

(Ⅳ-23) レール端部曲上げの力学

日本機械保線(株) 正員 佐藤吉彦

1. 従来の経過

鉄道線路においてレール継目は、母材レールに比べて1/3程度の剛性しかないために、列車通過の際に衝撃を受けて次第に折れ曲がり、継目落ちと称する特有な落ち込みを生ずるようになる。これを整正するために、37 kg/m までのレールに関してはジムクロと称する手動の曲上げ装置を用いて継目部分の曲上げが行われ、50 kg/m レールに関しても油圧を用いた曲上げ装置が開発され、これを曲げ上げることが試みられてきたが、これらは一時的に整正されても、その効果を持続することは困難であった。

そこで、この実態を明らかにするために、すでに実用化されているレール中間部の曲上げ装置を利用し、レール継目部を曲げ上げる試験を行った。その結果を明らかになったことは、図1に示すように継目に継目板を掛けたままで載荷すると、継目板は十分降伏応力に達するので、この折れ角は整正できるが、レール本体の応力は遙かに小さく降伏しないので、曲げ剛性の小さい継目板は直きに再び曲がり、本格的な整正はできないということであった。

そこで、図2に示すように、レール継目板を解放し、レール端部をはさんで片側レールを曲げ上げるべく試験を実施したところ、このレール端部は極く小さな力で持ち上がり、とてもレール端部が曲げ上がる状態には至らないことが明らかになった。

2. レール端部の曲上げ

レール継目を曲げ上げる場合、継目板に関しては、これを曲げ上げることも考えられるが、新品と交換してもそれほど高価なものではない。したがって、レール端部曲上げの主要なポイントは、曲げ下がったレール本体を曲げ上げることにありと考える。このためには、図3(a)に示すような位置でレールに曲げモーメントを掛け、これを降伏させることにより図3(b)に示すような水平線上の凸型形状に曲げ上げ、これを削正することを考えれば良い。

この場合、レールの落ち込み形状は同図(a)の中の式によるものとし、曲上げ位置を図中に示すように一定間隔 X であるとする、各 i 位置の曲上げ角 Δ_i

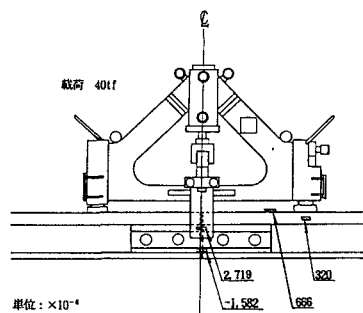


図1 レール継目の曲上げ時の歪

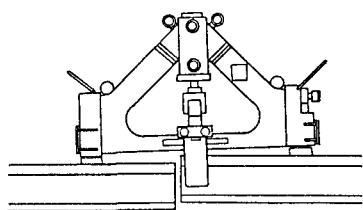
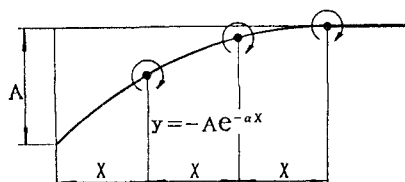
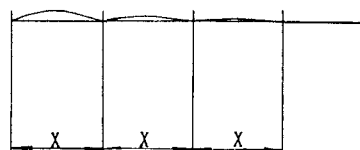


図2 継目解放によるレール端部の曲上げ



(a) 曲上げ前



(b) 曲上げ後

図3 レール端部の曲上げ

は次式で現される。

$$\Delta_i = A \exp\{-\alpha(i-1)X\} [1-\exp\{-\alpha X\}]^2 / X \quad (1)$$

ただし $\alpha = 0.02 \text{ cm}^{-1}$

この各 i 位置の曲上げによるレール端部の曲上り量 ΔY_i は

$$\Delta Y_i = iA \exp\{-\alpha iX\} [1-\exp\{-\alpha X\}]^2 \quad (2)$$

となるので、これを順次続けて行けば良い。

3. 曲上げによるレールの変形

レールに曲げモーメント掛ける場合、図3に示したような各点に集中した曲げモーメントを与えることは実務的にはできない。そこで、近似的に図4に示すような反力部材ABCを用い、A点をヒンジとしてC点に引張り力を与え、B点でレールを曲げ下げのことを考える。この場合B点に生ずる曲上げ力は $\ell/\xi \cdot P$ で、曲げモーメントは $(\ell - \xi)P$ で与えられるので、 ξ をなるべく小さくすれば良いこと、ならびにレールに働く力はこの反力部材の範囲にしか働かないことが知られる。

この場合、レール端部の上昇量は次式で与えられる。

$$y_e = P/(6EI) [(\ell - \xi)/\xi \cdot \{2(\ell + \eta)^3 - 3\eta(\ell + \eta)^2 + \eta^3\} - \ell/\xi \cdot \{2(\ell + \eta)^3 - 3(\eta + \xi)(\ell + \eta)^2 + (\eta + \xi)^3\}] \quad (3)$$

4. レールキャッチのレール端部からの所用離隔量

図4のヒンジの部分は、実際問題としては、図5に示すようにレール頭部をレールキャッチでつかむことになる。この際、レール曲上げにおいて破端を生じないためには、レール端部からの離隔をどの程度にとるかが重要となる。そこで、このレール端部曲上げ装置を試作して曲上げ試験を実施した際に、

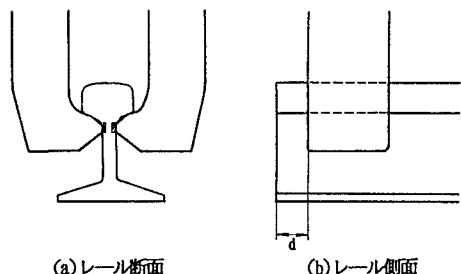


図5 レールキャッチによるレールの引上げ

図5(a)に示す6Rの下限の歪を測定した。この結果をレールには十分降伏を生ずる曲げモーメント 18.6 tfcm の場合について示したのが図6である。この結果によればデータにばらつきがあり、その傾向は明らかでないが、降伏を生ずると考えられる歪 2400×10^{-6} に較べて十分小さいので、いずれの位置としても特に問題はないと考えられた。

5. むすび

以上により、レールの継目落ちの整正における力学的な問題点がほぼ解明され、曲上げ作業に際して必要とされる数値の計算法も明らかにされたものとする。

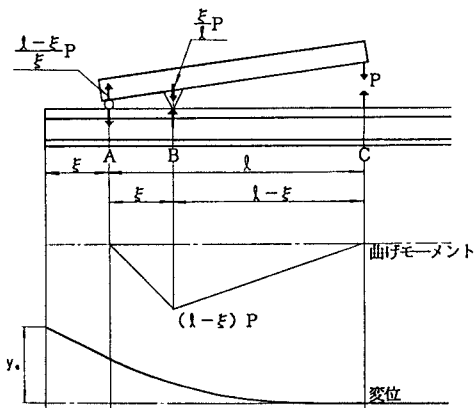


図4 曲上げによるレールの変形

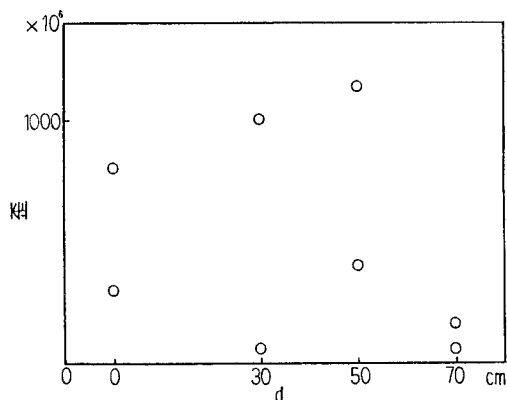


図6 レールキャッチの離れとレール首部歪