

CS-49

東京都心部の大深度地下における多目的トンネルに関する調査研究Ⅱ（その4）

ー連続地中壁エレメント間継手の解析モデルに関する研究ー

早稲田大学	学生会員	本丸 哲也
(株)熊谷組	正会員	岩波 基
早稲田大学	正会員	小泉 淳
早稲田大学	学生会員	大西 進

1. はじめに

現在、連続地中壁工法による大深度円形立坑壁の合理的な設計理論を確立することを目的に研究を進めている。昨年度は円形立坑連続地中壁のモデル化で問題となる連続地中壁継手部の面外曲げと面外せん断に対する特性を模型実験を基に評価した^{1), 2)}。今年度は、引き続き、継手部を回転ばねとせん断ばねで評価する際に軸力が同時に作用する場合のばね定数算定式を提案し、それらのばね定数が連続地中壁（以下、連壁と呼ぶ）の変位および断面力に与える影響を数値実験により検討した。

本報告は、そのうち軸力作用下の継手の曲げ剛性評価方法と継手の曲げ剛性に対する感度解析結果について述べたものである。

2. 連壁継手部のモデル

昨年度の力学模型実験結果から、エレメント間継手部を回転ばねとしてモデル化し、そのばね定数を土木学会のひび割れ幅算定方法を準用した式(1)で評価することで、連壁の継手部の面外曲げに対する挙動を説明できることを確認した。

$$K_{\theta} = \frac{E_s I_{cr}}{\kappa \{4c + 0.7(C_s - \phi)\}n} \cdots (1)$$

ここで、 K_{θ} ：回転ばね定数、 E_s ：鉄筋の弾性係数、 I_{cr} ：継手部断面の目開き発生後の断面二次モーメント、 κ ：鉄筋の付着性状を示す定数(=1.0)、 c ：かぶり、 C_s ：鉄筋間隔、 ϕ ：鉄筋径である。

3. 軸力の回転ばね定数への影響

連壁継手の見かけの曲げ剛性は、軸力が作用することで増加する。これは、軸力が作用することで目開きが抑えられるためである。そのときの回転ばね定数 K_{θ} は、式(1)から継手部断面での目開き発生後の断面二次モーメント I_{cr} の値により決まる。

軸力が作用した時の見かけ上の断面二次モーメント I_{cr} は、全断面有効の時の図心とコンクリート断面力の合力作用位置との距離 e により一義的に決まる。

$$e = M/N \cdots (2)$$

ここで、 M ：曲げモーメント、 N ：軸力である。作用位置 e と軸力が作用した際の回転ばね K_{θ} の関係の一例を図-1に示す。

鉄筋比によって多少違いがあるが、通常の連壁の鉄筋量では、図-1のように、見かけの回転ばね定数の増加は10倍程度までである。

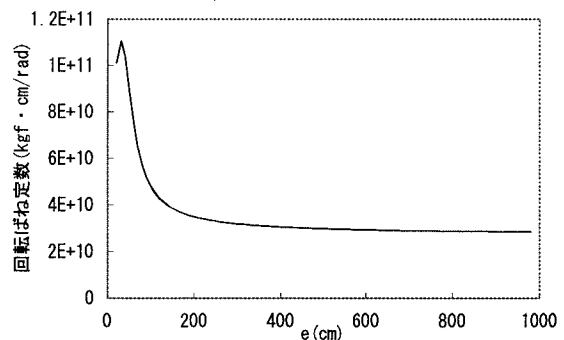


図-1 合力作用位置 e と見かけの回転ばね定数

4. 回転ばね定数の全体モデルへの影響

現在、連壁の水平断面の設計計算には図-2に示すような多角形ラーメンモデルが用いられる。このモデルにおける継手部を回転ばねで評価した場合に発生する変位と断面力がどのように変化するかを調べた。

直径25m、掘削深度70mの円形立坑を想定し、解析は軸力が無い場合の回転ばねと軸力が作用する場合の回転ばね、および、継手を考慮しない場合の3ケースを行った。解析条件と解析ケースを表-1、2に示す。また、作用荷重は、大深度での土水圧による側圧を想定し、施工時偏土圧を20%とした。

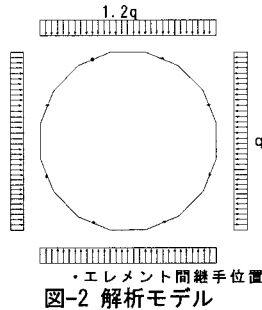


表-1 解析条件

立坑形状	正16角形
半径(辺中心まで)	12.5m
連壁厚さ	1.8m
コンクリートの弾性計数	$2.5 \times 10^6 \text{ tf/m}^3$
引張鉄筋比	0.20%
偏圧	20%

表-2 解析ケース

ケース	側圧 (tf/m ²)	地盤反力係数 (tf/m ²)	回転ばね定数 (tf・m/rad)
1 軸力あり	30	50	2.8×10^6
2 軸力なし	30	50	1.1×10^6
3 継手なし	30	50	継手なし

解析結果を表-3に示す。また、

図-3、4は得られた変位図と曲げモーメント図の1例（ケース2）である。

表-3 解析結果

ケース	変位 (cm)		モーメント (tf・m)		せん断力 (tf)		軸力 (tf)		
	値	比率 (%)	値	比率 (%)	値	比率 (%)	値	比率 (%)	
1 軸力なし	最大値	0.607	98.7	111.80	72.8	246.90	99.4	1231.00	99.8
	最小値			-273.20	105.4	-246.90	99.4	1103.00	100.0
2 軸力あり	最大値	0.612	99.6	139.50	90.9	247.90	99.8	1232.00	99.9
	最小値			-263.70	101.8	-247.90	99.8	1103.00	100.0
3 継手なし	最大値	0.615	100.0	153.50	100.0	248.50	100.0	1233.00	100.0
	最小値			-259.10	100.0	-248.50	100.0	1103.00	100.0

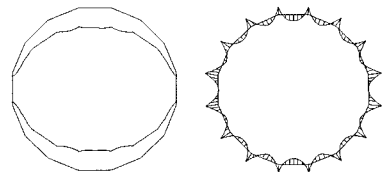


図-3 変位図

図-4 曲げモーメント図

これらの結果から変位に対する回転ばねの影響は小さく、また、曲げモーメントについては、回転ばねの影響がある程度表れることがわかる。正の曲げモーメントは、ケース3の継手なしに比べてケース1の軸力なしで27%低減し、軸力の有無による違いは16%であった。負の曲げモーメントは、継手なしに比べ軸力なしのケースが5%大きな値を示し、軸力の有無による違いは3%であった。軸力およびせん断力には、ほとんど変化が見られなかった。

5. 考 察

大深度立坑を想定した今回の解析条件下では、継手部の回転ばねは、発生する曲げモーメントに対して影響を与え、特に、軸力の有無で正の曲げモーメントへの影響が大きかった。この結果から、山留め壁の挙動をより忠実に表現するためには、継手部を考慮する必要があると考えられる。

なお、立坑連壁の構造条件と地盤条件とが変わった場合、継手による影響が大きく異なることが予想されるため、今後各種の条件下での感度解析を実施する予定である。

6. おわりに

今回の研究では、軸力が作用する場合の継手の曲げ剛性評価を行ったが、本研究の評価方法を実験等により確認することが必要であると考えている。

今後、実工事の計測データなどを用いて、大深度立坑の合理的な設計モデルについて研究を進める予定である。なお、この研究は、早稲田大学理工学総合研究センター、「大深度地下インフラに関する調査研究」プロジェクトの一環として行われたものであることを付記する。

<参考文献>

- 1) 岩波、黒崎他：東京都心部の大深度地下における多目的トンネルに関する調査研究（その4） 土木学会年次学術講演会、1995
- 2) 大西、古川他：東京都心部の大深度地下における多目的トンネルに関する調査研究（その5） 土木学会年次学術講演会、1995