

大阪大学大学院工学研究科 学生員 ○吉田 善博

大阪大学大学院工学研究科 正会員 矢吹 信喜

1. はじめに

土木工事の施工計画は、本来数多くの代替案を作成し比較の上、最適なものを選択すべきである。しかし、紙の図面と手計算ではおのずと限界がある。そこで、3次元CADに工程計画による時間軸を加えた4次元CADシステムの開発が進められている。しかし、土工計算ができる3次元CADや工程計画ソフトは比較的価格が高く、操作も容易ではないことから、どの組織でもそろえられるかと言えば、現状では困難なところが多いであろう。

そこで本研究では、汎用性が高く、価格の安い通常よく使用される表計算ソフトウェアを使用することにより、簡便な土工4次元CADシステムを開発することを目指して、土砂と岩掘削を区別する土工ブロックモデルを構築することを目的とした。

2. ブロックモデル

「ブロックモデル」とは、切土、盛土工事を対象として、グリッドで区切られた平面図内にある、複雑な形状をした掘削盛土を立方体及び直方体として近似させるモデルである。掘削については、土砂と岩とを区別している。ブロックモデルのメリットとしては、

- ・ ブロックは、標高ごとに区切った立方体及び直方体であるから、施工計画を立てやすい。
- ・ 表計算のような容易にしようできるソフトで、各ブロックの施工順序を指定できる。
- ・ 各ブロックに属性データを付加することができる。
- ・ ブロック×単価といった簡単な計算で積算ができる。
- ・ 表計算ソフトのファイルから容易に地形や施工順序を可視化することができる。

といったことが挙げられる。

3. 現況地形と土工計画面の土量差のブロックモデル化

現況地形と土工計画面の土量差をブロックモデル化する方法について述べる。まず、対象地形の平面図から、 x 軸と y 軸に平行な等間隔の直線でグリッドを作成する(図-1)。次に、各グリッドに囲まれた現況地形と土工計画面の高低差を比較し評価していく。尚、ブロック面の標高は、現況地形の場合、土砂層と岩層で区別することとした。従って、各グリッドについて求めるブロック面の標高は、(1)現況面の土砂層の標高 Aa_{ij} 、(2)計画面の標高 Ba_{ij} 、現況面の岩層の標高 Ca_{ij} の3つである(図-2)。各面の標高は、グリッドの4すみの標高値の平均値とした。

Aa_{ij} 、 Ba_{ij} 、 Ca_{ij} を求めることによって、グリッド毎に3つの面の標高を比較し、土砂・岩掘削面であるか、盛土掘削面であるか判別することが可能である。判別結果としては、以下の4パターンが挙げられる(図-3)。

- ① $Ba_{ij} > Aa_{ij} \geq Ca_{ij}$: 計画面は盛土
- ② $Aa_{ij} > Ba_{ij} \geq Ca_{ij}$: 計画面は土砂掘削
- ③ $Aa_{ij} > Ca_{ij} > Ba_{ij}$: 計画面は土砂・岩掘削
- ④ $Aa_{ij} = Ca_{ij} > Ba_{ij}$: 計画面は岩掘削

最後に、対象地形のグリッド毎にブロックの作成を行う。ブロックの作成は、 $Aa_{ij}=Ba_{ij}=Ca_{ij}$ の場合、つまり、地表面標高と掘削面標高が同じ（掘削・盛土工事を行わない）場合は、ブロックを作成しない。一方、 $Aa_{ij} \neq Ba_{ij} \neq Ca_{ij}$ の場合、つまり、地表面標高と掘削面標高に高低差がある（掘削・盛土工事を行う）場合は、ブロックを作成する。

4. 土工ブロックモデル作成プログラムの作成

本研究では、3. で示した現況地形と土工計画面の土量差のブロックモデルの作成結果を、表計算ソフト Microsoft Excel に自動的に移送するためのプログラムを Java 言語を用いて作成した。移送されるブロックデータは、ID 番号、段標高、下面標高-上面標高、面標高差、ブロック体積、ブロック種別（盛土=1, 土砂掘削=2, 岩掘削=3）及び盛土、掘削体積の合計である（表-1）。

プログラムの作成後は、本研究で作成したプログラムの計算精度を検証するために、3次元 CAD システムである Autodesk Civil3D を用いて、サンプル地形を対象に土工量の計算結果を比較した。グリッド間隔が 5m の場合と 2m の場合で誤差を比較した結果、5m では 0.18~1.95%、2m では 0.03~0.05% であった。しかしながら、グリッド間隔を小さくした場合にはデータのサイズが大きくなるため、バランスを考えてグリッド間隔を決定する必要があるものと考えられる。

5. 結論

本研究では、簡便な土工 4 次元 CAD システムを開発することを目指して、土工ブロックモデルを構築した。また、ブロックモデルの作成結果を Microsoft Excel に自動的に移送するためのプログラムを Java 言語を用いて作成し、計算精度の検証を、Autodesk Civil3D と比較して行った。その結果、ブロックモデルについては、ある程度の大きさの土工事であれば、グリッド間隔 2m 程度で十分な精度を得られることが分かった。

今後の課題は、システム的环境を整備し、実際のプロジェクトに利用して検証していくことである。

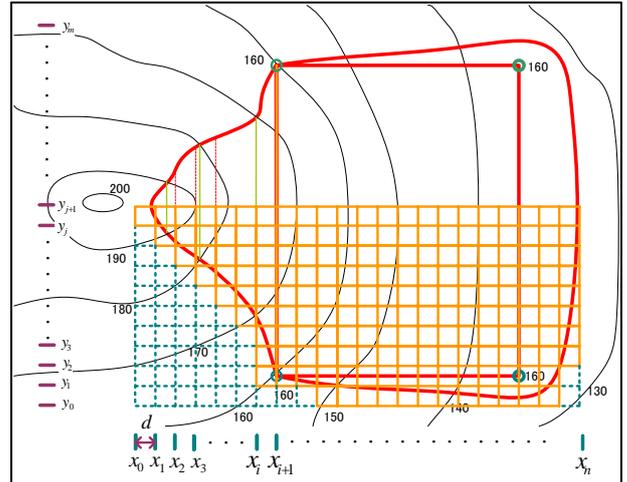


図-1 現況、計画地形グリッド適用図

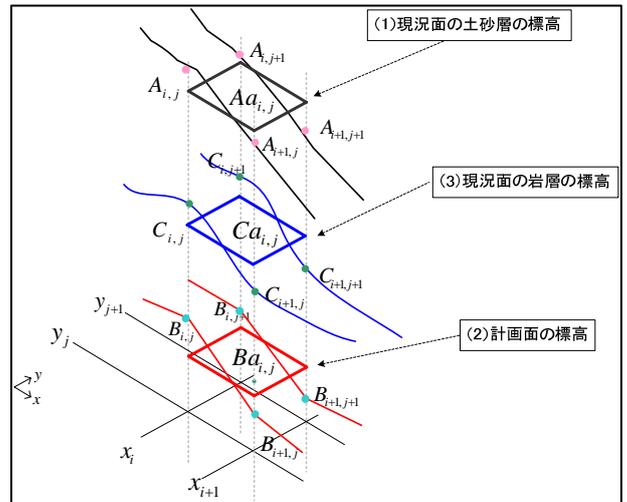


図-2 土砂層、岩層、計画面の標高

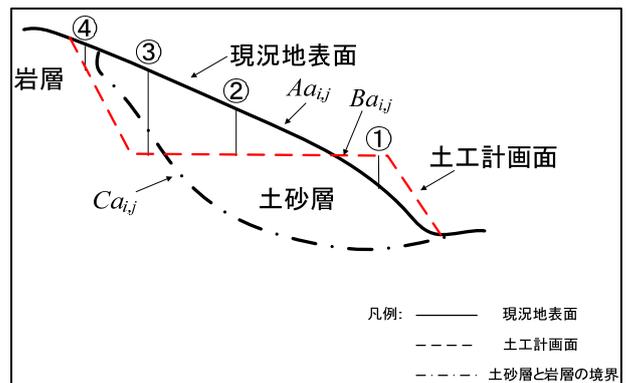


図-3 掘削面の判断の例

表-1 Microsoft Excel にブロックデータを移送した例

ID	段標高	下面標高-上面標高	面標高差	ブロック体積	ブロック種別 1:盛土 2:砂 3:岩物	切土合計
1	350.0 - 345.0	345.0 - 345.28446180153446	0.284461802	7.111545038	2	170882.7588
2	350.0 - 345.0	345.0 - 346.52736679917155	1.527366799	38.18416986	2	
3	350.0 - 345.0	345.0 - 346.2097422015782	1.209742202	30.24355504	2	土砂掘削分
4	350.0 - 345.0	345.0 - 346.69009279115395	1.690092791	39.77197979	2	151603.9953
5	350.0 - 345.0	345.0 - 347.53392379465595	2.533923795	63.34808467	2	
6	350.0 - 345.0	345.0 - 347.266636510407	2.266636511	56.41633878	2	岩掘削分
7	350.0 - 345.0	345.0 - 345.739210409778	0.73921041	18.48026024	2	19078.7735
8	350.0 - 345.0	345.0 - 345.2734570739823	0.273457079	6.636426946	2	
9	350.0 - 345.0	345.0 - 346.65522269514096	1.655222595	46.39056498	2	盛土合計
10	350.0 - 345.0	345.0 - 347.645445504697	2.645445505	66.13613762	2	26509.57995
11	350.0 - 345.0	345.0 - 347.6751165950555	2.675116595	66.87791463	2	
12	350.0 - 345.0	345.0 - 346.92409976736724	1.924099767	49.10248416	2	ネット
13	350.0 - 345.0	345.0 - 345.2690791496365	0.26907915	6.476863741	2	144173.179
14	350.0 - 345.0	345.0 - 345.2842882559695	0.284288256	7.107206399	2	
15	350.0 - 345.0	345.0 - 346.4894314627687	1.489431463	37.23578657	2	
16	350.0 - 345.0	345.0 - 347.1363697639775	2.136369764	53.3826941	2	

謝辞：本研究は、前田建設工業株式会社から多大な協力を頂いた。ここに記して謝意を表す。