

レール弾性締結装置の応力解析

榮援大學	正員	見澤繁光
，	，	安山信雄
，	，	五十嵐學
，	，	●日笠隆司
，	學生員	酒井克己
，	，	安東祐一

1. まえがき

軌道構造の近代化に伴って、まくら木は木まくら木から次々にコンクリート梁まくら木に変わりつつある。従ってコンクリートまくら木の弾性締結が問題となり、これまでに各種の締結装置が考案られ使用されてきた。一般にコンクリート梁まくら木の締結装置としては、適当な弾性を有し、締結力が大で充分膜圧をふく進に抵抗する力と共に耐久性の有ることが要求される。今回藤原鍛工株式会社において考案されたE型バネ締結装置について、2.3の実験的研究を行った。その内特に締結装置の各部に生ずる応力を明らかにし、実験的に考察しその結果について報告する。

2. 締結バネの各部応力

実験に使用したS型バネの形状寸法は図-1に示すとおりである。このバネに第2図に示す如く①～④の箇所についてヤーストレインゲージを貼付け、ボルトの締結トルクを変えて各部の応力を測定した。なお測点①③④は一方向ゲージであり、測点②は同一断面上にあり、上下に対称である。測点②～④は正応力を求めるために、三方向ゲージを用いた。対称な上下応力をそれぞれ、おとすれば、実験からこれらの値は既知とされる。更に第3図の記号を使いカーブドビームの部分に下記の関係式が成り立つとして、矢く曲げモーメントM及び軸力Nを求め得る。

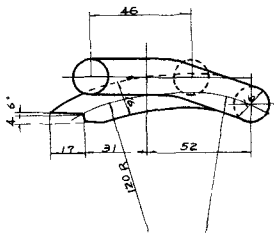
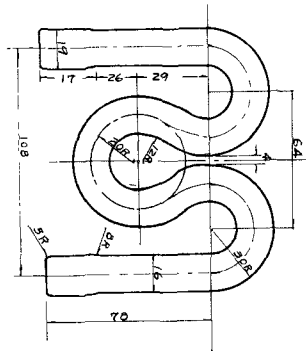
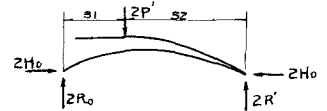
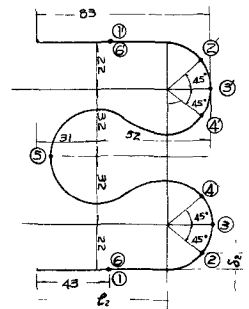


图1 形状寸法



第2図 締結バネのゲージ位置
 及び荷重状態

$$\sigma_1 = \frac{N}{f} + \frac{M}{f \cdot r} + \frac{M}{A \cdot f \cdot r} \left(\frac{e}{r+e} \right)$$

$$\sigma_b = \frac{N}{f} + \frac{M}{f \cdot r} - \frac{M}{A \cdot f \cdot r} \left(\frac{e}{r - e} \right)$$

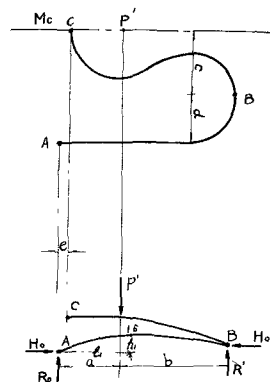
$$A = -1 + 2\left(\frac{r}{e}\right)^2 \left[1 - \sqrt{1 - \left(\frac{e}{r}\right)^2}\right]$$

$$N = H_0 \cos \phi - R_0 \sin \phi$$

$$M = H_0 \cdot a_1 - R_0 \cdot l,$$

(1)

但し e : バネの断面半径 (cm) r : 曲率半径 (cm)
 σ : 応力 (kg/cm^2) f : 断面積 (cm^2)
 M : モーメント ($\text{kg}\cdot\text{cm}$) N : 軸力 (kg)
 H_0, R_0 : 締結部反力 (kg) ϕ : 接線角 (5°) (曲り梁の測点①に於ける)



第3図 記号詳細図

(1)式に第2図に示す法値を代入整理して(2)式を得る。

$$\left. \begin{aligned} M &= \frac{1}{4.986} (\sigma_1 - \sigma_0) \\ N &= \frac{1}{2.481} (2.618\sigma_1 + 2.368\sigma_0) \\ H_0 &= \frac{1}{0.978} (1.004N - 0.020M) \\ R_0 &= \frac{1}{4.204} (1.104N - M) \end{aligned} \right\} \text{----- (2)}$$

各種締結トルクの際スプリングに生ずる応力を測定したが、実際現場で使用されているのは4tonmである。それ故この値を基本的な取扱いとせよ。 (2)式に 締結トルク4tonmの時の実験平均応力 $\sigma_1 = -5337 \text{ kg/cm}^2$, $\sigma_0 = 5835 \text{ kg/cm}^2$ を代入し、それぞれの値を求める。

$$M = 2444.7 \text{ kg}\cdot\text{cm}, \quad N = -61.3 \text{ kg}, \quad H_0 = -16.3 \text{ kg}, \quad R_0 = 518.4 \text{ kg}$$

H_0 の値は他と比べて小さいので仮りに $H_0 = 0$ とし計算すれば $R_0 = 521.1 \text{ kg}$ となり、上記の場合の R_0 とほぼ同じ値を得る。なお実験においてレール底面のバットの枚数を1〜4枚増減し、矢張のバネ常数を变化しても、測点①〜④に生ずる応力の変化はほとんどない。これらの理由より $H_0 = 0$ と仮定して考察を進めて行く。第3図において、C点の釣合、C点のモーメント、A点の釣合を考察すると、(3)式を得る。

$$\left. \begin{aligned} e R_0 + (a-e) P' &= (a+b-e) R' \\ (c+d) R_0 + c R' &= M_c \\ a \cdot P' &= (a+b) R' \end{aligned} \right\} \text{----- (3)}$$

但し M_c は C点におけるモーメントとする。

(3)式に $R_0 = 521.1 \text{ kg}$ 、並びに、第1、及び2図に於ける実際寸法を代入し、次の値を得た。

$$\text{締付力 } P' = 830 \text{ kg}, \quad \text{バネ受台垂直反力 } R' = 310 \text{ kg}, \quad M_c = 3805.4 \text{ kg}\cdot\text{cm}$$

これらの上記の値を用いて、測点②の断面に生ずるモーメント M 、及びトルク T は第2図より次の式で表わされる。

$$\left. \begin{aligned} M &= (\ell_2 \sin 45^\circ + s_2 \cos 45^\circ) R_0 \\ T &= (\ell_2 \cos 45^\circ - s_2 \sin 45^\circ) R_0 \end{aligned} \right\} \text{----- (4)}$$

(4)式に $\ell_2 = 7.7 \text{ cm}$, $s_2 = 0.6 \text{ cm}$, $R_0 = 521.1 \text{ kg}$ を代入すれば次の値を得る。

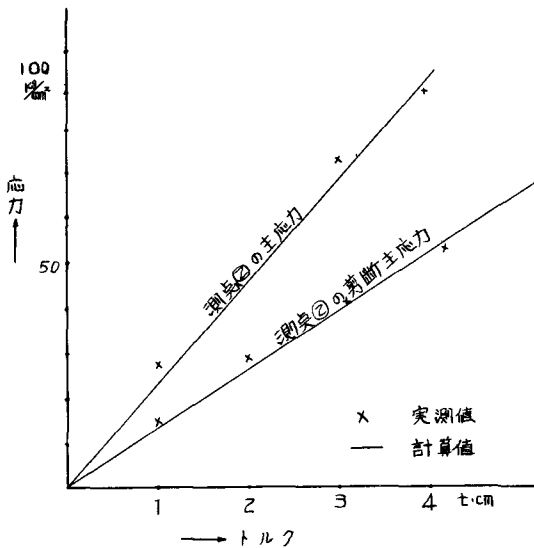
$$M = 3047 \text{ kg}\cdot\text{cm}, \quad T = 2610.4 \text{ kg}\cdot\text{cm}$$

測点②の諸応力を求めるため曲率半径 r なるスプリングと考え、次式を適用する。

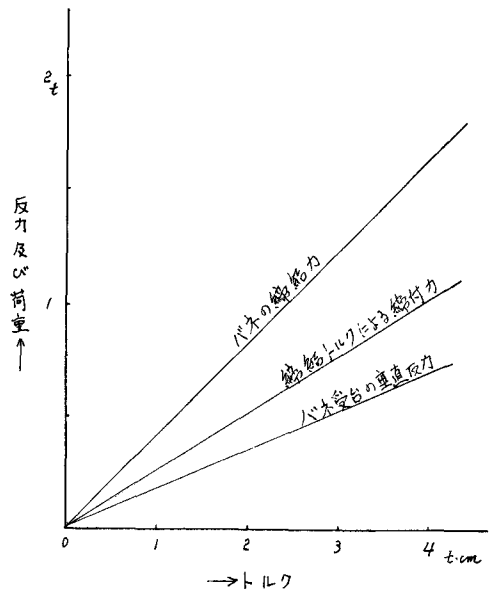
$$\left. \begin{aligned} \text{剪断応力 } \tau_0 &= \frac{16}{\pi d^3} T \frac{\frac{1}{1-K} + \frac{K}{4} + \frac{K^2}{16}}{1 - \frac{3K^2}{16(1-K^2)}} \\ \text{曲げ応力 } \sigma_x &= \frac{32}{\pi d^3} \cdot M \end{aligned} \right\} \text{----- (5)}$$

$$\text{主応力 } \sigma = \frac{\sigma_x}{2} \pm \frac{1}{2} \sqrt{\sigma_x^2 + 4\tau^2}$$

但し、 $K = \frac{d}{2F}$ T : トルク
 d : バネの断面直径



第4図 応力の実験値と計算値の比較



第5図. ハネに働く反力及び荷重(計算値)

(4)式より、縮めトルク $4 \text{ t}\cdot\text{cm}$ の時の測点②に於ける応力は次の如くなる。

$$\text{主応力 } \sigma = 91.0 \text{ kg/mm}^2, \quad \text{剪断主応力 } \tau = 53.2 \text{ kg/mm}^2$$

なお、第4図に測点②の実験値並びに計算応力の比較を示し、第5図に縮めバネの縮め力、総付力、バネ受台の垂直反力を示した。

3. 検討

第4図に於いて明らかな如く、仮定によって求めた近似計算応力と三方向ゲージによる測定応力はほぼ一致している。よってこの縮めバネの近似応力計算は前述の(3)、(4)、(5)式を適用して簡単に求める事が出来る。

4. 結び

レール縮めバネの近似応力計算にフリーで述べたが、これはレールに働く垂直力、水平力、或いは動的振動、衝撃等については考察していない。

現場で実際に使用した場合には必ずこれらの力もレールが受け、レールの変形によって、縮めバネの応力は変化する。

今後 ビブロジョールによって実験し、つづいて、これらの問題について検討する予定である。