

ディープウェル工による周辺地盤への影響に関する検討

(株)浅沼組 正会員 ○高稲敏浩
名古屋大学 正会員 野田利弘
(株)浅沼組 山下勝司

1. はじめに

ディープウェル工法(以下 DW)による周辺地盤への影響(沈下)は、定常状態を想定し、推定式を用いて影響半径 R および水位低下量を算定し、その有効応力の増分から沈下量を求める方法が用いられることが多い。しかし、地盤への影響を沈下で評価する場合、地盤の応力状態によりその影響する範囲は変化すると考えられる。本報では地盤上の盛土の有無および透水係数の大小による影響範囲の検討を水～土連成有限変形 FEM 計算 (GEOASIA¹²⁾) を用いて、2次元軸対称条件で実施した。

2. 計算条件

図 1 に計算に用いた有限要素メッシュ(盛土載荷後)、境界条件および材料区分を示す。図右端を中心とする半径 530m、高さ 22m の断面で、地層構成は、上層(Ac 層)7.8m、下層(Ds 層)14.2m である。DW は中心から 35.7m の位置で、ポンプ設置深度は G.L.-22m である。材料定数を表 1 に示す。Ac 層については、検討対象地盤で実施された試験結果から力学挙動を再現することで設定し、Ds 層は、密な砂を想定した。地盤の初期条件は、表 1 に示したとおりであるが、比体積と構造の程度は各層で一定とし、過圧密比を土被りに応じて鉛直方向に分布させた。なお、Ac 層の透水係数については表 2 に示す 3 ケースについて検討した。

盛土は有限要素を追加することで再現し、地盤と盛土間の水理境界は排水境界(大気圧)とした。盛土高さは、仕上がり高さで I,II 工区 2.5m、III 工区 2.3m である。材料定数は、Ds 層と同じものを使用し、 $\gamma = 18.6\text{kN/m}^3$ となるよう比体積で調整した。また、盛土上に想定される交通荷重を、図 1 中 C.L.から 117m および 223m の位置に幅 8m、 16 kN/m^2 の分布荷重を載荷した。また、建築物建設前に高さ調整のための盛土が実施されていて、その盛土については分布荷重で与えた(図 1 参照)。

計算上の地下水位の低下は、地盤下面を非排水境界とし、DW 設置位置において間隙水圧を減少させることで表現した。具体的には、DW 設置位置で 10m の水位低下したものとし、GL-10m 以深の要素の間隙水圧を一様に 981kPa 減少させた。また、計算手順は、盛土完了後 1310 日間放置、その後 1 日で DW 設置位置において所定の水位まで低下させ、36 日間水位を保持(ポンプ稼働)、その後 40 日間で水位回復させ、過剰間隙水圧が消散するまで放置した。

表 2 Ac 層の透水係数

	Ac層の透水係数
CASE1	$5.9 \times 10^{-6}\text{cm/sec}$
CASE2	$2.0 \times 10^{-6}\text{cm/sec}$
CASE3	$2.1 \times 10^{-7}\text{cm/sec}$

表 1 材料定数

層	弾塑性パラメータ					発展則パラメータ				初期値				ρ_s ($1/m^3$)	透水係数 k_0 (cm/sec)
	圧縮指数	膨潤指数	限界状態定数	正規圧密線の切片	ポアソン比	構造低位化指数	正規圧密土化指数	回転硬化指数	回転硬化限界定数	応力比	構造の程度	異方性の程度	初期比体積		
Ac層	λ	κ	M	N	ν	a, b, c, c _s	m	b _r	m _b	K_0	$1/R^*$	K_β	v_0	2.67	表2参照
Ds層、盛土	0.21	0.019	1.2	2.18	0.3	0.75,1.0,1.0,0.4	5.0	0.001	1.0	0.6	9.54	1.0	2.78	2.65	1.9×10^{-3}

($N_p=98\text{kN/m}^3$ における繰返し土の等方正規圧密線上の比体積)

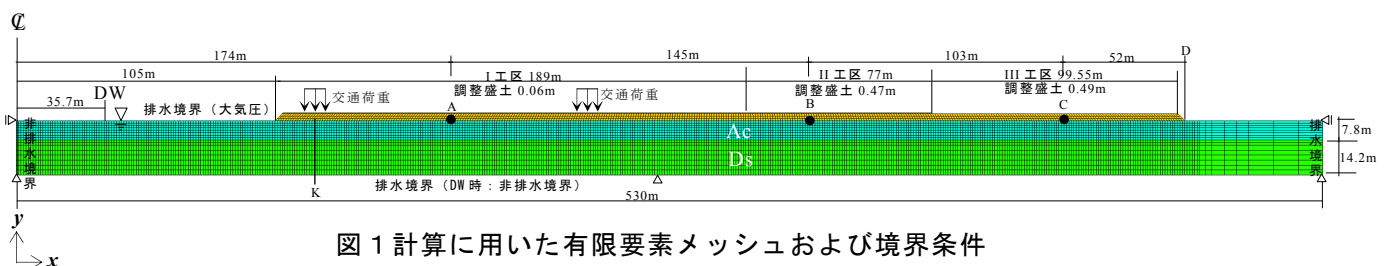


図 1 計算に用いた有限要素メッシュおよび境界条件

ディープウェル工法, 有限要素法, 盛土

〒569-0034 高槻市大塚町 3-24-1 (株)浅沼組技術研究所 TEL.072-661-1620

3. 計算結果

CASE 1 について、図 2 に各段階における地表面沈下量分布を示している。図 3 には、DW 開始時を基準とした地表面沈下量分布を示す。黒線は、盛土ありの場合、緑線は、盛土なしの場合である。DW による周辺地盤への影響は、盛土の最遠部の 475m 付近まで及ぼしているが、盛土を実施しない地盤では 300m 程度までの影響にとどまっていることが分かる。特に、CL から 120m 付近の交通荷重の荷重箇所において、沈下量が大きくなっている。荷重荷重により DW による沈下量および影響範囲は大きくなったことが分かる。図 4 には点 K における土要素の挙動（平均有効応力～比体積）を示している。黒線が盛土有の場合、緑線が盛土無の場合であり、

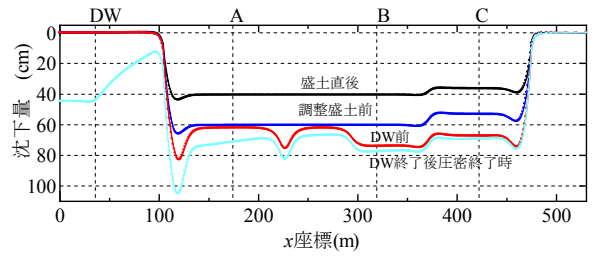


図 2 各段階における地表面の沈下 (CASE1)

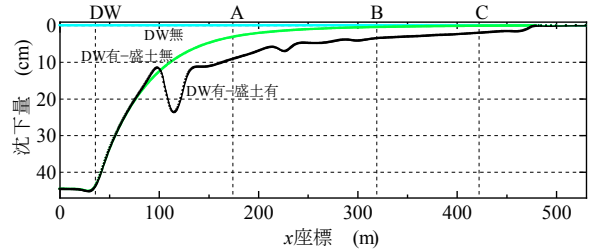


図 3 DW 開始時からの地表面沈下量 (CASE1)

図中①は DW 実施直前、②は、DW 停止、③放置後である。盛土荷重により地盤の圧密降伏応力を超えほぼ正規状態となったため、DW による水圧の低下すなわち有効応力の増加により沈下量が増えたことがわかる。

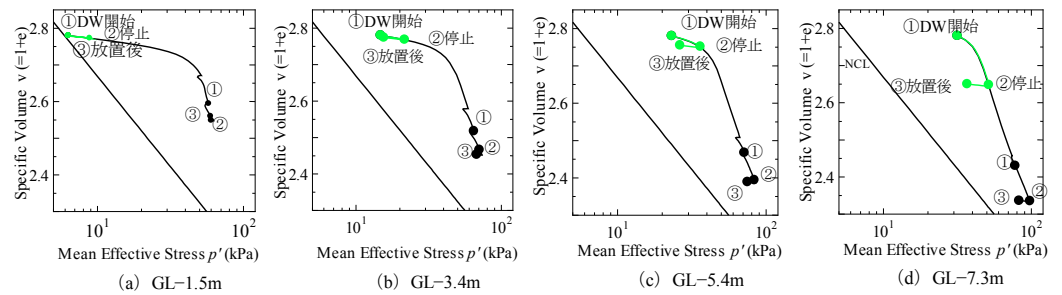


図 4 平均有効応力～比体積関係 (CASE1)

図 5,6 に CASE2,3 の DW 開始時を基準とした地表面沈下量分布を示す。表 3 に各ケースの DW 停止放置後の沈下量を示す。右側法尻部 (CL より 474m) で約 3mm の沈下がみられる。比較のため盛土が無い場合に

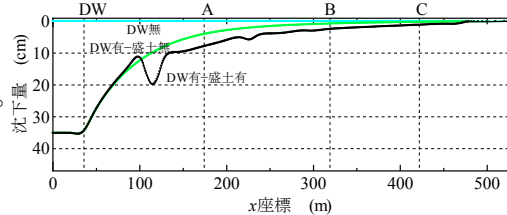


図 5 地表面沈下量 (CASE2)

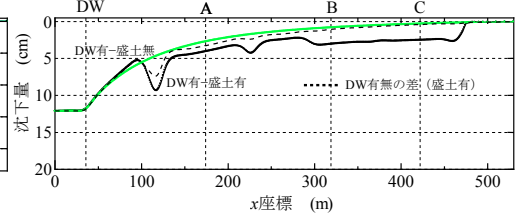


図 6 地表面沈下量 (CASE3)

表 3 地表面沈下量比較

	CASE1		CASE2		CASE3	
	盛土有	盛土無	盛土有	盛土無	盛土有	盛土無
点A(CLより174m)	0.0920	0.0320	0.0790	0.0410	0.0400	0.0270
点B(CLより319m)	0.0350	0.0050	0.0250	0.0080	0.0300	0.0080
点C(CLより422m)	0.0210	0.0020	0.0120	0.0030	0.0250	0.0030
右側法尻部(CLより474m)	0.0033	—	0.0033	—	0.0048	—
交通荷重荷重部最大値	0.2380	—	0.1980	—	0.0940	—

表 4 3mm 以上の沈下を生じた範囲

	半径(m)
CASE1	362
CASE2	414
CASE3	425

3mm 以上の沈下を生じた範囲を表 4 に示す。いずれの場合も盛土荷重により DW の影響範囲は広がっている。また、透水係数が小さくなるに従って影響範囲が大きくなっていることも分る。なお、CASE3 については、透水係数が小さいため DW 開始後の沈下には盛土による圧密沈下も含まれているので注意が必要である。

4. おわりに

盛土荷重の影響によって、圧縮勾配の小さい過圧密状態から圧縮勾配の大きい正規圧密領域に応力状態が遷移するため、その後の DW に伴う有効応力の増加によって、盛土部の沈下が盛土のないところよりも大きく沈下する。また、DW から十分離れた地点でも、少しの有効応力増加によって沈下を示す領域（影響範囲）が拡大する。また、今回のような地層構成で上層地盤の透水性が低くなると、盛土荷重の影響の有無にかかわらず、沈下の領域（影響範囲）が拡大することが分かった。

[謝辞]：計算にあたり日本下水道事業団東海総合事務所からデータの提供などご支援を頂きました。ここに謝意を表します。 [参考文献]： 1) Asaoka et al.: An elasto-plastic description of two distinct ..., S&F, 42(5), 47-57, 2002.

2) Noda et al.: Soil-water coupled finite deformation analysis..., S&F, 48(6), 771-790, 2008.