

砂層の変形に関するモンテカルロ法的研究(第2報)

京都大学工学部 正 員 松尾 鏡

京都大学大学院 学生員 駒田 智久

はじめに;土を連続体として取り扱うことは多くの問題があり,その粒状性に着目するという考えのもとに,モンテカルロ・シミュレーションの手法を用いた最初の試みの具体的方法については,すでに報告した。^{*}本報告では,この試みの進め方を明らかにするとともに,先に示した方法による計算結果を求し,その問題点を整理し,今後の進め方について述べることにする。

試みの進め方;粒状体の性質を示す諸量,すなわち粒径,粒子形状,粒子数,粒子間の摩擦および粒子相互間のかみ合いなどは確率論的に示される性質を有しており,したがって粒状体の力学を確率論的に取り扱うのは合理的といえよう。本研究での確率論的な取り扱いの粒状体を対象とするのではなく,マクロとミクロの中間的なレベル,すなわち局所的なレベルでモンテカルロ・シミュレーションの手法を用いて行なわれている。用いている流下モデルは多くの仮定から成り立っているのであるが,この流下モデルによる多数回の計算結果と数多くの実験より得られるデータとを比較検討して,このモデルの妥当性を調べ,最終的には多くの現象を説明するモデルを得ようとするものである。

具体的方法の概略;砂に関する重量で表わした粒径加積曲線より粒子数で表わした粒径加積曲線を求め,これよりランダムに粒子を抽出することを多数回行なった(これは一定体積中の砂粒の数が一定であるという仮定に基づいており,これを仮定Iとする)。これより間げき比の度数分布を得た(図-1)。これより求められた間げき比の累積度数分布を用いてランダムに間げき比を選び出し,これを順次,図-2のようなモデル砂層の各要素の間げき比とした(これは砂層内の間げき比の空間的分布がランダムであるという仮定に基づいており,これを仮定IIとする)。このモデル砂層の表面に鉛直等分布荷重が作用したとき,ある要素に伝達される鉛直応力は位置および間げき比の大小の効果を考えた応力伝達モデルによって決定されるとした(これを仮定IIIとする)。なお,このモデルにおいて,たとえば図-2の要素AからはB,C,D,E,Fの5要素にのみ応力が伝達されるものとしている。伝達された鉛直応力によって各要素は鉛直方向にのみ圧縮される,すなわち1次元的に圧縮され,この圧縮量の鉛直方向の総和が表面沈下量であるとした(これを仮定IVとする)。このとき,圧縮量の算出には,一般の実験で得られたe-p関係が適用できるとした。

計算結果;上に示した流下モデルを用いた多数回の計算の結果をつぎに示す。今回は砂層の要素を1辺が0.1cmの立方体とし, e_{max}, e_{min} をそれぞれ2.10,

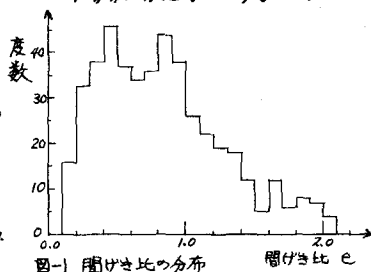


図-1 間げき比の分布

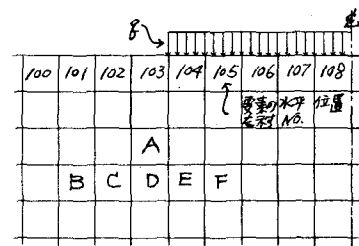


図-2 モデル砂層

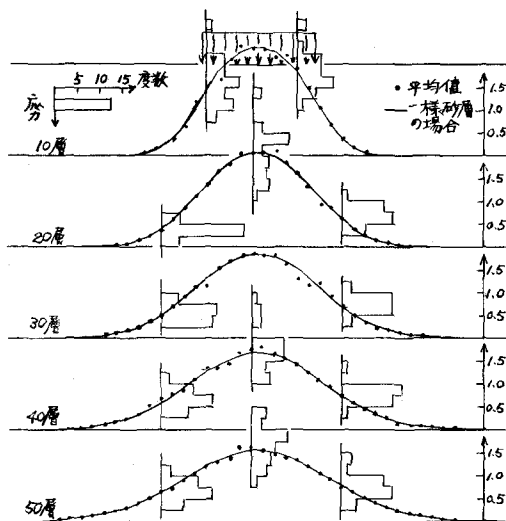
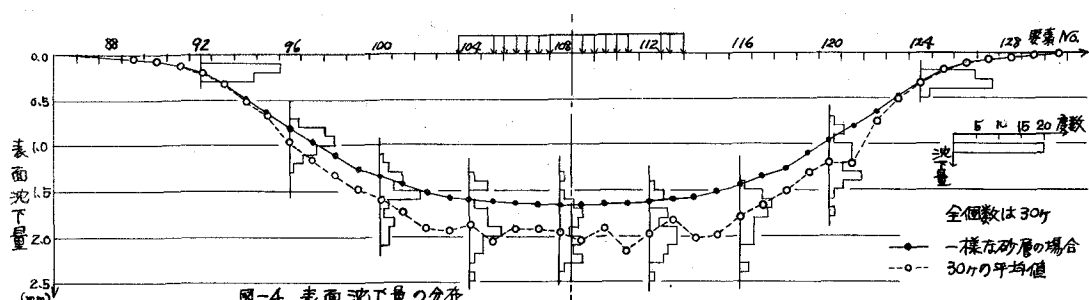


図-3 鉛直応力の分布



0.10とした。このときの間げき比の度数分布は図-1に示されており、平均間げき比は0.824である。また載荷重は10要素にわたって作用させ、載荷幅は1.0cmである。載荷重 q は0.25, 0.50, 0.75, 1.00, 1.25 kg/cm^2 の5段階とした。このような条件で求めたデータを、i)ある一定の載荷重での各位置における応力、圧縮量および表面沈下量の度数分布および平均値、ii)ある一定の位置における各荷重に対する応力、圧縮量および表面沈下量の度数分布および平均値、の形に整理した。このうち、図-3には、i)の整理による鉛直応力のデータを示し、同時に砂層のすべての要素の間げき比が $C_{mean}=0.824$ に等しい場合の鉛直応力も比較のために示した。図-4, 5にはそれぞれi)およびii)の整理による表面沈下量のデータおよび一様な砂層の場合のそれを示した。図-3において一様な砂層の応力分布と平均値の分布がよく一致していることは興味深い。また深さが増しても応力が中央に集中しすぎてゐるようであり、検討の余地が残されている。さらに図-4において一様な砂層の表面沈下量より平均値の方が一般に大きい。これは先に述べた一様な砂層の応力分布と平均値の分布との一致からみて、圧縮量の算出において用いた $\epsilon-\rho$ 関係の特性の効果があらわれたものであるとみられる。また、図-5に示された荷重沈下関係は1次元圧縮の $\epsilon-\rho$ 関係を用いて得た圧縮量の総和として表面沈下量を求めたことの結果として理解されよう。

問題点；現在の沈下モデルは多くの仮定から成り立っていることはすでに述べたが、そのうちおもなものは、先の仮定Ⅰ,Ⅱ,Ⅲ,Ⅳの4つである。これらの仮定からなる沈下モデルの計算結果のマクロな沈下実験のデータによる検討は講演時に行うとして、一方これらの仮定がミクロ的な現象と一致するか否かの検討も必要である。現在の仮定はどのミクロな面での裏付けに乏しく、このような裏付けをもった仮定に改めてゆく必要は否かならう。このような考えも含めて、現在、次のように仮定を改めることを考えている。まず、仮定Ⅰのみにカリ、粒度と一定体積中の粒子数との間にある関係を求め、これから間隙比の分布を得たいと考えている。仮定Ⅱは現在検討の方法が考えられないが、砂層の堆積過程に関連した条件付確率の使用が考えられる。また、仮定Ⅲは深さが大きくなるでの応力の集牛をやわらげるように深さによって荷重量が変化するように改め、また、砂層が一様な場合でも開けき比のズレによって荷重量が変化するように改めることも考えられる。仮定Ⅳは、これも改めると他のすべての仮定、方法も改めねばならなくなり、虎躍の感があるが、次の段階においては改めない方がよいと思われる。沈下の進行性についても考慮すべきであるが、現段階では有力な方法は見出せないでいる。

* 松尾, 駒田, 高橋; 砂層の変形に関するモンテカルロ法的研究, 第21回土木学会年次学術講演会講演概要第II部, 昭和41年