八戸工業高等専門学校 学生会員〇坂本智美 八戸工業高等専門学校 正会員 清原雄康

1. はじめに

飽和地盤に外力を作用させると土の中には過剰水圧が発生する.土が粘性土の場合,透水係数が小さく排水 に長い時間を要し圧縮の時間的遅れを生じる.宅地盛土の切盛り境では,長期間にわたって不等沈下などの被 害が生じることがある.本研究では,八戸ロームの乱した土と乱さない土の圧密特性を考慮し,土骨格の動き とそれに伴う間隙水の動きの二相を考慮した連成解析手法を用いて切盛宅地地盤の変形挙動予測を行った.

2. 土水連成解析のための有限要素定式化

本解析では以下の式(1)に示した力の釣り合い式と,式(2)に示した連続式を支配方程式としている.

 $[K]\{\dot{u}_{\alpha}\} + [C]\{\dot{\phi}_{\alpha}\} = [R_u]$ (1) $[C]^T\{\dot{u}_{\alpha}\} - [K]\{\phi_{\alpha}\} = [R_{\pi}]$ (2)

ここで、K:要素剛性行列, u_{α} :節点変位ベクトル,C:要素連成行列, ϕ_{α} :節点水圧ベクトル, R_{u} :要素荷重ベクトル, K_{u} :要素荷重ベクトル, <u>K</u>:要素透水行列, R_{π} :要素流量ベクトルである. これらを時間差分化すると式(3)が得られる.

$$\begin{bmatrix} \frac{K}{\Delta t} & -\frac{C}{\Delta t} \\ -\frac{C^{\mathrm{T}}}{\Delta t} & -\theta \underline{K} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mathbf{U}^{n} \\ \mathbf{p}^{n} \end{bmatrix} = (1-\theta) \begin{bmatrix} \dot{\mathbf{F}}^{n-1} \\ Q^{n-1} \end{bmatrix} + \theta \begin{bmatrix} \dot{F}^{n} \\ Q^{n} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \frac{K}{\Delta t} & -\frac{C}{\Delta t} \\ -\frac{C^{\mathrm{T}}}{\Delta t} & (1-\theta) \underline{K} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} U^{n-1} \\ P^{n-1} \end{bmatrix}$$
(3)

ここで、 θ :時間刻みの制御定数(= $\frac{1}{2}$), Uⁿ:各時間ステップの節点変位ベクトル, Pⁿ:節点間隙水圧ベクトルである.

3. 解析方法

図1に解析モデルを示す.厚さ4m×幅10m× 奥行き8mの切土部,盛土部を考慮した地盤(節 点数2059,要素数375)とした.拘束条件につい て,モデル下端部はx,y,z拘束と水圧ゼロ境界, モデル側面部はx,yそれぞれの面に対して x,y拘束と非排水,地表面を水圧ゼロ境界とした. 本モデルは,z軸を中心とした1/4対称モデルと 考え地表面z軸から6m×4mの範囲に10kN/m² の荷重を作用させコンクリート構造の住宅基礎 荷重が載荷されたと仮定した.載荷過程で時間刻 み50秒, 圧密過程で時間刻み1000秒として計算 した.解析コードにはCamBioを用いた.



ポアソン比	弾性係数	内部摩擦角	ダイレイ タンシー角	粘着力
ν	E(kPa)	Ø(°)	φ(°)	c(kPa)
0.3	9000	30	0	9999
単位体積 重量	静止土圧 係数	透水係数	透水係数	透水係数
$\gamma_t (kN/m^3)$	K_0	$k_x(m/sec)$	$k_y(m/sec)$	$k_z(m/sec)$
10	0.5	10 ⁻³	10-3	10-3

表1 解析に用いた住宅基礎の材料定数(MC-DP)

表2 解析に用いた地盤の材料定数(Cam-Clay)

ポアソン比	圧縮指数	膨潤指数	初期間隙比	限界応力比	先行圧縮応力
ν	λ	к	<i>e</i> ₀	М	p_c'
0.3	0.0688	0.021	1.60	1.45	90
0.3	0.255	0.022	1.55	1.40	10
単位体積 重量	静止土圧 係数	透水係数	透水係数	透水係数	
$\gamma_t (kN/m^3)$	K ₀	$k_x(m/sec)$	k _y (m/sec)	k _z (m/sec)	
0	0.5	10-8	10 ⁻⁸	10-8	
0	0.5	10 ⁻⁸	10 ⁻⁸	10-8	

キーワード 圧密,間隙水圧,有限要素法,土水連成解析

連絡先 〒039-1192 青森県八戸市田面木字上野平 16-1 八戸工業高等専門学校 TEL 0178-27-7223

住宅基礎の応力・ひずみ関係の計算に表1に示す MC-DP モデ ル(降伏規準に Mohr-Coulomb 式, 塑性ポテンシャルに

Drucker-Prager 式を採用している)の材料定数を用い、土の弾塑性の 計算には表2に示す CamClay モデルの材料定数を用いた.切土,盛 土の圧縮指数 λ, 膨張指数 κ, 圧縮降伏応力 Pc' は, それぞれ 八戸ロームの乱さない試料,入念に乱した試料を用いて行った等方 圧密試験結果より決定した.

4. 解析結果

図2に図1の解析モデルに示した節点A, B, C点での変位の経 時変化を示す.荷重載荷直下のA点で大きく沈下し、A点から離れ るにつれて B 点, C 点の沈下が小さくなることが分かる.

図3に図2と同様の点での間隙水圧の経時変化を示す. B点で 一番間隙水圧が高く約 11115000 秒で圧密が落ち着く様子が分か る.

図4に地表面における図1のA点から x 軸方向における各節 点での時間ごとの鉛直変位分布を示す.A点で最大の沈下が生じ, 沈下量は経過時間 11115000 秒で約 5.24cm となる. 載荷基礎周辺 では地盤が隆起する様子も図4で確認できる. A 点から x 軸方 向に 7m の地点で最大の隆起が生じ, 隆起量は経過時間 5000 秒で 約3.3mm となる. この時間での基礎部の傾斜角度は8.7/1000 rad であった. 日本建築学会「建築基礎構造指針」よりコンクリート ブロック造の場合で上限変形角が 1/1000 rad なので今回の解析の モデルでは許容値を超える沈下量が生じることが分かった.

-2 変位(cm) -4 -5 -6 0 5000000 10000000 15000000 時間(s) 図2 A点, B点, C点の変位の経時変化 12 10 間隙水圧(Pa) 6 4 2 0 5000000 10000000 15000000 時間(s) 図3 A点, B点, C点の間隙水圧の経時変化 1 0





間隙水圧分布を示す.

5. まとめ

土水連成解析コードを用いて切盛り境に住宅荷重が作用した 際のモデル構築,地盤変形挙動を把握することが出来た.今回解 析したモデルの沈下傾斜角度が「建築基礎構造指針」に定められ ている許容値を超える沈下量が生じたことが分かった.

[1] 社団法人地盤工学会:地盤技術者のための FEM シリーズ3 弾塑性有 限要素法をつかう,社団法人地盤工学会,2003.[2]市川康明:地盤工学 における有限要素法入門,日科技連,1990.[3]山上拓男,田村武:有限 要素法による数値解析入門,土と基礎, No.37, Vol.4, pp.95-102, 1989.

図5に圧密途中,図6に圧密終了後の変形と、コンターによる

【参考文献】