

名古屋工業大学大学院 社会工学専攻 助教 岩井 裕正

【受賞業績】

“Rate effect on the stress-strain relations of synthetic carbon dioxide hydrate-bearing sand and its dissociation test by thermal stimulation”

Iwai H., Konishi Y., Saimyou K., Kimoto S., and Oka F., *Soils and Foundations*, **58**(5), pp.1113-1132, 2018.

【研究概要】

昨今、二酸化炭素ハイドレート（CDH: Carbon Dioxide Hydrate）の工学的利用が注目を集めている。メタンハイドレート資源開発に関連しては、CDHの生成熱を利用してメタンガス回収率の向上させる補助工法が考えられている他、CO₂地中貯留技術の一つとして、CO₂ガスをCDH化して固体として海底地盤内に貯留する手法が提案されている。こうした情勢を背景とし、海底地盤の長期安定性やハイドレート分解時の地盤災害リスクについて検討することは重要である。本研究では、CDH含有地盤の時間依存性挙動およびCDH分解時の海底地盤不安定化現象に関する知見を得ることを主な目的とする。特に、人工的に作製したCDH含有砂供試体を用いて、主に以下の2つの実験的研究に取り組んだ。

1. 非排水ひずみ速度急変三軸圧縮試験 2. 加熱法によるCDH分解実験

【得られた主な成果】

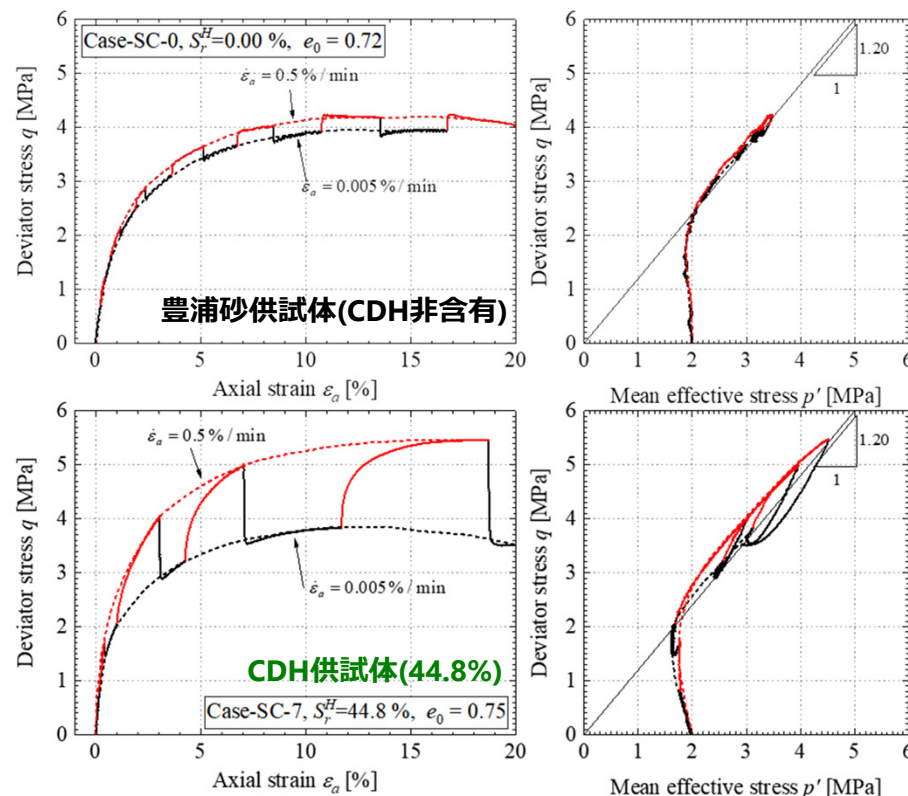
- ◆ ひずみ速度急変試験より、載荷速度が非常に遅い緩速載荷時には、ハイドレート含有量の多寡に関わらず最大軸差応力は砂のみの供試体と比較して増加しないということを発見した。
- ◆ CDH加熱分解実験より、CDH分解によって発生したCO₂ガスおよび間隙水によって急激に間隙圧力が上昇し一瞬にして有効拘束圧が失われる一種の地盤液状化現象が発生することを明らかにした。同時に、間隙ガス圧の上昇に伴う地盤変形挙動について時系列的に整理した。

1. 非排水ひずみ速度急変三軸圧縮試験

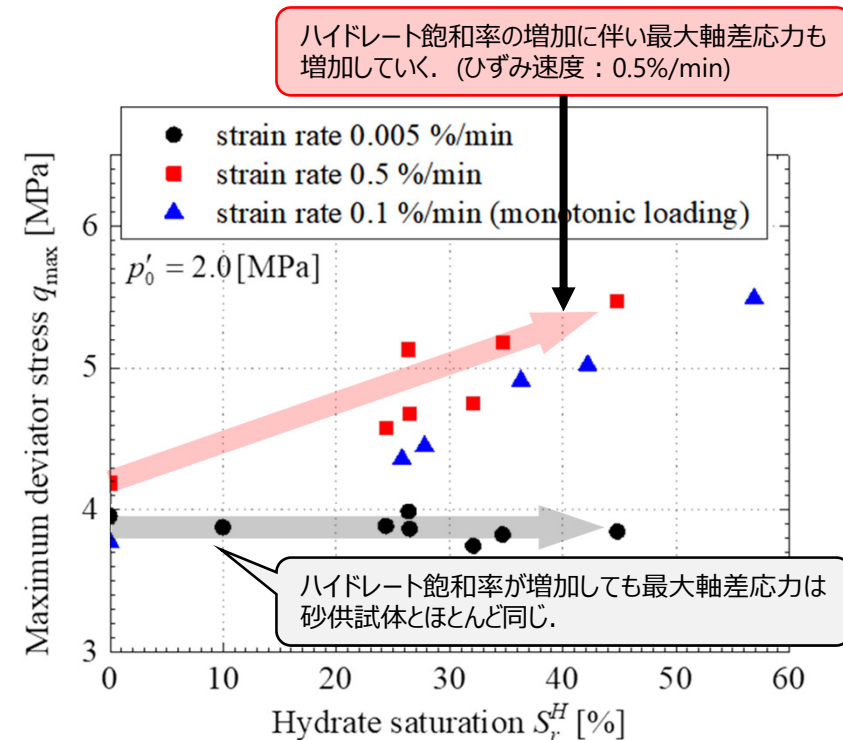
＜目的＞ CDH含有地盤の二次圧密やクリープ変形などの長期変形特性を評価するために，CDH含有量と粘塑性挙動の相関を明らかにする。

＜方法＞ ひずみ速度急変非排水三軸圧縮試験を実施．2種類のひずみ速度を設定し，せん断中に複数回ひずみ速度を切替えながら載荷を行うことで，材料の載荷速度依存性を調べる．

＜成果＞ ① CDH含有量が大きくなるほど，ひずみ速度急変時の軸差応力の増減幅が大きくなる．
② ハイドレート飽和率と粘塑性挙動の発現に明確な正の相関を発見．
③ 緩速載荷時にはハイドレートによる硬化よりも粘塑性ひずみ速度の増加が支配的となり，**最大軸差応力のハイドレート飽和率依存性は見られない**ことを発見した．



CDH含有供試体のひずみ速度急変非排水三軸圧縮試験結果 (成果①&②)



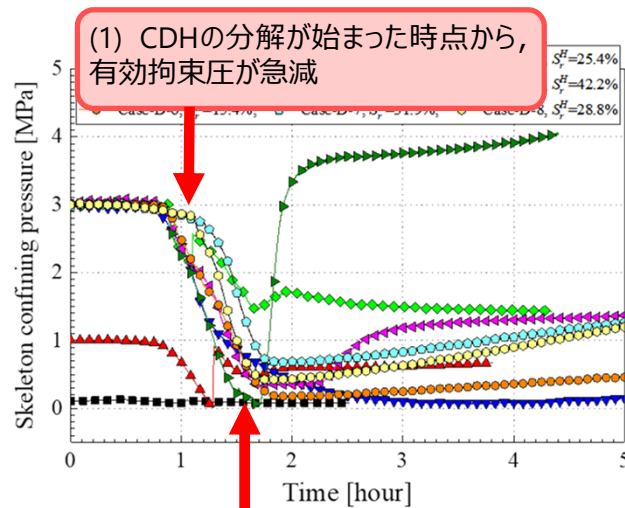
各ひずみ速度における最大軸差応力とハイドレート飽和率の関係 (成果③)

2. CDH含有供試体の加熱法による分解実験

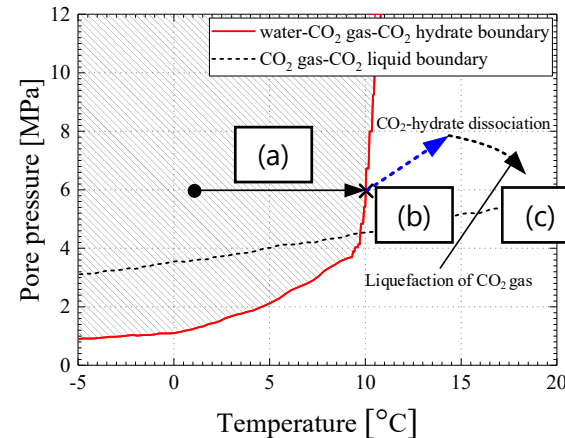
＜目的＞ CDHが分解した際の供試体内の間隙圧力上昇とそれに伴う地盤変形挙動を時系列的に整理し、ハイドレート分解による海底地盤不安定化現象について理解する。

＜方法＞ 人工的に作製したCDH含有供試体を温度制御型三軸試験装置内で加熱し、CDHを分解させる。非排気・非排水条件の状態で温度、間隙圧力、鉛直変位の時刻歴を計測する。

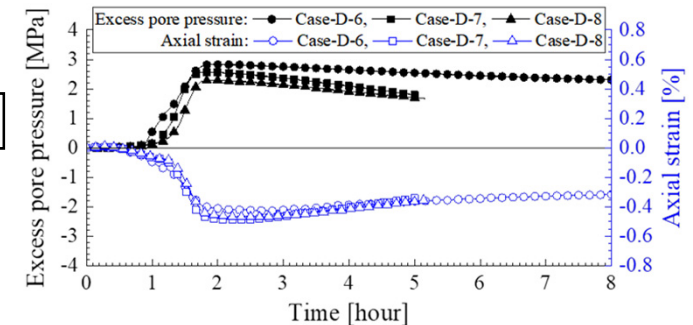
- ＜成果＞
- ④ CDHを加熱法により分解すると、発生したCO₂ガスにより急激な間隙圧力の上昇が見られ、有効拘束圧が瞬時に失われる一種の液状化現象が発生することを定性的に明らかにした。
 - ⑤ CDHによって発生した高压CO₂ガスは、気体状態のままでなく、CO₂液化境界よりも高压になることによってCO₂ガスが液化し間隙圧力が減少する。
 - ⑥ CDH分解中は、急激な間隙圧力上昇に伴って、体積膨張が同時に進行する。有効拘束圧の減少と供試体の密度低下が同時に発生することが明らかにした。



(2) 骨格応力が失われる。その後、わずかに骨格応力が回復しているのは、CO₂液化によって間隙圧力がわずかに減少するため。



- (a) 加熱過程
- (b) CDH平衡曲線(赤線)に達した時点で間隙圧力が急上昇
- (c) CO₂液化境界(破線)より高压の領域のため、CO₂ガスは液化しわずかに圧力が減少する



間隙圧力が増加し始めると、鉛直変位も膨張側に変形し始める。

CDH分解中の間隙圧力および鉛直変位の時刻歴 (成果⑥)

CDH分解中の有効拘束圧の時刻歴 (成果④) CDH分解中の温度-圧力経路模式図 (成果⑤)