

東北大学 正会員 ○多谷虎男

東北大学 正会員 篠山昭彦

本論文は実験室内で鉄道線路の一般的構造を再現し、三次元光弾性実験（応力凍結法）により継目部のレール断面応力、継目板断面応力、およびボルト孔周辺応力の分布を求め、解析および考察を行ったものである。

1. 概要

国鉄のレールき損件数（昭和38年度）を原因別に分類してみると75%が後天的原因によるものであり、その中でも破端が全体の62.3%をしめている。このようにき損の過半数が破端であるということは、レール継目部がその構造上軌道の弱点となっていることを示すものである。この対策として、ロックレール化、レール継目部の強化（レール端部および継目板の焼き入れ、継目ボルト緊締力の強化など）、腐食環境の改善等種々の方法が実施されているが、いぜんして継目部に関する保守費の割合は大きいようである。根本対策としてはレールおよび継目板の断面形状を改良して軌道構造部材としての安全率を増大せしめる必要がある。しかし継目板のように強度を増大させる余地のほとんどないもので断面改良の裏付けとなる理論はほとんど正確なものでなければならず、そのためには応力状態を正確に知る必要がある。

継目部応力の数学的解析はJimmernann氏をはじめとして行なわれているが、Beamの曲げ応力のような単純な考え方の適用では不足であることはもちろん、いずれも多くり板定の上にたっており、実際の応力状態を数学的に知るのはきわめて困難である。また従来、Strain gageや光弾性を用いていくつかの実験が試みられ論文として発表されている。しかしStrain gageによる測定では多くの測定点を取ったにしても被測定物体が小断面のゆえに、応力の急変が起っている場合には比較的過大なgageの標線長に支配せられて応力の絶対値および方向共にきわめて大きな誤差を含んだものを測定している危険がある。またレール継目部について光弾性実験を行なった例をみると、二次元光弾性実験では局部横断面応力のみ測定に止まり、また三次元光弾性実験では実際の軌道との相似性についての配慮がほとんどなされていない。

そこで著者は、レールき損環中最も多い破端について研究する手がかりとして、レール、継目板だけでなく道床などの他の軌道部分も実際の軌道と相似な模型をつくり三次元光弾性実験によってレール継目部の応力を求めてみた。

2. 実験方法

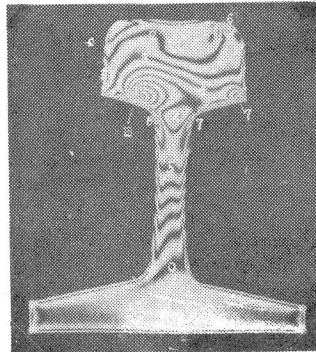
実験に用いた試試体はPS50および山形継目板の寸法模型で、エポキシ樹脂製の円筒から削成した。エポキシ樹脂を使用したレール模型の実験では、材質および寸法が実際のものと異なるので、それに対応して道床材料もまた相異なる必要がある。そこで実際の軌道との相似性を得るために模型の道床沈下係数、道床材料その他について十分検討を行なった。

エポキシ樹脂製のレールおよび継目板はボルトで緊締し、枕木上にねじ釘を用いて固定した。ロックナットワッシャーに相当するものとしてピアノ線を曲けて作ったバネを入れ、荷重載荷時のネジの

ゆるみによる緊縮トルクの低下を防止した。このようにして組み立てた供試体と所定の道床沈下係数をもつ道床模型上に配置し、これを負荷装置を内蔵する電気炉に入れ炉内温度と応力凍結最適温度（ 120°C ）に徐々に上げた後、3kgの荷重を継目部直上に加えて応力凍結を行なった。応力凍結が完了した供試体を縦横方向にスライスし光弾性写真を撮影した。

3. 実験結果

写真は多数の実験結果のうちレール横断面スライスの等色線の一例である。実験結果の概要を述べると次のようである。なお応力値は10N荷重に換算した場合のセン断応力である。



3.1 横断スライス

(1) 大きなセン断応力を生ずる部分はレール、継目板とむ載荷点直下で、レールでは上首部に、継目板では頭頂部および上下首部に応力集中がみられる。継目板中央の頭頂部応力は $2\sigma = 22.8 \text{ kg/mm}^2$ とかなり大きな値である。(2) 最大主セン断破壊説による最大破壊セン断応力 (ST75: $2\sigma_{max} = 75 \text{ kg/mm}^2$) を越える点はないが、レール頭部の載荷点下で $2\sigma_{max} = 39.6 \text{ kg/mm}^2$ のセン断応力を示す。(3) 継目板の“犬釘切欠き”部に応力が集中し、この部分にクラックが生じ、継目板破壊の原因と考えられる。

3.2 縦断スライス

(1) レールの縦断スライスから求めた応力分布をみると、上首部応力は載荷点以外には小さな値である。下首部応力は載荷点では小さく枕木上で最大となり枕木間で最小となる。これに対し腹部応力は枕木間で最大値をとる。(2) 継目板ホルト孔（内側=孔）周辺には、それぞれ $2\sigma_{max} = 33.4 \text{ kg/mm}^2$ 、および $2\sigma_{max} = 27.4 \text{ kg/mm}^2$ と非常に大きなセン断応力が生ずる。このホルト孔周辺応力分布は円孔を有する板が一樣なセン断応力（相等しい引張力及び圧縮力の2主応力）を受けの場合の円孔周辺応力分布にやや似ている。

4. 結論

以上の実験結果から

- ① レール上首部の曲率半径が小さいため同部に応力が集中する。ゆえに曲率半径を大にする必要がある。
- ② 継目板の上首および下首部とも応力が集中するので、この部分の曲率半径を大にする必要がある。
- ③ レール頭部の載荷点および継目板ホルト孔周辺には非常に大きなセン断応力が生ずる。
- ④ 継目板の“犬釘切欠き”部は応力が集中し、継目板破壊の原因と考えられるので、継目板下足を短かくし、この断面を上首、腹部を増加した方がよい。