

しらす地盤における胴締め発生メカニズム

鹿島建設(株) 正会員 ○永谷英基 中島悠介 岡本道孝
中央開発(株) 正会員 北村良介 王寺秀介 荒井靖仁 高田 誠

1. はじめに

シールドマシンにおける胴締めや、ボーリング、杭打ちにおけるジャーミングは、周辺地盤の拘束により掘進・掘削が不能となる現象である。これらが発生すると、例えば、シールドマシン推力の増大によるセグメントの損傷や杭の高止まりなどのトラブルが生じて重大な問題となるが、その発生メカニズムについては十分に解明されていない。国内においては大阪の「コス」や鹿児島島の「しらす」の地盤で、当該事象が顕著に発生することが知られており、当社施工のトンネル工事においても、しらす地盤での推進工法によるパイプルーフの施工中に、胴締めが発生して掘進不能となった事例¹⁾がある。そこで、しらすを用いた胴締めの発生メカニズムを実験的に検討したので、その概要について報告する。

2. しらすの物性

鹿児島市内で掘削採取した一次しらすを実験に使用した。表-1 にしらすの物理試験結果を、図-1 に粒度分布を示す。しらすは一般的に土粒子密度が小さく、粒子破碎を生じやすいとされる²⁾が、図-2 に示すマイクロスコープ(倍率 100)で精査すると、ガラスが割れたような角張った粒子形状であり、粒子が多孔質であることを確認した。また、粒度分布は礫分からシルト分まで含んでおり、細粒分(75 μ m 以下)含有率は小さい。

表-1 しらす物理試験結果

湿潤密度 ρ_t	g/cm ³	1.370
乾燥密度 ρ_d	g/cm ³	1.119
土粒子密度 ρ_s	g/cm ³	2.327
自然含水比 e	%	22.5
間隙比 e	-	1.08
飽和度 S_r	%	48.4
礫分 (2~75mm)	%	18.7
砂分 (0.075~2mm)	%	64.2
シルト分 (0.005~0.075mm)	%	14.2
粘土分 (0.005mm未満)	%	2.9
最大粒径	mm	53.0
均等係数 U_c	-	17.2
液性限界 W_L	%	NP
塑性限界 W_p	%	NP
塑性指数 I_p	-	NP

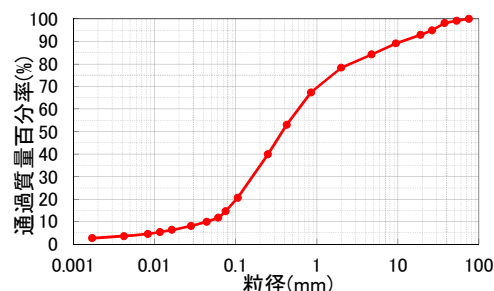


図-1 粒度分布

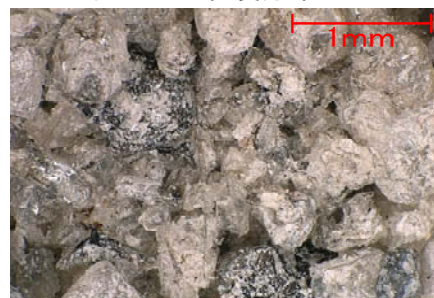


図-2 しらす土粒子の画像

3. 実験方法

シールドマシンの胴締め現象は、切羽で周辺地盤が乱されたところをマシンが掘進してせん断力を与えることによって、周辺地盤に正のダイレイタンスを生じさせて、マシンへの拘束圧(結果として周面摩擦力)が増大していると推定した。そこで、模型地盤内にコアロッドを回転貫入させて、強制的に地盤を乱しつつ、せん断力を加える回転貫入試験を考案し、メカニズムの検証を行った。図-3 に実験装置概要を示し、以下に詳細を示す。

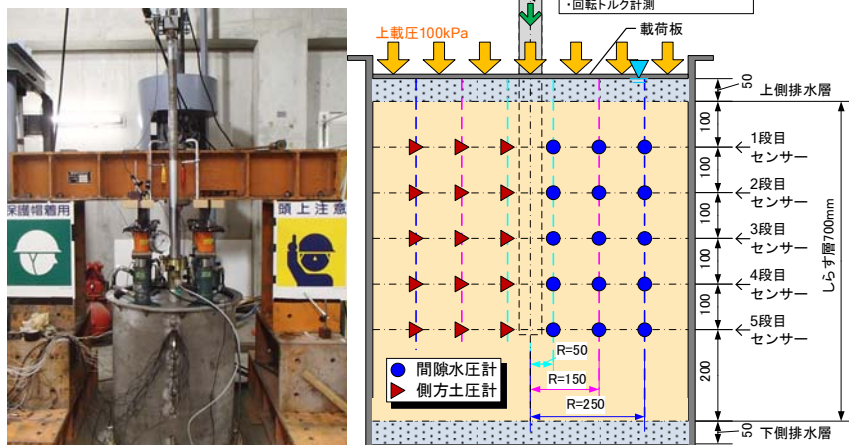


図-3 回転貫入試験装置

(1) **模型地盤** 模型地盤は前述のしらすを用い、自然状態の密度を参考に $\rho_d = 1.2\text{g/cm}^3$ の密詰め地盤を目標として内径 700mm の円形土槽内にランマーで締め固めた(50mm/層)。その後、地盤下方より通水して飽和させ、地下水

キーワード 胴締め, シールド工法, しらす, ジャーミング, ダイレイタンス, 回転貫入試験
連絡先 〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 鹿島建設(株)技術研究所 TEL042-489-6494

位は上端側に設けた排水層（2号硅砂）の天端と同一とした．実験時には，拘束圧として油圧ジャッキと載荷板により 100kPa の上載圧を載荷し，保持している．

（2）**回転貫入装置** 回転貫入装置は，コンクリート用コアドリルマシンを流用し，機械的に貫入可能な自動降下装置を用いた．コアロッドは，直径 50mm の汎用品を用いて，刃口は余掘り段差 1mm のビットを使用している．

（3）**計測項目** 地盤内には，土圧計（水平・鉛直）及び間隙水圧計を配置している（図-3）．また，コアロッドに作用するせん断力をトルク計で計測した．

（4）**実験手順** コアドリルモータの電流値を 30% からスタートさせて，胴締めで回転不能になるときに，電流値を 10% ずつ上げて行き，最終的に 100% の電流値で回転貫入不能となった時点で終了とした．また，土槽境界の影響を考慮し，模型地盤中心部となる深さ 300mm を目標に回転貫入させた後，30 分間静置してから再貫入させた．

4. 実験結果

貫入量・トルクと 3 段目計測ラインの間隙水圧・水平有効土圧の時系列データを図-4 に示す．ロッドの接近に伴い，最も内側に設置（ロッド側面から離隔 25mm）した土圧計と水圧計の値が徐々に上昇しており，ロッド刃口の回転貫入による応力伝搬が確認できる．300mm 貫入後，30 分間停止した後に再開したところ，ロッド刃口が通過してからトルクおよび直近地盤の水平有効土圧が急激に上昇し，回転不能となった．その都度，モーター電流値を上げていったが 400mm 貫入した時点でモーター能力を超えたため貫入を停止した．なお，土圧と水圧では応答値のオーダーに大きな差があり，全土圧が支配的であった．

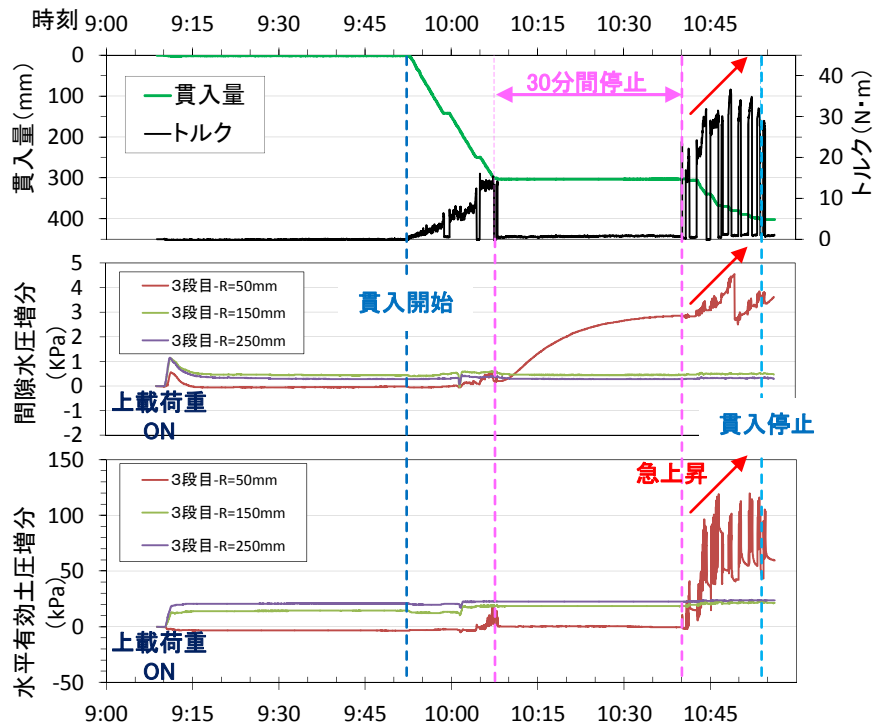


図-4 時系列データ（貫入量・トルク・間隙水圧・水平有効土圧）

次に，図-5 に水平有効土圧増分とトルクについて，貫入量に対する分布で整理した．両者は高い相関性を示しており，回転貫入に伴うせん断力の作用によって，ロッド周辺の土がダイレイタンスにより体積膨張して，有効水平土圧が急激に増加するとともに，ロッドも拘束してトルクが上昇したものと推察される．

5. まとめ

回転貫入試験によって，胴締め（ジャミング）現象を再現でき，ロッド直近の周辺地盤の土圧増加による影響が大きいことが分かった．別報では，余掘りの効果について報告する³⁾．

参考文献 1) 松本ら：シラス盛土を新しい先受け工法で克服，トンネルと地下，2000 年 12 月，2) 北村ら：しらす・しらす地盤の特性と設計・施工上の留意点，基礎工，2014 年 12 月，3) 中島ら：余掘りによるシールドマシンの胴締め圧力低減効果，土木学会第 73 回年次学術講演会，2018 年

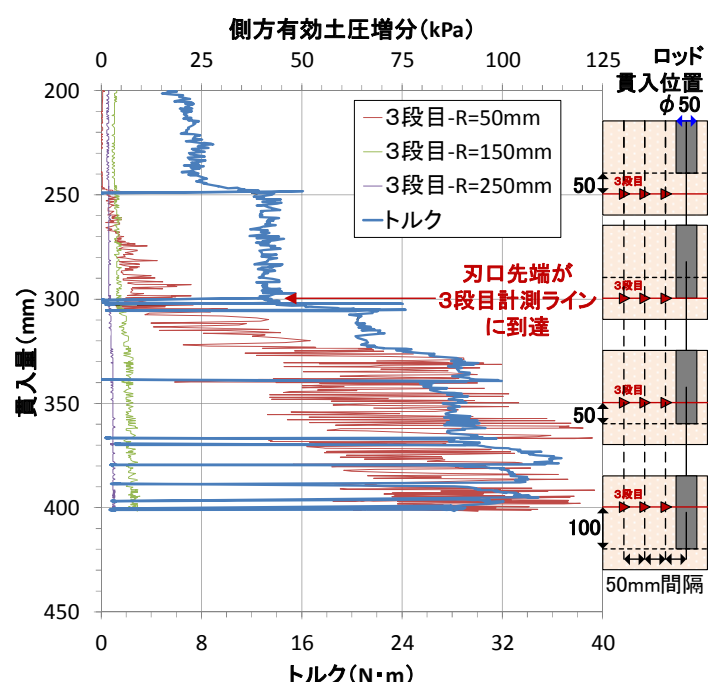


図-5 水平有効土圧～トルクの関係