

静的締固め杭の杭材に混合する固化材配合量と杭間密度の関係

港湾空港技術研究所 正 山崎 浩之
 東洋建設（株） 佐藤 道祐
 国土総合建設（株） 正 木村 大介
 井森工業（株） 正 鶴岡 龍彦
 家島建設（株） 大西 文明

1. はじめに 近年，建設発生土（以下「発生土」と示す）の有効利用が望まれており，その有効利用の1つとして静的締固め杭（以下「SDP」と示す）工法がある。SDP工法は，静的なエネルギーで杭を締固め，拡径することにより周辺地盤の密度を増加させる液状化対策工法であり，杭材として発生土を用いる¹⁾。本研究は，SDP工法の施工機械を簡略かつ小型化した模型実験を行い，砂質土系第2種の発生土をSDPに適用するにあたり，セメント系固化材（以下「固化材」と示す）の配合量と杭間密度の関係を調べた。本報告では，その結果と共に現場実験の結果も示す。

2. 実験装置 図-1に実験装置を示す。実験装置は，直径100cm，深さ120cmの円形土槽と，SDP打設機のアタッチメント，外管（外径26.7cm）内管（外径21.6cm）の二重管ケーシングパイプから構成されている。貫入時には土槽の底版と外管ケーシングに剛結された横梁とを結ぶ油圧シリンダーにより地中へ貫入を行い，杭造成時には内ケーシングの上部に連結された油圧シリンダーの上下運動によって締固めを行う。杭材は材料投入口より投入し，貫入中は管内を圧縮空気により圧気する。

3. 実験方法 地盤は相馬硅砂6号を水中落下により投入し，同時に周辺杭を4本締固めながら作成した（図-2参照）。周辺杭及び本杭の材料は含水比25%に調節した第2種発生土に一般軟弱土用固化材を0，70，90kg/m³で添加し24時間経過したものを使用した。杭造成は20cmずつ締固めを行うこととし以下の手順で行った。1)ケーシング内に材料を投入する。2)ケーシングを所定深度まで貫入する。3)外管を20cmまで引抜きながら材料を排出する。4)20cm造杭に必要な量が排出されるまで内管を上げる（重錘式砂面計により排出量を管理）。5)内管を打ち戻して拡径する。6)材料を追加投入する。7)3)～6)を繰り返して，所定の長さの杭を造成する。杭造成終了後の養生期間は1日あるいは7日とし，養生期

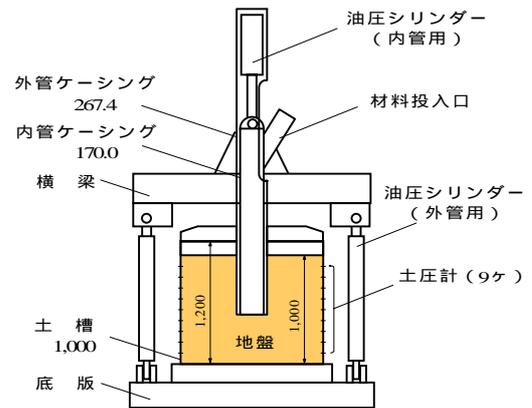


図-1 実験装置

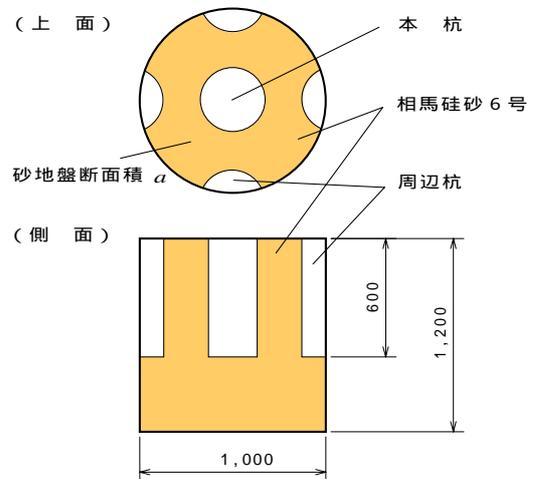


図-2 地盤部略図

表-1 実験ケース

実験ケース番号	杭材(配合量) Pc (kg/m ³)	杭間相対密度		上載圧 (kPa)	目標杭長 Lo(cm)	実測杭長 L1(cm)	養生期間 (日)
		事前(%)	事後(%)				
(1)	0	57	80	50	40	41.2	7
(2)	70	63	87	50	40	38.3	7
(3)	0	62	87	0	60	57.4	1
(4)	70	60	91	0	60	62.9	1
(5)	90	61	92	0	60	57.6	1

keyword：建設発生土，静的締固め杭，セメント系固化材，配合量，杭間密度

連絡先：国土総合建設（株） 東京都港区海岸 3-8-15 Tel：03-3457-9815 Fax：03-3457-9820

間終了後に杭径，盛上がり等を計測した．実験ケースを表 - 1 に示す．ケース(1)(2)は上載圧 50kPa，目標杭長 40cm，(3)～(5)は上載圧 0kPa，目標杭長 60cm である．

3. 固化材配合量と締固め効果 図 - 3 に単位長さあたりの杭材使用量と圧入率の関係を示す．圧入率は以下の式により算出した．

$$F_v = (\pi/4 \cdot D^2)/a \quad (式 1)$$

ここで F_v は圧入率 (%), D は実測平均杭径(cm), a は図 - 2 に示す杭を除いた砂地盤断面積 (cm^2)である．図 - 3 に示した斜めの直線は各実験ケースで造成されたそれぞれの杭と同じ体積収縮率を持つ材料の圧入率と使用率の関係である．実験ケース(1)(2)及び(3)(4)(5)で比較すると，直線は固化材を混合したケースの方が上がる．つまり，固化材を入れた方が拡径し，圧入率が高くなる．また今回の実験で得られたデータに着目すると，上載圧 50kPa の実験ケース(1)(2)では，拘束圧が高いために大きな違いはない．しかし，上載圧 0kPa の(3)(4)では同じ圧入率 9%弱を得るために必要な杭材使用量が大きく違い，固化材を混合した発生土は少ない使用量で良いことが分かる．すなわち，発生土に固化材を混合すると拡径しやすい材料となる．

次に，この圧入率と杭間の増加相対密度の関係を図 - 4 に示す．圧入率の増加と共に杭間の相対密度も増加する．つまり，固化材を混合した発生土の方が拡径しやすく，杭間の締固め効果も期待できる．

4. 打設前後のN値 図 - 5 に杭打設前後におけるN値を示す．本実験でのN値は次式に示す Meyerhof のN値と相対密度の関係より算出した．

$$D_r(\%) = 16\sqrt{N} \quad (式 2)$$

ここで N は地盤N値， D_r は相対密度である．なお，図には本工法の現場実験で計測されたN値も併せて示した¹⁾²⁾．現場1では配合量 $70kg/m^3$ ，現場2では $50kg/m^3$ 及び $70kg/m^3$ で行われ，それぞれ圧入率は 12.6%である．実験ケース(3)は使用量が多いため高い杭間N値となっているが，土槽実験，現場実験の両実験において固化材を混合することにより杭間の強度増加が著しくなる．

5. おわりに 本報告では，SDP工法の杭材として発生土を適用するにあたり，固化材配合量と杭間密度増加の関係を調べた．その結果，配合量と杭間密度には密接な関係があり，固化材を混合した発生土の方が拡径しやすく，杭間の締固め効果も大きいことが分かった．換言すると，SDP工法において発生土に固化材を混合することは効果的であると言える．

【参考文献】1) 山崎浩之，中里高密，田居繁，海野義晃：静的締固め杭工法の現地実験，第3回地盤改良シンポジウム，(社)日本材料学会，pp211-216，1998．2) 山崎浩之，高橋邦夫，善功企，田居繁，中里高密：建設発生土を活用した静的締固め杭工法に関する現地実験，港湾空港技研資料，No.887，1997．

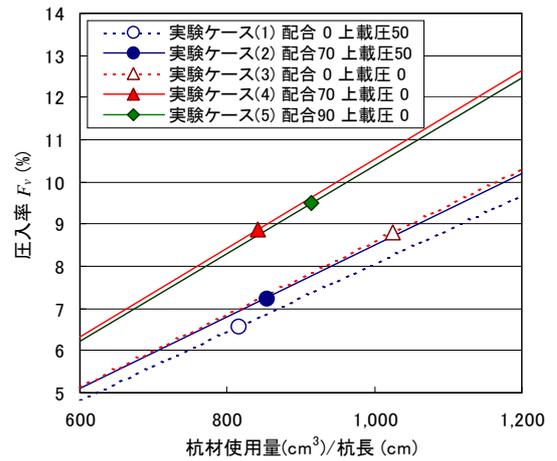


図 - 3 杭材使用率と圧入率の関係

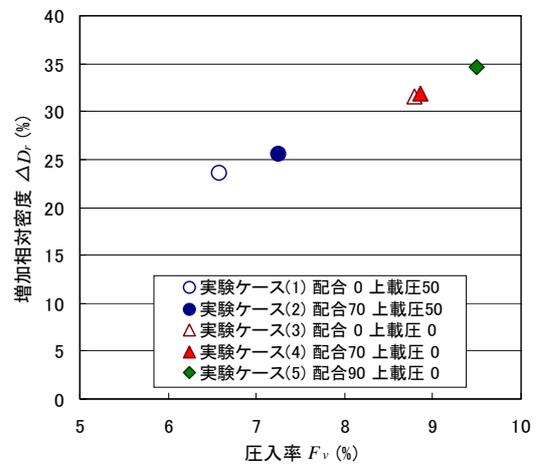


図 - 4 圧入率と増加相対密度の関係

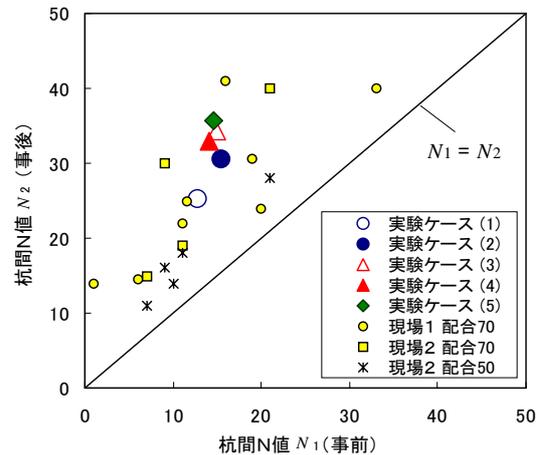


図 - 5 実験前後の杭間N値