

相似粒度を用いたリサイクルバラストをモルタルで固結させる場合の強度特性

東洋大学 学生会員 本山時男
東洋大学 正会員 須長 誠

1. はじめに

東日本旅客鉄道株式会社は、軌道のメンテナンスコスト削減を目指し、バラスト軌道(図 1)から TC 型省力化軌道(図 2)への切り替え工事を行った。この TC 型省力化軌道とはセメントてん充填材により、マクラギとバラストを付着させ一体化させたものであり、新品バラストが使用された。今後、TC 型省力化軌道への切り替え工事が頻繁に行われた場合に、更に多くの発生バラストがでると予想される。また現在、一部の TC 型省力化軌道からひび割れ等の変状が見られるという報告を受けている。

そこで、TC 型省力化軌道の変状原因を調べるため、材料の観点から基礎実験を行うこととした。また、これと並行し、TC 型省力化軌道で発生バラストを使用した場合、どの程度の強度が確保できるのかを研究し、発生バラストを TC 型省力化軌道で活用できないか研究をする。

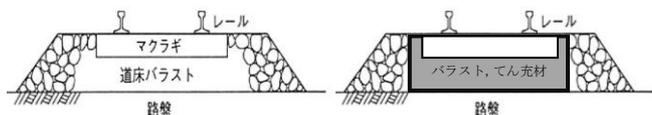


図 1 バラスト軌道 図 2 TC 型省力化軌道

2. ふるい分け試験

リサイクルバラストをモルタルで固結させた場合の強度特性実験を行う際、現場より直接採取した 5 段階の粒度(53.0mm, 37.5mm, 26.5mm, 19.0mm)では試験装置や費用の制約があるため、力学試験を行うことが困難である。したがって、発生バラストを一定の割合で縮小した相似粒度(4.75mm, 3.35mm, 2.83mm, 2.36mm, 2.00mm)に調節し、強度実験を行う。試料作成方法については、バラストを人力にて粉碎した後、相似粒度に調節し、5 段階の粒径(4.75mm, 3.35mm, 2.83mm, 2.36mm, 2.00mm)にふるい分けを行い、試料を作成する。

3. セメントの選定

強度と流動性の双方の条件を満たすセメントを設定する。強度の基準については、JR 東日本が提示する TC 型省力化軌道の圧縮強度 20N/mm² という強度に達する

ことができるセメントを選定基準とする。今回は超早強セメント(以下、A セメント)と超早硬グラウト材(以下、B セメント)を使用し、実験を行う。

4. 供試体作成方法

まず、予備実験としてセメントペーストのみで圧縮強度を測定する。その後、本実験として圧縮強度が優れているセメントを使用し、バラストを混入させ一軸圧縮試験を行う。各セメントの水セメント比は流動性の観点から設定した。A セメントの水セメント比は 35%, 40%, 45%, 50%, 55% の 5 パターン、B セメントの水セメント比は 20%, 21%, 22%, 23%, 24%, 25% の 6 パターンに細かく設定した。

また、バラストをセメントペーストに配合する際、4 つのケースに分け配合を行った(表 1)。ケース 1 は、セメントペーストのみで圧縮強度 20N/mm² という条件を満たすかを推定する。ケース 2 は新品バラストとして、ケース 3 は発生バラストとして使用する。ケース 4 は新品バラストに細粒分を混ぜた場合として使用する。

表 1 バラスト配合のケース分け

	各ケースの条件
ケース1	バラストを使わない
ケース2	不純物を取り除いたバラストを使用
ケース3	不純物が混じっているバラストをそのまま入れて使用
ケース4	不純物を取り除いた後、バラストを砕く際発生した細粒分を入れて使用

5. 一軸圧縮試験方法

本実験では、セメントペーストにバラストを加えた試料にて、軸方向に荷重を載荷し、圧縮応力と圧縮ひずみを測定する。一軸圧縮試験装置にロードセルとデータロガーを使用して機械的にデータを取り込み、圧縮応力-圧縮ひずみ曲線より圧縮強度、変形係数 E₅₀ を算出する。

5-1 一軸圧縮試験結果

A セメントと B セメントのケース 1 を比較すると、B セメントのケース 1 のほうが一軸圧縮強度(図 3)の値が大きかったため、本実験では B セメントを使用した。

本実験(B セメント)では、3 本の供試体が同じ配合設計、養生期間であるのに圧縮応力-圧縮ひずみ曲線にば

らつきがみられた。ケース 2, W/C=20%の一軸圧縮強度 q_u が一番大きい値を出した。そして、ケース 1 以外の W/C=20%ではJR 東日本が提示する TC 型省力化軌道の圧縮強度 20N/mm^2 という強度を達することができた(図 4)。図-4 に示すように、どのケースも右肩下がりになっており、水セメント比が増加するほど、一軸圧縮強度が減少していることがわかる。また、水セメント比が低いほど早く最大応力点が現れる。

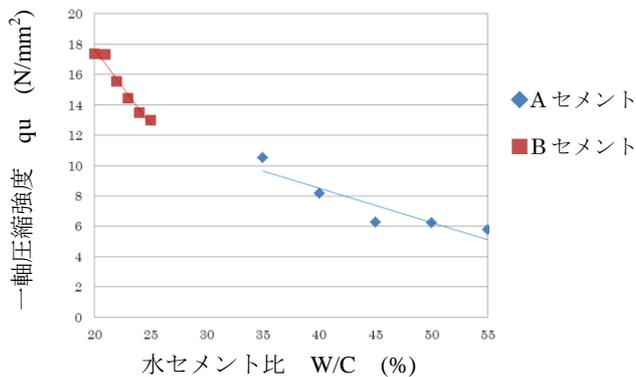


図-3 一軸圧縮強度-水セメント比曲線 A セメントと B セメント, ケース 1 の比較

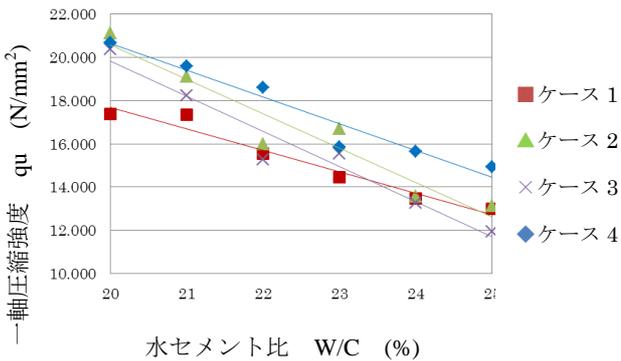


図-4 一軸圧縮強度-水セメント比曲線 B セメント

6. 考察

6-1 水セメント比と一軸圧縮強度の関係性

ケース 2・ケース 3 においてリサイクル面を考慮すると、不純物が入っていた場合でも一定の強度が出るのが分る。これにより、TC 型省力化軌道の作業工程において、新品バラストへ交換することが不要になるため、コスト削減、バラストの再利用ができると考える。強度面を考慮すると、やはりケース 2 の方が優良である。ケース 3 はバラスト内部に多く不純物を含んでいるため、バラストとセメントとの付着が悪くなり強度が下がると考える。また、ケース 4 においては、細粒分が水を含むことにより、水セメント比が低下したため、一軸圧縮強度が高い結果になったと考える。

6-2 変形係数水とセメント比の関係性

各ケース水セメント比が低くなるにつれ、変形係数が高くなるという結果を得た(図 5)。ケース 3 以外は比較的ばらつきが少ない結果になった。ケース 3 について、ばらつきの原因として考えられることは、不純物の粒度が一定していない事と、様々な不純物が入っていることでセメントの硬化時間に影響した結果であると考ええる。また、ケース 2 のみ水セメント比が高くなるにつれ、変形係数が高くなる結果になった。原因としては、バラストが一部に固まっていたためだと考える。

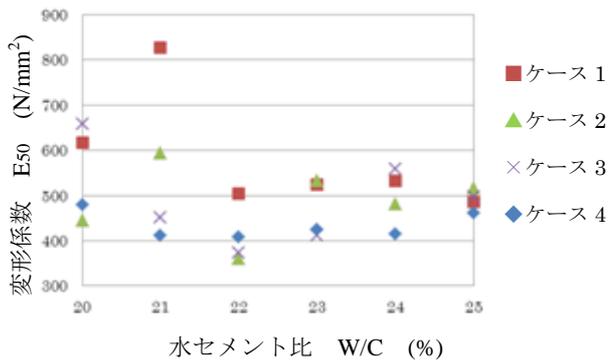


図-5 変形係数-水セメント比曲線

7. 結論

1. A セメントと B セメント

- 一軸圧縮強度 q_u を比較すると B セメントの方が高い。

2. B セメント

- 水セメント比 20% の場合、JR 東日本が提示している TC 型省力化軌道の設計圧縮応力 20N/mm^2 を満たすことができる。
- 不純物を付着させたバラストは新品バラストより一軸圧縮応力 q_u が低くなる。
- 密度が高ければ一軸圧縮強度が高くなる。また、細粒分を含めたほうが、ばらつきのない一定の密度と一軸圧縮強度が出る。

8. 謝辞

本卒論を作成するにあたり、実験に協力していただいた伊藤翔平氏に深く感謝申し上げます。

9. 参考文献

- 1) 軽部大蔵, 野並賢, 鶴ヶ崎和博, 山口充: 「相似粒度に調整した粗粒材料の強度特性に及ぼす粒子形状と粒子破碎の影響」, 土木学会論文集 No.617/III-46, 201-211, 1999.3