

講 座

U.C.D. 625.1

鉄道建設技術講座 (VIII)

正 員 桑 原 彌 寿 雄*

第4章 実測 (中心測量) II

5. 平面, 縦断面及び横断面測量

(1) 平面 (平板) 測量作業 実測の平面測量は, 地形測量の 1/2 500 の選定用ないしは管理用の地形図に対して, 設計用の 1/500 (時には 1/1 000) の平面図を作るのである。この図面は始めから, 原図用のガードリッチ, 巾 40~50 cm, 長さは普通 100 m くらいで長い直線部の線路でも平板の端に巻いてクリップで止めてぶら下げられる程度を限度とするものを, 直接平板測量に用いて後で墨入れ着色する。中心杭の位置は現地で測量して入れるが直線, 曲線とも定規をあててチェックしておく必要がある。

測図の範囲は, 普通は線路中心の左右約 100 m くらいまでで, 路盤の工事に関係ある水路, 道路の (付替の) 設計に必要な範囲だけをとる。この測量は原図 1 枚 1 枚で区切るのであるが, その境目は中心線に直角な切断線で示し, 同じ箇所は次の平面でダブつて作業はしないで, 後から切断面の前後のある程度を重複して写しておかないと, 曲線中心の場合など, 後の選定, 設計作業に不便である。

この場合の平板測量の作業の精度は, 縮尺の関係上実長 10 cm まで図示されるから, 平板上の視点を針を求心器でしっかりと杭 (仮杭を含む) の上に合わせ, テープも目標からほぼアリゲードの上まで確かりと引いて, 5 cm 単位で読まねばならない。各測点は必ず始めと終りに後視して, 方向の狂いのないのを確かめておいてから次に進むべきである。また測点は必ず出し放しをやらす環状に閉合しておくべきであつて, 例え障害物のための突出支点でも, 2つ以上の既測点の方向だけは脱んでチェックしておかねばならない。

巾 20 cm 以下の物は 1本の線で表わすより仕方ないが, 30 cm 以上の巾のある田の畔, 法の形, 側溝, 作場道等は実形で表わされる。また水田の場合は 1枚 1枚の畔の形, 法の形を取つておけば, 田面は水平で

あるから線路中心または横断面に引つかかつた田圃の範囲の土地高さがわかり, かつまた後の縦断面測量で中心線上以外に, レベルを据えた周りの中心線に近い田圃を 1枚に 1箇所づつ高さを押さえておくことにより, 任意の位置の横断または現中心線に近い縦断面を平面図上から作ることができて, 設計上大変便利である。このために平面測量は縦断面測量より先行するがよい。

(2) 縦断面測量 これは中心線に沿つて距離 (布テープ) を引きながら, 途中の地形の細かい凹凸と中心杭の水準測量を実施するので, 野帳には各観測点の位置と名称 (例えば法尻) と観測値 (後視高, 器械高, 前視高) が記され, 後で計算して各点の標高 (地盤高) を出すのである。

この水準測量作業は, 最寄り既設の仮 B.M. から出発して次の仮 B.M. までの間の中心線上を測量するのであるが, その精度は低く, 各測点の読みは杭頂で cm 止め地形は 5 cm 単位でもよく, 許容誤差は 5 cm 程度でよい。しかし始めの後視のほか, 次の盛替点へ前視する前には, もう一度気泡を整理して後視してから先へ進まねばならぬ。もちろん盛替点は必ず杭頂とし, 読みは mm 単位とする。またこの間に平板測量が先行していれば水田の田面を 1枚 1枚観測しておくで工合のよいことはすでに述べた。

内業としては野帳の計算整理と, 縦断面用紙上への点描墨入れであるが, 縮尺は横 1/2 500, 縦 1/400 で畔 1つ 1つの高さや側溝の形まで表わした細かいものである。

(3) 横断面測量 (通称クロス) これは各中心杭ごとの横断面の形を測定するが, もちろん縦断面の勾配変化点の半端クロスも必要であり, また設計上必要な位置, 例えば隧道坑口附近, あるいは橋梁の取付部分や, 溝橋, 川溝付替などの半端位置のクロスもとる必要がある。このクロスは以後の建築物の設計や土工数量計算にはもちろん, 中心線のデリケートな改測に非常に大切なものであるから, 半端クロスの位置は測量隊長または経験の深い技術者が点検して洩れがないように指示すべきである。

元国有鉄道技師, 前盛岡工事事務所長

作業のやり方は、まづ中心点に接して直角儀をたて、前後の中心杭を視準して方向を定め（曲線では前後の切線距——ポールに各半径ごとの寸法を記入してあるものを馬鹿棒として用いる——を出してこれを視準する）、次に直角方向の視準隙（スリット）の毛を覗んで、できるだけ限り横断面をとる最外部の位置に、笹竹か真直ぐな小枝等に細長い白紙をつけたもの（チョーマ）を立てて、この直線で地表の凹凸を測定するに必要なだけ藪などを伐採する。この直角出し作業はきわめて機械的で下級の技術者もしくは上級の測量工手で十分やれるから、まとめて先にやつておくのが能率がよくかつ普通である。

横断測量の水準作業にはハンド レベルを用い、直角方向附近の適当な箇所に位置して、中心杭上の箱尺を後視して、次に各測点（横断面の地形変化点）に箱尺を立てて、そこまでの中心からの水平距離を階段状に引いてかつそれぞれの箱尺の読み（前視）—5cm 単位—をとる。ハンド レベルで箱尺の読める明視距離（約30m）まで来たら、盛替えて先へ進むが、土地の横断方向の高低差が大きい場合には、ハンド レベルマンはあらかじめ自分の眼の高さが箱尺の長さ—ばい—になるように位置することが能率上必要である。

この際海辺で水平線が見える時はこれを前後規の背景に用いれば、ハンド レベルは不要である。また田畑等で非常に平坦な土地や、広い巾の必要な駐車場の場合には、Yレベルを用いた方が精度もよく、また規準の限度（100~120m）も長く盛替が少なくてよい。

溪谷に沿う線路などで非常に險阻な地形で、急斜面または懸崖の場合はレベルマンも測桿夫もロープでぶら下りながら地上作業をするのであるが、精度も悪く危険でもある。そこで大きな谷の断面が必要な場合には、対岸から直角方向にトランシットでスタチアをやつてクロスを取ることもあるが、高低位置とも10cmの精度を確保することは困難である。断崖のやむを得ぬ所では上からほぼ水平（目測）にポール等を出し、その20cmごとの赤白の印で距離を読み、布テープの端に錘をつけてぶら下げてその長さから、高低差を読むこともあるが、これは精度がいちじるしく落ちるが、最後の手段であつて、土方クロスとか魚釣りとか云つている。

内業としてはまづ野帳の計算（水準）—非常に量が多い—をやつて、その結果を1mm目の方眼紙に普通下から上に料程順に書いてゆく。この横断地形と中心杭の位置を画き、必要数字（中心位置の料程と水準高一杭頂及び地盤高一）とを記入墨入れしておく。

(4) 建造物設計用補測及び調査 懸崖地形や、隧

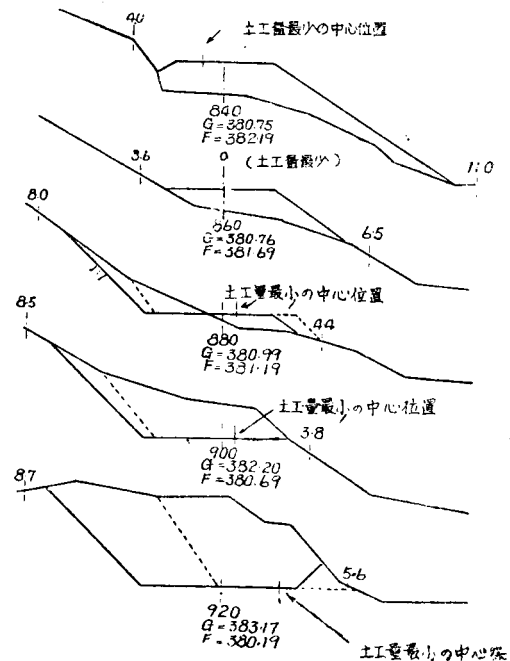
道口、橋梁取付部（深淵岩盤突出地形の橋台）や溝橋等の建造物や、水路、道路の仕替等で複雑な地形の場合には半端クロスや、線路平行の地形断面（これで1m等高線の平面図を作つて、建造物の設計、配置を研究することもある）を十分に取り増しておくことやまた1/100~1/250の平面図（主として橋梁または棧道橋の場合）をとることも後の設計に必要なのであるが、これは大部分の人が内業にかかつて手の空いた時にやる。

なおこの際製図に必要な行政区分、道路の資格、地図、社寺仏閣、基地、記念碑、学校、病院その他特殊の建物等や、設計に必要な道路橋の設計荷重、径間、洪水水位、浸水区域等や、工事施行に必要な材料、労力の有無、価格、土取場、土捨場等種々のデータを調べておく必要があることは云うまでもない。また伐採、踏荒し等補償の調べも上記の調査と同時に町村当局の立会いを求めてやつておくことはもちろんである。

6. 路線位置の確定及び建造物の略設計

(1) 路線中心及び施工基面高 (F.L.) の確定 一応現地の測量と製図が終つたならば、まづ縦断面図上に運転上最良であり、かつ土工量の最少になるようなすなわち、なるべく地表面に近接してかつ勾配の緩く一様であるような F.L. を鉛筆で記入する。この際、縦断面図上の F.L. の上下のみで満足な結果が得られれば問題ないが、前後の関係で必ずしもそうはいかないのが普通である。

図-8 横断面図上研究の例



次にこれによつて横断面図上に F.L. と土工定規の形を鉛筆で書いてみる。この土工定規を一つ一つ書くことは案外手間がかかるものであるから、薄いセルロイドで土工定規の型を作つておいて、これを方眼に水平と中心位置を合わせて書くことと造作ない。

横断面的に土工量を最少ならしめるためには、地盤傾斜がなければ、縦断的に F.L. を上下するだけでよいが、地盤傾斜があると、中心位置の移動によつても目的が達せられる。ここで図-8 のように縦断中心が F.L. の地表と交わる附近に見当をつければ、これがその縦断面で断面ごとの土工量最少の点である。この点の位置を 1/500 平面図上にプロットして見て、ほぼこれを連ねるように中心線を移動して画いてみる。この新中心線は前後の点の関係上ピッタリとは零線の真上には来ないが、ほぼ土工量最少の線であつて、これが横断面図を利用した零線の追求である。この場合前後の線路の関係上平面的にこの位置に中心線を動かすことがある程度以上全体的に不可能な場合には、もし可能ならば、その部分の縦断面上で F.L. を動けるだけ上下させて目的に沿うようにするのである。

かくして最良の線路の平面的、高距的の位置が得られた場合になお、道水路や中間の建造物に支障ないかを確かめてから、線路の空間的位置を確定し、図面に墨入れする（ただし横断面図上の土工定規は後の施工の際擁壁その他の設計変更のある場合があるので最後まで鉛筆のままとし竣工の時に墨入れする）。かくして決定した線路中心位置がもしも現地に設定した杭の位置と異なるときは、改測して打ち直し、方向に変化があれば横断面も取り直す。

(2) 縦(断)曲線 (Vertical Curve, V.C.) 線路中心(直線、曲線及び緩和曲線よりなる)と線路勾配とが決定した後、この勾配の境目に縦曲線を入れてはじめて F.L. が完全に決定するのである。縦曲線と云うのは、線路の勾配変化点でその変化の度が激しいと、その点を通過する際に激動を受けて不快であるのみならず、車輛や連結器に損傷を与える恐れがあり、最も恐ろしいのは落込勾配では(凸勾配でも高速度の場合)浮上り脱線の危険があるので、この激変を緩和して滑らかな運転をするために、変化点の線路縦断面を孤状にしておくのである。この孤の曲線は理論上拋物線を用うべきであるが、我が国鉄では実用上差支えないから、簡便のために円曲線を用いている。

i) 円曲線による縦(断)曲線 国鉄の建設規定では、勾配変化が 10% 以上の場合に、一般には $r=3000m$ 、線路が半径 800 m 以下の曲線の場合は $r=4000m$ 以上の半径の縦曲線を入れることになつてい

る。

縦断曲線の長さは勾配変化点よりの切線長 l の 2 倍 ($2l$) にはほぼ等しい(誤差は勾配差 35% の場合でも 6/10 000 程度)から、この $2l$ なる長さは、両勾配をそれぞれ $m\%$ 及び $n\%$ とすれば、

$$\tan \alpha = \frac{m}{1000} \pm \frac{n}{1000}$$

であるから、

$$l = \frac{r}{2} \left(\frac{m}{1000} \pm \frac{n}{1000} \right) = \frac{r}{2000} \times (m \pm n)$$

$$= 2 \times (m \pm n) \dots \dots \dots \text{本線が曲線 } (R \leq 800 \text{ m}) \text{ の場合}$$

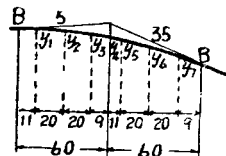
$$= 1.5 \times (m \pm n) \dots \dots \dots \text{その他の場合}$$

ただし (+), (-) は両勾配が異(同)方向に変ずる場合を示す。縦曲線の長さがわかればその始点 (B.V.C) 及び終点 (E.V.V) がわかるわけである。

次に縦曲線と勾配線との間に挟まれた縦距(切線距) y mm は

$$y = \frac{x^2}{2r} \dots \dots \dots (19)$$

図-9 縦曲線計算例



となる。勾配変化点が端数位置にあるときは、図-9 のように、20 m 杭ごとへの距離を出して縦距 y を計算する。これによつて中心点の F.L. が

確定するわけである。

ii) 拋物線を用いた縦(断)曲線 いま $y = Px^2$ なる拋物線式を縦曲線に用いた場合は、

$$\tan \alpha = \frac{m \pm n}{1000}$$

であるから、縦曲線の全長を $L (=2l)$ とすれば、

$$y = \frac{1}{2L} \left(\frac{m \pm n}{1000} \right) x^2 \dots \dots \dots (20)$$

となる(証明は拙著「路線測量」参照)。

以前国鉄では頂点における曲率半径 4 000 m の拋物線を用いる規定であつたが、いまは普通用いないから省略する。

(3) 主要建造物の略設計 以上の線路中心と F.L. の確定までについては、主として土工量の最少の観点から説明したが、正しくはこれは総工事費の最少と云うべきであつて、そのためには主要な建造物の概略の設計も同時に検討して見てから後に確定するわけである。

と云うのは、隧道橋梁のごとき大建造物は、 m 当りの単価が、普通の切盛区間(平均高さ約 3 m)に比し

て約 10~20 倍になるので、その少々たる延長区間の増減だけでも全工事費に影響する割合が多いからである。まして特殊の地形のために一寸の中心位置（例：懸崖沿い、岩盤上、深淵等）の差で数量に大きく影響があつたり、地質の関係で施工困難となつて非常に高い工事単価となつたりする場合は、ましてやそうなのである。この点は一様な地形、地質で、単に高さ 15(10) m くらいの経済限界で切盛か、隧道橋梁かと云うことをきめるだけではすまないのである。

また土工区間にしても懸崖沿いで切盛だけですまないで、高い擁壁や棧道を要する場合などや、また線路中心の少々たる位置の変化に関係ない道水路の付替や立体交叉などについては、相当詳細に比較設計してからでないとならば線路中心はきめられないのである。

これ等建造物の設計については次章で詳述するが、とにかく線路の中心位置（空間的）を確定するまでには、少なくともその概略の設計（形式、大きさ等）をきめておかねばならないのである。ここで一寸仕事の運び方について述べるが、当初地形測量にかかる前に 1/50 000 地図上の研究と踏査によつて、経過地を大体きめ（本庁と現地機関とで経過地伺いまは打合せをする）、次に地形測量が終つたならその図上撰定によつて選定下打合をなし、これによつて実測がすんだならば、上記のように主要建造物の一通りの設計をして選定伺いをやり、それが認可となつたら、あらかじめ資材準備や監督詰所、宿舍、電話、電力設備等を手配するとともに小建造物（例：伏樋類）や主要建造物の詳細設計及び取付け（翼壁、擁壁）その他の附属設計と施工計画を完了して工事伺を作り、それが認可になつて初めて請負入札し、または直営で施工に着手するのである。

(4) 建造物調べ 前節補測の項で少し触れたが、主要建造物の補測のほか、種々の事項の調査をする際に、道水路の調べに町村当局者の立会いを求めることを書いた。すなわち実測作業の終りには以上の線路中心、F. L. の確定と主要建造物の略設計をなすほかに、小さい作場道や用水路の付替、廃止、合一や、新設線路による灌漑の障害に対してどの位置にどの程度の溝橋（避盜橋）伏樋類を設けるべきやについて、まづ測量隊長または、経験の深い技術者が老練な測量工手長でもつて、平面図、縦横断面図等関係図面を携行し、現地につき合せて、沿線住民に必要と思われる道水路伏樋類の付替、新設を検討する。それから正式の設計協議は後にして、小手調べの程度で、地元関係者の要望を打診して、一応の案（巾のある）を作つて図面に入れてほぼ設計しておくのである。

7. 改測・用地巾杭測量及び設計協議

(1) 改測 実測作図上の研究で、線路中心の平面位置を変更したならば、中心杭を打直してクロスを取直さねばならぬ（直線の場合は元のもの一半端位置となる一を流用することもある）。これが現地でクロスを製図してみてもすぐに明らかとなつたのならば、現地から引揚げる前にやつておく。しかし相当デリケートで建造物の細かい設計後に線路変更の必要となる場合もあるから、この場合は大抵次の用地巾杭測量と同時にやりに改めて出かけるが、この方が多い。

改測は 1 回やるごとにその区間の工事費の 1 割くらいすなわち測量費の 10 倍以上安くなるのが普通であるから、面倒がらずにどしどしやるがよい。またそのたびに断距 (Br. m) が出るが、どうせどこかに必ずできて開通または全通までには整理するものであるから気にする必要はない。

(2) 用地巾杭測量 線路中心と線路建造物の設計の概略ができると、所要用地巾がほぼ確定する（設計協議関係を除き）から、用地計算表を記入して現地に巾杭を打つて、用地の買収、保存にそなえる。この用地巾杭は中心から直角儀で方向を出し布テープで測るのが普通である。

(3) 設計協議 用地巾杭打ちが終つたならば、道水路の付替伏樋（土管、吸放管等）並びに本線橋梁の設計（径間割り及び桁下高等）場合によれば保安林、国有林の伐採、移管等について営林局、県（県道及び河川一時には地方建設局）町村（道水路付替）、耕作者（用水路、伏樋）、電力会社等に関係の設計を通知して、その同意を求めねばならない。

この際はたいてい現地の立会がともなうものであつて、それぞれに異論を申立て註文をつけるので、なかなか厄介なものであるが、ことに耕作者の土管類の要求が多い。しかし自衛上必要な橋梁の径間や排水路、立体交叉等は自ら進んで充分なものにしておくべきである。

この設計協議はなかなかまとまらず、時には現場着工後にまとまり、しかも路線の位置変更や設計変更が起り、改測の必要となることもある。また長い道水路の付替は協議がまとまれば、その実施のためにそれ自体の中心測量（実測）が必要となることがある。

8. 工事数量の計算及び予算書の作製

(1) 数量計算 線路建造物の設計ができたならば、その工事数量を計算するのであるが、まづ土工数量は前述のごとくクロスの上に土工定規を画いてその面積をプランメーターを廻して（3 回平均一なるべく左右両回りで）その断面積を計算してに土坪計算表に

記入して距離を乗じて計算する（時には断面積は三斜誘致法を用いる）。

以下工事数量の計算については国鉄では、土木工事数量計算規定（達第579号）がある。総則では計算中の小数位の取り方、各種面体積の計算公式、三斜誘致法、プランメーター使用法等が記載され、各費目別の章では、重複部分の所属費目、余盛り、側溝（土工）の控除、平面的な工事種類の展開図による計算、根掘り数量の算定法（基礎面積×平均地盤高）、等々が定められている。これによつて各工事種別ごとの数量を計算する。なお工事種類及び材料についての小数位の標準も達で定められている。

(2) 工事台帳 かくして計算した土工その他の数

量は箇所別に整理し（表一参照）、これを工事種別別、費目別に整理して工事数量総括表に記入する（表二参照）。これは工事竣工まで保存し、設計変更はそれぞれ設計変更台帳に記入しておき最後に本台帳を訂正する。

(3) 工事予算書 工事予算書には工事種類ごとの数量を取りまとめ、これをそれに近い概数（土工ならば100m³単位、コンクリートならば10m³単位）にして記入する。設計変更の予想せられるものの数量や当初無くても新設の可能性ある工事種類はあらかじめ少しでも数量を入れて単価を作つておく等の考慮が必要である。設計変更減になると準備材料のむだになるおそれのある工事数量などはすくな目にしておくと

表一 箇所別数量表例

土 工 費		本線土留壁												
位 置	摘 要	割石 空積	雑石練積裏 コンクリート共				コンクリート土留壁		土留壁裏込栗石	割石 空積	雑石 練張	擁壁 コンクリート	木工 沈床 深米	記事
			厚30種	厚45種	厚60種	厚75種	厚45種	厚60種						
10	250	左右	33.0		平米	平米	平米			立米				
	327			1.8					1.0					
	385			2.5					1.5					
	474			41.7					24.5					
	860			9.1					21.3					
11	290	右	33.0		52.0	45.0			42.6					
	432			85.8	8.8			68.0						
	469			56.3				42.0						
	776			90.0	93.6	3.0		201.0	146.0					
	833			35.7	19.3			14.0						
990	50.3				28.7									
計			33.0	608.0	192.0	3.0	52.0	45.0	607.0	146.0				

表二 ○○線第○工区工事数量明細表

土工費総括表

工事種類	種 目	称 呼	土工費総括表							計
			本線土工	停車場 地 築	本 線 土 留 壁	踏切道	道路付替	川 付 溝 替		
切	取	立 米	15 090	170			92	2 699	139	18 190
張	芝	平 米	1 756					394		2 150
盛	土	立 米	51 701	953			438	5 438	20	58 550
割石空積土留壁		平 米				33			381	414
雑石練積土留壁裏コンクリート共厚30種		・				561		173		734
雑石練積土留壁裏コンクリート共厚45種		・				1 000				1 000
———厚60種		・				238				238
———厚75種		・				48				48
護岸雑石練積		・				338				338

表-3 ○○線第○工区 土工その他工事予算書

		金 内 訳 金		金 総 額		土工費 (伏樋を含む)	
工 事 種 類	単 位	数 量	単 価	金 額	摘 要		
切 取	立 米	70 130			施工基面仕上 側溝小土堤を含む		
張 芝	平 米	10 840					
盛 土	立 米	80 540			土羽施工基面仕上 側溝小土堤余盛を含む		
割石空積土留壁	平 米				根柢を含む		
割石空積土留壁裏コンクリート共 厚30㎝	"	1 117			— " —		
— " — 厚35㎝	"	2 175			— " —		

か、骨の折れる工事は初め大きく、また儲かる工事は初め少なく挙げておくなどは請負人操縦のコツである。

工事予算書は表-3 のようなものであるがこの単価は材料費とその運搬費に歩掛り (人工) によつてきまるものであるが、鉄道工事においては、切取、盛土と隧道、橋梁及びコンクリートの単価で大勢がきまるものである。切取、盛土の単価は土質の硬軟と流用いかん、すなわち運搬距離の多少できまるので、路線撰定の際の縦断図上で流用計画をたて、流土曲線を書きな

どしてその価格を下げるよう研究する。隧道や橋梁では、工事期間地質の良否、湧水の多少等で単価がきまる。またコンクリートは砂利、砂の入手 (直営または購入) 単価と運搬の大小難易によつて支配される。

総的に工事期限と工事計画と単価は不可分の関係にあるので、安くするためにも、また工事期限を短かく確保するためにも合理的な工事計画をたてる必要がある。

(45 ページより)

選定され、第1型は火山灰、切込砂利、碎石、アスファルト滲透式マカダム (ブラックベース代用) の原層とし、第2型は火山灰、切込砂利の上に地方的材料の砂利、砂を利用せる貧配合輾圧コンクリート基礎とした。

区間と工種は第1工区 (豊平・月寒間 2 440 m) コンクリート舗装、第2工区 (月寒・島松間 18 500 m) 粗粒式アスファルトコンクリート舗装 (アスファルト・マカダム基層)、第3工区 (島松・千歳間 13 605 m) 細粒式アスファルト・コンクリート舗装 (輾圧コンクリート基層) である。

2. 千歳米軍飛行場舗装工事 本工事は米軍のこの種工事として米国式機械化施工によつてはいることはもちろんであるが、特色としては工法の細目については規定せられざるものが多く、最終の結果のみを明示してそれに添うよう試験を行つて工法を選択している点

である。示様書に規定せられた重要な最終的要素としては、路盤が非凍上性で KV が 300 Pqi 以上となることと、コンクリートの強度が曲げて 700 Psi 以上なることの2点であり、関係技術者は卒直に米国式工法を受け入れて、この最終値に達するよう技術の試験研究に非常な努力を払つている。このために毎日実施される現場試験は土工関係では Compaction Test, Moisture Content の Check, Base Course material の Proportioning の Check, Bearing Test, Density Test であり、コンクリート工事関係では Sieve Test Free water の Check, Slump Test, Air Test, Strength Test である。熱心な技術者によつて米国式工事方法の長所が我が国の施工技術と施工管理に大いに採り入れられる日の近いことが予期せられ、先の開発局の札幌・千歳間道路工事とあいまつて時代の尖端をゆくこの工事には大いに意を強うするものがあつた。(北海道支部 前田幸雄)