

泥水掘削溝壁の安定性に与える先行壁の影響

中央大学大学院 学生会員 ○佐藤 友哉
 中央大学 学生会員 安佐伊 弘貴
 中央大学研究開発機構 正会員 石井 武司
 中央大学 正会員 齋藤 邦夫

1. はじめに

連続地中壁の施工においては、泥水掘削工法で地盤に溝を開削した後に、直ちに溝に鉄筋籠を挿入し、泥水をコンクリートで置換する。

図-1 に示す平面形状図のように、コンクリートの打設後に直ちに固まらないため、1 エlementを飛ばし、先行壁Elementを施工せざるを得ない。

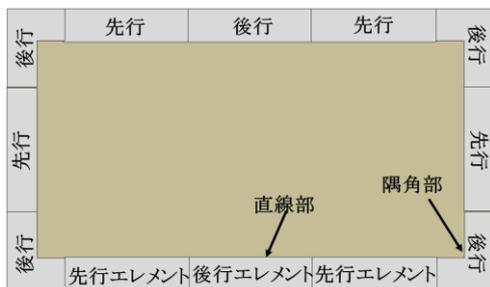


図-1 平面形状図

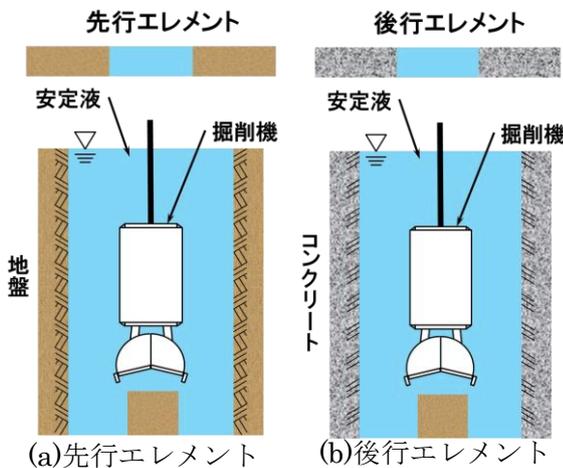


図-2 掘削状況

そのため、図-2 を示すように後行Element施工時は先行壁が構築されているためと摩擦の影響があり、地盤に対する拘束効果の影響がある。しかし、掘削時は先行壁が構築されていないため、拘束効果の影響がない。このことから、先行壁の有無により境界条件の違いが生じ、安定性の影響が懸念される。

既往の研究¹⁾では、数値実験で隅角部の安定性における先行壁の有無の影響についての検討はなされ

ていた。その結果、先行壁の有無は溝長さが小さい隅角部に安定性に影響するということが言われている。しかし、泥水掘削溝直線部の安定性に及ぼす先行壁の有無の影響についての検討はされていないことから、本研究では、数値実験で先行壁の有無が泥水掘削の安定性にどのような影響を及ぼすかを評価する。その影響を調べるために、模型実験では先行壁の影響および変形状について検討する。

2. せん断強度低減法 FEM²⁾による数値解析

2.1 計算手法

本研究では、溝壁の安定性とすべり面を把握するために、せん断強度低減法を弾塑性 FEM に組み込んだせん断強度低減法 FEM (SSR-FEM) を用いた。せん断強度低減 FEM (SSR-FEM) は、すべり面を仮定せずに、すべり面と系全体の安全率を算定できるという特徴を持つ。弾塑性 FEM については、地盤は弾完全塑性体で、その降伏基準を Mohr-Coulomb 式とし、弾塑性計算には、修正 Newton-Raphson 法を用いた。

2.2 計算条件と計算ケース

本数値解析では砂地盤を対象とする。地盤および

表-1 地盤・安定液物性値

地盤物性値	内部摩擦角 ϕ ($^{\circ}$)	35.0
	ダイレイタンシー角 Ψ ($^{\circ}$)	35.0
	粘着力 c' (kPa)	0.0
	ヤング係数 E_{50} (kPa)	67,500
	飽和単位体積重量 γ_{sat} (kN/m ³)	18.0
安定液物性値	水の単位体積重量 γ_w (kN/m ³)	9.81
	水の単位体積重量 γ_m (kN/m ³)	10.30

表-2 先行壁物性値

RC 先行壁物性値	粘着力 c' (kPa)	1.0×10^4
	ヤング係数 E_{50} (kPa)	2.0×10^6
	単位体積重量 γ_s (kN/m ³)	24.0

表-3 計算ケース

Case	1	2	3	4	5	6	7	8
掘削長 L (m)	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0
水位差 ΔH (m)	1.0							

キーワード 泥水掘削溝, 数値解析, 先行壁, 模型実験

連絡先 〒146-0083 東京都大田区千鳥 3-16-7-409 TEL. 03-5482-0919 Email : yanshin0216@docomo.ne.jp

安定液の物性値を表-1に、先行壁の物性値を表-2にそれぞれ示す。

地盤内水位は-1.0m、安定液水位を地表面にそれぞれ設定した。掘削長Lを1.0mから8.0mまで1.0mずつ増やした。表-3に計算ケースの一覧を示す。

2.3 解析モデル

直線部の掘削溝は図-1に示すようにその平面形状の対称性から1/4モデルで表現できる。図-3に先行壁無しと有りのモデルを示す。さらに、有限要素メッシュと境界条件を図-4および図-5に示す。

図-5においては、図-3の解析モデルにも示しているように、受働破壊防止のために地盤表層部にガイドウォールで押さえることで、それに相当する境界条件を与えた。

図-5の(a)および(b)に示すように、溝壁面および側面に水圧差(安定液圧と地盤内水圧の差)を与えた。

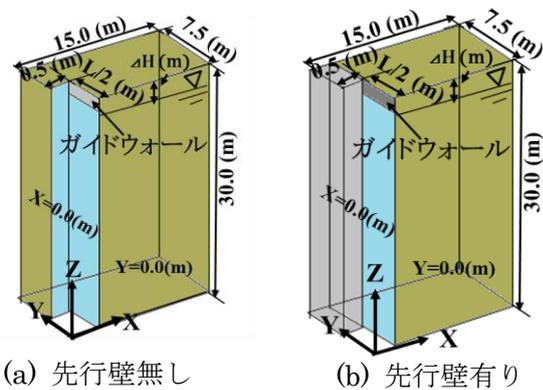


図-3 解析モデル

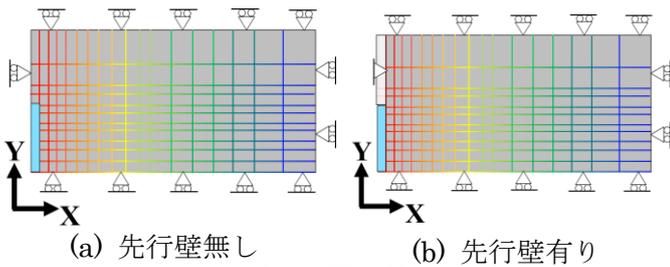


図-4 平面図

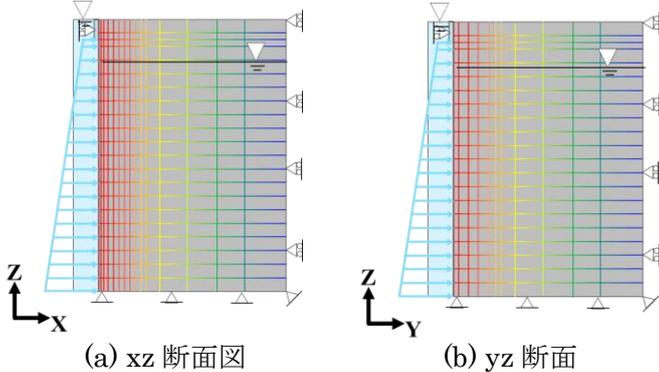


図-5 有限要素のメッシュおよび境界条件

2.4 数値解析結果

数値解析で得られた、掘削長Lと安全率Fsの関係を図-6に示す。泥水掘削溝の安定性は、掘削長Lが長くなるごとに漸減する。また、先行壁有無の影響は、掘削長Lが2m以下では認められた。

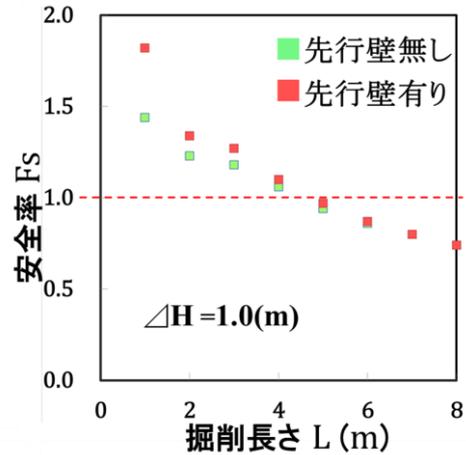


図-6 掘削長さ安全率の関係

3. 模型実験

3.1 模型実験概要

先行壁有無が安定性および変形状に及ぼす影響を調べるために、重力場で1/4モデルを対象とした直線部の小型模型実験を行った。模型地盤材料に、通常の砂の約1.7倍の自重をもつクロマイトサンドを使用する。

実験ケースは表-4のとおりである。

表-4 実験ケース

	先行壁	掘削長L/2(mm)	水位差 ΔH(mm)	地盤内水位 (mm)
ケース1	無	520(L=1040(mm))	675	1450
ケース2	有	520(L=1040(mm))	535	1450

模型地盤の表層部における受働破壊防止のために、ガイドウォールを設置した。

すべり線の把握およびガラス面と地盤との間の摩擦軽減のために、ガラス面にメンブレンを貼り付けた。

次に、先行壁有無に伴う境界条件に見合うよう、図-7の(a)を示すように「先行壁無し」では溝壁の隣に設置する薄いアルミ板にメンブレンを貼り付け、図-7の(b)を示すように「先行壁有り」では先行壁の表面にクロマイトサンドを付着させた。

模型地盤作製は、空中落下法により相対密度Dr=80%程度の地盤を作製した。一定の水頭差を保ちながら地盤下部よりゆっくり通水を行い、飽和させた。そして通水に伴う沈下量によって得られた相

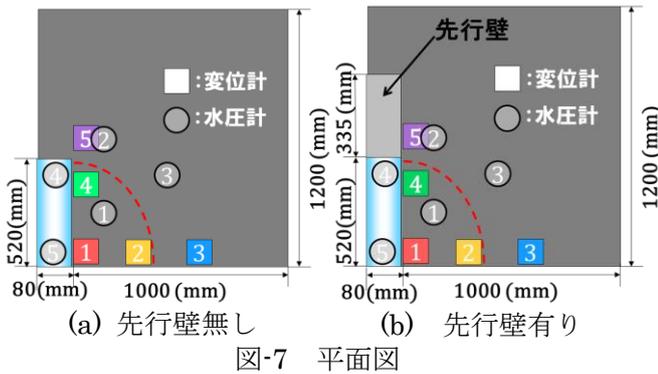


図-7 平面図

対密度 D_r は、先行壁無しでは 83%，先行壁有りでは 76% となり、本実験における相対密度は 80% 前後ということとなった。

溝壁の安定性を調べるために、図-8 を示すように、溝壁内底部および地盤内底部に水圧計を設置し、主に溝壁内水位および地盤内水位に着目した。

また、変形性状を調べるために、変位計を設置した。さらに、崩壊断面を調べるために模型地盤の深さ 140mm ごとにシルコンサンドを敷いた。

次に、溝壁内の安定液を 10 mm/min の一定排出速度で抜き、地盤を崩壊させた。実験終了後より地盤深さごとに掘削・計測を実施した。

最後にガラス面にマーカーでなぞり、すべり線の確認を実施した。

3.2 実験結果

水位差、沈下量の経時変化図を先行壁無しの場合の図-9 の(a)に示すとともに、先行壁有りの場合の図-9 の(b)に示す。

先行壁無しにおいては、水位差の低下速度が溝壁のはらみだしが生じ始めたことにより変化する。その時に地表面沈下量の増分量も変化することで、降伏点を 443mm と定義した。また、溝壁が崩壊することで、水位差が上昇することで崩壊点を 296mm と定義した。

先行壁有りにおいては、水位差の低下速度が溝壁のはらみだしが生じ始めたことにより変化する。そ

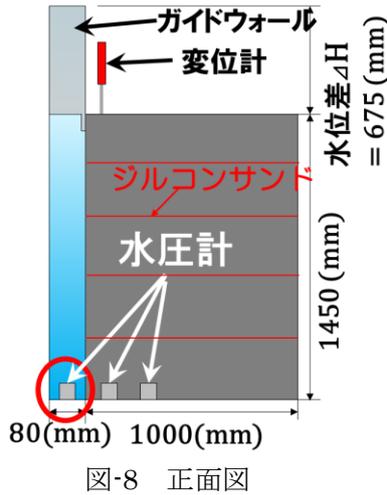
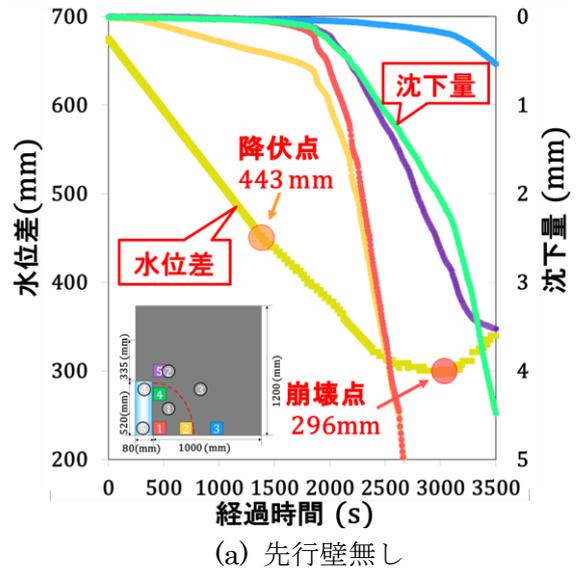
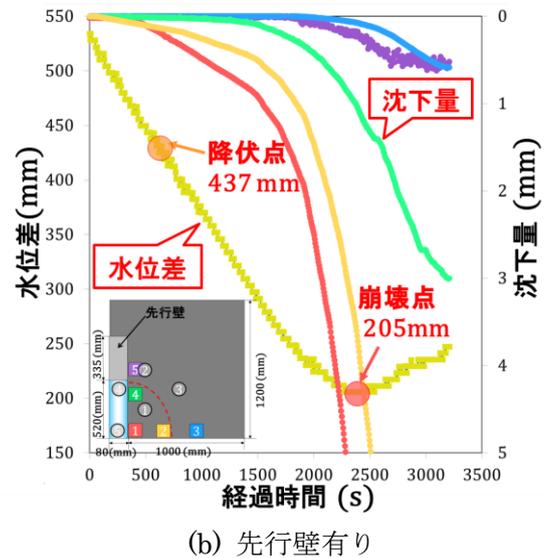


図-8 正面図



(a) 先行壁無し



(b) 先行壁有り

図-9 水位差・沈下量の経時変化図

表-5 水位差のまとめ

先行壁	降伏時水位差 (mm)	崩壊時水位差 (mm)	降伏時水位差と崩壊時水位差の差 (mm)
無し	443	296	147
有り	437	205	232

の時に地表面沈下量の増分量も変化することで、降伏点を 437mm と定義した。また、溝壁が崩壊することで、水位差が上昇することで崩壊点を 205mm と定義した。表-5 のように、先行壁有りの降伏時水位差と崩壊時水位差の差は、先行壁無しよりも 80mm 程度高い。このことは、先行壁の存在により崩壊に対するねばりがあると言える。

次に、写真-1 のように先行壁有りのすべり面の平面形状を示す。すべり面は先行壁に接する溝端部から放物線を描く。

すべり面の断面を写真-2(a)と(b)に示す。泥水掘削溝底部を原点とする放物線状のすべり線を比較す

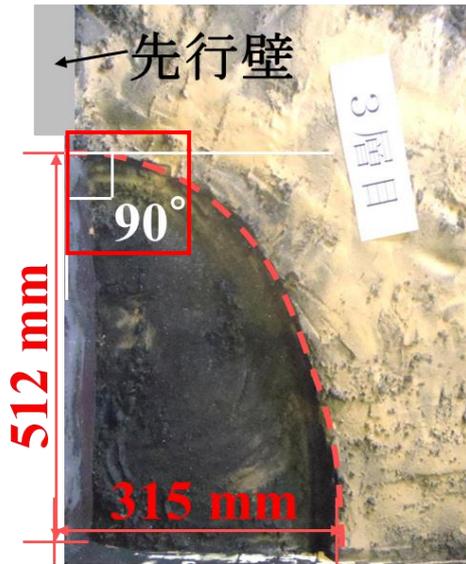


写真-1 地表面から 330mm の地点
(ガイドウォール直下)での崩壊域

る。崩壊角 θ はわずかに異なるが、全体の形状と位置は両者が概ね一致する。

4. 結論と今後の課題

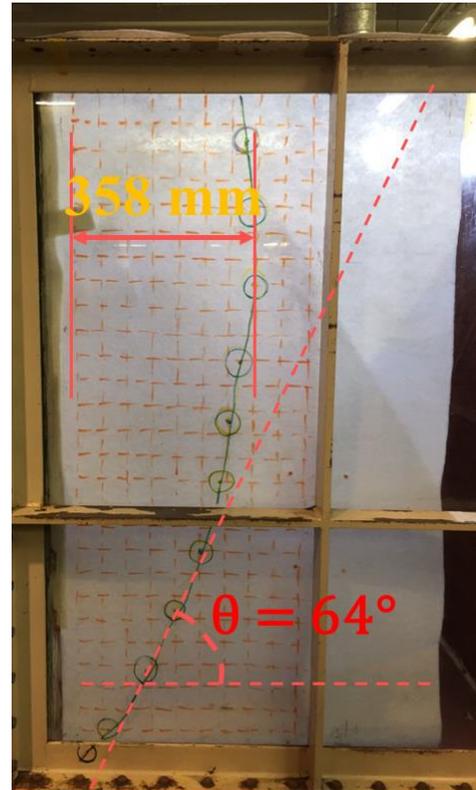
本研究において、以下のような知見をまとめた。
数値実験では以下のような知見が得られた。

- 1) 先行壁有無の影響は、深さ 30m の溝においては掘削長 L が 2m 以下では認められた。
- 次に模型実験では以下のような知見が得られた。
- 2) 先行壁有りとなし時の降伏時の安定液水位はほぼ同じである。
- 3) 先行壁有りの降伏時水位差と崩壊時水位差の差分は、先行壁無しよりも高く、先行壁の存在によりねばりが発揮された。
- 4) 先行壁有りとなし時のすべり面形状はほぼ同じであった。

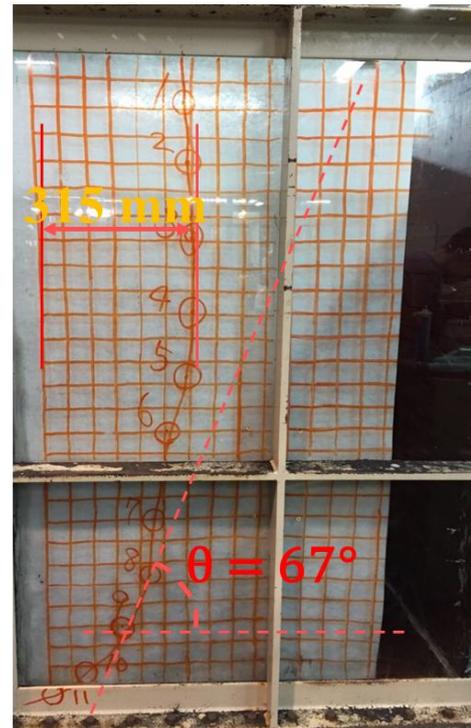
今後の課題として、模型実験を再現するための数値解析を実施し、先行壁有りとなし時の安定機構を検討する。

<参考文献>

- 1) 本田 敦久 (2005) : 「泥水掘削溝隅角部の安定性に関する研究」, 中央大学大学院修士論文, pp. 63~83.
- 2) 石井 武司 (2004) : 「三次元弾塑性 FEM による泥水掘削溝壁の安定性評価に関する研究」, pp. 42~44.



(a) 先行壁無し



(b) 先行壁有り
写真-2 すべり線