

I-41

施工履歴を考慮した地中円筒構造物の応力解析

前田建設工業(株) 電算センター 正員○江渕 正喜
 前田建設工業(株) 電算センター 近江 正徳
 前田建設工業(株) 電算センター 鍛冶本健一

1. まえがき

近年、地中円筒構造物(シールド、立杭)に開孔を設け、他の構造物と接続することが多くなっている。従って、開孔による応力変化(増減)に対し、適切な補強方法や、施工途中での支保部材の設置方法等の検討が要求されるようになってきた。本報告は、これらの検討資料として、三次元でかつ施工履歴を考慮した、地中円筒構造物の応力解析結果の一例を示すものである。

2. 解析概要

(1) 解析モデル

解析モデルは、図-1に示すような、円筒構造物の上部に枝管を接続した地中円筒構造物である。なお、弾性係数(E)= $2.1 \times 10^6 \text{ t/m}^2$ 、ポアソン比(ν)= 0.167 とし、円筒両端の境界は長手方向に連続となる条件とした。

(2) 荷重条件

荷重は常時荷重とし、図-2に示すような上部荷重と静止土圧が作用するものとした。荷重値は、土被り10m、土の単位重量 1.9 t/m^3 、上載荷重 1.0 t/m^2 から算出した。又、荷重による不均衡は、地盤のパネ($3,000 \text{ t/m}^2$)で受け持つものとした。

(3) 施工手順

施工手順は、図-3に示すような、①土圧載荷(初期状態)、②支保部材取り付け後に支管部掘削、③開孔、④枝管接続後に支保部材の撤去(最終状態)の4段階とした。又、支保部材はH(300×300)を使用し開孔両端の円周方向に設けた。

(4) 開孔及び支保部材撤去時の荷重

施工手順③④での開孔及び支保部材撤去時の荷重は、撤去前に働いていた応力を逆方向に作用させた。

(5) 解析ケース

施工履歴の有無による違いを明確にするため、次の3ケースとした。

CASE-1: 開孔時のみを取り出した解析

CASE-2: 最終状態のみを取り出した解析

CASE-3: 施工履歴を考慮した解析

3. 解析結果及び考察

以下の説明に使用する着目点概要図を図-4に、又、各着目点での解析結果を表-1に示す。

(1) 応力の発生傾向

CASE-1では、 M_y (円周方向曲げモーメント)は、図-5に示すように、開孔の影響を受けないC点(円筒端部)に比べて開孔周辺では減少している。 M_x (長手方向曲げモーメント)も図-6に示すように

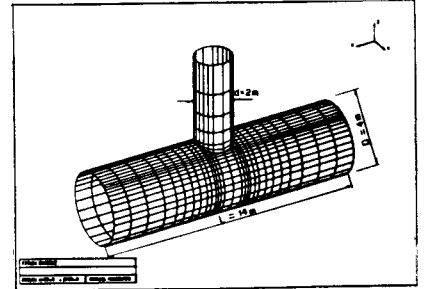


図-1 解析モデル

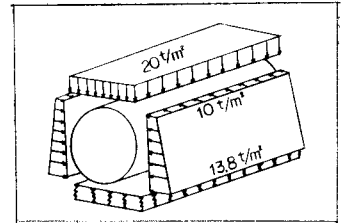


図-2 荷重図

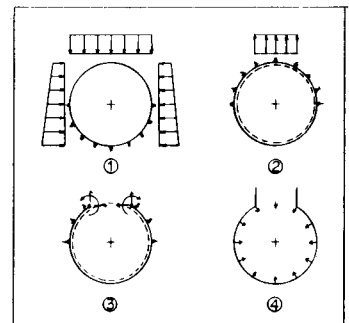


図-3 施工手順図

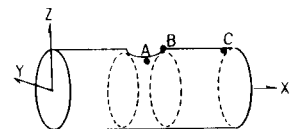


図-4 着目点概要図

CASE	A				B				C				
	M _x	M _y	N _x	N _y	M _x	M _y	N _x	N _y	M _x	M _y	N _x	N _y	
1	1.489	0.352	25.119	-0.207	-0.155	3.535	-6.819	-72.268	1.051	5.475	-12.359	-25.810	
2	1.646	7.714	-4.852	-27.913	-6.547	-1.118	12.702	-8.203	1.044	5.242	-10.523	-26.169	
3	①	0.324	1.773	-5.046	-29.893	1.067	5.908	-4.242	-25.260	0.886	5.904	-4.210	-25.244
	②	-0.551	1.595	1.424	-15.207	0.561	2.831	5.009	-21.053	1.209	5.382	-10.069	-26.027
	③	1.295	0.365	25.010	-0.248	-0.099	3.380	-4.423	-45.816	1.046	5.470	-11.999	-25.850
	④	1.309	0.475	24.700	-0.750	0.051	3.321	-3.303	-52.457	1.048	5.469	-12.099	-25.846

表－1 着目点の応力値

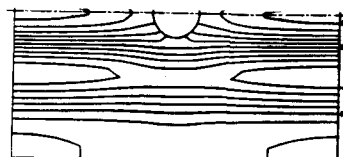
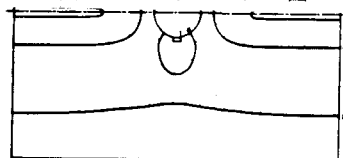
同様な傾向にあるが全体的に値は小さい。 N_y （円周方向軸力）は、図－7に示すようにA点では圧縮となつてはいるものの、C点に比べて圧縮が減少する傾向にある。又、B点では逆に圧縮が増加する傾向にある。 N_x （長手方向軸力）は、図－8に示すように、A点では引張り、B点では圧縮の増加が見られる。なお、軸力は開孔端に沿った方向となっている。開孔周辺の応力集中は、各応力とも開孔端より長手方向に開孔半径程度の長さまで見られ、2倍程度になると応力集中は見られない。CASE－2では、CASE－1と比べて異なった応力傾向が見られる。曲げモーメントは特にA点での M_y とB点での M_x の増加が著しい。軸力は、開孔周辺が一部引張り領域となっており、その値は概して小さい。CASE－3の最終状態では、CASE－1と同様な傾向が見られ、特に軸力の変化が著しい。図－9に N_y の応力変化図を示すが、施工手順①では、長手方向に一樣な分布となっている。施工手順②では、枝管部分の土圧が除去され、開孔周辺では減少している。施工手順③では、開孔による軸力の増加が見られ、初期状態の軸力より55%程度増加している。施工手順④では、支保部材撤去による軸力の増加がB点で見られ、施工手順③での増加の30%程度である。

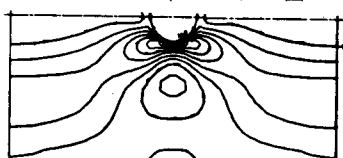
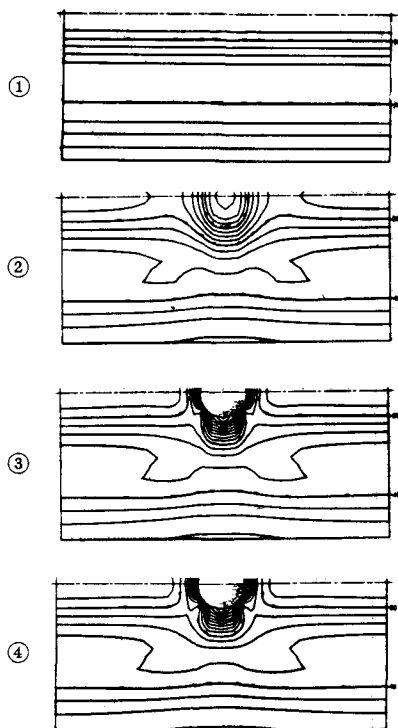
(2) まとめ

以上の結果より、CASE－2のみが異なった応力の発生傾向を示している。これは土荷重による開孔周辺の変形を枝管が拘束するため応力集中が発生したもので、実情を考えれば枝管接続前に円筒管の変形は終了しており、枝管による拘束はそれ以後の変形に対してでなければならない。従って、CASE－2は実情に合った解析とは言えない。支保部材の効果は、CASE－3の最終状態とCASE－1を比較すれば分るように、同様な発生傾向にあるものの、B点での N_y が30%程度減少していることから確認できる。又、開孔周辺の応力状態は、特に軸力について見られ、A点では圧縮力の減少（引張り）、B点では圧縮力の増加が見られる。補強等の手段を講じる場合には、開孔周辺の軸力の増減に注意を払い、補強対策を考える必要がある。

4. あとがき

今回の解析は、一例ではあるが、適切な補強方法や施工中の支保部材の設置方法等の検討には、施工履歴を考慮した解析が有効であると思われる。なお、本解析は、当社開発の三次元FEM・CADシステムを利用した。


図－5 M_y コンター図

図－6 M_x コンター図

図－7 N_y コンター図

図－8 N_x コンター図

図－9 N_y 応力変化図