

水平海底地盤の隆起傾斜に誘発される正断層群の下部での消滅メカニズムの一考察

正断層 続成作用 弾塑性体

中部電力（国）○山田英司
名古屋大学（国）野田利弘，中井健太郎
地震予知総合研究振興会（国）浅岡 顕

1. はじめに

半固結状態にある水平海底地盤では、地盤の隆起に伴う傾斜によって地盤内に正断層群が形成されることがある¹⁾。本報告では、地盤下層を構成する材料の種類および状態が地表面から形成される断層面の形状に及ぼす影響について、弾塑性計算によって得られた知見を述べる。計算には、骨格構造の働きに着目した土の弾塑性構成式 **SYS Cam-clay model**²⁾を搭載し、慣性力を考慮した水～土骨格連成有限変形解析コード **GEOASIA**³⁾を用いた。

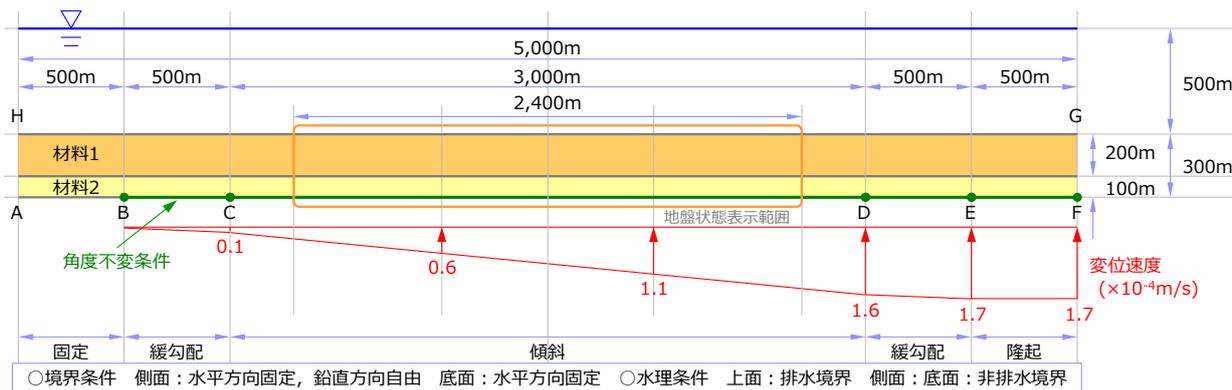


図-1 計算に用いた境界条件

2. 計算条件

図-1 は境界条件を示す（二次元平面ひずみ条件）。底面・側面は非排水境界，上面は排水境界とし，底面境界の一部に変位速度を与えて隆起を再現し地盤を傾斜させた。上層（層厚 200m）は砂と粘土の中間の土（中間土）：材料 1，下層（層厚 100m）は砂分優勢の土：材料 2 で構成される層厚 300m の地盤を想定し，表-1 の材料定数を用いた。材料 1 と材料 2 の弾塑性パラメータは共通，発展則パラメータと透水係数は各材料特性を表すように設定した²⁾⁴⁾。図-2 は時間経過に伴う固結進行状況に応じた土の骨格構造の変化と土の強度発現 ($q_u/q_{u(1)}$ は未固結状態(1)を基準とした非排水強度の比)を示す。時間経過に伴う続成作用を土が受けると，応力と比体積不変のまま骨格構造が発達（構造の程度 $1/R_0^*$ が発達した結果，過圧密比 $1/R_0$ が増加）し⁵⁾，さらに時間が経過すると構造が壊れにくくなる（構造劣化指数 a が減少）ように仮定してパラメータを設定することで，続成作用を受けて固結した土が強度を発現する状況を再現した。(1)→(8)の順に，続成作用による固結度合いが高くなる。図-3 は地盤構成を示す。図-2 に示す材料の固結度合いから(5)と(6)を組み合わせ，地盤下層の材料，状態が異なる地盤構成を 6 ケース設定した。

3. 計算結果

図-4，図-5 は，それぞれ地盤下層に砂分優性土（材料 2）層がある場合，ない場合について，固結度合いが異なるケースのせん断ひずみ分布を示す。いずれのケースも地表面からひずみの局所化が進展して正断層群が形成されている。断層面は，地盤上層内では明瞭であるが，地盤下層内では材料の種類，状態によってその形状が異なり，砂分

表-1 計算に用いた材料定数

	材料 1	材料 2
【弾塑性パラメータ】		
圧縮指数 $\tilde{\lambda}$		0.040
膨潤指数 $\tilde{\kappa}$		0.002
限界状態定数 M		1.00
NCL の切片 N	1.77	(at $p' = 98.1\text{kPa}$)
ポアソン比 ν		0.33
【発展則パラメータ】		
正規圧密土化指数 m	0.6	0.3
構造劣化指数 a	→図-2 ($b = c = c_s = 1.0$)	
回転硬化指数 b_r	0.001	1.0
回転硬化限界定数 m_b	0.001	1.0
透水係数 k (cm/s)	5.0×10^{-6}	5.0×10^{-5}
土粒子密度 ρ_s (g/cm ³)	2.689	
【初期値】		
過圧密比 $1/R_0$	→図-2	
構造の程度 $1/R_0^*$	→図-2	
異方性の程度 ζ_0	0.0	
応力比 η_0	0.545	

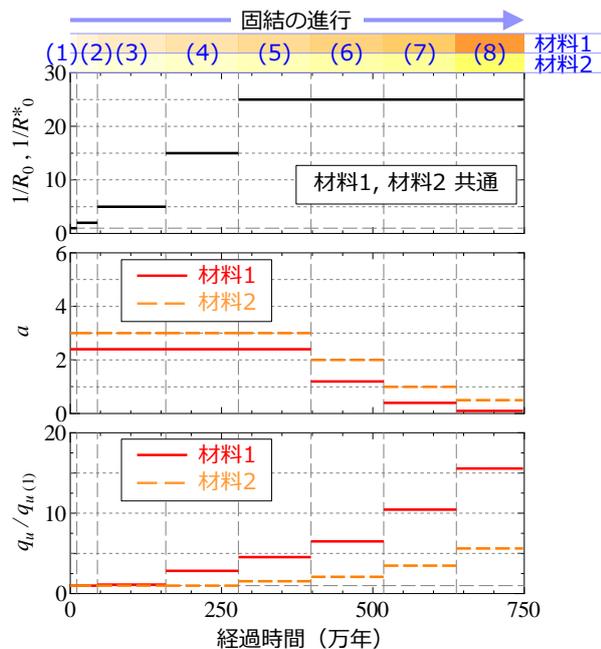


図-2 時間経過に伴う土の骨格構造の変化と強度発現

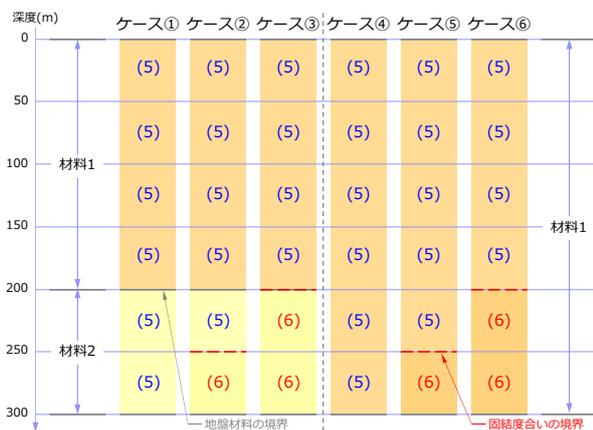


図-3 地盤構成

優性土層が存在すると不明瞭になる（図-4）。固結度合いが異なると、固結度合いが低い側ではひずみが増加し、砂分優性土層が存在しない場合には明瞭な断層面が形成される（図-5）。地盤下層内において断層面が不明瞭になってやがて消滅するのは、地盤下層が砂分優性土で構成され、層内で固結度合いに差異があるケース②のみであった。

砂分優性土（材料2）は、中間土（材料1）に比べると、透水性が高く、構造が壊れやすい材料であるので、単位の塑性変形に対してより圧縮しやすく、わずかな塑性変形に対しても圧縮すること、また、固結度合いが進展すると、構造が壊れにくくなるために圧縮しにくくなることから、上記のような断層面の形状が得られた。

4. おわりに

地盤下層を構成する材料の種類と状態が断層面の形状に影響を及ぼすことを弾塑性計算によって示した。地表面から形成された正断層群が地盤下層内で不明瞭になって消滅するのは、地盤下層が砂分優性土で構成され、その層内において固結度合いに差異がある場合であることが分かった。

参考文献 1) 山田他 (2019): 弾塑性力学に基づく正断層群の形成に関する数値シミュレーション, 日本地震学会 2019 年秋季大会予稿集, S10-04. 2) Asaoka et al. (2002): An elasto-plastic description of two distinct volume change mechanisms of soils, S&F, 42(5), pp.47-57. 3) Noda et al. (2008): Soil skeleton-water coupled finite deformation analysis based on a rate-type equation of motion incorporating the SYS Cam-clay mode, S&F, 48(6), pp.771-790. 4) Nakano et al. (2008): Ground improvement of intermediate reclaimed land by compaction through cavity expansion of sand piles, S&F, 48(5), pp.653-671. 5) 田代他 (2004): 土の骨格構造の働きに着目した「擬似過圧密効果」の一考察, 応用力学論文集, Vol.7, pp.589-596.

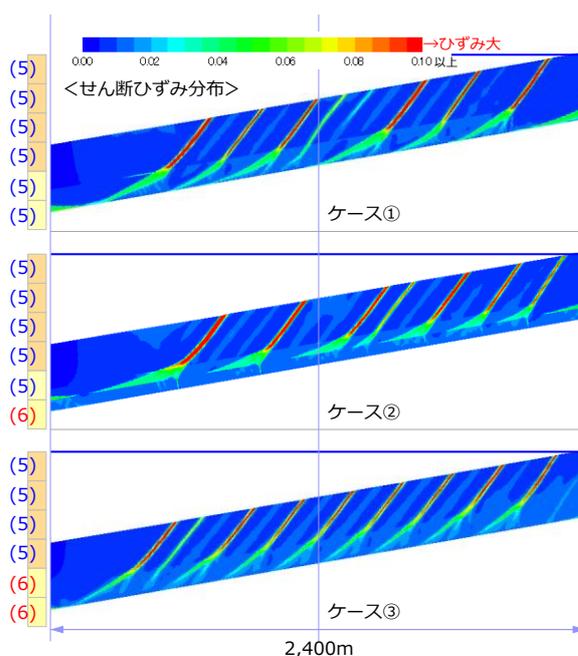


図-4 正断層群の形成状況（材料2あり）

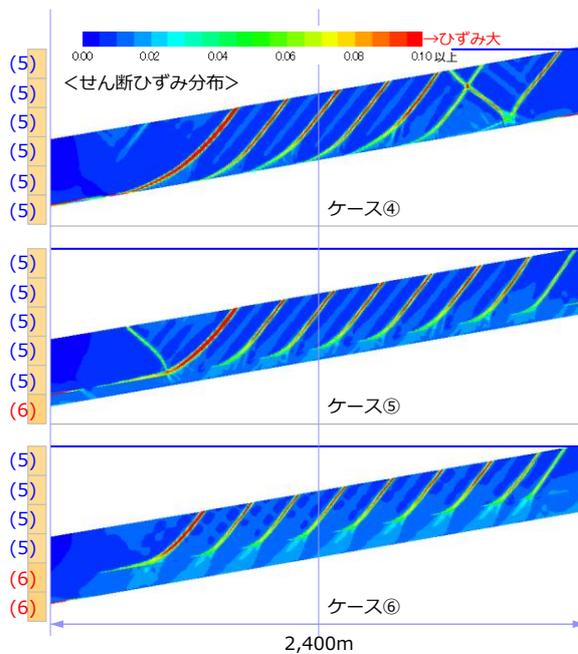


図-5 正断層群の形成状況（材料2なし）