

埼玉大学 正員 浜島良吉

○ 学生員 井 関 晴 夫

1. 予えがき: 層理・流理・片理等のある岩石はその組織構造に従って力学的異方性を示す。せん断節理面に囲まれた内部の岩石にも節理面と同じ性格の微小割れ目が存在する。地殻構造力を強く受けた地域では岩石片で見ても、露頭で見ても、またある地域の空中写真、あるいは地貌で見ても、山地にはその山地のせん断強度の模様が現れる。岩盤の力学的強度を正しく把握するには、山地のリニアメント構成及び岩石片の微視的構造とその破壊力学機構を示すことによりこれをモデル化し、解析を行う必要がある。筆者らはこうした異方性節理系岩盤の支持力、破壊機構についての系統的な研究として、均一な異方性砂地盤の支持力実験、さらにプロック光弾性モデルによる節理系岩盤実験及びこれらの解析を行った。

2. 実験及び解析結果: 図-1は異方性砂地盤についての支持力実験であり、載荷板は図に示されるように、Fix 及び Free の2種類の方法でおこなった。これによれば $\theta=0^\circ$ 及び $\theta=90^\circ$ 以外の角度は Fix の方が Free の場合より高い支持力値を示している。実際の現地での大型平板載荷実験においては Fix に近い状態で載荷実験が行われるが、実際の構造物の載荷条件は Free の条件に近いと考えられ、Fix の状態での載荷実験は実際の地盤支持力より高目の値を与えると考えられる。さらに Fix と Free では支持力の落ち込む位置 (θ の値) が異なる。これは Fix と Free ではすべり破壊様式が異なることを示唆している。図-1において、 $\theta=0^\circ$ 及び $\theta=90^\circ$ の角においては Fix 及び Free の支持力がほぼ一致している。そこで $\theta=90^\circ$ の場合について支持力変位曲線を示せば図-2 のようになり両者の曲線はほぼ一致しているといえる。ただし一つ留意すべきことは、今の場合において Fix 及び Free の支持力が一致するからといって必ずしも一般的にこれが弾性ではある。例えば図-3に示されるア-ナに対する荷重 (P) - 変位 (δ) 曲線を見ると、これは図-2 に示される砂地盤の荷重 - 変位曲線と類似な形状となっている。しかしア-ナの場合にはピーク荷重 (対称変形が完了するを意味する場合) 以前において分岐層 (A 層) を生じそれ以後は A-C の分岐経路をたどる。さらにもしア-ナにほんのりの初期不正量が存在する場合には、そのときの荷重変形曲線は O-A-C に漸近するようになる。これらから明らかな様に、荷重変形曲線が図-3に示されるア-ナのように O-B-C で示される屈服状態を示す場合はピーク荷重以前に分岐層が存在するかどうかを確認する必要がある。しかしこうした不安定破壊英については有限変形の立場からの屈服解析が必要である。しかし先に述べた様に初期不正な

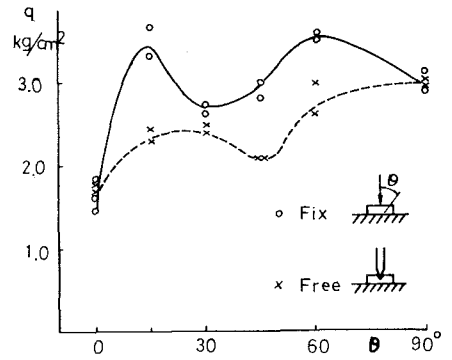


図-1 載荷条件の違いによる異方性砂地盤の支持力

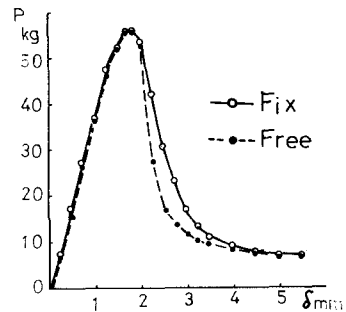


図-2 荷重変形曲線 ($\theta=90^\circ$)

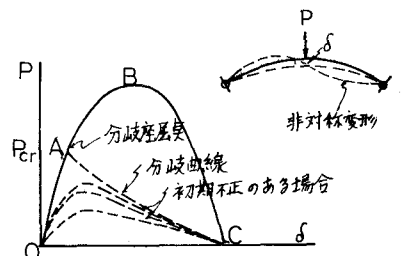


図-3 ア-ナの荷重変形曲線

存在する場合、この変形曲線は分岐曲線に漸近するという性質を使用すれば、こうした分岐点が存在するかどうかを検証することは出来る。図4は $\theta=0^\circ$ 及び $\theta=90^\circ$ の場合について初期不変量として偏心量 e を選んだ例である。ここでもし分岐点がピーク以前に存在するとすれば、ほんのわずかり偏心量を与えることにより支持力は急激に低下するはずである。ところがこうした偏心載荷された場合の解析においての問題点は剛板に傾斜が生ずることであり、沈下量 δ と載荷板の回転量 θ を同時に制御しなければならない。そのための載荷板をメッシュ分割し、砂地盤と載荷板を一体として解析をおこなうことになる。しかしこの場合、砂地盤と載荷板の剛性の差が大きくなると解析は発散し、剛板載荷による解析が不能となる。

図5は支持力沈下曲線の実験値と解析結果の比較である。ここで実験結果はピーク以後急速に支持力が低下するが、解析結果は材料の softening 及び幾何学的非線形性を考慮しているにもかかわらずピーク以後支持力が低下せずに変形が進めば計算不能となる。これから云えることは実験でみられるピーク以後の支持力の低下は材料の softening によるものではなく、図1に示される砂地盤の特定摩擦角度による支持力低下を含めを考慮することにより、すばりに起因すると考えられる。すなわちすばり線発生後はすばり線を不連続面と考えた解析が必要であることを図5は示唆しているといえる。このためには任意位置に生ずるすばりを有効に取り入れ得る解析が必要となる。これに対しては Kawamoto and Tabeda¹⁾ によりラック element を用いた解析がなされているが、この次元及び変形解析への発展が困難と見られる。又 Goodman²⁾ は不連続岩盤に対して joint element を用いた解析をおこなっているが、これはあらかじめ不連続面が既知の場合のみに適用可能である。これに対して Kawai³⁾ は discrete element を用いて、板、殻等の破壊荷重の解析を行っているが、これによれば前述した剛板による偏心載荷及び任意位置に生ずるすばり線を考慮した解析が可能である。またこの解析法は通常化された element の集合として解析を行うが、節理系岩盤の解析には最も適した方法といえる。こうした節理系岩盤の支持力実験(図6)及び解析結果については当発表表11。

参考文献: 1) Kawamoto, T. and Tabeda, N. 1979, An analysis of progressive failure in rock slopes, 3rd. Int. Conf. on Numerical Me. in Geom.
2) Goodman, R.E. et 1968, A model for the mechanics of jointed rock, proc. ASCE, 94, SM3, pp637-659.
3) Kawai, T. 1978, A new discrete model for analysis of solid mechanics problems, 1st Int. Conf. on Numerical Me. in Fracture Mechanics.

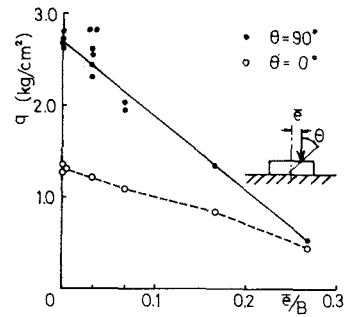


図-4 偏心載荷の場合の支持力

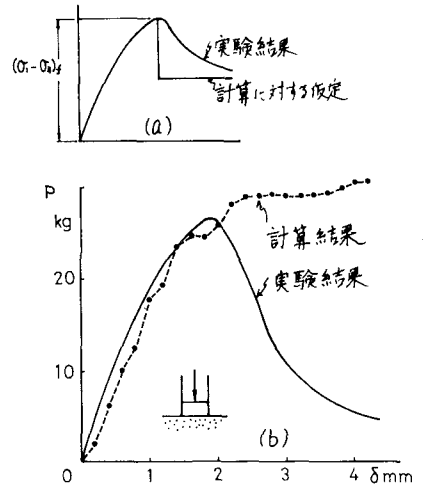


図-5 (a) 平面すみ試験結果
(b) 支持力沈下曲線

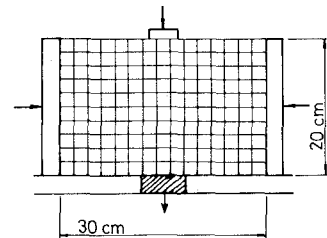


図-6 ブロックモデルによる節理系岩盤の支持力実験