

3 次元地質モデル作成と留意点について

アサヒコンサルタント(株) 北尾 泰広

1. はじめに

近年、建設業界では CIM (Construction Information Modeling/Management) の推進に伴って、3 次元技術を積極的に活用する事例が増えている。地質調査においても地質構造の可視化による地質リスクの低減、各種数値解析時のメッシュデータ作成を目的として 3 次元地質モデルを作成する機会が増加している。しかし、地質調査時のボーリング本数は限られているため、3 次元地質モデル作成時の精度向上が課題となっている。

本発表は、単純な地盤モデルを設定し、格子点に配置したボーリングを用いて地質境界モデルを作成したのち、両者の比較を行い、3 次元地質モデルを作成する際に生じた問題や留意点の整理を行った。

2. 方法

3次元モデルを作成するソフトウェアは数種類存在するが、本発表では、五大開発(株)の MakeJiban を用いた。

(1) 仮想モデルの設定

仮想モデルの平面範囲は縦200m×横200m とし、図-1に示した様な3つの形状を設定した。

また、それぞれのモデルにおいて、図-1の矢印で示した横断方向の傾斜は「緩傾斜」、「急傾斜」の2種とし、計6パターンの仮想モデルを設定した。

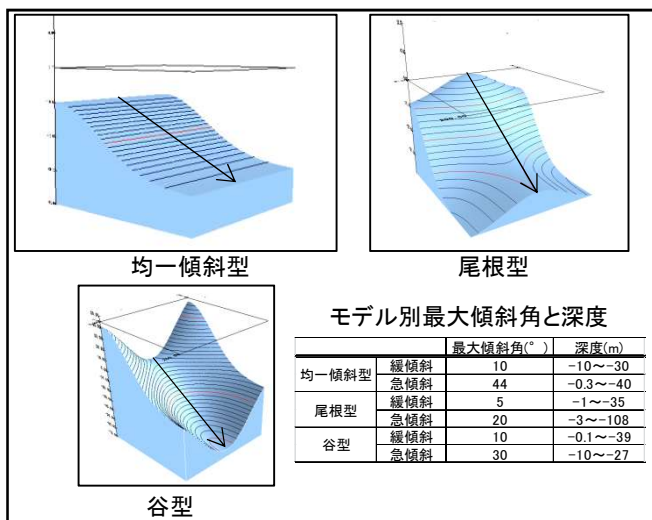


図-1 仮想モデル

(2) ボーリングによる地質境界の推定

ボーリング位置は、正方形の格子点上に配置した。その間隔は、表-1、表-2に示す通りである。これらの配置および間隔でソフトウェアを用いて地質境界の推定を行った。なお、地質境界の推定には、改良 B スプラインを用いた。

(3) 仮想モデルとボーリングによる地質境界の比較

(1)で作成した仮想モデルと(2)ボーリングによる地質境界を比較し、地質境界の誤差について整理を行った。以下の図-2および図-3に、谷(急傾斜)の仮想モデルとボーリングによる地質境界の比較を模式的に示す。

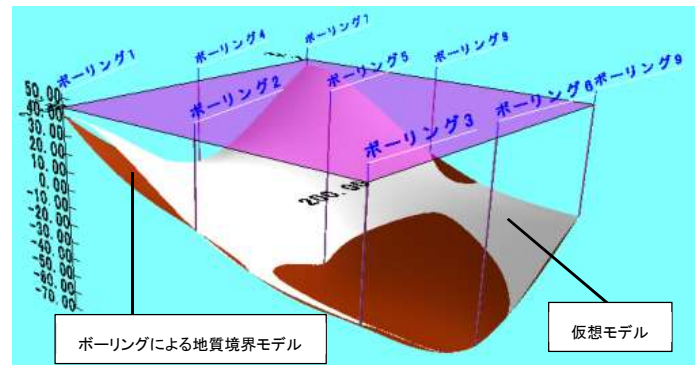


図-2 仮想モデルとボーリングによる地質境界の比較

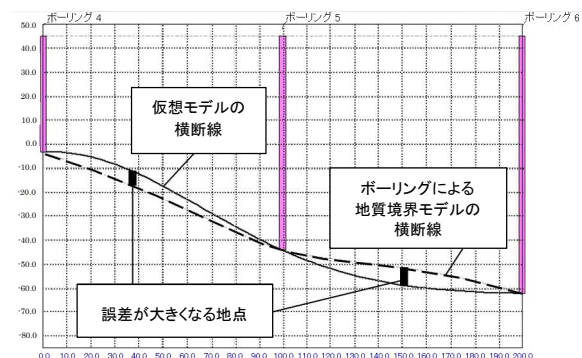


図-3 断面図による仮想モデルとの比較模式図

3. 結果

(1) 面全体の評価

仮想モデルとボーリングによる地質境界との誤差の最大値と平均値は、以下の通りであった(表-1、表-2)。誤差の最大値について見ると、各モデルとも「緩傾斜」では、ボーリング間隔が60m の場合において、仮想モデルとボーリングによる地質境界との誤差の最大値は2m 以内であった。一方、「急傾斜」の場合は、ボーリング間隔を20~40m とすることによって、「緩傾斜」と同程度の誤差となった。

誤差の平均値においても、同じような傾向が見られ、「緩傾斜」の場合には、ボーリング間隔が60m の場合に仮想モデルとボーリングによる地質境界との誤差の平均値は0.5m 以内であった。一方「急傾斜」の場合は、ボーリング間隔を20~40m とすることによって、「緩傾斜」と同程度の誤差となった。

表-1 ボーリング間隔別最大誤差のまとめ

ボーリング間隔	100mごと	60mごと	50mごと	40mごと	30mごと	20mごと
均一傾斜	緩傾斜	3.11	1.15	0.75	0.43	0.28
	急傾斜	9.93	7.04	7.15	6.12	4.55
尾根	緩傾斜	2.02	0.84	0.48	0.25	0.23
	急傾斜	5.63	3.77	2.37	1.36	1.34
谷	緩傾斜	4.47	1.86	1.17	0.66	0.43
	急傾斜	14.52	6.53	4.12	2.29	1.66

表-2 ボーリング間隔別平均誤差のまとめ

ボーリング間隔	100mごと	60mごと	50mごと	40mごと	30mごと	20mごと
均一傾斜	緩傾斜	1.40	0.33	0.16	0.07	0.05
	急傾斜	3.62	1.19	1.08	1.06	0.58
尾根	緩傾斜	0.71	0.21	0.13	0.06	0.03
	急傾斜	1.65	1.03	0.56	0.25	0.12
谷	緩傾斜	1.45	0.43	0.27	0.12	0.06
	急傾斜	4.61	1.57	0.96	0.43	0.22

(2) 誤差の大きい箇所の特徴

誤差の傾向は、「緩傾斜」の地質境界よりも、「急傾斜」の地質境界において大きい結果となった。仮想モデルとボーリングによる地質境界との誤差が大きい箇所の特徴は「ボーリングポイントから遠い」、「地質境界の曲率が大きい」ことであった(図-4)。

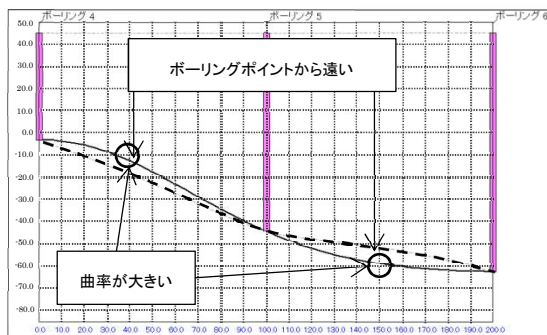


図-4 誤差の大きい箇所の一例(谷型の場合)

(3) ボーリング地質境界の再推定

谷(急傾斜)の仮想モデルにおいて、100m 間隔(図-5 ○・パターン1)で行ったときに誤差が大きかった斜面部にボーリングを追加した(図-5 ●・パターン2)。その結果、仮想モデルとパターン2との誤差の最大値は5.54m、平均値は1.57m となり、60m 間隔で行ったときより誤差の最大値は小さくなり、平均値は同じ程度となった。

次に、パターン2に、下流側の谷を挟んでボーリングを追加した(図-5 ▲・パターン3)。その結果、仮想モデルとパターン3との誤差の最大値は3.88m、平均値は1.05m となり、さらに仮想モデルとの誤差は縮小した。

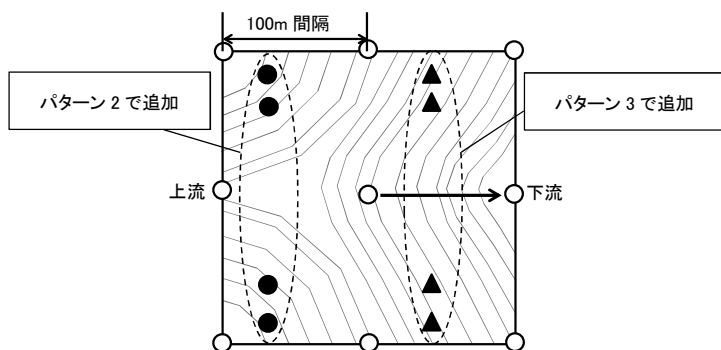


図-5 追加ボーリングの位置[谷(急傾斜)]

4. 考察

(1) 効率的なボーリング配置

ボーリングポイントから遠く、かつ曲率が大きくなる箇所は、誤差が大きくなりやすい傾向にあった。このことからできるだけ曲率が大きな箇所にもボーリングを配置することによって地質境界面の推定精度は向上するものと考えられる(図-6)。なお、「緩傾斜」の地質境界が「急傾斜」に比べて誤差が小さかったのは、曲率の大きな箇所が少なかったためと考えられる。

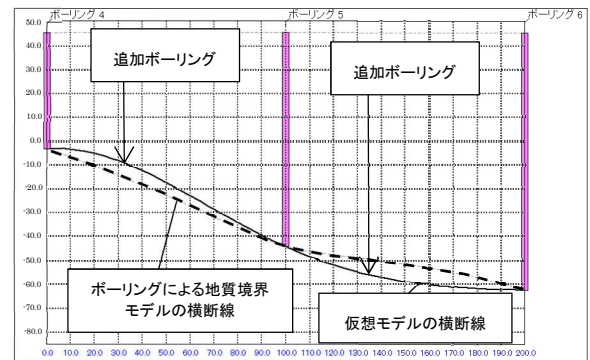


図-6 追加ボーリング位置の模式図

(2) 改良 B スプラインで面を推定する上での留意点

Make Jiban での境界面の推定には、ドロネー分割と改良 B スプラインの2種類があるが、本発表では、改良 B スプラインにより推定を行った。改良 B スプラインは、コントロールポイントを通るように滑らかな面で曲面を生成するように推定するため、地質境界が急に変化するような場所では、改良 B スプラインによる推定が適さない可能性があるため注意が必要である。

5. 今後の課題

本発表では、単純な地盤モデルを仮定し、ボーリングによって推定される地質境界との比較を行い、3次元地質モデルを作成する際に生じた問題や留意点の整理を行った。今回の検討では、単純な地質境界モデルであっても誤差が大きい結果となったが、これは地質境界の推定を全てソフトウェアのアルゴリズムに頼ったことが一つの要因と考えられる。また、実際の業務では、地質技術者の技術的判断を加味して地質境界の推定を行っている。このため、地質技術者によって推定される地質境界面に差が生じているのが現状である。

今後、データの蓄積およびソフトウェアの改良がなされ、技術者の違いによって生じる地質境界の誤差が小さくなることが期待される。