

あろう。しかしレール応力の計算に対しては近似的に外力の最大値を用いて行つておけば一応安全側となる。

2、走行中車輛による縦荷重の影響は最悪の場合でもレール応力に対しては余り大なる影響はないが、レール底において 50kgcm^{-2} 程度の応力を生ずるから、垂直荷重による応力の約10%程度の増加を見込む必要があると思われる。

3、縦荷重がレールに及ぼす影響は、レール応

力に対するよりも、むしろレールの逼進 (Creeping) の現象に対してより重大な意義をもつものであり、これについては今後機会を得ればさらに研究を進める考えである。

— 註 —

(1) 堀越一三、軌条の捩屈について、土木学会誌 第20巻10号、P.1187.

(2) 小野諒兄、鉄道線路の構造及強度、P.53.

枕木に生ずる動的應力の1計算について

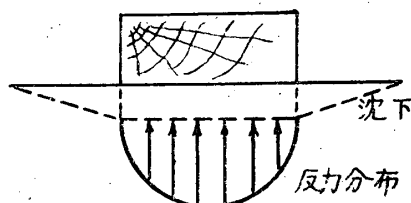
最 上 幸 夫

1. 緒 言

枕木に生ずる応力の計算法については静的の場合は殆んど完全に解かれており、動的の場合も既に研究が発表されているが、⁽¹⁾ 著者は枕木直下の圧力分布の状態を考慮し、枕木に作用する動的外力は3連モーメント定理を利用して近似的に求め、これによる枕木の動的応力を計算する1近似解法について検討を行つたのでここに報告する次第である。

2. 算式の誘導

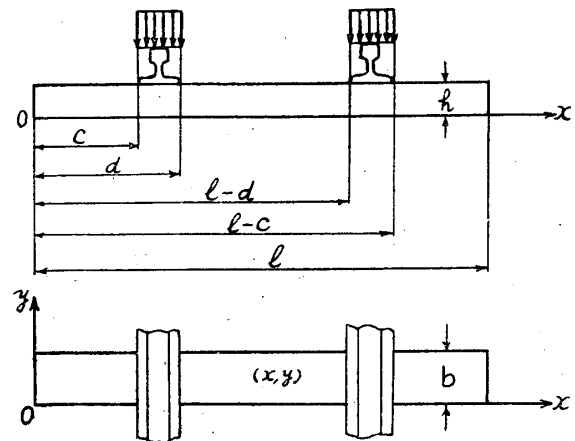
枕木に生ずる動的応力の計算法については従来一般に枕木を弾性基礎上の梁として取扱つてあるが、この方法では枕木横方向の反力分布が一様なものとの仮定に基いている。しかるに枕木下における沈下及び反力分布の状態は実験結果によれば、⁽²⁾ ほぼ砂質土上の剛性板の場合に相似している。(図-1参照)従つてこれによれ



第 1 図

ば枕木のレール方向における沈下は一様で反力分布は大体拋物線形状と見なして大過ないようである。従つて以下このような仮定が適用しうるものとして考察を進めることにする。いま坐

標軸、荷重状態ならびに諸記号を図-2の如くする。



第 2 図

しからは、最初の仮定により枕木内任意の一点における沈下量 W_{xyt} は次の如く表わしうる。

$$W_{xyt} = \sum_{m=1}^{\infty} U_m(x) q_{mt} \quad (1)$$

ただし $U_m(x)$ は枕木が弾性基礎上に自由におかれた場合の自由端条件を満足する正規函数で次式で表わされる。

$$U_m(x) = (\cos r - \cosh r)(\cos rx/l + \cosh rx/l) + (\sin r + \sinh r)(\sin rx/l + \sinh rx/l) \quad (2)$$

r は $\cos r \cdot \cosh r = 1$ を満足する値である。次に運動、位置、抵抗のエネルギーはそれぞれ次の如く表わされる。

$$\left. \begin{aligned} T &= \rho h / 2g \int_0^l \int_0^b (\partial w / \partial t)^2 dx dy \\ V &= EI / 2 \int_0^l \int_0^b (\Delta w)^2 dx dy + 1/2 \int_0^l \int_0^b K w^2 dx dy \\ F &= \rho h \kappa / 2g \int_0^l \int_0^b (\partial w / \partial t)^2 dx dy + R / 2 \int_0^l \int_0^b (\partial w / \partial t)^2 dx dy \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

こゝに、 ρ = 枕木密度、 g = 重力加速度、 K = 基礎反力係数、 κ = 基礎抵抗係数、 R = 枕木内部摩擦係数、 EI = 枕木単位巾の曲げ剛性、

$\Delta W = (\partial^2 w / \partial x^2)^2 + (\partial^2 w / \partial y^2)^2 + 2 \partial^2 w / \partial x^2 \partial^2 w / \partial y^2$ 上式において最初の仮定から K の y 方向における変化は近似的に次の如く表わしうる。

$$K = K_0 \{1 - (b - 2y/b)^n\}, \quad y \leq \frac{b}{2} \quad (4)$$

式(1)、(4)を式(3)に代入した結果に直交函数の性質を利用して Lagrange の運動方程式に代入すれば、次の結果をうる。

$$\ddot{q}_{mt} + 2\epsilon \dot{q}_{mt} + n_m^2 q_{mt} = g \Psi_{mt} / bh \rho \alpha_m^2 \quad (5)$$

$$M_m = 4/d - c \cdot l / r \{ (\cos r - \cosh r) \cos r/2 + (\sin r + \sinh r) \sin r/2 \} \cos r(l-c-d)/2l \cdot \sin r(d-c)/2l + \{ (\cos r - \cosh r) \cosh r/2 + (\sin r + \sinh r) \sinh r/2 \} \cosh r(l-c-d)/2l \cdot \sinh r(d-c)/2l \quad (9)$$

式(5)に式(8)を代入すれば次の如くなる。

$$\ddot{q}_{mt} + 2\epsilon \dot{q}_{mt} + n_m^2 q_{mt} = D_m P_t \quad (10)$$

こゝに、 $D_m = g M_m / bh \rho \alpha_m^2$ (10)'
しかるに動的荷重の場合にも近似的に3連モーメント定理が適用されるものとすれば、静的5連モーメントの式を用いて P_t は次の如く表わ

$$q_{mt} = D_m W \{ (B/n_m^2 - (4\epsilon c + 6D)/n_m^4 + 24\epsilon^2 D/n_m^6)t + (C/n_m^2 - 6\epsilon D/n_m^4)t^2 + D/n_m^2 t^3 + H_m(e^{-\epsilon t} \cos \sigma_m t - 1) + G_m e^{-\epsilon t} \sin \sigma_m t \} + e^{-\epsilon t} \{ q_0 \cos \sigma_m t + (q_0' + \epsilon q_0) / \sigma_m \sin \sigma_m t \} \quad (12)$$

こゝに、 $\sigma_m = \sqrt{n_m^2 - \epsilon^2}$ 、 $q_0 = (q_{mt})_{t=0}$ 、 $q_0' = (\dot{q}_{mt})_{t=0}$ 、

$$\left. \begin{aligned} H_m &= n_m^{-8} \{ -An_m^6 + 2\epsilon Bn_m^4 + 2Cn_m^2(\sigma_m^2 - 3\epsilon^2) - 24\epsilon D(\sigma_m^2 - \epsilon^2) \} \\ G_m &= \sigma_m^{-1} n_m^{-8} \{ -\epsilon An_m^6 - Bn_m^4(\sigma_m^2 - \epsilon^2) + 2\epsilon Cn_m^2(3\sigma_m^2 - \epsilon^2) + 6D(\epsilon^4 - 6\epsilon^2 \sigma_m^2 + \sigma_m^4) \} \end{aligned} \right\} \quad (13)$$

q_{tm} は式(12)によつて計算されるから任意点の沈下 W_{xyt} は式(1)により求まり、モーメントは

$$M_{xt} = -EI \frac{\partial^2 W_{xyt}}{\partial x^2} = -EI \sum_{m=1}^{\infty} (r/l)^2 \{ (\cos r - \cosh r) \cosh r \{ -\cos rx/l + \cosh rx/l \} + (\sin r + \sinh r) \{ -\sin rx/l + \sinh rx/l \} \} q_{mt} \quad (14)$$

として計算される。

3. 数値計算例

計算例に用いた Data は次の通りである。

$W = 7500 \text{kg}$ 、 $レール = 50 \text{kg}$ のもの、枕木 = $20 \times 15 \times 213 \text{cm}$ 、枕木間隔 = 75cm 、荷重移動速度 = 20m/sec 、枕木反力係数 = 17000kg/cm

ただし

$$\left. \begin{aligned} \epsilon &= 1/2(\kappa + gR/h\rho) \\ n_m^2 &= g/h\rho \{ EI(r/l)^4 + K_0(1 - 1/n + 1) \} \\ \alpha_m^2 &= l \sinh^2 r \sin^2 r \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

また一方一般力 ϕ_{mt} は

$$\Psi_{mt} = Pt/d - c \{ \int_0^d u_m(x) dx + \int_{l-d}^{l-c} u_m(x) dx \} \quad (7)$$

$u_m(x)$ の値を入れて式(7)を整理すれば、

$$\Psi_{mt} = M_m P_t \quad (8)$$

こゝに、

される。

$$P_t = W(A + Bt + Ct^2 + Dt^3) \quad (11)$$

こゝに、 $W =$ 移動荷重、 A, B, C, D はレール、枕木等の具体的 Data が与えられることにより決定される常数である。式(11)を式(10)に代入して微分方程式を解けば次の結果をうる。

道床係数 $K_0 = 13.3 \text{kg/cm}^3$ 、拋物線形状として $n = 3$ の場合を用いた。

$\epsilon = 30 \text{sec}^{-1}$ 、 $E = 10^9 \text{kg/cm}^2$ (枕木弾性係数)

$c = 43.3 \text{cm}$ 従つて $d = 56 \text{cm}$ 、以上の数値を用い計算を行つた結果、 $x = (d - c)/2$ の点における曲げモーメント $M_{xt} = 24.047 \text{kg-cm}$ とな

り、従つて枕木応力 $\sigma_{xt} = 32.1 \text{ kg/cm}^2$ となつた。

これを従来⁽⁴⁾の国鉄における静的計算法によつて求めると $M_r = 29243 \text{ kg-cm}$ 、 $\sigma_r = 39.0 \text{ kg/cm}^2$ となる。

4. 結 言

以上によつて著者の行つた計算法ならびに数値計算例についてその概要を述べたが、計算の結果はむしろ静的計算法よりも若干少い値を示している。これについては荷重の時間函数を求めるときに3連モーメント定理が適用しうると仮定したこと及び計算の際の項数を4項までに止めたことによる誤差が含まれるものと考えられる。これらの点については更に研究を進めなければならない。また同時に荷重が枕木に

衝撃的影響⁽⁵⁾を与えた場合についても考察を行っているが、この場合の研究をも更に進めて行く考えである。

—参考文献その他—

- (1) 後藤尙男、弾性基礎にある梁の撓み振動の基礎的研究、土木学会論文集第6号、PP.125~126
- (2) 小野諒兄、鉄道線の構造及強度、PP.108~113
または、Transaction of A. S. C. E. Vol. LXXXII I. 1919. PP. 1554~1580
- (3) 最上幸夫、レール応力算定に関する一考案、山口大学工学部学報、第2巻、PP.107~111
- (4) 上掲著書2) P.91
- (5) 最上幸夫、レールに作用する衝撃荷重の影響について、土木学会第8回年次学術講演会において講演。

軟弱土壌に於ける基礎杭の電気化学的固定法について

加 賀 美 一 二 三

1. 緒 言

軟弱地盤に対する基礎工法は其の目的により種々なる施工法が実施せられて居り、殊に基礎杭による場合は杭端並に杭周囲の土壌は容易に排除せられ静力学的及び動力学的沈下抵抗も小であつて、杭径の大小にも其の傾向が影響されるけれども主として側方変位により落付き割合に小さい地耐力であることが一般に認められる事柄であるから、之が構築工学の研究対稱となり其の一方法として電気化学的固定法が考へられる。即ちErlench、Endell及びCasagrande⁽¹⁾の諸氏が1936年及び1937年アルミニウム薄板を木杭に取付けて直流通電による模型実験並に実際施工への応用結果を発表して居る。其の主旨は杭と杭との間の地盤を固めるのではなくて杭の表面と土壌との間の摩擦を大ならしめる層を作るにあると報告されて居る。著者は1948年丸軟鋼棒にて細い基礎杭を作り本文中の如き実験装置を組立て、実験なし、其の地盤の固化機構を吟味考察したのであるが其後1951年越賀氏が

次いで1952年村山教授⁽²⁾が食塩水飽和による固化機構を論述されて居る。

著者は本文の概要を1951年の土木学会年次大会に於て報告して居るので、以下其の内容を述べんとするものである。

2. 実験装置及び実験結果

(1) 実験装置

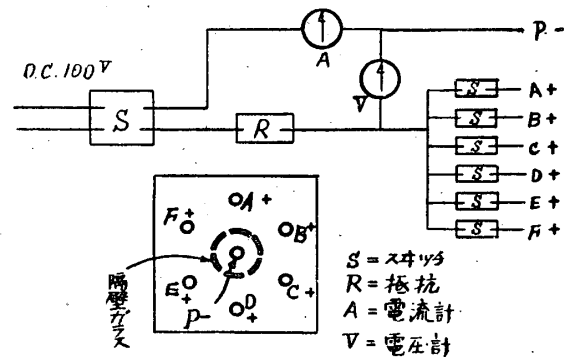


図-1 通電装置と実験基礎杭の配置関係

本実験は分析結果が表-1の如き土壌に対し、図-1の実験装置にて実施したものであつて、丸軟鋼棒径6m.m.、長さ43cmの杭にて杭下端は