

論 説 報 告

第 29 卷 第 2 號 昭和 18 年 2 月

鐵道線路整備方法の研究(其の 4)

附 車輛の動搖と軌條踏面との關係

正会員 小 林 勝 索*

目 次

- | | |
|-------------------|--------------------|
| 1. 緒 言 | 4. 車輪の磨耗による動搖の防止対策 |
| 2. 車輪磨耗の實状と動搖との關係 | 5. 結 語 |
| 3. 車輪の磨耗による車輛の動搖 | |

1. 緒 言

車輛の動搖は線路の狀態車輛の構造、運轉速度等の如何に依つて起ることは既に述べた通りであるが特に車輪と軌條との接觸状態に依つて甚しく其の程度を異にする事は大體推察される處である。而して其の接觸状態は軌條踏面の形と車輪踏面の形狀との相對的關係に依るものであるから、先づ此の關係と車輛動搖との關聯性を明にする必要がある。

然るに元來車輛に関する事柄は機械技術者の領域であり軌條の形狀に關する事は土木技術者の専間に屬する事項であるため、各々其の領域内に於ける獨自の研究には見るべきものがあるが、兩者の相對的關係の研究は未だ取残されて居る憾がある。

既に述べた様に車輛の動搖を線路保守の對照とする立體的保守體形に於ては當然此點に斧鉄を加へる必要がある、然し乍ら此の問題を根本的に解決するには其の根幹である車輪及軌條の形狀、就中車輪踏面の勾配、軌條頭部の形狀等製作上の基本を再吟味し其の基準を先決しなければならないのであつて今後當然進むべき道であり、亦進まなければならぬ道ではあるが此の研究は相當長時日を要する問題であるから後日の調査に譲ることゝし、茲には専ら現在鐵道省で使用して居る車輛及軌條そのものに就いて線路整備の觀點から其の對策を述べて見度い。

2. 車輪磨耗の實状と動搖との關係

列車に添乗して窓外から各車輛の動搖状態を観察すると、車に依り其の状態が甚しく相違する事は周知の事實であつて、特に動搖の多い車輛を停車時に調査すれば何れも車輪の磨耗が相當進行した車輛なることが判る。

昭和 16 年 4 月から 5 月の間に北陸本線福岡 - 高岡間、米原起點 220 km より 222 km 間で車輪の磨耗程度と動搖との關係を調査した結果は表-1 の通りである。

本調査の結果から次の様な現象を窺知出来る。

- (1) 車輪の磨耗の小さいものは車輛の動搖が少く磨耗が増大するに従つて動搖も増加する。
- (2) 磨耗高 1.5 mm 以上になれば動搖が著しく増加する。

* 札幌鐵道局施設部保修課長

(3) 線路の直線部を磨耗した車輪が高速度で通過する場合は蛇行を生じ動搖が甚しくなるが曲線部では蛇行が少いため大なる動搖を見ない。

次に北陸線で實際使用されてゐる一部の車輪に就いて其の磨耗状態を測定して見ると表-2の通りで特に極端に磨耗したものあげて見ると貨車では7mm、機関車では5mm、客車では3mmの状態である。又動搖の甚しい1.5mm以上磨耗した車輛は貨車で61.2%，機関車52.2%，客車25.3%，平均46.2%の多數に上つて居る。

表-1.

測定日	測定車両番号	車輪種別	磨耗量 mm	測定車輪 枚数	磨耗車輪 枚数	割合 %	記事
4/19	633 40	24671	60	10	6	60	最後部
4/19	110 73	21404	25	2	1	50	機関車運転部
4/19	103 90	35264	45	0.5	1	20	機関車運転部
4/19	568 70	24671	65	10	6	60	機関車運転部
4/19	695 71	15591	15	1.0	1	67	機関車運転部
4/19	105 75	21254	40	1.5	0	0	機関車運転部
4/19	502 73	37205	40	10	6	60	機関車運転部
4/19	468 26	24670	0	0	0	0	機関車運転部
4/19	114 70	24715	40	10	6	60	機関車運転部
4/21	103 72	21404	50	6.5	3	46	機関車運転部
4/21	105 72	21404	70	25	8	32	機関車運転部
4/21	103 72	21404	50	10	8	80	機関車運転部
4/21	107 73	37205	30	10	8	80	機関車運転部
4/21	107 73	37205	30	10	8	80	機関車運転部
4/23	103 74	15591	0	0	0	0	機関車運転部
4/26	110 74	24672	30	10	5	50	機関車運転部
5/4	124 75	35263	30	10	5	50	機関車運転部
5/4	227 72	37205	0	0	0	0	機関車運転部
5/4	127 72	37205	30	10	5	50	機関車運転部
5/5	123 70	37205	30	10	5	50	機関車運転部
5/5	114 82	21404	0	0	0	0	最後部
5/5	107 70	21404	30	10	2	20	機関車運転部
5/5	109 72	37205	30	10	2	20	機関車運転部
5/6	107 75	37205	30	10	2	20	機関車運転部
5/6	206 73	21215	10	10	2	20	機関車運転部
5/8	502 82	37205	30	10	2	20	機関車運転部

3. 車輪の磨耗による車輛の動搖

列車の速度が大きい場合、車輪の磨耗した車輛は甚だしく動搖することと屢々實見する現象であるが、其の動搖の状態を梅北式加速度計を用ひ北陸線高岡一福岡間で實測した結果は図-1の通りで線路の直線部に於ては顯著な動搖を見るのであるが曲線部では蛇行が少ないから特に大きい動搖

が到つて少いことが觀取される。此の現象は車輪の磨耗した車輛が直線部を高速度で疾走する場合蛇行運動の爲に動搖が甚だしくなり曲線部では蛇行が少ないから特に大きい動搖が起らぬものと考へられる。

一般に車輪が磨耗すると、図-2の様な形狀となつてA部は殆んど水平に近くなりB部に急勾配の部

表-2. 車輪磨耗状態調査表

昭和16年8月調査

磨耗量	0	0°	1°	1°	2°	2°	3°	3°	4°	4°	5°	5°	6°	6°	7°	7°	合計
車輪数	121	172	277	537	115	89	50	27	13	13	10	7	5	2	1520		
百分率	8.0	11.3	17.5	34.2	10.7	5.7	3.3	1.8	0.9	0.9	0.6	0.5	0.3	0.1	100		
平均	30.8%															100	

機関車

磨耗量	0	0°	1°	1°	2°	2°	3°	3°	4°	4°	5°	5°	6°	6°	7°	7°	合計
車輪数	87	76	102	112	45	34	32	22	4	3	3	-	-	-	-	-	596
百分率	15.1	13.2	18.7	20.7	7.6	6.2	5.7	4.0	0.7	0.6	0.6	-	-	-	-	-	100
平均	47.8%																100

客車

磨耗量	0	0°	1°	1°	2°	2°	3°	3°	4°	4°	5°	5°	6°	6°	7°	7°	合計
車輪数	56	72	47	49	4	5	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	289
百分率	19.4	27.7	23.5	27.1	1.4	1.7	2.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100
平均	26.7%																100

図-1. 車輪の磨耗せる車輛の動搖比較圖

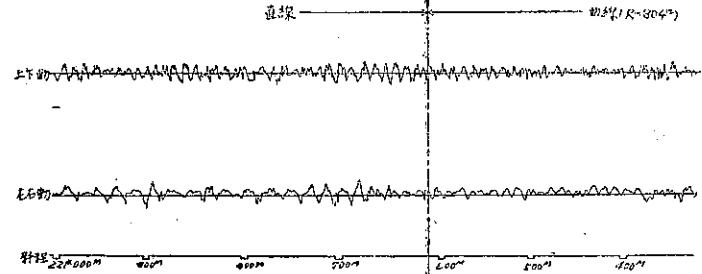


圖-2 外輪の磨耗圖

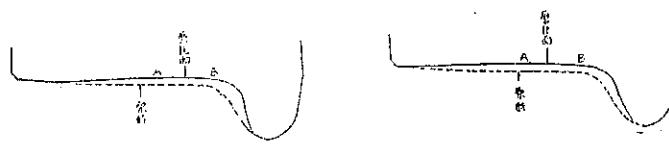
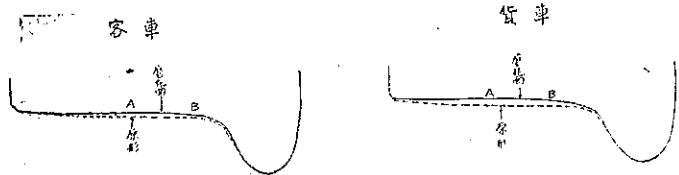


圖-3.

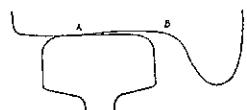
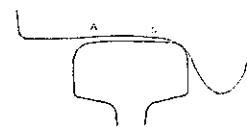
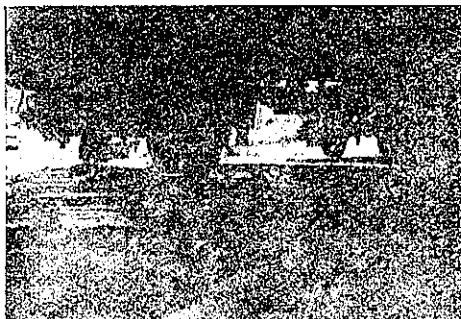


圖-4.

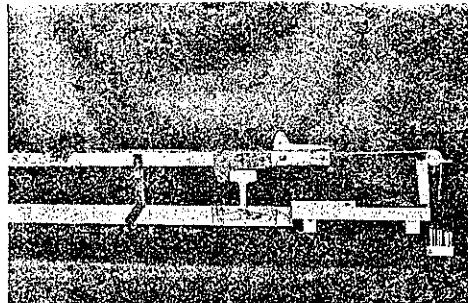


動し殊に小雪又は霜が軌條面に附着して居る時は益々此の傾向を助長する。車輪が軌間の外方へ向つて移動する時は其の惰力で圖-4 及寫眞-1 の様に車輪が浮上り状態となり軌條に乗上る。

寫眞-1.



寫眞-2.



斯様に車輪を軌條の上に押上げるに要する力は左程大きなものではなく、寫眞-2 の様な模型に依つて實験した結果 350 gr の力で上り初め 550 gr で上り切るが、後述の軌條を振り替又は傾斜敷設した場合は相當大きな力を要し振り替の場合は上り始めるに 470 gr、同じ状態に乗り上るに 700 gr の力を要し、傾斜敷設をした場合 1700 gr の力を加へても上り始めない點から見ると、車輪及軌條が共に磨耗した場合は如何に乗り上り易いかが解る。

尚乗り上つた車輪は同じ軸の他の車輪よりは大きい直徑の部分で軌條と接觸するから車輪軸が 1 回轉しても乗り上つた車輪の進行距離が長くなる。従つて車輛は軌條に乗上つて居ない車輪の方へ斜に進行し、他の方の車輪が軌條に乗上る。此の運動が繰返されると蛇行運動の現象となるのであつて、此の場合車輛は左右動を起す許りでなく圖-4 及寫眞-1 の様に両方の車輪が交互に軌條に浮上り大きい上下動を伴ひ動搖は益々増大する。駆間距離の長大な速度の出易い直線部で甚だしい動搖を見るのは主として此の運動に原因するものである。従つて如何に直の無い線路でも車輪が磨耗して居れば此の現象は免れないから、従来の様な線路保守方法では如何に軌道の不整を整正しても動搖が防止出来ない。

分が出来る。此の場合の軌條との接觸状態を極端に現はして見ると、圖-3, 4 の様になり、普通は圖-3 の様に A 部が水平に近くなるから左右に移

現在運行しつゝある列車の蛇行運動の實状を見るに貨車では車輪の削正が比較的寛大な爲運轉速度 45 km/hr 以上の程度になれば蛇行運動を起し客車の削正は稍々厳しくなれば居るが速度が 60 km/hr 以上になれば漸次動搖が増大する。

斯様に蛇行運動が甚だしくなれば、軌間外側の犬釘を押し出し、軌間擴大の傾向を派生するのであつて、時々直線路で軌間の擴大に腐心する現象の見られるのは、此の蛇行運動に原因するものである。

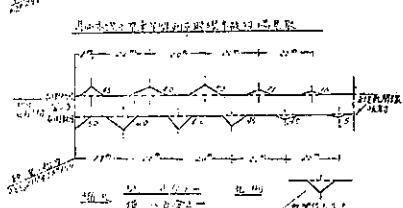
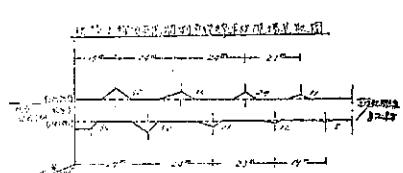
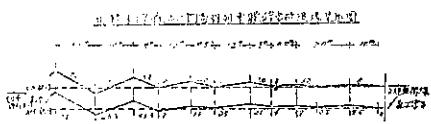
最近發生した下記 3 件の機関車脱線事故は

場 所	発生年月日	機関車型式
北陸線泊一市振間	15. 2. 1.	D 50
高山線千里一速星間	16. 2. 5.	9600
北陸線森本一津幡間	16. 2. 16.	D 51

圖-5.

寫真-3. 森本一津幡間列車脱線事故現場寫真

(1) 千鳥型擴大狀態



(2) 犬釘押し出しの状態



(3) 機関車脱線状態

表-3.

昭和16年9月2日
全線保線事務所
浜坂技工所
高岡保線事務所
機関車脱線事故調査報告

D51/37-

車輪	走行								
左	3.0	1.0	3.0	2.5	1.0	1.0	0.5	1.0	0
右	4.0	2.0	3.0	2.5	1.5	1.0	0.5	0.5	0.5

其の顯著な例であつて當時原因不明として處理されたものであるが本調査に依つて漸く其の全貌が明瞭となつた次第である。本事故は図-5 及び表-3 に示す様に車輪の磨耗の爲、機関車が蛇行し軌間を千鳥形に擴大して遂に脱線するに到つたものであるが、當時此の點に氣付かず機関車々輪の磨耗量を精査して置かなかつた事は甚だ遺憾とする處である。

尙日常機関車乗務員から特に甚だしい動搖を感じ線路状態の調査方を保線區へ通知して来る場合があるが、直ちに點検しても何等の異常も見られないことが常である。昭和16年9月5日北陸線森本—津幡間花園線路班附近で動搖甚しい旨第554列車 D51139号機関車の乗務員から通告に接し、次の2箇列車で動搖を検測すると共に線路を點検したが何等異状を認めず、念の爲機関車車輪の状態を調査せるに表-3 報告書の様に車輪の磨耗が相當進行して居る爲なることが判明した。

尙車輪の動搖を助長するものは車輪と軌條との間に存在する遊間である。遊間が大きくなるに従ひ蛇行が自由となり動搖が著しく増大する。而して此の遊間は軌間と車輪外面間距離の差であつて車輪には製作上或ひは磨耗面を削正する關係上、其の寸法に一定の許容限度が定めてあることは、既に述べた通りである。之等の許容限度の組合せに依つて遊間は種々の値となる。今此の關係を圖示すると圖-6の通りとなり(A)は車輪の許容寸法を示したもので、軌間の基本寸法は1.067mであり4mm迄の縮小と7mm迄の増伸とを許容されて居る。

車輪も軌間も標準のものであれば圖-6(C)の様に13mmの遊間となり許容寸法の組合せに依つては圖-6(B)の様に最小9mmとなり圖-6(D)の様に最大42mmともなり得るのである。

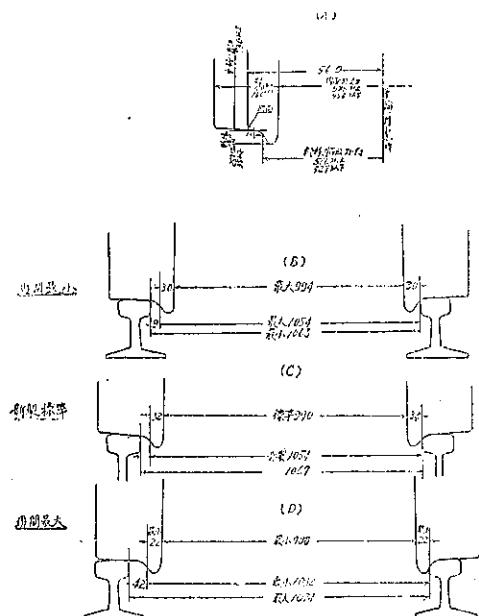
尙車輪には車軸と臺車枠との間に横方向の遊間があつて之が前述圖-6の遊間に加重される爲實際の遊間は益々大きくなり愈々動搖が助長される。

鐵道大臣官房研究所武藏博士は同所發行の業務研究資料第29卷6號に於て機械技術方面から車輪の動搖を研究し其の原因是磨耗した車輪の蛇行動と車輪が軸箱に介して軸箱守を叩く事に原因するものとされて居り、國有鐵道の貨車及客車に依つて實験した結果から動搖防止の対策は車輪踏面の形状を正しく保持すること、車輪と臺枠との間の横方向の遊間を縮減することの2項を擧げて居るが、本調査の結果と其の軌を一にするものであり、更に研究の歩を車輪と軌條との相對的關係へ進められる様、希望して止まない。

尙車輪の磨耗した車輪が高速度で運轉すれば蛇行動を起し動搖が急激に増加することは既に述べた通りであるが車輪が磨耗して居ても軌條踏面の如何に依つては動搖を起さない場合がある。之は軌條更換直後の動搖が減少する事實に依つても明であつて以下此の現象を吟味して見度い。

軌條は車輪と同様に次第に磨耗して行くが磨耗の進行状態は原形と相似形に進むものではなく或年数を経過するると頭部の大部分が一定の傾斜を持つた磨耗面となる。今軌條頂部磨耗面の傾斜の状態を見る爲北陸本線敷設の

圖-6.



37 kg 軌條に就いて頭面の幅を八等分して中央寄 5ヶ所で軌條踏面傾斜の状態を測定し其の平均値を擧げて見ると圖-7 の通りである。

傾斜の測定方法は圖-8 及寫真-4 の示す様に定規甲は鋼製で其の重心を測定點 A 上に置き、定規の靜止を俟つて水平定規乙とのなす傾斜を測定するものである。

斯様に減耗した軌條は其の頭部全面が光つて居り此處に磨耗の甚だしい車輪が來た場合は前述の様に車輪は蛇行運動を起し、動搖が急激に増加するが、軌條を新品と更換した場合は車輪踏面の急勾配の部分で接觸して居るから、左右車輪の復元力のために左右の運動が制限され大きな蛇行動は起らないことになる。斯様な場合は車輪は常に圖-9 の B 點丈で軌條と接觸して居るから軌條頭部は軌間側の一部丈が光つて居る。此の光る部分を軌條の照りと名付けると、軌條の照りは此の場合軌間内の一丈である。又軌條丈磨耗し車輪が磨耗して居ない場合も圖-10 の状態となり、大陸圖-9 の場合と同様になるから、大きな動搖は起らない譯である。尙車輪が磨耗して

圖-7.

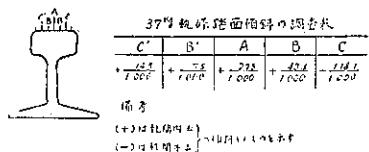
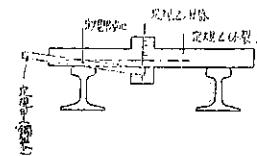
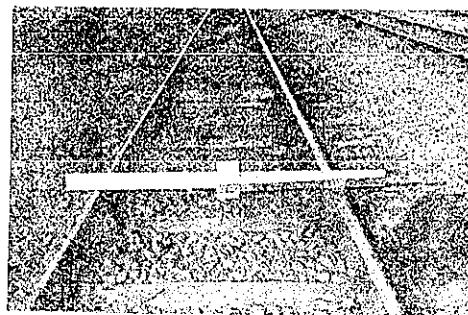


圖-8.



寫真-4.



居つても軌條を軌間内へ傾斜すれば圖-11 の様に車輪が左右に移動しても B 點で接觸しないで直接 C 點で接觸するから車輪浮上りの現象を生ずることなく動搖は誘發されない。此の場合車輪は常に軌條踏面の軌間の外側で軌條と接し從て照りは此の部分に限られる。

以上何れの場合でも車輪の磨耗した車輪に動搖を起させない様にするには、軌條の照りを少し車輪との接觸部を軌條の一部に限定する様な方法を講じなければならない。殊に圖-11 の様に照りを軌間の外側に集中する様にすれば最も效果的である。

以上述べた車輪と軌條との接觸状態を判り易く模型で示すと寫真-5 の通りで、本寫真的軌條は實物を使用し車輪は實物から寫し撮つた模型であつて此の關係が明瞭に判る。

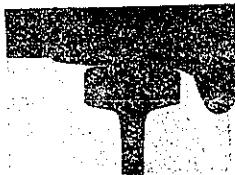
次に上述各項の實例を擧げて見ると圖-12 は軌條が軌間内方へ 1/30~1/40 の勾配で小返りを生じて居たものを其儘軌條の振替をした箇所の成績で、梅北式加速度計を使用し工事施行前後の動搖を測定したものに軌條の照幅と鋼棒轉倒の状態を附記したのであるが、照幅は減少せず從つて左右動の防止に何等の效果無く鋼棒轉倒の状態にも見るべきものが無かつた實例である。

圖-13 は軌條が水平に敷設されて居る場所を撰定して振替を施行したもので振替後は照幅が減少し左右動防止の效果が相當良好で、鋼棒轉倒の状態も良くなつた實例である。軌條の底面を軌間内に向つて傾斜敷設換することに依つて動搖を防止し得ることは既に述べた通りであるが、圖-14 は既に軌間内方に 1/25~1/30 の傾斜を

写真-5.

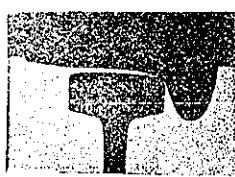
No. 1. 車輪及軌條磨耗
(其の 1)

正位のとき



(其の 2)

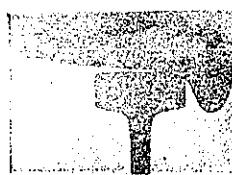
車輪が軌條と接し乗り
上りたるとき



No. 5.

軌條のみ磨耗

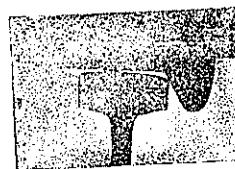
車輪が軌條に接する
も乗り上げ難きとき



No. 6.

軌條のみ磨耗

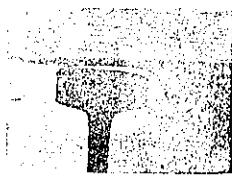
軌條を1/20傾斜したた
め車輪が軌條に接するも
乗り上げ難きとき



No. 2. 軌條及車輪磨耗

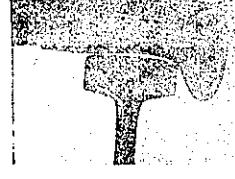
(其の 1)

軌條底面を1/20傾斜
した場合の正位のと
き



(其の 2)

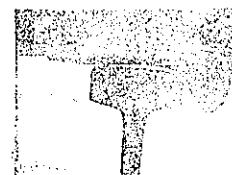
軌條底面を1/20傾斜した
る場合の車輪が軌條に接
するも乗り上げ難きとき



No. 7.

軌條のみ磨耗

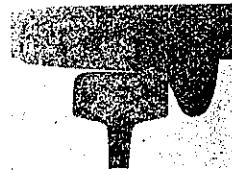
軌條を振替たるため軌條が
車輪の勾配線にて接し兩車
輪の復元力により左右移動
の少きとき



No. 8.

軌條及車輪磨耗せず

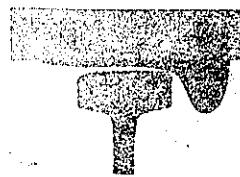
車輪が軌條に接す
るも乗上げ難きと
き



No. 3.

軌條及車輪磨耗

軌條振替後車輪が軌條と急
勾配の點に接するため兩車
輪の復元力により左右移動
の少きとき



No. 4.

軌條磨耗せず車輪磨耗

車輪が軌條と急勾配の點
に接するため兩車輪の
復元力により左右移動
の少きとき

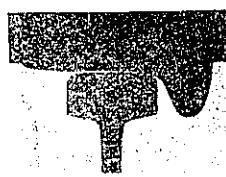
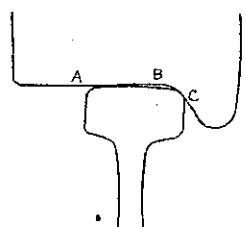
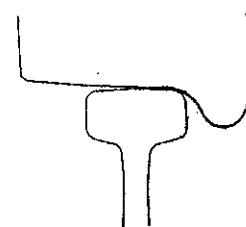
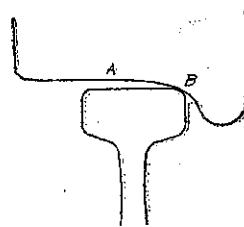


圖-9.

圖-10.

圖-11.



3.

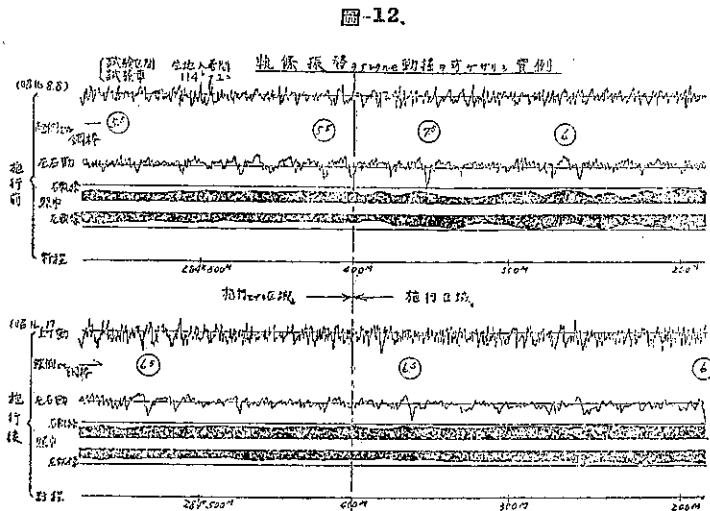
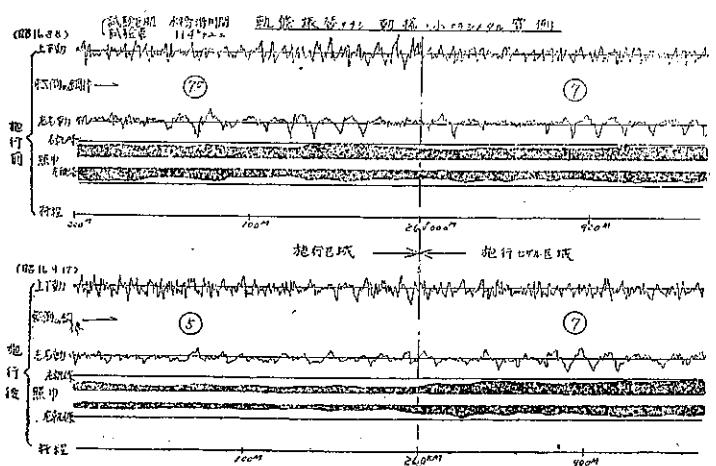


圖-13



して居たものを 1/20 の勾配に強めたもので、多少勾配を変更しても其の効果は現はれない事を示して居る。之は當然な事ではあるが、兎角誤り易い事項で傾斜を附ける理由は底面が水平であつたものを新に傾斜を附け車輪と軌條との接觸面を變へる事即ち照幅を減小するのが目的であり、車輪とは何等直接關係もない底面勾配に多少の変更を加へても効果のないのは當然である。

要は傾斜敷設其のものではなく、動條路面の状態を變更することに歸する。

図-15 は水平敷設の箇所で磨耗した軌条に軌間内方に向つて 1/20 の勾配を附けて敷設番をしたもので、傾斜敷設に依つて車輪との接觸面を變更し照幅を狭めて動搖を防止した實例で、動搖防止の效果の顯著なる事が明瞭に判る。

斯様に軌條の振替又は轉換を爲し、或は軌條の傾斜取扱をすることは其の方法を誤らなければ何れも相變の發

果が見られ、然も図-13, 15 を比較すれば判る様に其の效果は傾斜敷設の方が遙かに優秀である。之は單に復元力のみに依頼する振替又は轉換の方法では未だ動搖の原因を根本的に変除し得ない事を實證するもので傾斜敷設は直接動搖の原因を抜本塞源的に排除して禍根を絶つ結果に外ならない。

一體軌條の踏面は其の軌條の上を走る車輪の磨耗状態に依つて左右され車輪の磨耗状態は常時其の車輪が走行する區間の直線路又は曲線路の混在状態の如何に依つて多少異なるものであるが、大體同じ形となり其の形を保ちつゝ一様に磨耗して行く筈である。北陸線に於て可成の年数を経過した軌條頭部の形狀を前に述べた軌條面の接

圖-14.

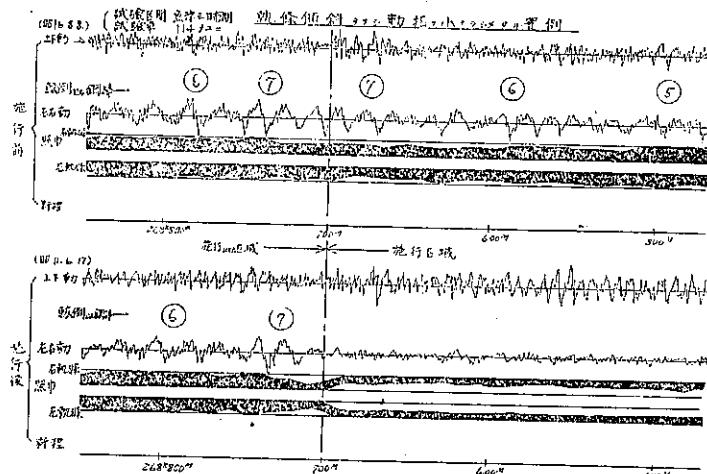
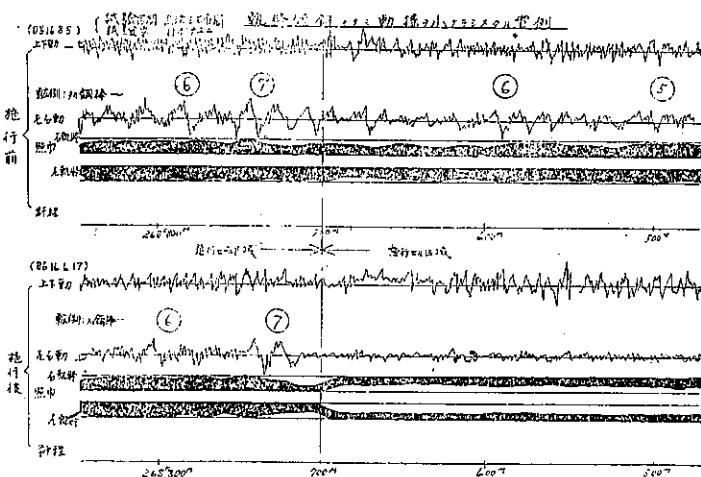


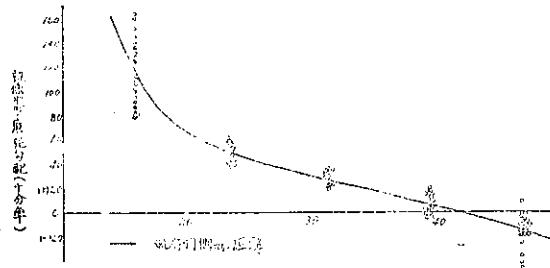
圖-15.



線と水平線とのなす勾配で現はして見ると圖-16 の様になり各點に於ける接線の勾配は大體一様であつて其の平均値は前述圖-7 に擧げた通りである。

斯様に頭部が一定の形に磨耗した軌條を振替又は轉換した場合、車輪との接觸が如何に變つて来るかが判明すれば其の效果も明かになり、前述の様に振替を施行しても其の效果が無かつた理由も自然了解出来る筈である。

図-16. 古軌條に於ける頭部磨耗勾配圖



とし軌道中心に向つて傾斜したものを正、反対のものを負とすれば軌條底面に對する磨耗面の勾配 G' は

$$G' = (+i_1) - (+i_2) = + (i_1 - i_2)$$

今此の位置で軌條を一廻轉又は左右軌條を振替へると $+ (i_1 - i_2)$ は $- (i_1 - i_2)$ となり軌條面の水平線に對する勾配 G は次の如くなる。

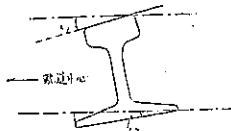
$$G = +i - (i_1 - i_2)$$

今軌條面が一定の直線勾配に磨耗すると假定すれば圖-17 に於て

$$i_1 = \text{軌條の磨耗面が水平となす勾配}$$

$$i_2 = \text{軌條底面が水平となす勾配}$$

圖-17.

茲に $G =$ 轉換又は振替後軌條面が水平線となす勾配

$$i_1 = \text{軌條面が水平線となす勾配}$$

$$i_2 = \text{軌條底面が水平線となす勾配}$$

但し符号は軌道中心に向つて傾斜せるものを正、然らざるもの負とする。

表-4. 軌條面の勾配及軌條の小返りを于分の勾配にて表した場合の G

i_1	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
0	-5	-10	-15	-20	-25	-30	-35	-40	-45	-50
5	0	-5	-10	-15	-20	-25	-30	-35	-40	-45
10	5	0	-5	-10	-15	-20	-25	-30	-35	-40
15	10	5	0	-5	-10	-15	-20	-25	-30	-35
20	15	10	5	0	-5	-10	-15	-20	-25	-30
25	20	15	10	5	0	-5	-10	-15	-20	-25
30	25	20	15	10	5	0	-5	-10	-15	-20
35	30	25	20	15	10	5	0	-5	-10	-15
40	35	30	25	20	15	10	5	0	-5	-10
45	40	35	30	25	20	15	10	5	0	-5
50	45	40	35	30	25	20	15	10	5	0
55	50	45	40	35	30	25	20	15	10	5
60	55	50	45	40	35	30	25	20	15	10
65	60	55	50	45	40	35	30	25	20	15
70	65	60	55	50	45	40	35	30	25	20
75	70	65	60	55	50	45	40	35	30	25
80	75	70	65	60	55	50	45	40	35	30
85	80	75	70	65	60	55	50	45	40	35
90	85	80	75	70	65	60	55	50	45	40
95	90	85	80	75	70	65	60	55	50	45
100	95	90	85	80	75	70	65	60	55	50
105	100	95	90	85	80	75	70	65	60	55
110	105	100	95	90	85	80	75	70	65	60
115	110	105	100	95	90	85	80	75	70	65
120	115	110	105	100	95	90	85	80	75	70
125	120	115	110	105	100	95	90	85	80	75
130	125	120	115	110	105	100	95	90	85	80
135	130	125	120	115	110	105	100	95	90	85
140	135	130	125	120	115	110	105	100	95	90
145	140	135	130	125	120	115	110	105	100	95
150	145	140	135	130	125	120	115	110	105	100
155	150	145	140	135	130	125	120	115	110	105
160	155	150	145	140	135	130	125	120	115	110
165	160	155	150	145	140	135	130	125	120	115
170	165	160	155	150	145	140	135	130	125	120
175	170	165	160	155	150	145	140	135	130	125
180	175	170	165	160	155	150	145	140	135	130
185	180	175	170	165	160	155	150	145	140	135
190	185	180	175	170	165	160	155	150	145	140
195	190	185	180	175	170	165	160	155	150	145
200	195	190	185	180	175	170	165	160	155	150
205	200	195	190	185	180	175	170	165	160	155
210	205	200	195	190	185	180	175	170	165	160
215	210	205	200	195	190	185	180	175	170	165
220	215	210	205	200	195	190	185	180	175	170
225	220	215	210	205	200	195	190	185	180	175
230	225	220	215	210	205	200	195	190	185	180
235	230	225	220	215	210	205	200	195	190	185
240	235	230	225	220	215	210	205	200	195	185
245	240	235	230	225	220	215	210	205	200	195
250	245	240	235	230	225	220	215	210	205	200
255	250	245	240	235	230	225	220	215	210	205
260	255	250	245	240	235	230	225	220	215	210
265	260	255	250	245	240	235	230	225	220	215
270	265	260	255	250	245	240	235	230	225	220
275	270	265	260	255	250	245	240	235	230	225
280	275	270	265	260	255	250	245	240	235	230
285	280	275	270	265	260	255	250	245	240	235
290	285	280	275	270	265	260	255	250	245	240
295	290	285	280	275	270	265	260	255	250	245
300	295	290	285	280	275	270	265	260	255	250
305	300	295	290	285	280	275	270	265	260	255
310	305	300	295	290	285	280	275	270	265	260
315	310	305	300	295	290	285	280	275	270	265
320	315	310	305	300	295	290	285	280	275	270
325	320	315	310	305	300	295	290	285	280	275
330	325	320	315	310	305	300	295	290	285	280
335	330	325	320	315	310	305	300	295	290	285
340	335	330	325	320	315	310	305	300	295	290
345	340	335	330	325	320	315	310	305	300	295
350	345	340	335	330	325	320	315	310	305	300
355	350	345	340	335	330	325	320	315	310	305
360	355	350	345	340	335	330	325	320	315	310
365	360	355	350	345	340	335	330	325	320	315
370	365	360	355	350	345	340	335	330	325	320
375	370	365	360	355	350	345	340	335	330	325
380	375	370	365	360	355	350	345	340	335	330
385	380	375	370	365	360	355	350	345	340	335
390	385	380	375	370	365	360	355	350	345	340
395	390	385	380	375	370	365	360	355	350	345
400	395	390	385	380	375	370	365	360	355	350
405	400	395	390	385	380	375	370	365	360	355
410	405	400	395	390	385	380	375	370	365	360
415	410	405	400	395	390	385	380	375	370	365
420	415	410	405	400	395	390	385	380	375	370
425	420	415	410	405	400	395	390	385	380	375
430	425	420	415	410	405	400	395	390	385	380
435	430	425	420	415	410	405	400	395	390	385
440	435	430	425	420	415	410	405	400	395	390
445	440	435	430	425	420	415	410	405	400	395
450	445	440	435	430	425	420	415	410	405	400
455	450	445	440	435	430	425	420	415	410	405
460	455	450	445	440	435	430	425	420	415	410
465	460	455	450	445	440	435	430	425	420	415
470	465	460	455	450	445	440	435	430	425	420
475	470	465	460	455	450	445	440	435	430	425
480	475	470	465	460	455	450	445	440	435	430
485	480	475	470	465	460	455	450	445	440	435
490	485	480	475	470	465	460	455	450	445	440
495	490	485	480	475	470	465	460	455	450	445
500	495	490	485	480	475	470	465	460	455	450

左側の底長 = 斜面傾斜度示す

本式に種々の i_1 及 i_2 を與へ G の値を算出すれば表-4 の通りとなる。

前記表-4 に依れば $i_1 = 25/1000$, $i_2 = 0$ なるとき $G = -25/1000$ 即ち軌條底面が水平で軌條の頭部が軌道中心に向つて $25/1000$ の傾斜をして居る場合、軌條の振替を施行すれば軌條面は軌間外方に向つて $25/1000$ の勾配で傾斜することとなり、軌條は軌間の内側のみで車輪と接する。従つて照幅が少くなり動搖防止の効果がある譯である。

然るに $i_1 = 25/1000$, $i_2 = 25/1000$ なるとき $G = 25/1000$ 即ち軌條底面が軌道中心に向つて、 $25/1000$ 傾斜をして居る場合、假令振替をしても、軌條面は前と同様 $25/1000$ であつて振替後の軌條面は工事施行前と同様な勾配で軌道中心に向つて傾斜して居るから、振替の効果は全然ない事になり、前述した實例の中で效果の無かつたものゝ理由が判明する。

次に軌條を傾斜させて敷設し軌條と車輪との接觸面を變へる事は動搖防止上其の効果が顯著なる事は既に述べた通りであるが、斯様に傾斜敷設をしたもののが更に磨耗し軌條面が所定の形狀になつた場合、振替又は轉換に依つて再び効果を發揮し得ないならば、傾斜敷設の効果は一時的のもので、萬全の策と云ふ事が出來ない事になる。依つて此の場合の結果を求めて見ると磨耗面が $25/1000$ に傾斜した軌條を其儘で $1/20$ 即ち $50/1000$ の傾斜を附けたとすれば

$$G = \frac{25}{1000} + \frac{50}{1000} = \frac{75}{1000}$$

となつて其の効果を發揮するのであるが磨耗量が漸次増進して

$$i_1 = \frac{25}{1000} \quad \text{となつた場合}$$

軌條を振替又は轉換すれば表-4 により

$$i_1 = \frac{25}{1000} \quad i_2 = \frac{50}{1000} \quad \text{であるから}$$

$$G = \frac{75}{1000}$$

となり初めに傾斜敷設をした場合と全く同じ状態となり或る年数を置いて振替を繰返へせば常に其の効果が期待されることになる。

尚表-5 は表-4 の勾配を普通用ひて居る勾配の単位で表した實用表である。

然し實際磨耗した軌條踏面の勾配は一様ではなく部分的に其の勾配が異り中央附近は拋物線であるが、磨耗面を全面的に見ると不規則な曲線である。北陸線で 37kg 軌條に就いて測定したものの平均値は前述の様に

軌間内方 $1/4$ の點 (C) の勾配は

" $1/8$ の點 (B) の勾配は

中央點 (A) の勾配は

表-5. (2) 軌條面を勾配にて表し小返りを軸にて表したる場合 (37 kg 軌條)

$\frac{i_1}{h(m)} \backslash \frac{i_2}{h(m)}$	$\frac{1}{200}$ ($\frac{50}{1000}$)	$\frac{1}{100}$ ($\frac{25}{1000}$)	$\frac{1}{75}$ ($\frac{20}{1000}$)	$\frac{1}{50}$ ($\frac{15}{1000}$)	$\frac{1}{40}$ ($\frac{12.5}{1000}$)	$\frac{1}{35}$ ($\frac{10}{1000}$)	$\frac{1}{30}$ ($\frac{8.3}{1000}$)	$\frac{1}{25}$ ($\frac{6.7}{1000}$)	$\frac{1}{20}$ ($\frac{5}{1000}$)
0	-200	-100	-75	-50	-40	-35	-30	-25	-20
+0.05 ($\frac{1}{200}$ or $\frac{50}{1000}$)	+2780	+5640	+4880	+3620	+325	+49	+37.8	+37.4	+37.9
+1.0 ($\frac{1}{200}$ or $\frac{50}{1000}$)	+8.8	+15.7	+10.83	+7.65	+7.65	+1.9	+5.7	+5.7	+5.7
+1/5 ($\frac{1}{200}$ or $\frac{50}{1000}$)	+5.2	+10.2	+7.02	+5.03	+2.73	+2.8	+5.7	+5.7	+5.7
+2.0 ($\frac{1}{200}$ or $\frac{50}{1000}$)	+3.7	+7.3	+5.2	+3.75	+1.73	+2.0	+4.8	+4.8	+4.8
+2.5 ($\frac{1}{200}$ or $\frac{50}{1000}$)	+2.7	+5.2	+3.82	+2.78	+1.27	+1.7	+3.7	+3.7	+3.7
+3.0 ($\frac{1}{200}$ or $\frac{50}{1000}$)	+2.3	+4.7	+3.25	+2.32	+1.12	+1.6	+3.2	+3.2	+3.2
+3.5 ($\frac{1}{200}$ or $\frac{50}{1000}$)	+1.9	+3.7	+2.75	+2.03	+1.03	+1.5	+2.7	+2.7	+2.7
+4.0 ($\frac{1}{200}$ or $\frac{50}{1000}$)	+1.5	+3.0	+2.4	+1.9	+0.9	+1.4	+2.4	+2.4	+2.4
+4.5 ($\frac{1}{200}$ or $\frac{50}{1000}$)	+1.2	+2.5	+2.1	+1.6	+0.7	+1.2	+2.1	+2.1	+2.1
+5.0 ($\frac{1}{200}$ or $\frac{50}{1000}$)	+1.0	+2.0	+1.75	+1.35	+0.65	+1.1	+2.0	+2.0	+2.0
+5.5 ($\frac{1}{200}$ or $\frac{50}{1000}$)	+0.8	+1.6	+1.45	+1.15	+0.55	+0.9	+1.7	+1.7	+1.7
+6.0 ($\frac{1}{200}$ or $\frac{50}{1000}$)	+0.7	+1.3	+1.25	+1.0	+0.5	+0.8	+1.6	+1.6	+1.6
0	-200	-100	-65	-50	-40	-35	-30	-25	-20
-0.05 ($\frac{1}{200}$ or $\frac{50}{1000}$)	-2780	-5640	-4880	-3620	-325	-49	-37.8	-37.4	-37.9
-1.0 ($\frac{1}{200}$ or $\frac{50}{1000}$)	-8.8	-15.7	-10.83	-7.65	-7.65	-1.9	-5.7	-5.7	-5.7
-1.5 ($\frac{1}{200}$ or $\frac{50}{1000}$)	-5.2	-10.2	-7.02	-5.03	-2.73	-2.8	-5.7	-5.7	-5.7
-2.0 ($\frac{1}{200}$ or $\frac{50}{1000}$)	-3.7	-7.3	-5.2	-3.75	-1.73	-2.0	-4.8	-4.8	-4.8
-2.5 ($\frac{1}{200}$ or $\frac{50}{1000}$)	-2.7	-5.2	-3.82	-2.78	-1.27	-1.7	-3.7	-3.7	-3.7
-3.0 ($\frac{1}{200}$ or $\frac{50}{1000}$)	-2.3	-4.7	-3.25	-2.32	-1.12	-1.6	-3.2	-3.2	-3.2
-3.5 ($\frac{1}{200}$ or $\frac{50}{1000}$)	-1.9	-3.7	-2.75	-2.03	-1.03	-1.5	-2.7	-2.7	-2.7
-4.0 ($\frac{1}{200}$ or $\frac{50}{1000}$)	-1.5	-3.0	-2.4	-1.9	-0.9	-1.4	-2.4	-2.4	-2.4
-4.5 ($\frac{1}{200}$ or $\frac{50}{1000}$)	-1.2	-2.5	-2.1	-1.6	-0.65	-1.1	-2.1	-2.1	-2.1
-5.0 ($\frac{1}{200}$ or $\frac{50}{1000}$)	-1.0	-2.0	-1.75	-1.35	-0.55	-0.9	-1.7	-1.7	-1.7
-5.5 ($\frac{1}{200}$ or $\frac{50}{1000}$)	-0.8	-1.6	-1.45	-1.15	-0.5	-0.8	-1.6	-1.6	-1.6
-6.0 ($\frac{1}{200}$ or $\frac{50}{1000}$)	-0.7	-1.3	-1.25	-1.0	-0.5	-0.8	-1.6	-1.6	-1.6

ルハ軌條底面坡度カルク付1高さ示ス

軌間外方より 3/8 の點 (B')	の勾配	+7.5/1 000
"	1/4 の點 (C')	の勾配

表-5. (3) 軌條面を勾配にて表し小返りを耗
にて表したる場合の G (50 班軌條)

其の軌條底長於ケル傾斜高ヲ示ス

圖-18. 軌條の小返りと軌條の振替の效果比較圖

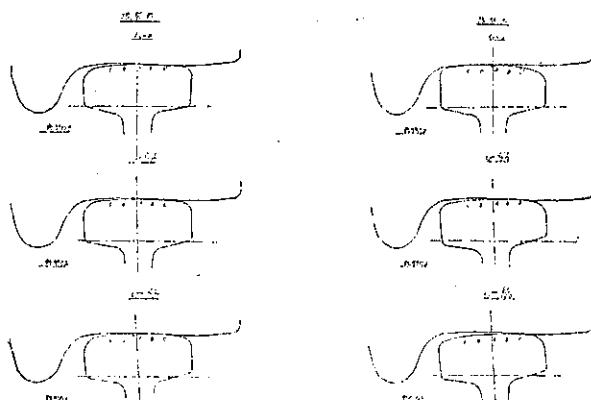


表-6. 所定の形に變耗せる 37 歪軌條を振替又は補換したるとき軌條頭各點の G

此の値を用ひ軌條底面の傾斜 i_2 が種々の値をとるとき軌條頭部上記の諸點に於ける勾配が振替又は轉換に依つて如何に變化するかを前式を用ひて算出して見ると表-6となり之を圖示すれば圖-18の通りで $i_2=0$ 即ち軌條底面が水平なる場合は振替の效果があるが $i_2 = \frac{27.5}{1000}$ 即ち軌條底面が軌條の中心に於ける勾配と同じ勾配で軌條内に傾斜しておる場合は全然振替の效果無く又 $i_2 = \frac{50}{1000}$ の場合、即ち軌條底面が $1/20$ の勾配で軌間内に傾斜しておる場合は益々其の效果を發揮することとなる。従つて軌條面が一定の直線勾配であるものと假定し軌條の中心勾配を以て之を代表させても實際上何等支障のない事が判る。故に圖-8の器具で軌條の中心に於ける勾配を測定し表-5を利

用して振替後の効果を判断することが出来る。

4. 車輪の磨耗による動搖の防止対策

車輪の磨耗に起因して車輪の動搖を起す理由は前述の通りで斯る動搖の防止対策は前項発生原因の追求に依つて自ら明白であり、以下其の具體策を擧げて見ると

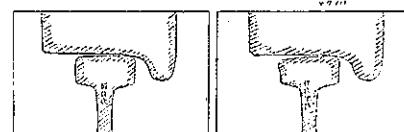
- (1) 車輪の車軸と臺車枠との間に存する軌道の方向に直角な方向の遊間を減縮すること。
- (2) 車輪の内面距離と車輪一對の中心線より、輪縁外端迄の距離（圖-6 A 参照）の許容寸法は現行の様に各單獨に定めることなく相互に關聯を持たせて可及的に軌間と車輪との遊間の縮小を計ること。
- (3) 直線部に於ける軌間はなるべく縮小すること。
- (4) 車輪踏面不整の許容限度を厳格にし削正の時期を速めて、踏面の形狀を常に正規のものに接近させて置くこと。
- (5) 軌條の照幅を少くする方法を講ずること。

大體以上5項目で盡されて居るが(4)の車輪の形狀を常に正しく保つ事が最も妥當效果的である事は勿論である。(1), (2), (3)は何れも遊間を少くする方法で相當の効果を期待されるものであるから、軌間と車輪各部を相對的に考究し遊間を縮小する方法を講ずべきである。軌條の照幅を少くする方法は直接的な結果が得られ、車輪の削正が意の如くならない場合は此の方法に依る外ないのであつて軌條の照幅を少くするには

- (1) 新軌條と更換すること。
- (2) 左右軌條の振替又は其の位置に於て軌條を一廻り回轉すること。
- (3) 軌條を軌間内方に向け傾斜敷設すること。

以上3つの方法が考へられる。(1)の新軌條の場合は既に述べた通りであり、(2)の軌條の轉換又は振替を行ふ事は、(1)の新軌條の場合と同一な理由に依つて動搖を防止されるものであるが、此の方法は圖-19の様に軌條の最も磨耗した軌間内方部が軌間外方となり、軌間外方の磨耗の最も少い部分が軌間内方に廻り新に車輪と接觸することになるから、此の點から見れば新軌條に交換する以上の効果を發揮し其の有效期間も長い事になる。只此の場合注意すべきは軌間外方に向つて小返りを生じておるものは其の効果が非常に多いが、軌間内に向つて小返りを生じ軌條底面が軌間内に向つて傾斜しておる場合は振替又は轉換を行つても照幅が小さくならぬで至然其の効果が無い場合がある。其の事由は前述の通りで斯様な場合には枕木上面を水平又は軌間の外へ傾斜する様削正の上振替又は轉換を行ふべきである。

圖-19.



5. 結語

車輪は車輪の磨耗に依る蛇行運動のために甚だしい動搖を起すから常に正しい形に車輪を削正する必要がある。又車體が線路に對し横の方向に移動し得る遊間が大きくなれば益々動搖を助長するから、之を出来る丈縮小する様対策を講ずべきは緊要なことである。軌條の振替、轉換又は傾斜敷設に依つて、車輪の磨耗から来る著大的動搖を防止することも一方法であり又應急の處置として實行せねばならぬ場合が多い。

單に軌條を振替又は轉換する事に依つて動搖を防止する方法の効果は比較的緩慢ではあるが、相當見るべきものがあり、一面此の方法に依れば枕木の加工を要しない爲め其の壽命を短縮される虞なく、作業も簡単で實用價

値は充分認められる。

軌條の傾斜敷設は其の効果が極めて顯著であるから、策の得たものと考へられる。殊に一度敷設替を施行すれば爾後は簡単に振替又は轉換する事のみに依つて、常に其の効果を發揮するものであるから、線路が直線で列車速度の高い箇所は一般に施工すべきである。

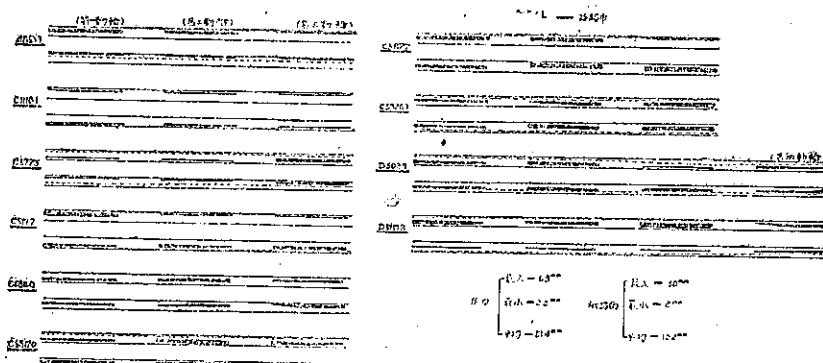
然し乍ら此の方法を実施した結果軌條の磨耗を増加する虞なきや、又は車輪の接觸面を少くする爲め線路の上り勾配等に於て空轉の虞なきかと云ふ問題が起つて來るのであるが、軌條の傾斜敷設が磨耗に及ぼす影響は、曲線部に於ては相當増加するが、直線部に於ては問題にする程度のものではない。殊に此の方法は直線部に施工するのであるから意とするに足らない。又多少磨耗が増加すると假定しても應急として施工する事は止むを得ない方法であり、タイププレート敷設區間の如きは既に軌條底面に 1/20 の勾配が附けられて居るのであるから、單に振替か轉換を行へば常に其の目的が達せられる譯である。

尙軌條と車輪との接觸を少くすれば、空轉を起し易くなると云ふ見解は一應考へられる事項ではあるが、照幅を少くする事が必ずしも個々の車輪との接觸面を狭くすることにはならない。何となれば車輪は軌條頭面と常に全面的に接觸するものではなく、其の一つ一つは軌條頭面の或一部と接觸するもので、車輪の形が種々相違するため、軌條と色々の個所で接觸し、軌條頭部全面に照りを生ずることになるのである。此の現象を實験するため昭和 16 年 11 月金澤機関區車庫出入の機関車を空轉に最も關係する照幅が軌條頭面全部に亘って居る軌條上に移動して個々の車輪と軌條との接觸状態を調査した結果は図-20 の通りである。

即ち接觸面の幅が軌條頭面の幅の 1/5 位のものが普通であつて極く稀に見られる廣いもので全面の 1/2 を出な

図-20. 各種機関車動輪と軌條との接觸状態調査圖

(昭和 16 年 11 月 金澤機関區にて調査)



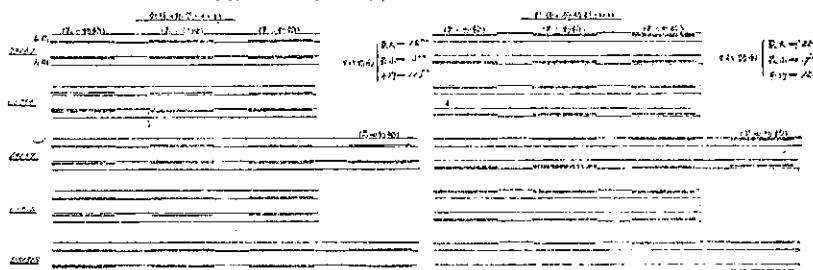
い状態である。又振替又は傾斜敷設に依る接觸状態は図-21 の通りで何れも平均 1/5 の程度であるから工事施行前と大差のない事が知れる。

即ち傾斜敷設をして照りを少くすることは、車輪との接觸面を狭めることではなく、各車輪の接觸點を軌條の一部に集中したことに他ならないから、空轉の虞は無い譯で假令轉換後兩 3 日多少其の傾向があるとしても差したる問題ではない。

又軌條の振替又は轉換のため數多くの犬釘打換へをなす爲め枕木を損傷することを懸念するものもあるが、列車の蛇行運動に依つて、常に犬釘が押出され、甚しく枕木を損傷し且つ頻繁に犬釘の打替打換へを、餘議なくさ

圖-21. 各種機関車の動輪と軌條との接觸状態調査圖

(昭和 16 年 11 月 金澤驛舎内にて調査)



れる場合に比較すれば、振替のための犬釘打換等は問題とするに足らない。

要は線路が直線で速度が高く、動搖の甚しい箇所は上記の方法に依つて、動搖を防止し、乗心地を良くすると同時に不慮の事故を未然に防止し、國鐵輸送の萬全を期すべきである。尙線路の状態が一見良好であつて甚しく動搖を感じる場合は概ね此の爲であるから、從来高速度なるが故を以つて放任するか、又は枕木の總掲固め、班直し等を頻繁に繰返し、多大の労力を空費して居る様であるが本方法の實施に依つて無駄を排除し、乗心地を良くし、運轉の安全を期する爲に一石を挿するものと云ふ事が出来るならば善甚とする次第である。

卷 着 文 獻

尙本研究に當り参考とせし文獻は主として次の通りである

鐵道大臣官房研究所發行鐵道研究資料

第二十六卷	九號	鐵道車輛動搖測定法	武藏	倉	治
第十八卷	號外	昭和4年10月6日程ヶ谷驛構内列車脱線事故原因 調査報告書	調査委員		
第二十卷	四十一號	軌條標準長の調査に就いて	堀	赳一	三
第二十三卷	七號	山陽線河内驛の事故に於ける機関車顛覆に關する考察	多賀	重	祐
第二十三卷	二十五號	風壓に對する車輛の安定度（第一報）	武藏	倉	治
第二十三卷	二十八號	風壓に對する車輛の安定度（第二報）	武藏	倉	治