

クリープ特性を考慮した弾性まくらぎの評価

公益財団法人鉄道総合技術研究所 正会員 ○伊藤孝記 鈴木 実 村本勝己
日本ゲッツナー株式会社 非会員 御船直人

1. はじめに

バラスト軌道用弾性まくらぎの軌道沈下抑制効果の評価は、一般に連続的な繰返し载荷によって行われることが多いが、まくらぎパッドの変形分をどのように評価するか不明確である。そこで、まくらぎパッドの列車荷重に対する変形特性を把握するため、実物大軌道模型試験およびまくらぎパッドのクリープ試験を行ったので、その結果を報告する。

2. 実物大軌道模型試験

一般に使用されている弾性まくらぎ（静的ばね定数：9MN/m）と異なるまくらぎパッドを用いた弾性まくらぎの特性を把握するため、実物大の軌道模型を用いた繰返し载荷試験を行った。供試体は、図1に示すまくらぎ1本のバラスト軌道模型であり、試験ケースは、PCまくらぎ（L2000mm×W270mm×H210mm）に、表1に示すゴム製のまくらぎパッドを一体打設でまくらぎ底面に付着させた試作弾性まくらぎ2種類（P-3およびP-20）を使用したケースとまくらぎパッド無しの合計3ケースである。载荷条件は表2に示すとおりであり、1本のまくらぎに対して、軌きょうの荷重分散を考慮した荷重で繰返し载荷を行った。なお、各ケースとも途中2回（夜間）連続载荷を中断した。

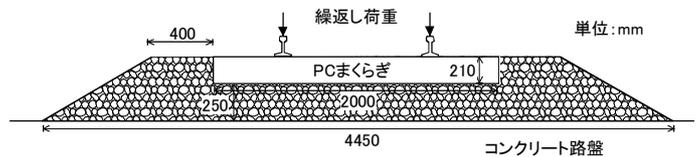


図1 供試体の断面

図2に各ケースのまくらぎ残留変位（最小荷重時のまくらぎ変位）と载荷回数との関係を示す。P-3のケースは沈下量および沈下速度ともパッド無しのケースよりも小さくなったが、P-20のケースは、沈下曲線が著しく非線形になり、一時的にはパッド無しよりも沈下量が大きくなった。

ここで、弾性まくらぎの沈下曲線にみられる、载荷中断に伴う変位回復について考察する。本試験では、昼間に連続载荷を行った後、夜間は载荷装置を休止して無負荷状態で十数時間放置し、翌日に载荷を再開しており、変位回復はこの無負荷放置期間に発生したものである。この変位回復は特にP-20のケースで顕著であった。例えば、1回目の载荷中断までP-20のケースではパッド無ケースよりも大きな残留変位量が生じたものの、载荷停止した翌日の初期の変位量はパッド無しのケースとほぼ同じ変位量まで回復している。

3. クリープ試験

P-20のケースで生じた変位回復の現象を確認するために、試験片を用いてクリープ試験を行った（図3）。本試験は、バラストを模擬した突起物を有する载荷治具（図4）上に試験片を載せ、実物大軌道模型試験の

表1 まくらぎパッドの諸元

呼称	静的ばね定数	厚さ
P-3	3MN/m	ゴム層 7mm 不織布 3mm
P-20	20MN/m	ゴム層 7mm

表2 载荷条件

载荷荷重	10~85.6kN (軸重 168kN, 荷重分担率 45%を想定)
载荷周波数	15Hz (正弦波) (在来線車両で 113km/hを想定)
载荷回数	110万回

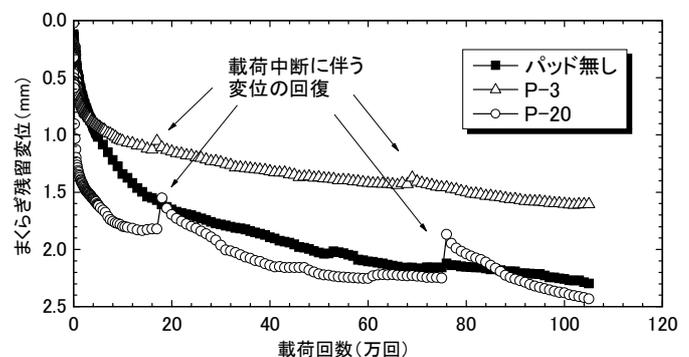


図2 まくらぎ残留変位の推移

キーワード : 弾性まくらぎ, まくらぎパッド, クリープ試験, 実物大軌道模型試験

連絡先 : 〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38 (公財) 鉄道総合技術研究所 軌道・路盤 tel 042-573-7276

載荷過程を静的載荷で模擬した図5に示す載荷パターンで荷重を増減し、まくらぎパッドのクリープ特性を検証するものである。最大荷重は、実物大軌道模型試験の最大荷重の1/2がまくらぎに作用した際の平均まくらぎ下面圧力が試験片に作用する荷重とした。また、最小荷重は、レールおよびまくらぎ等の自重によるまくらぎ下面圧力が試験片に作用する荷重とした。

図6にP-20の変位と経過時間との関係を示す。例えば、1サイクル目では、最大荷重の載荷直後に、即時沈下が0.37mm生じ、その後、クリープ変形(時間依存の変形)が徐々に生じ、8時間で変位が0.41mm生じた。除荷時においても、クリープ変形が徐々に生じ、16時間で変位が0.67mm回復したものの、塑性変形が0.11mm生じた。すべてのサイクルでクリープ変形が生じることを確認した。また、サイクル数の増加に伴い、最大変形量は若干増加する傾向を示したものの、変位の回復量については概ね同程度であった。

このように、実物大軌道模型試験のP-20のケースで生じた変位回復は、高分子材料の粘弾性変形特性に起因したものであり、連続載荷に伴いまくらぎパッドはクリープ変形が生じて徐々に圧縮変形し、無負荷状態になると徐々に変形量が回復することを確認した。

4. まとめ

本試験結果より、粘弾性変形特性を有するまくらぎパットを用いた弾性まくらぎは、連続載荷の条件下において、まくらぎの残留変位が過大に評価される可能性があることを確認した。したがって、実際の列車走行を想定した場合、P-20のケースの本来の沈下曲線は、図7に示すようにクリープ変形を除外した図中の点線で示したようなラインである可能性が高いことが推察される。ただし、比較的長時間にわたって静的に荷重が作用する駅ホーム部や留置線等へ敷設する場合においては、クリープ変形を積極的に考慮した評価が必要であると考えられる。

今後、まくらぎパッドのような高分子材料を用いた軌道部材を評価する場合には、非線形な材料特性に配慮した評価を行う必要があると考える。

参考文献

- 1) 村本勝己, 御船直人: 弾性まくらぎのまくらぎパッドの違いが軌道沈下に及ぼす影響, 新線路, 第65巻, 第12号, pp.36-37, 2011.12.

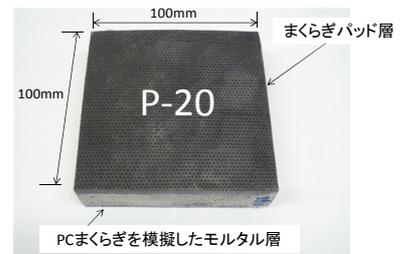


図3 クリープ試験で用いた試験片



上面 斜め前方

図4 クリープ試験で用いた治具

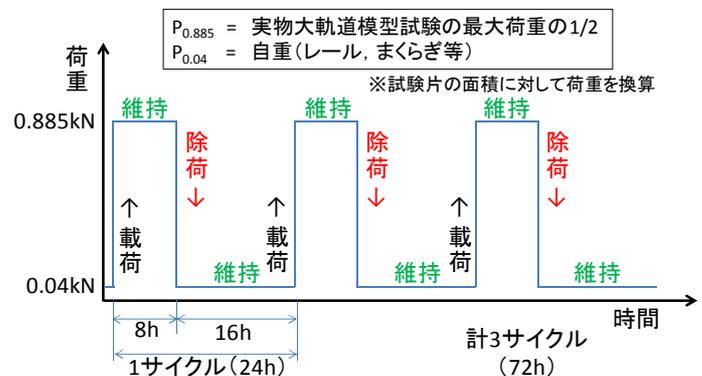


図5 クリープ試験の載荷パターン

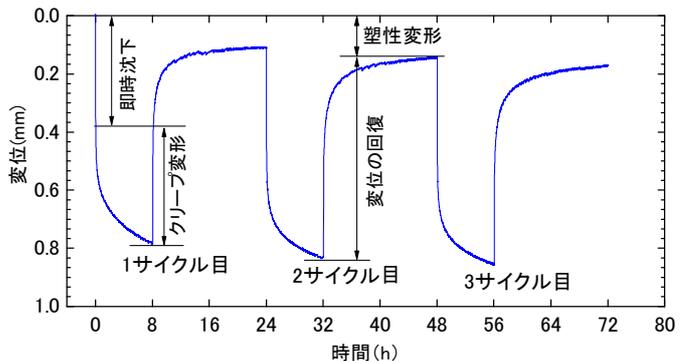


図6 まくらぎパッドの変位と経過時間との関係

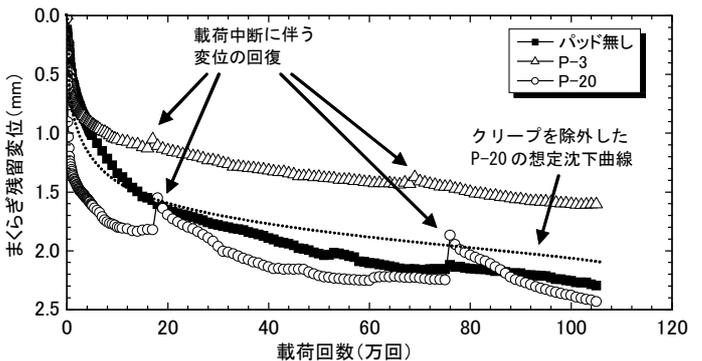


図7 クリープ特性を考慮したまくらぎ残留変位の推移