

VI—1

FEM解析による台付管の断面力算定の係数評価

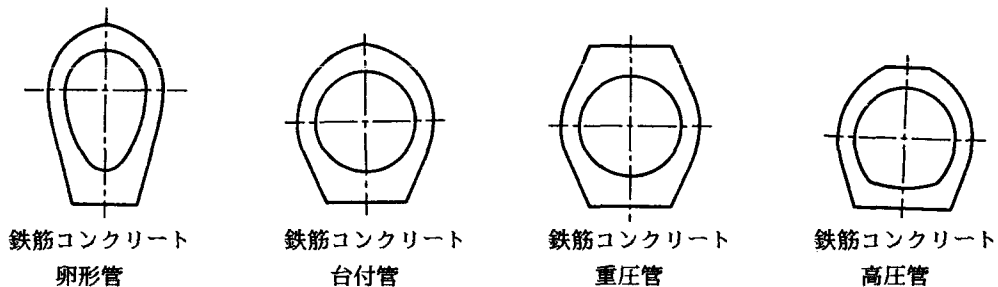
(株) 上田商会 正 員 菅野 三夫
 (株) 上田商会 中村 幸治
 (株) 上田商会 引地 睦史
 室蘭工業大学 正 員 松岡 健一

1. まえがき

管渠の種類には材質によって鉄筋コンクリート管、陶管、鋼管、ダクタイル鋳鉄管、硬質塩化ビニール管強化プラスチック複合管があり、近年小径管においては、耐食性・粗度係数等に有利な塩ビ管の需要は増加しているものの、中径・大径管においては、強度・変形・製作上等の問題のため、いぜんとして鉄筋コンクリート管が主流を占めている状況にある。鉄筋コンクリート管には、鉄筋コンクリート管・遠心力鉄筋コンクリート管・ソケット付スパンパイプ・ロール転圧鉄筋コンクリート管・コア式プレストレストコンクリート管等があるが、これらは全て内・外径が一定な円管である。

しかしながら近年製造技術の発達により、高強度・掃流力・布設効率等を考慮した特殊形状の管も盛んに生産されるに至っている。

主なものとしては図に示される以下のようなものがある。



図—1

現在、道路埋設管の設計は、自重や活荷重によって管に生じる曲げモーメント (M) と管の保有する抵抗曲げモーメント (M_r) の比較によって行っている。埋設管に生じる曲げモーメント (M) は通常円管を薄肉弾性リングと仮定して算定しているが、卵形管等断面内厚が一定とならないような場合には、断面全体を連続体として解析するほうが、より合理的であるものと考えられる。

本文では台付管を取り上げ、二次元アイソパラメトリック四辺形要素を用いた解析を行ない、薄肉弾性リングを仮定した場合の結果と比較検討を行った。

なお、台付管は布設施工時の安定性にすぐれ、かつ巻き立てを必要としない等の高効率な管種の1つとされている。

2. 二次元有限要素法を用いた台付管の解析

2.1 解析理論

台付管を連続体として解析するためにここでは二次元アイソパラメトリック四辺形要素を用いた有限要素解析を試みた。以下に要素式の概略を示す。図—2に示されるような任意四辺形要素において、全体座標系

Calculation of Parameter for Sectional Force of RC Stocky Tubes by means of F.E.M.
 by Mitsuo KAN-NO, Koji NAKAMURA, Mutsushi HIKICHI and Ken-ichi MATSUOKA

をx-y, 対応する変位をu-vとし、要素局所座標系としてξ-η座標をとる。いま、形状ベクトル{N}を

$$\{N\}^T = 1/4 \begin{bmatrix} (1+\xi)(1+\eta) & (1-\xi)(1+\eta) \\ (1-\xi)(1-\eta) & (1+\xi)(1-\eta) \end{bmatrix} \dots\dots\dots (1)$$

とし、アイソパラメトリック要素を仮定すると、要素内任意点の座標(x,y)及び変位(u,v)は節点の座標を(x₁,y₁)変位を(u₁,v₁)とすると、次式の様に示される。

$$\begin{Bmatrix} x \\ y \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} \{N\} \\ \{N\} \end{Bmatrix} \begin{Bmatrix} x_1 \\ y_1 \end{Bmatrix} \dots\dots\dots (2)$$

$$\begin{Bmatrix} u \\ v \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} \{N\} \\ \{N\} \end{Bmatrix} \begin{Bmatrix} dx_1 \\ dy_1 \end{Bmatrix} \dots\dots\dots (3)$$

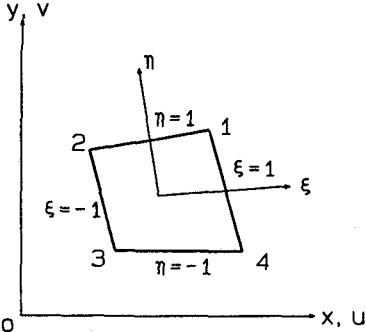


図-2 任意四辺形要素

上式(2), (3)さらに平面歪の弾性マトリックス[D]を考慮して仮想仕事の原理を適用すると

$$\{f\} = [k] \{d\} \dots\dots\dots (4)$$

なる要素剛性方程式を求めることができる。ここで{f}は外力ベクトル、[k]は剛性マトリックス、{d}は変位ベクトルである。式(4)を各構成要素に適用し、構造全体の剛性方程式を作成することによって解を求めることが可能となる。本文ではバンドマトリックスを用いることによって効果的に解を求めている。

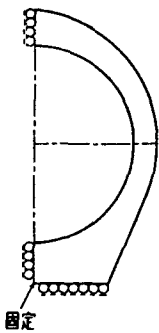
2. 2 数値解析

解析は呼び径300から2000までの17ケースについて行っているが、全て同一の分割数(要素数600、節点数684)としている。特に、内外縁要素は縁応力を求めることを目的として要素厚を4mmに固定している。図-3には境界条件の状態を示している。また、解析は以下に示す3ケースについて行った。

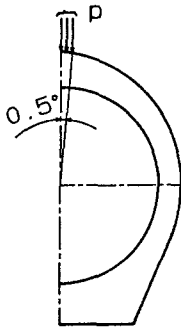
ケース1 頂部集中荷重載荷(応力集中をさけるために中心から0.5°の領域を3分割し、その部分に分布させる形で載荷している。従って呼び径300の場合は片側載荷幅が0.393cm、呼び径2000の場合は3.253cmとなる。全荷重は73kgである) (図-4)

ケース2 等分布荷重載荷(埋設管直上部の土圧を想定し、頂部から最右端部までの部分にq=1.0kg/cmを載荷させた。 (図-5)

ケース3 自重載荷 (γ_c=0.0025kg/cm³)



境界条件
図-3



集中荷重載荷モデル
図-4



等分布荷重載荷モデル
図-5

数値解析結果の1例として、図-6に呼び径300の場合の主応力図を示す。

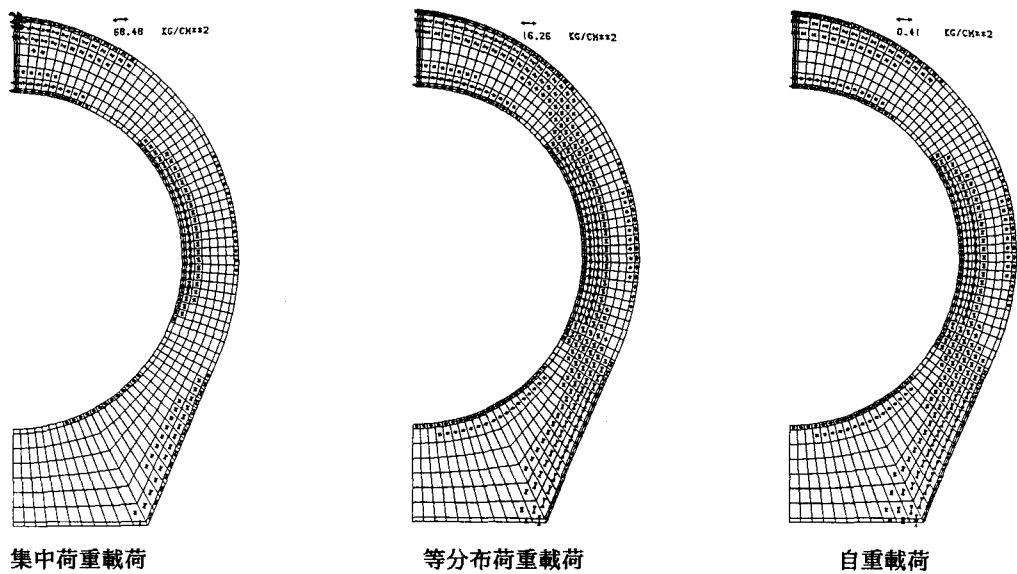


図-6

2. 3 最大曲げモーメント評価のための係数算定

本解析は、弾性解析であるため、全ての呼び径に対して同一の荷重を載荷させ応力を算定しているが台付管の曲げモーメント算定式は一般に次式(5)のように示される。

$$M=K_1 \cdot P \cdot R + K_2 \cdot q b \cdot R + k_3 \cdot W \cdot R \quad \cdots \cdots \cdots (5)$$

但し、 K_1 、 K_2 、 k_3 はそれぞれ集中荷重載荷、等分布荷重載荷、自重に対するモーメント係数であり、他のパラメータは、 P :集中荷重の大きさ $q b$:等分布荷重強度 W :台付管の単位長さ当りの重量(kg) R :台付管腹部の中心半径(cm) である。

各モーメント係数は、求められた断面上下縁の曲げ応力成分を基にして決定している。最大曲げ応力は全ての呼び径において、頂部断面で発生しているの、その断面に注目しモーメント係数を算定している。表-1に本解析結果より求められる係数を弾性リングを仮定する場合の係数と比較し一覧にして示している。弾性リングを仮定する場合は、変断面部を考慮することが困難であるため、図-7のようにリングが基礎にあるものと仮定して算定している。表より、集中荷重載荷の場合には呼び径が小さいものでは本解析結果が10%程度大きい値を示しているが呼び径が大きくなるに従い差が小さくなっている。他、等分布・自重載荷の場合にはいずれも弾性リングを仮定する場合に比較し小さな係数値になっていることがわかる。特に K_2 に関しては、全ての呼び径に対して半分以下の値となっている。

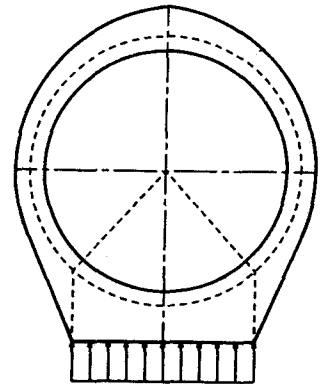


図-7 弾性リングモデル

表-1 モーメント係数の一覧

呼び径	本解析結果			弾性リングを用いた解析結果		
	集中荷重に 対するモーメント係数	等分布荷重 に対するモーメント係数	自重載荷に 対するモーメント係数	集中荷重に 対するモーメント係数	等分布荷重 に対するモーメント係数	自重載荷に 対するモーメント係数
	K ₁	K ₂	K ₃	K ₁	K ₂	K ₃
VPCRA- 300	0.3539	0.1030	0.0449	0.306	0.275	0.067
350	0.3381	0.0991	0.0420	0.306	0.275	0.067
400	0.3225	0.0949	0.0383	0.306	0.274	0.067
450	0.3567	0.1059	0.0455	0.306	0.274	0.067
500	0.3496	0.1045	0.0439	0.305	0.274	0.067
600	0.3432	0.1067	0.0446	0.307	0.276	0.068
700	0.3388	0.1084	0.0452	0.308	0.278	0.069
800	0.3366	0.1101	0.0456	0.308	0.279	0.070
900	0.3337	0.1109	0.0452	0.309	0.280	0.070
1000	0.3315	0.1116	0.0450	0.309	0.281	0.070
1100	0.3309	0.1128	0.0447	0.309	0.282	0.071
1200	0.3284	0.1123	0.0438	0.310	0.282	0.071
1350	0.3259	0.1122	0.0432	0.310	0.282	0.071
1500	0.3240	0.1121	0.0427	0.310	0.282	0.071
1650	0.3224	0.1120	0.0422	0.310	0.282	0.071
1800	0.3213	0.1119	0.0418	0.310	0.282	0.071
2000	0.3211	0.1121	0.0416	0.310	0.282	0.071

3. まとめ

台付管の曲げモーメント評価式のモーメント係数を決定するために、アイソパラメトリック四辺形要素を用いた2次元有限要素法を用いて数値解析を試み、弾性リングを仮定する場合の解析結果と比較検討を行った。本解析結果は、集中荷重載荷を除いて弾性リングを仮定する場合よりも小さな係数値を示すことが明らかになった。以上より、本解析結果を用いることより、弾性リングを仮定する場合よりも使用範囲の拡大が可能となり、より経済的な設計が可能となるものと考えられる。

4. 謝辞

最後に、本解析に対して貴重な解析データを提供して頂いた全国バイコン協会に謝意を表します。