

埋立て地盤に建設された併設シールドトンネルの沈下挙動

千葉工業大学大学院 学生員 ○川崎 雅博

千葉工業大学 正会員 小宮 一仁 渡邊 勉

日本鉄道建設公団 正会員 瀧山 清美

早稲田大学大学院 学生員 原 昌成

早稲田大学 正会員 赤木 寛一

1. はじめに

臨海副都心台場トンネルは建設当初から沈下が想定され、各種工法・諸問題が検討された。この構造はトンネルの沈下挙動の把握が不可欠であるため、トンネル完成後、継続的に沈下観測がなされてきたが、近年に至り当初予測に比べ沈下速度が全般的に速いことから、トンネルの安全性の再検討を行い、補強が行われた。併せて軟弱埋立て地盤に建設された併設シールドトンネルの挙動や地盤の変状の予測を行うために3次元土～水連成弾塑性有限要素法解析を実施した。本報告では、Terzaghiの一次元圧密理論に基づく沈下計算結果と3次元土～水連成弾塑性有限要素法解析結果の両者を現場計測結果と比較し、埋立て地盤およびトンネルの沈下状況を精度よく予測するためには、3次元的な初期値境界値問題の解を得ることのできる数値解析が有効であることを示す。

2. 台場トンネル建設地域地盤の沈下

台場トンネルが建設された13号埋立て地は1975年頃造成された比較的新しい地盤で、表層部を構成する埋土・盛土層は砂や建設残土などの材料が盛られていて、その下には沖積粘土層が約40m、トンネル底部以下では18.0mの軟弱層が形成されている。図-1に地質縦断面図を示す。Terzaghiの一次元圧密理論に基づくトンネル縦断方向の当初予測最大沈下量が約40cmであったのに対して、実測最大沈下量は73cmに達し、予測を33cm上回っている。図-2は、1980年3月～1995年3月の期間における、当初沈下計算と実測結果によるトンネル縦断方向の沈下形状を比較したものである。予測計算では、5k950m～5k980m付近（13号地埋立地から東京湾への境界付近）より盛土荷重が軽減され、それ以降沈下が小さくなる傾向を示す。このように、当初沈下計算による縦断方向の沈下は、全体的に地形と荷重境界位置に依存した鍋底型の傾向を示している。一方、トンネルの実測沈下量は、5k880m付近において予測値を30cm以上大きい最大沈下量を示し、沈下の形状についても予測結果と比較して、全体的にV字型の沈下形状を示している。

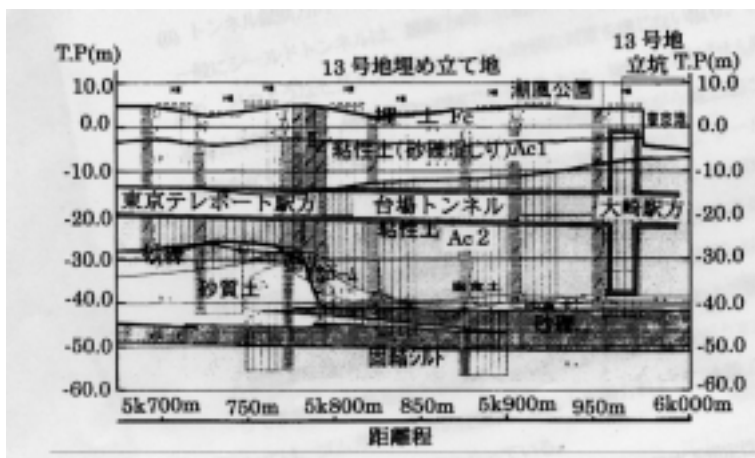


図-1 地質縦断面図

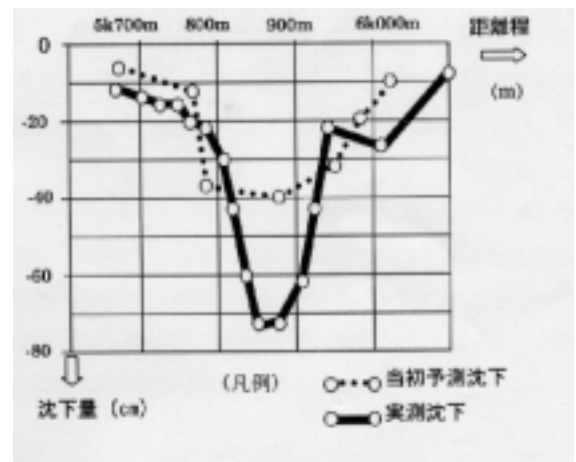


図-2 トンネル縦断方向の沈下予測と実測値

キーワード：シールドトンネル，粘性土，沈下，有限要素法

連絡先：〒275-8588 習志野市津田沼 2-17-10 TEL 047-478-0449 FAX 047-478-0474

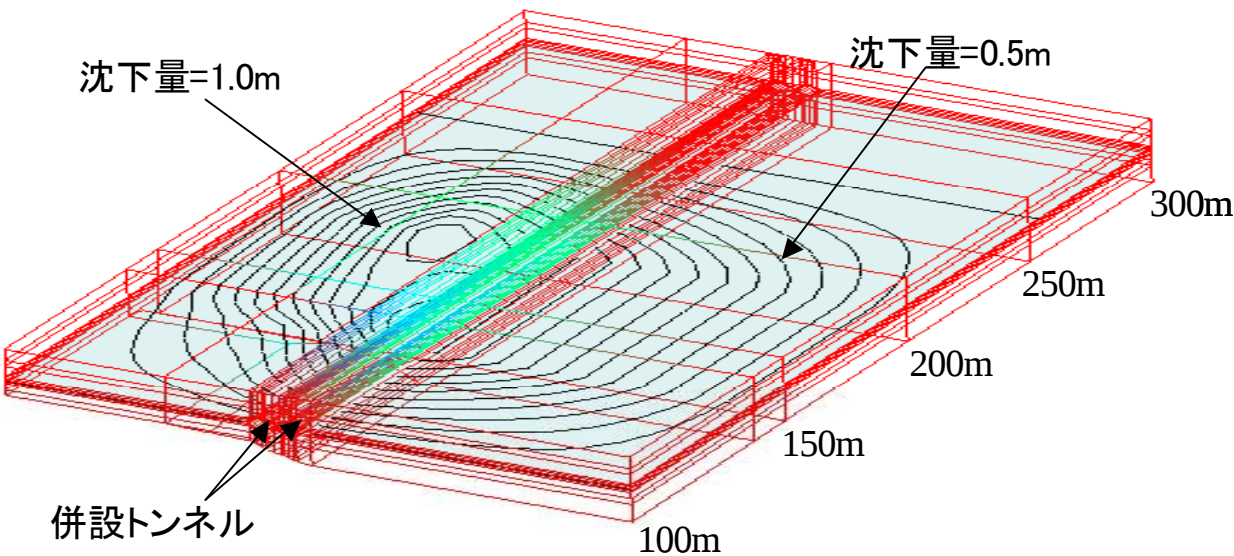


図 - 3 解析モデルおよびトンネルスプリングライン面の沈下

3. 解析結果

本研究では，3次元土～水連成弾塑性有限要素法を用いて対象工事地盤の圧密沈下解析を行った．
図 - 3 は解析に用いた有限要素メッシュである．解析対象地盤は図 - 1 に示した埋め土 Fc 層と Ac1 および Ac2 の沖積粘性土層である．解析では Fc 層を弾性体，Ac1 および Ac2 層を弾塑性体，またトンネル構造体は梁としてモデル化した．弾塑性体の構成則には Cam-clay モデルを用いた．入力パラメータを表 - 1 に示す．Ac2 層の下部には砂質土層が存在するため，地表面および解析メッシュ最下面を排水境界としトンネル周面および有限要素メッシュの側面境界は非排水境界とした．また解析メッシュの最下面および側面では変位を拘束した．
Ac1 および Ac2 層の平均有効応力が圧密降伏応力に等しい状態を初期状態とし，Fc 層に自重荷重を与えて埋立て完了時の 1975 年 3 月から 1995 年 3 月までの 20 年間の圧密沈下解析を行った．

図 - 3 の等高線は 1995 年 3 月時のシールドトンネルスプリングライン位置の沈下状況を表している．

また図 - 4 は，上り線トンネル縦断方向の最大沈下量の解析値と現場実測値を比較したものである．トンネル縦断方向の最大沈下量は，解析値の方が 50cm 程度大きく出ているが，トンネルの沈下形状は，実測値と一致したものになった．解析による沈下量が実測値よりも大きくなったのは，現場計測を開始した 1980 年 3 月は Fc 層埋立てが完了した後 5 年が経過した時点にあたり，この 5 年間の沈下量が解析値に含まれているためであると考えられる．

表 - 1 入力パラメータ

	Ac1	Ac2 (上部)	Ac2 (下部)
透水係数: k (cm/s)	2.0×10^{-7}	1.3×10^{-7}	1.0×10^{-7}
圧縮指数: C_c (λ)	0.44	1.05	0.93
膨張指数: C_s (κ)	0.04	0.12	0.11
間隙比: e_0	1.25	2.48	2.16

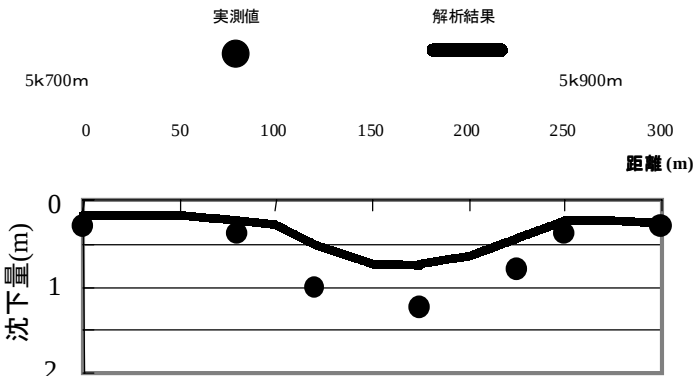


図 - 4 トンネル縦断方向沈下