

メタンハイドレート生産井の応力解析のための異種材料間接触面摩擦特性の実験的評価

(国研) 産業技術総合研究所 正会員 ○覺本 真代
(国研) 産業技術総合研究所 正会員 坂本 靖英

1. 目的

日本近海の海洋堆積層中に賦存するメタンハイドレート（以下，MH）は，石油や石炭に代わる国産エネルギー資源として開発が期待されている¹⁾。MH 堆積層からメタンガスを生産する手法として，減圧法が提案されているが²⁾，その適用時には，地層中の間隙水圧の低下に伴う有効応力増加や MH の分解に伴う地層の骨格構造の変化により地層に圧密が生じ，生産井と地層との間の接触面において滑りが発生し，その時の摩擦力が原因となって生産井が損傷する可能性が危惧されている。ゆえに，減圧法適用時の生産井の健全性評価を行う際には，生産井と地層との間に存在する異種材料間の接触面に対して適切なパラメータを与えた数値解析を行うことが極めて重要となる。生産井はケーシングおよびセメントで構成されており，それらは地層と接触しているため，生産井と地層との間にはケーシング - セメント，ケーシング - 地層，そして，セメント - 地層の 3 種類の接触面が存在する。本研究では，生産井の深度方向の全てにわたって存在するケーシング - セメント部間の接触面を対象とし，その接触面強度を定量的に評価することを目的として，拘束圧条件下にて鋼棒 - セメント間に生じる摩擦力とケーシングのひずみとの関係を明らかにするための押し抜き試験を実施した。

2. 供試体作製と試験手順

押し抜き装置の概略図を図-1 に示す。本装置は三軸試験装置を基に作成されており，MH 賦存域の温度圧力条件下にて異種材料接触面の摩擦力を取得可能な装置である³⁾。この装置の最大荷重は 200kN，最大側圧は 20MPa，最大背圧は 20MPa である。温度はセル内を循環するセル液の温度を制御することにより，ほぼ一定に保つことができる。装置中央にはペデスタルがあり，供試体はここに設置される。設置された供試体の上にはトップキャップを載せ，これらをゴムスリーブで覆うことにより供試体内にセル液が浸入するのを防ぐことが出来る。図-2 (a)に供試体の概要を示す。接触面模擬供試体は円柱状であり，中心部にはケーシングに見たてた鋼棒（直径 30mm，高さ 128mm）、周辺部はセメント（直径 100mm，高さ 100mm）からできており，こ

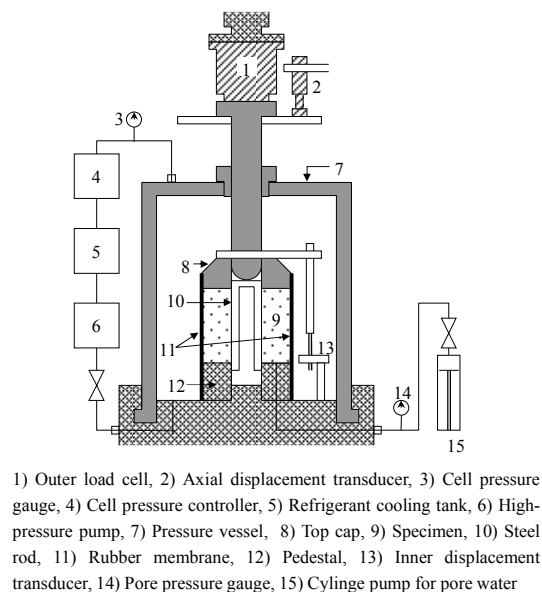


図-1 押し抜き試験装置の概要

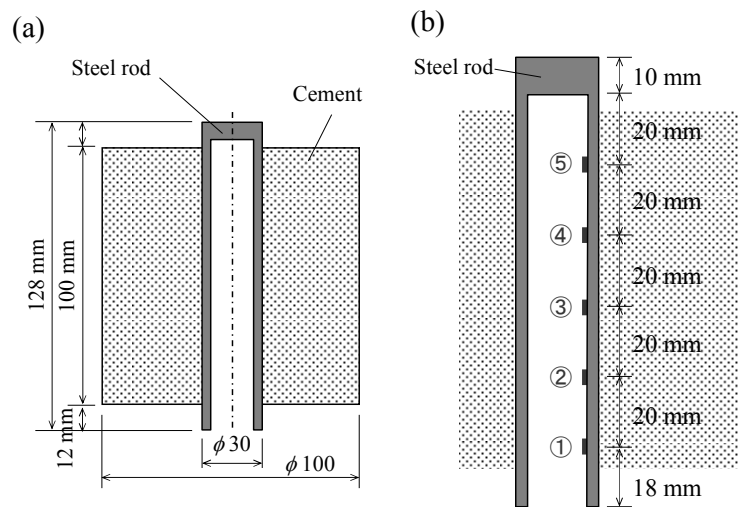


図-2 供試体の概要図(a)と鋼棒内のひずみゲージ貼付位置(b)

キーワード メタンハイドレート，減圧法，圧密，接触面，摩擦力，ひずみ

連絡先 〒305-8569 茨城県つくば市小野川 16-1 (国研) 産業技術総合研究所 TEL 029-861-8203

れにより、生産井のケーシングセメント部間を模擬した。セメントは、代表的な油井セメントであるクラス G セメントを用い、水セメント比を 45% に設定した。本試験では接触面における応力と鋼棒のひずみとの関係を明らかにするため、図-2 (b) に示すように鋼棒の内側に水平方向に 5 箇所ひずみゲージを接着し、鋼棒の押し抜き時のひずみの取得も同時に行った。試験は以下の手順で行った。まず、ペDESTAL、トップキャップおよびセメント試料をゴムスリーブで皮膜し、装置中央部分に設置する。次に、圧力セル内にセル液を循環させることにより側圧を所定の圧力まで昇圧させる。側圧が所定値に達したら、軸変位制御により鋼棒上端部に対し载荷を行う。軸荷重は内部ロードセル、軸変位は軸変位計で測定を行った。試験は有効拘束圧 1.0 MPa (側圧 11.0 MPa, 背圧 10.0 MPa) とし、载荷速度は 0.1mm/min で実施した。

3. 試験結果

鋼棒-セメント接触面における摩擦力と鋼棒の変位量の関係を図-3 に示す。摩擦力は载荷開始とともに増加し、変位量 0.48 mm で最大値である 5.27 MPa に達した。その後は急激に摩擦力が減少し、スティックスリップ現象を示しながら一定の残留強度に落ち着く傾向を示した。この摩擦力が最大値に達するまでに鋼棒に生じた鉛直応力と鋼棒内部のひずみを図-4 に示す。図は縦軸が鋼棒に生じる鉛直応力、横軸がひずみを示す。なお、ひずみは負を圧縮とする。ひずみは全ての箇所において圧縮を示し、鉛直応力の増加とともにひずみも増加する傾向を示した。特に鋼棒上端から 40 cm の位置でのひずみが最も大きく、-376.3 μm となった。

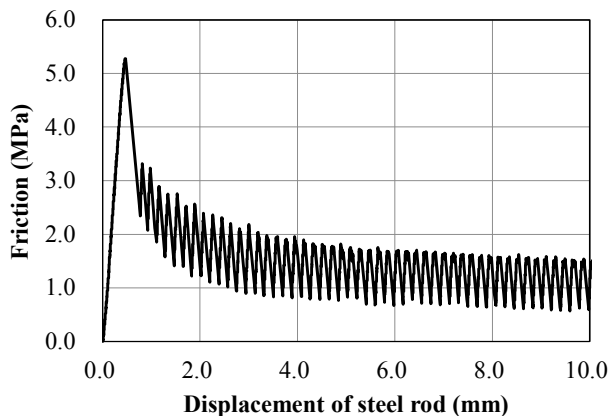


図-3 接触面の摩擦力と鋼棒の変位量の関係

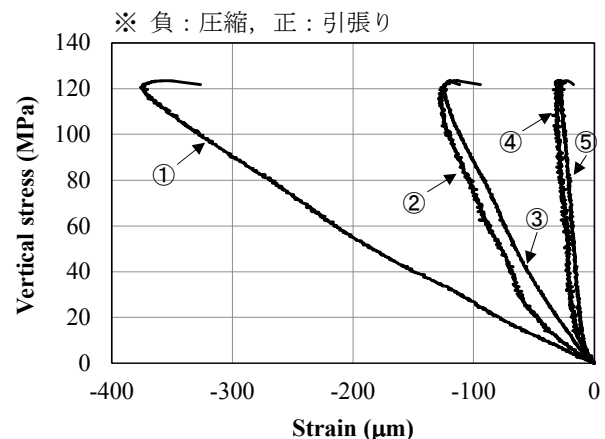


図-4 鋼棒に生じる鉛直応力とひずみの関係

4. まとめ

本研究では、ひずみゲージを接着した鋼棒を用いた供試体による押し抜き試験を実施し、拘束圧条件下にて鋼棒-セメント接触面に生じる摩擦力とケーシングのひずみを同時に取得する手法を確立した。今後は拘束圧の異なる条件下や他の異種材料間接触面（例えば、ケーシング-地層接触面）について試験を実施し、接触面に生じる摩擦力と鋼棒のひずみに及ぼす拘束圧の影響の実験的評価を行う予定である。

謝辞

本研究は、経済産業省委託研究「メタンハイドレート資源開発・生産手法開発」によるものである。ここに付記して謝意を表する。

参考文献

- 1) 松本良: 総説メタンハイドレート-海底下に氷状巨大炭素リザーバー発見のインパクト-, 地学雑誌, Vo.118, pp.7-42, 2009.
- 2) 山本晃司: メタンハイドレートの生産手法とフィールド産出試験, 地学雑誌, Vo.118, pp.913-934, 2009.
- 3) 覺本真代, 米田純, 宮崎晋行, 天満則夫, 青木一男, 糸井龍一: メタンハイドレート生産井におけるケーシングセメント間の摩擦強度に関する基礎的研究, Journal of MMIJ, Vo.129, pp.116-123, 2013.