

I-PS 9 立体薄肉シェルによる洞道断面の応力解析

(株)構造システム 正会員 木村 裕之

同上

カスパー ハノン

1. はじめに

電力設備などに中空断面をもったケーブル敷設用の地中洞道が多く用いられる。そうした洞道を設計するに当り、一般に断面方向についてボックスカルバートとして計算する。しかし、洞道が直角に分岐する部分などは平面的な解析では適切にモデル化することはできず、立体的な解析が必要となる。

昨今のパソコン等の計算手段の発達により、従来、大型電子計算機でおこなってきた有限要素解析も、安価にかつ視覚的に設計手段として用いられつつある。本文にその具体的な試みを記す。

2. 解析法

立体モデルを画面上に図化表示させ、形状の確認をしながら入力データを作成し、3次元有限要素解析を行うパソコンプログラムを開発した。要素は4節点アイソパラメトリックのシェル要素で、各節点の自由度は6である。要素辺上の中間従属節点を組み込んだ平面弾性理論[1]と面外せん断変形を考慮した板理論[2]を組み合わせている。(図1)

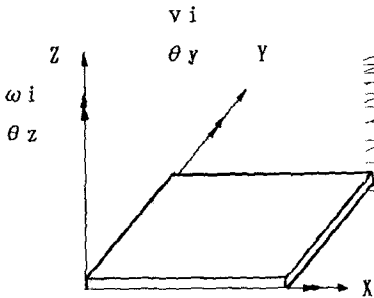


図1 板要素

節点変位

- u_i : 節点*i*におけるX軸方向の変位
- v_i : 節点*i*におけるY軸方向の変位
- w_i : 節点*i*におけるZ軸方向の変位
- θ_x : 節点*i*におけるX軸まわりの回転角
- θ_y : 節点*i*におけるY軸まわりの回転角
- θ_z : 節点*i*におけるZ軸まわりの回転角

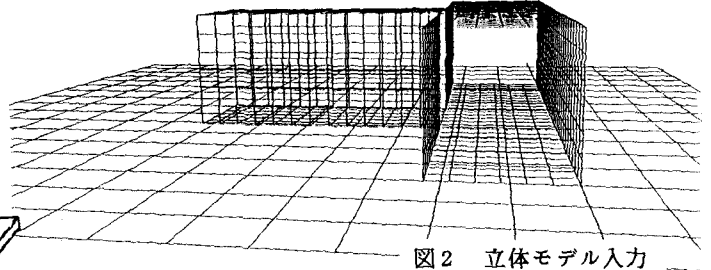
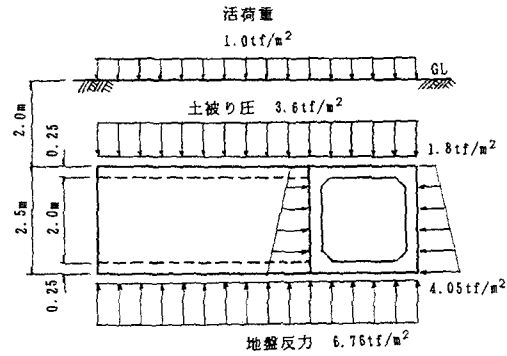


図2 立体モデル入力



土質物性値

$\gamma = 1.8 \text{ tf/m}^3$
 $K_0 = 0.5$

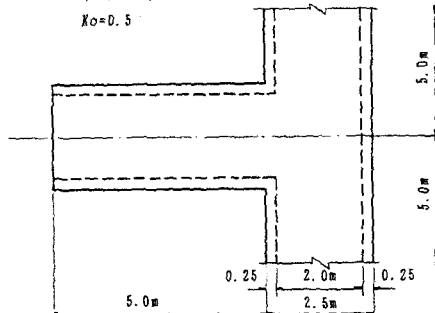


図3 解析モデル

3. 解析モデル

解析対象は、図3に示すような中心線に対称な形状寸法をもつ洞道の分岐部分である。荷重条件は上載土重量、自重、静止土圧、および等分布荷重 1 t/m^2 である。

4. 解析結果

変形図を図5に、頂版部の断面力 M_x 、 M_y を図6、7に示す。板理論、梁理論それぞれにより断面力を算出した結果を表1に示す。

表1 頂版の曲げモーメント M_x (M_y)
(tm/単位幅)

手法		着目点	支点端部	中央部
理論解	版	4 辺固定	-1.211	0.419
		4 辺単純支持	0	0.885
	梁	両端固定	-1.940	0.970
		両端単純支持	0	2.911
FEM	解析結果		-1.170 (-1.122)	1.236 (1.221)

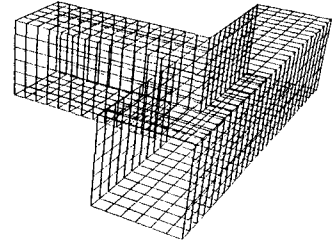


図4 原形図

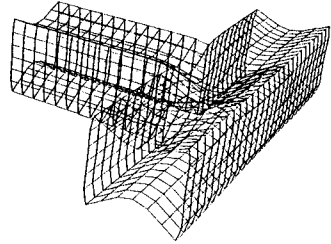


図5 変形図

5. 断面設計に関する考察

FEM解析結果は、4 辺固定の版として計算した値より、固定端で 3.4% 小さい。また、版中心では 3 倍程度大きな値となる。応力分布についても分岐部分中央より、洞道の接続端部の断面で大きな曲げモーメントが発生する。

断面配筋において、4 辺固定の板として計算した場合や両端固定の梁として計算した場合、頂版下端筋に鉄筋量が不足することになる。一方、本解析によれば必要鉄筋量とその範囲を把握することができる。本構造物の場合、洞道の接続端部を中心に鉄筋を配置する必要がある。

6. 結び

立体薄肉シェル要素を用いた有限要素法により、洞道の応力解析を行い断面設計について検討した。本解析プログラムでは、実構造物に近い状態で立体的にモデル化し、応力分布を精度よく把握して、安全な断面設計することが可能である。こうした解析手法は、今後、日常的な設計の一手段として指針等に整備していくことが望まれる。

7. 参考文献

[1] Richard H. MacNeal and Robert L. Harder, "A Refined Four-noded Membrane Element with Rotational Degrees of Freedom", *Comp. & Struct.* Vol.28 No.1 pp.75-84, 1988

[2] Klaus-Jurgen Bathe and Eduardo N. Dvorkin, "Short Communication Four-node Plate Bending Element based on Mindlin/Reissner Theory and a Mixed Interpolation", *IJNME*, Vol.21 pp.367-383, 1985

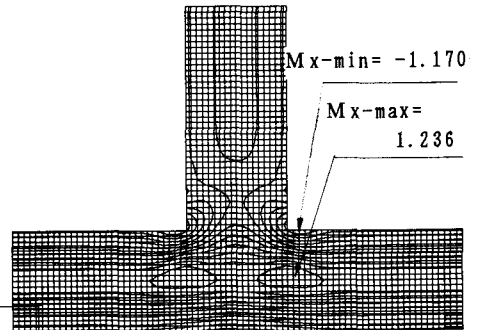


図6 頂版 M_x

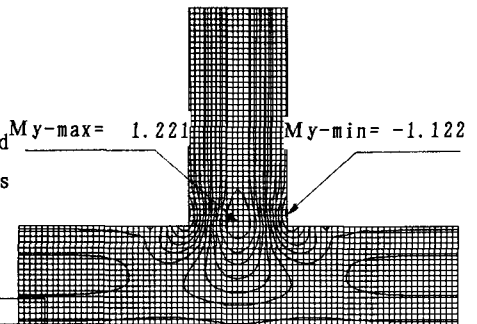


図7 頂版 M_y