

木まくら木における犬くぎの支持機構について

岐阜高専 正員 渡部卓郎

1. はしがき

軌道構造近代化の一環として、P Cまくら木化が逐次実用されつつあるが、国鉄・私鉄全体をみれば、木まくら木が圧倒的に多く、その補修・更换の年間投入量はばく大な数に上っている。しかも、木まくら木の更换限度は、ほとんど例外なく、信頼度の低い官能判定に依存している現状にある。そこで、木まくら木の耐用命数判定の一助とするために、犬くぎの支持機構に注目し、現地軌道における調査測定と室内における実物実験を行ない、特に、木まくら木の経年と犬くぎの支持機構の関連について、¹⁾さらに、これら室内の実物実験で得られた犬くぎ頭部の水平力（横圧力）と犬くぎ長さ方向に接着したストレインゲージよりのひずみ量とから、犬くぎおよびまくら木材内部に作用する水平反力の分布状推定式について、²⁾それぞれ、報告した。ここでは、今までに実施した実験的研究結果に考察検討を加え、主として、犬くぎの水平ばね定数 k の算定方法と犬くぎの水平固有振動周期、および 2、3 の考察について述べる。

2. 実験概要

これら一連の実験には、国鉄京都保線区および同大垣保線区の助力を得て、京都駅構内の東海道本線、山陰本線の比較的重要と思われる側線、および、樽見線において実施した。なお、実験の対象としたまくら木は、現在比較的多く使用されている プナ・カシ・クリ の 3 樹種で、これらのまくら木に金子計器製による「犬くぎ横圧ならびに支持力測定器」（以下金子式測定器と称す）を用い、静的・動的各横圧実験を、また、1. で述べたストレインゲージ（東京測器製 PL-3 使用）接着の加工犬くぎによる室内・現地の各実験を実施した。なお、金子式測定器による実験にあつては、100 kg……、と順次荷重をかけ、そのときどきの犬くぎ頭部の水平変位を読みとつて、横圧とその変位の関係を知り、これらより水平ばね定数 k （＝荷重／弾性変位）を求めて、各々考察を進めた。また、加工犬くぎによる実験では、室内の静的な場合は金子式測定器で犬くぎ頭部に横圧力を加え、そのときのひずみ量を新興通信製の PS7-LT 型静ひずみ指示計、および、PS7-ST 型 10 点切換平衡箱で、また、現地

の動的な場合は新興通信製の DS6/MT H 型動ひずみ測定器を通して、三栄測器製のビジグラフ FR-201 型に記録せしめて、それぞれ、測定した。

3. 実験結果とその考察

1) 犬くぎの水平ばね定数 k 現地軌道における木まくら木の犬くぎに対する水平抵抗実験結果の範囲からは、犬くぎの弾性比例的な抵抗力は、まくら木の経年とともに漸減する傾向にあり、逆に、犬くぎの弾性比例的な変位は漸増する傾向にあるようである。¹⁾ 従つて、これらの比で与えられた犬くぎ頭部の水平ばね定数 k は、この測定調査の範囲内では、まくら木の経年に対して漸減する傾向にあることが知られた。したがつて、犬くぎの水平ばね定数 k は現地軌道まくら木の経年、ないしは、喪失程度を知るための一つの物理量として注目してよさそうである。

さて、犬くぎに関する横圧 H - 水平変位 η 関係が現地軌道による結果と室内における実まくら木実験の結果とで若干異なるように見受けられる。これは、前者が走行列車による多数の繰返荷重を受けている現状そのものについてであるのに対して、後者は新品犬くぎを打込んだ直後のいわゆる処女的载荷について行なつたものであるものであることが、最大の原因であろうと推察される。实际的という見地からは、当然、現地軌道における測定結果が重視されるべきであることより、水平ばね定数 k の傾向は注目されてしかるべきものと考えらる。

そこで、本研究では、犬くぎ頭部のばね定数 k を算定する一方法として、犬くぎを弾性地盤中に打込まれた単ぐいの問題に仮想することができるものと考え、図-1などを対象とした Y.L.Chang などによる計算法を適用すればよい。

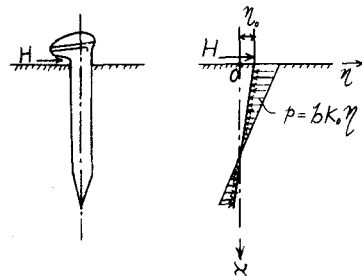


図-1 頭部に水平力を受ける犬くぎ

すなわち、図-1において頭部に水平力 H が作用したときのその点の水平変位 η_0 は、

$$\eta_0 = \frac{2\beta H}{bK_0} \quad \text{ただし、} \beta = \sqrt[4]{\frac{bK_0}{4EI}} \quad \dots \dots \dots (1)$$

したがって、犬くぎ頭部の水平ばね定数 k は、

$$k = \frac{H}{\eta_0} = \frac{b K_0}{2\beta} = \frac{b K_0}{2\sqrt{\frac{b K_0}{4EI}}} \dots\dots\dots (2)$$

ここに、 b, EI : 犬くぎの幅と曲げ剛性

K_0 : まくら木材の水平反力係数

いま、式(2) を書き直して、これに国鉄で採用している犬くぎの諸元を代入すると、

$$k = 0.707b \left(\frac{EI}{b}\right)^{1/4} K_0^{3/4} = 32.9 K_0^{3/4} \dots\dots (3)$$

しかるに、まくら木材のヤング率を E' とすると、一般に E' はつぎのごとく書くことができる。

$$E' = \frac{\sigma}{\epsilon} = \frac{P/a}{\Delta l/l} = \frac{P'}{\Delta l} l = K_0 l \therefore K_0 = \frac{E'}{l}$$

これを式(3)に代入して、両辺の対数をとると、

$$\log k = 1.52 + 0.75 \log (E'/l) \dots\dots\dots (4)$$

式(3)、または、式(4)より k を算出できるが、それには、 K_0 の値または l の値がわからなければならない。ここに、 $l = E'/K_0$ はまくら木のヤング率の反力係数に対する比で、基礎地盤の振動質量を取り扱うときなどに利用される仮想長さである。³⁾

しかし、まくら木材については、このような l や K_0 の値が未詳であるので式(4)を計算して、 $K_0 = E'/l$ と k とを対応させたのが図-2 である。

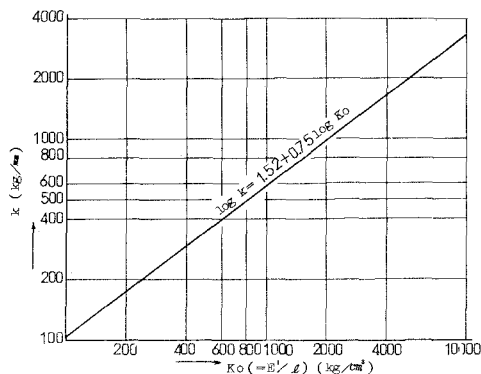


図-2 まくら木材の反力係数 K_0 と犬くぎばね定数 k

これらの具体的意義については、さらに検討しなければならないが、いずれにしても、ばね定数 k の経年に対する漸減の傾向は、ここでの仮定による式(3)、式(4)にみる限り、 $K_0 \cdot EI'$ が経年により漸減する傾向にはあろうが、かかる点からも、まくら木の耐用限度判定のための研究が続行されなければならない。

2) 犬くぎの水平固有振動周

まくら木に打込まれた犬くぎの水平振動周期を、1)と同様に図-3のように考えて頭部の水平仮想荷重 H による静たわみ曲線を用いて、

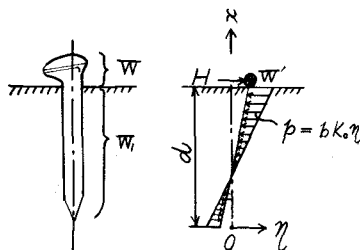


図-3 犬くぎの水平振動曲線の仮定

Rayleigh 法を適用して計

算を進めると、⁴⁾ 固有振動周期 T が次式のように求まる。

$$T = \frac{\pi}{\sqrt{bK_0 \beta d q}} \sqrt{W_1 \left[\frac{2}{3} \beta d \left\{ 2 (\sin \beta d - \cos \beta d - 1) \right\} + 3 \right] + 8 \beta^3 d W} \dots (5)$$

$$\text{ここに } \beta = \sqrt[4]{bK_0 / 4EI}$$

ここで求められる T はかなり小さい値となるであろうことが考えられるので、いま、自重 W' なる小形バイブレーターなどの付加重量によつて、 T を増大させて、 T' なる共振周期として測定することは可能であろうし、これより測定される T' によつて犬くぎの支持力やまくら木の劣化程度を推測できれば、これは、木まくら木における犬くぎの支持機構を知るに有力な手掛りとなる。しかし、実際上は 1) で述べたばね定数 k を測定の方が容易であろうと考えられる。

3) その他 2, 3 の考察

i) 犬くぎの支持力は前述の 1) 2) から推定されたとおり、まくら木の硬さに大きく支配されようから、犬くぎ周辺部のまくら木材、あるいは、まくら木木口の硬さを硬度計やシユミットハンマーなどで測定し、これらと犬くぎの支持力と関連付けるも一方法であろう。ただし、この場合、木材乾燥度の影響を十分検討しなければならないことはいうまでもない。

- ii) 実まくら木に重錘を落下させる方法、音響・音波を利用する方法も考えてよかろうが、前者ではバラストの突固め状態に留意すべきであり、後者では簡単な実用的測定法の考究が必要であろう。
- iii) 犬くぎの横圧に対する許容変位量は、軌間保持の点からかなり厳しく規制されるべきであろうから、この方面からの検討もされねばならない。

4. むすび

金子式測定器を利用して犬くぎの横圧—水平変位を測定し、犬くぎのばね定数などから木まくら木の劣化、ないしは、機能喪失程度を判定しようとする方法は、今後さらに数多くの実験結果を待つて、その見通しをつけねばならないが、いずれにしても、現地軌道で官能のみによらず、科学的に木まくら木の使用限度を判定するための実用的方法確立の一助となるものとする。

最後に本研究の遂行にあたって、たえず御指導を賜わつた京都大学教授後藤尚男博士に深く感謝の意を表する次第です。

参 考 文 献

- 1) 後藤・渡部・金沢：木まくら木の経年と犬くぎの支持機構について、土木学会第19回年次学術講演会講演概要(Ⅳ-28) 昭・39・5。
- 2) 後藤・渡部：犬くぎによる木まくら木内部の水平反力について、土木学会第20回年次学術講演会講演概要(Ⅳ-107) 昭・40・5
- 3) 後藤・西頭：弾性質量基礎にある橋脚の振動解析とその模型実験的考察、土木学会論文集、83号・昭・37・7.、P.24の図-4における d_k に相当
- 4) 後藤尚男：土木耐震設計、土木学会関西支部技術講座(防災工学)、PP.25~26, 昭・36・12。