

動的繰返し等方荷重による地盤材料の異方性発達の実験検証

名古屋工業大学

学生会員 ○西村友宏 栗本悠平

名古屋工業大学

正会員 張鋒

独立行政法人海洋研究開発機構

非会員 坂口秀 氏家恒太郎 山本由弦

1. はじめに

地盤材料の力学挙動について、圧密沈下や圧密降伏応力を求める以外、ほとんどがせん断を中心に議論されてきた。動的繰返し等方荷重の載荷による地盤材料の挙動を調べる研究はなおさらである。一方、せん断だけでは解釈できない現象も報告されており、室内試験による基礎的な研究が求められる。本稿では、2010年に名古屋工業大学に導入された高圧動的繰返し圧密試験機の概要と、房総半島で採取したシルト岩試料を用いた動的繰返し圧密試験、そして帯磁率異方性測定の結果を述べる。

2. 研究背景

四国南方沖のプレート沈み込み境界では、巨大水平断層（デコルマ）と、後にデコルマになると考えられるデコルマ相当層準（プロトデコルマ）の存在が確認されており、両者の性質の違いや形成要因を検討することが地震発生地帯の形成メカニズム解明への第一歩とされている¹⁾。これまでの深海掘削により、室戸岬沖のプロトデコルマにおいて粒子間セメンテーションが存在し、間隙が多い構造が形成されていることがわかっている。一方、デコルマゾーンではその粒子間のセメンテーションが崩壊したものの、ランダムな構造が保ったまま、間隙が小さくなり、圧密が進行して密になる部分が存在している。

室戸岬沖のデコルマゾーンは厚さ約32.6mで、数mm～数cm程度の断層角礫によって特徴付けられる。注目すべきは、断層角礫の表面（外縁部）は粘土鉱物粒子の選択的定向配列が見られる（せん断の形跡がある）ものの、その断層角礫の内部ではランダムファブリック（せん断の形跡がない）であるという点である。このようなランダムファブリック構造を保ちながら、粒子間セメンテーションが崩壊するメカニズム、すなわち、プロトデコルマからデコルマへの形成過程のメカニズムを解明するために、まず動的繰返し等方荷重による影響を検証する。せん断荷重以外の外力が原因と考えられるため、動的繰返し等方載荷室内試験で確認することとした。本来ならば、プロトデコルマ試料を用いるが、大変貴重であることと試験機の精度確認の必要性を考え、ダミーサンプルとして房総半島の被覆層より採取したシルト岩試料を用いて動的繰返し圧密試験を行った。

3. 試験概要

図1に高圧動的繰返し圧密試験機概要図を示す。本試験機は油圧サーボ制御のピストンを用いることにより、最大20MPaの動的繰返し等方荷重の載荷が可能である。また、左右鉛直変位、拘束圧、間隙水压、体積変化の計測が可能である。

本試験では、房総半島の被覆層から採取したシルト岩試料を、地層面に対して直角方向にコアリングし、寸法 $\phi 50 \times H20\text{mm}$ に整形したものを用いた。表1にシルト岩の物性値を示す。圧密降伏応力を求めることを目的とした段階圧密試験（最大等方荷重16MPa）は飽和・排水条件下で行い、動的繰返し圧密試験は不飽和・非排水条件下で行った。表2、3に段階圧密試験、動的繰返し圧密試験の試験概要を示す。

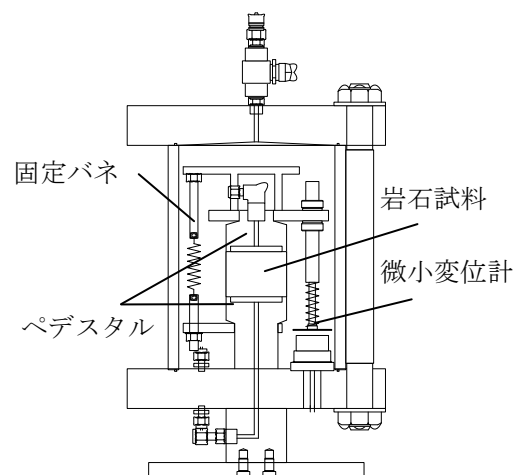


図1 高圧動的繰返し圧密試験機概要図

キーワード 動的繰返し等方荷重、動的繰返し圧密試験、帯磁率異方性、デコルマ

連絡先 〒466-8555 名古屋市昭和区御器所町 名古屋工業大学 TEL 052(732)2111

動的繰返し圧密試験に不飽和状態の試料を用いた理由は、作用させる等方荷重を確実に有効応力として与える(間隙水圧を発生させない)ためである。

4. 試験結果

本稿に示す時間～平均変位関係の横軸は動的繰返し等方荷重を載荷した瞬間を0sとしている。また縦軸の平均変位は左右鉛直変位の平均値を用いており、圧縮を正にしている。

図2に時間～平均変位(Case1,2)を示す。図2より、中心等方荷重が大きいほど動的繰返し等方荷重の載荷直前の変位が大きいことが確認できる。

図3に試験前、段階圧密試験、動的繰返し圧密試験(Case1,2)後のシルト岩試料を用いて行った帯磁率異方性測定結果を示す。帯磁率異方性測定結果はプロットが対称軸($F=L$)から離れるほど粒子配列の異方性が強くなることを表している。図3より、段階圧密試験後のシルト岩試料は最大で16MPaの静的な等方荷重が作用しているにもかかわらず、試験前のシルト岩試料と比較して粒子配列の異方性が変化していないことが分かる。一方、動的繰返し圧密試験後の岩石試料は試験前のシルト岩試料と比較して粒子配列の異方性が変化している(プロットが右に移動している)ことが確認できる。また、中心等方荷重(もしくは振幅)が大きいほど、わずかながら粒子配列の異方性の変化が大きいことも確認できる。

ここで、動的繰返し圧密試験において発生した圧縮量は、段階圧密試験において発生した圧縮量(最大等方荷重16MPaで0.45mm程度)と比較して明らかに少ないことから、粒子配列の異方性の変化は、動的繰返し等方荷重による影響ではないかと考えられる。

5. まとめ

- 静的載荷より動的載荷の方がたとえ等方荷重であっても岩石の粒子配列の異方性(初期のものは堆積方向に依存する)をより発達させることが確認され、動的繰返し等方荷重が岩盤の異方的力学挙動に与える影響が無視できないことを示唆している。
- 再現性を確かめるためにより多くの試験を実施し、等方荷重・振幅・振動数の影響をさらに検証する。

参考文献

- 1) K. Ujiie, T. Hisamitsu and A. Taira: Deformation and fluid pressure variation during initiation and evolution of the plate boundary decollement zone in the Nankai accretionary prism, JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH, VOL. 108, NO. B8, 2398, doi:10.1029/2002JB002314, 2003

表1 シルト岩の物性値

土粒子密度 ρ_s	2.59[g/cm ³]
圧密降伏応力 p_c	2.1[MPa]
初期間隙比 e_0	1.0

表2 段階圧密試験の試験概要

載荷段階 (1 圧密段階を 60 分で実施)
0.1[MPa] → 0.2[MPa] → 0.4[MPa] → 0.8[MPa] → 1.6[MPa] → 3.2[MPa] → 6.4[MPa] → 12.8[MPa] → 16[MPa] → 12.8[MPa] → 6.4[MPa] → 3.2[MPa] → 1.6[MPa] → 0.8[MPa] → 0.4[MPa] → 0.2[MPa] → 0.1[MPa] → 終了

表3(a),(b) 動的繰返し圧密試験の試験概要

(a) 試験条件

	中心等方荷重[MPa]	振幅[MPa]
Case1	3	2.5
Case2	4	3

(b) 動的繰返し圧密試験の流れ

ステップ	作業
1	中心等方荷重まで載荷
2	所定の動的繰返し等方荷重を載荷
3	その後、速やかに等方荷重を0MPaまで徐荷

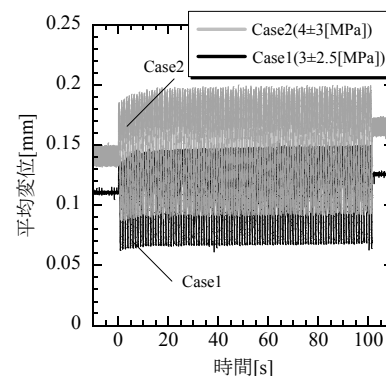


図2 時間～平均変位(case1,2)

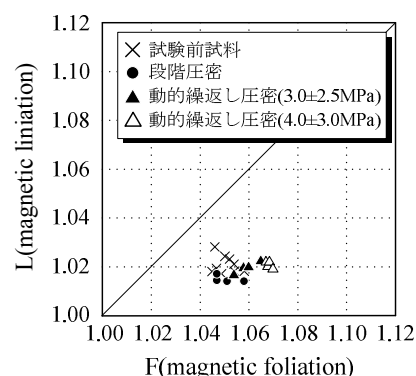


図3 帯磁率異方性測定結果