III-165　サンドドレーン改良地盤の沈下特性

中電技術コンサルタント株式会社　正会員　乗　安　直　人
中　国　電　力　株　式　会　社　　森　平　猛
中　国　電　力　株　式　会　社　　谷　本　勉
中電技術コンサルタント株式会社　正会員　住　岡　宣　博

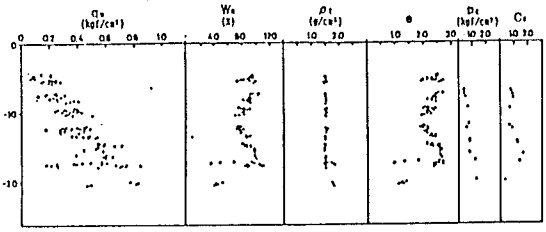
1　まえがき

軟弱な粘性土地盤の圧密沈下促進工法としてサンドドレーン工法（以下ＳＤと書く）が広く採用されている。このＳＤ改良仕様の相違が圧密沈下特性にどの様に影響を及ぼすの[1]か、充分に解明されているとは言いがたい。近年、埋立工事が大規模かつ短期間に施工される場合も稀ではなく、経済性・工程上の観点から設計に対する信頼性の向上が要求されており、ＳＤ改良仕様の圧密沈下特性に及ぼす影響を定量的に把握する必要がある。本報告は、埋立工事の沈下事例からＳＤ改良仕様の沈下特性を検討した結果、ＳＤ改良仕様と沈下量及び沈下速度について一定の関係が求められたので報告するものである。

2　地盤概要

埋立地は中国電力（株）柳井発電所であり原地盤は層厚16～17ｍの海性沖積粘性土が堆積している。図-1に示す土性図から明らかな様に埋立地の土性は層別に異なっており、各層で見ると埋立地全域について均一な土性を示す。この粘性土層は正規圧密粘土と考えられるが、遅延圧密やセメンテーションによる時間効果を受けて軽い過圧密（擬似過圧密）を呈している。設計定数は、沖積粘性土層を４層に分類し、各層について統計的に処理した、表-1に示す値を設定した。なお、以下に示す沈下事例は全て沖積粘性土に関するものである。

図—1 冲積粘性土土性図



表—1 冲積粘性土の設計定数

深度 C.D.L.(m)	圧密降伏応力 Pc(tf/m²)	初期間隙比 e_0	湿潤単位体積重量 γ_t (tf/m³)	圧縮指数 C_c	圧密係数 C_v (cm²/day)
G.L. ～ -5.0	2.44	2.18	1.50	0.88	165
-5.0 ～ -7.5	3.64	2.42	1.50	1.18	138
-7.5 ～ -12.5	5.50	2.05	1.55	0.85	310
-12.5 ～シルト下限	8.61	2.33	1.50	1.28	133

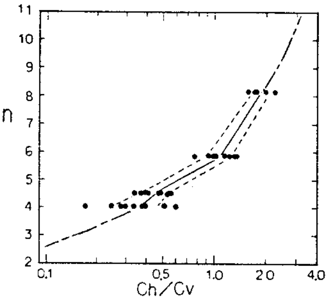
3　ＳＤ改良仕様の圧密係数に及ぼす影響

実測沈下から圧密係数を求める方法として門田法[1]がある。この方法は(1)式に示す様にバロンの提案した圧密度近似式を根拠として $\log_{10}(1-U)$ とChの線型性に着目し、実測沈下からトライアルでChを求めるものである。

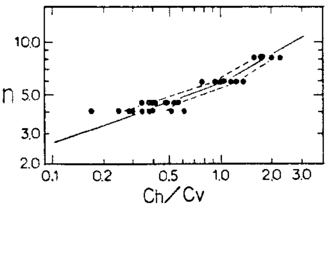
$$\log_{10}(1-U) = -0.4343 \cdot 8 \cdot Ch \cdot t / de^2 \quad \text{---------- (1)}$$

Ch/Cv とドレーン比n(=d_e /d_w ）との関係を図-2に示す。ここに、U;圧密度,Ch;水平方向圧密係数,Cv;鉛直方向圧密係数（設計値で求めた）,d_e;有効径(1.128d)，d;ドレーンピッチ,d_w;ドレーン径，t;経過時間。図-2の実線は各改良仕様の平均値を結んだものである。同図より nと $\log_{10}$ (Ch/Cv)は下に湾曲したものとなった。図-3は $\log_{10}(n)$ と $\log_{10}$(Ch/Cv) の関係を示す。図-3は図-2より直線的

図—2 n～$\log_{10}$(C_h /C_v) 関係図



図—3 $\log_{10}$(n)～$\log_{10}$(C_h /C_v)関係図



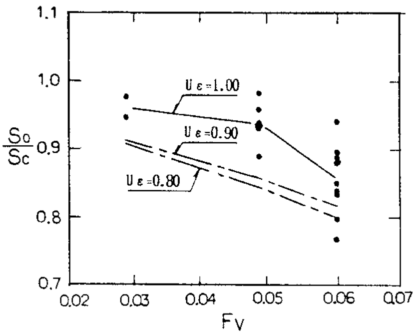
な関係が認められるが、図-3においてもやや下に湾曲している。図-2の一点鎖線は図-3の直線を延長して推定したものである。これらの図より n=6付近でChはCvと等しくなり、n<6 でCh/Cv<1 となる。 n>6でChはCvより大きくなるが、図-2おいて下に湾曲していることは、nの増加に従いChは発散するのではなく、ある一定値に収束することが推定される。

4　ＳＤ改良仕様の沈下量に及ぼす影響

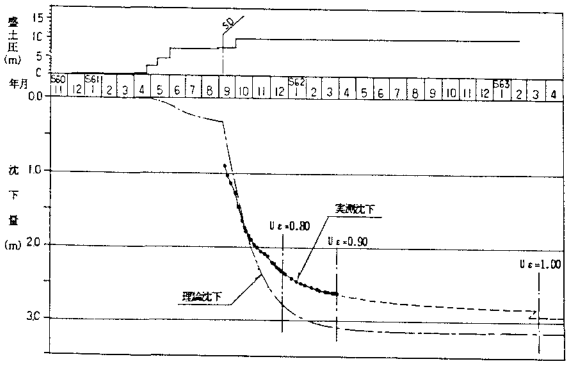
沈下量算定式として e法，Mv法,Cc 法[1]があるが、ここでは統計的に取扱が容易であるCc法[2]を使用した。沈下量算定に際し、擬似過圧密による先行効果を考慮し、また沖積粘性土層厚・盛土層圧は地盤改良後に実施した43本のボーリングにより改良仕様区域別に統計的に処理し、その平均値を用いた。沈下速度を規定する圧密係数Chは層別沈下計の層別実測沈下から門田法により求めた値を使用した。一方、実測沈下から最終沈下量を推定する方法として予測精度の高い星埜法を用いた。

以上の方法によって求めた、実測最終沈下量 S_0 と理論最終沈下量 S_c との比 S_0/S_c とＳＤの置換率Fvの関係を図-4に示す。また、代表的な実測および理論沈下曲線を図-5に示す。図-4にはある時点におけるSo/Sc を示す。図-4,5から次の点が明らかである。 (1)ＳＤのＦｖが小さく、Fv<0.03 では理論沈下量と実測沈下量はほぼ等しく、ＳＤの沈下低減効果は無視できる。(2) Fv>0.05 ではＳＤと言えどもサンドコンパクションパイル（以下ＳＣＰと書く）と同様に沈下低減効果が認められる。(3) 図-4からある時点のSo/Sc は、Fv<0.03 では1.0 に近く、Fvが大きくなるに従いSo/Sc も小さくなっており、Fvによって沈下曲線にも影響が認められる。

図－4 So/Sc ～Fv 関係図



図－5 理論・実測沈下～時間関係図(n=4.52 の場合)



5　考　　察

ＳＤの設計においては、沈下量はＳＣＰの様に複合地盤による沈下低減効果は一般に考慮されない。当地点においてもFv<0.03 では理論沈下量と実測沈下量はほぼ一致したものとなり、この仮定に問題はなかった。しかし、ＳＤにおいてもドレーンピッチが小さくなると（当地点ではFv>0.05)、ＳＣＰの様に沈下低減効果を考慮すべきものと考える。また、ｎとCh/Cv の関係は既に報告されている[3]が、当地点においてもｎ<6～7 でCh/Cvの低下を考慮する必要があることが認められた。ただし、当地点の沈下事例ではｎとCh/Cvは両対数紙に整理してもやや湾曲しており、ｎの増大に伴いChは発散するのではなく、ある一定値に収束することが推定される。ＳＤ改良仕様のCh/Cv に及ぼす要因として、①ＳＤ打設時のスミヤーゾーンの形成、②ドレーンウエルの透水性の低下、③Fvの増加に伴い、砂杭への応力集中が発生する過程で、砂杭の圧縮特性が卓越することによる圧密遅延効果、が考えられる。特に、当地点でFvの増加に伴う沈下量の低減効果が認められたことは、一般に考えられる①、②以外に、③の要因が考えられる。今後、ここに報告できなかったデータも含めてＳＤの沈下特性の検討を進めていきたい。

参考文献　1）たとえば、吉国洋：バーチカルドレーンの設計と施工管理，技報堂，１９７９　2）松尾稔，浅岡顕：沈下予測に関する統計的考察，土木学会論文報告集、Ｎｏ．２５５，１９７４　3）石井敬一，井上年行：地盤改良工事の管理計測例と圧密沈下計算，基礎工，１９８４