

III-B 208

偏圧が作用する円筒形土留め壁の挙動解析

(株)大林組 正会員 ○飯谷 隆 伊藤 政人
正会員 崎本 純治 平間 邦興

1. はじめに

立坑やLNG地下タンク等の大深度掘削工事においては、土水圧に対して構造的に有利な円筒形土留め壁が数多く採用されている。この円筒形土留め壁は、等荷重(軸対象荷重)に対してはリングコンプレッションが有効に働くため構造的に強いが、偏荷重(非軸対象荷重；以下、偏圧)に対しては円周方向の曲げモーメントが発生するため過大な応力が発生することがある。したがって、円筒形土留め壁の設計には偏圧の評価が重要となる。偏圧の発生する要因として、地盤条件(不陸、傾斜、物性のばらつき)や施工条件(施工精度、掘削手順¹⁾、揚水)や地震時慣性力等が挙げられる。本報告では、そのなかで地盤条件に着目し、3次元地盤/地下水連成FEM解析を行い壁体の変形や断面力について検討した。

2. 解析条件

解析には、3次元地盤/地下水連成FEM解析プログラム「GRASP-3D」²⁾を用いた。土留め壁は地中連続壁を想定し、掘削規模は直径60m・深さ49mと仮定した。解析メッシュは解析対象の1/2とし、幅400m・奥行き200m・深度300mとした。図-1に解析メッシュを示す。

偏圧の発生する要因として地盤の変形係数のばらつきに着目し、その極端な例として、解析メッシュの左半分(90°~180°)の変形係数(以下、 E_L)と右半分(0°~90°)の変形係数(以下、 E_R)が異なる地盤を想定した。解析は、地盤の変形係数が左右で等しいケース(Case-1)と、 $E_L : E_R$ を1:1.5(Case-2)、1:2(Case-3)、1:5(Case-4)と地盤の左半分と右半分で変形係数のばらつきが大きくなる計4ケースを行った。ただし、 E_L と E_R の平均値は E_0 とした。また、地盤の変形係数は深度方向に漸増するものと仮定した。表-1に解析ケースを、図-2にCase-1,4の変形係数の深度方向分布をそれぞれ示す。

3. 解析結果

図-3に180°方向および0°方向における水平変位の深度方向分布を示す。Case-2~4では180°方向において掘削面側へのはらみ出しがCase-1より大きく、逆に0°方向では小さくなっており、 E_L と E_R のばらつきが大きくなるほどその量は多くなっている。これは、Case-2~4では E_L が E_0 より小さいため90°~180°で掘削面側の地盤抵抗がCase-1より小さくなり、逆に E_R が E_0 より大きいため0°~90°で地盤抵抗が大きくなるためである。図-4にGL-42mにおける水平変位の円周方向分布を示す。Case-1では円周方向に様な変形と

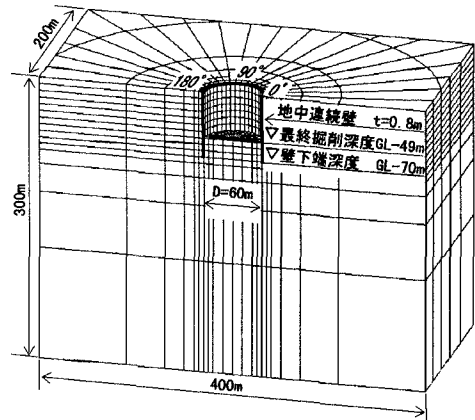


図-1 解析メッシュ

表-1 解析ケース

Case	E_L	E_R	平均値	$E_L : E_R$	変動係数
1	E_0	E_0	E_0	1 : 1	0.00
2	$(4/5)E_0$	$(6/5)E_0$	E_0	1 : 1.5	0.20
3	$(2/3)E_0$	$(4/3)E_0$	E_0	1 : 2	0.33
4	$(1/3)E_0$	$(5/3)E_0$	E_0	1 : 5	0.67

ただし、 E_0 は Case-1 の変形係数
変動係数=標準偏差/平均値

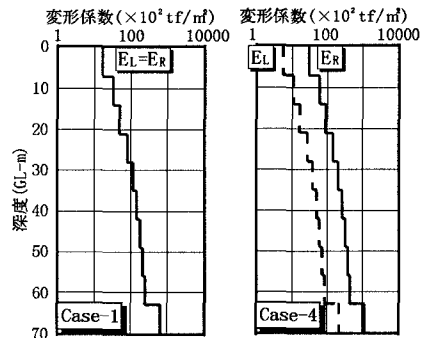


図-2 Case-1,4の変形係数分布

なっているが、Case-2~4では90°付近を境に、0°~90°で変形がCase-1より小さく、90°~180°で大きくなっている。

図-5にGL-42mにおける円周方向曲げモーメントを示す。Case-2~4では変形係数の境界である90°方向前後で大きく発生しており、90°~135°方向では内側引張、45°~90°方向では外側引張のモーメントが発生している。また、 E_L と E_R のばらつきが大きいほど円周方向曲げモーメントは大きくなっている。

次に、水平変位、円周方向曲げモーメント、円周方向軸力、深度方向曲げモーメントが最大値を示す深度GL-42mにおいて、Case-1と各ケースの最大値の比を図-6に示す。Case-1に対するCase-2~4の比はすべて、変動係数が大きいほど、すなわち E_L と E_R のばらつきが大きいほど大きくなっている。水平変位のCase-1に対するCase-2~4の比は1.2~1.9倍であるが、円周方向軸力は1~2割、深度方向曲げモーメントは1~3割増加する程度である。また、円周方向曲げモーメントのCase-1に対するCase-2~4の比は2.9~7.2倍となっている。しかし、Case-2~4で発生する円周方向応力度は、円周方向曲げモーメントや円周方向軸力の増加分を加味しても、Case-1と比べて1~2割増加する程度となっている。

4. おわりに

3次元地盤/地下水連成FEM解析プログラム「GRASP-3D」を用いて、変形係数が左右で異なる地盤を掘削する解析を行ったところ、地盤の変形係数のばらつきによって発生する偏圧が壁体へ及ぼす影響を評価することができた。今回の解析条件は、 E_L と E_R の比が最大5倍の地盤を掘削するという、極端な例であった。しかし、壁体に発生する円周方向最大応力度は、 E_L と E_R が等しい場合に比べて2割増加する程度であった。今後、偏圧が発生する他の要因(揚水、地震時慣性力等)についても検討し偏圧の定量的評価を行ってきたい。

【参考文献】

- 飯谷 隆、伊藤政人、崎本純治、平間邦興：円筒形土留め壁における偏圧に関する挙動解析、第31回地盤工学研究発表会掲載予定
- 杉江茂彦：弾・粘塑性構成則を用いた3次元土/水連成FEMの定式化と自然堆積粘土の力学挙動解析への応用、金沢大学博士論文、pp.47~pp.66(1993)

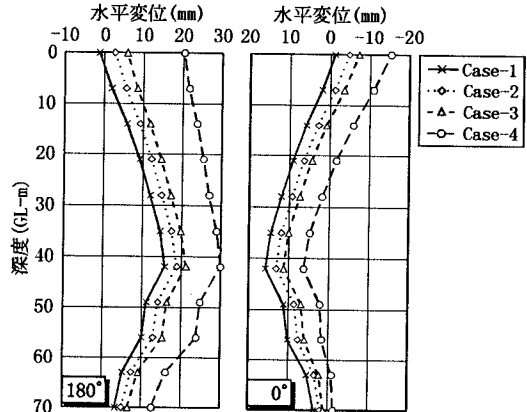


図-3 水平変位

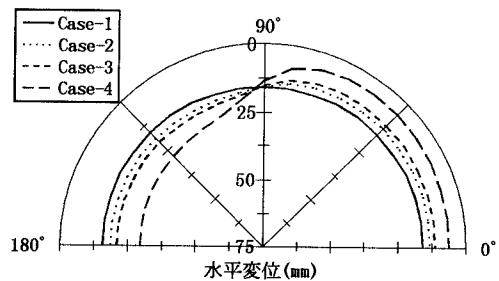


図-4 水平変位

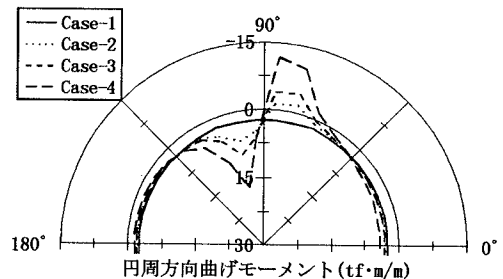


図-5 円周方向曲げモーメント

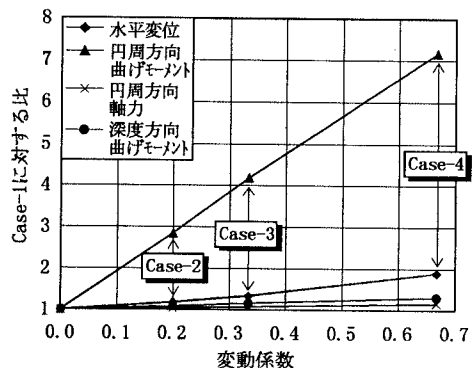


図-6 水平変位、断面力のCase-1に対する比