

III-315

三軸セルを用いたパイピング試験法の検討(その2)

-原位置応力状態の再現方法について-

(株)東京リバーチ	正会員	大原淳良	○福元俊一
(株)竹中土木	正会員	坂口修司	高橋三津彦
竹中技術研究所	正会員	畑中宗憲	内田明彦

1. まえがき

本報告では、(その1)に続き、三軸セルを用いたパイピング試験方法において、供試体が原位置で受けていた応力状態を再現する方法について述べる。

2. 原位置応力状態の再現

原位置応力状態の再現は具体的には①鉛直方向有効応力と②水平方向有効応力の再現からなる。

鉛直方向有効応力はパイピング検討対象地盤の深さと地盤の単位体積重量および地下水位の位置が解れば計算できる。そして、それを三軸セルの中の試料の鉛直方向に加えれば良いことになる。三軸タイプ of 透水試験¹⁾では試料上端のポーラスストーンを介して鉛直有効応力が加えられる。しかし、パイピング試験の場合、ポーラスストーンを用いたこのような方法で鉛直有効応力を載荷すると、ポーラスストーン自身がパイピングの邪魔になることが考えられる。つまり、ポーラスストーンにより、試料上端の流出面での砂の動きが阻害される可能性が大きい。一方、水平方向応力は一般に不静定量で未知数である。本報告はこれらの問題点について、3節および4節に示す方法により解決して原位置の応力を再現する方法について述べたものである。

3. 原位置鉛直方向有効応力の再現

2節で述べた様に文献1)に示される様な三軸セルを用いた透水試験では、浸透水流出面である供試体の上端面のポーラスストーンによりパイピングの発生が阻害される場合が考えられ、結果的にパイピングの危険性を過小評価する可能性がある。このような背景のもとに、パイピングをできるだけ阻害しないようにかつできるだけ供試体の上端部に一樣な鉛直有効応力を加えられるよう、ポーラス石の代わりに中空のスペーサーを置くことを考案した。パイピングを妨げないことを重点的に考えれば、スペーサーとしてはリング状の物が考えられる。その場合、鉛直方向の有効応力は供試体外周に集中し一樣性はかなり失われる。そこで、以下に示す解析により、パイピングの発生を妨げることなくほぼ一樣な鉛直応力を載荷できるスペーサーの形状について検討した。

具体的な解析方法および解析条件等を以下に示す。

解析方法	: 軸対称の2次元FEM解析	鉛直有効応力	: 3kgf/cm ²
供試体の寸法	: 直径100mm, 高さ100mm	水平有効応力	: 3kgf/cm ²
供試体の材料	: 豊浦標準砂(Dr=80%, C=0kgf/cm ² , $\phi=40.5^\circ$)		
スペーサーの形状	: リング型スペーサーは直径100mm, 幅10mm, 厚さ10mm(図-1(a))		
	: 蚊取り線香型スペーサーは直径100mm, 幅7.5mm, 厚さ10mm(図-1(b))		

以上の条件で解析を行った結果、リング状スペーサーの場合は鉛直方向応力が外周に集中し(図-2(a))、かつ供試体の上端部において安全率(局所すべり安全率)が1を下回る箇所がかなりあることが判明した(図-3(a))。一方、この改良型として考案したリングを組み合わせた蚊取り線香形のスペーサーの場合は、リング形スペーサーに比べると鉛直応力の分布はかなり一樣に改善されており(図-2(b))、かつ安全率1以下の箇所は2要素と少なくなり(図-3(b))、ポーラスストーンを介して鉛直応力を加えた場合と殆ど差がないことが解る(図-2(c)と図-3(c))。よって、「蚊取り線香形」の形状のスペーサーがより本試験の目的に合致していると言える。

4. 原位置水平方向有効応力の再現

鉛直方向応力とは異なって、地盤中の水平方向応力は不静定量で未知数である。特に、非粘性土については地盤中の水平方向応力を測定できる信頼性のある方法がなく、その実測値はほとんどないのが現状である。筆者らは原位置地盤凍結法で採取した高品質の不攪乱試料（原位置の応力状態を保存した試料）を利用した非粘性土地盤の原位置での水平方向応力を測定する方法を開発した^{2)・3)}。そこで、この方法を本パイピング試験方法に取り入れ、浸透流を加える前に供試体に原位置での水平方向応力を加えられるようにした。以下にその方法について具体的に説明する。

本パイピング試験方法においては、原位置地盤凍結サンプリング法で得られた不攪乱試料をKo状態で融解させることができる二重セル構造の三軸セルを用いて行う（図-4）。凍結供試体をゴム膜で覆い図-4に示す内セルのペダスタルにセットし、原位置での有効上載圧を軸方向に加えて供試体を排水状態で融解させる。内セルには供試体上面より若干上の位置まで水を入れる。前述の上載圧のもとで供試体が融解すると、供試体が側方に変位しようとする。供試体が側方に変位すると、内セルの水面が変動する。水面の上下の変位は水面に置かれている非接触型変位計により感知され、水面の位置がもとの位置に戻るよう（つまり、供試体が側方変位がない状態）セル圧が制御されるようになっている。

5. あとがき

原位置地盤凍結サンプリングによる高品質の不攪乱試料を用いた2重セルを持つ三軸タイプのパイピング試験方法を考案した。従来のパイピング試験法に比べていくつかの利点を持つこの方法を各種の土質試料について実験し、その適用性を確認していきたいと考えている。

<参考文献>1)Gregory W.Carpenter and Richard W.Stephenson:"Permeability Testing in the Triaxial Cell", Geotechnical Testing Journal Vol 9, March-December, 1986. 2)畑中宗憲他：砂質土の原位置水平方向応力測定（その3）、土木学会年次学術講演 3)畑中宗憲・大原淳良他：不攪乱成田砂試料を用いた原位置地盤の水平方向応力測定、日本建築学会大会講演梗概集、1991年9月

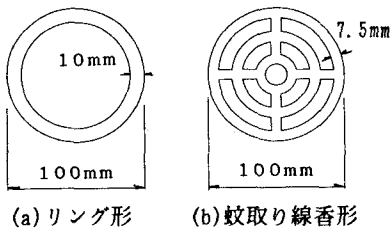


図-1 スペースの形状

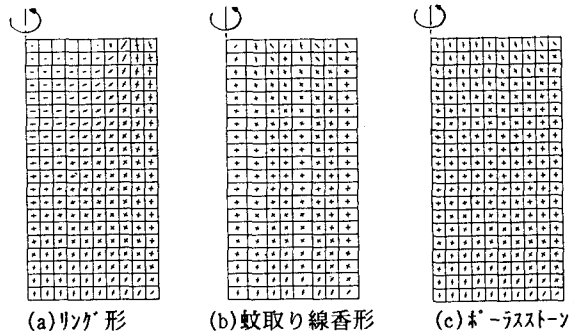


図-2 解析結果—主応力図

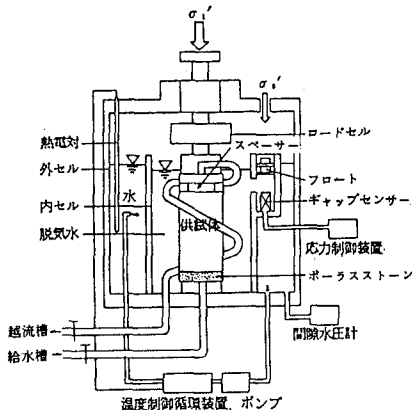


図-4 パイピング試験装置

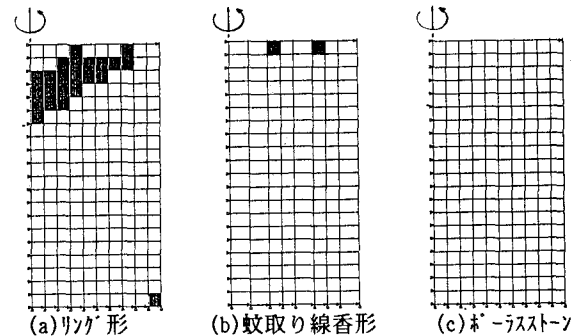


図-3 解析結果—安全率分布図（安全率1以下の分布図）