

粘土の応力緩和特性について

大阪大学工学部 阿部 信晴
 大阪大学工学部 松井 保
 大阪大学大学院 ○喜多 直之
 大阪大学工学部 平尾 謙一

1. まえがき

粘性土の非排水応力緩和特性は、これまでに必ずしも十分に解明されているとは言えない。本報告では、既往の応力緩和試験結果と弾粘塑性モデルによる解析結果に基づいて、正規圧密粘土の非排水応力緩和特性について考察したものである。

2. 非排水応力緩和特性

粘性土の非排水応力緩和特性に関する研究は、他の時間依存性挙動に比べて多いとは言えないが、これまでの実験的研究において指摘されている応力緩和特性をまとめてみると、次のようになる。

①軸差応力の初期緩和速度は応力緩和前のひずみの負荷速度に依存する。②応力緩和曲線には、軸差応力が時間の対数に比例して減少する部分がある。③時間の対数に比例する軸差応力の緩和が始まる時間は応力緩和前のひずみ速度に依存する。すなわち、応力緩和前のひずみ速度が小さい程、この時間は長くなる。④軸差応力が時間の対数に比例して減少する部分の直線の勾配は応力緩和前のひずみに依存するが、ひずみがある値以上になると一定となる。⑤応力緩和は平衡状態に達する。すなわち、軸差応力はある一定値に収束する。⑥応力緩和中、間隙水圧はほとんど変化しない。

しかし、これらの中には逆の結果が報告されているものもあり、必ずしも一致した見解とはなっていない。

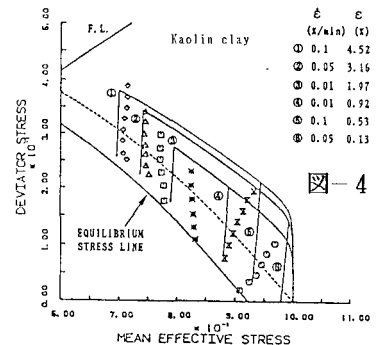
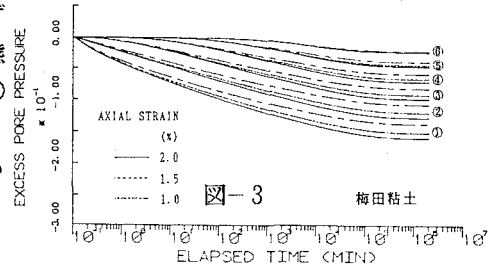
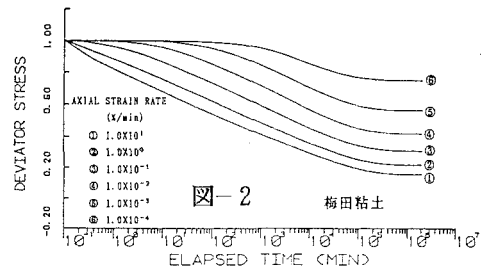
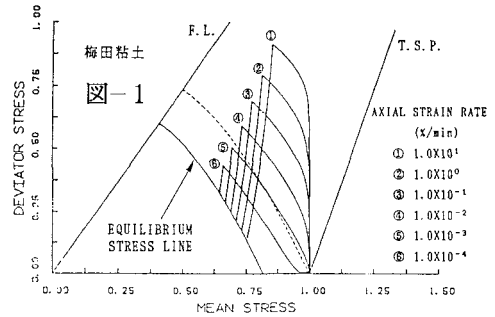
3. 弾粘塑性モデルによる非排水応力緩和解析

時間依存性挙動に関する実験的研究に用いられた梅田粘土

〔1〕、カオリン粘土〔2〕、Haney clay〔3〕について非排水応力緩和解析を行った。弾粘塑性モデルとしては著者らの提案する流動曲面モデル〔4〕を用いており、応力緩和前のせん断過程での時間-負荷履歴を考慮するために提案する更新手法〔5〕を適用している。

図-1～3は梅田粘土の非排水応力緩和解析結果である。解析では軸ひずみ 2.0%まで定ひずみ速度せん断された後、応力緩和されている。図-1はせん断過程を含む応力経路であるが、図中に示すようにひずみ速度の異なる6ケースの結果が示されている。図-2から

明らかにように応力緩和前のひずみ速度が大きいと、すぐに軸差応力



の緩和が始まり、ひずみ速度が小さいと緩和の開始が遅れることが分かる。そして、軸差応力は時間の対数に比例して減少した後、一定値となり、緩和は平衡状態に達する。この時、有効応力経路は平衡応力線上にある。図-3は間隙水圧の経時変化であり、緩和開始時のひずみが1.0、1.5%の場合の結果も示されている。いずれの場合も間隙水圧が減少する結果となっている。軸差応力の場合と同じように、応力緩和前の履歴の影響を受けているが、明らかにひずみよりひずみ速度に強く依存している。応力緩和中に間隙水圧が減少することは、図-1において緩和中の有効応力経路の傾きが全応力経路のそれよりも急になっていることから分かる。

図-4～6はカオリン粘土の解析結果である。カオリン粘土については非排水応力緩和試験が実施されており、図中のプロットは実験結果を示している。図-5は有効応力経路であり、この中の2ケースについて、軸差応力、平均有効応力の経時変化をそれぞれの応力緩和開始時の値で無次元化して示したものが、図-5、6である。解析結果は実験結果の傾向をよく表現しているが、実験結果ではひずみの小さいケースにおいて平均有効応力の減少が大きく、間隙水圧が増加している。

図-7、8は緩和曲線の直線部分の勾配と緩和前のせん断過程での履歴、すなわち、ひずみおよびひずみ速度の関係を示したものである。図-7はひずみ速度=0.1%/min、図-8はひずみ=2.0%の結果である。

図-2の緩和曲線の直線部分を延長し、 $q/q_0 = 1$ との交点の時間を応力緩和開始時間と定義し、これと緩和開始前のひずみ速度の関係を示したものが図-9である。緩和開始時間とひずみ速度の間には両対数紙上で直線関係があり、実験的にも同様な結果が得られている。図中のメッシュ部分は Lacerda [6] が数種の粘土について得た直線関係の範囲を示しており、解析結果はこれに近い結果となっている。

4. まとめ

時間-負荷履歴を考慮した弾粘塑性モデルによる非排水応力緩和解析結果はこれまでに明らかにされている応力緩和特性をよく説明するものとなっている。したがって、非排水応力緩和挙動が緩和前のせん断過程における履歴、すなわち、ひずみとひずみ速度の影響を強く受けることを指摘することができる。

<参考文献> (1) Sekiguchi (1984), S & F, Vol.24, No.1 (2) Oda & Mitachi (1988), S & F, Vol.28, No.4 (3) Vaid & Campanella (1977), J., ASCE, Vol.103, No. GT3 (4) Matsui & Abe (1985), Proc. 5th ICONMIG (5) Matsui & Abe (1989), Proc. 8th NUMOG III (6) Lacerda & Houston (1973), Proc. 8th ICSMFE

