

第 I 部門

地中連続壁を本体利用した地下外壁の非線形解析におけるモデル化に関する一考察

(株) エーバイシー 正会員 ○福江 清久
 (株) エーバイシー 正会員 植松 祐亮
 (株) エーバイシー 非会員 堀江 知司

1. はじめに

下水道施設において、地中連続壁を本体外壁として利用する場合の構造形式の1つに重ね壁形式がある。この形式では、地中連続壁および本体外壁に生じる応力を、それぞれの剛比によって分担させることになるが、非線形解析においては部材の剛性が逐次変化するため、それぞれに応力を分担させるには、解析モデルの工夫が必要である。本研究では、地中連続壁を本体利用した実構造物を対象に、汎用の解析プログラム Engineer's Studio を用いて、線形解析において応力が剛比分担される解析モデルを構築したうえで、非線形解析における結果の考察を行った。

2. 重ね壁形式の地中連続壁

重ね壁形式の地中連続壁は、地中連続壁の内側に本体構造物の壁を重ね合わせたもので、地中連続壁と本体構造物との間のせん断力は伝達せず、同一変形量となる重ね梁として抵抗する形式である。重ね壁形式の概要図を図-1に示す。この形式では、地中連続壁および本体構造物に生じる応力を、それぞれの剛比によって分担させることになる。応力の分担は、「鉄道構造物等設計標準・同解説 開削トンネル」に記載されている下式を参考に求められる¹⁾。

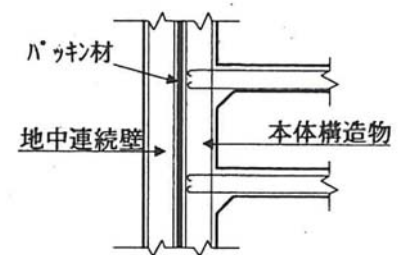


図-1 重ね壁形式

$$\begin{aligned}
 M_1 &= \alpha \cdot M & M_2 &= (1 - \alpha) \cdot M & (1) \\
 N_1' &= \beta \cdot N' & N_2' &= (1 - \beta) \cdot N' & (2)
 \end{aligned}$$

ここに、 M 、 N' ：合成後の重ね壁に作用している断面力
 M_1 、 N_1' ：合成後の地下連続壁の断面力
 M_2 、 N_2' ：合成後の内壁の断面力

$$\alpha : \text{地下連続壁の曲げ分担率} \quad \alpha = \frac{E_1 \cdot I_1}{EI} \quad (3)$$

$$\beta : \text{地下連続壁の軸力分担率} \quad \beta = \frac{E_1 \cdot A_1}{EA} \quad (4)$$

E_1 ：地下連続壁のヤング係数
 I_1 ：地下連続壁の断面二次モーメント
 A_1 ：地下連続壁の断面積
 EI ：重ね壁の曲げに対する剛性
 EA ：重ね壁の軸力に対する剛性

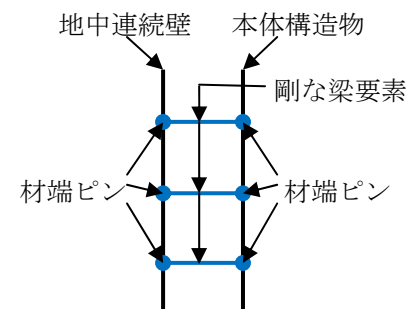


図-2 解析モデルの概念図

3. 解析モデルの構築

重ね壁形式は、地中連続壁と本体構造物との間のせん断力は伝達せず、同一変形量となる重ね梁として抵抗することから、解析モデルとしては、地中連続壁と本体構造物を線材(梁要素)でモデル化し、それぞれを剛な要素で繋ぐモデルが考えられる。ここで、剛な要素に剛体要素を用いると、材端条件がピンとできないため両者の間にせん断力が伝達される。したがって、剛な要素としては断面性能(断面二次モーメントおよび断面積)を大きくした梁要素を用い、材端条件をピンとすることで、これらの条件(同一変形量、せん断力の伝達無)を表現できる(図-2)。

4. 一方向版の検討

4.1. 検討対象構造物と解析モデル

検討対象構造物は、下水道施設の雨水ポンプ場の地下外壁である。構造諸元を表-1に示す。壁厚が1300mmの本体外壁に壁厚が1200mmの地中連続壁が重ね壁形式で取り付けられている。解析モデルは、前節で示したように、地中連続壁と本体外壁を線材(梁要素)でモデル化し、それぞれを剛な梁要素(材端ピン)で繋ぐモデルとした。解析モデルを図-3に示す。支持条件は、両端固定である。

Kiyohisa FUKUE, Yusuke UEMATSU, Satoshi HORIE

k.fukue@s-axc.co.jp

表-1 構造諸元

	ヤング係数 E (kN/m ²)	部材幅 B (m)	部材厚 H (m)	断面二次モーメント I (m ⁴)	E・I	剛比
本体外壁 ($\sigma_{ck}=21\text{N/mm}^2$)	23500000	1.000	1.300	0.18308	4302458	0.516
地中連続壁 ($\sigma_{ck}=30\text{N/mm}^2$)	28000000	1.000	1.200	0.14400	4032000	0.484

4.2. 線形解析結果

荷重としてレベル2地震時の慣性力と土圧を与えた時の線形解析結果を表-2に示す。本体外壁、地中連続壁の応力は剛比分担されていることが分かる。

4.3. 非線形解析結果

4.2.と同様の荷重を与えた時の非線形解析結果を表-3および図-4に示す。材料非線形により剛性が変化し、応力分担が変化している。

表-2 線形解析結果

		M	分担率	S	分担率
頭部	本体外壁	614.1	0.515	366.7	0.516
	地中連続壁	578.3	0.485	342.9	0.484
中央	本体外壁	336.4	0.520	-	-
	地中連続壁	310.2	0.480	-	-
脚部	本体外壁	711.4	0.513	479.5	0.515
	地中連続壁	674.2	0.487	450.3	0.485

表-3 非線形解析結果

		M	S
頭部	本体外壁	584.6	340.3
	地中連続壁	607.1	371.0
中央	本体外壁	326.0	-
	地中連続壁	319.8	-
脚部	本体外壁	683.4	445.6
	地中連続壁	704.6	484.6

M: 曲げモーメント (kN・m) S: せん断力 (kN)

5. 二方向版の検討

5.1. 検討対象構造物と解析モデル

壁厚が1500mmの本体外壁に壁厚が1200mmの地中連続壁が重ね壁形式で取り付けられている。解析モデルは、地中連続壁と本体外壁を面材(平板要素)でモデル化し、それぞれを剛な梁要素(材端ピン)で繋ぐ。解析モデルを図-5に示す。支持条件は、三辺固定上端ピンである。

5.2. 非線形解析結果

非線形解析結果を図-6に示す。材料非線形により、応力分担が変化している。

6. まとめ

3.で示した解析モデルでは、非線形解析においても応力の分担がなされている。

参考文献

1) 丸善出版株式会社: 鉄道構造物等設計標準[開削トンネル], 2001.3

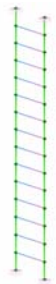


図-3 一方向版

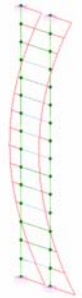


図-4 解析結果

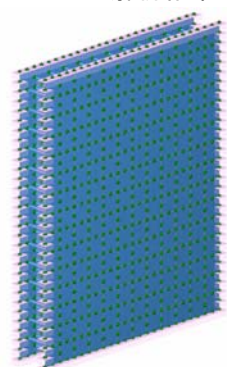


図-5 二方向版

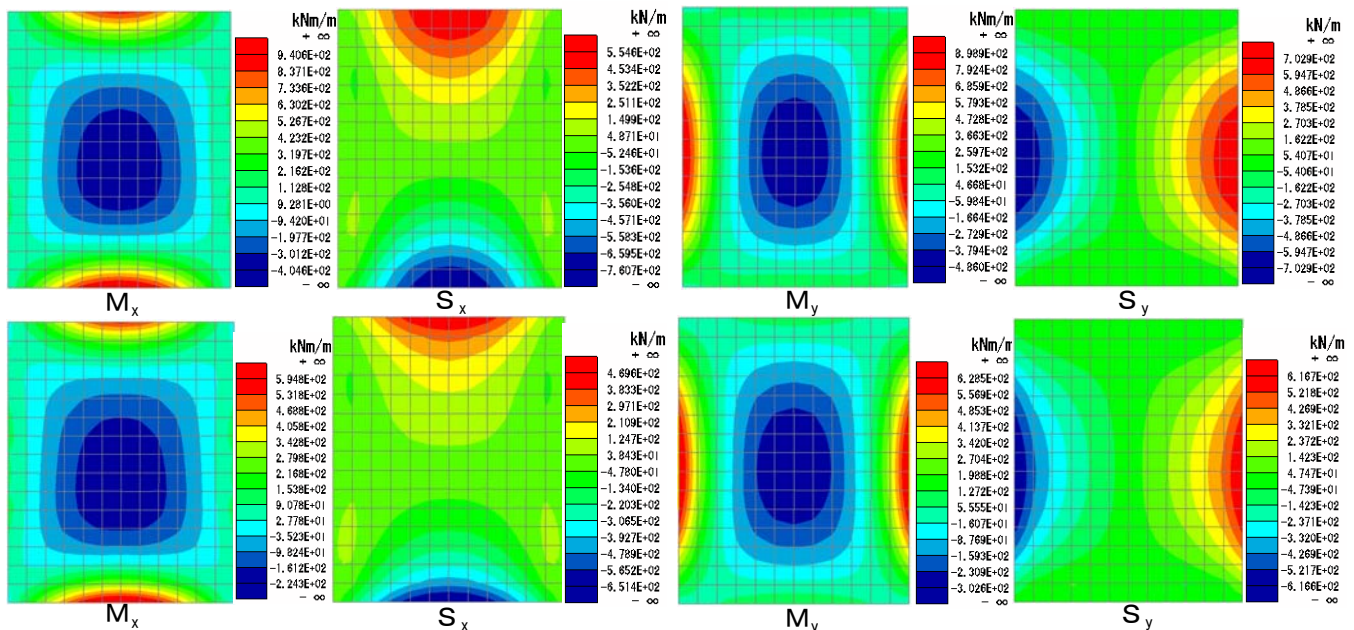


図-6 非線形解析結果(二方向版) 上段: 本体外壁、下段: 地中連続壁