

ドライアイス・珪砂混合試料のリングせん断試験に基づく メタンハイドレート分解に伴う大規模海底地すべり発生運動機構に関する研究

防災研究所 斜面災害研究センター

津久井敦也 Atsuya TSUKUI

1. はじめに

大陸棚周辺の海底には大規模かつ長距離運動した海底地すべり地形が多く発見されている。それらの発生・運動機構の説のひとつとして、メタンハイドレート (MH) 層の分解によってガスが発生し、有効応力の低下をもたらしたとする説が提案されている。MH 含有砂は飽和砂と比較して高い強度を示し、分解時に吸熱反応を示すが、地震等の誘因により海底地盤内で一定程度せん断が進めば熱の供給がなされ、分解が加速的に進む可能性がある。MH 層の分解による巨大高速長距離地すべり発生の可能性について、リングせん断試験機を用いて検討した。MH を用いた実験は引火による爆発の危険を伴うため、大規模な防爆施設等が必要になる。そのため、MH と性質の似たドライアイスと珪砂の混合試料を用い、特にせん断中に発生する過剰間隙圧挙動を調べた。珪砂と混合したのは JAMSTEC 探査船ちきゅうが採取した MH 胚胎層の観察に基づく。垂直応力を一定に保ちつつせん断速度を制御する試験を実施したが、ドライアイスは常温で気化するため、せん断開始前に排水弁を調整し、気化量と排気量を一定に保った上でせん断中に増減する間隙圧の変化を測定した。以下に得られた結果を述べる。

2. 過剰間隙圧の速度効果

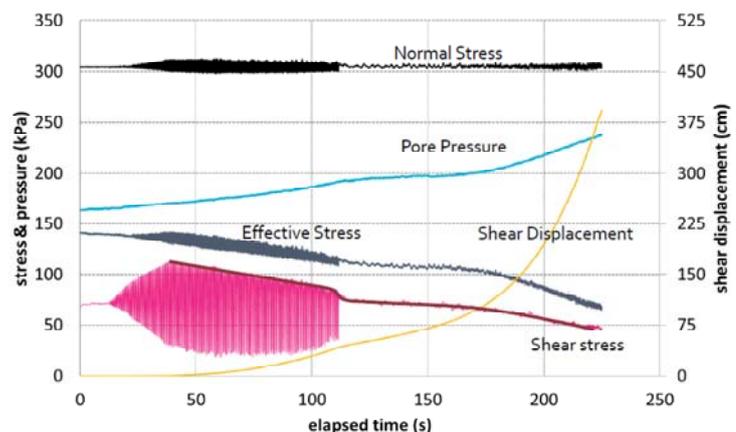
せん断速度は 0.02cm/s から 10cm/s までほぼ 10 倍ごとに増大させ、その後 0.02cm/s まで減少させる試験を行った。各速度ステップでせん断変位とともに過剰間隙圧は増大し最後、定常状態を示した。特にせん断速度が 10cm/s で大きな過剰間隙圧が発生し、せん断抵抗の大きな低下が観察された。これはせん断による摩擦熱の発生と粒子の破碎による表面積の増加により、ドライアイスの気化が促進され過剰間隙圧が上昇したためである。発生した過剰間隙圧と初期有効応力の比である過剰間隙圧比 $r_u (= \Delta u / \sigma'_0)$ は 10cm/s で 0.5 程度まで上昇した。

3. 繰り返し载荷時の過剰間隙圧挙動

下図は垂直応力一定(300kPa)、初期せん断応力 70kPa (斜面傾斜約 13° に相当) を与えた上でせん断応力に 2Hz の正弦波を加えた試験の結果である。振幅を徐々に増大させると破壊が生じ、典型的なすべり面液状化挙動を示した。

4. 大規模地すべり発生条件

過剰間隙圧比とせん断距離の関係を Newmark 法に繰り込み、有効応力の変化を考慮に入れたシミュレーションを行った。距離減衰を考慮し、東北地方太平洋沖地震において陸上で観測された地震加速度を数倍した。5 倍にした場合は傾斜 20 度で、10 倍だと傾斜 1 度で unlimited なすべりを示した。海底地すべり地形の滑落崖などには、傾斜 15 度程度の斜面があることが確認されているため、地震によって一定程度以上の変位が MH 層で現れる場合には、その後大規模な高速長距離運動地すべりが発生しうることが示唆される。



繰り返し载荷試験の結果の一例。2Hz, せん断応力振幅は 1kPa/(cycle · s) で増大させ 200 cycle 载荷。最終せん断変位は約 400cm。