

H-14

路床土を対象としたレジリエントモデュラス試験の測定結果に関する一考察
 Consideration of Measurement Results of Resilient Modulus Test for Subgrade Soil

○星野友太郎¹, 山中光一², 峯岸邦夫²

*Yutaro Hoshino¹, Kouichi Yamanaka², Kunio Minegishi²

The resilient modulus of elasticity required to verify the performance of the roadbed is the resilient modulus test, in which the restraining pressure can be set arbitrarily, is recommended because the modulus of elasticity in this roadbed shows different values depending on the effect of the restraining pressure and other factors. However, this test method contains many uncertainties due to previous studies, and the test is given a “T” in the Handbook of Pavement Investigation and Testing Methods, which indicates a tentative meaning. In this study, the resilient modulus test was conducted to clarify issues that have not yet been pointed out in previous studies.

1. はじめに

路床は、アスファルト舗装の受ける荷重等を支持する重要な役割を担っていることから適確に照査する必要がある。路床の照査は、路床上端の圧縮ひずみを求め、累積疲労度によって評価される。この路床上端の圧縮ひずみの算出には多層弾性理論等を用いた手法が用いられるが、算出には入力値として弾性係数が必要となる。この弾性係数は、拘束圧などの影響により異なる値を示すことから、拘束圧を任意に設定できる「路盤材・路床土のレジリエントモデュラス試験（舗装調査・試験法便覧 E016T）」により求めるレジリエントモデュラス M_r を用いることが推奨されている。しかし、 M_r 試験は、これまでの既往研究^[1]により不確定要素が多く含まれていることが指摘されており、舗装調査試験法便覧の中でも試験法番号の後に暫定の意味合いを示した「T」が付与された試験となっている。 M_r 試験には多くの課題・未解明な部分が残されていることから、的確に路床の性能を把握するには M_r 試験の課題点を解決する必要がある。

本研究では、すでに指摘されている M_r 試験の問題点以外の問題を明らかにすべく、 M_r 試験を実施した。

2. 供試体作製および試験方法

2.1. 試料および供試体作製

本研究では、試料土に Table 1 に示した物理特性を有した試料土を用いた。試料は、実現場の路床から採取したものであり、物理特性は、Table 1 に示す通り $w_n=6.2\%$ 、乾燥密度 $\rho_d=1.919\text{Mg/m}^3$ であった。また、一般的に M_r 試験は $\phi 100 \times 200\text{mm}$ の供試体を用いられるが、本研究では試験機の制約上、 $\phi 50\text{mm} \times 100\text{mm}$ の供試体を用いて試験を行った。そのため、用いた試料は供試体寸法を考慮し、9.5mm ふるいでふるってから用いた。その後、現場乾燥密度となるように、3層に分けてランマーにて締め固めて作製した。

2.2. 試験および計測方法

試験は、舗装調査・試験法便覧 E016T に示された15通りの荷重条件およびハーバー・サイン波（0.1s 荷重, 0.9s 休止）を用いて、荷重波形の制御は試験機上部に設置されたロードセルの値により制御を行った。なお、本研究で用いた繰返し三軸圧縮試験装置は、Figure 1 に示した機構を有した装置を用いており、荷重計および変位計が三軸槽内部と外部に設置されている装置を用いた。

Table 1. 本研究で用いたまさ土の物理特性

項目	値
自然含水比 w_n (%)	6.2
現場乾燥密度 ρ_d (Mg/m^3)	1.919

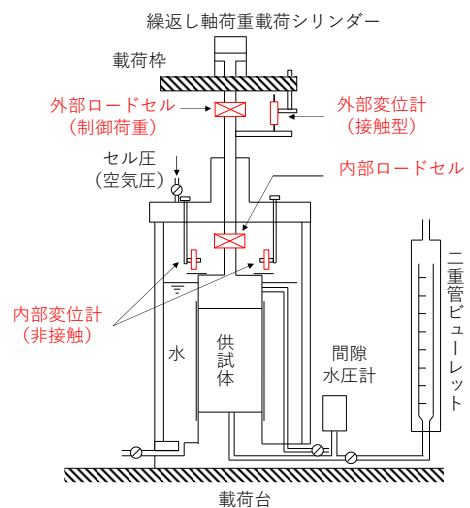


Figure 1. 使用した繰返し三軸圧縮試験装置の概略図

1: 日大理工・学部・交通、2: 日大理工・教員・交通

3. 試験結果および考察

3.1. Mr 試験結果

Figure 2は、試験結果をMrと偏差応力の関係を示したものである。図より本研究で実施したMr試験の結果は、偏差応力の増加に伴い、Mrは減少する結果であった。既往研究^[2]では、偏差応力の増加に伴い、Mrも増加する報告がされている。これらの要因は明らかでない。そこで本研究では、予備荷重時の塑性変形量に着目した。

3.2. Mr 試験の予備荷重における塑性変形量

Figure 3より、本研究の結果に着目すると、荷重10回程度までは荷重回数の増加に伴い、塑性変形量は小さくなる傾向を示し、以降は一定の値を示した。この傾向は、既往研究^[2]も同様であり、予備荷重による影響ではないことがわかる。そのため、偏差応力の増加によるMrの増加、減少は、予備荷重の影響ではなく、15通りの荷重条件における荷重応力と供試体の破壊強度の関係による影響であると考えられる。

3.3. Mr 試験の問題点

Figure 4は、本研究で用いた試験装置で計測された、荷重、変位（内部、外部）、制御荷重を経過時間との関係で示したものである。図より、制御荷重はハーバー・サイン波（0.1s 荷重、0.9s 休止）の形状を示しているが、三軸層内の荷重や変位は経過時間が進むにつれ徐々に減少していく傾向を示した。このため、0.1sの荷重がされても供試体に作用される荷重や復元の傾向は0.1s 荷重のハーバー・サイン波に追従できていない状態であることがわかる。ゆえに、Mr試験は0.1sの荷重ではなく、0.2s以上のように荷重による復元に対して追従できる荷重速度で実施することが望ましい。また、外部変位計の変位は、三軸層内部に設置した変位計の半分程度の変位量を示しているため、外部変位計を用いるとMrを過大評価するため注意が必要である。

Figure 5は、Mr試験より得られたヒステリシスカーブを示したものである。通常、繰返し三軸圧縮試験より剛性を評価する場合は、ヒステリシスカーブの最大変形量と最大応力により変形係数を算出する。Mr試験より得られたヒステリシスカーブに注目すると、最大荷重と最大復元変形量はピークの位置が異なっていることがわかる。そのため、変位の最大値、荷重の最大値のどちらを取るのかによってMrの値は異なってくる。この点も踏まえると、Mr試験で実施するときの荷重速度は、現在の0.1sより遅い速度で実施することが望ましい。

4. まとめ

- 1) Mrの増減は、予備荷重の影響ではなく、15通りの荷重条件における荷重応力と供試体の破壊強度の関係による影響である。
- 2) Mr試験は0.1sの荷重ではなく、荷重による復元に対して追従できる0.2s以上の荷重速度で実施することが望ましい。

5. 参考文献

[1] 佐藤ら：「舗装と交通荷重に関する地盤工学」，4．路床・路盤の材料・力学特性，地盤工学会誌，Vol.56，No.12，Ser.No.611，pp.62-72，2008。
 [2] 宋倉ら：「路床土を対象としたMr試験とCBR試験の測定精度」，第56回地盤工学研究発表会，DS-1-05，2021。

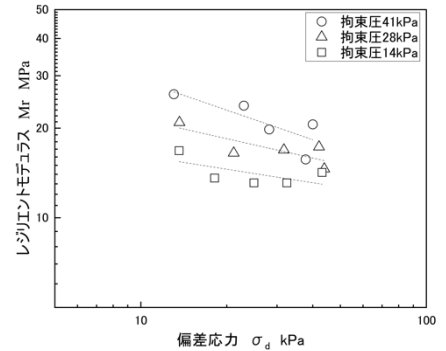


Figure 2. Mr と偏差応力の関係

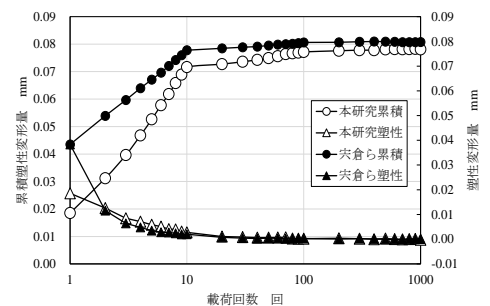


Figure 3. 累積塑性変形量と塑性変形量

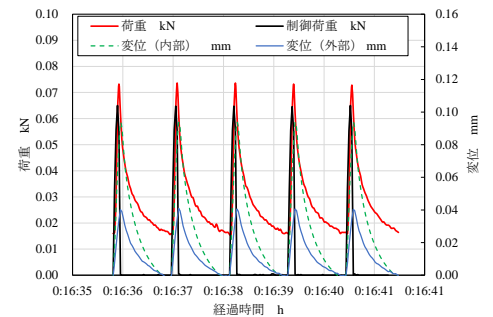


Figure 4. 計測位置と荷重波形

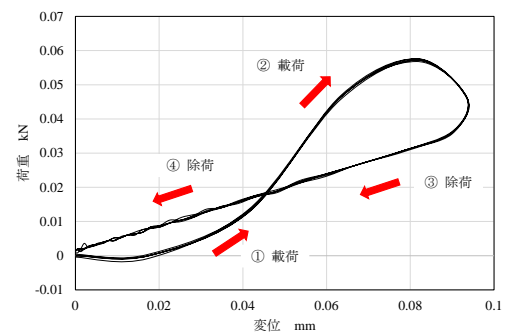


Figure 5. ヒステリシスカーブ