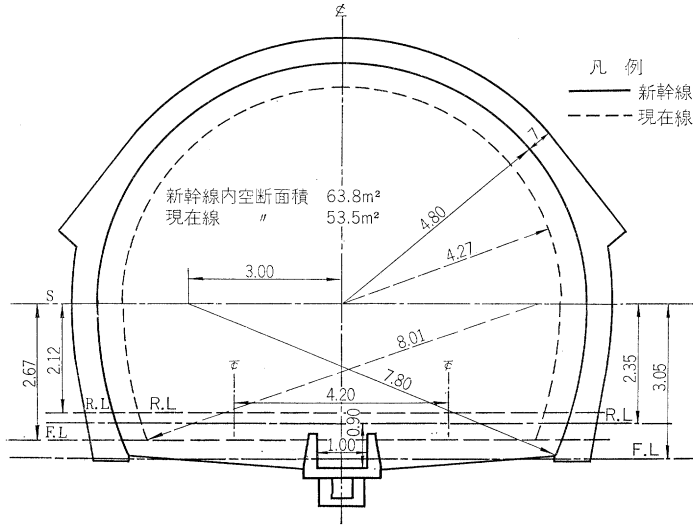


図-11 トンネル標準断面図



は、まず底設導坑を先進し、上部半断面掘削逆巻き工法を標準とし、このため側壁コンクリート打設の安全を考えてスプリングラインから1.1mあがった所にあごをつけた断面を標準とした。さらに、大断面掘削の安全を期し、かつ工期を短縮することのできる大型の機械を使用できる鋼アーチ支保工を使用した。当初は、この支保材として50kg古レールを使用した。その後全面的にH型钢に切りかえた。

この鋼アーチ支保工の使用により、大事故もなく、迅速な施工ができ、かつまた結果的には経済的であったと思われる。

そのほか、上部半断面工法、サイドパイロット工法、および、きのこ型工法も基準工法となった。

掘削に当たっては、ほかの工事と同様諸機械の採用開発に努めていたが、在来のトンネル工事に比べ、レッグドリルが掘削の主力であり、ロッカーショベルにはレール工法タイヤ工法両者に適応できるGS-5がさかんに使用されたこと、ずりトロ運搬はトンネル断面が大きいので換気の条件が良くなり、排気が有効に処理される装置が整備されたことなどの原因で、ディーゼル機関車が蓄電機関車に代って多用されたことなどが新幹線トンネル掘削設備の特徴であった。

また覆工コンクリート施工に対する設備の特徴は、鋼アーチ支保工を使用したため支保工をはずさないで覆工作業ができ、木ははずしによる事故がなかったこと、コンクリート混合設備に全自動記録式のバッチャープラントが全線各工区に使用されたこと、コンクリート打設はすべてコンクリートポンプによったこと、覆工型わくとして半断面用スチールフォーム、スライディングフォームが多用されたことなどである。

以上が掘削覆工コンクリートについての標準的な傾向であるが、これだけの多種多様なトンネルであったので、斜坑横坑により工期の短縮をはかったものもあり、湧水に対しては水抜坑、う回坑、あるいはウェルポイントにより地下水位の低下をはかったり、小原トンネルや蒲原トンネルのような砂層には薬液注入で止水に成功した所もあり、また用地事情その他でオープンカット工法によった所、悪地質の所はリング掘りによるように、特殊工法も随所で臨機応変に使用された。

また当初工事着手にあたっては、可能な限り弾性波による地質探査、ボーリングによる地質調査を行なったが、悪地質の新丹那や南郷山トンネルでは、掘削作業と並行して水平に先進ボーリングを行ない、あらかじめ断層破碎帯の厚さや湧水を予知した。

延長2km以上のトンネルを10カ所もふくむこの新幹線のトンネル工事、坑内の傷害事故は落盤事故より坑内の機械による交通事故によるものがほとんどでその数はきわめて少なく、路盤工事の工程を押えたものはトンネルではなく用地問題であったという形で全線完成を迎えたのである。もちろん、これだけのトンネル工事を行なったため、トンネル上部では湧水や家屋変状などもあり、関係者はこれらの復旧や補償協議に努力した。

(新幹線局工事課 荒井万雄・記)

8. 軌道

(1) はしがき

新幹線の軌道は東京～大阪間で、軌道延長は本線1032km、副本線22km、そのほか36kmであり、分岐器使用数は本線ノーズ可動分岐器72組、側線分岐器90組である。また新幹線の軌道構造は、その大部分がロングレールであるため、その中間に使用している絶縁伸縮継目器は92組の多数におよんでいる。また使用したおもな材料は、レール2000km約11万t、PCまくらぎ約160万本、道床碎石約200万m³である。

新幹線における常時200km/hの高速運転は、車両における台車構造の改良が重要な条件の一つであるとともに、軌道構造がその保守方法をも考慮して、十分にこれに適したものでなければならぬ。すなわち軌道構造はほかの一般土木構造物とは異なり、常に走行する車両から加わる荷重によって変形、破壊されるもので、これを常に一定の状態に補修してゆくための保守労力を無視しては考えられない。換言すれば将来の保持費をもふくめ

て、建設費の利子と償却費との合計年間経費が最小となるような軌道構造が、最適軌道構造と呼ばれるものである。

このように保守が可能かどうか、その構造をきめるのに主要な条件となるのは軌道の特色であり、このため構造決定に際して苦心するところである。以下に新幹線軌道構造決定の経過と構造の概要について述べる。

(2) 軌道構造

a) 一般区間の軌道構造の決定 軌道は一般にその上を通過する荷重によって破壊されるが、その破壊する力(荷重係数という)を L とすると、これはその軌道上を走行する車両の(通過トン数) \times (速度) \times (車両の性能係数)に比例すると考えられる。また軌道の破壊される程度(一般に構造係数という)を M とすると、これは(道床反力) \times (道床加速度) \times (衝撃係数)に比例するとして表わされ、このとき軌道の破壊量は $L \times M$ すなわち荷重係数と構造係数との積で表わされる。このためレール、まくらぎ、道床などについて、多くの軌道構造を想定し、そのおのおのについての破壊量、すなわち保守に要する仕事を求めることができる。この仕事量に対して、保守が可能かどうかを検討するとともに、それぞれの保守費を算出して年間経費、すなわち建設費の利

表-4 PC まくらぎ諸元表

| 項 目 | 単位 | 諸 元 | | |
|----------------|--------------------|---------|---------------|----------|
| | | プレテンション | ポストテンション | |
| 形 式 | | | 国鉄形 | D.W形 |
| 長 さ | cm | 240 | 235 | |
| 底 面 幅 | max | 〃 | 30 | |
| | min | 〃 | 23 | |
| 頂 面 幅 | max | 〃 | 18 | |
| | min | 〃 | 16.5 | |
| 高 さ | max | 〃 | 21.85 | 21.75 |
| | min | 〃 | 17.55 | |
| 重 量 | kg | 259 | 247 | 254 |
| PC 鋼材 | 直 径 | mm | 2.9 | 12 |
| | 種 本 別 数 | 本 | 2本より線 鋼 44 | 鋼 棒 4 |
| 緊 張 力 | 初 期 | t | 45.3 | 36.0 |
| | 有 効 | 〃 | 29.5 | 28.8 |
| PC鋼材の 機械的性質 | 最大荷重 | t/本 | >2.6 | >12.6 |
| | 降伏点荷重 | 〃 | >2.3 | >11.7 |
| | ネジ部 破断荷重 | 〃 | — | >12.1 |
| | 伸び | % | >3.5 | >12.1 |
| コンクリート圧縮強度 | kg/cm ² | >500 | >480 | |

子と償却費と保守費との合計が最小となるような軌道構造を求めるのである。

表-3 荷重係数および構造係数

| | | 計 算 内 容 | 新 幹 線 | 標 準 | |
|--|--|--------------------|-----------------------|------------------------|--------|
| 荷重係数 L | 車 両 特 性 比 | | 0.77 | 1 | |
| | 通 過 速 度 比 | | 1 | 1 | |
| | 速 度 比 | | 2.0 | 1 | |
| | L の 比 | | 1.54 | 1 | |
| 構 造 係 数 M | レール形式 (PSコンクリート) | 間 隔 (a) | kg/m | 53.3 | 50.4 |
| | | 片側支持面積 (B) | cm | 2Ta | PC 2号形 |
| | | | cm ² | 58 | 58 |
| | バ ッ ド | バネ常数 (D_1) | t/cm | 2300 | 2240 |
| | | 厚 さ (d) | cm | 90 | 100 |
| | 道 床 | 道床係数 c | kg/cm ² | 30 | 25 |
| | | 道床沈下係数 $D_2=BC$ | t/cm | 20 | 16.7 |
| レール支承体沈下係数 $D = \frac{D_1 D_2}{D_1 + D_2}$ | | t/cm | 46 | 37.3 | |
| 道 床 圧 力 (輪重/ t) | レール圧力 P | t | 30.4 | 27 | |
| | 道床圧力 $P_b = \frac{P}{B}$ | kg/cm ² | 0.369 | 0.372 | |
| | | | 0.161 | 0.167 | |
| 道 速 度 加 速 度 | 支 持 質 量 (m) | kg | 607 | 404 | |
| | 道床加速度 $y^* \propto \sqrt{D_1} \cdot \frac{1}{\sqrt{m}}$ | | 39×10^{-2} | 50×10^{-2} | |
| 衝 撃 係 数 | 単位レール支持沈下係数 $K = \frac{D}{a}$ | kg/cm ² | 525 | 466 | |
| | レール縦剛性 (EI_x) | kg/cm ² | 479×10^{-1} | 366×10^{-1} | |
| | 衝 撃 係 数 $S \propto \frac{1}{\sqrt{EI_x D/a}}$ | | 632×10^{-6} | 1.62×10^{-6} | |
| 構 造 係 数 | $M = P_b \cdot y^* \cdot S$ $= P_b \left(\sqrt{D_1} \cdot \frac{1}{\sqrt{m}} \right) \left(\frac{1}{\sqrt{EI_x D/a}} \right)$ | | 396×10^{-10} | 1347×10^{-10} | |
| M の 比 | | | 0.62 | 1 | |
| 軌 道 破 壊 程 度 の 比 | | | 0.95 | 1 | |

新幹線軌道の荷重係数、構造係数および破壊量を示すと表-3のとおりで、標準軌道とほぼ等しい。また保守費は定期修繕方式を採用することを前提とし、高速運転に対する整備限度の厳密さを考慮して保守周期を定め、これに必要な機械ならびに修繕ギャングの数を、各国の実績から推定して算出した。

以下新幹線軌道の設計について概略を述べる。

① レール：レールは図-5に示したような50Tレールで、 I_x を大きくすること、上首、下首部の局部応力を小さくするため、ヘッドフリー形とし、底部は1/4および1/10の2段勾配となっている。頭頂面の曲率は高速運転に最も悪い影響をおよぼすタイヤのた行摩擦を小さくするために、60OR(mm)と大きくしている。レールの敷設傾斜は1/40としてタイヤの踏面勾配と合致させている。材質は図の付表のように、現在線

図-12 新幹線用 PC まくらぎ

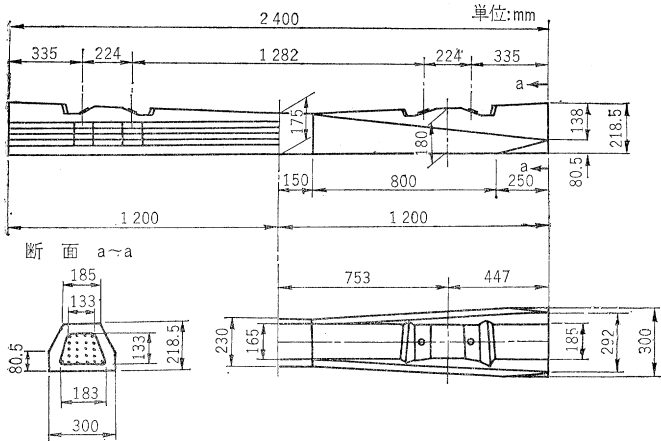
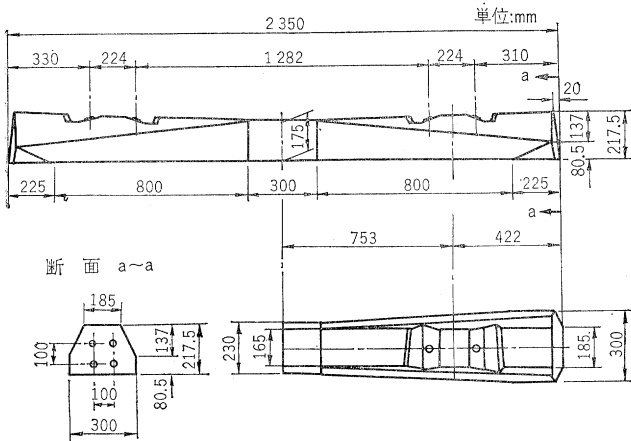


図-13 同上



より M_n が少し多い程度であるが、レールの折損を防ぐため、試験については曲げ・落重・サルファープリント・マクロ、破面試験など項目を多くしている。

② PCまくらぎ：一般道床区間のまくらぎは、特殊の区間をのぞいてPCまくらぎを使用している。このまくらぎは 図-12、図-13 に示すとおりプレテンション方式と、ポストテンション方式の二種類で、その設計諸元は 表-4 のとおりである。都市周辺などの特殊区間は曲線半径が小さいため、列車速度の大きくない箇所は鉄筋コンクリートまくらぎ (RCまくらぎ)、伸縮継目および分岐器部分は木まくらぎを使用している。

③ レール締結装置：PCまくらぎのレール締結装置としては 図-14 のような二重弾性締結としている。特に軌道パッドのバネ定数は振動を緩和するため、横押えバネも使用している。この締結装置の諸元を示せば 表-5 のよう

になる。

④ 道床：道床は砕石とし、その仕様としては破砕度によって粒度、細長比、へん平比を規定することも考えたが、生産量の関係もあって現行仕様より粒度の小さい方を少し多く認めることとした。道床の厚さは一般区間でまくらぎ下 300mm としており、広軌のま

表-5 PCまくらぎ用締結装置諸元表

| 項目 | 単位 | 諸元 | |
|-----------------------|---------|-----------------------|-------------------------------------|
| レール締結力 (クリップ1個) | t | >0.5 | |
| レール締結クリップのバネ定数 | t/cm | 0.61 (6.1) | |
| レールパッドのバネ定数 | 〃 | 90 | |
| 横押えバネの横バネ定数 | 〃 | 14 | |
| ふく進抵抗力 | t/1締結 | >0.9 | |
| 設計横荷重 (最大) | t | 6 | |
| 最大レール横移動量 (横圧 6t のとき) | mm | 頭部 2~3 底部 0.75~1.5 | |
| 軌間調節可能量 | 〃 | ±2.5 | |
| バネの応力 | レール押えバネ | kg/mm ² | 100±7.5 |
| | 横押えバネ | 〃 | 0+76 -0 |
| | 円形バネ | 〃 | 103±7.5 |
| 埋込栓性能 | 引抜強度 | t | >6 |
| | 電気抵抗 | MΩ | 常態 >1.0×10 ⁴ 煮沸後 >1.0 |

図-14 PCまくらぎ用締結装置

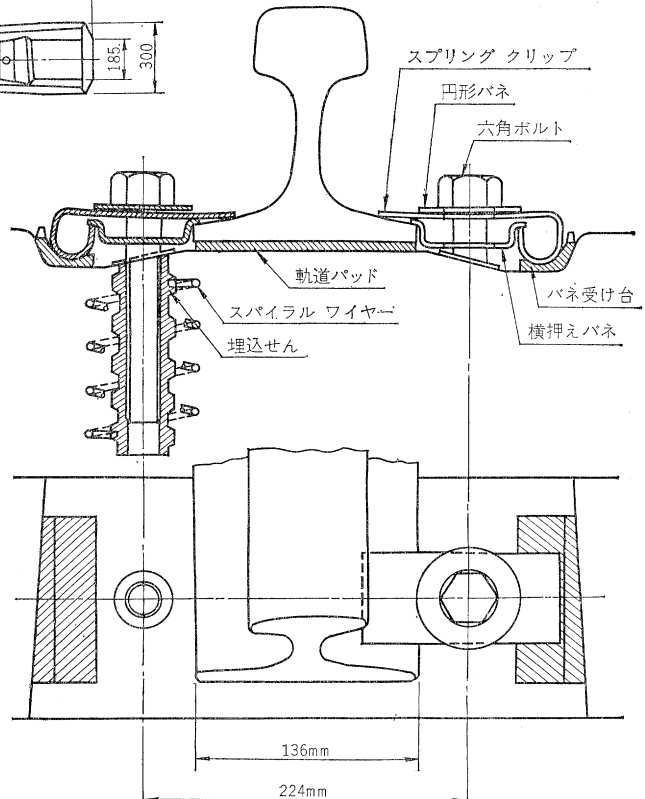
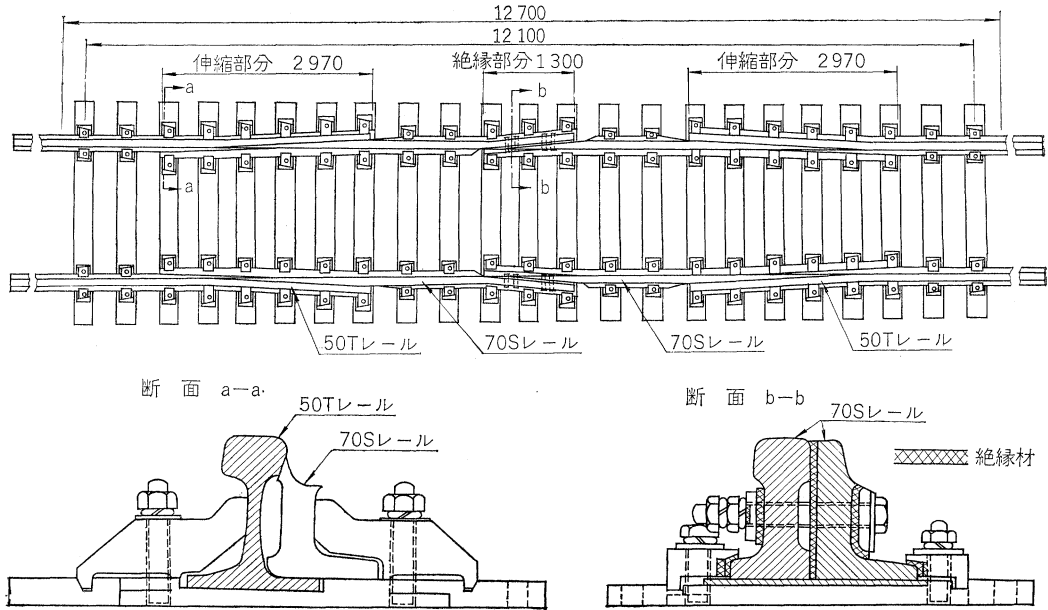


図-18 絶縁継目付伸縮継目器



を使用しているため、約 1.5 km ごとに絶縁継目を設けなければならない。そのため 図-18 のような伸縮絶縁継目器を設計した。これは左右対称で、ロングレール端はレール鋼の弾性限度内で曲げあげてあるので、レールの伸縮量にかかわらず軌間の変化はない。中央部には信号用の絶縁継目があるが、絶縁材の保守周期をのぼすためこの部分の軸力は0で、かつ不動の構造とし絶縁材にはプラスチックを用いてレールに接着する設計としている。

分岐器、伸縮継目とも高速試験の結果はきわめて良好であり、200 km/h でもほとんどショックはない。

c) 橋上軌道構造 有道床の橋上軌道構造としては 図-19 に示すとおりで、道床厚をのぞけば一般区間と同じである。橋まくらぎを使用する区間の断面は 図-20 のとおりで、橋まくらぎ寸法は 2600×240×200 mm (主桁間隔 2 m の場合) で、材質は内地材のほかジャラ、ピンカドウなどの外材も使用している。橋まくらぎと鉄桁とのすえつけ方法は、ロングレールによる横圧

図-19 橋上軌道構造 (有道床)

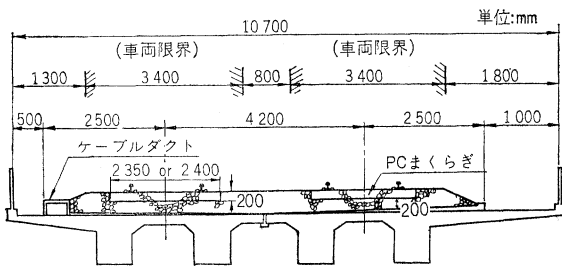


図-20 橋上軌道構造 (橋まくらぎ使用)

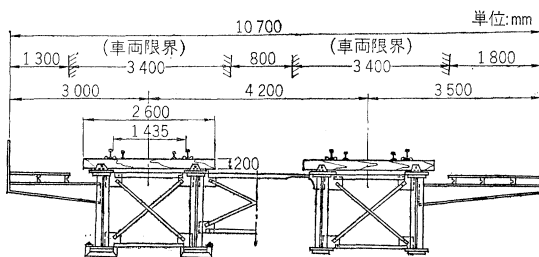
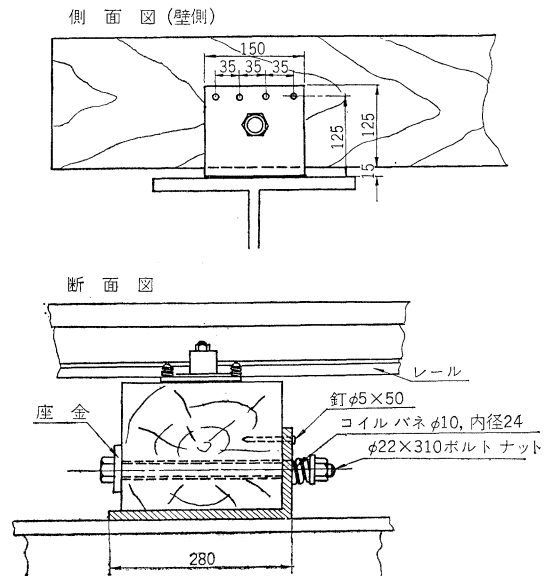


図-21 橋まくらぎ締結装置



を考慮して 図-21 のようにボルトで縫いつける方法をとっている。

曲線橋でカントをつける場合は、桁に対する横圧の偏心作用の影響および施工上の困難などを検討した結果、上路桁はカントの約 80% だけ桁を傾けてすえつけ、他の形式の桁は水平すえつけとしている。

路盤の沈下については 施工に留意して、年間 50 mm 以上沈下しないことを目標としているが、橋台裏などの特殊な箇所では相当沈下することも考えられるので、保守面を考慮して 図-22 のような橋台裏構造としている所もある。

新幹線では全線ロング レールであるため、無道床橋梁の場合に温度変化による桁の伸縮で、その力が締結装置に伝わり、レールを押す(引く)のでロング レールの軸の増減が一般区間よりも大きい。これをなくするためには橋上に多くの伸縮継目を設けなければならないが、これでは不経済なので桁座の配置、締結装置のふく進抵抗などを規定することにより、その数をなるべく少なくするように考えた。その設置基準を示すと表-6 となる。

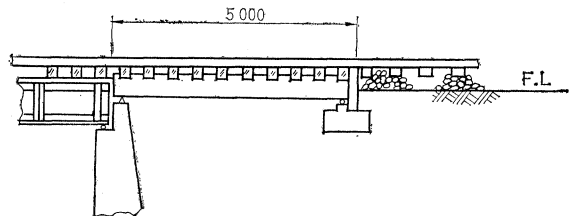
締結法としては 図-23 (a), (b) のような締結装置を用い、レールとタイプレート間にパッドを用いず、タイプレートの下にバネ定数 350 t/cm のパッドを入れており、(a) はふく進抵抗 0.3 t/l 締結、(b) はふく進抵抗

0 の設計で、所定のふく進抵抗は、これらを組み合わせで得られる。

d) トンネル内軌道構造 トンネル内の断面は 図-24 のとおりであり、軌道構造そのものは一般区間と同じであるが、道床厚がまくらぎ下 250 mm である。走行通路および待避としては両線間の中央に溝形の通路を設けている。なおトンネル内には列車接近表示装置があり、列車のくる 30 秒前に警報を発することを計画している。

図-22 橋台裏構造

側面図



平面図

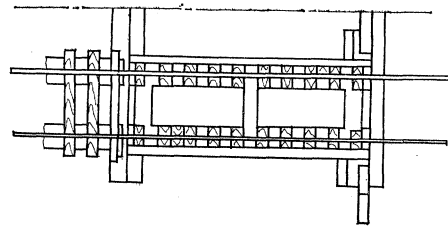


図-23 (a) レール締結装置 (40a 形)

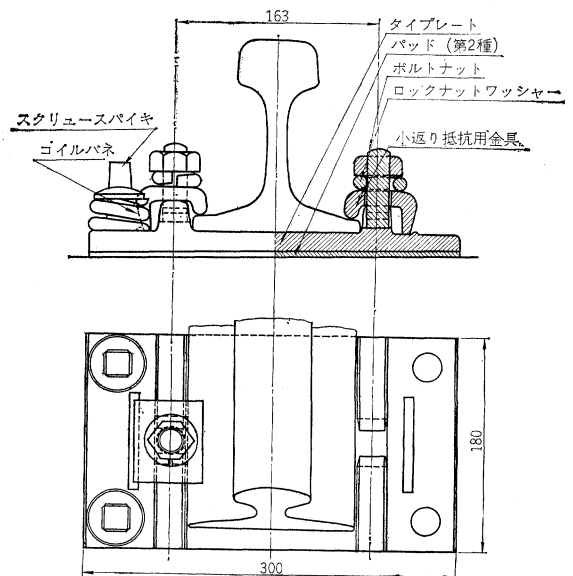


表-6 橋上ロング レールの設置基準

| 形式 | 桁長 | 橋長 | 伸縮継目 | 桁座配置 | 桁上レール締結装置のふく進抵抗の範囲 | |
|------|------------------------|-------------|------|---|--------------------|-----------|
| | | | | | 下限 | 上限 |
| 無道床桁 | 60 m 未満 | 60 m 未満 | なし | 制約なし | 0 t/m/1 rail | |
| | | 60 ~ 100 m | なし | 単純桁が何連もあるとき、相隣れる桁の可動端と可動端あるいは固定端と固定端を同一橋脚上にあつめて配置する。(例-1) | 橋長 (100 m) | 桁長 (60 m) |
| | 同一スパンの桁が何連もあり 100 m 以上 | なし | " | 橋長 (∞) | 桁長 (60 m) | |
| | 60 m 以上 | 60 m 以上 | あり | おのおの例について伸縮継目の位置と関連して決定する。(例-2) | 0.6 ~ 1.2 | |
| 有道床桁 | | 一般道床区間に準ずる。 | | | | |

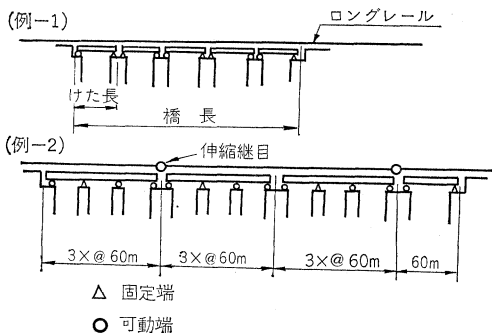


図-23 (b) レール締結装置 (404 b 形)

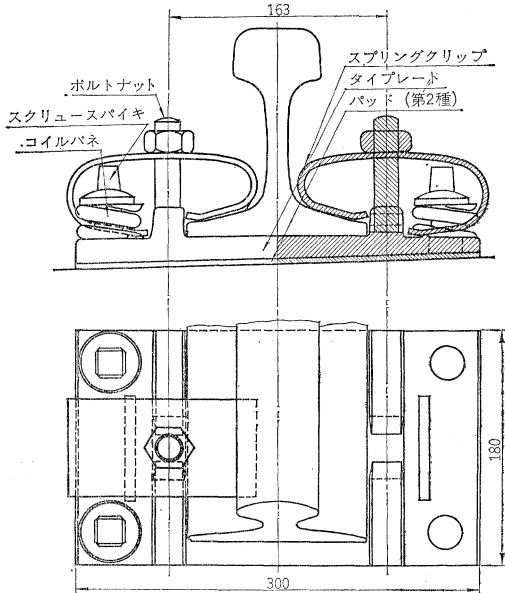
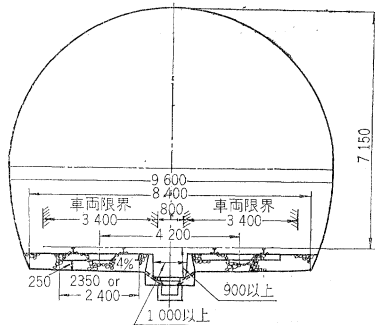


図-24 トンネル内横断面図 (有道床)
(単位: mm)



(3) 軌道工事の施工

軌道工事の施工は従来の人海戦術による敷設では、短期間に 515 km の全線にわたって精度のよい軌道敷設工事は不可能なので、すべて機械力による敷設工法に切りかえ、新工法の開発、機器の改良などにより、従来の 100 m/日 程度の敷設能力から、最高 1 km/日、平均 600~800 m/日 の施工速度によって、敷設開始後わずか 1~1.5 年の間に敷設工事を完了したことは、目ざましいことといえる。開発された個々の新しい工法あるいは機械については、別の機会に詳述報告したいと考えている。

(新幹線局工事課 小林正宏・記)

9. 安全対策

東海道新幹線は時速 200 km の高速運転を行なうので、輸送の第一の条件である安全の確保についてはつぎのような施策を実施してその万全を期している。

(1) 施設、車両の構造とその保守

施設および車両は最高時速 200 km の高速運転に対して、安全と快適な乗心地を確保するように、設計施工されている。

昭和 33 年度以来、現在線あるいは国鉄技術研究所などで各種の試験、試作、調査がくり返され、さらに 37 年 6 月以来鴨宮モデル線区において試運転が行なわれ、37 年 10 月には時速 200 km、38 年 3 月には時速 256 km という高速運転試験に成功し、その安全性が確認された。

なお軌道および電気設備の保守については、高速軌道試験車、高速電気試験車により保守の状態が的確に把握され、保守の万全がはかられる。

またこれらの保守作業は、通常夜間列車運転のない間にまとめて行なわれるので、作業終了後毎日初列車運転に先だてて確認車を運転し、営業列車の安全が確認されることとなっている。

(2) 運転保守設備

運転保守設備は最新の技術を導入し、取扱者の注意力や判断に頼ることを極力少なくし、かつ重要な部分は二重系の設備とし、また万一故障を生じた場合は必ず安全側に動作する。すなわちフェイル・セーフ設備として、安全の確保がはかられている。

a) 自動列車制御装置 (ATC) 先行列車に近づいた時、あるいは駅に停車するときなどの条件に応じて、その列車の速度を自動的に制御する装置が設備されている。

この装置は運転保安設備の主体をなすもので、重要部は二重系となっているため信頼度が高い。

b) 列車検知装置 代用保安方式による列車運転を行なう場合には、1 駅間を 1 区間とし、その区間内の列車の有無を検知する列車検知装置が設備されている。

c) 列車集中制御装置 (CTC) 東京総合指令所の指令員が東京・大阪間の全線の列車の運転状況を把握し、それにより運転管理を行ない、また各駅のポイントなどを集中操作するため、列車集中制御装置が設備されている。

d) 列車無線電話 東京の運転指令員から列車運転士に迅速的確に指示を与え、また列車運転士から指令員に報告するため列車無線が使用される。

e) 列車防護のための設備 列車防護とは、一般的には結路上に障害を発見した場合、進行してくる列車を停止させて事故の発生を防止することであるが、現在線では、普通の場合、列車に向かって走行し、信号雷管、信号炎管を使用して列車を停止させている。

しかし新幹線の場合は、高速でありブレーキ距離が 2 km から 3 km と長いので適切な方法とはいえない。し