

# 論 說 報 告

第 23 卷 第 5 號 昭和 12 年 5 月

## 國有鐵道の速度昂上と線路改良の動向

會 員 岡 部 二 郎\*

### Improvements of the Railway Track for Speed-up in the Japanese Government Railways

By Zirô Okabe, C. E., Member.

#### 要 旨

本文は速度昂上即ち最高許容列車速度の昂上に對する諸種の制限と之が對策として施工すべき國有鐵道に於ける線路改良の狀態を述べたものである。

#### 1. 各國の高速列車と線路の構造

歐米各國の高速列車の運転速度を我が國有鐵道のそれに比較すれば著しき差が見受けられるのであるが、其の中には最高時速 145 km, 平均時速 130 km, 程度の列車も尠くない。就中著名なものを表示すれば表-1. の如くである。

表-1. 各國の代表的な高速列車

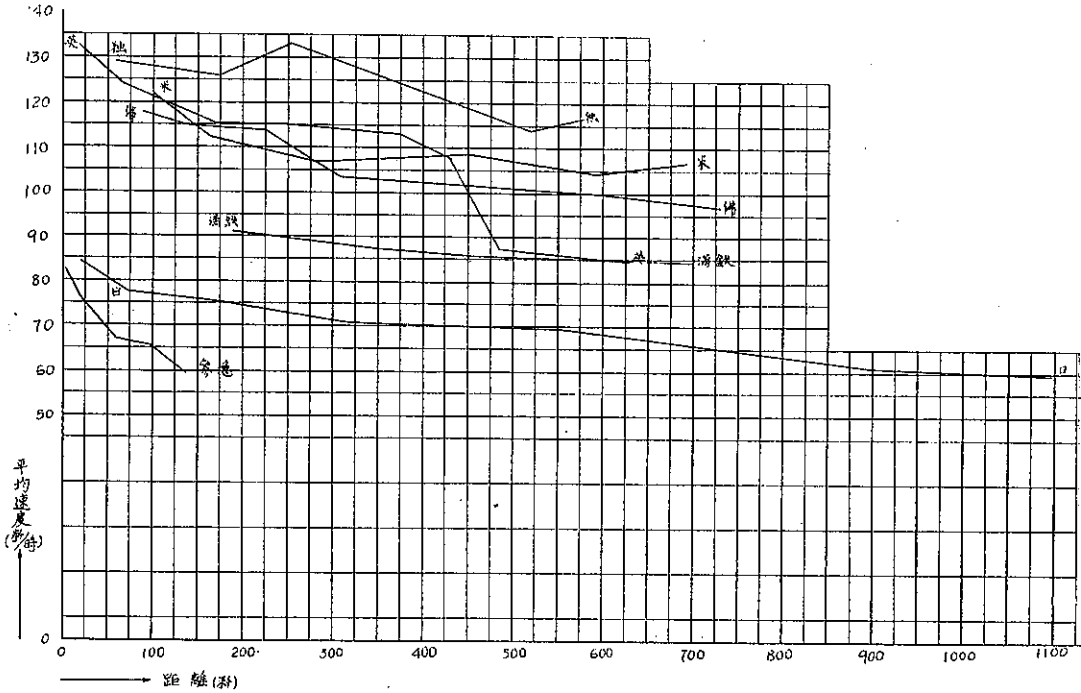
國 名	鐵 道 名	列 車 名	運 転 區 間	距 離	全所要時間	平均速度	動 力 別
				km	時 分	km/h	
英 吉 利	グレート ウエスタン	チエルテナム フライアー號	スウィンドン・ パテングトン	124.4	1.05	114.8	蒸 氣
同 上	ロンドンノース イースタン	シルバージュビ リー	キングスクロス ・ダーリントン	378.8	3.18	114.8	同 上
亞米利加	ユニオンパシフ イツク	シティーオブデ ンバー	シカゴ・デンバ ー	1686.6	16.00	105.4	ダイゼルエ レクトリ ツク
同 上	シカゴバーリン トアンドキン ンシー	ツウインゼフア ー	シカゴ・セント ポール	693.6	6.30	106.7	同 上
同 上	シカゴミルオー キーセントボ ールアンドパ シフィック	ハイアワサ	同 上	659.8	6.30	101.5	同
獨 逸	國 有 鐵 道	フリーゲンデー ケルナー	ベルリン・ケル ン	578.5	4.57	116.0	同 上
同 上	同 上	フリーゲンデ ハンプルガー	ベルリン・ハン ブルグ	286.6	2.12	130.5	同 上
佛 蘭 西	國 有 鐵 道	ピュガツテイ	パリ・アール ル	227.7	2.00	113.5	同 上
日 本	國 有 鐵 道	燕	東 京・神 戸	589.5	8.37	67.1	電氣, 蒸氣

然し乍ら各國が斯くの如く平均時速 100 km 以上の高速運転を許す爲には、其の線路狀態並に軌道の強度を之に相應して改善強化しつゝあることを見逃すことは出来ない。

表-2. は一例として歐米各鐵道の高速運転線路區間の反方向曲線の狀態を示したものであるが、多くは最小半径 1000 以上で、獨逸の如きは半径 3000~5000 m を普通とし、特別の場合は 10000 m とし、又其の中間に挿入す

\* 鐵道技師 工学上: 鐵道省工務局保線課勤務

圖-1. 各國主要列車の平均速度



る直線延長も多く30~50m となすのに反し我國有鐵道に於ては最小半径 400 m, 直線長 10 m に過ぎないものが存する。

表-2. 各國高速度列車運轉線の反方向曲線状態

國	名	反方向曲線の最小半径 (m)	反方向曲線間の直線長 (m)
獨	逸	{ 3 000~5 000 特別の場合 10 000	50~70
佛	蘭 西	1 000~6 000	20~50
伊	太 利	2 000	30
ポ	ー ラ ン ド	1 000	30
チ	エ ッ コ ス ロ バ キ ヤ	4 000	{ $r=70\sim80$ 50 $r=80\sim90$ 60 $r=90$ 以上 100
ユ	ー ゴ ー ス ラ ビ ヤ	2 000	20
亞	米 利 加 (デラウエアンドハドソン)	—	61 (200 呎)
日	本 國 有 鐵 道	—	10
朝	鮮 鐵 道	—	50
滿	鐵	—	30~50

又本線路に敷設する軌條重量は表-3. の如く、各國就れも主要幹線には中軌條以上を使用するにも拘らず、我國有鐵道は東海道本線及電車線以外は未だ輕軌條の儘である。

我國有鐵道に於て思ひ切つて運轉速度を昂上し得ない理由は制限速度の過多と軌道負擔力の薄弱なることである。

表-3. 各國鉄道軌條種類別軌道延長割合

鐵 道 名	重 軌 條 (53 kg 以上)	中 軌 條 (42.5~52 kg)	輕 軌 條 (42.5 kg 未満)	重 要 幹 線 最 大 軌 條 重
日本國有鐵道	—%	10%	90%	50.0 kg
英 吉 利	—	89	11	49.6
佛 蘭 西	0.6	52	47.4	55.7
獨 逸	—	44	56	49.0
伊 太 利	—	35	65	50.6
白 耳 義	3	74	23	57.0
ア ルゼンチン	—	77	23	49.6
支 那	—	47	53	43.0
	(55 kg 以上)	(45~54 kg)	(45 kg 未満)	
北 米	13	44	43	75.4

2. 國有鉄道に於ける制限速度

我國有鉄道が狹軌を使用することは速度昂上に對する最大のハンデイキャップであつて、之がため動力車の設計に制限を受けるばかりでなく、車輛の安定が甚しく阻害されてゐる。例へば曲線走行時の安定度は  $H/G$  (車輛の重心の高さと軌間との比) の値に依つて左右されるのであるが、 $H/G$  の値は標準軌間鉄道に於ては 1.30 程度であるにも拘らず我國有鉄道の C 53 形機關車は 1.50 に近いのである。

我が國有鉄道の驛構内出入口に於ける制限速度を調査するに表-4. に示す通りで、制限速度 50km/h 以下の箇所が總數の 50% 以上に達する。

例へば東京下關間の如き重要幹線に於ても 75 km/h 以下の速度制限箇所が東海道本線は平均 3.3 km 毎に 1 箇所、山陽本線では平均 1.4 km 毎に 1 箇所の割合で存在してゐるのであるから、全線を通じて 75 km/h 以上の平均速度を出すことは頗る困難な實情である。

各線の構内速度制限箇所に於ける通過列車の實際運転速度と制限速度との比率を調査した結果は表-5. の如く主要本線に於ては常時の運行速度が殆ど制限速度に等しい程度に達してゐるのである。

表-4. 構内制限速度箇所數

制 限 速 度	箇 所 數	百 分 率
30 km/h 以下	405	3%
35	1,097	9
40	82	1
45	1,145	10
50	3,530	30
55	249	2
60	1,471	13
65	137	1
70	154	1
75	95	1
80	218	2
85	80	1
85 以上	3,087	26
計	11,700	100

表-5. 構内速度制限箇所の (  $\frac{\text{實際運転速度}}{\text{制限速度}}$  ) の値

線 名	下	上	線 名	下	上
東 海 道 本 線	89%	88%	上 越 線	75%	77%
北 陸 本 線	90	82	奥 羽 本 線	85	82
中 央 本 線	76	81	羽 越 本 線	88	88
山 陽 本 線	88	90	信 越 本 線	85	87

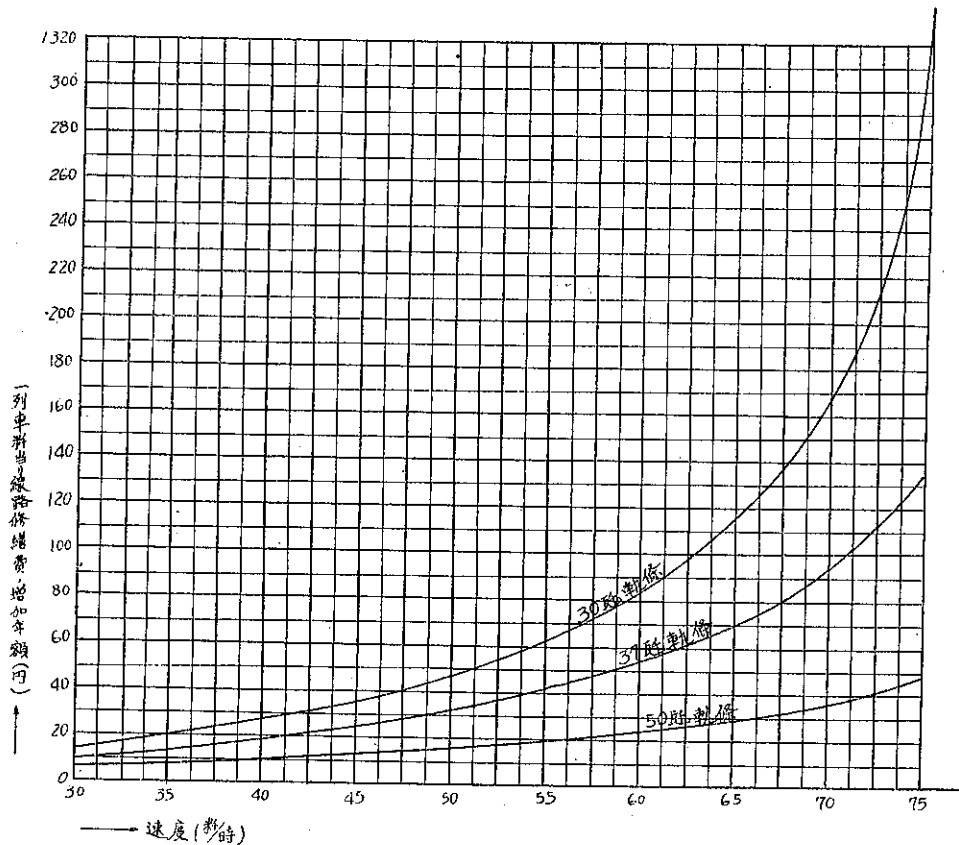
山陰本線	83	93	豫讃本線	101	100
關西本線	95	95	函館本線	80	72
宮本線	104	100	室蘭本線	85	83
東北本線	92	96	宗谷本線	71	67
常磐線	97	96			
高崎線	79	60			

従て將來速度昂上を計畫するに當つては先づ以て速度制限箇所を改良緩和しなければならない。

### 3. 速度昂上と保線費の増加率

列車の運転速度がある程度を超過すれば軌道の破壊、車輛の動揺は俄に増加するものであつて、一例として路盤の振動程度より誘導した保線費と速度との關係を图示すれば圖-2. の如くである。

圖-2. 旅客列車の速度昂上と保守費の關係



圖に依て明らかに知られる通り 37 kg/m 以下の輕軌條では速度に依る保線費の増加率は極めて大で輕軌條による速度昂上は經濟上不可能不得策なることを示してゐる。即ち速度昂上に基く保線費の増加は軌道の強化によつて節約せねばならない。

線路改良の目標は速度制限を緩和し、保安度を昂上せしめんとするものと、軌道構造を強化し保線費を合理的に

節約せんとするものとの2種類に分類する事が出来る。

4. 保安度の昂上を目的とする線路改良工事

速度昂上の際最大の障害となるのは曲線の制限速度であつて、急曲線、分岐附帯曲線及反向曲線に基く速度制限箇所が今日の如く多數に上る状態では今後速度昂上の餘地は甚だ渺いものと云はねばならない。

複線區間に於ても乗降場や橋梁前後に短い反向曲線が出来るのであるが、斯る短小曲線の半径は特に緩なるものとしなければ高速度列車の乗心地を害するものであるから、之を成る可く3000m内外に改良しなければならない。

舊式の線路には緩和曲線の不完全なものもあるが、最近凡て緩和曲線を附し且つカントの遞減延長即ち緩和曲線長は成る可くカントの100倍以上となしつゝある。

曲線中に分岐器が介在する箇所は線路の最大の弱點であつて斯の場合充分なカント及緩和曲線が附せられないのみでなく、転轍器に於ける左右尖端軌條の高低差、轍叉に於ける軌間缺線等の構造上の缺陷等各種の悪條件が合併するため従來屢々脱線事故を惹起した例がある。

特に曲線中に直線式分岐器を使用すれば其の前後に原円曲線より急なる半径の曲線部分を生じ速度をそれに比例して低く制限せねばならない。

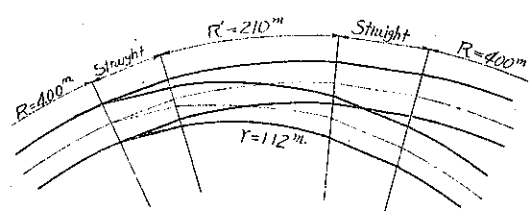
従て高速度運輸線路に於ては成る可く分岐器を直線中に移設し、若し已むを得ない場合は山線分岐器を使用して全曲線を通じて一様の曲率半径となす方針である。

我國有鐵道に於て設計した曲線分岐器を使用すれば表-6. に示す通り基本曲線並に分岐曲線の半径を著しく緩和し得るのみでなく全曲線に對し均一のカントを附することが出来る。

表-6. 直線分岐器及曲線分岐器の分岐曲線比較表

轍叉 番 號	基 準 曲 線 半 徑 (m)	直 線 分 岐 器		曲 線 分 岐 器	
		基 準 曲 線 半 徑 (m)	分 岐 曲 線 半 徑 (m)	基 準 曲 線 半 徑 (m)	分 岐 曲 線 半 徑 (m)
No. 10	300	154	78	300	128
	400	205	90	400	144
	500	257	98	500	153
	600	308	105	600	161
No. 12	300	158	95	300	155
	400	210	112	400	178
	500	263	125	500	195
	600	316	136	600	207

表-6. 附 屬 図



曲線中の分岐器を直線中に移すためには時として構内の配線を根本的に変更しなければならぬ場合もあるが、曲線分岐器の利用により其の1/2~1/5の僅少な経費を以て経済的にその目的を達することが出来る様になつた。

曲線中に於ける菱形轍叉も亦同様曲線式となすことにより著しく改良せられて來た。従來は尖端軌條に對しては圖-3. (a)の如き断面の薄弱なものを使用したが、最近之を(b)の如き帽子型に改良し、又轍叉も固定式

を可動式にして車輛の動揺を極度に減ずる方針である。

複線区間の非常互線及單線区間の安全側線用分岐器の如き平常原則として使用しないものに対しては乗越転轍器及遷移転轍器を使用する。

即ち本線側には何等缺線を設けず、互線側を列車又は車輛が通過せんとする場合は車輪のフランジは本線軌條を乗越して通過する構造である。

國有鉄道の構内の制限速度は其の 5 割以上は 50 km/h 以下であるが、之を尠くとも表-7. の標準速度以上に改良する計畫である。

図-3. 50 kg 軌條 10 番分岐器の先端軌條断面図

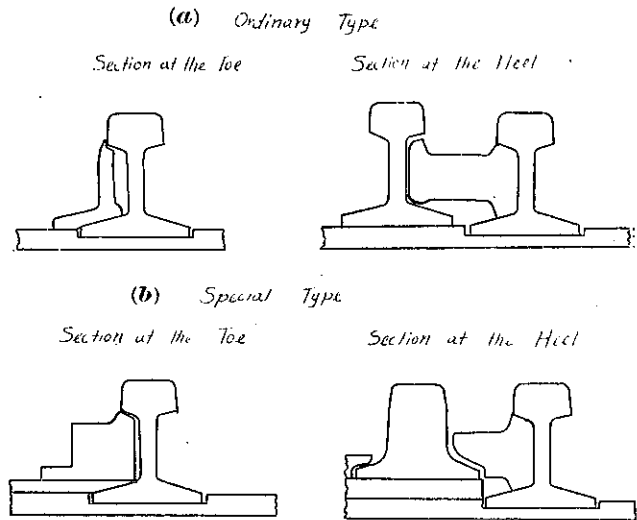


表-7. 驛構内制限速度標準 (改良の場合)

線路分類	停 車 驛				通 過 驛
	電 車 線		其 他		
	進 入	進 出	進 入	進 出	
A 級	60 km/h	60 km/h	45~60 km/h	35~45 km/h	80 km/h
B 級	45	45	45~60	35~45	60
C 級	45	45	45	35	60
D 級	45	45	35~45	35	45~50

5. 軌道の強化を目的とする線路改良工事

軌道の負擔力を増加するためには軌條、接目釘、枕木及道床バラスト等各部材を強化せねばならないが、就中負擔力を根本的に左右するものは軌條の重量である。

30, 37 及 50 kg の 3 種の軌條に就て調査した經費の關係は図-4. の如くである。

本図の數字は各種軌條の敷設費、利子、更換費、軌道保守費等關係工事費を凡て包含したものであるが、其の結論に於て 30 kg 軌條は如何なる開散線に對しても不經濟であり、37 kg 軌條は年間通過噸數 2000 000 t 以下の線路區間に於ては有利であるが、其他の區間にはは凡て 50 kg 軌條が最も經濟的であると云ふことを示すものである。

表-8. は國有鉄道 1 km 當り運搬量、同列車軒、主要本線旅客列車速度、機關車平均重量等の変遷と軌道を保守する線路工手員數の關係を示したもので、大正 11 年度に比較し 13 年後の昭和 10 年度に於ては夫々の指數が増大せるに反し獨り線路工手數のみは 92% の低位にある。

然るに其の間軌道の整備状態は却て著しい進歩の跡を見せるに至つたのは重量軌條の採用が、其の主要な原因である。

國有鉄道の軌條に對する最近の改良は長尺軌條の採用であつて、昭和8年1月以降軌條の標準長は30kg軌條は20m、37及50kg軌條は25mと定められた。

斯くの如き長尺軌條が採用せらるゝまでには車輛の振動と軌條長との關係、軌條のバックリングと遊間の問題及輸送上の取扱等に對し幾多の調査と研研がなされたのである。

其の調査に依れば從來の標準長たる10m及12mは機關車及客貨車に上下動振動の第一次共鳴を生じ易い長さである。

軌條長を17m以上とすれば如何なる車輛に對しても一次の共鳴は起らない。

圖-4. 通過重量と保守勞力費、保守材料費、軌條更換積立金軌道敷設費利子

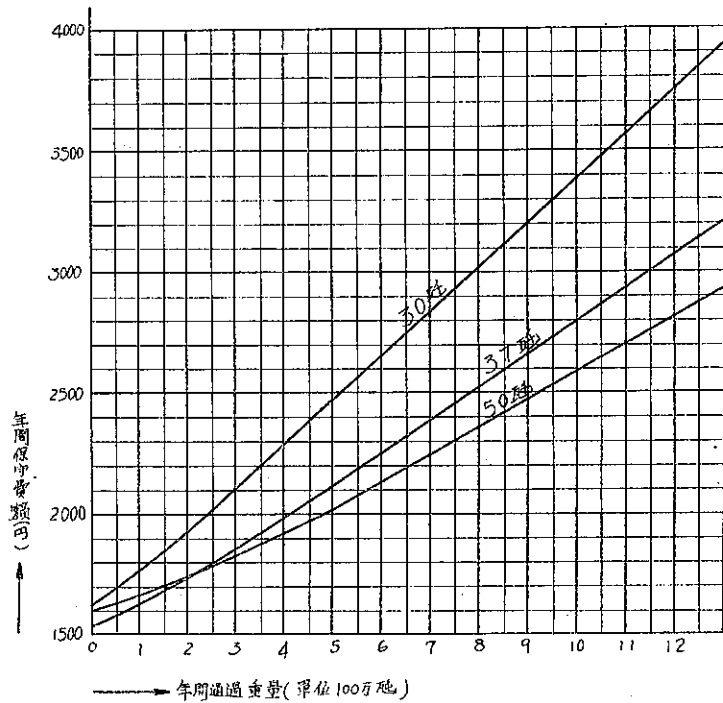


表-8. 國有鉄道の運輸量其他変遷狀態

年 度	本線軌道 1km 當り運輸量	同 車 新 列	機 關 車 平均重量	主要本線旅客 列車平均速度	換算軌道 1km 當り線路工事員數	敷 設 軌 條 平均重量
大 正 11	100	100	100 t.	100	100	31.1 kg
12	100	98	100	101	99	31.2
13	104	102	103	101	102	31.3
14	104	100	106	102	98	31.7
昭 和 1	103	100	109	103	98	32.0
2	103	102	111	106	99	32.3
3	106	104	113	108	100	33.1
4	102	105	118	111	98	33.4
5	90	104	120	114	94	33.8
6	85	104	124	116	92	34.3
7	83	105	123	120	91	34.6
8	80	100	123	125	90	34.7
9	94	115	124	131	93	34.9
10	97	120	124	135	92	35.0

更に軌條長 20m 以上では機關車、貨車に對して事實上共鳴の虞れがなくなる。

客車に對しては速度 85 km/h の區間は 40m、速度 70 km/h の區間は 35m とすれば全く共鳴の虞れがなくなるのであるが、直ちに此の長さを採用し兼ねる事情があつた爲、第二次共鳴點附近の長さたる 25m 及 20m を以て標準としたのである。

表-9. 軌條長と共鳴の關係 (單純上下動)

$S$  = 強制振動週期,  $\tau$  = 固有振動週期

速 度	車 輛	軌 條 長			
		$S = \tau$	$S = 1.5 \tau$	$S = 2 \tau$	$S = 2.5 \tau$
85	客 車 機 關 車	16.5	24.8	33.0	41.3
		9.5	14.2	18.9	23.6
70	客 車 機 關 車	13.6	20.4	27.2	34.0
		7.8	11.7	15.6	19.5
65	機 關 車	7.2	10.8	14.5	18.0
	空 貨 車	5.4	8.1	10.8	13.5
	盈 貨 車	9.0	13.5	18.0	22.6

在來軌條と長尺軌條とに於ける客車の振動を比較せるに其の比率は 1/1.4 の割合であつた。

左右動は接目の存在に依つて共鳴するものでないが、然し長尺軌條區間に於ては事實上相當の減少を示してゐる。

又軌道の保守費は普通軌條に比し平均 6% を減額し得る見込である。

長軌條の使用に際し最も注意すべきは軌條のバックリングであつて、從來軌條の遊間は如何なる炎暑の際も軌條に軸圧を生ぜしめざる建前で定めたが、長軌條の場合はある程度の軸圧を許すは已むを得ない。現在の長軌條の遊間は 50 kg 軌條には 35 kg, 37 kg 軌條には 27 kg, 30 kg 軌條には 22 kg の軸圧を生ずる事を豫想して決定した。

此の程度の軸圧に對して軌條が安全に抵抗し得ることは試験軌道に於ける調査の結果判明してゐるのである。

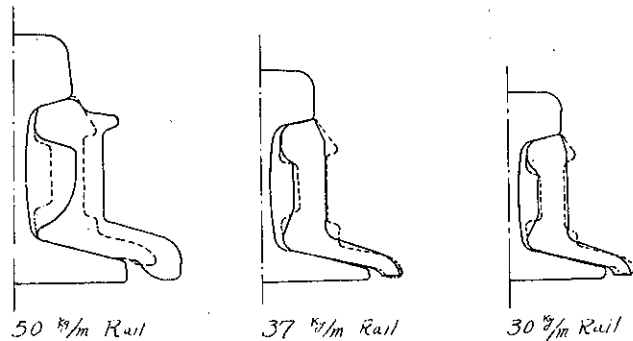
更に軌條接目を減少するためには熔接工法を採用すべきであるが、之に對しては目下テルミット熔接と電弧熔接の兩者に付比較研究中であるが、最近長大隧道内のコンクリート道床區間に對し兩者を實施中である。

接目鉞の改良も目下試作實驗中であるが圖-5. に示す通り改良型は在來型に比較し断面積は小なるにも拘らず其の形狀を對稱形に近づけることにより最大応力の値を寧ろ減ずることが出來た(表-10. 参照)。

枕木に對しては専ら其の材質の改善及耐久力の増大に向つて鋭意研究中である。タイプレートは幹線に對し必要缺くべからざるものと認め普及に努めつゝある。道床バラストは從來篩砂利を主として使用しつゝあつたが、最近篩砂利の採集が困難になつたことゝ篩砂利は軌道の保持力不足なりと認めらるゝため碎石並に鑛滓バラストを以て改良中である。

圖-5. 改良型及在來型の接目鉞断面圖

—— Fish. plate of Old Design  
 - - - - Fish. plate of New Design



50 kg/m Rail

37 kg/m Rail

30 kg/m Rail



表-10. 改良接目飯の計算応力

軌條種別	接目飯種別	断面積 (cm <sup>2</sup> )	水平軸に對する断面二次モーメント (cm <sup>4</sup> )	主軸の水平軸に對する傾斜	自由彎曲の場合の最大彎曲応力 (kg/cm <sup>2</sup> )
50 kg	舊	30.1	300.4	24°17'	0.033 54 <i>Mv</i>
	新	25.1	202.0	14°52'	0.032 11 <i>Mv</i>
	比較 (%)	-16.7	- 32.8	- 38.5	-4.3
37 kg	舊	20.3	136.3	21°54'	0.053 84 <i>Mv</i>
	新	20.1	135.9	20°16'	0.048 75 <i>Mv</i>
	比較 (%)	- 0.8	- 0.3	- 7.0	-9.5
30 kg	舊	15.9	89.5	19°26'	0.070 32 <i>Mv</i>
	新	16.0	86.6	18°36'	0.065 72 <i>Mv</i>
	比較 (%)	0.6	- 3.3	- 4.3	-6.5

## 6. 國有鐵道の速度昂上關係改良費決算額

昭和5年度以降昭和11年度迄7ヶ年間に國有鐵道が速度昂上のため支出した改良費は表-11. に示した通り

軌條更換費	44 871 000 円
速度制限緩和工事費	9 130 000 円
軌道補強費	4 295 000 円
計	58 296 000 円

であつて1ヶ年平均8300000円である。

表-11. 自昭和5年度至昭和11年度 國有鐵道線路改良費決算額(速度昂上關係)

工 事 種 別	決 算 額 (円)	記 事
軌 條 更 換	44 871 854	計 9 129 770 円
急 曲 線 改 良	1 117 523	
反 向 曲 線 改 良	787 340	
分 岐 附 帶 曲 線 改 良	6 238 948	
緩 和 曲 線 改 良	985 963	
路 盤 改 良	1 682 836	計 4 294 544 円
枕 木 増 設	655 390	
道 床 改 良	626 474	
タイプレート敷設	802 665	
アンチクリーパー取付	144 845	
線 路 変 更	31 781	計 58 296 177
其 他	350 553	
計	58 296 177	

國有鐵道は近く關門隧道開通を機會として東海道、山陽兩本線を縦貫する超特急を運轉し、東京・下關間の到達時分を現在の18時間30分より一躍14時間30分乃至15時間に短縮すべく計畫中で、之が實現に對しては現行の運轉規程の最高許容速度の昂上をも必要とするに至るであろう。