

IV-313 劣化／保全均衡分析からみた有道床軌道システム改善のための研究課題

東京大学工学部土木工学科 正会員 家 田 仁

1. はじめに

有道床軌道の保全は、近年機械化が進められつつあるとはいえ労働集約的で、今後の労働力供給不足が見込まれる中で、構造／保全方式全般にわたって見直しが強く要請されている。一方わが国では高架橋やトンネル、駅ホーム下などを対象にスラブ軌道をはじめとするいわゆる直結系省力化軌道が開発されてきたが、フランスをはじめとする高速／高軸重鉄道の先進国の中でも有道床軌道の低廉性、融通性から軌道の主要構造としての地位は変わっていない。前稿では軌道の劣化と保全の特性の均衡概念を用いた新たな枠組みについて述べたが¹⁾、ここではそれに付随する点についてふれるとともに、均衡分析からみた今後の有道床軌道効率化に必要と考えられる研究課題を提起し、議論の糸口としたい。

2. 劣化／保全均衡問題における保全後初期沈下の影響

前稿では保全効果を図-1の0Aのように表わし²⁾、軌道状態の均衡理論を提案したが¹⁾、その後佐藤によりむしろBCのように表わすのが実態に即しているとの指摘がある³⁾。この場合、保全前状態量が D_H 以下であると保全の実施によって、状態量は悪化することになるが、これは作業後の初期沈下に伴う軌道狂いの発生と考えることができる。ここで、保全作業を複数回繰り返したときの保全特性曲線は点Eを中心にBCを回転して得られることは明かである。したがって、保全量無限大の場合はGH、保全量0の場合OFとなり、保全量の大小に応じて両直線の間をとることになる。

この特性を前提に保全量と状態量の均衡過程を示したのが図-2である。ここにABは劣化曲線（ただし、Sを劣化速度として、 $dS/dt > 0$ の場合を図示した。）曲線1-1'は図-1の保全特性曲線群の縦横軸を交換したものである。すると、状態量の均衡値は保全量Mに応じて点E等により決まり、（ただし、 $dS/dt > 0$ の場合、保全量 M_{min} 以下では均衡状態が得られないこと（つまり、 D_{CR} より悪い軌道状態は維持できないことは、前稿と同様であるが）、それに加えて、初期沈下を考慮した場合、いくら保全量を増やしても均衡状態量は D_{min} 以下に設定することができないことが明かとなる。この特性は、 dS/dt の符号によらない。逆に保全後の初期沈下を抑えて、 D_H を小さくすることができれば、点Cが原点に近づくのに従い、均衡曲線GHが下方にシフトし、同等の保全量でより良い均衡状態が達成できると同時に、より高い整備水準に設定すること自身が可能となる。

3. 有道床軌道システム改善のための研究課題

前稿の結果¹⁾及び以上をまとめると、従来の劣化／保全の考え方と比べ特長的な点として、

- ①劣化速度が時間に対して逓増的（ $dS/dt > 0$ ）な場合、逓減的あるいは一定の場合に比べ、均衡状態量、保全量とも増大する。また、この場合、均衡状態量に上限（保全量に下限）が存在する。
- ②保全後の初期沈下の影響は本質的で、それにより均衡状態量、保全量とも増大する。同時に均衡状態量には下限が存在する。

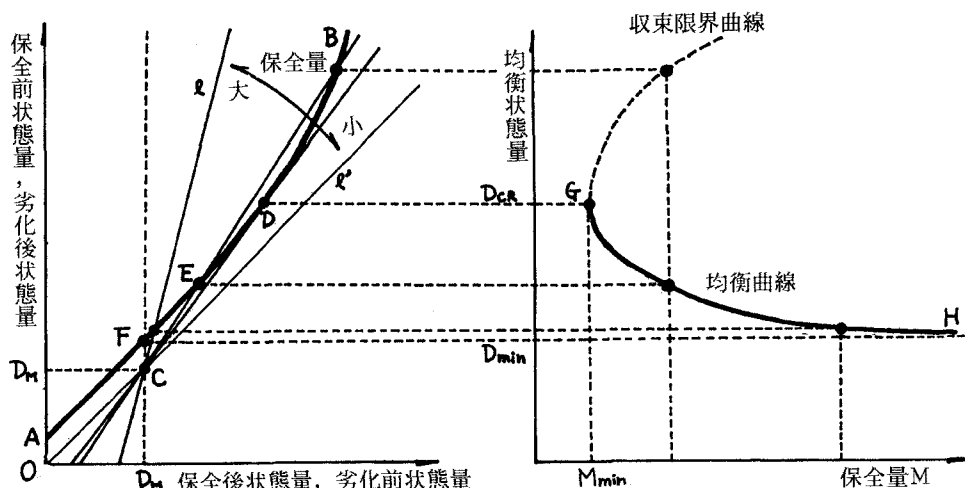


図-2 状態量の均衡過程

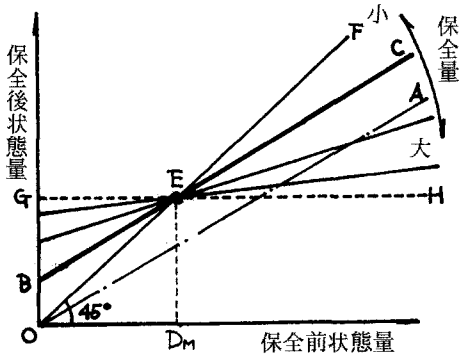


図-1 保全特性曲線

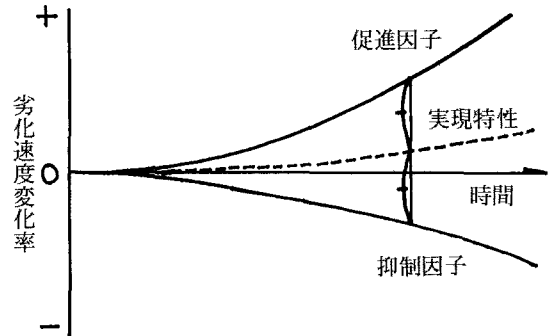


図-3 劣化速度変化率の時間特性

という問題が考えられる。上記二点とも効率化の上で重要な問題点と考えられるが、従来強調されてこなかった点である。まず、劣化速度（軌道狂い進み）は従来時間に対して一定値（ $ds/dt=0$ ）として扱われることが多かったが、実際は図-3のように劣化速度を逡増させる促進因子と逡減させる抑制因子との相対的の大きさにより実現特性が決まるものと考えられる。これらについては、

促進因子：軌道狂いを入力とする車両運動がもたらす輪重／道床圧力の増大に伴う軌道狂いの自励的発達
抑制因子：道床碎石相互の噛み合わせの進行（つまり”おちつき”，安定化）に伴う摩擦抵抗増大による抑制効果。保全の実施により道床の安定化が相対的に遅れるため、”負の抑制効果”が働くことも考えられる。

があげられる。また、初期沈下を促進する因子としては第一に保全後の道床碎石間の全般的密度低下、マクラギ間とマクラギ下の密度格差⁶⁾、第二にレール溶接部凹凸の発達、レールくせ、路盤の排水不良など材料劣化に伴うものが考えられる。

以上のような劣化／保全システムの均衡分析から示唆される、有道床軌道システムの今後の効率化のために必要な研究課題を表-1のようにまとめた。この内、A及びCは従来の枠組みからの延長であるが、B及びDは本研究の流れから得られる枠組みである。

表-1 有道床軌道システム改善のための研究課題

目 的	分 野	構造・材料	作業・機械・管理
劣化	A:劣化速度の低減	・いわゆる”軌道強化策”の再検討 ・道床碎石間摩擦抵抗増強法	
	B:劣化速度逡増化抑制	・軌道狂いの自励的発達機構解明 ：軌道構造による抑制策 ・”負の抑制効果”低減策 ：道床碎石粒度見直し	・”負の抑制効果”の低減策 ：保全後の道床安定化工法
保全	C:保全効果の向上		・機械の保全特性と評価特性の斉合化 ・機械の能率向上／保全単価低減
	D:保全後初期沈下の抑制	・道床碎石粒度の見直し（締め固め効果からの検討） ・レール溶接改善／劣化防止策	・保全後の道床安定化工法（締め固め法）

参 考 文 献

- 1)家田他：非線形劣化システム保全計画理論の基本概念，第43回土木学会年次学術講演会講演概要集第4部，pp.528-529，1988年10月
- 2)家田他：保全特性関数による鉄道走行路面状態の推移モデル，土木学会論文集第383号／4-7，pp.123-132，1987年7月
- 3)佐藤他：軌道狂いの整正特性，第17回土木学会関東支部技術研究発表回講演概要集，pp.246-247，1990年3月
- 4)杉山他：軌道狂い状態を考慮した軌道破壊の要因分析，鉄道線路34-9，pp.8-12，1986年9月
- 5)山口他：軌道走行路の劣化特性モデルについて，第43回土木学会年次学術講演会講演概要集第4部，pp.526-527，1988年10月
- 6)家田他：道床締め固めによる軌道初期沈下抑制工法，日本鉄道施設協会誌1987-11，pp.54-58，1987年11月