<u>モンテリ岩盤研究所における原位置ヒーター試験の再現解析</u>

佐藤伸¹、深谷正明¹、山本修一¹、田原康博²、田中啓²、Florian Kober³、榊利博⁴

- 株式会社大林組, 東京都港区港南2-15-2品川インターシティB棟
- 2:株式会社地圏環境テクノロジー、東京都千代田区神田淡路町2-1NCO神田淡路町3階 3:NAGRA (National Cooperative for the Disposal of Radioactive Waste), Hardstrasse 73, 5430 Wettingen Switzerland
- 4:京都大学大学院工学研究科 社会基盤工学専攻、京都府京都市西京区京都大学桂0クラスター 01-3-352

概要

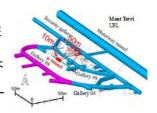
对象:

- > スイスのモンテリ岩盤研究所で実施されている原位置ヒーター試験(HE-E試験: 2011年6月4日試験開始)
- » 坑道延長50m, Φ1.3mのマイクロ坑道内に模擬廃棄体(ヒーター)を設置し, ヒーター周辺に100%粒状ベント ナイトあるいは粒状ベントナイトを65%配合させた砂ベントナイト混合土で埋め戻している

試験の狙い:

- ➤ THM連成解析の検証に必要な試験データベースの構築
- ▶ 要素試験から得られた材料物性をフィールドスケールにUpscalingする妥当性検証

- ▶一次元モデルによる逆解析を適用しモデルパラメータを同定し、三次元モデルによ るTH連成解析による再現性の確認 ⇒ 解析手法, モデル化手法の妥当性
- ▶ 要素試験から得られたモデルパラメータと逆解析から同定されたフィールドスケ ルモデルパラメータの相違を考察 ⇒ Upscaling問題への考察
- ▶ 使用する解析コードは**地圏流体シミュレータ GETFLOWS®**を使用



モンテリ岩盤研究所概要図



モンテリ岩盤研究所位置

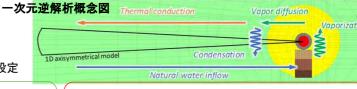


HE-E試験場配置図

逆解析

解析方針:

- ▶ 逆解析はGETFLOWS®とUCODE_2014を組み合わせて実施
- ▶ HE-E試験の廃棄体から岩盤までを一次元で表現し逆解析を実施
- ▶ 目的関数は相対湿度の実測と解析結果の残留誤差が最小となるように設定

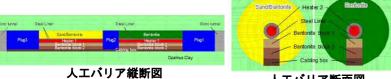


			lative perme	ability k _{rw}	(-)		Capilla	ry pressur	e P _c (Pa)						Materials	熱容量	熱伝導率 (W/m/K)	111		
	K (m ²)	Model	$S_{wr}\left(-\right)$	$S_{gr}\left(-\right)$	n (-)	Model	$S_{ar}\left(-\right)$	S _{gr} (-)	P ₀ (Pa)	n (-)	φ (-)	$C_r(1/Pa)$) r (-)	a (-)	Heater1, 2	(J/kg/K)				
Heater										\vdash	-				Steel liner	Constant to	ı I I —	-	_	
1, 2	-	-	-	No	flow, C	onstar	nt temper	ature	-	-	-	-	-	-	Sand/ Bentonite	920	1.35	 	,	
teel liner	-	-	-		-	i -	-		-	-	-	-	-	-	Bentonite	964	1.35			
Sand/	3.5E-21	υG	0.01	0.01	2.5	vG	0.01	0.01	1.8E+5	1.82	0.41	2.0E-09	1.0	0.13	Bentonite block 1, 2	964	1.35	一元		e
Bentonite	3.52.21		0.01	0.01			0.01	0.01	1.02.13	1.02	0.41	2.02.0)	1.0	0.013	Cabling box	-	-	逆	i	_
Bentonite	1.4E-21	vG	0.01	0.001	1.82	vG	0.01	0.001	1.8E+5	1.82	0.475	2.0E-09	1.0	0.13	Plug 1, 2, 3	964	1.35	2	j	
lentonite														0.13	Opalinus Clay	946.5	2.5	22	Bentoni	te
dock 1, 2	2.5E-21	υG	0.01	0.001	1.82	vG	0.01	0.001	3.0E+5	1.82	0.475	2.0E-09	1.0	0.013	Reference: I. Gaus, 2011. N	font Terri HE-E experiment: d	etailed design, NAB11-01.	<i>1</i> 77	ſ	
Cabling	_	-	_	-	No	flow,	Cavity	_	_	_	1.0	-	水蒸気拡散は圧力と温度の依存性を考慮し							
Plug 1, 2, 3	1.0E-20	vG	0.01	0	1.49	vG	0.01	0	1.5E+7	1.49	0.15	2.0E-09	1.0	0.13 0.013	$D_0 \left(\frac{1013.25}{P_g} \right) [(T + 27)]$	解析紀果	Opalini Clay	15		
Opalinus Clay	5.0E-20	υG	0.3	0.01	1.67	vG	0.3	0.01	3.0E+4	1.67	0.14	2.0E-09	1.0	0.13 0.013	参考文献 近藤純正:水環リ 蒸発/凝縮は温度に依	その気象学-地表面の水収支・素 存する平衡状態とした	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	Ц	Clay	

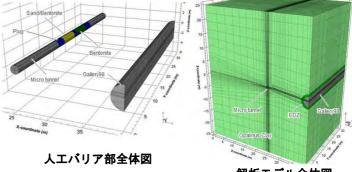
ı				Rela	tive perme	ability k_{rw}	(-)		Capillary	pressure	Pc (Pa)					
	_		K (m ²)	Model	S _{wr} (-)	S _{gr} (-)	n (-)	Mode I	S _{wr} (-)	S _{gr} (-)	P ₀ (Pa)	n (-)	φ (-)	C _r (1/Pa)	τ (-)	α (-)
	次元	Sand/ Bentonite	3.5E-21 ↓ 1.8E-19	vG	0.01	0.01	2.5	vG	0.01	0.01	1.8E+5 ↓ 1.8E+6	1.82	0.41	2.0E-09	1.0	0.13 0.013
	次元逆解析結果	Bentonite	1.4E-21 ↓ 3.5E-20	vG	0.01	0.001	1.82	vG	0.01	0.001	1.8E+5 ↓ 1.8E+6	1.82	0.475	2.0E-09	1.0	0.13 0.013
\int	栗	Opalinus Clay	5.0E-20	vG	0.3	0.01	1.67	vG	0.3	0.01	3.0E+4 ↓ 9.0E+5	1.67	0.14	2.0E-09	1.0	0.13 0.013
_	_															$\overline{}$

解析モデル

- ▶ マイクロトンネルを中心に上下, 左側に25m, 右側に15m, 奥行き方向に 30mの範囲でモデル化 (モデル格子数66,560)
- ▶ 境界条件はGallery98側の面のみNo Flow境界とし、それ以外は定圧境界
- ▶ 解析ステップは、静水圧場を作成し、その後、Gallery 98の掘削解析、マ イクロトンネル内の換気試験の再現解析を実施し、初期状態を作成し、 のあと過熱を行った



人エパリア断面図



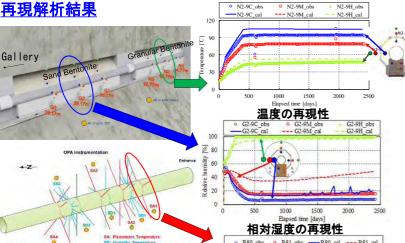
解析モデル全体図

2年後

6年後

温度分布



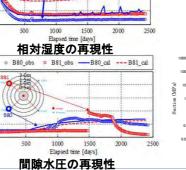


至 800

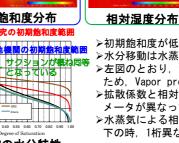
600

400

- 温度:熱物性の妥当性が示された
- ▶ 相対湿度:温度変化と相変化の構 成式、水蒸気の拡散係数に依存す るが、良好な再現性が示された
- 間隙水圧:500日までは初期間隙 水圧、それ以降は水圧が上昇する 傾向を再現している



飽和度分布 本研究の初期飽和度範囲 1機関の初期飽和度範囲 サクションが概ね同等 となっている



- ▶初期飽和度が低いため、水の流動性は僅か ▶水分移動は水蒸気のみ
- ▶左図のとおり、サクションが同程度である ため、Vapor pressure loweringは概ね等価 >拡散係数と相対湿度が他機関と同等, パラ
- メータが異なっても解析結果が一致 ▶水蒸気による相対湿度変化はPcが1E-07Pa以 下の時、1桁異なっても解析に相違はない

S/Bの水分特性