

項による水平距離の成分 d_2 は、 $d_2 = 100(0.01C)\cos^2\alpha = C\cos^2\alpha$ (函数型は従来式を使用)。0.01C のかわりに $0.01C\sec\alpha$ を入れれば、 $d_1 = 100(0.01C\sec\alpha)\cos^2\alpha = C\cos\alpha$

∴ $\begin{cases} \text{水平補正量} + e_d = d_1 - d_2 = C(\cos\alpha - \cos^2\alpha) \\ \text{高低補正量} + e_h = e_d \tan\alpha + C(\cos\alpha - \cos^2\alpha) \tan\alpha \end{cases}$
 e_d, e_h は、 $\alpha = 0^\circ$ のとき $\min - 0$, $\alpha < 20^\circ$ ならば考慮の必要なく (0 と見なし得), $\alpha > 20^\circ$ でも 図-3

(A)のごとき図表を用いて簡単に求まり、同図(B)のごとき従来の附加項の図表より簡略である。読みはもちろん cm 単位で充分である。

(附記) 以上は“距離の間接測定”に関する最初の研究で、研究の進行に種々便宜を与えられつつある京大工学部土木教室に対し、ここに深甚なる謝意を表す次第である。

敷設レールの活荷重応力について

正員 八十島 義之助*
 准員 峯 村 芳 郎**

STRESSES IN TRACK RAILS

(JSCE, Sept, 1950)

Yoshinosuke Yasoshima, C.E. Member

Yoshiro Minemura C.E. Assoc. Member

Synopsis The Authors measured rail stresses due to service trains on a service track by means of magnetostriction strainmeters. Maximum stresses produced in base edges, thinnest positions of web, outer sides of head were recorded 1090kg/cm^2 , $\pm 800\text{kg/cm}^2$, -330kg/cm^2 respectively. Web bending with both directions was appeared. It was proved flat spots of wheel tires give large effect to impact stress of rails.

要旨 営業線路のレールの営業列車による応力を測定した。測定には磁歪式歪計を用い電磁オツシログラフに自記させた。応力値は底部縁部に於て $+1090\text{kg/cm}^2$ 、ウェブ最狭部鉛直方向に於て $\pm 800\text{kg/cm}^2$ 、頭部外縁部に於て -330kg/cm^2 を以て最大値とした。ウェブは曲ゲを受けることが判つたが、その方向は荷重によつて異つた。傷損部を持つ車輪タイヤは継目落につく衝撃応力をレールに与えることが判つた。

I 前言

敷設レールに関する最近の問題の内、例えば波状磨耗とレールの振動、車輪脱線とレールの横剛度、あるいは A.R.E.A., P.S. などのレール断面変更の有力原因となつた首切れ毀損とウェブ応力等には動的応力をも含めたレールの副次的特性の究明の要求を見出すことが出来る。茲に著者は特に我国鉄道の軌道構造を対象とし、レール頭部、ウェブなどの局部的応力、並びに衝撃応力について調査した概要を報告する。

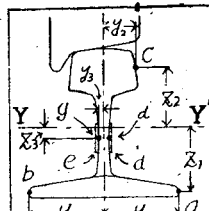
II 理論

レールの副次的特性を調べるにあたり、予想及び疑問とするところは、次の如くである。

1. 横及び偏心荷重の影響

荷重を受けるとレールは多かれ少なかれねじれるか¹⁾らその横荷重と偏心荷重²⁾とは同時に考慮されるべきであることを既に述べた。これに基づいて図-1 に示すレール各点 a, b, c に生じるレール軸方向応力 $\sigma_a, \sigma_b, \sigma_c$ を求めるには次式によるべきであることは明らかである。

図-1 Fig. 1



$$\left. \begin{aligned} \sigma_a &= \frac{M_v z_1}{I_v} + \frac{M_I y_1}{I_I} - \frac{M_a y_1}{I_{bl}} \\ \sigma_b &= \frac{M_v z_1}{I_v} - \frac{M_I y_1}{I_I} + \frac{M_a y_1}{I_{bl}} \\ \sigma_c &= \frac{M_v z_2}{I_v} + \frac{M_I y_2}{I_I} + \frac{M_a y_2}{I_{hl}} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(1)$$

但し、 M_v, M_I : レールに対し、水平横、鉛直方向軸のまわりの曲ゲモーメント、 M_a : トルクにより頭及び底部に生じる鉛直軸のまわりの曲ゲモーメント(横曲ゲ)、 I_v, I_I : レール断面の、水平、鉛直中立軸に対する断面2次モーメント、 I_{bl}, I_{hl} : レール断面の頭、底部の鉛直軸に対する断面2次モーメント、 E : レール鋼の弾性係数、 $z_{1,2}, y_{1,2}$:

*東京大学第一工学部 助教授

**日本國有鉄道

図-1 参照

それ故 $M_{v,1,a}$ の各々のみによつて生じる a 点の応力 $\sigma_{1,2,3}$ は次式で求まる。

$$\left. \begin{aligned} \sigma_1 &= z_1 M_v / I_v = z_1 A_2 / I_v A_1 \\ \sigma_2 &= y_1 M_l / I_l = y_1 A_3 / I_l A_1 \\ \sigma_3 &= y_1 M_a / I_{bl} = y_1 A_4 / I_{bl} A_1 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(2)$$

$$\text{但し, } A_1 = \frac{1}{I_v I_l} \begin{vmatrix} z_1 & -y_1 & y_1 / I_{bl} \\ z_1 & y_1 & -y_1 / I_{bl} \\ z_2 & y_2 & y_2 / I_{bl} \end{vmatrix}$$

$A_2 \sim A_4$ に準ずる。

つまりレール断面上の 3 点の応力が測定出来れば、鉛直、横荷重の外に第 3 としてねじれによる横曲ゲの影響が判ることになる。

2. ウェブの応力

ウェブは鉛直荷重により鉛直方向の純圧縮応力を生じ、横及び偏心荷重により曲ゲを生ずる。ウェブ両側の鉛直応力 σ_d, σ_e からは d 点に於て、純圧縮 σ_{v1} と曲ゲによる応力 σ_{v2} とが次式により分離され得る筈である(図-1 参照)。

$$\left. \begin{aligned} \sigma_{v1} &= (\sigma_d + \sigma_e) / 2 \\ \sigma_{v2} &= (\sigma_v - \sigma_e) / 2 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(3)$$

一方ウェブは鉛直及び横荷重に起因する曲ゲにより次式のようなレール軸方向応力 σ_{11}, σ_{12} をも生じる筈である。

$$\left. \begin{aligned} \sigma_{11} &= z_3 M_v / I_v = (\sigma_f + \sigma_g) / 2 \\ \sigma_{12} &= y_3 M_l / I_l = (\sigma_f - \sigma_g) / 2 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(4)$$

3. 衝撃の影響

衝撃荷重の主要原因は軌道の局部沈下 (Low spot... 継目落など)、車輪タイヤの傷損 (Flat spot)、機関車車輪の回転不平衡対重などである。弾性床上の梁としてのレールがこれらの鉛直成分を受けて撓み振動を起すというのが一般の観方であるが、他の荷重成分や運動を考える必要はないだろうか。

III 実測

1. 実測の概要

II に於ける予想の裏付けと疑問の解決の為に敷設レールの活荷重応力を測定した。この実測は国有鉄道の営業線路に於て定期の営業列車の車輪荷重を対象とし、応力測定には安積健次郎氏の磁歪式歪計を用いた。これに就いては安積氏と土屋賢治氏がたえず援助と指導をされた。

2. 測定装置

測定装置を構成する主なものは、磁歪式歪計、定電圧装置、発振器、整流装置、増幅装置及び電磁オッシ

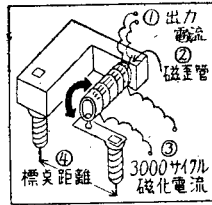
*1 運輸省技術研究所技官

*2 国有鐵道 技術研究所職員

ログラフである。

歪計は標点距離 2cm のねじこみ装着式のものである。予め磁化された磁歪管に 2 点間の伸縮がトルクと

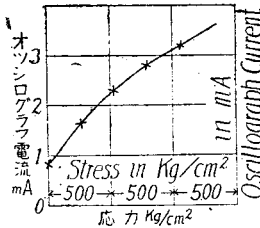
図-2 歪計概略図
Fig.2 Schematic View of a Strain Gage



- ① Output Current
- ② Magneto-Striction Pipe
- ③ 3000 cycles Magnetising Current
- ④ Gage Length

して伝わるとそれに巻いたコイルに交流起電力が生じる。つまり磁歪現象の Wertheim 効果を利用した歪計であり、その概略は図-2のとおりである。磁歪管の磁化には 3000 cycle 交流を真空管で発振して用い、生じた電流は微弱なので増幅器で増幅してからオッシログラフに自記せしめた。応力とそれに応じるオッシ

図-3 較正曲線の代表例
オッシログラフ電流と応力との関係
Fig.3 Typical Calibration Curve: Relation Between Oscillograph Current and Stress



ログラフ振動子電流の関係を予備実験で求めておき、補正に用いた。一例は図-3 のとおりである。歪計の装着に当つては、レールの所定の位置に予めドリルで孔をあけておき、測定日ごとに着脱した。

3. 測定方法

測定箇処の軌道状態、測定点に於ける歪計取付位置は各と表-

1, 図-1 の a~g である。歪計は同時に 2~3 個を用いた。

表-1 測定箇処の状態

線路	中央本線より東横線 34.49 区間橋内、平理、直線、約 1m の変位。
軌道	50 号 3 種 25mm 丸レール、泳着層付 71g/ト、螺釘、並枕木 39 現、補強材: アニキリパー使用。
測定点	A: 線目より第 20.21 枕木間隔中央、北側レール (レール延長の略枕) B: 線目より第 31.32 枕木間隔中央、北側レール (A 點より 28m 離り)
備考	A 測候を預受して鋼軌約 10m 先に谷を有し最大高低差 2-3mm の不陸あり。 無軌荷状態に於ける線目部局部沈下は最大 2-3mm B 測候に於ける d, e 點のみは隣接枕木上にあらんば

測定装置は測定線路より約 13m はなれた空地の机上に配置し、測定状況は写真-1 のとおりである。作業は 1949 年 7 月より 1950 年 3 月迄行つた。測定箇処附近の軌道作業は、実測期間中には行われなかつた。

4. 測定結果

a. 測定記録 オッシログラムの代表例は写真-2~4 のとおりであり、記録線は右端の直線部が車輪到達前の応力 0 を表わし、暫次左に経過し車輪が測定点上を

写真-1 測定の状況

Picture-1 General View of Test site on a Track of the Japanese National Railway near Tokyo.

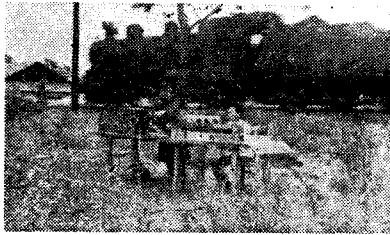
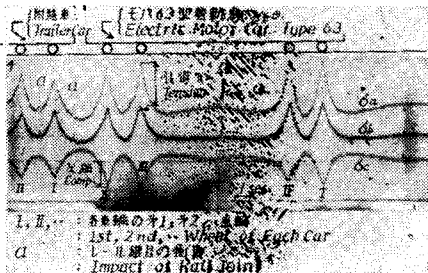


写真-2 応力測定記録の代表例: その1 σ_a, σ_b 及び σ_c (測定点: B)

Picture-2 Typical Record of Stress Measurements: I, $\sigma_a, \sigma_b, \sigma_c$ (Location: B)

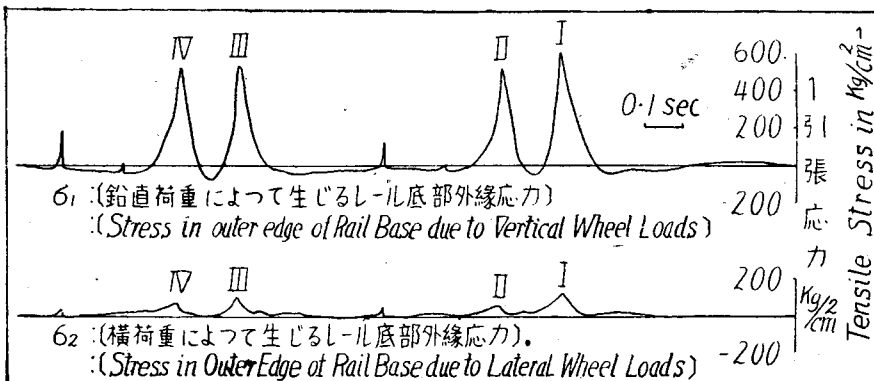


通過する場合に顕著な山か谷となる。その外の小さいが険しい山は、継目部の衝撃による応力である。写真-2 によるとその衝撃応力の大小の差が判つきりしているが、これは継目部と測定位置の間に車輪の1個もない場合が特に大きいのであり、換言すれば車輪をこえては衝撃応力のエネルギーがよく伝わらぬことを意味している。又写真-4 に多数の衝撃が認められるが、タイヤの傷損 (Flat spot) によるものと判定される。又継目部をこえた箇処での衝撃も記録されている

図-4 σ_1 及び σ_2 の曲線の代表例

Fig-4 Typical Curves of σ_1 and σ_2 .

測定点: B 荷重: モハ 40 型荷物電車 I, II...: 第 1, 第 2... 車輪
Location: B Load: Elec. Motor Baggage Car: Type 40 I, II...: 1st. 2nd... Wheel



ので、継目部は衝撃応力を伝えていることが判る。いずれにせよ、これらの衝撃応力が明瞭に持続するのは約1/20sec であつた。

b. 補正記録 図-3 に例示した較正曲線を用い、測定記録を補正して $\sigma_a \sim e$ を求め更に式(1,2)を用いて $\sigma_{v1}, \sigma_{v1}, \sigma_{v2}$ を算出し時間曲線としたのが図-4,5 である。一般的な特性がこの両図に代表

されている訳だがその 2, 3 を述べて見る。図-4 に於て σ_1 の山が左右の対称を比較的良く保っているに対し σ_2 はそうでなく、左方がより緩になつている。図-5 に於て、かつて複雑な形状を呈した σ_{d1e} 記録線(写真3-参照)も、 σ_{v1}, σ_{v2} に分解すると各々その特徴を明瞭にあらわす。即ち σ_{v1} は各車輪共類似の圧縮応力をあらわし、又 σ_{v2} は引張、圧縮の両側の応力を不規則にあらわしている。そして一般に、 σ_{v1} が同種の車輪荷重に対して安定しているのに対し、 σ_{v2}, σ_{v2} はその応力値とその符号に大きな変動をもたらしている。

c. 応力値 各測定に於ける車輪通過時の応力値の最

写真-4 応力測定記録の代表例: その3 σ_a
Picture-4 Typical Record of Stress Measurements: III, σ_a .

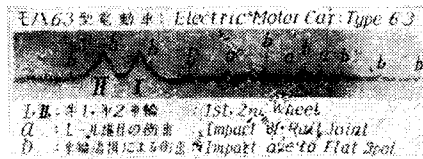
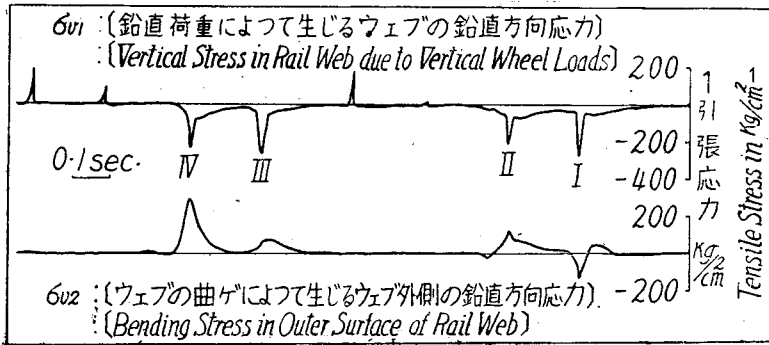


圖-5 σ_{v1} 及び σ_{v2} の曲線の代表例

Fig.5 Typical Curves of σ_{v1} and σ_{v2} .

測定点: B 荷重: モハ=53 型荷物電車 I, II...: 第1, 第2...車輪
Location: B Load: Elec. Motor Baggage Car: Type 53 I, II...: 1st, 2nd...Wheel



大, 最小及び平均値を求めたものが表-2 である。全測定回数の約半数をモハ 63 型電車が占めたのでそれのみの数値も取り出した。この表に掲げられた数値は何れもレールの許容応力より遙かに小さいが, A, B 両測定点の間にはかなりの相異を示している。応力値の信頼性については後述 IV-1 を参照のこと。

d. 応力値の頻度分布 A 測定点に於ける車輪通過時

表-2 測定応力値

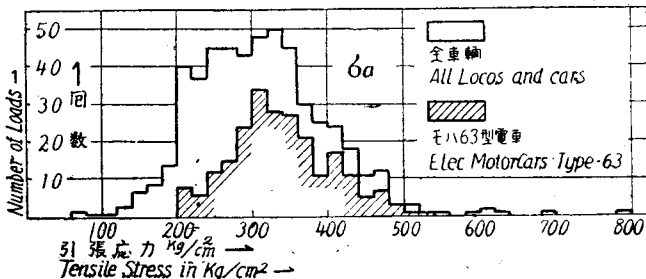
Table-2 Measured Stresses.

測定位置 Gage Position	測定点 Location	測定車輪 Measured Loads							
		モハ63型電車 Elec Motor Cars Type-63				全車輪 All Locos 4 Cars			
		No Load	Min	Max	Ave	No Load	Min	Max	Ave
底部 Base	外縁 6a	222	210	530	330	515	70	790	300
	内縁 6b	68	240	560	410	150	50	560	350
頭部 Head	外縁 6c	72	100	430	210	169	100	430	190
	内縁 6d	43	330	130	250	79	330	-30	-230
ウェブ Web	外側 6e	41	-140	40	-50	84	-160	100	-40
	内側 6f	117	-800	360	-110	307	-800	360	-120
		41	-180	20	-45	84	-180	60	-30
		67	-630	800	-220	192	-680	800	-170

註 正号は引張をあらわす
車輪-全車輪は主に電車だが EF10, ED16, 6770 型の電機式機関車
合計 18 個及び若干の客車を含む

圖-6 レール底部外縁応力 σ_a の頻度分布(測定点: A)

Fig.6 Frequency of Stresses in Outer Edge of Rail Base σ_a (Location, :A)



の応力の頻度分布をヒストグラムで示したのが図-6, 7 である。

e. 速度と応力 A, B 両測定点に於てモハ 63 型電車により生じた $\sigma_{1,2}$ と走行速度の関係を図示したのが図-8 である。速度範囲がせまくて, 明瞭な関係をこの図から見出すことは困難だが, A 測定点に於ける σ_1 は速度の増加に伴う上昇を示さないどころか, 破線のようにむしろ下降の傾向を

示した。

IV 検討ならびに考察

1. 測定記録の信頼性 測定記録には装置に原因する微小振動(振動数約 70)が混入した為に 1/50sec, 20 kg/cm² 以下の読取りは不可能だった。レールを流れる直, 交流電流の影響は, 今回の実測では認められなかった。歪計の較正曲線(図-3 参照)は若干彎曲し, 読取りに不便をもたらしたが精度には影響なかつたと考える。標点距離はレールにけた孔の間隔できまるがこれは 1/10mm まで読みをとつた。ただ孔の方向を完全にレール表面に直交させることが出来ず, 磁歪管にはトルク以外に曲げも加わつてしまう。それを取り除こうとして取付けの際に若干の手加減を加えたが, これが測定日ごとの誤差となつた。各測定日に歪計の 1 個は必ず a 点に装着しておき荷重状態の各日とも略々一定と見なされるモハ 63 型電車による応力の平均値を以て最確値として計算したところ各測定日の応力の精度は, A 測定点に於て 8%, B 測定点に於て 12% という値を得た。この処理法には未だ検討の余地があるが, これを以て大体今回の測定の精度とすることが出来るのではないかと考える。

以下今回の実測結果にもとづいて考察を進める。

2. 鉛直荷重の変動 A, B 両測定点に於ては同種の車輪による鉛直荷重応力 σ_1 がかなり相異した(■-4-c 参照)。走行状態に於ける鉛直方向の加速度が不陸(表-1 参照)を主とする軌道の狂いにより変動するからであると見られる。その訳は, 不陸の頂点とみなされる A 点の応力は速度と共に下降の傾向を示す(図-8 参照); 応力相異の有力原因たる道

図-7 $\sigma_{1,2,3}$ と $\sigma_{v1,v2}$ の頻度分布(測定点: A)
Fig.7 Frequency of Stresses $\sigma_{1,2,3}$ and $\sigma_{v1,v2}$ (Location: A)

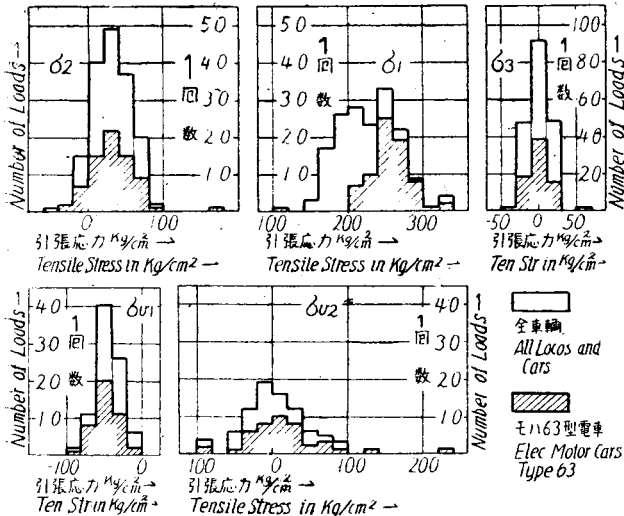
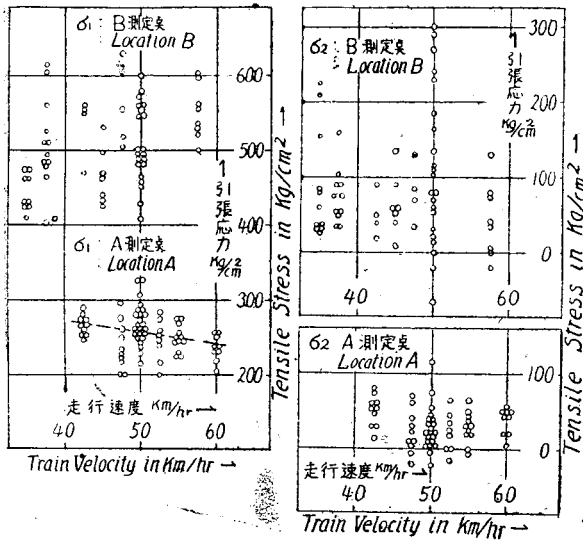


図-8 応力 σ_1, σ_2 と走行速度の関係(荷重モハ63型電動車)
Fig.8 Relation between Stresses σ_1, σ_2 and Train Velocity (Load: Elec. Motorcar: Type 63)



床係数の差異は静的計算の結果、大きな影響をもたらさぬことが判つた; などである。換言すれば、軌道の不整は鉛直荷重、ひいてはレール応力に大きな変動を与えることになる。

3. 横荷重の変動 同種の車輛が同一測定点を通過する場合でも横荷重の変動は相当に大きいのみならずその方向をも異にすることがある(■-4-d, 図-4, 7参照)。これは、車輪寸法の不整、車輪運動の軌道蛇行癖に束縛されきれぬ不規則さを裏書きしている。測定結果より静的計算により横荷重を求めると、-80~470kg となつた。¹³⁾

4. ねじれによる横荷重 今回の実測結果では顕著な傾向を示さなかつたが、 σ_3 が正負にまたがる分布を示す(図-7 参照)ことは、荷重のトルク成分が異なる方向にまたがって変動することを意味している。

5. ウェブの応力 予想(■-2 参照)の如くウェブには鉛直荷重による純圧縮応力に曲げによる応力が重なっていることがほぼ明かとなつた(■-4-b 参照) 純圧縮応力の極く狭い水平分布も明らかである(写真-3 参照)。B測定点での $\sigma_{d,1e}$ の絶対最大値(表-2 参照)は稀にしかりぬ値だが、この場合に生ずべき、頭部とウェブの隅角部の集中応力はかなり大きくなる¹⁴⁾ことが予想される。

6. 衝撃荷重 レールの局部沈下並びに車輪タイヤの傷損は共に衝撃荷重の有力原因となる。(■-4-a 参照)。後者は車輪1回転ごとに衝撃荷重を与えるのだから軽視することが出来ない。

7. 衝撃荷重による応力 レールは、明瞭な周期的変動を伴ふ持続時間の短い過渡的な衝撃波応力としてこれを伝える(■-4-a 参照)¹⁶⁾。車輪荷重はこの応力の媒体としてのレールに中ば固定的な支点として作用する。継目部もこの応力を伝える。尚、前項に述べた2種の衝撃荷重が偶然同時に加わつた場合、つまり継目部にタイヤの傷損部がぶつかつたような瞬間におこるべき稀発の大応力について、検討の必要はなからうか。

8. レール支承体の力学的性質 鉛直荷重に対しては殆ど認められないが横荷重に対しては時間効果があらわれている(■-4-b 参照)¹⁸⁾。

V 結 語

以上が今回行つた研究の概要である。実測するに当つて、多数箇所の同時測定を行わなかつたこと、直線部のみを対象としたこと、車輛とその走行速度の範囲の狭かつたことなどは記録の一般性を不十分なものにしたが、それでもIVに述べたような各種の考察をなし得たし、更にその帰結として、軌道の不整をレール応力の点からも更めて注目すべきこと、ウェブの応力に注目すべきこと、衝撃の重合による稀発の大応力に注目すべきこと、などがここに提案され得るに至つた。尚お今回用いた磁歪式歪計は、取付け、取扱いの方法などに改良の余地はあるが、我が国のレールの局部応力測定に先鞭をつけた点は有意義な事である

と同時に今後の進歩が期待される。おわりに一言したい、今回の作業に対し全般に就て沼田教授より、実測に就て安積健次郎氏より絶えず御懇篤な御指導と御援助を仰いだ。又土屋賢治氏、落合圭次氏、八王子管理部の諸氏、中島義明氏は、常に深甚の理解並びに辛勞を顧み助力を惜まれなかつた。諸賢の御厚情に対し謹しんで感謝の意を表する次第である。なお本研究に要した費用の一部は文部省科学研究費によつたことを附記する。

- 1) この場合、車輪荷重を謂う。
- 2) この場合、軌道方向に対し水平横方向荷重を謂う
- 3) この場合、レール断面対称軸に対する偏心鉛直荷重を謂う。
- 4) 八十島義之助：軌條のねじれに就いて（土木学会第5回年次大会講演）：学会宛投稿，未掲載。
- 5) 右の文献にあらわれている。S. Timoshenko: *ét-ude delaction des charges roulantes sur les rails: Le Génie Civil, Vol. 79, 1921*
- 6) 厳密には継目遊間より若干離隔している。
- 7) 写真-4 に於て、継目部によるものを除くと、衝撃時間々隔は 恰度車輪の1回転に要する時間に等しいので判定が下せたのである。
- 8) 衝撃応力はその加わる速さが大きく、自己感応，振動子固有周期との関係が不明瞭なので絶対量は読み取らぬことにし、単に時刻と相対量のみを取り上げた
- 9) オッシログラム記録線を1/50~1/100secごとに分割して応力を読み取り，その各々に就いて算出した。

- なお歪計取付位置 f, g の両者は測定上検討を要する点があるのでその記録の処理は行われぬことにした。
- 10) 尤も隣接車輪の影響があるので車輪位置によつてその静荷重応力が異なることを考慮する必要がある。
 - 11) これらの図には、異なる車輪，荷重状態もすべて含めてあるので測定の偶然誤差のみをあらわすものではないことを断つておく。
 - 12) モハ 63 型電車に就いて道床係数を $5\sim 15\text{kg/cm}^2$ として横枕木理論により計算したところ鉛直方向によるレール底部応力は $4300\sim 5100\text{kg/cm}^2$ となつた。
 - 13) 横枕木理論にもとずきレール支承体横移動係数は $10^4\sim\infty\text{kg/cm}$ としトルクの影響は無視して計算した。なお負号は軌間内方に向う荷重を示す。
 - 14) $\sigma_{d,e}$ の約 2 倍となることが、測定結果として次の文献に掲載されている。Report of Rail Committee: Proceedings of A.R.E.A. 1949
 - 15) 蒸気機関車の測定回数は少かつたで、その不平衡対重の影響はあらわれなかつた。
 - 16) 尤もこの外に高振動数の振動が生じていることは右の文献などで確認されている。H. W. Koch; *Messung von Schwingungen am Eisenbahnoberbau; Organ f.d.F.d.E. 1932, Heft. 21.*
 - 17) 説明されてはいないが同様の事象を次の文献からも看取することが出来る。Seventh. Progress Report Special Committee on Stresses in Railroad Track: Bulletin of A.R.E.A. 1940. Vol. 42.
 - 18) 軌道の横方向の弾性実験は右の文献などにある。O. Amman: *Versuch über die Wirkung von Längskräften in Gleis: Organ f.d.F.d.E. 1929, S. 471*

熔接軌道に関する一考察 (要旨)

正員 小林 勇*
准員 濱口 篤 弘**

AN INVESTIGATION ON THE WELDED TRACK (ABSTRACT)

(JSCE Sept. 1950)

Isamu Kobayashi C.E. Member & Atsuhiko Hamaguchi C.E. Assoc. Member

熔接によつて軌道の最弱点たる軌条継目のない連続軌条を敷設するには、高温時に熔接する方法、軌条を加熱して熔接する方法、軌条に初応力を与えて熔接する方法などが考えられる。こゝでは初応力による方法について理論的考察を行った。すなわち予め中性温度（温度応力0の時の軌条温度）を適当に定めておき、この温度と軌条敷設時の温度との差による軸応力を初応力として軌条端に加えて熔接し、熔接終了後軌条の緊縮を解いて応力の分布を平均するのである。かくす

れば中性温度になつたとき軌条応力は0となり、温度変化に対してはここを起点として合理的かつ望ましい応力が軌条に生じることになる。この敷設時に加うべき初応力は道床抵抗 r に関係し、普通 r = 一定としているが、こゝでは $r = kx^n$ (k 及び n は軌道構造による常数、 x は伸縮量0の点より軌条端へ向つての距離) としても解いた。すなわちまず軌条の軸応力、伸縮量に関する問題を応力線図によつて検討し、次に種々の場合について軌条端に加えるべき初応力の算式を誘導し、またこれを応用するときの注意を述べた。更に熔接部の収縮を考慮した初応力を求めた。

*京都大学教授工学部土木工学教室

**京都大学大学院特別研究生，工学部土木工学教室]