

再生砕石の強度・変形特性

中央開発(株) 正会員 鍛冶義和,池田利昭,平野圭一
 (財)鉄道総合技術研究所 正会員 関根悦夫,村本勝巳,大塚 勝

1. はじめに

建設現場の発生材（アスファルトコンクリートやセメントコンクリートなど）から製造される再生砕石は、資源の有効利用ならびに建設コストの削減などの観点から、近年ではその需要頻度が多くなっている。しかし、この再生砕石は、自然の地盤材料に比較してその物性値が貧品質であると考えられていることから、鉄道関連における土構造物への適用は、仮設盛土や路盤の材料としての事例がある程度である。本報文は、再生砕石の盛土材料への適用性を視野に入れた強度・変形特性の基礎資料を得る目的で(CD)三軸圧縮試験を実施した。

2. 試験の方法及び条件

試験試料(RC40)は10種類であり、供試体の飽和方法及び試験条件を表-1に示す。供試体寸法は、75mm×H150mmの円柱状供試体とし、供試体の作製方法は、75mmのモールドと24.5Nハンマーを用いた5層締固めとした。

表-1 供試体の飽和方法及び試験条件

	試験条件		
	無通水状態	短期通水状態	長期通水状態
供試体密度	最大乾燥密度(ρ_{dmax}) (5Ec:E法)		
供試体の飽和方法(飽和条件)	不飽和(無通水)	飽和(1日通水)	飽和(7日通水)
拘束圧 σ_c (kN/m ²)	29.4		
圧密排水条件	圧密排水(CD)		
軸ひずみ ϵ (%/min)	0.05		

3. 試験結果

(1)強度に及ぼす粒子の劣化・耐久性

粒子の風化・耐久性を定量的に検討する目的で、JHS109『岩の破砕率試験』とJIS A 1121『サンペル試験機によるすりへり減量試験』を実施した。試験結果を図-1(a),(b)に示す。図-1(a)より、再生砕石は暴露やJHS110『岩のスレーキング率試験』の乾湿を伴うと劣化し破砕率は増加すること、また図-1(b)のすりへり減量では吸水率が増加するに従い増加すること、などの傾向が確認できた。このことを考察すれば一般的に自然砕石のすりへり減量は20%以下といわれており¹⁾、当該試料の内、吸水率3%以上の再生砕石は磨耗しやすい材料といえる。

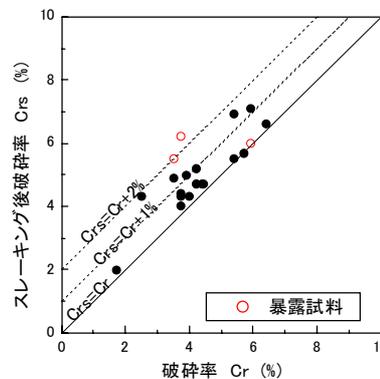


図-1(a) Cr と Crs との関係

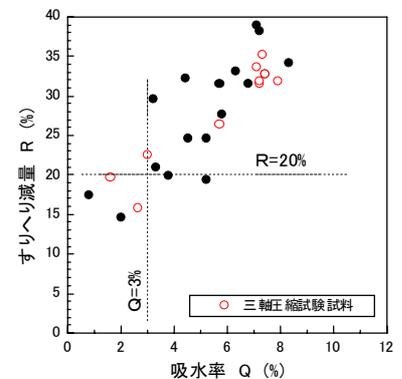


図-1(b) Q と R との関係

(2)供試体の間隙比・均等係数の影響

間隙比及び均等係数が強度に与える影響を検討する目的で図-2(a),(b)に示した。図-2(a)では吸水率3%を境界とした2種の間隙比と内部摩擦角との関係が得られ、両関係の内部摩擦角は間隙比の差異に係わらずほぼ同等もしくは、吸水率3%以上の方が大きくなる様相を示した。この要因は、均等粒度で硬質な材料では一般的に最大・最小間隙比の差が小さく、締固めた状態での間隙比の変化幅があまりないことに起因していると考えられる。一方図-2(b)の関係では、内部摩擦角は均等係数の増加と共に増加する様相が確認できる。このことは、粒子の硬度、劣化度そのものよりも粒度分布の良否の方が強度に及ぼす効果の大きいことを示唆している。

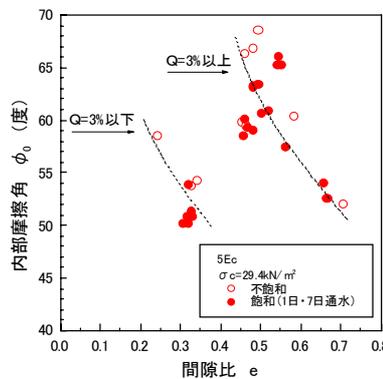


図-2(a) 間隙比と内部摩擦角の関係

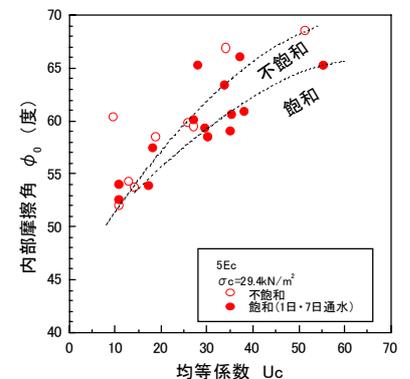


図-2(b) 均等係数 Uc と内部摩擦角との関係

キーワード 圧密排水せん断，礫，粒子破砕

連絡先 〒332-0035 埼玉県川口市西青木 3-4-2 中央開発(株) 東京支社 TEL048-250-1414

(3)含水比（吸水率）の影響

吸水率と残留強度（ $\sigma_1 - \sigma_3$ 時における主応力差）を最大主応力差で除した値（応力比）との関係を図-3に示した。応力比は、飽和条件の相異に係わらず、吸水率の増加に伴い概略減少していく傾向が確認できる。また本試験結果で特徴的なことは、吸水率が3%以下であれば応力比の減少割合が軽減される様相を呈していることである。

(4) c 零法による内部摩擦角

飽和条件の相異による内部摩擦角〔 $\phi_0 = \sin^{-1}\{(\sigma_1 - \sigma_3)/(\sigma_1 + \sigma_3)\}_{\max}$ 〕の比較を図-4に示す。飽和状態の内部摩擦角は、不飽和状態のそれに比較して小さくなる傾向を示し、本試験結果では最大で8度程度低下する供試体を確認できる。

(5)初期の変形係数

飽和条件の相異による初期の変形係数（LDTによる）の比較を図-5に示す。飽和状態の変形係数（ $E: 1 \times 10^{-3}\%$ ）は、相対的に不飽和状態のそれに比較して小さくなる傾向を示している。本試験結果では、若干のパラツキが認められるものの、飽和状態の変形係数は不飽和状態のそれに対し最大で200MN/m²程度低下する供試体を確認できる。

(6)粒子の細粒化率

供試体作製後の試験粒度と三軸圧縮試験後の供試体粒度の細粒化について、飽和条件の相異による粒子の細粒化率(Marsalの方法)の比較を図-6に示した。飽和状態における粒子の細粒化率(BM)は、多少のパラツキが認められるものの、概略で不飽和状態のそれに比較して大きくなる傾向を示している。本試験結果では、飽和状態における粒子の細粒化率は、不飽和状態のそれに対し最大で6%程度大きくなる供試体も確認できた。

4. おわりに

以上より、再生砕石の強度・変形特性を要約すれば以下のとおりである。

- (1)再生砕石は風化すると破砕率が増加する。本試験結果の範囲内において、吸水率3%以上の再生砕石は磨耗しやすい材料といえる。
- (2)強度に及ぼす影響は、粒子の硬度、劣化度そのものよりも粒度配合の方が効果の大きいことを示唆した。
- (3)応力比は、吸水率の増加に伴い減少する様相を呈した。しかし、吸水率が3%以下であれば応力比の減少割合が軽減されることも確認できた。
- (4)吸水飽和による内部摩擦角及び変形係数は、不飽和状態のそれに比較して低下するため、飽和の影響を十分考慮することを示唆している。
- (5)吸水飽和による粒子の細粒化率は、不飽和状態のそれに比較して大きくなる傾向を示した。この要因は、吸水飽和による粒子内部の潜在クラックや粒子間の接触面での弱部が顕在化し、粒子の細粒化へと進行していくことに起因しているものと推察できる。今後は、再生砕石の盛土材料への適用性について総合評価を行い、さらに検討を進めていく予定である。

参考文献

- ・日本道路協会編：舗装試験法便覧 1988.11 pp275
- ・関根,鴨,村本,河野：再生砕石の締固め特性,第35回地盤工学研究発表会 2000 pp1099-1100

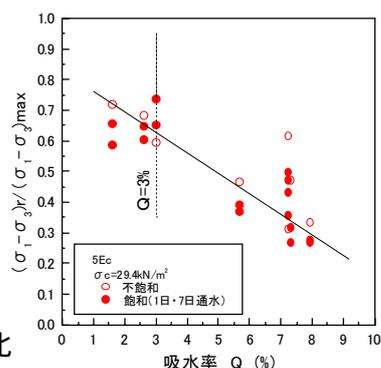


図-3 吸水率 Q と応力比との関係

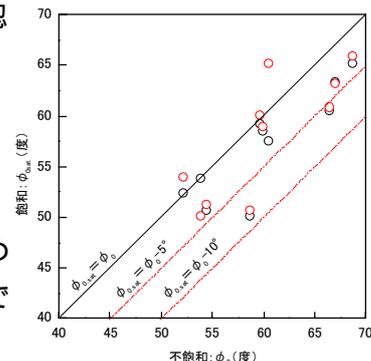


図-4 内部摩擦角(飽和・不飽和)の関係

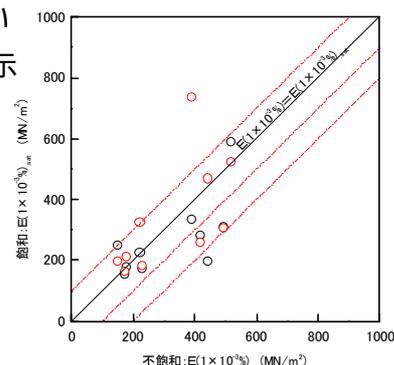


図-5 初期の変形係数(飽和・不飽和)の関係

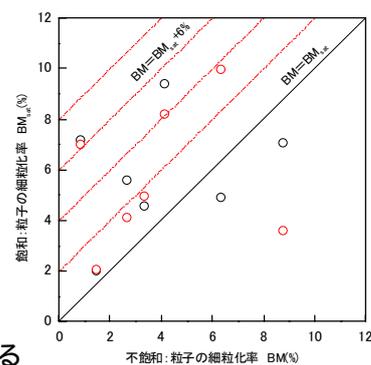


図-6 粒子の細粒化率(飽和・不飽和)