

大阪市立大学工学部 正員 高田直俊 正員 三笠正人

よえがき 神戸港沖に造成中のポートアイランドは埋立盛土層が大きいために、かなり大きな沈下を生じている。そこで洪積粘土層までを対象として新たに開発した層別地下計、間引き水圧計等を設置して、観測を続ける一方、沈下量の大半をしめる沖積粘土層に対して自重圧密理論および不均等地盤の圧密理論によって沈下解析を行ない、現場の調査、観測結果と合わせて沈下の現状説明、将来の予測を行なった。ここでは自重圧密理論による沖積層の沈下解析の一例を現場観測結果と対比して報告する。

地盤状況 沈下解析の対象地点は昭和50年9月に一部がKP+5mまで盛土され、土質調査とともに沈下計や間引き水圧計が設置された図-1の地点④である。このときの調査から得た地盤の成層状況は図-2に示したとおりである。この地点では埋立前に調査が行われていないので、圧密解析には最も近い図-1の地点①、②の埋立前の調査結果を用いた。解析は両地点の圧密特性を用い、また含水比分布を初期状態に選んで2通りの計算を行なった。

圧密方程式 数値解析は粘土と一様な圧密特性を有すると仮定し、自重および圧密中の粘土層厚の減少を考えた次の方程式による。

$$\frac{\partial z}{\partial t} = C_v \left\{ \frac{\partial^2 z}{\partial z^2} + \frac{d}{dz} (m_v r') \frac{\partial z}{\partial z} \right\}$$

ち: 圧密比($=\frac{f}{f_0}$), f_0 : 原始状態の体積比

z_0 : 原始座標, m_v : 体積圧縮係数, r' : 土の水単位体積重量

また $f - \log p$ 関係は直線的であったので次式を用いた。

$$\frac{d}{dz} (m_v r') = - \left(1 - \frac{0.8383 C_v}{f} \right) \frac{(q_s - q_w)}{f_0} \frac{r_w}{P}$$

圧密特性 地点①と②の深さ別 $f - \log p$ 関係は図-3のとおりである。正規圧密部は両地点とも深さによらず集まってくる。地点①は過圧密部も深さによらず集まっているが、これは後で述べるように含水比の分布幅が小さいからである。計算に用いる代表 $f - \log p$ 関係は図中に示したように $C_c = 0.75$ と同じで、①は②より f の値で 0.05 だけ上方に位置する。

C_v の値は埋立前後の調査資料から、深さ方向に多少の変動はあるが、平均的に $C_v = 4 \times 10^{-2} \text{ m}^2/\text{day}$ とした。

初期条件 埋立前の地点①、②の含水比から求めた体積比分布は図-4(a)(実座標系)である。これを同図(b)のように、地点①は $f_0 = 4.0$ 、②は $f_0 = 4.6$ を原始状態とする原始座標系に変換して計算上の初期条件とする。(f_0 はどんな値を採ってもよいが、ここでは層表面付近で推定される f の最大値を採った。体積比 f_0 とその深さの土被り圧 P を連ねた $(f_0 - P)$ 線を図-3に記入した。この線が $f - \log p$ 関係の線に来ると粘土層は正規圧密状態にあることになる。地点②はほぼ正規圧密状態で、①はかなり下方に位置するので過圧密状態といえる。

粘土層厚 昭和50年10月調査時点の層厚 10.0 m は実

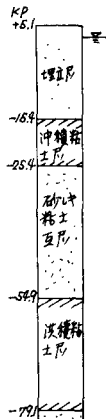


図-2 地層断面

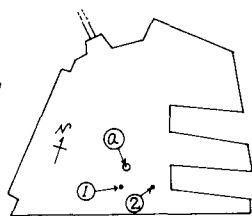


図-1 解析対象地点

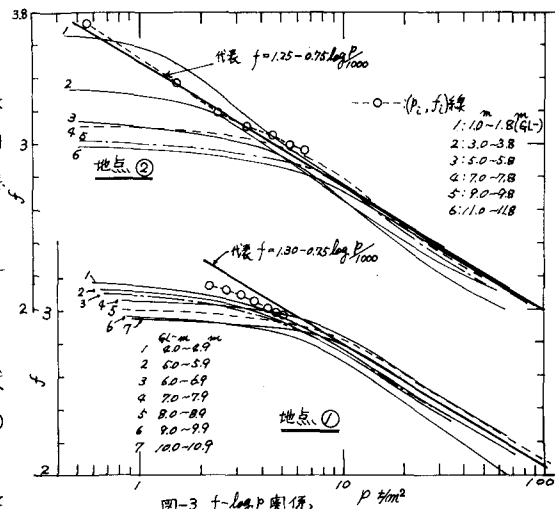


図-3 $f - \log p$ 関係

座標系であるので、初期条件の原始座標への変換と同じ手法で原始座標系に変換する。その結果原始層厚 H_0 は $f = 4.0$ に対し $H_0 = 14.36\text{ m}$ 、 $f_0 = 4.6$ に対して $H_0 = 16.52\text{ m}$ となる。

圧密荷重 定期的に行なわれている氷洋測量結果から図-5のようにまとめた。埋立層厚は各段階の計算沈下量を加えたもので、これにより求めた圧密荷重を図に示した。埋立土の単位体積重量は、現場の測定結果を総括し、また N 値の深さ方向の変化があまりないことから全層一様に $\gamma_s = 1.85\text{ t/m}^3$ とし、海面上は平均的に $w = 15\%$ ($S_r = 91.1\%$)と仮定した。

計算結果 図-6に計算沈下曲線を示した。地点①の調査資料を用いた計算結果と比較して②を用いた場合の沈下量が大きい。これは図-3にみるように②が正規圧密に近く、①が過圧密状態であったからである。すなわち図-7(2)の代表 $f-\log P$ 線上にある粘土層は図(1)の④の体積比分布を示すが、 (P_c, f_c) が⑦のように $f-\log P$ 線より下方にある粘土層は図(1)の⑥のような体積比分布となる。盛土荷重 ΔP を受けると④の (P_c, f_c) にある粘土は応力 (P_y, f_y) に達するまで圧密しないと計算するので、正規圧密状態にある土と比較して図(1)の斜線部の面積だけ沈下量が小さくなる。二つの条件による最終沈下量の差は初段階荷重による圧密量の差にほぼ等しく、昭和49年以降は両者の沈下速度のちがいは少ない。埋立土の載荷は平面的にも時間的にも一様に進行しないので載荷直後の期間を避けて比べると、別報¹⁾図-4の沖積粘土層の沈下速度の実測値とほぼ等しい沈下速度を示している。

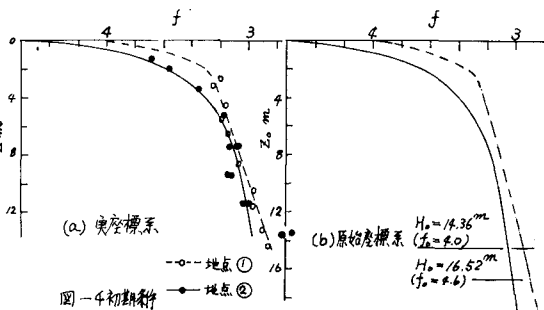


図-4初期荷重

図-5埋立荷重

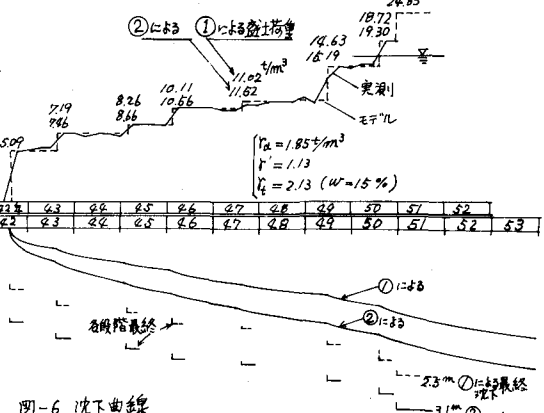


図-6沈下曲線

図-7は昭和50年10月時点の体積比分布をその前後の計算等時線と実座標系と比較したものである。粘土層の上方部は二つの計算値とも実測値に一致し、全体としては計算値は実測値に近いが、実測値は深さ方向にあまり変化がなく、このことから粘土層中の $f-\log P$ は始めに仮定したように一様ではないと理解される。この実測含水比の分布形

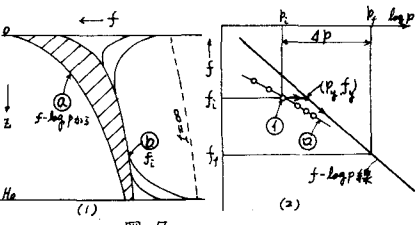


図-7

は予許にあるポートアイランドの全資料に共通に見られるので、 $f-\log P$ の深さ方向の変化を考慮した不均質地盤の圧密計算も行ない、ある程度実際の含水比の分布傾向と圧密特性の側から説明できることがわかった。なお同じく水圧の測定値より求めた有効応力は計算値とよく一致している。

この研究は神戸市開発局の依頼によるもので、実施に当って得に多くの便宜に対して謝意を表します。

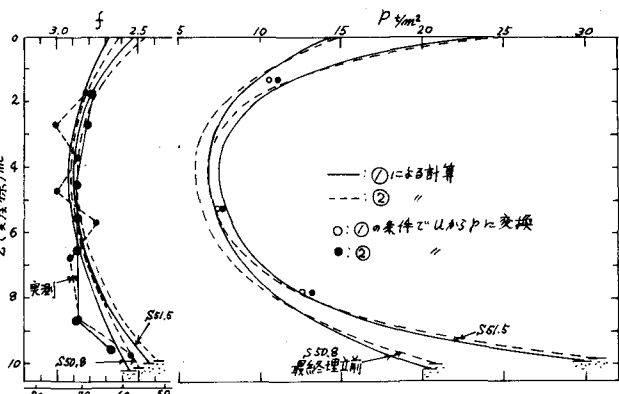


図-8等時線

文献：埋立地盤の等動観測，三笠，高田 32国土学会，1977