

前田建設工業株式会社 前田 正員 河原井 敏男

1. まえがき

弾性体の圧密に関し、連続条件の取扱い上の問題点¹⁾²⁾ならびに応力-ひずみ算定上の問題点³⁾などについて述べてきた。ここでは再び連続条件の取扱いについて述べる。

2. 連続条件の取扱いについて

図-1 に示すような 2 次元的 (帯状荷重的) な場合を考える。

この場合の過剰水圧の初期分布は、荷重直下の領域 $A B C D$ で p , その両側の領域で 0 となると考えられる。

はじめ表面全面に p なる一様な圧力が、不透水性のフレキシブルな版を介して作用していたものとする。

そのとき荷重のほとんどは間隙水圧で保持されており、物体はほぼ、間隙水が p なる水圧を有するに要する量だけ収縮して平衡する。

そしてある時点に突然実荷重以外の圧力が伝達版とともに取払われたものとすれば、上載荷重のない両側の領域ではただちに膨張による応力開放が生ずる。

そのとき上載荷重を有する領域 $A B C D$ のひずみはわずかであるから、その両側の応力開放部の膨張を抑制すべく伝達される応力もわずかであり、無視し得るほどのものである。

かくて応力開放部はただちに原状態に復帰し、その過剰水圧は 0 になると考えることが、ほぼ許容される。一方、 $A B C D$ 内の被圧水は物体の透水性が小さければただちには排水されないから、これが初期水圧を形成することになる。

領域 $A B C D$ 内の被圧水は時間の経過とともにその両側の領域に圧入され、その体積膨張を誘起する。

しかし領域 $A B C D$ 内の排水が進行し、当該領域のひずみ量が大きくなれば、その両側の領域へ伝達される応力も次第に大きくなるから、両側領域においても体積は次第に膨張状態から圧縮過程に転ずることになり、やがて最終ひずみ状態に達して平衡するが、そのときはじめて最終応力状態にも到達するわけである。

以前にピオ理論¹⁾においては間隙水圧を、遠心力のような外部から与えられる荷重と同一視していることを指摘したが、³⁾もし間隙水圧が分布 (作用) している状態を、物体力が作用しているものとうけとるならば、物体の応力-ひずみ状態を算定することが容易である。

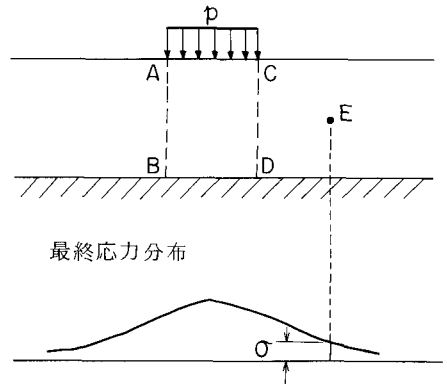
すなわち応力のつり合い方程式、ひずみの適合条件、境界条件ならびに初期条件 (物体力すなわち間隙水圧の分布状態) から解を求めることができるが、ピオ系統の理論においてはまさにこのような手法がとられている。

そしてこのような取扱いが不当であることは先に指摘したとおりであるが、³⁾それ以外にも次のような不合理を指摘することができる。

まずピオは載荷の結果物体内に誘起される応力と間隙水圧の関係を求めているが、周知のように水の体積弾性率が大きい場合には、平均主応力に等しい間隙水圧が誘起されることになる。⁴⁾

このこと自体には問題はないが、初期水圧分布を最終平衡応力状態から、上記関係を用いて与えること⁵⁾
⁶⁾は、大いに問題である。

図-1



既に考察したように初期水圧は、載荷重直下の領域 A B C D 内に、荷重強度 p と等しく形成されるとすることが、ほぼ妥当なところである。

そのとき E 点には有効応力もほとんど伝達されていないし、間隙水圧も発生していない。

E 点が最終応力状態に到達するのは圧密が終了した時点においてであって、初期のひずみがない状態を、最終平衡応力状態に等しい有効応力が伝達されていてかつそれに見合う間隙水圧が生じているためであると考えすることは、誤りであることが明らかである。

有効応力を生ずべきひずみが、初期には（ほとんど）生じていないことから、それは明らかである。

間隙水圧分布がピオ等が仮定する初期分布状態に近い状態をとることがあるとしても、それはかなり圧密が進行した後でなければ、あり得ないことである。

このようにピオ等の多次元圧密理論は、その前提条件が不合理であり、近似理論とみなすにも非現実的な面を有する。

それは領域 A B C D からの排除水がその隣接領域に圧入されるとき、土の場合にはきれつが生じてしまい、ダルシーの法則が成立しなくなるとみられるからである。

また連続条件の取扱いそのものも、たとえ伸張性のある物体を対象とするとしても、不十分である。

それはたとえば E 点に水圧波が到達したとしてそこが膨張したものとすると、その前方もなにかしらかそれに引きずられて膨張しており、そこでは不圧状態になるから、水の流れはダルシー流状態とは異なるものとなるからである。また排水が進行して E 点の水圧が減少するにいたったとしても、その点のひずみは 1 次元圧密の場合と違って、それに見合うだけ進行しない。それはその後方（領域 A B C D 寄りの部分）の水圧が、E 点の自由なひずみの進行を抑制するからである。

このように伸張性のある物体の多次元圧密解析に際しては、間隙水流について特殊な考慮を必要とし、上記のような場合の水の流れ方に関する規定が与えられなければ、状態が定まらない。

これと同様な事態は実は球の圧密のような場合にも生じるものと考えられる。しかしこのときは領域境界、すなわち球の表面からの逸水状況さえ合理的に与えられれば、球の内部の状態は一意的に定まると考えられるので、その状態を推定するためにピオ理論の成立を仮定することにも、ある程度の合理性が認められる。しかし図-1 のような一般多次元圧密問題においては、上載荷重のない領域における水流を規定する新しい条件式が与えられなければ、事態が現実とあまりにもかけはなれたものとなることが明らかである。

また間隙水圧も被圧状態にない場合があり得るので、常にその位置の平均主応力に等しくなるとは限らないことにも注意すべきである。

ピオ理論は多次元圧密問題に適用するには、連続条件の取扱いが不十分であること、初期水圧分布の仮定が不適当であること、ならびに文献 3) から、解を求める操作において間隙水の体積変形拘束作用が考慮されていないこと、などから不適当であると結論される。そのほか計算が複雑でサンドドレンの評価なども困難であり、圧密解析に積極的に利用すべき理由もあまり見出すことができない。

参考文献 1) 河原井；弾性体の 3 次元の圧密について，土木学会第 35 回年次講演会

2) 同(2)，土木学会第 8 回関東支部年次研究会

3) 同(3)，第 16 回土質工学研究発表会

4) Biot ; General theory of three - dimensional consolidation, J. Appl. Phys., Vol. 12, 1941, 155-164

5) Schiffman ほか；An analysis of consolidation theories, SM1, ASCE, 1969, 285-312

6) Biot ; Consolidation settlement under rectangular load distribution, J. Appl. Phys., Vol. 12, 1941, 426-430