

緩衝材の地震荷重下における動的特性把握のための振動試験

独立行政法人 防災科学技術研究所 正会員 御子柴 正
(株)東京ソイルリサーチ 正会員 阿部 秋男

1. はじめに

人工バリアシステムは、長期に渡って様々な物理的・化学的バリア性能を要求される。そのため、人工バリアシステムを模擬した縮小モデルを用いて、地震動が人工バリアシステムに与える影響を実験的に解明してきた。本研究では、これらの実験結果を踏まえて、特に「構造的に健全な状態で存在する」ことに影響が大きいと考えられる緩衝材の振動時（地震時）の動的特性の把握を行うことを目的として、緩衝材の動的な要素試験を実施している。本稿では、この目的のために製作した試験装置の性能、また、予備試験として実施した密度をかえて製作した試験体（緩衝材）のせん断剛性と減衰の動的特性について述べる。

2. 試験装置の概要

緩衝材の力学的特性を調べるためには、通常、地盤工学の分野で用いられる土質試験装置（三軸試験やねじりせん断試験等）を利用してきた。しかし、これらの装置は試験体の大きさや加力の容量・動的加力の際の周波数などの制限があることから、新たに目的に沿った試験装置の開発を行った¹⁾。この試験装置は試験体のせん断剛性や減衰特性の歪み依存性、周波数依存性等を測定することが可能なせん断フレームを有するせん断小型試験装置である。試験体は直径 300mm、高さ 100mm の円筒形とした。この試験体をジュラルミン製の積層リングで拘束し、上載圧は載荷板を介して載荷した上で振動台に接続して、振動台を作動させることにより動的なせん断力を加力できる構造である。従って加力性能は振動台の能力に依存する。ジュラルミン製の拘束リングは 1 層の大きさを直径 340mm、厚さ 20mm、高さ 10mm としてこれを 10 層積み重ねる構造にした。リング間の摩擦係数は 1% 以下である。また、載荷板には 3 個のベアリングを取り付けてあり、加振時において上板との間で摩擦が生じない構造とした。せん断フレーム小型試験装置を写真 1 に示す。

本試験装置の性能を検証するために、緩衝材に換えて動的な特性の良く知られている豊浦砂をリング内に詰めて特性試験を実施した。その結果、この試験装置で加力が可能なせん断歪みレベルは 0.1%～20% であり、周波数は DC～50Hz の範囲であった。これは、従来の土質試験装置では加力できる周波数の上限はせいぜい 5Hz 程度であることに対して、開発した試験装置では従来の 10 倍程度までの周波数範囲で加力が可能である。従って、この装置を用いることにより、緩衝材の高周波領域での動的特性を明らかにすることが可能である。

3. 試験結果と考察

緩衝材は粉末ベントナイト 70% と砂（3号 50% 及び 5号 50%）30% を混合した。試験時の含水比は 2.1% であった。緩衝材の充填方法は、緩衝材を数層に分けて充填し、密度の低い試験体はハンドタッピングにより作製を行った。また、密度の高い試験体はパイプレータを用いて締め固めることにより製作できることが分かった。歪みや変位、加力はそれぞれのセンサーを用いて測定を行った。センサー配置を図 1 に示す。加振方法は一定の振幅の加力を小さいものから次第に大きくするステップ加振が有効であることを確認した。

試験は緩衝材の充填密度や拘束圧を変えて 4 ケース行った。充填密度は 1.2g/cm^3 及び 1.8g/cm^3 の 2 種類であり、この 2 種類の充填密度の拘束圧を 20kPa 及び 50kPa とした。また、各ケースの載荷周波数は、5Hz、7Hz、10Hz 及び 15Hz（せん断フレーム小型試験装置の固有振動数は 10Hz 付近であった。）の 4 種類とし、更に、せ

キーワード：地層処分，人工バリア，緩衝材，振動試験，地震荷重下

連絡先：茨城県つくば市天王台 3 - 1，TEL (029)863-7557，FAX:(029)852-8512

せん断歪み振幅を変えて、緩衝材の剛性の歪み依存性や周波数依存性を求めるための基礎データの取得を行った。解析は緩衝材の剛性および減衰の歪み依存性、載荷周波数依存性について行った。剛性及び減衰の求め方はL VDTにより測定したせん断変形量及びロードセルにより測定した荷重から求めた。

全試験ケースについて、剛性とせん断歪みの関係及び減衰とせん断歪みの関係を求めた解析例として、試験ケース 1-1（乾燥密度 1.2g/cm³，拘束圧 20kPa，周波数 5Hz）の剛性とせん断歪みの関係を図 2 に示し、減衰とせん断歪みの関係を図 3 に示す。また、試験ケース 3-1（密度 1.8g/cm³，拘束圧 20kPa，周波数 5Hz）の剛性とせん断歪みの関係を図 4 に示し、減衰とせん断歪みの関係を図 5 に示す。

これらの解析結果から、下記の知見を得た。

剛性の拘束圧依存性は乾燥密度 1.2g/cm³ で充填した場合には依存性が見られるものの、乾燥密度 1.8g/cm³ で充填した場合には依存性が見られなかった。これは密度が低い場合には締め固め圧力が低いために、正規圧縮状態であり、また、密度が高い場合には締め固め圧力が高く過圧縮状態であるためと考えられる。

剛性および減衰の周波数依存性は、載荷周波数を変化させても顕著な差は現れず、周波数依存性は明瞭ではなかった。

剛性及び減衰の歪み依存性は、通常の低周波で行う要素試験結果と同じ傾向であった。

4. 終わりに

緩衝材の地震時における動的特性を把握するための試験装置を考案・製作して、試験装置の性能検証。また、緩衝材を用いた予備試験から試験体のせん断剛性と減衰の動的特性等を把握するための基礎データの取得を行った。これらの試験結果から、本試験装置は有用な装置であり、今後、更に、せん断力を大きくした載荷試験を行う予定である。なお、本研究は、原子力委員会の評価に基づき、文部科学省原子力試験研究費により実施されたものである。

5. 参考文献

- 1) 御子柴 正，阿部秋男：緩衝材の地震時における動的特性に関する研究,日本原子力学会 2003 年春の年会,3003.3



写真 1 せん断フレーム小型試験装置

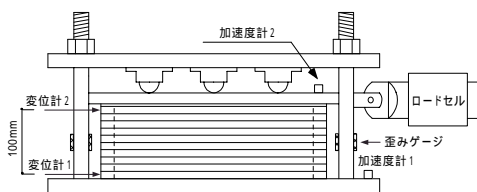


図 1 センサー配置

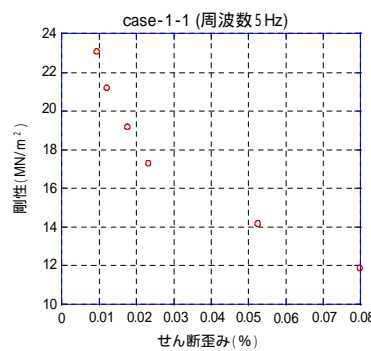


図 2 剛性とせん断歪み (ケース 1-1)

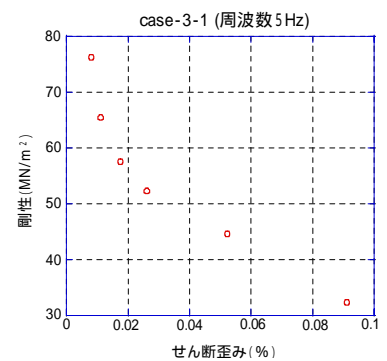


図 4 剛性とせん断歪み (ケース 3-1)

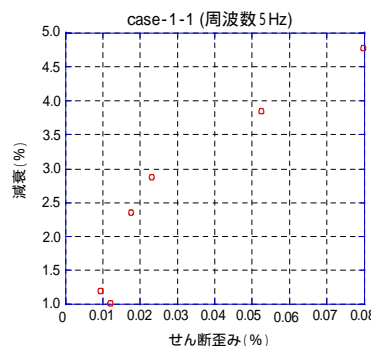


図 3 減衰とせん断歪み (ケース 1-1)

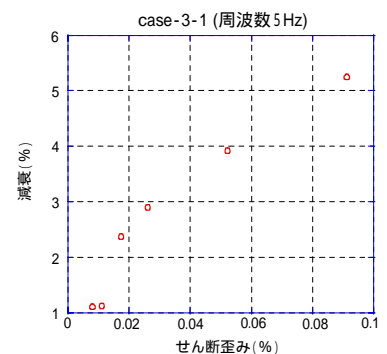


図 5 減衰とせん断歪み (ケース 3-1)