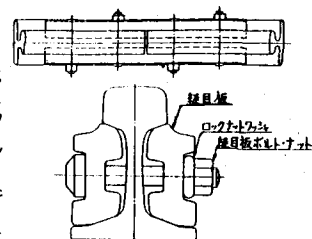


国鉄 施設局 保線課 正会員 大竹 敏雄
 国鉄 施設局 保線課 正会員 徳岡 研三
 国鉄 鉄道技術研究所 阿部 則次

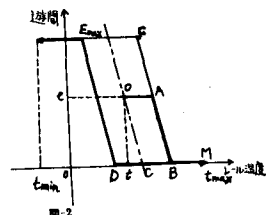
1. はじめに

レール継目部(図-1)の遊間は、レール温度が最高に達した時に、軸力により座屈しないことを、またレール最低温度時に継目ボルトが破断しないことを考慮し設定されている。適正な遊間量を決定するには、レール温度変化量・レールの座屈軸力・継目板の摩擦抵抗抗力・継目ボルトの曲げ抵抗抗力を適正に評価する必要がある。現行の遊間管理手法は座屈側に対し厳しい条件を付しており、さらに手法を簡略化するため十分な安全度を見込め余り、破断側に対し逆に不合理な面を生じている。そこで継目拘束力及び継目ボルト曲げ抵抗抗力を実験により求め、破断側限度線を合理的に算出することとした。



2. 現行の遊間管理手法とその問題点について

継目部のレール温度と遊間の挙動は図-2に示す様にモデル化されている。すなわち温度が上昇すると、遊間量は変化せず継目拘束力(R_f)によりレール内部に軸力を蓄積しながらA点まで移動し、さらにレール温度の上昇により徐々に遊間をつめ、ついには無遊間(B点)まで移動する。この時の温度は R_f に遊間変化量を加えた($t + R_f/EAB + \alpha_e$)となる。さらに温度が上昇するとレール内部の軸力はさらに増加する。遊間の座屈側限度はレール最高温度時(t_{max})に軸力が許容座屈抵抗以下となる次式により求められる。



E: レール鋼のヤング率
 A: レールの断面積
 B: レール鋼の線膨張率
 l : レール長

$$P_t = EAB(t_{max} - t - \alpha_e) \quad \dots\dots\dots (i)$$

さて逆に t_{max} より温度が下降する場合には $M \sim B \sim C \sim D$ と軸力を解放してゆき、継目拘束力を逆方向へ作用する。引張側の継目拘束力が限界に達するD点より遊間は開口し始め、さらにレール温度が下降するとついには継目構造上の限界遊間(E_{max})に達する。E点よりは継目ボルトの曲げ抵抗抗力によって抵抗し遊間はこれ以上開口しない。遊間の破断側限度線は、継目ボルトが破断に到らぬよう設定され次式となる。

$$E_{max} = e + (t - t_{min} - R_f/EAB - R_f/EAB) B l \quad \dots\dots\dots (ii)$$

現行の遊間管理手法ではまずレール温度上昇時で遊間が減少し始める時に(F~B間)遊間を測定し、継目拘束力分を $1mm$ ($R_f \approx 5.8t$)と仮定し、これより設定遊間線を求め、夏期の座屈(張り出し)に対する管理を行っている。この手法では、継目拘束力に関連し次の問題点を発生している。

- ① 継目ボルトは $5000kg \cdot cm$ 締め付けられておりこの時の継目拘束力として $1/3k$ (遊間量 $3.6mm$)が生じる。したがって現行の手法では座屈側に対し安全側であるが破断側には返って危険側となる。
- ② $5000kg \cdot cm$ の場合の継目拘束力では遊間を十分に生かせず、いわゆる明き盲状態となる。
- ③ 継目ボルト緊締トルクとボルト曲げ抵抗抗力との相関関係が明らかではない。

そこで実験により継目拘束力とボルトの挙動を明らかとし、適正な破断側限度線を算出する。

3. 実験の概要及び考察

実験は鉄道技術研究所内の万能試験機(オルゼン、最大荷重 $50t$)を使用し行った。実験のモデル図を図-3に示す。また試験条件は緊締トルクによる曲げ抵抗抗力の変化を明らかにするため、トルクを $5000kg \cdot cm$ $3000kg \cdot cm$ $2000kg \cdot cm$ の3条件に設定した。

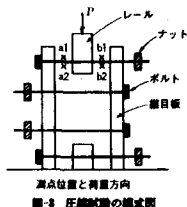


図-3 圧縮試験の模式図

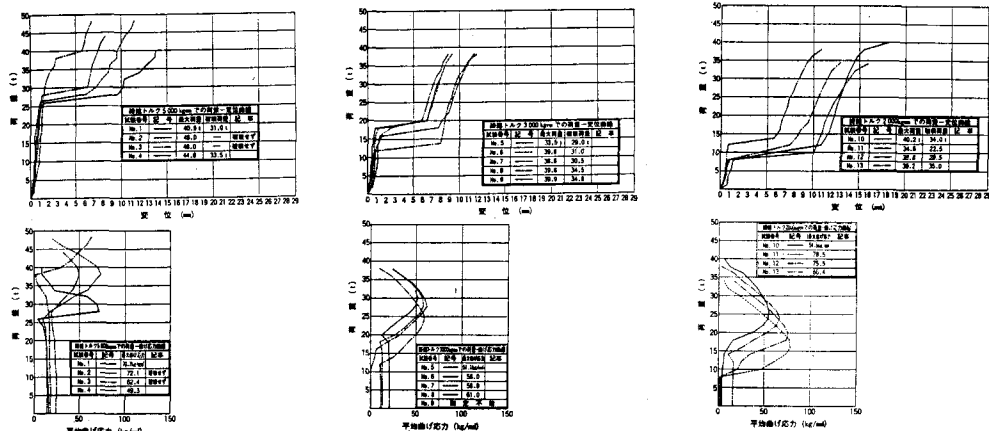


図-4 正屈試験での荷重-変位曲線 荷重-曲げ応力曲線

図-4に実験結果を、表-1にその総括表を示す。この結果より、
 ①継目拘束力は緊締トルクが大きい程大きく、5000 kg_{cm}では約30 $\times$ となった。
 ②ボルト初期曲げ応力は緊締トルクに従い大きくなる。
 ③最大曲げ応力時の荷重より継目拘束力を差し引いた荷重は緊締トルクによらず一定で約10 $\times$ である。
 ④ボルトとレールが接触してから最大曲げ応力が達するまでの変位量は1~2mmである。
 ⑤ボルト破断に到る最大荷重は緊締トルクに従い大きくなる。

以上の試験結果より継目ボルトの挙動としては図-6のモデルが考えられる。すなわち、継目抵抗域→継目すべり域→継目ボルト曲り域→継目ボルト食いこみ域の挙動を経てボルト破断に到ると想定される。

4. 実験結果より得られる破断側限度線

実験より明らかとなった継目板とボルトの挙動より、次の3ランクに破断側限界を区分することとする。

A: ボルトの曲りを全く許容しない場合の限度

(注意限度)

B: 1本のボルトに1~2mmの曲りを許容する場合の限度

(必要限度)

C: 2本のボルトの内1本に大きな曲り又は破断を許容した場合 (安全限度)

表-2に緊締トルクを2000 kg_{cm}とした場合の各限度別の

継目拘束力、ボルト曲げ抵抗力及び(ii)式より算出した破断

側限度線を示す。国鉄内の規程における設定遊間線、 $e =$

$-0.285\sigma + 12.8$ は(A)に、緊締トルク5000 kg_{cm}の場合に従来

より用いられてきた継目拘束力19.3 $\times$ では(B)の限度線に比較的近似されている。

5. おわりに

今回求められた破断側限度線はあくまでも室内実験によるものであり、今後は現場におけるデータの集積につとめより実際の限度線に近づける他、座屈側限度線との適合を図り、より合理的に地域にあった設定遊間線を求めたいと考えている。

参考文献: 徳岡研三「秋の遊間管理手法について」鉄道線路 Vol.33, NO.1, 1985.1.

大月隆彦「線路」山海堂

表-1 継目板ボルトの挙動(数値表)

項目	5,000 kg _{cm}	3,000 kg _{cm}	2,000 kg _{cm}
$\sigma = 1$ 継目板にけるボルトの曲げ応力	18.0 kg/mm ²	11.9 kg/mm ²	6.1 kg/mm ²
継目板拘束力	29.8 t	16.2 t	9.0 t
($\sigma = 1$ の曲げ応力時の荷重) — (継目板拘束力)	8.3 t	11.5 t	12.5 t
ボルトがレールに接してから のたわみ最大曲げ応力に達する	1.9 mm	1.0 mm	1.0 mm
最大荷重	45.5 t	30.5 t	27.5 t

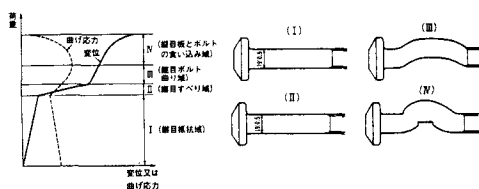


図-5 継目板ボルトの変形状態モデル図

表-2 限度別の諸数値

項目	Rf	Rt	E _{max}	破断側限度線
注意限度 (A)	9 t	5 t	15.5 mm	$e = -0.285\sigma + 13.6$
必要限度 (B)	9	10	16.9	$e = -0.285\sigma + 15.5$
安全限度 (C)	9	15	17.3	$e = -0.285\sigma + 17.5$