

羽田線モノレール電力設備

Electric Power System of Haneda Monorail Line

服 部 昭 治* 加 藤 義 明*
Syoji Hattori Yoshiaki Katô

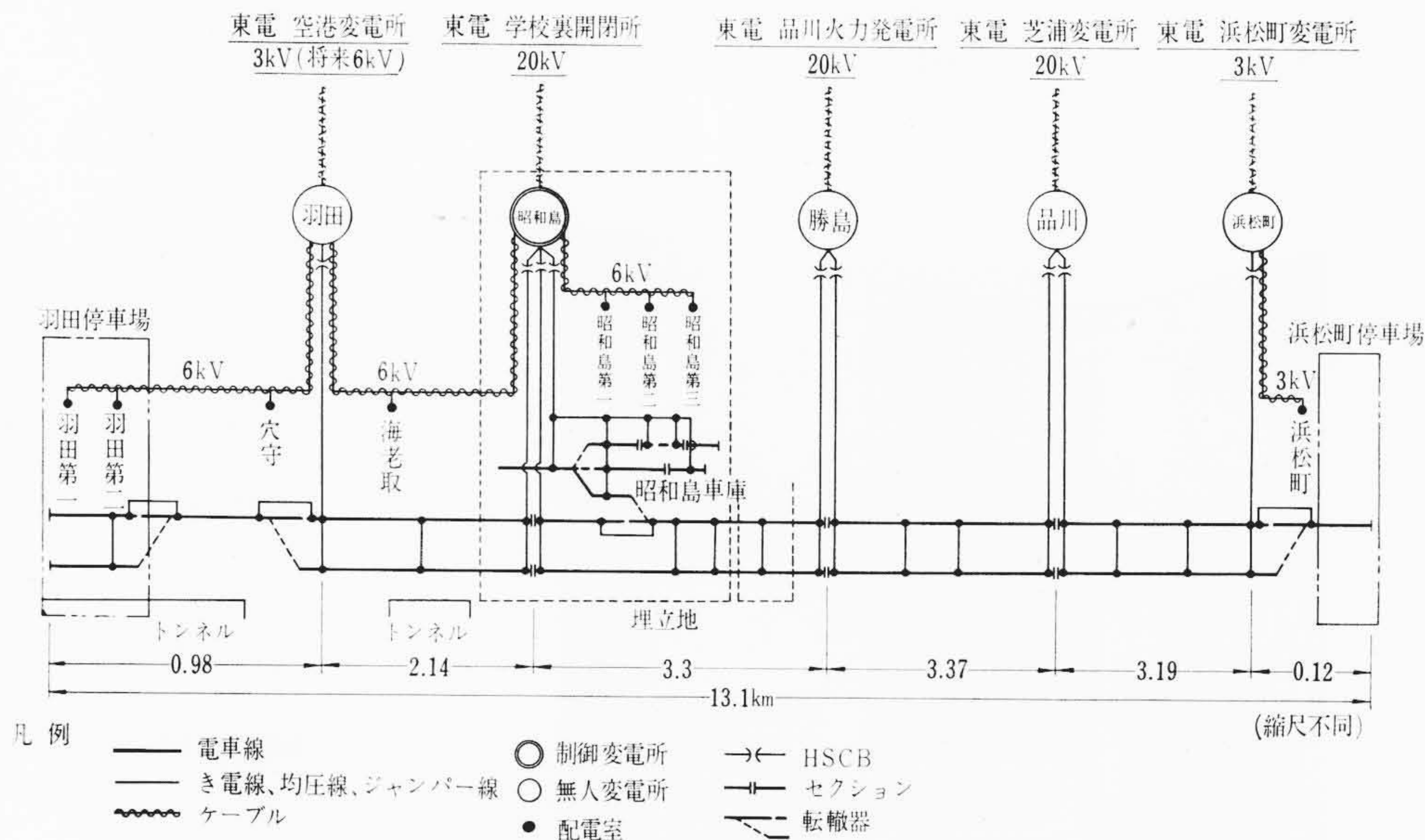
内 容 梗 概

世界で初めての都市交通機関として、日立—アルウェーグにより建設が進められた東京モノレール羽田線が1964年9月に開通した。この羽田線の電力設備の概要を、全体系統図、変電所、電車線、配電設備その他に分けて述べる。

1. 緒 言

電力設備のうち特にモノレールという特異性から決定されたおもな点は次のとおりである。

- (1) モノレールカー運転用電源として保安上および耐塩害上から直流 750V を採用したこと。
 - (2) 一部を除き直流き電線を布設せず単位変電所を平均 3 km の間隔で 5 箇所配置し、かつ相互予備のシステムをとったこと。
 - (3) 電車線を剛体架線方式とし、給電軌条を使用したこと、また高速運転を考慮してロングレールとしたこと。
 - (4) 配電用高压ケーブルを軌道けた下に架設したこと。
- 上述のことを主として電力設備の概要を以下に述べる。



第1図 電力系統略図

2. 電力系統

羽田線の電力設備の全体系統は第1図のとおりである。

2.1 変電所

2.1.1 配 置

モノレールの構造上電車線と並行してき電線を布設することが困難であり、また電車線の取付部分の空間も制限されているため、22 kg/m の給電軌条をき電線および電車線兼用とし上下線を均圧線で並列に使用することとしたので、電車線の電気抵抗は複線で 0.0435 Ω/km、単線で 0.0870 Ω/km となった。

車両電動機は 130 kW/個で 3 両につき 4 個積載されており、1 列車 6 両運転の計画なので最大起動電流を 625 A (モータ 1 個の起動電流) × 2 (並列ノッチ) × 2 (6 両分) = 2,500 A とした (電車線電圧は直流 750 V)。

したがって電車線電圧が最低 500 V を割らないためには変電所間隔は 4.6 km、片送り距離は 1.15 km 以下でなければならない。また変電所には変電所事故により列車運行に支障を与えないよう予備器を設けなければならないが、変電所間隔を縮めることにより予備器を省略し、隣接変電所の相互予備方式とした。

変電所の理想的な配置は経済的に困難であったので第1図のとおり 5 箇所とした。

2.1.2 容 量

第1図から各変電所の分担区域はそれぞれ下記のとおりである。

羽田変電所	2.05 km
昭和島変電所	2.72 km
勝島変電所	3.33 km
品川変電所	3.28 km
浜松町変電所	1.72 km

電力消費率が前例および運転曲線から 100 WH/t-km と推定され、車両重量が自重 38 t / 3 両・定員 240 人 / 3 両の 150% 乗車の想定から 6 両 1 列車で 120 t と計算され、最高 5 分ヘッド運転での全線 1 時間最大電力は

$$60/5 \times 2 \times 13.04 \text{ km} \times 120 \text{ t} \times 0.1 \text{ kWh/t-km} \approx 3,800 \text{ kWh}$$

となる。したがって各変電所の 1 時間最大電力は

羽田変電所	600 kW
昭和島変電所	800 kW
勝島変電所	1,000 kW
品川変電所	1,000 kW
浜松町変電所	500 kW

瞬時最大電流は両端変電所では直前で 1 列車、同時に隣接変電所の間で 1 列車起動を考慮して 3,750 A、中間変電所では直前で 2 列車起動を考慮して 5,000 A となることが想定された。

以上のことから各変電所の主器容量を次のように定めた。

両端変電所	1,000 kW 連続	300% 1 分間
中間変電所	1,000 kW 連続	450% 1 分間

* 日立製作所車輛事業部

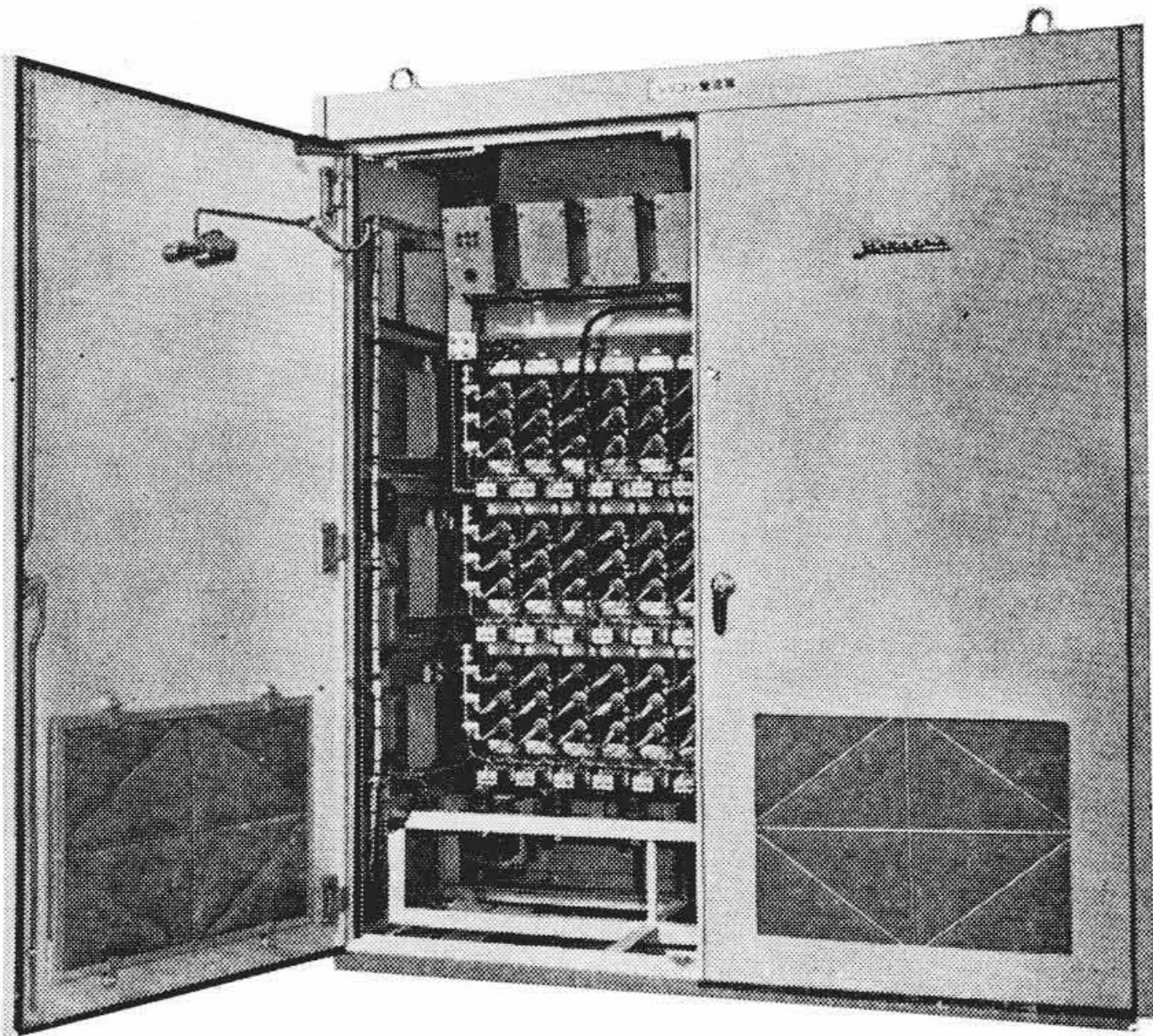
2.1.3 仕様

(1) シリコン整流器 変電所の設置場所が大部分海辺にあるため変電所建屋にエア・フィルタを設けてあるが、整流器にも装置した。さらに通風部は絶縁強化を施し塩害に対して万全を期した。素子の信頼性の向上に伴い、サージアブソーバなどを簡潔化してキュービクルに内蔵、そのほか付属品も数を極力少なくして総合故障率を極力低く押えることにつとめた。結線は相間リアクトル付二重星形逆接続とし高速度遮断器には両方向性を採用、特に両端変電所ではき電用と兼用させて機器の節約を図った。

第2図に外観写真を示す。

(2) ろ波装置 羽田線では信号設備に高周波弱電流を使用しているため、電車線から受ける高調波電流が信号設備に妨害を与えるので変電所に下記のろ波装置を設備した。

直列リアクトル	0.5 mH
第 1 分 路	300 c/s
第 2 分 路	600 c/s



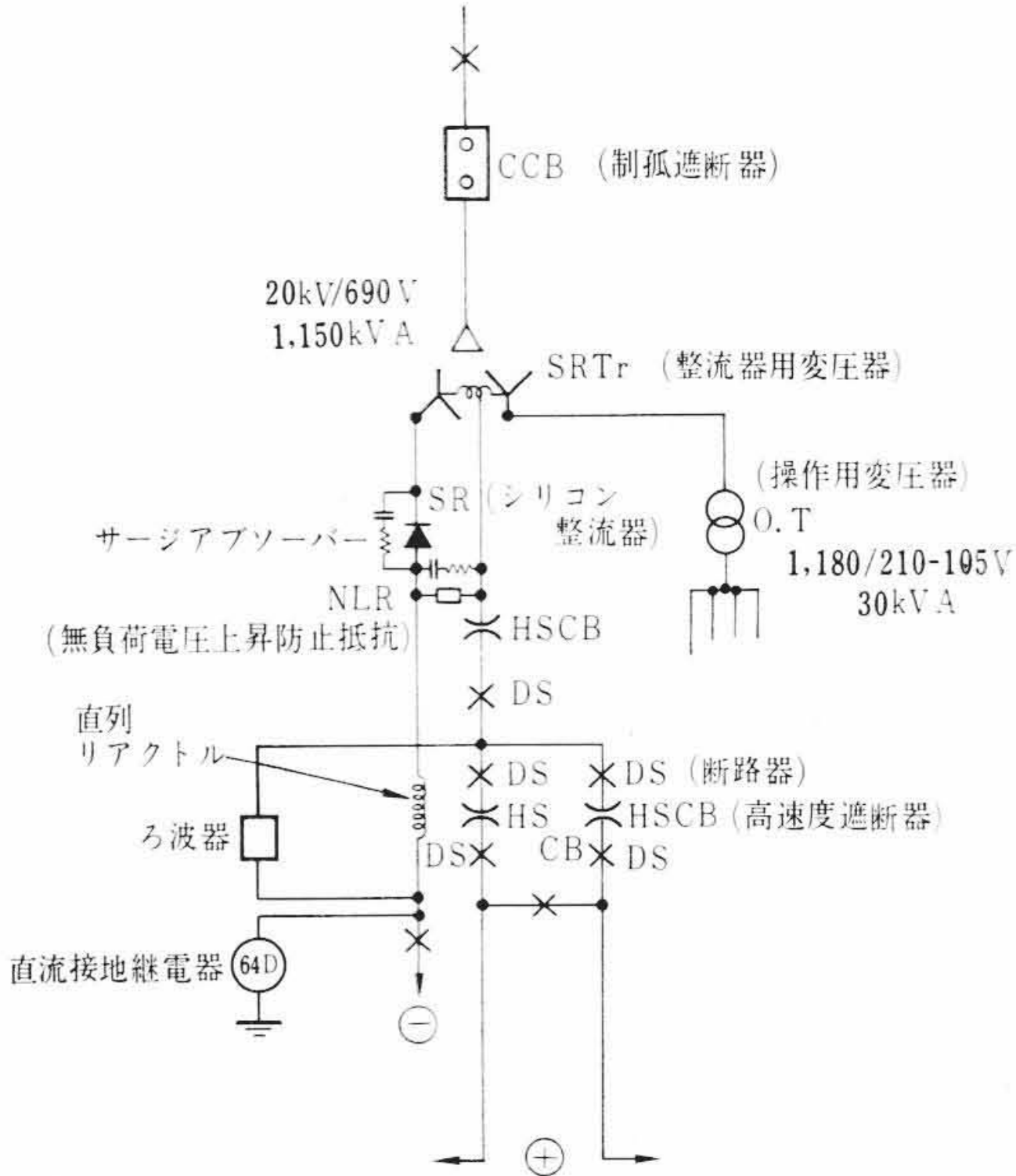
第2図 シリコン整流器の外観

第 3 分 路	900 c/s
第 4 分 路	1,200 c/s

(3) 電車線連絡遮断 事故拡大防止のため電車線事故による高速度遮断器自動遮断の際は、遠制ケーブルの心線を使った直送式連絡遮断回路を設けて相手方変電所の高速度遮断器を開放し、当該区間を保護することとした。

き電回路は両端変電所ではTき電としたが中間変電所ではπき電とし、事故または作業時当該変電所を素通しにできるよう手動タイ断路器を所内に設けた。

(4) 接地保護 本モノレールにおいては、電車線は⊖も完全に大地から絶縁されており各変電所で⊖側を接地する方式となっているので、この接地回路に直列に50 Aの接地継電器をそう入し



第3図 単線結線図および保護連動

第1表 遠方監視制御項目表

変電所		羽田	勝島	品川	浜松町
遠制ケーブル	監視制御用	2心	2心	2心	2心
	テレメータ用(常時)	2心	2心	2心	2心
	テレメータ用(随時および選択)	2心	2心	2心	2心
	非常停止用	2心	2心	4心	4心
	連絡遮断用	3心	3心	3心	3心
選択制御項目	電	2心	2心	2心	2心
	52R入切⑩電圧計測	自動遮断時ベル・フリッカ	1	—	1
	52起停⑩	自動遮断時ベル・フリッカ	1	1	1
	54F入切⑩電流計測	自動遮断時ベル・フリッカ	1	2	1
	88D入切⑩	自動遮断時ベル・フリッカ	1	1	1
状態変化項目	52L入切⑩	自動遮断時ベル・フリッカ	2	—	1
	試験⑩	—	1	1	1
	予備	—	4	5	3
状態変化項目	火災	ベル警報表示	1	1	1
	重故障	ベル警報表示	1	1	1
	中故障	ベル警報表示	1	1	1
	起動渋滞	ベル警報表示	1	1	1
	き電線接地	ベル警報表示	1	1	1
	扉開	ベル警報表示	1	1	1
	軽故障	ベル警報表示	1	1	1
	遠方直接遠制渋滞予備	ベル警報表示	1	1	1
テレメータ	受電電力量	パルス式常時計測	1	1	1
	バッテリー電圧	整流式随時計測	1	1	1
	受電電圧	整流式選択計測	1	1	1
	き電電流	整流式選択計測	1	2	1

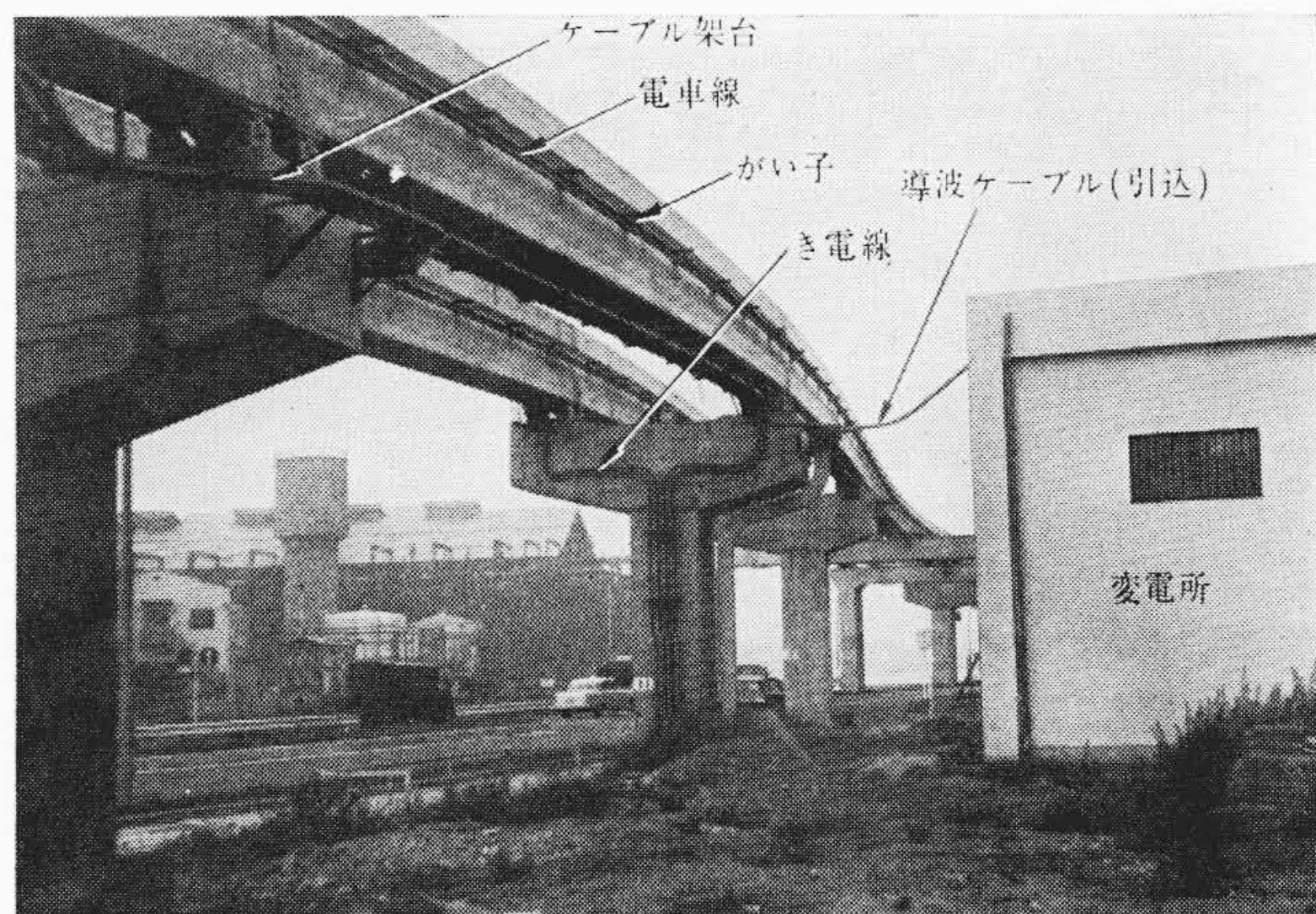
(注) 品川、浜松町の非常停止回路は制御電源電圧降下救済のため4心を使用した。

保護連動 (注) 括弧内は遮断機器

種別	重故障	中故障	軽故障	表示
鎖錠および警報	運転停止ベル警報 現地鎖錠解除	運転停止ベル警報 再投入可	表示ブザ警報のみ	表示警報のみ
受電	63TR ₂ , TrビーターRy (52R) 51R受過負荷(52)	64R接地受電(52R) 51R受過負荷(52)	26TR Tr温度Ry 63TR ₁ , TrビーターRy	—
SR	26S SR素子過熱 88B 冷却扇異常 63T ₂ , SRTビーターRy 32 SR短絡逆流(52)	50短絡Ry 51限時過電流Ry 54P 54P自動遮断 48起動渋滞 51C操作電源T過電流Ry(52)	71E SR素子劣化検出Ry 26T SR温度Ry SRTTr 63T ₁ ビーター Ry 49VF 室内換気扇過負荷 Ry	—
操作電源	—	FFB, FFB自動遮断 47 交流電源異常(52)	—	—
配電	—	51L 過負荷 64L 接地(52L)	—	—
火災	28火災(52R, 52F, 52L)	—	—	—
5E	—	5E非常停止(52R, 52F, 52L, 54F)	—	—
き電線	—	54F 過負荷短絡(54F) 54FR 連絡(相手方)遮断(54F) 64D き電線接地(54F)	—	—
遠方5E	—	5E非常停止(54R, 52F, 52L)	—	—
遠方扉開	—	—	—	33, 扉開放
遠方遠方直接遠制渋滞	—	—	—	遠・直渋滞

第2表 建家一覧表

変電所	1 階	2 階	構造その他		
羽田	120 m ²	(無線基地 30 m ²)	鉄筋コンクリート	独立建家	1重エアフィルタ
昭和島	221 m ²	制御所 53.6 m ²	鉄筋コンクリート	独立建家	2重エアフィルタ
勝島	98 m ²	63 m ²	鉄筋コンクリート	独立建家	2重エアフィルタ
品川	210 m ²	—	ラスシート貼 モルタル仕上	軌道けた下	1重エアフィルタ
浜松町	152 m ²	(配電室) 72 m ²	ラスシート貼 モルタル仕上	軌道支柱下	1重エアフィルタ



第4図 き電点付近の状況

接地事故の際には高速度遮断器の調整にかかわりなく小事故でもき電用高速度遮断器を開放し事故の拡大を防止している。

(5) 遠方監視制御 昭和島変電所を親変電所とし1対1のワイヤスプリングリレー形パルスコード方式により羽田・勝島・品川および浜松町変電所を遠方監視制御している。遠制ケーブルには0.9φポリエチレン絶縁ビニルシース市内対ケーブルを用い、(鉄道専用電話回線と同一シースに収容)主として軌道けた下に取り付けたケーブル架台に布設した。監視制御項目は第1表のとおりである。

(6) 建家 機器設備・立地条件および有人無人の条件を考慮して第2表の仕様とした。

昭和島・勝島両変電所は海岸に近い建家換気口にビニル繊維とビニルスポンジを使用した2重のエアフィルタとしたので換気力の大きいプロペラ扇を設けた。そのほかの変電所はビニル繊維のみの一重フィルタとし普通形換気扇とした。

4. 電車線

4.1 回路

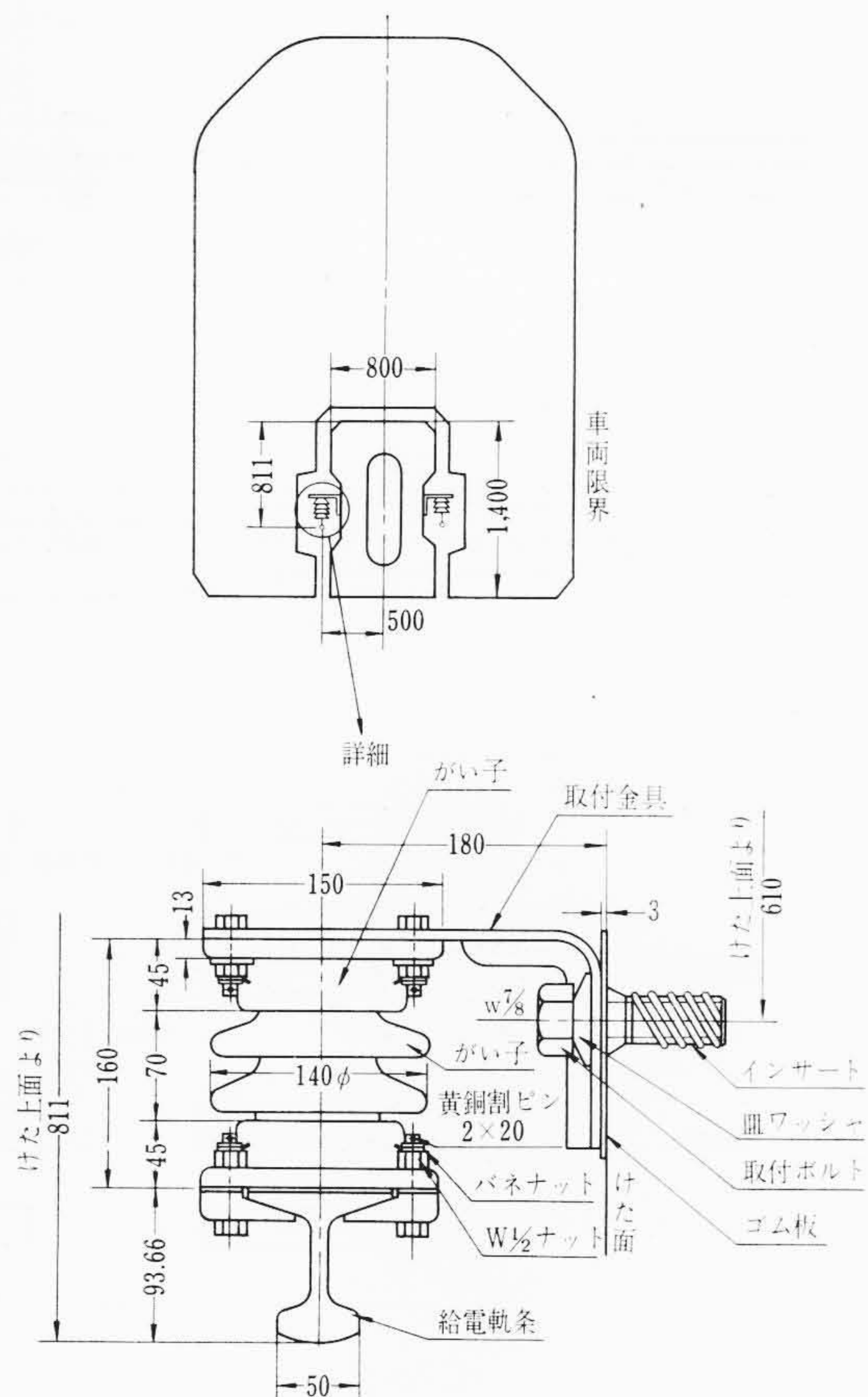
⊕側は第1図に示すように中間3変電所のき電点にウッドセクションを設けてπき電し、両端変電所ではセクションを置かずTき電とした。⊖側はセクションを設けず全線1回路とし各変電所内で接地継電器を通して接地し、絶縁には⊕側とまったく同じがい子を使用した。

4.2 取付方法

電車線は鋼または鉄筋コンクリート製のI形ビームと車両とに囲まれた狭い部分に架設しなければならないので剛体架線とし、絶縁がい子は路線が海上または海岸沿いに設定されているので、塩害防止を考えて直流1,500V用のものを採用した。また電車線としては設計製作期間・保守および経済性の面から22 kg/mの給電軌条を採用した。

4.3 給電軌条

22 kg/mの第三軌条用レールを用いた。これはAS形断面で材質は第3表のとおりである。



第5図 電車線取付断面図

第3表 給電軌条材質表(%)

C	Mn	P	S	Cu
0.08 以下	0.30 以下	0.030 以下	0.030 以下	0.25 以下

規格では電気抵抗が国際標準軟銅の7.35倍以下で普通軌条のいたい半分である。実際納入された給電軌条の電気抵抗は7倍以下であった。

4.4 支持がい子

がい子の選定に当たっては設備の大半が海上または海岸沿いにあるため特に次の諸点について検討した。

1. 絶縁劣化によるせん絡事故の防止
2. がい子清掃のひん度の減少
3. 電食によるがい子の金属部分の損耗防止

すなわち 1. についてはき電電圧を直流750Vとしかつ使用がい子に高圧用のものを用いるという過絶縁対策をとった。竣工時の測定によれば漏えい電流は1 km 当たり天候その他の状況により60～0.2 mAであった。

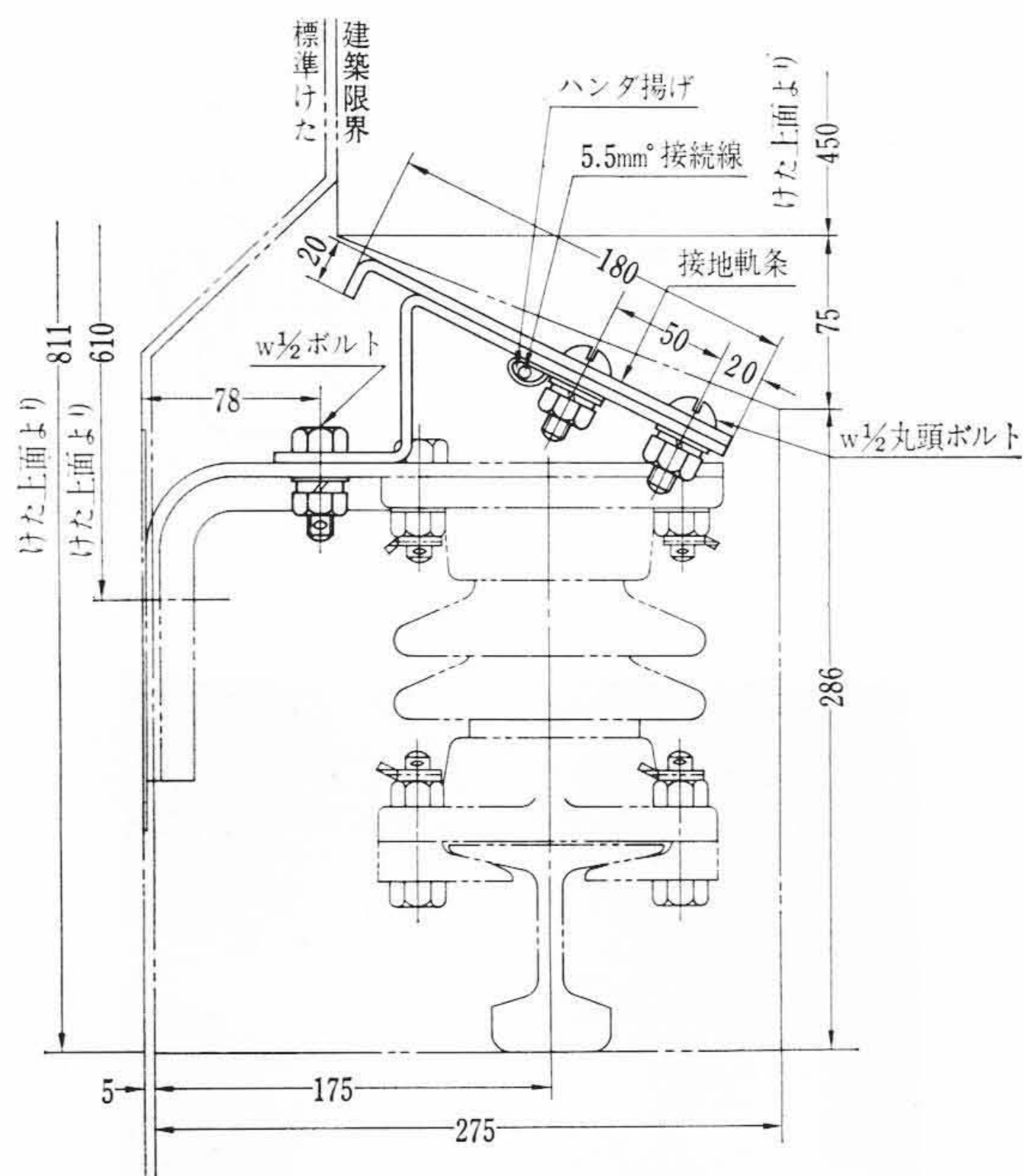
4.5 給電軌条の架設

4.5.1 本線

列車の走行速度は最高100 km/hを目標としたので、従来のように20 mごとに継目を設けることは不適當である。そのため単位長10 mの軌条を軌道けたに架設した後、電気溶接して標準長を100 mとすることとし下記のような構造とした。

(1) 軌条長さ 標準は100 mであるが、軌条のカーブ箇所では軌条の温度伸縮に支障を与えないよう固定点をカーブの中央に置いた。

(2) 伸縮継手 100 mごとの継目は給電軌条が冬期には-10℃、夏期通電時には80℃になることが考えられるので、余裕



第13図 接地軌条取付断面図

線をBNケーブルで結んである。

5.1.2 昭和島車庫構内

昭和島変電所と構内にある3箇所の配電室との間は6kV BNケーブルの地上トラフ配線により連絡した。

5.1.3 昭和島一羽田間

昭和島変電所、海老取配電室、羽田変電所、穴守配電室、羽田配電室間を連絡するため6kV BNケーブルの配電線を布設した。この区間は20kV受電の昭和島変電所から常時6kVで配電し、予備電源として羽田変電所からも遠方操作によって切替配電可能とした。ただし羽田変電所は当分の間3kV受電なのでその間にはやむをえず3kV/6kVのタイ変圧器を設置することとした。

5.2 配電室

5.2.1 浜松町配電室

浜松町駅構内のポイント動力、信号電源、駅電灯動力に電力を供給するために浜松町変電所の2階に配電室を設けた。したがって配電室と駅建物とは別建物となり、その間にケーブルダクトを設け高低圧ケーブルを布設した。配電室内には高低圧主配電盤のほか非常灯用蓄電池室を設けた。

5.2.2 昭和島第1, 第2, 第3配電室

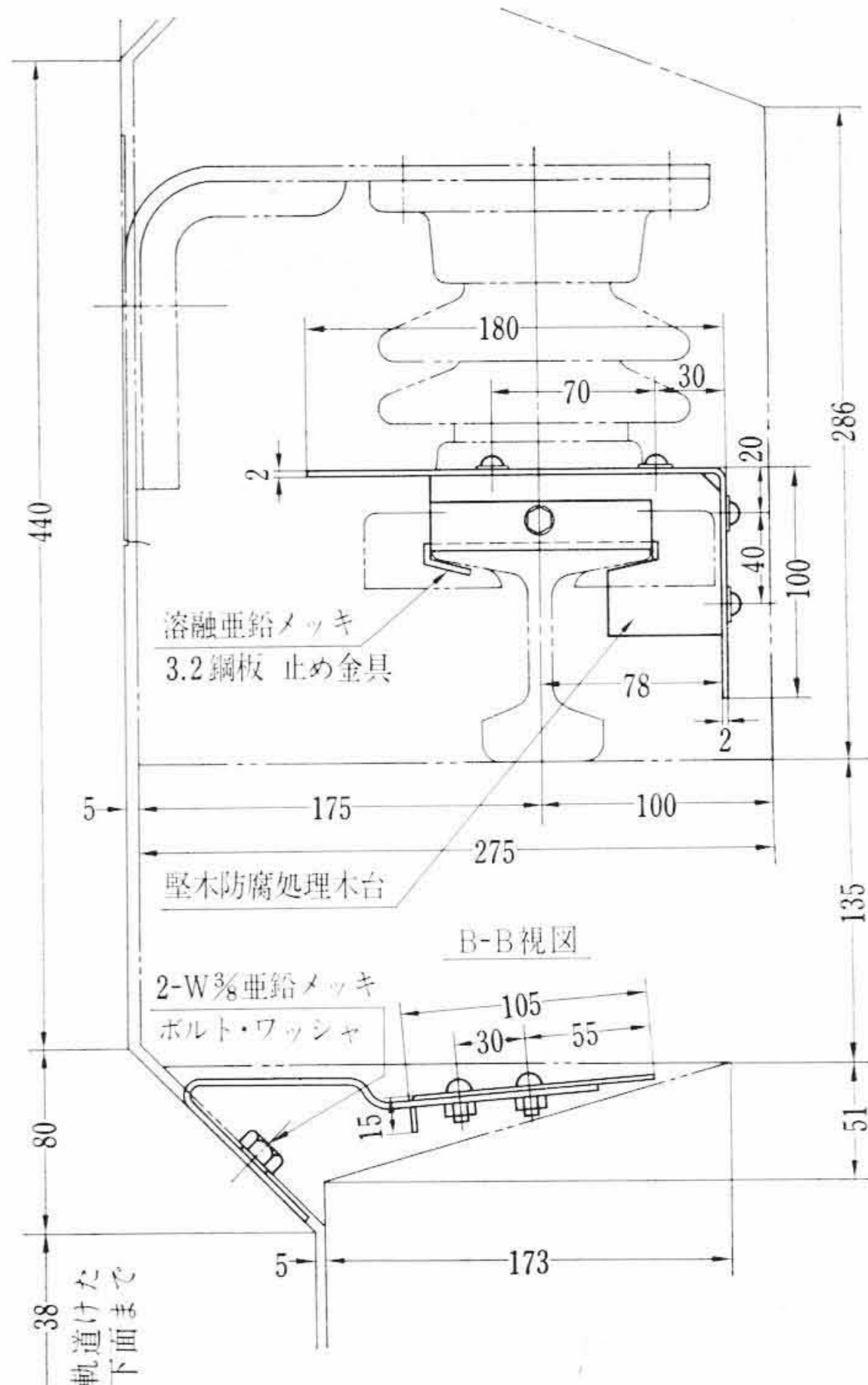
車庫内にはポイント、諸建物、検修用機器など各種負荷が散在しているので、3箇所に配電室を設け金網内に変圧器、主配電盤を置き低圧配線で諸建物、検修用機器、外灯などへ給電した。

5.2.3 海老取配電室

海老取トンネル内排水ポンプ、照明および沈埋鉄箱電気防食電源などに電力を供給するため昭和島羽田配電線からT分岐し地上に設けた建家内に変圧器、主配電盤などを置いた。

5.2.4 穴守配電室

羽田トンネル内排水ポンプ、ポイント動力、信号所電灯などに電力を供給するため軌道けた下に屋外キュービク



第14図 防護板取付断面図

ルを設けその中に変圧器および配電盤を設けた。

5.2.5 羽田第1, 第2配電室

羽田駅構内の電灯動力ポイント動力トンネル照明に電力を供給するため、約200mの同駅両端に二つの配電室を設け、変圧器、配電盤および非常灯用蓄電池を置いた。

5.3 負荷設備

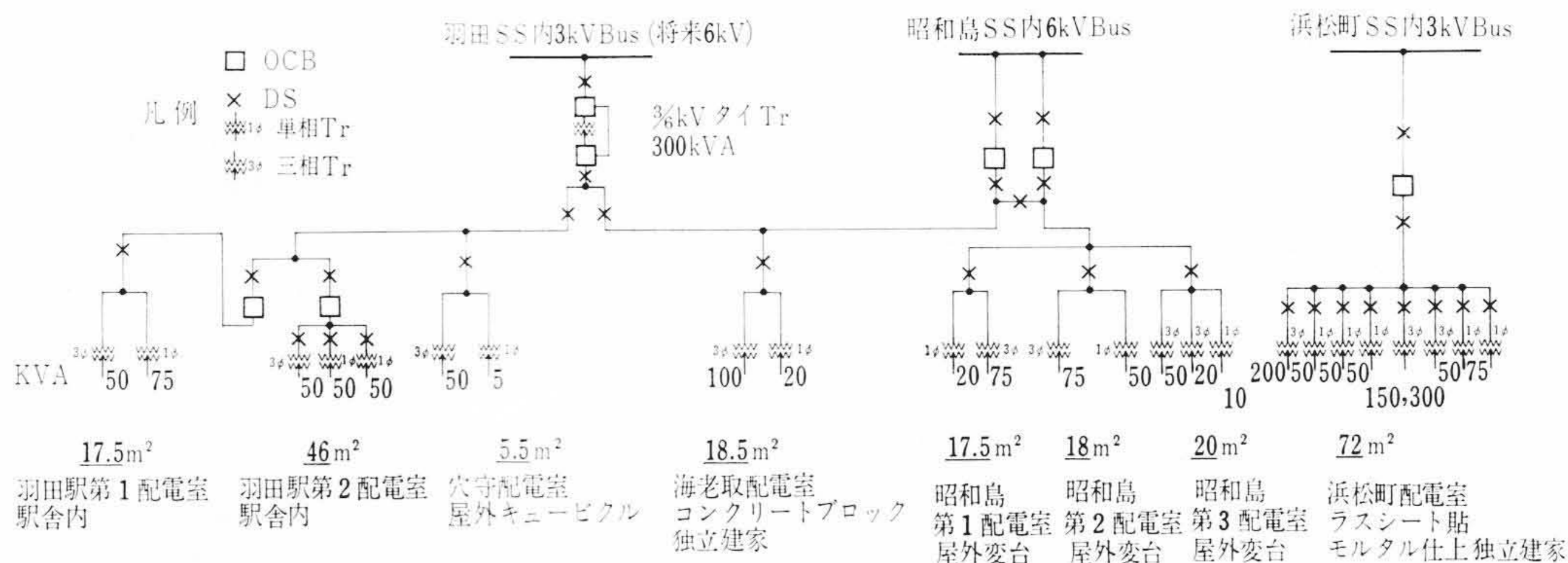
5.3.1 動力設備

特に目新しいものはないが、トンネル内排水は列車運行中の点検がほとんど不可能なので予備機を各1台設け、自動運転としたほか羽田駅に運転故障表示盤を置き遠方監視をしている。ポンプ排水容量、台数はトンネル出口の半地下部に80mm/hの降雨があることを想定して決定した。

5.3.2 照明設備

国、私鉄の設備を参考とし次の基準照度をとった。また停電時の旅客誘導のため蓄電池電源による非常灯設備を設けた。

駅その他	ホーム	140~150 lx
	店舗	200~220 lx
	改札通路	170~180 lx
	事務室	300 lx



第15図 配電系統略図

便 所	150 lx
電 気 室	200 lx
機 械 室	100 lx
バッテリー室	50～70 lx
倉 庫	50～70 lx

(注、主として 110W 蛍光灯を使用した。)

車庫屋外 1～2 lx

(注、主として 400W 水銀灯を使用した。)

トンネル内 単線では 10m ごとの片側に、複線では 10m ごとの千鳥に 60W の防水形白熱灯を設け、作業用その他のため 20m ごとに 1 個口の防水形コンセントを設けた。また羽田、海老取両トンネルとも電力節約のため羽田駅から遠方点滅できる設備とした。

5.3.3 その他の設備

(1) 航路障害灯 軌道けたが航路を横断している箇所では支柱に反射形白熱灯投光器を設け、障害物の存在を船舶に明示した。電源としては 3.7 km 地点は昭和島電源を、6.6 km 地点は別途東京電力株式会社からの低圧受電を使用した。

(2) 航空障害灯 昭和島付近は羽田空港を利用する航空機の進出入の正面に当たるので 2.5 km 付近の軌道に沿った 400m の区間に非旋回形の航空障害灯を設けた。なお同様な理由からモ

ノレール車両の屋根にも旋回形の航空障害灯が取り付けられている。

(3) 電気防食 路線には多くの地中、海中構造物があるので、次の 3 種の電気防食を施している。

外部電極法 所要防食電流の多い海老取トンネル沈埋鉄箱、国鉄横断橋支柱鋼杭、海中鋼管基礎に適用した。

流電法 所要防食電流の小さい海中プレストレスコンクリート杭に適用し、電極には 10 年の寿命に耐えるような特殊 Al 電極を用いた。

排流法 国鉄並行区間の基礎鋼杭は国鉄線からの迷走電流による電食を受ける恐れがあるので汐留線との間に選択排流装置を設けた。

6. 結 言

営業開始後現在までの間、特に心配された塩害の発生もなく、無事営業を続けている。

最後に工事全般にわたりご指導ご協力いただいた運輸省民営鉄道部、東京陸運局、東京モノレール株式会社および社内関係各工場、施工業者、資材納入業者各位に対し紙上をかりて謝意を表わす次第である。



特許 第 419910 号

特 許 の 紹 介



宇佐美 襄・松井 伸 崇

送 信 波 漏 洩 抑 圧 方 式

連続波レーダにおいては送信波の受信回路への過大な漏洩を抑えることはきわめて重要なことである。これに対しては送信受信空中線を別々に設け、その空中線間の距離を増大させるとか、遮へい体を置くとかの方法、あるいは時間的に送受を切換える時間分離の方法などが行なわれてきた。この発明はこれに対し送受空中線を共用し、かつ時間分離を行わずして送信波の漏洩を抑圧するものである。

三角波発振器 1 で送信管 2 は周波数変調され送信出力は送受共用回路 3、可変インピーダンス回路 4 を経て空中線 5 より送出される。物標に当たり反射された反射波は空中線 5 より受信され可変インピーダンス回路 4、送受共用回路 3 を経て検波器 6 にはいる。検波器 6 において漏洩と受信が加わるので、そのおのおのの周波数の差周波数信号が検出され、その信号は増幅器 7 により適当なレベルまで増幅され周波数カウンタ 8 により周波数が測定される。

ここにおいて検波器 6 における漏洩送信波レベルは、送受共用回路 3 の特性により定まり通常異常に高いレベルとなる。これに対し可変インピーダンス回路 4 により回路のインピーダンスを変え送信波に対しわずかな不整合の状態とすれば、送信電力の一部は反射され

受信波と同様な経路により検波器 6 にはいる。この反射波の増幅、位相は可変インピーダンス回路 4 により任意に調整することができるから送受共用回路 3 よりの漏洩波との位相、振幅の関係によって任意のレベルまでこの送信漏洩波を低下させることができる。

(後藤)

