

# タイヤチップ混合固化処理土の杭載荷実験と破壊現象の可視化

(独) 港湾空港技術研究所 研修生 正会員 佐藤 宇紘  
 (独) 港湾空港技術研究所 正会員 菊池 喜昭  
 東亜建設工業(株) 正会員 御手洗 義夫  
 関東学院大学大学院 学生会員 内山 明日香

## 1. はじめに

固化処理土の高性能化，高度利用化を目的にタイヤのリサイクル材であるゴムチップを混合したタイヤチップ混合固化処理土が新しい地盤材料として開発された．これまでにタイヤチップ混合固化処理土の強度変形特性，変形透水性等について種々の検討が行われてきた．既往の研究<sup>1)2)</sup>では一軸，三軸圧縮試験によりタイヤチップ混合固化処理土の要素レベルでの圧縮変形特性について検討されている．しかし，検討されてきた方法は供試体の変形条件が限られるため，圧縮試験と異なる変形条件下でのタイヤチップ混合固化処理土の強度変形特性の検討を行うことが必要となる．ここではそのひとつとして円盤状の固化処理土供試体を用いた杭載荷実験について結果を報告する．杭載荷実験は固化処理土（以下 CTC）及びタイヤチップ混合固化処理土（以下 CTCT）の2種類について行い比較した．同時に(独)港湾空港技術研究所所有のマイクロフォーカス型 X 線 CT スキャナを用いて供試体内部の破壊状況について観察した．

## 2. 使用材料と実験方法

### 2.1 使用材料

実験に使用した固化処理土供試体は，東京湾の浚渫粘土(土粒子密度 2.716g/cm<sup>3</sup>)を海水で含水比 319%に調整した原料土に，固化材として普通ポルトランドセメントを混合し作製した．固化処理土の配合は，材令 7 日一軸圧縮強度が  $q_u=500\text{kN/m}^2$  となるよう予め室内配合試験を実施し決定した．タイヤチップは同配合の固化処理土に混合し，混合量は練りあがり全体の体積に対して 16.7%とした 配合表を表-1 に示す 載荷実験に用いた供試体は外径 89mm, 内径 78mm,高さ 40mm の輪切り塩ビ管の底面をアクリル板で塞いだモールドに高さ 20mm で打設して円盤状に作製し，ラップでくるみ湿潤養生した．

### 2.2 実験方法

実験概要を図-1 に示す．杭載荷実験には内径 100mm,高さ 440mm のアクリル製モールドと 15mm のアルミ杭を用いた．まず，アクリル製モールド内に豊浦乾燥砂を数回に分けて投入し突固め 地盤高さ 250mm,相対密度  $D_r=100\%$  の砂地盤を作製した．次に，砂地盤上に底面のアクリル板を外した円盤状供試体を水平に設置した．なお，固化処理土周囲の塩ビ管は取外していない．載荷装置及び模型杭はアクリル製モールドと一体構造になっており，X 線 CT 装置内に設置したまま載荷装置の制御及び貫入抵抗力 杭変位量の計測が可能となっている．載荷は変位制御とし，載荷速度は 1mm/min とした．また，任意の貫入量にて載荷を止め，X 線 CT 撮影を実施した．杭載荷試験は供試体養生日数 7,14 日にて実施した．なお，円盤状供試体と同時に作製した円柱供試体の一軸圧縮試験を実施し強度の確認を行った．

表-1 実験供試体の配合表

1m <sup>3</sup> あたり	CTC (タイヤチップ0%)		CTCT (タイヤチップ16.7%)	
	質量 (kg)	体積 (ml)	質量 (kg)	体積 (ml)
含水比調整土	1176.5	973.1	980.4	810.9
セメント	85.0	26.9	70.8	22.4
タイヤチップ	-	-	191.7	166.7
全体	1261.5	1000.0	1242.9	1000.0

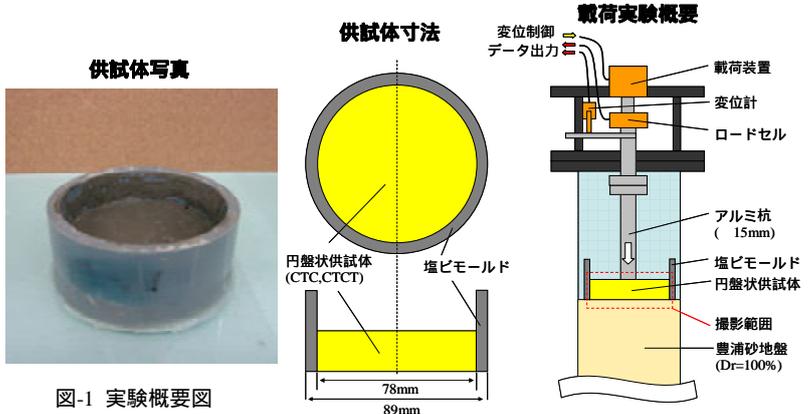


図-1 実験概要図

キーワード タイヤチップ，固化処理土，杭載荷試験，X 線 CT スキャナ

連絡先 〒239-0826 横須賀市長瀬 3-1-1 (独)港湾空港技術研究所 地盤構造部 基礎工研究室 TEL 046-844-5057

3. 実験結果及び考察

図-2 に貫入抵抗-貫入量関係を示し、表-2 に実験から得られたピーク強度について一軸圧縮試験結果とまとめて比較したものを示す。図-2 中に示す破線は円盤状供試体と外径が等しいアクリル板 ( 89mm ) を同条件で载荷した結果である。アクリル板と比較すると貫入量 0.5mm 程度までは 4 供試体とも同様の初期剛性を示す。これは供試体全体が一体の盤として支持したためと考えられる。杭貫入量が増加するに従い円盤状供試体部分に変形を始め貫入抵抗は増加していき、ピーク強度を迎えた後は貫入抵抗が急激に減少した。载荷実験結果を比較すると、CTCT は CTC に対してピーク時貫入量は 2.3 倍、ピーク強度も約 2 倍程度発揮した。このように、靱性の向上と共に貫入抵抗の顕著な増加が確認された。図-3 に示す X 線 CT 画像は養生 7 日供試体の各貫入量における杭中心部の縦断面画像である。画像中心の白線は供試体と砂地盤の境界面を示す。両供試体の画像を比較すると、CTC はピーク強度直後の 3mm 貫入時には発達したクラックが供試体下部まで貫通しており、5mm 貫入時にはクラック部分が剥離している。それに対し、CTCT では 3mm 貫入時にはクラックは目視できず、5mm 貫入時に杭先端部にわずかなクラックが観察され、ピーク強度直後の 8mm 貫入時においても供試体下部までクラックは進展していない。なお、供試体は固定していないため杭及び変形した固化処理土の砂地盤への貫入に伴う周辺地盤の盛上がりが生じ初期設置位置からの移動が生じたが、CT 画像による供試体移動の確認を行ったところ、ピーク強度直後までの供試体の移動は認められないため杭変位量を貫入量として整理している。また、図-4 に養生 14 日供試体における各供試体のピーク強度直後の拡大縦横断面画像を示す。上図横断面の撮影位置は供試体上端から 15mm 下部であり、CTC は杭下 10mm、CTCT は杭下 7mm の画像である。また、下図縦断面は杭中心部を通る画像である。なお、横断面は载荷状態の画像であり、縦断面は除荷状態の画像である。载荷状態である横断面を比較すると両供試体とも矢印で示す引張クラックが共通して見られるがその形状が異なる。また、CTCT の杭直下には目視できるクラックは発生していないことが確認された。次に、除荷後の縦断面を観察すると CTCT の杭直下が膨張しており、タイヤチップ周辺に多数のクラックが発生していることが確認された。このクラックはタイヤチップの弾性変形分が除荷により戻り、周辺の固化処理土部分が引張破壊を生じたために発生したと考えられる。以上、CT 画像の観察結果より固化処理土中のタイヤチップには杭の貫入に伴う変形が生じており、クラックの発生及び進展を抑制して貫入抵抗を増加させたと考えられる。

参考文献

- 1) 菊池ら：ゴムチップ混合固化処理土の破壊メカニズムとせん断時の透水性の変化 地盤工学ジャーナル Vol. 1, No. 2, pp.19-32 (2006) .
- 2) 御手洗：粒状弾性体のリサイクル材を介在物とした新しい固化処理系複合地盤材料の開発に関する研究 熊本大学博士論文(2007).

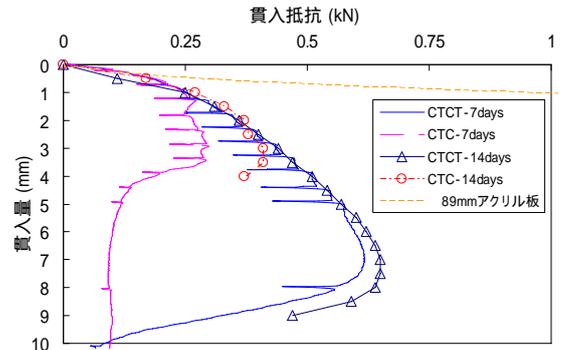


図-2 貫入抵抗-貫入量関係

表-2 強度変形特性の比較 (ピーク強度)

養生日数	7days		14days	
	CTC	CTCT	CTC	CTCT
<b>一軸圧縮試験結果</b>				
一軸圧縮強度(kN/m <sup>2</sup> )	508.13	466.02	627.83	521.77
破壊ひずみ(%)	0.77	1.55	0.79	1.45
<b>杭载荷実験結果</b>				
貫入抵抗力(kN)	0.30	0.62	0.41	0.65
貫入抵抗応力(kN/m <sup>2</sup> )	1685.77	3493.77	2320.13	3678.25
貫入量(mm)	2.95	6.89	3.00	7.00
貫入量比( /CTC)	100%	234%	100%	233%
応力比( /qu./CTC)	100%	226%	100%	191%

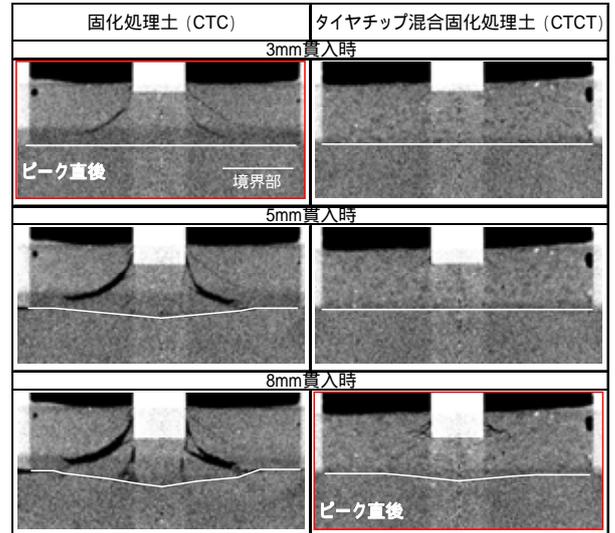


図-3 CT 縦断面画像

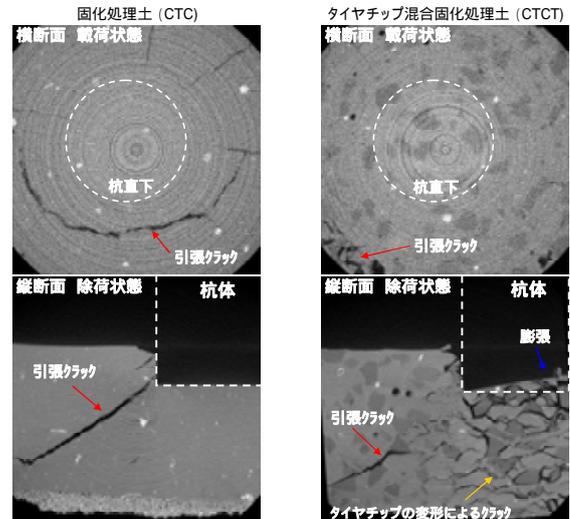


図-4 CT 拡大画像