

チャンバー内土圧計測から掘削土の塑性流動性を評価する方法の検討（その3）

清水建設 正会員 ○渡邊洋輔，杉山博一，島 厚夫
安井克豊，小瀧伸也

1. はじめに

筆者らは、土圧式シールドのチャンバー内における掘削土の塑性流動性を評価する手法として、チャンバー隔壁部の複数個所で得た土圧計測値を用いる方法を検討している。

前報¹⁾では攪拌翼が土圧計に接近する際の圧力変動量の統計処理や解析を行うことで、掘削土の塑性流動性を評価できる可能性があることを示した。

今回、要素実験を行い、土圧計測値を用いた塑性流動性評価方法の有効性を検証した。本報ではその結果を報告する。

2. 土圧データを用いた塑性流動性の評価方法

塑性流動性は、土圧計測値から攪拌翼の接近による影響を抽出して、統計処理や解析を行い、その結果を用いて評価する。まず、図-1 に示すように、偏差土圧（各土圧計測値からチャンバー内の土圧の平均値を差し引いた値）を求め、ジャッキ推力や排土などによる変動を消去し、その偏差土圧の変動幅（標準偏差）を算出する。また、偏差土圧をフーリエ解析することで、パワースペクトル（土圧変動の特性を周期と関連させて表すもの）を求める。得られたパワースペクトルからカッター回転周期における波の振幅（以後、フーリエ振幅と記す）を求める（図-2 右）。この標準偏差やフーリエ振幅が大きければ、攪拌翼の接近による影響が大きく、土が硬いことを示す。

3. 実験概要

写真-1、図-3 に実験装置を示す。本装置は、加圧装置により被圧下のチャンバー内を模擬した。また、底部に土圧計を設置し、攪拌翼がその真上を通過するように配置しており、土圧の時間変化を測定した。

実験条件を表-1 に示す。コンクリート用細骨材に添加材（ベントナイトや気泡材）を加え、その添加率を変えることにより、塑性流動状態を変化させた。実験ケースは、ベントナイトで6 ケース、気泡材で10 ケースとした。塑性流動性の良し悪しは、スランプや触感で判断した。本実験では、ベントナイトを加えた場合はスランプ5～8cm、気泡材を加えた場合はスランプ1.5～3cm が塑性流動性良好状態

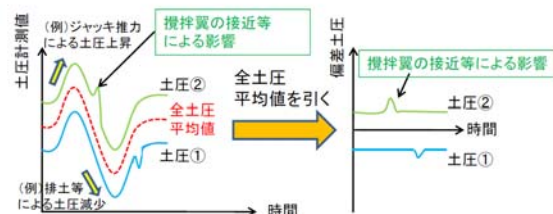


図-1 偏差土圧の概念図

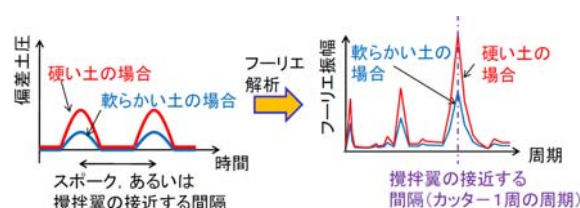


図-2 フーリエ解析の概念図



写真-1 実験装置全景

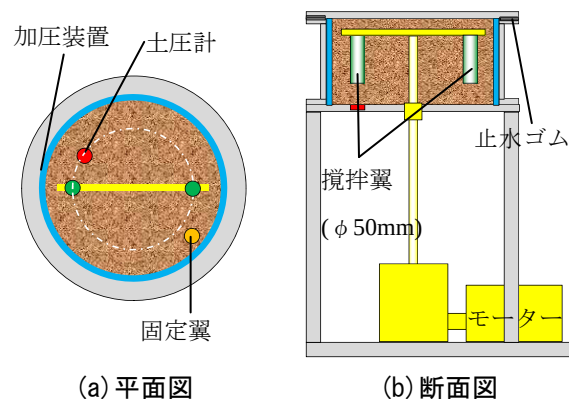


図-3 実験装置模式図

表-1 実験条件

試料	コンクリート用細骨材	
添加材	ベントナイト	気泡材
添加率 (%)	22.5～35	10～30
スランプ (cm)	3.8～12.0	0.7～12.8
作用圧 (kPa)	0～250	

キーワード 土圧式シールド，泥土圧，塑性流動，標準偏差，フーリエ解析

連絡先 〒105-8007 東京都港区芝浦 1-2-3 シーバンス S 館 清水建設（株） TEL:03-5441-0555

と判断した。作用圧は0～250kPaの範囲を25kPa間隔で変化させ、攪拌翼の回転速度は実際のシールド機の回転速度に合わせ4.9m/分と設定した。

4. 実験結果

ベントナイトを22.5%添加し、作用圧を25kPa間隔で増加させたケースの土圧計測結果を図-4に示す。図に示すように、ある一定の周期で土圧は上下変動を繰り返している。また、図-5に図-4と同じケースで作用圧を200kPaとした時のフーリエ解析結果を示す。フーリエ振幅は攪拌翼の周期(4rpm)である7.5secと15sec付近にピークが表れており、攪拌翼による影響が抽出できていることが分かる。

各ケースのそれぞれの圧力段階で標準偏差を算出し、スランプ(塑性流動性)との相関を求めた。図-6に気泡材を添加した場合の結果を示す。また、同様にフーリエ解析を行い、周期7.5secでのフーリエ振幅を抽出し、スランプとの相関を求めた。図-7にベントナイトを添加した場合の結果を示す。

5. 考察

実験結果より、以下のことが言える。

- ①スランプが小さくなれば、標準偏差とフーリエ振幅は大きくなる。
- ②作用圧が増加するほど、標準偏差とフーリエ振幅が大きくなる。

よって、標準偏差とフーリエ振幅は塑性流動性の指標となることが言える。たとえば、図-6のケースで、作用圧0kPa時の塑性流動性が良好な状態を示す標準偏差の範囲は、1.8～3.6kPaである。この範囲を外れる時には、添加材注入量等を調整し、範囲内に収めることで、チャンバー内の塑性流動状態を維持することが可能である。

また、土被り(作用圧)が変化すると、指標の範囲も変化することが分かった。

6. まとめ

塑性流動性の異なる土を用いた攪拌実験を行った結果、偏差土圧の標準偏差やフーリエ振幅の値が、塑性流動性の指標となることが分かった。

今後は、本評価方法を実工事に展開し、より良い塑性流動性評価方法を検討していく予定である。

参考文献：1) 中川拓也ほか：チャンバー内土圧計測から掘削土の塑性流動性を評価する方法の検討，第65回年次学術講演会講演概要集，6-252，土木学会，2010。

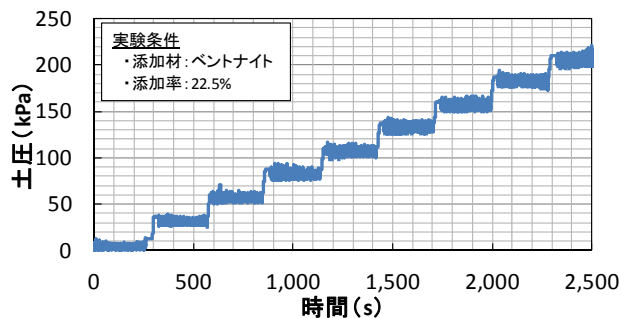


図-4 土圧計測結果

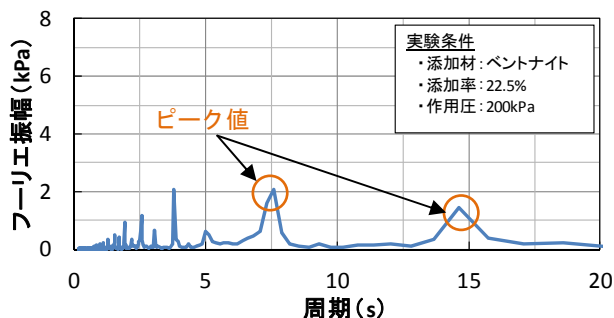


図-5 フーリエ解析結果

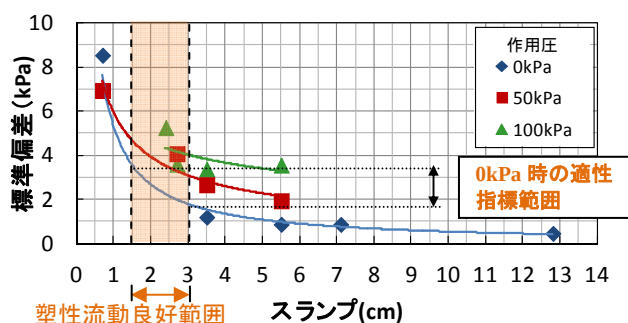


図-6 スランプと標準偏差の関係
(気泡材添加10%～30%)

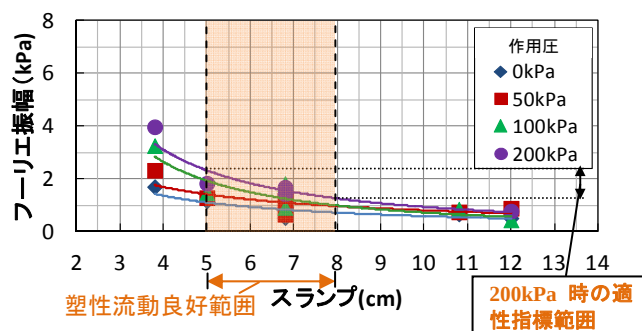


図-7 スランプとフーリエ振幅の関係
(ベントナイト添加22.5%～35%)