

相違な隅角部掘削形状と安定性の関係

中央大学 学生会員 ○長瀬 樹也
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

連続地中壁は、掘削溝に泥水を満たして崩壊を防ぎながら、ここに鉄筋かごを挿入し、コンクリートを打設して作成する。その利用は構造物の仮設工事はもちろんのこと、剛性の高さより本設工事にも用いられる。連壁はほとんどの場合、隣接する地中壁を相互に緊結して閉じた構造をとる。その際、各地中壁の掘削形状の違いによって安定性に差が出ることは施工する際の問題点となる。

ここでは、連壁が閉じた形状で使用される場合の相違する掘削形状に着目し、数値解析によって、安定性と変形挙動の比較を行ったので、結果を報告する。

2 数値実験

2.1 計算手法

せん断強度低減法を有限要素法に組み込んだ 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することなく、すべり面形状と系全体の安全率を算出できる特徴を有する。本研究では、泥水位 Δh を変動パラメータとして $0.1\sim0.01\text{m}$ ずつ低下させながらそれぞれの安全率を算定した。安全率の定義より、 $Fs=1.0$ となった Δh を崩壊直前の泥水位とした。

2.2 計算条件

図-1 に連続地中壁の割付を示す。閉じた連壁を施工する際、構成しているすべての掘削溝の安定性を最適化する必要がある。図-2 に隅角部形状の種類を示す。隅角部の長辺を $L1$ 、短辺を $L2$ とし、両者の比である $L2/L1$ が相違な隅角部形状を表現する指標とみなせる。その範囲は $0 \leq L2/L1 \leq 1$ である。本研究では相違する掘削形状の安定性に及ぼす影響を見るために、両極端の値である、1 と 0(直線部)の掘削溝を検討した。隅角は内角部と外角部に区分される。本田(2005)が行った事例研究より、内角部は外角部に比べて安定性が低いので内角部のみを扱う。表-1に掘削溝の計算ケースを示す。掘削幅と掘削深さは全ケース同じで、それぞれ 20m と 1.0m である。総掘削長に関しては、その影響を調べるために 3~15m の範囲で5つを選定した。

図-3 に掘削溝の断面図を示す。地下水位を地表面一致とし、地表面(以降、GL.と記す.)からの泥水位高さを Δh とする。表-2 に想定した地盤の物性値を示す。過去の事例研究より、連続地中壁の施工例の多い N 値が 10~30 の砂地盤を想定した。

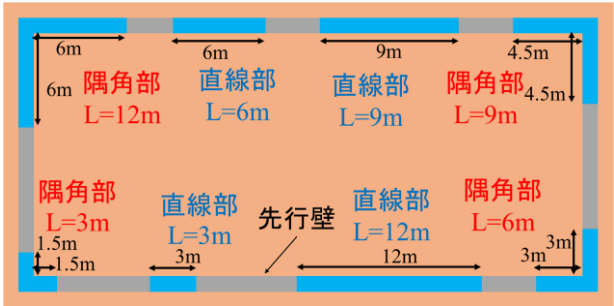


図-1 連続地中壁割付例

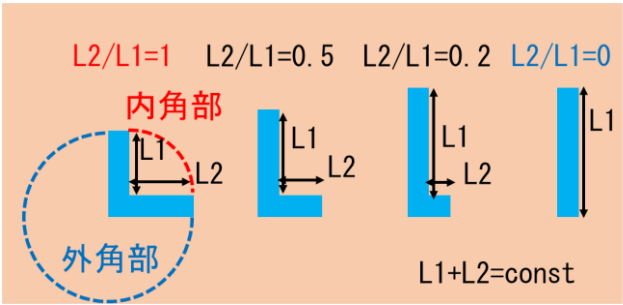


図-2 隅角部形状の種類の例

表-1 検討条件

掘削深さZ	20.0m
総掘削長L	3,6,9,12,15m
掘削幅b	1.0m

表-2 物性値

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

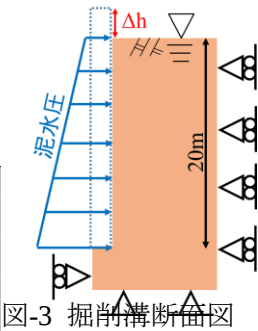


図-3 掘削溝断面図

キーワード 泥水掘削溝壁 SSR-FEM 隅角 内角部 泥水位

〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27 中央大学 地盤環境研究室 Tel:0908843-0209 E-mail:a14.ce4t@g.chuo-u.ac.jp

3 数値解析結果

3.1 $F_s=1.0$ 時の泥水位の変化

図-4 に、直線部と内角部の泥水位と安全率の関係を総掘削長ごとに示す。直線部と内角部のほかにも同じ掘削条件の 2 次元掘削溝の関係も加えた。総掘削長に関わらず同じ泥水位であれば、内角部は直線部に比べて安全率が低いことがわかる。また総掘削長 L が長くなると、内角部および直線部とも泥水位と安全率の関係曲線は 2 次元掘削溝の関係曲線に近づき、それらの勾配は小さくなる。

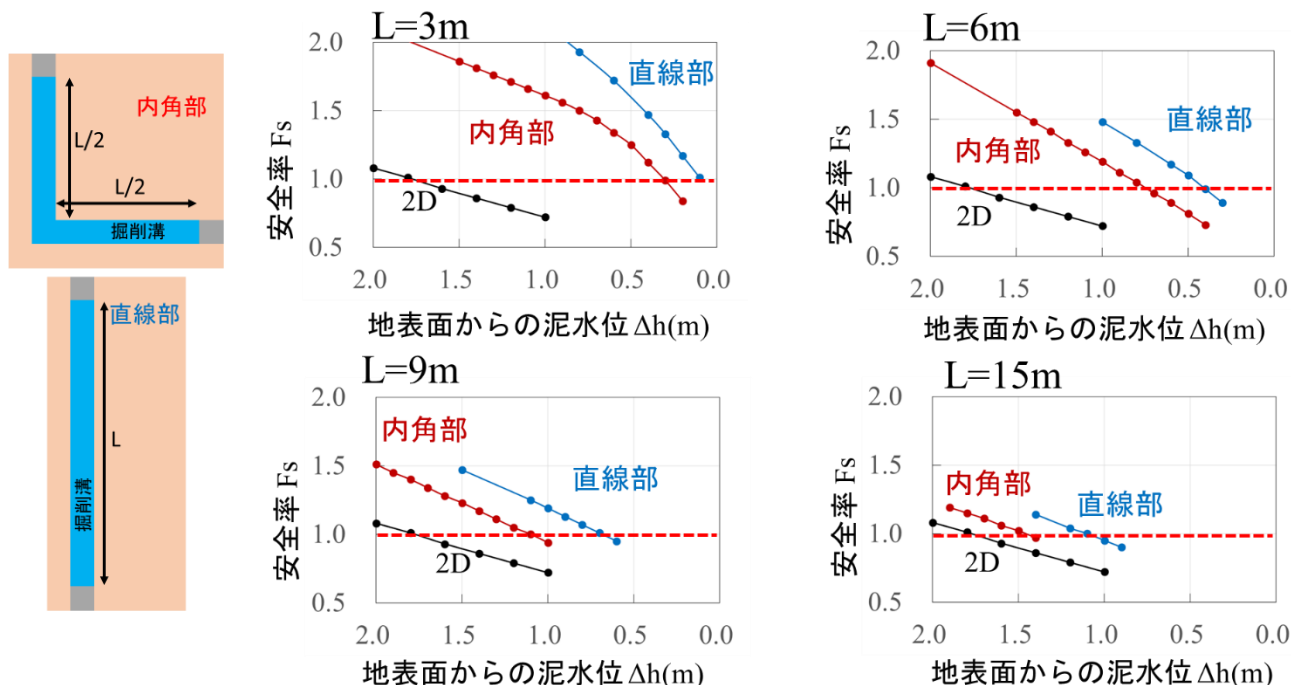


図-4 安全率と泥水位の関係

図-5 は全体安全率 $F_s=1.0$ を示した泥水位と総掘削長との関係である。内角部および直線部ともに総掘削長が長くなるほど $F_s=1.0$ 時の泥水位は高くなるが、傾きは次第に小さくなる。また、どの総掘削長でも内角部は $F_s=1.0$ 時の泥水位が直線部より高く、両者の差は、総掘削長が長くなるにつれて広がる。このことから隅角部施工の際は、総掘削長を短くし、さらに泥水位の管理は慎重に行うことが望ましい。

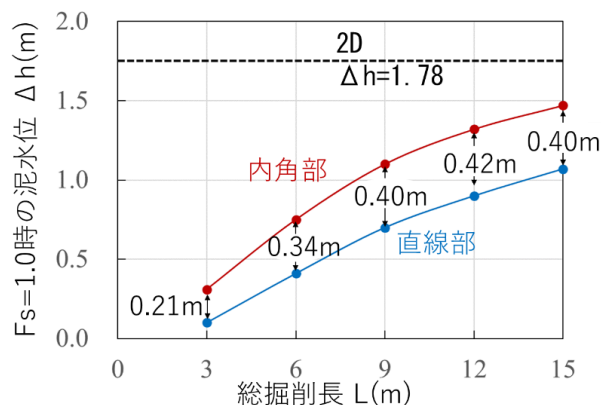


図-5 $F_s=1.0$ 時の泥水位と総掘削長の関係

3.2 地表面のすべり線形状の違い

図-6 に内角部および直線部における地表のすべり線形状を示す。同図には溝壁中央からすべり線までの距離と $F_s=1.0$ 時泥水位 Δh も示した。内角部の溝壁中央からすべり線までの長さは、総掘削長に関わらず内角部の一辺の長さの 1.05 倍~1.1 倍であった。つまり内角部のすべり範囲は内角部の一辺の長さを半径とした 1/4 円に近似できる。対して、直線部の掘削溝中央からすべり線までの長さは、 $L/2$ のおよそ 0.8 倍である。よって直線部のすべり範囲は、長軸と短軸の比が 1:0.8 となる楕円に近似できる。内角部のすべり線の半径は直線部の短径より長いことから、総掘削長が同じ場合には内角部のすべり範囲は、直線部よりも広いことに注意して施工することが望まれる。

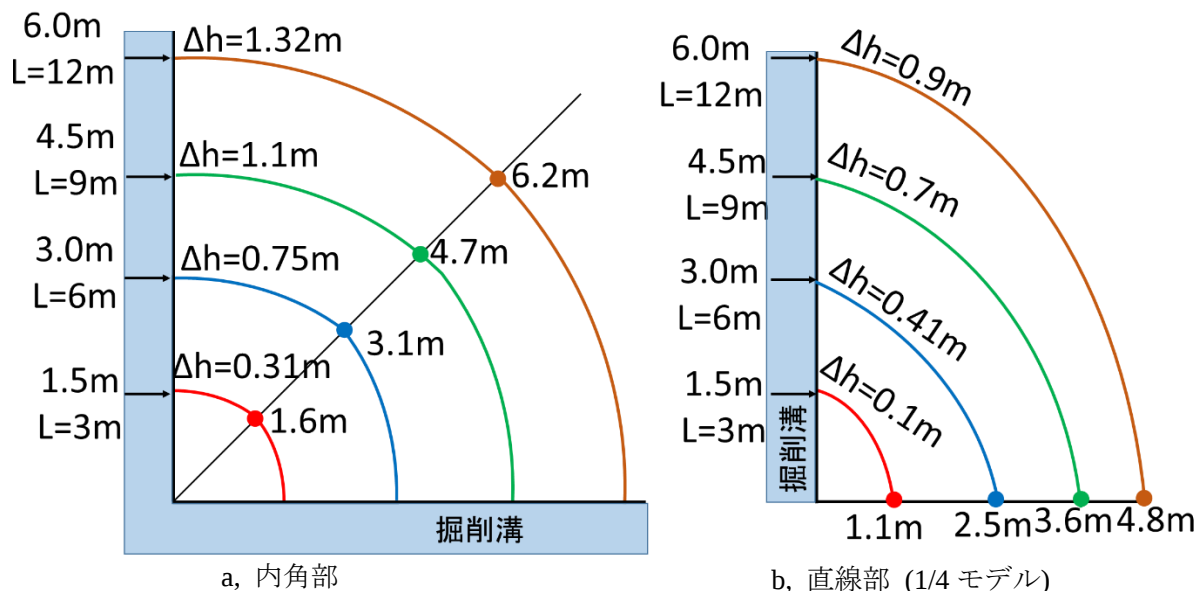


図-6 GL-1mの水平断面における内角部および直線部のすべり形状

3.3 鉛直断面のすべり線形状の違い

図-7に内角部および直線部の鉛直断面におけるすべり線を示す。溝壁からすべり線までの距離も合わせて同図に記した。溝壁とすべり線のなす角を α とする。総掘削長が等しい内角部と直線部の掘削溝で、溝壁底部の α を比較すると、内角部は直線部に比べて大きい。この断面では、溝壁とすべり線に囲まれた領域、すなわちすべり土塊量は内角部が直線部より大きい。浅い地点におけるすべり線は内角部および直線部ともに α の値が小さい。

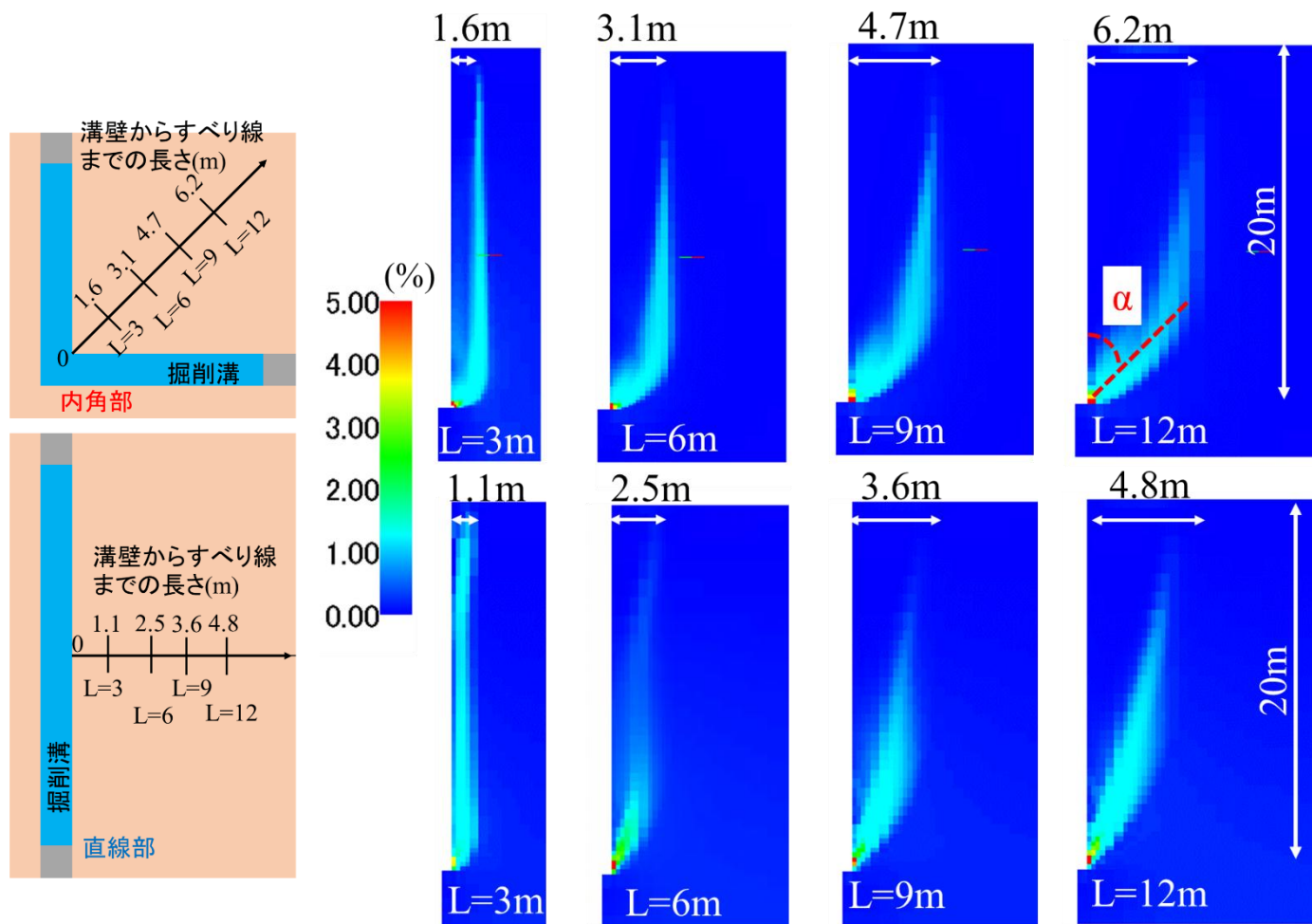


図-7 内角部および直線部の鉛直断面における最大せん断ひずみ分布

3.4 L=6m 時の溝壁近傍の地盤の水平面における主応力分布

図-8 に内角部の溝壁近傍地盤の主応力水平分布を示す. 太い赤点線はすべり線, 細い点線は溝壁端部を結んだ線である. 最大主応力は鉛直方向の応力であることから, 同図の応力は中間主応力および最小主応力である.

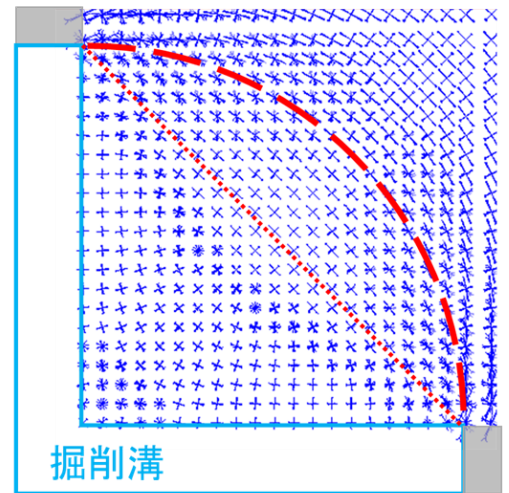
GL.-10m 地点では, 主応力の方向は溝壁端部からもう一方に向けて, 隅角に対して凸形のアーチ形に沿っている. すべり線形状もそれに対応する. これは, 溝端部が支点となって安定性を失った地盤を保持しようとするアーチ効果である. GL.-17m 地点では GL.-10m 地点に比べて, アーチの形状は曲がり小さく, その背面の土が溝壁に向けて押し出されている. さらに溝壁底部付近の GL.-18m 付近になると, 中間主応力が形成するアーチが溝壁方向に凸になり, すべり形状もそれに倣う. その結果, 図-7 で指摘したように, 溝壁底部におけるすべり線の傾きは内角部が直線部より大きくなったと考えられる.

4 まとめ

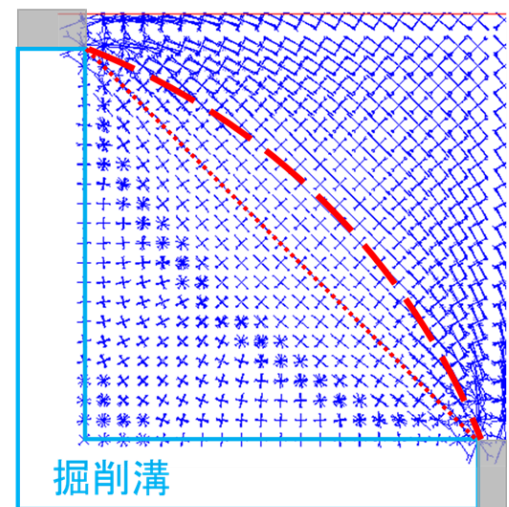
本研究では, 直線部, 隅角部それぞれの逸泥による溝壁の崩壊直前の泥水位と, その際の変形挙動に着目した. その結果, 以下の知見を得た.

- 1) 総掘削長が長くなるに伴って, 泥水位の変動に伴う安全率の変化は緩やかになる.
- 2) 崩壊直前の泥水位は内角部に比べ直線部の方が高く, その差は総掘削長が長くなるに伴って大きくなる.
- 3) 内角部の泥水位低下時に伴う地表面のすべり範囲は円に, 直線部は長軸と短軸の比が 1:0.8 の楕円に近似できる. また, 内角部の半径は, 直線部の短径に比べて長い.
- 4) 掘削溝底部において, 内角部は直線部に比べてすべり線の傾きが大きく, また地盤が押し出される.

GL.-10m



GL.-17m



GL.-18m

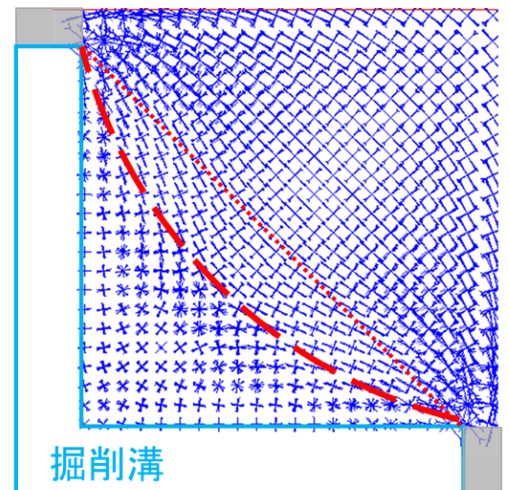


図-8 L=6m 時の内角部の水平面における主応力分布図

参考文献

- 1) 樋口 雄一：砂質地盤における泥水掘削溝の安定性評価に関する研究, 大阪市立大学, 学位論文, 1996 年 9 月
- 2) 本田 敦久：泥水掘削における隅角部の安定性, 第 50 回地盤工学シンポジウム, 2005 年
- 3) 長瀬 樹也：連続地中壁隅角部の泥水掘削溝時における地盤の変形挙動, 第 15 回地盤工学会関東支部発表会, 2017 年