

論 說 報 告

第26巻第1號 昭和15年1月

枕木甦生處理の一考察

會員 千 秋 邦 夫*

要 旨 枕木節約の爲撤去枕木 2 挺を組合せる事に依り並枕木を甦生せしめる一方法を案出し、更にこの甦生枕木に對する力學的檢討並に經濟比較を示したものである。

1. 序 言

我が國有鐵道に於ける枕木敷設總數は〇〇〇〇萬挺に及び、その更換數は年々〇〇〇萬挺に上つて居る。一方枕木單價は近年著しく暴騰し、札鐵管内にて昭和10年に1.02圓であつたものが、昭和13年は2.25圓、本年度は2.70圓となり、更換枕木の金額は省全体として千數百萬圓の莫大な額に達する。従つて枕木はこの點のみより考ふるも軌道材料中特に重要なもの一つであり、之の研究にも一段の努力を拂ふべきである。

現在木材は使用を制限せられて居らないが、鐵鋼類及綿毛等の制限品の代用品としてあらゆる方面に多量に使用せられつゝあるのみならず、輸入材の販賣統制と相俟つて品不足に依る間接の制限を受けて居り、而も此の状態は今後益々拍車をかけられるものと想像せられる。その必然的結果として、全利用々材の約15%を占める鐵道枕木の節約を餘儀なくせしめ、従つて枕木の特殊研究を要求しつゝある。即ち枕木の壽命延長に關する研究、並に撤去枕木の甦生處理に關する研究が之である。

従來の古枕木利用状態を見るに撤去枕木の大多數は燃料に供され、その他のものも踏切敷板、橋上パッキング、込栓、軌條支材、寒地凍上線路用挾木等に再生され、僅かに古ポイント枕木又は古橋枕木の一部分が並枕木に甦生されて居るのみである。然し前述の如く枕木が甚しく不足して居る現状に鑑み、更に進んで撤去並枕木より並枕木を甦生する方法を講じなければならない。參考の爲當局管内に於ける従來の古枕木利用状態を示すと表-1の様

表-1. 古 枕 木 利 用 調

(A) 並 枕 木			(B) ポイント枕木及橋枕木		
用 途 別	挺 數	百分率	用 途 別	挺 數	百分率
乘降場土留用	14 915	1.9	並 枕 木	2 306	4.2
側溝土留用	19 186	2.4	挾 木	1 319	2.4
橋垣修繕用	23 043	2.9	込 栓	8 066	14.8
工事假設工用	8 961	1.1	踏 切 敷 板	997	1.8
下水覆切張用	8 913	1.1	橋上パッキング	727	1.3
隨修工事用	53 575	6.7	軌條支材	233	0.4
其他工事用	27 639	3.4	工事用材	5 493	10.0
燃 料	645 524	80.5	燃 料	35 469	65.1
計	801 806	100.0	計	54 500	100.0

* 工學士 札幌鐵道局工務部保線課長

である。

然らば撤去枕木が果して並枕木として甦生し得るや否やと云ふ事が問題となる。全面的な腐朽に依り更換せられたる古枕木は如何にしても並枕木に甦生する事は困難であらう。然し犬釘打換不能、軌條喰込及割裂等軌條當り面附近に於ける局部的損傷のみの爲に更換せられたる古枕木を燃料其他雜工事材料に使用するのは今少しく研究す可き餘地が存してゐるのではなからうか。即ち枕木中央部分の未だ損耗せられざる部分を活して使用し、再び並枕木として甦生し得る方法を考慮す可きではなからうか。然も當札鐵管内の如く凍上の多い地方では頻繁に抉木作業を爲す結果、犬釘打換不能に依り多數の撤去枕木を發生する状態の處では最も重要なる問題なりと信ずる。

2. 枕木に関する諸問題

從來我が國有鐵道に於ては非常に煩雜なる手数を費し、嚴重にして且つ綿密なる検査に依り年々更換枕木の査定を爲し、以て枕木の無駄の更換をせざると同時に、必要以上の節約を爲し其の後の保守に困難を感ぜしめざる様、適當の數量の決定に心掛けて來た。然し枕木の品質並に規格に關する從來の研究は果して充分であつたであらうか、品質に關してはさて置き、その形狀並に配置數量に關しても次の如き諸問題がある。

軌條は 1 m 當りの重量が 30 kg より 50 kg に増大せられ、その斷面係數は横軸に對するものは 116 cm^3 より 261 cm^3 に、縦軸に對するものは 28 cm^2 より 59 cm^2 になり、従つて軌條に生ずる垂直曲げモーメントは現行機關車(靜止荷重)に對しては最大 1320 kg/cm^2 であつたのが、50 kg 軌條にては 630 kg/cm^2 を超へざる状態にあり 53% の減少を示して居る。然るに枕木に於てはその斷面に於て何等變更する事なく、只 10 m 當りの枕木挺數が 18 挺より 15 挺と 2 挺だけ増加して居るに過ぎず、その結果は枕木面平均支壓力が 19.7 kg/cm^2 より 13.8 kg/cm^2 に減少するに過ぎず 30% の減少であつて、軌道應力の點より考へ前者に對して果して充分であらうか。若し枕木斷面の變更が不可能なれば之に代る可きタイプレートを何故使用しないのか。

又最近に於て軌條製作技術の進歩並に之が輸送方法の改善の結果、軌條の長さは從來の 10~12 m より一躍 20 m 及 25 m になり、今後は長尺軌條使用の時代となつて來た。而しその際遊間は軌條の長さに比例して大きくせずとも良く、且つ設置し得る最大の遊間は 10 m 軌條に於けると同一構造の繼目鉞を用ふる以上從來同様 14 mm である。之は軌條に生ずる拘制力の關係であるが、斯くの如く遊間を増大せざる以上軌條の自由伸縮を一様に妨げ軌條の挫屈を防止する爲、何故軌條と犬釘との間の摩擦抵抗を増大せしむる様枕木挺數を増加しないのか。又各枕木に何故アンチクリーバーを設置しないのか。又軌條の挫屈に對する横抵抗を増大せしむる爲、枕木重量を殊更に増大し得ざる以上枕木挺數を何故増加しないのか。

以上述べた事の結論は軌道強化の重要なる要素として、一軌條當り枕木挺數を何故増加せざるやと云ふ事に歸着する。然し此の事は云ふ可くして誠に實行の困難なる問題である。即ち枕木増加に莫大なる費用を要する以外に尙次の如き事柄を伴ふからである。それは軌條更換等に依り軌道強化せらるゝ場合は、その後の保守費は著しく減少し且つ軌條そのものゝ壽命も亦著しく延長せらるゝに對し、枕木挺數を増加するも枕木の壽命は前と同一で、而もその後にて直接更換枕木數を増加する結果となり、従つて枕木代、犬釘代、枕木更換の勞力費を直接増加するのみならず、日常作業に於て搦固めを爲す可き枕木數を増加する結果となる。

以上の具體的説明として表-2 に見る如く、37 kg 軌條に更換する場合材料費及工費其他を加へ 1 km 當り約 3600 圓、50 kg 軌條に更換する場合 10900 圓を要するが其後に於て線路工手の定員のみにては表-3 の如く著しく減少し、線路工手の年平均給を 756 圓(雜給、雜費を含む)とする時函館本線にては 1 km 當り年 682 圓の

表-2 (A). 軌道材料費

	30 kg-軌條		37 kg-軌條		50 kg-軌條	
	昭 14 年度 出納單價	1 km 當費額	昭 14 年度 出納單價	1 km 當費額	昭 14 年度 出納單價	1 km 當費額
軌 條	5.100 圓/m	5 100.000	6.280 圓/m	6 280.000	8.520 圓/m	8 520.000
繼 目 釘	1.450 圓/枚	290.000	1.850 圓/枚	296.000	2.530 圓/枚	404.800
同 上 ボルト	0.165 圓/本	66.000	0.178 圓/本	56.960	0.401 圓/本	128.320
犬 釘	0.105 圓/本	630.000	0.105 圓/本	630.000		
タイプレート					1.600 圓/枚	4 800.000
螺 釘					0.226 圓/本	1 356.000
計		6 086.000		7 262.960		15 209.120

表-2 (B). 軌條更換費

更換種別	30 kg-軌條を 37 kg-軌條に	37 kg-軌條を 50 kg-軌條に
材料費差額	1 176.960 圓	7 946.160 圓
工 費	1 450.000 "	1 680.000 "
輸 送 費 其 他	1 000.000 "	1 300.000 "
計	3 626.960 "	10 926.160 "

表-3. 軌條更換に依る線路工手要員減數

更換種別		30 kg 軌條を 37 kg 軌條に更換			37 kg 軌條を 50 kg 軌條に更換	
線 名 (線路等級)		宗谷本線(乙)	夕張線(乙)	根室本線(丙)	函館本線(乙)	室蘭本線(乙)
驛 間 (區間料)		劍淵-士別 (1 km)	川端-清水澤 (1 km)	落合-新得 (1 km)	函館-五稜廓 (1 km)	東室蘭-登別 (1 km)
列車回數	旅客列車	○ヶ列車	—	○ヶ列車	○○ヶ列車	○○ヶ列車
	混合列車	○○ "	○ヶ列車	○ "	○○ "	—
	貨物列車	○ "	○○	○ "	○○ "	○○ "
	ガソリン動車	—	—	—	○○ "	○ "
1 km 當り 線工要員 (計算上)	更換前	1.660人	0.888人	0.445人	2.056人	4.230人
	更換後	1.379 "	0.760 "	0.374 "	1.154 "	1.996 "
	差 引	0.281 " 減	0.128 " 減	0.071 " 減	0.902 " 減	2.234 " 減

人件費減額となる。

然るに 10 m 當りの枕木挺數を 2 挺増加した爲の 1 km 當りの費用を求めれば枕木代、犬釘代、枕木更換勞力費及枕木移動勞力費を加へ 920 圓となり、其後に於ける保守費の増加は、更換枕木數の増加従つて犬釘の増加及同上に依る勞力の増加を加へ 1 km 當り 91 圓となる。

然し 10 m 當りの枕木挺數を増加した爲の軌道の破壊状態は小となるに違ひないが、その反面に搦固めを成す可き枕木挺數が増加する。それで通過噸數に對して最も保守勞力の小なる枕木挺數が存在するに對して、重軌條使用は其後に於て必ず保守勞力費を減少せしめる特點がある。

次に軌道應力の點より考ふるに 30 kg 軌條にて枕木 13 挺と 14 挺とを比較するに、枕木挺数が 7.1% 増加せるに對し枕木面支圧力は 8.5% より減少しない。之を軌條に就て考ふるに 30 kg 枕木 13 挺と 37 kg 枕木 13 挺とを比較するに、軌條重量は 23% 増加せるに對し軌條垂直曲げモーメントは 34.4% の減少であつて、軌道應力の點より見れば枕木増加は軌條更換より割損なりとの結論である。

以上に依り通過噸數に對し保守勞力の最小なる枕木挺數に關する研究は極めて重大なる事項であり、今後に残された問題である。

3. 甦生枕木の製作

撤去古枕木より甦生枕木を製作する際考慮す可き點は、

1. 枕木として充分の強度を有する事
2. 犬釘の支持力が充分ある事
3. 軌條當り面が平滑なる事
4. 工費が低廉なる事

第 2 項及第 3 項より考ふれば、以前敷設せられて居た當時の軌條當り面を避けねばならない。何となれば使用に耐へずして更換せられた枕木で軌條當り面が平滑であつたり、又たとへ如何なる方法を以てするも充分なる犬釘の支持力を有せしめる事は出来ないからである。又新甦生枕木の上面は舊枕木當時の下面であつてはならない。之は枕木下面はタンピングの爲丸味を帯び且つ相當の凹凸があるからである。以上の點から考へると大曲保線區式の縦割にした枕木を 2 段に重ねて製作した甦生枕木は缺點を有する。

そこで本案は古枕木の兩端を除去して中央部を残し、之を適當なる方法に依り 2 個繼ぎ合せ、構造上比較的弱點となるこの接合部を応力小なる中央部に廻し、荷重を直接支持する軌條取付部には損傷の少い原枕木の中央部をあてるのが當甦生枕木製作法の着眼點である。

即ち撤去枕木中より比較的腐朽割裂の少きものを選び、枕木端より 135 mm 及 665 mm 切取り、圖-1 に示す如き形状のもの ABCDEF 及 A'B'C'D'E'F' を作る。之等 2 個を組合せて圖-2 に示す如く古鐵線(之は原枕木より發生せしものを使用す)及古犬釘を以て緊縮する。尙 CD 及 C'D' 面は 1/53 の傾斜を有して居る故、2 個緊縮せられた後に於ては楔の働きをなし積壓力に對し充分抵抗し得る。

尙切取方は必ずしも圖-1 に限つて居る

圖-1. 切取方

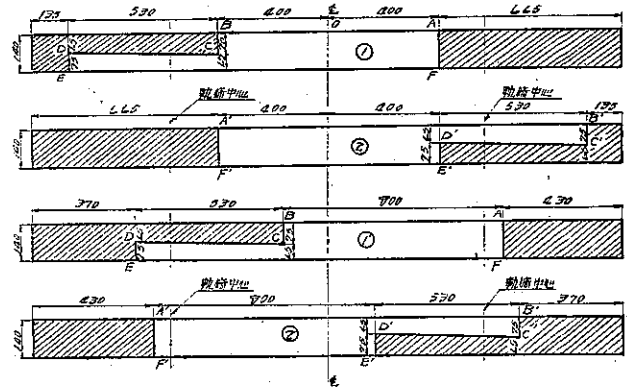
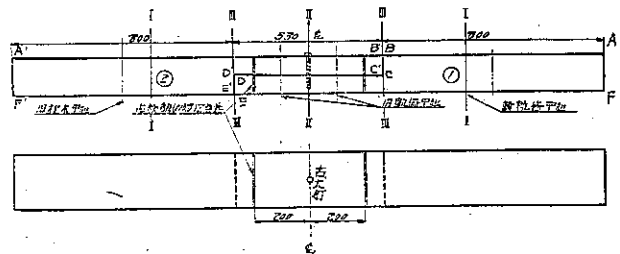


圖-2. 出来上り圖



のではない。撤去枕木中より最も良好なる半切枕木 $ABCDEF$ を得れば宜い。又廻生枕木製作の順序方法に關しては他日機會あらば發表する事にする。

4. 枕木の變形並に應力

道床に加へられた壓力が或る極限值を超過せざる間は道床は殆ど完全に彈性的で

$$p = cy \dots \dots \dots (1)$$

が成立する。茲に

p : 道床表面單位面積上の壓力, y : 其の沈下量, c : 道床係數

$$\begin{cases} \text{路盤不良なる場合:} & c = 5 \text{ kg/cm}^2 \\ \text{路盤良好なる場合:} & c = 9 \text{ " } \\ \text{路盤特に良好なる場合:} & c = 13 \text{ " } \end{cases}$$

一般に曲げモーメント M と剪断力 Q との間には次の關係がある。

$$\frac{dM}{dx} = Q$$

枕木の幅を b とすると

$$\frac{dQ}{dx} = bp$$

従つて $\frac{d^2M}{dx^2} = bp$

彈性係數を E , 慣性モーメントを J とする時彈性曲線の微分方程式は

$$M = -EJ \frac{d^2y}{dx^2}$$

従つて $EJ \frac{d^4y}{dx^4} = -bp$

上式に (1) 式の關係を代入すると

$$EJ \frac{d^4y}{dx^4} + bcy = 0 \dots \dots \dots (2)$$

今 $\sqrt{\frac{4EJ}{bC}} = L, \quad \frac{x}{L} = \xi$

とする時 (2) 式は次の如く變形される。

$$\frac{d^4y}{d\xi^4} + 4y = 0 \dots \dots \dots (3)$$

之より次式を得る。

$$y = \frac{1}{2} [(A_1 e^\xi + A_2 e^{-\xi}) \cos \xi + (A_3 e^\xi + A_4 e^{-\xi}) \sin \xi] \dots \dots \dots (4)$$

茲に A_1, A_2, A_3 及 A_4 は積分常數である。

横枕木の場合力學的關係は 圖-3 に示す如く枕木中心に對し左右對稱なるを以て左半分 KO のみに就て考へる。

荷重 P の作用點 N に於て彈性曲線は其の向きを變へるを以て、林氏¹⁾に従ひ KN, NO の 2 つに分けて

1) "Theorie des Trägers auf elastischer Unterlage." von K. Hayasi.

沈下量 y を次式で表す。

$$\left. \begin{aligned} KN \text{ 間: } y &= \frac{1}{2} [(A_1 e^{\xi} + A_2 e^{-\xi}) \cos \xi \\ &\quad + 2A_3 \cosh \xi \sin \xi] \\ NO \text{ 間: } y &= \frac{1}{2} [(B_1 e^{\xi} + B_2 e^{-\xi}) \cos \xi \\ &\quad + (B_3 e^{\xi} + B_4 e^{-\xi}) \sin \xi] \end{aligned} \right\} \dots (5)$$

$$\frac{a}{L} = \alpha, \quad \frac{s}{L} = \sigma, \quad \frac{l}{L} = 2(\alpha + \sigma) = \lambda$$

とする時積分常数 $A_1 \sim A_3, B_1 \sim B_4$ は次の如くなる。

$$\left\{ \begin{aligned} A_1 &= \frac{P}{CL [\sin h\lambda + \sin \lambda]} [\cos h\alpha \{ \cos(\lambda - \alpha) \\ &\quad + \sin(\lambda - \alpha) \} + \cos h(\lambda - \alpha) (\cos \alpha + \sin \alpha) \\ &\quad + e^{-\alpha} \cos(\lambda - \alpha) + e^{-(\lambda - \alpha)} \cos \alpha] \\ A_2 &= \frac{P}{CL [\sin h\lambda + \sin \lambda]} [\cos h\alpha \{ \cos(\lambda - \alpha) - \sin(\lambda - \alpha) \} \\ &\quad + \cos h(\lambda - \alpha) (\cos \alpha - \sin \alpha) + e^{\alpha} \cos(\lambda - \alpha) + e^{\lambda - \alpha} \cos \alpha] \\ A_3 &= \frac{P}{CL [\sin h\lambda + \sin \lambda]} [\cos h\alpha \sin(\lambda - \alpha) + \cos h(\lambda - \alpha) \sin \alpha \\ &\quad - \sin h\alpha \cos(\lambda - \alpha) - \cos \alpha \sin h(\lambda - \alpha)] \\ B_1 &= A_1 e^{\alpha} \cos \alpha + A_3 e^{\alpha} \sin \alpha - P/CL \\ B_2 &= A_2 e^{-\alpha} \cos \alpha + A_3 e^{-\alpha} \sin \alpha + P/CL \\ B_3 &= -A_1 e^{\alpha} \sin \alpha + A_3 e^{\alpha} \cos \alpha + P/CL \\ B_4 &= -A_2 e^{-\alpha} \sin \alpha + A_3 e^{-\alpha} \cos \alpha + P/CL \end{aligned} \right.$$

並枕木に就て上記積分常数を計算するに

$$\left\{ \begin{aligned} C &= \text{道床係数} = 9 \text{ kg/cm}^2 \text{ (路盤良好なる場合)} \\ E &= \text{枕木の弾性係数} = 100\,000 \text{ kg/cm}^2 \\ b &= \text{枕木幅} = 20 \text{ cm} \\ J &= \text{枕木の慣性モーメント} = 4\,573 \text{ cm}^4 \end{aligned} \right.$$

故に $L = \sqrt[4]{\frac{4EJ}{Cb}} = 56.46$

又 $a = 50 \text{ cm}, \quad s = 56.5 \text{ cm}, \quad l = 213 \text{ cm}$

故に $\alpha = \frac{a}{L} = 0.88557, \quad \sigma = \frac{s}{L} = 1.00070, \quad \lambda = \frac{l}{L} = 3.77255$

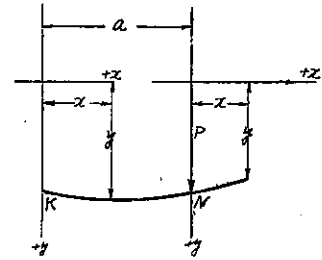
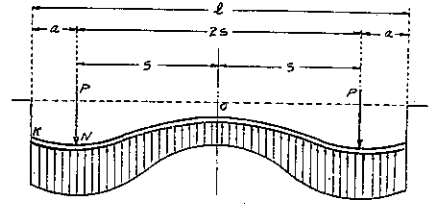
従つて $A_1 = 0.0010500P, \quad A_2 = 0.0005588P, \quad A_3 = 0.0002456P$

$B_1 = 0.0001041P, \quad B_2 = 0.0021922P, \quad B_3 = 0.0003737P, \quad B_4 = 0.0018535P$

次に $M = -EJ \frac{d^2 y}{dx^2}, \quad Q = -EJ \frac{d^3 y}{dx^3}$

故に曲げモーメントは

圖-3.



$$\begin{aligned}
 & KN \text{ 間: } M = -EJ[(A_1e^{\xi} - A_2e^{-\xi})(-\sin \xi) + 2A_3 \sin h\xi \cos \xi] (1/L)^2 \\
 & NO \text{ 間: } M = -EJ[(B_1e^{\xi} - B_2e^{-\xi})(-\sin \xi) + (B_3e^{\xi} - B_4e^{-\xi}) \cos \xi] (1/L)^2 \\
 & \text{又剪断力は } KN \text{ 間: } Q = -EJ[(A_1e^{\xi} + A_2e^{-\xi})(-\sin \xi) + (A_1e^{\xi} - A_2e^{-\xi})(-\cos \xi) \\
 & \quad + 2A_3 \cos h\xi \cos \xi + 2A_3 \sin h\xi(-\sin \xi)] (1/L)^2 \\
 & NO \text{ 間: } Q = -EJ[(B_1e^{\xi} + B_2e^{-\xi})(-\sin \xi) + (B_1e^{\xi} - B_2e^{-\xi})(-\cos \xi) \\
 & \quad + (B_3e^{\xi} + B_4e^{-\xi}) \cos \xi + (B_3e^{\xi} - B_4e^{-\xi})(-\sin \xi)] (1/L)^2
 \end{aligned}$$

P=1000 kg とし間隔 5 cm 毎の點の y 及 M, Q を計算すると表-4 の如くなり、此の結果を圖示すると 圖-4

表-4. 枕木の y, M 及 Q の値 (軌條壓力 P=1 000 kg)

KN 間	x (cm)	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50		
	y (mm)	0.402	0.424	0.446	0.467	0.488	0.509	0.527	0.544	0.558	0.569	0.574		
M (kg-cm)	0	92	366	663	1 555	2 470	3 842	4 985	6 603	8 478	10 610			
Q (kg)	0	37.1	76.2	105.1	160.3	205.1	251.7	299.4	349.5	400.2	451.6			

NO 間	x (cm)	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	58.5
	y (mm)	0.574	0.574	0.571	0.564	0.555	0.545	0.535	0.525	0.517	0.511	0.507	0.505	0.505
M (kg-cm)	10 610	8 003	5 648	3 544	1 715	115	-1 235	-2 332	-3 201	-3 842	-4 253	-4 436	-4 459	
Q (kg)	-548.0	-496.3	-444.8	-393.7	-343.4	-294.0	-245.5	-197.8	-151.0	-105.1	-59.0	-13.6	0	

の様になる。

次に枕木に及ぼす最大軌條壓力 P を算出するに、路盤が良好なればなる程即ち道床係數 C が大なれば大なる程、又輪軸距離が小なれば小なる程軌條壓力は大となる。

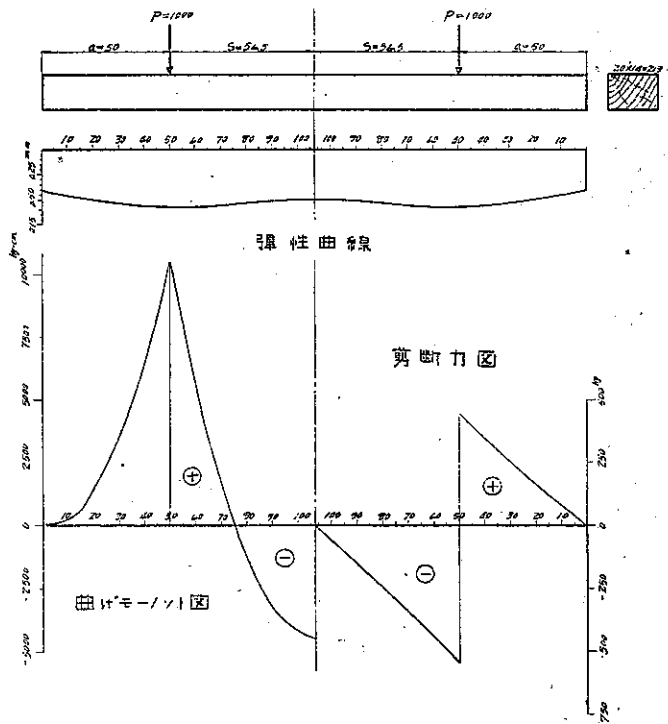
今路盤の良好なる C=9 kg/cm² なる場合、輪軸距離の小なる D-50 形機關車に就き、工務局にて採用せられて居る計算法に依り P を求むるに

- 30 kg 軌條 10 m 當り枕木挺數 13 挺の場合 P=4 484 kg
- 30 kg 軌條 10 m 當り枕木挺數 14 挺の場合 P=4 153 kg

5. 廻生枕木の力學的検討

枕木の軌條當り面は列車通過毎に力學的作用を受け、又釘を打込まれ最も損傷を蒙る個所である。又該個所に於て最大の應力を生ずる事は 圖-4 に依つて明

圖-4. 枕木 應 力



らからである。本黴生枕木の主旨はこの損傷部分を切捨て、原枕木の中央部分を新枕木の荷重作用點に廻さんとするもので、此の目的より圖-1に於て \overline{OA} を400mmとした。次に圖-4の曲げモーメント圖を見るに枕木端より760mm附近に於て曲げモーメントが零になるので、此の點を黴生枕木の最弱點たる接合部にする爲に \overline{OB} を400mm、従つて \overline{CD} を530mmとした。

扱つてこの黴生枕木が果して枕木として充分の強度を有するや否やを調べるに、其の具備すべき條件は圖-2に於て

- (1) $ABCDEF$ 及 $A'B'C'D'E'F'$ なる兩半切枕木が完全に一つの枕木として作用する事
- (2) 断面 I—I (荷重作用點) に於て曲げモーメント並に剪斷力に耐へる事
- (3) 断面 II—II (枕木中心) に於て曲げモーメントに耐へる事
- (4) 断面 III—III (有效斷面積最小點) に於て剪斷力に耐へる事

(1) 此の爲には兩片の CD 面を完全に一致せしめ、鐵線を以て充分緊締し且つ横壓力に抵抗せしめる爲中央に古犬釘を打つ。尙横壓力が作用する結果鐵線の弛緩を生ぜしめざる様 CD 面には勾配を附してある。軌條に作用する横壓力、 CD 面に生ずる水平剪斷應力に對する鐵線の所要緊締度、所要巻數等を數的に求める事は非常に困難なるを以て茲には現場實績により充分安全なる確信を得た上記緊締法を採用した。

(2) 枕木端より 800 mm の間は全然加工をしてない故老朽による強度低下以外に構造上の強度變化はない。従つて断面 I—I に於て曲げモーメント並に剪斷力に耐へ得る事は明らかである。

(3) 断面 II—II に於て負の曲げモーメントが最大であつて、荷重 1000 kg の時その値は -4459 kg-cm である。

30 kg 軌條 10 m 當り枕木挺數 13 挺の場合の軌條壓力は第 4 節に依り 4484 kg となる。之は靜荷重に依るもので、若し荷重がある速度で走る時には衝撃に依る増加率を考慮しなければならない。

$$\text{衝撃係數 } i = \frac{0.6}{100} V$$

茲に V は速度 (km/h) である。

従つて時速 60 km の場合の曲げモーメントは

$$M = -4459 \times \frac{4484}{1000} \left(1 + \frac{0.6 \times 60}{100} \right) = -27192.1 \text{ kg-cm}$$

接合部に於ける緊締が充分で兩枕木片が一体として働き得るものとせば、断面 II—II に於ける斷面積 W は

$$W = \frac{1}{6} \times 20 \times 14^2 = 653.3 \text{ cm}^2$$

従つて曲げ應力 σ は

$$\sigma = \frac{M}{W} = -41.6 \text{ kg/cm}^2$$

新規枕木の許容曲げ應力は 120 kg/cm^2 にして、老朽に依る強度低下を 30% 見込むも尙 84 kg/cm^2 の強度を有するを以て充分安全である。

(4) 断面 III—III は構造上力學的の最弱點であるが、此の點は曲げモーメント零の附近を選んである故、剪斷力のみで就て應力計算を行へばよい。

圖-4 に依り荷重 1000 kg の時断面 III—III に於ける剪斷力は -245.5 kg である。(3) に於けると同様 $V = 60 \text{ km/h}$ とすれば

$$Q = -245.5 \times \frac{4484}{1000} \left(1 + \frac{0.6 \times 60}{100} \right) = -1497.1 \text{ kg}$$

而して此の剪断力に抵抗する有効断面積 F は

$$F = 20 \times 6.5 = 130 \text{ cm}^2$$

である。従つて剪断応力 τ は

$$\tau = \frac{Q}{F} = -11.51 \text{ kg/cm}^2$$

今新規枕木の許容剪断応力を 30 kg/cm^2 とし古材に對しては 30% 減とするも尙 21 kg/cm^2 の強度を有するを以て充分安全である。

以上に依り當甦生枕木は力學的に見て $D-50$ 形機關車を毎時 60 km の速度を以て走らせるも尙安全なる事を知る。然し接合部の弛緩等を考慮し、次に示す如き使用個所の制限を設けるを至當と考へる。

使用箇所の制限

1. 側壓の大ならざる箇所
2. 凍上の甚だしからざる箇所

春季枕木兩端より融凍を始め枕木中心附近が未だ凍結して居る時、列車荷重を受けると枕木はあたかも天秤の如き状態となり危険であるからである。

3. 軌條繼目を避ける事
4. 匍進の大ならざる箇所

匍進力大なる箇所に於ては緊締せる鐵線の弛緩を來す虞れがあるからである。

5. 甦生枕木を連續して敷設せざる事

6. 經濟比較

昭和 10 年以降 4 年間の枕木更換原因を示すと表-5 の如くである。喰込並犬釘打替不能に依り撤去せられた枕木全部及割裂に依るもの、 60% は甦生し得るものとすればその數は 88880 挺となる。2 挺を以て甦生枕木 1 挺を得るから 44440 挺の並枕木を得る事が出来る。

表-5. 枕木 更換 原因 調

年度別	腐 朽	喰 込	犬釘打替不能	割 裂	折 れ
昭和 10 年度	80.9%	0.8%	3.5%	14.5%	0.3%
11	82.9	0.6	3.4	13.0	0.1
12	84.4	0.4	3.2	11.9	0.1
13	85.7	0.4	2.7	11.1	0.1
平均	83.5%	0.55%	3.2%	12.6%	0.15%

次に甦生枕木製作の歩掛は選別、製作及クレオソート塗布を合せて 1 挺當り 0.169 人；工費として 0.35 圓となる。又 1 挺當りの材料費は古並枕木代、古鐵線、古犬釘、込径、クレオソート並器具損料を合せて 0.28 圓である。従つて甦生枕木 1 挺の費額は 0.63 圓となる。

今 A_1 : 並枕木耐久年限 (n_1) 間に償却すべき元利合計金、

B : 並枕木更換費, C_1 : 並枕木の單價, γ : 年利,

A_1 : 甦生枕木耐久年限 (n_1) 間に償却すべき元利合計金,

C_2 : 甦生枕木の費額,

$$\text{とすれば} \quad A_1 = (C_1 + B) \left\{ \frac{\gamma}{2}(n_1 + 1) + 1 \right\}, \quad A_2 = (C_2 + B) \left\{ \frac{\gamma}{2}(n_2 + 1) + 1 \right\}.$$

となる。故に並枕木 1 挺に對する利益金 A は

$$A = A_1 - \frac{n_1}{n_2} A_2 = (C_1 + B) \left\{ \frac{\gamma}{2}(n_1 + 1) + 1 \right\} - \frac{n_1}{n_2} (C_2 + B) \left\{ \frac{\gamma}{2}(n_2 + 1) + 1 \right\}.$$

$$\text{今,} \quad B = 0.207 \text{圓,} \quad C_1 = 2.70 \text{圓,} \quad C_2 = 0.63 \text{圓,} \quad \gamma = 0.05, \quad n_1 = 65.$$

とし、甦生枕木の耐久年限 n_2 は不明なるも 3 年は保つものと想像せられる故に、 $n_2 = 3$ として A を算出すれば 1.457 圓となる。従つて甦生枕木 44440 挺に對して 64750 圓の利となる。

次に $A = 0$ なるが如き甦生枕木の耐久年限 n_2 を上記の數値を以て計算すれば $n_2 = 1.68$ 年、即ち 1 年 8 ヶ月の壽命があれば充分である。

尙以上は現在の並枕木の單價が 2.70 圓の如く甚だしく高騰して居る故に甦生枕木を製作するも採算がとれるとも考へられる。それ故に $n_1 = 65$, $n_2 = 3$, $\gamma = 0.05$, $B = 0.207$ 圓, $C_2 = 0.63$ 圓 (枕木更換費並に甦生枕木費は線工の單價を以て計算してあるから景氣に左右される事は少い) として、 $A = 0$ なるが如き C_1 を求むれば 1.47 圓となる。即ち並枕木の單價が 1.47 圓以下とならば甦生枕木は却へつて不經濟である。