

Ⅲ-331

コセラ弾性有限要素解析による軟岩層状地盤の変形挙動について

京都大学大学院	学生会員	伊藤 悟郎
京都大学	正会員	吉田 信之
京都大学	正会員	足立 紀尚

1. はじめに

コセラ連続体理論では、材料の有する内部構造の影響すなわち曲げ剛性も考慮される。さて、近年、軟岩層状地盤上に大型構造物が構築される場合が増えており、載荷面下の地盤変形が地盤内浅部で収束することが報告されている。この要因としていくつか挙げられるが、地盤の内部構造の曲げ剛性に着目してコセラ連続体理論を用いて解釈しようとの試みがなされており¹⁾、既報²⁾では平面ひずみ条件下でのコセラ弾性層状体の変形挙動について一部報告した。

本報では、軸対称条件下でコセラ弾性有限要素解析を行い、まず一層系地盤の変形挙動について平面ひずみ条件での結果も合わせて考察し、さらに多層系地盤の変形挙動について検討を加えた。なお、紙数の都合上ここでは結果の一部のみを報告する。

2. コセラ弾性有限要素解析と考察

コセラ連続体理論では、古典弾性体理論の応力に加えて材料の有する内部構造に起因する偶応力も考慮され、したがってその曲げ剛性も考慮される。ここで材料の内部構造とは、多結晶構造材では結晶格子間隔、ブロック材ではブロック寸法、層状材では層厚であり、その大きさは対象材料の寸法に依存した相対的なものと考えられる。コセラ弾性有限要素法では、コセラ弾性体特有のパラメータであるコセラせん断弾性係数 G_c と特性長さ l_c が含まれる。両パラメータをゼロとすると、古典弾性体理論になる。

一層系地盤の場合

半無限弾性地盤に 1MN/m^2 の等分布荷重が半径(R)40m の円形面上に作用する問題を考え、図1に示すように地盤を2次の四辺形アイソパラメトリック要素でモデル化した。境界条件は、変位に関しては両側面を鉛直ローラー支持、底面を固定支持とし、また、回転に関しては左側面と底面で完全拘束とした。地盤の体積弾性係数 K 、せん断弾性係数 G は堆積軟岩を想定して、それぞれ451MPa、173MPaとした。また、パラメータ G_c 、 l_c については、既報²⁾の解析結果を参考にして、古典弾性体理論に相当するケース ($G_c=0$ 、 $l_c=10^{-5}$ 、□) と偶応力の影響が最も強く現れると考えられるケース ($G_c=10^7$ 、 $l_c=H$: 層厚、■) の2ケースについてのみ解析を行った。図2に載荷中心線に沿った深さ方向の鉛直変位分布を示す。縦軸は地表面からの深さ Z を R で無次元化し、横軸は鉛直変位量 V を地表面での鉛直変位量 $V_{\max}$ で無次元化している。なお、図中には平面ひずみ条件下での結果も参考のため示してある。コセラ体の場合には地表面での鉛直変位量 $V_{\max}$ は小さくなり、また地盤内変位は浅部で著しく減少していることがわかる。また、平面ひずみ条件の結果と比較すると、軸対称条件の方が $V_{\max}$ が小さく、地盤浅部での変位の減少割合も大きいようである。ここでは示していないが、●や■では地盤内にかなり大きな偶応力が生じており、またコセラパラメータが大きくなるに従って偶応力が増加し、鉛直変位や鉛直応力は減少する。なお、古典弾性理論に相当する結果 (○□) は境界の影響をある程度受けているものの理論解とよく一致していることを付記しておく。

多層系地盤の場合

多層系地盤に円形等分布載荷した問題として、ここでは明石海峡大橋2P主塔基礎の地盤変形について考える。表1に地盤の物性を示す。地盤は深さ(H)800m、半径(W)400mとし、2次の四辺形アイソパラメトリック要素でモデル化した。等分布荷重の大きさは0.25MPaとし、14m掘削した半径(R)40mの円形面上に作用するものとした。境界条件は前述の一層系地盤と同じである。解析ケースは、全層を古典弾性体とした場合 (●)、沖・洪積層と花崗岩を除く層をコセラ体とした場合 (□)、沖・洪積層以外をコセラ体とした場合 (×)、明石層のみをコセラ体とした場合 (○) の4ケースであり、それぞれの場合のコセラパラメータ G_c 、

1cについてはGcは該当層のせん断弾性係数G、1cは該当層の層厚とした。図3に荷重中心線に沿った深さ方向の鉛直変位分布を示す。図中には実測鉛直変位量も示している。図より、コセラ体を含む場合は変位量が地盤浅部で小さくなり、実測値にわずかではあるが近づく傾向が見られる。ここには示していないが、各解析ケースにおけるVmaxは、それぞれ21.5mm(×)、21.7mm(□)、23.1mm(○)、26.4mm(●)となっており、地盤内のコセラ体占有域が大きい程変位量が小さくなる事が確認されている。次に、荷重中心線近傍(X=4.2m)に位置する積分点での偶応力 $\mu_{\theta R}$ の分布を図4に示す。図より、 $\mu_{\theta R}$ は、コセラ体層境界で不連続分布となり、各コセラ体層内では層表面近傍で大きく深さとともに減少することがわかる。一方、ここでは示さないが $\mu_{\theta Z}$ は連続的に分布しており、同様な分布傾向は二層系の場合にも得られている。また、鉛直変位量は偶応力が大きいほど小さくなる傾向は見られるものの、一層系や二層系の場合ほど明らかではない。これは、各層の変形係数やコセラパラメータの相対的大きさに起因するものと考えられ、今後さらに検討していく必要がある。

3. おわりに

コセラ弾性有限要素法を用いると、コセラパラメータを適当に選定することにより地盤の内部構造の影響を考慮することができ、古典弾性理論に従わないような変形挙動をも説明可能であることが示唆された。また、多層系地盤の場合、各層の変形係数やコセラパラメータの相対的な大きさがその挙動に大きく影響するため、さらに解析ケースを増やして考察する必要がある。

参考文献 1) 岡二三生他、コセラ連続体を用いた層状地盤の変形解析、土木学会第49回年次学術講演概要集、3-A、pp.884-845、1994。2) 伊藤悟郎他、軟岩層状地盤の変形挙動に及ぼす偶応力の影響について、平成7年度土木学会関西支部年次学術講演会講演概要、投稿中。

表1 主塔基礎地盤の変形係数

Bedrock material	Al/Du	Ak	K1	K2	K3	K4	Gr
Bulk modulus K (MPa)	117	451	1290	814	796	1071	667
Shear modulus G (MPa)	30.4	173	284	312	326	331	400

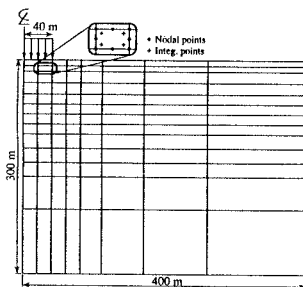


図1 モデル地盤の有限要素メッシュ

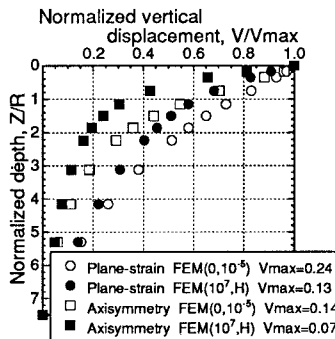


図2 荷重中心線に沿った鉛直変位分布

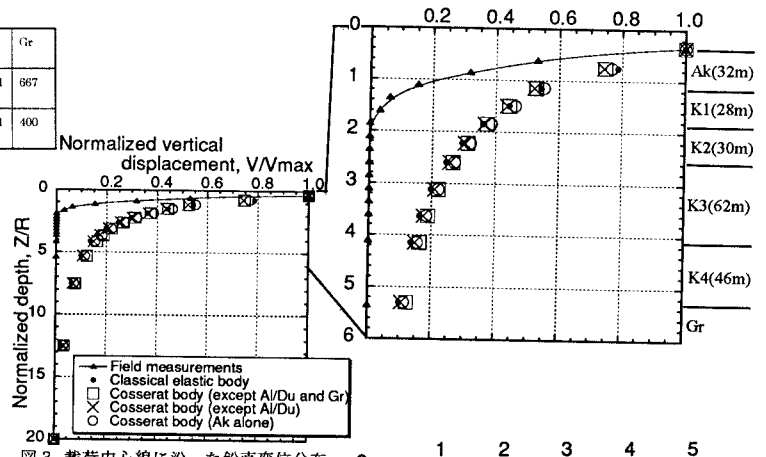


図3 荷重中心線に沿った鉛直変位分布

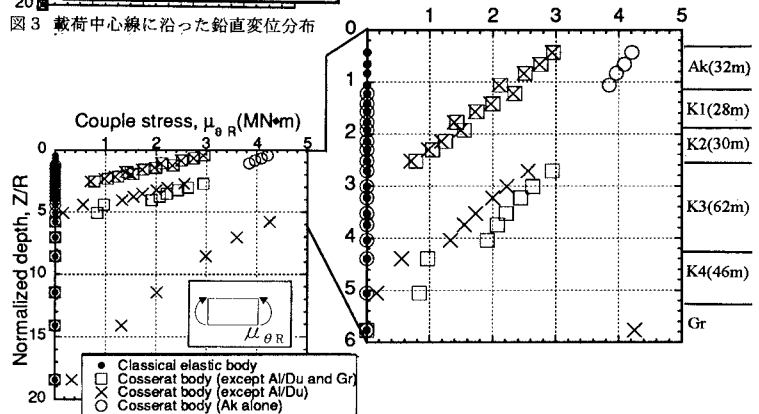


図4 荷重中心線近傍に沿った偶応力分布