

論 說 報 告

第26卷第10號 昭和16年10月

固定道床に於ける軌條支承體の彈性補給に就て

會 員 庄 子 吉 光*

目 次

- 1. 緒言
- 2. 鈹バネ設定装置
- 3. 鈹バネの設計
- 4. 結論

1. 緒 言

固定道床區間殊に鋪裝踏切線路上に於ける軌道の破損は、主として、道床に弾性の 欠除せる事に起因せるものが多い。本文は軌條下に鈹バネを用ひて是が缺陷の除去に對する一考察を示したものである。

即ち、固定道床は普通道床に比して堅固なるは想像するに難からざる所であるが、一般に、後者に比して弾性を欠除せる缺點がある。列車の如き轉走荷重は其の走行と共に大なる衝撃を伴ふものであるが、通常は道床の弾性が是等を吸収して軌道に及ぼす影響を小ならしめてゐる。

然るに弾性なき場合には、直接是等の衝撃を受けるを以つて、軌道破損の度を増進し、遂には、固定道床自體迄壞す様になる。

此の故に、現に、隧道内や其の他固定道床區間の線路、特に、都會地の諸鋪裝踏切線路上に於ては其の破壊狀態著しく之が保守並に修理に就ては、何れも少からざる困難を感じ努力を爲しつゝあるものである。

如斯理由で固定道床に弾性を與へる事は少からず重大なことである爲に、軌條下に鈹バネを挿入して之が目的を達せんとするものである。尙現在木材使用構造なるための缺點を除いた一方法でもある。

2. 鈹バネ設定装置

固定道床中主として鋪裝踏切線路上に就て考へるに、此の區間は普通線路として列車を通過せしむると同時に、又道路として多量の交通量を負擔する故其の破損の度も著しく、従つて之が構造も一層強固なものとすると共に又其の破損の度を可成小にせしむるを理想とする。其の爲に前述の如く軌條下に鈹バネを用ひて軌道に及ぼす衝撃を可成小にせんとするものである。

之に對する装置としては圖-1 の如く、先づ適當の長さの古軌條 2本を本線軌條下に直角に並べて枕木とし、其の中間本線軌條下に鈹バネを入れて本線軌條と枕木軌條とを連絡せしめ、本線通過の輪重は此の鈹バネにて衝撃を減じて枕木軌條を経て固定道床に傳はる様にした

のである。

鈹バネは左右本線軌條に對して別々に用ひて夫々圖-2 及び圖-3 の如き装置にて本線軌條 (以下單に軌條と呼ぶ) 及び枕木軌條 (以下單に枕木と呼ぶ) と連結する。

而して之れのみにては左右軌條の關係即ち軌間は甚だ不安定となるからゲータイを用ひて確固ならしめ、又鈹バネ縮みに導線をつけて枕木軌條頭の切抜き中を滑動させると共に、更に軌間側軌條突縁部に沿ふて軌條方

圖-1.

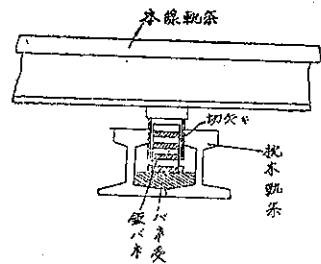


圖-2.

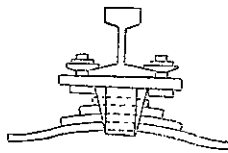
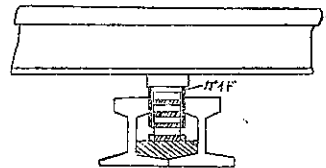


圖-3.

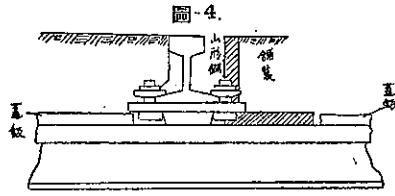


* 鐵道局技手 東京鐵道局上野保線事務所

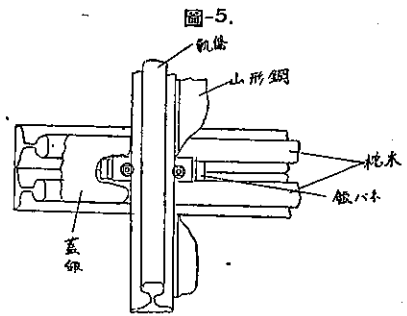
向に山形鋼又は之に準ずるものを設置して、軌道方位の狂を小ならしめ而も軌間外方は軌條面迄鋪裝するを以て更に確固なものとなる。

枕木上には鋸バネ設置後適當なる蓋をして其の上を鋪裝するのである。

斯くする時は枕木は常に不動の状態にあるも、列車通過の際には適當なる鋸バネの伸縮に依り軌條は軌間内に設けられた



る山形鋼及び鋸バネ胴縮めに設けられたる導軌にガイドされつゝ上下運動することになる。圖-4 及び圖-5 は之等裝置の概略を示したもので前者は正面圖後者は平面圖を示したものである。



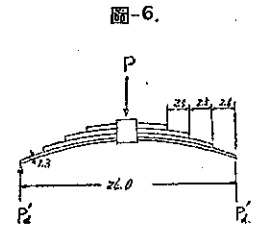
3. 鋸バネの設計

軌條と枕木との間に用ふる鋸バネの構造は大體普通の車輛用のものと同様のものを用ひ、其の大きは充分枕木間に設置し得て然も所要の強度を保有するものたらしめたのである。

之が設計の方針としては大體に於て良好なる状態にある普通線路道床の弾性と略同様な弾性を保持せしめると共に、軌條上通過の列車荷重に對しては充分なる強度を有することを條件としたのである。従つて線路等級の差異又は軌條重量の差異に依りて夫々異なりたる形となるは當然の事である。今各種軌條に對する枕木用鋸バネに就ての設計方法竝に一設計案を挙げると次の様になる。

(a) 30 kg 軌條用鋸バネ

30 kg 軌條枕木間隔 71 cm (10 m に付き 15 挺) の軌道上を列車荷重 K-12 が通過する場合を考へる。此の際此の状態に最も適當した鋸バネを決定するに就て先づ枕木として 30 kg 古軌條 2 本を用ふるものとする時は諸種の條件に依り圖-6 に示すが如く徑間 24 cm、厚 1.3 cm、幅 4.5 cm の 4 枚構造を假定する事が出来る。



今之の弾力及び強度に就て鐵道大臣官房研究所發行業務研究資料第 18 卷第 15 號を參考として計算すると次の様になる。

(i) 彎曲應力より見たる鋸バネの荷重負擔力

鋸バネに生ずる最大應力は次式に依りて計算される。即ち

$$\sigma_m = \frac{(n-n'+1)\Delta l P d'}{(1+f)(2n+n'-1)J} \dots \dots \dots (1)$$

- 本式中
- σ_m : バネに生ずる最大應力
 - n : バネの全數
 - n' : 親バネの數
 - Δl : 相隣れる 2 枚のバネの長さの差
 - $P d'$: バネに掛る荷重の半分 (遞増の場合) = $(\frac{P}{2})$
 - t : バネの厚さ
 - f : バネの摩擦係數
 - J : $\frac{bt^3}{12}$
 - b : バネの幅

本式に對し圖-6 の假定條件を入れると

$$n=4, \quad n'=1, \quad \Delta l=25 \text{ (cm)}, \quad t=1.3 \text{ (cm)}, \quad f=0.2 \text{ (推定)}, \quad b=4.5 \text{ (cm)}, \quad J=\frac{bt^3}{12}=0.8239 \text{ (cm}^4\text{)}$$

従つて

$$\sigma_m = \frac{4 \times 2.5 \times 1.3 P'd}{12 \times 8 \times 0.8239} = 1.6436 13 P'd$$

バネに對する許容應力強度として通常 4000 kg/cm² が用ひられて居る故に之を上式に入れ P'd_{max} を求めると

$$P'd_{max} = 2 433.7 \text{ kg}$$

故に

$$P = 2P'd = 4 867.4 \text{ kg}$$

之が本構造に對する最大許容荷重負擔量である。

(ii) 鈹バネの撓み

車輛通過の際の鈹バネの撓みの状態如何は軌道の 弾性保持の上から最も 大切なことで本文の主眼とする處である。此の適否は直接に軌道の保守上及び列車の運轉上に 大なる影響を 及ぼすものである。次に之に對する算式を擧げると

$$\delta d = \frac{12l'^3 P'd}{(2m+n'-1)bt^3 E(1+f)} \dots\dots\dots (2)$$

本式中

- δd: バネの撓みの量
- l': バネの有効徑間の半分
- P'd: バネに掛かる荷重の半分 = (P/2)
- n: バネの全數
- n': 親バネの數
- b: バネの幅
- t: バネの厚
- E: バネに用ひた材料の弾性係數
- f: バネの摩擦係數

本式に前の假定條件を入れると

$$l' = 1.2 \text{ (cm)}, \quad t = 1.3 \text{ (cm)}, \quad n' = 1, \quad n = 4, \quad b = 4.5 \text{ (cm)}, \quad E = 2 100 000 \text{ kg/cm}^2$$

故に

$$\delta d = \frac{12 \times 1.2^3 \times P'd}{8 \times 4.5 \times 1.3^3 \times 2 100 000 \times 1.2} = \frac{P'd}{9 611.9}$$

今撓み量 δd = 1.0 cm となるとき荷重を求めると

$$P'd = 9 612 \text{ kg}$$

故に

$$P = 2P'd = 19 224 \text{ kg}$$

此の値は鐵道省工務局より發表せられたる 軌道應力計算法の軌道支承體沈下係數 D に相當するもので本例の如きはかなり 良好なる軌道の場合に相當するものである。故に

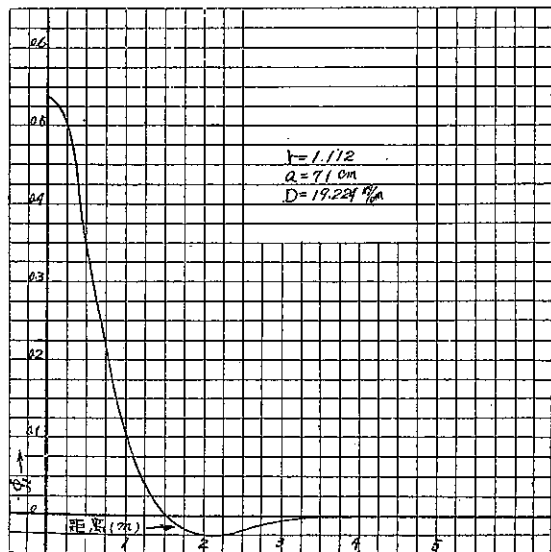
$$D = 19 224 \text{ kg/cm}$$

之に依り軌道應力計算法を適用して 軌條上を 列車通過の際にバネに掛る壓力を計算する事が出来る。

(iii) 列車通過の際の鈹バネに及ぼす壓力

上記の鈹バネを設置した軌道を荷重 KS-12 が通過する際に鈹バネに及ぼす壓力に就き業務研究資料第 19 卷第 33 號に依り發表せられたる軌道應力計算法に依りて求むれば次の如くなる。

圖-7.



先づ軌道應力計算の根本をなす軌道係數 γ を求むるに

$$\gamma = \frac{6E_0J_0}{a^3D} \dots\dots\dots (3)$$

本式中

γ : 軌道係數

E_0 : 軌條の彈性係數 = 2 100 000 kg/cm²

J_0 : 軌條断面二次率 = 607 cm⁴ (新品)

a : 枕木間隔 = 71 cm

D : 軌條支承體沈下係數 = 19 224 kg/cm

故に

$$\gamma = \frac{6 \times 2\,100\,000 \times 607}{71^3 \times 19\,224} = 1.112$$

圖-8.

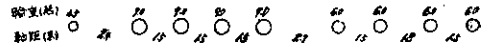
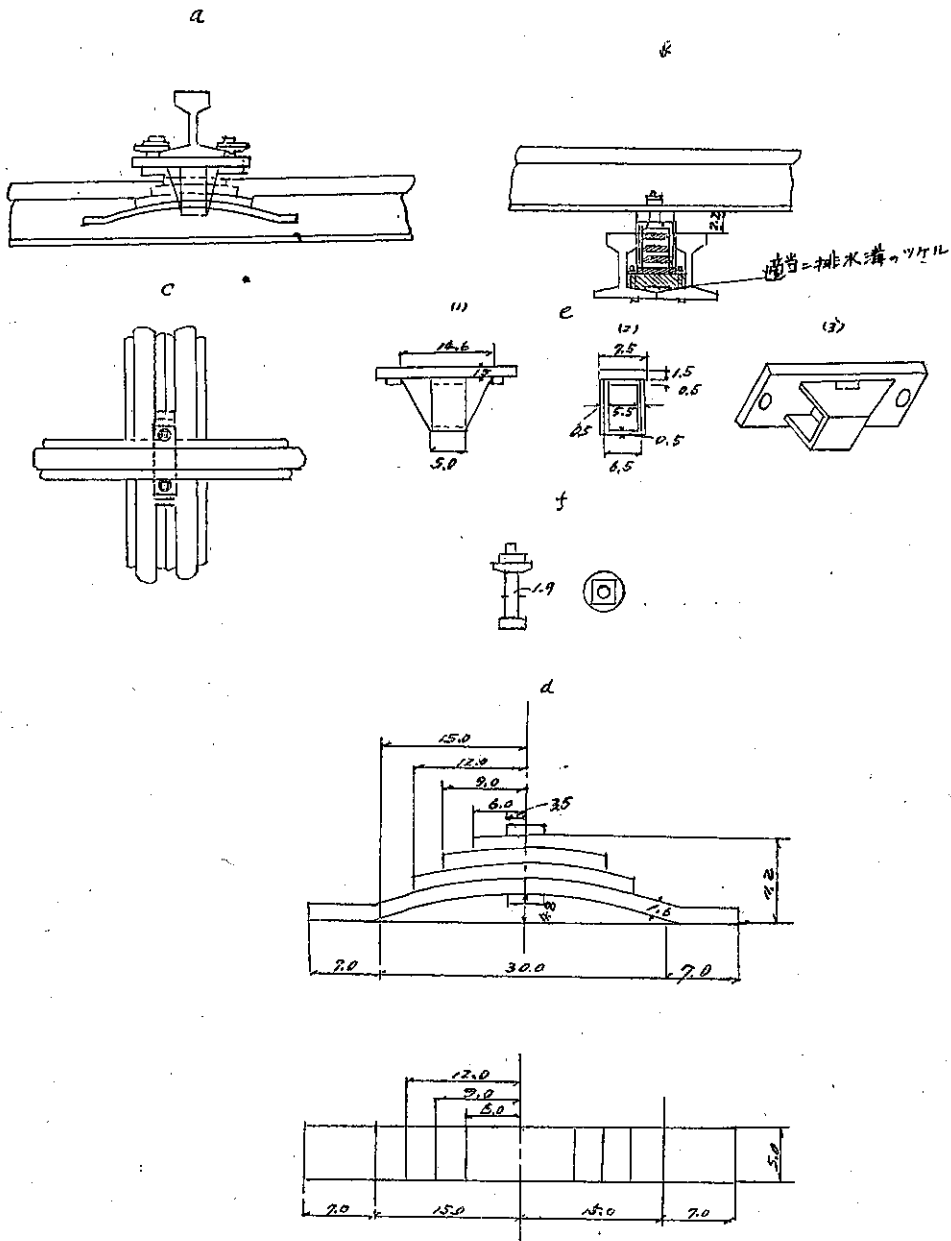


圖-9.



軌道係数 $\gamma=1.112$ に對する軌條壓力の影響線を求めると圖-7 の様になる。

又荷重 KS-12 の輪重及び車輪配置に就て擧げると次の如し。此の圖-7 及び圖-8 に依つて此の際の軌條壓力即ち鋸バネに掛る最大壓力 P を求むると

$$P=6000(0.5310+2 \times 0.0070-0.0053)=3238 \text{ kg}$$

即ち荷重 KS-12 に依りバネに掛る壓力は 3238 kg であつて之をバネの最大負擔量 4867 kg に比較すると 66.5% に當る事になる。

今普通軌條同様に列車速度 1 km/h に付軌條支承體に對する衝撃が 0.6% の割で増すものとする時は上記の値より列車の許容最高速度を求むることが出来る。即ち

$$3238 \left(1 + \frac{0.6V}{100}\right) = 4687 \text{ kg}$$

$$\therefore V=84 \text{ km/h}$$

之はバネの負擔量を見るならば 84km/h 迄許し得ることを示すものである。

此等計算の結果を見るに大體に於て前記圖-6 の假定寸法は本構造に對して妥當なものと言ふ事が出来る。

以上の如くして設計したる鋸バネを實際軌道に敷設するに付其の構造及び寸法を示したものは次の圖-9 である。

(b) 37 kg 軌條用鋸バネ

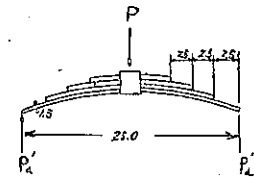
37 kg, 軌條枕木間隔 69 cm の軌道構造で荷重 KS-15 の場合に就き前者と全く同一方法で計算すると次の様になる。此の場合枕木として用ふる古軌條は 37 kg とし鋸バネの假定寸法として圖-10 の如く徑間 25 cm, 厚 1.3 cm, 幅 5.5 cm の 4 枚構造とする。然るときは前 (1) 及び (2) 式に於て

$$n=4, \quad n'=1, \quad \Delta l=2.5 \text{ (cm)}, \quad t=1.3 \text{ (cm)}, \quad f=0.2,$$

$$b=5.5 \text{ (cm)}, \quad J=\frac{bt^3}{12}=1.007 \text{ (cm}^4\text{)}, \quad l'=12.5 \text{ (cm)}$$

$$E=2100000 \text{ (kg/cm}^2\text{)}$$

圖-10.



(i) 彎曲應力より見たる鋸バネの荷重負擔力

(1) 式より

$$\sigma_m = \frac{(n-n'+1)\Delta l P' d}{(1+f)(2n+n'-1)J} = \frac{4 \times 2.5 \times 1.3 P' d}{1.2 \times 8 \times 1.007} = 1.34475 P' d$$

許容應力強度 $\sigma_{max}=4000 \text{ kg/cm}^2$ とすると

$$P' d_{max}=2974.5 \text{ kg}$$

故に

$$P_{max}=2P' d_{max}=5949 \text{ kg}$$

(ii) 鋸バネの撓み

(2) 式より

$$\delta d = \frac{12l'^3 P' d}{(2n+n'-1)t^3 E(1+f)}$$

$$= \frac{12 \times 12.5^3 P' d}{8 \times 5.5 \times 1.3^3 \times 2100000 \times 1.2} = \frac{P' d}{10393.7}$$

$\delta d=1.0 \text{ cm}$ としたときの荷重を求めると

$$P' d=10393.7 \text{ kg}$$

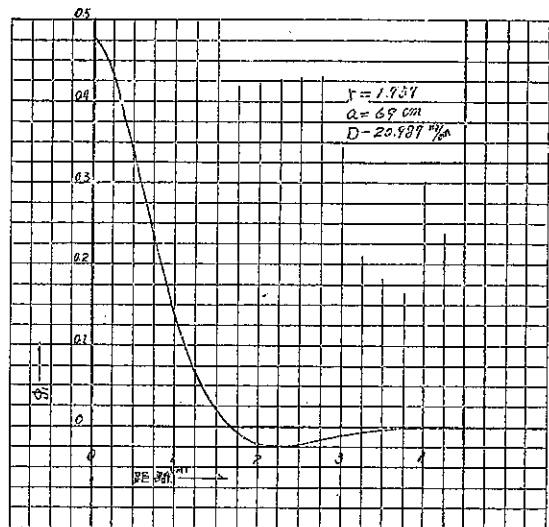
$$P=2P' d=20787.4 \text{ kg}$$

故に

$$D=20787.4 \text{ kg/cm}$$

(iii) 列車通過の際鋸バネに及ぼす壓力

圖-11.



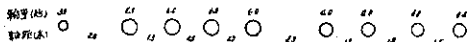
荷重 KS-15 が通過する際に鋼バネに及ぼす壓力を求むると次の様になる。

前 (8) 式に於て $E=2100000 \text{ (kg/cm}^2\text{)}$ $J_0=952 \text{ (cm}^4\text{)}$ $a=69 \text{ (cm)}$ $D=20787 \text{ (kg/cm)}$

故に

$$\gamma = \frac{6E_0 J_0}{a^3 D} = \frac{6 \times 2100000 \times 952}{69^3 \times 20787} = 1.757$$

圖-12.



此の $\gamma=1.757$ に対する軌條壓力の影響線は圖-11 である。

圖-12 の荷重に依り圖-11 によりて鋼バネに掛る最大壓力を求むると

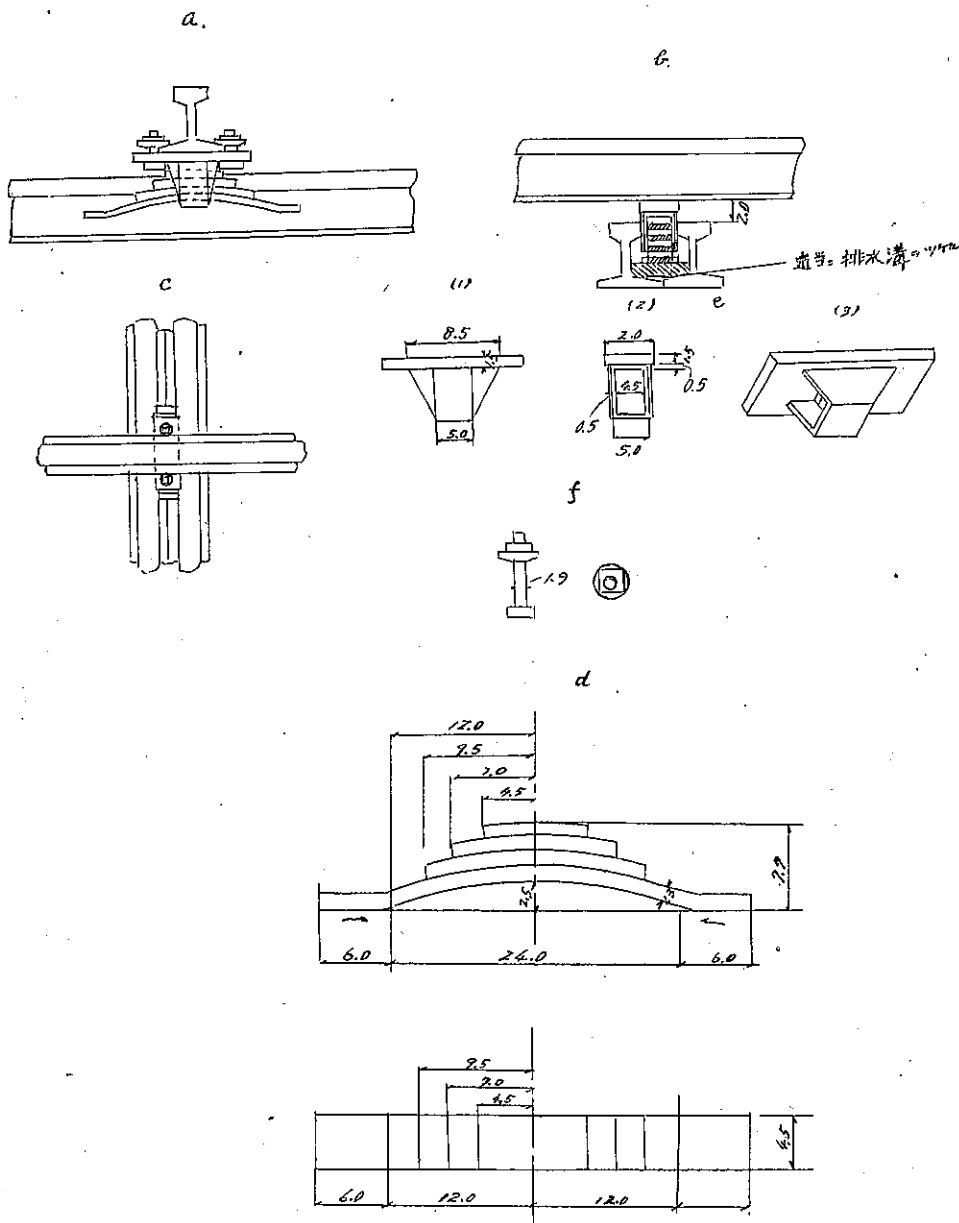
$$P=7500(0.4770+2 \times 0.0220-0.0100)=3832.5 \text{ kg}$$

之をバネの最大負擔量 5949 kg に比較すると 68.7% に當る。更に之より前同様許容列車速度を求めると

$$3832.5 \left(1 + \frac{0.6V}{100}\right) = 5949 \text{ kg}$$

$$V=92 \text{ km/h}$$

圖-13.



即ち 92 km/h の列車速度迄許し得ることを示してゐる。

以上に依りて求められたる鋼バネの設置に關する實際的寸法は圖-13 である。

c) 50 kg 軌條用鋼バネ

50 kg 軌條, 枕木間隔 62 cm の軌道構造で荷重 KS-18 の場合に付き前二者と全く同一方法で計算すると次の様になる。此の場合の枕木は 50 kg 古軌條 2 本を用ひ此の間に設置する鋼バネの假定寸法は圖-14 の如く徑間 30 cm, 厚 1.6 cm, 幅 5.0 cm の 4 枚構造とする。然るときは前 (1) 及び (2) 式に於て

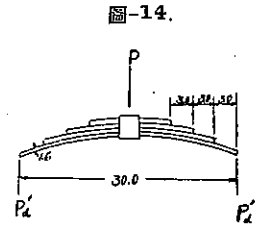


圖-14.

$$n=4, \quad n'=1, \quad \Delta l=3.0 \text{ (cm)}, \quad t=1.6 \text{ (cm)},$$

$$f=0.2, \quad b=5.0 \text{ (cm)}, \quad J=\frac{bt^3}{12}=1.70667 \text{ (cm}^4\text{)}$$

$$l'=15 \text{ (cm)} \quad E=2100000 \text{ (kg/cm}^2\text{)}$$

(i) 彎曲應力より見たる鋼バネ荷重負擔力

(1) 式より

$$\sigma_m = \frac{(n+n'-1)\Delta l t P'd}{(1+f)(2n+n'-1)J} = \frac{4 \times 3.0 \times 1.6 P'd}{1.2 \times 8 \times 1.70667} = 1.171872 P'd$$

$$\sigma_{max} = 4000 \text{ kg/cm}^2 \text{ とすると}$$

$$P'd_{max} = 3413.3 \text{ kg}$$

故に

$$P_{max} = 2P'd_{max} = 6826.6 \text{ kg}$$

(ii) 鋼バネの撓み

(2) 式に依り

$$\delta d = \frac{12l'^3 P'd}{2(n+n'-1)bt^3 E(1+f)} = \frac{12 \times 15^3 P'd}{8 \times 5.0 \times 1.6^3 \times 2100000 \times 1.2} = \frac{P'd}{10194}$$

$\delta d = 1.0 \text{ cm}$ としたときの荷重を求めると

$$P'd = 10194 \text{ kg}$$

$$P = 2P'd = 20388 \text{ kg}$$

故に

$$D = 20388 \text{ kg/cm}$$

(iii) 列車通過の際の鋼バネに及ぼす壓力

前同様荷重 KS-18 が軌道上を通過する場合鋼バネに及ぼす壓力を求めると次の様になる。前 (3) 式に於て

$$E_0 = 2100000 \text{ (kg/cm}^2\text{)}, \quad J_0 = 1744 \text{ (cm}^4\text{)}$$

$$a = 62 \text{ (cm)}, \quad D = 20388 \text{ (kg/cm)}$$

故に

$$\gamma = \frac{6E_0 J_0}{a^3 D} = \frac{6 \times 2100000 \times 1744}{62^3 \times 20388} = 4.452$$

此の場合の軌條壓力影響線を示すと圖-15 である。

之により此の際鋼バネに掛る最大壓力を求むると

$$P = 9000(0.3783 + 2 \times 0.0425 - 0.0136) = 4047.3 \text{ kg}$$

之をバネの最大負擔量 6827 kg に比較すると 59% に當る。又許容速度を求めると

$$4047.3 \left(1 + \frac{0.6V'}{100}\right) = 6826.6 \text{ kg}$$

$$V' = 114 \text{ km/h}$$

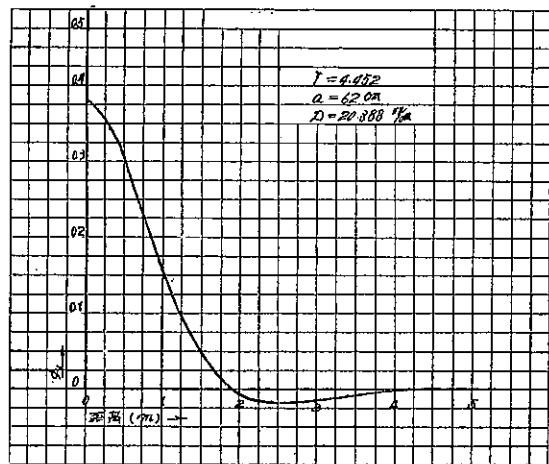


圖-15.

圖-16.

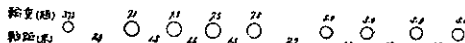
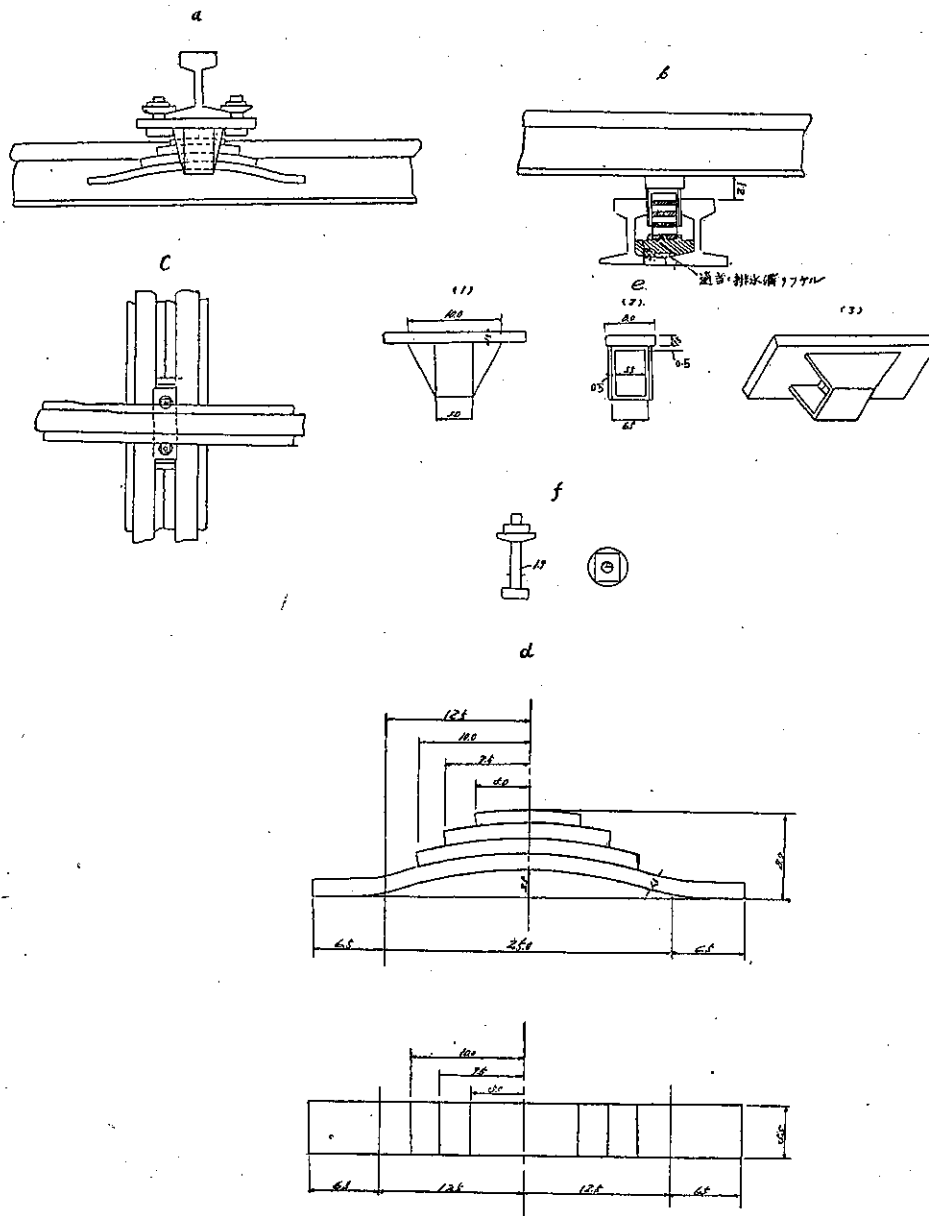


圖-17.



即ち充分 100 km/h 以上の速度に耐ふることとなる。

以上に依りて得たる軌條用鋸パネ設置に關する實際的寸法を示したものは圖-17 である。

4. 結 論

固定道床區間殊に鋪裝踏切道に於て軌道支承體に彈性を附與して列車通過の際の衝撃を緩和せしめ軌道の破壊を可及的輕減せしめる目的のために上記の方法に依り 固定道床中の枕木に特に軌條支承用として設計したる鋸パネを設置して普通良好なる線路に於ける軌條支承體の彈性と略同等なる條件を與ふるもので之に依り列車通過の際の衝撃が著しく緩和され従つて軌道の破壊の度も又著しく減少されるものである。

之が故に列車のみならず一般道路としても交通量甚しく爲めに工事の際に少からぬ困難を感ずる鋪裝踏切道に於ては之の施設に依り修繕日數の延長を圖ることは全く當を得たる事であらうと信ずる。