

## オクトパス工法の開発（その10） — 中柱基部半剛構造の解析的検討 —

新日本製鐵（株） 正会員 寺田昌弘 三宅正人  
鹿島建設（株） 正会員 田中耕一 小坂琢郎

### 1) はじめに

オクトパス工法で構築する地下構造物は、従来の構造と比較して大断面であり、中柱に要求される耐震性能も厳しいものとなることが考えられる。コンクリート充填柱で検討中の中柱であるが、特に、断面力が大きくなる基部付近を、道路橋示方書の保有水平耐力法に準じて設計すると、非常に剛でかつ強度の高い断面が必要となり、

合理的とはいえない。そこで、断面力が大きくなる柱基部を半剛とすることで合理的な設計の可能性を探った。検討の方法として、まず、応答変位法による耐震解析を行い、中柱基部を固定・ピンと条件を変えた場合に発生する地震時断面力を算定するとともに、基部の固定条件を変えた場合の他の部材への影響を算定した。その後、中柱部分のみをモデル化した骨組み解析により、基部の回転剛性を変化させたときの発生断面力を算定し、合理的な設計の可能性を探った。

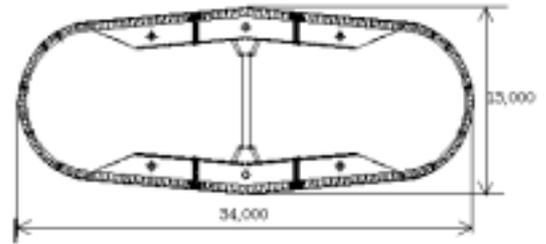


図1. オクトパス実断面例

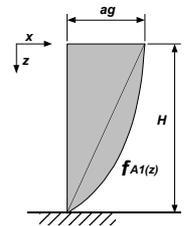


図2. 地盤変位分布

表1. 地盤の変位

上版部変位(cm)	20.00
底版部変位(cm)	10.41
相対変位(cm)	9.59

### 2) 対象構造と地盤条件

図1のような試設計構造について応答変位法による耐震解析を行った。対象地盤は、沖積層のあまり締まっていない砂質土で、 $N=10$ 、トンネルの深度は10m、 $H=30m$ とし、鉄道構造物等設計標準による地盤水平変位の深度方向分布を使用した(図2、表1)。

フレーム要素の諸元を示す。部材剛性・重量は、全断面コンクリート硬化後の値を用いた。セグメント幅は1.2mとする。中柱の剛性は、試設計で静的な耐荷力により地震時の照査を行ったコンクリート充填鋼管柱( $D=900mm$ ,  $t=26mm$ )と等価なコンクリート断面の剛性を用いた。

表2. 解析の断面諸元

断面番号	断面積 $A(m^2)$	断面二次モーメント $Iz(m^4)$	備考
1	2.72E+00	1.17E+00	直線部
2	2.08E+00	5.18E-01	テーパ一部
3	1.43E+00	1.69E-01	テーパ一部
4	7.80E-01	2.75E-02	側円部
5	1.06E+00	7.31E-02	中柱

### 3) 応答変位法による解析結果

柱上下端固定条件・慣性力の有無による最大変位・発生曲げモーメントの比較を表3、4に示す。変位の絶対値では慣性力を作用させた方が変位が大きいものの、中柱上下端の相対変位で比較するとほとんど差がない。柱上下端の固定条件で比較すると、柱端部をピンとした場合は、柱上端の絶対変位量では固定の場合と大差ないが、基部の変位が小さいため、相対変位で比較した場合に差が大きくなっている。慣性力の有無による差は小さい。また、柱の両端の固定条件をピンとしても、他の部材の断面力が大幅に増加する傾向は見られない。よって、他の部材の耐力を大きく変えることなく、中柱基部に回転を許容できると考えられる。

表3 変位比較

柱固定条件 慣性力	柱両端固定		柱両端ピン	
	無(m)	有(m)	無(m)	有(m)
最大水平変位	0.079	0.087	0.093	0.105
柱頂部変位	0.079	0.086	0.092	0.104
柱基部変位	0.015	0.023	0.003	0.013
柱上下相対変位	0.063	0.064	0.089	0.091

表4 曲げモーメント比較

柱固定条件 慣性力	柱両端固定		柱両端ピン	
	無(kNm)	有(kNm)	無(kNm)	有(kNm)
中柱端部	6664	6948.2	0	0
中柱中央部	58.8	147	0	421.4
頂版直線部最大	3969	4057.2	2450	2440.2
側円部最大	1342.6	1283.8	1558.2	1519
底版直線部最大	3567.2	4076.8	1538.6	1989.4

キーワード シールドトンネル, 中柱, 耐震性能

連絡先 〒293-8511 千葉県富津市新富 20-1 TEL: 0439-80-2856 FAX: 0439-80-2745

#### 4) 柱基部の剛性に関する解析

##### 構造モデル

図3に示すように、中柱と、上下梁直線部を抜き出したフレームモデルを作成した。直線部梁要素には、応答変位法による断面全体の解析時と同じ断面剛性を与えた。中柱の剛性は以下に示す。応答変位法により求めた柱両端の相対変位（慣性力無し、両端ピン時）を図3の位置へ強制変位として与えた。

##### 中柱のモデル化

中柱のM- $\phi$ 関係は、断面を多数のファイバー要素に分割して各要素に材料の応力-ひずみ関係を与えて計算した。柱の降伏曲げモーメントは、4851kNm であり、常時の軸力(5547kN)を考慮した剛性である。基部要素には、中柱要素の回転剛性を基準に、10%、20%、50%の剛性（線形）を与えた。

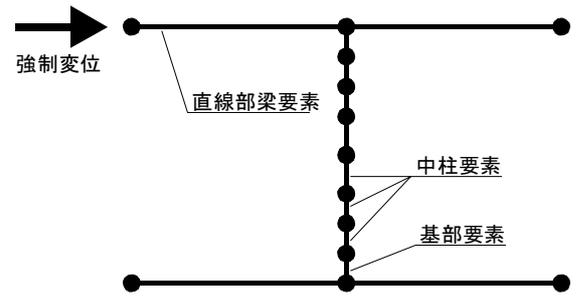
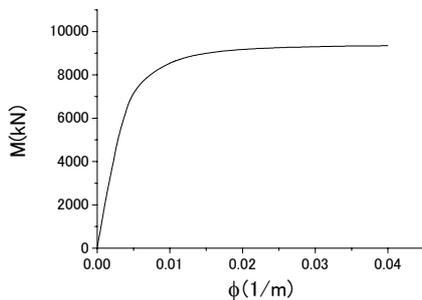
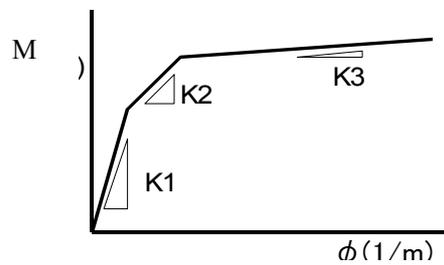


図3. 解析モデル



計算値



解析モデル

K1(kNm <sup>2</sup> )	K2(= $\alpha$ K1)	K3(= $\beta$ K1)
1764000	$\alpha = 0.14$	$\beta = 0.01$

図4 中柱のM- $\phi$ 関係

##### 解析結果

まず、中柱の剛性を応答変位法と同じとし、基部の剛性も中柱と同じにした場合の解析を行い、応答変位法の解析結果と比較した。その結果、応答変位法で求めた断面力とほぼ同じ結果が得られ、解析法として問題ないと考えられた。

図5に、基部の剛性及び柱の剛性を変化させたときの、中柱のMの最大値を示す。基部の剛性、中柱の剛性は、中柱の設計剛性を基本とした比率で表している（図4のK1）。基部を固定（1.0）とすると、柱の剛性が大きくなるに従って発生断面力も大きくなる。しかし、基部の回転剛性を柱の設計剛性の20%程度にすると、柱の剛性の変化による発生曲げモーメントの変化率がかなり小さくなることわかる。

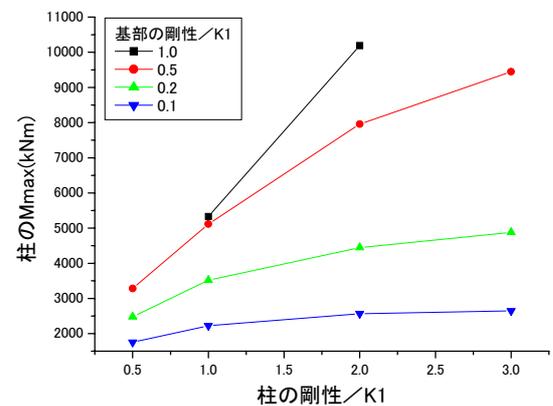


図5. 基部の剛性による断面力変化

##### 結論

- ・ 柱端部の固定条件が他の部材の断面力へ与える影響は小さく、柱基部に回転剛性を許容できる。
- ・ 柱基部を柱本体の20%程度の回転剛性となるような固定条件とすると、柱の剛性による断面力の変化が小さくなる。

##### 参考文献

- 1) オクトパス工法の開発（その1）～（その7） 土木学会第56回年次学術講演会
- 2) オクトパス工法の開発（その9） 土木学会第57回年次学術講演会