

4. RBSM-3d

4.1 エリアごとの変位方向（第2回検討会）

第2回検討会資料に示したように、Upper, Middle, Lower のエリアごとの観測移動方向と解析移動方向の関係は、Upper, Middle では調和的であるものの、Lower エリアでは異なる。

銅山川地すべりでは、これまでの調査結果から、底面すべり面構造は、地すべりブロックのほぼ全域で把握されている。そして、抵抗域にあると考えられる Lower エリアの側壁部についても、ボーリング調査により、その構造が確認されている。

特に側壁の構造が固定されていることから、すべり面構造の大枠について見直す余地は少ないと考えられる。

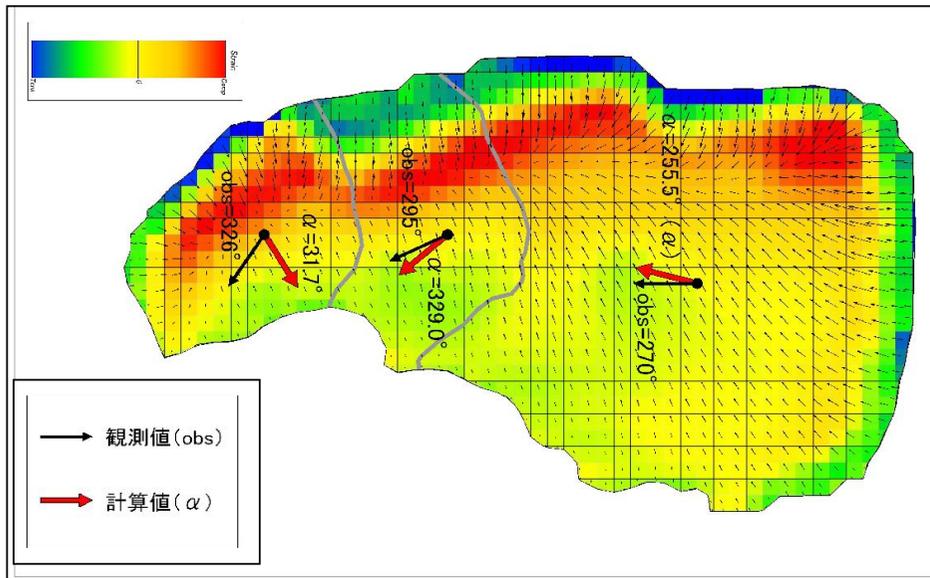


図 4.1 エリアごとの観測移動方向と解析移動方向

図 4.2 に示した矢印は、解析移動方向は各エリア全体で解析移動方向にGPSの移動ベクトルをあわせて表示している。

4.2 破壊の進行を加味した地すべり発生機構

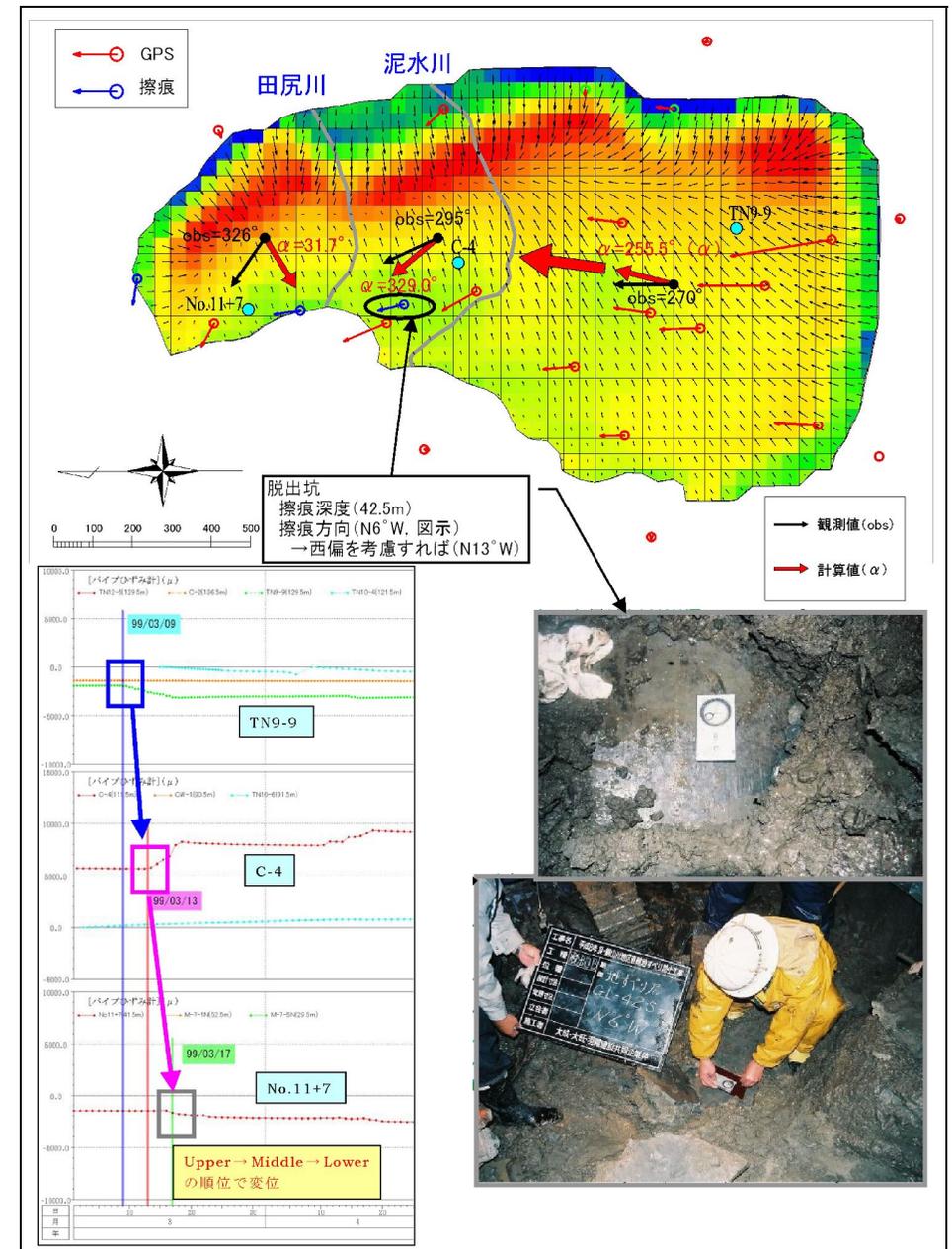


図 4.2 GPS（赤矢印）、擦痕（青矢印）で確認した移動方向、地すべり変位ずれ

図に示した平成 11 (1999) 年のひずみ変動では、ひずみ変動が明らかに「Upper Middle Lower」の順に、つまりブロック上部から徐々に変位していることを示している。

言い換えれば、次のような発生機構を考えることができる。

引張領域にあたる Upper エリアが、融雪期に水圧上昇を受けて滑動をはじめめる。

Upper より下部は、Upper 滑動開始初期段階では抵抗域として作用するが、すべり面が全域にわたる形成は完了していることから、Upper の地すべり推力に抗しきれずに、徐々に滑動域に取り込まれる (安全率は Upper エリアほど小さい)。

この繰り返しによって、地すべり推力が末端部まで及んだ段階で全体の滑動が認識される (全体ブロックの安全率 < 1.00 となる)。

つまり、上流側から下流側に向けて、地すべりが逐次進行していく形態が考えられる。

このことは、これまで把握されている次の現象とも同調的である。

- GPS 移動量からの Upper エリアは引張領域であると考えられる
- 平成 8 (1996) 年融雪期の滑動時に右側壁亀裂は、徐々に北側 (ブロック下方) に向けて顕在化した

図 4.3 に地すべりの進行に応じた区間安全率とその時のブロックの移動方向について示した。途中段階に応じた状態の変化を比較するために、Upper, Middle, Lower の 3 エリアをさらに細分化して、そのエリアの安全率とその時の解析移動方向もあわせて記載している。

- 上流側ほど安全率が小さい
- 滑動エリアが広がるにつれて、徐々に安全率が大きくなる
- せん断ひずみが高まるエリアは、すべり面が深くなる右側壁に沿い、その平面分布は回転するように銅山川に向いている。

表 4.1 地すべりエリアの進行と安全率の変化

file	No.	Block	破壊エリア						未破壊エリア (移動ポテンシヤル)			
			Area	R	D	FsRBSM	α	strength	dTx	dTy	strength	β
銅山-slip55-被圧II型_1	0	all	363.248	53.031.161	100.378.246	0.528	274	276	-3.087.751	-527.861	313	189.7
	1	upper	363.248	53.031.161	100.378.246	0.528	274	276				
	2	middle										
銅山-slip55-被圧II型_2	0	all	743.153	85.344.419	158.427.879	0.539	258	213	1.393.911	1.517.852	205	47.6
	1	upper	743.153	85.344.419	158.427.879	0.539	258	213				
	2	middle										
銅山-slip55-被圧II型_3	0	all	999.440	109.720.887	175.423.502	0.625	256	176	1.749.983	1.988.061	265	48.6
	1	upper	974.369	106.759.591	174.746.745	0.611	255	179				
	2	middle	25.070	2.961.296	1.451.462	2.040	318	58				
銅山-slip55-被圧II型_4	0	all	1,150.720	127.567.129	172.107.375	0.741	256	150	54.983	-513.915	52	-83.9
	1	upper	974.369	107.060.434	173.373.595	0.618	255	178				
	2	middle	176.354	20.506.895	2.811.260	7.294	13	16				
銅山-slip55-被圧II型_5	0	all	1,227.200	136.264.095	174.676.454	0.780	259	142	-465.842	-511.236	69	227.7
	1	upper	974.369	107.049.683	173.383.087	0.617	256	178				
	2	middle	233.742	26.773.873	4.566.205	5.838	336	20				
銅山-slip55-被圧II型_6	0	all	1,328.950	145.926.778	178.174.341	0.819	261	134	-221.292	1,241.002	126	100.1
	1	upper	974.369	107.050.133	173.394.604	0.617	255	178				
	2	middle	233.742	26.851.036	4.291.074	6.237	328	18				
銅山-slip55-被圧II型_7	0	all	1,391.650	152.631.159	174.261.002	0.876	262	125	-112.860	1,760.231	176	93.7
	1	upper	974.369	107.050.108	173.393.337	0.617	255	178				
	2	middle	233.742	26.849.725	4.267.227	6.292	329	18				
銅山-slip55-被圧II型_8	0	all	1,427.990	156.114.950	164.746.322	0.948	263	115	270.971	366.450	46	53.5
	1	upper	974.369	107.050.101	173.392.946	0.617	255	178				
	2	middle	233.742	26.848.973	4.256.502	6.308	329	18				
銅山-slip55-被圧II型_9	0	all	1,455.630	160.175.643	160.163.900	1.000	262	110	0	0	0	0
	1	upper	974.369	107.050.101	173.392.942	0.617	255	178				
	2	middle	233.742	26.848.932	4.256.015	6.308	329	18				
	0	all	247.521	26.276.610	21.551.727	1.219	32	87				
	1	upper										
	2	middle										

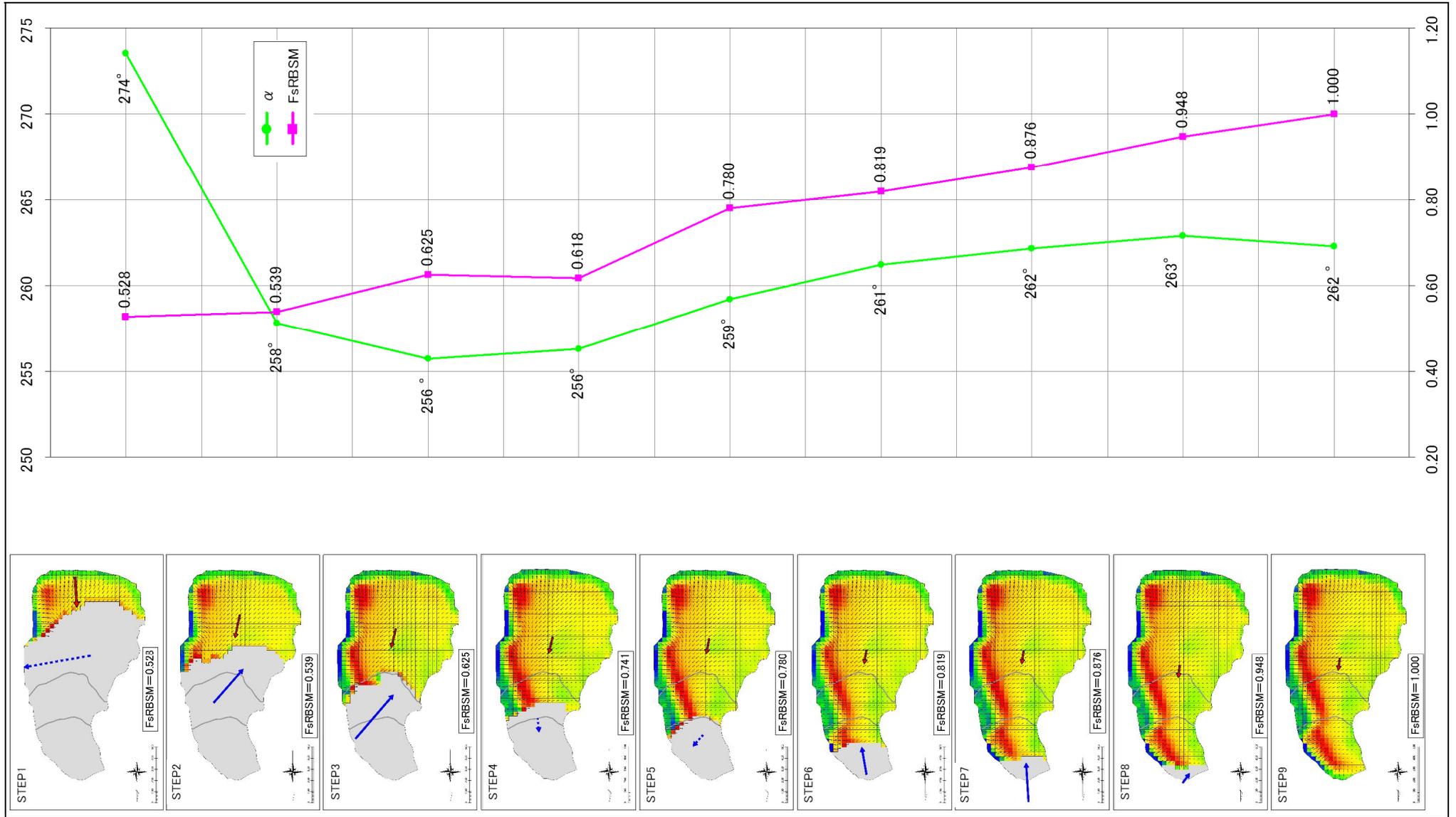


図 4.3 部分ごとの安全率の推移

	$\gamma t(\text{kN/m}^3)$	C(kPa)	$\phi(^{\circ})$
シラス	18.4	159.3	32.0
野口層	19.6	10.0	7.5
底面古口層上面	19.6	21.0	3.0

地下水モデル		全体				上部領域				中間領域				下部領域			
水位条件	対策条件	Fs	R(kN)	D(kN)	$\alpha(^{\circ})$	Fs	R(kN)	D(kN)	$\alpha(^{\circ})$	Fs	R(kN)	D(kN)	$\alpha(^{\circ})$	Fs	R(kN)	D(kN)	$\alpha(^{\circ})$
H12臨界	H12時点での対策	1.000	160,175,643	160,168,900	262.3	0.617	107,050,101	173,392,942	255.5	6.308	26,848,932	4,256,015	329.0	1.219	26,276,610	21,551,727	31.7
H12臨界	現況対策	1.069	169,687,279	158,767,113	262.2	0.676	116,244,204	172,041,745	255.4	6.331	27,126,728	4,284,668	329.4	1.222	26,316,347	21,532,221	31.7
30年確率		0.996	158,989,862	159,663,933	262.6	0.619	107,301,407	173,350,308	255.5	5.915	26,518,838	4,483,549	331.9	1.137	25,169,616	22,128,626	31.7
50年確率		0.991	158,208,987	159,718,542	262.7	0.615	106,689,761	173,446,832	255.6	5.872	26,452,888	4,504,679	332.2	1.130	25,066,339	22,183,536	31.7
100年確率		0.984	157,255,178	159,788,097	262.7	0.610	105,941,056	173,566,820	255.6	5.819	26,369,457	4,531,630	332.6	1.121	24,944,665	22,249,055	31.7
H12臨界	最終計画	1.142	180,335,207	157,880,461	261.9	0.740	126,823,625	171,288,097	255.0	6.380	27,188,864	4,261,665	329.7	1.223	26,322,718	21,528,800	31.7
30年確率		1.056	167,527,047	158,632,928	262.5	0.672	115,805,047	172,390,690	255.4	5.931	26,549,825	4,476,639	332.2	1.138	25,172,175	22,127,356	31.7
50年確率		1.048	166,310,161	158,726,361	262.6	0.665	114,760,409	172,519,516	255.4	5.886	26,481,341	4,498,783	332.5	1.130	25,068,411	22,182,402	31.7
100年確率		1.038	164,857,799	158,838,534	262.6	0.657	113,515,807	172,674,538	255.5	5.831	26,395,412	4,526,723	332.8	1.121	24,946,581	22,247,981	31.7
H12臨界	未対策	0.977	156,586,426	160,230,371	262.3	0.599	103,903,221	173,463,556	255.5	6.269	26,462,888	4,221,282	328.7	1.215	26,220,316	21,581,819	31.7
30年確率		0.946	151,963,236	160,582,254	262.7	0.579	100,946,576	174,224,529	255.7	5.875	25,899,593	4,408,190	331.3	1.134	25,117,067	22,154,239	31.7
50年確率		0.943	151,526,475	160,611,516	262.7	0.578	100,675,960	174,295,829	255.7	5.833	25,834,811	4,429,135	331.6	1.126	25,015,704	22,208,016	31.7
100年確率		0.940	150,983,642	160,647,359	262.8	0.575	100,337,402	174,382,881	255.7	5.779	25,750,708	4,456,011	332.0	1.118	24,895,532	22,272,708	31.7

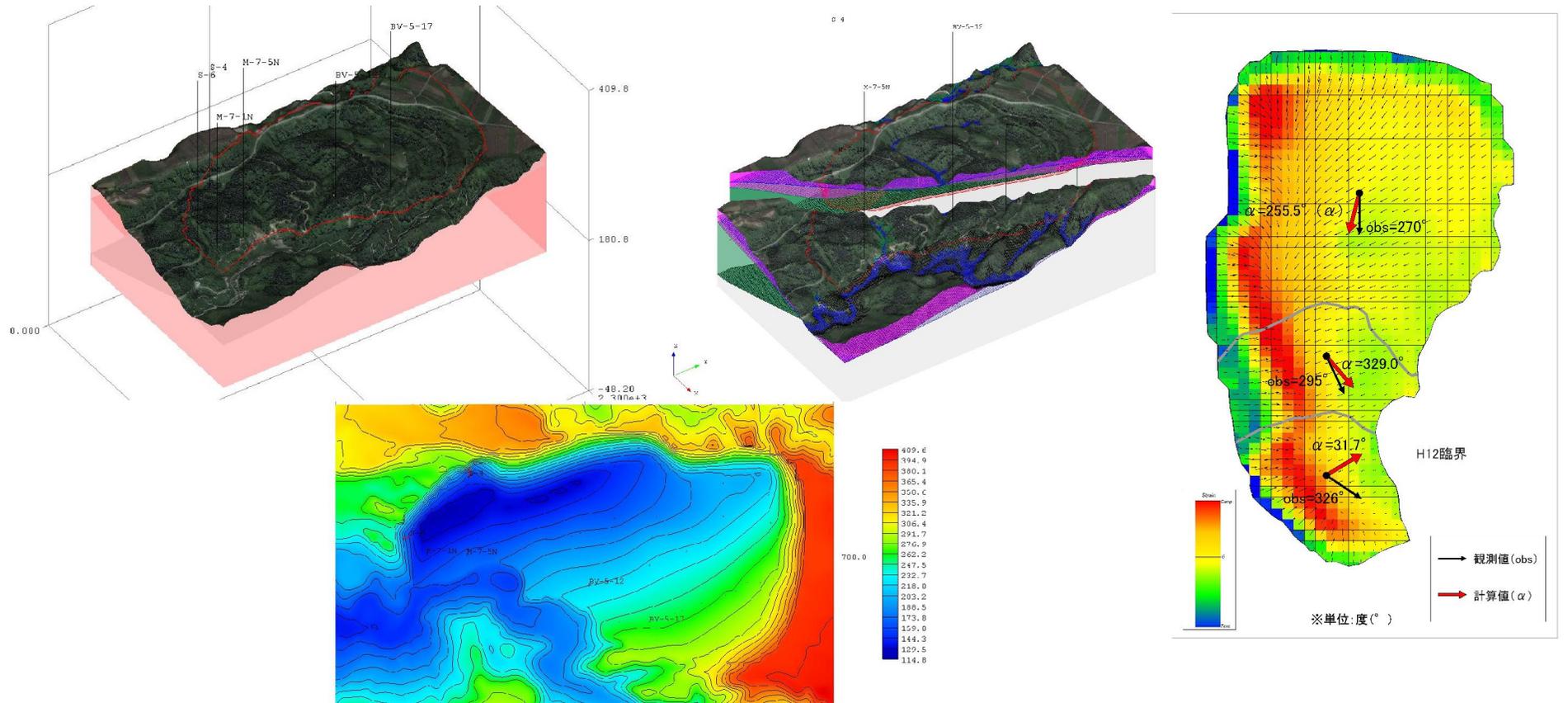


図 4.4 RBMSによる長期安定性予測

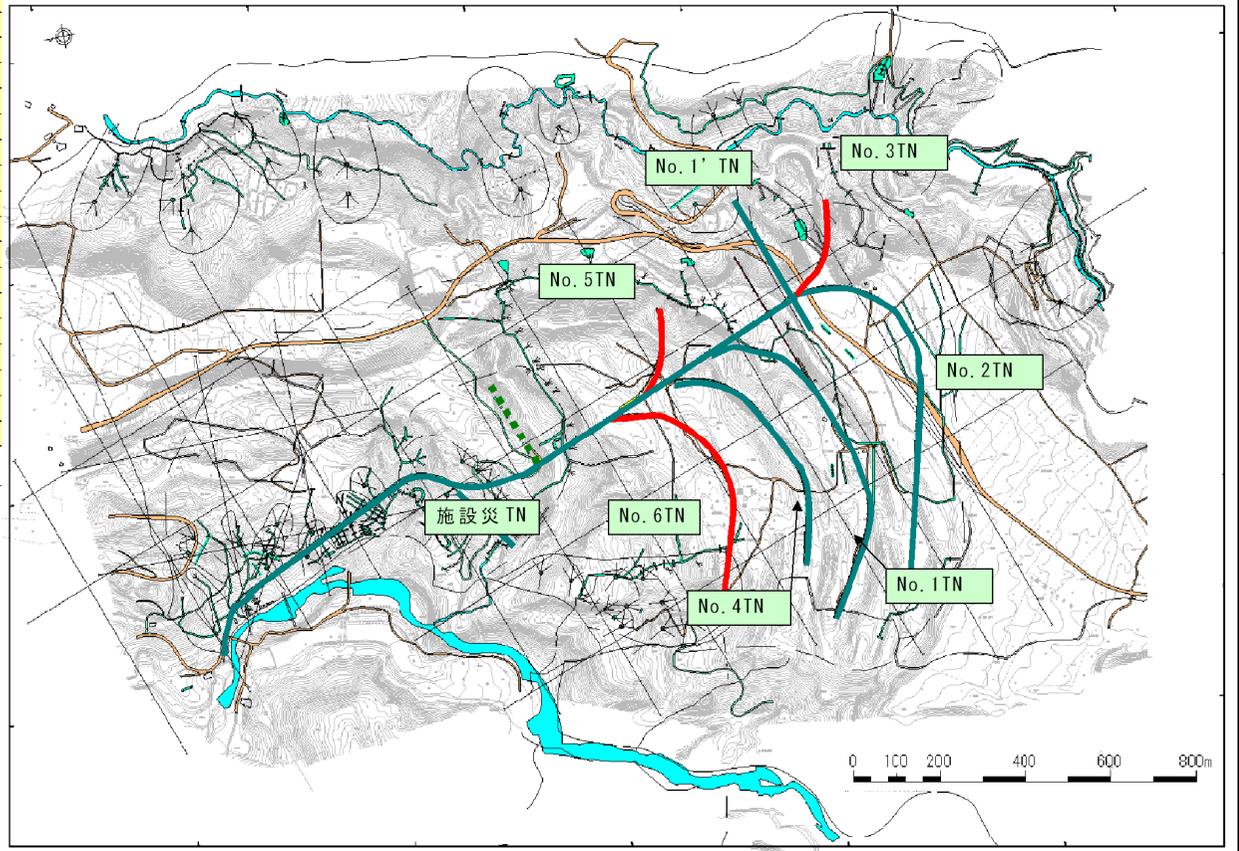
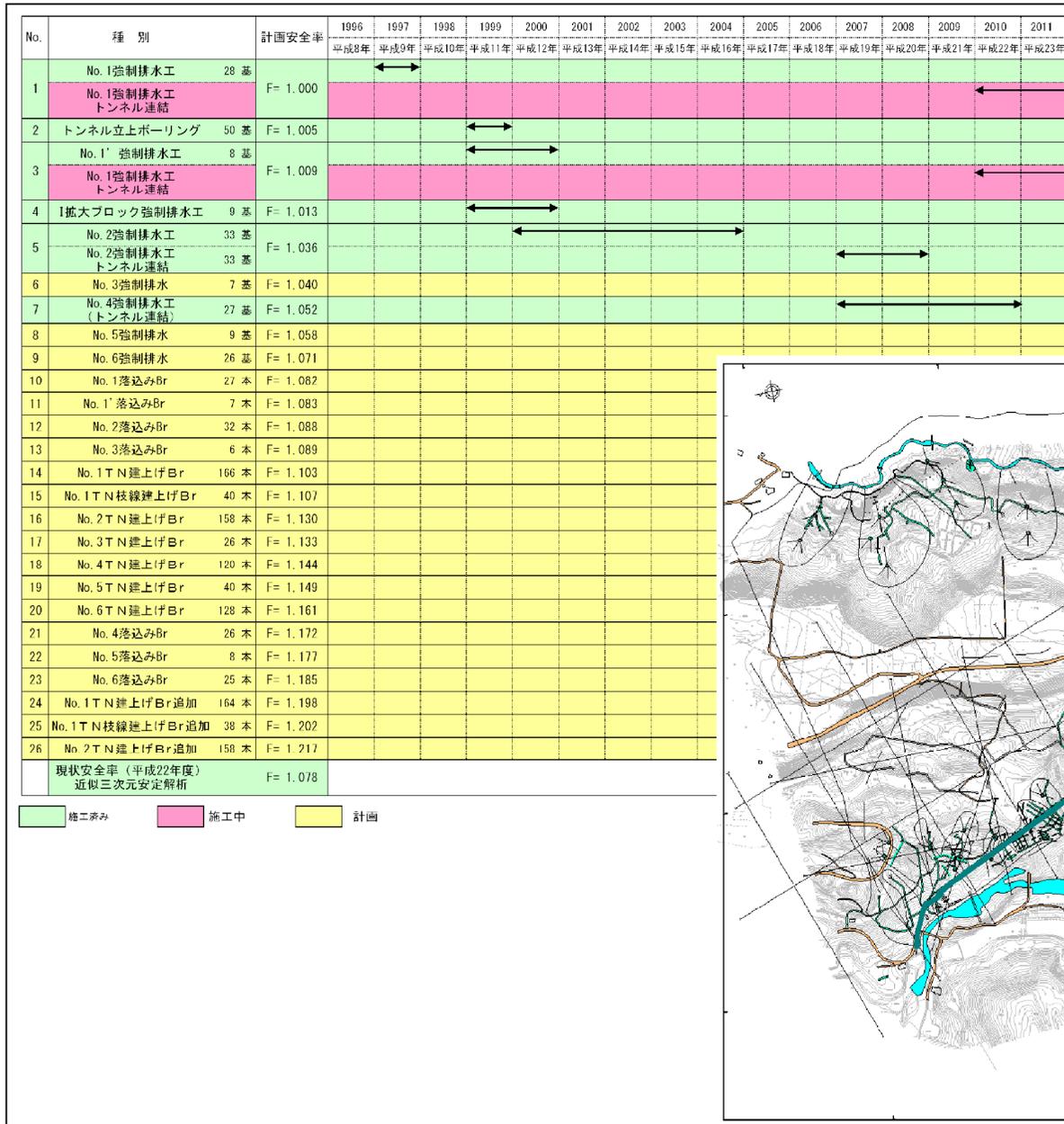


図 4.5 現行 (近似三次元解析による) の対策工計画