# T型表面 SH 波センサを用いたロングレール軸力測定

西日本旅客鉄道株式会社	正会員	松丸 和貴	正会員	千代	誠
和歌山大学	非会員	村田 頼信	非会員	宮崎	秀史

### 1.はじめに

現在のロングレールの軸力はレールの伸縮を測定することで軸力に換算し管理している。JR 西日本では近 年、在来線においてふく進測定装置を用いたロングレールふく進検査を実施している。ふく進測定装置は、線 路外の不動点である杭とレールの双方に敷設したターゲットと呼ばれる反射板にレーザーを照射し、その位置 関係を測定することで、レールの移動量を測定し軸力を把握している。こうした手法では杭間内の軸力は一定 であるとされ、実際の軸力分布を知ることはできていない。近年、表面 SH 波という物体の表面を伝搬する超 音波を用いて非破壊で部材の応力を測定する手法を用いた「T 型表面 SH 波センサ」が研究されている。そこ で、この手法を用いたロングレールの軸力測定についての基礎的試験を行った。

### 2.表面 SH 波音弾性法について

本研究では、図1に示すような固体内の表面近傍を伝搬する表面SH波を用いた表面SH波音弾性法を用いた。 表面SH波音弾性法は、表面SH波を互いに垂直な方向に伝搬させることにより音響異方性を求める方法であり 以下に示す式により与えられる。

$$\phi = \frac{V(90^{\circ}) - V(0^{\circ})}{(V(90^{\circ}) + V(0^{\circ}))/2} = C_s(1) \qquad \dots \vec{z}(1)$$

:音響異方性、Cs:表面 SH 波音弾性定数、 1:主応力(0°方向)、 2:主応力(90°方向)、V(0°)・V(90°): 0°方向及び 90°方向の音速、ここで 0°方向とはレール長手方向を表す。表面 SH 波音弾性法は V(0°)と V(90°) で定義される音響異方性と主応力差が比例関係にあるため、音速を測定することで主応力差を求めることがで きる。

# 3.T型表面 SH 波センサについて

T (Two-way transmission)形表面 SH 波センサ(以下、 「センサ」と称す)は2つの送信子、4つの受信子を用 いて双方向送受信を行う。それにより測定時に試験体と の接触面に使用する「接触媒質」による超音波の遅延時 間を軽減することで高精度な応力測定を可能とした。そ の構成を図2に示す。



# 4.T 型表面 SH 波センサのレールへの適用

これまでセンサで応力測定を実施してきた材料は、最 大で厚さ 5mm 程度の鋼材など平面に近いものであった。 レールのような立体的な材料の応力測定を検討するには、 レールという材料での応力特性を把握する必要があった。 そのため、レール試験片を用い室内で圧縮荷重をかけ、 ひずみゲージ式測定と比較することでその特性を把握す ることとした。



### 5.室内試験結果(圧縮応力の測定)

図 2: T型表面 SH 波センサの構成

図3に示すように長さ500mmの50Nレールを万能試験機により圧縮荷重を載荷し測定を行った。 キーワード ロングレール、軸力測定

·連絡先 〒530-8341 大阪市北区芝田二丁目 4 番 24 号 西日本旅客鉄道(株)鉄道本部 技術部 T E L 06-6376-8136

センサによる測定と、ひずみゲージによる測定を同時に行い、載荷荷重と測定 される応力の関係を調査した。載荷荷重は0、125、250、375、500kNの5通りで 行い、測定箇所は、レール頭頂部、頭側部、腹部、底部でレール長手方向に125、 250、375mmの3ヶ所で実施した。音速測定は、各測定荷重・部位について5回の 測定結果の平均値をとった。頭側部における測定結果を図4~6に示す。ここで、 荷重0kNにおけるセンサとひずみゲージの測定値の差はレールに存在する残留応 力の値であると考えられる。この結果から、センサによって圧縮応力の変化が捉 えられていることが分かる。また、ひずみゲージによる測定結果と比較すると、 全ての測定箇所において、荷重変化に対し測定される応力変化量が小さい傾向と なることが分かった。そこで、式(1)に示す音弾性定数Csを補正する式(2)を提案



図3 室内試験の様子

$$Cs' = \frac{u}{h}Cs$$
 ...  $\exists (2)$ 

ここで、a は荷重に対する主応力差をセンサで測定した場合の回帰直線の傾き、b はひずみゲージで測定した場合の傾きである。図 4~6 より算出した頭側部における補正率の平均値は a/b=0.6 となり、その他の部位についてもほぼ同様の結果となった。



# 6. 残留応力測定結果

前項の室内試験結果を検証するために、レール切断時の残留応力変 化量を、センサとひずみゲージで測定し比較を行った。測定位置を図7、 測定結果を図8に示す。図8より、レールの各部位についておおよそ の残留応力の分布が非破壊的に確認できた。特に頭側部では他の部位 と比較してひずみゲージの値と近いことが分かった。

### 7.まとめ

 T型表面 SH 波センサを用いてレールに働く圧縮応力を 測定した結果、センサにより圧縮応力の変化が捉えら れることが確認できた。また、ひずみゲージ測定と比 較して荷重変化に対し測定される応力変化量が小さ い傾向となることが分かった。



切断位置は 100,200,300,400(mm)

250

150

350 450

セン

ひずみゲージ

頭頂部

底部

頭側部

頭側部

2.1による傾向を補正して、残留応力の変化量を計測し た結果、レールの各部位でおおよその残留応力の分布 が非確使的に確認できた。特に頭側部では他の部位と比較

が非破壊的に確認できた。特に頭側部では他の部位と比較してひずみゲージの値と近いことが分かった。 今後は、現場測定により軸力測定手法としての使用可能性を研究していきたい。

# 参考文献

1) 村田他:表面 SH 波音弾性による圧延鋼板部材の残留応力測定,日本工業出版「超音波 TECHNO」,第 22 巻第 6 号,2010

2) 藤井他:新たなロングレール軸力管理方法の提案,土木学会年次学術講演会講演概要集, VI-497, 2012

した。