急速圧密試験法の開発のための基礎的研究

広島大学　工学部　正　員　吉　國　洋

広島大学　工学部　正　員　中ノ堂　裕　文

広島大学　大学院　学生員　戸　田　祐　二

広島大学　大学院　学生員　○永　井　大　海

1．まえがき

現在、粘性土の圧密特性および圧密定数を決定する方法として、最も一般的に広く行われている一次元圧密試験法は標準圧密試験法である。　これは、一つの載荷段階を24時間として９ステップまで行ない、さらにクリープ特性までも考慮するとすれば、試験完了までに７～10日から数週間必要とし、それが欠点となっている。　そこで、試験に長時間必要とし不便という制約条件をできるだけ除いた、急速圧密試験も広く行われている。　本研究では急速圧密試験の中の、定ひずみ速度圧密試験の解析に一般に用いられるWissa法の妥当性および問題点を検討してみた。

2．方　法

検討方法としては、Wissaが定ひずみ速度圧密の解析に用いた圧密基本方程式の解を与えるために、独自に導入した仮定について理論的に検討を行なってみた。また、ＦＥＭ解析による定ひずみ速度圧密の数値実験結果を、Wissa法で整理して得られたe－logＰ，ｅ－logｋ関係から、Wissaの妥当せいを検討してみた。なお、ＦＥＭ解析に入力したパラメータは川崎粘土を用いて行なった標準圧密試験結果を基にして決定した。

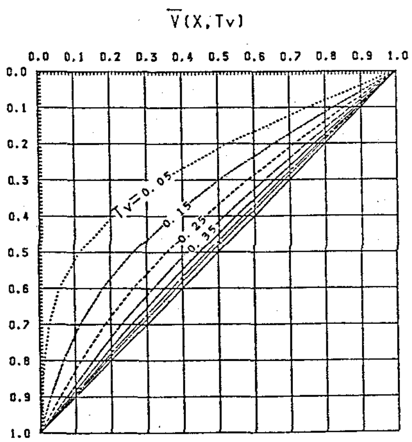

図１，供試体内の変位分布の変動

3．Wissa法の問題点および考察

Wissaが定ひずみ速度圧密を解析するのに用いた基本方程式は、次式である

$$\frac{\partial \varepsilon}{\partial t}=C_v\frac{\partial^2 \varepsilon}{\partial Z^2} \tag{1}$$

定ひずみという条件から、

$$\frac{1}{H}\frac{d}{dt}\int_0^H \varepsilon(Z,t)dZ=\frac{d}{dt}\bar{\varepsilon}(t)=r \tag{2}$$

ここで$\bar{\varepsilon}(t)$;平均ひずみ，r;ひずみ速度である。Wissaは(2) 式を満足する解として次式を与えた。

$$\varepsilon(X,T_v)=\frac{rH^2}{C_v}\left\{T_v+\frac{1}{6}(3X^2-6X+2)-\frac{2}{\pi}\sum_{n=1}^{\infty}\frac{\cos n\pi X}{n^2}\exp(-n^2\pi^2 T_v)\right\} \tag{3}$$

(3) 式は、定常部分と非定常部分の重ね合わせから成っている。右辺の第２項めまでが定常部分で、指数関数を持つ第３項めが非定常部分である。Wissaが(3) 式を得るのに無次元の変位量Ｖを用いて、定常部分と非定常部分を重ね合わせて次の式を与えている。

$$V(X,T_v)=1-X-\Sigma\frac{2}{n\pi}\sin n\pi X\exp(-n^2\pi^2 T_v) \tag{4}$$

(4) 式から得る供試体内の変位分布の変動を図１に示す。

この図は供試体上面に $T_v=0$で単位変位量 1を与え、供試体内部の時間に伴う変位分布の変動を示している。この図１をみると、時間が十分に経過した後は非定常部分は消滅し最終的には定常状態になっていることがわかる。ここで非定常状態について理論的に検討してみる。

Wissaの考えでは、供試体頂分に単位変位量１を与えた瞬間に供試体上部がその変位量を受け持ち、時間

と共に供試体深さ方向に変位が伝達していき、時間が十分たった後に供試体全てがその変位量を受け持ち定常状態になるというものである。しかし、この考えによると、供試体頂部に与えられた変位量が時間と共に深さ方向に伝わるのなら、供試体内部は変位量が増加していくが供試体上部は内部の変位量の増分だけ逆に減少していくことになる。つまり供試体上部は時間と共に膨張していくと考えられ、Wissaの考えは非定常状態において、問題があると思える。　しかし、Wissa法で定ひずみ速度圧密を解析する際、定常部分だけが用いられている。なぜなら、定常部分が非定常部分より非常に卓越する場合には、定常部分の解のみを用いて定ひずみ速度圧密の解析が近似的に可能だと考えられるからである。

次に、ＦＥＭ圧密数値計算結果をWissa法により整理し、その妥当性を検討してみた。

４，Wissa法の妥当性および考察

定ひずみ速度圧密のＦＥＭ解析結果にWissa法を適用して得られたe-logP，e-logk関係を図２，図３に示す。

図２，図３を見ると、どちらも良くまとまっており、正規状態に入った直線と見なせる部分では、e-logP，e--logk関係それぞれの傾きが良く一致している。つまり、定常部分の解のみを用いての解析は妥当だといえる。しかし、ひずみ速度が非常に大きな場合と、小さな場合についてはそうとも言えない。

実験データを整理する際、Wissa法では間隙水圧を深さ方向に２次曲線分布すると仮定している。　しかし、ひずみ速度が非常に速い場合は、非定常状態と考えれる。それは、圧密初期において間隙水圧分布は仮定した２次曲線分布から大きく離れるためである。この時、Wissa法を適用すると透水係数は実際の値より大きくなる。

ひずみ速度が非常に小さな場合は、供試体に応力が加えられても間隙水圧が十分発生しないうちに間隙水は供試体上面から流出して行くと考えられる。　ＦＥＭ解析では有効桁数を多くとることで非常に小さな間隙水圧の値をも与えてくれるが、実際に行なう定ひずみ速度圧密試験ではその値を測定することは非常に困難である。　以上より、Wissaの解析法は適度なひずみ速度が与えられた場合のみ適用が可能だと考えられる。

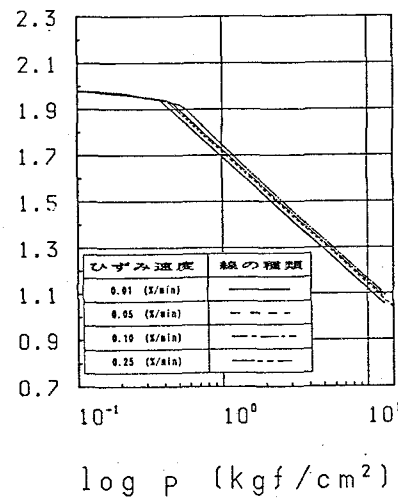

図２，e-logP（ＦＥＭ解析）

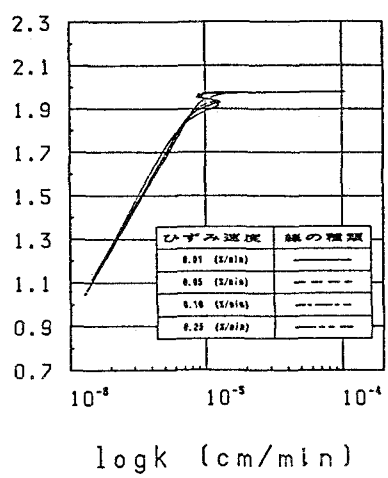

図３，e-logk（ＦＥＭ解析）

５，まとめ

Wissaが定ひずみ速度圧密の解析に用いた圧密基本方程式の解を与えるために、独自に導入した仮定を検討してみると、非定常部分に理論的に問題がある。

しかし、Wissa法で定ひずみ速度圧密を解析する際、非定常部分は無視して定常部分だけを適用している。　その適用性はひずみ速度の値に制限があるが、妥当だと言える。

<参考文献>

Wissa,et al; Jounal of the SOIL AND FOUNDATIONS DIVISION,Proceding of the Amerikan Society of Civil of Engineers,Vol.97,No.SM10,Oct.1971