

宅地耐震化促進事業に伴う腹付け型大規模盛土造成地の変動予測評価手法の提案

橋本隆雄

千代田コンサルタント東京支店地域整備部次長 (〒114-0024東京都北区西ヶ原3-57-5)
E-mail:t-hashi@chiyoda-ec.co.jp

1995年兵庫県南部地震、2004年新潟県中越地震では、大規模盛土造成地の宅地地盤が液状化等による流動化現象で多くの建物に甚大な被害を生じた。その後、2006年9月から改正宅地造成等規制法が施行され、宅地耐震化促進事業を活用して、全国の地方公共団体で取組みが行われている。国土交通省では、大規模盛土造成地の変動予測調査ガイドラインを策定し、緩勾配の谷埋め型大規模盛土造成地を対象に第一次スクリーニング段階での簡易変動予測評価手法が参考として記載されている。しかし、腹付け型大規模盛土造成地の同様の簡易変動予測評価手法の記載がなく、早急な評価手法の確立が望まれている。

本論文では、腹付け型大規模盛土造成地の過去の災害事例についての土質状況を含んだデータが少ないために、3タイプの安定解析を行い、1995年兵庫県南部地震の災害事例と合わせた変動予測評価手法を提案する。

Key Words : earthquake, residential land, earthquake damage, high embankment

1. はじめに

1995年兵庫県南部地震や2004年新潟県中越地震等では、谷や沢を埋めた造成宅地または傾斜地盤上に腹付けした造成宅地において、盛土と地山との境界面等における盛土全体の地すべりの変動を生ずるなど、造成宅地における崖崩れ又は土砂の流出による災害が生じている。

その後、2006年9月から改正宅地造成等規制法が施行され、宅地耐震化促進事業を活用して、全国の地方公共団体で取組みが行われている。国土交通省では、大規模盛土造成地の変動予測調査ガイドラインを策定し、緩勾配の谷埋め型大規模盛土造成地を対象に第一次スクリーニング段階での簡易変動予測評価手法が参考として記載されている。しかし、腹付け型大規模盛土造成地の同様の簡易変動予測評価手法の記載がなく、早急な評価手法の確立が望まれている。これに対して、橋本・三輪⁴⁾の論文が東京都で具体的に採用されているが、変動確率曲線式が公表しておらず第一次スクリーニングの腹付け盛土の危険度評価手法として、一般的な普及までには至っていない。

そこで本論文では、腹付け型大規模盛土造成地の過去の災害事例についての土質状況を含んだデータが少ないために、3タイプの安定解析を行い、1995年兵庫県南部地震の災害事例56箇所の内、腹付け盛

土8箇所を安定解析と合わせた変動予測評価手法を提案する。

2. 大規模盛土造成地滑動崩落災害の種類

(1) 大規模盛土の滑動崩壊

大規模盛土造成地は、宅地を造成する場合に、切土と盛土を組み合わせる手法が一般的であり、谷や沢を埋めたため、盛土内に水の浸入を受け易く、形状的に盛土側面に谷部の斜面が存在することが多い谷埋め盛土、また傾斜地盤上の高さの高い腹付け盛土である。その盛土造成地のうち以下のいずれかの要件を満たすものを大規模盛土造成地という。

①盛土の面積が3,000平方メートル以上(以下「谷埋め型大規模盛土造成地」という。)

②盛土をする前の地盤面(以下「原地盤面」という。)の水平面に対する角度が20度以上で、かつ、盛土の高さが5メートル以上(以下「腹付け型大規模盛土造成地」という。)

大規模盛土造成地の滑動崩落の盛土タイプは、以下の2つがある。

a) 谷埋め型大規模盛土の滑動崩壊

谷埋め型大規模盛土の滑動崩壊とは、谷を埋めて宅地用の平坦面を確保した造成地で、主として地震時に宅地造成前の谷底付近をすべり面として大規模

盛土造成地全体または、大部分が斜面下部方向へ移動するものである。

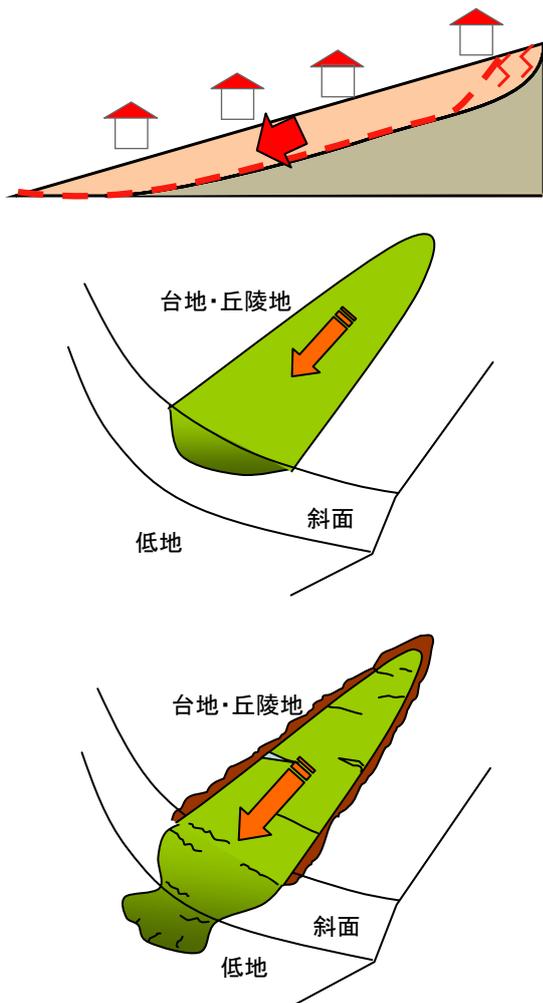


図-1 谷埋め型大規模盛土造成地で発生する滑動崩落のイメージ

b) 腹付け型大規模盛土の滑動崩壊

腹付け型大規模盛土の滑動崩壊とは、傾斜地盤上などにおいて、高い盛土を行った造成地で、主として地震時に大規模盛土造成地全体または、大部分が斜面下部方向へ移動するものである。

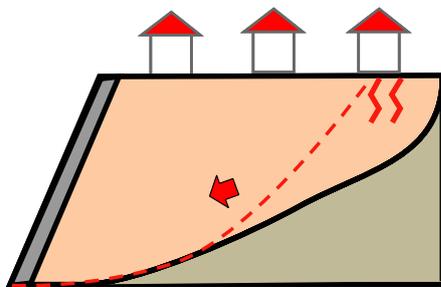


図-2 腹付け型大規模盛土造成地で発生する滑動崩落のイメージ

(2) 谷埋め盛土の危険度評価手法

谷埋め盛土の危険度評価手法は、国土交通省のガイドライン³⁾の盛土造成地の危険度評価手法の事例において、以下のように掲載されている。

盛土造成地中央部における盛土幅は、旧地形などから予想される変動方向と直角の方向に測定することを原則とする。盛土の面積を算出する際に用いる「盛土の最大幅」と一致しない場合もあるので注意が必要である。なお、盛土中央点は、盛土造成地中央部における盛土幅の二等分点付近とする。

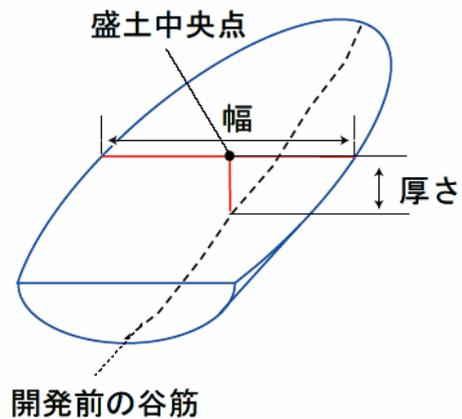


図-3 盛土厚さのイメージ

点数方式を行う際には、図-1に示すようにまず大規模盛土造成地の盛土厚さ、盛土幅、原地盤の勾配および地下水の有無を把握する。さらに、表-1に従って、各項目毎に点数化し、その合計点を求める。

点数は、各項目における変動割合を基に決定している。盛土厚さは、既往の研究において変動への寄与率が幅やW/Dよりも3倍高いとされているので、得点を3倍としている。

ここで注意すべきことは、この点数方式は谷埋め型大規模盛土造成地における危険度評価であって、腹付け型大規模盛土造成地には適用されないことである。よって、表-1において盛土厚さが薄いほど、また、原地盤勾配が緩いほど危険側に評価され、腹付け型大規模盛土造成地の危険度評価とは一致しないことに注意が必要である。

| 盛土厚さ(m) | | 盛土幅(m) | | 盛土幅/盛土厚さ | | 原地盤の勾配(度) | | 地下水 | |
|---------|----|----------|----|----------|----|-----------|----|-----|----|
| 区分 | 点数 | 区分 | 点数 | 区分 | 点数 | 区分 | 点数 | 区分 | 点数 |
| 3以下 | 21 | 20以下 | 0 | 5以下 | 1 | 5以下 | 5 | あり | 1 |
| 3~6 | 12 | 20~50 | 3 | 5~10 | 2 | 5~10 | 4 | なし | 0 |
| 6~12 | 6 | 50~120 | 5 | 10~15 | 5 | 10~15 | 2 | | |
| 12より大きい | 0 | 120より大きい | 10 | 15より大きい | 8 | 15より大きい | 0 | | |

表-1 点数表

図-1は、過去の災害事例である259箇所の大規模盛土造成地について、表-1で求められた合計点の分布を表したものである。この◆は過去の259箇所の災害事例を点数化し、その合計点を0点から45点の間で3点毎に階級区分して、その区分された階級での変動割合（＝ある階級で変動した大規模盛土造成地箇所数／その階級内の盛土造成地箇所数）をプロットしたものである。その近似値をグラフにしたものが赤線である。

大規模盛土造成地の危険度評価は、把握した項目の点数化で算出した合計点(x)を式の多項式へ当てはめ、過去の災害事例からどのくらいの割合で大規模盛土造成地が変動しているかを計算できるようにしている。

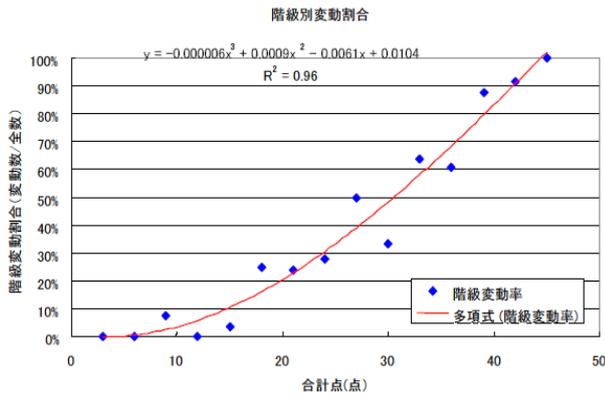


図-4 変動確率曲線

R^2 (決定係数) は、独立変数 (上記グラフの多項式) が従属変数 (上記グラフの◆) をどれくらい説明できるかを表している。この値が低い場合、得られた回帰式の予測能力が低いことを意味する。($0 \leq R \leq 1$ であり、 $R=1$ に近いほど回帰式の予測能力が高い。)

3. 軟弱地盤および地下水を考慮した腹付け盛土の評価手法

腹付け型大規模盛土造成地の点数評価手法について検討を行った。過去の災害事例についてのデータが少ないため、安定解析を行い、災害事例と安定解析結果を合わせて点数評価手法を検討した。

(1) 腹付け型大規模盛土造成地安定解析条件

腹付け大規模盛土造成地の安定解析は、図-5に示すように地形要因と、地盤要因を変化させて、盛土材が粘性土の場合223ケース、砂質土の場合223ケースの計446ケースの検討を行った。

a) 地形要因

①. 盛土高さ (H_1)

盛土高さは、盛土のり尻からのり肩までの高さで $H_1=5\text{m}, 10\text{m}, 15\text{m}, 20\text{m}$, の4ケースとする。

②. のり面勾配 (1 : n)

のり面勾配は、盛土のり尻からのり肩の宅地を

結んだ線が水平となす勾配で、 $n=1.5, 1.8, 2.0$ の3ケースとする。

③. 地山の勾配 (α)

地山の勾配は、盛土をする前の地山におけるのり尻付近から天端付近となす角度 (α) で $\alpha=20^\circ, 30^\circ, 40^\circ$ の3ケースとする。

④. 腹付け盛土の基礎幅 (L_2)

盛土の基礎幅は L_2 とし、 $L_2=0\text{m}, 10\text{m}, 20\text{m}$, の3ケースとする。

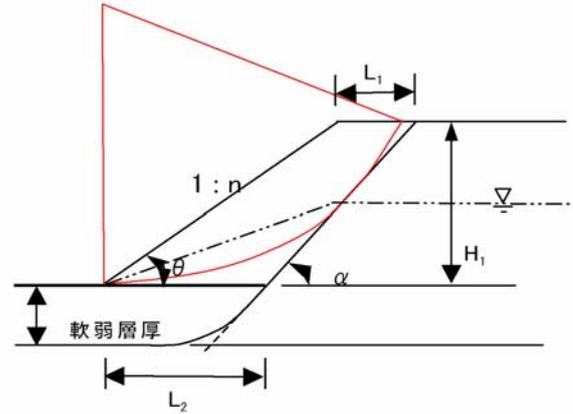


図-5 腹付け盛土の形状

b) 地盤要因

①. 地下水

地下水位は、腹付け盛土において地下水が非常に高いことから、安全側に宅地防災マニュアル⁵⁾に記載されている南多摩報告書⁶⁾よりのり尻からのり肩の盛土高の1/2設定した。

②. 盛土材

盛土材は、盛土を構成している地質の種類で、表-1に示すようにNEXCO設計要領⁷⁾より、一般的な粘性土と砂質土の2ケースとする。

③. 基礎地盤の状況

基礎地盤は軟弱地盤がない場合と、粘性土と砂質土の2ケースの軟弱地盤が有る場合で計3ケースとする。

表-2 腹付け盛土の土質定数

| 土質材料 | | 粘着力 (k/m^2) | 内部摩擦角 ϕ ($^\circ$) | 単位体積重量 γ (kN/m^3) |
|------|-----|--------------------|------------------------------|---------------------------------|
| 盛土材 | 粘性土 | 50 | 15 $^\circ$ | 18.0 |
| | 砂質土 | 30 | 25 $^\circ$ | 19.0 |
| 軟弱層 | 粘性土 | 15 | 15 $^\circ$ | 16.0 |
| | 砂質土 | 0 | 25 $^\circ$ | 17.0 |
| 基盤層 | | 500 | 30 $^\circ$ | 20.0 |

c) 解析検討条件

解析検討の諸条件は、のり面上部には木造2階建て相当の建物荷重 $10kN/m^2$ を想定して、常時で安全率 $Fs \geq 1.5$, 大地震の水平震度 $kh=0.25$ で $Fs \geq 1.0$ の検討を行った。

(2) 安定解析結果から変動確率曲線の作成

a) 軟弱地盤を含め危険度評価した場合

安定解析の結果は盛土材が粘性土の場合を表-3に、砂質土の場合を表-4に示す。図-6は、この解析結果を地形要因の盛土高さ(H_p)、のり面勾配(1:n)、地山勾配(α)、腹付け盛土の基礎幅(L_p)、地盤要因の盛土材(粘性土・砂質土)基礎地盤(軟弱地盤の有無)毎に分析したものである。この%表示は、該当項目の中で常時 $F_s \geq 1.5$ または地震時 $F_s \geq 1.0$ の必要安全率を満たさなかったものの割合を示している。さらに、図-7は、危険度評価をするために、各要因相関図を作成したものである。表-5は、この図-7から、腹付け型大規模盛土造成地の危険度評価項目毎の配点を行ったものである。しかし、基礎地盤の状況の配点は、第一次スクリーニング段階では十分に把握できないこともある。そこで、①タイプ1:基礎地盤の状況が十分に把握できている場合と②タイプ2:基礎地盤の状況がある程度予測できる場合の2つのケースで検討した。

この危険度評価表により、解析結果446ケースの配点を行い、兵庫県南部地震で被災した腹付け型大規模盛土造成地8箇所をの配点を行い、図-4、-5の変動確率曲線を作成した。

b) 地盤要因を除いて危険度評価した場合

第一次スクリーニング段階で地盤要因の判断は都市再生機構等の設計・工事履歴等の品質管理情報が揃っている場合を除いて難しいと考えられるので、地形要因を主体に評価する場合について検討した。具体的には、表-3(粘性土)、表-4(砂質土)の軟弱層なしの危険度評価から表-5に示すように、①タイプ3:基礎地盤の状況を除いた場合、②タイプ4:地盤要因の盛土材及び基礎地盤の状況を除いた場合の腹付け盛土危険度評価を作成し、この危険度評価により、解析結果446ケースの配点を行い、兵庫県南部地震で被災した腹付け型大規模盛土造成地8箇所をの配点を行い、図-10、-11の変動確率曲線を作成した。

c) 考案

安定計算結果から第一次スクリーニングの段階では、基礎地盤および盛土材の状況の地盤要因があらかじめ把握できている場合とそうでない場合を想定して、各条件でとの変動確率曲線を作成した。

その結果、点数が高くなるほど滑った盛土の数が増加しており、変動確率曲線もその傾向をよく表していると考えられる。ただし、地盤要因が把握できている場合はゆるやかな曲線となるが、把握できていない場合は、曲線が急になっている。

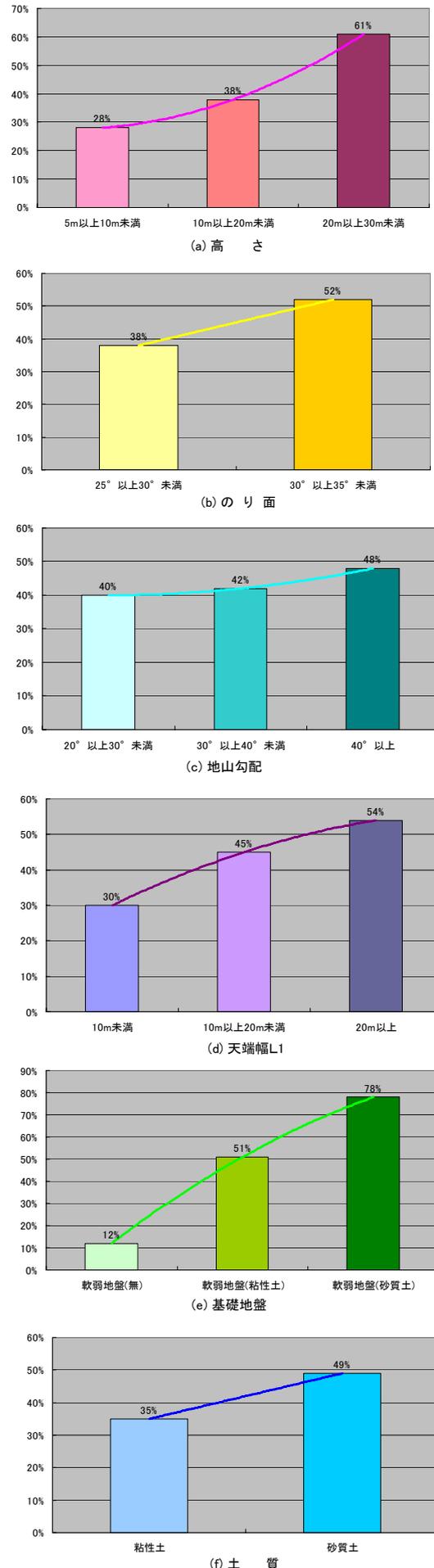


図-6 各要因分析

表-3 盛土材が粘性土の場合の腹付け盛土の安全率

盛土形状の計算ケース

| ケース | L2(m) | α(度) | 1:n | H1(m) | L1(m) | 安全率 | | | ケース | L2(m) | α(度) | 1:n | H1(m) | L1(m) | 安全率 | | | ケース | L2(m) | α(度) | 1:n | H1(m) | L1(m) | 安全率 | | | | | | | |
|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------------|-------|---------|-----|----------|-------|-------|-------------|----------|---------|-------|-------|-------|-------|-------------|------|-------|-------|---------|-------------|------|-------|---------|---------|-------|-------|
| | | | | | | ケース | 軟弱なし | 軟弱(粘性土) | | | | | | | 軟弱(砂質土) | ケース | 軟弱なし | | | | | | | 軟弱(粘性土) | 軟弱(砂質土) | ケース | 軟弱なし | 軟弱(粘性土) | 軟弱(砂質土) | | |
| 1 | 0.0 | 0.0 | 1.5 | 5.0 | 6.2 | 常時 | 3.571 | | | 17.18.19 | 10.0 | 30.0 | 1.5 | 5.0 | 16.2 | 常時 | 3.800 | 2.072 | 1.688 | 118.117.119 | 20.0 | 0.0 | 1.5 | 5.0 | 26.2 | 常時 | 3.800 | 2.006 | | | |
| | | | | 10.0 | 12.5 | 常時 | 3.928 | | | | | | | 20.21.22 | 10.0 | 22.5 | 常時 | 2.316 | 1.673 | | | | | 1.506 | 119.120.121 | 10.0 | 32.5 | 常時 | 2.316 | 1.367 | 1.310 |
| | | | | 15.0 | 18.7 | 常時 | 2.274 | | | | | | | 23.24.25 | 15.0 | 28.7 | 常時 | 1.495 | 1.110 | | | | | 0.844 | 122.123.124 | 15.0 | 38.7 | 常時 | 1.490 | 0.866 | 0.827 |
| | | | | 20.0 | 24.8 | 常時 | 1.697 | | | | | | | 26.27.28 | 20.0 | 34.9 | 常時 | 1.186 | 1.034 | | | | | 0.939 | 125.126.127 | 20.0 | 44.9 | 常時 | 1.121 | | |
| | | | | 25.0 | 30.9 | 常時 | 1.396 | | | | | | | 29.30.31 | 25.0 | 41.1 | 常時 | 1.018 | 0.943 | | | | | 0.858 | 128.129.130 | 25.0 | 54.9 | 常時 | 1.436 | 1.051 | 1.048 |
| | | | | 30.0 | 37.0 | 常時 | 1.149 | | | | | | | 32.33.34 | 30.0 | 47.3 | 常時 | 0.927 | 0.868 | | | | | 0.782 | 131.132.133 | 30.0 | 67.9 | 常時 | 0.927 | 0.685 | 0.676 |
| | | | | 35.0 | 43.1 | 常時 | 0.943 | | | | | | | 35.36.37 | 35.0 | 53.7 | 常時 | 0.812 | 0.753 | | | | | 0.668 | 134.135.136 | 35.0 | 87.9 | 常時 | 1.121 | | |
| | | | | 40.0 | 49.2 | 常時 | 0.782 | | | | | | | 38.39.40 | 40.0 | 60.1 | 常時 | 0.701 | 0.642 | | | | | 0.557 | 137.138.139 | 40.0 | 111.9 | 常時 | 1.436 | 1.051 | 1.048 |
| | | | | 45.0 | 55.3 | 常時 | 0.657 | | | | | | | 41.42.43 | 45.0 | 66.5 | 常時 | 0.611 | 0.552 | | | | | 0.467 | 140.141.142 | 45.0 | 135.9 | 常時 | 1.121 | | |
| | | | | 50.0 | 61.4 | 常時 | 0.557 | | | | | | | 44.45.46 | 50.0 | 72.9 | 常時 | 0.520 | 0.461 | | | | | 0.376 | 143.144.145 | 50.0 | 159.9 | 常時 | 0.927 | 0.685 | 0.676 |
| | | | | 55.0 | 67.5 | 常時 | 0.474 | | | | | | | 47.48.49 | 55.0 | 79.3 | 常時 | 0.439 | 0.380 | | | | | 0.295 | 146.147.148 | 55.0 | 183.9 | 常時 | 0.701 | 0.552 | 0.467 |
| | | | | 60.0 | 73.6 | 常時 | 0.409 | | | | | | | 50.51.52 | 60.0 | 85.7 | 常時 | 0.364 | 0.305 | | | | | 0.220 | 149.150.151 | 60.0 | 207.9 | 常時 | 0.520 | 0.461 | 0.376 |
| | | | | 65.0 | 79.7 | 常時 | 0.353 | | | | | | | 53.54.55 | 65.0 | 92.1 | 常時 | 0.299 | 0.240 | | | | | 0.155 | 152.153.154 | 65.0 | 231.9 | 常時 | 0.364 | 0.305 | 0.220 |
| | | | | 70.0 | 85.8 | 常時 | 0.303 | | | | | | | 56.57.58 | 70.0 | 98.5 | 常時 | 0.244 | 0.185 | | | | | 0.100 | 155.156.157 | 70.0 | 255.9 | 常時 | 0.244 | 0.185 | 0.100 |
| | | | | 75.0 | 91.9 | 常時 | 0.263 | | | | | | | 59.60.61 | 75.0 | 104.9 | 常時 | 0.199 | 0.140 | | | | | 0.055 | 158.159.160 | 75.0 | 279.9 | 常時 | 0.199 | 0.140 | 0.055 |
| | | | | 80.0 | 98.0 | 常時 | 0.222 | | | | | | | 62.63.64 | 80.0 | 111.3 | 常時 | 0.154 | 0.095 | | | | | 0.010 | 161.162.163 | 80.0 | 303.9 | 常時 | 0.154 | 0.095 | 0.010 |
| | | | | 85.0 | 104.1 | 常時 | 0.181 | | | | | | | 65.66.67 | 85.0 | 117.7 | 常時 | 0.109 | 0.050 | | | | | 0.005 | 164.165.166 | 85.0 | 327.9 | 常時 | 0.109 | 0.050 | 0.005 |
| | | | | 90.0 | 110.2 | 常時 | 0.140 | | | | | | | 68.69.70 | 90.0 | 124.1 | 常時 | 0.064 | 0.005 | | | | | 0.000 | 167.168.169 | 90.0 | 351.9 | 常時 | 0.064 | 0.005 | 0.000 |
| 95.0 | 116.3 | 常時 | 0.100 | | | 71.72.73 | 95.0 | 130.5 | 常時 | 0.019 | 0.000 | 0.000 | 170.171.172 | 95.0 | 375.9 | 常時 | 0.019 | 0.000 | 0.000 | | | | | | | | | | | | |
| 100.0 | 122.4 | 常時 | 0.060 | | | 74.75.76 | 100.0 | 136.9 | 常時 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 173.174.175 | 100.0 | 400.0 | 常時 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | | | | | | | | | | | | |
| 105.0 | 128.5 | 常時 | 0.020 | | | 77.78.79 | 105.0 | 143.3 | 常時 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 176.177.178 | 105.0 | 424.0 | 常時 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | | | | | | | | | | | | |
| 110.0 | 134.6 | 常時 | 0.000 | | | 80.81.82 | 110.0 | 149.7 | 常時 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 179.180.181 | 110.0 | 448.0 | 常時 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | | | | | | | | | | | | |
| 115.0 | 140.7 | 常時 | 0.000 | | | 83.84.85 | 115.0 | 156.1 | 常時 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 182.183.184 | 115.0 | 472.0 | 常時 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | | | | | | | | | | | | |
| 120.0 | 146.8 | 常時 | 0.000 | | | 86.87.88 | 120.0 | 162.5 | 常時 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 185.186.187 | 120.0 | 496.0 | 常時 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | | | | | | | | | | | | |
| 125.0 | 152.9 | 常時 | 0.000 | | | 89.90.91 | 125.0 | 168.9 | 常時 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 188.189.190 | 125.0 | 520.0 | 常時 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | | | | | | | | | | | | |
| 130.0 | 159.0 | 常時 | 0.000 | | | 92.93.94 | 130.0 | 175.3 | 常時 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 191.192.193 | 130.0 | 544.0 | 常時 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | | | | | | | | | | | | |
| 135.0 | 165.1 | 常時 | 0.000 | | | 95.96.97 | 135.0 | 181.7 | 常時 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 194.195.196 | 135.0 | 568.0 | 常時 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | | | | | | | | | | | | |
| 140.0 | 171.2 | 常時 | 0.000 | | | 98.99.100 | 140.0 | 188.1 | 常時 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 197.198.199 | 140.0 | 592.0 | 常時 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | | | | | | | | | | | | |
| 145.0 | 177.3 | 常時 | 0.000 | | | 101.102.103 | 145.0 | 194.5 | 常時 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 200.201.202 | 145.0 | 616.0 | 常時 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | | | | | | | | | | | | |
| 150.0 | 183.4 | 常時 | 0.000 | | | 104.105.106 | 150.0 | 200.9 | 常時 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 203.204.205 | 150.0 | 640.0 | 常時 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | | | | | | | | | | | | |
| 155.0 | 189.5 | 常時 | 0.000 | | | 107.108.109 | 155.0 | 207.3 | 常時 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 206.207.208 | 155.0 | 664.0 | 常時 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | | | | | | | | | | | | |
| 160.0 | 195.6 | 常時 | 0.000 | | | 110.111.112 | 160.0 | 213.7 | 常時 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 209.210.211 | 160.0 | 688.0 | 常時 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | | | | | | | | | | | | |
| 165.0 | 201.7 | 常時 | 0.000 | | | 113.114.115 | 165.0 | 220.1 | 常時 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 212.213.214 | 165.0 | 712.0 | 常時 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | | | | | | | | | | | | |
| 170.0 | 207.8 | 常時 | 0.000 | | | | 170.0 | 226.5 | 常時 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 215.216.217 | 170.0 | 736.0 | 常時 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | | | | | | | | | | | | |
| 175.0 | 213.9 | 常時 | 0.000 | | | | 175.0 | 232.9 | 常時 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 218.219.220 | 175.0 | 760.0 | 常時 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | | | | | | | | | | | | |
| 180.0 | 220.0 | 常時 | 0.000 | | | | 180.0 | 239.3 | 常時 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 221.222.223 | 180.0 | 784.0 | 常時 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | | | | | | | | | | | | |
| 185.0 | 226.1 | 常時 | 0.000 | | | | 185.0 | 245.7 | 常時 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | | 185.0 | 808.0 | 常時 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | | | | | | | | | | | | |
| 190.0 | 232.2 | 常時 | 0.000 | | | | 190.0 | 252.1 | 常時 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | | 190.0 | 832.0 | 常時 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | | | | | | | | | | | | |
| 195.0 | 238.3 | 常時 | 0.000 | | | | 195.0 | 258.5 | 常時 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | | 195.0 | 856.0 | 常時 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | | | | | | | | | | | | |
| 200.0 | 244.4 | 常時 | 0.000 | | | | 200.0 | 264.9 | 常時 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | | 200.0 | 880.0 | 常時 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | | | | | | | | | | | | |
| 205.0 | 250.5 | 常時 | 0.000 | | | | 205.0 | 271.3 | 常時 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | | 205.0 | 904.0 | 常時 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | | | | | | | | | | | | |
| 210.0 | 256.6 | 常時 | 0.000 | | | | 210.0 | 277.7 | 常時 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | | 210.0 | 928.0 | 常時 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | | | | | | | | | | | | |
| 215.0 | 262.7 | 常時 | 0.000 | | | | 215.0 | 284.1 | 常時 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | | 215.0 | 952.0 | 常時 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | | | | | | | | | | | | |
| 220.0 | 268.8 | 常時 | 0.000 | | | | 220.0 | 290.5 | 常時 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | | 220.0 | 976.0 | 常時 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | | | | | | | | | | | | |
| 225.0 | 274.9 | 常時 | 0.000 | | | | 225.0 | 296.9 | 常時 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | | 225.0 | 1000.0 | 常時 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | | | | | | | | | | | | |
| 230.0 | 281.0 | 常時 | 0.000 | | | | 230.0 | 303.3 | 常時 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | | 230.0 | 1024.0 | 常時 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | | | | | | | | | | | | |
| 235.0 | 287.1 | 常時 | 0.000 | | | | 235.0 | 309.7 | 常時 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | | 235.0 | 1048.0 | 常時 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | | | | | | | | | | | | |
| 240.0 | 293.2 | 常時 | 0.000 | | | | 240.0 | 316.1 | 常時 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | | 240.0 | 1072.0 | 常時 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | | | | | | | | | | | | |
| 245.0 | 299.3 | 常時 | 0.000 | | | | 245.0 | 322.5 | 常時 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | | 245.0 | 1096.0 | 常時 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | | | | | | | | | | | | |
| 250.0 | 305.4 | 常時 | 0.000 | | | | 250.0 | 328.9 | 常時 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | | 250.0 | 1120.0 | 常時 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | | | | | | | | | | | | |
| 255.0 | 311.5 | 常時 | 0.000 | | | | 255.0 | 335.3 | 常時 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | | 255.0 | 1144.0 | 常時 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | | | | | | | | | | | | |
| 260.0 | 317.6 | 常時 | 0.000 | | | | 260.0 | 341.7 | 常時 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | | 260.0 | 1168.0 | 常時 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | | | | | | | | | | | | |
| 265.0 | 323.7 | 常時 | 0.000 | | | | 265.0 | 348.1 | 常時 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | | 265.0 | 1192.0 | 常時 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | | | | | | | | | | | | |
| 270.0 | 329.8 | 常時 | 0.000 | | | | 270.0 | 354.5 | 常時 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | | 270.0 | 1216.0 | 常時 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | | | | | | | | | | | | |
| 275.0 | 335.9 | 常時 | 0.000 | | | | 275.0 | 360.9 | 常時 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | | 275.0 | 1240.0 | 常時 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | | | | | | | | | | | | |
| 280.0 | 342.0 | 常時 | 0.000 | | | | 280.0 | 367.3 | 常時 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | | 280.0 | 1264.0 | 常時 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | | | | | | | | | | | | |
| 285.0 | 348.1 | 常時 | 0.000 | | | | 285.0 | 373.7 | 常時 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | | 285.0 | 1288.0 | 常時 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | | | | | | | | | | | | |
| 290.0 | 354.2 | 常時 | 0.000 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

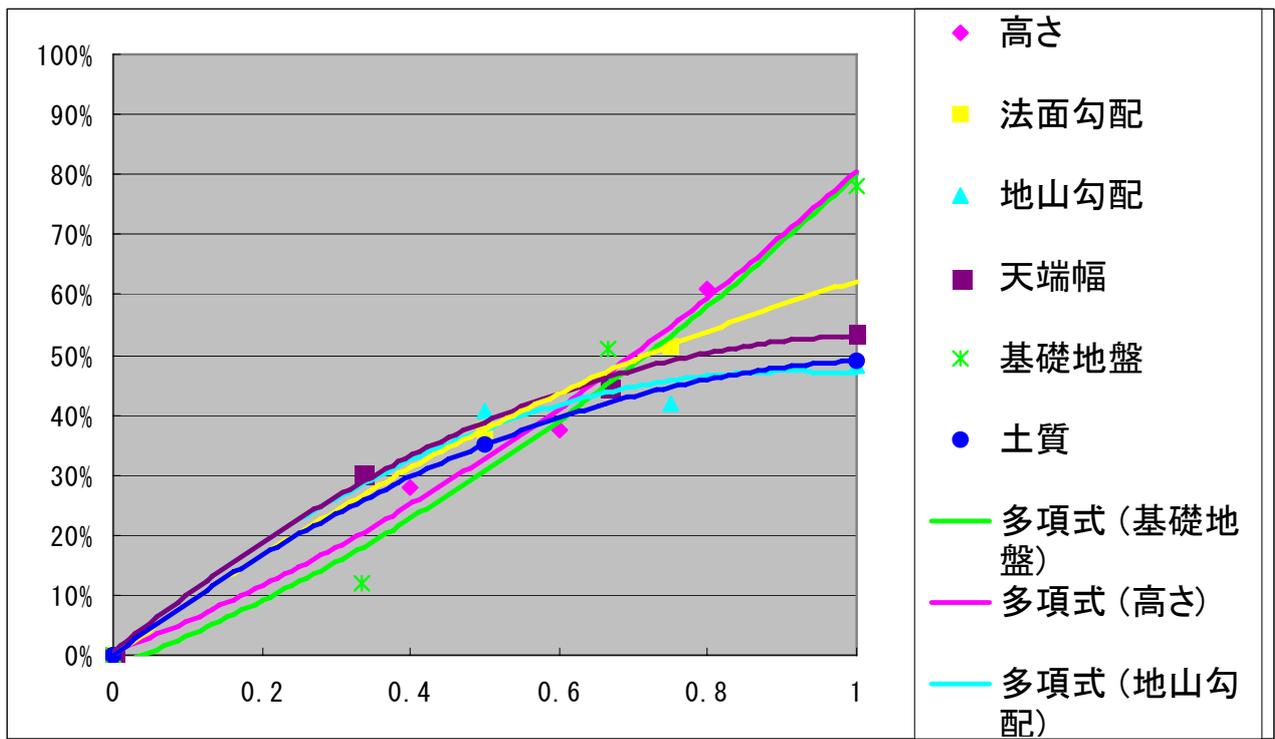


図-7 各要因相関図

表-5 腹付け盛土造成地の危険度評価

| 項目 | | 危険度評価 | | | |
|--------------------|-----------------------|---------------|---------------|-----------|-----------|
| | | タイプ 3 | タイプ 4 (1) | タイプ 4 (2) | タイプ 5 |
| 計算条件 | 盛土高 | H1 | H1 | H1 | H1 |
| | のり面勾配 | θ | θ | θ | θ |
| | 地山勾配 | α | α | α | α |
| | 腹付け盛土の天端幅 | L1 | L1 | L1 | L1 |
| | 地下水 | (有:1,無:0) | (有:1,無:0) | (有:1,無:0) | (有:1,無:0) |
| | 盛土材 | (粘:1,砂:0) | (粘:1,砂:0) | (粘:1,砂:0) | |
| | 基礎地盤 | (無:2,粘:1,砂:0) | (無:2,粘:1,砂:0) | | |
| 高さ (H1) | 5m未満 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| | 5m以上10m未満 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| | 10m以上20m未満 | 8 | 8 | 8 | 8 |
| | 20m以上30m未満 | 12 | 12 | 12 | 12 |
| | 30m以上 | 16 | 16 | 16 | 16 |
| のり面勾配 (θ) | 25° 未満(1:2.1~) | 4 | 4 | 4 | 4 |
| | 25° 以上30° 未満(1:1.8~2) | 7 | 7 | 7 | 7 |
| | 30° 以上35° 未満(1:1.5) | 10 | 10 | 10 | 10 |
| | 35° 以上(1:~1.5) | 12 | 12 | 12 | 12 |
| 地山勾配 (α) | 20° 未満 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| | 20° 以上30° 未満 | 6 | 6 | 6 | 6 |
| | 30° 以上40° 未満 | 8 | 8 | 8 | 8 |
| | 40° 以上 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| 腹付け盛土の天端幅 (L1) | 10m未満 | 6 | 6 | 6 | 6 |
| | 10m以上20m未満 | 9 | 9 | 9 | 9 |
| | 20m以上 | 11 | 11 | 11 | 11 |
| 地下水 | 有 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | 無 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 盛土材 | 粘性土 | 7 | 7 | 7 | |
| | 砂質土(不明) | 10 | 10 | 10 | |
| 基礎地盤の状況 | 軟弱地盤(無) | 2 | 0 | | |
| | 軟弱地盤(粘性土) | 10 | 6 | | |
| | 軟弱地盤(砂質土)(不明) | 16 | 6 | | |
| 合計(危険度評価) | | | | | |

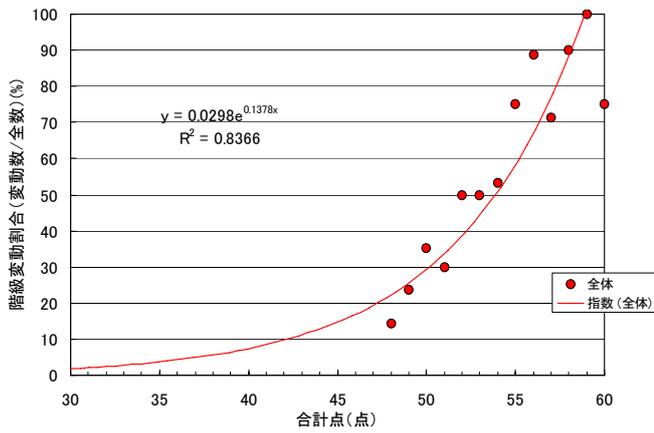


図-9 タイプ2の変動確率曲線

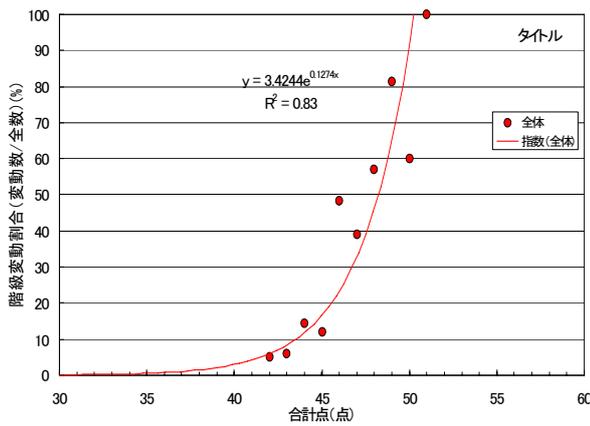


図-10 タイプ3の変動確率曲線

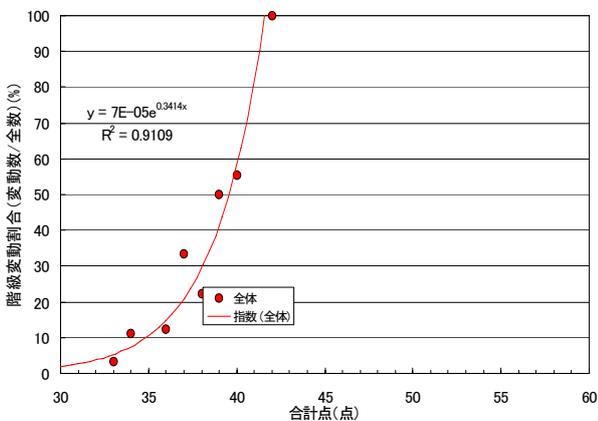


図-11 タイプ4の変動確率曲線

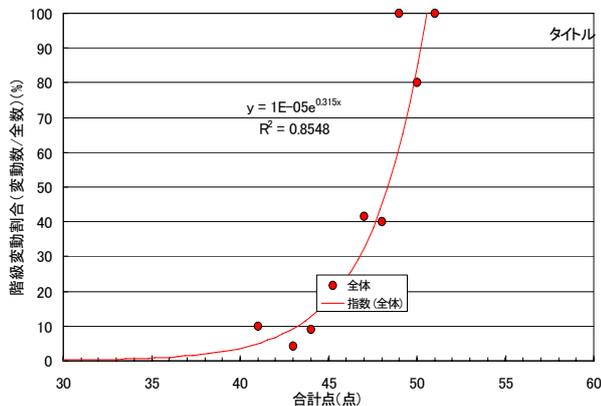


図-12 逆算計算モデル

4. 土質定数を逆算法により求めた地下水を考慮しない腹付け盛土の評価手法

(1) 逆算法による土質定数の設定

常時の安定率 ($F_s=1.5$), 大地震時の安定率 ($F_s=1.0$) で, $\phi=15^\circ$ (粘性土), $\phi=25^\circ$ (砂質土) の場合, 盛土高さ $H=15\text{m}$, のり面勾配 30° ($1:1.8$) と仮定して C (粘着力) を逆算した。表-6 は, この逆算法による土質定数である。

表-6 逆算法による土質定数

| 内部摩擦角 (ϕ) | 常時 ($F_s=1.5$) | 地震時 ($F_s=1.0$) |
|------------------|-------------------------|-------------------------|
| $\phi=15^\circ$ | $C=31.2 \text{ kN/m}^2$ | $C=33.0 \text{ kN/m}^2$ |
| $\phi=25^\circ$ | $C=17.4 \text{ kN/m}^2$ | $C=20.2 \text{ kN/m}^2$ |

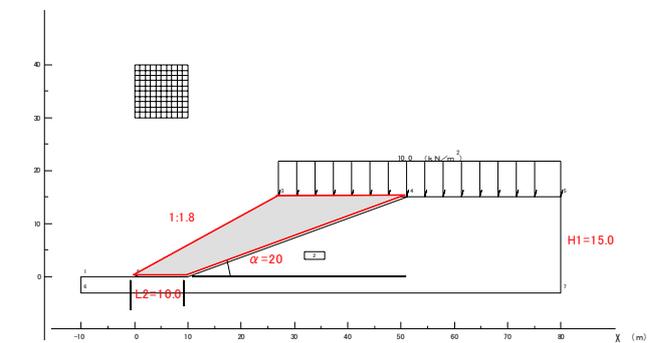


図-13 常時の逆算計算図

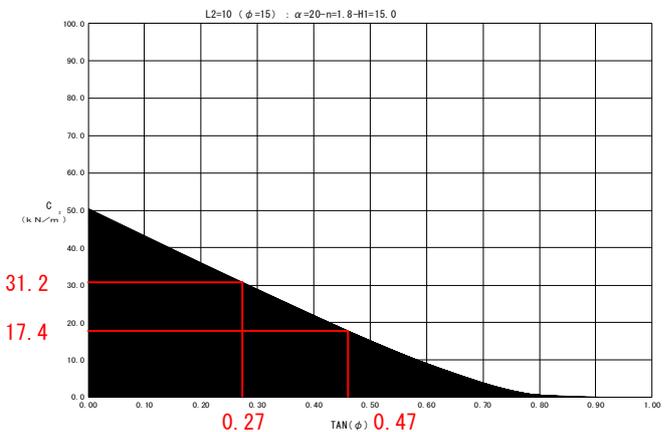


図-14 地震時の逆算計算図

腹付け型大規模盛土造成地の点数評価手法について検討を行った。過去の災害事例についてのデータが少ないため、安定解析を行い、災害事例と安定解析結果を合わせて点数評価手法を検討した。

(2) 腹付け型大規模盛土造成地安定解析条件

腹付け大規模盛土造成地の安定解析は、図-15に示すように地形要因と、地盤要因を変化させて、盛土材が粘性土の場合85ケース、砂質土の場合85ケースの計170ケースの検討を行った。

a) 地形要因

① 盛土高さ (H_1)

盛土高さは、盛土のり尻からのり肩までの高さで $H_1=5\text{m}, 10\text{m}, 15\text{m}, 20\text{m}$ 、の4ケースとする。

② のり面勾配 ($1:n$)

のり面勾配は、盛土のり尻からのり肩の宅地を結んだ線が水平となす勾配で、 $n=1.5, 1.8, 2.0$ の3ケースとする。

③ 地山の勾配 (α)

地山の勾配は、盛土をする前の地山におけるのり尻付近から天端付近となす角度 (α) で $\alpha=20^\circ, 30^\circ, 40^\circ$ の3ケースとする。

④ 腹付け盛土の基礎幅 (L_2)

盛土の基礎幅は L_2 とし、 $L_2=0\text{m}, 10\text{m}, 20\text{m}$ 、の3ケースとする。

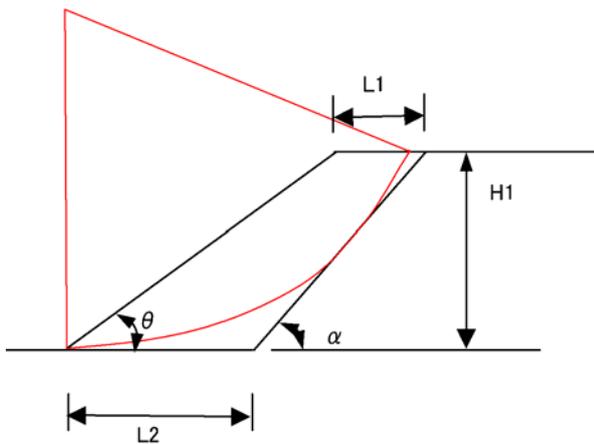


図-15 腹付け盛土の形状

b) 地盤要因

① 地下水

地下水位は、考慮しない。

② 盛土材

盛土材は、盛土を構成している地質の種類で、逆算法による値がNEXCO設計要領の半分の値が近似しているので、表-1に示す。一般的な粘性土と砂質土の2ケースとする。

③ 基礎地盤の状況

基礎地盤は軟弱地盤がない場合とする。

表-17 腹付け盛土の土質定数

| 土質材料 | | 粘着力 (Kn/m^2) | 内部摩擦角 ϕ ($^\circ$) | 単位体積重量 γ (Kn/m^3) |
|------|-----|-----------------------------------|------------------------------|---|
| 盛土材 | 粘性土 | 25 | 15° | 18.0 |
| | 砂質土 | 15 | 25° | 19.0 |
| 基盤層 | | 500 | 30° | 20.0 |

c) 解析検討条件

解析検討の諸条件は、のり面上部には木造2階建て相当の建物荷重 $10\text{kN}/\text{m}^2$ を想定して、常時で安全率 $F_s \geq 1.5$ 、大地震の水平震度 $kh=0.25$ で $F_s \geq 1.0$ の検討を行った。

(3) 安定解析結果から変動確率曲線の作成

a) 危険度評価した場合

安定解析の結果は盛土材が粘性土の場合を表-8に、砂質土の場合を表-9に示す。図-16は、この解析結果を地形要因の盛土高さ (H_1)、のり面勾配 ($1:n$)、地山勾配 (α)、腹付け盛土の基礎幅 (L_2)、地盤要因の盛土材 (粘性土・砂質土) 基礎地盤 (軟弱地盤の有無) 毎に分析したものである。この%表示は、該当項目の中で常時 $F_s \geq 1.5$ または地震時 $F_s \geq 1.0$ の必要安全率を満たさなかったものの割合を示している。さらに、図-17は、危険度評価をするために、各要因相関図を作成したものである。表-10は、この図-17から、腹付け型大規模盛土造成地の危険度評価項目毎の配点を行ったものである。

この危険度評価表により、解析結果170ケースの配点を行い、兵庫県南部地震で被災した腹付け型大規模盛土造成地8箇所の配点を行い、図-4、-5の変動確率曲線を作成した。

b) 考案

安定計算結果から第一次スクリーニングの段階では、基礎地盤および盛土材の状況の地盤要因が把握できない場合を想定して、変動確率曲線を作成した。

その結果、点数が高くなるほど滑った盛土の数が増加しており、変動確率曲線もその傾向を表しているが、 R^2 が決定係数が小さく予測能力が十分とはいえない。

表-8 盛土材が粘性土の場合の腹付け盛土の安全率

| 盛土形状の計算ケース | | | | | | 盛土形状の計算ケース | | | | | | 盛土形状の計算ケース | | | | | | | | |
|------------|-------|--------------|-----|-------|-------|-----------------|-----|-------|--------------|-----|-------|------------|-----------------|-----|-------|--------------|-----|-------|-------|-----------------|
| ケース | L2(m) | α (度) | 1:n | H1(m) | L1(m) | 安全率 ケース 数値なし | ケース | L2(m) | α (度) | 1:n | H1(m) | L1(m) | 安全率 ケース 数値なし | ケース | L2(m) | α (度) | 1:n | H1(m) | L1(m) | 安全率 ケース 数値なし |
| 1 | | | | 5.0 | 6.2 | 常時 | 17 | | | | 5.0 | 16.2 | 常時 | 50 | | | | 5.0 | 26.2 | 常時 |
| 2 | | | | 10.0 | 12.5 | 常時 | 18 | | | | 10.0 | 22.5 | 常時 | 51 | | | | 10.0 | 32.5 | 常時 |
| 3 | | | 1.5 | 15.0 | 18.7 | 常時 | 19 | | | 1.5 | 15.0 | 28.7 | 常時 | 52 | | | 1.5 | 15.0 | 38.7 | 常時 |
| 4 | | | | 20.0 | 24.9 | 常時 | 20 | | | | 20.0 | 34.9 | 常時 | 53 | | | | 20.0 | 44.9 | 常時 |
| 5 | | | | 5.0 | 4.7 | 常時 | 21 | | | | 5.0 | 14.7 | 常時 | 54 | | | | 5.0 | 24.7 | 常時 |
| 6 | | | | 10.0 | 9.5 | 常時 | 22 | | | | 10.0 | 19.5 | 常時 | 55 | | | | 10.0 | 29.5 | 常時 |
| 7 | | | 1.8 | 15.0 | 14.2 | 常時 | 23 | | | 1.8 | 15.0 | 24.2 | 常時 | 56 | | | 1.8 | 15.0 | 34.2 | 常時 |
| 8 | | | | 20.0 | 18.9 | 常時 | 24 | | | | 20.0 | 28.9 | 常時 | 57 | | | | 20.0 | 38.9 | 常時 |
| 9 | | | | 5.0 | 3.7 | 常時 | 25 | | | | 5.0 | 13.7 | 常時 | 58 | | | | 5.0 | 23.7 | 常時 |
| 10 | | | | 10.0 | 7.5 | 常時 | 26 | | | | 10.0 | 17.5 | 常時 | 59 | | | | 10.0 | 27.5 | 常時 |
| 11 | | | 2.0 | 15.0 | 11.2 | 常時 | 27 | | | 2.0 | 15.0 | 21.2 | 常時 | 60 | | | 2.0 | 15.0 | 31.2 | 常時 |
| 12 | | | | 20.0 | 14.9 | 常時 | 28 | | | | 20.0 | 24.9 | 常時 | 61 | | | | 20.0 | 34.9 | 常時 |
| 13 | | | | 5.0 | 1.2 | 常時 | 29 | | | | 5.0 | 11.2 | 常時 | 62 | | | | 5.0 | 21.2 | 常時 |
| 14 | | | | 10.0 | 2.3 | 常時 | 30 | | | | 10.0 | 12.3 | 常時 | 63 | | | | 10.0 | 22.3 | 常時 |
| 15 | | | 1.5 | 15.0 | 3.5 | 常時 | 31 | | | 1.5 | 15.0 | 13.5 | 常時 | 64 | | | 1.5 | 15.0 | 23.5 | 常時 |
| 16 | | | | 20.0 | 4.6 | 常時 | 32 | | | | 20.0 | 14.6 | 常時 | 65 | | | | 20.0 | 24.6 | 常時 |
| | | | | 5.0 | -0.3 | 常時 | 33 | | | | 5.0 | 9.7 | 常時 | 66 | | | | 5.0 | 19.7 | 常時 |
| | | | 1.8 | 10.0 | -0.7 | 常時 | 34 | | | 1.8 | 10.0 | 9.3 | 常時 | 67 | | | 1.8 | 10.0 | 19.3 | 常時 |
| | | | | 15.0 | -1.0 | 常時 | 35 | | | | 15.0 | 9.0 | 常時 | 68 | | | | 15.0 | 19.0 | 常時 |
| | | | | 20.0 | -1.4 | 常時 | 36 | | | | 20.0 | 8.6 | 常時 | 69 | | | | 20.0 | 18.6 | 常時 |
| | | | | 5.0 | -1.3 | 常時 | 37 | | | | 5.0 | 8.7 | 常時 | 70 | | | | 5.0 | 18.7 | 常時 |
| | | | 2.0 | 10.0 | -2.7 | 常時 | 38 | | | 2.0 | 10.0 | 7.3 | 常時 | 71 | | | 2.0 | 10.0 | 17.3 | 常時 |
| | | | | 15.0 | -4.0 | 常時 | 39 | | | | 15.0 | 6.0 | 常時 | 72 | | | | 15.0 | 16.0 | 常時 |
| | | | | 20.0 | -5.4 | 常時 | 40 | | | | 20.0 | 4.6 | 常時 | 73 | | | | 20.0 | 14.6 | 常時 |
| | | | | 5.0 | -1.5 | 常時 | 41 | | | | 5.0 | 8.5 | 常時 | 74 | | | | 5.0 | 18.5 | 常時 |
| | | | 1.5 | 10.0 | -3.1 | 常時 | 42 | | | 1.5 | 10.0 | 6.9 | 常時 | 75 | | | 1.5 | 10.0 | 16.9 | 常時 |
| | | | | 15.0 | -4.6 | 常時 | 43 | | | | 15.0 | 5.4 | 常時 | 76 | | | | 15.0 | 15.4 | 常時 |
| | | | | 20.0 | -6.2 | 常時 | 44 | | | | 20.0 | 3.8 | 常時 | 77 | | | | 20.0 | 13.8 | 常時 |
| | | | | 5.0 | -3.0 | 常時 | 45 | | | | 5.0 | 7.0 | 常時 | 78 | | | | 5.0 | 17.0 | 常時 |
| | | | 1.8 | 10.0 | -6.1 | 常時 | 46 | | | 1.8 | 10.0 | 3.9 | 常時 | 79 | | | 1.8 | 10.0 | 13.9 | 常時 |
| | | | | 15.0 | -9.1 | 常時 | 47 | | | | 15.0 | 0.9 | 常時 | 80 | | | | 15.0 | 10.9 | 常時 |
| | | | | 20.0 | -12.2 | 常時 | 48 | | | | 20.0 | -2.2 | 常時 | 81 | | | | 20.0 | 7.8 | 常時 |
| | | | | 5.0 | -4.0 | 常時 | 49 | | | | 5.0 | 6.0 | 常時 | 82 | | | | 5.0 | 16.0 | 常時 |
| | | | 2.0 | 10.0 | -8.1 | 常時 | | | | 2.0 | 10.0 | 1.9 | 常時 | 83 | | | 2.0 | 10.0 | 11.9 | 常時 |
| | | | | 15.0 | -12.1 | 常時 | | | | | 15.0 | -2.1 | 常時 | 84 | | | | 15.0 | 7.9 | 常時 |
| | | | | 20.0 | -16.2 | 常時 | | | | | 20.0 | -6.2 | 常時 | 85 | | | | 20.0 | 3.8 | 常時 |

表-9 盛土材が砂質土の場合の腹付け盛土の安全率

| 盛土形状の計算ケース | | | | | | 盛土形状の計算ケース | | | | | | 盛土形状の計算ケース | | | | | | | | |
|------------|-------|--------------|-----|-------|-------|-----------------|-----|-------|--------------|-----|-------|------------|-----------------|-----|-------|--------------|-----|-------|-------|-----------------|
| ケース | L2(m) | α (度) | 1:n | H1(m) | L1(m) | 安全率 ケース 数値なし | ケース | L2(m) | α (度) | 1:n | H1(m) | L1(m) | 安全率 ケース 数値なし | ケース | L2(m) | α (度) | 1:n | H1(m) | L1(m) | 安全率 ケース 数値なし |
| 1 | | | | 5.0 | 6.2 | 常時 | 17 | | | | 5.0 | 16.2 | 常時 | 50 | | | | 5.0 | 26.2 | 常時 |
| 2 | | | | 10.0 | 12.5 | 常時 | 18 | | | | 10.0 | 22.5 | 常時 | 51 | | | | 10.0 | 32.5 | 常時 |
| 3 | | | 1.5 | 15.0 | 18.7 | 常時 | 19 | | | 1.5 | 15.0 | 28.7 | 常時 | 52 | | | 1.5 | 15.0 | 38.7 | 常時 |
| 4 | | | | 20.0 | 24.9 | 常時 | 20 | | | | 20.0 | 34.9 | 常時 | 53 | | | | 20.0 | 44.9 | 常時 |
| 5 | | | | 5.0 | 4.7 | 常時 | 21 | | | | 5.0 | 14.7 | 常時 | 54 | | | | 5.0 | 24.7 | 常時 |
| 6 | | | | 10.0 | 9.5 | 常時 | 22 | | | | 10.0 | 19.5 | 常時 | 55 | | | | 10.0 | 29.5 | 常時 |
| 7 | | | 1.8 | 15.0 | 14.2 | 常時 | 23 | | | 1.8 | 15.0 | 24.2 | 常時 | 56 | | | 1.8 | 15.0 | 34.2 | 常時 |
| 8 | | | | 20.0 | 18.9 | 常時 | 24 | | | | 20.0 | 28.9 | 常時 | 57 | | | | 20.0 | 38.9 | 常時 |
| 9 | | | | 5.0 | 3.7 | 常時 | 25 | | | | 5.0 | 13.7 | 常時 | 58 | | | | 5.0 | 23.7 | 常時 |
| 10 | | | | 10.0 | 7.5 | 常時 | 26 | | | | 10.0 | 17.5 | 常時 | 59 | | | | 10.0 | 27.5 | 常時 |
| 11 | | | 2.0 | 15.0 | 11.2 | 常時 | 27 | | | 2.0 | 15.0 | 21.2 | 常時 | 60 | | | 2.0 | 15.0 | 31.2 | 常時 |
| 12 | | | | 20.0 | 14.9 | 常時 | 28 | | | | 20.0 | 24.9 | 常時 | 61 | | | | 20.0 | 34.9 | 常時 |
| 13 | | | | 5.0 | 1.2 | 常時 | 29 | | | | 5.0 | 11.2 | 常時 | 62 | | | | 5.0 | 21.2 | 常時 |
| 14 | | | 1.5 | 10.0 | 2.3 | 常時 | 30 | | | 1.5 | 10.0 | 12.3 | 常時 | 63 | | | 1.5 | 10.0 | 22.3 | 常時 |
| 15 | | | | 15.0 | 3.5 | 常時 | 31 | | | | 15.0 | 13.5 | 常時 | 64 | | | | 15.0 | 23.5 | 常時 |
| 16 | | | | 20.0 | 4.6 | 常時 | 32 | | | | 20.0 | 14.6 | 常時 | 65 | | | | 20.0 | 24.6 | 常時 |
| | | | | 5.0 | -0.3 | 常時 | 33 | | | | 5.0 | 9.7 | 常時 | 66 | | | | 5.0 | 19.7 | 常時 |
| | | | 1.8 | 10.0 | -0.7 | 常時 | 34 | | | 1.8 | 10.0 | 9.3 | 常時 | 67 | | | 1.8 | 10.0 | 19.3 | 常時 |
| | | | | 15.0 | -1.0 | 常時 | 35 | | | | 15.0 | 9.0 | 常時 | 68 | | | | 15.0 | 19.0 | 常時 |
| | | | | 20.0 | -1.4 | 常時 | 36 | | | | 20.0 | 8.6 | 常時 | 69 | | | | 20.0 | 18.6 | 常時 |
| | | | | 5.0 | -1.3 | 常時 | 37 | | | | 5.0 | 8.7 | 常時 | 70 | | | | 5.0 | 18.7 | 常時 |
| | | | 2.0 | 10.0 | -2.7 | 常時 | 38 | | | 2.0 | 10.0 | 7.3 | 常時 | 71 | | | 2.0 | 10.0 | 17.3 | 常時 |
| | | | | 15.0 | -4.0 | 常時 | 39 | | | | 15.0 | 6.0 | 常時 | 72 | | | | 15.0 | 16.0 | 常時 |
| | | | | 20.0 | -5.4 | 常時 | 40 | | | | 20.0 | 4.6 | 常時 | 73 | | | | 20.0 | 14.6 | 常時 |
| | | | | 5.0 | -1.5 | 常時 | 41 | | | | 5.0 | 8.5 | 常時 | 74 | | | | 5.0 | 18.5 | 常時 |
| | | | 1.5 | 10.0 | -3.1 | 常時 | 42 | | | 1.5 | 10.0 | 6.9 | 常時 | 75 | | | 1.5 | 10.0 | 16.9 | 常時 |
| | | | | 15.0 | -4.6 | 常時 | 43 | | | | 15.0 | 5.4 | 常時 | 76 | | | | 15.0 | 15.4 | 常時 |
| | | | | 20.0 | -6.2 | 常時 | 44 | | | | 20.0 | 3.8 | 常時 | 77 | | | | 20.0 | 13.8 | 常時 |
| | | | | 5.0 | -3.0 | 常時 | 45 | | | | 5.0 | 7.0 | 常時 | 78 | | | | 5.0 | 17.0 | 常時 |
| | | | 1.8 | 10.0 | -6.1 | 常時 | 46 | | | 1.8 | 10.0 | 3.9 | 常時 | 79 | | | 1.8 | 10.0 | 13.9 | 常時 |
| | | | | 15.0 | -9.1 | 常時 | 47 | | | | 15.0 | 0.9 | 常時 | 80 | | | | 15.0 | 10.9 | 常時 |
| | | | | 20.0 | -12.2 | 常時 | 48 | | | | 20.0 | -2.2 | 常時 | 81 | | | | 20.0 | 7.8 | 常時 |
| | | | | 5.0 | -4.0 | 常時 | 49 | | | | 5.0 | 6.0 | 常時 | 82 | | | | 5.0 | 16.0 | 常時 |
| | | | 2.0 | 10.0 | -8.1 | 常時 | | | | 2.0 | 10.0 | 1.9 | 常時 | 83 | | | 2.0 | 10.0 | 11.9 | 常時 |
| | | | | 15.0 | -12.1 | 常時 | | | | | 15.0 | -2.1 | 常時 | 84 | | | | 15.0 | 7.9 | 常時 |
| | | | | 20.0 | -16.2 | 常時 | | | | | 20.0 | -6.2 | 常時 | 85 | | | | 20.0 | 3.8 | 常時 |

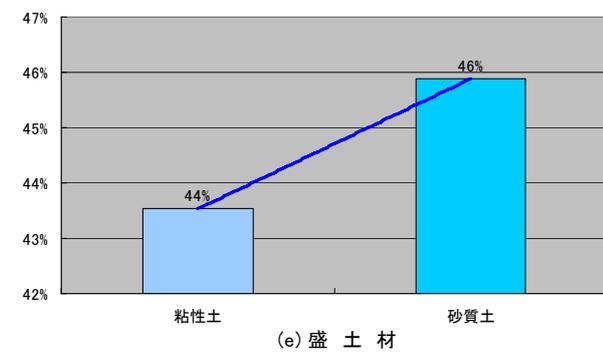
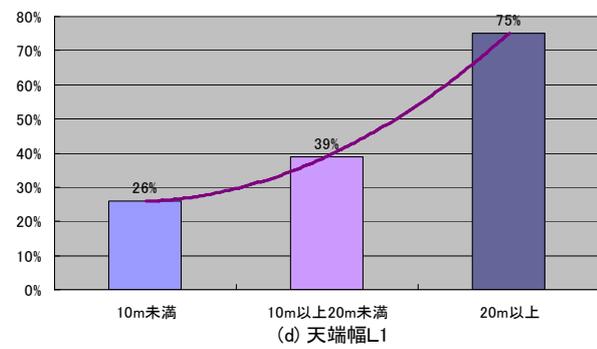
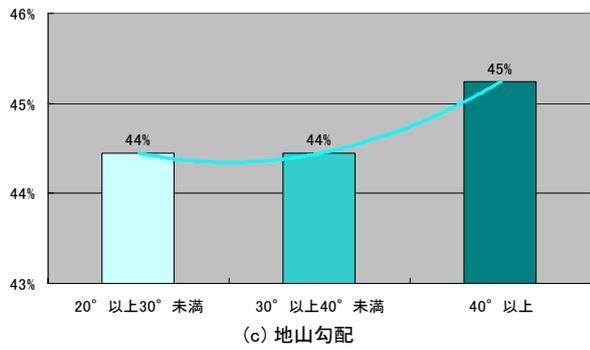
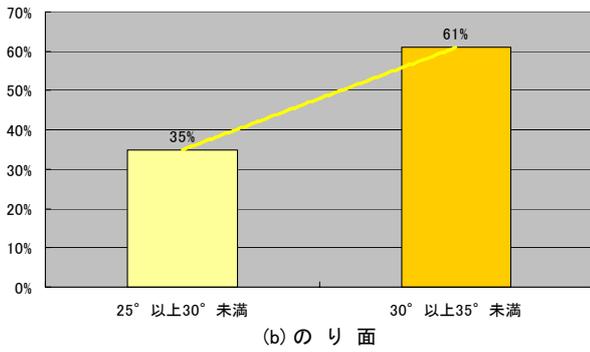
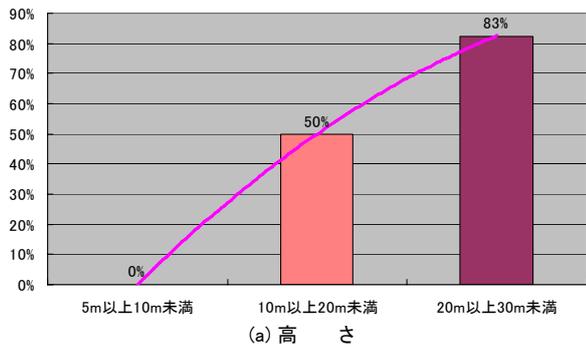


図-16 各要因分析

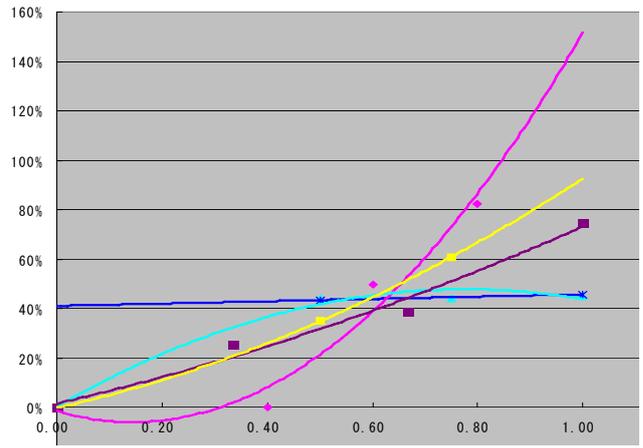


図-17 各要因相関図

| 項目 | | 盛土斜面 (危険度評価) |
|--------------------|-----------------------|-----------------|
| 計算ケース番号 | | |
| 計算条件 | 盛土高 | H1 |
| | のり面勾配 | θ |
| | 地山勾配 | α |
| | 腹付け盛土の天端幅 | L1 |
| | 地下水 | (有:1, 無0) |
| 高さ (H1) | 5m未満 | 0 |
| | 5m以上10m未満 | 2 |
| | 10m以上20m未満 | 8 |
| | 20m以上30m未満 | 18 |
| | 30m以上 | 30 |
| のり面勾配 (θ) | 25°未満(1:2.1~) | 2 |
| | 25°以上30°未満(1:1.8~2.0) | 6 |
| | 30°以上35°未満(1:1.5) | 12 |
| | 35°以上(1:~1.5) | 18 |
| 地山勾配 (α) | 20°未満 | 6 |
| | 20°以上30°未満 | 8 |
| | 30°以上 | 10 |
| 腹付け盛土の天端幅 (L1) | 10m未満 | 4 |
| | 10m以上20m未満 | 8 |
| | 20m以上 | 14 |
| 地下水 | 有:1 | 1 |
| | 無:0 | 0 |

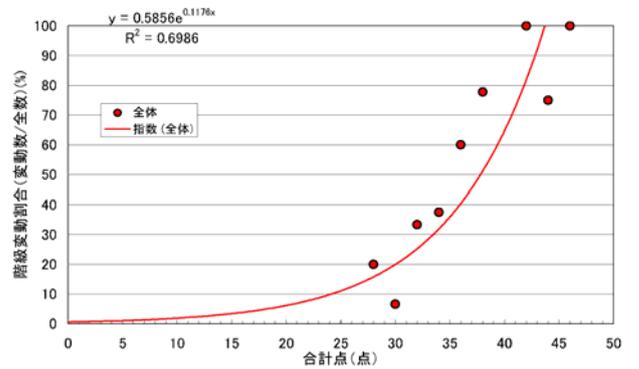


図-18 変動確率曲線

5. 国土交通省告示第 1113 号から土質定数を設定した場合

(1) 腹付け型大規模盛土造成地安全解析条件

国土交通省では、スウェーデン式サウンディング試験による告示式 1113 号を式-1 のように定めている。

$$qa = 30 + 0.6N_{sw} \dots \dots \text{式-1}$$

ここに、 qa ：地盤の許容支持力度 (kN/m^2)
 N_{sw} スウェーデン式サウンディング試験結果からの貫入 1m 当りの半回転数 (kgf/cm^2)

New の最頻値は、図-19 に示すように宅地盛土地盤の土質工学的性質の研究論文⁵⁾から 20 程度となるので、式-1 に代入する。

$$qa = 30 + 0.6 \times 20 = 42$$

一方、テルツァーギの支持力公式は、式-2 のようになる。

$$qa = \frac{\alpha \cdot c \cdot N_c + \beta \cdot \gamma_1 \cdot BN_\gamma + \gamma_2 \cdot Df \cdot N_q}{3}$$

.....式-2

α, β ：基礎形状係数(擁壁の形状係数は「連続」を採用する、表-11 参照)

c ：支持地盤の粘着力 (kN/m^2)

N_c, N_γ, N_q ：支持力係数(図-20, 表-12 参照)

γ_1 ：支持地盤の単位体積重量 (kN/m^3)

γ_2 ：根入れ部分の土の単位体積重量 (kN/m^3)

B ：基礎幅 (m)

Df ：根入れ深さ (m)

ここで、式-2 に $\phi = 0^\circ$ で第二項の、 $N_\gamma = 0.0$ 、第三項の根切り効果を考慮しない、 $\alpha = 1.0$ とすると第一項のみとする。 qa は、図-20, 表-11 から $\phi = 0^\circ$ の場合 $N_c = 5.1$ となるので式-3 となる。

$$qa = \frac{5.1 \times c}{3} \dots \dots \text{式-3}$$

式-3 に $qa = 42$ を代入して c を逆算すると、

$$c = \frac{3 \times qa}{5.1} = \frac{3 \times 42}{5.1} = 24.7 \approx 25$$

なる。

したがって、 $\gamma = 17kN/m^3$ 、 $c = 25kN/m^2$ 、地下水位 = 0 とし計算する。

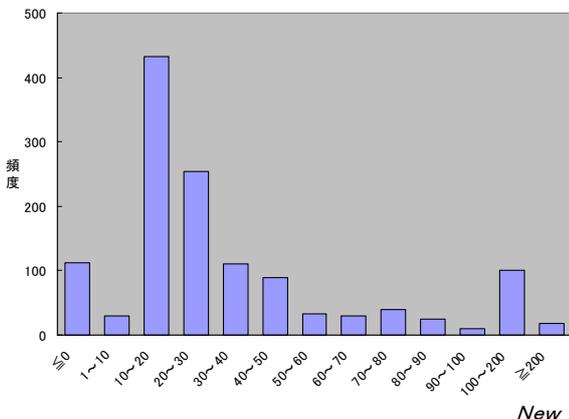


図-19 宅地盛土地盤の土質工学的性質 (スウェーデン式サウンディング結果 N_{sw})

表-11 形状係数⁹⁾

| 基礎底面の形状 | 連続 | 正方形 | 長方形 | 円形 |
|----------|-----|-----|-------------------------|-----|
| α | 1.0 | 1.2 | $1.0 + 0.2 \frac{B}{L}$ | 1.3 |
| β | 0.5 | 0.3 | $0.5 + 0.2 \frac{B}{L}$ | 1.3 |

表-12 支持力係数⁹⁾

| ϕ | N_c | N_q | N_γ |
|--------|-------|-------|------------|
| 0° | 5.1 | 1 | 0.0 |
| 5° | 6.5 | 1.6 | 0.1 |
| 10° | 8.3 | 2.5 | 0.4 |
| 15° | 11.0 | 3.9 | 1.1 |
| 20° | 14.8 | 6.4 | 2.9 |
| 25° | 20.7 | 10.7 | 6.8 |
| 28° | 25.8 | 14.7 | 11.2 |
| 30° | 30.1 | 18.4 | 15.7 |
| 32° | 35.5 | 23.2 | 22 |
| 34° | 42.2 | 29.4 | 31.1 |
| 36° | 50.6 | 37.8 | 44.4 |
| 38° | 61.4 | 48.9 | 64.1 |
| 40° 以上 | 75.3 | 64.2 | 93.7 |

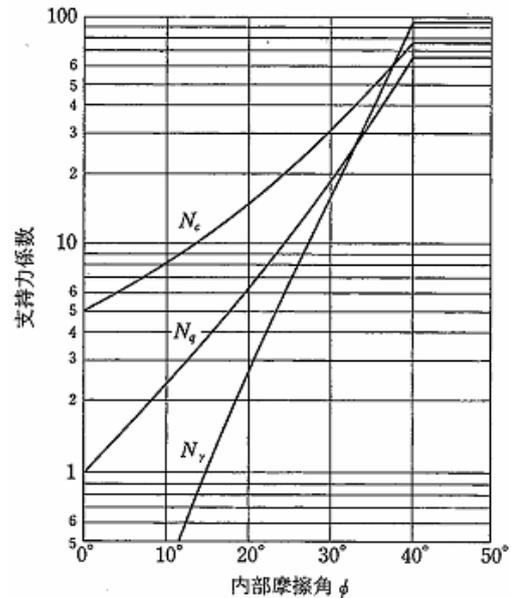


図-20 支持力係数と内部摩擦角 ϕ の関係⁹⁾

(2) 安全解析結果から変動確率曲線の作成

a) 危険度評価した場合

安全解析の結果は盛土材が粘性土の場合を表-8 に示す。

この危険度評価表により貫 m な解析結果 85 ケースの配点を行い、図-20 の変動確率曲線を作成した。

b) 考案

国土交通省告示第 1113 号が土質定数を設定して安全計算を行ったが、変動確率曲線としては機能していない。

表-13 盛土材が粘性土の場合の腹付け盛土の安全率

盛土形状の計算ケース

| ケース | L2(m) | α(度) | 1:n | H1(m) | L1(m) | 安全率 | | | |
|-----|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-----|-------|
| | | | | | | ケース | 数値なし | | |
| 1 | 0.0 | 20 | 1.5 | 5.0 | 6.2 | 常時 | 1.901 | | |
| 2 | | | | 10.0 | 12.5 | 地震時 | 1.014 | | |
| 3 | | | | 15.0 | 18.7 | 常時 | 0.710 | | |
| 4 | | | | 20.0 | 24.9 | 地震時 | 0.636 | | |
| 5 | | | 5.0 | 4.7 | 常時 | 2.418 | | | |
| 6 | | | 10.0 | 9.5 | 地震時 | 1.318 | | | |
| 7 | | | 15.0 | 14.2 | 常時 | 0.914 | | | |
| 8 | | | 20.0 | 18.9 | 地震時 | 0.696 | | | |
| 9 | | | 5.0 | 3.7 | 常時 | 3.105 | | | |
| 10 | | | 10.0 | 7.5 | 地震時 | 1.617 | | | |
| 11 | | | 15.0 | 11.2 | 常時 | 1.126 | | | |
| 12 | | | 20.0 | 14.9 | 地震時 | 0.654 | | | |
| 13 | | | 0.0 | 30 | 1.5 | 5.0 | 1.2 | 常時 | 4.698 |
| 14 | | | | | | 10.0 | 2.3 | 地震時 | 2.754 |
| 15 | | | | | | 15.0 | 3.5 | 常時 | 1.862 |
| 16 | | | | | | 20.0 | 4.6 | 地震時 | 1.436 |
| 17 | 5.0 | -0.3 | | | 常時 | 1.181 | | | |
| 18 | 10.0 | -0.7 | | | 地震時 | 0.766 | | | |
| 19 | 15.0 | -1.0 | | | 常時 | 0.638 | | | |
| 20 | 20.0 | -1.4 | | | 地震時 | 0.708 | | | |
| 21 | 5.0 | -1.3 | | | 常時 | 1.588 | | | |
| 22 | 10.0 | -2.7 | | | 地震時 | 0.875 | | | |
| 23 | 15.0 | -4.0 | | | 常時 | 0.889 | | | |
| 24 | 20.0 | -5.4 | | | 地震時 | 0.944 | | | |
| 25 | 5.0 | -1.5 | | | 常時 | 1.134 | | | |
| 26 | 10.0 | -3.1 | | | 地震時 | 0.726 | | | |
| 27 | 15.0 | -4.6 | | | 常時 | 0.687 | | | |
| 28 | 20.0 | -6.2 | | | 地震時 | 0.634 | | | |
| 29 | 5.0 | -3.0 | 常時 | 1.200 | | | | | |
| 30 | 10.0 | -6.1 | 地震時 | 0.950 | | | | | |
| 31 | 15.0 | -9.1 | 常時 | 1.028 | | | | | |
| 32 | 20.0 | -12.2 | 地震時 | 0.866 | | | | | |
| 33 | 5.0 | -4.0 | 常時 | 1.254 | | | | | |
| 34 | 10.0 | -8.1 | 地震時 | 1.209 | | | | | |
| 35 | 15.0 | -12.1 | 常時 | 1.209 | | | | | |
| 36 | 20.0 | 16.2 | 地震時 | 0.566 | | | | | |

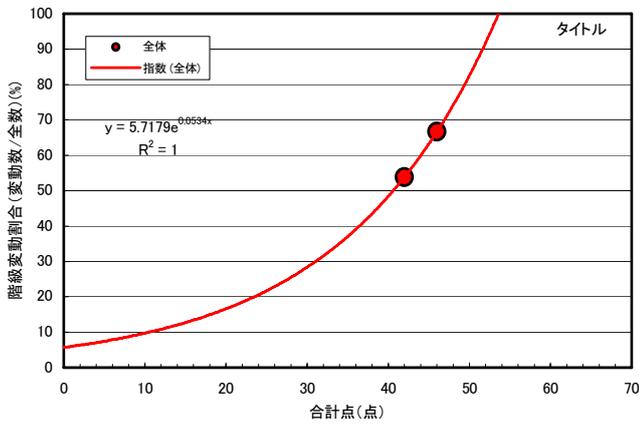


表-20 変動確率曲線

6. おわりに

本論文では、腹付け型大規模盛土造成地の過去の被害事例についての土質状況を含んだデータが少ないために、3タイプの安定解析を行い、1995年兵庫県南部地震の被害事例56箇所の内、腹付け盛土8箇所と合わせた変動予測評価手法を提案した。その結果、下のような特徴が明らかとなった。

①軟弱地盤および地下水を考慮した腹付け盛土の評価手法

安定計算結果から第一次スクリーニングの段階では、基礎地盤および盛土材の状況の地盤要因があらかじめ把握できている場合とそうでない場合を想定して、各条件での変動確率曲線を作成した。その結果、点数が高くなるほど滑った盛土の数が増加しており、変動確率曲線もその傾向をよく表していると考えられる。ただし、地盤要因が把握できている場合はゆるやかな曲線となるが、把握できていない場合は、曲線が急になっている。

②土質定数を逆算法により求めた地下水を考慮しない腹付け盛土の評価手法

安定計算結果から第一次スクリーニングの段階では、基礎地盤および盛土材の状況の地盤要因が把握

できない場合を想定して、変動確率曲線を作成した。
その結果、点数が高くなるほど滑った盛土の数が
増加しており、変動確率曲線もその傾向を表してい
るとが、 R^2 が決定係数が小さく予測能力が十分とは
いえない。

③国土交通省告示第 1113 号から土質定数を設定し
た場合

国土交通省告示第 1113 号が土質定数を設定して
安全計算を行ったが、変動確率曲線としては機能し
ていない。

参考文献

- 1) <http://www.milt.go.jp/crd/web/gaiyo/gaiyo.htm>
- 2) <http://www.milt.go.jp/crd/web/jigyo/jigyo.htm>
- 3) http://www.milt.go.jp/crd/web/topic/pdf/guideline_ver.3.pdf
- 4) 橋本隆雄, 三輪賢志: 宅地耐震化促進事業に伴う腹付け型大規模盛土造成地の変動予測評価手法の提案, 土木学会全国大会, 2008.9, CD-ROM
- 5) 宅地防災研究会: 第二次教室版, 宅地防災マニュアルの解説, 2007.12, pp149~151
- 6) 住宅都市整備公団: 南多摩地区降雨災害防止に関する調査研究報告書, 昭和 59 年 8 月
- 7) NEXCO: 設計要領第一集土工編, 2007.7
- 8) 二木幹夫: 宅地盛土地盤の土質工性質, 日本建築学会構造論文報告書 345 号, pp50, 1985.6
- 9) 日本建築学会: 建築基礎構造設計指針, 2001.10, pp105~109

PROPOSAL BY The EASY ESTIMATED MEANS FOR SLOPE COLLAPSES OF RESIDENTIAL LAND IN HIGH EMBANKMENT OF THE BELLY PUTTING TYPE

Takao HASHIMOTO

The paper is focusing on the easy estimated means for slope collapses of residential land in high embankment, because residential land of high embankment was suffered severe damage in the 2004 Niigata-ken Chuetsu Earthquake. This easy change forecast evaluation technique is not described about high embankment of the belly putting type. Then, it is hoped that an immediate evaluation approach establishes it. In this thesis, because data of the situation of the type of soil of a past disaster case was a little, the stability analysis on three types was done. As a result, the technique of an easy prospective evaluation the easy estimated means for slope collapses of t Residential land in high embankment of the belly putting type was made.