

盛土の近接施工問題に対する三次元FEMの適用事例

(株)ワールド測量設計 正会員 ○花本孝一郎
 島根大学大学院 国際会員 汪 発武
 (株)ワールド測量設計 岡田健
 (株)ワールド測量設計 和田晶夫

1. はじめに

高規格道路の設計において、JR 山陰本線に近接した軟弱地盤の分布する谷に盛土（以下、「計画盛土」とする）が計画される。このため、道路盛土に伴う地盤の変形のみならず、JR 軌道への影響が懸念された。この問題に対し、三次元FEMによる変形解析を行い、JR 軌道への影響を評価した。

2. 計画概要

当地点では、図-1 に示すように、JR 軌道に近接して高規格道路の盛土が計画されている。ここで、計画盛土が軟弱地盤の分布する谷と JR 軌道に斜交していることから、盛土施工に伴う JR への影響を把握するためには二次元断面では適切に評価することが難しい。

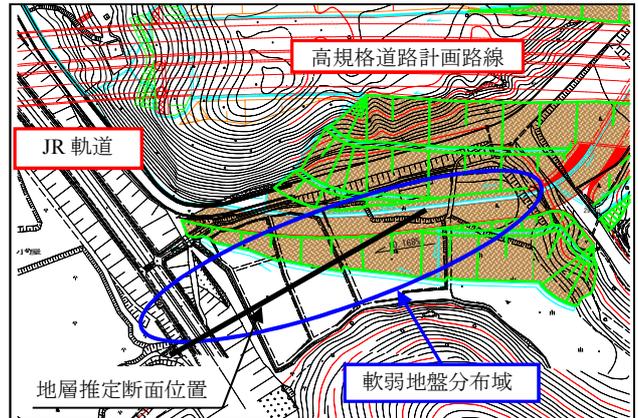


図-1. 計画平面図-

上記の課題に対して、ここでは計画盛土による JR 施設への影響評価を行うために、三次元FEMによる圧密変形解析により照査を行った。

3. 地形・地質

当区域は、幅 30~40m程度の谷であり、周辺の山との比高差は 30m程度である。谷底の平地は、長く耕作されていない休耕田である。地質構成は、図-2~図-5 に示す通り、火山礫凝灰岩を基盤岩とし、その上に礫質土 (ag)、砂質土 (as1, as3)、粘性土質細砂 (asc, as2)、旧盛土 (B) が分布する。asc, as1, as2 層については、N値が概ね 3 以下の軟弱層である。また、全体に湿地状となり、地下水位は地表~GL-1m 程度と高い。

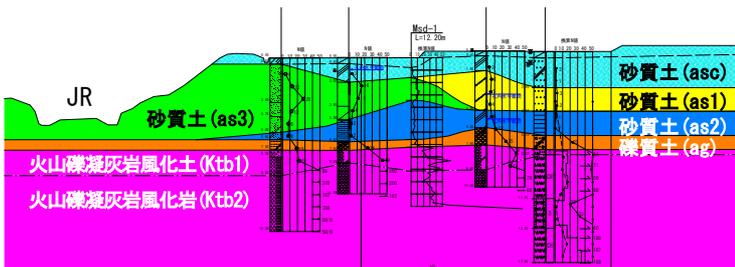


図-2. 地層推定断面図- (JR 直交方向)

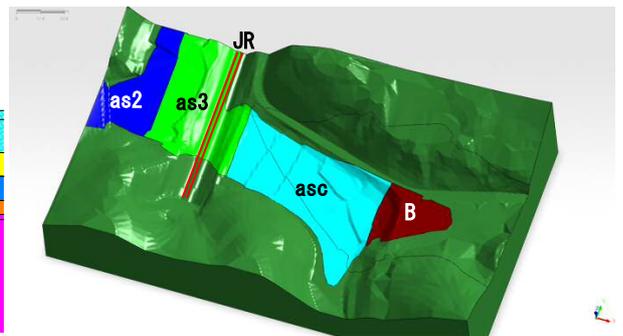


図-3. 三次元ソリッドモデル (盛土前)

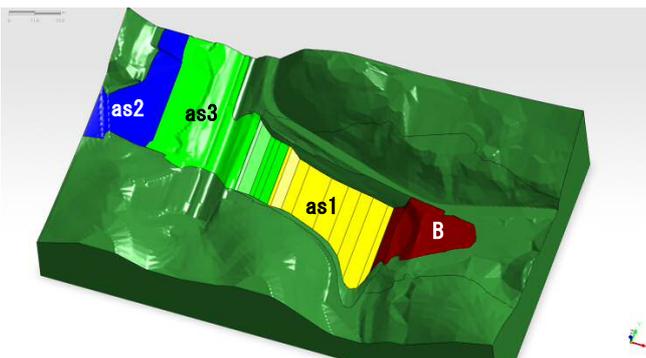


図-4. 三次元ソリッドモデル (asc 透過)

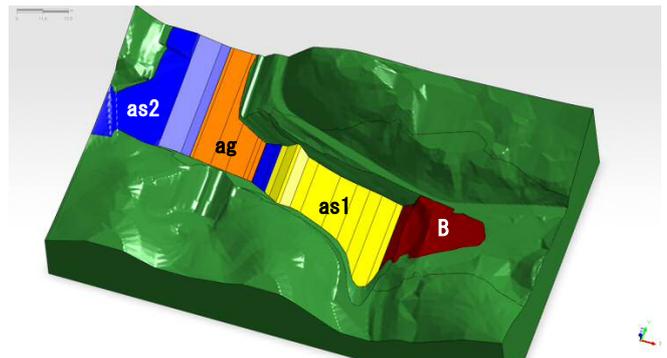


図-5. 三次元ソリッドモデル (as3 透過)

4. 三次元 FEM

○解析モデル

- ・要素数：82,847 要素
- ・解析手法：土/水連成変形解析（圧密解析）

○解析方法

- ・施工期間=350 日（840 時間/step×10step）
- ・放置期間：1 年間

○地盤パラメータ：表-1～表-2 に示す。

◎許容値：JR 軌道の変位量=5mm

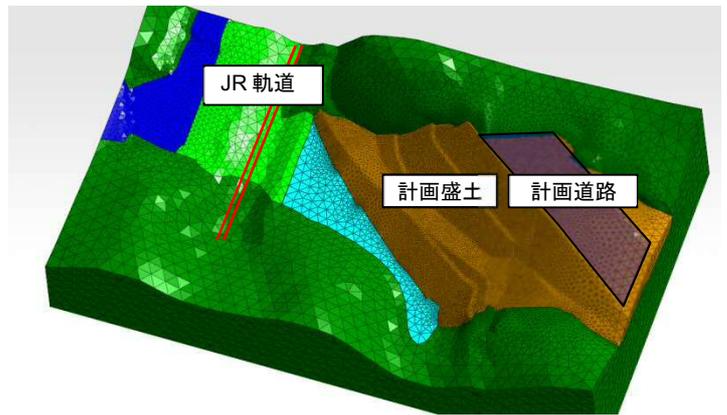


図-6. 三次元 FEM メッシュモデル

表-1. 地層構成と地盤パラメータ

地層	地質	土質	代表 N 値	単位体積重量 γ_t (kN/m ³)	粘着力 (kPa)	内部摩擦角 (°)
盛土		砂		19.0	0	30
asc	沖積層	粘土質砂～砂質粘土	2	17.0	c_{cv} 4.0 c' 3.0	ϕ_{cv} 19.0 ϕ' 21.0
as1	沖積層	シルト混り砂	3	18.0	c_{cv} 23.0 c' 1.0	ϕ_{cv} 31.0 ϕ' 33.0
as2	沖積層	粘土質砂～砂質粘土	2	17.0	c_{cv} 38 c' 13	ϕ_{cv} 13 ϕ' 29
as3	沖積層	砂～シルト混り砂	12	19.0	c_{cv} 74.0 c' 68.0	ϕ_{cv} 23.0 ϕ' 24.0
ag	沖積層	粘土質砂礫～礫混り砂質粘土	20	19.0	0.0	36.0
Ktb1	火山礫凝灰岩	風化土（固結土）	32	17.0	130	20.0
Ktb2	火山礫凝灰岩	風化岩（軟岩）	102	19.0	260	21.0

表-2. 解析パラメータ②

地層	土のモデル	変形係数	ポアソン比	透水係数	自然含水比	間隙比
		E0 (kN/m ²)	ν	m/s	%	
盛土	Mohr-Coulomb		0.35	1.00E-04	28.4	0.785
asc	Modified Cam clay	5200	0.496	1.00E-08	42.6	1.11
as1	Mohr-Coulomb	6000	0.498	3.20E-05	30.3	0.839
as2	Modified Cam clay	4800	0.497	1.18E-08	41.6	1.164
as3	Mohr-Coulomb	33600	0.489	1.00E-04	28.4	0.785
ag	Mohr-Coulomb	56000	0.4775	4.00E-04	28.4	

FEM による解析結果を図-7 及び表-3 に示す。JR 軌道の最大変位量は、図-7 に示すように約 0.9mm と許容値内であるため、JR 施設に対する対策工は不要となった。

また、盛土に伴う基礎地盤の最大変位量は図-7 に示すように約 0.33m となったが、表-3 に示す通り過剰間隙水圧の発生と消散に伴い、変位は盛土完成後の放置期間中にもわずかながら継続した。

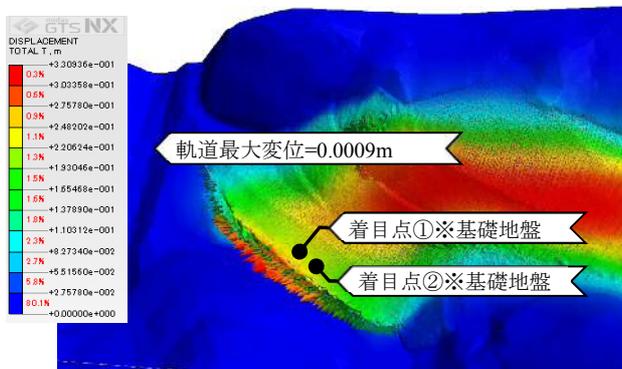


図-7. 解析結果（計画地表面変位ベクトル）

表-3. 解析結果（変位・過剰間隙水圧）

解析ステップ	着目点①	着目点②			
		変位(m)	過剰間隙水圧 (kN/m ²)	変位(m)	過剰間隙水圧 (kN/m ²)
施工期間	Step1	0.016	-3.12	-	-
	Step7	0.134	-16.58	0.221	0.089
	Step10	0.197	-20.58	0.321	0.093
放置期間	Step1	0.199	-17.05	0.327	0.029
	Step6	0.200	-6.65	0.330	0.001

6. まとめ

JR 軌道への近接施工となる盛土計画に対し、二次元断面での評価が難しい地形・計画形状において、三次元 FEM を行うことで、JR 軌道への影響を定量的かつ適切に評価することができた。また、この際に圧密層を修正 Cam clay でモデル化することで圧密変形解析を行い、過剰間隙水圧の発生と消散に伴う変位の時間的遅れ、すなわち圧密過程を考慮した変位量を評価できた。

今後の課題として、三次元解析を行う上では、密なボーリングと適切な探査でクロスチェックすることで、解析モデルの精度を向上させる必要がある。また、圧密変形解析を行う上で、土の構成則に則った適切なパラメータを簡便かつできるだけ精度よく設定するための手法を開発する必要がある。

キーワード 三次元 FEM 圧密変形 近接施工

参考文献

- ・ GTS NX ANALYSIS MANUAL AND GTS NX ANALYSIS REFERENCE, 2014, MIDAS IT