

III - 4

地下鉄建設工事のビル下通過に伴うアンダー・ピニングの施工例

帝都高速交通営団 正会員 猪瀬 二郎
帝都高速交通営団 正会員 ○ 中島 信

1. まえがき

帝都高速交通営団地下鉄8号線保谷～明石町間のうち、昨49年10月30日有楽町線として開通の運びとなった池袋～銀座一丁目間約10^Kmは、既設丸の内線の混雑緩和を図るのを主目的に、緊急整備路線として設定されたものである。この8号線1期開通区間も、近年の都市構造の複雑化に伴って、既設重要構造物との近接施工ならびに立体交差、濠内通過等の難工事に各所で遭遇したが、シールド工法はもとより特殊工法を駆使し次第々この難関を克服していった。ここに述べる工法は地下鉄8号線麹町二工区の土木工事のうち、国道20号線麹町四丁目の交差点付近において、地下鉄トンネルが線形上やむなく三菱銀行麹町支店の高層ビル直下を通過することとなり、これを受けて地下鉄トンネルを築造したものである。ビル下受工事、トンネル築造工事、各種復旧工事を含め36ヶ月の工期を要した。

2. ビルの概要

ビルの規模は、鉄骨コンクリート9階建、地下室はなく、建物面積766^m²、地表からの高さ32^m、総重量10,600^t、ビルの基礎は直径1.0^mの場所打アースドリルくいで施工されており、GL-20^m付近のN値40～50の砂層に定着されている。なお、くい3本にて1フーチングを支持し、くい1本当たりの最大荷重は約230^tである。ビルの用途は銀行の業務用として1階から3階まで、4階以上は従業員の寮となっている。

3. アンダー・ピニングの基本方針

図-2に示す如く、地下鉄トンネル築造のための掘さく深さはGL-23.50^mであり、既設基礎くいの定着深さGL-20^mより深く掘さくせねばならないため、この掘さくにあたり在来基礎くいにかかるビル荷重(6フーチング分、4,080^t=680^t×6)を他に盛替える必要が生じた。このビル荷重盛替えを計画するに際して、考慮しなければならない条件は次通りである。① ビルの営業機能を阻害しない

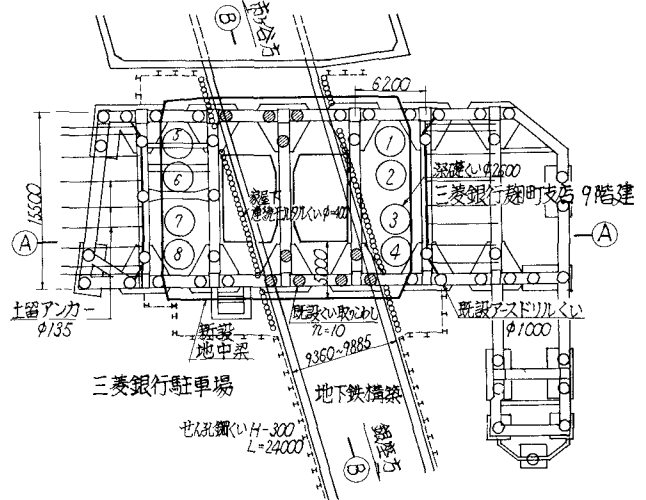


図-1 ビル下受平面図

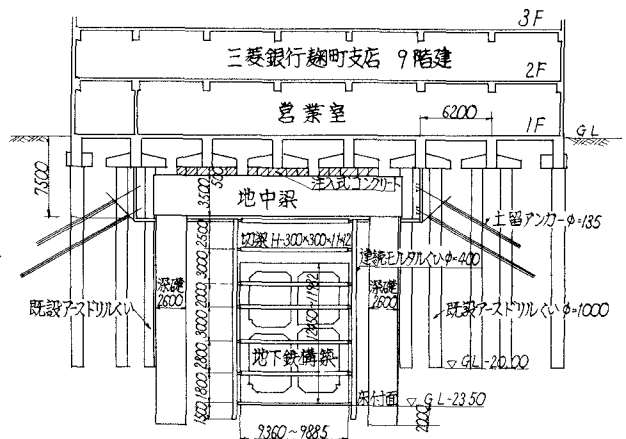


図-2 ビル下受横断面図 A-A

① 独立基礎は、既設くいの影響を最小限に止めるため
深礎工法を採用する。② 深礎工にて新設された基礎く
いのビル荷重伝達のため、在来フーチング下に鉄骨鉄筋
コンクリートの大梁を築造する。③ ①、②による独立基礎
及び大梁の配置は、建物の安定性を考慮してビルの柱列線
に合せる。

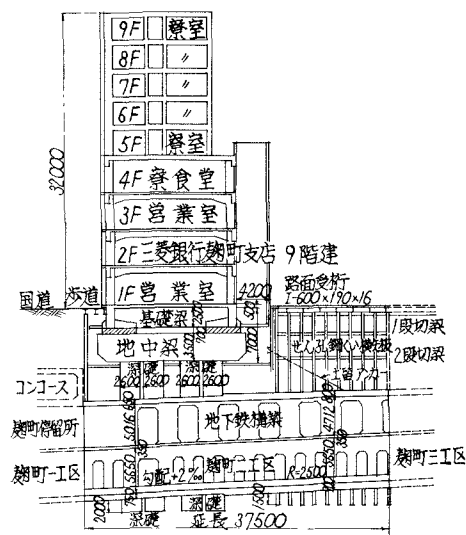
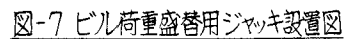


図-3 ビル下受縦断面図(B-B)

3項の基本方針に基づき、詳細な施工計画を行ない、順次施工を進めたわけであるが、施工途中のビル変状の要因についての予知及びこれの対策が実際の施工に際しての大きな課題であった。以下施工順序、方法を述べると、① ビル下すき取り――作業空間確保のため、ビル下をGL-7.5m迄掘る。側部の山留には土留アンカーを採用し、下受工に支障する切ばり等は一切設けない。② 耐震壁の施工――①により露出した既設くい頭部に作用する地震時の水平力に抵抗させるために、既設くい間に耐震壁(厚25cm)を築造し、既設くいを連結する。下受工施工に際して支障をきたす場合には、順次部分的な補強を行ないながら取りこわして行く。③ 深礎工 深礎掘る時の既設リバースくいの防護については、下記の理由により特に慎重を要した。(イ)、深礎の掘る底面(GL-25.50m)が既設くいより深く又非常に接近している。(ロ)、既設くいが深礎掘るくにより発生する塑性領域に完全に入ってしまう力学的抵抗が期待出来なくなる。(ハ)、深礎掘るくによる排土によっても、既設くいの支持力低下がおこる。(ニ)、既設くい定着層付近より下部の砂層における多量の地下水。これらの問題点に対処する方法として、主に薬液注入による地盤改良を行なうこととし、次のような処置を行なった。(イ)、既設くい下部の塑性領域を剛性の高い領域に強化させ、基礎荷重を深礎底面より下部の地盤まで伝達させるため、既設くいの下部約6.5mを薬液注入による強化する。有限要素法による地中応力の解析の結果、最大主応力度が $21.5\% \sigma_{ms}$ (圧縮強度)と出ているため、薬液については、この強度以上を期待出来るものごなければならず、種々検討の結果、高価ではあるが、地盤中の水と反応して膨張しながら固結する特性を持つ/液性のウレタン系薬液タックスを採用することとなった。なお、この薬液の膨張圧は、加水反応時ににおいて薬液内に包蔵される無数の炭酸ガス気泡の内圧によるもので、薬液が半無限の地盤中に拡大浸透する際に自然的に消滅するので特に問題はない。この注入方法は図-5に示す通りであるが、この注入方法決定にあたっては、数度の試験注入を行ない、その結果を深礎掘るくにより確認して行なった。先ずストレーナによる対象地盤($R=7.50m$)への同時注入の試験を行なったが、対象地盤の上部にある粘土層下部に円板状に拡散してしまっており、注入効果が十分に果されていなかった。これはストレーナパイプを伝って薬液が上昇した結果と判定された。また、対象地盤は、ボーリング地質調査のデータにより同種の細砂層とされていたが、深礎掘るくにより詳細に観察すると、3層の異った砂から成立っていることが判明した。対象地盤の上部2mは細砂でも比較

セメント	250 ^{kg}	フライアッシュ	64 ^{kg}	水	150 ^{kg}	細骨材
73 ⁹	粗骨材	1130 ^{kg}	骨材最大寸法	25 mm	(m ³ 当り)	

⑤ 荷重の盛替（ジャッキアップ）——ビル荷重の盛替は、受梁と既設フーチングの間隔が50 cmであり、狭い空間での作業性を考慮し比較的軽量の揚力の大きなフラットジャッキを使用した。使用したフラットジャッキ1台の揚力は、最大360 tであり、柱軸力680 tを対象に1フーチングあたり2台配置した。ジャッキアップ対象フーチングは6箇所である。ジャッキアップに必要なストローク量は、試算の結果、建物の浮上り量5 mm、地中梁のたわみ量6 mm、深礎先端地盤変形量40 mm、施工上のクリアランス量9 mm、合計60 mmとなったので、これを1次のジャッキアップ量とし、フラットジャッキ1枚のストローク量36 mmから2枚を使用した。また、地中梁のクリープ変形と本線振さくによるキアップをするものとし、これの推定量を5~7 mmとした以上の要領によりビル荷重盛替を行なったが、これらの各推定値、総変位量は推定値内におさまった。その後地中梁の中に注入式コンクリートを施工してアンダーピニングを完了し



ビル荷重盛替後トンネル掘とく、構築工に移ったわけであるが、アンダーピーニング工開始より定期的に続けられた水盛連通管方式によるビルの変状測定ならびにジャッキアップ時より開始された自動記録式の変状測定によっても、その後何ら異状な結果を見受ける事はなかった。この工事成功の最大要素は基礎掘とくならびに工事中の既設くい安定のため、高価ではあるが、液加水反応型ポリウレタン系薬液の採用にふみきったことであると思われる。