

統合地震シミュレーションに用いる 高知市の三次元地盤モデルの作成

学籍番号：1130011 氏名：井口 直人
高知工科大学システム工学群建築都市デザイン専攻

本研究の先行研究である戸田修士論文では高知市の地盤を考慮した地震シミュレーション実現の為に統合地震シミュレーション IES に地盤構造モデルを構築し、三次元モデルによる数値解析を行った。

本研究では、その三次元モデルとして高知市の三次元地盤モデルを作成する。その為に、高知市の地盤情報から必要なデータを抽出し、抽出したデータを可視化することによって、三次元地盤モデルが作成可能か検討を行った。

Key Words : IES、XML、可視化、条件設定 三次元地盤モデル

1. はじめに

本研究を行うにあたって、本研究の先行研究にあたる【2011年度戸田健太修士論文「都市を対象とした震災シミュレーションのための地盤構造モデルの構築」】について、研究背景として紹介する。

1.1 高知平野の地盤性状

高知平野は南北を山脈にはさまれた地構状盆地を成している。沖積層は朝倉以東から国分川周辺にかけて広く分布し、高知県庁や高知駅周辺では比較的堅い岩の露頭が見られる。高知平野の地盤性状において、高知港から広がるようにして、一般的に軟弱層と呼ばれている粘土、シルト、砂、または礫など N 値の低い沖積層が分布している。

戸田修士論文は、この高知市の不整形な地盤性状を考慮した数値シミュレーションを行うために、高知市の地盤情報を基に、統合地震シミュレーション IES に地盤構造モデルを構築し、数値解析を行った。

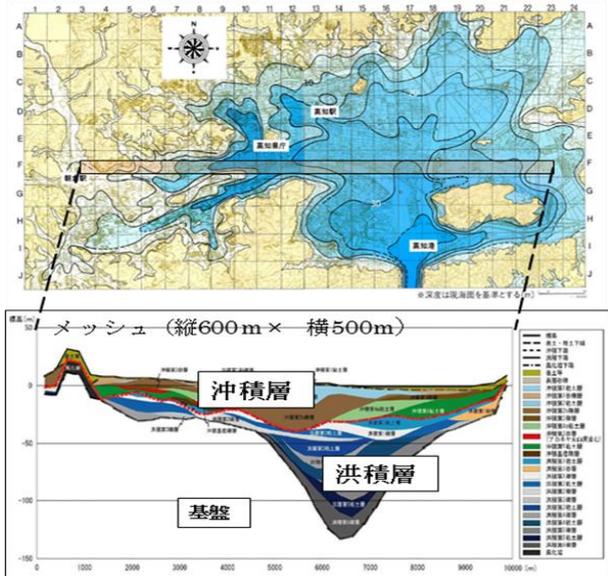


図 1.1 沖積層基底面深度図(上)

図 1.2 表層地質断面図(下)

1.2 高知ユビキタス事業

ここで、戸田修士論文が高知市の地盤情報として使用した高知ユビキタス事業について紹介する。

高知ユビキタス事業は、高知地盤図以外に国土交通省、高知県、高知市の持つボーリングデータについて収集を行っており、それを基にした 125mメッシュにおけるボーリングデータを参照とした XML 形式のデータ、鉛直一次元地盤柱状体モデル情報が作成されている。(図 1.3)

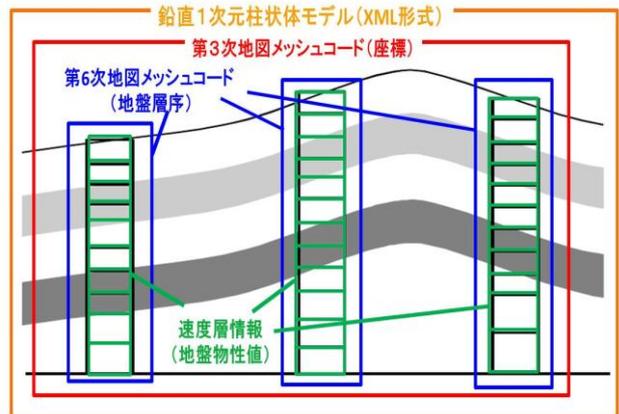


図1.3 鉛直1次元地盤柱状体モデル情報

1.3 統合地震シミュレーション (IES)

IESの対象となる都市モデルは地理情報システムから自動構築される。そして、シミュレーションで扱われる数値解析手法は、地震学・地震工学や災害対応に関して蓄積された数値解析手法であり、IESは自動構築された都市モデルに対し、数値解析手法を統合したシミュレーションを実行する。各種シミュレータと、対象となる事象の関係を図1.4に示す。

IESでは多次元モデルによる地盤応答解析を行うことで、高度な地震シミュレーションを実現している。これに対し、戸田修士論文では、三次元モデルを作成し、地盤応答解析を行うことで、作成した地盤構造モデルがIESの機能として働いていることを確認した。

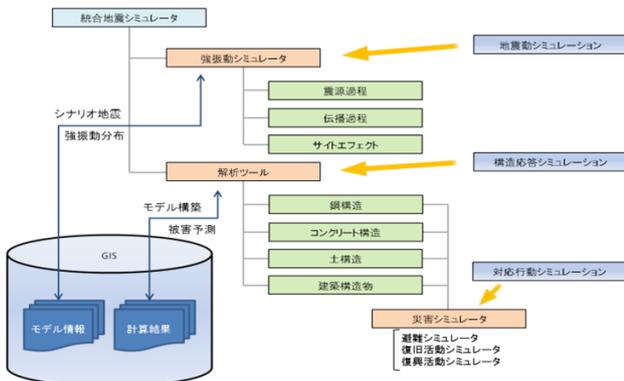


図1.4 統合地震シミュレーション

1.4 地盤構造モデル

戸田修士論文が作成した地盤構造オブジェクトについて紹介する。

IESのソースコードはオブジェクト指向プログラミングのよって作成されているため、戸田修士論文では、統合開発環境にVisual C++ 2008を使用し、C++による地盤情報のコーディングを行っている。

地盤構造モデルは、地盤情報であるXMLデータについての読み込みと出力を行うものである。読み込みについては、XMLに内包されているデータの全項目についてのclassを定義しており、XMLデータの出力については、classを定義することによって必要な情報だけを出力することができる。

戸田修士論文では、解析に必要な情報である座標、層厚、S波速度値、P波速度値、減衰定数を出力するclassをLayer, BoringData (図1.5) として定義している。

```

class NS_GIS_MODEL_ID::Layer
{
public:
double thickness;
double vp,vs,h; //速度構造,減衰定数
//
Layer() {}
~Layer() {}
//
void Output( ostream& out ) const;
};

class NS_GIS_MODEL_ID::BoringData
{
public:
Vector3D position; //座標
vector<Layer> layerset;
//
BoringData() {}
~BoringData() {}
//
void Output( ostream& out ) const;
};

```

図1.5 Layer, BoringData (Model_d1)

2. 研究の目的

本研究では、地盤応答解析に用いる三次元モデルとして、高知市の三次元地盤モデルを作成する。

そこで、地盤構造モデルを用いて高知市の地盤情報であるXMLデータから、三次元モデル作成に必要なデータを抽出し、そのデータを可視化することによって三次元地盤モデルが作成可能か検討する。

3. 地盤オブジェクト

3.1 XMLデータの出力

本研究に必要な情報として、座標、メッシュ平均標高、地質記号、層厚の4つについて、XMLより出力した。また、出力形式については、位置情報である座乗について、地層情報が繰り返し表示されるように出力している。

経度	緯度	標高	層数	地質記号(1)	層厚(1)	地質記号(2)	層厚(2)
133.4648440	33.4869790	7.9	4	As	0.5000	Ac	3.5000 Ag 8.1500 RW 0.0000
133.4664060	33.4838540	36.1	2	As	1.0000	RW	
133.4679690	33.4838540	27.3	2	As	1.0000	RW	
133.4679690	33.4848960	29.7	2	As	1.0000	RW	
133.4664060	33.4859380	20.4	2	As	1.0000	RW	
133.4664060	33.4869790	32.1	2	As	1.0000	RW	
133.4679690	33.4869790	35.2	2	As	1.0000	RW	

図3.1 出力結果

3.2 地盤情報の位置

出力したXMLデータの緯度と経度を基に、それぞれの地盤情報の位置を地図データ上に出力した。

赤丸で囲んでいる部分は高知城付近で、この範囲についての地盤の比較を行った。

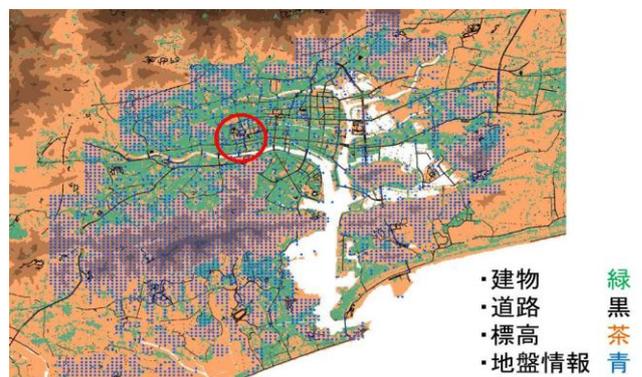


図3.2 地盤情報の位置

4. データの可視化

4.1 数値データ

表を見て分かるように、これだけでは実際その点の地盤がどのような状況になっているのか、イメージが持ちづらく、数値データでは隣接する地盤データと比較が困難であることが明らかである。このことから、三次元地盤モデルを作成する上で、可視化することの重要性が分かる。そこで、黄色で示した部分の可視化を行った。

表4.1 東経133.5289° 地点

133.5289 33.55156	133.5289 33.5526	133.5289 33.55469	133.5289 33.55573	133.5289 33.55781	133.5289 33.55885	133.5289 33.57091	133.5289 33.57135	133.5289 33.57344
5.2	5.2	5	4.9	5	5	4.4	4.6	4.7
7	6	9	1.6	1.2	1.2	9	9	6
As	As	As	As	As	As	As	As	As
0.85	1.1	2.5	0.7	1	1	3	3.45	1.6
Ac	Ag	Ag	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac
1.75	3.7	1.7	0.8	3.7	3.7	0.65	1.45	0.9
Ag	Ac	Ac	Ag	As	As	As	Ag	Ag
4.4	3.5	0.9	2.4	4.6	4.6	2.35	2.1	1.2
As	As	Ag	As	As	Ac	4.7	2	As
2.2	2	3.8	0.4	4.6	4.6	4.7	2	2.6
As	Ac	As	Ag	Ac	Ac	As	Ac	Ac
2.3	4.9	4.9	2.3	4.9	4.9	2.9	3.4	6.5
Ac	Dg	As	Ac	As	As	Ac	As	RW
1.7	4.8	1	2.8	2.9	2.9	1.7	2.1	0
RW	0	Ac	As	Ac	Ac	Dg	Ac	
		4.4	2.5	3.7	3.7	2.2	1.25	
		Dg	Ac	Dg	Dg	砂質土扶	Ag	
		2.7	5.1	3.7	3.7	8.5	1.5	
		Ds	As	Ds	Ds	RW	RW	
		4.1	2.9	0.9	0.9	0	0	
		Ag	Ds	Ds	Ds			
		0.8	1.2	1.2				
		As	Dg	Dg				
		3.2	8.8	8.8				
		Dg	RW	RW				
		5.8	0	0				
		Ds						
		0.8						
		Dg						
		1.4						
		Dc						
		0.9						
		Dg						
		5.2						

表4.2 北緯33.55781° 地点

133.5055 33.55781	133.5164 33.55781	133.5242 33.55781	133.5258 33.55781	133.5289 33.55781	133.532 33.55781	133.5367 33.55781	133.5383 33.55781	133.5414 33.55781
7.4	4.9	5	5.1	5	5.5	6.2	5.1	2.9
3	7	1.0	1.0	1.2	1.0	1.1	1.1	1.5
Ac	As	As	As	As	As	As	As	As
4.7	0.6	0.2	1.5	1	2.6	0.5	0.5	1.5
Ag	Ag	Ag	Ag	Ac	Ag	Ac	Ac	Ag
2.3	2.25	6.8	5	3.7	2.2	3.5	3.5	2.9
RW	Ac	Ac	Ac	As	As	As	As	As
0	0.25	3	4	4.6	3	3.8	3.8	4.1
	As	As	As	As	As	As	As	Ac
	1.9	3	1.5	4.6	5	6.35	6.35	3.7
	Ag	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ag
	1.6	5.4	5.6	4.9	4.9	2.75	2.75	0.3
	Ac	As	As	As	As	As	As	As
	0.8	2.6	4.6	2.9	3.2	2.5	2.5	3.2
	Dg	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac
	2.6	7.6	3.6	3.7	1.2	4	4	1.1
	Dg	Dg	Dg	Dg	Ag	Dg	Dg	As
	0.7	3.45	3.7	4	1.75	1.75	1.75	5
	Dc	Dg	Dc	Dg	As	Dg	Dg	Ac
	1.4	0.65	0.9	15.7	1.65	1.65	1.65	2.6
	Dg	Dg	Ds	RW	Dg	Dg	Dg	Ag
	9.6	0.4	1.2	0	13.7	6.2	6.2	4.4
	Dg	Dg	Dg	Dg	RW	RW	RW	Dg
	8.8	0	0	0	0	0	0	3.7
	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW	Dg
	0	0	0	0	0	0	0	7
								Dc
								0.4
								Dg
								3.3
								RW
								0

4.2 数値データの可視化

数値データを基に、地盤情報の可視化を行った。点Qで直交していることを考えると、Agの地盤が南西より入り込んできていることが分かる。また、Agは点Qを挟んで1つ東側の地盤データにも存在している。つまり、このAgの地盤が点Qの南側を回りこむような形で成形されている可能性があることが分かる。

このように、可視化することによって、漠然とではあるが地盤のイメージを持ち易くなることが確認できる。しかし、三次元地盤モデル作成となると、この可視化したデータでは不十分なので、三次元的な可視化が必要であることも分かる。そこで、図5.2で示した赤丸の範囲である高知城付近について三次元的に地盤情報の可視化を行う。

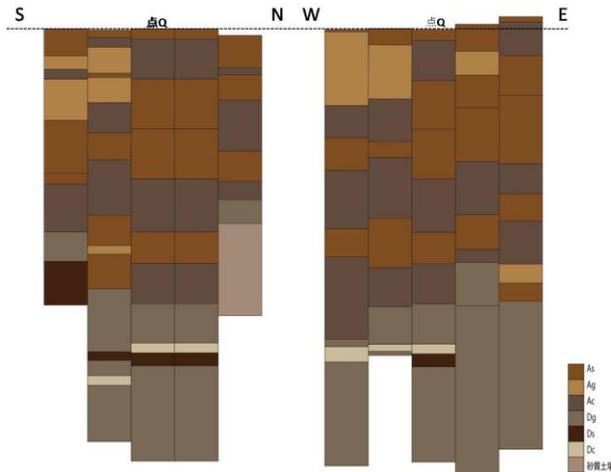


図4.1 地盤情報の可視化

4.3 可視化(三次元)

数値データを基に、地盤情報の可視化を三次元的に行った。三次元的に可視化するにあたり、メッシュ125mの大きさに対して地盤データが小さく、比較が困難であった為、標高と層厚を10倍の大きさで拡大して表示している。この三次元的に可視化した地盤情報を基に、三次元地盤モデルについての検討を行う。



図4.2 可視化(三次元)

4.4 地盤Agの比較

ここで、4.2で比較を行った地盤Agについて三次元でも南西方向、南東方向それぞれから見て比較を行い、三次元モデルとしての地盤の形成が可能か検討する。

まず、南西方向から見ると、北西から地盤Agが連なって存在していることが確認でき、南東にも地盤Agが点在していることが確認できる。ここで問題となるのが、点Qの前に地盤情報が存在していない(大きい赤丸)ことである。これでは、北西から連なって存在している地盤Agと南西に点在している地盤Agが繋がっているものなのか確認することができない。

次に、南東方向から見ると、こちらも北東から地盤Agが連なって存在していることが確認できる。ここで、点Qの前に存在している地盤情報を見ると、地盤Agが存在していないことが確認できる。

このように三次元的に地盤情報の比較を行うことで、三次元地盤モデルを作成するうえでの問題点となる部分の存在が確認できる。そこで、このような問題点を考慮させた地盤形成を行う必要がある為、問題点に対する条件を設定について検討する。

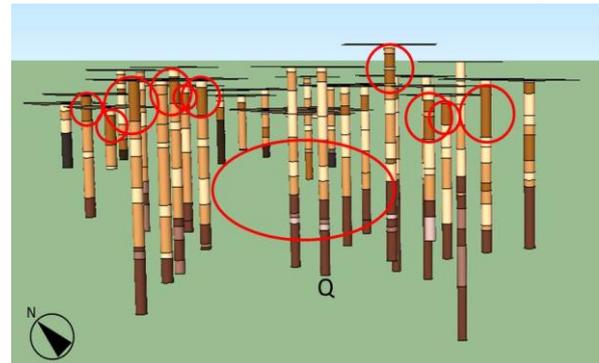


図4.3 南西方向

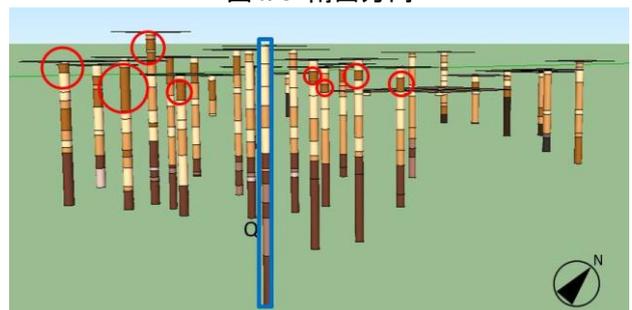


図4.4 南東方向

5. 形成条件

5.1 形成上の問題点

4.4で挙げられた問題点に加え、地盤Agを形成する過程において以下の2つの問題が挙げられた。

1) 地盤データ自体の無い場所

対象としている地盤が存在しているのか、していないのか分からない。

2) 地盤Agの間に細かい別の地盤が存在している

挟まれている地盤を存在するものとして扱うのか、していないものとして扱うのか判断が難しい。

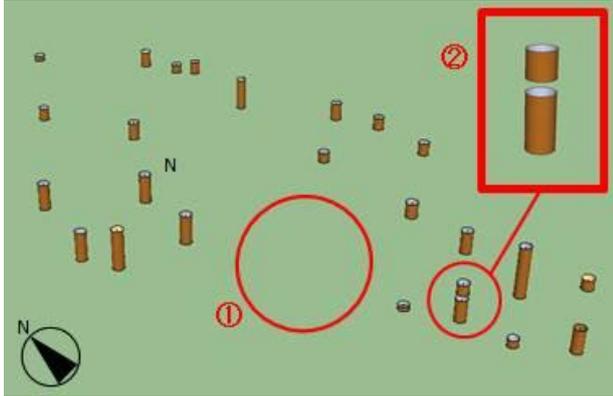


図5.1 地盤Agの問題点

5.2 Agの地盤形成の条件設定

5.1で挙げた問題点に対して、以下のように条件設定を行い、地盤Agの形成を行った。

1) 地盤データ自体の無い場所

地盤データの無い場合は対象の地盤はあるものとする。また、層厚については、その空間の中心部分の層厚を、囲んでる地盤Agの層厚との平均値とする。

2) 地盤Agの間に細かい別の地盤が存在している

同じ地盤に挟まれている別の地盤の層厚が

- ・ 1M未満の場合→地盤の存在を無視する。
- ・ 1M以上の場合→地盤を存在するものとして扱う。

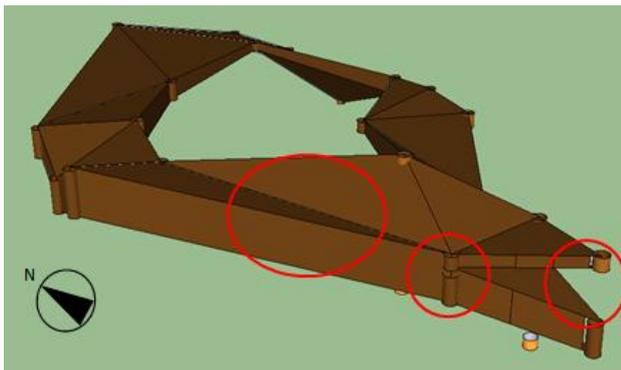


図5.2 三次元形成した地盤Ag

5.3 地盤の形成条件の設定

ある地盤に着目し、その地盤を形成するうえで、問題となる点を見つける条件を設定することで、問題点を考慮した地盤の形成を行う。

また、新たに問題が発生した場合にも、その問題に対する新しい条件を設定し、問題点を考慮した地盤の形成を行う。

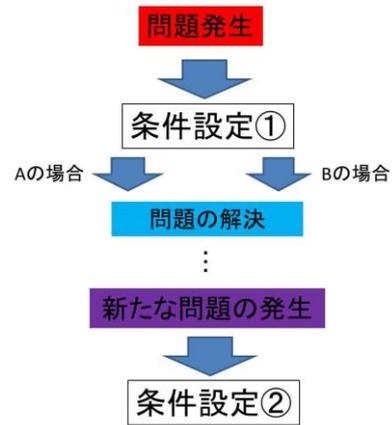


図5.3 条件設定の流れ

6. 三次元モデル

形成した地盤を基に、上下に隣接する地盤についても形成を行い、三次元モデルとして確立する。

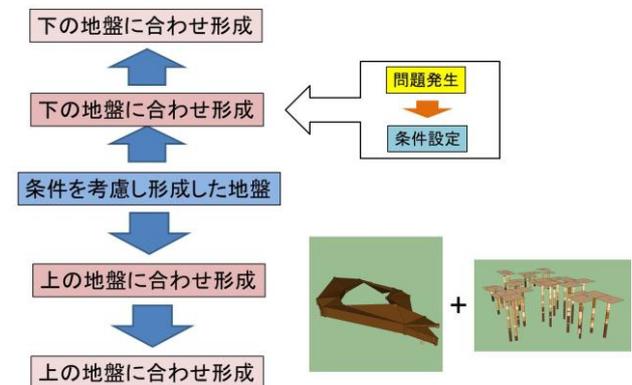


図6.1 三次元モデルの形成

7. まとめ

地盤構造モデルを使用することで、三次元モデル作成に必要なデータを出力できることが確認できた。また、そのデータを可視化することで数値データでは困難であった周りとの比較が容易にでき、形成条件の設定をすることで、三次元モデルとしての地盤モデルを作成できることが確認できた。

8. 課題

今後の課題として、地盤の形成条件を確立し、IESで地盤応答解析を行うため、高知市の三次元地盤モデルを作成する必要がある。

9. 参考・引用文献一覧

- 1) 2011年度修士論文 戸田健太
「都市を対象とした震災シミュレーションのための地盤構造モデルの構築」
- 2) 総務省 高知「ユビキタス(防災立国)」実証事業
： 高知地盤災害関連情報
ポータルサイト、<http://www.geonews.jp/kochi/> (取得日：2011/9/20)
- 3) 統合地震シミュレーションと地域防災への応用(2006)
東京大学地震研究所 市村強・堀宗朗・篠竹英介
- 4) 社団法人 高知県建築設計監理協会
： 高知地盤図, 1992.