

III-45 境界要素法による軸対称圧密解析

— 弾性定数・ポアソン比決定法の検証 —

佐賀大学 正員 ○荒牧 軍治
 西日本工業大学 正員 安原 一哉
 福岡大学 正員 黒木 健実
 福岡大学 正員 伊藤 朋子

1. はじめに

地盤沈下や盛土の沈下等、実際の圧密問題と数値解析する際に最も重要な問題は、土の物理定数とどのように設定するか、計算に使用するモデルとどのように与えるかである。複雑な構成式を用い、机で説明できる現象は増加するであろうが、その定数決定法次第ではむしろ解析解の精度も落ちることにむしろならない。線形圧密理論は一次近似としての全体像把握には便利である。しかしその線形圧密解析も多次元解析を行う際には、現在標準的に行なわれている圧密試験から得られる定数だけでは解析できない。そのため多くの数値解析ではポアソン比と仮定して計算と行なっている。ところがポアソン比の変化は間隙水压の分布に非常に大きな影響を与える。そのため縦弾性定数とポアソン比、あるいは縦弾性定数とせん断弾性定数と合理的に決定する方法の確立は急務の課題である。

若者の一人は三軸圧縮試験機を用いた K_0 圧密試験と等方圧密試験より縦弾性定数とポアソン比と決定する手法を提案した¹⁾。その手法で得られた土の定数を用いて変形、間隙水压の時間的変化と数値解析で求め、実験値と比較することによってその手法の妥当性を検証することができる。本研究はその手法で得られた物理定数を用いて、軸対称圧密問題の解析と行ない、手法の問題点を明らかにしようとするものである。

2. 弾性定数・ポアソン比の決定法

既に発表済みではあるが、弾性定数 E とポアソン比 ν の決定法について述べる。

[手法-1] K_0 圧密試験の体積圧縮係数 m_v と K_0 値より

$$E = 1/m_v, \quad \nu = K_0/(1+K_0) \quad (1)$$

通常良く使用されている方法である。

[手法-2 (安原の提案)]

軸対称円柱供試体の主ひずみと主応力増分の関係を示すと、

$$\varepsilon_1 = \frac{1}{E} \{ \Delta \sigma'_1 - 2\nu \Delta \sigma'_3 \} \quad (2-a)$$

$$\varepsilon_3 = \frac{1}{E} \{ \Delta \sigma'_3 - \nu(\Delta \sigma'_1 + \Delta \sigma'_3) \} \quad (2-b)$$

両式から等方圧密($\Delta \sigma'_1 = \Delta \sigma'_3$)及び K_0 圧密($\varepsilon_3 = 0$)時の体積圧縮係数 m_v^* 及び m_v^T と定義する。

$$m_v^* = \frac{3(1-2\nu)}{E}, \quad m_v^T = \frac{(1+\nu)(1-2\nu)}{E(1-\nu)} \quad (3)$$

両係数の比 $m_v^* = m_v^T / m_v^*$

と定義すれば

$$E = \frac{9 m_v^*(1-m_v^*)}{m_v^T(3 m_v^* + 1)}, \quad \nu = \frac{3 m_v^* - 1}{3 m_v^* + 1} \quad (4)$$

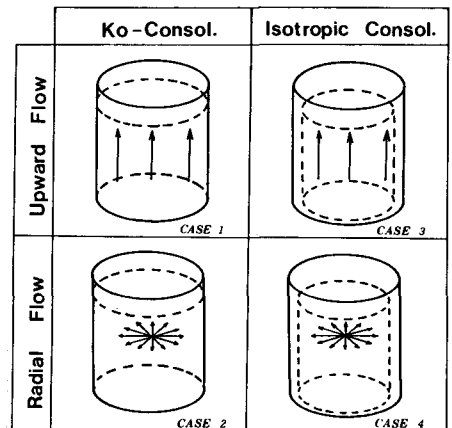


Fig.1 Method of Triaxial Test

表-1 各手法の弾性定数・ポアソン比

	上方排水		放射排水	
	弾性定数	ポアソン比	弾性定数	ポアソン比
手法-1	11.33	0.250	13.91	0.286
手法-2	6.51	0.368	8.35	0.336

 (kgf/cm²)

 (kgf/cm²)

3. 三軸圧密試験による弾性定数、ポアソン比

上部排水、放射排水のそれぞれについて、 K_0 圧密2個、等方圧密2個の実験値より、[手法-1]、[手法-2]を用いて表-1に示す弾性定数とポアソン比を得た。使用した試料は有明粘土である。得られた結果は上方排水、放射排水のいずれの場合も[手法-1]で求めた弾性定数は[手法-2]で求めた弾性定数より大きめの値を示し、ポアソン比はその逆になっている。

4. 軸対称境界要素法圧密解析

図-2はポアソン比 $\nu=0$ の場合について、Z軸(対称軸)方向に4個の一定要素(変位)と線形要素(間隙水圧)を用いた場合の間隙水圧の時間変化を示したものである。境界要素法による解の方がTerzaghi解より速く間隙水圧が消散する傾向にあるが、この程度の粗いメッシュでは十分の精度といえるであろう。軸対称圧密境界要素法の精度が確認できたので、三軸圧縮試験の供試体に対して上記の弾性定数、ポアソン比を用いて解析と行なった。図-3は解析に用いたモデルである。○は間隙水圧を求める境界節点と、●は変位を求める一定要素を示している。破線で示した三角形は内部の積分と行なうためのCellであり未知変数とは関係ない。図-4は上方排水の場合の軸ひずみ-時間曲線である。我々が提案した手法による解の方が実験値とより精度よく再現できることが分かる。ただし 2×10^4 minと越えた所で計算値と実験値との差が大きくなっている。この程度のひずみ領域までと一つの弾性定数、ポアソン比でシミュレートすることは困難であり、クリープ効果、グイレタンシー効果等の何らかの非線形効果を導入する必要性を示している。図-5に放射排水の場合の体積ひずみを示す。この場合も我々の提案式が妥当な値と与えていることが分かる。

5. 結語

三軸圧縮試験より弾性定数、ポアソン比を求めるための提案式は非常に有効である。今後さらに多くの実験値との比較を行なうと同時に現地での解析も試みる予定である。

[参考文献] 安原一哉他「飽和粘土の三軸圧密試験法」第18回土質工学研究会 1983

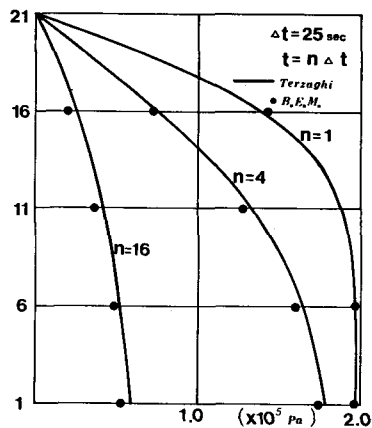


Fig.2 Pore Water Pressure

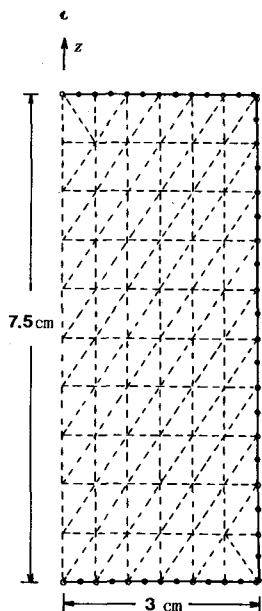


Fig.3 Triaxial Test Model

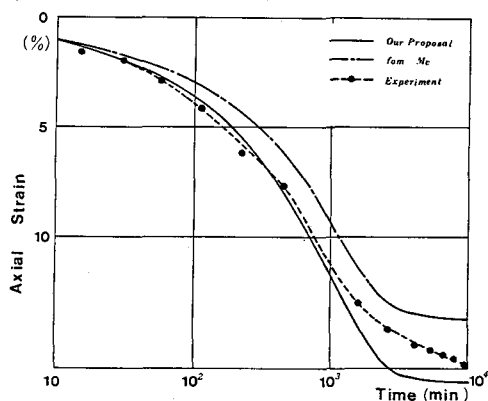


Fig.4 Axial Strain K_0 Consolidation Upward Flow

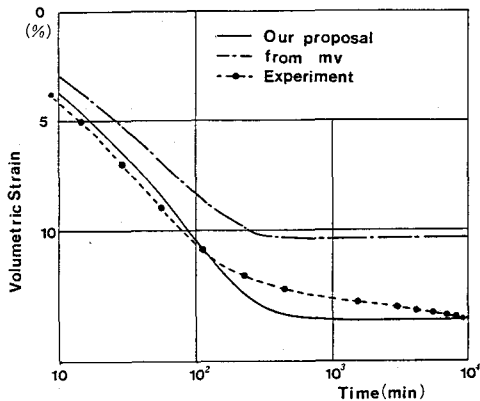


Fig.5 Volumetric Strain K_0 Consolidation Radial Flow