# 超薄型動荷重センサを用いたまくらぎ下面の動荷重分布測定

鉄道総研	正会員	○相川	明
鉄道総研	正会員	浦川	文寛
鉄道総研	正会員	河野	昭子
鉄道総研	正会員	名村	明

# 1. はじめに

バラスト軌道では,道床バラスト部に塑性変形が累積し,軌道変位 進みを伴うため,どのような対策が沈下抑制に有効となりうるかを定 量的に評価できるモデルの開発が望まれている.著者らは,車両走行 時のバラスト軌道の動的応答特性に関して,軌道構造パラメータの影 響性を定量的に把握するための「バラスト軌道劣化モデル」を開発中 である.その一環として,列車走行時のまくらぎとバラストの接触に よる荷重伝達のメカニズムを解明するために,超薄型動荷重センサを まくらぎ下面に数多く取り付けた「センシングまくらぎ」を開発した. 本まくらぎの開発過程と実軌道での測定試験結果について報告する.

# 2. 衝撃荷重測定用動荷重センサとまくらぎの構造

図1にセンシングまくらぎの概略を示す.本まくらぎは,PC3 号ま くらぎの下面に,8cm 間隔で荷重センサを縦25個×横3列に貼り付け たのもである.荷重センサには従来より各種のものあるが,①面的 な応力を測定可能なこと,②8cm×8cmのサイズで最大荷重10kNま で測定できること,③低周波~数kHzまでの動的荷重を測定可能な こと,④まくらぎ下面に貼り付けるので,ジグを含めた厚さが20mm 以下であること等の諸条件を考慮して,図2に示す「圧電フィルム を用いた剛性板状のシート型変動荷重計測センサ」<sup>1)</sup>を採用した.

まくらぎ本体に関しては、その下面に厚さが 2cm ほどのセンサを 固定するので、従来品のまくらぎより 2cm 薄く、それでいて従来品 と同程度の強度を有するまくらぎを新たに設計・製作した(図3). また、荷重センサの取付けにあたっては、砕石層に接する面に金属 の受圧板(8cm×8cm×5mm)を貼り付けて表面を保護し、まくらぎサ イズと同じ金属製ユニット板にて 75 個のセンサを一体構造とし、 まくらぎ下面に固定した.また、所定の絶縁抵抗試験、強度試験お よび試験軌道での敷設試験を実施し、その安全性と強度を確認した.

# 3. 実軌道での測定試験

図4に示すように、開発したセンシングまくらぎを営業線本線軌 道に設置し、車両走行時に作用するまくらぎの動荷重分布を測定し た.本まくらぎは寸法・強度ともに従来品とほぼ互換であり、既設 まくらぎと入れ替えて、通常の締結装置にて軌道に固定するのみで 設置が可能である.



図1 センシングまくらぎの概略図



図2 超薄型動荷重センサ



図3 まくらぎの製作とセンサ取付



図4 実軌道での設置状況

キーワード バラスト軌道,軌道破壊,まくらぎ,動的荷重,現場測定 連絡先 185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38(財)鉄道総合技術研究所鉄道力学研究部(軌道力学) 042-573-7291

#### 4-071

# 4. 測定結果

測定結果を図5に示す.図は,特急車両(走行速度 90 km/h)の先頭車前ボギー第1軸が,まくらぎの手前 側の端部に達し,徐々にまくらぎ上を移動し,反対側 の端部を抜ける際の,車輪位置とまくらぎ下面の荷重 分布を示したものである.また,図6は,車輪がまく らぎ上を通過する非常に短い時間幅における,個々の センサに作用する荷重の時刻歴上のピーク値を示した ものである.これらの図より,まくらぎに作用する動 的な荷重は,まくらぎ下面全面で均等に支持するので はなく,場所的にばらつきが大きく,また,一部の接 触点に大きな荷重が集中する傾向があることがわかる.

### 5. 考察

図6に示したセンサに作用する最大荷重をセンサ面 積(64 cm<sup>2</sup>)で除して, センサ1枚あたりの見かけ上の最 大応力を求めると、その値は高々0.2 MPa と小さいも のであった.一方,図7は,鉄道総研内の試験線で実 施したモーターカー走行試験において、センシングま くらぎ下面に感圧式圧力シートを挿入し、車両走行時 の実際の接触点分布およびその面積を測定したもので ある. 図中の小さい点が砕石層との接触点である. 図 には、センサ寸法を太線で区切って示す、本測定結果 によると、センサ1枚あたり、砕石とまくらぎの実際 の接触点の面積はわずか数mm<sup>2</sup>~数十mm<sup>2</sup>であった. これを1個あたりのセンサの面積(6400 mm<sup>2</sup>)と比べる と、接触点では数100倍の応力集中が発生することに なる. すなわち, 上述のようにセンサ1枚あたりの最 大応力がわずか 0.2 MPa であっても, 例えば 300~400 倍の応力集中があると, 接触点での真の接触応力は, バラスト砕石の一軸圧縮強度を超えることになる.こ の場合,接触点近傍の砕石稜角部には,破損や摩耗な どのいわゆる破壊現象が発生する可能性がある.本モ



ーターカーの輪重は,特急車両の輪重に比べておよそ半分であり,両者を直接的に比較できるものではないが, 砕石層での真の接触面積を考慮すると,通常の走行条件・軌道条件下であっても,場合によっては砕石に局所 的な破壊・摩耗等の劣化現象が発生することがありうることが,今回の測定結果より明らかになった.

# 6. まとめ

超薄型動荷重センサを用いた「センシングまくらぎ」を軌道に設置し、まくらぎ下面の動荷重分布を測定した.測定結果より、まくらぎ下面に作用する動的な荷重は場所的にばらつきが大きく、一部の接触点に荷重が集中する傾向があり、また、そこでの接触応力は岩石の破壊レベルまで達する可能性があることが確認できた. 謝辞 最後に、現地測定にご協力いただいた九州旅客鉄道株式会社各位、まくらぎ製作にご尽力いただいた (株)安部日鋼工業岡山氏・北原氏および鉄道総研浅沼氏・奥田氏(現レールテック)に感謝の意を表する. 参考文献1)藤本由紀夫他:電フィルムを用いたシート型衝撃力測定センサ、日本機械学会論文集C-73,725,pp.184-191,2007.