

タイヤチップと砂の混合材の繰返しせん断特性

山口大学大学院 学生会員 ○金和寛
山口大学大学院 正会員 兵動正幸
山口大学大学院 学生会員 河田慎治朗
山口大学大学院 正会員 中田幸男
山口大学大学院 正会員 吉本憲正
港湾空港技術研究所 ハザリカヘマンタ

1. まえがき

近年古タイヤの処理が環境問題の一つとして考えられている. 2005 年度における古タイヤの日本国内の総発生量は 102.2 万 t であり, リサイクル率は 87.8% となっている. アメリカでの古タイヤの土木におけるリサイクル率は全体発生量の約 20% に対し, 日本の古タイヤの土木におけるリサイクル率は 1% 未満となっている. そこで古タイヤの新地盤材料としての土木分野への活用が期待されている¹⁾. 古タイヤの有効利用法としてはホールタイヤ, タイヤシュレッズ, タイヤチップ, ゴム粉での利用法がある. ゴム自身の特徴としては単位体積重量が小さい, 粒子が弾性的な圧縮性を有している, 防振・防音効果がある, 保温性を有するなどがある. これらの特徴を適用し耐震性やドレーン材として用いることで高い排水機能を有した新しい地盤を開発できる可能性がある²⁾. タイヤチップの利用例としてはドレーン材料, クッション材料としての港湾構造物の耐震補強, タイヤチップ混合固化処理土などがある. コスト削減の観点やタイヤチップ単体の強度が低いという点からタイヤチップと砂を混合し施工することが考えられる. そこで, 本研究では様々なタイヤチップ体積含有率の混合砂の繰返しせん断特性を把握することを目的とした. そのために, タイヤチップと相馬硅砂を sf(sand fraction)=1.0, 0.7, 0.5, 0.3, 0.0 の 5 種類に粒度調整した試料を作成し, 非排水繰返しせん断試験を行い, タイヤチップ混合砂のせん断強度及び挙動をタイヤチップ体積含有率の違いにおいて検討を行った.

2. 試料および試験条件

本研究では, 相馬硅砂の中に最大粒径が 1mm となるように裁断されたタイヤチップを混合し, 砂含有率が sf=1.0, 0.7, 0.5, 0.3, 0.0 となるように混合した. 表-1 に実験で用いた各試料の物理的性質を示す. タイヤチップの粒子比重は 1.15 と相馬硅砂のほぼ半分であった. 図-1 に試料の粒径加積曲線を示す. 今回用いたタイヤチップは相馬硅砂よりやや粒径が大きなものであった. 供試体作成は, 試料を初期含水比 $w=10\%$ でよくかき混ぜた後, モールドに 5 層に分けて投入し, 一層ずつ鉄製のランマーを用いて所定のエネルギーで突固めることによって行った. ここでは, 突固めエネルギー $E_c=51\text{kJ/m}^3$ と 166kJ/m^3 の 2 通りを採用した. これらの突固めエネルギー E_c は, W_R をランマー重量($=0.00116\text{kN}$), H を落下高さ(m), V を供試体体積(m^3), N_L を層数($=5$), N_B を 1 層ごとの突固め回数として次式で求め, 突固め回数を変化させ突固めエネルギーの調整を行った.

表-1 試料の物理的性質

Sand fraction	比重 G_s	$e_{\max}$	$e_{\min}$	D_{50} (mm)	U_c
sf=1.0(相馬硅砂)	2.645	1.077	0.680	0.380	1.680
sf=0.7	2.197	1.338	0.780	0.430	1.800
sf=0.5	1.898	1.552	0.920	0.450	1.920
sf=0.3	1.599	1.840	1.176	0.500	2.320
sf=0.0(Tire chips)	1.150	2.318	1.600	0.650	2.727

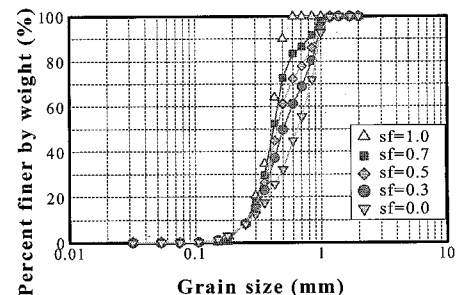


図-1 粒径加積曲線

$$E_c = \frac{W_R \cdot H \cdot N_L \cdot N_B}{V} \quad (1)$$

これらの試料に対して, 非排水条件で繰返し三軸試験を行った.

実験は載荷周波数 0.1Hz, 初期有効拘束圧 100kPa で試験を行った.

3. 非排水繰返しせん断試験結果

図-2 に突固めエネルギー $E_c=166\text{kJ/m}^3$ と 51kJ/m^3 の供試体に対する残留間隙水圧比と正規化繰返し回数の関係を示す。図より、砂単体の $\text{sf}=1.0$ のものは低い突固めエネルギーでは、 $\varepsilon_{DA}=5\%$ で間隙水圧比は1に至っているが、高いエネルギーでは至っていない。しかしながら、繰返し終盤に間隙水圧が急増する性状を示す。一方、タイヤチップ混合試料では、初期に間隙水圧は上昇するが、次第に上昇率は鈍り間隙水圧の上昇が抑制されていく傾向が認められ、タイヤチップ混合率が高いほどその傾向は顕著になる。しかし、 $\text{sf}=0.7$ においては砂単体と同様に液状化に至っており、この程度の混合率では液状化対策に効果がないことがわかる。図-3 に突固めエネルギー $E_c=166\text{kJ/m}^3$ で作成した試料につ

いて、軸ひずみ両振幅 $\varepsilon_{DA}=5\%$ に至るに必要な繰返しせん断応力比と繰返し回数の関係を示す。図中、砂単体 $\text{sf}=1.0$ については、空中落下法で同じ相対密度で作成した試料に対する結果も

示した。砂単体の液状化強度をみると突固め法で作製した供試体は空中落下法よりも高いせん断強度を示している。突固め試料同士の比較では、タイヤチップが10%混合されることにより液状化強度は急減することが認められる。これはタイヤチップのわずかな混入により、砂の骨格構造が緩められたことによると考えられる。しかし、タイヤチップ体積含有率が増加すると繰返しせん断強度は増加する傾向を示す。タイヤチップ含有率が40%までは空中落下法で作製した砂単体の供試体と同程度の強度にしかならないが、タイヤチップ含有率が50%以上になると大きな軸ひずみは生じるが有効応力のある一定以上の低下はなく液状化には至らない結果となった。さらに $\text{sf}=0.0$ すなわちタイヤチップ単体では間隙水圧はほとんど発生せず、載荷応力の大きさによっては規定の軸ひずみを生じるが、その発生はタイヤチップの剛性に依存して生じるだけで、繰返し載荷による増加はなかった。

図-4 に繰返しせん断強度比とタイヤチップ体積含有率の関係を示す。砂単体に比べ、 sf が減少によって一旦強度が低下するがその後増加し、 $\text{sf}=0.5$ 以下では液状化は起こらない結果となった。また、突固めエネルギーの違いによる強度の違いは $\text{sf}=1.0$ では大きいですが、それ以外では小さく、タイヤチップ混合土では締固め効果はさほどないと考えられる。図-5 に最大過剰間隙水圧比とタイヤチップ体積含有率の関係を示す。タイヤチップ含有率が増加するにつれ過剰間隙水圧の発生が抑制される傾向が認められることがわかる。

4. 結論 1)種々の混合割合から成るタイヤチップ混合砂の非排水繰返しせん断試験を行った。タイヤチップ含有率が多くなるにつれ過剰間隙水圧の発生を抑制するが、少量の添加では逆に砂の強度を弱める可能性が示唆された。2)タイヤチップ含有率が50%以上になるとタイヤチップの挙動が支配的となり、過剰間隙水圧の上昇がかなり抑えられ液状化に至らなくなる。

【参考文献】1) 安原一哉:新しい地盤材料の展開,土と基礎, Vol. 54, No. 12, pp. 6~7, 2006. 2) 安原一哉・田岡憲太・大塚友樹・増田拓哉・小峯秀雄・村上 哲:タイヤチップスドレーンによる砂地盤の液状化後変位低減,土と基礎, Vol. 53, No. 9, pp. 9~11, 2005.

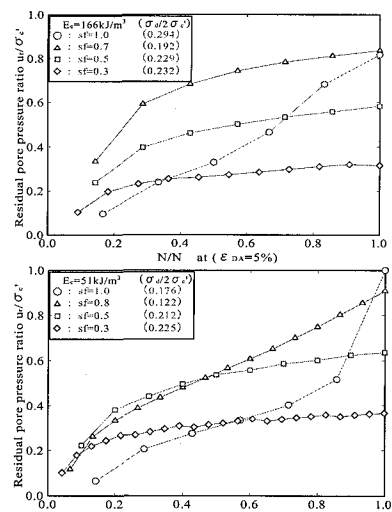


図-2 残留間隙水圧比と正規化繰返し回数の関係

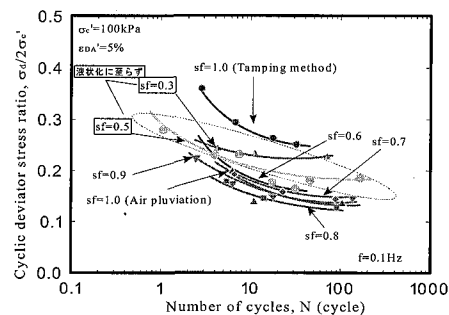


図-3 繰返しせん断強度曲線

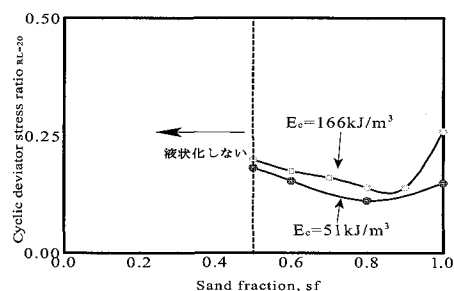


図-4 繰返しせん断強度比とタイヤチップ体積含有率

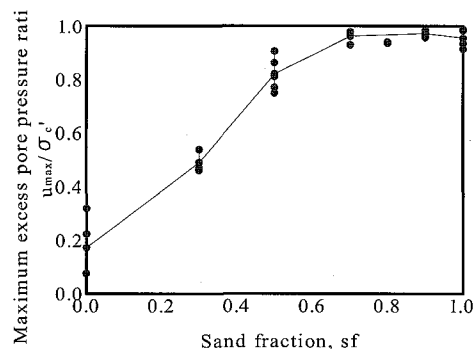


図-5 最大過剰間隙水圧比と砂含有率の関係