

初期段階における繰返しせん断を加えた時のバラストの強度・変形特性

東洋大学 大学院 工学研究科 環境・デザイン専攻 学生会員 澤口 広好

1. はじめに

現在、既往の研究により発生（中古）バラストの品質状態および力学的特性は解明されており、物理的性質、形状状態ともにリサイクルが十分可能な品質を保持していることが確認されている。しかし、現状ではリサイクル可能な発生バラストを実際に道床バラストとして投入した際のバラストの強度・変形特性そのものは把握されておらず、繰返し列車荷重を受けた場合の強度・変形特性は解明されていない。そこで、発生バラストに大型一面せん断試験機を用いて繰返しせん断試験を行い、それぞれの荷重、せん断変位、繰返し回数における発生バラストのせん断強度およびせん断抵抗角を求める。これらの結果よりバラストの強度・変形特性、すなわちバラスト軌道への適用の可否を検討する。

本報告では、初期段階の研究としてバラスト交換時におけるバラストの強度および変形特性を解明することを目的としている。

2. 試験試料概要

今回、試験に用いた試料は JR 東日本の営業線にて実際に使用されていたバラストを採取し使用した。ふるいが 53.0mm, 37.5mm, 31.5mm, 26.5mm, 19.0mm の粒径ごとにふるい分けを行う。なお、ふるい分け試験は JIS A 1204 にしたがって行った。

試験試料に用いた粒度は JR グループにおける石質試験基準を参考にし、その中間合格値を使用した。

(図 1)

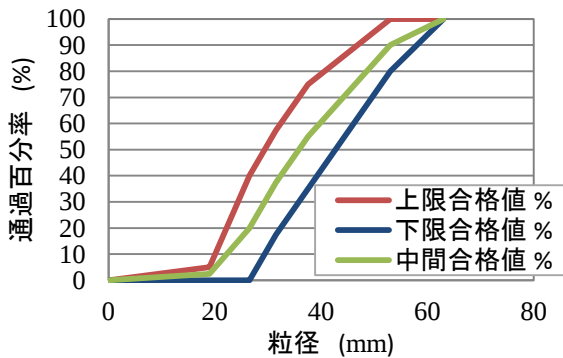


図 1 試験試料の粒径加積曲線

3. 大型一面せん断試験

3-1. 大型一面せん断試験方法

試験機中央に位置する直径 350mm, 高さ 200mm の円等状のせん断装置にバラストを自由落下で投入する。投入後に上載荷重を載せる天板を載せやすいようにバラスト上面をならす。その後、以下の順序でせん断試験を行う。

- ① 水平せん断変位を決める。
(3mm, 5mm, 10mm の 3 種類の試験を行う。)
- ② 上載荷重を載加し、繰返しせん断荷重を加える。
上載応力は、0.25kN, 0.49kN, 0.74kN, 0.98kN の 4 段階の場合で行う。
繰返しせん断回数は、1000 回, 3000 回, 10000 回の 3 種類行う。
- ③ 毎分 3.5mm (毎分 1% ひずみ) の変位でせん断力を加え、せん断応力・せん断変位を測定する。
(最大せん断変位 15mm に達するまで測定。)
- ④ 上載荷重での 10mm 変位までにおける最大せん断応力を求める。図 2 がその一例である。

また、求めた最大せん断応力を各上載応力でプロットした図の一例が、図 3 である。この図からせん断抵抗角を求める。

以下の表 1 に今回行った実験の一覧を記載する。

表 1. 試験種別一覧

上載応力 σ (kN/m ²)	繰返し回数								
	1000回			3000回			10000回		
	3mm	5mm	10mm	3mm	5mm	10mm	3mm	5mm	10mm
2.55	○	○	○	○	○	/	○	○	/
5.10	○	○	○	○	○	/	①	○	/
7.64	○	○	○	○	○	/	○	○	/
10.19	○	○	○	○	○	/	○	×	/

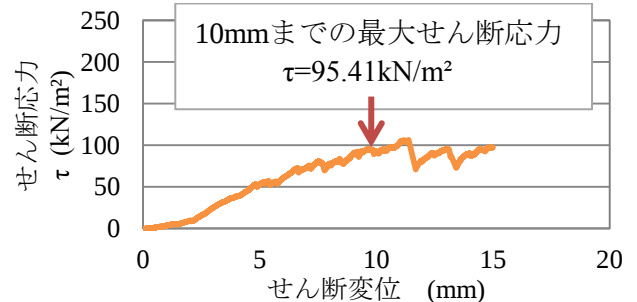


図 2 試験①せん断応力とせん断変位の関係

キーワード 鉄道バラスト 繰返しせん断 大型一面せん断試験

連絡先 〒350-8585 埼玉県川越市鯨井 2100 東洋大学大学院 工学研究科 TEL:049-239-1392

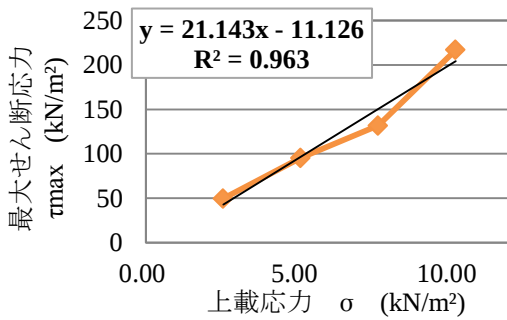


図 2 上載応力と最大せん断応力の関係

図 3 は、水平変位 3mm，繰返し 10000 回の上載応力と最大せん断応力の関係を示した結果をまとめたものである。（表 1 □）

3-2. 大型一面せん断試験結果

各繰返しせん断回数において、最大せん断応力の比較を行って見た。この時の最大せん断応力は、変位 10mm 時点を最大値とする。その結果、せん断変位 3mm・5mm 双方の結果とも上載応力が増加すると、せん断応力も増加する結果となった。しかし、繰返し回数で比較を行うと、3mm と 5mm では異なる傾向が見られる。具体的には、図 4、図 5 から、3mm の結果に対して、5mm の結果のほうが、せん断応力の値が全体的に小さめに出ている。

また、せん断抵抗角により比較を行うと、3mm，5mm の結果が 1000 回の場合を除いてほぼ一致する結果となった。（図 6）

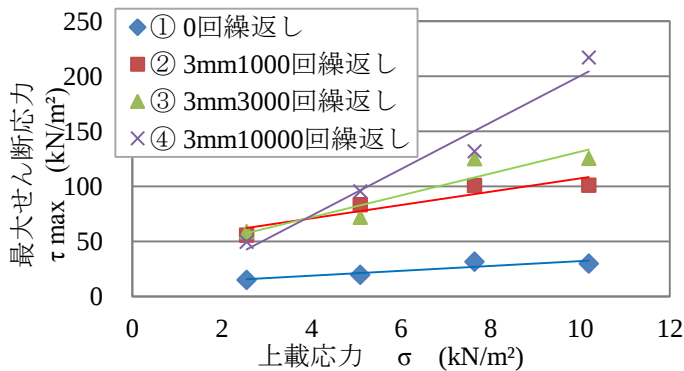


図 4 3mm：上載応力と最大せん断応力の関係

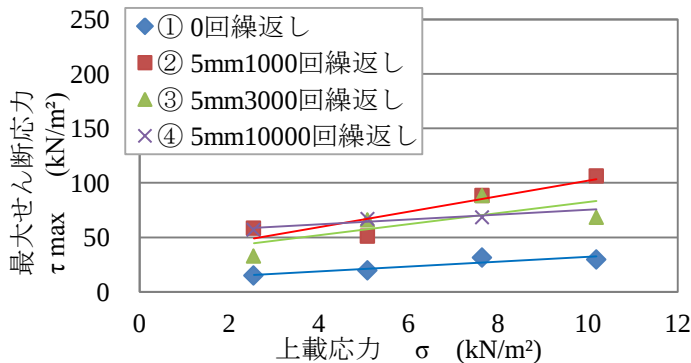


図 5 5mm：上載応力と最大せん断応力の関係

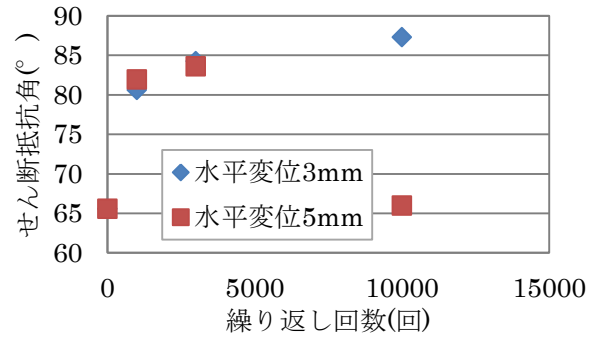


図 6 水平変位 3mm と 5mm のせん断抵抗角の比

4. 考察

水平変位 3mm と 5mm において、繰返しせん断回数に対してせん断応力が上昇するのは、バラスト粒子の再配列（ダイレイタンス）が発生したからだと考えられる。これにより、初期投入時よりもバラストの間隙が小さくなり、より締め固まったと考えられる。

しかし、ここで注目すべきは、3mm よりも 5mm のせん断応力の結果が小さくなったことである。これは、水平変位 5mm においてバラストが締め固まり、その後の繰返し荷重において構造の破壊が徐々に進んだためだと考えられる。これは、図 6 せん断抵抗角の比較からも見る事ができる。3000 回までは双方ともほぼ同じせん断抵抗角を維持しているのに対し、10000 回では変位幅 5mm において極端に下がっている。以上のことから、水平変位 3mm では、10000 回程度の繰返し荷重では、せん断応力の低下は見る事ができない。これに対し、水平変位 5mm では、せん断応力の低下を招くと考えられる。

また、図 6 から、大局的に見ればせん断抵抗角がほぼ一致している。したがって、バラストは水平変位が変化しても、バラストの破壊がまだ進行していない状態では、特性に変化がないと考えられる。

5. 結論

せん断変位 5mm では、繰返し回数 10000 回程度加えたときバラストの性能低下が考えられる。これは、バラストの摩耗により体積変化が起こりやすくなり抵抗性が失われるからだと考えられる。

また、水平変位 5mm は貨物列車を想定したものである。そして、繰返し回数 10000 回は、列車が約 200 回通過したときを想定している。

その結果、貨物列車通過頻発地帯では、バラスト交換の初期状態からバラストの経過観察を行う必要があると考えられる。