

半無限体に埋め込まれた円柱の水平抵抗について

大阪工業大学 正員 岡村宏一
 東洋技研コンサルタント 正員 島田 功
 大阪工業大学大学院 学生員 〇祖川義雄

1. まえがき

均質な弾性体中に埋め込まれた円柱の問題は、数多くの興味深い問題を含んでいる。特に、水平抵抗に関する問題は、たとえば、コンクリート中に埋設されたアンカーボルト、地盤中の杭、ロックボルトなどの力学的挙動を知るための基本的な問題といえる。ただ、この種の問題をより現実的に解析するには、円柱と、それが埋め込まれる材料間の分離（剝離、すべりなど）を考慮に入れる必要があると思われる。本報告は、このような観点から、半無限体に埋め込まれた円柱が頭部に等分布水平荷重を受ける問題を三次元的に解析したものである。

2. 解法概要

半無限体中に剛性の異なる物体を内蔵する問題は、部分的な剛度変化領域を有する三次元体として扱うことができ、剛度が変化する物体の表面部に仮想面力を作用させた均質な半無限弾性体（母体）の問題と等価である¹⁾。図-1のような円柱の仮想面力を円筒座標系で示すと次のようになる。

$$F_{ri} = \frac{G - G_0}{G} G_{ri} \quad F_{zi} = \frac{G - G_0}{G} T_{zri} \quad F_{\theta i} = \frac{G - G_0}{G} T_{\theta ri} \quad (1)$$

ここで、 G 、 G_0 はせん断弾性定数である。

円柱の頭部に作用する等分布水平荷重は、母体との剛度差によって、次のように変換した力として母体表面に作用させることになる。

$$F_x^0 = \frac{G_0}{G} S \quad (2)$$

これらの力は Mindlin 解の積分によって与えられるが、(1)式に示すように、それらは埋め込まれた円柱との接触面応力で表われ、その分布を厳密に求めることは困難である。そこで、この分布力を図-1に示すような矩形小領域で等分布する力の集合として与えると、Mindlin 解を矩形積分した解を基本にして、各領域の仮想面力を未知量とした連立方程式が得られる。次に、剝離現象は円柱背面での ϵ_r がある限界値を越えると、これほど背面を通して伝達していた力が切れ再配分されるとともに、以後の荷重による力の伝達がないものとして解析される。したがって荷重の増加とともに剝離領域が進展する状態を逐次追跡することになる。とこ

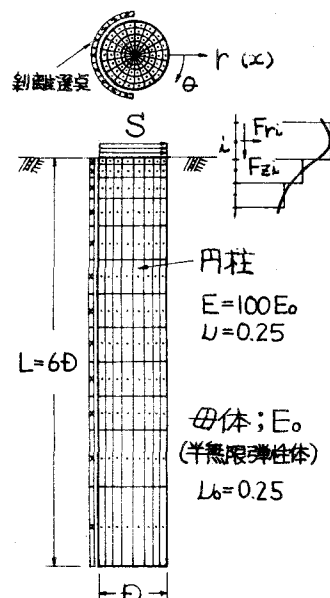


図-1 解析モデル

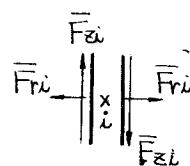


図-2

HIROKAZU-OKAMURA, ISAO-SHIMADA, YOSHIO-SOGAWA

そこで、この剝離は、まえにもふれたように、背面での材料分離であり、図-1に示すような、ある有限な厚さをもつ薄層を背面の母体に設け、その領域に力を伝達しない条件と与えた。ところで、このような条件として、この薄層に応力の伝達が事となる応力-歪マトリックスを与え剛度変化の問題として取扱うこともできるが²⁾、そのはん雑さをさけるため、本解析では、その薄層の両面に図-2に示すような対面力を作用させ、薄層面での伝達応力を零にする条件 $\bar{F}_n = 6n$ とした。この面力 $\bar{F}_n$ は前述の剛度変化の問題と同様、有限な矩形内で等分布する対面力の集合として与え、対面力を未知量として連立方程式を解くことにより決定される。

3. 解析結果

解析モデル、および柱頭荷重面と側面の分割を図-1に示した。図-3は荷重の増加に伴う剝離の進展状態の一部を示したものである。ここに、 S_0 は剝離が始まる段階の荷重強度である。この剝離を考慮した荷重-変位曲線を示すと図-4となり、図-3の剝離段階Cでは剝離を考慮しない線形解の1.4倍の変位となる。なお、円柱の剛度が母体の10倍の結果も併記したが、剛比100倍の場合の2倍近くの変形となる。図-5、図-6は剝離段階Cにおける円柱前面の直応力 (δr) を示した。図-5の鉛直方向の分布図より、水平抵抗の範囲は $N=100$ で3D、 $N=10$ で2D位といえる。また、剛比が小さくなると上部の集中する。

- 《参考文献》 1) 岡村・島田；不均質三次元体の数値解法に関する考察，第30回土木学会論文報告集1 pp15~16, 1975
2) 岡村・島田；弾塑性、もしくは不均質弾性系有る三次元体の数値解法，土木学会論文報告集 No 212号, 1973

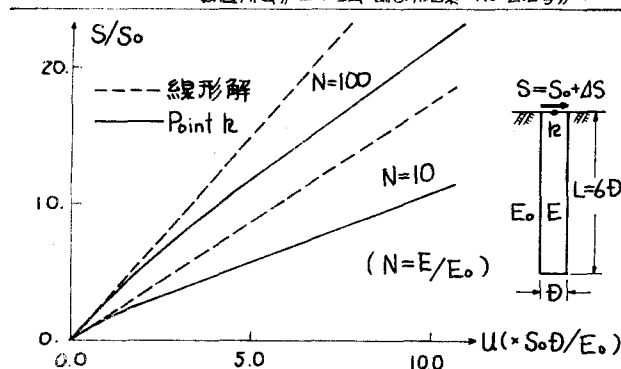


図-4 円柱頭部の荷重-変位曲線

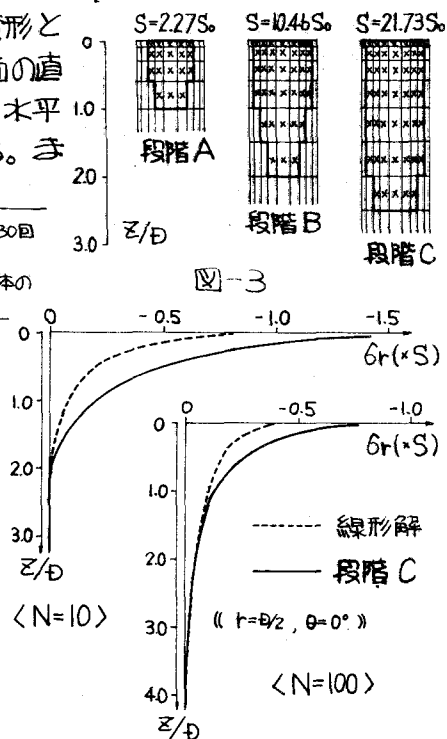


図-5

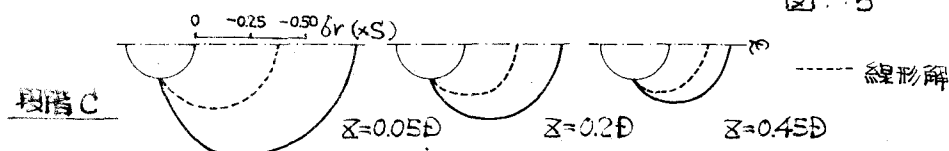


図-6 δr の分布図