

横浜市の地下鉄道計画と建設工事の現況

安 藤 栄*

1. はじめに

横浜市は急激な人口の増加に伴い交通機関はもとより道路交通もますますその混雑が激化している。したがって、横浜市はおくればせながら都市交通機関の近代化を検討し、その結果市電を廃止し、高速鉄道を建設することになった。この高速鉄道計画により郊外地区を計画的に開発し、業務中心である都心に直結させることにより大規模な住宅地の建設、市中心部の再開発等が促進されることになり、港湾都市、工業都市としての機能がさらに高められるとされている。全体計画は4路線64.5kmで、国鉄、私鉄と随所で連絡し、完成後は東京方面への利便も、さらに期待することができる。また、横浜の中心部付近の地質は軟弱な沖積層が厚く工事施工上いろいろと問題がある。以下、横浜市の高速鉄道計画と現在施工中の建設工事の概要を述べる。

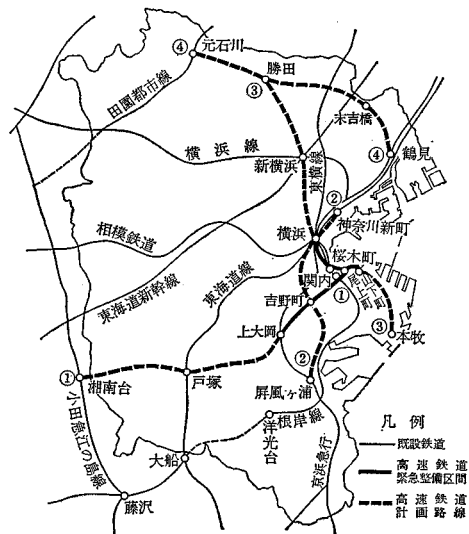
2. 横浜市の高速鉄道計画の概要

横浜市は第二次大戦後都心の大部分を占領軍の基地として接収されていたため経済力は弱体化し、満足な都市計画もなされていなく、それが現在におよんでいる。人口100万以上の都市には高速鉄道は不可欠といわれながら現在までその施設は建設されていなかった。横浜市の人口は東京を中心とする首都圏内の主要な住宅都市として毎年約5%もの伸び率を示し、昭和43年4月には200万を突破し、なお増加の傾向にある。この増加の3分の2は社会増で、市郊外部は無秩序な住宅化が進められている。そこで、このスプロール化を防止し、良好な生活環境を保持するため土地の利用計画をたて、計画的に人口を定着せしめて健全なる住宅化を計る積極的な都市計画が必要となってきた。そして、港湾都市、工業都市、住宅都市という3つの目標を持つ横浜市は、交通難、公害問題等をとってみても、相互に矛盾も多く、こ

の矛盾を最小限に食い止め調和のある都市として発展させるため都市計画の骨格としての高速鉄道が必要となった。

このような現状にかんがみ、運輸大臣は昭和40年4月に都市交通審議会に対し「東京およびその周辺特に横浜を中心とする旅客輸送力の整備増強に関する基本計画の再検討について」の諮問をなし、同審議会は1年あまりの審議の結果、昭和41年7月横浜市内4路線、市外2路線、合計132.7kmの高速鉄道網が必要である旨答申した。横浜市はこの答申に基づき、次の建設計画の実施を決定した。各路線の性格の概要を説明すると次のようである。

図一 横浜市高速鉄道路線図



① 1号線：湘南台～戸塚～上大岡～尾上町・18.6km
特に開発が進み、既設鉄道から離れている戸塚区、港南区の地域を都心に直結し、さらに沿線開発を促進するとともに路面交通機関の一番混雑している上大岡～尾上町間の混雑緩和をはかり、既存の小田急電鉄、東海道線、京浜急行電鉄等との連絡をさせている。

② 2号線：屏風ヶ浦～吉野町～横浜駅（東口）～神

* 正会員 横浜市交通局高速鉄道建設部長

奈川新町・11.4 km

京浜急行電鉄の金沢～屏ヶ浦間の複々線化に対応させて、屏風ヶ浦～神奈川新町駅間を別線にてバイパスさせ、同時に横浜市を中心部を南北に走る路面交通の混雑緩和をはかる。

③ 3号線：本牧～尾上町～桜木町～横浜駅（西口）～新横浜駅～勝田・19.2 km

横浜市の計画している25万人収容の港北ニュータウンの中心勝田と都心部である横浜駅、関内地区、さらに港湾工業等の開発計画のある本牧埋立地区とを結びつけて、有機的発展を促すものである。

④ 4号線：鶴見駅～末吉橋～勝田～元石川・15.3 km

住居地区である緑区と工業地区の鶴見区を直結し両区間の交通利便をはかるとともに、必然的に既存鉄道の田園都市線、東横線、京浜東北線等の相互連絡が円滑になる。

さらに、川崎市で計画中の高速鉄道とも末吉橋付近に連絡することにより横浜の住居地区と川崎臨海工業地帯とも連絡がはかれる。

この4路線64.5 kmの建設は昭和60年を目途として建設計画がねられているが、このうち特に1号線の上大岡～尾上町間6.3 kmおよび3号線の横浜駅～山下町間5.2 kmは緊急整備区間として、さきの答申に指摘されており横浜市はこの区間を第1期建設区間として着手している。

3. 建設工事の概要

(1) 路線の現況

横浜市で計画している4路線のうち、現在46年3月竣工を目標に工事を急いでいる1号線の上大岡から吉野町までの4.26 kmの建設工事について、その概要を述べる。

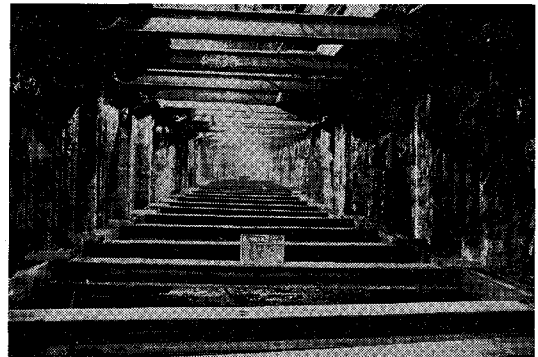
この区間は、県道横浜鎌倉線通称鎌倉街道と呼ばれる所である。本区間は、大変交通量が多く、大半は通過交通で24時間交通量は35000台に達し、海水浴シーズンと観光シーズンにはさらに車が殺倒し、これに平行する迂回路はほとんどない道路である。道路幅員は全幅で22 m、車道幅員は16 mであって、沿道にはガソリンスタンドが多く、また弘明寺駅付近は、水道、ガス、下水、電力等の地下埋設物がふくそうして入り、試掘調査でもその全貌をつかみきれなかった所である。さらに東京ガスの特高压φ750 mmの鋼管で設計ガス圧20 kg/cm²、実施圧17 kg/cm²のものが1ヵ所横断している。高速鉄道と交差している他の既設構造物は、京浜急行電鉄と上

大岡で1ヵ所、大岡川が蛇行しているため最戸橋、与七橋、吉野橋の3ヵ所で橋梁下部を地下鉄道は通過しなければならない。この川は、過去において何回か越水をしたことがある川である。増水は短時間で起こるが、これは上流付近の丘陵部が近年になって急速に宅地化が進み、その結果流出係数が大きくなったため降雨時には鉄砲水のような形で水位が急上昇をする。したがって、年間を通しての河川締切りは許されず、11月から翌年の3月までの濁水期の5ヵ月のみに限定されている。弘明寺から吉野町までの2.5 kmには市電が営業されていたが、これは工事に先立ち営業を廃止して、代替輸送機関のバスに切替えた。

(2) 路線の地質

この区間の地質は、沖積層、および第3紀層に大別される。第3紀層は三浦層群に属する地層でおおむね固結シルト層(土丹層ともいう)からなり、*N*値は50以上を示している。三浦層はこの付近の基盤層をなしていて、沖積低地では沖積層および洪積層の下部に発達し、周辺の丘陵地と連続している。

写真-1 高速鉄道1号線最戸橋工区
(昭和44年12月13日撮影)



洪積層と推定される地層は、ボーリング結果によるときわめて小範囲にしか認められず、ほとんど砂礫層からなっている。沖積層と洪積層の砂礫層はその締り具合および構成礫種によって区別される。前者は泥岩礫を主体とし、*N*値は10前後を示している。後者は主としてチャートの礫を含み、*N*値は50以上になっている。沖積層は砂、砂礫層を一部に狭在しているが、大部分軟弱な粘性土からなっている。*N*値は全般に低く、0～3程度である。しかし、この粘性土層は下部でやや硬質となり、*N*値が5～10を示すようになっている。洪積層および第3紀層は非常に起伏の多い伏在地形をもち、したがって沖積層の層厚は場所によって著しい変化を示している。基盤層上面の著しい起伏は洪積世の水期に陸化してさくはくされたことを示すものであって、沖積世の海浸によって軟らかい堆積物におおわれるようになった。

もおよぶので、漏水による圧密沈下、築堤の過剰荷重としての偏土圧、また橋梁基礎杭に近接して掘削するため土留壁の移動による橋台、橋脚の沈下等を慎重に考慮して施工しなければならない。これらの対策として、① 薬液注入で基礎杭の下の地質を強化することにより杭支持力をますこと、また地下水その他の漏水を防ぐ目的で上部粘性土層に尿素系、下部砂質土層にケイ酸系をそれぞれ注入した、② トンネル工事の土留壁については、ロングウォール工法を採用し、土丹層に定着させた、③ 掘削および構築については土留壁の変位による地山のゆるみを防ぐため逆巻工法（上床先行工法）を採用してゆくこととした、など以上3点の対策により工事は現在下床まで進行したが、当初心配された橋台、橋脚の沈下は今までのところ現われていない。

b) 大岡川最戸橋下の構築および、河床止水工法

最戸橋下の構築については、京浜急行電鉄との交差箇所と同じ上下2階箱型の断面である。この橋梁の構造は右67度の斜橋のプレートガーダーである。橋台は土丹層の上の薄い砂礫層の上に載っている。したがって、トンネル構築は全部土丹層中に入ってしまう。そこで、掘削方法はトレンチ工法を採用している。次に、河床の止水方法は先に述べたように11月から3月までの5ヵ月、しかも締切りは川幅の1/2ずつしか許されないの、その止水計画は図-4、5に示すように、まず川の

図-4 最戸橋下河床止水工

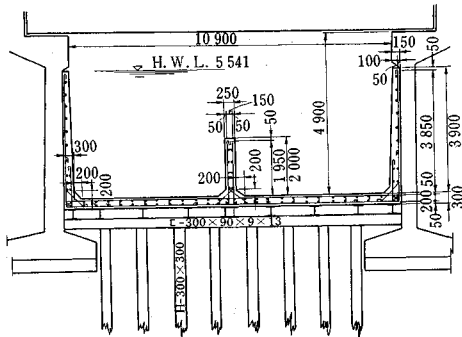
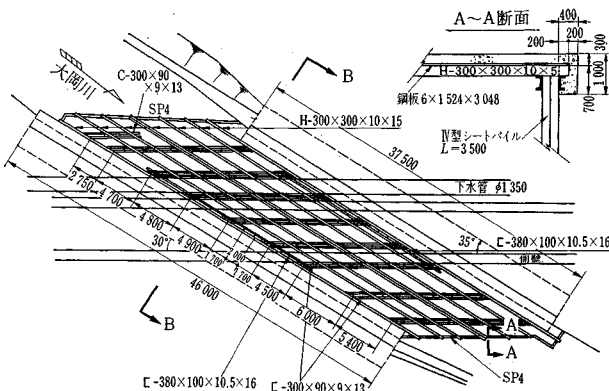


図-5 最戸橋下構築および河床止水工



上流側、下流側にシートパイルを打込むことにより伏流水を防ぎ、河床コンクリートは河水を流すため30cm厚の鉄筋コンクリートスラブを施工するが、河床コンクリート橋台との取付け部からの漏水防止方法についてはいろいろと検討され、橋台を損なわず、またこの接合部が失敗すると止水の目的が失われるので、結局河床コンクリートをそのまま桁下近くまで立ち上げることにした。これを受けるため300Hの杭を建込み、I桁を渡して桁の上を6mmの鉄板でおおっている。これらは上下流それぞれに打込んだシートパイル上の上のっているの、このシートパイルと鉄筋コンクリート製の樋にて横断方向の水を完全に止水できる。次に、縦断方向の止水について橋台下の砂礫層には薬液注入を行ない、上下流に打ったシートパイルをトンネル構築にそって平行に延長した。以上のような方法により施工した結果、現在河川下のトレンチには全く漏水はみられず、ドライワークで作業は進められている。

c) 大岡川与七橋下のアンダーピニングおよび河床止水工法

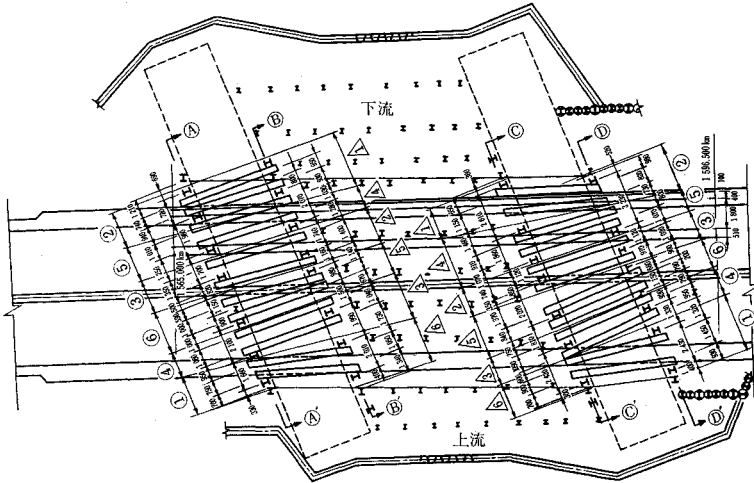
与七橋は先に述べた最戸橋と同じ大岡川に架かり、位置はその下流にあるが、流れは橋の前後で直角に鉤形に曲っているため、常時は橋下の左岸側半分は砂洲ができて降雨時以外河幅は半分で水深30cm程度の水しか流れていない。本橋梁は橋長18.15m、幅員22.7mのPC単桁橋であるが、この付近の地質状況は、G.L.-20m付近に土丹層があり、その上に砂礫、細砂、砂質シルトと続き、橋台の基礎杭はφ300mmのRCパイプでN値20の砂礫層に止まっている。ここで、トンネル構築は橋台下の砂質シルト(N値0~5)中を通過するが、この砂質シルトでは最戸橋と同様なトレンチ工法は採用できない。そこで、ここでは橋台をアンダーピニングにより仮受けをし、掘削は全断面について行ない、河床の止水については最戸橋と同じ工法によって施工したが、ここについても完全な止水ができた。橋台の

アンダーピニングについては図-6に示すごとく400H型鋼を橋台の前面と背面に打込み、これで橋台受桁の400H型鋼を支える。この受桁のそう入はトレンチ掘削により施工した。トンネル構築完成後における構築と橋台間の中詰コンクリートには無収縮コンクリートを使用して行なった。なお、掘削外の橋台下および橋台受桁そう入のためのトレンチ掘削部には地盤強化、防水のための薬液注入を行なった。

d) 宮元町工区のシールド

吉野橋付近は道路の曲線半径が小さく、路面のみを使用した線形はR=130m程度になり、また地質的にも土丹層までN値0~3のシルト層

図-6 与七橋台アンダーピーニング



が 32 m 前後と続き、加えて河川の締切は河幅の 3 分の 1 ずつしか許されない。また、この箇所は下水幹線シールドとの交差と河の横断等のため掘削深さが大きく、軟弱層における土留工法についてはいろいろと問題があり路下ケーソン、シールドと検討を重ねた結果シールド工法を採用した。これには、やはり、工期的問題が大勢を決めた。すなわち、現橋梁は震災復興で架設されたもので、基礎杭は松丸太の摩擦杭で施工されていて、これを前 2 橋と同様な方法で施工するためには締切りの方法で相当期間が必要となる。また、アンダーピーニングの方法も非常にむずかしいことと、前後の土留工法にもかなり問題があるので、困難な工事が予想される。

シールド工法採用については、線形的にできるだけ民地をおかさないためには複線型が望ましかったが、地盤の軟弱のためと、橋台下通過の際の橋台のアンダーピーニングを必要とするが、土丹層が深いためその方法がむずかしく、かつ先に述べたように線形の半径を 400 m に押えた場合、どうしても民地を一部おかさざるをえないことなどにより、たとえ民地を通過しても工事の安全性の高い単線型シールドに決定した。単線シールドの線形はできるだけ民地下の通過面積を少なくするように心がけた結果、上り線は路上の発進立坑を出たらずぐ民地下に入り、裏通りの道路下に出て吉野橋の上流側を通過再び県道に入る。下り線は発進立坑よりそのまま県道の下を進み、吉野橋の下流側の橋の際を通過して民地下に入り、いずれも次の吉野町駅に直接取付く。シールドの設計方針として覆工は 1 次覆工のみとし、蛇行余裕は 150 mm でブラインド設備を設けるものとする。

なお、シールド掘進に関しては次のような各種調査を行なう。すなわち、① 地盤沈下測定、② 漏気量測定、③ 蛇行量測定、④ ブラインド開口比と排土率、

沈下および推力との関係である。また、詳細は次のとおりである。

① 施工内容

本線工事：総延長 711.600 m
内 訳：漏斗部延長

72.050 m
シールド部 上り
636.650 m
シールド 下り
621.350 m
中間立坑部（ケーソン） 2 ヲ所
発進立坑部 1 ヲ所

② シールド機械本体の形状

外径：セグメント外径+スキンプレート厚+クリアランス

$$= 6200 + (55 \times 2) + (30 \times 2) = 6370 \text{ mm}$$

全長：フード部+リングガード部+テール部
 $= 2300 + 1857 + 1443 = 5600 \text{ mm}$

スキンプレート厚：

フード部 40 mm
リングガード部 40 mm
テール部 55 mm

シールドジャッキ：120 t × 25 本 = 3000 t

ブラインド設備を設ける

シールドシューを設ける（固定式）

③ セグメント：使用するセグメントは鉄筋コンクリートセグメントと鑄鋼製セグメント（ダクタイルセグメント）の 2 種を使用し、それぞれの使用位置は、鉄筋コンクリートセグメントは一般部、鑄鋼製セグメントは立坑発進部、ケーソン部前後、河川下部、吉野町駅取付部となっている。シールド工事施工にあたっては、圧気工法の併用を計画している。

e) 吉野町工区における生石灰杭による地盤改良工事
 吉野町工区は全長 233.7 m で駅部 126.7 m と停接部 107 m とからなっている。道路は国道 16 号線および鎌倉街道の一部を使用し、将来地下鉄 2 号線と交差を予定されている所である。工事は路面覆工開削工法によって施工するが、この付近の土質は地表面から約 26 m までほとんど均質な沖積層のシルト質粘土層で、その下に 7 m の砂層、さらに土丹層が続いている。このシルト層は N 値 0~3、1 軸圧縮強さ 0.3~1.0 kg/cm²、自然含水比 60~100% 液性限界以上となっていて、しかも透水係数は 10⁻⁸ cm/sec ときわめて低く、鋭敏比の非常に高い軟弱地盤である。これは、當団地下鉄 9 号線における荒川区町屋付近の地質と全く同じような条件となってい

1本、3m²に1本の試験箇所を設け、これらのおおの試料を採集し次の試験を行なう。含水比試験、単位体積試験、1軸圧縮試験、3軸圧縮試験、圧密試験。

④ ボーリングによる試験結果：ボーリングの位置は施工した各生石灰杭間の中心、すなわち生石灰杭から最高距離の点で施工してから12日後、1ヵ月後のそれぞれについて行ない、最も改良効果の少ない位置ではあるが、地質調査のデータから改良前後の様子を比較すると以下ようになる。1) *N* 値（施工前と施工後と比較してもそれぞれの値が交さくして、はっきりしないが若干向上している）、2) 含水比（1m²/本の場合は100%から80%に減少しているが、2m²/本、3m²/本では含水比の減少は約7~10%である。実際掘削してみると、試験結果と異なり地中の生石灰の熱で掘削するにつれて土中の水分が蒸発し、かなりの脱水作用があるように思える）、3) 1軸圧縮強度（施工前より0.1kg/cm²程度向上しているのみである。これは予想とかなりの差があるので検討したが、前述のごとくボーリングの位置が生石灰杭から最遠距離の所であること、当工区は非常に貝殻が多いため、土質試験の段階で強度がよくでないのではないかと思われる点が考えられる）、4) 3軸圧縮強度（当初0.3kg/cm²であったものが、改良後0.5kg/cm²に向上した）。

次にパイル周辺地盤強度分布を調べるために掘削にしたがって深度5, 9, 11, 13mの位置においてそれぞれ人力で試料を採取しデータをとるのであるが、現在試料を

採取中であるため今回の報告にはこの解析は割愛せざるをえない。なお、生石灰杭の設計については省略するが、サンドパイル工法で用いる計算式を利用したことを付記する。

現在、地下鉄工事で生石灰杭を用いて地盤改良工法を行なう例は数少ないが、これからえられる当現場での実測データを解析することにより、よりよい方法がつかめればと願っている。

4. む す び

横浜市は他都市に比べ高速鉄道の建設計画が諸般の事情で非常に遅れていたが、今日建設工事は急ピッチで進められている。先輩各位のご指導とご援助により、ようやく建設工事は軌道に乗り始めた。本稿においては、限られた枚数で計画から工事の全ぼうまでと考えたためきわめて簡単な紹介に終らざるをえなかった。しかし、横浜市の中心部市街地の地質は一般に沖積粘土層が厚く、工事は軟弱地盤を対称として行なわなければならないので、工法的に、また経済的にもなかなかむずかしい問題を含んでいる。今後なお深く研究を続け、これらの諸問題の解決に努力して、昭和45年着工を予定している国鉄根岸線の交差工事、関内地区の地下3層尾上町駅工事、東海道線交差工事等の難工事を克服して行きたいと思っている。会員諸氏のご指導、ご後援を切にお願いする次第である。
(1970.3.9・受付)

シールド工法指針

内 容

第1編 総 論

第1章 総則/第2章 調査/第3章 計画

第2編 覆工およびセグメント

第1章 総則/第2章 材料/第3章 許容応力度/第4章 荷重/第5章 構造計算/第6章 設計細目/第7章 セグメントの製作/第8章 セグメントの貯蔵および運搬

第3編 シールド

第1章 形式と構成/第2章 設計の基本/第3章 シールド本体/第4章 推進機構/第5章 山留機構/第6章 エレクター/第7章 油圧機構/第8章 付属機構/第9章 機械掘りシールド/第10章 シールドの製作

第4編 施工および施工設備

第1章 総則/第2章 測量/第3章 施工/第4章 地山安定処理工法/第5章 圧気工法/第6章 地盤沈下と、その防止対策/第7章 坑外設備/第8章 坑内設備/第9章 施工管理

体 裁：A5判 152 ページ

定 価：800 円

会員特価：700 円

送 料：70 円