

超軟弱地盤における長尺ペーパー ドレーンの改良効果について

運輸省第二港湾建設局横浜調査設計事務所 正会員 横田 弘 正会員 丸山 隆英 黒川 誠

1. まえがき 東京国際空港沖合展開地区は、東京湾奥部の浚渫ヘドロ土砂によって造成された超軟弱地盤であり、その不同沈下対策としてパーチカルドレーン工法による地盤改良を行っている。

パーチカルドレーンの圧密過程においては、ドレーンの透水性・ドレーンへの応力集中・敷砂の透水性等が影響し、圧密遅れが生ずることが吉国によって理論づけられている。

本報告は、比較的長尺（20m程度）のペーパードレーンと高盛土を併用した工区における土質調査結果と圧密沈下観測結果を基に地盤改良効果（圧密遅れ）についてとりまとめたものである。

2. 本工区の土性 沖合展開地区の地盤は、当初の地盤は海底面まで砂が厚く堆積していたのが（As層）昭和40年代に埋立材料として掘削され、そのあとに東京湾の航路浚渫によって生じた土砂（ヘドロ）を海水面まで捨て込み（Ac1層）、さらにその上部を建設残土によって埋め立てられた（Bs層）。

このような形成過程を経たためAc1層は、場所による層厚・土性のばらつきが大きく、本工区の土性（改良前）は、自然含水比が40～170%、一軸圧縮強度は0.05～1.0kg/cm²、圧縮指数は0.5～1.5、圧密係数は70～1000cm²/day程度である。

3. 地盤改良仕様 本工区の地盤改良仕様としては、ドレーン材（5種類）・ピッチ（3種類）である。改良深度はAc1層下端までであり、打設長は概ね20mである。

4. 地盤改良の効果 パーチカルドレーンの圧密過程においては、軟弱粘土地盤でドレーンが長尺となる場合や広い改良域で透水性のよくないサンドマットが施工されている場合にレジスタンス（Lw, Lm）の影響による圧密遅れが懸念される。そこで、本報告では、サンドマット及びドレーンの透水性を検討し比較的長尺のペーパードレーンについてレジスタンスを評価した。

a. マットレジスタンス（Lm） マットによる圧密遅れは、現象としてマット内に過剰間隙水圧が発生することから、吉国の圧密理論による数値解析結果と測定過剰間隙水圧値との対比により、当地区におけるマットレジスタンスを評価した。

測定間隙水圧は、ばらつきが大きく又圧密初期段階で過剰間隙水圧の発生が見られない工区もあるが、表-1に示すように測定過剰間隙水圧の最大値と数値解析結果（圧密初期の平均過剰間隙水圧）は比較的良い対応を示しており数値解析で用いたサンドマットの透水係数（現場試料による透水試験値）が概ね妥当であったと考えられる。マットレジスタンスによる圧密遅れについては、サンドマットの乱れ有り（透水係数 $k_m = 3 \times 10^{-4}$ ）の場合においても、盲暗渠の効果によって1.3倍程度の遅れと小さい。

ケース	マット 透水係数 k_m (cm/s)	盲暗渠 ピッチ 2B(m)	マット内測定 過剰間隙水圧 P(t/t/a ²)	マット内平均 過剰間隙水圧 P(t/t/a ²)	マットレジ スタンス係数 Lm	圧密遅れ Th90(L=0) Th90(L=0)
① ペーパー	マット乱れ有 3×10^{-4}	10.0	—	1.58	0.848	1.28
② ペーパー	マット乱れ無 3×10^{-3}	10.0	0～0.5	0.20	0.085	1.03
③ バック	マット乱れ有 3×10^{-4}	10.0	1～2.0	1.89	0.589	1.28
④ ペーパー	マット乱れ無 3×10^{-3}	20.0	1～2.0	0.70	0.340	1.11

表-1 過剰間隙水圧の比較及びマットレジスタンスによる圧密遅れ

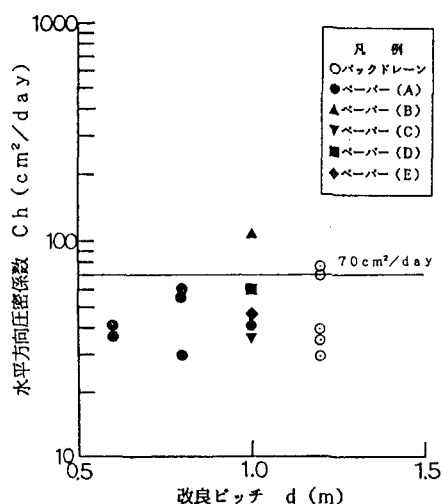


図-1 改良ピッチ d～水平方向圧密係数 Ch

b. ウェルレジスタンス (L_w) Ac1層の動態観測データを基に門田法による将来沈下予測を行い求めた各工区の圧密係数 C_h を図-1に示す。

図の値はベーパードレーンの工区では、(B)材を除いて土質試験結果の下限値から設定した $C_v = 70 \text{ cm}^2/\text{day}$ をしたまわっている。バロンの近似解において $C_h = 70 \text{ cm}^2/\text{day}$ と設定すると図の値は、レジスタンスの存在を示すものである。尚、(B)材を打設した工区については、現地盤の圧密係数 C_v (土質試験値) が他工区に比して高く (設定の70に対して3倍程度)、図の値は他と同様にレジスタンスの存在を示していると考えられる。

改良層の圧密過程は、式(1)によって理論づけられており、前記の結果は、式中の L を0と仮定したものである。

次に、以下の条件でドレーン材のウェルレジスタンス L_w 、透水係数 k_w を逆算した。関係図を図-2に示す。

① 水平方向圧密係数 (改良層) $C_h = 70 \text{ cm}^2/\text{day}$

② ベーパードレーンの砂杭換算径 $d_w = 5 \text{ cm}$

③ サンドマットのレジスタンス L_m

a. サンドマットによる圧密遅れを考慮しないケース ($L_m = 0.0$)

b. 前項で求めたマットレジスタンスを考慮するケース

①~③の条件のもとに、当地区のベーパードレーンの圧密仮定について次のようにまとめられる。

長尺ベーパードレーン ($L = 20 \text{ m}$ 程度) のウェルレジスタンス係数は、1~2程度である。この時のドレーン材の透水係数は $3.0 \times 10^{-2} \text{ cm/sec}$ 程度である。

5. まとめ 東京国際空港沖合展開地区のAc1層について比較的長尺 (20m程度) のベーパードレーンの改良効果を解析した結果、地盤改良条件として $C_h = 70 \text{ cm}^2/\text{day}$ 、 $d_w = 5 \text{ cm}$ と設定すると圧密に遅れが生じ、レジスタンスを考慮したバロンの近似解においてドレーンの透水係数を $k_w = 3.0 \times 10^{-2} \text{ cm/sec}$ とすると実測値と良く一致することがわかった。さらにデータ取得・考察を加え今後の地盤改良工事の設計・施工に反映させてゆきたいと考えている。

(参考文献) 1) 田中、豊田、足立: 東京国際空港 (羽田) 空港沖合展開地区の土質特性について、第22回土質工学研究発表会 2) 小野、豊田、田中、戸引: ベーパードレーン改良地盤の特性について、第22回土質工学研究発表会 3) 田中、小野: 羽田空港沖合展開工事 (第1期) におけるバーチカルドレーン工法について第33回土質工学シンポジウム 4) 小林、永井、鈴木、梶原、冷水: 羽田空港沖合展開 (第2期) におけるバーチカルドレーン改良地盤の圧密特性について、第24回土質工学研究発表会 5) 梶原、冷水、鈴木、金坂、赤羽: 現地観測によるバーチカルドレーン工法におけるマットレジスタンスの考察、第24回土質工学研究発表会 6) 塩崎、太田、金坂: 羽田空港沖合展開 (第2期) におけるバーチカルドレーン地盤改良の結果について、第25回土質工学研究発表会 7) 吉国: バーチカルドレーン工法の設計と施工管理、技報堂出版

$$U = 1 - \exp \left[-\frac{8Th}{F(n) + 0.8L} \right] \quad (1)$$

$$F(n) = \frac{n^2}{n^2 - 1} \log n - \frac{3n^2 - 1}{4n^2}$$

$$n = \frac{de}{dw} \quad Th = \frac{C_h \cdot t}{H^2}$$

$$L_w = \frac{32}{\pi^2} \cdot \frac{k_c}{k_w} \cdot \left(\frac{H}{dw} \right)^2$$

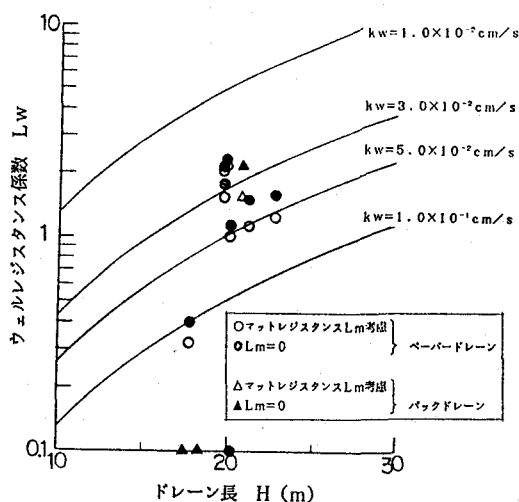


図-2 $L_w \sim H$ 関係図