

相似粒度を用いたリサイクルバラストをセメントペーストで固結させた場合の強度特性

○東洋大学大学院工学研究科 学生会員 本山時男
東洋大学大学院 教授 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 1-1)から TC 型省力化軌道(図 1-2)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材により、まくらぎ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ている。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。そこで、TC 型省力化軌道で使用する新品バラストを発生バラストに置き換え、どの程度の強度が発揮できるかを比較し、発生バラストを TC 型省力化軌道で活用することが可能かを研究する。また、TC 型省力化軌道の設計圧縮応力を向上させるためにはどうすれば良いのかを材料の観点から研究する。



図 1-1 バラスト軌道

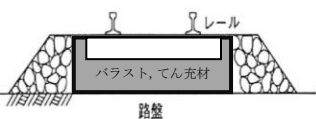


図 1-2 TC 型省力化軌道

2. ふるい分け試験

強度特性実験を行う際、新品・発生バラストともに現場より直接採取した 5 段階の粒度(53.0mm, 37.5mm, 26.5mm, 19.0mm)では試験装置等の制約があるため、力学試験を行うことが困難である。そこで、骨材を一定の大きさに縮小させ室内試験でも試験が行える相似粒度曲線(4.75mm, 3.35mm, 2.83mm, 2.36mm, 2.00mm)を作成する。また、原寸大のバラスト(53.0mm, 37.5mm, 26.5mm, 19.0mm)もふるい分け試験を行い、粒度曲線を作成する。

3. セメントの選定

実際に TC 型省力化軌道に使用されている超早強セメントを使用し、1 時間の設計圧縮強度が 0.2N/mm^2 以上確保できるセメントである。電車線区における配合を使用するので、てん充材に対し 50%の水粉体比を標準とし、減水剤と凝結調節剤を使用する。

4. 試験方法

今回、 $\phi 5 \times 10\text{cm}$ の供試体と $\phi 15 \times 30\text{cm}$ の供試体を使用し強度の比較実験を行う。 $\phi 5 \times 10\text{cm}$ の供試体では、相似粒度を行ったバラストを使用し、 $\phi 15 \times 30\text{cm}$ の供試体では原寸大のバラストを使用する。

そして各ケースの条件(表 4-1)の供試体を作成し、養生条件は気中養生とし 1 時間・3 時間・1 日・3 日・1 週間・1 ヶ月と圧縮強度の経過観測を行う。発生バラストについては事前に角を取り除く作業を行なっている。

表 4-1 バラスト配合のケース分け

	各ケースの条件
ケース1	セメントペーストのみ
ケース2	新品バラスト
ケース3	新品バラスト+細粒分
ケース4	中古バラスト
ケース5	中古バラスト+細粒分

5. 一軸圧縮試験方法

本実験では、 $\phi 5 \times 10\text{cm}$, $\phi 15 \times 30\text{cm}$ の供試体ともに、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等を算出する。

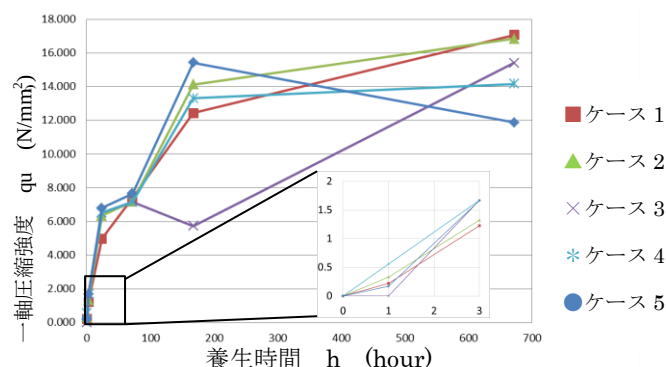
また、 $\phi 5 \times 10\text{cm}$ の供試体は小型の一軸圧縮試験機を使用し、 $\phi 15 \times 30\text{cm}$ は大型の一軸圧縮試験機を使用し、毎分 1%の圧縮ひずみを載荷させる。

6. 一軸圧縮試験結果

6-1. 供試体寸法 $\phi 5 \times 10\text{cm}$ の一軸圧縮試験結果

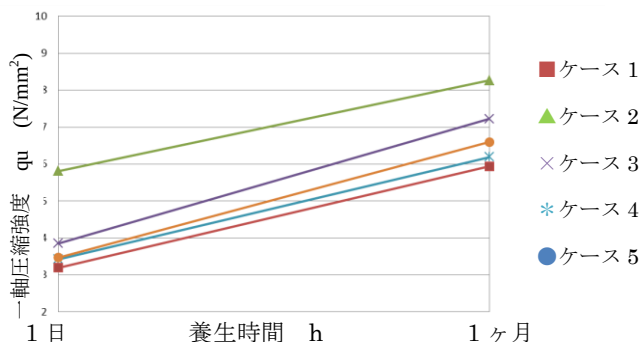
今回行った実験から、ほぼすべてのケースが TC 型省力化軌道の設計圧縮強度である 0.2N/mm^2 を越していることがわかる。(図 6-6-1)1 時間の設計圧縮強度に満たしていないケースがいくつかあるが、3 時間強度では 1.2N/mm^2 から 1.6N/mm^2 近い値を出しているしたがって、1 時間強度で 0.2N/mm^2 を満たしていないケースについては、供試体自体の個体差が原因で設計圧縮強度に達することができなかったと考える。

また、1 時間から 1 ヶ月の強度の経過から、細粒分が含まれているケース 3 とケース 5 の強度が一定しないことがわかる。

図 6-1-1 供試体($\phi 5 \times 10 \text{cm}$)の一軸圧縮試験結果グラフ

6-2. 供試体寸法 $\phi 15 \times 30 \text{cm}$ の一軸圧縮試験結果

$\phi 15 \times 30 \text{cm}$ の供試体は 1 日強度と 1 ヶ月強度のみ測定を行った。(図 6-2-1)その結果, ケース 2 は全体的に強度が高いことがわかる。また, 細粒分が含まれているケース 3 とケース 5 については, 他のケースと比較して強度が低いことがわかる。これは細粒分が含まれることによりバラストとバラストの間に細粒分が入り, ジャンカが発生したことが原因として考えられる。またこの実験結果から, TC 型省力化軌道を敷設する際, 新品バラストの空隙内に細粒分が含まれていた場合, このようなジャンカが起これと考える。また, 発生バラストを TC 型省力化軌道に敷設する場合, 必ずバラストが砕けた破片等が含まれているので施工には向かないと考える。

図 6-2-1 供試体($\phi 15 \times 30 \text{cm}$)の一軸圧縮試験結果グラフ

7. 考察

7-1. 供試体の大きさによる試験結果の関係性

今回行った, $\phi 5 \times 10 \text{cm}$ の供試体と $\phi 15 \times 30 \text{cm}$ の供試体を 1 日と 1 ヶ月のみ比較した。(図 7-1-1)その結果, 1 ヶ月強度では $\phi 5 \times 10 \text{cm}$ の供試体と $\phi 15 \times 30 \text{cm}$ の供試体で, 2 倍以上の差が生じる結果となった。これの, セメント量の比較, 密度比の比較を行った。計算方法として, セメント量, または密度ともに $\phi 5 \times 10 \text{cm}$ の供試体で得た結果を $\phi 15 \times 30 \text{cm}$ の供試体に置き換えた場合の値を求め, それを $\phi 15 \times 30 \text{cm}$ の供試体のセメント量,

または密度で割り値を求める。その値が, 1 と同等な値になれば $\phi 5 \times 10 \text{cm}$ の供試体と $\phi 15 \times 30 \text{cm}$ の供試体のセメント量, また密度が等しいということがわかる。今回この計算方法を行ったが, どちらも 2 倍以上の差の原因ではないということがわかった。(図 7-1-2) 従って, 原因として挙げられる事象は施工不良が考えられる。

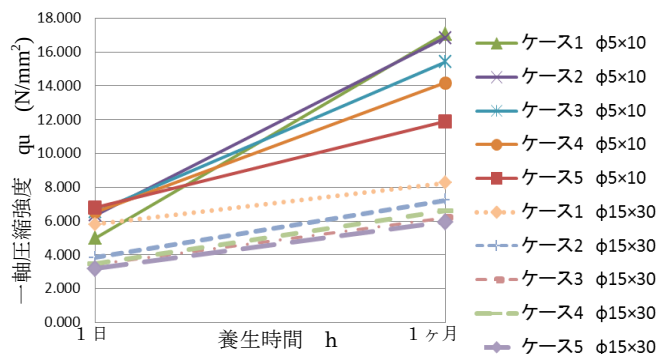


図 7-1-1 各供試体の一軸圧縮試験比較グラフ

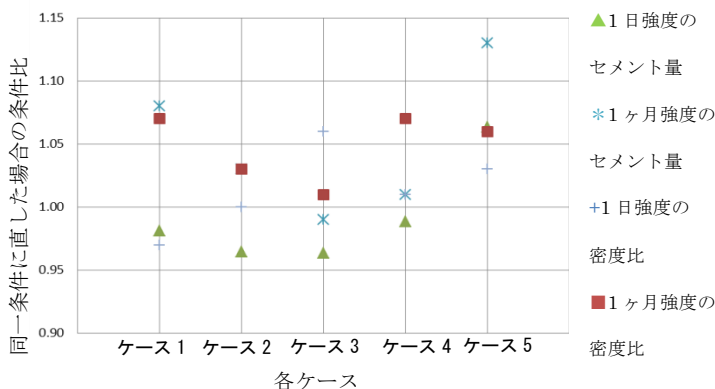


図 7-1-2 各供試体のセメント量・密度の比較

8. 結論

- ① 細粒分を含めることにより, 強度が一定しなくなる
- ② 細粒分を含めることにより新品バラスト, 中古バラスト共にジャンカが発生し, 強度が下がる。
- ③ $\phi 5 \times 10 \text{cm}$ の供試体と $\phi 15 \times 30 \text{cm}$ の供試体の強度の差は, 施工不良だと考える。

9. 謝辞

本論文を作成するにあたり, 実験に協力していただいた吉野雅哉氏に深く感謝申し上げます。

10. 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