

帝都高速度交通営団 正会員 片 山 弘

1. はじめに

近年の地下鉄路線は、首都圏の拡大に伴い効外から都心への輸送力増強、都市再開発等の目的をもって計画されているが、都心部では、止むを得ず民有地を通過せざるを得ないケースがあり、工法上および安全性、経済性等総合的な見地からシールド工法が多用されている。この場合、既設構造物に極めて影響の少ない施工法の選択と良好な施工管理が重要な課題である。

営団11号線渋谷～麁敷町間(10.5km)のうち、すでに半蔵門まで(5.4km)開通しているが、現在工事区間で、昭和57年8月シールドトンネルが貫通した神保町二工区の千代田区神田神保町付近において、一般住宅ならびにビルの密集地で複線シールド(セグメント外径9.8m)とトンネル直上の新築中のビル(鉄筋コンクリート地上6階建)を同時期に施工したので、このシールド工事とビル防護工法並びに変位予測と施工結果について報告するものである。

2. シールドトンネル工事概要

当工区のシールドトンネルは、発進立坑部で土被り3.2m、到達立坑部で1.8m、縦断勾配23/1000～33/1000、曲線半径303m、延長767mで、このうち約400mが大小様々な建物のある民有地を通過する。一般部のトンネル覆工には、中子式R.Cセグメントを使用し、民地下では、強度上からダクタイトルセグメントおよびR.C平板セグメントにそれぞれ二次巻鉄筋コンクリートを施工した。本線シールド掘進は、難工事が予想され、地質が複雑に変化し、地下水が豊富で、重要構造物下の通過等に対し、事前確認のため本線シールドに先立ちパイロットシールド($\phi 2.95\text{m}$)を先進させた。

シールド断面の地質は、洪積層の東京礫層(透水係数 10^{-2}cm/sec)および砂質土(透水係数 10^{-4}cm/sec)で形成されている。パイロットトンネル内では、圧気工法($0.5\text{kg/cm}^2\sim 0.8\text{kg/cm}^2$)を併用し、ウエルポイントによる水位低下工、ビル防護用地盤改良注入の施工等によって、本線大断面シールドが良好な成果をおさめることが出来た。(図-1)

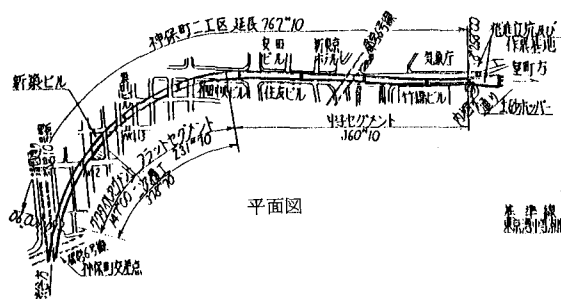
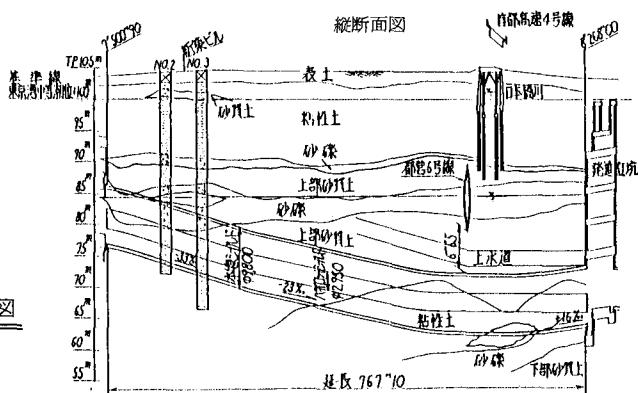


図-1 地下鉄シールドトンネル位置図



3. ビル防護計画

ビル防護計画を決定するに当たって、該当する地盤を有限要素法(弾塑性解析)により変位を予測した。

(図-2)

Case 1: ビル下を通過するシールドのみの変位とし、ビル躯体を無視した場合

Case 2: ビル基礎が横断方向に連続すると考えた場合

Case 3: ビル基礎が縦断方向に連続すると考えた場合

予測結果を表-1に示す。この予測値は最大変位35mm, 最小変位24mmとなるが, ①解析結果で引張および塑性が発生した領域について地質補強注入を行う。②シールド掘削にあたっては, 2~3回/Ringの推進とし, 山留ジャッキを施した状態でシールドを推進する。③掘進直後に即硬性の裏込材を直ちに注入するため, モルタルに珪酸ソーダ(モルタル×10%)を配合し, 2液2系液の自動圧力(3~5kg/cm²)で管理注入システムとし, さらに2次注入の入念な施工を行って, トンネル周辺地盤の安定を計る。

上記①~③によって図-3に示す通り土質定数(N値, ヤング率, 粘着力)を仮定し, 再度解析の結果, 新築ビルの相対許容沈下量が5mm(建物幅20m)以内に施工することが可能との結論に達し, ビル所有者と双方で協定書を締結して, シールド掘進を行うこととした。

ビル防護のための地盤改良注入範囲は図-3のとおりであり, 施工はパイロットトンネルより二重管先端ロット注入で, ゲルタイム10~15sec, 注入圧を12~18kg/cm²に制御し, 建物の変位を監視しながら慎重な施工管理を行った。一般ビルの改良範囲と比較対称すると図-4のとおりである。

4. 変位測定

測点は建築工事に支障しない建物外壁に4点設けて, 垂直変位及び傾斜角の測定を行った。

5. 施工結果

シールド通過時には, ビルの躯体が完成し内装作業中のため微妙な影響を懸念し, ビルに対して対角線方向にR=303mで掘進した。この際トンネル延長70mを影響範囲と想定したが, 実測ではシールド切羽がビルの中央部から抜けるまでの約30m内に大部分の沈下現象がみられたが建築施設物に変状はなく, その後は安定した。変位量は表-1に示す通りであり, 相対沈下量3mm, 傾斜角 1.5×10^{-4} radであった。

6. まとめ

建築中のビル工事とシールド工事を同時に施工することは, 危険性を伴うものであり, 双方覚書を交換した所謂条件付工事であったが, 有限要素法の解析に基づいた基礎杭支持層およびシールドトンネル周辺の地盤改良を効果的に行うとともに, シールド工事の入念な施工管理によって, 許容変位量内で施工できた今回の成果は, 今後の類似工事の参考に値すると確信するものである。

表-1 予測変位・許容値および実測値

項目	最大相対沈下量(mm)	一最大沈下量(mm)	傾斜分	最大相対傾斜角(rad)	変形角(rad)
Case 1	33	18	—	—	—
Case 2	35	24	0	11	9.09×10^{-4}
Case 3	34	24	0	10	1.11×10^{-3}
施工予測値	12	8	0	4	2.00×10^{-4}
許容値	—	—	—	5	2.50×10^{-4}
実測値	6	3	9	3	1.5×10^{-4}

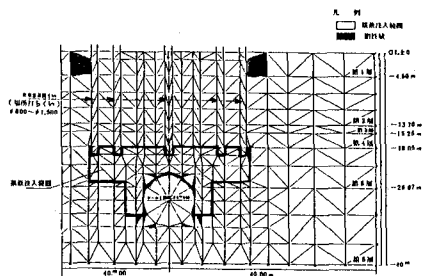


図-2 有限要素法による解析結果

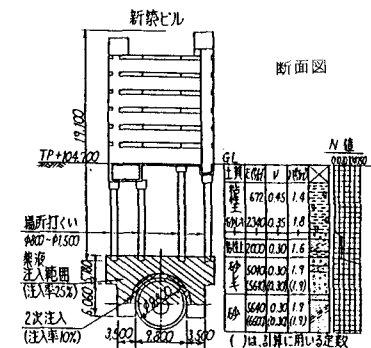
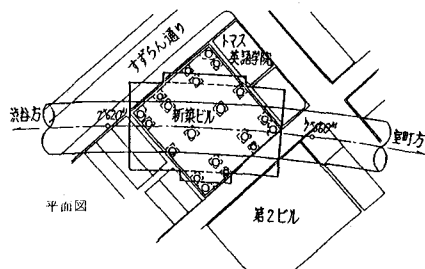


図-3 シールドトンネルと建物関係図

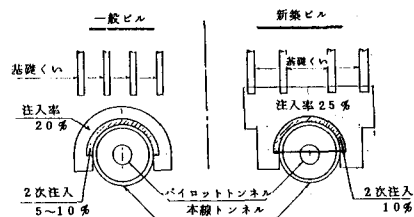


図-4 薬液注入による地盤改良対称図