III－163　二次元応力条件における楕円構造の破壊条件

北大大学院　学生員 ○ 前田　健一
北大工学部　正　員　　三浦　均也

1. まえがき　著者らは既報[1]において複数の粒子が形成する楕円形状の構造単位”楕円構造体”（図1(a-b)参照）を考え、基本的な考え方およびそれらに必要な定義を行うとともに基礎式を誘導した。基礎式を右側の波線枠中にまとめている。

これらの解析の結果、等方応力状態であっても、楕円構造体が偏平であれば粒子間には無視できないせん断応力が発生することが明らかになり、圧縮変形とせん断変形を同一のメカニズムで統一的に説明することが可能であることを考えている。

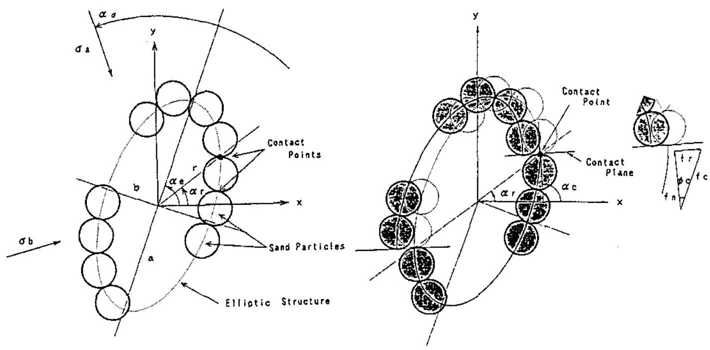

Fig. 1 (a-b)

楕円構造体
対称軸半径　a, b
形状係数　$\kappa e=(a^2-b^2)/(a^2+b^2)$
楕円の方向（半径ａ方向）　αe
接触点方位角　αr
応力条件
主応力　$\sigma a, \sigma b$
応力係数　$\kappa\sigma=(\sigma a-\sigma b)/(\sigma a+\sigma b)$
主応力方向（主応力σa方向）　$\alpha\sigma$
粒子間接点力
接触点方位角　αr
接触面垂直力　fn
接触面接線方向力　ft
接点動員摩擦角　ϕc
楕円構造体中の接点動員摩擦角　ϕcmax
（αe, αr, $\alpha\sigma$はx軸から反時計回りを正）
粒子間接点力の算定方法は既報に詳しい[1]

本報告では、主応力軸の方向が異なるような二次元の一般応力条件で粒子間接点力を算定し、楕円構造体の安定条件について検討している。

2. 計算結果および考察

2.1. 主応力の回転に伴う動員される摩擦角の変化　図2(a-b)には、異なる粒子間に動員される摩擦角φcと接触点の方向角αrとの関係を種々の主応力方向ασ について示している。κσ＞κe（図2(a)）の条件下ではασの変化にともないφc～αr関係において位相に顕著なズレが生じていて、応力が支配的であることが分かる。一方、κe＞κσ（図2(b)）では位相のズレはほとんどみられず、逆に形状が支配的であることが分かる。このように応力条件と構造体の形状の複雑な関数となっている。

構造体の安定性を考えるには、構造体中の接点で動員されている最大の内部摩擦角φcmaxに着目する必要がある。図3(a-b)には､それぞれ応力条件κσ，楕円構造体の形状κeをパラメータとして最大粒子間動員摩擦角φcmaxをασ に対して示している。図から分かるように主応力方向ασと楕円の方向αeが等しい条件（ασ=αe=90°）でφcmaxは最小となる傾向があり、主応力方向と楕円の方向が一致していると最も安定であることが分かる。

2.2. 楕円構造の安定条件　楕円構造体の二次元一般応力下における安定条件（破壊条件）を知るために楕円構造体の方向を固定し（αe=90°）、κσ=0.20, 0.40, 0.60 のそれぞれの場合について形状係数κeとασを変化させた解析結果を最大動員摩擦角φcmaxの等値線の形で図4(a-c)に示している。φcmaxの等値線の形状から分かるようにασ=αe, κσ=κeの条件ではφcmax=0となり、粒子間接点ではせん断力が発生せずに最も安定な状態にあることが分かる。

この図は楕円構造の安定条件を示しているといえる。例えば、粒子間のせん断抵抗角φμが30° であるとするとすると、楕円構造が安定な条件はφcmax=30°の等値線で囲まれた範囲であり、この条件を満たす楕円構造体が存在し得ることになる。このことは図5でより明確にみることができる。今､応力係数が小さいκσ

=0.2 のときには、形状係数κe が小さくて構造体が円形に近ければ主応力方向ασによらず、その安定条件が満たされるので楕円構造はその方向によらず存在し得ることになる。しかし、応力係数κσが大きくなる、すなわちせん断応力が大きくなると、安定条件を示す範囲は狭くなり、κσ=0.6では約ασ=75～105° の30°のかなり狭い範囲の条件でしか構造は存在しないことになる。さらに、κσ=0.6では等値線は閉じた形となり、円形κe=0.0 に近い構造体は存在できなくなり、形状係数κeが大きくてより偏平度の高い楕円構造体のみが安定条件を満たすようになる。

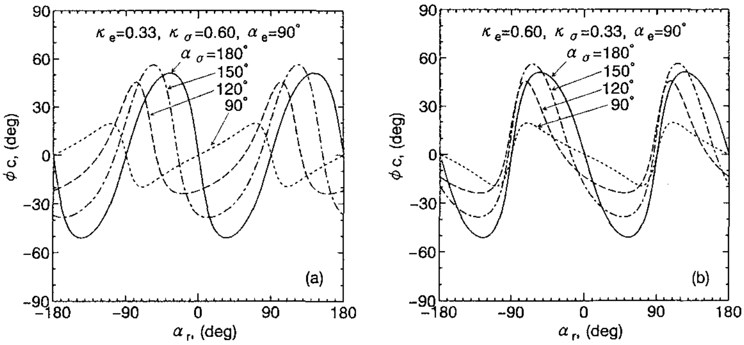

Fig.2(a-b)

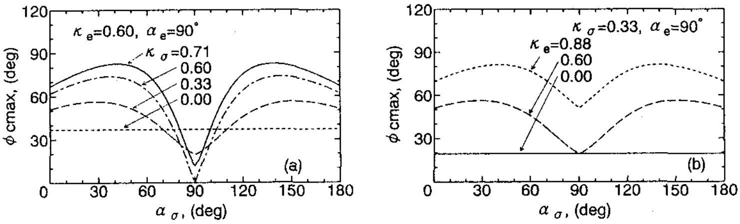

Fig.3(a-b)

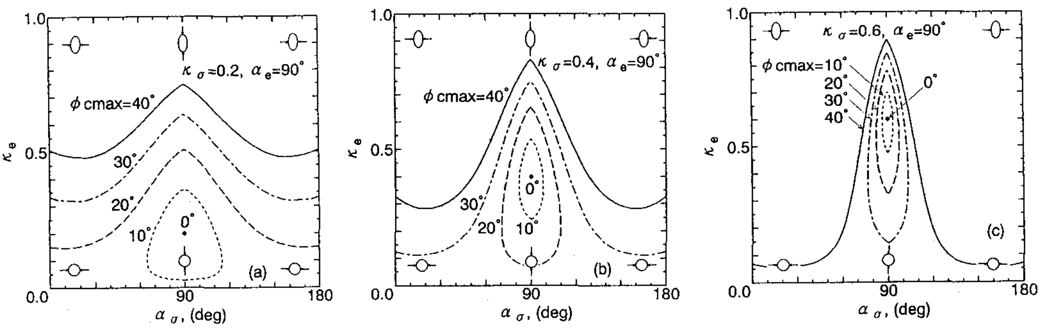

Fig.4(a-c)

3. あとがき　複数の粒子が形成する楕円形状の構造単位「楕円構造体」について二次元の一般応力条件下で粒子接点力等について解析を行い構造体の安定条件について検討した。安定条件については粒子間に動員される摩擦角に着目して考察した。

粒子間に動員される摩擦角は楕円構造体の形状と応力状態との関数となる。そして、楕円構造体の安定条件を満たす楕円構造体の形状と主応力方向の範囲は応力係数κσの増大（せん断応力の増加）とともに狭まる。このとき、応力係数κσの増大にともない円形に近い構造体が破壊して消滅するとともに、より偏平な楕円構造が残存または新たに発生することが分かった。

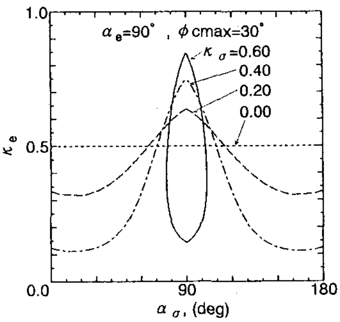

Fig.5

［参考文献］　1)前田,三浦（1992）：”砂粒子が形成する楕円構造の破壊条件” 第２７回土質工学研究発表会,［掲載予定］