

2次元FEM解析を用いた地盤圧密変形解析事例

http://www.jccon.co.jp

1. はじめに

新たな盛土工事に伴い、既設構造物や既設盛土が沈下や盛り上がりを引き起こすことがある。そのため、工事で地盤沈下への影響を予め圧密変形解析により予測するとともに、対策を考慮し既設地盤への影響を最小化させる。従来、圧密沈下予測には一次元モデルを用いることが多かったが、マシンの性能アップや解析技術の発達により、2次元の圧密解析が実施されるようになった。現在では多くの盛土新築工事に活用されている。

本検討では、2次元FEM(2D-Consoil)を用いて、新築盛土工事に対して既設盛土の沈下量をFEM解析により予測し、さらに、2種類の対策を考慮したFEM解析も実施した。

以下の解析事例では、水平地盤と既設盛土が初期状態として構成される。さらに、新築盛土を施工ステップ荷重として、既設地盤に載荷する。既設盛土の沈下量が許容値を超えた場合には対策検討を実施する。

2. 解析モデルと地盤物性値

図1に、解析に用いる2次元モデルを示す。モデルの全体の幅は100メートル、高さは既設盛土を入れて44.72メートルである。それを初期状態とし、2.53メートル高さの新築盛土を現地面上に築く。

地盤各層のパラメーターでは該地点のボーリングデータより表1にまとめている。物性値によって10層に分ける。そのうち約21.8メートルの厚さを有する5地層が粘性土である。本解析では関口・太田モデルを粘性土に利用して、圧密解析を行った。各粘土層の関口・太田モデルのパラメーターは表2に示している。同表には材料定数および圧密係数以外に、初期応力も示した。その他の層に弾性要素とし、そのヤング係数とポアソン比は、表1に示している。

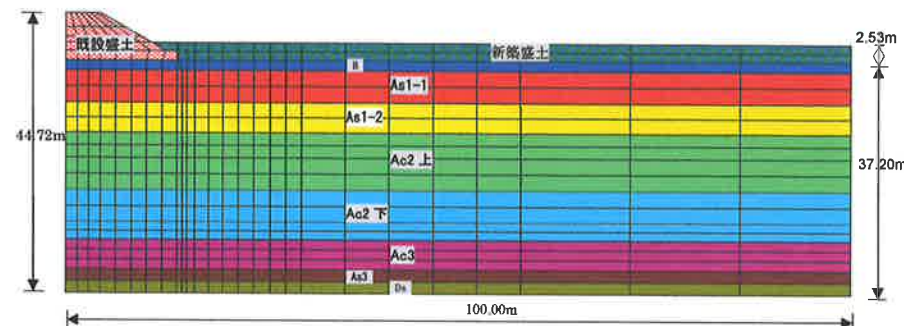


図1 解析断面モデル

モデルの境界条件は全体モデルが中央対称であるから、半部で左右の平方向に固定、上下方法に自由、底部に完全固定にする。河川堤防が施工荷重として一定時間内に作用させる。

鋼矢板と地盤改良の2種の対策を検討して、モデルを作成する。鋼矢板と地盤改良の設定位置と深さは、地盤条件と施工可能性を考慮して設定している。さらに矢板と土、改良と土の間にジョイント要素を設けている。以上3ケースの計算モデルを図2に、パラメーターを表3に示す。

表1 地盤材料パラメーター一覧

地層区分	地層記号	層厚(m)	N	IP	γ'	Cv	ϕ'	ν'	Pc(kPa)	E(kPa)
埋め土	B	1.6	9	-	19.0	-	(28)	0.33	-	22500
2有楽町層	As1-1	5.2	9	-	19.0	-	28	0.33	-	22500
	As1-2	4.8	5	-	19.0	-	35	0.33	-	12500
	Ac2上	4.0	0	25	16.0	360	29	0.34	159	-
		5.2	0	25	16.0	360	29	0.34	187	-
		5.0	0	25	15.0	690	28	0.35	273	-
		2.9	0	25	15.0	690	28	0.35	293	-
7号地層	Ac3	4.7	2	25	16.0	690	29	0.34	304	-
	As3	2.0	14	-	19.0	-	30	0.33	-	33750
洪積層	Ds	1.9	20	-	19.0	-	32	0.33	-	4870

ここに N: N値、IP: 塑性係数、 γ' : 有効飽和密度、Cv: 圧密係数、 ϕ' : 内部摩擦角、 ν' : ポアソン比、Pc: 圧密降伏応力、E: ヤング率。

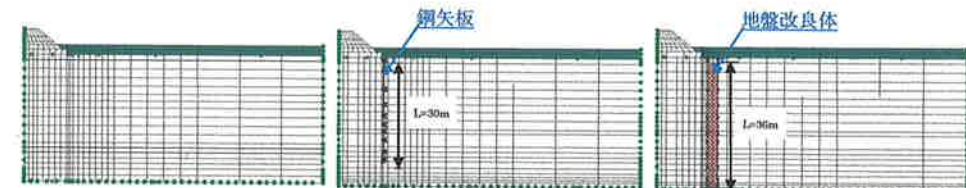
表2 粘土に用いる関口・太田モデルのパラメーター

層別	材料定数							圧密		初期応力					
	M	λ	κ	e0	η	ν	α	ovx	ovy	a	b	K0	α	β	K0y
Ac2 上	1.15	0.37	0.05	1.75	0.25	0	5.0E-05	-3.6E-3	-3.6E-3	-7.2	0.55	0.5	-10.0	0.6	0.5
Ac2 下	1.15	0.43	0.05	2.08	0.25	0	5.0E-05	-6.9E-3	-6.9E-3	-7.2	0.55	0.5	-17.5	0.5	0.5
Ac3	1.15	0.48	0.05	1.83	0.25	0	5.0E-05	-6.9E-3	-6.9E-3	-7.2	0.55	0.5	-14.0	0.6	0.5

ここに M: 限界応力比、 λ : 圧縮指数(=0.434C_c)、 κ : 膨張指数(=0.434C_a)、e0: 初期間隙比、 η : 異方性指数、 ν : 初期体積ひずみ速度、 α : 二次圧縮指数、ovx: 方向圧密係数、ovy: 方向圧密係数、a, b: 土圧 y 方向の分布係数、K0: 静止土圧係数、 α , β : 降伏時土圧 y 方向の分布係数、K0y: 降伏時静止土圧係数。

表3 対策工詳細

鋼矢板の対策工				地盤改良の対策工			
既設盛土擁壁端部からの離隔 0.65m				既設盛土擁壁端部との離隔 2.00m (直径 1.6m x 2列)			
現地表面から-30m				現地表面から-36m (非圧密層へ底着)			
梁要素		ジョイント要素		弾性要素		ジョイント要素	
E (kN/m ²)	2.00E+08	Es (kN/m ³)	9.81E-03	E (kN/m ²)	7.85E+04	Es (kN/m ³)	2.94E+02
G (kN/m ²)	7.68E+07	En (kN/m ³)	9.81E+06	ν	0.45	En (kN/m ³)	9.81E+06
A (m ² /m)	2.08E-02			厚さ (m)	3.200		
I (m ⁴ /m)	4.50E-04						



(a) 対策なし

(b) 鋼矢板対策工

(c) 地盤改良対策工

図2 3ケースの計算モデル

3. 解析結果

3つのモデルに対して、新築盛土荷重により圧密解析を実施する。結果は以下の通りである。

3.1 対策なしの計算結果

図3は最終ステップで地盤全体の変形図であり、図4は既設盛土上面X方向の各点の沈下量で、中心最大値は33.36mmである。さらにベクトルで表示する変形図は図5、最大主応力 (σ_{max}) のコンタ図は参考のために図6に表示している。

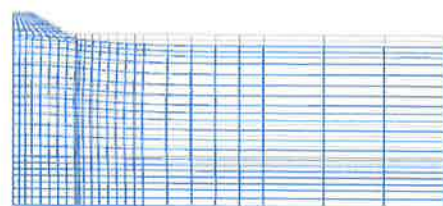


図3 変形図

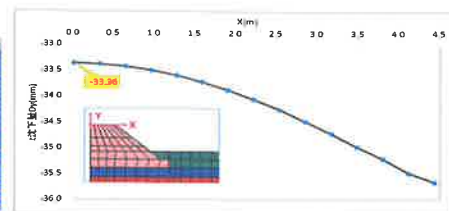


図4 既設盛土上面の沈下量

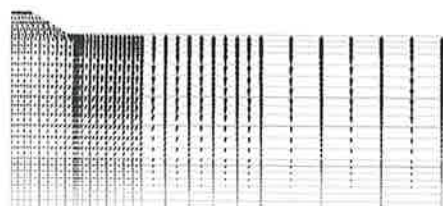


図5 ベクトルで表示する変形図



図6 最大主応力のコンタ図

3.2 鋼矢板対策の解析結果

同様に図2(b)のモデルに対して新築盛土の影響を計算し、モデルの変位変形結果及び既設盛土X方向の沈下量を図7と図8に示す。既設盛土中央の沈下量は3.64mmであり、対策無しに比べて改善でき、鋼矢板の効果が解析的に示された。

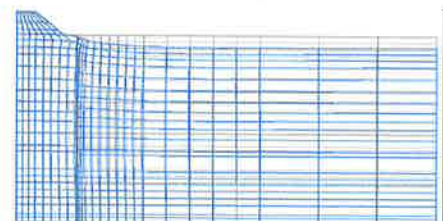


図7 変形図

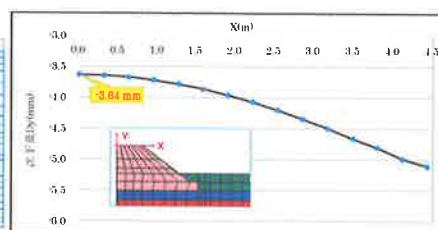


図8 既設盛土上面の沈下量

さらに、新築盛土の影響による矢板の断面力（軸力、曲げモーメント、せん断力）分布を図9に表示している。地盤全体の最大主応力 (σ_{max}) のコンタ図を図10に示す。

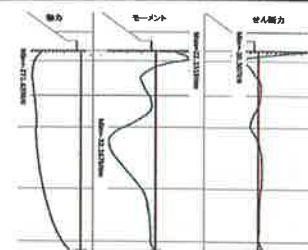


図9 矢板の断面力

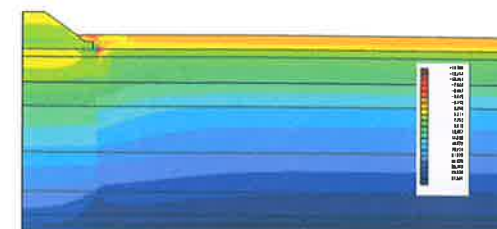


図10 最大主応力のコンタ図

3.3 地盤改良対策の解析結果

図2(c)のモデルに対して新築盛土の影響を計算し、モデルの変位変形結果及び既設盛土上面X方向の沈下量を図11と図12に示す。既設盛土中央の沈下量は1.49mmで地盤改良対策工の効果が反映される。鋼矢板対策工よりも沈下量を改善することができた。図13と図14は最終ステップの最大主応力 (σ_{max}) と降伏関数の値を表している。

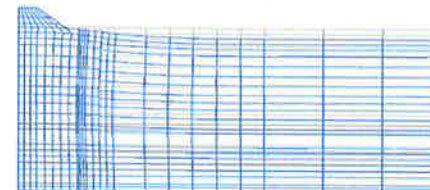


図11 矢板と河川堤防荷重でのモデル

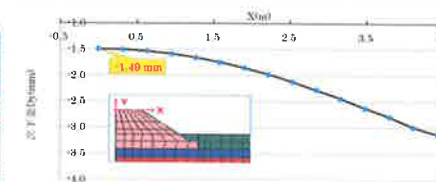


図12 既設盛土上面の沈下量

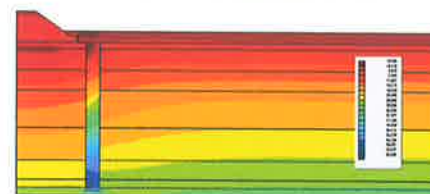


図13 最大主応力のコンタ図

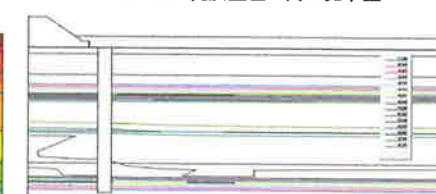


図14 降伏関数の値(F)

3.4 沈下結果の比較

表4 三つケースの沈下量

	対策なし	鋼矢板対策工	地盤改良対策工
既設盛土上面中心の沈下量(mm)	-33.36	-3.64	-1.49
許容値より判断	NG	OK	OK

4. まとめ

新築盛土の工事に対して、対策無しの場合と2種の対策工をモデル化して、FEM解析が行った。その結果、対策工による既設盛土への沈下量抑制効果を示すことができた。