

## 高速運転用有道床軌道の軌道整正管理法に関する研究

### STUDY FOR THE CONTROL METHOD OF MAINTENANCE OF BALLASTED TRACK FOR HIGH SPEED TRAIN OPERATION

篠原良男\*  
By Yoshio SHINOHARA

#### 1. ま え が き

有道床軌道のバラストは、直接的にはレールとまくらぎを通じて伝えられる列車荷重を支え、これを下部構造へ伝える役割を果たすと同時に、軌道を支持している路盤面等が変形した場合にレール面が必要な平滑度を保つよう軌道整正の調節材としての役割もっている。

このバラストによって調節可能ということは、軌道構造として多くの利点をもつ反面、列車荷重により生ずる圧力と列車走行に伴う振動や衝撃によってバラスト自体にくずれ沈下を生ずることとなり、これによって軌道面に変形が発生する。

東海道新幹線の建設計画時においては、それまでの研究・調査の結果から軌道構成の各部材を強化することによって有道床軌道の使用が可能であるとの見通しが立てられていたが、時速 200 km という従来の 2 倍の走行速度は、在来軌道に比べて格段に大きなバラストのくずれ沈下をもたらすことが予想され、一方世界に例をみない高速走行時の安全性と乗心地を確保するために必要な軌道走行面の整正精度は、在来軌道より格段に厳しいことが想定された。このために、有道床軌道によってこのような高速走行を維持することの可能性を疑問視する意見も国の内外に多かった。また線路の大部分が新設された土路盤上に作られるために、開業当初において不等沈下が発生し、これによって軌道面の不整の発生が著しく、膨大な軌道整正作業を要することも懸念された。

これらのことから、時間の経過とともに発生し進行する軌道面の不整に対して、必要な整正復元を効果的に実施するシステムを確立することは、有道床軌道を用いた高速鉄道を成立させるためのひとつのキーポイントとなるものと考えられた。このように軌道整正に関する条件が厳しくかつ未経験の事項を多く含んでいるという状況

の中で、軌道面の整正を有効かつ適切に行うためには、線路と車両の走行特性に関連する多くの現象を数量的に把握し、これに立脚して軌道面の整正を合理的に進めることが必須であると考えられた。

本論文は、この問題を解決するために東海道新幹線について採用されるに至った、軌道整正管理法の確立とこれを実現するシステムの構成に関して、その経過と主要なポイントを報告するものである。この軌道整正管理法に関しては、上述のように、世界で初めての高速鉄道の建設であるために未経験のことが多く、試行錯誤を重ねた面が少なくないが、実施の過程を経て実状に適合した方法が求められ、有道床軌道を用いた高速鉄道における有効な軌道管理法が得られたものと考えている。

#### 2. 軌道整正管理法に関する基本的な考え方

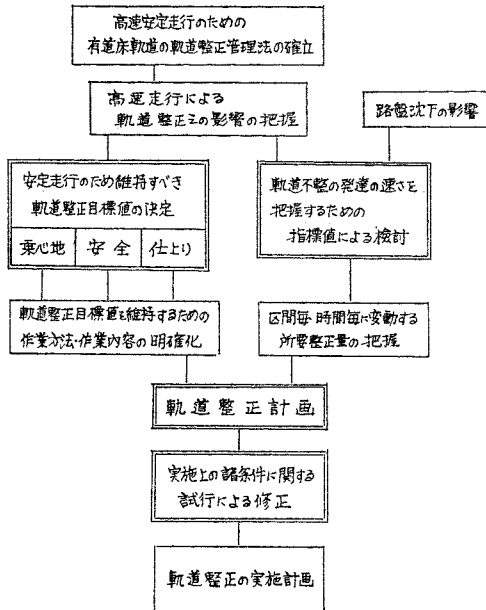
本論文に述べる軌道整正管理法の開発の流れを図に示すと図-1 の通りである。

前章に述べたように、高速鉄道において有道床軌道が成立するか否かは、安定した高速運転を行うために必要な軌道の平滑度を維持するための整正作業が、高速走行によって生ずる著しいバラストのくずれ沈下に対応し得るかどうかということである。このことは、有道床軌道の整正に必要な作業量を必要な時期に投入し得る軌道整正管理法と、これを実現するシステムを作ることに通ずる。

この軌道整正管理法の開発に際して最も基本的な事項は、

- ① 安定した高速運転を維持するための軌道整正目標値の設定（作業実施の基準設定）
- ② 信頼し得る軌道検測方式の確立（軌道不整の状態把握）
- ③ 軌道不整の進行速度の把握（作業所要時期、所要量の予測）

\* 正会員 徳島大学講師（前・国鉄常務理事）



図一 軌道整正管理法のためのフロー・チャート

で、これらが確定すれば、必要事項を実施するシステムを作ることによって目的を達することができる。

これらのうち、②はすでに在来線において優れた軌道検測車が得られていたので、これに若干の改良を加えた方式のものを開発し採用することとされたが、他の二項についてはまったく新しくこれを定める必要があった。本論文では、3. および 4. でこの二項について述べ、5. でこれらを用いた実際の軌道整正管理法について述べる。

### 3. 軌道整正目標値の設定

#### (1) 総 説

軌道整正の目的は、列車の走行安全を完全に確保できる平滑な走行面を得ることである。したがって、設定すべき第1の軌道整正目標値としては走行安全に対する目標値が考えられる。第2に鉄道に必要なことは乗客に快適な乗心地を提供することであり、このため乗心地目標値を定めなければならない。

走行安全と乗心地の関係については、新幹線においては乗心地目標値を維持していれば安全上の問題はなく、軌道整正を進めるにあたっては乗心地の維持を主体に考えてよいことが、鴨宮モデル線における走行試験の結果、明らかにされた。そこで、軌道整正システムの基準値である軌道整正目標値としては、乗心地目標値をとることとした。しかし乗心地目標値を超過する場合の出現

も想定して、安全目標値も定めておくこととした。

これら軌道整正目標値の具体的な設定に際しては、軌道整正作業との関連を考慮することが必要である。というのは不整をまったく零にする作業は実際上不可能であるが、一方、軌道整正目標値とあまり差のない整正作業の仕上がりを許容すれば、短時間内に再び整正作業を行わなければならないからである。したがって、整正作業の仕上がりについての目標値を定めておく必要があるが、仕上がり目標値と乗心地目標値は、上記の理由でこれらを相互に関連させて定める必要がある。

#### (2) 軌道整正目標値と軌道整正作業の関係

高速で列車が走行する線路においては、その軌道面の不整の大きさが、大部分の地点で乗心地目標値の範囲内に納まっている必要がある。このため不整の大きさが乗心地目標値に達した場合あるいはそれ以前に、これらを仕上がり目標値以下にする整正作業を行う。この作業と軌道整正目標値の関係について検討すると、次のとおりである。

まず、この整正作業にあたっては、次の2点に留意して進める必要がある。

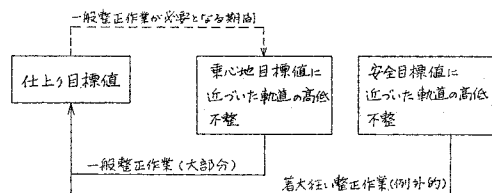
① 整正に着手する対象箇所は、乗心地目標値より1~2mm 小さいものを主体とする。

② 整正作業後の仕上がり精度が、仕上がり目標値以内になるようにする。

これらの2点を数値的によく管理して、適切な時期に必要な整正作業を実施することにより、質のよい軌道状態を維持することができる。

一方、線路は長大な構造物であることから、線路条件その他の事情によっては、乗心地目標値を超える大きな高低不整が生ずることもあり得る。これらは安全目標値に達する以前に速やかに整正する必要があるが、作業量としてはきわめて少ない性格のものであるので、これについては別途管理を行うこととした。

以上の整正目標値と整正作業の関係を示したのが図2である。



図二 整正目標値と整正作業の関係

#### (3) 軌道整正の目標値

##### a) 乗心地目標値

乗心地の良否は、走行車両の車体床上の動揺加速度を

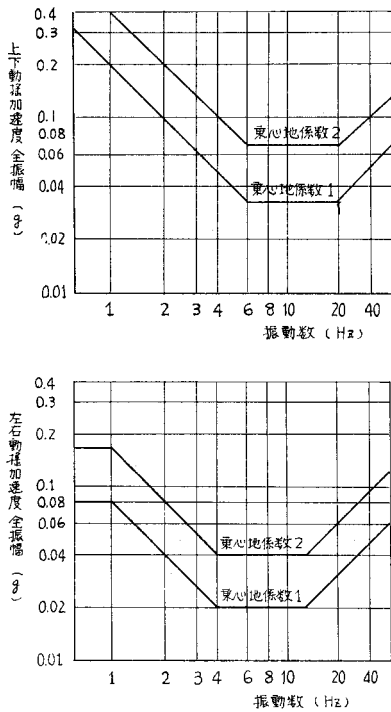


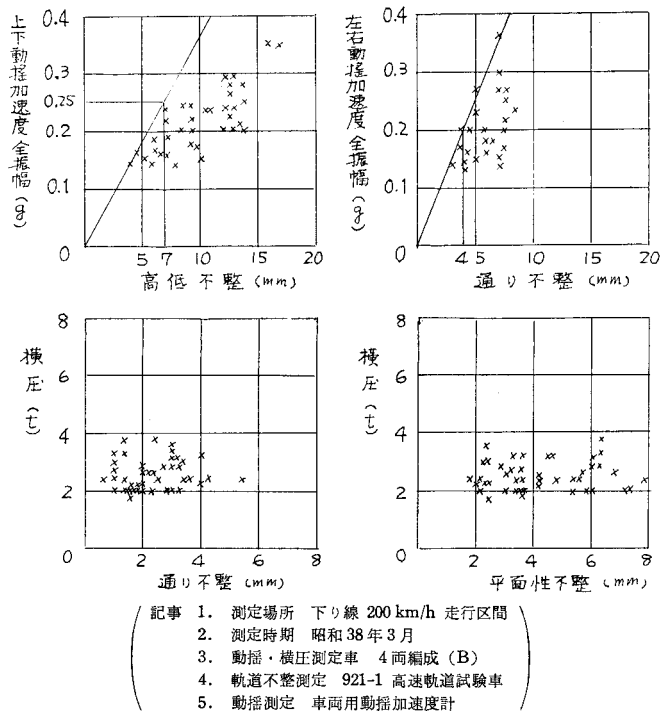
図-3 動揺と乗心地係数

もって評価することが通常行われている。動揺加速度と乗客の感じ方との関係については、Janeway によって試験台による多くの被験者のアンケート結果から、上下動の動揺加速度の周波数との関連で 図-3 に示す乗心地係数が提案されている。国鉄のこれまでの研究でも、これによる評価が適切であるとされているので、これに国鉄で行われた試験による同図右側の左右動揺に関する乗心地係数を加え、この乗心地係数 1~2 に該当する軌道不整の値を乗心地目標値とすることとした。

この乗心地と軌道不整との関係を求めるために、新幹線車両を初めて走行させた鴨宮モデル線において、走行車両の動揺加速度とそのときの軌道面の不整の大きさを検測して両者の関係が検討された。図-4 にこの検討結果の一例を示す。

これによれば不整の値が大きくても、それほど動揺が大きくないなど軌道不整の項目によって車両動揺との関連が明確でないものが多いが、高低不整と通り不整に関しては対応がはっきりしており、これらの点の上限を包絡する線を描くと、車両動揺値がこの線を上回る機会は、きわめて小さいと見込まれるような関係が得られた。

高低不整は車両の上下動揺加速度に関係するが、新幹線車両のこの動揺の主たる周波数領域は 1~2 Hz であるので、図-3 の乗心地係数 1~2 に相当する上下動揺加速度の値を求めると、0.2 g となる。良好な乗心地を



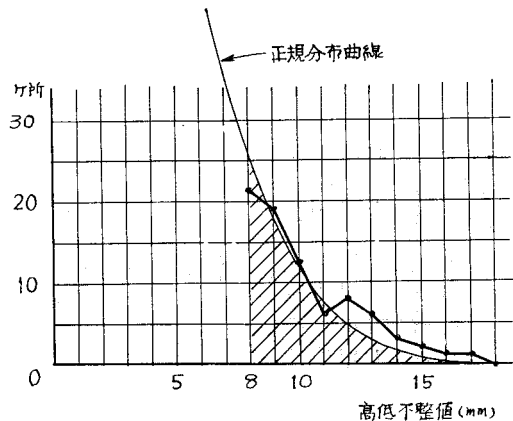
- 記事 1. 測定場所 下り線 200 km/h 走行区間  
 2. 測定時期 昭和 38 年 3 月  
 3. 動揺・横圧測定車 4両編成 (B)  
 4. 軌道不整測定 921-1 高速軌道試験車  
 5. 動揺測定 車両用動揺加速度計

図-4 軌道不整と動揺加速度・横圧等との関係検討例

維持するためには、この値を超える機会を十分小さいものにならなければならない。

図-4 の左上の図は、200 km/h 走行区間において大きな上下動揺値を生じた箇所について、動揺値とこれに対応する高低不整値の関係をプロットしたものである。この図から高低不整の値を 7 mm 以内に保てば、0.2 g を超える機会は十分小さくなるのがわかる。

一方、図-4 の検討を行った時期の高低不整の発生状況について、8 mm 以上のものの分布は 図-5 の通り



- 凡例 ● 高低不整発生度数  
 (母数 1300 か所のうち、8 mm 以上は  
 合計 79 か所 79/1300=0.061)  
 ▨ 不良率 0.030 の範囲

図-5 高低狂い (8 mm 以上) 発生分布図

であった。この図は、200 km/h 走行の 13 km 区間を対象としたもので、平均延長 10 m の高低不整 1300 か所中 8 mm 以上は 80 か所あり、その分布は正規分布に近似していることを示している。

以上のことから、高低不整は、発生頻度の十分小さい 7 mm 以上のものを整正対象とすれば、上下動揺 0.2 g 以上の機会を十分小さくすることができ、良好な乗心地を確保できることがわかる。

#### b) 安全目標値

次に走行安全性の良否については、走行する車輪がレール上に乗り上がって脱線したり、軌道に著大な力を加えて破壊したりする危険を判定する手段として、走行中に車輪で連続測定記録した横圧、輪重、脱線係数（横圧/輪重）などの車両特性値が用いられている。そこで、これらの安全上の限度である横圧 6 t、輪重減少率 10%、脱線係数 0.8 に対して、十分余裕のある状態を目標とした。

乗心地目標値の場合と同様に、モデル線における実車走行にあたって上記の車両特性値の連続測定を行い、軌道不整値との対応を検討した。その結果、乗心地目標値以内の高低・通りの不整であれば横圧は十分小さく、平面性・水準の不整も高低・通りに影響しない程度の大きさであれば、横圧等の問題を生じない状況にあった。また昭和 39~40 年にわたり、東京~新大阪間にかなり大きな軌道不整が多数存在する状況で、同様の測定がほぼ毎月行われた。図-6 はこの際得られた著大横圧・脱線係数と過小輪重について、累積頻度を示したものである。高低不整の 10 mm などの安全上の目標値を超える不整が多数存在していた（1~5 か所/km 程度）が、車両特性値の走行安全上の限度を超える測定値の発生頻

度は小さく、片道 500 km あたりにすると、それぞれ 1~4 か所であり、10 m を 1 ロットとすれば、1/10000~1/50000 の発生確率であった。このようなことから、必要な余裕を見込んで、高低不整の安全目標値は 10 mm と定めた。

先に述べた通り、整正作業の主体を占める乗心地目標値に対する作業の管理がよく行われれば、安全目標値による整正は、ごく補足的なもので足りる。このような方法により車両特性値の安全限度に対して十分余裕のある状態を保ち得ることが明らかにされた。昭和 40 年の東京~新大阪間の下り線測定の例でも、脱線係数が 0.8 に達したのはわずか 5 か所、横圧が 6 t に達したのも 5 か所という状況であった。

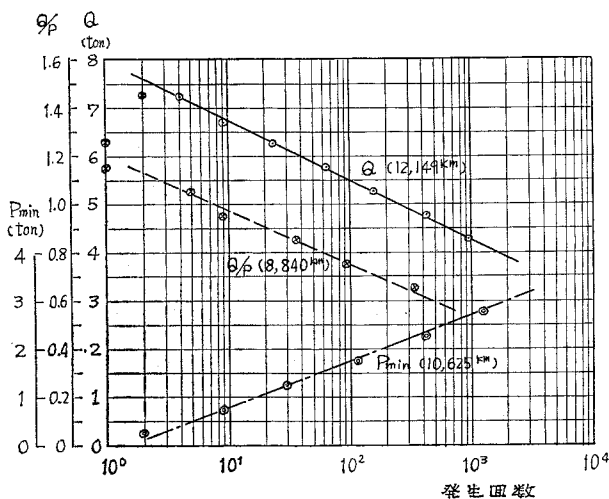
#### c) 仕上がり目標値

仕上がり目標値については、モデル線における実作業について、種々の数値を設定して試行を繰り返し、総合的に最も効率のよい目標値が定められた。すなわち、高低不整の仕上がり目標値を 3 mm、2 mm と厳しくしていくと、乗心地目標値に再び達するまでの期間を若干長くはできるが、反面、整正の手間は精度が高いため急激に増えることになる。一方、たとえば 6 mm に仕上げたとすると、4~5 mm に仕上げたのと手間はあまり変わらないのに、すぐ乗心地目標値の 7 mm に達してしまい得策ではない。したがって、当初整正法が未熟であったうちは 5 mm、その後、整正技術が進んでからは 4 mm とした。

以上、軌道整正作業の大宗を占める高低不整の場合を主体に軌道整正目標値の設定の経過について説明したが、他の対象項目についての検討経過の概略を以下に述べる。

通り不整については、高低不整と同様に 図-4 右上に示すような不整値と車両動揺の関係の検討を行い、乗心地目標値を 4 mm とした。また、仕上げの能率面と通り不整の進行度を検討の結果仕上がり目標値を 3 mm とし、車上横圧や脱線係数の著大値の存在状況と通り不整著大値の存在状況から、十分の余裕をとって安全目標値を 7 mm とした。

曲線部円度については、20 m 弦の通り不整と車両の左右動揺の関係が顕著なことから、乗心地係数が 1~2 におさまる値として乗心地目標値は 5 mm とされた。この場合の仕上がり目標値は、仕上げの手間と不整の進行度を検討の結果 3 mm とされた。安全目標値は、車両の左右動揺、横圧、脱線係数等の著大値の存在状況と円度不整著大値の存在状況から十分の余裕をとって 8 mm



(記事 1. 39.8.25~40.12.14の測定データを集計したもの)  
2. ( )内は、累積走行キロを示す。

図-6 P, Q, Q/Pの頻度分布(累積値)

とした。

軌間不整については、通り不整が所要の目標値に保たれる範囲内であれば影響がないので、通り不整が乗心地目標値の状態になっているときの軌間不整の存在状況から、乗心地目標値を +6 mm、-4 mm とした。仕上がり目標値は、仕上げの手間が著しく増大しない範囲の最も高い精度として ±2 mm とされた。軌間不整は、ほとんど進行しないので安全目標値はあまり意味がないが、乗心地目標値に作業誤差の余裕をみて +10 mm、-6 mm とした。

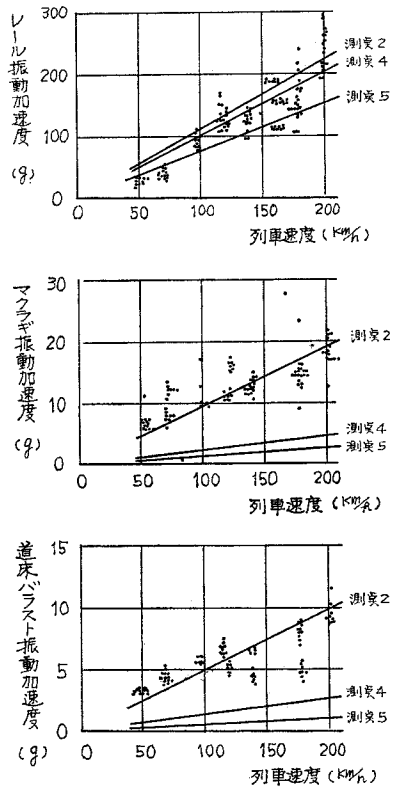
水準と平面性の不整については、高低不整が所要の目標値に保たれる範囲内であれば特に問題がないので、高低不整が乗心地目標値にあるときの水準・平面性の不整の存在状況から、乗心地目標値をそれぞれ 6 mm、4 mm とされた。仕上がり目標値は、仕上げの手間が著しく増大しない限度として、それぞれ 3 mm、2 mm とし、安全目標値は乗心地目標値に作業管理上の誤差の余裕をみて、それぞれ 10 mm、5 mm とした。

これらをまとめて示したのが、表-1 である。

#### 4. 指標値による不整進行の把握

##### (1) 総 説

軌道整正作業にとって整正目標値の設定とともに重要なことは、軌道の不整が仕上がり目標値から乗心地目標値に達するまでの期間を、実測により予測することである。このことは軌道整正管理法の確立とこれを実現するシステムの開発において不可欠なものであり、この新幹線軌道整正管理システムにおいて初めて実現された。



(測定場所 東海道新幹線のモデル線  
測定時期 昭和38年6月  
測定方法 抵抗線ひずみ型加速度計)

図-7 列車走行速度と軌道各部の振動速度

先に高速運転によるバラストの急速なくずれ沈下と新設路盤の沈下による軌道面の不整の発生が予想されたことを述べたが、建設計画時点における想定は次のような

表-1 軌道整正主要項目の目標値と整正量の概要

項 目	整 正 目 標 値			整 正 量		ラ ン ク		
	乗心地目標値	仕上がり目標値	安全目標値	概	要			
高 低				7	4	10	軌道整正量の大半を占める最重要項目である。	A
通 り				4	3	7		
曲線部円度				5	3	8	高速走行の左右動に影響の大きい重要項目であるが、整正量は通り程度に少ない。	B
軌 向				+6	+2	+10	安全上重要であるが、軌道構造からして整正量小さい。	C
				-4	-2	-6		
水 準				6	3	10	安全上乗心地重要であるが、高低、通り、曲線部円度の整正の中で整正される場合が多い。	C
平 面 性				4	2	5		

ものであった。

#### a) 高速走行の影響

列車速度が高くなると、バラストに生ずる振動加速度が増大し、軌道の変形はこれに比例して増加する。図7は、新幹線の開業に先立って行われた鴨宮モデル線における実車走行試験の際に測定されたレール・まくらぎ・バラストの振動加速度を、列車走行速度を横軸として示したものである。ここでバラストのくずれ沈下は次式に示すように振動加速度に比例するとされている。

$$M \propto P_b \ddot{y} S$$

ここで、 $M$ ：軌道構造の壊れ易さを示す構造係数

$P_b$ ：一定の荷重による道床反力

$\ddot{y}$ ：道床振動加速度

$S$ ：軌道の受ける衝撃係数

したがって整正作業量は、ほぼ走行速度に比例して増大すると判断された。そこで東海道新幹線の軌道の設計の際には、必要整正作業量が在来線と比べて特に大幅な差を生じないようにすることを前提として各部材を強化した。新幹線の200 km/h 走行において、この前提が正しかったかどうかの一つの大きな問題点であった。

#### b) 新設路盤の影響

新設路盤上の軌道では、一般に、ある期間にわたって相当量の沈下が続くことが避け難い。実際に東海道新幹線では2~3年にわたり月平均2~3 mmの沈下が続いた。東海道新幹線では築堤区間が延長の7割を占め、さらに道路などの立体交差のために平均約130 mごとに沈下しない橋梁が築堤の中に存在するという悪条件があり、円滑な高速運転を維持するためにどのように整正作業を実施するかは大きな課題であった。

このような状況から、発生する軌道面の不整に対して遅滞なく整正作業を実施するためには、不整の進行を把握して作業の所要時期を予測することが必要となってくる。すなわち、軌道整正を行って仕上がり目標値に整正された軌道面が、再び列車走行や路盤沈下の影響を受けて変動し、乗心地目標値にまで到達する時期を予測することである。この予測を全線について行うことによって、事前に必要な作業位置・作業時期および作業量の計画が可能となる。

この予測を行うために、定期的に運行される軌道検測車の測定結果から、指標値とよぶパラメーターを算出することとした。この指標値の導入により、線路の区間・時期ごとに異なる軌道不整の進行増大の実態を数量的に把握することが可能となった。

### (2) 軌道整正の対象項目

一般の鉄道軌道における軌道面不整の対象項目として

は、軌間・水準・高低・通りの4項目に加えて、曲線の円度が取上げられている。しかし新幹線の高速とその軌道の条件では、整正管理の対象とする重点が相当異なっているので、まず最初にそれぞれの重要度について述べる。

高低の不整は、3.(3)に述べたごとく、車両走行の動揺や脱線係数に大きく影響し、高速であるため在来線の1/2程度の7 mmという高精度の維持が必要である。さらに高速走行の衝撃の影響等は上下方向が最も激しいため、バラストのくずれ、路盤の不等沈下によって高低の不整を誘発することとなって、不整の増大速度が他の対象項目とは比較にならないほどに大きい。したがって高低不整の整正作業の管理いかんが、有道床軌道の保守の可否を制するということができる。

通りの不整は3.(3)で述べたごとく、車両の高速走行や車輪とレール間の横圧力に、ひいては脱線係数に大きな影響を持ち、走行安全の面から3 mmという厳しい精度の維持が必要である。しかし、コンクリートまくらぎの構造が、横方向に加わる衝撃力の割には強固なので、整正量という面ではそれほど重要でない。すなわち、軌間・水準よりは重要であるが、重力方向の影響を受ける高低の場合のようなことはない。

曲線円度の不整は、車両の高速走行の左右動揺に極めて大きく影響する。そして20 m程度の長い波長でとらえた円度不整を整正することは、通りの整正と同程度に重要である。

軌間および水準の不整は既述のように、動揺や横圧、脱線係数との関連が小さく、表1の値に保てれば問題は少ない。そして軌間の場合、いったん整正してレールをコンクリートまくらぎに締結すれば、その構造上不整値がほとんど増大せず、水準は高低不整を整正する中で整正されてしまうため、これらは整正の量的な管理を特に重点的に行わないで済む性格のものである。

### (3) 軌道面不整の時間的変動量の把握

このように軌道面不整としては高低が最も重要であるので、以下高低の場合を取上げ、これについて述べる。

高低不整の時間的変動の実体を、軌道検測車の測定記録から算出して把握し、個々の線路のそのときどきの実体に即した適切な整正計画を進めるために、次のような方法を導入した。

すなわち高速軌道試験車によって測定された不整の実記録を、前回の整正後に測定したものと対比すると、図8の上段に示す記録例のごとく、不整値の変動の状況が把握できる。そこで対象とする地点を定め、それぞれの地点ごとに3か月、6か月など必要期間にわたりこの状況を追跡すると、図8の下段に示す算出法により、その期間の平均的変動量を地点ごとに算出することがで

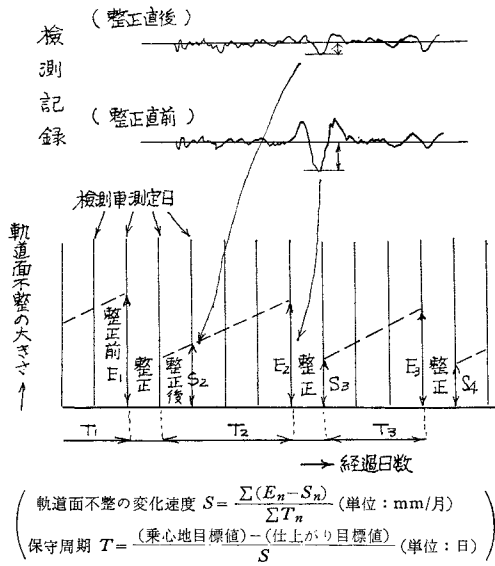


図-8 軌道面不整の経時変化量の把握・算出法

きる。これを整正計画に必要な区間ごと、期間ごとに整理したものを指標値と名付け、これに対応させて整正計画をたてることとした。

指標値は図-8の下に示すように、たとえば、月間何mmといった高低不整の変動の速度で表わすこともできるし、仕上がり目標値以内に整正した不整値が変動増大して乗心地目標値に達するまでの日数として表わすこともでき、前者を不整箇所の原因検討に、後者を整正計画策定のための資料として使用している。

後者の例として、島田付近1km間の軌道管理表を図-9に示す。この図の中段に示す前年度保守周期欄の数字は、高低不整の時間的変化量の指標値を20mをロットとしてコンピュータで計算印字(上下に読む)したものである。作業計画はこれを基本として、同図下欄に示す著大な軌道不整の存在状況、作業投入実績、降水量等を勘案して立てることとなる。実際の作業計画にあたっては、さらにトンネル内・盛土上・橋梁上等、線路条件の類似している区間ごとにまとめて、作業投入の必要量を判断する目安としている。

この方法の導入により、後述のような軌道保守をとりまく種々の条件変化があっても、先んじてこれに応じた作業量を計画的に投入することができ、安定した軌道整備状態を維持できることとなった。

## 5. 軌道整正計画と整正の実施

### (1) 指標値に基づいた整正計画

鉄道軌道は、その性格として区間・時期によって所要

整正量の変動が大きく、これに合わせた弾力的な整正計画が要求され、このことは新幹線においても例外ではない。

すなわち、沈下のない高架橋上やトンネル内、若干の沈下を伴う一般築堤上、沈下の大きい軟弱路盤の築堤上沈下しない橋梁と沈下の大きい築堤との境界部といった区間の違いによって、軌道面高低不整の変動の速さは、それぞれ数倍も異なり、極端な場合には10倍以上の差を生じている。また列車の走行量も、開業当初と10年後とでは3.7倍の差を生じ、軌道の劣化状況も軌道材料取替の進捗等によって異なっている。

したがって、盛土区間の多少、軟弱地盤の多少、軌道劣化の程度などの影響の差が適切に反映されるように、類似の条件の線路区間を時期に応じて区分し、それぞれの指標値に基づいた所要整正量を総合して、整正計画をたてる必要がある。

しかしこの範囲では、この計画は軌道の不整の変動に対応しただけのものになってしまう。整正作業の実施計画としては、この他に、整正対象とする軌道不整の配列状況とその選択方法、整正後の実際の整正精度、軌道不整1か所を整正するのに要する整正作業の延長などを考慮に入れて立てる必要がある。したがってこれらについては、実際に整正作業を実施した結果によって確かめなければならず、月間または4半期計画に従って実施した結果をみて、逐次、計画に修正を加えていく方法をとる必要があった。

線路を取りまく諸条件の変化が特に著しかった開業後3か月の時期における東京～新大阪間の保線支所別の計画と、これを実施した結果による計画修正の状況の例を表-2に示す。

整正計画を修正する基本的な着眼点は、軌道面不整の進行量とこれを整正復元する作業の実施量とのバランスを明確に把握して、有効適切な整正作業を実施することにある。軌道整備状態を現状の水準に維持する場合は、バランスを保つに足るだけの整正を行えばよいが、新幹線走行の初期などには、現状の水準よりもさらに良好な整備状態に改善する機会が多く、この場合は、バランスをとるに必要な整正に加えて、状態改善に必要な整正量を加えなければならない。

このようなことから、計画の修正のための判断は、整備状態を改善する分を含めた計画について行う必要がある場合が多い。すなわち、バランスを保って現状維持ができたうえに、さらにそれなりの改善をなし得たかどうか、あるいはバランスを保つことすらできずに整備状態が低下したか、などによって判断し修正する必要がある。

整備状態改善の具体的計画の方法としては、整正前の

# 53年度 検査班 線 上り線 軌道管理表

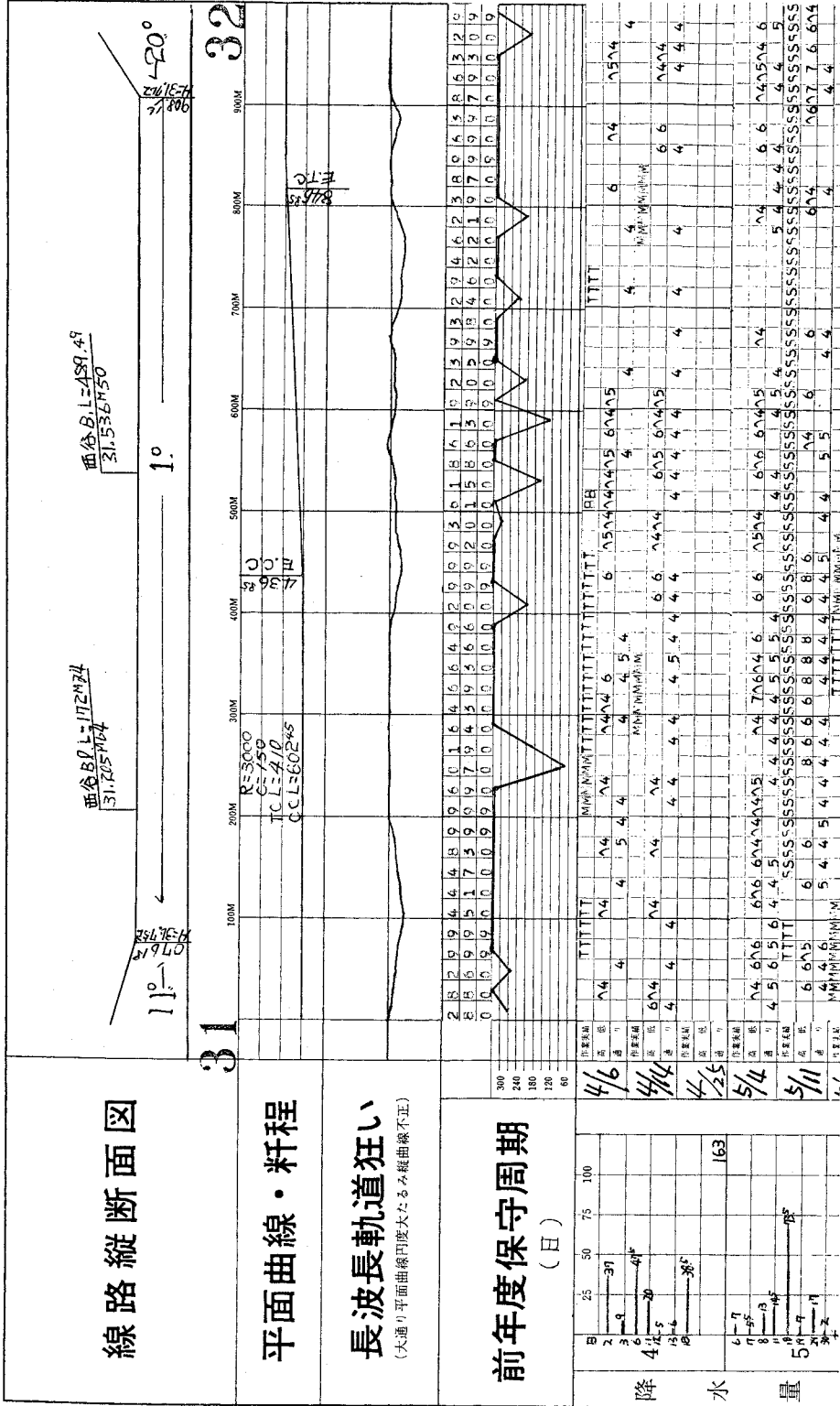


図-9 軌道管理表の一例



表一2 整正の計画と実績、効果との対比例 (昭和40年1~3月期)

項 目	保線支所											合 計		
	東京	新橋	小田原	三島	静岡	岡 崎	浜 松	豊 橋	名古屋	羽 島	米 原		京 都	新大阪
計画延長	a	11.5	31.7	37.8	37.7	47.3	51.5	44.0	41.2	42.5	23.2	49.7	32.7	450.8
	b	9.0	13.4	5.6	21.7	31.4	33.0	21.0	10.6	13.0	7.0	16.4	2.9	185.0
	c	29.6	33.0	37.0	59.9	60.1	58.5	54.0	48.8	48.7	46.4	63.8	28.6	568.4
実施延長	d (a or c)	11.5	31.7	37.0	37.7	47.3	51.5	44.0	41.2	42.5	23.2	49.7	28.6	445.9
	e (c-d or d-a)	18.1	1.3	△0.8	22.2	12.8	7.0	10.0	7.6	6.2	23.2	14.1	△4.1	117.6 (54.1)
整備状態 改善状況	f	9.6	10.6	5.2	17.2	18.2	25.4	7.0	10.0	11.8	7.2	15.4	2.8	140.4
	g	4.8	8.8	3.6	10.6	6.8	14.4	1.8	5.4	7.2	4.8	4.8	1.4	74.4
	h (f-g)	4.8	1.8	1.6	6.6	11.4	11.0	5.2	4.6	4.6	2.4	10.6	1.4	66.0 (52.2)
期待される改善延長と実績との差		△13.3	0.5	2.4	△15.6	△1.4	4.0	△4.8	△3.0	△1.6	△20.8	△3.5	5.5	△51.6 (△1.9)

合計欄( )は、東京、三島、米原の3支所を除く合計

実際の軌道において、乗心地目標値を超える軌道面不整の存在延長を把握し、これを整正後には所期の存在レベルにまで減らすために必要な整正延長を計上することにある。

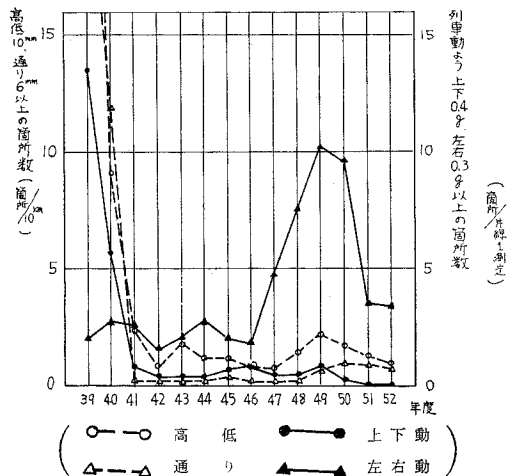
表一2 の場合も、このような見方によって計画の修正に関する判断をしているもので、表一2 の e 項に示す「実施した整正有効長のうち、整備状態改善に寄与するとみなされる延長」と、h 項に示す「軌道検測車で測定した整備状態からみて実際に改善された延長」を対比し、計画のたて方の妥当性を大筋についてチェックした例を示している。

その差引は i 項に示す通りであり、東京・三島・米原の各支所分が相当大幅に期待と異なっているほか、まだ数 km の差を生じている支所が二、三ある。しかし一般的には、計画に沿って実施すれば、期待した整正状態の改善結果が得られる状況となっている。

1 支所当りの整正実施有効長は 50 km 前後 (c 項) であり、これから現状維持のために必要と推算した延長 40 km 前後 (d 項) の推算値を差引いて、残りの 10 km 前後の値 (e 項) について、実際に改善された延長 (h 項) との対比を行っている。この整正作業計画においては、大きな値を占める a 項の推算の適否いかんが、その実施計画にきわめて大きく影響することとなる。したがって、先にあげた 3 支所を除くとこの程度にまで適合していることは、現状維持に必要な整正作業量の想定が、大域において誤りないものであったとみなすことができる。

(2) 軌道整備状態の推移

東海道新幹線の開業以来のこの 10 年間の軌道整備状態の変化と、列車の動揺加速度値の経過を示すと、図一10のごとくである。



図一10 軌道状態推移図 (東京~新大阪)

経過の大略をみると、初期・中期・後期の3段階で特色が異なり、おおむね次のような傾向となっている。

初期には、列車走行量は少ないが路盤沈下が大きく、軌道敷設のときに存在していた大きな軌道面の不整を改善していく作業も多かったため、整正状態はよくなく、かつ変動が大きかった。

中期には、逐次列車走行量は増していったが、路盤沈下が安定し、敷設当初の大きな不整状態も改善し終わって、整正状態は比較的良く、かつ安定していた。

後期には、列車走行量が増大を続けるとともに、レールや道床バラストの劣化が進んだため、中期に比べて状態悪化の時期もあったが、これら材料の更新体制の整備とともに、中期と同様の安定状態に回復しつつある。

このような推移の中にあつて、目標値および変動の指標値による上記整正管理法とこれを実現するシステムは、初体験かつ条件変動の著しい初期に提案採用され、この間に実績との照合などを経てその基本が確定され、順次その細部が整備されていった。中期・後期においては、初期に比べて軌道整正の経験実績も積まれ、条件変動も初期よりは小さい状況であったが、前述のような種々の条件の変化が新たに生じた。しかしこれらの時期においても、このシステムの存在により大筋をあやまたない合理的な軌道管理を行うことができたのであった。

## 5. 総 括

以上、新幹線の開業時からその課題であった軌道の保守管理に関して、その方法の確立とこれを実現するシステムの実現について述べた。

その要点をとりまとめると以下の通りである。

(1) 有道床軌道は高速になるほどバラストのくずれ沈下による軌道面の不整の発生が大きく、かつ円滑な走行を維持するための高い整正精度が要求される。

(2) このため新幹線のような200 km/hの高速運転を有道床軌道で行うためには、その構造の設計に加えて、軌道の整正保守を十分な数量的な基礎にたつた方法によって進めなければならない。

(3) 数量的な管理を行うためには、目標値を明確に設定することが必要であり、乗心地目標値・安全目標値・仕上がり目標値が必要である。

(4) 新幹線の軌道の条件では、整正作業量の大半が

高低の不整であるため、これを主体に合理的な管理法を見出し、これを実現できるシステムを確立すれば大勢は掌握できる状況にあり、他の種類の軌道整正についてはこれに準じて行うことにより、目的を達することができる。

(5) 目標値と整正作業の関係についてみると、乗心地目標値に達する直前の軌道不整を、仕上がり目標値以内の精度にまで整正するものが大部分であり、この整正を適切に計画することが肝要である。

(6) いったん仕上がり目標値以内に整正したものが、再び乗心地目標値に近い値まで変動し成長する速さを、軌道の区間ごと、期間ごとに適切に予測して整正の見通しをたてるため、指標値による管理を提案した。これにより、新幹線のように整正量が大きくかつ路盤沈下、列車走行量、軌道材料劣化等の条件変化の大きい未経験のケースにおいても、的確な整正を進めることが可能であった。

(7) 上記(3)～(6)を主体に軌道管理上必要な問題を総合して、その管理法とこれを実現できるシステムを確立し、新幹線の軌道整正の合理的かつ能率的な推進に貢献した。

これにより軌道整正を在来線システムに比べて格段に高効率に実施することが可能となり、新幹線の軌道整正が膨大でありかつ軌道整正をとりまく諸条件の変動が著しかったにもかかわらず、整正の進め方の見通しを誤らず、開業後10余年にわたり安定した軌道の整正状態を保ち、良好な列車の乗心地を維持することができた。

## 参 考 文 献

- 1) 鉄道技術研究所：新幹線モデル線200 km/h 走行試験一試験成績，鉄研速報，No. 62-348，1962年12月。
- 2) 鉄道技術研究所：新幹線モデル線250 km/h 走行試験一試験成績，鉄研速報，No. 63-127，1963年5月。
- 3) 星野陽一・佐藤 裕：軌道構造の動力学的設計，鉄研報告施設編，No. 141，1960年8月。
- 4) 松原健太郎：新幹線の軌道，鉄道施設協会，1964年6月。
- 5) 佐藤 裕：軌道力学，鉄道現業社，1964年。
- 6) 立松俊彦：新しい路盤の沈下と軌道狂い，鉄道線路，Vol. 11-10，1963年10月。
- 7) 中村 宏・田中真一：東海道新幹線電車の横圧・輪重・輪重横圧比・車軸の曲げ応力の測定。
- 8) 佐藤吉彦：軌道狂いと車両振動限度に関する理論的考察，鉄道線路，Vol. 14-8，1966年8月。
- 9) 立松俊彦：実測により検討した乗心地上の軌道整備目標値，鉄道線路，Vol. 14-8，1966年8月。

(1977.12.20・受付)