

神戸大学大学院工学研究科 学生員 ○中村 渡
神戸大学都市安全研究センター 正会員 吉田 信之

1. はじめに

透水性アスファルト舗装を重交通の車道へ適用する場合には、わだち掘れやひび割れといった損傷と同時に透水機能の低下についても検討しておく必要がある。著者らは、これまで舗装構成材料について繰返し三軸圧縮試験を行いながら所定の载荷回数時に透水試験を実施する方法(繰返し三軸圧縮透水試験と称する)によって、交通荷重による透水性アスファルト舗装の塑性変形および透水特性の変化を調べている。本報では、仮想路床材と見なした豊浦標準砂で得られた累積塑性変形と透水係数について報告する。

2. 試験概要

試料は豊浦標準砂であり、その基本的性質および締固め特性は表-1 に示すとおりである。

供試体の作製は、まず三軸セル室のペダスタルに装着した内径 50mm・高さ 100mm の二つ割りモールドの内面に負圧を作用させてメンブレンを装着した後、あらかじめ蒸留水にて最適含水比に調整した試料を締固度 90%になるように必要量を計り取って、装着したモールド内に 3 層に分け入れ突き固めて行った。

試験装置は、三軸セルの寸法が少し小さい以外は図-1 に示す既報¹⁾の装置と同じである。また、繰返し三軸圧縮過程で作用した応力経路は、著者らが路床材のレジリエントモジュラス試験で用いていた図-2 に示す応力経路のうち²⁾、時間的制約もあったため AB, CD, EF, EG の 4 つの応力経路のみである(表-2 参照)。また、変水位透水試験は全て E 点で行った。具体的には、例えば応力経路 EG での試験の場合、(1) 供試体を試験装置にセットして飽和させたのち有効拘束圧(E 点：0.034MPa)で圧密、(2) 引き続いて 2 つのビュレット(図-1 参照)内の水位を調整して変水位透水試験の実施、(3) 透水試験終了後、有効拘束圧を維持したまま偏差応力(G 点：0.069MPa)を繰返し载荷、(4) 所定の回数(5 千、1 万、2 万、3 万、5 万、7 万、10 万回)载荷後に繰返し载荷を中断し飽和状態を確認して変水位透水試験を実施、(5) (3)~(4)を供試体が破壊しないかぎり载荷回数 10 万回に至るまで繰り返す。繰返し载荷は、

载荷時間 0.1 秒・休止時間 0.9 秒のハーバーサイン波で行い、排水条件である。ここで、試験中の供試体の体積変化に

表-1 試料の基本的性質等

比重	2.61
10%粒径 (mm)	0.12
30%粒径 (mm)	0.15
60%粒径 (mm)	0.20
均等係数	1.67
曲率係数	0.94
最適含水比 (%)	14.25
最大乾燥密度 (g/cm ³)	1.583

表-2 载荷応力

応力点	有効拘束圧 σ'_0 (MPa)	偏差応力 q (MPa)	平均有効主応力 p' (MPa)	応力比 (q/p')
A	0.069	0.000	0.069	0.000
B	0.069	0.103	0.103	1.000
C	0.041	0.000	0.041	0.000
D	0.041	0.069	0.064	1.078
E	0.034	0.000	0.034	0.000
F	0.034	0.021	0.041	0.512
G	0.034	0.069	0.057	1.211

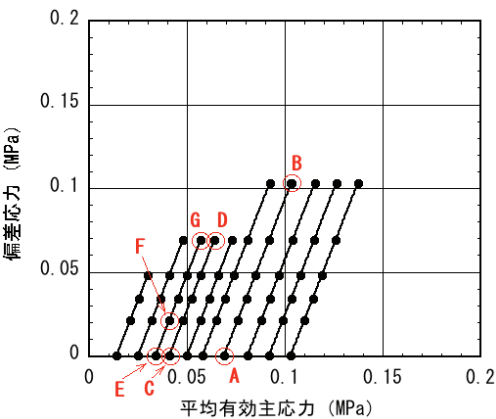


図-2 応力経路

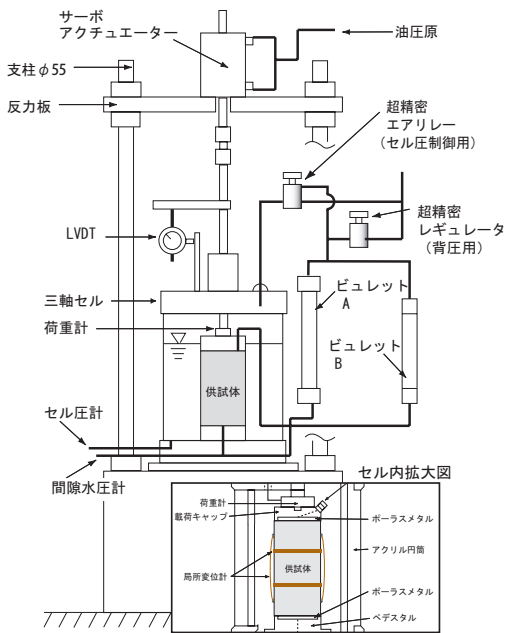


図-1 試験装置の概要

については、繰返し載荷試験中に変水位透水試験を行っていることから排水量で求めることは難しい。そこで、本研究では不飽和供試体で三軸圧縮試験を行う場合と同様に、供試体の軸方向 2 箇所および半径方向 2 箇所に取り付けた局所変位計で計測した供試体の軸変位および半径変位から体積変化を算出している。

3. 試験結果および考察

図-3 に、一例として応力経路 AB と EF で得られた軸ひずみの各成分と載荷回数との関係を示す。図中、全軸ひずみとは累積塑性軸ひずみと弾性ひずみの和である。また、軸ひずみは圧密終了時をゼロとした繰返し載荷開始以降に生じた増分である。図より、応力経路 AB では全ひずみおよび累積塑性ひずみは載荷初期に急増したのち漸増しており、弾性ひずみは載荷初期を除いてほぼ一定で推移していることがわかる。応力経路 EF でも、全ひずみ、累積塑性ひずみおよび弾性ひずみの増加傾向は応力経路 AB の場合と同じようであるが、各ひずみの大きさがかなり小さい。ここには示していない他の応力経路 (CD, EG) の場合も各ひずみの増加傾向は同じで、それぞれの大きさが異なっている。さて、全ての応力経路について載荷回数の増加に伴う累積塑性軸ひずみの変化をまとめたものが図-4 である。図から、累積塑性軸ひずみは応力比とともに増加するとは限らないことがわかる。一方、偏差応力が等しい経路 CD と EG での結果、さらに既報¹⁾の路盤材での結果および過去に実施した未固結粒状路盤材の透水試験を伴わない繰返し三軸圧縮試験の結果³⁾を勘案すると、累積塑性軸ひずみは載荷回数に係わらず平均有効主応力の増加とともに減少し偏差応力の増加とともに増加するものと推察できる。

次に、全ての応力経路について透水係数と載荷回数の関係を図-5 に示す。図から、透水係数は載荷回数とともに減少する傾向が認められるが、経路 EF での減少は他と比べて小さい。これは、図-4 を参照すると、載荷回数の増加に伴う累積塑性軸ひずみ増分が小さかったためと考えられる。また、経路 AB, CD, EG では、透水係数は載荷回数約 1 万回までに急減したのち応力経路毎に一定値に収束していることがわかる。透水係数の減少は累積塑性ひずみの増加による間隙比の減少に起因すると考えられるため、間隙比が減少し続けても透水係数には反映されない閾値が載荷応力条件毎に存在するのかもしれない。更なる検討が必要である。

4. おわりに

本報では、豊浦標準砂を用いて繰返し三軸圧縮透水試験を実施し累積塑性軸ひずみおよび透水係数の変化を調べた。累積塑性軸ひずみは載荷回数とともに増加し、その増分は応力依存性であるが必ずしも応力比のみでは説明できないこと、また透水係数は載荷回数とともに減少するが応力条件毎に一定値に収束することが分かった。

【参考文献】 1) 中村他：繰返し三軸圧縮透水試験に基づく路盤材の累積塑性変形および透水係数の変化に関する一考察，平成 24 年度土木学会関西支部年次学術講演会講演概要集 CD，V-39，2012. 2) 杉田他：試験舗装における現地発生路床土のレジリエントモジュラスについて，平成 17 年度土木学会関西支部年次学術講演会講演概要集 CD，V-38，2005. 3) 宮根他：繰返し三軸圧縮試験による未硬化 HMS 路盤材の累積塑性ひずみについて，平成 23 年度土木学会関西支部年次学術講演会講演概要集 CD，V-3，2011.

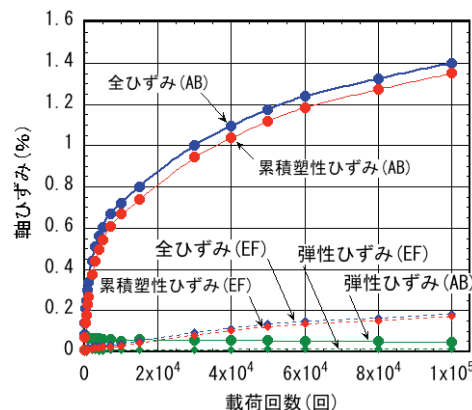


図-3 軸ひずみ—載荷回数関係 (経路 AB, EF)

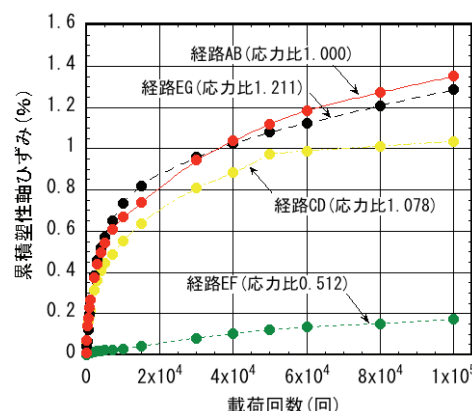


図-4 累積塑性軸ひずみ—載荷回数関係

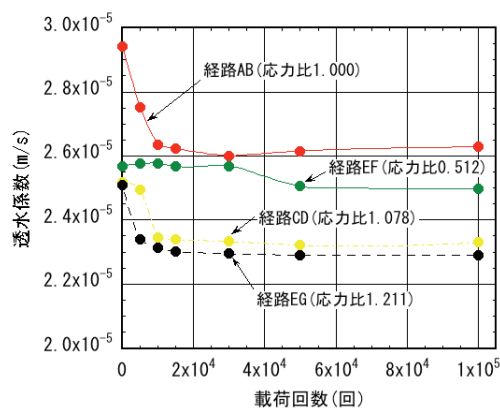


図-5 透水係数—載荷回数関係