

泥水掘削溝壁近傍に置かれた施工機等の重量が掘削溝の安定性に及ぼす影響

中央大学 学生会員 ○山本 竜也
中央大学 学生会員 長谷 祐暉
中央大学研究開発機構 国際会員 石井 武司
中央大学 国際会員 齋藤 邦夫

1 はじめに

連続地中壁を構築する場合に、最も問題になるのが泥水掘削時の溝壁の安定性である。施工時において掘削溝壁近傍で掘削機や鉄筋かごの建て込みのクレーンが接近することや、建設資材等が仮置きされることも容易に想定できる。そのため溝壁の安定性に及ぼす溝壁近傍の荷重の影響は重要なものと考えられる。

こうした背景から本研究では数値実験により、溝壁近傍に施工機荷重を載荷し、離隔や載荷重、載荷幅などの条件を変化させ、溝壁の安定性に及ぼす影響を検討した。

2 数値実験の方法と検討項目

2.1 計算手法

せん断強度低減法を塑弾性有限要素解析法に組み込んだ SSR-FEM を用いて数値実験を行った。この手法はすべり面形状を仮定せずに、すべり面と系全体の安全率を算定できるという特徴を有する。¹⁾

2.2 計算条件と計算 case

計算対象の地盤は、変形や崩壊が生じやすいゆるい砂とし、その物性値を表 1 のように設定した。また、泥水掘削溝および施工機荷重における計算条件は表 2 に示す。なお、地盤内水位は地表面と一致させ、安定液水位を地表面上 1m とした。載荷重 q については、最大掘削深度 50m~70m の場合に用いられる掘削機²⁾を選定し、その全装備重量を履帯面積で除した平均的な値を基本条件として設定した。載荷幅 B においては、掘削機の片側の履帯幅を基本条件とし、載荷長さ l においては履帯のおおよその長さを基本条件として用いた。計算における各パラメータの定義を図 1 に示す。また掘削深さ $Z=15\text{m}$ 、掘削長さ $L=7\text{m}$ 、離隔 $d=1\text{m}$ のメッシュ分割例を図 2 に示す。

- 本研究では、以下 4 つの検討項目に関する数値実験を行った。
- 1) 離隔 d の安全率への影響の検討
 - 2) 離隔 d と掘削深さ Z の関係の検討
 - 3) 載荷重 q の安全率への影響の検討
 - 4) 載荷幅の安全率への影響の検討
- 表 3 には、各項目ごとの計算 case の一覧を示す。

キーワード 泥水掘削溝壁の安定性, SSR-FEM, 離隔, 載荷重, 載荷幅

表 1 物性値

材料	物性	設定値
砂地盤	単位体積重量 γ_{sat}	18.0 kN/m ³
	ヤング係数 E	67.5 MN/m ²
	ポアソン比 ν	0.333
	せん断抵抗角 ϕ	35°
	粘着力 c	0 kN/m ²
安定液	単位体積重量 γ_m	10.3 kN/m ³

表 2 計算条件

泥水掘削溝		施工機荷重	
掘削深さZ	15m	載荷重q	100kN/m ²
掘削長さL	7m	載荷幅B	1m
水位差Δ H	1m	載荷長さl	6m
		設置条件	粗

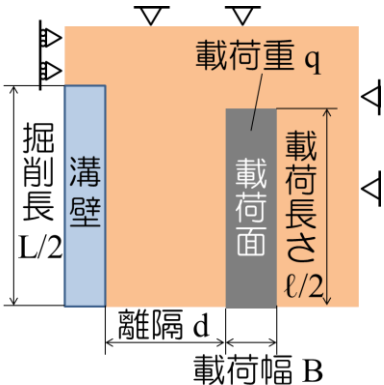
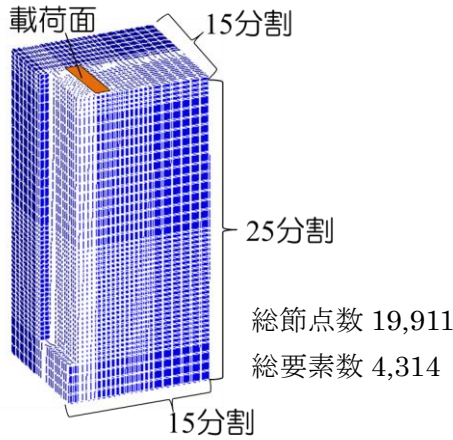


図 1 パラメータ定義図



($Z=15\text{m}, L=7\text{m}, d=1\text{m}$)

図 2 メッシュ分割例

表 3 計算 case の一覧

1						
掘削長さ L(m)	離隔d(m)					
	1	3	5	7	10	15
3	C1-11	C1-12	C1-13	C1-14	C1-15	C1-16
5	C1-21	C1-22	C1-23	C1-24	C1-25	C1-26
7	C1-31	C1-32	C1-33	C1-34	C1-35	C1-36

2				
離隔 d(m)	掘削深さZ(m)			
	5	10	15	30
3	C2-11	C2-12	C2-13	C2-14
5	C2-21	C2-22	C2-23	C2-24
7	C2-31	C2-32	C2-33	C2-34

3						
L=3m 載荷重 q(kN/m ²)	離隔d(m)					
	1	3	5	7	10	15
40	C3-11	C3-12	C3-13	C3-14		
70	C3-21	C3-22	C3-23	C3-24		
100	C3-31	C3-32	C3-33	C3-34	C3-35	C3-36
L=7m						
載荷重 q(kN/m ²)	離隔d(m)					
	1	3	5	7	10	15
40	C3-41	C3-42	C3-43	C3-44		
70	C3-51	C3-52	C3-53	C3-54		
100	C3-61	C3-62	C3-63	C3-64	C3-65	C3-66

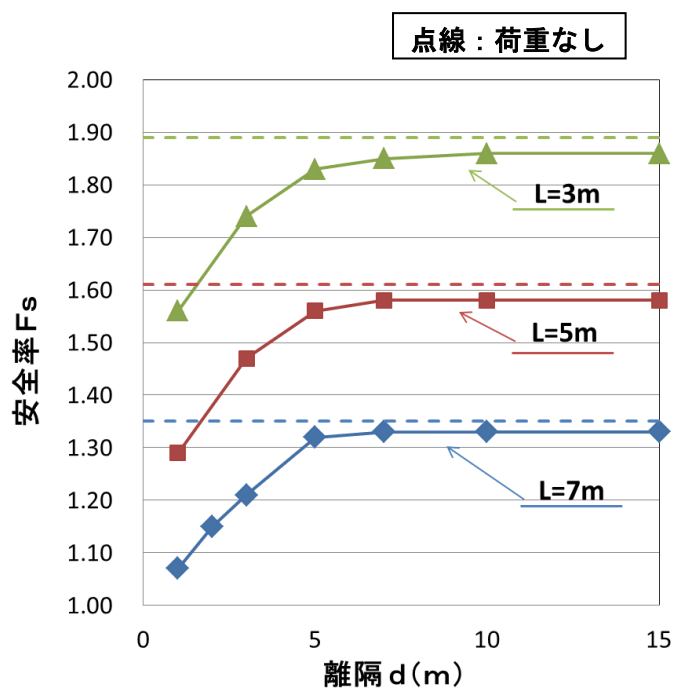
4						
載荷幅 B(m)	離隔d(m)					
	1	3	5	7	10	15
1	C4-11	C4-12	C4-13	C4-14	C4-15	C4-16
2	C4-21	C4-22	C4-23	C4-24	C4-25	
4	C4-31	C4-32	C4-33	C4-34	C4-35	

3 数値実験の結果

3.1 安全率に及ぼす離隔の影響

図 3 は離隔 d と安全率の関係である。従来の研究により掘削長さ L が長くなるほど溝壁の安定性は小さくなることが指摘されており、本実験においても同様な傾向が認められる。また、掘削長さ $L=3\sim 7\text{m}$ のケースにおいて、離隔 d の安全率に及ぼす影響は類似しており、 $d<5\text{m}$ の範囲における安全率は急減する傾向を示す。

安定液圧と土圧による溝壁のつり合いに加えて、周辺の載荷重の影響を関連させて、溝壁の安定性に着目する。まず、図 4 は載荷重のない場合の地盤内に生じたせん断ひずみ分布図である。掘削長さが短くなるごとにひずみ分布は立つ形となり、溝壁に近づくことが確認できる。図 5 に荷重を考慮した場合の例として、掘削長さ $L=7\text{m}$ におけるひずみ分布図を示す。離隔 $d=1\text{m}$ に関しては溝壁底部から生じるひずみと載荷重によるひずみは、それぞれ独立している。ただし、安全率が他に比べて、小さな値となるのは溝壁に近接していることによるものと判断できる。離隔が $d=3\text{m}$ および 5m の場合は、溝壁の不安定化と載荷重によって発生するひずみが干渉していることがわかる。特に、離隔 $d=5\text{m}$ に関しては載荷面後方の位置に向けてすべり線が引っ張られている様子が確認できる。しかし、離隔 $d=7\text{m}$ のひずみ分布性状は離隔 $d=1\text{m}$ の場合と同様に載荷重によるものと、溝壁の不安定化に基づくものとが独立しており、溝壁の安定性に対して荷重が影響を及ぼしていないことが確認できる。

図 3 掘削長さ L と離隔 d による安全率の推移

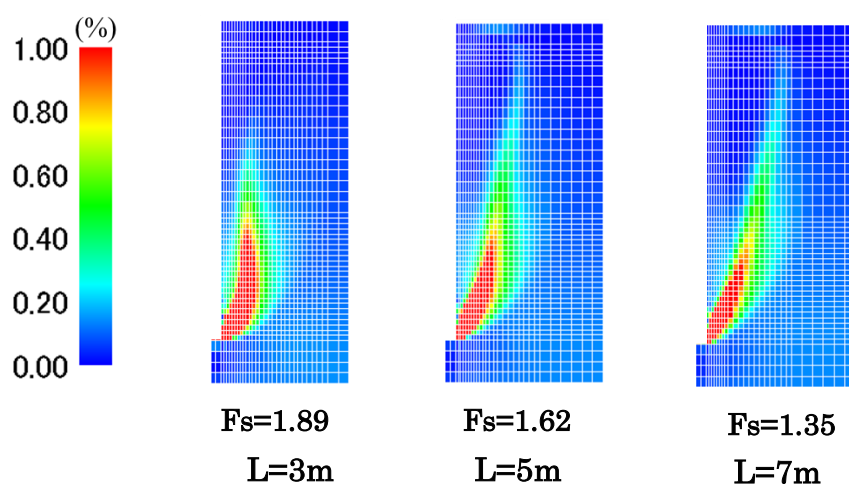
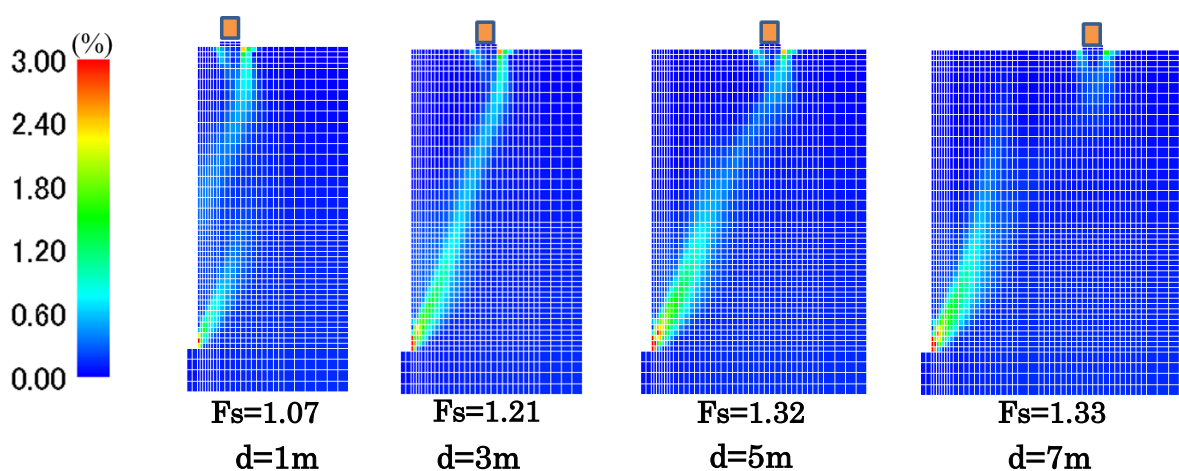
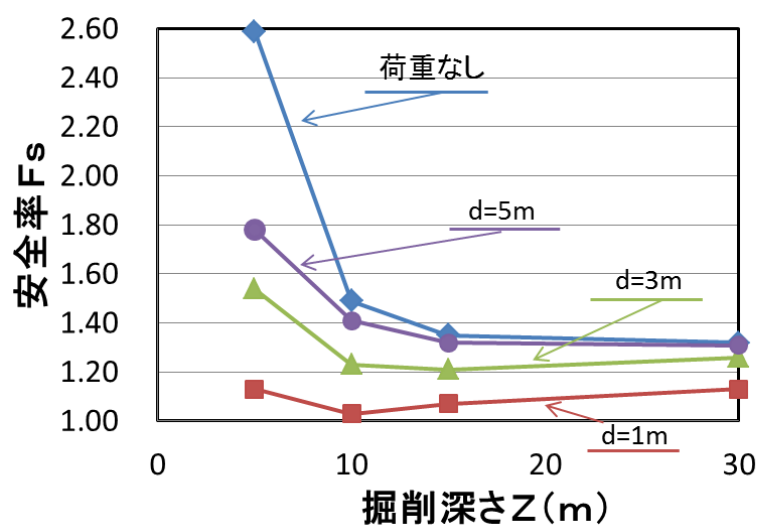


図4 荷重なしのせん断ひずみの分布

図5 $L=7m$ における離隔 d によるせん断ひずみの分布

3.2 離隔を固定した際の掘削深さと安全率の関係

図6に掘削長さ $L=7m$ の条件において離隔を固定した際の掘削深さと安全率の関係を示す。荷重なしの条件での安全率は掘削深さ $Z=15m$ を超えたあたりから、掘削深さによる安全率の減少はほとんど見られなくなった。荷重ありの条件で離隔 $d=1m$ の際には掘削深さ $Z=10m$ ，離隔 $d=3m$ においては掘削深さ $15m$ で極値をとり，そこから安全率は上がっていく傾向が認められる。これは掘削深さが深くなるほど溝壁のすべりに荷重の影響が関与しなくなることによるものだと考えられる。離隔 $d=5m$ の際には掘削深さ $Z=15m$ のあたりから荷重なしの安全率とほぼ同じ値を示している。このことから離隔を $5m$ 以上離しておけば，荷重のなしの条件で溝壁の安定性を評価できると考えられる。

図6 掘削深さ Z と離隔 d による安全率の推移

3.3 安全率に及ぼす載荷重の影響

図7に載荷重 q ごとの離隔 d と安全率の関係を示す. 載荷重 q の増加に伴って離隔と安全率の関係が急変することが認められる. また掘削長さ $L=3\text{m}$ に比べて $L=7\text{m}$ の条件では溝壁の安定性に対する荷重の影響が大きいことがわかる. これは掘削長さ L が大きくなるほどすべり土塊の量は多くなり, その影響ですべり土塊の総重量に対して荷重の割合が小さくなるためと考えられる.

3.4 安全率に及ぼす載荷幅の影響

本数値実験では, 掘削長さ $L=7\text{m}$ の泥水掘削溝に対し, 総重量を 100kN/m^2 とした荷重の載荷幅 B を広げ, 荷重を分散させる条件を想定した実験も行った. 図8に載荷幅 B を変化させた際の離隔 d と安全率の関係を示す. 載荷幅 B を広げ, 荷重を分散させることにより安定性への影響は軽減されている. 載荷幅 4m まで広げ, 載荷重 $q=25\text{kN/m}^2$ に軽減すると, 荷重の影響はほとんど認められないことがわかる.

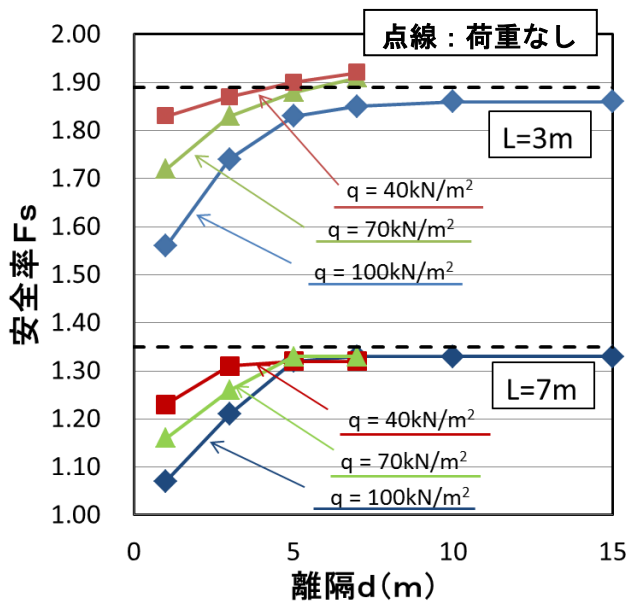


図7 載荷重 q と離隔 d による安全率の推移

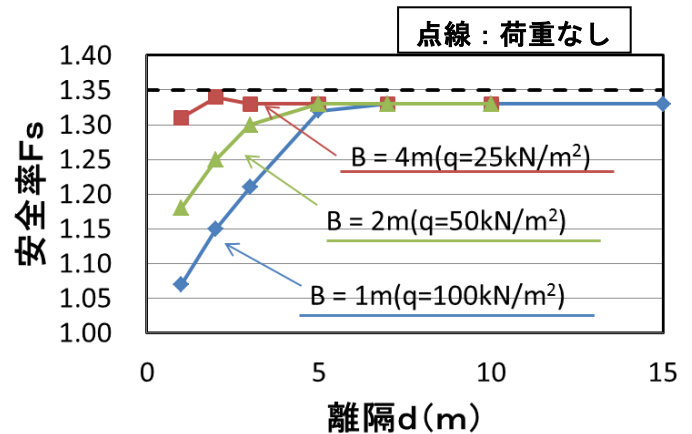


図8 載荷幅 B と離隔 d による安全率の推移

4 まとめ

本研究では, 溝壁の安定性に及ぼす溝壁近傍の施工機荷重の影響に着目し, 数値実験によりその特性を検討した. その結果, 以下の知見を得た.

- 1) 離隔が小さくなるほど溝壁の安定性は低下する傾向がある. 離隔 $d=1\text{m}$ においては, 荷重が溝壁の安定性に大きく影響する. 荷重なしの場合に生じるすべり線の位置に近いあたりに荷重が載ると, 荷重によるすべり線と溝壁底部から生じるすべり線は一体となり, $d<5\text{m}$ の範囲における安全率は急減する傾向を示す.
- 2) 掘削深さが深くなると荷重の影響は軽減されていく傾向がある. また離隔が 5m 以上ある条件で掘削を行う場合, 荷重なしの条件で算出される安全率で溝壁の安定性を評価できると考えられる.
- 3) 載荷重 q が増加するほど, 安定性に与える影響は大きくなる. また, 掘削長さが短くなるほど荷重の影響は大きくなる傾向が見られた.
- 4) 載荷幅を広げ, 接地圧を分散させると荷重の影響は軽減される. 載荷幅を 4m まで広げ, 載荷重を 25kN/m^2 に軽減すると溝壁の安定性に荷重は影響をほとんど与えない.

参考文献

- 1) 地中壁施工協会 HP : <http://www.renpeki.jp/>.
- 2) 石井 武司: 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, 群馬大学学位請求論文, 2004.