

腐植土層における地盤応答解析に関する解析的検討

（株）復建エンジニアリング ○正会員 池亀 真樹、井口 光雄

1. はじめに

当社の設計業務である後背地に位置する鉄道橋梁の設計では、当該地盤が腐植土の堆積したおぼれ谷ということで、耐震設計が大きな課題となった。

設計においては、おぼれ谷における地震波の複雑な増幅効果、支持地盤の傾斜による各下部工の応答位相差を重要視し、地盤一構造物連成系の動的解析を実施することとなった。

本報告は、全体系の動的解析の前段として、極めて軟弱な地盤である腐植土層における各解析手法の適用性を、確認するものである。

2. 検討概要

本検討は、1次元の地盤応答解析によることとし、詳細法である直接積分法と、簡易法である等価線形化法による解析結果を比較した。解析パラメータは、各解析手法に加えて、発生させるひずみレベルとした。表1に実施した検討ケースを示す。なお、解析ツールはDINAS（CRCソリューションズ）を用いた。

表 1 検討ケース

比較ケース 番号	比較条件	応答解析 手法	ひずみ依存特性 (非線形化) 考慮手法	発生させる歪み レベル (入力地震動)
1	応答解析手法の違い	複素応答法	線形	比較的小さい (L1地震動)
		直接積分法		
2	小さい歪みレベルにおける 非線形性考慮手法の違い	複素応答法	等価線形化法	比較的小さい (L1地震動)
		直接積分法	履歴特性付加 (修正 R0 モデル)	
3	大きい歪みレベルにおける 非線形性考慮手法の違い	複素応答法	等価線形化法	比較的大きい (L2地震動)
		直接積分法	履歴特性付加 (修正 R0 モデル)	

3. 地盤条件および解析モデル

対象地盤の土質柱状図および解析モデルを図1に示す。同図から分かるように、N値0、単位体積重量 $\gamma = 10.5\text{kN/m}^3$ という極めて軟弱な腐植土層が16mに亘って表層を形成しており、その下位に、沖積砂、軟砂岩が堆積している。

解析モデルの境界条件は、側方は繰返し境界、底面は粘性境界とし、主要な変形モードを想定したレイリー減衰を考慮した。

図2に、Ap層のひずみ依存特性を示す。

また、入力加速度は、「鉄道構造物等設計標準・同解説 耐震設計 Ⅱ」における設計地震動(L1、L2SPCⅡ)とした。

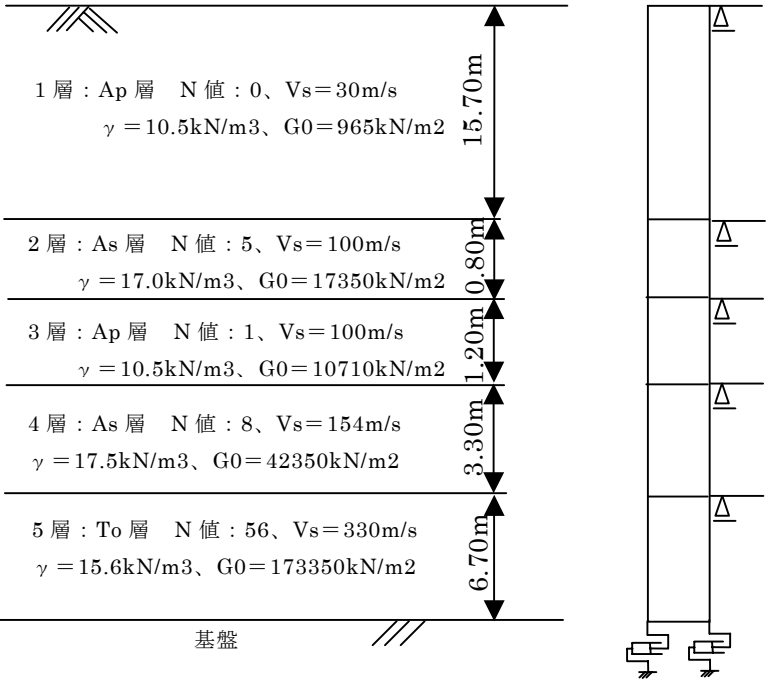


図 1 土質および解析モデル図

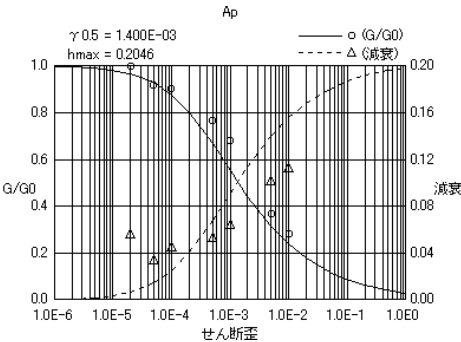


図 2 Ap 層の土質柱状図

4. 解析結果

ケース1～3の解析結果について、地表面の応答加速度の時刻歴をそれぞれ図3～5に、応答変位の時刻歴を図6～8にそれぞれ示す。また、各ケースの最大応答値を表2に示す。

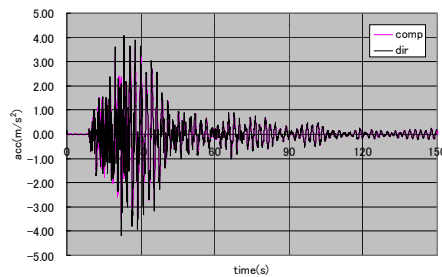


図3 応答加速度 (case1)

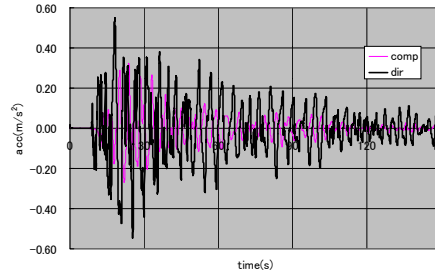


図4 応答加速度 (case2)

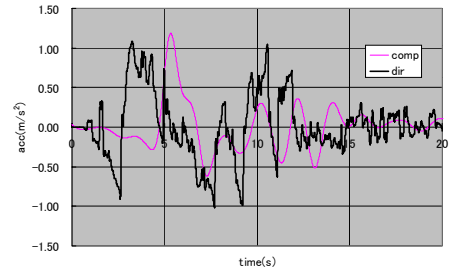


図5 応答加速度 (case3)

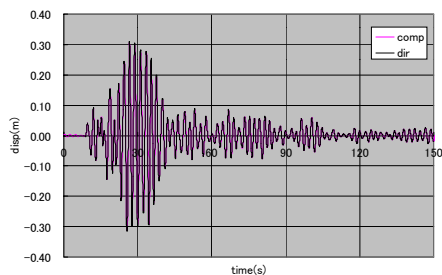


図6 応答変位 (case1)

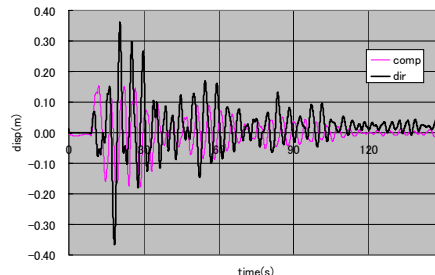


図7 応答変位 (case2)

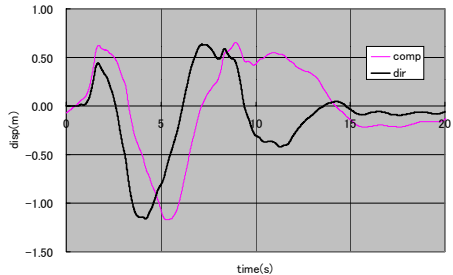


図8 応答変位 (case3)

表2 最大応答値の比較表

	最大加速度(m/s ²)		最大変位(m)		最大ひずみ	
	case2 (L1)	case3 (L2)	case2 (L1)	case3 (L2)	case2 (L1)	case3 (L2)
等価線形(COMP)	0.323	1.186	0.178	1.171	0.069	0.258
直接積分(DIR)	0.549	1.085	0.366	1.161	0.053	0.205
COMP/DIR (%)	58.8	109.3	48.6	100.9	130.2	125.9

これらの結果より、今回の腐食土における解析に関して、以下のことが分かった。

CASE1 より、

1) 応答解析手法の違いが解析に与える影響は微小である (図3,6 参照)

CASE2、3 より

2) 数%程度の歪みレベルでは、最大応答値、時刻歴形状に明確な差が表れる (図4,7,表2 参照)

3) 10%を超える大きな歪みレベルでは、時刻歴形状に大きな差が表れるが、最大応答値の差は小さくなっている (図5,8,表2 参照)

この要因としては、各要素に発生するひずみが非常に大きく、ほとんどの要素において歪み依存特性の極値に近い状態になり、非線形性の評価手法の違いによる影響が相対的に小さくなったと、考えられる。

5. まとめ

今回検討対象とした腐食土は、中規模地震においても、数%の大きなひずみが発生しており、大ひずみ領域においては、等価線形化法の適用性に問題があるという一般的かつ定性的な傾向が確認できた。

以上の結果に基づいて、今後実施する全体系の動的解析は等価線形化法ではなく、直接積分法による詳細な解析手法に拠ることとした。

6. 最後に

本報告の結果に基づいて、直接積分法による地盤—構造物連成系の動的解析を現在、実施中である。解析結果については、今後報告する予定である。

参考文献

- 1) 鉄道総合技術研究所：鉄道構造物等設計標準・同解説 耐震設計，丸善，1999.10