

氏 名	世 良 至
授 与 学 位	博 士 (工 学)
学 位 授 与 年 月 日	平 成 5 年 3 月 18 日
学 位 授 与 の 根 拠 法 規	学 位 規 則 第 5 条 第 2 項
最 終 学 歴	昭 和 35 年 3 月 東 北 大 学 工 学 部 土 木 工 学 科 卒 業
学 位 論 文 題 目	高 速 道 路 盛 土 に お け る 軟 弱 地 盤 の 圧 密 沈 下 予 測 に 関 す る 研 究
論 文 審 査 委 員	東 北 大 学 教 授 柳 沢 栄 司 東 北 大 学 教 授 須 田 颯 東 北 大 学 教 授 福 田 正 東 北 大 学 教 授 杉 村 義 広

論 文 内 容 要 旨

高速道路盛土を軟弱地盤上に施工するとき、安定の問題と沈下の問題が発生する。本研究は盛土挙動のうち特に沈下現象を対象とし、沈下予測の精度向上を目的とした研究である。

設計時の沈下予測の現状は、全沈下量については±20%程度の誤差範囲に入り実用性も高いが、時間～沈下量の関係の予測は実用に供しない程信頼性に欠けている。このため予測は施工中の観測値を用いて将来沈下を推定する手段にゆだねられており、このことはバーチカルドレーン工法の評価もまちまちなものとしている。

本研究は、全国各地の盛土施工現場で観測された長期間（最長30年間）の観測データを整理分析し、沈下現象の三つの要素（一次圧密・二次圧密・側方流動による即時沈下）とバーチカルドレーン効果に影響するサンドマットの透水性について解明し、既往の経験式・相関式あるいは理論に基づく慣用的解析法の適用性とその修正法などを明らかとした。

沈下予測の精度向上を目的とした本論文は6章からなり、その内容は以下のように要約される。

第1章 序 論

第1章は本論文の緒言であり、沈下予測に関する現状と問題点およびその背景について述べ、本研究の意義を明らかにした。

第2章 沈下対策に関する現状と問題点

第2章では、まず高速道路盛土における軟弱地盤対策の歴史的変遷を述べ、その現状と未解決な諸問題について概説し、沈下予測に関する本研究の位置付けを明確にした。

次いで沈下予測の従来の手法を説明し、予測値と実測値が相違する実態を示し、相違する原因として「地盤の不均一性・土質試験に含まれる問題点・解析理論に含まれる問題点・荷重条件の変動する要素・実測値に含まれる問題点など」にあることを述べ、本研究のポイントを具体的に記した。

さらに本研究の主要な手段が、現場における莫大な観測値（全国34地域・試験盛土13ヶ所・最長30年間）の整理分析に基づく特異な手法であることを述べ、その整理結果から沈下現象を短期沈下と長期沈下に区分して取扱い、各々の研究内容を具体的に列挙して内容を明白にした。

第3章 短期沈下特性に関する研究

第3章では、盛土開始から3～4年程度の比較的短期の沈下を対象として分析し究明した。

まず従来の即時沈下量（ S_i ）の予測法は、泥炭地盤に対しては過大値を示す。より精度の向上を計るには盛土速度の要素を導入すべきことを具体的に示した。

次に各地の試験盛土の観測値を分析した図-1で明らかのように、圧密の進行過程で圧密係数（ C_v ）が1/7～1/9に減少する実態を証明した。設計時の圧密沈下計算の中でも C_v を変化させる計算手法が妥当であることを指摘し、その具体的手法を提案し、よい近似解を与えることを示した。

さらに現場観測値から将来沈下を推定する従来の3手法（双曲線法・浅岡法・門田法）の推定値と観測値を比較検証し、双曲線法が優れていることを示した。しかしこの手法は、初期の観測値からは過小な予測値を推定することを明らかにし、適用に当たっての注意を促した。

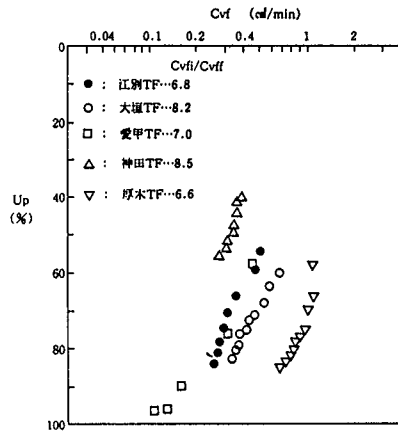


図1 圧密度 U_p （%）の進行に伴う圧密係数 C_{vf} の減少傾向

第4章 長期沈下特性に関する研究

実物大の載荷状態で、ほぼ沈下が完了する時点まで長期観測の記録が得られた例はきわめてまれである。第4章ではこの25～30年観測された長期データを基に、一次圧密終期の状態と二次圧密の量的存在を分析し、長期沈下の予測手法を提案した。

長期沈下観測データは、時間軸を対数目盛上にとって整理する（図-2の●印）のが一般的である。本研究ではこの半対数表示の図面上の沈下速度 β （ $\text{cm}/\log t$ ）を求め（図中の○印）整理することの有用性を見出し、この山型の β 曲線が、Terzaghiの一次圧密理論の β 曲線に近似し、さらに圧密係数（ C_v ）を変化させた理論曲線とは一層実測 β 曲線が合致する傾向を証明した。

この関係を利用しあらかじめ C_v の変化量に応じた β 曲線群を理論解から求めこれを曲線定規として作成する。

図のようにカーブフィッティングにより β 曲線を挿入しこれにより将来沈下を推定することを可能とした。

図の斜線部分の面積から将来の時間～沈下量の関係が推定できることになる。

次に本章では二次圧密量について、現場から対応する試料（海成粘土）を採取し室内試験を行なった。その結果二次圧密係数は $0.5 \sim 1.5 \epsilon / \log t$ 程度しか発生せず、しかもこの値はサーチャージ効果と浮力による荷重減効果により半減し、実務上無視できる程微小であることが分かった。

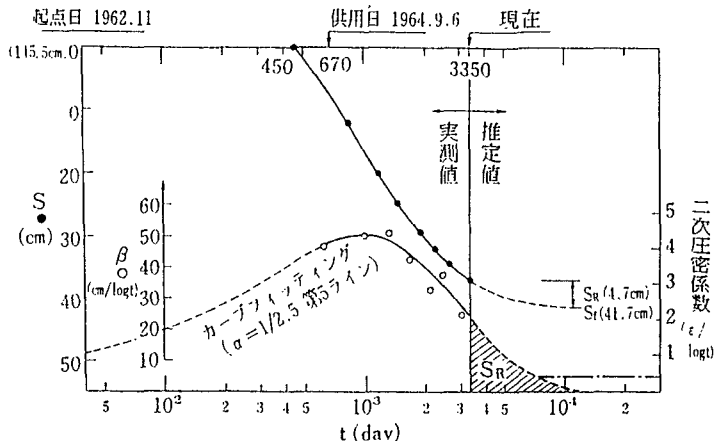


図2 長期観測データの整理法〔横軸に時間 t (日)を対数目盛とし、縦軸に沈下量 S (cm)と沈下速度 β (cm/log t)で表示〕と予測手法

第5章 サンドマットの透水性が圧密沈下に及ぼす影響に関する研究

第5章では、サンドマット内に異常に高い水圧が観測された事例から、サンドマット材に着目しバーチカドレーン効果に及ぼす影響に関して研究した。その結果透水性の悪い材料を使う場合の対策工法（地下排水工・強制排水工）の具体的設計法をとりまとめることができた。

まず近年サンドマット材として良質な海砂（透水係数 10^{-2} cm/sec）が不足し、山砂（透水係数 10^{-3} cm/sec）が多用されている実態と、現場では締め固め作用などでさらに透水性が大幅に低下する実状を現場データから示した。

次いで岩見沢試験盛土でのサンドマット内に発生した過剰間隙水圧の変動観測値を解析し、この変動を再現するFEMモデルを設定した。

このモデルにより材質の差による諸影響が調べられる。図-3は透水性の悪い 10^{-4} cm/secのサンドマット材を用いると良い材料（ 10^{-2} cm/sec）に比べて、200～300日の沈下遅れが発生し、バーチカドレーン工法の効果を著しく減少させる情況を示している。

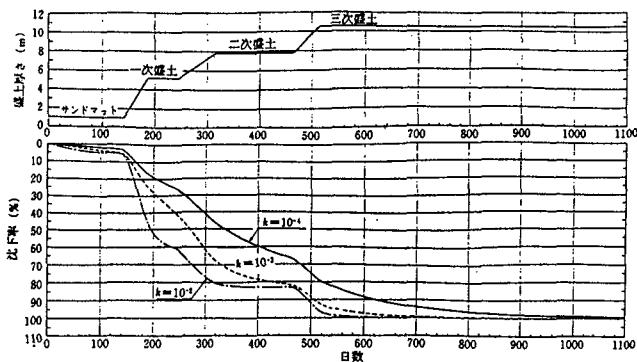


図3 サンドマット材の透水係数 ($k=10^{-2} \sim 10^{-4}$ cm/sec)の違いによる沈下進行の遅れ（地盤改良の例）

第6章 結 論

第6章は結論であり、本研究の総括として前章までの結果を簡明に列挙して本論文のまとめとした。本研究の成果によって、沈下予測の精度向上が計られ、設計・施工における適切な対策の選択がなされ、維持管理段階における合理的補修が可能となれば、ひいては軟弱地盤対策としてトータルコストの低減化に大いに役立つ見通しを結論として結んだ。

審査結果の要旨

軟弱地盤上に建設された高速道路盛土の沈下量は、高速道路の設計・管理の両面で極めて重要な量であり、沈下量の予測精度の向上が強く望まれている。本論文は、盛土の圧密沈下を便宜上長期沈下と短期沈下とに分けて、長期間の実測結果に基づいた沈下量予測の方法を提案したものであり、全編6章よりなる。

第1章は緒論であり、研究の背景と目的を述べている。

第2章は、高速道路盛土における軟弱地盤対策の問題点をあげ、特に圧密沈下の予測精度を向上させることの重要性について述べ、また、沈下特性を短期沈下と長期沈下に区別して取り扱うことが実用的であることを述べたものである。

第3章では、盛土直後に発生する即時沈下量について、実測結果では盛土速度を考慮に入れた予測方法を提案している。また、圧密中に圧密係数が変化することを考慮し、 C_v を変化させる簡易計算法を提案し、これによる予測値と実測値と比較してその妥当性を論じている。

第4章では、名神高速道路などにおける長期観測結果に基づいて長期沈下特性について考察し、時間を対数軸にとった場合に沈下速度が簡単な関数で近似できることから、曲線定規を作成して長期沈下を予測する新たな方法を提案している。この手法によれば、残留沈下量など高速道路の維持管理に必要な情報を簡単に求めることができることを示している。これは新しい有用な知見である。

第5章では、サンドマット材の透水性が圧密沈下の進行に大きな影響を与えることを述べている。サンドマット材の透水係数によっては、砂層内に過剰間隙水圧が残留し、圧密沈下が遅れる現象があることを実測と数値解析により示している。このサンドマツトレジスタンスを下げる対策としては、地下排水工や強制排水工が有効であることを示している。これは実用上重要な知見である。

第6章は結論である。

以上要するに本論文は、軟弱地盤における高速道路盛土の短期沈下と長期沈下を精度よく予測する方法を提案するとともに、敷砂の透水性が圧密沈下に大きな影響を及ぼすことを見いだし、その対策工法を示すなど、土木工学および土質工学の進展に寄与するところが少なくない。

よって、本論文は博士（工学）の学位論文として合格と認める。