

## 土質材料の速度効果が路面性状に及ぼす影響に関する研究

東京農業大学大学院 学生会員 ○大野 敦弘  
 東京農業大学 正会員 竹内 康  
 東京農業大学 正会員 牧 恒雄

### 1. はじめに

設計基準の国際化を背景とし、国土交通省によって「舗装の構造に関する技術基準」が制定され、道路舗装の設計は従来の仕様規定型から性能規定型へと移行し、疲労破壊輪数、塑性変形輪数、平坦性が車道および側帯の舗装における必須の性能指標として定められた。

近年、交差点やバス停、駐車場といった比較的、車両の走行速度の遅い箇所でのわだち掘れが問題となっている。

わだち掘れは舗装のクリティカルな破損の一つの形態であり、その推定に関しては繰り返し三軸圧縮試験を用いた幾つかのモデルが提案されている。これらの方法はいずれも繰り返し回数と残留ひずみの関係を用いたものであるが、試験の載荷速度の影響を考慮していない。土質材料が速度の影響(速度効果)を受けることは周知の事実であり、その影響が予測値にどの程度現れるのかを把握することは、今後の舗装の設計及び維持管理を適切に行なっていく上で重要な項目であると考えられる。以上のことから本研究では、舗装を構成する路盤・路床に注目し、載荷速度を変えて繰り返し三軸圧縮試験を行なった。結果として得られる残留ひずみに載荷速度の影響が生じるのかを把握すると共に、その影響が性能指標の一つであるわだち掘れにどの程度現れるのかを検討することを目的としている。

### 2. 使用材料

本研究では路盤材には中央粒度に調整した粒度調整碎石(M-30)を使用し、路床土には神奈川県で採取した多摩ロームを使用して行なった。粘土の密度は2.77g/cm<sup>3</sup>で液性限

界は57.5%、塑性限界は47.5%の粘性土である。

### 3. 繰り返し三軸圧縮試験

試験は舗装試験法便覧別冊「3-3-2T 路盤材・路床土のレジリエントモデュラス試験方法」に準拠し、表-1に示す条件で行なった。路盤材に関しては、最大粒径が大きい場合にばらつきが大きくなってしまったため、AASHTO T294に基づき最大粒径を19mmでカットした試料で供試体を作製した。なお、試験は各条件につき3~4個の供試体を用いて行なった。

一般にわだち掘れは舗装を構成する各層の永久変形に起因する。これまでの研究では、三軸圧縮特性である残留ひずみと載荷回数の関係を累乗曲線によって近似し、その式を用いてわだち掘れ予測式を提案している。本研究でも同様の整理を行なった。載荷速度を変えた時の近似式の係数を比較し、繰り返し三軸圧縮試験に現れる速度効果の影響を検討する。

$$\epsilon_p = I \cdot N^S \tag{1}$$

ここに、 $\epsilon_p$ は累積残留ひずみ、Nは載荷回数、IはN=1の時の残留ひずみ、Sは累積残留ひずみの増加率である。

材料ごとの軸差応力とI及びSの関係を図-2、図-3に示す。これらの図から路盤材と路床土共に、載荷速度が大きいほどIが大きくなることが読み取れる。また路床土は路盤材に比較して軸差応力が大きくなるにつれて、速度効果の影響が大きく現れる傾向にあることがわかった。Sに関しては路床、路盤共にほぼ一定である。これらの結果から、路床および路盤層に大きな軸差応力が加わる時に速度効果の影響が現れ、わだち掘れに影響を及ぼすことが考えられる。

表-1 三軸圧縮試験の条件

供試体寸法	φ100×200mm
使用ランマ	2.5kg, 30cm
突き固め層数	3層
突き固め回数	40回
載荷波形	ハーバーサイン波
載荷周波数	1Hz, 3Hz
載荷回数	20000回
拘束圧	40, 60, 80kPa
軸圧	98kPa

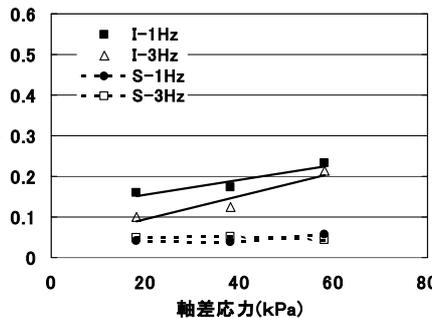


図-1 路盤の繰り返し三軸圧縮特性

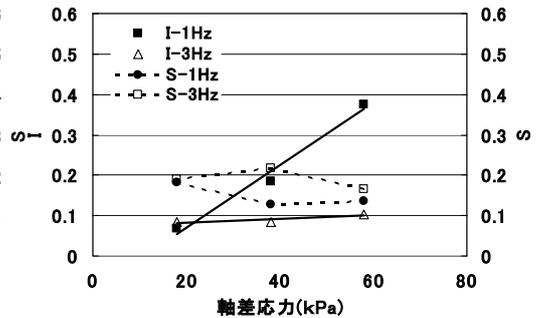


図-2 路床の繰り返し三軸圧縮特性

キーワード 速度効果 載荷速度 わだち掘れ 繰り返し三軸圧縮試験

連絡先 〒156-8502 東京都世田谷区桜丘 1-1-1 TEL 03-5477-2342

4. わだち掘れへの影響

三軸圧縮試験で得られた載荷速度の影響がわだち掘れにどの程度影響を与えるのかを検討するために Uzan によって提案されている解析手法<sup>1)</sup>を用いてわだち掘れ解析を行った。この方法では4層で構成された舗装を対象として、荷重条件、舗装構成からわだち掘れ量を推定することができ、材料の特性に繰り返し三軸圧縮特性が組み込まれている。以下にわだち掘れ量を求める式を示す。式(2)～式(6)

$$RD = \frac{a_1}{W(1+a_2)} \cdot \delta \cdot a_2 \quad (2)$$

$$W = \frac{\delta \cdot E_4}{p \cdot a} \quad (3)$$

$$a_1, a_2 = f(W, \alpha_i, \mu_i) \quad (4)$$

$$\mu_i = \frac{I_i \cdot S_i}{\varepsilon_i} \quad (5)$$

$$\alpha_i = 1 - S_i \quad (6)$$

ここに、RD:わだち掘れ量、p:接地圧、a:接地半径、δ:荷重による表面変位、E<sub>4</sub>:路床の弾性係数、ε<sub>i</sub>:i層の復元ひずみ(一定と仮定)、E<sub>i</sub>,T<sub>i</sub>:1~4層までの弾性係数および層厚を示す。また、I<sub>i</sub>およびS<sub>i</sub>はi層を構成する材料に対して行なう繰り返し三軸圧縮試験で得られる式(1)の係数I,Sである。

前述したように、解析に用いるIが速度効果の影響を受ける。また軸差応力の大きさにより、その影響度が異なるため、載荷速度だけではなく輪荷重の大きさも変化させ検討を行なった。

解析の対象とする舗装構成及び解析結果の検討には高速道路調査会調査資料<sup>2)</sup>を使用した。ここで、アスファルト層及びアスファルト安定処理層の特性については、実験が行なえなかったため Uzan の推奨する値をそのまま使用した。また、路盤及び路床のIに関しては、順解析を行い以下の式(7)で軸差応力を算出し、図12の軸差応力とIの近似式を用いて任意の応力状態のIを算出した。

$$\sigma_d = \sigma_1 - \sigma_1 \cdot k_0 + (1 - k_0) \gamma \cdot z \quad (7)$$

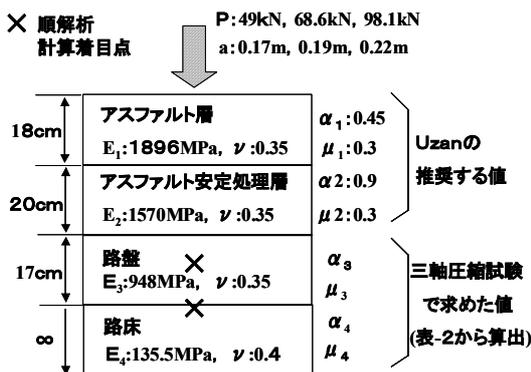


図-3 解析に用いた舗装構成

ここに、σ<sub>d</sub>は軸差応力、σ<sub>1</sub>は輪荷重により発生する応力、γは、舗装を構成する各層の単位体積重量、zは着目点までの深さ、K<sub>0</sub>は静止土圧係数である。今回は全層のγ=2gf/cm<sup>3</sup>、k<sub>0</sub>=0.5を使用した。図-3、表-2に解析条件を図-4に解析結果を示す。

この結果から、載荷速度の遅いほうが発生するわだち掘れ量が大きくなり、経験的に知られている走行速度の遅い箇所でのわだち掘れが顕著に発生することに一致する。

また、輪荷重つまり軸差応力の大きさによって影響度が異なることから舗装構成や輪荷重の大きさによっては路床路盤の速度効果の影響を考慮する必要がある。なお、解析結果と実測結果に生じた差の原因として、解析対象とした舗装と同一材料で繰り返し三軸圧縮試験を行わず、他の材料の繰り返し三軸圧縮特性を用いて解析を行なったことが考えられる。そのため、舗装構成を把握した試験舗装での供用性の調査が今後の課題である。

5. おわりに

本研究では土質材料の速度効果について検討した。路床だけではなく路盤にもその特徴がみられ、その影響はわだち掘れ解析に影響を及ぼすことを示した。今後は予測精度向上の観点から土質材料の本来の性質である弾塑性体の特徴を考慮した構造解析手法の確立を行なう必要がある。

参考文献

- 1) JACOB UZAN: PREDICTION OF RUT DEPTH PERFORMANCE IN FLEXIBLE HIGHWAY PAVEMENTS, Asphalt Paving Technologies, vol.52, pp489~507, 1983
- 2) 牛尾俊介:アスファルト舗装のわだち掘れ予測方法に関する研究 土木学会論文報告集No323, pp151~pp.163, 1982年7月

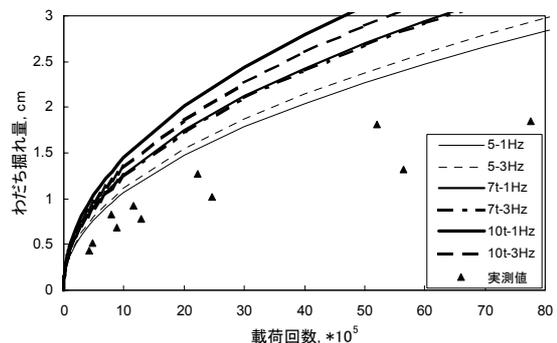


図-4 わだち掘れ量の解析結果

表-2 解析に用いた路盤・路床の特性

載荷速度 輪荷重(kN)	3Hz			1Hz		
	49	68.6	98.1	49	68.6	98.1
I <sub>3</sub>	0.1097	0.1287	0.1388	0.1523	0.1595	0.1714
S <sub>3</sub>	0.0450	0.0450	0.0450	0.0450	0.0450	0.0450
ε <sub>3</sub>	0.0576	0.0576	0.0576	0.0576	0.0576	0.0576
I <sub>4</sub>	0.0812	0.0832	0.0865	0.0558	0.0862	0.1375
S <sub>4</sub>	0.1600	0.1600	0.1600	0.1600	0.1600	0.1600
ε <sub>4</sub>	0.1121	0.1204	0.1344	0.1108	0.1215	0.1395