

III-A 254 弾塑性有限要素法を用いた支持力設計法の検討（2）

東急建設 技術研究所 正会員 大河内保彦

1. はじめに

筆者は、支持力問題の設計に、弾塑性有限要素法を適用可能かどうか、根入れの無い帯基礎について検討を行なった¹⁾。その結果、有限要素法の解析結果は、現行設計法と比較して大きめの支持力値を示すため、安全率の見直し、あるいは、沈下の規定などを適正にすれば、適用の可能性があると考えられた。前回は、c材、φ材について解析を実施し、道路橋の極限支持力より、20~70%大きな値が計算値として得られる事がわかった。今回は、c、φ共に0ではない場合について、解析を行い、道路橋示方書と比較を行なった。また、φ材について軸対称の解析を実施したので報告する。

2. 検討方法

検討対象を幅2mの帯基礎とし（軸対称は半径1m）、密度および変形係数は、すべてのケースで同一とした。今回検討した事項は、以下の通りである。

1) 強度定数

以下の二種類の組み合わせについて解析を行なった。

- ① c=24.5kPa、φ=20°、φ=0°
- ② c=49.0kPa、φ=10°、φ=0°
- ③ c=0.0、φ=32°、φ=0°（軸対称）

2) 解析領域

要素分割は単純な長方形とし、解析領域を変えてその結果に与える影響を調べる。

以上の検討ケースで、共通

に用いたパラメータを表-1に、検討のために用いた値をまとめて表-2に示す。

表-1 検討に用いたデータ（共通）

項目	値
基礎幅 B(m)	2.0
地盤単位体積重量 γ (kN/m ³)	15.68
変形係数 E(MPa)	9.8
要素寸法 (m)	0.5×0.625

表-2 検討に用いたデータ

項目	解析領域 1	解析領域 2	解析領域 3
解析領域	5m×5m(80要素)	10m×10m(320要素)	20m×20m(1280要素)

計算には、8節点減積分要素を用いた。図-1に5m×5mの場合の要素分割図を示す。図からわかるように、同一寸法の要素を用いて機械的な分割を意図的に行なった。計算は、CRAY Y-MP/2Eを使用した。

3. 検討結果

φ=20°、c=24.5kPaの場合の計算結果を図-2にまとめて示す。

この結果次の事がわかった。

- 1) 極限支持力は、解析領域によらず、約430kPaである。
- 2) 解析領域が大きくなると、変形が大きくなる。
- 3) 道路橋示方書の式を用いて極限支持力を計算した値よりも、FEMの計算結果は、30%強程度過大となっている。
- 4) S/B=0.1の点で、支持力値とすると、FEMの計算結果は、いずれも、道路橋の値とほぼ同じか、小さくなる。

なお、道路橋の値は、本来の式の不要な項を除去して、以下の式として計算した。

$$q = \frac{Q_u}{A} \left(cN_c + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma \right) \quad \text{---(1)}$$

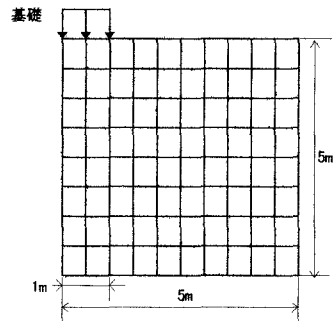


図-3に、 $\phi=10^\circ$ 、 $c=49\text{kPa}$ の解析結果を示す。この結果次の事がわかる。

- 5) 極限支持力は、解析領域によらず、約 510kPa である。
- 6) 解析領域が大きくなると、変形が大きくなるが、その程度は、 $\phi=20^\circ$ 、 $c=24.5\text{kPa}$ の場合より小さい。
- これは、 ϕ 材、 c 材について解析した場合傾向と一致している。
- 7) 道路橋の値と比較すると、FEM の計算結果は、30%弱程度大きくなる。
- 8) $S/B=0.1$ の点で、極限支持力とすると、この場合も、道路橋の値と同じか、それより下回る値となる。

以上、前回の c 材、 ϕ 材、について行なった結果と合わせて考えると、FEMの解析結果は、道路橋の値よりも、かなり過大な極限支持力を示す事がわかる。ただし、地盤の変形係数を適切に評価すれば、極限支持力が、沈下量の限界から制限する事によって適切な値を得る事ができる可能性があることもわかった。

次に軸対称の解析結果を図-4に示す。

N_γ は、次式を用いて計算した。

$$N_\gamma = \frac{2q_u}{\gamma\beta B}, \beta = 0.6 \quad (2)$$

この結果から、以下の事がわかる。

- 9) 支持力係数、変形特性共に解析領域によらず、支持力係数値は、道路橋より、約 110%過大である。

道路橋の値と同程度の支持力係数を得るためには、帯基礎の場合より、沈下量の小さく設定する必要がある。

5. まとめ(設計への適用性)

c と ϕ が共に0でない場合について、弾塑性有限要素法を用い、支持力設計への適用性を検討した。この結果、次の事がわかった。

- 1) 解析領域が大きくなると変位が大きくなるが、極限支持力には大きな影響はない。
- 2) 極限支持力値は、道路橋よりも約 30%大きな値となるが、地盤の変形係数を適切に評価し、許容変位からも制限を加えれば、適正な極限支持力を得られる可能性がある。

6. 参考文献

- 1) 大河内：弾塑性有限要素法を用いた支持力設計法の検討,第31回地盤工学研究発表会,1996
- 2) 小林:有限要素法による地盤の安定解析,第18回土質工学研究発表会,1983

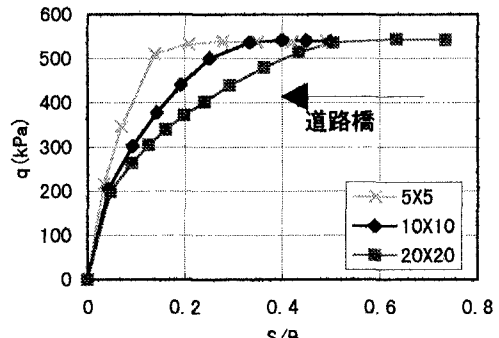


図-2 $\phi=20^\circ$ $c=24.5\text{kPa}$ の解析結果

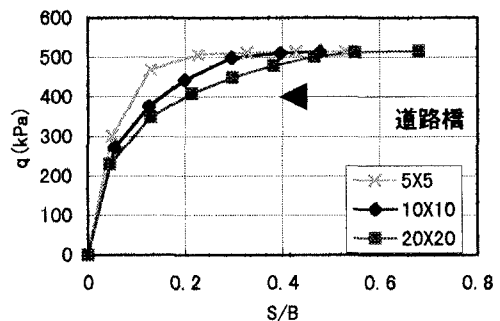


図-3 $\phi=10^\circ$ $c=49.0\text{kPa}$ の解析結果

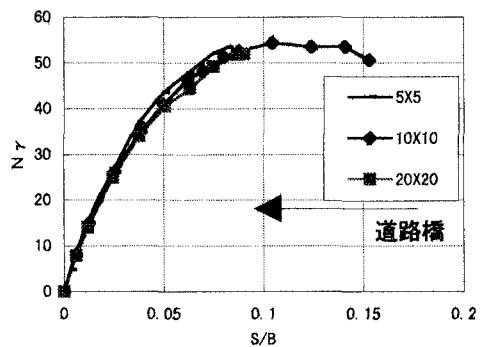


図-4 $\phi=32^\circ$ $c=0\text{kPa}$ の解析結果