

第Ⅲ部門

3 軸 K_0 圧密試験における供試体の側方変位計測への磁気センサの適用

大阪大学大学院	学生員	○内田	昌志
大阪大学大学院	学生員	西谷	興季
(財) 地域地盤環境研究所	正社員	本郷	隆夫
大阪大学大学院	正会員	小田	和広
大阪大学大学院	正会員	常田	賢一

1. はじめに

近年、精密加工技術の進歩により様々な分野においてセンサの小型化高精度化が進んでいる。これらのうち磁気センサは磁場の強弱を測定するものであるが、小型であること、耐環境性に優れていること、設置が容易であること及び安価であることが特徴として挙げられる。本研究では3軸 K_0 圧密試験における新たな変位センサとしての磁気センサの適用性について検討する。特に、3軸 K_0 圧密試験における供試体の側方変位計測への利用を通じ、制御精度の向上に対する考察を行う。

2. 磁気センサの測定原理

磁気センサはある磁石から発せられる磁束密度を電圧に換算する。図-1は磁束密度の距離変化と磁気センサの関係を示している。磁石から発せられる磁束は放射状に拡散するため距離が遠ざかるほど単位面積当たりの磁束は減少する。このため、測定距離の違いによって磁束密度は異なる。この原理を利用すると磁束密度の変化によって距離変化を算出することができる¹⁾。

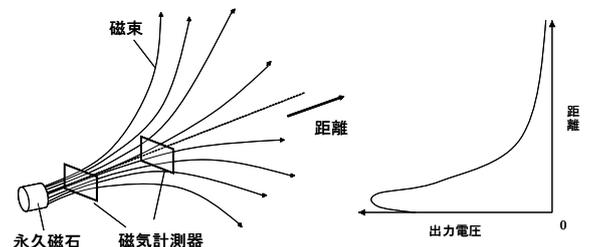


図-1 磁束密度の変化と磁気センサの関係

図-2 出力電圧と距離の関係

図-2に示すように距離変動と出力電圧は比例関係ではない。しかし測定範囲が狭ければその関係を直線近似できると考えられる。図-3は磁気センサと磁石の距離が約60mmであるときの出力電圧と距離変動の関係を示している。約300 μm の距離変動の間、出力電圧との直線関係が保たれていることが分かる。また、磁気センサと磁石との距離を変えて同様な関係を調べたところ、同程度の直線性が確認された。

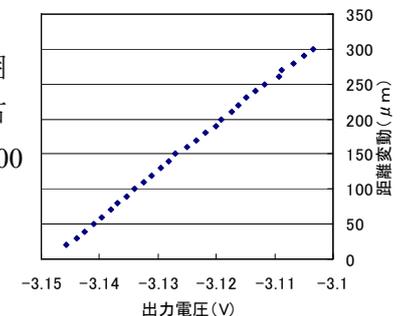


図-3 出力電圧と距離変動の関係

3. 磁気センサに対する影響因子

1) 周辺帯磁物による影響

一般に試験機は金属製であるため、金属の帯磁が磁気センサに及ぼす影響が存在するものと考えられる。試験機内での磁気センサの出力電圧の変動を調べたところ、その変動は磁石の磁気による変動に比べ、極めて微少であることを確認した。また、モーターの漏洩磁束による変動もみられなかった。よって試験中に試験機周辺において強く帯磁した物体を移動させない限り、帯磁物による影響はないものと考えられる。

2) 温度変化による影響

一般に永久磁石材料は温度特性を持つ。図-4は磁気センサと磁石を設置した3軸セルにセル水を注水した時の出力電圧の経時変化を示している。注水直後、室温とセル水温の違いによって出力電圧が変化している。但し、500秒程度時間が経過すれば出力電圧はほぼ一定に落ち着いている。図-5は注水前後における出力電圧と距離変動の関係を示している。注水前後において、それぞれの関係における直線性は保たれていることから、一定の温度であれば距離変動の測定に影響はないと考えられる。

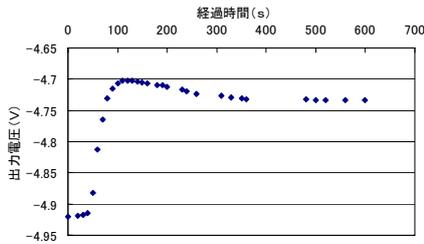


図-4 注水による出力電圧の経時変動

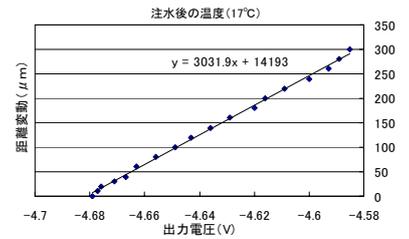
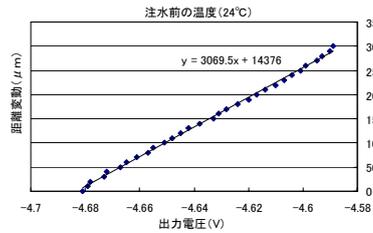


図-5 注水前後の温度における出力電圧と距離変動の関係

3) 圧力変化による影響

図-6 は三軸セル圧を 19.5kPa から 510kPa まで変化させた時の出力電圧の変化を示している。なお、図-7 に示すように磁気センサと磁石は供試体をはさんで相対するように設置した。圧力上昇時に出力電圧は変動するが、約 500 秒経過した後はほぼ一定になっている。これはセル圧を上昇させたことによる磁気センサ自体の変形及び供試体の変形に伴う磁気センサと磁石の距離の変化が影響しているものと考えられる。約 500 秒経過後は出力電圧が変動しないことから、セル圧を一定に保てばセル圧による影響はないものと考えられる。

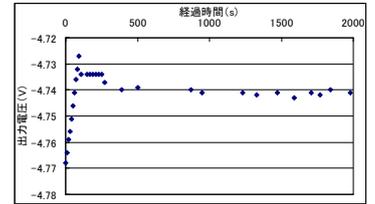


図-6 圧力による出力電圧の変動

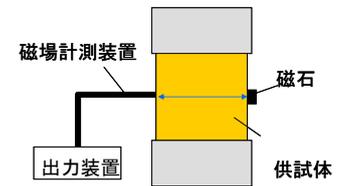


図-7 磁気センサの設置方法

4. K₀ 圧密試験における供試体側方変位計測への適用

以上述べてきたように、計測範囲が比較的狭ければ磁気センサによる出力電圧と距離変動の間に直線性を仮定できる。本研究ではこの特徴を K₀ 圧密試験における側方変位の計測に利用する。なお、本研究で用いた K₀ 圧密の制御方法はひずみ経路制御方法^{2),3)}である。この方法では DPVC によって制御する体積ひずみと载荷装置による軸ひずみを同調させることにより、K₀ 状態を満足させる。

図-8 は、ひずみ速度調節前後における試験結果の比較を示している。ここで調節前というのは、DPVC 及び载荷装置それぞれのキャリブレーション結果に基づき、それぞれ独立にひずみ速度を制御したケースを示している。一方、調整後は側方変位の計測結果に基づき、体積ひずみ速度を調節したケースを示している。調整前では側方変位は 400μm 以上生じていた。調整後は 100μm 程度に抑えることができた。その結果、K₀ 圧密の条件をより精度よく再現できるようになった。

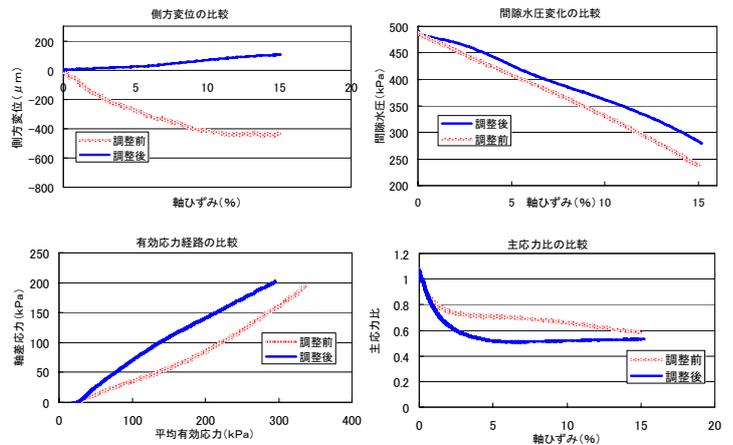


図-8 ひずみ速度調整前後における試験結果の比較

5. まとめ

1) センサは 3 軸試験の変位センサとして適用できる。 2) センサを K₀ 圧密試験における供試体側方変位の計測に用いることで、より K₀ 圧密条件の精度を向上させることができた。

参考文献

- 1) 株式会社マコメ研究所 磁気センサ技術資料 (http://www.macome.co.jp/technology/mag/techno_mag_1.htm)
- 2) Lo, S-C. R. and Chu, J., 1991, The Measurement of K₀ by Triaxial Strain Path Testing, Soils and Foundations, Vol. 31, No. 2, pp.181-187.
- 3) 奥田他, 2002, 神戸沖不攪乱沖積粘土の K₀ 圧密非排水せん断試験, 平成 14 年度土木学会関西支部年次学術講演会概要集, III-7-1~ III-7-2.