

Ⅱ-14 急傾斜地形の対策工計画における 3 次元地形モデルの活用事例

永富 大亮¹居川 信之²田中 栄吾³

Daisuke Nagatomi

Nobuyuki Ikawa

Eigo Tanaka

【抄録】大崩壊地における山腹工（山腹基礎工）の計画では、山腹斜面緑化の基盤となる安定した斜面形状を適切に計画することが求められ、急峻な勾配や比高差の大きな滑落崖を含む複雑な地形を十分に把握する必要がある。当該地では、崩壊前の高さ情報を持つ測量データを有していたことから、崩壊前後の地形を 3 次元モデルで表現し、あらゆる視点から分析・検証することで、崩壊プロセスを明らかにし、適切な斜面形状計画に寄与することができた。また、山腹工設計では、3 次元地形モデルを活用した設計手法を採用することで、業務の効率化を図ることができた。本報告では、これらの事例について紹介する。

まえがき

土木の分野では、その名の如く、地形を扱う計画・設計が基本となる。このため、3 次元設計では、現況地形のモデル化が必要不可欠となる。しかしながら、詳細設計レベルに耐えうる現況地形の 3 次元（モデル）化は、非常に手間がかかるとされ、計画に対する実測の縦横断測量成果を基本に計画するのが、一般的である。

砂防関連においては、GIS の普及により、検討・解析フェーズでの 3 次元地形を扱う事例は、増え続けているものの、現場段階で、設計フェーズで活用している事例は、まだ少ない。

今回、報告するのは、大崩壊地における山腹工（山腹基礎工）の計画において、現況地形を 3 次元地形モデルとして扱い、設計の効率を図れた事例を紹介するものである。

1. 業務概要

当該業務の対象箇所である「K 谷」崩壊地は、右岸山地内より小学校付近で合流する支流 K 谷の、更に右支流の源頭部で発生している崩壊地である。これらの斜面对策（崩壊地対策）として、谷止工および最上段の山腹工（上部 4 段における斜面不安定部の整形と緑化工）が完成しているが、下流側の谷止工の基礎コンクリート打設後に、上

流部の崩壊が拡大したため、現設計通りの切土形状での施工に支障を来し、今回新たに対策工を見直したものである。

当該地形は、勾配が急峻なうえ、比高差の大きな滑落崖が残存する等、複雑な形状を呈しており、設計・施工上ともに、立体的視点による形状確認が必要であると考え、3 次元地形モデルを作成して、3 次元設計を行った。

本文は、その概要を事例報告するものである。

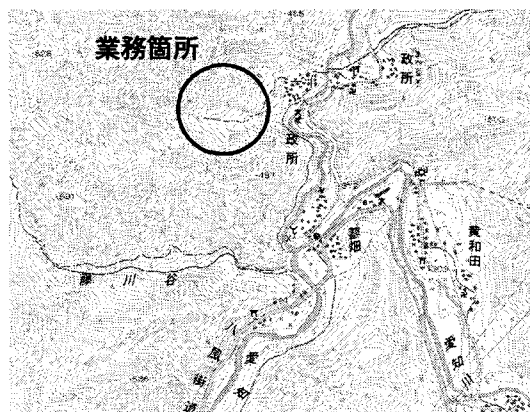


図-1 位置図

2. 技術課題

(1) 現況地形の把握

斜度 45 度を越える大崩壊地のスケール観や体感危険度を理解するには、現場を見ることが一番

1: 日本技術開発株式会社 パブリックマネジメント事業部 (nagatomida@jecc.co.jp)

東京都中野区本町 5 丁目 33 番 11 号 TEL (03) 5341-5134 FAX (03) 5385-8530

2: 日本技術開発株式会社 パブリックマネジメント事業部大阪室 (ikawano@jecc.co.jp)

3: 日本技術開発株式会社 水環境部 (tanakaeigo@jecc.co.jp)

である。山腹工の計画に限らず、土木工事の多くは、地元協議や、関連機関の関係者との協議を始め、多くの会議を必要とする。現地を共通の感覚で認識するには、現地立会いが、最も効果的であるが、企画段階では、現地立会の必要性を提示する資料が必要となる。

従来では、平面地形図や写真、ビデオ等により、その役割を担ってきたが、そのスケール観を理解するのは容易ではない。今回、現地を担当する施主の要望により、業務対象となる比高差 150m かつ斜度 45 度を形成する K 谷のスケール観を表現する方法として、3 次元地形モデルによる表現を採用することとなった。

(2) 3次元設計システムの導入時の問題点

地形を3次元で表現するためには、いくつかの方法がある。航空測量による方法、レーダー照射による方法、デジタル写真を画像解析する方法等があるが、いずれも、視界を遮る障害物に対する補正等の対策が必要となり、現場サイドで安価に採用するのが難しい。また、対象面積が 0.48ha 程度と小規模であることから、航空写真による方法は、コスト的に高額となる。

当該業務では、低コストで精度の高い3次元地形モデルの生成が、技術的課題として求められた。

3. 地形モデル作成を意識した測量仕様

(1) 平板測量による3次元地形モデルの作成

当該業務は、詳細設計であることから、業務上 1/500 精度の地形測量を行う必要があった。そこで、電子平板による地形測量時に標高情報を、同時に取得して、この結果から、3 次元地形モデルを生成する方法を採用した。これにより、3 次元地形モデル生成のためのコストを実質ゼロとすることができた。以下に、その内容を示す。

(2) 電子平板測量

通常、複雑な地形に対し、細部測量から地形図を作成するには、平板測量を実施する。最近では、電子平板を利用するのが一般的である。この電子平板による測量は、プリズムを持った作業員を TS

(トータルステーション) が自動的に追尾し、座標を取得していく仕組み(写真-1)となっている。

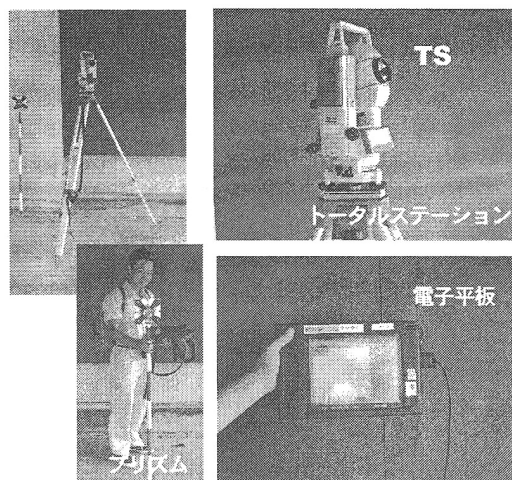


写真-1 電子平板で使用する機材

通常の測量成果は、2 次元図面の提出が求められることから、XY 座標の取得モードで成果を作成するのが一般的である。最近の電子平板の多くは、3 次元情報 (XYZ) の取得モードに切り替えることが可能で、このモードを利用すると、測量で得た位置情報に、3 次元座標を持つことができる。

この方法を採用すると、設計で用いる平面地形図と 3 次元地形モデルを CAD 上で整合させることができるため、計画図面を作成する必要がある設計レベルには、適した方法といえる。

(3) 崩壊前の地形データの取得

測量業界的には、電子平板による平面測量は、意外と古くから採用されている。とりわけ、山岳地形に対する測量では、等高線の補正や確認作業の簡素化のため、従前から、高さ情報 (Z 標高) を合わせて取得している例も少なくない。今回の対象地域も同様に、既往資料を整理した結果、平成 8 年の小規模崩壊前 (以下、崩壊前と称す) の平面地形 (SIMA) データに、Z 標高が合わせて記録されていることを確認した。

このため、今回地形モデルを作成する際に、崩壊前と崩壊後の両方に対し、3 次元地形モデルの作成を行うことが可能となった。

以下に、Z 標高が記載した SIMA データの一部を示す。

```

Z00, *** S I M A共通フォーマット測量データの開始
***,
G00, 01, K 谷,
Z00, ----- 座標データの出力開始 -----,
A00,
A01, 1, J, 1, 919. 951312, 658. 248645, 365. 003000,
A01, 2, J, 2, 948. 463230, 620. 555338, 377. 493000,
A01, 3, J, 3, 927. 554000, 575. 468000, 385. 469000,
A01, 4, J, 4, 881. 647000, 562. 081000, 396. 175000,
A01, 5, J, 5, 855. 296000, 528. 479000, 416. 221000,

```

資料-1 SIMA データ (抜粋)

4. 測量成果からのモデル化

地形平面図から地形モデルに生成するには、一般に、高度を持たせた等高線と測量単点を利用して、TIN を作成する。今回もその方法を採用した。

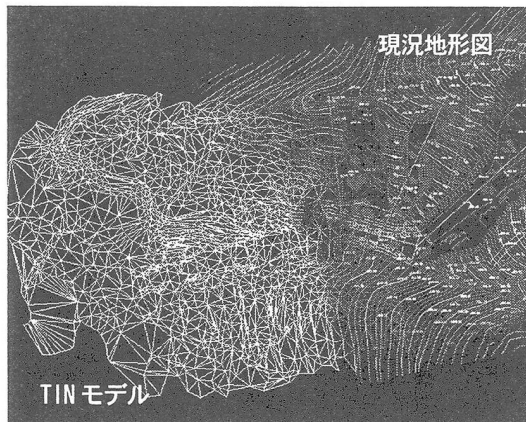


図-1 TIN の生成結果

5. 3次元地形モデルの検証

(1) 等高線モデルの採用

地形モデルの表現方法には、TIN をそのまま見せる方法 (図-2) や、GRID に変換して見せる方法 (図-3) 等がある。

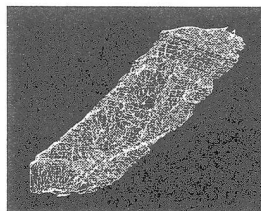


図-2 TIN モデル

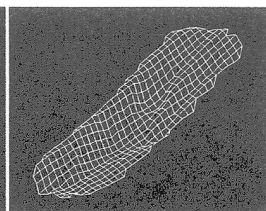


図-3 GRID モデル

当業務では、地形改変の状況をシンプルに理解しやすく表現する方法として、等高線モデル (図-4) を採用した。この方法は、一度、TIN として認識させた地形モデルを元に、高度を持たせた等

高線オブジェクトを生成する方法で、平面的にみると、通常の地形図であるが、角度を持たせると、立体的視 (図-4) できる。古典的な手法であるが、第三者には非常にわかりやすい。

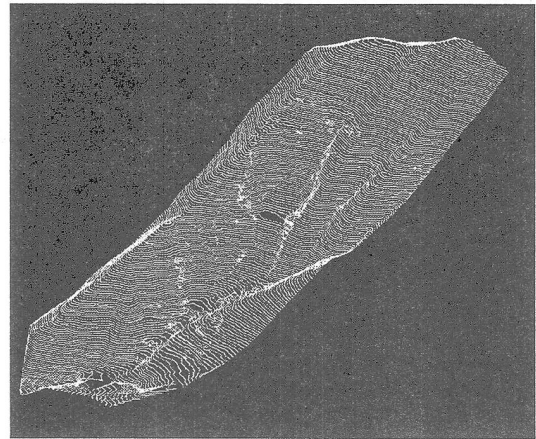


図-4 等高線モデル

(2) 崩壊前地形との比較

等高線モデルの良い点は、2 つの地形モデル重ね合せて理解するのに適している。不動地形については、等高線が重複しているため、一つの等高線オブジェクトとして見えるが、変化部は、等高線が交差するため、その違いがよくわかる。

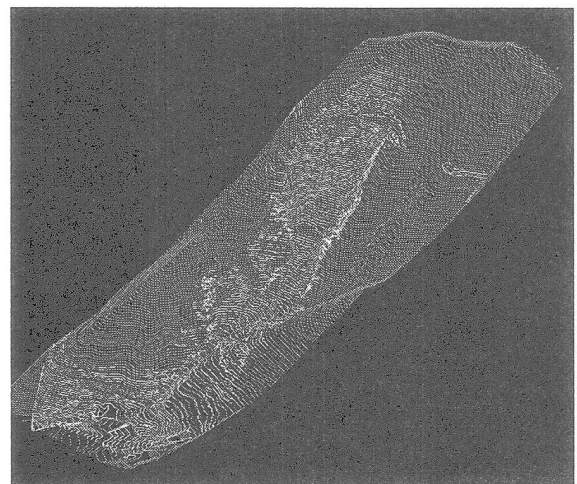


図-5 崩壊前地形との比較

(3) 空中写真との比較

当該地区の空中写真 (写真-2) を示す。崩壊前と崩壊後の比較地形モデルをみると、写真で示される植林地形の崩壊際が、うまく表現されており、当該地形モデルの妥当性が確認できる。

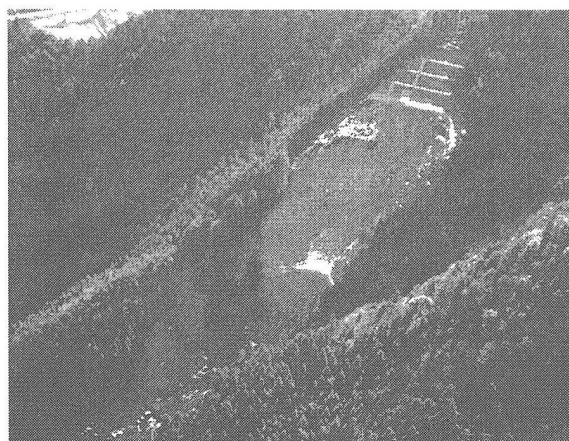


写真-2 崩壊後の現地形の空中写真

(4) 縦横断面図による比較

当該地形モデルから生成した縦横断面図（図-6）を示す。上流側で崩れた地形が、下流側で堆積する様子が確認できる。

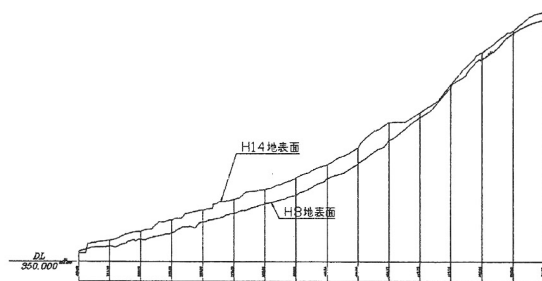


図-6 (a) 地形縦断面図

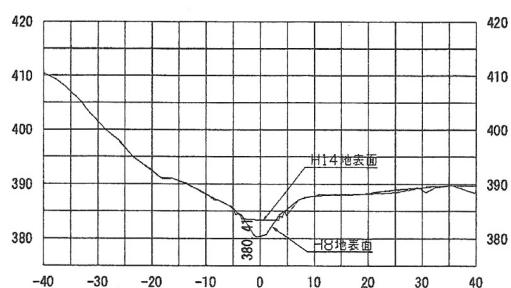


図-6 (b) 地形横断面図（下流）

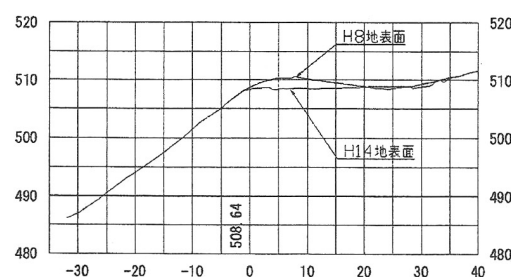


図-6 (c) 地形横断面図（上流）

6. 3次元の土工設計

作成した地形モデルに対し、設計や計画・検討図面の作成等は、3次元設計ツールを活用した。3次元（谷留高/のり面工/尾根切）設計には、オートデスク社の AutoCAD Land Development DeskTop (LDT) と AutoCAD Civil Design (Civil) を使用した。LDT/Civil は、地形モデルの TIN 生成や、切盛土の土工を含む工事用道路の計画や、架設ヤードの造成、山腹基礎工の床掘計画等に対して活用でき、業務の効率化が図ることができた。

あとがき

3次元設計支援システムの位置付けは、CG を作るツールでなく、3次元という次元の高度化により、従来作業に対するソリューションを促す行為と受け止め、設計コストの増加を限りなく抑え、その生産性の向上を伸ばすような仕組みであると考えることが重要である。

土木業界の3次元設計の取り組みは、現況地形という3次元のリアル空間からアプローチする点だが、他産業に比べて異なる。それ故に、仮想データとリアル・データとの同期化は、設計の矛盾（仮定条件）を縮小するためには、必要な技術である。

測量の高度化からの地形モデルの変換するアプローチも重要技術的課題であるが、現状の機材を工夫することによる、今回のケースのような設計の高度化手法は、設備投資が少なく、手法が簡易であるため、3次元設計ユーザーの裾野を広げる意味からも、是非、現場での採用に、ご検討願いたいと考える次第である。

【参考文献】

- 1) 小林一郎他：ウェブを用いたコラボレーション型授業による3次元道路設計演習，土木情報システム論文集 Vol. 11 pp103-112, 2002. 10
- 2) 三上市蔵，田中成典他：電子国土を活用した道路の測量業務に向けての現業分析，土木情報システムシンポジウム講演集 Vol. 27 2002 pp13-16, 2002. 10
- 3) 永富大亮他：測量3次元地形モデルを活用した設計業務の事例紹介，土木情報利用技術講演集 Vol. 28 2003 pp87-90, 2003. 10