

圧縮性を抑制したタイヤシュレッズ基礎地盤の支持力模型実験

茨城大学 学生会員 ○川上 聖

茨城大学 フェロー会員 安原 一哉

茨城大学 正会員 村上 哲

茨城大学 正会員 小峯 秀雄

1. はじめに

我が国では自動車産業の発展に伴い、古タイヤの排出量が年々増加し2000年には年間100万tの古タイヤを排出した。図-1に古タイヤの発生量とリサイクル量の経年変化を示す¹⁾。ここから国内の古タイヤリサイクル率は高水準を保っているがリサイクルの内訳では、マテリアルリサイクルの需要は低いのが現状である。欧米ではすでに橋台の裏込め材等に利用されており²⁾、日本における土木分野での利用は低い状態である。このように日本においては古タイヤの可燃性に着目した利用法が主流であり、タイヤの持つ他の特長にはあまり目を向けられておらず、長期にわたってその特徴を持続するリサイクル方法の確立が求められている。

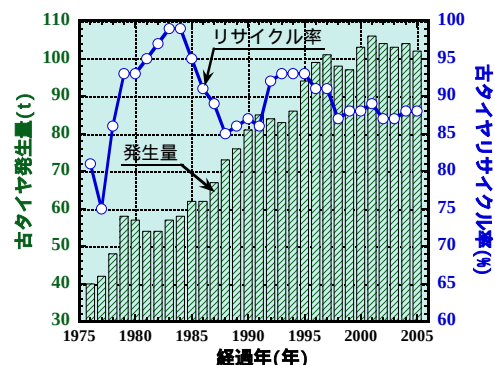


図-1 古タイヤリサイクルの経年変化

2. 研究の目的

図-2に本研究のフローを示す。タイヤシュレッズはタイヤを裁断して作られるが、ゴム、ワイヤー、ベルトが混合しているため、地盤の間隙体積が多くなり粒子が間隙部へ入り込むようにして移動するため上載圧に対する沈下量が大きくなり、またタイヤの特徴である弾性が外力による粒子自体の変形を引き起こすため、従来の地盤材料と比べると軽量ではあるが十分な支持力を得ることが出来ない。特に道路盛土には、繰り返し載荷される交通荷重に対して確実に支持し、上載圧によって生ずる変形や沈下が交通に支障を及ぼさない安定性が要求されるため、いかにタイヤシュレッズの特性を生かしつつ沈下を抑制するかが重要となる。以上から本研究では、室内模型実験による平板載荷試験を行い、圧縮性のあるタイヤシュレッズ地盤に対し、他の地盤材料を敷設しプレストレスを与える、またタイヤシュレッズ地盤に砂質土を混合することにより間隙部を充填する2種類の異なる載荷重工法を行い、圧縮性を抑制し沈下を低減させ、支持力の向上を図る新たな工法の可能性を明らかにすることを目的としている。

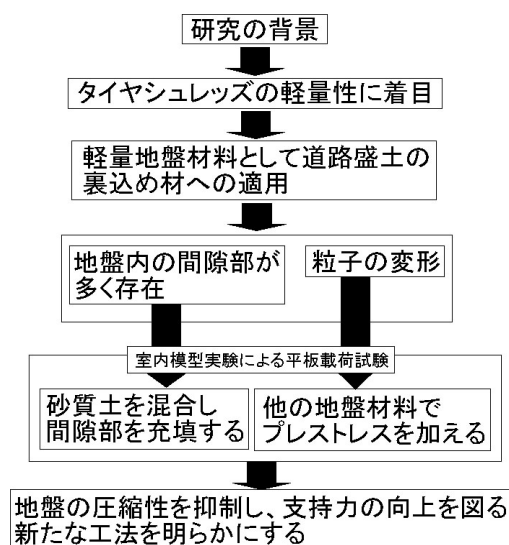


図-2 研究フロー

3. 試料及び実験装置

本研究で使用するタイヤシュレッズは土粒子密度が 1.240g/cm^3 であり、一般の土と比べると半分ほどである。また最大粒径が 50.7mm で、ほぼすべての粒子が礫材に分類される。土槽の内寸は、幅 750mm 、高さ 800mm 、奥行き 196mm 、載荷装置は変位制御で載荷速度は 0.633mm/min である。

キーワード タイヤシュレッズ、支持力、混合地盤、プレロード

連絡先 〒316-8511 茨城県日立市中成沢町 4-12-1 茨城大学工学部都市システム工学科 TEL 0294-38-5117

表 - 1 各実験ケースと地盤条件

	敷設試料	敷設形態	ρ_d (g/cm^3)	e	混合豊浦砂 相対密度 S_r (%)	豊浦砂 混合体積率 (%)	備考
CASE1 - 1	タイヤシュレツズ		0.496	1.501			
CASE1 - 2	タイヤシュレツズ		0.586	1.116			ランマーによる締固めを施した地盤
CASE2	礫材		1.643	0.652			
CASE3	タイヤ, 礫材	サンドイッチ	1.095	0.884			
CASE4 - 1	タイヤ, 豊浦砂	混合	1.300	0.422	5.4	50.7	CASE1 - 1 と同量のタイヤシュレツズを敷設し, 豊浦砂を充填した地盤
CASE4 - 2	タイヤ, 豊浦砂	混合	1.325	0.332	28.8	53.0	CASE1 - 2 と同量のタイヤシュレツズを敷設し, 豊浦砂を充填した地盤

4. 载荷重工法の概要

タイヤシュレツズ地盤の特徴として地盤を構成している粒子が弾性体であること, またゴム, ワイヤー, ベルトといった材料が混合していることがあげられる. これらの特徴から上載圧に対してタイヤシュレツズ粒子が, 変形をする, または違う形状の材料が混合していることから地盤内に間隙部が多く存在し鉛直方向へと移動してしまう. そこで本研究の载荷重工法では, タイヤシュレツズ地盤にあらかじめ負荷を与えることで支持力改善を図るサンドイッチ地盤, また間隙部が非常に多いという特徴からタイヤシュレツズに砂質土を併用し敷設する混合地盤の2種類を行う. 表 - 1 に各実験ケースと地盤条件を, 図 - 3 に各実験ケースの模型地盤の模式図を示す. 作製した地盤形状は, 土槽内に水平に敷設した水平地盤である. (a) はタイヤシュレツズのみを敷設し, 締固めなし (CASE1 - 1) と, 4.5kg ランマーによる締固めを施した地盤 (CASE1 - 2) の2種類のタイヤシュレツズ地盤である. (b) はタイヤシュレツズと比較的粒径が同じ礫材による地盤であり, 粒子の剛性の違いによる支持力の比較を行った. (c) はタイヤシュレツズと礫材を用いたサンドイッチ地盤である. この地盤の特徴は1層目にタイヤシュレツズ, 2層目に礫材と交互に敷設することによって圧縮性の高いタイヤシュレツズ地盤に対しプレストレスを与え弾性エネルギーを蓄えることであり, 支持力増加につながると考えられる. (d) はタイヤシュレツズ地盤の間隙部に砂質土を充填

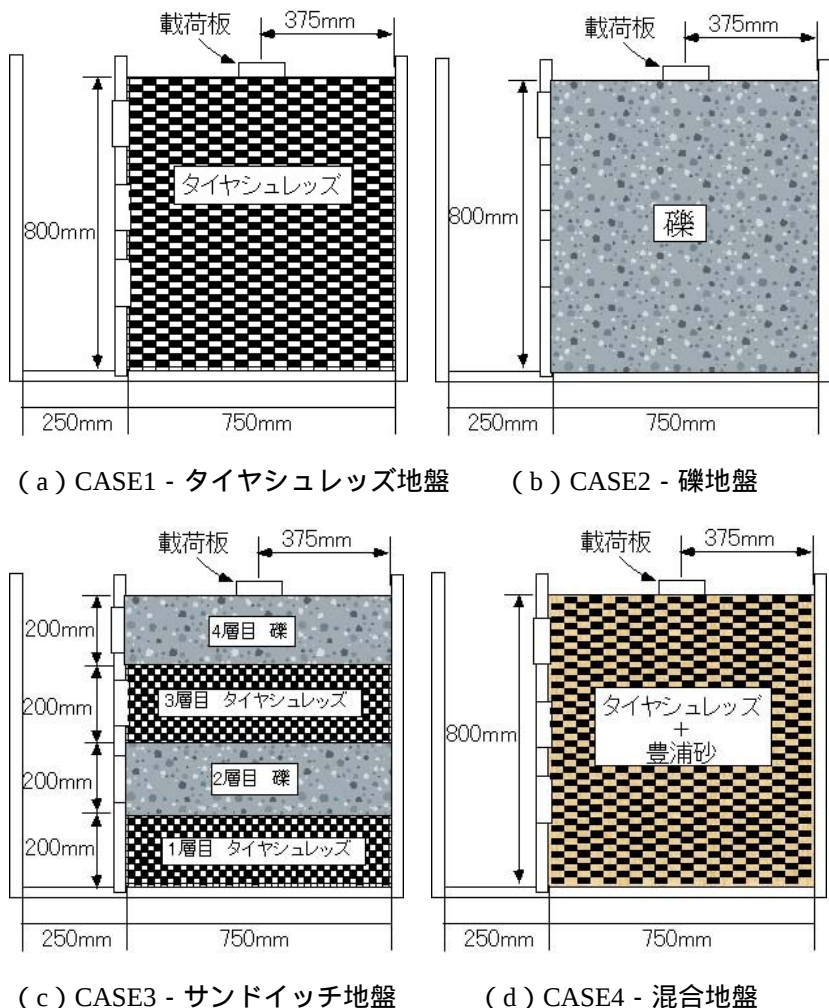


図 - 3 各模型地盤の模式図

した混合地盤である．混合する砂は，豊浦砂（ $\rho_s=2.642\text{g/cm}^3$ ）を使用し地盤作製方法は，タイヤシュレッズを高さ 10cm まで敷設し，豊浦砂を敷設した地表面から散布していく．このとき，砂が地盤内の間隙部隅々にいきわたらせるようにコンクリート打設用の振動バイブレーターで地盤に振動を与える．この作業を 8 回繰り返し地盤高 80cm に作製する．また，地盤内に充填した砂の割合を混合体積率とし，タイヤシュレッズ地盤の間隙体積に対する充填した豊浦砂全体の粒子体積の割合としてあらわした．この混合地盤の特徴として，タイヤシュレッズ地盤の間隙部への砂，礫材の充填による粒子の移動抑制が考えられる．

5. 平板载荷試験結果及び考察

5.1 タイヤシュレッズ地盤と礫地盤の比較

図 - 4 に CASE1 - 1，CASE1 - 2 のタイヤシュレッズ地盤，CASE2 の礫地盤の荷重 - 沈下曲線を示す．締固めを施すことにより，タイヤシュレッズ地盤では若干の支持力向上に到っているが，礫材に比べわずかな上載圧ではかに沈下が起こる地盤であることがわかる．ほぼ同じ粒径であるが，弾性体であるタイヤシュレッズは上載圧に対してその粒子を変形し間隙部へと移動するため，沈下が進み十分な支持力が得られなかったと考えられる．

5.2 サンドイッチ地盤による支持力改善効果

図 - 5 に CASE1 - 1，CASE1 - 2 のタイヤシュレッズ地盤，CASE3 の礫材を併用して敷設したサンドイッチ地盤の荷重 - 沈下曲線を示す．タイヤシュレッズ地盤に比べ支持力が改善されていることがわかる．単位体積重量の大きい礫層をサンドすることで，タイヤシュレッズの粒子が変形し，プレストレスを与えたことで粒子の剛性を高め支持力を高めたと考えられる．また，地盤の最上層に礫材を帯状に敷設したことにより，礫層からタイヤシュレッズ層へ伝わる応力が分散され，支持力の向上につながったと考えられる．

5.3 混合地盤による支持力改善効果

図 - 6 に，CASE1 - 1 のタイヤシュレッズ地盤と CASE4 - 1 の混合地盤の荷重 - 沈下曲線を示す．CASE1 - 1 はタイヤシュレッズのみを敷設した水平地盤であり，CASE4 - 1 は CASE1 - 1 とほぼ同じ地盤密度のタイヤシュレッズ地盤に豊浦砂を充填して作製した地盤である．この結果から飛躍的に支持力が増加しており，図 - 4 に示した礫地盤と同等の支持力まで改善されていることが分かる．また混合地盤の間隙比が 0.422 となり，間隙部に砂が充填されていることが分かる．また，図 - 7 は支持力増加比と沈下比の関係である．CASE4 - 1 の混合地盤が CASE1 - 1 からどの程度支持力が改善されているかを示しており，支持力増加比が 1 以上であれば支持力が改善されていることになる．この結果から，支持力増加比は沈下直後から 20 以上の値を示しており，沈下が進むにつれさらに緩やかに上昇していることが分かる．

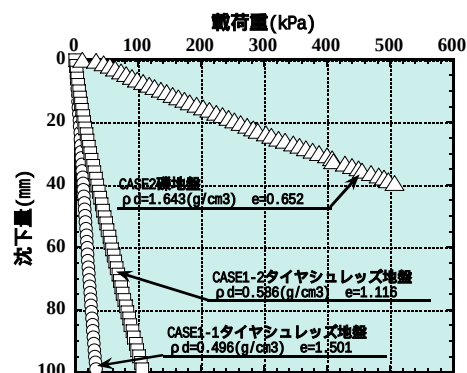


図 - 4 タイヤシュレッズ地盤と礫地盤の荷重 - 沈下曲線

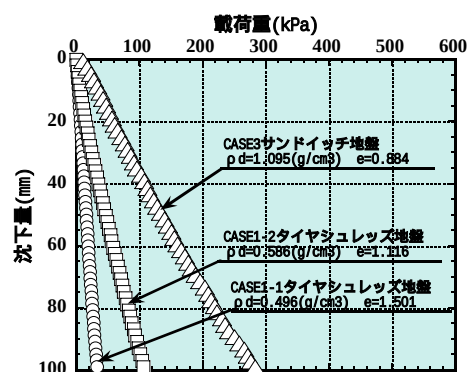


図 - 5 サンドイッチ地盤の荷重 - 沈下曲線

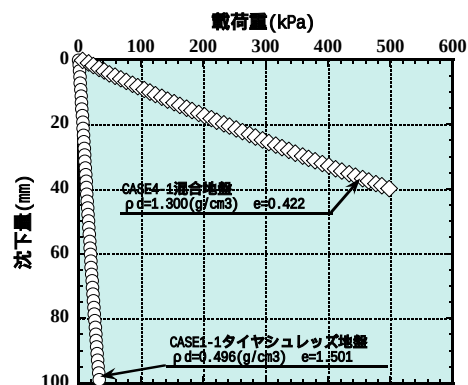


図 - 6 混合地盤 (CASE4 - 1) の荷重 - 沈下曲線

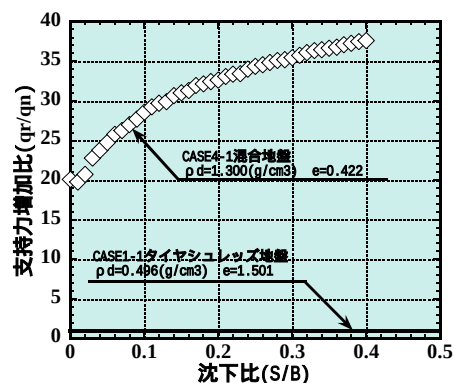


図 - 7 CASE4 の支持力増加比

タイヤシュレッズ地盤の空隙が砂で満たされることによって、シュレッズの粒子が上載圧にたいして移動しなくなったためである。つまり、砂がシュレッズの粒子へ拘束力を与え、上載圧に対する地盤の沈下をシュレッズ粒子自身の変形のみになったことで地盤の支持力が改善されたと考えられる。

次に図-8に、CASE1-2のタイヤシュレッズ地盤とCASE4-2の混合地盤の荷重-沈下曲線を示す。先ほどと同様にCASE1-2はタイヤシュレッズのみを敷設した水平地盤であり、CASE4-2はCASE1-2とほぼ同じ地盤密度のタイヤシュレッズ地盤に豊浦砂を充填して作製した地盤である。この結果から先ほどと同様に豊浦砂を混合したことによって支持力の飛躍的な改善効果が見ることができる。図-9は支持力増加比と沈下比の関係である。沈下比が初期の段階では低い支持力増加比を示しているが、沈下が進むにつれ増加する傾向が見られる。沈下比が初期段階で支持力増加比が低い値を示している理由として、混合地盤の地表面付近における豊浦砂の充填が十分ではなく、ばらつきが出来てしまったことが影響したものと思われる。

次に豊浦砂の混合体積率の違いによる支持力の影響を調べるため図-9にCASE4-1とCASE4-2の支持力増加比と沈下比の関係を示す。この図から沈下比が初期の段階では、CASE4-2の混合地盤の地表面付近の豊浦砂の充填のばらつきにより支持力増加比は1以下であるが、沈下比0.07付近を境に支持力増加比が1以上となり、沈下比が0.15を越えたあたりで支持力増加比が収束している。今回のCASE4-1、CASE4-2の混合地盤の混合体積率はそれぞれ50.7%、53.0%であり、両方の地盤とも空隙部に同じ割合で豊浦砂が充填されていた。つまり空隙部が同じ割合で砂で満たされた場合、弾性体であるタイヤシュレッズを多く含む地盤の方が、上載圧に対する地盤の変形によってより多くの弾性エネルギーが発生し、それが支持力増加へ働いたと考えられる。

6. 結論

各荷重工法による平板荷重試験の結果、空隙部を砂質土で充填した混合地盤では礫地盤と同等の支持力を得た。また支持力増加比でもタイヤシュレッズ地盤から最大で38程度の値を示し、最も支持力改善効果がある工法であることが分かった。今後の課題として混合地盤における砂質土の充填方法の確立、またタイヤシュレッズ地盤が、どの程度支持力改善を行えばよいのか明確な基準を定め、施工方法、コスト面から最も適した荷重工法を選定する。

参考・引用文献

- 1) 日本自動車タイヤ協会: TYRE INDUSTRY OF JAPAN, pp. 14-17, 2005.
- 2) D, N. Humphrey. and J, J. Tweedie. :Tire shreds as lightweight fill for retaining walls results of full scale field trials, Proceedings of the International Workshop on Lightweight Geo-Materials, pp. 261-267, 2002.
- 3) 川上聖・安原一哉・小峯秀雄・村上哲:基礎地盤としてのタイヤシュレッズの支持力模型実験, 第40回地盤工学会研究発表会発表講演集, 2005.

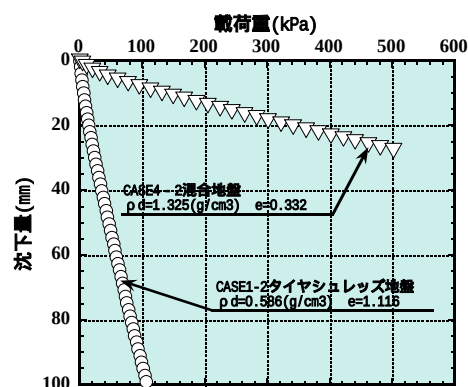


図-8 混合地盤 (CASE4-2) の荷重-沈下曲線

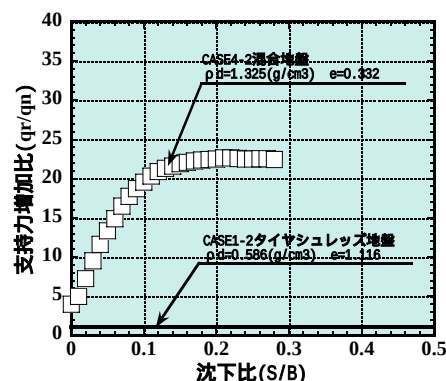


図-9 CASE4-2の支持力増加比

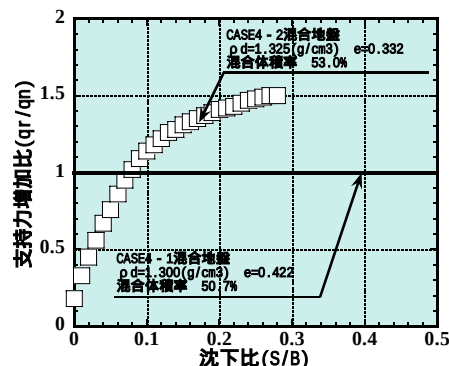


図-10 混合体積率の違いによる支持力増加比の関係