

#### 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。

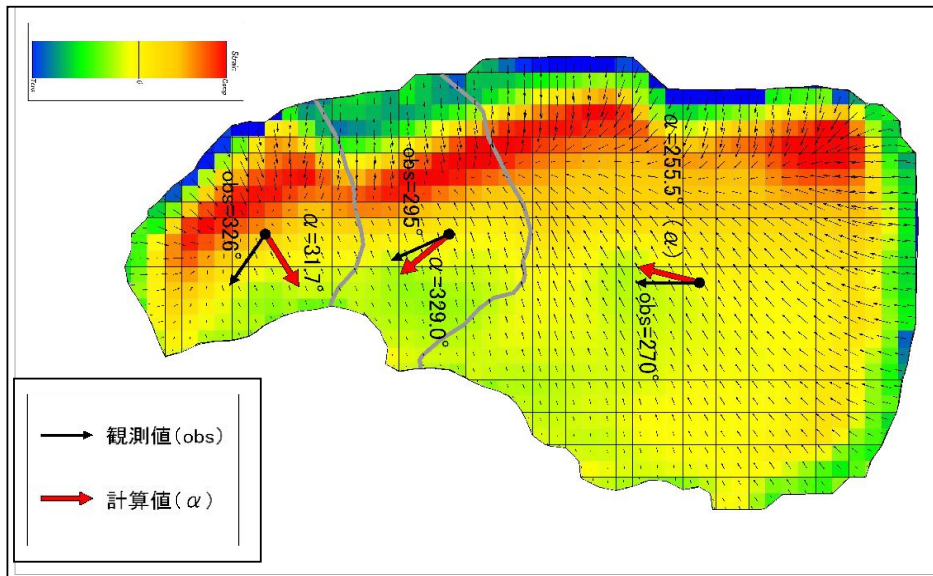


図 4.1 エリアごとの観測移動方向と解析移動方向

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

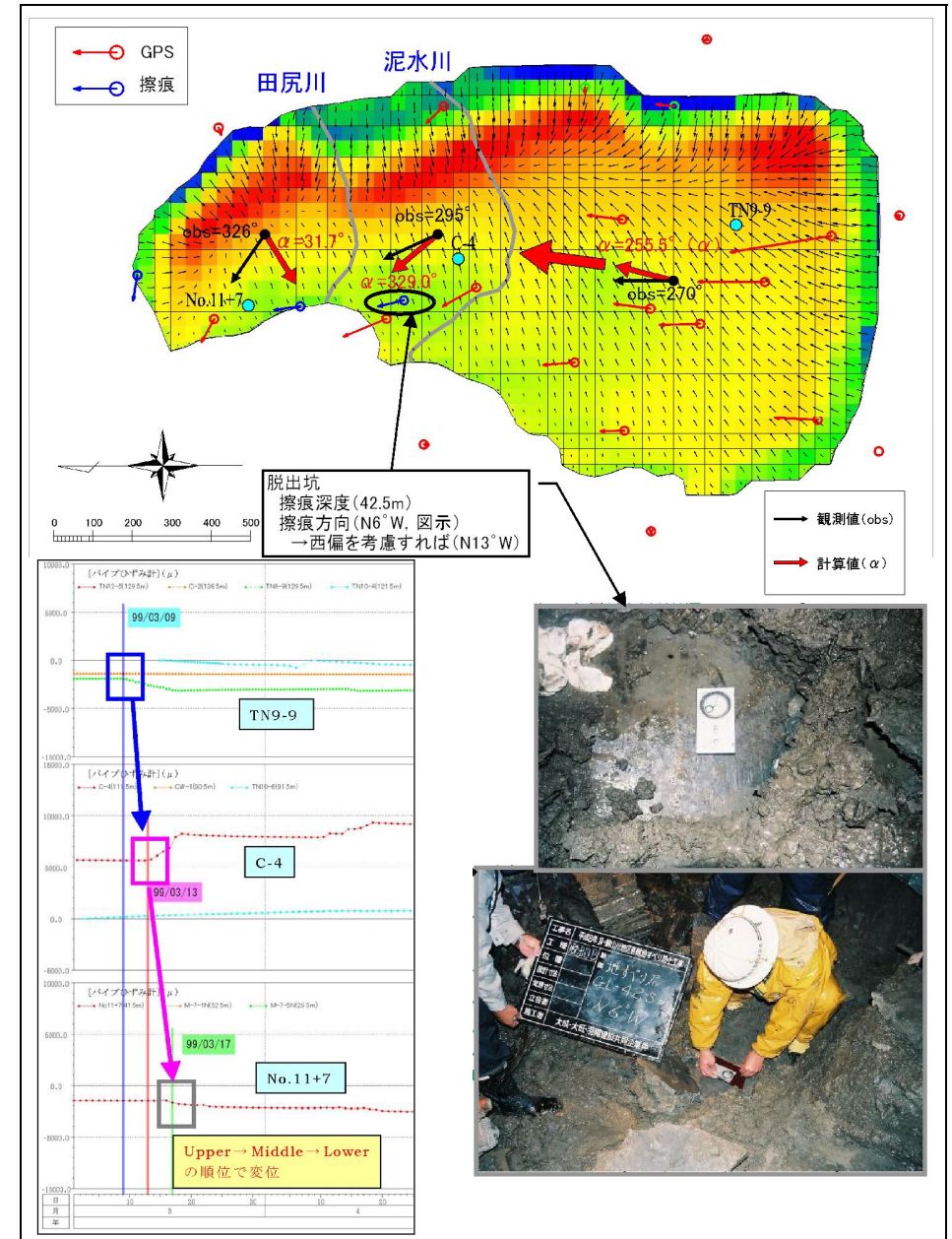


図 4.2 GPS（赤矢印）、擦痕（青矢印）で確認した移動方向、地すべり変位ずれ

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 | $\alpha$ | strength | dTx               | dTy       | strength | $\beta$ |
| 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 |           |             |             |        |          |          |                   |           |          |         |

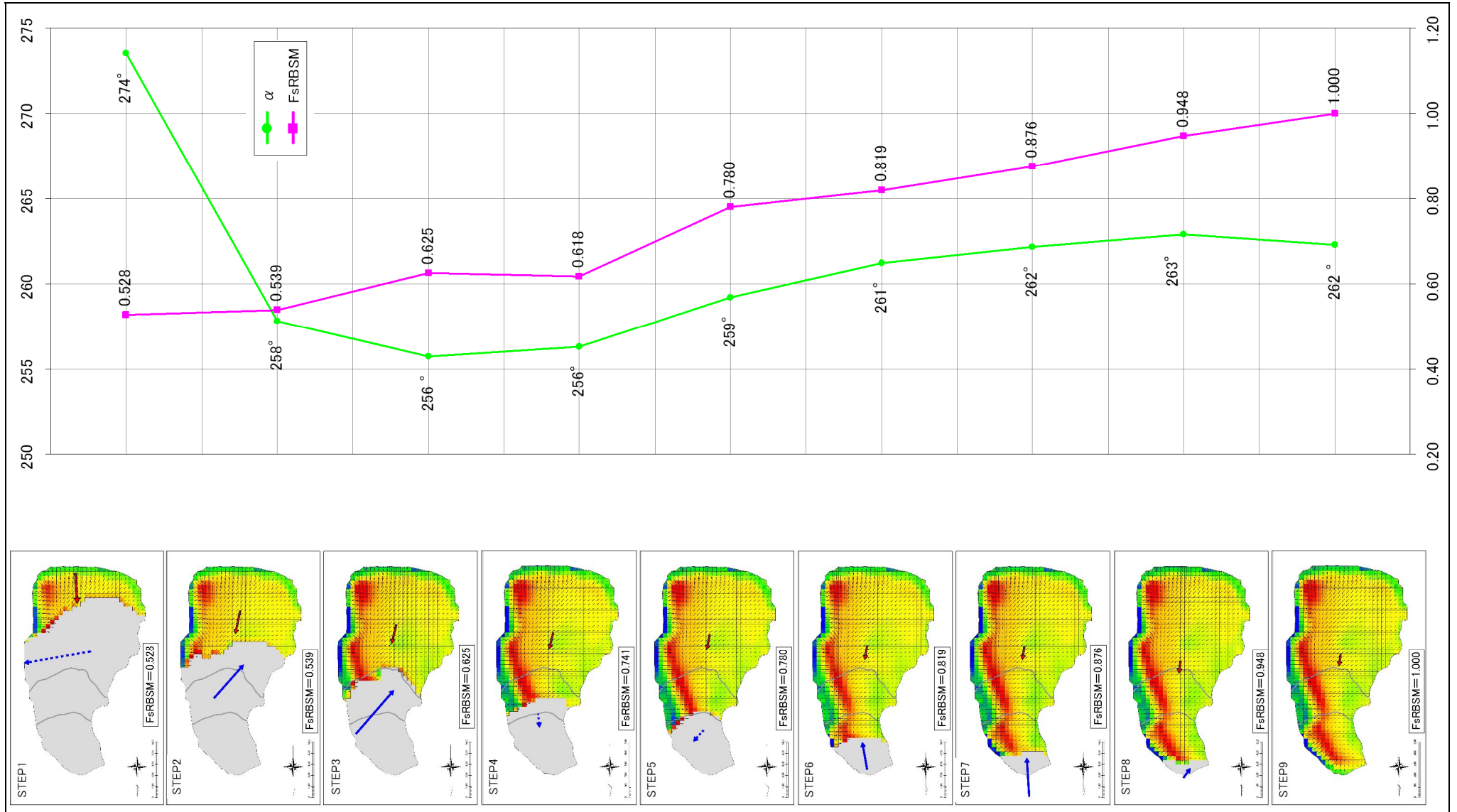


図 4.3 部分ごとの安全率の推移

|         | $\gamma t(\text{kN/m}^3)$ | 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               |

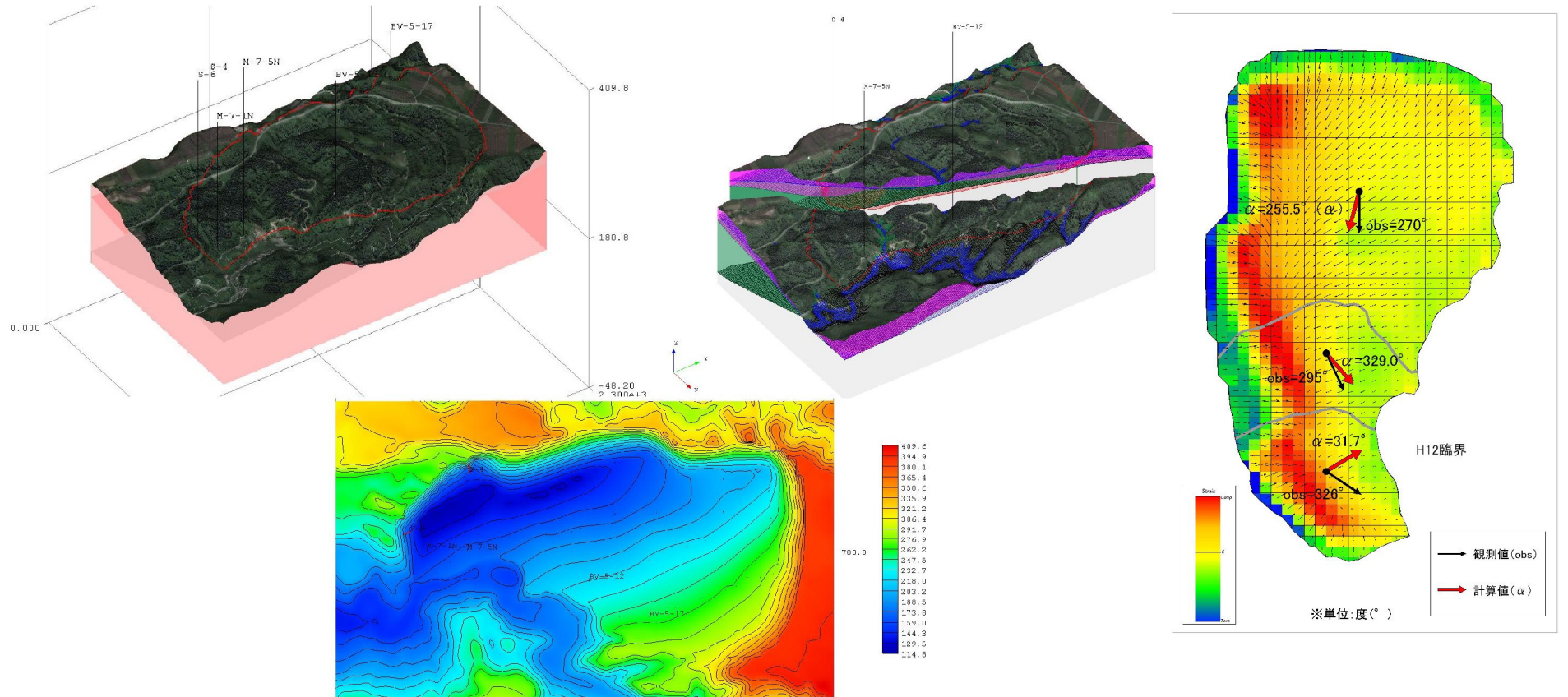


図 4.4 RBMSによる長期安定性予測

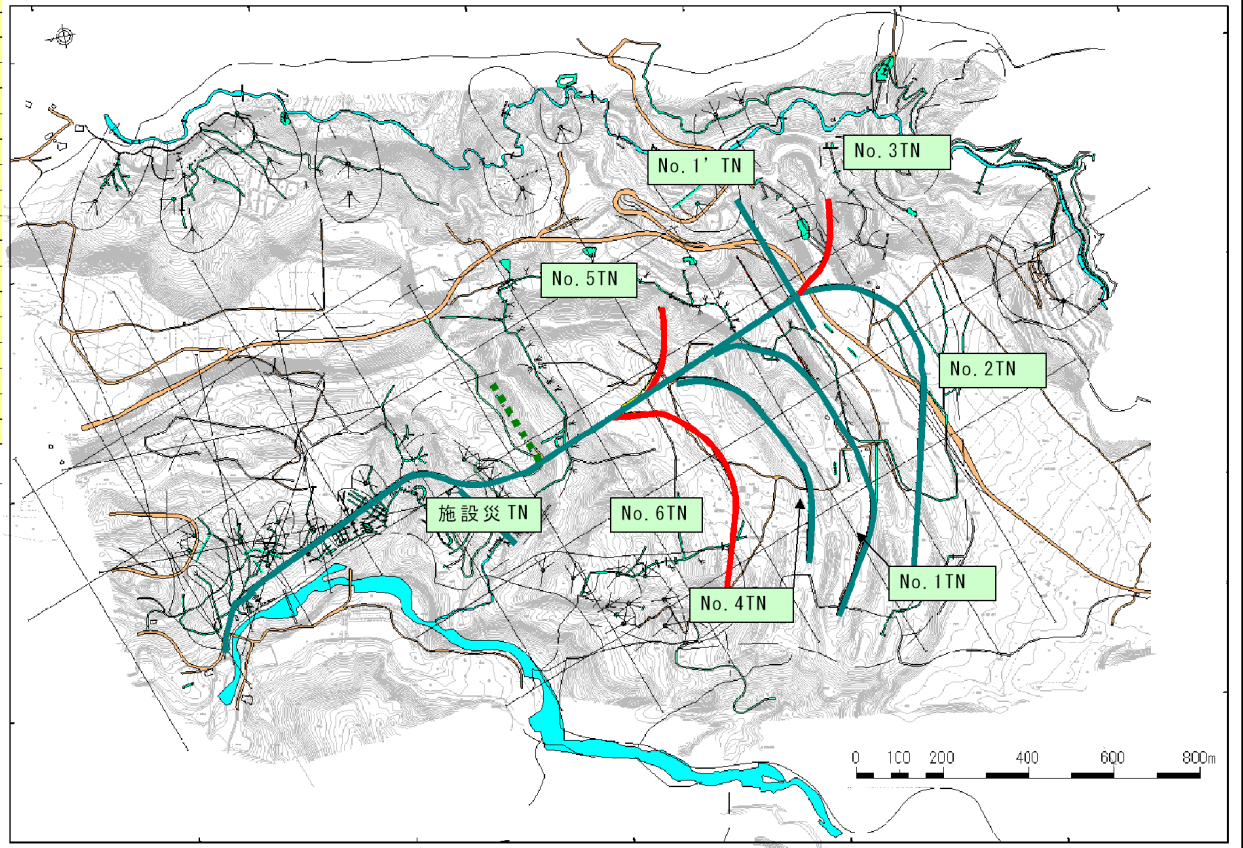
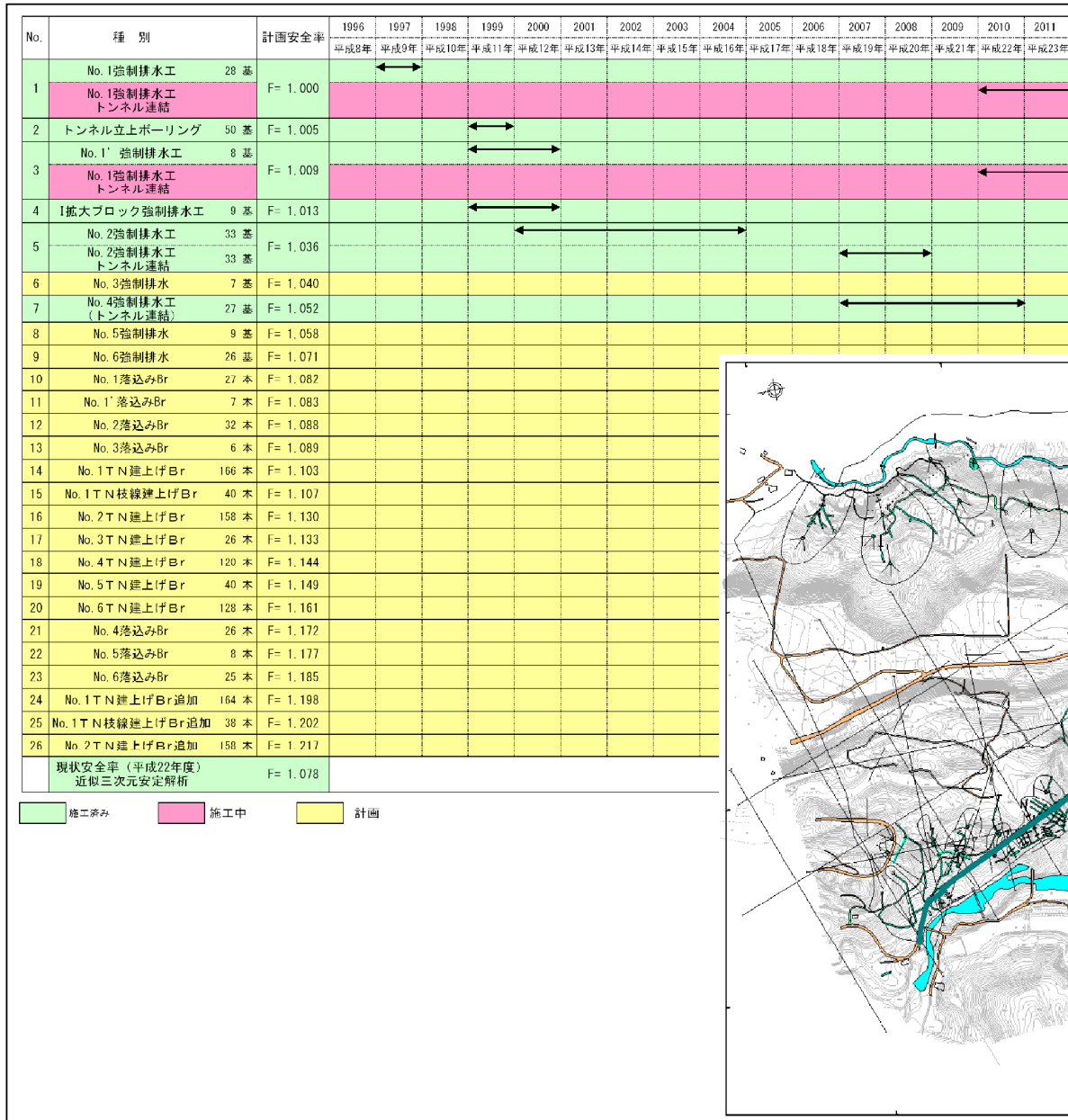


図 4.5 現行 (近似三次元解析による) の対策工計画