

塑性による剛性変化と不連続面の影響を考慮した
シェル構造物の応力解析

神戸大学 正員 高田至郎
久保田鉄工(株) 正員 〇片桐 信

〈目的〉 本研究では、静的外力を受ける軸対称形状構造物の解析に、不連続面の影響を導入するための解析手法を提案し、その適用例を示すとともに、実験結果との比較検討を試みた。

〈解析理論〉 軸対称回転体構造物要素として、可変剛性リング要素¹⁾を適用した。これは図-1に示す円筒座標系において、三角形断面をZ軸まわりに一回転してできるリング要素の材料定数を周方向にフーリエ級数展開し可変剛性としたものである。つぎに、不連続面の影響を考慮するために、図-2のような Goodmanのジョイント要素をZ軸まわりに一回転してできる要素の節点力、変位、および弾性マトリックスを周方向にフーリエ級数展開した円筒形ジョイント要素を解析に導入した。

〈数値計算結果〉 上述の解析手法を、図-3のような埋設管マンホール取付け部の静的解析に適用した。図-4はメッシュ分割図で、円筒形ジョイント要素をコンクリートとソケットの付着面、およびソケットとパイプの接着面に適用している。なお、計算には荷重漸増法を用いた。この計算モデルに軸方向引張荷重を作用させ、ひずみの変化を実験値と比較したものが図-5、図-6である。これらの図から、管路長手方向ひずみ ε_z については比較的一致しているものの、円周方向ひずみ ε_θ については、実験値のほうがその絶対値が大きくなっていることがわかる。これは実験時の載荷荷重に偏心があった可能性があるためと考え、つぎに示す計算によって ε_θ にあたえる偏心荷重の影響について検討した。

図-7に示す計算モデルに、同図に示すような曲げ荷重を作用させ、荷重漸増ステップ数を5とした。図-8は荷重漸増ステップ1と3での J-4ジョイント要素の開放状況、つまりパイプとコンクリートのはく離状況を表わしており、図-9はそれぞれに対応する荷重漸増ステップでの P-2パイプ要素の r, z, θ 軸方向ひずみ $\varepsilon_r, \varepsilon_z, \varepsilon_\theta$ の分布状況を表わしている。これらの図から、はく離が生じることによって円周方向ひずみ ε_θ が急激に増加することがわかる。

〈結論〉 本研究で定式化した円筒形ジョイント要素を用いれば、円周方向任意箇所での不連続面の影響を軸対称形状構造物の解析に導入することができる。また、この解析手法は埋設管マンホール取付け部のように、あらかじめ不連続面の発生が予想されるような場合の解析に特に有効である。しかしながら、その剛性が周方向に不連続に分布することになり、これを図-10のように数項のフーリエ級数で表現する際の誤差が、不連続面に剛性を与えるという問題点があり、今後この誤差の適切な補正法を考案する必要がある。

〈参考文献〉 1) 遠藤孝夫, 田辺忠顕: 電力中央研究所研究報告, No. 379034
, 昭和58年9月

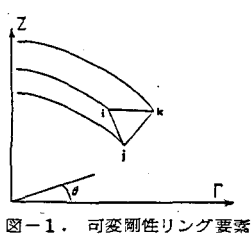


図-1. 可変剛性リング要素

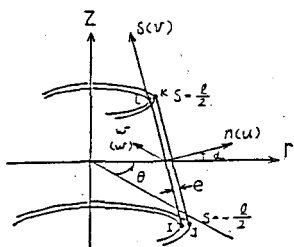


図-2. 円筒形ジョイント要素

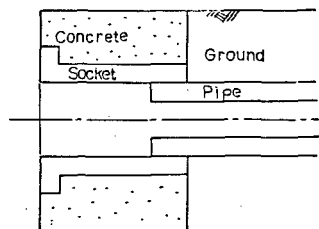


図-3. 埋設管マンホール取付け部

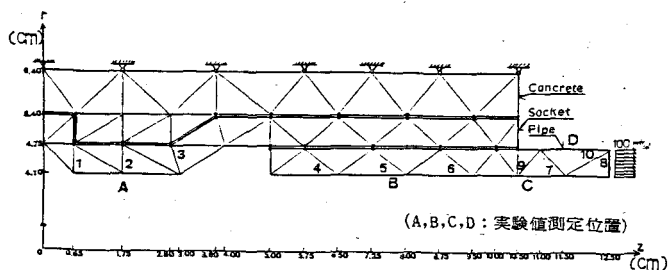


図-4. 計算モデル

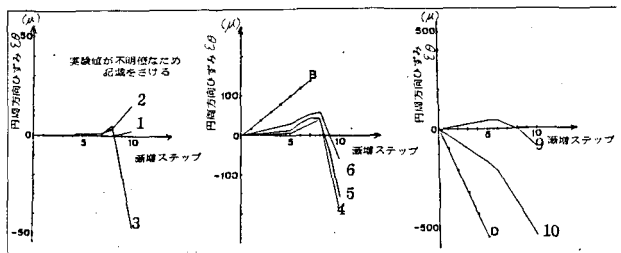


図-5. 管路長手方向ひずみ

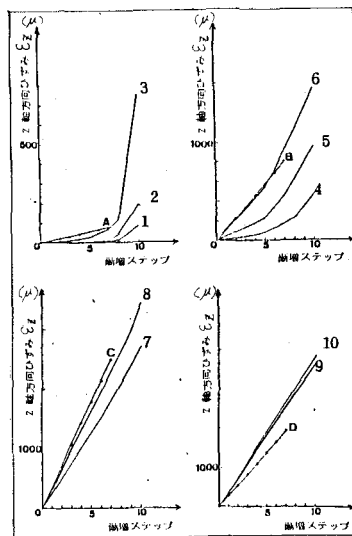


図-6. 円周方向ひずみ

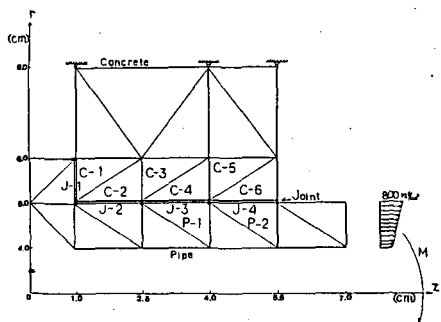


図-7. 計算モデル

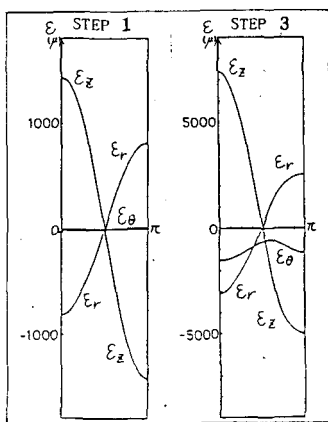


図-8. R,Z,θ 軸方向ひずみ分布 (P-2要素)

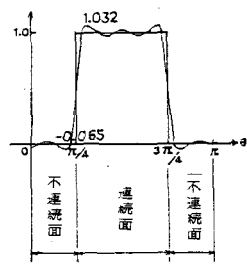


図-9. ジョイント要素弾性分布

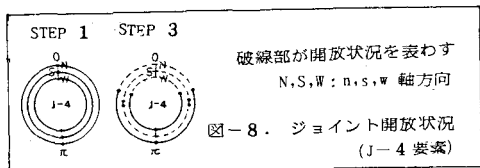


図-10. ジョイント開放状況 (J-4要素)