

泥炭地線路の特性とその対策について

正 員 旭川鉄道管理局施設部保線課 小 川 清
準 員 同 上 篠 原 康 治

目 次

I. 概 説

1. 泥炭地の分布
2. 泥炭の物理的性質
3. 泥炭の断面構造

II. 泥炭路盤が線路に及ぼす影響

1. レール面の沈下について
 - (1) 恒久沈下
 - (2) 弾性沈下
2. 軌道狂について
3. 保守労力について
4. 軌道材料について
 - (1) 道床砂利
 - (2) 枕 木
 - (3) そ の 他

III. 泥炭地線路の強化対策とその効果

1. 軌框を強化する方法
 - (1) 重軌条への更換
 - (2) 並設軌条の敷設
 - (3) 枕木の増加
2. 道床を強化する方法
 - (1) 道床厚の増加
 - (2) 碎石道床への更換
3. 路盤を強化する方法
 - (1) 路盤の締切
 - (2) サンドパイル工法
 - (3) セメントモルタル注入
4. そ の 他
 - (1) アンチクリーパー敷設
 - (2) 匍進防止杭の打込み
 - (3) 枕木素材の取付

IV. 結 び

I. 概 説

鉄道線路の軌道材料の損傷、軌道狂いの発生、または列車の動揺にもつとも大きな影響を及ぼすものは、路盤の良・不良であることは言を俟たない。特に泥炭のよう

に極く軟弱な地盤の上に作られた線路はこれらの影響が顕著に現われるので、これら線路に現われる悪質な特性と、それを排除し又は軽減する対策工法並びにその効果について記し、参考に供したい。

1. 泥炭地の分布

泥炭地は我国においては、東北地方、北海道にもつとも多く分布し、まれには関東地方以南にも「谷地」と称せられて散在している。北海道における分布状態を更に詳細にみれば、その上を通る鉄道線路の延長は約 780 km に及び全線路延長の 20% にも達している (表—1)。またこれを面積でみると 2,500 km² で、北海道全面積の凡そ 3% にあたる。

2. 泥炭の物理的性質

泥炭の物理的諸性質を既往の調査資料又は文献から収録すれば表—2 のとおりである。

3. 泥炭の断面構造

旭鉄管内における泥炭地の断面構造の例を図示すれば図—1 のとおりで、現在まで判明したものの中で、その最も深いものは 18 m 以上に達している。

II. 泥炭路盤が線路に及ぼす影響

線路の強さの検討は、H. Zimmermann 氏にはじまり、その後諸先輩の研究によつて今日の計算式が確立されたが、いづれも線路の静力学的な解法であつて、最近国鉄で研究している動力学的な強さの解法とは異つた数値を得るかも知れないが、いづれにしても路盤の強さが過少に評価されていたように考えられる。とくに、繰返し荷重のかかる場合、振動する荷重のかかる場合、又衝撃を含む荷重のかかる場合等には泥炭地のみならず一般の土でもその安定度が低下するために強度が低下するであろうと考えられ、これはよく現場でも経験するところである。しかし、土に関するこれらの諸問題は非常に複雑で、しかも実験方法も難しいので、ここでは単に現場の実態を記し、軌道の狂い、その保守労力、又軌道の材料にどんな影響を及ぼすかについて説明したい。

1. レール面の沈下について

線路上に機関車がのつたとき、レール面の沈下状態はどうなるか、又繰返し列車荷重がのつたときにどうなる

表-1 北海道泥炭線路延長調

線 名	線路延長 (km)	泥 炭 線 路 延 長 (km)	パーセ ント	線 名	線路延長 (km)	泥 炭 線 路 延 長 (km)	パーセ ント
函 館 本 線	605.572.58	96.800	15.8	標 津 線	116.878.00	20.500	17.5
留 萌 本 線	66.720.00	7.200	10.8	広 尾 線	83.960.00	9.500	11.3
羽 幌 線	65.000.00	2.720	4.1	江 差 線	79.735.00	990	1.2
深 名 線	121.632.79	13.000	10.7	松 前 線	45.240.00	1.000	2.2
宗 谷 本 線	259.027.54	123.900	47.8	瀬 棚 線	43.180.00	18.100	37.6
天 塩 線	37.820.00	36.000	95.2	岩 内 線	14.940.00	1.000	6.7
北 見 線	149.998.60	63.600	42.4	手 宮 線	2.590.00	0	0
興 浜 北 線	30.410.00	4.000	13.2	札 沼 線	62.660.00	45.300	72.3
興 浜 南 線	19.844.55	1.000	5.0	千 歳 線	62.230.00	7.500	12.1
名 寄 本 線	142.690.40	30.100	21.1	幌 内 線	20.760.00	1.000	5.0
石 北 線	180.267.65	9.650	5.3	歌 志 内 線	14.480.00	1.500	3.5
富 良 野 線	54.811.92	9.100	16.6	室 蘭 本 線	298.703.00	39.200	13.1
渚 滑 線	34.280.00	4.000	11.7	担 振 線	90.201.00	21.500	23.8
湧 網 線	89.815.98	15.650	17.4	富 内 線	45.480.00	2.500	5.5
網 走 本 線	193.770.00	47.830	24.7	万 字 線	23.690.00	2.000	8.4
釧 路 線	166.202.40	55.200	33.3	日 高 線	144.365.00	8.000	5.5
相 生 線	36.800.00	700	1.9	夕 張 線	50.419.00	8.000	15.9
根 室 本 線	449.647.00	69.400	15.4				
士 幌 線	75.990.00	3.600	4.7	計	3,985.812.41	781.040	19.6

鉄 道 管 理 局 別 泥 炭 線 路 延 長 調

釧路鉄道管理局	934.075.00	190.130	20.4	青函鉄道管理局	226.650.00	34.240	15.1
旭川 "	1,433.225.41	390.170	21.6				
札幌 "	1,391.862.00	237.500	17.1	計	3,985.812.41	781.040	19.6

表-2 泥炭の物理的諸値一覽表

調 査 項 目	測 定 値	記 事
真 比 重	1.37~1.45 1.8 1.5 以下 1.4	北大 眞井氏測定 新篠津, 美唄, 美原, 生振泥炭 ① 風化する低位泥炭 } 上野正夫氏著 ② 高位泥炭 } 基礎地盤の力学 士別泥炭
間 隙 率	1.26~1.46 92.6~97.7% 90~70%	泥炭質 渡辺貫著 上質工学 ①に同じ ②に同じ
收 縮 率	57.8~78.2%	①に同じ
透 水 係 数	7.47×10^{-5} cm/sec 1.38×10^{-5} cm/sec 1.86×10^{-5} cm/sec	士別泥炭 " 新篠津

凝 集 力
剪 断 強 さ
路 盤 係 数

$5.68 \times 10^{-5} \text{cm/sec}$
 $1.16 \sim 1160 \times 10^{-5} \text{cm/sec}$
 $263 \sim 2110 \times 10^{-5} \text{cm/sec}$
 $0.05 \sim 0.1 \text{ kg/cm}^2$
 0.05 kg/cm^2
 0.1 kg/cm^3
 $0.14 \sim 0.32 \text{ kg/cm}^3$

新 篠 津

オランダ泥炭土 Soil Science Vd 74, No. 1.
前田一男氏 土と基礎 Vol. 3, No. 10.

剣路泥炭

士別泥炭

〃

〃

北大真井氏測定
生振泥炭

図—1 天塩線 更岸丸松 29.610 km 附近

中間泥炭	cm	60	黒褐色泥炭表層
		90	粗い草根(ヨシ) 介入 $\phi \approx 5 \text{ mm}$ 赤褐色泥炭
		120	次第に黒褐炭に変わり草根は微細
		240	粘土分を含む黒褐色泥炭
		285	ドロ分次第に増加白灰色粘土

宗谷本線 歌内 175.000 km 附近

中間泥炭	cm	20	表層ワラビ, ササ, ヨモギの根
		100	黒褐色, ヨシ生根介入
		190	繊維質茶褐色
		400	繊維質にとむ茶褐色泥炭で, タモ, ハンノキの樹枝が混入している
		450	繊維質(腐蝕度は少い)で黄褐色泥炭ハンノキの樹枝混入

宗谷本線 剣淵 48.500 km 附近

中間泥炭	cm	15	表層, ワラビ, 草根
		45	黒褐色泥炭
		160	繊維質の多い茶褐色泥炭
		210	細繊維質の黒褐色泥炭
		250	ヨシ, 黄褐色粘土交り泥炭
		300	黄灰色粘土交り泥炭
		350	薄茶褐色粘土交り泥炭
		470	黄灰色泥炭交り粘土
		500	粘土

宗谷本線 剣淵 49.400 km 附近

中間泥炭	cm	40	表層(強靱)
		120	ワラビ根介入
		280	黄褐色粘土介入
		320	泥炭交り灰黒色粘土
		400	黒色粘土層介入
		580	腐蝕泥炭
			青白色粘土

宗谷本線 上幌延 198.500 km

中間泥炭	cm	12	ヌマカヤ泥炭
		30	ヌマカヤ, ワタスゲ泥炭
		60	ヌマカヤ泥炭
		90	ワタスゲ, シズコケ泥炭
		180	ヌマカヤ, ワタスゲ泥炭
		210	ヌマカヤ, ワタスゲ泥炭 ツルコケモモ, ヌマカヤ泥炭
高位泥炭		240	サキスゲ, シズコケ, ツルコケモモ, ヌマカヤ泥炭
		440	シズコケ, ワタスゲ, ツルコケモモ泥炭

宗谷本線 間寒別構内

中間泥炭	cm	18	分解不明
		30	ヌマカヤ木泥炭
		60	ヌマカヤワタスゲ泥炭
低位泥炭		160	ヨシ木泥炭
		360	ヨシ泥炭
			粘土

宗谷本線 和寒 49.100 km 附近

中間泥炭	cm	20	やや乾燥した繊維質の腐蝕質(黒褐色)
		36	草の葉木の梢枝を含む(褐色)
		52	樹幹を含む(褐色)
		79	やや大きい植物の葉の繊維が多く混入(茶褐色泥炭)
		86	黒色の細い木の根を含む泥炭
低位泥炭		101	次第に幹の腐蝕が多い(褐色)
		110	暗褐色を帯びて次第に水分をます(褐色)
		151	幹が非常に多いヨシ泥炭
		164	幹がやや多い泥炭
		174	所々に幹を含むモシ泥炭
		181	植物繊維が次第に細い(暗黒色泥炭)
		195	茶褐色で次第に水分少い
		205	暗黒色で繊維少い
		223	所々に草根を有す土は次第に緻密(灰褐色)
			粘土層(黄灰色)

か、について前者を弾性沈下、後者を恒久沈下と考えて、現場について調査すると泥炭の場合はいずれも普通路盤に比して非常に大きい。

(1) 恒久沈下

寒地においては、冬期間に凍結凍上があり、夏期でも日常線路を修繕する場合、班直し作業、線路扛上作業等が随時行われるのでその都度個々に沈下量を測定し、累積することは困難なので、過去 11 年間の道床砂利の補充量から逆に沈下量を推定した。即ち、宗谷本線、和寒—士別間の例によると、年間沈下量は 26 mm となり、普通路盤上に敷かれた線路に比して、約 2, 3 倍となる。

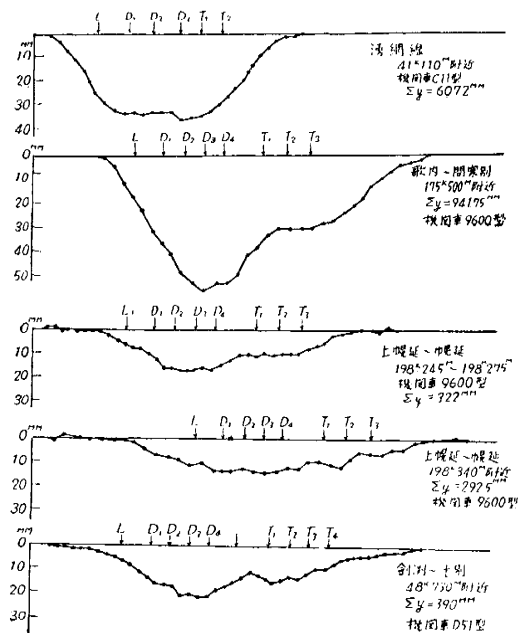
(2) 弾性沈下

これについては下記の方法で測定した。即ち、機関車が線路上にあるとき軌条面は沈下するが、その沈下（前後の浮上りとも）による影響が全くない程充分な距離をとって、軌間外の枕木間にできるだけレールに近く、片側 2 本あて計 4 本の枕（ $\phi=8\sim 10$ cm $L=80$ cm）を打ち、枕頭に水糸又はピアノ線（ $\phi=0.6$ mm）を緊張し釘どめする。この水糸と各枕木の間隔を機関車登載前後に測定し、その差を載荷時の軌条面沈下及び浮上りとした。その成績は表—3 及び 図—2 のとおりで、泥炭線路の弾性沈下は普通路盤上の線路に比して凡そ 10 倍にもなると云える。

参考 泥炭線路の道床係数 C 平均 $= 0.6$ kg/cm³

普通路盤の $C = 6$ kg/cm³

但し道床係数は道床単位面積を単位量だけ沈下させるに要する力を示す kg/cm³。



図—2 軌道沈下測定図

表—3

	使用機関車	総沈下量 (mm)	最大沈下量 (mm)	記 事
泥 炭 地	9600 型 K 相当値 $= 13.5$ 総 重 量 $= 96.4$ ton 最大軸重 $= 13.8$ ton	941.8	56	宗谷本線 歌内～間寒別間 175.500 km 附近 30 kg レール 道床 200 mm 厚 枕木 15 本/10 m 直線
	C 11 型 K 相当値 $= 13.9$ 総 重 量 $= 68.1$ ton 最大軸重 $= 13.1$ ton	606.5	36.5	湧網線 知来～仁倉間 41.100 km 附近 30 kg レー ル 道床 150 mm 厚 枕木 14 本/10
非 泥 地	D 51 型 K 相当値 $= 14.3$ 総 重 量 $= 125.1$ ton 最大軸重 $= 14.6$ ton	102	5.1	石北線 当麻～伊香牛間 16.500 km 附近 37 kg レ ール 道床厚 200 mm 枕木 15 本/10 m 直線
炭 地	D 51 同 上	107	5.8	同 上 " 18.120 km "

2. 軌道狂について

軌道の狂いは保守労力の多寡、軌道材料の種別と良否、列車の運転状態、その他線路の立地条件にも左右され、あなたが路盤の良否のみによつて直ちに數的に判定することはできない。保線の立場からみれば、常に均等な線路の保守が要諦となつているので、狂の多く発生する区間には、保守労力、軌道材料ともに多く投入して、いつでも同じ程度の狂状態に保たれていることが望ましい。従つて単独に線路の狂のみを測定して比較判定することは危険がある。後にのべるように軌道材料、保守労力とともに検討する必要があるが一応、泥炭地、非泥炭地の軌道狂を比較すれば、軌間、水準の狂の差は極く少なかったが高低の狂は2倍以上に達している表—4。即ち非泥炭地平均3.7に対し泥炭地8.6で格段の相異がある。

表—4 軌道狂指数(P)推移表

狂種別 路盤	軌間	水準	高低	通り	平均	測定 (年月)
泥炭地	0.8	0.1	28.9	4.7	8.6	29.8
非泥炭地	0	0.7	10.4	8.2	4.8	〃
泥炭地	1.2	2.1	21.5	9.6	8.6	29.10
非泥炭地	0	0	8.0	2.3	2.6	〃

次に軌条の匱進についてみると、夏期気温の上昇する5～8月が最も多く、冬期間には終息するが、年間累計匱進量は1.7m(宗谷本線釧路～士別)で、こうした現場では間断なく軌条遊間整正作業をしなければならないのである(図—3)。

列車の動揺状態を梅北式(P-3型)3成分の加速度計で測定したが泥炭地、非泥炭地の差は認められなかった。これは泥炭地の軌道の整備状態が特に良かったためのものである。しかし既往の文献によれば車両走行中の偏倚は大であると云われている(ハラド式軌道偏倚計による測定)。

註 軌道狂指数Pの説明

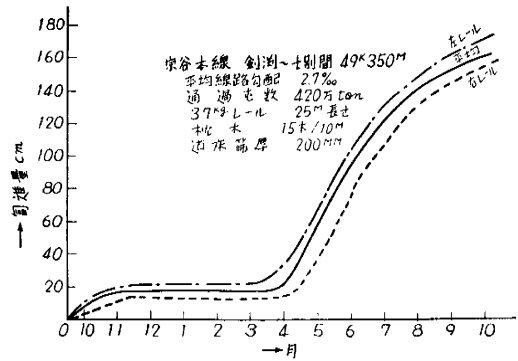
軌道狂を、軌間、水準、高低、通りのそれぞれの項目について適当な間隔で測定すると、一群の狂の数値が得られる。この数値群の分布が正規分布をしているものとする。

平均値m、標準偏差σを算出し、±3mm以上の狂が存在する割合を%で示したものを軌道狂指数Pとする。

$$P_1 = \int_{+3}^{+\infty} \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{(x-m)^2}{2\sigma^2}} dx \times 100$$

$$P_2 = \int_{-\infty}^{-3} \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{(x-m)^2}{2\sigma^2}} dx \times 100$$

$$P_1 + P_2 = P$$



図—3 軌条匱進累計図

3. 保守労力について

軌道狂、軌道材料の損耗が甚しいので、保守労力も当然増加される。表—5。昭和29年度の調査によれば、前記表—4のとおり軌道狂は泥炭地の方が低下している

表—5

路盤 作業種別	泥炭地 (人時/km年)	非泥炭地 (人時/km年)
軌条作業	16.4	10.1
縦目	579.3	103.8
軌間	64.0	60.9
枕木	192.7	86.7
道床	848.0	536.6
路盤	114.1	151.1
計	1814.5	1150.4
パーセント	158	100

にもかかわらず、これに要した保守労力は58%も多くなっている。とくに縦目作業の5.6倍(軌条匱進による遊間整正)、枕木作業の2.2倍(軌条匱進による枕木の直角、間隔整正)、道床作業、軌条作業の1.6倍が目立っている。なお線路の狂の整備度を非泥炭地なみに行うとすれば、この時の保守労力は更に増加することは明らかである。

4. 軌道材料について

(1) 道床砂利

過去11箇年間の砂利の補充量の実績値(表—6)が示すとうり、泥炭地では非泥炭地に比し凡そ2.2倍に及んでいる。これらはいづれも路盤内にめり込み、或は保守上の損耗となるためである。なお本調査区間は開業後40年を経過しているので、道床砂利のめり込み深さも、軌条面から1.3mに達し路盤も相当に圧密されているが開業の新らしい、宗谷本線間寒別附近、北見線、鬼志別附

表—6 泥炭地非泥炭地道床補充
砂利量比較表 立米/km年

宗谷本線 釧淵—士別 泥炭地
塩狩—和寒 非泥炭地

路 盤 年度別	泥 炭 地	非泥炭地
昭和 19 年	66	39.5
20	55.5	16.9
21	28.9	47.3
22	11.6	20.6
23	26.6	13.7
24	30.1	18.3
25	54.6	26.5
26	98.6	16.0
27	40.8	11.4
28	46.7	18.3
29	37.5	29.7
計	565	258.0
平 均	51.4	23.4
比 率	220	100

近について調査すれば更にその差は顕著で、2.3 倍増にもあたる。

(2) 枕 木

枕木の使用実績は、その年に割当配分された数量によつて左右されるので変動が多く、現場の要求する数量を正確に把握することは困難であるが、同一線区、同一分

表—7 泥炭地非泥炭地年度別
枕木使用実績 本/km

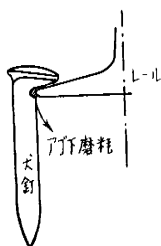
年 度 別	(下 釧 淵) 泥 炭 地	(和 寒) 非泥炭地
昭和 24 年	218	179
25	273	166
26	265	232
27	200	210
28	140	201
29	200	171
計	1296	1159
平 均	216	193
比 率	112	100
昭和 29 年 度 現在枕木不良率	13.1	12.6
比 率	104	100

管内では、ほぼ均等に保守されているものと考えて、過去 6 箇年間の統計値から推定すれば、泥炭地線路に敷設された枕木の損耗は、非泥炭地に比較して 12% 増となっている表—7。この主因となるものは、前記のように泥炭地の線路は匍進がとくに多く、このため軌条と枕木の直角、枕木間隔の狂が誘發され、又継目部枕木の割裂によるものも少くないようである。

(3) そ の 他

最も顕著に現れるのが道床砂利と枕木の損耗である

が、このほか犬釘とレールの滑動による犬釘のアゴ下磨耗 (図—4) も増大し、直線区間において、0.7~1 mm/年 となり非泥炭地のそれに比して非常に多い。又、軌道の波動、匍進は継目板、同ボルトの損傷をも促進し、これらは非泥炭地に比較して 20% 増となっている。



図—4

III. 泥炭地線路の強化対策とその効果

以上のべたとおり泥炭路盤は非常に軟弱であるため、軌道の狂、保守労力、及び軌道材料の損傷割合等何れも非常に多い。軌道の保守上これらの悪質特性を排除し、或は軽減するために、軌框を強化する方法 (軌框とはレールを犬釘で枕木にとりつけたものを云う)、道床を強化する方法、路盤を強化する方法の 3 通りが考えられる。そのうち軌框を強化する方法としては、重軌条への更換、並設軌条の敷設、及び枕木が増加があり、道床強化工法としては、道床厚増加、道床の砕石化があげられる。又路盤の強化方法としては、セメントモルタル注入工法、路盤の締切工法、及び砂坑、砂壁施設法がある。その他匍進防止対策として、匍進防止杭の打込み、枕木繋材の取付け、アンチクリーバーの敷設が考えられるが、一応効果の判明したものについて以下詳述する。

1. 軌框を強化する方法

この工法は軟弱地盤のために軌道にあらわれる諸種の悪性をレールの剛性により一部を負担させ、或は枕木の増加により上部圧力の均等分布をはかりあわせて三軸方向への抵抗を増大させて、保守労力、軌道の狂の軽減を目的としたものである。今レールが一様に拡がる弾性承体の上にあるものとするとその沈下量は

$$y_0 = \frac{P}{\sqrt{64EI}u^3} \quad \text{で示される}$$

但し

y_0 = 沈下量 cm

P = 荷重 kg

E = レール弾性率 kg/cm²

I = レールの弾性 2 次モーメント cm^4

u = 軌道の弾性係数 kg/cm^2

(軌道を単位深さ沈下させるに要する軌道単位長さの上の重量)

簡単には

$$u = c \cdot b \cdot l / 2a$$

c = 道床係数 kg/cm^3

b = 枕木巾 cm

l = 枕木長 cm

a = 枕木間隔 cm

したがって y を小にするためには $E I u$ を大にするか P を小にすることである。 P を小にすることは輸送の要請から考えられないので u を大きくするのが最も効果的である。しかるに u は上式で示すとおり c, b, l 及び a に左右されるから u を大きくするためには、枕木寸法を大にするか、道床係数の増大をはかるか、或は枕木間隔を小にすることである。ここに軌框を強化する工法として採用したのはこのうちの I を増加するか、 a の減少により y の減少をはかつたものである。

30 kg レールのとき $y = P / \sqrt{64 E I u^3}$ を 100 と

すると

37 kg " 0.89

50 kg " 0.70

枕木 1 本増加 30 kg レールのとき 0.95

" 3 本 " 0.83

並設軌条 (30 kg レール) のとき 0.81

となる。

但し 道床係数 = 2 kg/cm^3 枕 木 幅 = 20 cm

枕 木 長 = 210 cm 枕木間隔 = 71 cm^4

$E = 2.1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$ $I_{30} = 1774 \text{ cm}^4$

$I_{37} = 952 \text{ cm}^4$ $I_{50} = 607 \text{ cm}^4$ とし並設軌条の

場合は枕木が充分良質で犬釘の支持力も充分で基本軌条と並設軌条とが完全に一体となつて仿くものと仮定した。

即ち沈下は 50 軌条では 30%，37 kg 軌条では 11%，枕木 3 本増で 17%，1 本増で 5% 減少することがわかる。

(1) 重軌条への更換

昭和 29 年 6 月，宗谷本線剣淵—士別間 48.500~49.000 km， $L=500 \text{ m}$ ，直線，レールの区間に従来の 37 kg 25 m レールを 50 kg 12 m レールに更換し，その効果を調査した 図-5、表-8。匏進については 図-4 にみるように 720 mm が 130 mm に激減し，僅か 1/5.5 にとどまっている。このほか匏進量が減少すれば枕木の移動，道床砂利のゆるみも減少し，軌道の不陸，道床肩くづれ等の悪影響も少い。軌道狂は殆んで同等であつたが短かい古軌条を使用したので高低と水準狂が多少多い様であつた。保守労力についてもその効果は顕著で，50 kg レー

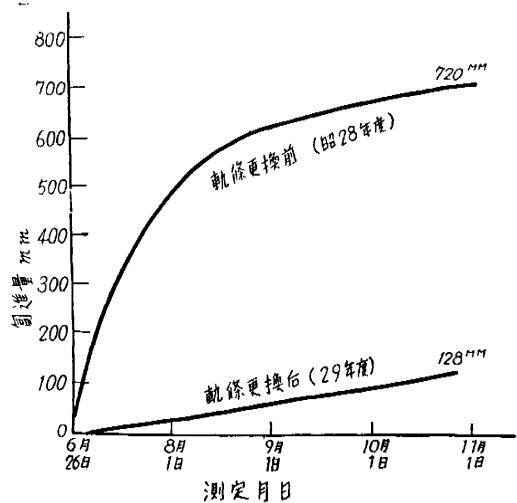


図-5 重軌条更換前後における匏進量比較

表-8 保守労力比較表

種 別	37 kg レール (人日/年)	50 kg レール (人日/年)	摘 要
軌条作業	13	10	調査延長 = 500 m うち 37 kg レール区間 遊間整正 33.5 人日 50 kg 19 人日
縦目 "	38	19	
軌間 "	6	5	
枕木 "	13.5	10.6	
道床 "	100.5	8.1	
計	171	125.6	
比	1	0.73	

ルに更換後は 27% の減少を示している。継目作業のうち遊間整正に要した労力が 33.5 人日 から 19 人日に減少しているのが目立つ。これも匏進量が 1/5.5 にへつていることからみて，一回の遊間整正量が少く，軌条の張り出しその他に対する安全度ははるかに向上していると云える。軌道材料については，その損耗速度が遅いので，短期間の調査で論断することは困難である。何れにしても重軌条更換は軌道の狂，保守労力の減少が顕著で，路盤不良による軌道保守費の増大を抑制する一方法として，手取り早い対策工法であると云うことができる。

(2) 並設軌条の敷設

この方法は両側の本軌条の両外側に同種類の軌条を各枕木に締結して並設するのであるが，昭和 26 年 4~8 月，宗谷本線 49.700 km (剣淵—士別間) 及び 175.000 km 附近 (雄信内—問寒別間) に敷設調査したが，その結果は軌道延長 100 m に対する保守労力が 127 人時で施行前の 292 人時に対し 1/2 以下になつている。之は北海道の平均 128 人時に対し僅か少く，多少なりと線路状態が平均

よりもよくなったとも云える。又軌条の匳進も 250 mm/年 から 40 mm/年 と約 1/6 に減少している。しかしこの方法は冬期の除雪、挾木作業に著しく不便で、夏期の搦固め作業にも要所を搦くことが困難で、作業能率も低下するのであまり推奨できない。

(3) 枕木の増加

これは古くから行われて来た対策であるが、最近では殆んど現在以上に増加することが考えられず、又工費の割合に効果がうすいので、現在ではあまり行っていない。

2. 道床を強化する方法

(1) 道床厚の増加

宗谷本線 49,000 km 及び生振泥炭についての調査によれば 15 cm, 30 cm, 45 cm と道床を増加することによつて路盤係数が 0.116 kg/cm³ から 0.181 kg/cm³, 0.223 kg/cm³, 0.264 kg/cm³ となり夫々 56%, 92%, 128% の増加となるようであるが、現在の泥炭地の線路においては、道床厚 1.0 m 以下の場所は稀であつてこの工法も古い線路には余り効果的でない。

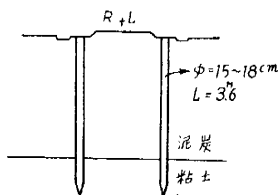
(2) 道床の碎石化

これは従來の篩つた川砂利を碎石に更換する方法であるが、枕木の移動に対する抵抗を増すことと列車荷重に対する支持力を増すことにより相当効果が期待される。宗谷本線 42,500 km 及び 49,500 km 附近 (和寒—士別間) での昭和 26 年の調査によれば 100 m の保守労力が、1818 人時に対し、505 人時と 77% の減少となり、軌条の匳進量も 5~9 月の間では約 1/3 に減じ、8~11 月の夏期最も線路の落ついた期間には、800 mm から 30 mm と殆んど滅殺されている。この方法は当局の管内として、できるだけ採用範囲を広めたいと思つている。

3. 路盤を強化する方法

(1) 路盤の締切工法

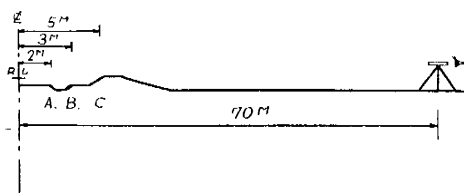
列車通過中の路盤振動伝播を中断させ、又含水量の急



図—6 締切工断面図

激な逸散を防止し、あわせて泥炭路盤の圧密効果と、急速な恒久沈下をねらつて成るべく築堤の低いところを選定し、施工基面上両側に古並枕木又は太鼓落しの丸太で締切工を施行した。天塩線更岸丸松間 30,400 km, $L=110$ m, 松丸太, $L=3.6$ m, $\phi=18\sim15$ cm, レール 30 kg 3 種, 枕木 14 本/10 m, 直線, 道床並砂利, 厚 150 mm, 上記個所に松丸太を施工基面上に一列に密着させて打込む。

機関車登載時の路盤の沈下状態を締切工施行前後について測定した結果は次のとおりである。



図—7 機関車登載時の路盤沈下測定
天塩線 更本—丸松間 30,400 km

位置	締切前 (96型)			締切後 (C12)
	時間 1分後 (mm)	時間 2分後 (mm)	時間 3分後 (mm)	列車通過中
A	3.5	4	4.5	
B	3	4	4	0
C	3	3	3.0	0

なお保守労力についてみれば、表—9 のとおりで、列車通過時の振動の伝播範囲が締切により、締切工内に限定され、年間の恒久沈下量も 40 mm から 150 mm に凡そ 4 倍にも達し、路盤の沈下が甚しい。しかし工事施行後 1 箇年を過ぎた今日では次第に沈下量も漸減し、路盤の安定と相俟つて軌道狂の減少が目立っている。このため軌道整備に要する保守労力も 48% にとどまり、とくに軌間、通り、班の狂の発生が減少している。

表—9

作業種別	前後別		摘 要
	施行前	施行後	
軌間作業	368	150	100 m 当り 1 ヶ年間単位人時
通り直し	440	200	
班直し	825	429	
計	1633	779	
比	100	48	

(2) サンドパイル工法

軟弱路盤の強度増加工法の一策として最近サンドパイル工法が広く施行されるようになって来たが、泥炭地の線路にもこの工法を採用して、軌道に及ぼす影響を軽減するのが目的である。一般にこの工法は、透水性の悪い粘土層の圧密を促進させる安定工法で、あらかじめ木又は鉄杭を打ち、その孔に砂を充分填充する工法で、施行する前に試験杭を打ち、周囲の圧密と含水量、及び貫入度試験により、地耐力が増加することが判明したので、この工法を採用したものである。北見線、幕別—声間 137,433~137,473 km, $L=40$ m, 両側 (A 区間) 128,947~129,040 km, $L=93$ m, 片側 (B 区間) 砂杭, $\phi=26$ cm, $L=3.000$ m 打込位置路盤肩各枕木間、施行理由としては、

泥炭地盤で路盤の恒久沈下が多く、加うるに附近の地形上線路左右の泥炭深度が異なるので片側沈下が多く、このため軌道狂が誘発され線路の保守上困難を極め、所謂「難現場」とされていたものであるが切断調査の結果、線路左右の泥炭深度の差と密度に差がみとめられたので、補強対策として本工事をを行ったものである。本工法施行後の効果としては、表-10に示すとうり、昭和29年度中は施行前後ともに狂の発生が大で、保守労力も多

表-10 保守労力比較

施行 前後 作業 種別	区 間				記 事
	A 区 間		B 区 間		
	施行前 (人時)	施行後 (人時)	施行前 (人時)	施行後 (人時)	
線路扛上	9	10			調査期間 4～6月ま で3ヶ月 間
疵 直 し	28	36	142	128	
軌間整正	9.8	6	12.8	14.9	
遊間整正	8.9	8	12.7	24	
通り整正	5.2	1.4	3.1	3.1	
計	60.9	60.4	170.6	170	

く要していたが、一定の落付き期間を経た最近の保守労力は次第に軽減されているようである。軌道の恒久沈下量をみれば従来年間50mmも沈下し毎年又は隔年に線路扛上を実施しているが、工事施行後は急に減少し7月現在で20mmの沈下にとまっている。A区間の線路扛上が工事施行後もあるのは未施行区間(前後)の扛上のため取付けとして施行されたものである。又通りの流れは従来凡そ40mm/年であつたものが15mm/年にとまっている。勿論片下りの影響による水準狂もみられない。施行に際して反省させられたことはパイル数は密なる程よいが、工費と効果をならみ合わせて決定すべきこと。杭径は充分太くすること。線路内に打込む場合は道床砂利のめり込み量の少いところに行くこと。新線の施設、工作物を建造する時に予め本工事を施行すればその効果が特に期待されることなどである。

(3) セメントモルタル注入

これは道床砂利の直下部にモルタルを注入硬化させて、地耐力の増加を期待したのであるが、軌道の狂を多少減ずることはできたが切断調査の結果は、モルタルが期待したように硬化せず、しかも泥炭の弱い部分にのみ注入され一様に入らず、加へて工費も前2者に比して大となるので試験にとまてている。

4. その他

(1) アンチクリーパーの敷設

泥炭地線路の匍進は異常に大きく、しかも継目枕木はもとより中間の枕木も共に移動するので、枕木と軌条と

を固定し、道床抵抗により匍進を防止する方法で、匍進の防止は勿論保守労力の軽減も判然と現れている。

アンチクリーパー敷設前後の匍進量比較は図-8のとうりである。次に保守労力についてみれば表-11、アンチクリーパー敷設前に遊間整正後10~20日間に急激に匍進しその量は100~150mmにも達している。勿論遊間整正後は枕木位置の移動により道床の弛緩、つきかため、打ち締め程度により道床抵抗の変動も手伝つて起きるもので、一部止むを得ないものとも考えられるがアンチクリーパー敷設後は凡そ50mmで、1/3に減少している。匍進が激減するために、遊間整正も2~3回/年を要したものが0~1回/年に減じ、匍進にともなう駅構内分岐器のねじれ、班の発生、その他軌道狂も減少するこ

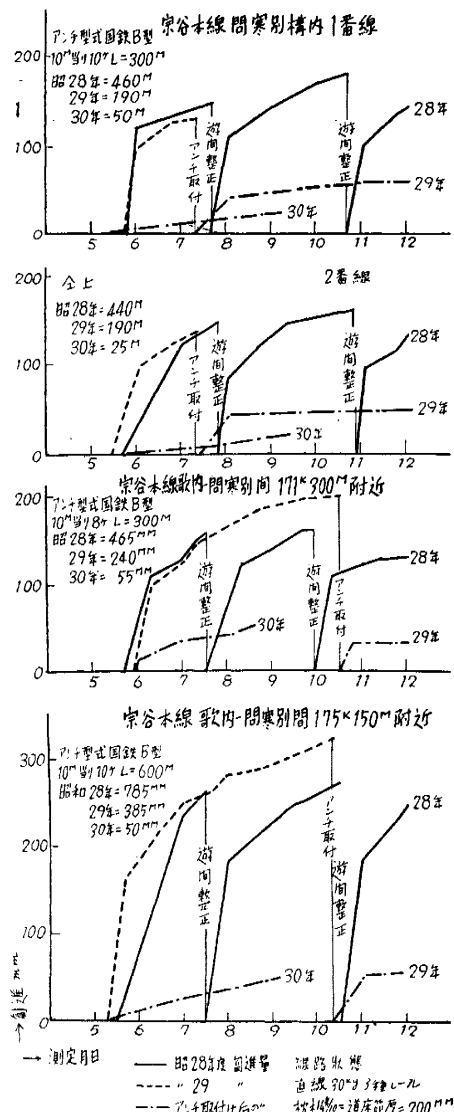


図-8

表—11 保守労力比較表

アンチ取付前後別 場 所	取付け前 (人時)	取付け後 (人時)
間寒別構内1番線	55 (13)	21 (19)
〃 2 〃	55 (10)	21 (19)
171.300 km 附近	72 (42)	38 (24)
175.150 km 附近	90 (51)	0
計 (L=1.500 km)	272 (116)	80 (62)
比	100	29.4

但し () は人夫を示す。

とは明らかである。労力については、アンチクリーパーを敷設することにより凡そ70%も減少している。即ち泥炭地路盤、あるいは他の原因によつても、匍進の過大な区間にアンチクリーパーを敷設することは誠に良策である。

(2) 匍進防止杭の打込み

これも古くから用いられていた工法であつて泥炭のみならず各所の匍進の多い箇所に施して良好である。その効果も相当大きいと考えられているが、昭和26年の調査(宗谷本線剣淵—士別間、49.800~50.000 km)によれば、匍進量が1/20にも減じた例があり、比較的硬くしまった泥炭地等では相当効果が期待される。

(3) 枕木繫材取付け

これは枕木の移動を防止するために、軌条の直下部に、木材の枕木間隔材をとりつける方法であるが、その目的には凡そ添うことができたけれども、一般軌道修繕の場合に、最も搦固めを充分に行うべき所に取付けられるので、作業上支障が多く、現場作業員の反対意見が多かつたので現在では採用していない。

なお前記対策工法について、その費額表を示せば表—12のとおりである。

表—12 各種強化対策工事費額表

細 別 対策工種別	単 位	金 額	軌道延長10 m 当り金額	記 事
重 軌 条 更 換	m	570	5,700	37 kg ルールを 50 kg ルールに更換
並 設 軌 条 敷 設	m	100	1,000	30 kg 古レールを並設
枕 木 増 加	m	120	1,200	枕木 1 本増加
道 床 厚 増 加	m	650	6,500	道床厚 100 m 増加
碎石道床への更換	m	1,350	13,500	篩砂利を碎石へ更換
路 盤 締 切	m	1,450	14,500	古並枕木深さ 1.5 m 打ち
〃	m	1,870	18,700	φ=15~18 cm, L=3.6 m 丸太打ち
サ ン ド パ イ ル 工	m	2,900	29,000	各枕木間路盤面砂利尻
セメントモルタル注入	m	3,100	31,000	
アンチクリーパー施設	ヶ	245	2,450	10 ヶ/10 敷設
匍 進 防 止 杭 打 込	本	70	560	古並枕木 2 ツ切り 継目部枕木 4 ヶ所抱合せ
枕 木 繫 材 取 付 け	m	25	250	工具のみ

IV. 結 び

以上泥炭地線路の特異性と、この悪性を排除すべく試みた路盤強化対策の数例をあげたが、現在強力に進めつつある工法としては、軌框対策としては重軌条更換 (37 kg レールを 50 kg 古レール) で、道床は碎石化を、又路

盤対策としては場所によりサンドパイル、締切工を各々施行し、その他としてアンチクリーパー、匍進防止杭打工を行つている。これらの問題は旭鉄としては勿論、北海道全体としても非常に大きな問題であると思われるので、なお今後基礎調査はもとより、以上の対策工事を強力に推進したいと考えている。