

# 鉄道用バラストを用いたプレパックドコンクリートの曲げ疲労特性

(財)鉄道総合技術研究所 正会員 高橋貴蔵 桃谷尚嗣 伊藤孝記 関根悦夫

## 1. はじめに

バラスト軌道(図1)は、列車の繰返し荷重によりバラストが沈下するため、定期的な保守が必要である。また、バラスト軌道がスラブ軌道のようなコンクリート製の軌道と接続している場合は剛性変化を少なくする必要がある。そこで、スラブ軌道に接続するバラスト軌道を対象とし、軌道保守や軌道の剛性変化を減少させることを目的として、バラストをグラウト材注入により固化するプレパックドコンクリート道床の検討を行った。本研究ではバラストを用いたプレパックドコンクリートの曲げ疲労特性を評価するため、静的曲げ載荷試験および繰返し曲げ載荷試験を実施した。また、鉄道の営業線では夜間にグラウト材の注入を行い、注入後2時間程度で列車が通過するため、若材齢時のプレパックドコンクリートに対する繰返し載荷試験を実施した。

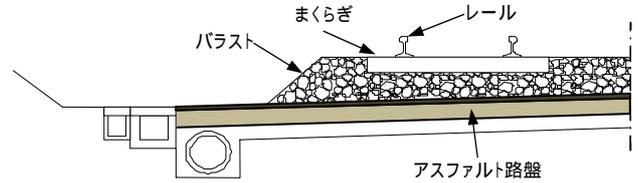


図1 バラスト軌道の断面

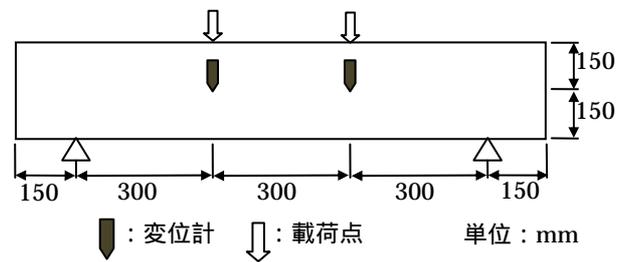


図2 試験方法

## 2. 実験概要

### 2.1 供試体概要

静的曲げ載荷試験および繰返し曲げ載荷試験用供試体の寸法は300×300×1200mmとした。予め水洗いしたバラストを型枠に詰め(空隙率45%)、J14漏斗による流化時間を3~5秒に調整したグラウト材を注入して供試体を作成した。24時間後に脱型し、材齢28日まで気中養生した。注入用のグラウト材にはセメント系プレミックスタイプの速硬性無収縮グラウト材、バラストには最大粒径63mm、平均粒径37.5mmの均等粒径である安山岩の砕石を用いた。グラウト材のJ14漏斗の流化時間を3.5秒とした場合のプレパックドコンクリート(円柱供試体: 150×300mm)の圧縮強度は30.4N/mm<sup>2</sup>であった。

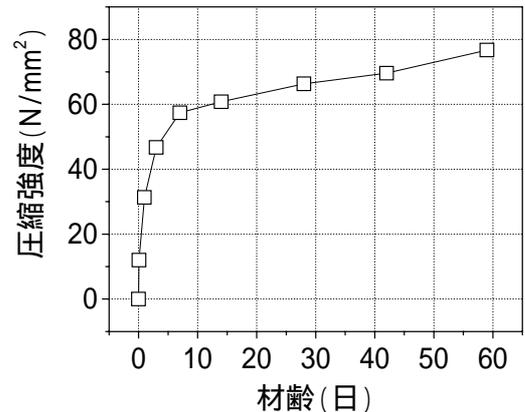


図3 グラウト材単身の圧縮強度

### 2.2 試験方法

静的曲げ載荷試験は荷重制御による単調増加で行った。繰返し曲げ載荷試験は載荷周波数5Hz、繰返し回数200万回、繰返し荷重振幅(最小荷重10kN)74.6, 65.4, 59.1, 30.0, 21.8kNの5種類で行った。曲げ載荷試験は、図2に示すように支点間距離900mm、等曲げモーメント区間300mmとする3等分点曲げ載荷試験とした。なお、各供試体とも材齢28日時点で試験を開始した。

グラウト材単身の圧縮強度(50×100mm)と材齢の関係を図3に示す。圧縮強度は材齢2時間で12.0N/mm<sup>2</sup>であり、材齢28日の圧縮強度66.3N/mm<sup>2</sup>の約18%である。したがって、若材齢では列車荷重によって生じるプレパックドコンクリートの応力変動が曲げ強度に影響を与える可能性がある。そこで、図2と同じ試験方法で、材齢4時間後に載荷周波数5Hzで50万回の繰返し曲げ載荷を行った後に、材齢28日で

キーワード プレパックドコンクリート、バラスト、曲げ強度、曲げ疲労強度

連絡先 〒185-8540 東京都国分寺市光町2-8-38 (財)鉄道総合技術研究所 軌道技術研究部 TEL042-573-727

静的曲げ載荷を行い、荷重履歴のない材齢 28 日の供試体と比較した。なお、若材齢時の繰返し曲げ載荷試験の最大荷重は 31.0kN および 40.0kN の 2 種類とし、最小荷重は 10.0kN とした。

3. 試験結果

静的曲げ載荷試験の結果、供試体 10 体の曲げ強度の平均値は 2.95N/mm<sup>2</sup> で、変動係数は 15.6%となり、やや大きな値となった。本試験では、図 4 に示すように供試体の曲げ破壊面では、バラスト粒子の表面がきれいに露出していたことから、バラスト粒子の表面の状態が曲げ強度のばらつきに影響を与えたものと考えられる。



図 4 曲げ破壊面

図 5 に材齢 28 日で開始した繰返し曲げ載荷試験によって得られた曲げ引張応力と繰返し回数の関係を示す。最大荷重をパラメータとした一定荷重振幅の繰返し曲げ載荷（応力下限値は 0.33N/mm<sup>2</sup>）の結果、曲げ引張応力を 1.33N/mm<sup>2</sup> 以下にすることで、疲労寿命が 200 万回以上になることが確認された。

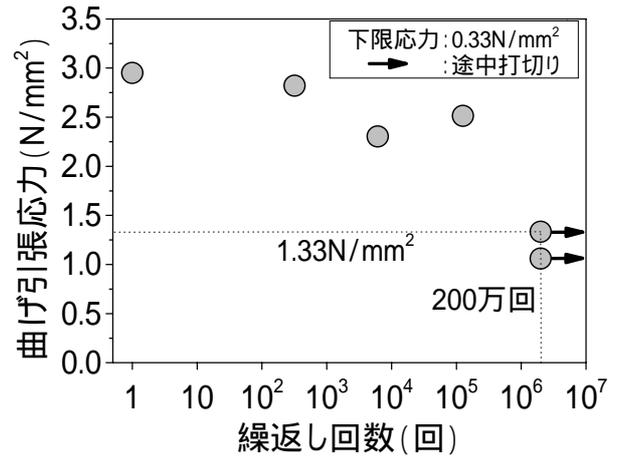


図 5 繰返し曲げ載荷試験結果（材齢 28 日）

列車荷重によってプレパックドコンクリート道床に生じる曲げ引張応力を FEM 解析によって求めた結果、破壊の照査に用いる作用（静的輪重×3）では 1.50N/mm<sup>2</sup> で、疲労破壊の照査に用いる作用（静的輪重×1.45）では 0.73N/mm<sup>2</sup> であった。これらの結果から、破壊に対して十分な耐力があると考えられる。また、疲労破壊に対しては高繰返し領域の結果がないものの、曲げ引張応力と繰返し回数の関係が片対数グラフ上において線形と仮定すれば、設計耐用年数を 50 年とした場合の曲げ引張疲労強度は 1.00N/mm<sup>2</sup> 程度と推定され、疲労破壊に対しても耐力があると考えられる。

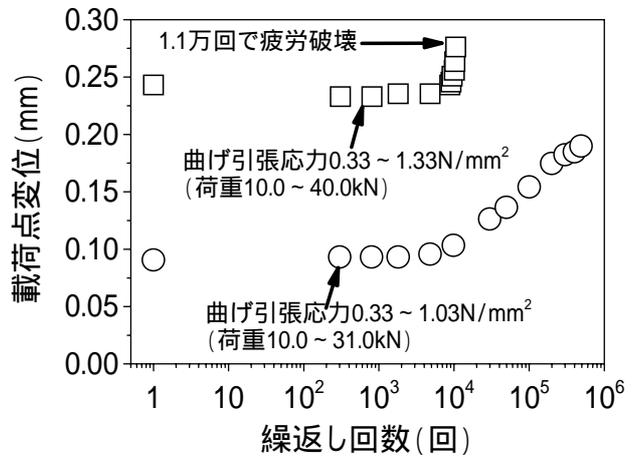


図 6 若材齢時の繰返し曲げ載荷試験結果

図 6 に若材齢時の繰返し曲げ載荷試験によって得られた載荷点変位と繰返し回数の関係を示す。材齢 4 時間後の供試体で曲げ引張応力を 1.33N/mm<sup>2</sup> とした繰返し曲げ載荷試験では、約 1.1 万回で疲労破壊した。ただし、曲げ引張応力を 1.03N/mm<sup>2</sup> とした繰返し曲げ載荷試験では、塑性変形が生じるものの 50 万回まで疲労破壊は生じなかった。また、その後材齢 28 日で静的曲げ載荷試験を行った結果、曲げ強度は 3.47N/mm<sup>2</sup> となった。これは、同じ日に作成した供試体（荷重履歴なし）の曲げ強度である 3.16N/mm<sup>2</sup> よりも大きな値であり、強度低下はないものと考えられる。

4. まとめ

バラストにセメント系プレミックスタイプの速硬性無収縮グラウト材を注入して作成した厚さ 30cm のプレパックドコンクリートの曲げ特性について検討した結果、曲げ強度は 2.95N/mm<sup>2</sup> になり、曲げ引張応力を 1.33N/mm<sup>2</sup>(応力振幅 1.00N/mm<sup>2</sup>)以下にすることで疲労寿命が 200 万回以上になることが確認された。また、材齢初期に曲げ引張応力が繰り返されても、曲げ引張応力、載荷時間および繰返し回数の条件によっては、材齢 28 日の曲げ強度に影響を与えないことを確認した。