

高速載荷試験装置の開発と砂質地盤材料の高速載荷実験

防衛大学校 学生会員 ○君島 奈々未

防衛大学校 正会員 篠田 昌弘・宮田 喜壽

1. はじめに

これまで、地盤の応力-ひずみ関係を把握するためには、1mm/minなどの遅い載荷速度で供試体を載荷してきた。航空機の離着陸時や道路の緊急退避所など、実際の地盤では高速載荷時における応力-ひずみ関係も重要となる。しかし、高速で載荷する装置が整備されておらず、高速載荷時における応力-ひずみ関係は十分には把握されていない。そこで、本研究では、地盤材料の高速載荷時の変形強度特性を把握するために、耐爆性能のある高速載荷試験装置を開発した。さらに、開発した装置を用いて重錘を手動で落下させて高速載荷時の砂質地盤材料の変形強度特性について調べた。

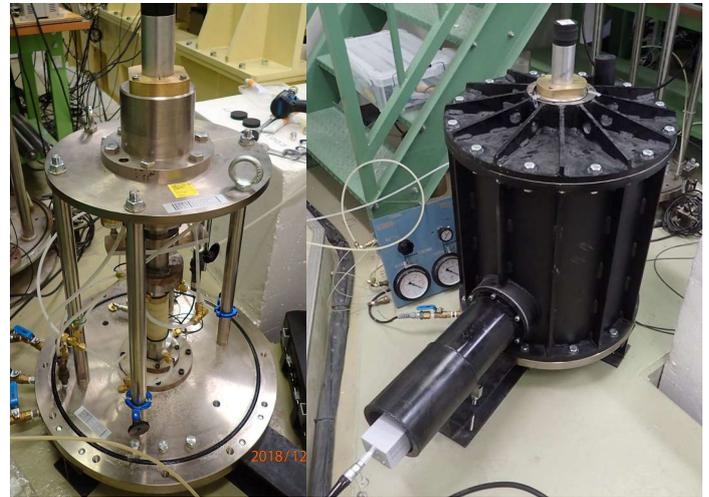


図1 開発した高速載荷試験装置，左：セルを外した写真，右：セルをかぶせた写真

2. 高速載荷試験装置

図1に新たに製作した高速載荷試験装置を示す。将来的に爆発による高速載荷を計画しているため、耐爆性能を有するように通常の三軸セルよりもロッド径を太く、セルを厚く製作した。製作したセルは、載荷軸を直径50mmと大径として、重錘の落下や爆風を受けられるようにした。載荷装置は、鋼製のセルにより拘束圧が載荷できるようにした。荷重の伝播を測定するため、キャップとペDESTALは、ひずみゲージ型の荷重計を兼ねた特殊なものとした。供試体の変位を測定するために、画像解析用の高速カメラを設置する保護ケースをセルに取り付けた。



図2 本実験で使用した緩衝材，左：緩衝材A，右：緩衝材B

3. 試験方法と試験結果

手動による重錘落下試験の試験方法を確立するため、ロッド直上に設置する緩衝材を2種類（緩衝材Aと緩衝材B）用意して、比較実験を行った。緩衝材AとBの両方とも直径5cm円柱型である。緩衝材Aは比較的固いゴムである。緩衝材Bは比較的固いゴムの間にスポンジを挟んでいる。緩衝材を変えた比較実験結果から、適切な緩衝材を選定した後、拘束圧を20kPa、50kPa、100kPa、200kPaと4種類に変化させて、重錘落下試験を実施した。拘束圧が20kPaと50kPaの場合には負圧を用いて、拘束圧が100kPaと200kPaの場合にはセル圧を用いた。用いた地盤材料は、珪砂6号（Gs = 2.64, $e_{max} = 0.924$, $e_{min} = 0.588$ ）である。供試体寸法は、直径約50mm、高さ約100mmとして、供試体作成時の相対密度は約75%とした。本試験では、重さ5kgの重錘を図3で示すように、ロッド直上から落下させて地盤材料を載荷した。



図3 重錘落下試験の様子

キーワード 三軸圧縮試験，高速載荷，変形強度特性

連絡先 〒239-8686 神奈川県横須賀市走水1-10-20 防衛大学校 TEL：046-841-3810(ex.3512) E-mail：shinoda@nda.ac.jp

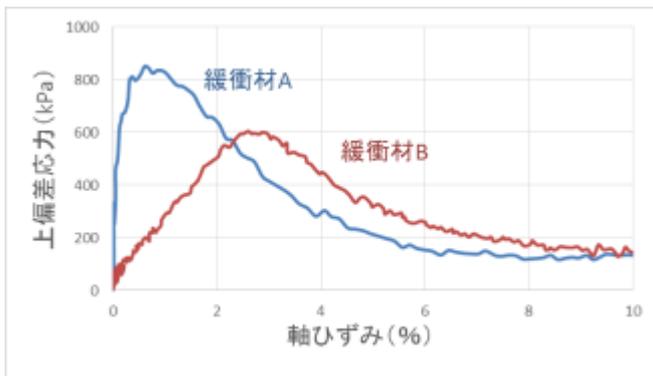


図4 異なる緩衝材を用いた応力—ひずみ関係 (拘束圧 50 kPa, 上部荷重計で測定)

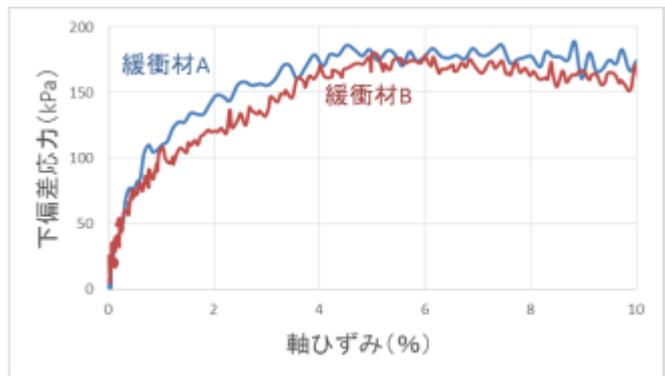


図5 異なる緩衝材を用いた応力—ひずみ関係 (拘束圧 50 kPa, 下部荷重計で測定)

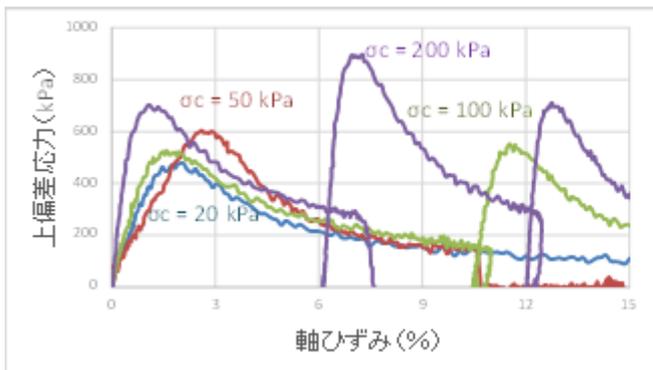


図6 応力—ひずみ関係 (上部荷重計で測定)

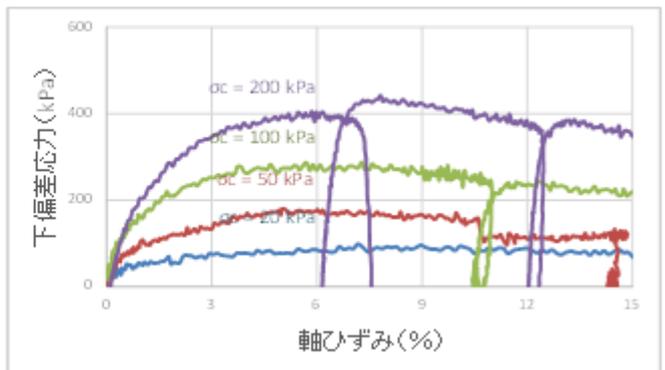


図7 応力—ひずみ関係 (下部荷重計で測定)

前述したように、本試験ではキャップとペDESTALにひずみゲージを貼り付け荷重計としている。図4と図5には、図2で示した緩衝材Aと緩衝材Bを用いた拘束圧50kPaにおける応力—ひずみ関係を示している。図4の応力は上部荷重計から計測した値であり、図5の応力は下部荷重計から計測した値である。図4と図5から、異なる緩衝材を用いると、上部荷重計の出力が異なることが分かる。緩衝材Aは緩衝材Bより剛性が高いため、衝撃波の影響が出たと思われる。緩衝材Bはスポンジがあるため、スポンジの変形によりピークがずれたと思われる。よって、以降の重錘落下試験では、衝撃波の影響の少ない緩衝材Bを用いることとした。

図6と図7に拘束圧を20kPa、50kPa、100kPa、200kPaとした場合の、上部荷重計と下部荷重計で計測した応力—ひずみ関係を示す。拘束圧100kPaと200kPaの場合には、1回の载荷でひずみが15%に満たなかったため、複数回実施した。図6と図7から上部荷重計と下部荷重計で計測した応力—ひずみ関係が異なることが分かる。さらに、上部荷重計の値には、ピークが表れているものの、下部荷重計の値には明確なピークが見られなかった。

既往の研究から载荷速度が1mm/minでは、強度定数は内部摩擦角が42°、粘着力が6.6kPaであることが分かっているが、本試験から、载荷速度を約40,000mm/min以上に速くすると、上部荷重計と下部荷重計で測定した場合には、それぞれ、内部摩擦角が31.2°と28.9°、粘着力が122.2kPaと23.4kPaとなった。

6. まとめ

本稿では、耐爆性能のある高速载荷試験装置を開発し、重錘落下試験の試験方法を検討した。その結果、緩衝材の違いにより、観察される応力—ひずみ関係が異なることが分かった。衝撃の影響の小さい緩衝材を用いて、重錘落下試験を実施した結果、上部荷重計で計測した荷重と下部荷重計で計測した荷重が異なることが判明した。今後、応答特性の高い市販の荷重計を用いて再試験を実施するなど、検証を進める必要がある。

謝辞：本研究はJSPS 科研費JP17K18964の助成を受けたものです。ここに記して謝意を表します。