

函館本線小樽，南小樽間高架工事について

正 員 中 浩 一*

正 員 ○安 味 貞 光*

目 次

1. 踏切除却の必要性	68
1-1 函館本線小樽，南小樽間の概要	68
1-2 高架区間の踏切概要	68
2. 踏切除却各案の比較	68
2-1 踏切除却の方法	68
2-2 各案の比較	68
2-3 高架橋の型式	68
2-4 高架橋の設計	69
3. 高架化による経済性	69
4. 工事概要	75
4-1 協定成立までの経過	75
4-2 費用分担方式	75
4-3 工事概要	75
(1) 設計基準	75
(2) 主要工事内容	79
(3) 施行概要	79
(4) 工事工程	85
5. む す び	85

1. 踏切除却の必要性

1-1 函館本線小樽，南小樽間の概要

函館本線小樽，南小樽間1.6kmの区間は，現小樽駅を基点として，明治38年函館まで開通した函館本線と，これより先明治13年に開通した手宮線とをつなぎ，連絡輸送を行なったもので，両者が別個に建設されたため現在の窮屈な路線を選ばざるを得なく，S字形の急曲線が稲穂町，花園町の市街地を横断した状態となった。

又現在この区間の列車回数は130回/日に及び，既に単線点間としての輸送力の限界に来ている。

1-2 高架区間の踏切概要

小樽，南小樽間の高架区間には鉄道と道路の平面交差は4カ所であり，何れも見透しが悪く，事故が頻発し，列車回数及び自動車の増加に伴い益々交通支障が甚だしく，踏切の立体化が要望されていた。

表—1 除却される踏切表

踏 切 名 称	通称道路名	踏切種別	換算交通量 (36年度) (1日当)
稲穂町踏切	第2大通り (国道5号線)	第1種	216,430
妙見道踏切	妙見通り	第4種	3,021
第一花園町踏切	嵐山通り	第3種	8,068
第二花園町踏切	第一大通り	第1種	98,900

表—2 踏切事故数 (10年間)

件 数	自動車 破 損	死 傷 数			その他
		軽 傷	重 傷	死 亡	
62	17	8	7	8	20

2. 踏切除却各案の比較

2-1 踏切除却の方法

道路が鉄道と交差する附近の道路勾配は約5%で，道路を鉄道線路を越えて立体交差することは極めて困難であるので，平面交差を除去するには鉄道を高架にするか，ずい道による迂回線を設ける以外に方法は考えられない。

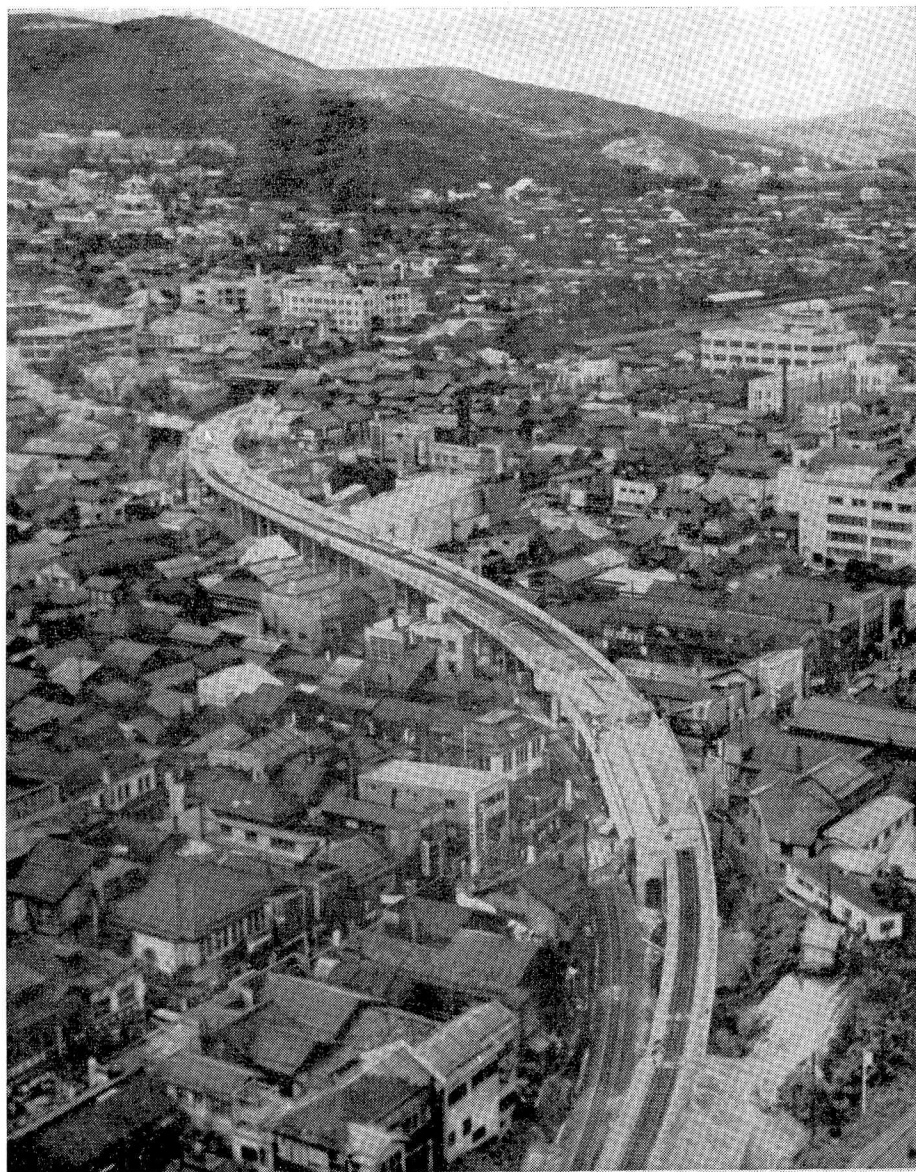
2-2 各案の比較

- (1) 小樽，南小樽間を1線増設し，かつ道路との平面交差を除却するものとして次の2案が考えられる。
 - (イ) 小樽，南小樽間を複線ずい道で連絡する。
 - (ロ) 複線高架とする。この場合
 - i) 曲線半径を現行通り $R=200$ m とする。
 - ii) 曲線半径を建設規程乙線規格の250 m に改良する。
- (2) (イ)案は理想的であるが，工事費は12億円程度になり高い。(ロ)案のi)は最も経済的であるが，保守上に難点があるのでii)案を採用した。

2-3 高架橋の型式

国鉄で一般に採用されている複線高架橋の標準的型式は図-2(イ)の2線2柱式3スパンラーメン構造であるが，高架下を商店街として使用する際の利便を考えた場合，柱の間隔を等スパンにすることが望ましいので，スラブの張出部

* 日本国有鉄道札幌工事局停車場課



写真—1 小樽、南小樽間高架橋

昭和39年9月27日高架単線使用開始直前

を単純支承構造として、図-2(ロ)の如き2線2柱式5スパンラーメン構造とした。

尚基礎工法としては地盤が予想外に悪く、(図-3参照)深さ30mに及ぶ軟弱地盤もあり、平均根入り深さも12~13m程度になり、線路近接工事で而も市街地の施工上、普通のコンクリート杭では無理なので、「ペノト」工法により施工することにした。

2-4 高架橋の設計

上記の型式に基づく構造計算の結果は図-4のモーメント図に示す如くである。

なおペノト杭の頭部とラーメン柱との接続方法として、(1)杭と柱を剛結する、(2)杭の頭を固定する、(3)杭と柱をヒンデで継ぐの3点が考えられるが、この場合(2)の考えで設計した。

3. 高架化による経済性

鉄道を高架化にするものの経済性については、企業体としての鉄道と、公共事業としての道路、都市計画などの比較においての受益の算定は難しいが、踏切を除去することによる道路交通側の受益については、復興技術協会「立体

表-3 工 事 費 比 較 表 (単位千円)

	高 架 案		ず い 道 案	
	曲線半径 200m	曲線半径 250m	函型ラーメン	複線ずい道
用 地 費	111,000	200,000	792,000	788,000
土 工 費	35,000	40,000	37,000	37,000
橋 り ょ う 費	220,000	241,000	40,000	40,000
ず い 道 費			298,000	213,000
軌 道 費	32,000	33,000	42,000	43,000
信 号 保 安 費	35,000	35,000	35,000	35,000
電 力 通 信 費	15,000	15,000	15,000	15,000
計	448,000	564,000	1,259,000	1,170,000

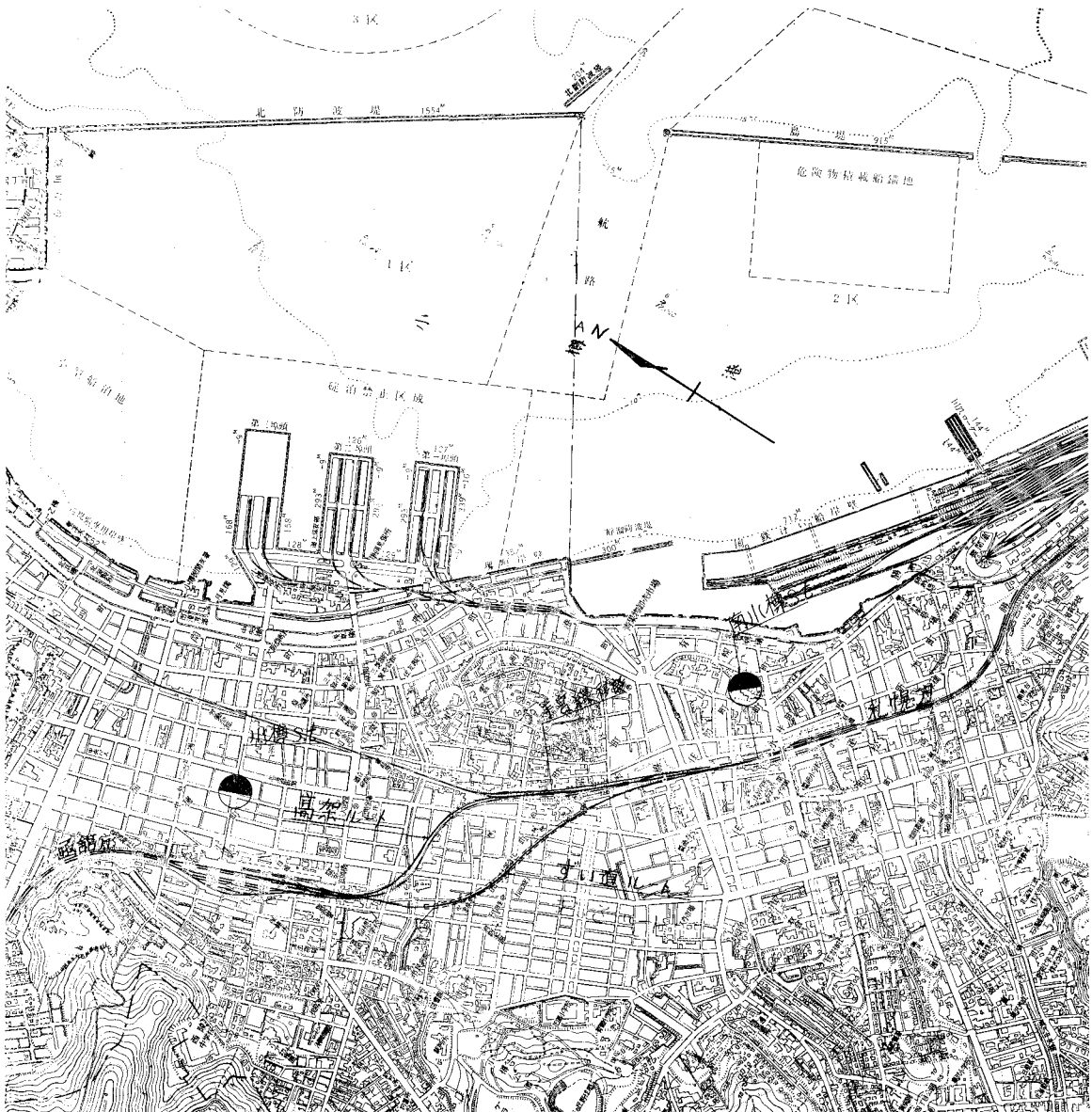


図-1の1 小樽, 南小樽間立体計画平面図

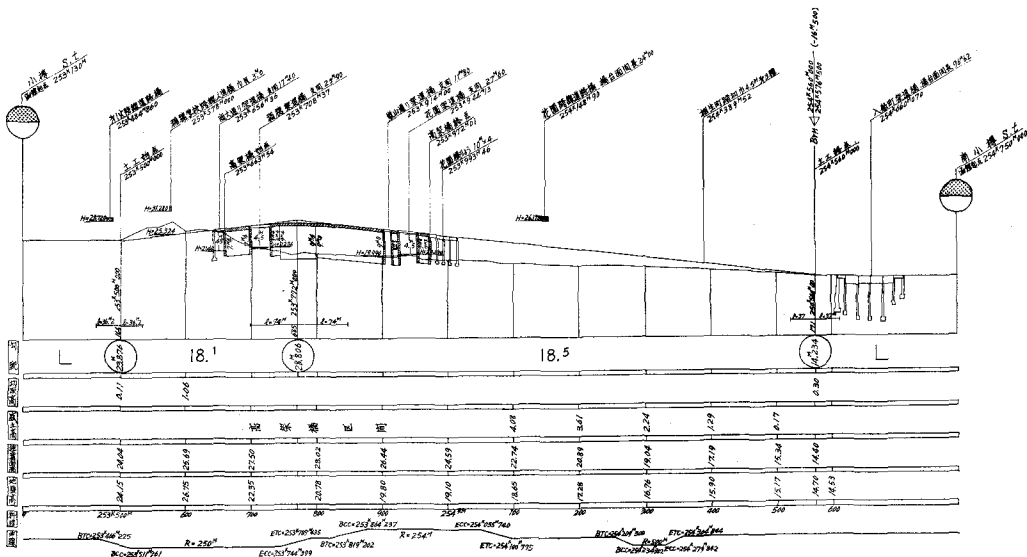


図-1の2 函館本線小樽, 南小樽間線路改良縦断面図 (高架案)

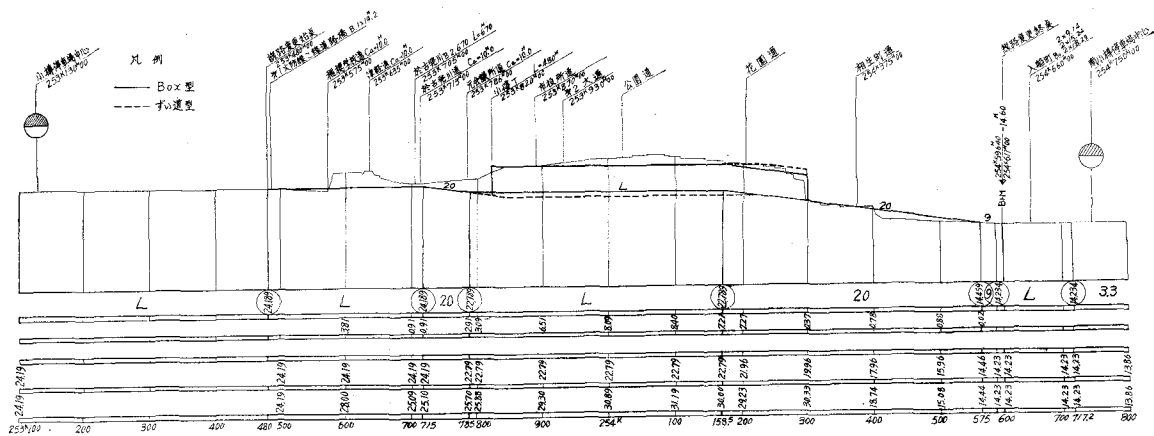


図-1の3 函館本線小樽, 南小樽間線路改良縦断面図 (ずい道案)

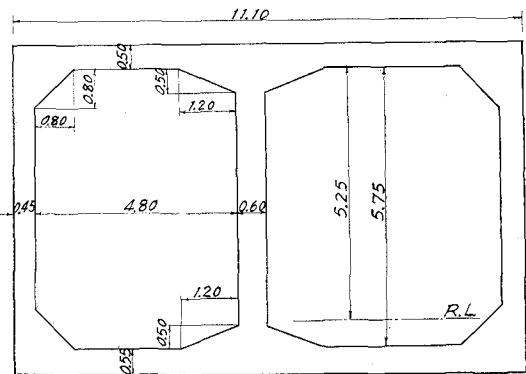


図-1の4 Box断面図

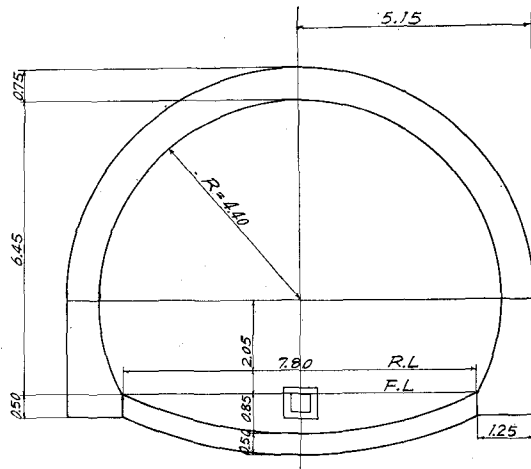


図-1の5 小樽ずい道断面図

(イ)

(ロ)

断面図

側面図

断面図

(決定案)

側面図

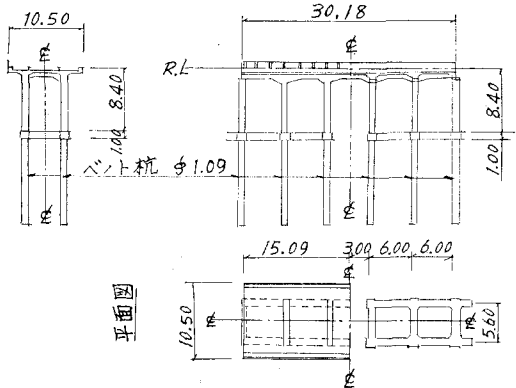
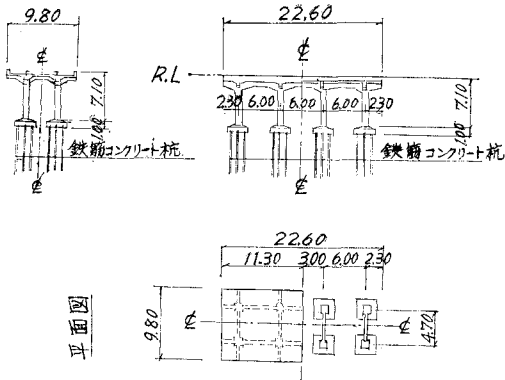


図-2 高架橋一般図

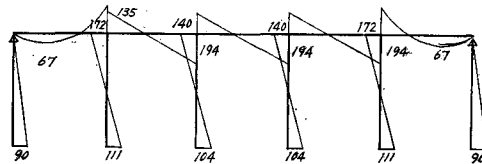


図-4 線路方向モーメント図 (地震時)

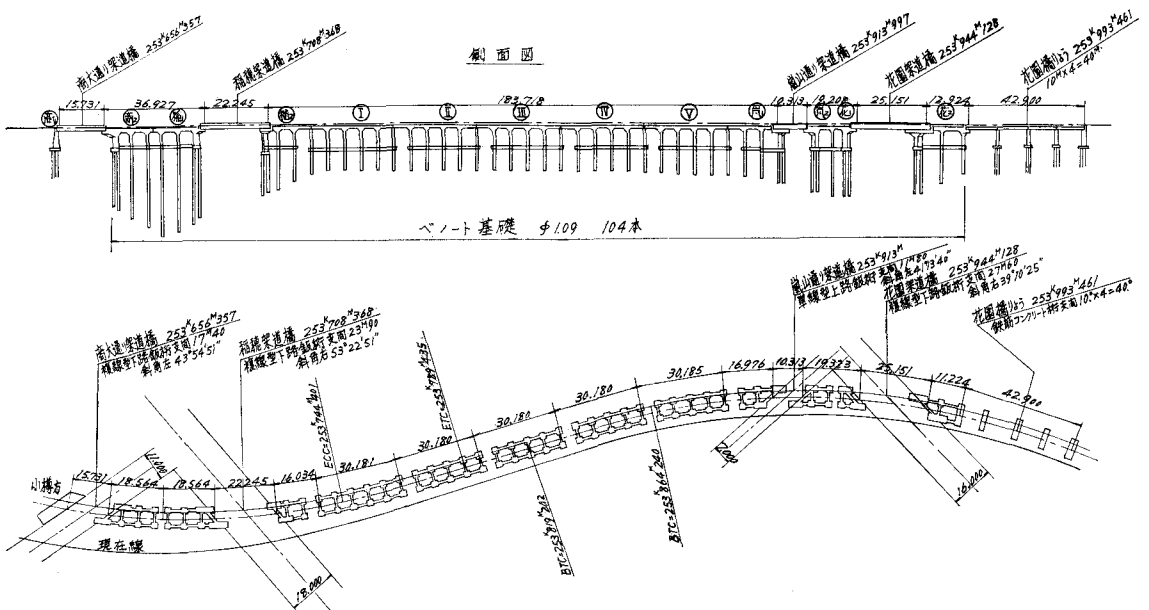


図-5 高架橋全体図

表-4 踏切通行の損失額

種 別	固定費等を含む損失額 (1分当) A	ガソリン消費損失額 (1分当) B	計 (A+B)/分	経済換算 交通量 (歩行者を 1とする)
	円 銭	円 銭	円 銭	
トラック	5.80	3.50	9.30	17.0
自動三輪車	2.80	0.80	3.60	6.5
バス	31.60	3.70	35.30	64.0
乗用車	6.30	1.20	7.50	13.5
原動自転車	2.00	0.40	2.40	4.3
二輪自動車	1.50		1.50	2.7
自転車				
人	0.55		0.55	

表-5 第二花園町(第一大通)踏切交通量
(36年度1日当)

種 別	項 目		備 考
	換算率	交通量換算 実数交通量	
トラック	14	830	11,620 遮断時間 165分
自動三輪車	19	760	14,440 自動車実数 2,650
乗用車	12	1,060	12,720 経済換算交通量
原動自転車	8	3,440	27,520 82,440
二輪自動車	4	135	540 (表-4による換算)
軽車輛(除自転車)	4	135	540
自転車	2	3,180	6,360
人	1	25,700	25,700
計			98,900

表-6 稲穂町(第二大通)踏切交通量
(36年度1日当)

種 別	目 項		備 考
	換算率	交通量換算 実数交通量	
トラック	14	3,580	49,500 遮断時間
自動三輪車	19	2,230	42,370 136分
バス	14	950	13,300 自動車実数
乗用車	12	4,380	52,560 11,140
原動自転車	8	4,460	35,680 経済換算交
二輪自動車			通量 237,600
軽車輛(除自転車)	4	330	1,320 (表-4によ
自転車	2	3,150	6,300 る換算)
人	1	15,400	15,400
計			216,430

踏切交通1日当損失額

第一大通り

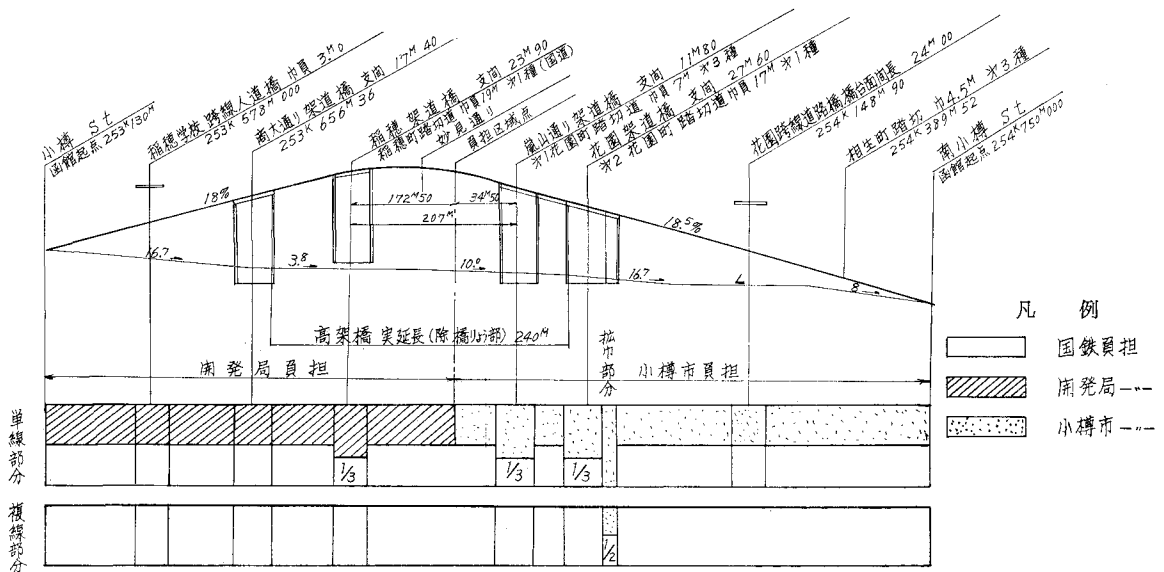
$$82,440 \times \frac{165}{1,440} \times 0.55 = 52,000 \text{ 円}$$

第二大通り

$$237,600 \times \frac{136}{1,440} \times 0.55 = 123,000 \text{ 円}$$

交差街路築造の経済的限界に関する研究」がなされており、之を基準として第一大通りと第二大通り(国道)の踏切交通による損失額を算出した。

表-1に掲げた第一大通り及び第二大通りの踏切交通量の内訳は表-5、表-6の如くである。なお換算率は運輸省令



(備考) 開発局及び小橋市負担区域の境界は稲穂町及び第1花園町道路の中心より夫々の道路幅員の比によって按分した地点とする。

(註) 既設線のこ道橋部分は建鉄協定により国鉄側 1/3 但し道路拡幅部分は道路側負担、こ道橋間は切半負担、増設線に対しては全額国鉄負担、但し道路幅部分は切半負担。

図-6 費用負担略図

第 64 号「踏切道の保安設備の整備に関する省令」によって
いる。(表-4)

なお連続立体化としての鉄道の高架化による経済性の検
討については、目下当工事局において研究しているので他
日に譲りたい。

4. 工 事 概 要

4-1 協定成立までの経過

1-2 で述べた如く踏切支障の増加に伴ない、立体化の要
望が急速に高まり、昭和 33 年 8 月小樽市平面交差解消促
進期成会が発足され、35 年 1 月 25 日小樽市長から「踏切
除去工事」の協議があり、以来小樽市、北海道開発局、国
鉄の間で協議を進め、36 年 8 月三者間の費用分担の協定を
結び、工事着工の運びとなった。

4-2 費用分担方式

「道路と鉄道との交差に関する 建設省、日本国有鉄道協

定」(建国協定)には一般の交差について定められているが、
高架化の場合には別途協議することになっている。

小樽、南小樽間の場合には道路側から踏切除去希望があ
り、国鉄としても線路増設の必要があり、原因が両者にあ
るので、費用の負担も建国協定の線に沿って比較的円滑に
協定が成立した。

但し開発局と小樽市負担の境界は両者間の話し合いによ
り、国道 5 号線(第二大通り)と市道嵐山通りの中心より夫
々の道路幅員の比により按分した。(図-6 および表-7)

この積上げ方式による負担比率(国鉄 51%、開発局 27%、
小樽市 22%)は、その後工事費の増減があった場合に於て
も適用されることにした。

4-3 工事概要

(1) 設計基準

- (イ) 線路規格 2 級線、最急勾配 18.5/1,000
曲線半径 250 m

表-7 工 事 費 及 び 負 担 額 (単位千円)

	総 額	負 担 額			備 考		
		国 鉄	開 発	小 樽 市			
工 事 費	612,000	51%	27%	22%	用 地	220,000	路盤その他 120,000
鉄道橋々桁	40,000	311,400	165,600	135,000	橋りょう	245,000	軌 道 33,000
複 線		40,000	—	—	建 物	7,000	附帯電気 27,000
合 計	652,000	351,400	165,600	135,000			

①

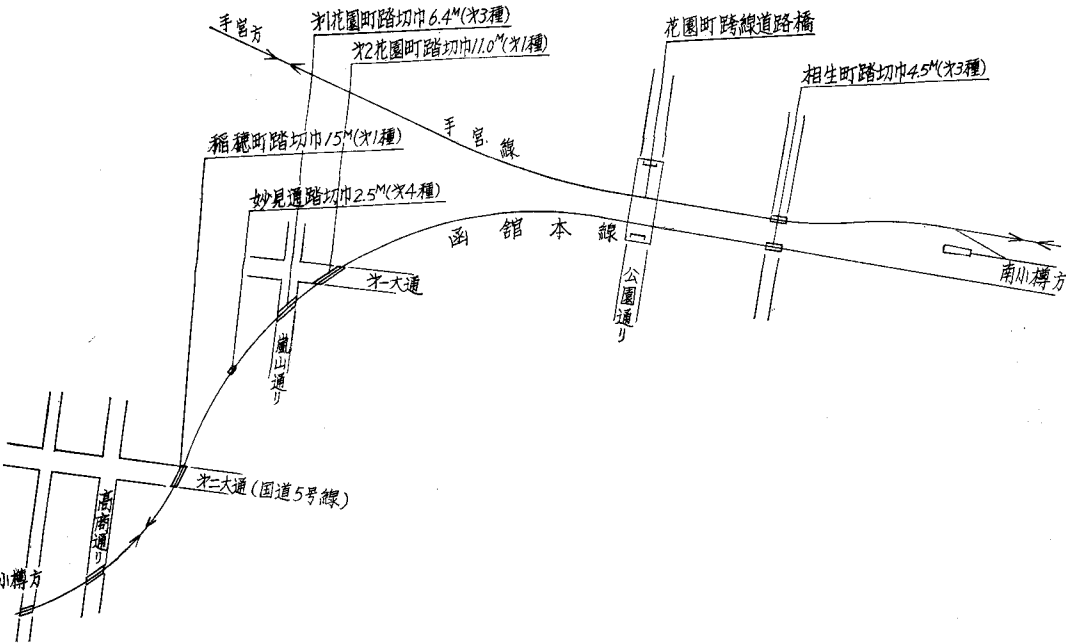


図-7 の 1

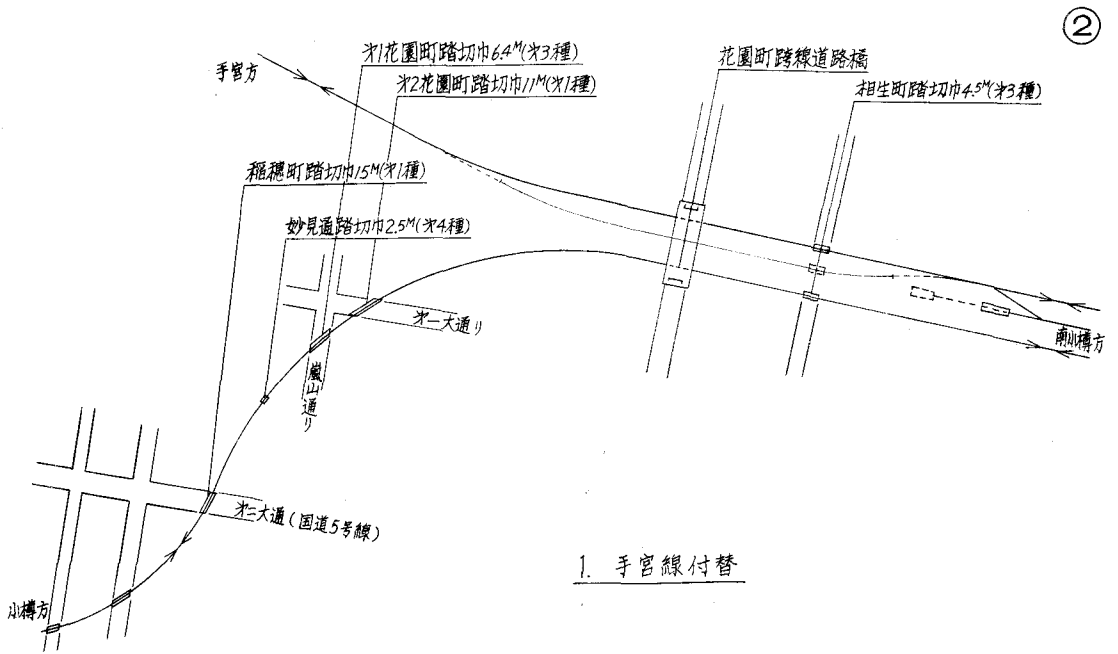


図-7₂の2

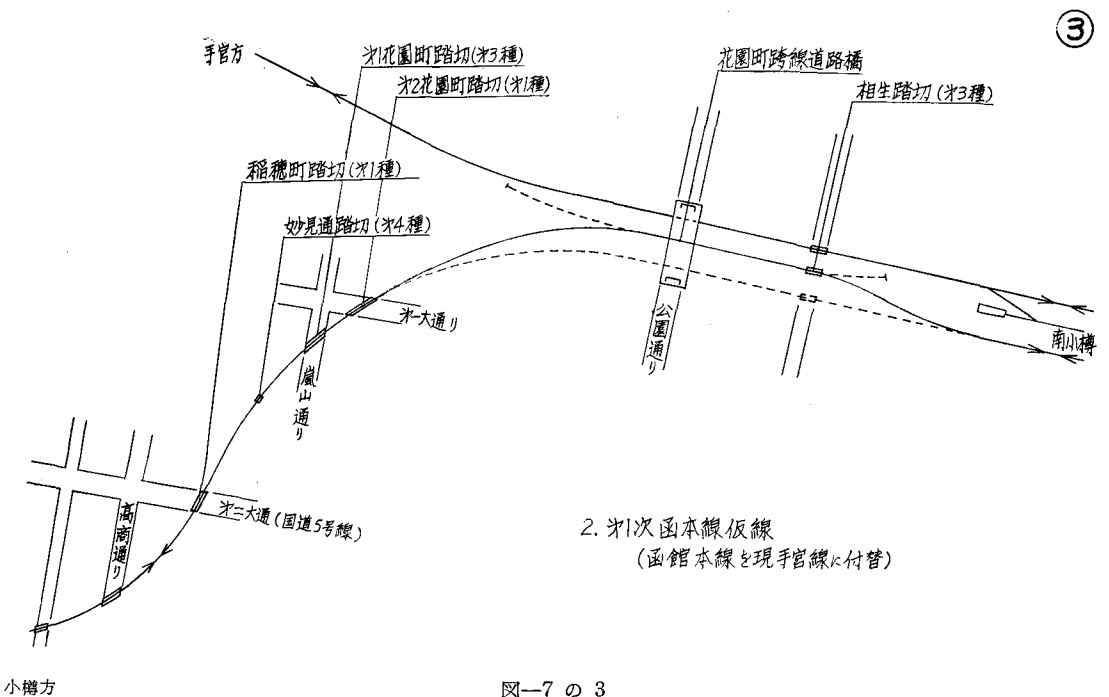


図-7の3

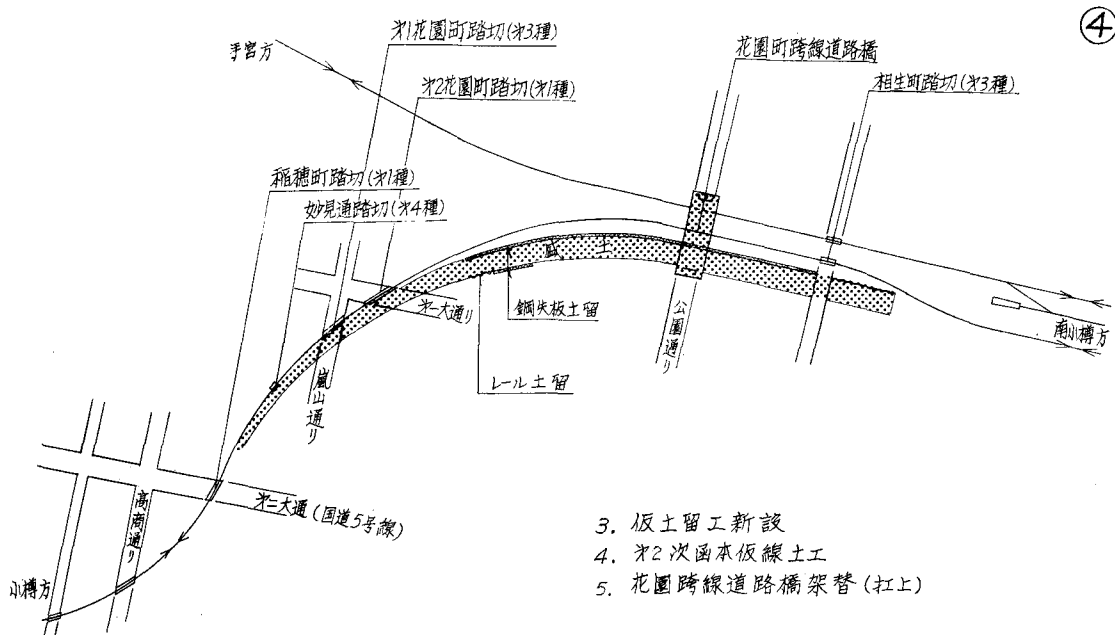


図-7 の 4

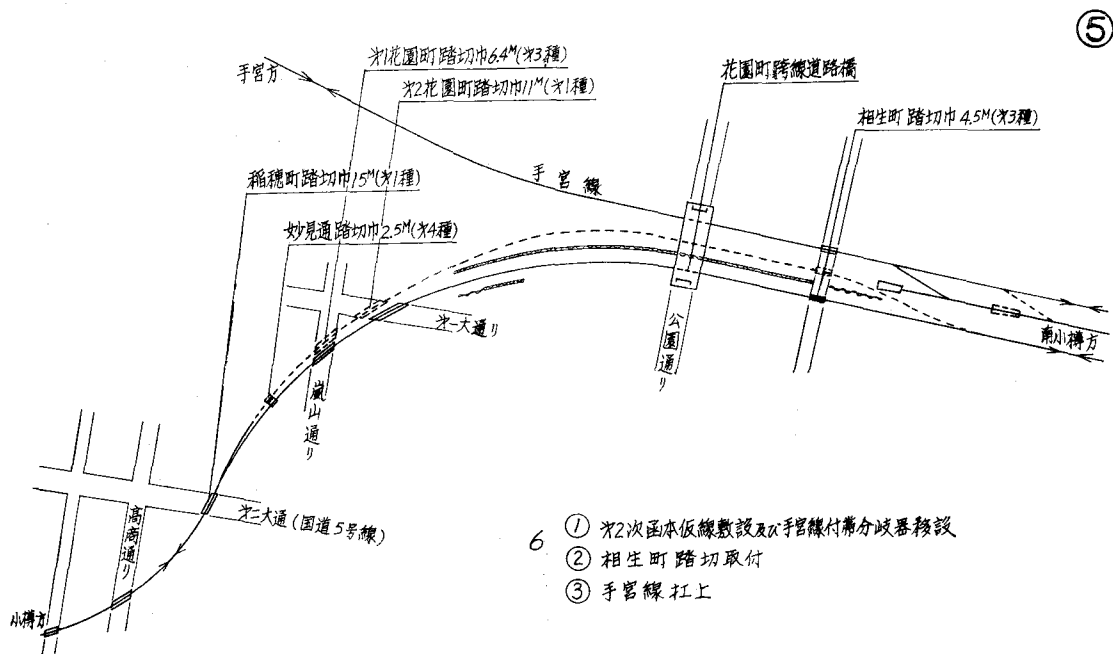


図-7 の 5

⑥

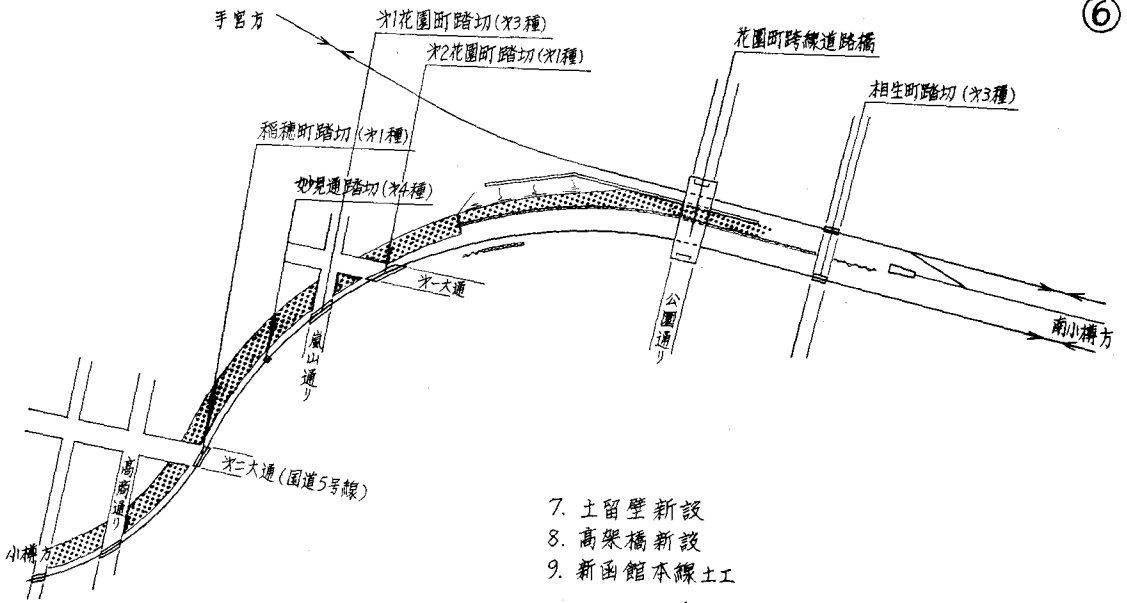


図-7 の 6

⑦

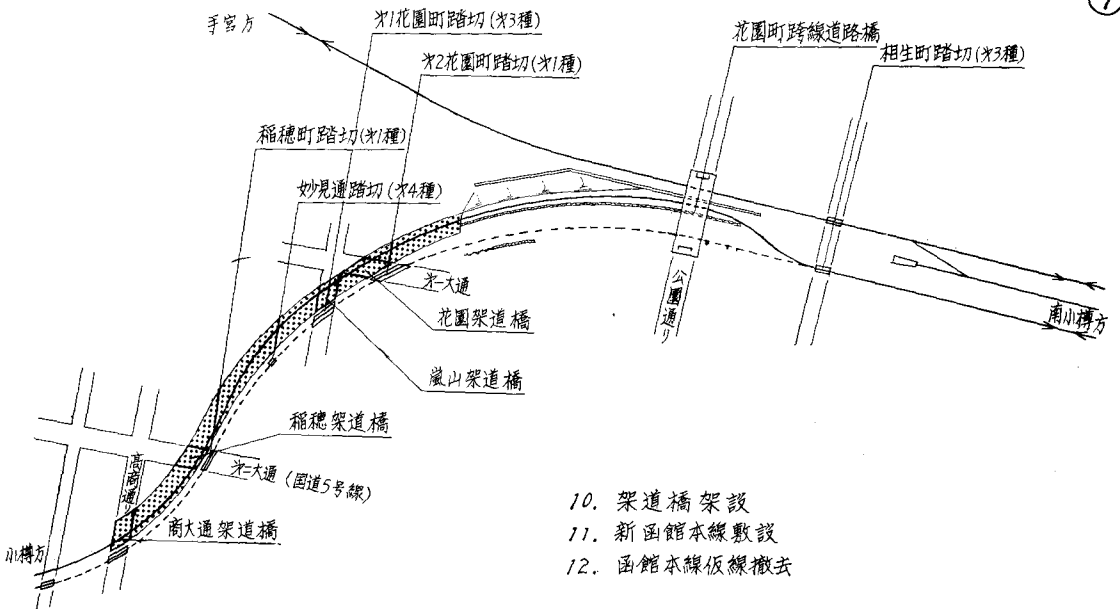


図-7 の 7

⑧

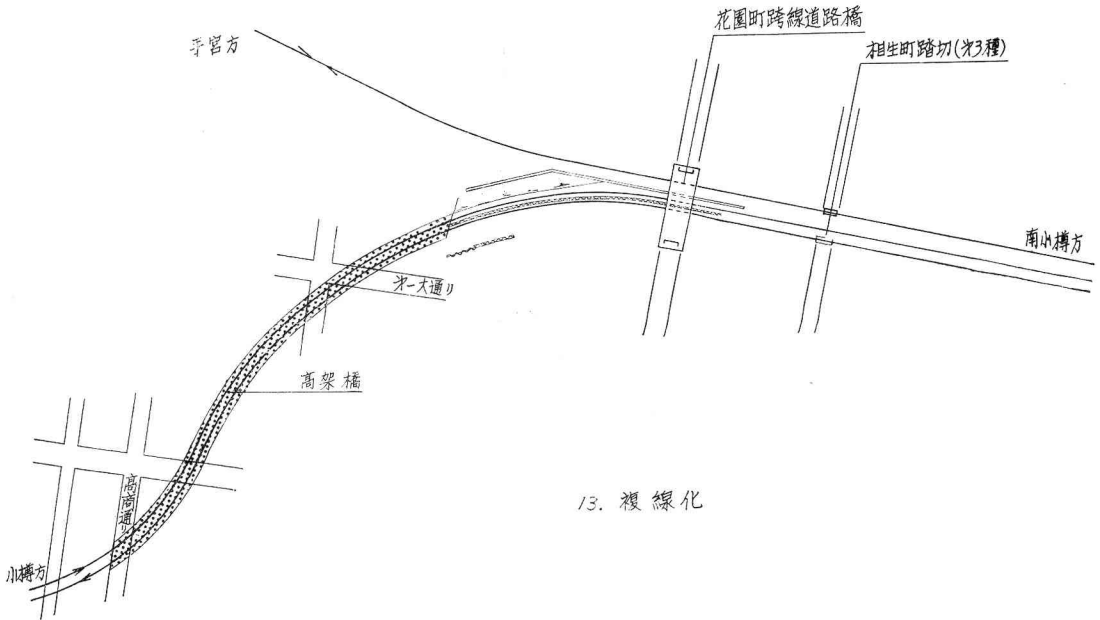


図-7 の 8

図-7 小樽, 南小樽間高架化工事施行順序図

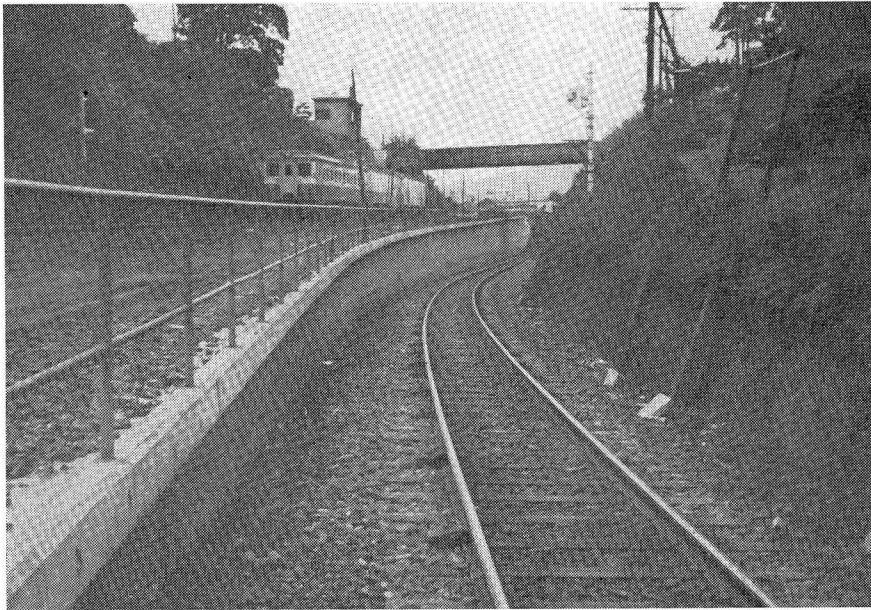


写真-2 高架取付盛土部

相生踏切から花園橋を望む (左側—函館本線仮線
右側—手宮線)

- (ロ) 軌道構造 本線 50kg レール, 道床碎石 厚さ 250mm
枕木 44 本/25 m
- (ハ) 設計荷重 KS-18.

(2) 主要工事内容

小樽, 南小樽間 1.6 km のうち, 施行区間は 1.060 km, 商大通りと第一大通りの間約 300 m の区間は, 鉄筋コンクリート高架橋 (2 線 2 柱式 5 スパンラーメン構造) で, その前後小樽側 150 m は切取, 南小樽側 600 m は盛土式, そのうち取付部 40 m は鉄筋コンクリート T 型橋りようとした。盛土区間にある花園線道路橋は改築の上扛上し, 又既設稲穂こ線道路橋は扛上してこ線人道橋とし, 商大通りこ線道路橋は架道橋となった。(表-8)

(3) 施行概要 (図-7)

(イ) 施行順序

この工事は現在線を運転しながら, 線路と人家が非

常に接近した狭い場所で施行したので, 技術的に甚だ困難であったが, 幸いに運転及び傷害事故もなく施行された。

工事施行について土留工, 擁壁及び躯体コンクリート等

表-8 主要工事内容

工事種別	工事内容
1) 用地	買収面積 約 3,200 m ²
2) 土工	盛土 20,000 m ³ , 切取 8,000 m ³ , 擁壁その他
3) 高架橋	ベント基礎 口径 1.09 m, 104 本 延 1,300 m ラーメン躯体鉄筋コンクリート 3,000 m ³
4) 架道橋	稲穂架道橋外 3 ケ所 鋼材重量 360 t
5) 道路橋	花園と線橋及び稲穂と線橋架替
6) その他	軌道, 附帯建物及び電気等

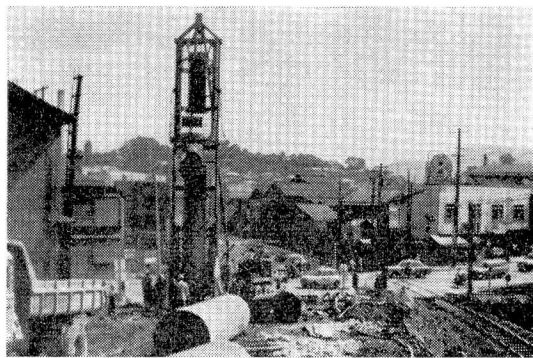


写真-3 「ベント」基礎施工状況

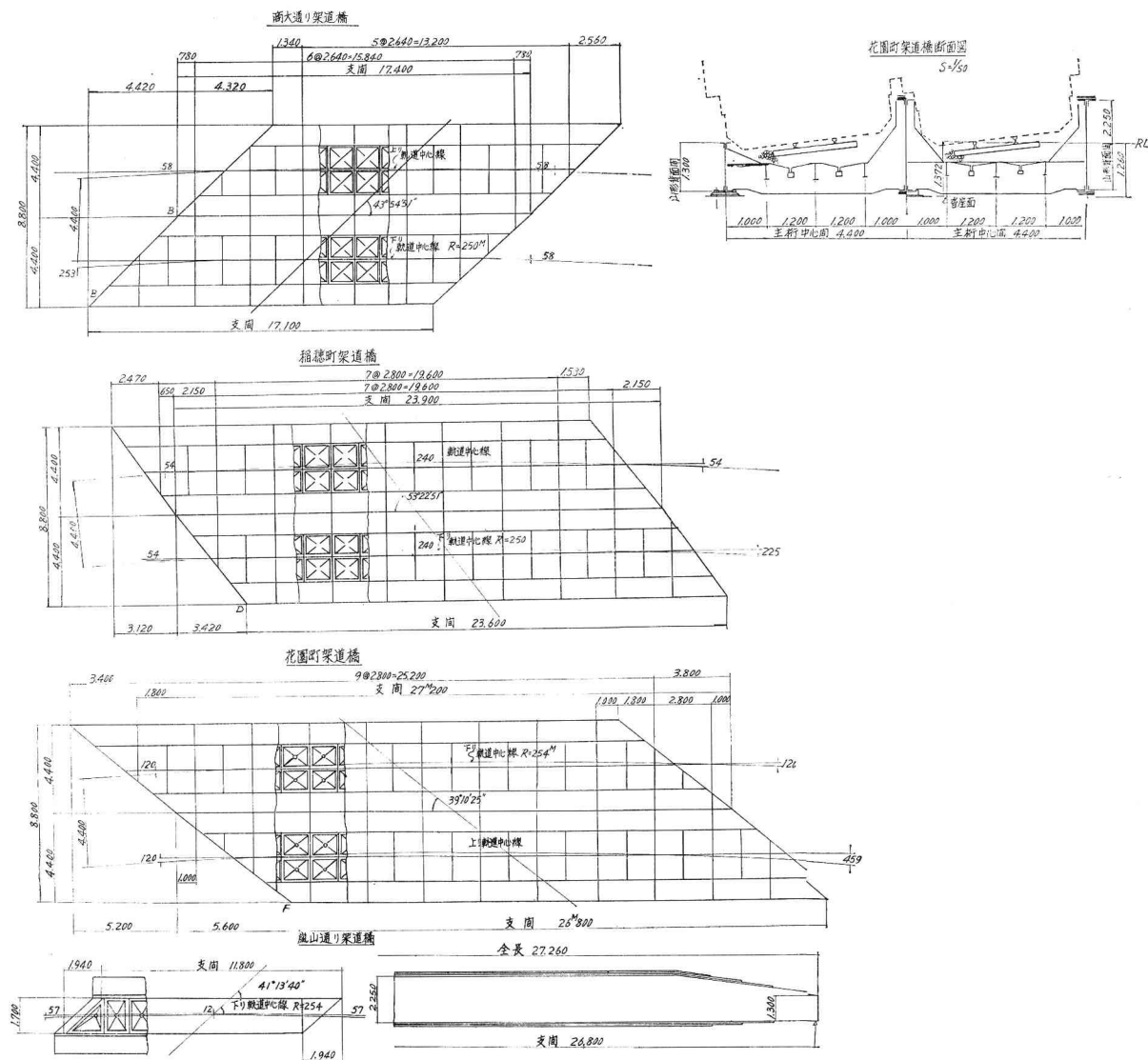


図-8 橋桁一般図

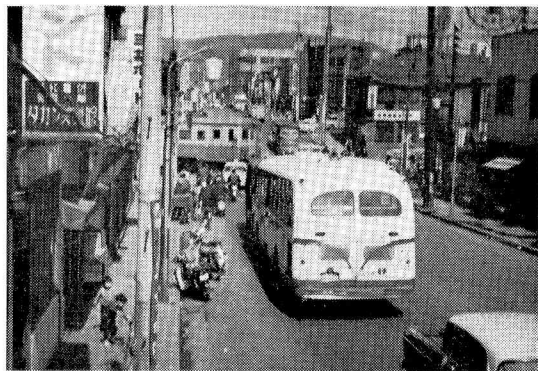
一般的な事項は省略して、特殊な工法について概略述べる。

(ロ) 「ベノト」基礎工 (写真—3)

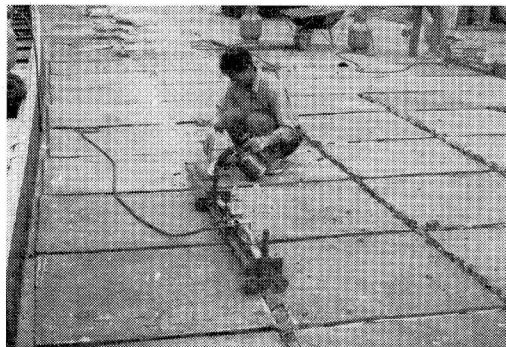
採用した理由は 図-3 にあるような地質の外、線路に近接して安定であり、自動可能で任意の個所から施工出来、又杭打に比較して騒音、振動が少なく市街地の作業に適している。

施行の方法は長さ 6 m の鋼管をゆすりながら地中に建込

み、同時に管中の土をハンマーグラブで取り出し、鋼管を継足して所定の深さ(地表面から約 7~30 m)まで掘さくする。掘さくが終ると管内の汚水を清水に入れ替え、鉄筋を溶接して鈎下げ、トレミーによる水中コンクリートを施行すると共に鋼管を引き抜く。コンクリートはセメント使用量

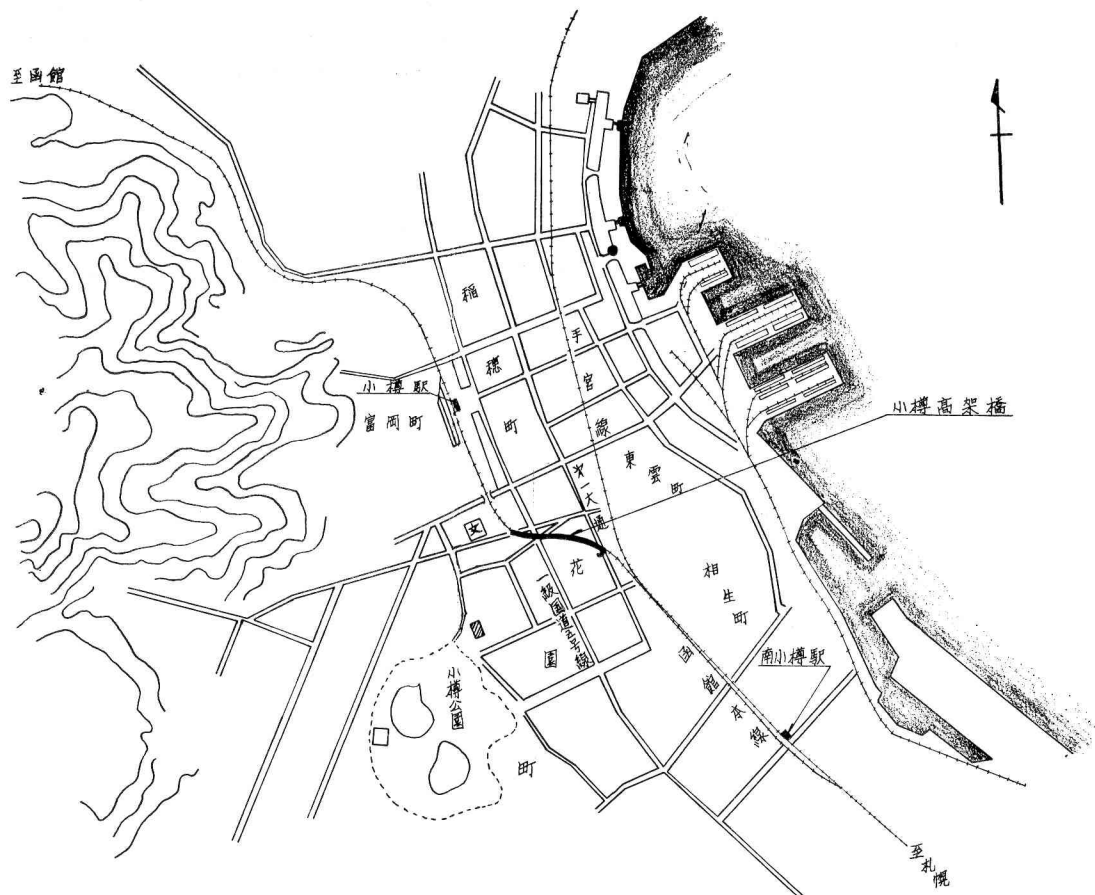


写真—6 稲穂架設前の踏切状況



写真—7 アスファルト・マスチック
マット布設状況

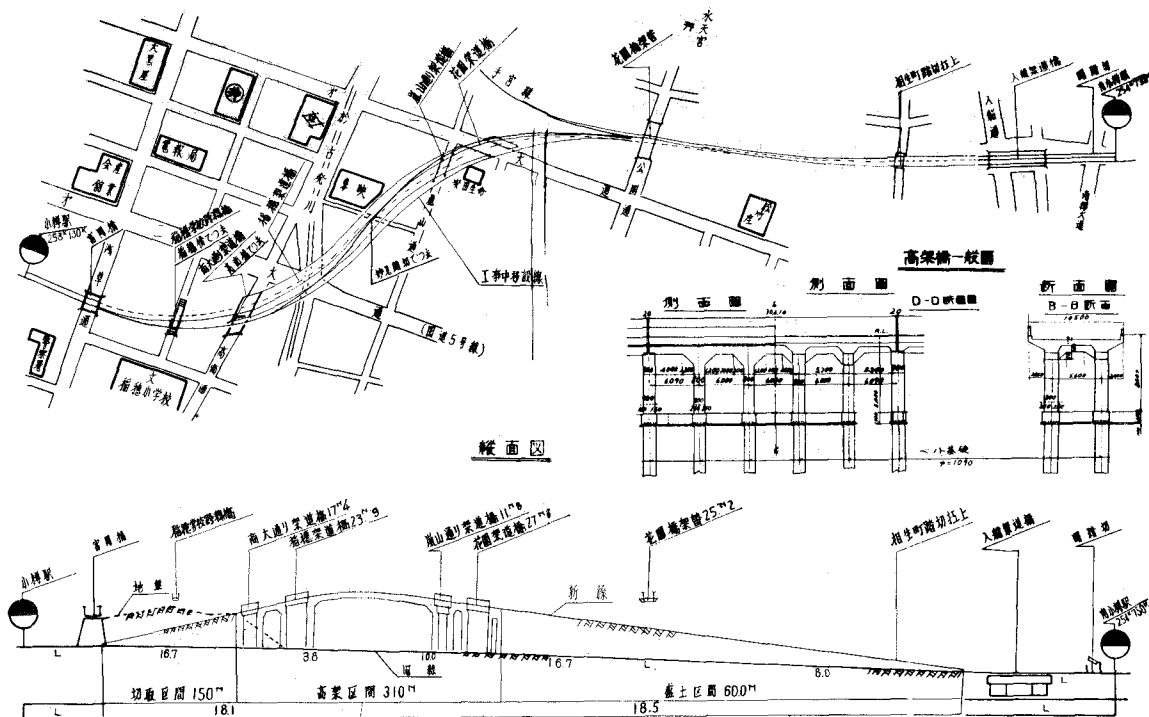
1 m 角のマットを敷並べ目地は同質材で赤外線熱熔着させる。



図—10 函館本線小樽, 南小樽間高架化工事位置略図

表—10 函館本線小樽，南小樽間工事工程表

工 事 種 別	36 年 度	37 年 度	38 年 度	39 年 度	40 年 度	記 事
[用 地]				39年9月27日高架単線使用開始	複 線 化	
増用地移転補償 支障施設その他	9			10		
[路盤その他]						
切 取		11 2		6 9		
盛 土	3	10	5 11	6 11		
仮土留及び擁壁			10	8 9		
取 付 道 路				6 12	5 7	
[橋 り ょ う]						
稻穂学校こ線橋			3	5		
商大通 架 道 橋				7 9		
稻 穂 "				7 9		
嵐山通 "				7 9		
花 園 "				7 9		
高 架 橋				11		
花園こ線道路橋		10 12				
於古発川拡幅					5 6	
[軟 道]						
移 設 線 (函本)	第1次	11第2次				
手 宮 線	9 11					
新 設 本 線				8 10	5複線化8	
[建 物]	11	7				
[附 帶 電 気]		6仮設11		8 10	5 7	



図—11 小樽，南小樽間架化工事略図

390 kg/m³ の配合の生コンクリートを使用した。

杭の先端は地耐力約 1,000 t/m² を有する凝灰岩層まで達させた。ベノト杭は機械据付、掘さく沈下、水替え、鉄筋建込、コンクリート打の順序で杭長 30 m までは 1 日 1 台 1 本の施工能力である。この「ベノト」工は国鉄直轄（東京操機工事事務所）の 2 班によって施工された。

イ 架道橋橋桁架設

この立体化により新設する架道橋の諸元は表-9 の通りである。

このうち花園及び稲穂架道橋の下路飯桁は、組立完了の形において 1 連当り主桁心々 4.4 m、長さ約 24~28 m、桁高約 3.0 m、重量 100 t 以上の重量桁である。

この架設法については、高架橋上で組立て曳出すとすれば足場式が考えられるが、両架道橋部の高架橋の曲線半径が 250 m で側壁コンクリートに支障するため、主桁のみ高架橋上で上路飯桁の形に仮組し、径間上に曳き出し、仮組材を取外して主桁の正規の幅に拡幅し、横桁、縦桁その他を取付け、鉸鉸して仕上げる方法を考えた。



写真-8 稲穂学校と線橋階段部融雪装置
ニクロム線を配列しているところ。
取付後アスファルトモルタル厚 30 mm を施工する。

然し乍ら施行時期が偶々高架橋の防水工（後述）と競合したため、道路上から 25 t クレーン 2 台を以て、主桁 1 枚ずつ始めから所定の位置に据付け保持し乍ら、横桁その他を取付ける方法をとった。このため午前 0 時から 5 時までの夜間作業で、3 日間の夜間道路通行止めを行って主桁部を架設し、その他を組立てた。（写真-4）

ロ その他

1) 列車防護

この工事区間はすべて営業線に近接して施工しなければならず、而も市街地を急曲線で S 字形で横断しているため見透しが悪く、列車回数も日中 6~10 回/1 時間に及んでいる。そのため工事施行中は危険区域の明示を行ない、列車監視人を専従させる外、接近ベルを設備した。事故発生時の列車防護として、国鉄では発煙筒及び雷管による第 1 種列車防護を定めているが、見透しの悪い上に単線上下列車の頻繁な区間で実施するのは不可能な状態なので、「固定式列車防護設備」を設けた。

この主たる設備は固定された信号発煙装置、遠隔操作ス

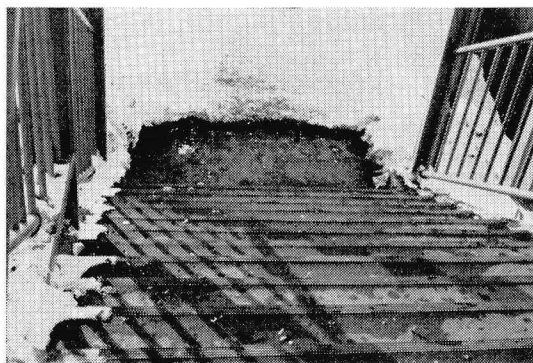


写真-9 稲穂学校と線橋階段部融雪装置

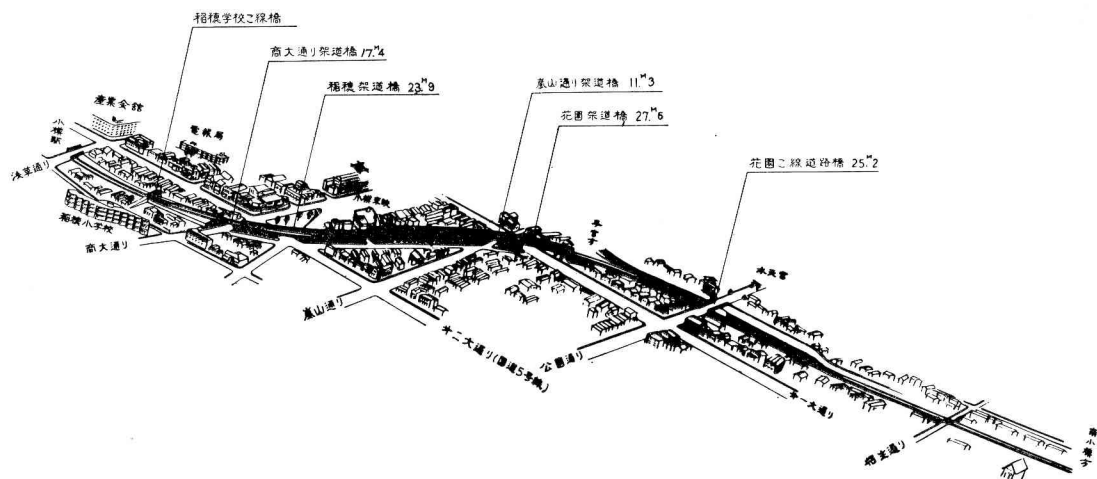


図-12 小樽、南小樽間高架橋鳥瞰図

イッチ及び機能確認表示灯からなっており、工事現場で遠隔操作スイッチを押すと、線路に設けられた信号煙管は一斉に自動発火し、同時に急報装置のベルが作動する。信号煙管はこの約 1 km の区間に見透しを考へ 7 カ所、遠隔操作スイッチは 5 カ所に設置した。

この信号煙管による発煙信号は円形の現示はしないが、約 10 分間燃焼しており、装置による自動消火は出来ない。

ii) 高架橋防水工

温暖地におけるコンクリート高架橋に於ては、普通勾配コンクリート又はモルタルのみであるが、本道の寒冷地に於ては凍結、融解に対する防護と小樽の場合は高架下を利用する点を考慮して防水工を施工することにした。

防水工としては一般にアスファルト系皮膜式防水工に保護層として 5~6 cm のラス張りモルタルを施工するのであるが、道床バラストの突き固めや列車荷重の衝撃を考へ、保護層として北大板倉教授の御教示によりアスファルト・マスチックを採用した。

iii) 電熱融雪装置

積雪地に於ける跨線人道橋の階段部には、従来上家を設

けておったが、それでも雪の吹込みがある。稲穂こ線人道橋は稲穂小学校の児童通行が多いので、昨年から札幌で試験されている「道路電熱融雪装置」(Road Heating) を之亦北大板倉教授の御教示により、階段部に取付け上家を廃止した。

制御器の取扱いについては、小樽市並に稲穂小学校と協議し、学校の用務員又は宿直の先生が取扱うこととし、学校内まで配線し設置した。(写真—6)

(4) 工事工程 (第 10 表)

5. む す び

営業線における列車運転と密接な関連をもって施行される立体交差のための工事は、運転及び一般に与える影響を極力少なく、安全且つ経済的に行なえるものでなければならない。

本文では北海道で初めての連続立体高架化工事の概括を述べたものであるが、今後この種工事が強力に推進される機運にある折から、少しでも御参考になれば幸いである。

1964. Nov.