

攪拌条件を考慮したチャンバー内塑性流動性評価方法（その1）

一様な攪拌条件と土圧変動との関係について

清水建設（株）技術研究所

正会員 ○中谷篤史 杉山博一

清水建設（株）外環大泉シールド作業所

正会員 原 忠 前田俊宏

東日本高速道路（株）関東支社東京外環工事事務所

佐々木博明 塚田裕史

1. はじめに

土圧シールドのチャンバー内掘削土の塑性流動性を評価する手法として、攪拌翼の接近に伴う土圧変動の大小から塑性流動性を評価する技術を開発し、展開をしてきた¹⁾。従来は攪拌条件（攪拌翼との離隔、攪拌翼の通過速度）が同一とみなせる位置、すなわち同心円上に土圧計を配置したが、大断面シールドで土圧計を均等配置しようとすると設置半径ごとに攪拌条件が異なり、従来のように比較評価できない。そこで本研究では、攪拌条件が異なる場合の土圧変動の違いを実験的に確認したので、その結果について報告する。

2. 実験装置の概要

図1に攪拌実験装置の概要図を示す。土槽の寸法は、内径 66cm、高さ 25cm とした。土槽中央部に攪拌翼を回転させるモーターを取り付け、ギヤードモーターにより回転数を変更できるようにしている。攪拌翼は中心から半径 20cm に設置した。攪拌棒の直下と、それを中心に半径方向に 5cm ずつ離して計 4 個の土圧計を設置した。

3. 実験条件と実験方法

表1に泥土試料の条件を示す。泥土試料は土の種類と気泡添加率を変えることで計 14 試料（ケース）を設定した。図2に実験手順を示す。試料混練直後にスランプ試験と粘性測定試験を実施し、泥土試料をビンガム流体と仮定して降伏値と塑性粘度を求めた。攪拌実験では攪拌棒と直下の土圧計-2 との離隔を所定の値（2，4，6 cm）に設定し、所定の回転数で 5 分間攪拌した後、回転数を変えて同様の計測を行った。なお、土圧の計測間隔は 0.1 秒である。1 試料につき

表1 泥土試料の条件

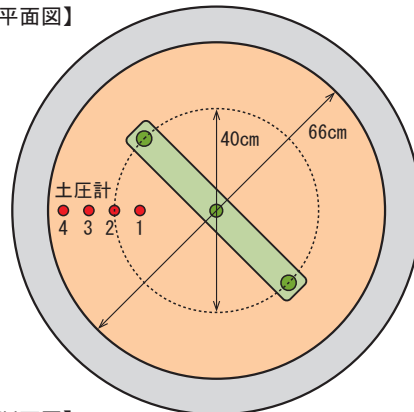
種類	気泡添加率 (%)	ケース名	スランプ (cm)	降伏値 (Pa)	塑性粘度 (Pa*s)
粘土	10	C10	7.5	1635	17
	15	C15	8.0	1472	14
	20	C20	10.0	1360	14
	25	C25	12.5	1359	8
	30	C30	12.5	1101	8
砂	20	S20	13.0	588	3
	25	S25	16.0	344	3
	30	S30	19.0	308	3
	35	S35	20.5	237	3
	40	S40	21.5	201	3
粘土+礫 15%	20	CG15	16.5	702	3
	20	CG30	21.0	404	3
砂+礫 15%	30	SG15	21.0	233	2
	30	SG30	17.0	342	1

攪拌棒の離隔が 3 条件、回転数が 4 条件、土圧計が 4 個あるため、計 48 の攪拌条件を再現していることになる。

4. 実験結果と考察

図3に攪拌時の土圧変動状況を示す。図は、ケース C10（粘土+気泡添加率 10%）とケース S40（砂+気泡添加率 40%）の回転数 2rpm と 8rpm

【平面図】



【断面図】

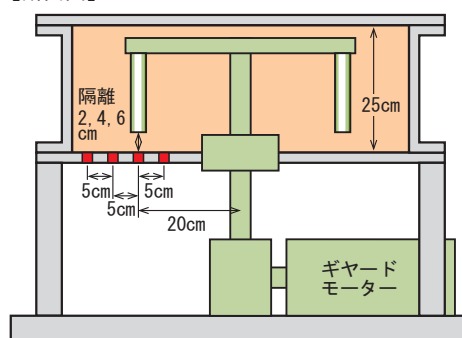


図1 攪拌実験装置

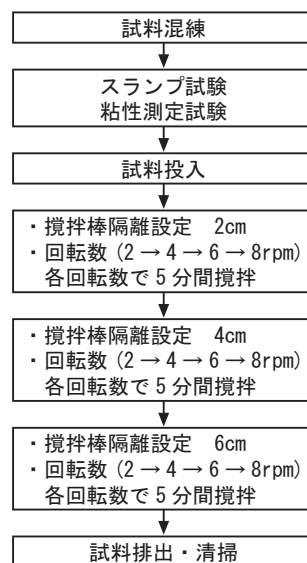


図2 実験手順

キーワード 土圧シールド、塑性流動性、土圧変動

連絡先 〒135-8530 東京都江東区越中島 3-4-17 社会システム技術センター TEL. 03-3820-8414

の結果である。なお、計測した土圧値からその時点より 60 秒間さかのぼったデータの平均値を差し引いて図化している。図より、ケース C10 のような硬い試料の場合は、土圧の変動幅が大きく、ケース S40 のような軟らかい試料の場合は、変動幅が小さい結果となった。また、攪拌棒から一番近い土圧-2 の変動幅が一番大きく、攪拌棒から離れるほど変動幅が小さくなっていることが分かる。この傾向は、回転数が異なっても同様の結果となった。土圧変動の幅を数値化するため、60～300 秒までのデータを対象として二乗平均平方根振幅（以下、RMS 振幅とする。）を求めた。攪拌棒の速度を土圧計との離隔で除したみかけのせん断速度を攪拌条件と考え、前述の RMS 振幅との関係を図 4 に示す。図より、両者の関係はほぼ線形であるとともに、粘性定数（降伏値、塑性粘度）の高い順に RMS 振幅が高くなっていることが分かる。また、粘性土と砂質土では土圧変動の波形形状が異なっていることから、これを考慮する指標として 60～120 秒（1 分間）波形の面積を試算した。この指標と攪拌条件の関係を検討した結果を図 5 に示す。攪拌条件（横軸）として離隔の逆数とした場合に線形的な関係がみられるとともに、粘性定数の高い順に波形面積が大きくなっていることが分かる。

本実験にて、泥土試料の違いなど様々な攪拌条件による土圧変動の違いを確認することができた。この結果を用いた塑性流動性評価方法については、その 2 で報告する。

謝辞：本研究は東京外かく環状道路本線トンネル（南行）大泉南工事で受託した技術開発業務（技術開発 A: モニタリング技術の開発）で実施したものである。本研究に際してご協力、ご助言いただいた関係各位に感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 杉山博一, 島厚夫, 原忠, 小瀧伸也, 渡邊洋輔：チャンバー内掘削土の塑性流動性評価と可視化ツールの開発, トンネル工学報告集, Vol. 22, pp. 309-315, 2012 年 11 月

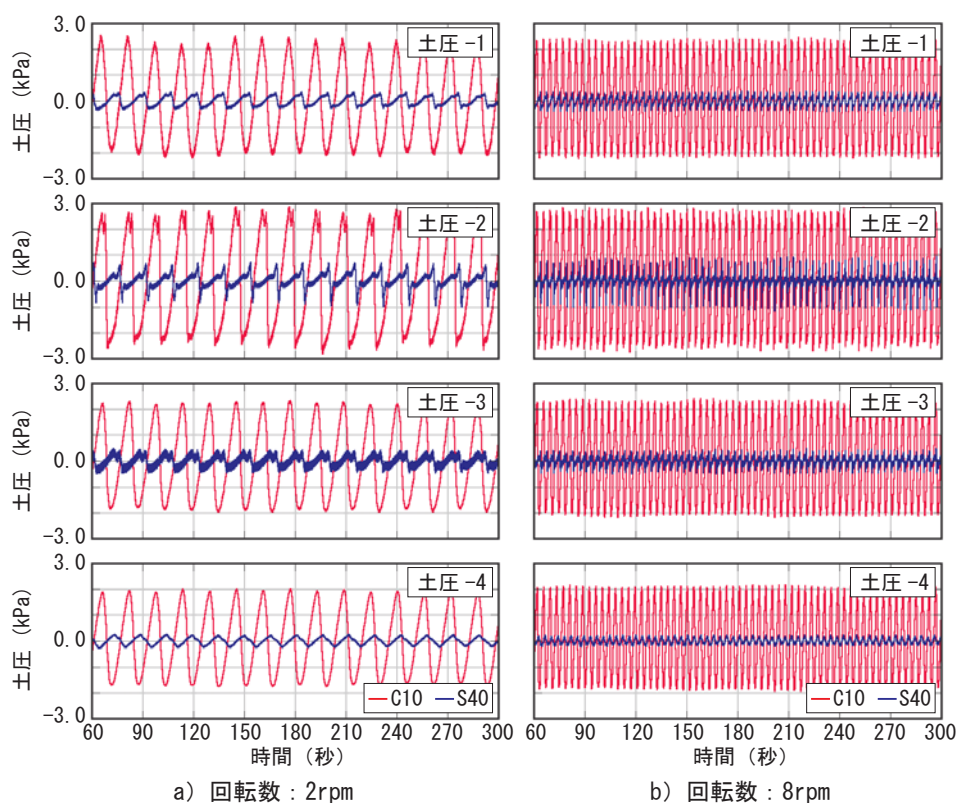


図 3 攪拌時の土圧変動状況（ケース C10 とケース S40 の比較）

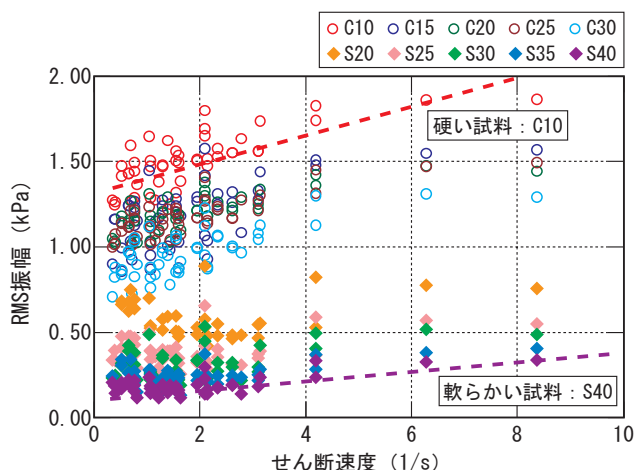


図 4 せん断速度とRMS振幅の関係

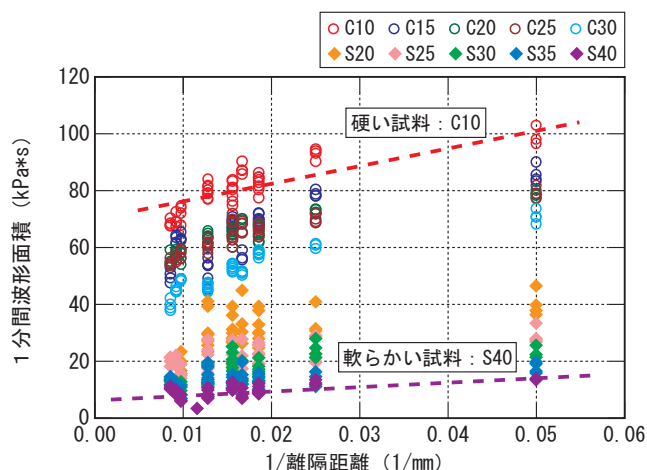


図 5 1 分間波形面積と離隔の逆数との関係