

1. まえがき

軌道は、強大な荷重をもち高速で移動する車輪に接して繰返し載荷を受けることにより、多少とも狂いが進行し損耗が生ずるので、相当期間ののちにはいずれにしろ補修と更新を必要とする構造物である。しかしながら最近における輸送量の増大、列車速度の高連化、保守間合の減少等により、在来線の軌道の整備状態は漸次悪化する傾向を示している。また線区によっては、将来の労働需給を考えた場合、路盤を含めた軌道の抜本的強化により対応すべきであると考えられる箇所も生じている。このような軌道状態の悪化に適切に対応するためには、軌道破壊量を定量的に把握するとともに、各軌道破壊因子の寄与度を明確にすることが重要である。

この報告は、軌道破壊量を軌道狂い進みとしてとらえ、営業線の実態を線区別、軌道構造別に明らかにするとともに、各破壊因子の寄与度を統計的手法を用いて推定したものである。

2. 狂い進み

列車の走行に伴って不可避免的に生ずる軌道狂いについては、現在3ヶ月に1度の頻度で走行する高速軌道検測車により記録されている。軌道破壊量を表わすパラメータとして、ここでは3ヶ月毎の検測記録から狂い値(高低狂い)の推移を100日当りの狂い進みとしてとらえた。すなわち図1に示したように検測記録(マヤチャート)を25Mのロットに分割し、各ロット内の最大軌道狂いに着目しこの狂いの推移を2年間分読み取った。狂い値の推移とその間の日数とから(1)式により狂い進みを求めそのロットの代表値とした。

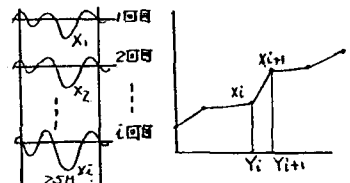


図1. 軌道狂いの推移

$$S = \frac{\sum(X_{i+1} - X_i)}{\sum(Y_{i+1} - Y_i)} \times 100 \quad (1)$$

ただし S: 軌道狂い進み (mm/100日), X_i : 第i回目の読み取り値 (mm)

Y_i : 第1回目の検測日から第i回目の検測日までの累計日数 (日)

データをこのように整理し理由は、対象期間中、ロットによって保守作業により波形が変化した場合、その3ヶ月間を除いた平均的狂い進みを求めるためである。調査は通過トシ数別に3線区について、対象期間中軌道構造を変えていない有蓋床軌道の一般区間について実施した。

3. 狂い進みの分布

各ロット毎に求められた狂い進みを各線区についてそれぞれ0.4mm/100日毎に柱状図に示すといずれも指数分布に相似した分布形となり、グラフが左寄りになる狂い進みの小さい線区として、東海道本線、山陽本線等軌道構造が強靱な良好な路盤の線区が、右に長く尾を引く狂い進みの大きな線区として、東北本線、横須賀線、総武本線等路盤状態の悪い線区が挙げられる。代表的な線区について狂い進みの分布傾向を図2に示す。この狂い進みの分布形についてはχ検定の結果、必ずしも指数分布ではないが、各線区の分布形について平均値と標準偏差との間に直線関係が認められるので、以下の解析には平均値を用いている。

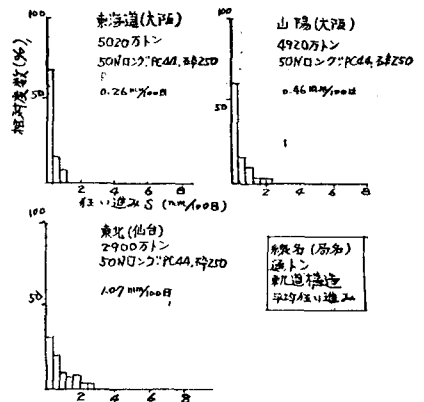


図2 狂い進みの分布形

4 狂い道みの要因分析

現在、営業線において敷設されている軌道構造は、路盤が安定した状態にあることが前提として道床の沈下に着目した最道軌道構造の理論により各線区毎に定められ、順次このレベルに強化整備されて来た。しかし、ここで求められた狂い道みのなかには、突状として道床の沈下に起因するものと路盤沈下（道床のめり込みを含む）に起因するものとが含まれている。このうち路盤沈下は、軌道構造、輸送条件のほか線区的路盤状態によって大きく異なるものと考えられる。このような線区的路盤状態を定量的に詳細に把握することは困難であるが、ここでは既往の地質図と噴泥発生率の調査結果からこれを良路盤と不良路盤に2分して定性的に把握し、通トン、速度、軌道構造の各因子が狂い道みに及ぼす寄与度を重回帰分析により解析し検討した。

狂い道みを説明する変数として、通トン、速度、構造係数、レール紐目の有無、路盤状態をとり、重回帰分析のモデルを(2)式のように仮定した。

$$S = A \cdot T^{\beta_1} \cdot V^{\beta_2} \cdot M^{\beta_3} \cdot L^{\beta_4} \cdot P^{\beta_5} \quad (2)$$

- ただし S: 平均狂い道み (mm/1000), T: 通過トン数 (百万トン/年), V: 平均速度 (Km/H)
 L: 紐目の有無を表す変数 (定尺レールの場合 10.0, ロングレールの場合 1.0 と与える。)
 M: 構造係数 (50PSレール, PCオケラゴ 44#/25M, 砕石 200mm を基準)
 P: 路盤状態を表す変数 (不良路盤の場合 10.0, 良路盤の場合 1.0 と与える。)
 β : 回帰係数, A: 定数

(2)式について両辺の対数をとると、回帰係数 β のうち β_5 はそれぞれ定尺レールおよび不良路盤についてのみ有効な係数となる。最小自乗法により各係数の値が(3)式のように求められた。

$$S = 2.09 \times 10^3 \cdot T^{0.31} \cdot V^{0.28} \cdot M^{1.10} \cdot L^{0.21} \cdot P^{0.26} \quad (3)$$

(3)式より、速度、構造係数は狂い道みにほぼ1次で比例しているのに対して、通トンは 0.3 乗比例となっている。また L^{0.21}に着目するとこの値は、定尺レールの場合 10^{0.21} = 1.62, ロングレールの場合 1^{0.21} = 1.0 となり、ロングレール軌道の狂い道みは定尺レール軌道のそれの 62% となっている。同様に、P^{0.26}に着目すると良路盤と不良路盤とでは狂い道みに 2 倍近い差がみられる。この回帰は分散分析の結果十分有意であり、(3)式で計算される狂い道みを \hat{S} とし、実測狂い道み S と比較すると図3となり高い相関が認められる。

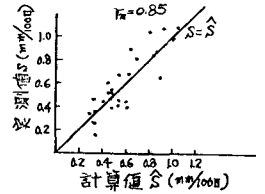


図3 S と S-hat の相関

5. 上路盤区間と高架区間の狂い道み

これまでの解析で明らかかなように、路盤沈下量はその土質状態が悪い場合、道床沈下量に比べてかなり大きな量をあたえ推測される。1級線のロングレール軌道がある中央線において輸送条件のほぼ同一な高架区間と上路盤区間（不良）について狂い道みを求めた結果図4となり、平均値で3倍の差が認められる。図4における高架区間の狂い道みの分布物は、図2における東海道本線、山陽本線の分布物に相似している。そこで、これを道床の沈下によるものと考えれば、路盤はその土質状態が良ければほとんど沈下しないが、土質状態が悪くなると加速度的に沈下が進むものと考えられる。

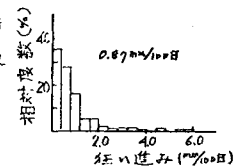
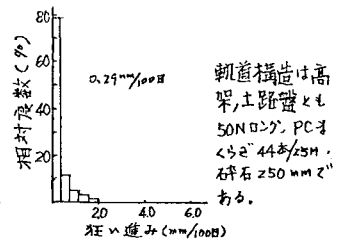


図4 高架と上路盤の狂い道み

6. あとがき

以上、営業線の狂い道みについて検討し、概ねその特性が明らかにされたものとする。しかし、狂い道みに寄与する要因としてはこの他にも、排水状態、保管理状態、軌道材料の状態等が考えられるが、これらについても今後逐次定量化し、突発の正確な分析を進めることが必要と考えられる。