

東京都交通局高速電車建設本部第四建設事務所 正会員 ○ 岡田泰一

1. 曙橋の概要

曙橋は外苑東通り（都道410号線）に架けられており、靖国通り（都道302号線）を立体交差で横断している。曙橋の基礎構造を調べてみたが、下部は戦前の昭和14年に施工し、上部の鋼橋を戦後の昭和29年～30年に架設したものとされているものの、基礎についての詳細な構造図等は、不明確となつてゐる。

また、沿道に古くから居住している人の談話によると、昔はこの付近は湿地帯であり、曙橋築造にあたり、表層軟弱土を鋤取つた後、埋土をしたと言われている。このことは、土質試験結果の柱状図でも盛土がGL-3.3M～4.7Mと非常に厚く、上記談話を裏付けている。なお、基礎フーチング下端が、GL-3.5Mであることから当基礎は、埋土の上に載っているものと想定される。これらの状況から考察するに、建造当時の交通量に対しては、地耐力があつたと思われるが、現今の膨大な交通荷重の増大は当時の予測をはるかに越えたものであろうし、ましてその基礎直近を深さ22Mまで掘削することは、現在保っている地盤のメカニズムを崩し、地耐力の不足を来すものと想定され、掘削に当り、曙橋を防護する必要がある。

2. 土質、地下水及び曙橋の基礎調査

当付近は、「市ヶ谷」という地名に表わされている様に、三方を台地に囲まれた谷部に侵蝕土が堆積してできた地形である。明治年間の地図によると、この付近は、池が点在し、台地からの自然水が谷部に向つて流れ込む、といった低湿地帯となつていたのである。現状においても、その地形から大きな導水溝をなしており、更に地下鉄の掘削の進行により、人工的にも流水を促進する作用が考えられる。曙橋の両端に於いて実施したボーリング結果によると、概ね、GL-3.3M～4.7Mの厚い埋土層があり、その下GL-14M付近まで、平均N値10程度のシルト層となつてゐる。このシルト層は、サンプリングによると非常に細かい粒子からなり、きわめてゆるく、含水が大である。上部シルト質層の圧密沈下量は試算すると19cm程度が見込まれており、クイックサンド及び沈下防止を考慮しなければならない。曙橋基礎の試掘調査は、鋼製土留でGL-4.0M迄立坑を下し、基礎下端にそつて横坑を掘り、基礎状態の調査を試みたが、湧水が多く、一部土砂のくずれが生じたので途中で断念せざるを得なかつた。しかし埋土は、砂質土、捨石等であり、基礎杭は確認できなかつた。

3. 防護工法の検討

基本調査に基づき防護方法を検討すると、まず第一の点として、掘削に伴う地下水の脱水による圧密沈下及び土留背面地盤の弛みを防止すると共に、原地盤の地耐力の増強を図る。第二点として現況に於ける既設基礎の支持力の軽減を図る。これらの方針のもとに防護工法の概略を述べると、第一点に関しては、既設基礎杭周辺に止水壁を形成することにより、脱水を防止する。これには連続地中壁が考えられる。さらに原地盤の地耐力を増強するために、地盤改良薬液注入をする等が適切と思われる。第二点に関しては、曙橋の死活荷重を他の基礎に負担させ、既設基礎荷重を軽減するアンダーピニング工等が考えられる。このうちアンダーピニング工法について更に検討を加えると、a、基礎から全部を受防護する。b、上部工荷重のみ受け防護する。等が考えられるが、① aの方法による場合、まず受防護前に上部工の仮受工をする必要がある。② 防護桁の挿入時に基礎直下まで掘削をする必要があるが、極めて軟弱層であるため、基礎地盤を弛めるおそれがある。③ 防護桁長が11M以上と長くなるため、作業帯制約もあり挿入が極めて困難である。④ 防護桁の挿入は、軟弱地盤の上に湧水が多いため、掘削にて架設することは困難である。⑤ したがつて圧入の方法によらなければならないが、在来基礎の確認が十分できない状態のため、既設の松杭、捨石等があれば不可能である。⑥ 防護桁の間隔をほとんどベタに架設する必要があり、基礎地盤がかなりみだれるため、フーチングと基礎地盤の縁がきれる。さらに復旧後地盤の安定までかなり長期にわたつて沈下の影響

が残ると考えられる。⑦ 防護桁挿入の際ガスφ750^{mm}（中圧）、電々5条5段の切廻しの必要がある。以上の問題点を検討した結果、基礎から全部を受防護することは、施工上困難な問題が多く、かつ基礎地盤を乱す結果復旧時においても難問を残すと思われる。

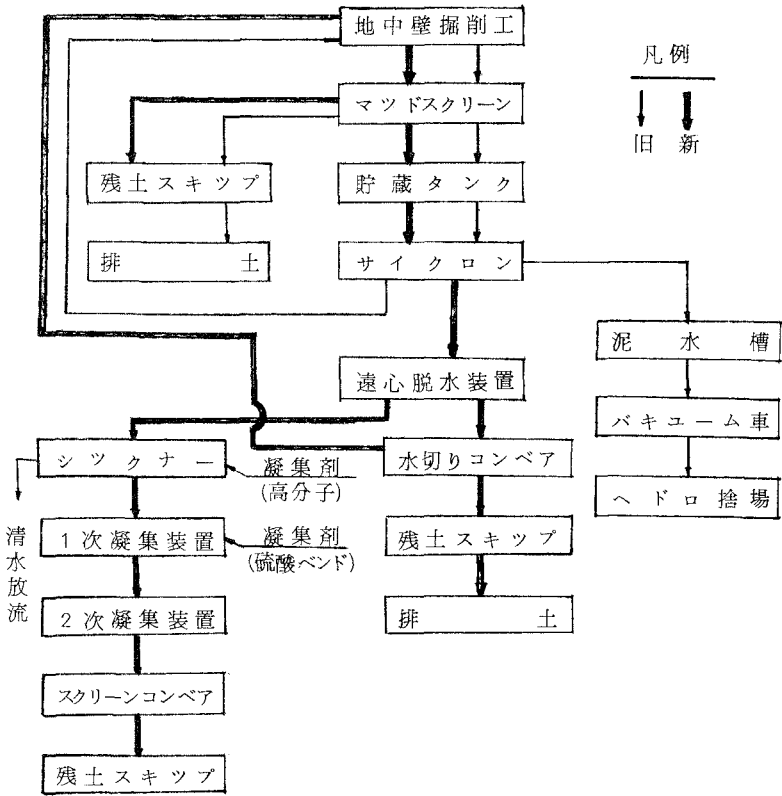
これらを検討した結果、上部工荷重のみを受け防護することにした。

4. 防護工法の概要

上部工荷重のみを受け防護する方法によると、既設基礎に上、下部の死活荷重の一部が残存するため、それらの沈下防止工法を併用することが必要である。その基本的な考え方は掘削に伴うクイックサンド及び圧密沈下を防止することが必要であるが、いずれも脱水を起因として生ずる現象であることから基礎地盤内の水の動きを止めることを図らなければならない。その目的を達する手段として、① 山留工として止水性の高いものを採用する。② 掘削内への水の廻り込みによる脱水を遮ぎる。③ 不連続部分を最小限にするとともに、やむを得ず生じた場合は、止土工を施す。④ 基礎下部の地盤の固結強度を高めると共に、透水性を減少させる。⑤ 既に現存する水みちを閉塞する。等を考慮して防護計画に入つた。曙橋架道橋は添付図面の様に靖国通り直上中央部がラーメン鋼橋となっており、後続の取付け部分が鉄筋コンクリートのラーメン橋となつている。この架道橋の上部工荷重を新設基礎を設け鋼製支保工で受け替えてしまい、橋台、橋脚は自重のみとすることにした。新設基礎の構造であるが、現地の地形、地質、交通量の多い道路、幅狭する地下埋設物、橋梁下の工事、地下鉄工事との関連性ということで検討した結果、連続地中壁及び現場打コンクリート杭を新設基礎とした。以下各々の防護工法を概説すると、 a 連続地中壁…………上部荷重の受防護と共に地下鉄工事の進行に伴う脱水の防止もかねるものであり、当工事の特長として、① 橋梁下（桁下5.4^m）の施工となるため、作業空間の制約がある。② 橋脚の基礎及び埋設物に近接した作業となるため、安全性を特に留意しなければならない。③ B W ロングウォールドリル（B W N-5580）による掘削である。④ 工事の進捗上作業能力を高めなければならない。⑤ 泥水処理を勘案して掘削量を決定しなければならない。以上により桁下部はドリル有効長1.92 Mを1エレメント長として施工した。壁面全体は2024.0^m²である。また鉄筋籠ジョイント工法は桁下作業でロッキングパイプ方式が不可能であることから、V型鉄板、仕切鉄板方式を採用した。鉄筋籠の建込みは6 t吊りクレーンを使用し、桁下施工である関係で1籠約3.5 Mの鉄筋籠で6ヶ所ジョイントを設けて建込んだ。ま

従来の泥水処理と新しい泥水処理装置のシステム図

従来の泥水処理と新しい泥水処理装置のシステム図



た、受防護の目的のため、壁の垂直性を確保する目的でジョイントプレートを実ボルトに締めつけた。ドリルによつて掘削された土砂の処理や、掘削に必要な泥水の処理方法については、日立建機の協力のもとに「パツク式泥水処理装置」を用いての泥水処理を行つた。この泥水処理装置は、前の図に示す様にサイクロンまでの処理方法は、従来の方法と同じである。サイクロンで濃縮した泥水を遠心脱水装置に送り、麻布をもつフィルターを通して、 $30\mu \sim 1.0\text{mm}$ 程度の細い土砂を脱水排出する。この脱水装置で脱水させた土砂の含水比は20~30%位でそのままダンプ車で捨てる事が出来る。次に泥水の循環中に不良となつた液やまた生コンクリート打設時にゲル化した廃液の処理は、シックナーに貯蔵し、高分子凝集剤を加えて、浮遊土砂の沈降分離を行う。分離した微細な土砂をさらに二次凝集装置に送り、再び凝集剤を加え、低速攪拌を行い、フロックを粗大強固な粒子にして、脱水性を良くする。凝集されたフロックを水切りコンベアーに送り水を切つて排出する。シックナーで凝集剤の添加量を調整することによつて、処理水のSS含有量を100PPMまで下げることが出来た。この処理装置のおかげで作業用地の確保が困難な環境にもかかわらず、余り場所を取らないコンパクトな装置によつて処理が出来たこと。泥水の循環中において、脱水機を使用することにより、良液のベントナイトが確保出来たこと、脱水装置を使用することにより、含水比の低い残土として処理が出来、バキューム車を使用せずに済んだこと、その上、凝集剤により水とベントナイトとの分離が可能になり、その水が下水道にも放流できたこと等の工法上の利点があつた。

b、地盤改良薬液注入……………注入の目的として、① 上部砂質土層の土粒子間隙の水を薬液と置換えることにより、粘着力を高め、固締強度を増加させ、それにより地耐力を高める。② 土粒子間隙を薬液填充することにより、水みちを閉塞し、圧縮性及び透水性を減少せしめる。③ 連続地中壁のBW掘削の際、万一孔壁の崩落のゆるみが生じている場合、その空隙を填充し、止水性を保持する。④ 地盤改良することにより、掘削のゆるみ角を立て、ゆるみ影響範囲を縮小する。⑤ 粘着力を増加させることにより、土圧の軽減を図り、それに伴い、ヒービング、ボイリング等に対する抵抗力を高める。⑥ 不連続部に止水壁を設ける。等である。注入対象地盤は曙橋基礎下の埋土部及び連続地中壁の背面とした。薬液の選定は、「都薬液注入工事設計施工暫定基準」にしたがい、水ガラス系の無機質であり、細砂での浸透性が大であり、強度的にも優れているMIE-3号を使用した。注入率は日本材料学会（土質安定材料委員会）「薬液注入工法（指針と解説）」及び国鉄「注入の設計施工指針」等を参考として上部砂層注入率29%、下部砂層注入率25%に決定した。施工方法は布掘（巾 100cm 、深さ 150cm ）をして埋設物を露した後、ロータリー式ボーリングマシン（ $\phi 405\text{mm}$ ）を使用し、最上端より 1.0m 毎にボーリングし、順次下げて施工した注入は1.5ショット方式とし、ロット先端式ステップ注入にて施工した。なお全注入量は、約 1300m^3 である。

c 現場打ちコンクリート杭……………曙橋受防護の鋼製支保工の支柱基礎として、曙橋のフーチングの一部をこわさなければならない。その上歩道下にガス $\phi 100\text{mm}$ 、電々4条5段の埋設物がある為、それをさけて、 $1.0\text{m} \times 1.0\text{m}$ の穴を明け、大口径ボーリングマシンにより、ベントナイトによる泥水掘削を行い。現場打鉄筋コンクリート杭、 $\phi 600\text{mm}$ 、深さ $21.0\text{m} \sim 28\text{m}$ の打設を行つた。

d 受防護工……………現場打コンクリート杭打設後、上部 1.0m のレイタンス処理を行い填充コンクリートを打設し柱を基礎杭の直上に立上げる。車道部は、連続地中壁の頭部を補強しH鋼を建込み柱を立上げた。受防護工の組立て順序を概説すると、① 現地詳細測量、② 鋼材を加工場に運搬、搬入 ③ 設計図に基き、鋼材加工、④ 加工場にて仮組 ⑤ 解体、現場搬入 ⑥ 現場組立 ⑦ 塗装 ⑧ 仮囲、路面舗装 なお組立ては、大巾に車道を占用するため、交通量の少ない夜間10時以後を使用した。鋼製架台完了後キリンジャッキ（ 200t ）を取付け橋桁との接触部は、ネオンプレーンゴム板（厚 25mm ）にて密着を図つた。

e 土留アンカー工法……………曙橋の防護が完了すると、地下鉄の掘削を進めるわけであるが、第一段切梁の架設に際し、埋設物が輻湊している為、中間杭において段違い切梁とならざるを得ない。（添付図面参照）曙橋防護の見地からも当付近の山留背面の地盤をゆるめることは、重大な事故惹起の原因ともなり、段違い切梁は避けなければならない。これらをさけるため、土留アースアンカーによりタイバツクした。

f 沈下及び傾斜の測定……………沈下量の測定について検討を加えた結果、工事による影響を受けないところに固定点を設

け、橋脚及び橋台に設けた測定点との間をレベルで測定することにした。固定点の設定は、測定誤差を少なくする為、2ヶ所設けて各測定点の間の沈下量を求めた。測定点は橋脚に6ヶ所、橋台に8ヶ所設置した。なお傾斜の測定については、傾斜測定に從來から実績の多い、差動トランス型傾斜計を採用した。観測は練続地中壁施工開始（S48.7.1）より現在（S50.11.15）まで2年4ヶ月半毎日3回観測しているが変状は生じていない。

5. 曙橋付近の工事の進捗状況等について

地質調査から防護工法を決定し、行政手続をへて現在は曙橋の受防護を完了し、地下鉄工事の掘削もあと3.0Mを残すまでに至っている。曙橋の変状、付近の地盤の変状もなく、快調に地下鉄本工事が進んでおり、51年1月末には、地下鉄構築のコンクリート打設に入る予定である。なお曙橋防護に伴い、建設局の曙倉庫の移設及び新宿区の児童遊園地の縮少と、関係機関や地元の協力が得られたことも大きい。今後に復旧問題を残しているが、橋梁管理者の建設局と協議をして、現在の防護工法を生かしての堅固な復旧構造にと、検討を進めている。

