道床バラストに用いられる岩石の吸水による物理特性の変化について

東洋大学　学生会員　○山﨑　大輔
東洋大学 教授　フェロー会員　福手　勤

1. はじめに

鉄道の軌道構造において，道床バラストは列車荷重を支持したり，軌道に弾性を与えて振動を吸収する役目がある．我が国の地質構造は大陸部と比べて極端に複雑であり，常に良好なバラストを得ることは難しい．

鉄道総合技術研究所（以下，鉄道総研と表記）では良質なバラストを確保するために「鉄道構造物等設計標準・同解説 軌道構造」で示されている石質試験が行われている．この試験項目の一つである「吸水耐圧強度」は，吸水状態下における岩石の一軸圧縮強さであり，原石強度を持つかを評価する目的で実施されるものである．

吸水した岩石の一軸圧縮強さの変化については既に研究がなされているが，本文ではこれに加えて超音波伝播速度や AE カウント数といった，岩石の物性値の評価によく用いられるにより，吸水の前後における物性の変化について検討する．

2. 試験項目

本検討で実施した試験とその概要を以下に示す．

(1)吸水率[1)]:吸水しやすい岩石は劣化しやすいことから吸水の度合いを評価する．

(2)一軸圧縮試験（吸水耐圧強度）[1)]:石の圧縮強さから，原石としてどの程度硬質な石が得られるかを評価する．吸水した岩石は乾燥した岩石よりも低い強度を示すため，吸水状態下に置かれやすい道床バラストの特殊環境を考慮する．吸水させた供試体の圧縮強さを吸水耐圧強度と呼ぶ．

(3)超音波伝播速度試験[2)]:岩石中を伝播する超音波は，縦波である P 波と横波である S 波からなる．この値を用いて動弾性係数や動ポアソン比等を算出することができる．動弾性係数は，一軸圧縮試験の応力とひずみの関係より求まる静弾性係数より大きくなることが知られており，その程度は約 15%程度といわれている．

(4)AE カウント数[3)]:AE は，材料が変形あるいは亀裂が発生する際に材料に蓄えられていたひずみエネルギーを弾性波として放出する現象である．この弾性波を AE センサにより検出する手法を AE 法と呼ぶ．本検討では，吸水耐圧強度試験の際に最初に岩石内部に微細な亀裂が生じてから破壊に至るまでの AE を検知した回数を AE カウント数として計測する．

3. 試験方法

本試験では，異なる 3 通りの吸水率の供試体を用いて，それぞれ乾燥状態と吸水状態の一軸圧縮強さ，超音波伝播速度，AE カウント数の測定を行う．使用した岩石と吸水率の対応は表 1 の通りである．各ケースにつき3回試験を行う．超音波速度試験は一軸圧縮試験に先立って行う．供試体の両側に発振子と受振子を密着させて，発振子で超音波を発生させて受振子で受信する．AE カウント数は，AE カウント数の計測は一軸圧縮試験と同時に行う．一軸圧縮試験機に AE センサを設置し，供試体が破壊するまでに AE を検出した回数を計測する．

表 1 吸水率と岩石名の対応

岩石名	吸水率
凝灰岩	0.036%
安山岩	0.300%
砂岩	1.547%

4. 試験結果

試験結果を図 1～図 4 に示す．試験の結果，吸水率と一軸圧縮強さ，動弾性係数の間には吸水状態，乾燥状態のいずれにおいても相関があることが確認された．一方で，AE カウント数は吸水率に関係なく 400 回程度から 2000 回以

キーワード 道床バラスト，吸水率，一軸圧縮強さ，動弾性係数，AE カウント数
連絡先 〒350-8585 埼玉県川越市鯨井 2100 東洋大学理工学部ストックマネジメント研究室 TEL:049-239-1300

上と広い範囲に分布しており，まとまった傾向は見られなかった．

一軸圧縮強さは，吸水したことにより最大で 30%程度の強度の低下が見られた．更に，吸水すると乾燥状態に比してデータのばらつきが大きくなることも明らかとなった．このことから，乾燥状態の一軸圧縮強度から何らかの定数を掛けて吸水耐圧強度に変換することは実用上困難であり，現行基準で評価する必要性が確認できた．

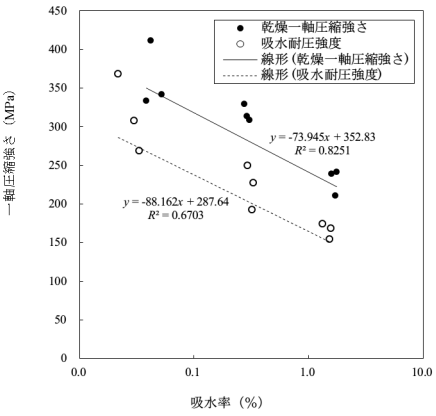

図 1 吸水率と一軸圧縮強さの関係

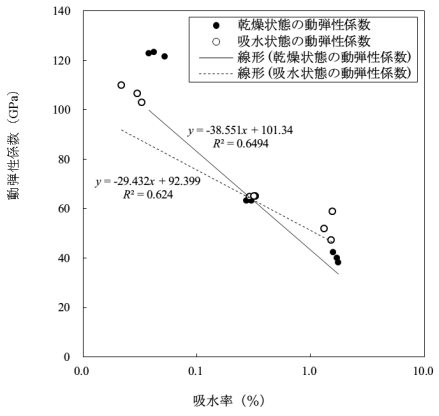

図 2 吸水率と動弾性係数の関係

動弾性係数は，吸水率が小さな供試体では乾燥状態の方が大きな値を示したが，吸水率の大きいケースにおいて吸水状態の動弾性係数が乾燥状態を上回った．この原因は今後検討することとしたい．一軸圧縮強さとの比較では，乾燥状態と吸水状態のいずれにおいても強い相関があり，データの蓄積によって非破壊的な手法でバラストに用いる岩石の物性を評価できる可能性があることが示された．

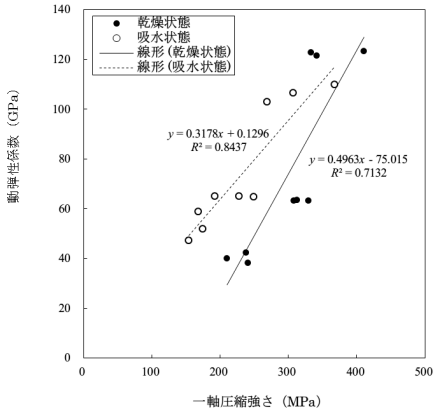

図 3 一軸圧縮強さと動弾性係数の関係

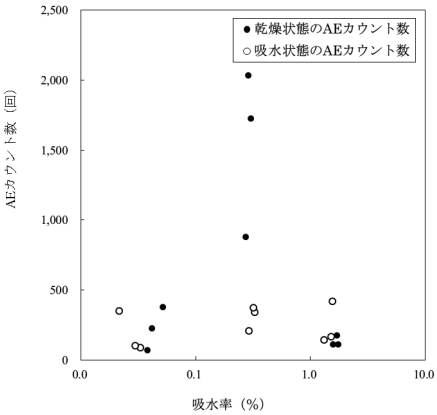

図 4 吸水率とAEカウント数の関係

5．結論

今回の実験で明らかとなった知見は，以下の通りである．

(1)吸水状態の一軸圧縮強さは乾燥状態と比べて最大で 30%程度低下するとともに，ばらつきが大きくなる．

(2)AE カウント数から道床バラストに用いる岩石の物理特性を把握することは困難である．

(3)動弾性係数と一軸圧縮強さの間には強い相関が認められることから，非破壊的に道床バラストに用いる岩石の物性を評価することの可能性が示唆された．

謝辞

本研究に当たって，鉄道総研地質研究室の川越健室長と西金佑一郎研究員にご協力・ご助言を頂いたとともに，同研究室所有の試験機を借用させて頂いた．この場をお借りして鉄道総研の皆様に心より謝意を表明する．

参考文献

1) 鉄道総研編:鉄道構造物等設計標準・同解説-軌道構造，丸善，2012 年，pp.258-262

2)北海道地質調査業協会ホームページ:

http://www.do-geo.com より 石井正之:土木地質調査のための基礎知識，2013 年 4 月，pp.50-52

3) 長谷亜蘭:アコースティックエミッション計測の基礎，精密工学会誌，Vol.78，No.10，2012，pp.856-860