

弾性体ならびに土の変形拘束条件によって表現された土留めを有する掘削地盤の変形計算

(株) 浅沼組 正会員 高稲敏浩

名古屋大学 正会員 浅岡顕、野田利弘、山田英司

1. はじめに

3軸試験のペDESTAL、基礎、杭など土以外の材料を介して外力が土に伝達される場合、あるいは、補強土工法における鉄筋やジオテキスタイル、土留めなどを設置し土中の応力を負担させる場合における土の変形挙動は、土骨格の速度場に課する線形制約条件（距離不変、角度不変、方向不変条件など）を用いることで、補強材と地盤との相互作用を考慮しながら簡便にしかも有用に調べることができる¹⁾。簡便であるためあくまでも近似として、「距離不変」「角度不変」といった条件は、設計側からみるとかなり安全側であると考えられる場合もある。そこで、本報は自立式土留めを例に取り線形制約条件と、それら材料を線形弾性体とし実際に使用される材料定数を用いそれらの曲げモーメントを比較することで、それぞれの適用性について検討したものである。

2. 土留めに弾性体と制約条件を用いた掘削地盤の解析比較

図1に示す有限要素メッシュを用い、3m掘削した場合に自立しない地盤(図2)に対して自立式土留めを設置した場合について検討する。地盤は自重に応じて応力等は深さ方向に分布し²⁾、表1に用いた土質定数を示す。なお、土の構成式には下負荷面カムクレイモデル³⁾を用いている。

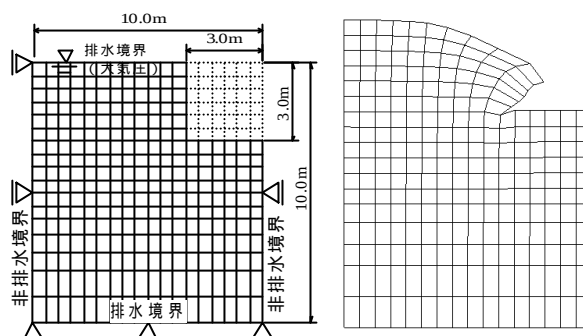


図1 有限要素メッシュ

図2 素掘時の変形図

2.1 根入れ3mの場合

根入れ3mで矢板を i)制約条件（角度不変、距離不変） ii)幅 0.25mの弾性体で表現した場合について、角度不変条件から算出される曲げモーメントと弾性体に発生する曲げモーメントを比較した。なお、弾性体の場合、図1の有限要素メッシュに弾性体幅の要素を加え、弾性係数を III 型鋼矢板の EI(表2参照)と等しくなるよう、幅に応じ設定し計算を行っている。最終の変形図および、そのときの矢板の変形を図3に示す。このときの曲げモーメントを図4に示す。変形、曲げモーメントともいずれも制約条件、弾性体の場合でほぼ一致していることがわかる。変形の小さい場合、弾性体と制約条件を用いた計算でほぼ同様な結果得られることが分かる。

表1 土質定数

圧縮指数 $\tilde{l}$	0.131
膨潤指数 $\tilde{k}$	0.016
限界状態定数M	1.53
ポアソン比 n	0.30
透水係数 $k(\text{m/sec})$	3.7×10^{-8}
土粒子の密度 $r_s(\text{kN/m}^3)$	25.5
正規圧密土化係数 n_2	10.0

2.2 根入れ2mの場合

1)鋼矢板の場合 根入れを2mに浅くして、矢板を i)制約条件（角度不変、距離不変） ii)幅 0.25mの制約条件、iii)幅 0.25m,iv)幅 0.1m,v)幅 0.013mの弾性体で表現した場合の5ケースについての場合で比較する。変形図および、そのときの矢板の変形を図5,図6に示す。そのときの曲げモーメントを図7に示す。厚み25cmのとき、地盤変形は他の場合に比べて小さい。また、曲げモーメントは、ほぼ同様な分布を示しているが、この計算条件では制約条件を入れたものより弾性体の方が若干大きくなっている。変形が大きくなると、弾性体と制約条件では差が生じてくることが分かる。

表2 鋼矢板の弾性パラメータ

弾性係数 $E(\text{kN/m}^2)$	2.06×10^8
ポアソン比	0.30
断面2次モーメント $I(\text{m}^4)$ (壁幅1mあたり)	1.34×10^{-4}

2)地盤改良体の場合 幅50cm、弾性係数 $1.0 \times 10^5 \text{kN/m}^2$ の地盤改良体を土留めとし、同様な掘削計算を行った。その変形図と曲げモーメント図を図8、図9に示す（上述の制約条件の場合も併記している）。鋼矢板に比べて20分の1程度剛性(EI)は小さく、土留め壁は撓んでいるが、曲げモーメントは鋼矢板の場合とほぼ等しい。

キーワード：有限要素法、弾性体、線形制約条件、曲げモーメント

連絡先：〒569-0034 高槻市大塚町3-24-1、TEL:0726-61-1620、FAX:0726-61-1730

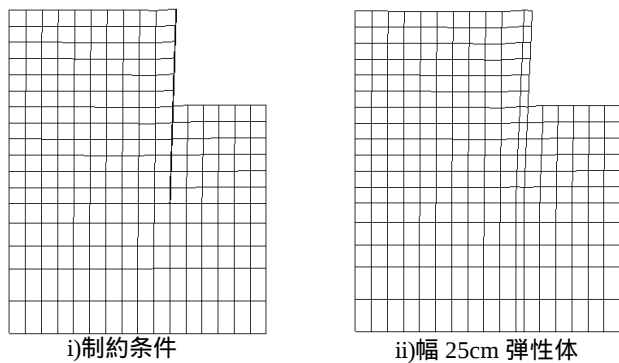


図 3 最終変形図

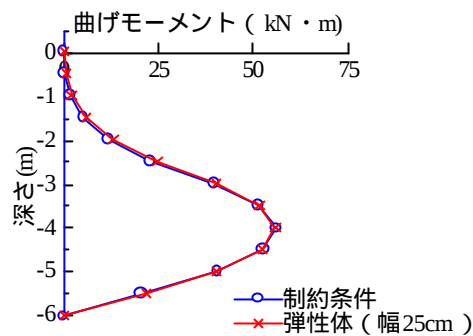


図 4 曲げモーメント分布の比較

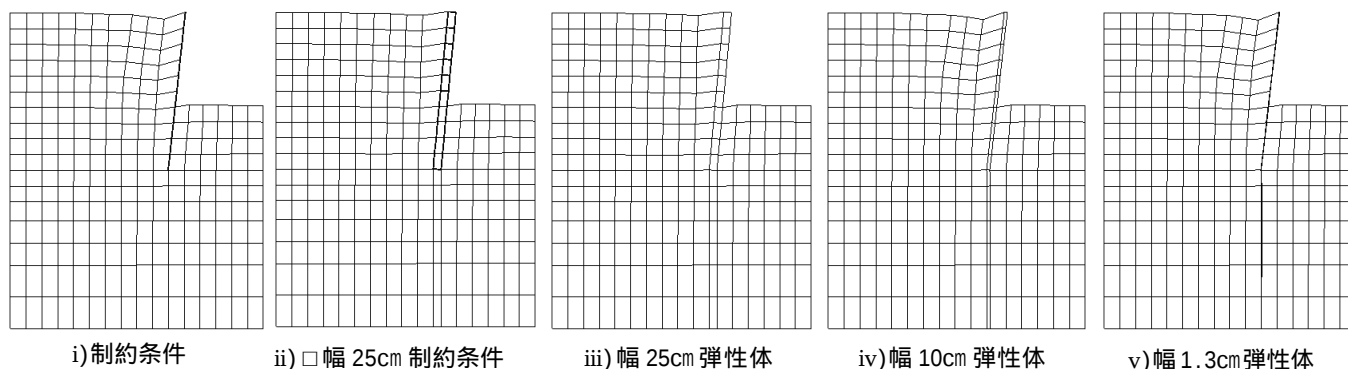


図 5 最終変形図

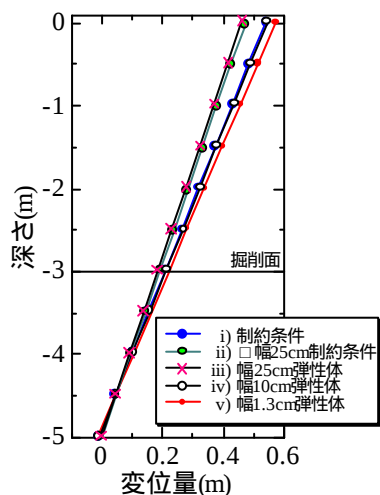


図 6 土留め壁変位

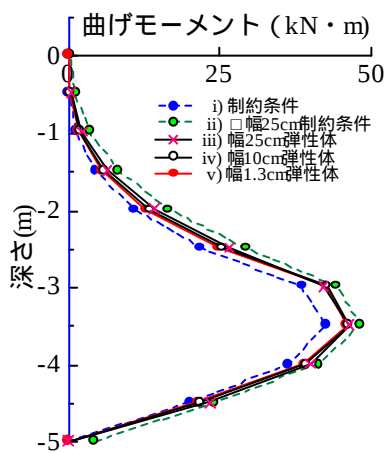


図 7 曲げモーメント分布の比較

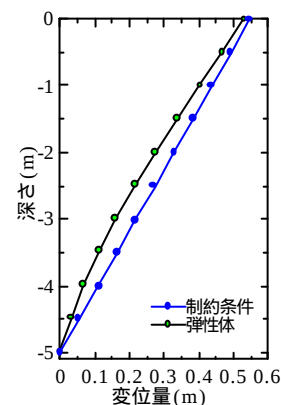
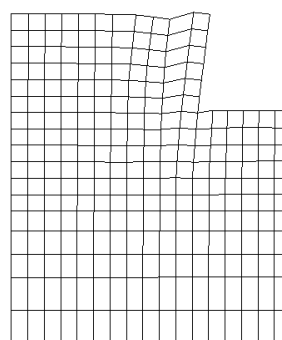


図 8 最終変形図および土留めの変位

掘削量が同じため剛性によらず曲げモーメントが同様の値を示すと考えられるが、部材力の算定という点では制約条件も有効であることが分かる。

3. おわりに

土中に設置される補強部材は、そのモデル化（有限要素メッシュ）によっては制約条件が地盤・部材の設計に充分適用可能である場合もあるが、その厚みを考慮する必要がある場合には、剛性を考慮できる弾性体などの適切なモデル化が必要である。なお、弾性体の剛性をきわめて大きくし制約条件を表現した場合に計算不能となることもわかった。

参考文献：1) Asaoka et al.: Displacement/traction boundary conditions represented by constraint conditions ..., S&F, Vol.38-4, pp.173-181, 1998. 2) 野田ら：水～土連成計算による土留めに作用..., 土木学会論文集, No.617/III-46, pp.125-138, 1999. 3) Hashiguchi, K: Subloading surface model..., Int. J. Solids Structures, 25(8), pp.917-945, 1989.

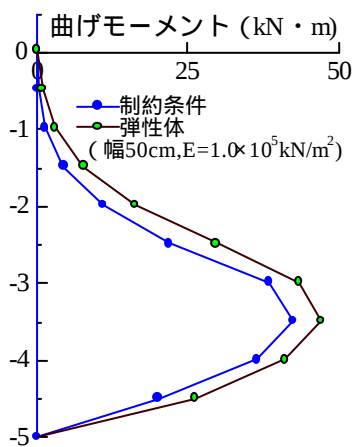


図 9 曲げモーメント分布図