

## タイヤチップスに相馬砂を混合した地盤材料の強度特性

明星大学大学院 学生員 ○山口 敏明

明星大学 正会員 矢島 寿一

明星大学(現 沖島工業(株)) 非会員 近藤 渉

### 1. はじめに

近年、モータリゼーションの発展に伴い、廃タイヤの処理が大きな問題となっている。地盤工学の分野でも、廃タイヤの地盤材料への適用に向けた研究が行われている。しかしながら、廃タイヤを細かく裁断しスチールコードを取り除いたタイヤチップスについて、小倉ら<sup>1)</sup>の研究から、土材料と同等の強度が得られないことが判明している。そこで、本研究では、小倉らが用いた平均粒径 $\phi=2\text{mm}$ のタイヤチップスに相馬砂を混合し、これに CBR 試験ならびに三軸圧縮試験を実施し、タイヤチップスと相馬砂の混合材料の強度特性について検討を行った。

### 2. 試験材料ならびに試験方法

1) 試験材料 今回、試験に使用した平均粒径 $\phi=2\text{mm}$ タイヤチップス、相馬砂の粒径加積曲線を図-1 に示す。図から、タイヤチップス、相馬砂ともに単一粒径であることがわかる。この粒径加積曲線は、「土の密度試験(JIS A 1204)」に準じて求めた。CBR 試験におけるタイヤ混合比率は体積比率でそれぞれ 0%、10%、25%、33%、50%、67%、75%、100%とした。三軸試験におけるタイヤ混合比率は体積比率でそれぞれ 0%、10%、25%、33%、50%、75%、100%とした。表-1 にタイヤチップス、相馬砂ならびに両者の混合材料の物性値を示す。ここで密度は「土粒子の密度試験(JIS A 1202)」、最小密度・最大密度は「砂の最小密度・最大密度試験(JIS A 1224)」により求めた。タイヤチップスの最大密度は粒子間の摩擦により理想的な値が求められなかったため、「突き固めによる土の締め固め試験(JIS A 1210)」により求めた。

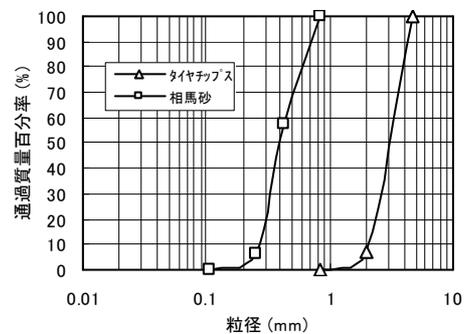


図-1 粒径加積曲線

2) 試験方法 CBR 試験では、試料は全て表乾状態で行い、突き固め回数は 55(回/層)で実験を行った。三軸圧縮試験を行った試験ケースを表-2 に示す。三軸圧縮試験に使用した供試体の寸法は、直径 5cm、高さ 10cm であり、表-1 の最小密度・最大密度をもとに、供試体の相対密度  $Dr=85\%$ となるように作成した。そして、通水により B 値は 0.95 以上となることを確認した。

### 3. 試験結果

1) CBR 試験 CBR 試験より得られた、CBR 値とタイヤ混合比率の関係を図-2 に示す。図から、タイヤ混合比率が 15%以下においては相馬砂のみの CBR 値=12%より高くなっているが、タイヤ混合比率が増加するにつれ CBR 値が低下していることがわかる。低いタイヤ混合比率で CBR 値が上昇したのは、単一粒径である相馬砂に、粒径の異なるタイヤチップスが混合され粒径幅が広がったことと、タイヤは弾性体であるため圧縮さ

表-1 物性値

| 混合比率<br>タイヤチップス:相馬砂               | 0:100 | 100:0 | 10:90 | 25:75 | 33:66 | 50:50 | 75:25 |
|-----------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 比重                                | 2.604 | 1.153 | 2.529 | 2.297 | 2.228 | 1.985 | 1.579 |
| 最小密度 $\rho_{dmin}(\text{g/cm}^3)$ | 1.277 | 0.465 | 1.292 | 1.228 | 1.167 | 1.047 | 0.763 |
| 最大密度 $\rho_{dmax}(\text{g/cm}^3)$ | 1.572 | 0.672 | 1.478 | 1.418 | 1.326 | 1.237 | 0.894 |
| 含水比 W (%)                         | 0.044 | 0.749 | 0.044 | 0.056 | 0.199 | 0.397 | 0.704 |
| 吸水率 Q (%)                         |       | 3.566 |       |       |       |       |       |

表-2 実験ケース

| 試験項目                     | 有効拘束圧 $\sigma'_v$ (kPa) |    |    |     |     |     |     |
|--------------------------|-------------------------|----|----|-----|-----|-----|-----|
|                          | 10                      | 20 | 50 | 100 | 200 | 300 | 400 |
| 相馬砂(CD・CU)               |                         |    | ○  | ◎   | ◎   | ◎   | ◎   |
| タイヤチップス(CD・CU)           | ◎                       | ◎  | ◎  | ◎   | ◎   |     |     |
| タイヤチップス10%+相馬砂90%(CD・CU) |                         |    | ○  | ◎   | ◎   | ◎   | ◎   |
| タイヤチップス25%+相馬砂75%(CD・CU) |                         |    | ○  | ◎   | ◎   | ◎   | ◎   |
| タイヤチップス33%+相馬砂66%(CD・CU) |                         |    | ○  | ◎   | ◎   | ◎   | ◎   |
| タイヤチップス50%+相馬砂50%(CD・CU) |                         |    | ○  | ◎   | ◎   | ◎   | ◎   |
| タイヤチップス75%+相馬砂25%(CD・CU) |                         |    | ◎  | ◎   | ◎   | ◎   |     |

※ 図中の○はCD試験のみ、◎はCD・CU試験両方を示す。

連絡先(東京都日野市程久保 2-1-1 TEL:042-591-9649 FAX:042-591-9632)

れた場合に噛み合わせが増え摩擦力が増加し、強度の改善効果が現れたためだと考えられる。

2) 三軸圧縮試験結果 有効拘束圧 $\sigma'_c=50\text{kN/m}^2$  時の排水せん断試験結果より得られた、軸差応力(q)と軸ひずみ( $\epsilon_a$ )の関係を図-3 に示す。図から、タイヤ混合比率が増えるにつれ軸差応力が低くなっていることがわかる。このことから、CBR 試験でみられたような低いタイヤ混合比率における強度改善効果は $\sigma'_c=50\text{kN/m}^2$  時の排水せん断試験結果からはみられなかった。

そこで、CBR 値の算出に用いたのと同等の軸ひずみレベル $\epsilon_a=2.9\%$ 時の割線勾配より求めた変形係数 $E_{(\epsilon=2.9\%)}$ とタイヤ混合比率の関係を図-4 に示す。図より、タイヤ混合比率が増加するにつれて変形係数が低下しており、図-2 の q- $\epsilon_a$  関係と同様、CBR 試験でみられたような低いタイヤ混合比率における強度改善効果はみられなかった。

軸ひずみ  $\epsilon_a=15\%$ 時の軸差応力(q)と平均有効主応力( $p'$ )の関係より求めた各混合比の破壊線から、内部摩擦角( $\phi$ )と粘着力(c)を求め、内部摩擦角( $\phi$ )、粘着力(c)とタイヤ混合比率の関係を図-5 に示す。 $\phi$ -タイヤ混合比率関係は q- $\epsilon_a$  関係や $E_{(\epsilon=2.9\%)}$ -タイヤ混合比率関係と同様に、タイヤ混合比率が増加するにつれて内部摩擦角が減少していることがわかる。

c-タイヤ混合比率関係についてみると、相馬砂のみの 0%にタイヤチップスを混合することにより急激に粘着力が増加し、その後タイヤ混合比率が増加するごとに粘着力が減少している。これは図-2 の CBR-タイヤ比率関係の低いタイヤ混合比率では CBR 値が増加するということと近い傾向であり、CBR 試験により得られた相馬砂にタイヤを混合することによる補強効果には、タイヤチップスの持つ粘着力が要因の一つであると考えられる。

4. まとめ

本研究では、タイヤチップスと相馬砂を混合した材料の強度特性について、CBR 試験ならびに三軸圧縮試験を実施し、実験的に検討した。以下に得られた知見を記す。

- 1) CBR 試験の結果、相馬砂にタイヤチップスを混合することにより、タイヤ比率 15%以下においては相馬砂以上の強度を有することがわかった。
- 2) 三軸圧縮試験の結果、軸差応力(q)、変形係数( $E_{(\epsilon=2.9\%)}$ )、内部摩擦角( $\phi$ )に関してはタイヤチップスを混合することによる補強効果はみられなかったが、粘着力(c)には補強効果がみられた。
- 3) タイヤチップス混合による補強効果は、タイヤチップスを混合することにより粒径幅が広がること、タイヤチップスが圧縮・変形することにより噛み合い、摩擦力が増加し、粘着力が付加されることに起因すると考えられる。

(参考文献) 1) 矢島 寿一, 小倉 一利, アショカ・K・カルモカル, 安井 一哉 : 古タイヤチップスの地盤材料としての力学的評価, 地盤工学ジャーナル, Vol. 1, No. 1, pp. 1-7, 2006. 3

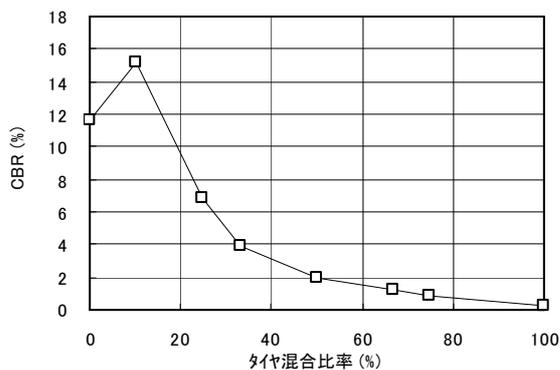


図-2 CBR 試験結果

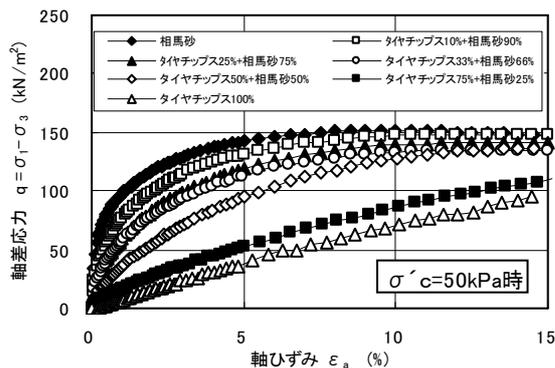


図-3 排水せん断挙動

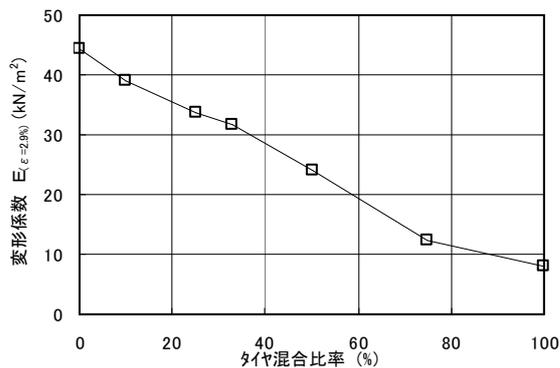


図-4 変形係数  $E_{(\epsilon=2.9\%)}$  とタイヤ混合比率の関係

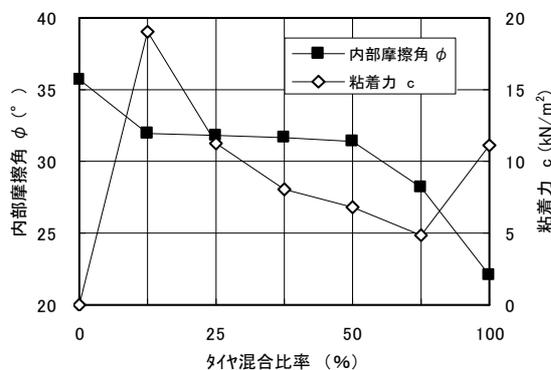


図-5 内部摩擦角( $\phi$ )、粘着力(c)とタイヤ混合比率の関係