

動的間隙水圧計の試作と基礎実験

東海大学大学院 学生会員 ○外岡弘敬
東海大学大学院 学生会員 木村修一
東海大学工学部 正会員 近藤 博

1. はじめに

兵庫県南部地震では、地盤の最高変位速度は 1.0m/s 以上あったと言われている。土がこのような高速変形を受けた場合のメカニズムについては、動圧密工法に関連した研究^{1,2)}が行われている。しかし、これらの研究で用いられている荷重計や間隙水圧計等のセンサの動的応答特性に問題があり、メカニズムの解明に至っていないようである。そこで、土の高速圧縮試験装置を製作し、標準砂を用いて基礎実験を行い、供試体が乾燥している場合には载荷速度効果は無視できるが、供試体が飽和している場合には载荷速度効果が生じることをすでに明らかにした³⁾。

本研究は、飽和砂の高速変形時のメカニズム解明に問題となっている間隙水圧計の遅延問題を検討するために、新たにニードル型間隙水圧計を試作し、水実験(バネで支持した厚手のゴムスリーブ内を水で満たした供試体を用いた実験)と飽和砂を用いた基礎実験より間隙水圧計の動的応答特性について検証したものである。

2. 試験装置と方法

高速三軸圧縮試験装置：試験装置の载荷速度は静的から秒速 1.9m の間で変速できる。また、装置は高速载荷時のピストン棒の摩擦を排除するためにエアブッシュを採用し、セル圧を空圧で作用させる構造になっている。

ニードル型間隙水圧計：図-1 は新しく試作した間隙水圧計(以下、間隙水圧計 N と呼ぶ)を示したものである。



図-1 改良したニードル

写真からも分かるようにニードル先端部を 45° (標準砂のせん断抵抗角)の斜面にし、その面に直径 6mm の穴を開孔し $75\mu\text{m}$ の網を設置した構造になっている。ニードルの外径は 12.8mm である。図-2 は、ニードル部をペDESTAL部

に設置した状況を示したもので、斜線部がニードル部に当たる。

水実験：この実験はニードル型間隙水圧計の動的応答性を検討するために行う実験である。図-3 は水実験の供試体の状況を示したものである。ゴムスリーブの厚さは 3mm 、供試体の高さ 100mm 、直径 50mm である。また、圧縮量は 15mm とした。

三軸圧縮試験：相対密度 70% の乾燥砂と飽和砂を用いて、静的実験(载荷速度 1mm/min)と動的実験(载荷速度 1m/s)を行った。乾燥砂での実験はセル圧 100kPa 、飽和砂での実験は、圧密非排水条件(セル圧 200kPa 、背圧 100kPa)で実施した。また、全実験での圧縮量は 15mm とした。

3. 実験結果と検討

3.1 水実験

図-4 は、間隙水圧計 N を設置して動的水実験を行ったときの水圧比—圧縮量関係である(水圧比は水圧の収束値を 1 としたものである)。図から、圧縮量 15mm で水圧比 1 に到達した。よって間隙水圧計 N は、水実験の場合には動的応答性に問題がないことがわかる。また、圧縮量 15mm 以降の波形は载荷後の水圧比変化の時系列を記録したものである。

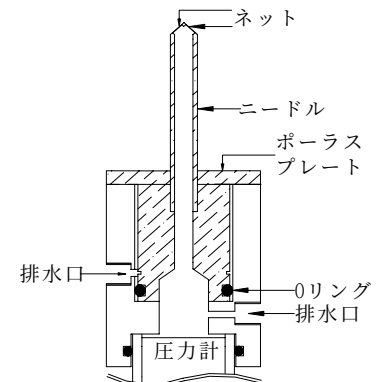


図-2 ニードル部設置の概略



図-3 水実験の様子

3.2 乾燥砂の実験

図-5(a), (b)は、ニードル部を取り外してペDESTAL部にφ50mm のポーラスストーン(以下:PS と記す)を設置して、乾燥砂を用いて静的と動の実験を行ったときの軸差応力-圧縮量関係を示したものである。図から、動の実験での波形には、装置内の応力波の反射等の影響により高周波の波が生じているが、軸差応力は静的、動の実験ともにほぼ同じ値を示した。また、動の実験での軸差応力は載荷終了後も慣性等の影響で約7ms 継続している。図-5(c)は、間隙水圧計 N を設置し、同様の条件で行った動の実験の結果である。用いた間隙水圧計のニードル直径は太いが、軸差応力-圧縮量

関係は図(b)と同様になっており、ニードルは強度に影響しないことがわかる。以上の結果から、飽和砂実験に間隙水圧計 N を用いることができることがわかる。

3.3 飽和砂の実験

図-6(a), (b)は間隙水圧計 N を用いて、静的、動の実験を行ったときの間隙水圧-圧縮量関係と軸差応力-圧縮量関係である。図(a)から、供試体は比較的密であるので両者とも載荷初期に正の間隙水圧が生じ、その後負圧に転じていることがわかる。負圧の最大値は動の方が大きくなった。また、動の実験での間隙水圧は載荷終了時にほぼ最大値を示したので、ニードルの先端部に傾斜を付けたことが有効であることがわかる(図-7 参照)。図(b)から、静的の場合の最大軸差応力は負圧が約 20kPa 生じているにもかかわらず、ほぼ乾燥砂の場合と同じになった。これは、湿砂になるとせん断抵抗角が小さくなることに起因しているものと判断できる。また、動の場合の軸差応力は静的に比較して、約 100kPa 大きくなることもわかる。以上の結果から、飽和砂の場合には載荷速度効果が存在するものと判断できる。

図-7 は、ニードル先端形状の影響を確認するために、従来試作したニードルを用いて実験を行ったときの間隙水圧-圧縮量関係と図-6(a)の動の実験での波形を間隙水圧比で整理して示したものである。図から、間隙水圧計 N での波形は、従来タイプより水圧の遅延が小さくなっていることがわかる。

4. まとめ

新しく間隙水圧計を試作し、水実験や乾燥砂、飽和砂を用いて基礎的実験を行い以下のことが明らかになった。(1)ニードル型動の間隙水圧計の先端に 45° の傾斜を付けたところ、間隙水圧計の動的応答性が向上し、高速試験に利用できることがわかった。(2)飽和砂には載荷速度効果が存在すると判断できる。

今後は、間隙水圧計を小型化し、振動三軸試験に利用できるように努力したい。

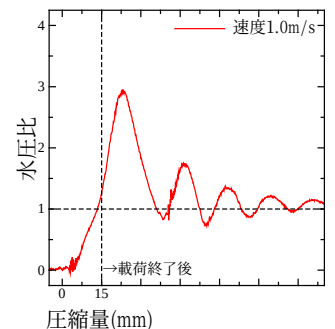


図-4 動的水実験

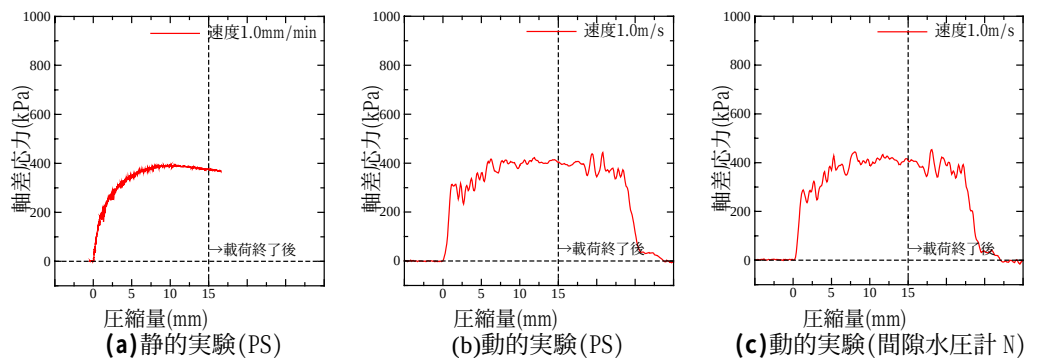


図-5 乾燥砂での軸差応力-圧縮量関

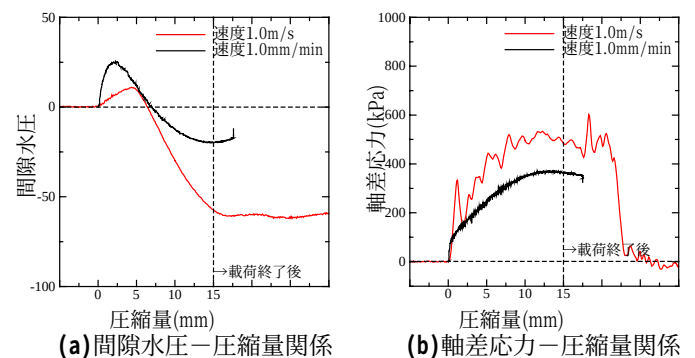


図-6 飽和砂での実験結果

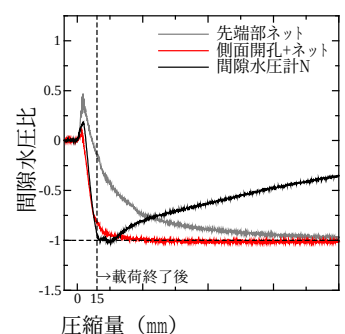


図-7 3 種の間隙水圧比と圧縮量関係

- 1) 鈴木正人, 石原研而, 浅見郁樹; 衝撃力を受けた粘性土の挙動, 第 17 回土質工学研究発表, pp.1741~1744,
- 2) 朝日秀定, 沢田義男, 岡田努; 衝撃力の粘性土に及ぼす影響, 第 17 回土質工学研究発表, pp.1745~1748,
- 3) 近藤博, 松村謙造, 木村修一, 本間重雄; 土の高速三軸圧縮試験装置の試作と基礎実験, 地盤工学会 第 51 巻 第 11 号 (2003)