密度変化を考慮した粘性土の変形の局所化問題に関する解析

名古屋工業大学 学生会員 荒巻景介 名古屋工業大学 正会員 中井照夫

<u>1.概説</u>

粘土の三軸試験などの要素試験を行うと、供試体に滑り線、いわゆるせん断帯が生成される。本研究では、 有限要素解析を行うことによりせん断帯の生成を試みるとともに、解析により得られる様々な要素とせん断 帯の生成過程との関係を比較検討する。

<u>2.解析の概要</u>

非排水条件下における粘性土の平面ひずみ試験を、有限要素法 を用いた水~土連成有限要素解析によりシミュレーションする。 解析で扱う粘性土は弾塑性材料であるとし、構成式には三次元応 力下の種々の応力~ひずみ関係を表現でき、また密度の変化も考 慮可能である subloading t_{ij}-model¹⁾を適用する。解析メッシュは 縦 10 個、横 10 個の長方形に切った後更に 1 つの長方形を 4 つの 三角形に分割したものを用いる(Fig.1)。その他共通となる解析条 件を Table1、2 に示す。以上の条件の下、前回の正規圧密状態の 解析 ²⁾に対して供試体を過圧密状態とし、過圧密比(OCR)を 1、2、 3、10 と変えて過圧密供試体に対する解析を行った。

3.解析結果

(1) せん断帯生成と主応力との関係

Fig.2(a)~(d)にそれぞれの過圧密比について変形図及び主応力 図を示す。せん断帯は全ての場合において水平方向からおよそ

60°の方向と、実際の現象に近い傾きを持って生成された。また、 Table2 藤の森粘土土質パラメータ 要素内の主応力の方向に着目すると、せん断帯上の要素内の主応力方向はマスとし ての主応力方向から傾いていることが分かる。以上から、せん断帯上の主応力方向 が傾けばせん断帯は実際現象に近い傾きを持つことが分かる。

<u>(2) せん断帯生成とマスとしての応力~ひずみ関係</u>

Fig.3 にマスとしての応力~ひずみ関係を示す。ここで、破線で示された ideal に ついては、それぞれの過圧密比における1要素理想体について解析した結果を示し ている。全ての場合においてマスとしての挙動は、ある軸ひずみになると理想体の 応力~ひずみ曲線(以下、理想体挙動と省略)から軸差応力の上昇が低減する。こ こで Fig.2 に示す変形図と比較すると、例えば OCR=1(正規状態)の場合では、マス としての挙動がまだ理想体と一致している軸ひずみ 5.0%ではせん断帯が生成され ていないのに対して、理想体挙動と分岐した後の軸ひずみ 6.0%ではせん断帯が生成 されている。しかし、過圧密比が大きくなると、理想体挙動との分岐はせん断帯の 生成より遅くなる。(例えば OCR=10 の時、 __=2.4%でせん断帯が見られるのに

対し、Fig.3の応力~ひずみ曲線では分岐が見られない。)これより、正規状態ではマスとしての挙動が理想 体での挙動から分岐して軸差応力の上昇が低減し始める軸ひずみ時においてせん断帯が生成されはじめる が、過圧密比が大きいほど理想体挙動との分岐は遅くなりせん断帯が生成された後に起こる。

(3) せん断帯生成と過剰間隙水圧との関係

Fig.4 に過剰間隙水圧~軸ひずみ関係を示す。過剰間隙水圧はあるピーク値まで上昇するがやがてひずみの進行とともに減少する。せん断帯が生成された供試体については、(1)と同様にある軸ひずみにおいて理

キーワード: せん断帯、粘土、有限要素法、構成式、過圧密 連絡先(住所:名古屋市昭和区御器所町、電話・FAX:052-735-5485)

想定試験	側圧一定非排水圧縮 試験 (po'=19.6kPa)
解析断面	1/4 断面 (縦 5cm、横 2.5cm)
境界条件	上端面固定 鉛直方向に強制変位 (その他:Fig.1 参照)
軸ひずみ速度	1.0%/day
地盤材料	藤の森粘土 (Table2 参照)
構成式	subloading t _{ij} -model
変形理論	微小変形

Table1 解析条件

	0.0899
	0.0199
α	0.7
ν	0.2
k	$1.0 \times 10^{-5} \text{ cm/min}$



Fig.1 解析メッシュ

-116-

想体との分岐が見られる。その軸ひず みに着目すると、せん断帯が生成され 始める軸ひずみであることが分かる。 なお、本解析では軸ひずみ速度 1.0%/dayと比較的遅いスピードであ るため過剰間隙水圧は供試体内全体 でほぼ均一に発生している。 (4)せん断帯生成と間隙比

Fig.5 にせん断帯上の要素の間隙比 ~軸ひずみ関係を示す。ある軸ひずみ まではほぼ非排水状態を保っている が、せん断帯生成後急激に大きくなる、 つまり、せん断帯上の要素は急激に膨 張を始める。この軸ひずみはせん断帯 が生成を始める軸ひずみと一致する。 ところで、本解析では水~土連成解析 を行っているため、供試体全体として は非排水条件であっても供試体内の 各要素間では水のやり取りが許され る。つまり、圧縮されることで各要素 は体積が小さくなろうとし、そのため に発生する間隙水圧を消散させよう と(水を押し出そうと)する。押し出 された水はある要素群に集まってそ の要素群を膨張させる。よって間隙比 が増大することにより、有効応力が減 少する。Subloading Cam-clay model を 用いた浅岡らの解析³⁾同様、これがせ ん断帯の発生要因だと言える。

<u>(5) せん断帯上における有効応力経</u> <u>路、及び間隙比~平均応力関係</u>

Fig.6 に有効応力経路、Fig.7 に間隙^{0.4} 比~平均応力関係を示す。有効応力経^{0.2} 路については、限界状態線に到達後、 限界状態線に沿って降下して行く。ま

た、間隙比はせん断帯の生成 応力~ひずみ関係 の間隙比~軸ひずみ の間隙比~平均応力 に至るまでは一定の値を保ち、それ以降は急激に大きくなっていく様子が見られる。間隙比の増大により有 効応力が減少し、そのためせん断帯が生成されるということがここでも言える。

<u>4.結 論</u>

今回の解析により、実際の現象に近いせん断帯を生成できた。またせん断帯生成とマスとしての挙動、間 隙水圧、間隙比、及び有効応力経路との関係を示すことができた。

((参考文献)) 1)T.Nakai et al(2001):Shear behavior of sand under monotonic and cyclic loadings and its elastoplastic modeling.,Proc. Of 10th IACMAG.,Vol.1,pp.367-372.

2) 荒巻・中井(2000) 第 55 回土木学会年次講演会 -A53

3)浅岡・中野・野田(1997) S&F、37(1)、13~28

