ブロック形状物を用いた路盤材の支持力強化

○東洋道路興業㈱　正会員　長橋孝次
富山県工業技術センター　九曜英雄
金沢工業大学　伊能忠敏
（財）鉄道総合技術研究所　御船直人

１．はじめに

鉄道軌道の道床バラストには、列車の通過に伴う繰り返し荷重によって、最初は急に、そして、その後は直線的に沈下を続ける。これらは大体列車速度の二乗に比例して激しくなる傾向にあるとされており[1)]、定期的な補修が必要となっている。そこで、鉄道軌道の道床バラストの荷重沈下を小さく抑えて安定した軌道を簡単に保持するために種々検討を重ねたところ、ブロック形状物を道床バラストの上部分内部に混入点在させることによって、静的荷重、動的荷重に対し沈下抑制や支持力向上ができることがわかったので報告する。

２．実験方法

（１）材料

ブロック形状物は、鋼繊維入りセメントコンクリートとし、形状は直方体で、大きさが 60 mm×60 mm×50mm（DD と呼ぶ。）、40 mm×40 mm×80mm（DDL と呼ぶ。）、40 mm×40 mm×160mm（DDLL と呼ぶ。）、40 mm×40 mm×30mm（DDM と呼ぶ。）の 4 種類とした。試験用バラストは北陸本線等に使用している富山県庄川河川からのてん石（安山岩）を破砕した粒径 63～26.5mm の砕石を用いた。

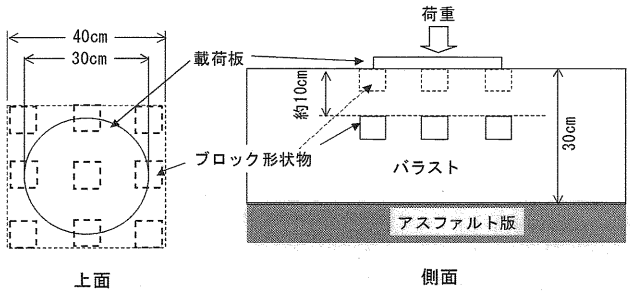

図 - 1　平板載荷試験時のブロック形状物埋設図

（２）平板載荷試験

試験用バラストをアスファルト舗装版上に 30cm 厚で敷均して路盤とした。ブロック形状物は図 - 1 に示すように路盤の上部表面から約 10cm の位置で、約 40cm×40cm の正方形内に等間隔に、かつ、できるだけアスファルト版面に対してブロック形状物の底面が平行になるように埋設した。なお、DDL については、縦方向にも埋設した。埋設個数は DD は 9 個、DDL は 8 個、DDLL は 4 個、DDM は 16 個とした。ブロック形状物埋設上部に直径 30cm の鋼製円板を置き、JIS A1215　道路の平板載荷試験方法に従い、載荷板に荷重をかけ、荷重強さと沈下量の関係から支持力係数（=荷重強さ/沈下量）を求めた。荷重載荷は 4 回繰返し、1 回目は最大 0.346MPa とし、2、3、4 回目は 0.416Mpa を最大荷重強さとした。支持力係数は、それぞれの載荷過程での 1.25mm の沈下量が発生したときの荷重強さから求め、沈下量が 1.25mm に至らなかったときは、最大荷重強さ 0.416Mpa 時の沈下量から求めた。なお、各測定は 3 回から 4 回行い、値は平均値とした。

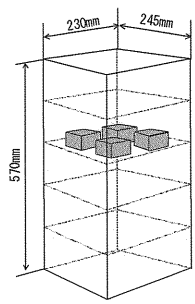

図 - 2　三軸試験時のブロック形状物の埋設例

（３）大型三軸試験

供試体は角柱モールド（横 230mm、縦 245mm、高さ 570mm）を使用し、バラストのみ及びバラストにブロック形状物 DD や DDM を埋設したものを密度 1.6g/cm3 を目標に締め固めて作成した。締め固めは、供試体を 5 層に分割し、一層あたりのバラストを投入した後、重さ 3.28kgf の角材を用いて行った。ブロック形状物 DD を 4 個埋設するときは、図 - 2 に示すように下層 3 層のバラストを締め固めた後、4 層目に DD を埋設し、16 個の場合は、最下層を除き、各層に 4 個ずつ埋設した。DDM は向きや位置を考慮せずランダムに各層 10 個埋設し、全

Key words バラスト、沈下抑制、支持力
連絡先　〒939-1553 富山県南砺市上川崎 1650　tel0763-22-4610 fax0763-22-7147

部で 50 個を埋設した。試験条件は拘束圧 20kPa、繰返し回数 1 万回、繰返し周波数 1Hz、両振幅鉛直応力 100kPa とした。

3．実験結果

（1）平板載荷試験による支持力及び沈下特性

平板載荷試験では図 - 3 に示すようにバラストのみの試料では、1、2 回の載荷で大きな沈下が生じ、3、4 回目の載荷で沈下が収まってくるが、累積沈下量は 18.8mm に及んだ。ブロック形状物を埋設した場合は、いずれも初期沈下量が少なく、累積沈下量も 10mm 前後であり、DD と DDL 横置きでは累積沈下量は 32%も低下した。

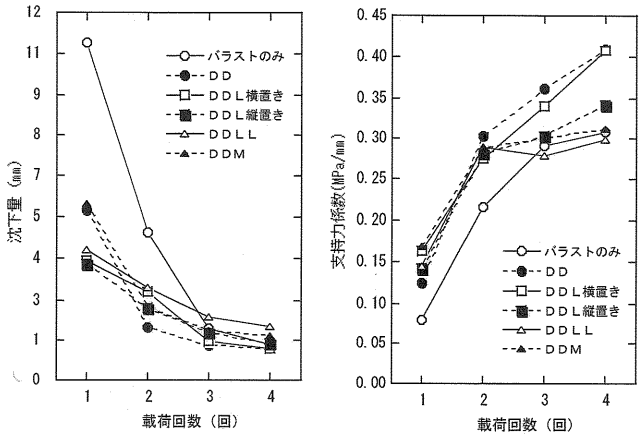

図 - 3 平板載荷試験における沈下量と支持力係数の変化

路盤の強さを示す支持力係数は、ブロック形状物を埋設することにより大きく向上し、路盤の安定性に大きく寄与することが確かめられた。ブロック形状物の大きさや形状により、支持力係数の変化は異なり、載荷初期には、同じような支持力向が認められたが、3 回目以降は、大きさや形状によって異なる挙動を示した。DDM のように小さなものよりも DD や DDL のようにバラストの最大粒径 63mm に近いものがより大きな値を示し、また、同じ DDL でも縦置きにした場合は、支持力の大幅な向上は認められなかった。DDLL のように、さらに長い形状のものについては初期支持力は向上したが、載荷回数 3、4 回でバラスト単独の値より小さくなった。これらより、DD や DDL のブロック形状物がバラストの支持力強化に非常に効果があることがわかった。

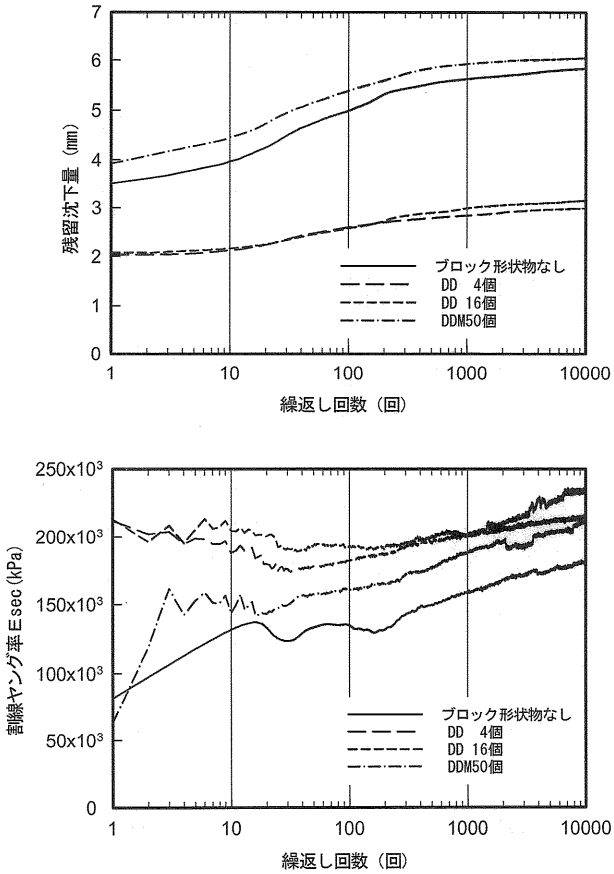

図 - 4 三軸試験における沈下量とヤング率の変化

（2）大型三軸試験による連続圧縮試験

繰返し走行荷重を受ける列車線路のバラストを想定し、大型三軸試験装置を用い、繰返し載荷を受けた場合のバラストの沈下量とヤング率の変化を測定した（図 - 4）。ブロック形状物 DD を埋設したものは個数に関係なく残留沈下量が著しく小さくなり、バラスト上層部にのみブロック形状物を埋め込めば、繰返し載荷時にもバラストの安定化に効果があると考えられた。DDM の場合は、50 個埋設してあるが、残留沈下量の抑制向上は認められなかった。この結果は平板載荷試験と類似するものであった。また、繰返し載荷時の割線ヤング率を比較した結果、DD4 個、DD16 個を埋設したものは繰返し載荷初期から相対的に大きく、繰返し載荷回数が 1,000 回を超えると DD16 個を埋設したものが DD4 個のものより傾きが大きくなるため、さらなる繰返しで残留変形は小さくなると予想された。

4．まとめ

ブロック形状物をバラストに埋設するだけで、バラストの沈下抑制や支持力向上に効果があることが、平板載荷試験、大型三軸試験によって確かめることができた。特に、バラストの最大粒径に近い大きさをもつものが有効であり、また、バラスト全体に埋め込まなくても、上層部のみに入れることにより効果があることがわかった。

参考文献　1）鉄道業務研究資料　11 巻 9 号 P17～22