

IV-388

鉄道マクラギの支持力補強方法に関するモデル試験

東海旅客鉄道 正会員 可知 隆
東海旅客鉄道 正会員 宮本 秀郎
名古屋工業大学 正会員 松岡 元
鉄道総合技術研究所 正会員 館山 勝
鉄道総合技術研究所 正会員 小島 謙一

1. はじめに

粒状地盤の支持力補強方法である”地盤の一部を包み込む工法”を鉄道バラストに適用した場合の効果についてはアルミ棒積層体あるいは6号砕石を使用した1/2スケールの模型載荷試験^{1)~4)}等で検討されている。今回、実物大のモデル軌道による載荷試験を実施し、その有効性について検討したので報告する。

2. 鉄道マクラギの支持力補強方法

一般に砂礫のような粒状体は、土の自重などの拘束応力の作用下では粒子間に摩擦力が働くことにより外力を支えることができる。しかし、鉄道の道床バラストは地表面に近い位置にあるため、この拘束応力 σ が小さく、内部摩擦角 ϕ が大きな高品質のバラストであっても大きなせん断強度 τ を期待できない($\tau = \sigma \cdot \tan \phi$ 、 ϕ :大、 σ :小 $\rightarrow \tau$:小)ということが考えられる。そこでバラストを「土のう」のようなもので包んだ場合、包みこむことにより粒子の移動を最小限に拘束するだけではなく、外力を受けた場合、粒状体のダイレタンス(体積膨張)効果により膨れようとするが「土のう」によって拘束反力を受けるため、上述の拘束応力 σ が著しく増加し、せん断強度 τ が急激に増加するという利点を持つ($\sigma \rightarrow$ 大、 $\tau = \sigma \cdot \tan \phi \rightarrow$ 大)。従って、バラストを包み込んだ「土のう」をマクラギ下に設置した場合、いわば「土のう」が一体化した基礎のような強度を持ち、①列車荷重に対する支持力向上、②高低狂いの減少といった効果が期待される。

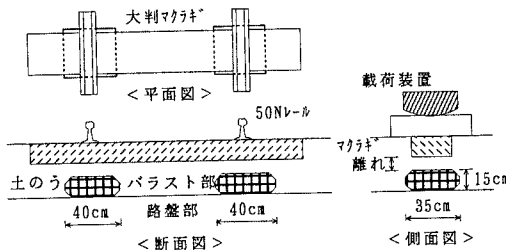


図1 試験概略図（レール直下補強）

3. 短期繰返し載荷試験

路盤部の変形が影響しないよう締固め度95%（対最大乾燥密度）と十分締め固めた路盤上にバラストを詰めた「土のう」、大判マクラギ(210×30×14cm) 1本及び長さ60cmの50kN レールから構成されるバラスト厚25cmの有道床軌道（狭軌）を敷設し、鉄道総研の総合路盤試験装置により繰返し荷重（平均17t、最大32t、最小2t、周波数20Hz）を10万回載荷し、軌道の沈下量を測定した。土のう袋の材質には補強盛土工法等に用いられるジオテキスタイル（目合い1.5cm、破断強度9~10t/m）を使用し、長さ35cm×幅40cm×高さ15cmを標準寸法とするが、2段積み場合は、上段に長さと同じで高さ10cmの薄型「土のう」、下段に標準の「土のう」を積み重ねた。支持力補強方法の基本的な概略を図1に示し、試験ケースを表1に示す。ここでマクラギ離れとは、マクラギ下面と「土のう」間のバラスト厚（距離）である。また、繰返し試験終了後、除荷、載荷を静的に繰り返し、載荷後のパネ定数の傾向を把握した。

土のうを左右レール直下に1個ずつ（2個/本）設置したケースの繰返し回数-累積沈下量の関係を図2に示す。マクラギ離れ別に比較するとマクラギ離れ 0cm (D2R1-00)については無補強(DU1-00)より初期沈下、沈下進みとも小さく、沈下抑制効果が確認された。また、マクラギ離れがバラスト平均粒径の2倍程度である10cm (D2R1-10)についてもマクラギ離れ 0cm (D2R1-00)と同程度の効果が確認された。これはマクラギと「土のう」間のバラストがはさみ込まれることにより拘束を受け、「土のう」内部のバラストと同じような強度を持つ「はさみ込み効果」によるものと考えられる。しかしながら、マク

表1 試験ケース

ケース名	補強位置	枕木離れ	土のう数	備考
DU1-00	—	—	—	無補強
D2R1-00	レール直下	0cm	2個/本	
D2R1-05	レール直下	5cm	2個/本	
D2R1-10	レール直下	10cm	2個/本	
D2×5R1-00	マクラギ全面	0cm	10個/本	2段階
D5R1-10	マクラギ全面	10cm	5個/本	

キーワード 補強袋、支持力、道床強化、静的載荷、動的載荷

連絡先 〒454 名古屋市中川区長良町1-1 TEL 052-363-7924 FAX 052-369-1501

ラギ離れ5cm (D2R1-05)は、初期の沈下量が無補強と同程度に大きい、その後の沈下曲線の傾きは補強した他のケースと変わらないことから、マクラギと「土のう」間のバラスト厚さが小さく、突き固めが十分でなかったためと考えられる。次に、土のう5個をマクラギ長手方向に配置し、全面補強したケースの繰返し回数-累積沈下量の関係を図3に示す。2段積み (D2×5R1-00) は路盤面から直接支持する形になり、無補強 (DU1-00) に比べかなりの沈下抑制効果が確認された。また1段積み、マクラギ離れ10cm (D5R1-10) についても「はさみ込み効果」により2段積みに近い効果が確認された。

10万回繰返し載荷後の静的荷重-沈下量の関係を図4に示す。無補強 (DU1-00) は一度突き固めを実施した後の曲線のため、初期の傾きは緩やかになっている。「土のう」で補強したケースの再載荷曲線の立ち上がりは、「土のう」の数、マクラギ離れによらず、傾き、沈下量ともほぼ同程度の逆反り形を示す。また無補強 (DU1-00) の除荷後の立ち上がりについても同じ傾向が見られことから、無補強、補強ともバネ定数はほぼ同程度であり、補強した箇所において軌道のバネが急激に変化することはないと考えられる。

4. 長期繰返し載荷試験

3. の結果より沈下量が少なく、施工面等から実用的だと考えられる全面補強、マクラギ離れ10cm (D5R1-10) と無補強 (DU1-00) について沈下進みの傾向を把握するため、150万回の繰返し荷重 (試験装置の性能上の理由から平均9t、最大16t、最小2t、周波数20Hz) を加えて沈下量を測定した。繰返し回数-累積沈下量の関係を図5に示す。(D5R1-10)は無補強 (DU1-00) と比較して、繰返し回数が50~150万回の間の沈下進みの傾きが2/3程度であり、長期的にみても沈下抑制効果が確認された。また、繰返し荷重の大きな3. の結果と比較すると強い衝撃的な外力に対する方が強いせん断強度を発揮し、大きな効果が得られるという特性がうかがわれる。

5. まとめ

① 衝撃荷重を受ける箇所に敷設した場合、初期沈下後の沈下進みは、かなり改善されると考えられる。しかしながら初期沈下量は施工方法に大きく影響を受け、また沈下量を最小にする「土のう」の配置方法は、当該敷設箇所の路盤条件、荷重条件、バラスト厚等により変化すると考えられるため、袋の形状、寸法、「土のう」の最適配置方法、施工方法について検討が必要である。

<参考文献>

- 1) 松岡他、鉄道枕木の支持力補強方法に関する基礎的研究、第31回地盤工学研究発表会概要集、1996、pp2547~2548
- 2) 可知、松岡他、鉄道マクラギの支持力補強方法に関する一考察、第32回地盤工学研究発表会概要集、1997
- 3) 神崎、可知他、鉄道マクラギの支持力補強方法に関する載荷試験、第32回地盤工学研究発表会概要集、1997
- 4) 松岡、伊東他、鉄道枕木の「土のう」式支持力補強方法に関する研究、第32回地盤工学研究発表会概要集、1997

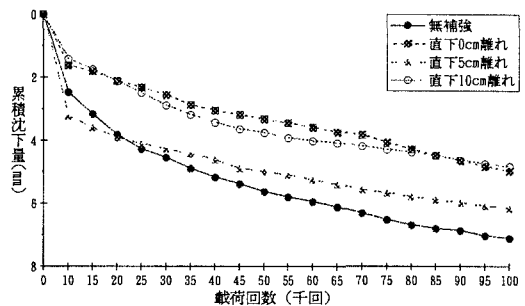


図2 短期繰返し載荷試験結果 (レール直下補強)

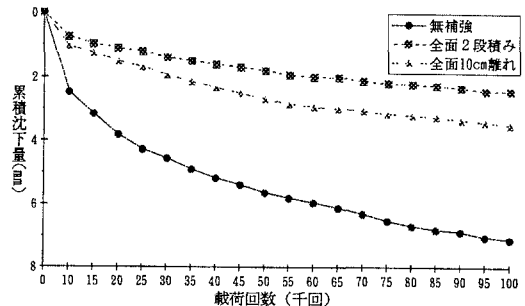


図3 短期繰返し載荷試験結果 (全面補強)

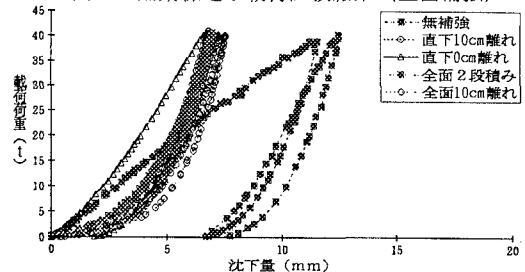


図4 静的荷重-沈下量の関係

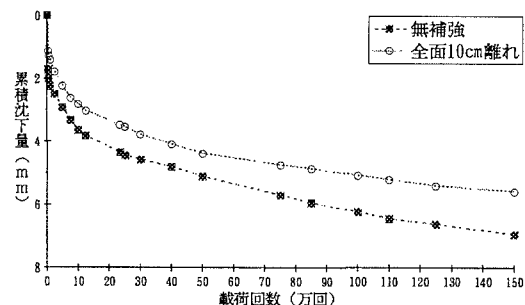


図5 長期繰返し載荷試験結果

② バラスト平均粒径の約2倍である10cm程度のマクラギ離れのケースについては、「はさみ込み効果」が確認されたが、バラスト厚が厚い箇所の10cm以上のマクラギ離れについては今後検討を継続する。