

薬液を用いた自立削孔技術の開発

○東京都市大学大学院
東京都市大学
強化土エンジニアリング（株）

学生会員 杉浦 陽子
正会員 末政 直晃
正会員 佐々木 隆光

1. はじめに

掘削作業において、ベントナイトの注入やケーシングの配置といった孔壁の維持は必要不可欠である（図-1）。掘削工程を必要とする工法の例として薬液注入工法やボーリング試験が挙げられる。これらは複雑な地盤を有し地震が多発する我が国において重要な役割を果たしている。しかし、孔壁の維持を行うため、工費と時間を費やしていることがコスト削減への課題となっている。また、液状化が危惧されている緩い地盤では掘削ドリルによる圧密のみで孔壁は自立しない。そこで、工費と施工時間を可能な限り縮小するため、掘削作業を一工程で完了させる技術が求められている。よって、削孔しながらにして孔壁を自立させるための技術開発が必要である。その方法の一つとして、薬液注入工法に用いる薬液の使用を検討する。この薬液を孔壁に浸透、混合させ、孔の自立が可能か検討していく。本報告書では、孔壁安定のために必要な薬液の最適な配合の検討及び作製した瞬結配合の薬液を用いた円筒供試体の作製を行った結果とその供試体作製方法の妥当性、FEM 解析ソフトを用いて行った実地盤中の孔の変化を報告する。

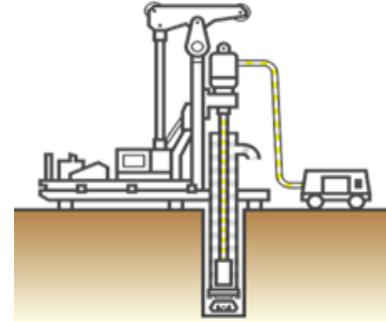


図-1 掘削作業の様子

表-1 薬液の配合表

SiO ₂	PRシリカ mL	アクター-M mL	水 mL	n	pH	GT min
6	177.18	43.53	779.29	1.00	4.34	70
6	177.18	45.71	777.11	1.05	3.25	647
6	177.18	47.88	774.94	1.10	2.86	1303
9	265.77	65.30	668.93	1.00	4.19	16
9	265.77	68.56	665.67	1.05	3.22	162
9	265.77	71.83	662.40	1.10	2.79	373
12	354.36	87.06	558.58	1.00	4.14	3
12	354.36	91.42	554.22	1.05	3.20	54
12	354.36	95.77	549.87	1.10	2.82	119
12	354.36	104.48	541.16	1.20	2.43	181

表-2 円筒供試体のサイズ

	直径(mm)	肉厚(mm)	高さ(mm)
No.1	60	50	150
No.2		30	
No.3		10	

表-3 Dr60%あたりの土質量¹⁾

供試体No	r(cm)	V(cm ²)	Ms	
			豊浦砂(g)	珪砂7号(g)
1	6	1340	2010	1975.9
2	5	821.7	1232.7	1211.6
3	4	397.6	596.4	569.3

2. 円筒供試体の作製及び強度測定

2-1. 円筒供試体の作製

円筒供試体作製において、薬液は表-2における固化時間 16 分のものを使用した。また、それぞれの供試体サイズを表-2に示す。用いる砂は豊浦砂・珪砂 7号とし、相対密度を 60%とした。相対密度 60%における必要質量は表-3に示す通りである。また、供試体作製方法は混合法を用いた。

2-2. 円筒供試体強度測定

円筒供試体は、二つの方法で強度測定を行った。その強度測定方法と強度測定結果を以下に示す。

2-2-1. 一軸圧縮試験機における実験

供試体の強度測定の方法の一つとして、一軸圧縮試験機を用いて供試体の破壊を行った。一軸圧縮試験機のロードセルと供試体の間にプラスチック板を挟むことにより、供試体全体に圧力がかかるような処置を施した。円筒供試体の強度を図-3に示す。グラフの特徴として、降伏点が二つ存在することが挙げられる。これは、载荷し続けることで、ロードセルとの設置面にひび割れが発生した後それ以外の部分で再度ひび割れが発生することから、降伏点が2つあると考えられる。また、強度としては最大でも 20N 程度のものであり、肉厚が最薄のものはわずか 2N 程度であった。

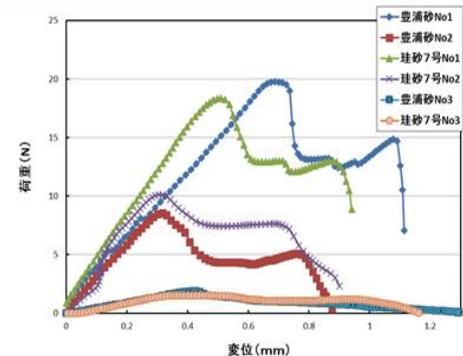


図-2 実験結果（一軸圧縮機の実験）

キーワード 孔壁 薬液 円筒供試体 有限要素解析連絡先

〒158-8557 東京都世田谷区玉堤 1-28-1 TEL:03-5707-2222 Email:g1581709@tcu.ac.jp

そのため、実地盤での使用を想定した際、肉厚部分（薬液部分）が1 cm程度以下のものは孔壁が崩壊するものと考えられる。

2-2-2. メンブレンを用いた実験

この実験は、円筒供試体の側面全体に水圧をかける実験である。本実験では、供試体の側面を水で膨張させたメンブレンによって破壊させた。水を注入する装置に変位計、水圧計を取り付け、変位、圧力を計測した。また、水を注入する装置は直径5cmの筒状のものであるため、変位と水注入装置の断面積から排水量を求めた。また、実験を行った結果を図-4に示す。強度としては、最大で0.65MPa程度となった。このため、一軸圧縮試験機による実験よりも高強度であると考えられる。

3. 地盤中の孔を想定したFEM解析

本報告では、FEM解析ソフトを用いて、実地盤にある孔の挙動の解析を行った。これは、今後行う実地盤での実験をイメージしたものである。用いた解析ソフトPLAXIS 3Dである。本報告では、試験的に $\phi = 0.5\text{m}$ 、ボーリング調査で掘削する深度を目安とし、深さ10mに孔の条件を設定した。また円筒供試体における肉厚部分を薬液固化部分として、肉厚0.1mとした。そして、各パラメータを表-4のように設定した。ここで、使用した初期せん断弾性係数Gは、 SiO_2 濃度12%で作製された薬液供試体を測定した値を採用した。解析結果を図-5, 6, 7に示す。また、最も変位の大きい箇所は孔の最深部であると分かった。また、この肉厚で解析を行った結果、孔壁は破壊された。そのため、本研究で行った円筒供試体と同条件の場合、深度10m地点までの掘削において、孔壁は崩壊すると考えられる。そのため、肉厚を更に厚くする必要があると考えられる。また、今回は、孔の ϕ を大きく設定したのでより小さくしたものの解析を行ってみたい。

4. 今後の展望

FEM解析に関しては、孔の Φ や肉厚、パラメータ等を変更し、解析を続けていく。今後、実験器具の用意が整い次第、実地盤での実験を重ねていきたい。また、実験に使用する薬液は円筒供試体に使用したものと同様とするが、混合→攪拌といった今までの順ではなく、攪拌→混合で薬液を固化させることを検討している。

参考文献

- 1) 土質力学 安田 進,山田 恭央,片田敏行 共著 オーム社 平成15年発行 P24~25
- 2) 山崎貴広 薬液供試体の非破壊試験におけるベンダーエレメント試験の適用性についての研究 平成26年 卒業論文
- 3) 水野健太, 佐々木隆光 恒久グラウトにより改良した固結砂の力学特性および変形特性 土木学会第67回年学術講演会 III-243

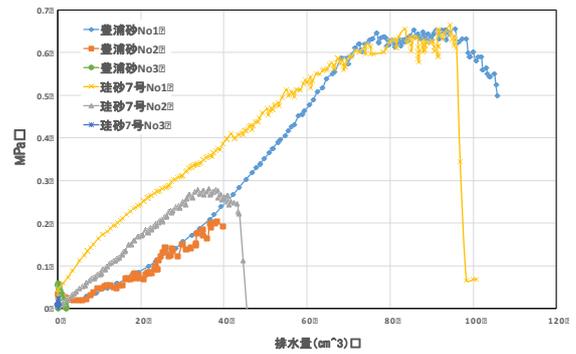


図-4 実験結果（メンブレン試験）

表-4 各パラメータ²⁾

試料名	豊浦砂	薬液+豊浦砂
初期せん断弾性係数(kN/m ²)	64230	46858
粘着力c	0	
内部摩擦角 ϕ (°)	39.7	41.4
ダイレイタンス角 ψ (°)	10	11
ポアソン比 ν	0.3	

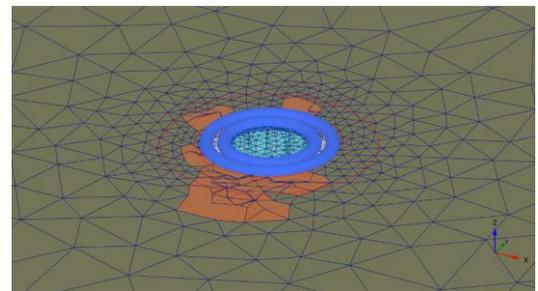


図-5 解析結果

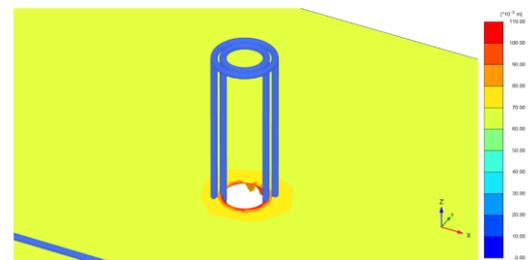


図-6 孔壁の様子

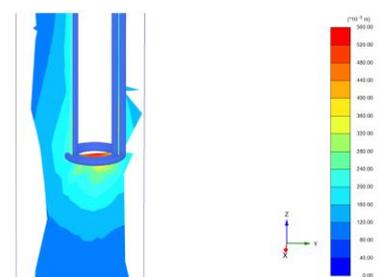


図-7 解析結果（変位）