

初期応力および応力履歴が鉄道バラストの繰返し変形特性に及ぼす影響

横浜国立大学 学生会員 ○田島 史花

横浜国立大学大学院 正会員 早野 公敏

東海旅客鉄道株式会社 正会員 川崎 祐征

東海旅客鉄道株式会社 正会員 本道 諒太

1. はじめに 道床バラストは繰返し交通荷重を受けることにより軌道沈下を生じる。その沈下量を予測する際に基となる三軸試験は通常等方応力状態で行われるが、実際のバラストは厳密には異方応力状態であり、さらに補修時のタイタンパーによる締固めにより土圧係数 K が変化すると考えられる。そこで本研究では基準の粒度範囲を満足する相似比 1/5 のバラストに対し、タイタンパーの動きを模擬した応力履歴を加え、3つの異なる初期応力状態から繰返し三軸試験を実施し、初期応力や応力履歴がバラストの繰返し変形特性に与える影響について検討を行った。

2. 用いた試料 本試験には安山岩質の砕石を使用した。相似比 1/5 の道床バラストの基準粒度範囲²⁾内に収まるように粒度を設定した。

作製したバラストを対象に JIS A 1210 に定められた方法で突固めによる締固め試験を実施した結果、最適含水比 $w_{opt}=3.3\%$ 、最大乾燥密度 $\rho_{dmax}=1.57\text{g/cm}^3$ が得られた。なお粒子破碎の影響を除外するため、試験方法には非繰返し法である A-b 法を採用した。

三軸供試体(直径 100mm×高さ 200mm)は、最適含水比 ($w=3.3\%$)、締固め度 $D_c=95\%$ になるように、含水比を調整した試料を 10 層に分け、各層ごとに振動バイブレーターによる締固めを行い作製した。

3. 繰返し三軸試験方法 バラストの初期応力状態として土圧係数を $K=0.6, 1.0, 2.0$ の3種類に設定した。上載圧はいずれの試験ケースにおいても $\sigma_{a0}=50\text{kN/m}^2$ である。これはバラストの補修前後で K 値が変化する場合でも、上載圧の大きさは変わらないことを考慮している。

図-1 に三軸試験の応力経路を示す。供試体に拘束圧 50kPa を等方的に作用させた後、鉛直応力の大きさを保ちながら側方応力の大きさを調整し、 $K=0.6$ から $K=2.0$ の応力状態を 5 往復させ、主応力の回転を伴う応力履歴を加えた。その後

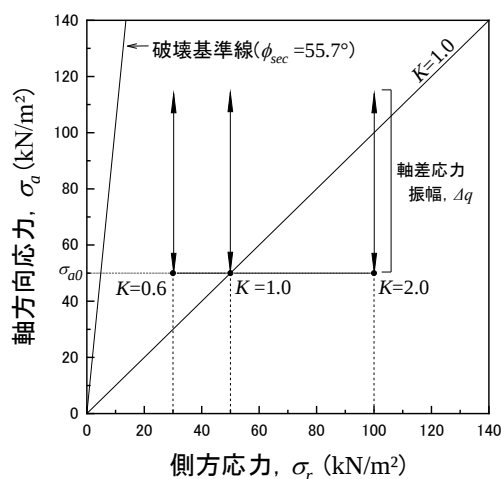


図-1 三軸試験の応力経路

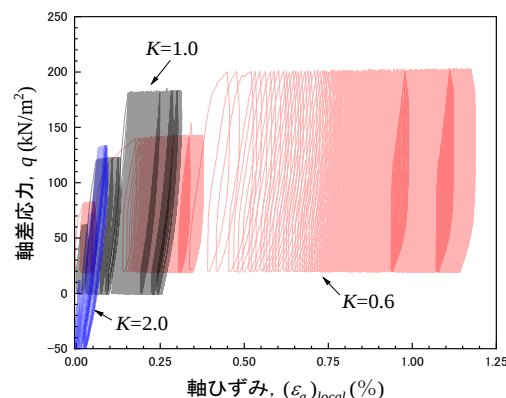


図-2 履歴のないバラストの軸ひずみ～軸差応力関係

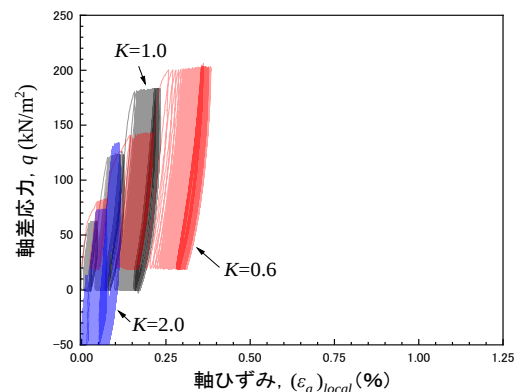


図-3 応力履歴を加えたバラストの軸ひずみ～軸差応力関係

キーワード バラスト, 異方応力, 応力履歴

連絡先 〒240-8501 横浜市保土ヶ谷区常盤台 79-5 横浜国立大学 土木工学棟

それぞれの初期応力状態にし、クリープ速度が荷重速度 $0.078\%/min$ の $1/1000$ になるまで応力状態を保ったまま放置する。予備荷重は軸差応力振幅 $\Delta q=30\text{kPa}$ で 100 回、本荷重は軸差応力振幅 $\Delta q=60\text{kPa}$, 120kPa , 180kPa で各 300 回、排気状態で繰返し荷重を行った。なお図-1 中の破壊基準線は、別途行った三軸試験の単調荷重試験の結果から求めた。また試験中の軸方向変位は、供試体側面に対角線上に設置した一対の局所変位計で測定した。

4. まとめ 図-2 に応力履歴のないバラスト、図-3 に応力履歴を加えたバラストの軸ひずみ $(\varepsilon_a)_{local}$ ～軸差応力 q 関係を示す、図-2、図-3 より応力履歴がある場合、ない場合ともに、 K 値が小さいほど累積ひずみが大きくなることがわかった。

図-4 に回復ひずみ ε_a^r 、残留ひずみ ε_a^p の定義、図-5 に全試験ケースの $\varepsilon_a^r \sim \varepsilon_a^p$ 関係を示す。また図-6 に初期過程終了時軸ひずみ α と漸進過程ひずみ変化率 β の定義、図-7 に全試験ケースの $\Delta q \sim \alpha$ 関係、図-8 に全試験ケースの $\Delta q \sim \beta$ 関係を示す。これらの結果から、 $K=0.6$ の応力履歴を加えたバラストは、履歴がないものと比較して、 Δq の増加にともなう ε_a^p や α , β の増加が顕著でない。これは供試体の主応力の回転を伴う応力履歴を受け、初期応力状態より K 値が大きい応力状態を経験しているためだと考えられる。一方で $K=2.0$ のように伸張状態にあるバラストでは、応力履歴を加えることにより ε_a^p や α , β が大きくなる場合がある。これは主応力の回転を伴う応力履歴を加えることによりバラストが緩み、不均質になることで変形が生じやすくなっていたためだと考える。

以上の結果より、バラストに主応力の回転を伴う応力履歴を加えた場合、その影響は初期応力状態によって異なる。特に伸張応力状態のバラストでは応力履歴を加えることでバラストが緩み、初期沈下や残留ひずみが大きくなってしまう場合がある。実際に道床バラストにタイタンパーによる応力履歴を加えた際には、軌道の沈下を抑制するため、締固めなどにより K 値を補修前より大きくすることが望ましいと考えられる。

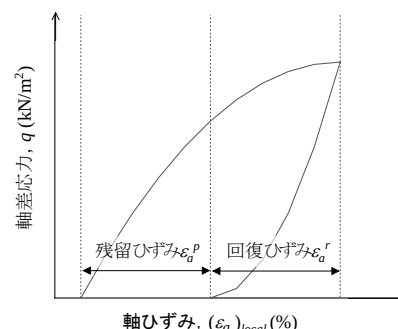


図-4 回復ひずみ、残留ひずみの定義

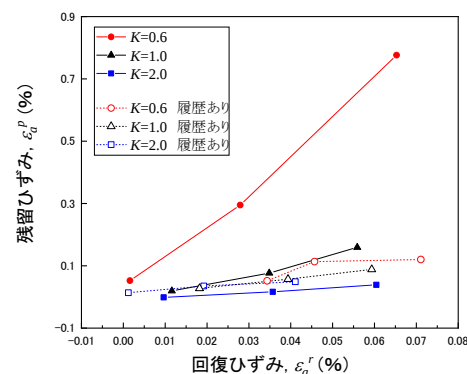


図-5 回復ひずみ～残留ひずみ関係

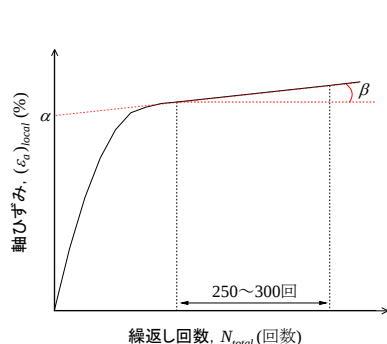


図-6 初期過程終了時軸ひずみ α 、
漸進過程ひずみ変化率 β の定義

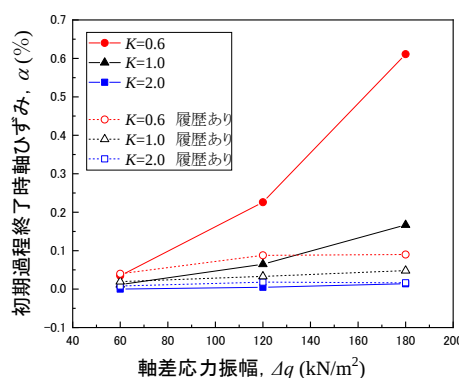


図-7 軸差応力振幅～
初期過程終了時軸ひずみ関係

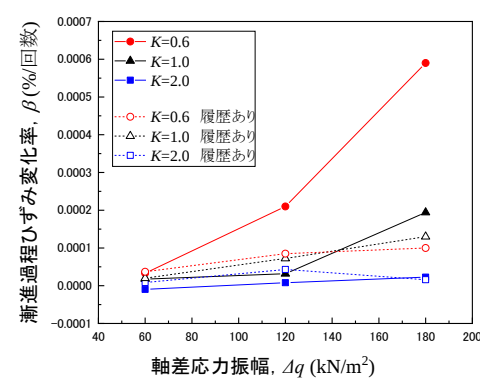


図-8 軸差応力振幅～
漸進過程ひずみ変化率関係

参考文献 1) 石川達也, 須長誠, 董軍, 名村明, 大型繰返し三軸試験による道床バラストの変形特性の検討, 土木学会論文集 No.575/III-40, pp.169-178, 1997. 2) 須田征男, 長門彰, 徳岡研三, 三浦重編, 新しい線路: 軌道の構造と管理, 日本鉄道施設協会, 625p., 1997.