

III- 666 円筒形の掘削工事における非軸対称荷重の影響

東京電力 正会員 ○ 渋谷 吉信 大林道路 小山内 健
金沢大学 正会員 太田 秀樹 金沢大学 正会員 飯塚 敦
日本鋼管 正会員 野邑 正美

1. はじめに

円筒掘削など、軸対称に近似できる構造物でありながら、既設構造物の配置などにより境界条件が非軸対称となっている事例が、特に都市部での工事に多く見られる。変形の解析を行おうとすれば厳密には3次元解析が必要となる。しかし、非軸対称な荷重(偏荷重と呼ぶ)による変位をフーリエ級数解で表して、それを軸対称F Eプログラムに組み込んでやる方法が古くから提案されている(例えば、Zienkiewicz, McGraw-Hill, 1971)。本報は、この半解析的手法を土/水連成F EプログラムDACSAR(Iizuka & Ohta, S & F, Vol.27, 1987)に組み込んで、東京湾扇島での円筒掘削工事事例に適用したものである。DACSARには関口・太田による弾粘塑性構成モデル(Sekiguchi & Ohta, 9th ICSMFE, 1977)が用いられている。降伏や除荷によって発生する円周方向の材料の不均一性は、そのつど等価な偏荷重として処理してやらねばならない(Winnicki et al, Int. J. Num. Meth. in Engrg., Vol.14, 1979)。そのためには高次の級数項の考慮が必要となる。ここでは、精緻性、厳密性は大きくそこなが、非軸対称効果を1次の項でしか考慮していない。とりえず、偏荷重による定性的影響を探ることとしたためである。

2. 事例の紹介

東京湾扇島人工島での製鋼連鑄工場の建設のため円筒掘削事例(鹿島建設(株)扇島鋼管工事出張所, 京浜製鉄所扇島Ⅱ期工事製鋼連鑄工場連鑄工場土木工事記録(Ⅰ工区), 1979)を対象とする(図-1)。掘削半径19.3m, 掘削深さ42mである。図-2に対象現場の平・断面図, 図-3は円筒掘削の施工履歴を示している。施工中、掘削土砂を現場の北東部にかためて盛り上げたため、偏荷重として擁壁に作用した。この影響を半解析的手法を組み込んだDACSAR(半解析DACSARと呼ぶ)で検討したい。比較のため平面ひずみ、軸対称の条件を仮定した場合の解析も行った。図-4に解析対象基礎地盤の土質調査結果がまとめられている。深度37m付近まで沖積粘性土、それ以上は洪積粘性土である。弾(粘)塑性解析を行うので、初期条件として地盤の応力履歴が必要となる。もともと扇島は埋立地であるから、埋立工事自身(昭和46年11月から昭和50年12月)が応力履歴に及ぼす影響を知っておく必要がある。そこで埋立荷重による圧密解析(事前解析)を行った。半無限地盤を想定して二次元F E計算である。この事前計算により、円筒掘削時の初期有効応力状態、間隙水圧を求め、入力とした。また同時に、水圧分布の実測報告から透水係数の逆算も試みた。その他の解析に必要な入力データは、一軸圧縮強度、塑性指数などより決定した(詳細な決定法は、Ohta et al, 12th ICSMFE, 1989および太田ら, 土木学会論文集, 第400号, 1988を参照)。ただし、洪積粘性土層での過圧密は年代効果によるものとして取り扱っている。

3. 解析モデルと結果

図-2のa-a'測線を解析断面とした。偏荷重の中心はほぼこの測線にある。擁壁はコンクリートを充填した鋼管を継ぎ手で連結したものが用いられている。解析では、単位円周方向あたりでの等価な弾性定数を求め、弾性平面要素として取り扱った。円筒掘削現場付近の表層部が深さ6m, 半径79mにわたって掘削除去された後、ディーブウェルが設置された。このディーブウェルの効果は、ディーブウェル設置位置に水頭境界を設け、水頭を既知

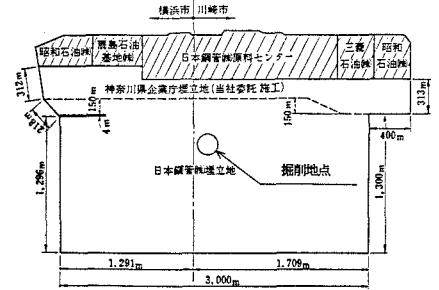


図-1 掘削位置図

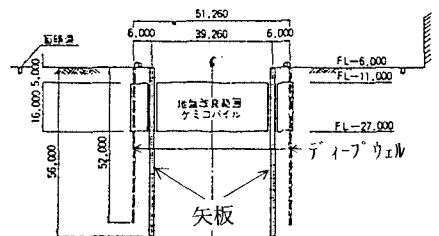
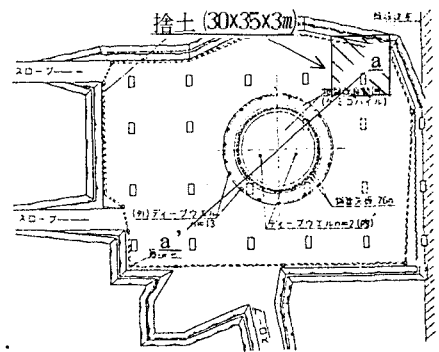


図-2 対象現場の平・断面図

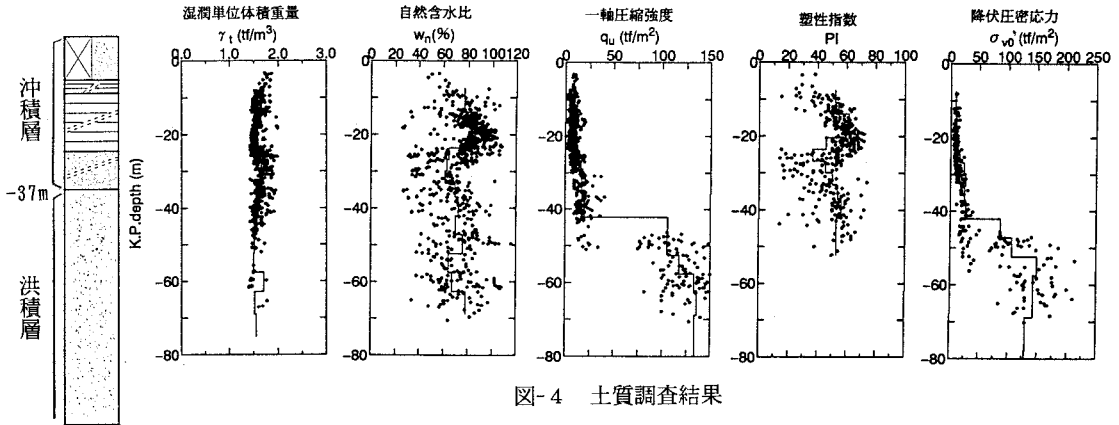


図-4 土質調査結果

(地表面から-20m)とすることにより考慮した。F E解析領域には深さ104.5m, 半径130mを取り, 459個の四辺形要素に分割した。計算には, 偏荷重を考慮する半解析的軸対称(図ではnon-axiと表記), 通常の軸対称, 平面ひずみの3条件を取り上げている。

図-5に擁壁の側方変位の比較を示す。変形は半径方向が正である。擁壁のはらみ出しは負として表されている。また, 実測が実線, プロットが計算結果である。2次, 4次, 6次の掘削段階は, 図-3の掘削段階に対応している。擁壁の変形の量は, 計算による方が実測よりも随分と大きい。その中でも半解析的D A C S A Rによる値が実測値に近いが, 定量的にはうまく説明できなかった。深度方向の変形のかたちを見ると, 平面ひずみ解析では, 実測挙動を説明できていないことがわかる。ところで, 事前解析の結果を使用せず, 初期間隙水圧を静水圧と仮定して計算を行うと, どの解析ケースも実測挙動とは全く異なる変形を示した。

4. おわりに

実際の工事では, 構造物の幾何条件は軸対称とみなすことができても, 既設の隣接構造物, 重機や機材の置ききなどにより偏荷重が作用する場合は少なくない。本報の事例では, 掘削土砂が偏荷重となったが, その考慮なしには実挙動の説明はむずかしいことを示した。しかし, より精緻な検討を可能にするには, 残した課題も多い。ここでは, 偏荷重成分を単純な正弦曲線ないし余弦曲線(1次項)でしか表していない。実際の偏荷重分布の表現には, より高次の項の重ね合わせが必須であろう。また, 偏荷重の影響の考慮は変位に対してだけであり, 肝心の間隙水の流れに対しては手をつけていない。F Eプログラムの取り扱いの上では, これは円周方法での塑性材料の不均一化と密接に関連している。これもより高次の項の重ね合わせなしにはなされない。今後, より検討を進めてゆきたい。

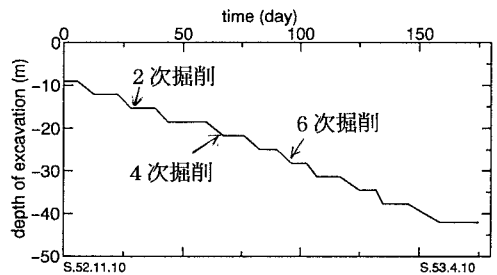


図-3 掘削施工履歴

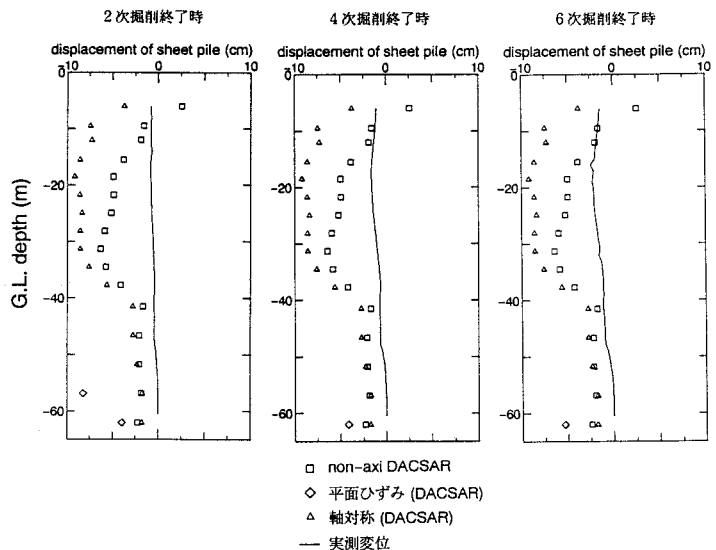


図-5 解析結果