

バーチカルドレーンの現場透水効果の逆解析

佐賀大学 理工学部 学○ 武下 忠博

佐賀大学 理工学部 柴 錦春

佐賀大学 理工学部 正 三浦 哲彦

1. まえがき バーチカルドレーン(以下 VD)は軟弱地盤改良に幅広く使われている。現場の透水効果は室内試験のものに比べてかなり低いことが報告¹⁾されていることから、現場の透水効果を正確に把握することは設計上重要である。佐賀空港建設地も有明粘土が堆積した軟弱地盤であるため、VD による地盤改良が行われた。それに先立ち、プラスチックドレーン(以下 PD)工区、袋詰めサンドドレーン(以下 SD)工区、無処理(以下 N)工区の 3 つの工法の試験盛土が実施された。本報では、現場の VD の透水能力を数値解析によってよりの確に把握することを目的とし、有限要素法(以下 FEM)を用いて試験盛土の挙動を逆解析し、実測値との比較及び考察を行う。

2. 試験盛土とその地盤特性 この地盤の成層状態は図-1 に示すように軟弱層が 25 m 付近まで達しており、大きくは 7 層に分類される。試験盛土は 50 cm のサンドマットを敷設した後、高さ 3.0 m を 10 層に分け、約 100 日でまき土を盛り立てた。図-2 は盛土の断面図、及び平面図を示す。各工区の幾何的な形は同じである。SD は一辺 1.2 m の正方形で 4 本同時に打設し、2.0 m の間隔で施工された。また、PD は 1.5 m のピッチで等間隔に打設された。改良範囲は PD 工区、SD 工区ともに Ac3 層以深まで行った。

3. 有限要素解析 粘性土層に用いたモデルは、修正 Cam-clay と呼ばれる弾塑性モデルで、盛土・砂層の破壊前の挙動は弾性モデルを使用し、その破壊規準は Mohr-Coulomb の規準を用いている。FEM は平面ひずみ条件を仮定し、2 次元解析とした。深さ 30m、盛土中央から右側遠方 120m までの片側のモデルを作成し解析を行った。モデルパラメーター²⁾を表-1 に示す。実測値のデータ³⁾は施工開始からの約 1 年間分であるが、FEM 解析では解析期間を 2 年間とした。解析方法は柴ら⁴⁾が提案したものを使用した。

4. 解析結果 図-3 に層別に表した沈下量と経過日数の関係を示し、図-4 は Ac2 層における過剰間隙水圧と経過日数の関係を示している。過剰間隙水圧の実測値は地盤の沈下挙動に必ずしも関連しておらず、放置期間に入っても過剰間隙水圧が減少しない箇所がある。N 工区と PD、SD 工区を比べると、N 工区の解析値は 2 年後においても沈下し、過剰間隙水圧の消散も少ないのに対し、PD、SD 工区の沈下は、施工直後に N 工区の 2 年後の沈下量に達しており 1 年後には落ち着いている。これより PD、SD 工区はドレーン材による地盤改良効果が現れていることがわかる。

5. ドレーンの透水能力 ドレーンの透水能力とスミアゾーンはドレーンの透水効果に影響を与えるため、今回スミアゾーンの影響を固定し(表-1)、透水能力を逆算した。逆算した値は室内試験値より小さいことがわかった。図-3,4 に示すように、実測値に近づけるため、上記の解析において PD は $25\text{m}^3/\text{year}$ 、SD は 50

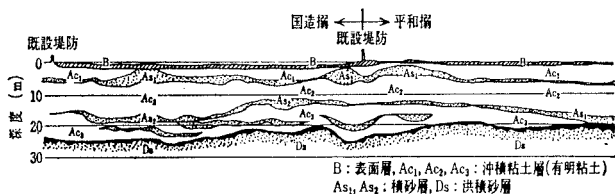


図-1 空港建設地の推定地層断面

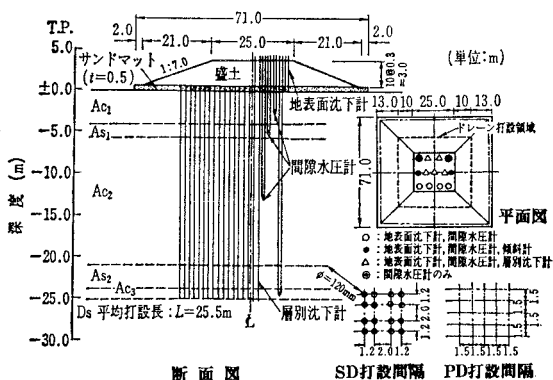


図-2 地盤改良工区の試験盛土の断面図と平面図

表-1 本解析のモデルパラメーター

層	E (kPa)	ν	κ	λ	M	e_0	γ (kN/m ³)	k_v (10 ⁻³ m/day)	k_h (10 ⁻³ m/day)
B		0.250	0.025	0.250	1.3	2.000	15.0	6.6	6.6
Ac1		0.300	0.044	0.440	1.2	2.000	14.5	3.3	3.3
As1	10000	0.200					15.5	250	250
Ac2		0.300	0.087	0.870	1.2	2.500	14.5	1.52	1.52
As2	15000	0.200					16.0	250	250
Ac3		0.250	0.030	0.300	1.3	1.750	16.0	1.52	1.52
Ds	30000	0.200					19.0	250	250

E : 変形係数 λ : 圧縮指数 (Cc) γ : 湿潤密度
 ν : ポアソン比 M : 限界応力比 k_v : 透水係数 (鉛直)
 κ : 膨潤指数 (Cs) e_0 : 初期間隙比 k_h : 透水係数 (水平)

	PD工区	SD工区	備考
dw (mm)	61	120	等価径の直径
S (m)	1.5	1.6	ドレーンの打設間隔
De (m)	1.7	1.8	等価有効円の直径
N (De/dw)	28	15	DeとDwの比
ds (mm)	300	412	スミアゾーンの直径
kh/ks	5	5	水平の透水係数とdsの比
ds/dw	5	3.4	dsとdwの比

m³/year の透水能力を用いているが、室内試験による PD, SD の 1 本の透水能力はそれぞれ 600m³/year, 265m³/year となっている。SD は室内試験値の 1/5, PD は 1/24 しか透水効果が現れていない。室内試験のものをういた解析結果は、地表面と Ac2 上部が 200 日から 300 日の間で実測値から大きく離れており、解析値は最大約 20cm 実測値を過大評価している。また、PD 工区の室内試験のものは約 300 日で沈下が落ち着いており、現場のものより 100 日程早い。

6. まとめ 1) 解析は沈下挙動を良くシミュレートしている。N 工区と PD, SD 工区では盛り立て期間中から大きく差が現れており、PD, SD の効果が現れている。

2) PD, SD 工区の解析で、ドレーンの透水能力は沈下速度に大きな影響を与える。逆解析したところ、スミアゾーンの影響を固定して求めた現場の PD の透水能力は、室内試験値の約 4% の効果であり、SD でも約 20% であった。

3) 沈下量において、室内透水試験の結果を用いた解析

値は逆算した現場の透水能力による解析値を過大評価しており、特に 200 ~ 300 日の間で差が顕著であった。

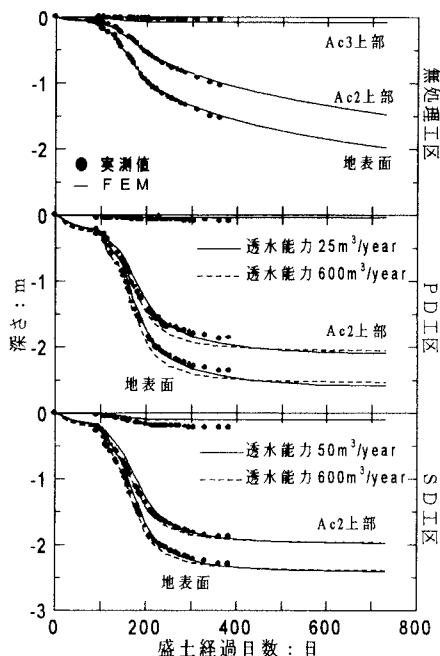


図-3 層別沈下量と経過日数の関係

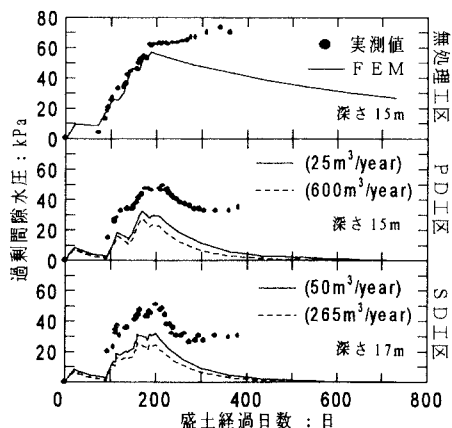


図-4 過剰間隙水圧と経過日数の関係 (Ac2)

参考文献 1) Jinchun Chai, D.T. Bergado, Norihiko Miura, and Saiich Sakajo. : Back Calculated Field Effect Of Vertical Drain. Proceedings Of Second International Conference On Soft Soil Engineering. Vol.1, pp.270-275, May, 1996. 2) 三浦, 赤峰, 下山. : 有明粘土層の堆積環境とその鋭敏性について. 土木学会論文集. No.541/III-35, pp.119-131, 1996. 3) 吉岡, 三浦, 朴. : 佐賀空港建設に伴う基礎実験と地盤改良のための試験盛土. 土と基礎. Vol.42, No.4, pp.33-38 Apr, 1994. 4) Jinchun Chai, Norihiko Miura, Saiichi Sakajo, and Dennes Bergado. : Behavior Of Vertical Drain Subsoil Under Embankment Loading. SOILS AND FOUNDATIONS. Vol.35, No.4, pp.49-61, Dec, 1995.