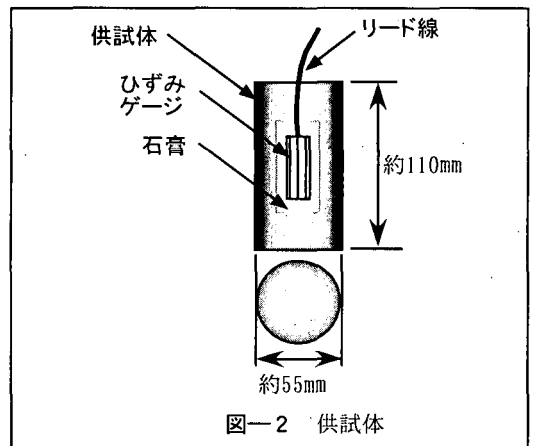
図一 測定装置概要

ため、②軟岩は、初期地圧相当の応力に対するひずみ量が大きく、簡易な装置でも初期地圧が求められると判断したためである。ボーリングコア採取後、試験を実施するまでの時間が測定誤差に影響を与えると議論されている<sup>2)</sup>が、軟岩の場合は定かでない。そのため、筆者らはボーリング作業現場近くに試験機を持ち込み、試料採取後ただちに試験を実施することとした。このとき、研究室にあるような応力制御が可能な荷重装置を持ち込むことはできなかったため、簡易な一軸圧縮試験装置を持ち込むこととなった。

測定では、供試体と荷重板の間に設置したロードセルから荷重を、供試体に貼りつけたひずみゲージからひずみ量をデータロガーを通してコンピューターにデジタル値で記録した。本測定装置の概要を図一に示す。

#### (2) 供試体の整形

供試体は、コア抜きマシン等により再度コアを採取する方法はとらず、ボーリング作業により採取した状態のコアをそのまま使用した。そのため、供試体の寸法は、直径 55mm、高さ 110mm の円柱型である。供試体の端面は、電動カッターにより切断した状態のままである。そのため、供試体を一軸圧縮試験機にセットする時は供試体の端面を石膏によりキャッピングすることにより端面の凹凸をカバーした。測定では供試体の側面にひずみゲージを 90° 間隔で 4 枚貼り付けた。このとき、供試体表面に凹凸があるためひずみゲージを接着剤で直接供試体に貼りつけることは困難であった。そのため、供試体の表面に石膏を塗り平面



図二 供試体

を確保し、その上にひずみゲージを貼りつけた。供試体の概要を図-2に示す。

### (3) 試験方法

本試験では、簡易な一軸圧縮試験機を使用したため、荷重はひずみ制御により実施した。試験の荷重パターンを図-3に示す。荷重速度は0.1%/min、サンプリング間隔を1secとした。荷重応力のピーク値は、ボーリングコアを採取した深度と岩石の単位体積重量より推定した土被り圧の2倍程度とした。また、荷重・除荷を5回繰り返した。

本試験では、初期地圧特に鉛直方向の応力を把握することを主とした。そのため、コア試料の荷重方向は、ボーリング孔軸方向である。

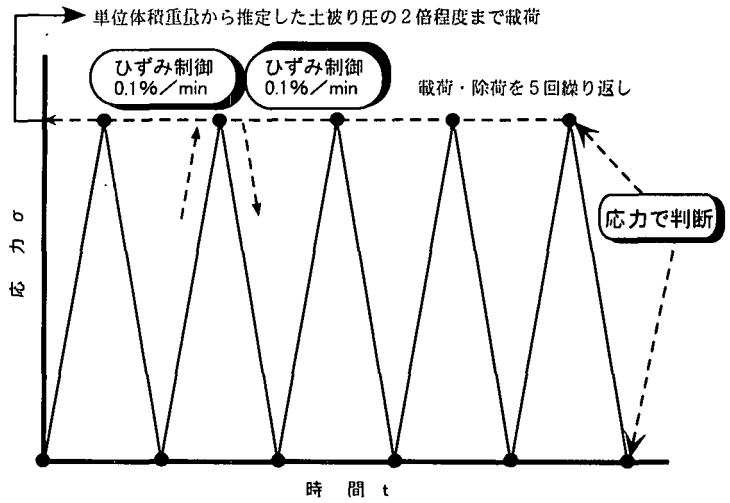


図-3 荷重パターン

### 4. 初期地圧の算出方法

試験により得たひずみと応力の関係の一例を図-4(1)と(2)に示す。初期地圧の算出は、測定したひずみよりひずみ差関数を求め、ひずみ差と荷重応力の関係より屈曲点を見つけ、そのときの応力を初期地圧値とする方法である。屈曲点の決定方法は瀬戸ら<sup>3)</sup>が報告しているひずみ差関数のパターンに適合させ、屈曲点を求めることとした。ひずみは4枚のひずみゲージの平均値を計算し、2~5回目の各サイクルと1回目の荷重時のひずみの差を求めた。

屈曲点の抽出例を図-5(1),(2)に示す。図-5(1),(2)において矢印により示した点が屈曲点であり、同時に示した値がそのときの応力値である。本試験は、ひずみ制御により実施したため、各繰り返しサイクルにおいて荷重応力のステップがわずかに異なるが、求める初期地圧の精度を考慮し、少数1桁で丸めた応力値を用いることで同一応力でのひずみ差を求めた。

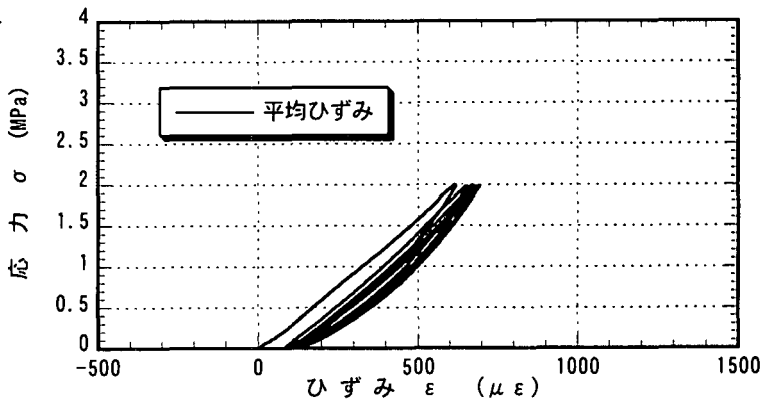


図-4(1) ひずみと応力の関係 (深度42.13m)

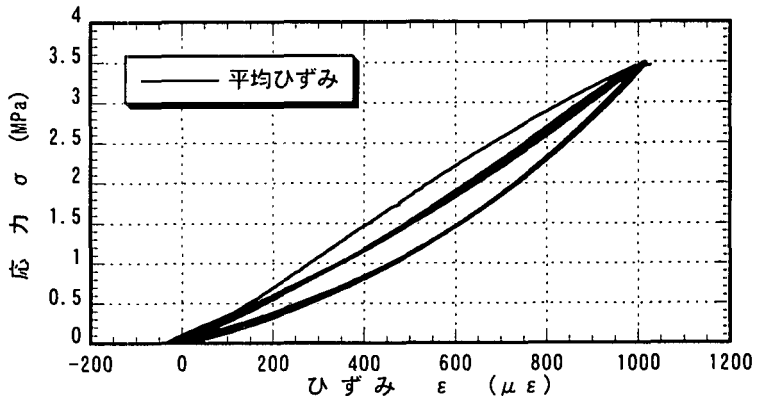
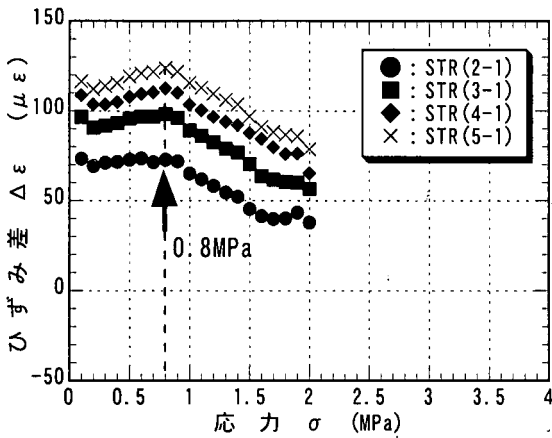
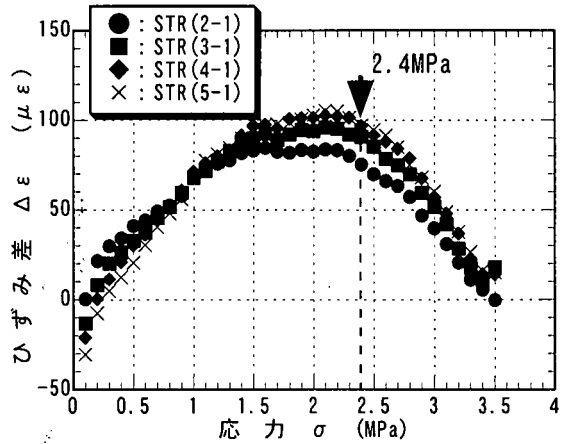


図-4(2) ひずみと応力の関係 (深度92.34m)



図一5 (1) 応力とひずみ差の関係 (深度42.13m)

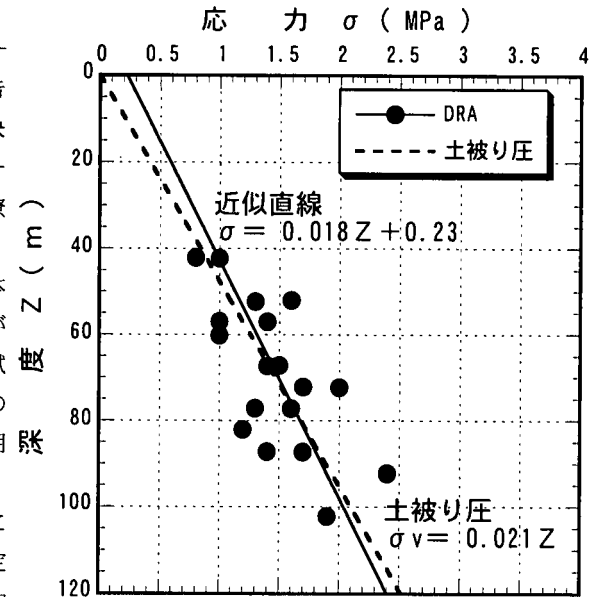


図一5 (2) 応力とひずみ差の関係 (深度92.34m)

## 5. 測定結果と考察

本測定により得た鉛直方向の応力と深度の関係を図一6に示す。図一6に示すデータは、前述の瀬戸らが報告しているひずみ差関数のパターンに適合し、屈曲点を決定した場合である。明瞭な屈曲点が見られなかったデータは除外した。本測定を実施した34供試体のうち、明瞭な屈曲点が見られた供試体は18供試体(全体の53%)、明瞭な屈曲点が見られなかった供試体は16供試体(全体の47%)であった。明瞭な屈曲点が見られない供試体がある原因は、①簡易的な試験装置を使用したため、②試験対象が軟岩のため、③その他の要因(ひずみゲージの貼付け方法等)が考えられる。しかし、現在のところ明白な原因は定かでない。

最小二乗法により求めた深度と応力の関係を図一6に示す。求めた近似直線を凝灰岩の単位体積重量から推定した土被り圧(図一6中の点線)と比較すると、比較的一致していることがわかる。



図一6 応力と深度の関係 (近似直線含む)

## 6. おわりに

筆者らは、DRA法による初期地圧測定 of 軟岩岩盤への適用に関する検討をおこなった。その結果、下記の事項が判明した。

1. DRA法は軟岩岩盤に適用可能である。
2. ひずみ量が大きい軟岩を対象とすれば、簡易な装置を用いたひずみ制御でもDRA法の適用が可能である。

今後の課題としては、試験結果のうち明瞭な屈曲点が見られなかった原因について追求する必要がある。さらに、同方法により3次元初期地圧を決定できるよう努めていきたい。

### 参考文献

- 1) 山本清彦ほか：地震学会講演予稿集, No.1, 春季, p.245, 1983
- 2) 小島隆ほか：資源と素材, Vol.110, p.143-148, 1994
- 3) 瀬戸政宏ほか：資源と素材, Vol.114, p.845-855, 1998