

IV-306 道床バラストの变形特性に関する一考察

鉄道総合技術研究所 正会員○池内久満
同 正会員 須長 誠

1. はじめに

鉄道の道床バラストは列車による繰返し載荷を受け変形するが、この変形のうち線路保守上特に問題となるのは、塑性的な変形である。この塑性的な変形について、載荷荷重との関係、バラスト粒径との関係を調べるために行った繰返し三軸圧縮試験結果について報告する。さらに、この試験から得られたバラストの变形特性を基に、バラスト軌道強化について考察する。

2. 試験の概要

試験に用いた材料は、鉄道の道床バラストにも使用されている山梨県大月市から産出する安山岩の碎石であり、粒径の影響を調べるため粒度を図1に示す相似な8種に調整した。このうち粒径の大きなA,B,D,Eについては大型三軸圧縮試験機（供試体寸法直径30cm,高さ60cm）で、e,f,gについては小型三軸圧縮試験機（供試体寸法直径7cm,高さ14cm）で、試験を行った。締め固め密度は最大乾燥密度の1.66g/cm³を目標として締め固めた。三軸試験の応力振幅は大型の場合は200kPaと400kPa,小型の場合は150,200,250,300kPaであり、載荷回数は大型の場合は1万回、小型の場合は3千回で行い、拘束圧は60kPa（一部90,30kPa）とした。この試験で軸ひずみの測定は、外部変位計とLDT（局所変形測定装置）の両方で行ったが、本解析では、LDTの結果を使用している。

3. 試験結果および考察

3.1 載荷回数と累積ひずみの関係

いずれの試験においても載荷回数とひずみの関係は、図2のようになり、同図で定義する、塑性的な沈下をもたらす累積残留軸ひずみ ϵ_n と載荷回数 n の関係は次式に示す対数曲線で近似できる（相関係数95%以上）。

$$\epsilon_n = a + b \times \log_e(n) \quad \dots (1)$$

ここに、a:係数（初回の残留軸ひずみ）、

b:係数（繰返し載荷による累積残留軸ひずみの増加の度合に関する係数）

3.2 載荷荷重および粒径と累積残留軸ひずみの関係

(1)式の係数aと載荷荷重の関係を図3に、係数bと載荷荷重の関係を図4に、粒径別に示す。図によれば係数a、係数bともに200kPa付近では、相対的に小さな値となっており、また、粒径による差も少ない。これに対し、200~250kPa付近から急激に係数a、bはともに増加し、また増加の度合は、粒径が大きなものほど大きくなっている。この理由は、①荷重の小さい間は、粒子接触点での粒子破碎は少なく、また接触点の移動も少ないこと。②これに対し荷重が大きいと粒子接触点での破碎、および粒子移動が顕著となること。③また接触点あたりの荷重は粒径が大きいものほど大きくなること、によるものと考えられる。

なお、200kPa付近を境にして变形特性が異なるのは、山梨県大月から産出する安山岩の碎石による結果であって、強度特性の異なる碎石を

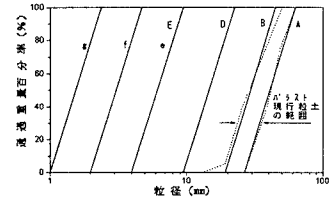


図1 試料の通過重量百分率

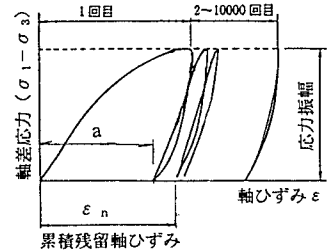


図2 応力ひずみ曲線概要図

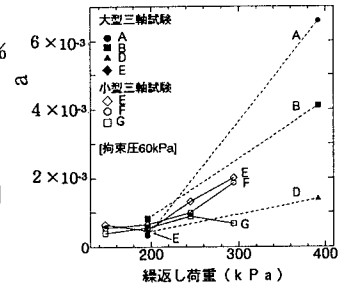


図3 粒径とa

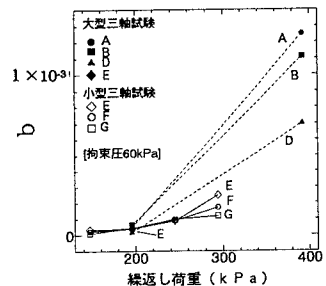


図4 粒径とb

用いれば違った結果となることが予想される。しかし、上述した傾向は同じであるものと想定される。また、通常車輪直下のまくらぎにかかる荷重は、レール剛性を考えると輪重の40%程度となり、荷重がまくらぎ底面全部に分散されるものとすれば、まくらぎ底面圧力は200kPa程度となる。しかし、実際の軌道においては、均等に荷重がかかることは考えられず、200kPaを大きく越えるところも存在するはずである。このため、まくらぎ底面からバラストにかかる荷重をより分散させれば、塑性沈下を抑制するために大きな効果があると考えられる。

3.3 拘束圧と塑性ひずみの関係

粒度Aについて、係数 a 、 b と拘束圧の関係を図5、6に示す。結果は容易に予想できるように、拘束圧が大きいほど累積残留軸ひずみは小さくなる結果となった。

4. バラスト軌道強化の方策

以上の結果から、バラスト軌道においても、横から拘束圧をかけ、またできるだけ荷重を分散させれば、塑性変形を抑止することができるはずである。これらの点に着目すると、以下のようなバラスト軌道強化の方策が考えられる。

方策1（仮称：バラスト軌道強化構造；図7）

①既設バラスト軌道における適用を中心に考え、既設のまくらぎはそのまま使用し、まくらぎ間に剛な板を設け、まくらぎ下面をとるアンカーにより剛な板とアンカーを連結し、列車荷重をまくらぎと剛な板の両方で分散する。

②さらに、横方向からバラスト止めと緊張を与えたタイロッドにより、拘束圧を加える。

方策2（仮称：井型状まくらぎ；図8）

方策1はアンカー、タイロッドの施工が困難となることが予想されるため、バラストへの荷重分散効果のみに着目し、まくらぎ下面積を大きくすることを考える。すなわち、図7のようにまくらぎを、従来のまくらぎ相当の部材2本（あるいは3本以上）とレール下の部分の部材2本で井型状の構造体を作るものである。

レール下に縦バリ部材を入れ、荷重分散を図る方式では、縦まくらぎがあるが、この場合、荷重分散の効果を図るには、ある程度の長さが必要とする。この点、図の場合線路方向長さが90cm程度であり、営業線での施工が容易となるものと考えられる。

5. おわりに

今後、方策で示した方法については、さらに実証的な検討を行っていきたいと考えている。また、三軸試験の結果では、バラスト粒径は、塑性変形のみを考えれば粒径の小さいものの方がよい結果となる。これについてもさらに総合的に検討していきたい。

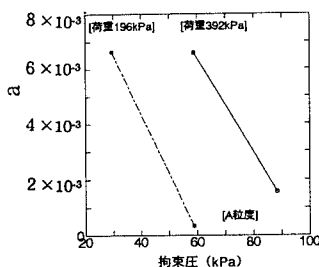


図5 拘束圧とa

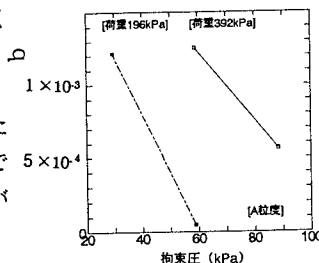


図6 拘束圧とb

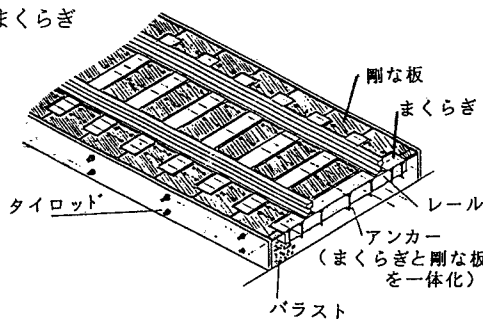


図7 バラスト軌道強化構造

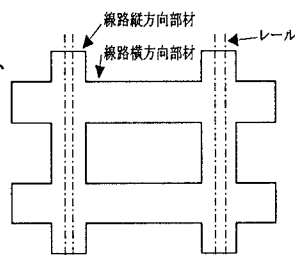


図8 井型状まくらぎ

〔参考文献〕池内久満・須長誠：繰返し三軸圧縮試験における粗粒材料の変形特性，第31回土質工学研究発表会概要集，1996